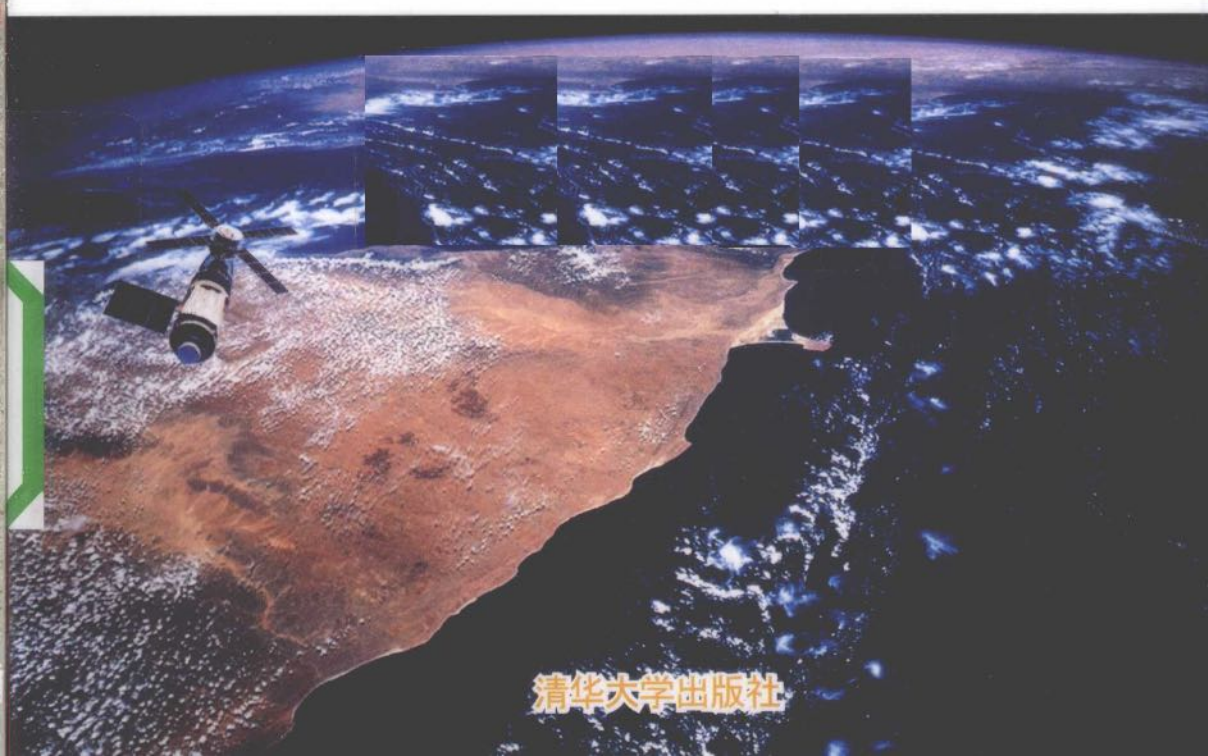
静心阅读
[A condensed version in English]

丁照 著

UNDERSTANDING NATURE: THE FORMATION OF A CIVILIZED PLANET

# 理解自然

## ——一个文明星球的形成（第2版）



清华大学出版社

清华大学文化素质教育课程用书

# 理解自然——一个文明星球的形成（第2版）

人类文明最初究竟是怎样出现的呢？

根据作者的论述，人类文明是一系列因素，从天文到地质，从大气到矿产，从海洋到陆地，从动物到植物等，在时空上按一定规律演化结合的结果。其形成的各个环节既不能割断也不能提前，是一个由远及近，由孕育到成熟，从低级到高级，顺序渐进的连续发展过程。

人类只有尊重自然，与自然和谐相处，才有持续发展的可能。

我作为《理解自然》书稿的最初读者，可以说感触颇深，这也许是第一部从广义上力图论述人与自然关系的著作。

——中国工程院院士、清华大学教授　倪维斗

你是一位富有逻辑的思想家，我发现你的著作总是那样令人消魂！

——澳大利亚工程师，K.蒙太古

这是一个宏大的项目，很有雄心，看到有人研究这个重要的大题目是件好事。在你这里，我也看到了洪堡的某些东西——一位大尺度的探索者！

——美国，D.沃斯特教授

我认为你的项目是宏大的，而非臆造，是引人入胜的综合，将如此大量的东西联系到了一起。感谢宇宙万物！

——美国，R.哈拉维教授

我被你关于地球渐进式的**和单向式的**演化过程的观点所打动。

——美国，E.富尔斯教授

# UNDERSTANDING NATURE Second Edition

## THE FORMATION OF A CIVILIZED PLANET

ISBN 978-7-302-21711-4
9 787302 217114 >
定价：36.00元

封面设计：申杨婷

# 理解自然

## —— 一个文明星球的形成

（第2版）

# UNDERSTANDING NATURE

## THE FORMATION OF A CIVILIZED PLANET

(Second Edition)

清华大学出版社
北 京

## 内容简介

本书是以科普形式写出的原创著作。人与自然的关系是当今世界性的大问题，既是人类生存与发展的基础问题，也是全面贯彻科学发展观的重要方面，因而具有极为重要的意义。从科学上探究生命的起源已有上百年了，但对文明起源所需自然条件的研究还很鲜见，而后者要比前者更具有科学价值和哲学价值。本书第一次系统论证了宇宙中文明出现的极端复杂性与敏感性，第一次提出了自然演化一致性的概念，其中包括对一系列重要学术问题的探讨和普及，如：第一次论证了地球上行星风系的起源问题，海水咸化和火的两重性等问题，都具有一定的科学意义和哲学意义。惟有理解自然，才能尊重自然，这是处理好人与自然关系的思想基础。对自然理解越深，爱之越深，人类的前途就越加宽广。本书通俗易懂，面向高中及以上文化水平的广大读者，大学教授、科学家、政府职员均可阅读。本书亦为清华大学文化素质教育课程用书。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989　13701121933

**图书在版编目（CIP）数据**

理解自然：一个文明星球的形成/丁照著. —2 版. --北京：清华大学出版社，2010. 5
ISBN 978-7-302-21711-4

Ⅰ. ①理…　Ⅱ. ①丁…　Ⅲ. ①自然科学—普及读物　Ⅳ. ①N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 243290 号

责任编辑：宋成斌
责任校对：刘玉霞
责任印制：王秀菊

出版发行：清华大学出版社　　地　　址：北京清华大学学研大厦 A 座
http://www.tup.com.cn　　邮　　编：100084
社　总　机：010-62770175　　邮　　购：010-62786544
投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质　量　反　馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
印 刷 者：北京市人民文学印刷厂
装 订 者：三河市兴旺装订有限公司
经　　销：全国新华书店
开　　本：160×230　　印　张：21　　插　页：1　　字　数：375 千字
版　　次：2010 年 5 月第 2 版　　印　次：2010 年 5 月第 1 次印刷
印　　数：1～3000
定　　价：36.00 元

产品编号：033506-01

# 序

我作为《理解自然》书稿的最初读者，可说感触颇深。这也许是第一部从广义上力图论述人与自然关系的著作。没有对大自然的挚爱，没有久沐自然的体验，没有勤学好思的习惯，可能无法完成此书。而作者正是这样一位在一定程度上集知识经验与好学于一身的普通知识分子。写成此书，可说是作者多年的心血一点一滴积累而成，因而绝非仓促的材料堆砌。这也是作者常年在野外工作，对大自然切身感受的结果，是难能可贵的。

我读罢此书，有以下几点印象较深。

一、我们一般的科普读物大都是以学科为对象，这对增长知识来说，十分必要；但相对之下，却缺乏一些“人与自然”方面的宏观作品。近几十年，随着科技水平急速提高，过度强调人的能力方面的观点，在国内外相当普遍，如“战胜自然”、“征服自然”以及“人定胜天”等。这些实际是把人与自然关系对立起来的观点，现在看来，非常片面。我们必须承认，在整个大自然的演化长河中，人类及其文明的发生与发展都是大自然的产物，人类目前所享有的现代文明，在很大程度上仍依赖于大自然的赐予。因此，人类只有尊重自然，与自然和谐相处，才有持续发展的可能。

二、人类文明最初究竟是怎样出现的呢？是“外星人”的诱发还是“史前文明”的循环延续，抑或是偶然发生？都不是。根据作者的论述，人类文明是一系列因素，从天文到地质，从大气到矿产，从海洋到陆地，从动物到植物等，在时空上按一定规律演化结合的结果。其形成的各个环节既不能割断也不能提前，是一个由远及近，由孕育到成熟，从低级到高级循序渐进的连续发展过程。因此，人类文明是大自然通过方方面面，实实在在，一点一滴演化而成。现在，虽然其中可能尚有不少因素有待发现，但这样一个异常复杂的发展过程的存在，却不容置疑。

三、人类要甘当大自然的小学生。根据作者的论述，人类自诞生以来，从远古至今，他的一切能力与知识都来自于自然，也可说都是大自然哺育的结果。从旧石器时代到新石器时代，到对两条基本物质链的开发利用以及人类智慧进化的本身，无一不是在大自然合理的自然因素安排

下逐渐完成的。今天，所谓科学技术，实际上也是人类对自然界不断认识与开发利用的结果。人类虽有智慧，但与蕴藏着无穷奥秘的大自然相比，也只不过是沧海一粟而已。因此面对高深莫测的大自然，作者的格言是“甘当小学生”，对大自然“理解越深，爱之越深，人类的前途也就越加宽广！”

四、用唯物主义的态度对待大自然。作者论述的各种自然因素的演化及其相互关系只是回答了“是什么”这个通常被认为是最起码的问题。至于“为什么”，即大自然为什么会如此之不可思议，作者在书中也提出了见解，即物质之外无世界。作者认为人类只有不断地加深对这个物质世界的探索与理解，才能不断摆正自己在自然界中的位置。人类绝不能离开对客观物质世界的探索与实践，去凭空想象“为什么”。

五、作者将书名定为“理解自然”也颇有新意。“理解自然”可有多层含义。其中之一可以认为是利用各个学科对大自然进行综合理解。现代科学一直是按学科展开分类研究的，如天文、地质、物理、化学等，但大自然是个整体。《理解自然》一书的特点在于将这些学科贯穿起来，进行综合分析，由此展开对自然整体全面的认识。应当说，这是一种很好的尝试。本书的论述基础全部来自于各学科的普通常识，能将这些常识有机地结合起来，从多方面去说明一个问题即文明起源的自然背景，这本身就意味着这种尝试是有效的，说明的确是在反映自然客观。因为自然常识是人类已公认的成熟知识。

六、作者以科普的形式对大自然展开探索，又在探索中深刻地揭示了人类文明与自然之间的渊源关系。这种将科学创作与大众普及结合起来的做法无疑是值得提倡的。作者将有关知识围绕着一个主题贯穿起来，并以与常识对话的形式进行探索，这种做法无疑会激发读者的兴趣，甚至可激发出新的构思。这与“就事论事”的做法相比，在写作深度上进了一步。希望我们今后的科普著作能在深度上多下工夫，而不是单纯地去追求趣味性，这就要求作者以更多的献身精神去从事这一伟大的工作。当然，由于作者所从事的职业本身具有一定的局限性，书中的一些理解不见得完全正确和全面，还需要有志于这个领域的志同道合者共同加以探索、发展、深入和不断补充，但这本书仍不失为一本值得一读的、给人以启示的好书。

七、认识自然、热爱自然、善待自然、争取与自然最大可能的和谐相处，是一个民族、一个国家，乃至整个世界可持续发展的前提。应该说，由于人类对自然无序的、掠夺性的索取已经造成了当前十分严重的、不可逆转的后果，并且还在不断地凸现出来。人类已遭到了大自然的惩罚，并还要继续加重。近年来，一些地方，一些人群和一些急功近利，或者说知识浅薄的领导，借用人们迫切渴望致富、改善生活的心情，有时也为了显示自己的“政绩”，还在不断地

破坏环境，向自然无限制地索取，在这方面，情况不但没有得到有效抑制，在某种意义上，还有不断扩大之势。在这种情况下，教育年轻人（包括中年人，尤其是手中有权力的人）认识自然、理解自然更有迫切的意义。

八、科普教育应是一个终身教育，不仅在学科方面，给读者以最新科技发展的信息，而且在培养人们不断深入认识自然的基础上和自然和谐相处，是人类可持续发展十分重要的素质，这个素质的培养要从娃娃开始，到少年、青年、中年、老年贯穿始终。这就是我极力支持这本书出版的目的。我衷心感谢北京市科协领导对此书的出版给予的深切关注与大力支持。

北京市科协副主席
教育部科技委主任
中国工程院院士
清华大学教授
倪维斗

2003年5月10日

# 自序

你相信宇宙中只有一个文明星球吗？这对当今绝大多数人而言，是个极不情愿接受的说法。但作者却不揣冒昧用了整整一本书，来论述地球文明形成不可思议的巨大难度，并由此反看宇宙中形成第二个文明星球的可能性是何等渺茫！当然，这只是对自然的一种思考和理解，绝非结论。

思考自然、理解自然是人类的一种天性。从古代的先哲到近代科学家对此都曾作过不少的探索，并构成了人类天地观的一个基础部分。今天，随着人类视野的大范围开阔，特别是宇宙大爆炸理论的诞生和非线性科学的兴起，为全面思考与理解大自然提供了新的可靠依据。当然，这是一件十分艰巨而又严肃的事情。因此，无论做何种思考，其实都是一种探索，既不是重复，更不是杜撰，只要符合人类公认的科学知识，能自圆其说，就算可以。这是最起码的一点要求。思考可能有各种角度，深度与广度也不尽相同，但在大自然面前，应当说，人人平等。时间将会不断地做出新的裁判。

本书对自然的思考与理解是从“人类及其文明何以能诞生与发展”的角度出发的。离开人类还有什么可说的呢？还有什么“合理”与“不合理”吗？一切意识方面的东西都不存在了，因而一切也就失去了意义。所以，从“人类及其文明何以能诞生与发展”的角度出发是本书最基本的特点。视角确定后，本书将自然界的全部因素归结为三大类，即：环境因素、资源因素和物质因素，并由此拉开了全书论述的序幕。作者通过从太阳系形成到文明出现一系列自然因素的分析，说明这是一个无比复杂与敏感的自然演化过程，而且在整体上体现了一种趋势，即“自然演化的一致性”。它存在于沿时间轴演化的这三种因素之中，并可追溯到宇宙起源。这是一个非常奇妙、令人费解，但又具有重大意义的现象，体现了自然界中广泛存在的合理性。最后，作者结合爱因斯坦的自然哲学观进行了总结性讨论，从而窥视了浩瀚深邃、神奇无比自然演化中的沧海一粟，并引发出对大自然的无比敬畏！

“自然演化的一致性”不但论证了自然界的变与不变，还向我们提出

了另外一些更深层的问题，宇宙中还能演化出第二个文明星球吗？人类的历史及现实究竟取决于什么？未来又怎样呢？对于这些抽象的重大问题，作者的观点，读者同意也好，不同意也罢，包括自然史与人类史的“过去”是永远无法改变了，“未来”也只是某种概率而已。宇宙万物固然各有其发展趋势，但随机性总是无法摆脱的。能把握的唯有“现在”。理解是“标准”的基础。理解“过去”越深，今日的行为就越“标准”。所以，一切都在于理解过去与把握今天。理解就是通向未来的光明之桥。

最后，还是那句老话，我们“只有一个地球”。宇宙中可能也就这么一个文明星球，这是现代科学所隐含的一个新的启示。通过本书的论述，如果读者能真正体会到宇宙中文明诞生的严苛、微妙与神奇，感受到自然之深邃与可敬可畏，从而能意识到宇宙中地球之无比珍奇，人类之无比幸运，那么，本书向您所要传递的信息也就算基本达到了。人类还有什么理由不能理性地对待我们这个孤独可爱的小小宇宙家园和我们自己呢？

本书从理解自然开始，以走向和谐的文明世界结束。

愿理解自然不断深化，不断大众化！

对自然，理解越深，爱之越深，人类的前途也就越加宽广！

作者谨以此书所凝聚的真诚和心血，奉献给您和您的家人与朋友！

愿人类持续发展，走向和谐的文明世界！

作　者

2010年3月

# 目录


**1 沉思大自然** …… 1

1.1 人类文明进程中的永恒主题 …… 1

1.2 漫长的路 …… 2

1.3 理解自然 …… 6

**2 什么是自然演化的一致性** …… 10

**3 陆上最早的风** …… 15

3.1 风的概说 …… 15

3.2 前寒武纪 …… 22

3.3 古生代 …… 22

3.4 中生代 …… 30

3.5 新生代 …… 40

3.6 风起源的第二条线索 …… 42

3.7 对风起源问题的综合讨论 …… 47

**4 海水盐度的演化** …… 53

4.1 大海——地球上唯一最古老的水资源 …… 53

4.2 海水盐度的演化模式 …… 57

4.3 海水盐度的演化过程 …… 61

4.4 综合理解海水盐度的演化 …… 64

**5 很久以前的火及其两重性** …… 69

5.1 人火之间的最初媒介 …… 69

5.2 地球上火的演化 …… 71

5.3 人类对火的最初利用 …… 74

5.4 关于火的两重性 …… 77

**6 地球环境演化的一致性** …… 79

6.1 天文因素作用下的地球环境基本模式 …… 79

6.2 四季昼夜与人类文明起源 …… 85

6.3 地球物理参数与人类文明起源 …… 88
6.4 温度——一个控制万物状态的基本因素 …… 95
6.5 氧——空气的主角 …… 103
6.6 神奇的大气层 …… 109
6.7 丰富多彩的生态系统 …… 117
6.8 美妙的声光世界 …… 125
6.9 气候变异与人类能力的增长 …… 131

**7 地球资源演化的一致性** …… 136
7.1 地球若只有水而无水循环，该当怎样 …… 136
7.2 土壤——文明起源的桥梁 …… 141
7.3 平原——文明起源的摇篮 …… 145
7.4 矿产——大自然对人类的独有“馈赠” …… 151
7.5 两条物质链——文明进步的阶梯 …… 157
7.6 无尽的自然宝库 …… 173

**8 最终导致人类文明萌现的自然演化链** …… 177
8.1 人类原始文明发展的基本模式 …… 177
8.2 人类原始文明是如何起步 …… 183
8.3 自然演化之链 …… 189
8.4 自然演化链的规模与结构 …… 196

**9 理解大自然** …… 204
9.1 关于生命的起源 …… 204
9.2 文明起源的远因——宏观因素 …… 205
9.3 文明起源的近因——可操作因素 …… 209
9.4 关于宇宙中从生命到文明的基本演化模式 …… 213

**10 宇宙诞生文明绝非简单事——对爱因斯坦“自然理性”观点的讨论** …… 221
10.1 混沌与量子——世界从宏观到微观非确定性的根源 …… 221
10.2 从混沌到有序——耗散结构理论 …… 223
10.3 爱因斯坦的“自然理性” …… 227
10.4 “自然演化的一致性”支持“自然理性”的观点 …… 234

**11 愿人类可持续发展，走向和谐的文明世界** …… 248
11.1 自然演化空间的有机整体性 …… 248

11.2 愿人类可持续发展,走向和谐的文明世界 …… 251

**致谢** …… 258

**后记** …… 259

**主要参考书** …… 261

**A Condensed Version in English(英文要述)** …… 262

# 1 沉思大自然

生活在这个世界上的人们，来去匆匆，总把眼前的一切包括自身在内视为当然之事。从人类生存所需的各种自然条件到科技发展所带来的各种文明成果，人们除不假思索地享用之外，大概从未想到过这些事物的源头。当然，这完全可以理解，更无可非议。但万事总有源，而且了解这个源，对理解事物的本质并学会珍惜其来之不易的成果也都会大有帮助。今天这个文明世界的源头肯定十分久远，十分"简单"，但却又十分深奥。这个源头无疑是由大自然[①]所创造，并通过人类一步一步发展至今。但是，时间的湮没和环境的变迁，使大自然在这个极其漫长的创造与发展过程中留下了无穷之谜，令其儿女深思不止，探索不止。

[①]本书所说的大自然可以理解为具有动态时空的自然界，从空间上说，包括地球及其以外的物质世界，如太阳系乃至银河系，从时间上说，可以从现在追溯到遥远的过去。

## 1.1 人类文明进程中的永恒主题

对大自然的好奇心[②]或说是浓烈的兴趣，也许是人类的一种天性。一个人不论其年龄、文化和爱好如何，也不论其职位、民族、国别乃至信仰如何，只要一进入大自然这个话题，一种特殊的情趣和亲切的神秘感，便会油然而生。特别是在闲暇的晴朗夜晚，望着静谧的星空，几乎每个人都会产生许多遐想，都会不由地发问，这无垠的苍穹，这无穷的大自然，究竟是什么？

[②]好奇心是诱发人们对客观事物进行探究的基本心理因素。科学家都具有强烈的好奇心。

诚然，人类是自然之子，了解"母亲"的"身世"乃人之常情，但"自然之子"这一概念也只是近代科学的产物，特别是在1859年进化论问世之后才逐渐明确起来的。那么，在远古时代呢？那时人类刀耕火种，衣食不丰，是否也会对大自然有着浓烈的兴趣呢？散落在世界各地的数千年前所创造的古代建筑或

岩画，其中许多都留下了古代人类对日月星辰等自然现象理解的痕迹。可见，早期人类虽远隔千里，互不来往，但对大自然的崇敬和情趣却是不约而同的。进入有文字历史以来，人类对大自然的兴趣更是有增无减。世界上有许多古代哲学家、思想家、科学家和诗人都曾对天地万物进行过理性的思考和探究，引发出无数的赞叹和迷茫。中国古代的伟大诗人屈原（公元前340—前278）就曾写出过“天问”的长诗。被誉为东方圣人的孔子（公元前551—前479）也对苍天发出了意味深长的赞叹：“天何言哉，四时行焉，百物生焉，天何言哉！”此后，在中国长达两千多年的历史中，对“造化”（在古代也指大自然）探源探究的兴趣，一直没有中断，并成为中华文化的一个组成部分。历史进入近代以来，探索大自然已逐渐发展成为当今世界上范围最广、耗资最大、持续最久的研究课题。它以小至粒子大至宇宙的基础理论为研究对象，分散于世界各地，构成了全人类不成文的共同志趣。

人类这种与生俱来的对大自然的持久兴趣与探索，显然并非一时一地偶然产生的爱好，而是反映了人类的一种特有天性。然而天性又从何而来呢？这当然不是凭空产生。现代科学告诉我们，人的各种生理现象无不与一定的基因有关。因此，我们可以认为，人类自诞生以来所表现出的对大自然持久的浓烈兴趣肯定也会在基因方面有其根据。这里我们暂不去探究人类在其漫长的进化过程中何时又何以能够形成这样一种特殊基因（当然这也是一个十分耐人寻味的问题），仅就其出现的意义而言，可说是就巨大得令人无法估量。你看，大自然一方面通过进化赋予人类以智慧；另一方面又赋予他这种普遍存在的特殊天性，由此来推动人类对大自然本身的无穷探索，从而把人类文明带上了一个又一个新的高度。设想如果人类只有智慧而无对大自然普遍的浓烈的兴趣或好奇心，犹如一个人只有些小聪明而无远大志向，那么人类的伟大及其辉煌的成就将至少减去一半。这也许就是这种特殊天性的深层内涵所在，正是它才导出了人类文明进程中的永恒主题——对大自然的无穷探索。

本书中的人类文明首先是指人的智慧和理性在精神和物质方面的具体化。因此，文明是发展的，包括社会发展阶段、科学文化水平以及道德发扬程度等。文明一词的含义还可参阅本书的第11章。

## 1.2 漫长的路

人类对大自然的兴趣最初是由日月星辰的变化而引起，此后随着知识的积累而不断加深和扩展，其涵盖的范围按出现的顺序则为天、地、物质和生命。

人类对天的兴趣的最早记载大概属于几年前在法国刚发现的冰河期的星

空图。该图位于法国中部的拉斯科(Lascaux Cave)岩洞内,上面绘有织女星、天鹅座α星和牵牛星这三颗天空常见的亮星以及描绘昴星团的图案。岩画据信作于1.65万年前。那时人类尚穴居山洞,以树叶兽皮为衣,火虽利用但不广泛。整个社会处于以狩猎和采集为主的旧石器时代末期。但就是这样一个十分原始的早期人类社会,便已对大自然的面庞——无垠的星空开始有了最原始的记载。

此后,又过了一万多年即到了五六千年以前,这时人类在知识水平和社会发展上均又迈出了新的一步。火已普遍利用。原始麻织品、原始丝织品、陶器、麦子稻子、猪狗牛羊及简单房舍等也已较为普遍。这样,一个以农业为主的原始社会不但在发展中已逐步确立,而且人们似乎也有了较多的时间去研究生活以外的许多抽象知识。埃及金字塔中所包含的精确的天文知识便是这方面最好的例证。此外,还有英国的巨石阵(stonehenge)、爱尔兰的古墓等,据说也都隐藏着与日月星辰方位之间的某种关系。有人认为这些工程对当时既无文字更无仪器的早期人类而言是不可能的事,因而怀疑是外星力量或神秘的史前文明所为。其实,如果千百万人世代都在一种单纯的、被认为是极其神圣的精神驱动下,经过上百年的努力是有可能创造出令今人不解的奇迹来的。因此,相信人类自身的力量,探索智慧加时间所产生的巨大威力可能更实际一些。

从4000多年前到2000多年前,这一时期青铜器具、砖瓦房屋和麻丝织品等在生活中已较为普遍,文字应用和抽象思考在知识界也已较多出现。与此同时,人们对大自然已不再是简单的崇敬而是要企图加以探索或解释了。其思考的主题则是天地起源和对物质世界的理解。这是人类在自然认识史上的一个重大转折。但由于生产水平低下,活动范围有限,特别是当时人类所拥有的知识积累仍十分浅薄,因此,所谓思考实际上是种想像,而且这种想像又必然是以人的形象为基础。于是,世界各地便先后出现了各种有关天地之初的神话传说,有些还流传至今。同样原因,人类当时对物质的解释以及对各种自然现象的理解也只是一些以直观感觉为基础的简单归纳。尽管如此,这一时期在东西方还是出现了不少杰出的思想家。其中对中国文化影响较大的当首推据传是3100多年前(公元前11世纪以前)由周文王(名姬昌)根据伏羲八卦所推演出来的六十四卦及有关的辞解,也即后人所说的《易经》。

伏羲是中国远古历史中传说的三皇之一,另外两人是燧人和神农,他们先后生活在大约7000年前到5000年前的历史时期内。《易经》虽然说是占卜之用,但其中却蕴藏着深刻的理论思维和朴素的辩证观念。直到今天,其神秘的形式仍留下了许多不解之谜,引起了全世界的日益关注。传说稍后的周武王

（名姬发，周文王之子）还提出了五行思想，即金木水火土乃万物之本。这是中国早期唯物思想的萌芽。

数百年后，欧洲的亚里士多德（Aristotle，公元前384—前322）也提出了类似的见解，认为水、火、气、土乃构成万物的四个基本元素。亚里士多德是古希腊的哲学家和科学家，亚历山大大帝（Alexander the Great，公元前356—前323）的教师，身后留下了大量著作，其思想观念曾影响欧洲长达近2000年。关于物质的最小构造极限，中国的墨翟（公元前468—前376）曾提出过“无厚”的思想，认为物质一直分割到“无”，便再也分不下去了。几乎是在同一个年代里，古希腊哲学家德谟克里特（Democritus，公元前460—前370）也曾提出过物质构造的最小单元叫“原子”（当然不是现代概念的原子），也即不可再分之意。

对天地的模式，东西方的想像也大致不约而同，即认为“地”是个无比巨大的圆盘或圆球（如卵黄），位于日月星辰之中心。但其中影响最大的要属亚里士多德所提出的，后来又为托勒密（Claudius Ptolemaeus，公元90—168，古希腊天文学家）所发展的“地心说”。这一学说曾禁锢人类的天地观长达一千多年。需指出的是在亚里士多德之后，有位古希腊的天文学家（萨摩斯的）阿里斯塔克斯（Aristarchus of Samos，公元前310—公元前230）据说曾提出过日心说并测算了日、月的距离和大小。但这一观点很难为当时的人们所接受。直到1000多年后的哥白尼（Nicolaus Copernicus，1473—1543，波兰伟大的天文学家）才重新提出了日心说。然而，日心说的完全确立则是由开普勒（Johannes Kepler，1571—1630，德国天文学家）所完成。从阿里斯塔克斯到开普勒，人类用了整整2000年的时间才在天地模式的认识上，取得了最终科学上的统一。

在人类对大自然的思考中，“生命的起源”大概是最后才出现的一个课题。主要原因可能是对神灵的崇拜一直在干扰着人类对这一现象的客观理解。因此，对生命的过去，人们似乎很少思考过。那么，生命在过去是个什么样子呢？其唯一的根据就是化石。在这一点上，神创论者显然是不会承认其含义的，而中国的沈括（1033—1097，宋代科学家）和朱熹（1130—1200，宋代理学家）则认为化石是生命的遗迹。但这一观点只是在数百年之后，由于人类知识的积累和化石发现的增多才得到确认和发展。

总的来说，自人类有史以来至300多年前，人类对大自然的理解大都是以简单直观感觉为基础的一些思考归纳或推断，并未也不太可能进行深入研究。17世纪以后，随着科学的发展和普及，特别是大学[①]的兴起和阿拉伯数字符号[②]的引用才极大地推动了科学事业的发展。

[①]教育制度中大学的出现，对科学的普及与发展对培养人的独立思考能力与创造能力都起到了非常重大的作用。大学最初出现在12世纪的欧洲，是具有合法身份的自治团体，也是社会上唯一的学术培养和提高的园地。但其学科与规模绝对无法与今日的大学相比。通称为早期大学。16世纪哥白尼和伽利略的成长都离不开大学这个至关重要的因素。到了牛顿时代也即17世纪到18世纪，大学才变成真正意义上的学术研究阵地。大学的出现与发展，使欧洲从16世纪起，涌现出大批优秀科学家，为人类的知识积累做出了卓越的贡献。

[②]科学的发展还与阿拉伯数字的使用分不开。现在通用的所谓阿拉伯数字符号实际上是源于印度并有了"0"的概念和十进制。学者们认为，这可能是出于10个手指的缘故。阿拉伯商人和学者很早以前就将这些东西传至西方并被谬称为"阿拉伯数字"。但由于长期被认为是异教徒的东西而且极易篡改，因此一直未得到重视。直到15世纪末，这些简单方便的符号才为人们所接受，并随之也打开了现代数学和现代科学的大门。

那么，什么是"科学"呢？对这一极端重要的概念过去和现在似乎都未曾有过一个公认的定义。这里，我们不妨姑且引用大科学家达尔文(Charles Robert Darwin，1809—1882，英国伟大的博物学家)的一句话来理解这一术语的含义。达尔文说，科学就是整理事实，以便从中得到普遍规律性的结论。可见，在科学家眼里，"科学"首先是要以事实为基础。但这里的"普遍"并不意味着"绝对"。在这一点上英国科学家贝尔纳(John D. Bernal，1901—1971)的提法就更为确切。贝尔纳认为"科学"一词的含义在不同的时期不同的情况下是不相同的。根据这些理解，一般认为伽利略[③]是人类进入科学时代的最早先驱。伽利略以实验的手段所得出的落体定律推翻了持续长达近两千年之久的亚里士多德对落体运动的观念。亚里士多德认为物体自由下落的速度与其重量成正比，而实际上是一样的，均决定于重力加速度这一常量。从此，人类开始用实验来检验思维的正确性，从而敲开了科学认识世界的大门。

[③]Galileo Galilei，1564—1642，意大利伟大的物理学家和天文学家。但由于坚持真理，受到当时宗教的"异端裁判所"的审讯和监禁，罪名长达350年，于20世纪80年代才予以平反。

自伽利略以来，随着人类知识积累的大幅度增长和生产水平的急速提高，人类对大自然的探索已进入了一个全新的阶段。现在，人类对物质微观构造的深入研究，不但早已将"无厚"的观念远远抛在后面，而且还导致了人类对大

自然深层面目的探索。例如，正是通过粒子物理学家和宇宙学家的共同努力才勾画出宇宙的诞生及其演化史，从而将微观世界和宏观世界有机地联系在一起。[①]人类的认识似乎正在越来越接近大自然的最深层次。

[①]这方面最杰出的代表当属在人类科学史中最富有传奇色彩的英国理论物理学家史蒂芬·霍金(Stephen W. Hawking，1942— )。正是他在世界上第一次将广义相对论与量子力学进行了结合，并进而致力于量子宇宙论的确立。

本节除霍金外，还提到了其他一些人类历史上精英的名字，他们的真诚、勇敢与智慧为人类历史所公认并受到世代人民的广泛尊敬。人民作为历史发展的主体自不待言，但人类历史中一代代所涌现出的大思想家、大科学家、大艺术家、大文学家、大政治家和无数可歌可泣的先锋志士，他们艰苦卓绝，不计名利卓有成效的奉献作为人类精神与智慧的结晶，同样也是文明发展必不可少的重要因素。因此，我们说正是广大民众与精英们前赴后继的不懈探索与追求，才有了人类文明的不断发展。当然，文明进程中也不乏形形色色的逆行者，因而这个过程必然带有很大的复杂性、曲折性有时甚至是危险性。

## 1.3 理解自然

前面说过，人类对大自然已苦苦探索了几千年，探索的规模也越来越大。现在，人类不但认识了现在的世界，还认识了过去的世界，从而在时空上揭示出来一个从简单到复杂，从低级到高级的大自然演化过程。其伟大意义我们无论怎样评价也不为过。

但是，从另一个角度看，大自然在这个漫长的演化过程中究竟意味着什么呢？换言之，地球上人类文明的出现是否有其内在的必然性抑或是各种因素的偶然巧合呢？这是一个十分抽象而难以回答的问题。因为所谓“意味”只是人们主观上的一种思维概念，在孕育出生命的无生命世界中并不存在。客观事物就是客观事物，无所谓“意味”。但人类毕竟是具有高度智慧的生命群体。人们对其以外的客观事物，有能力通过分析研究归纳和提炼，进而可达到领悟对方行为含义的认识境界。这一点在人们生活中，可说比比皆是。例如小到“察言观色”，大到各种各样的“形势分析”，无不是对客观事物的一种主观认识方法。因此，这里我们将这一方法推广到认识大自然，大概也是可以为人们所接受的吧。

人类大概尚无必要也不太可能去推测未来几千年乃至上万年后的世界状态，更无必要去研究几千万年乃至上亿年后，人类进化的更高级形式；但相比之下，去认识领悟在过去亿万年间大自然在我们这个星球上的“所作所为”倒是更为现实必要。**不能深刻理解过去，就谈不上今天的行为准则**。这就是我们上面所说的“从另一角度”去认识大自然的缘由所在。

为了进一步说明这种认识途径的含义，下面让我们谈一个具体实例。

人们普遍认为今天这个文明世界是由人类的智慧所逐步创造出来的。但是，反过来问，在远古，人类仅有智慧（包括灵巧的双手与群体生活这两个要素）便能创造出文明世界来吗？答案可能是“未必”。这是因为智慧仅是其中的一个必要条件，而远非充分条件。实际上，人类文明的诞生是由多种因素所促成。概括起来，有外界因素，也有内在因素。单就内在因素而言，除智慧外，人类尚必须具有一定的所谓“素质”或“精神”。没有这些东西，人类在漫长的岁月中将难以克服种种困难而生存繁衍下来。但这些品质并非凭空而来，而是在外因的刺激下，在人类本能的求生欲望作用下，通过智慧逐渐形成。这个外界刺激最主要的因素可能便是气候上的“变异”或“反常”。它是对人类生存影响最大、范围最广（无一幸免）、出现最早并一直反复发作的一个自然因素。人类正是长期在这种较为稀遇的气候变异中，磨炼了自己，使自己慢慢懂得了什么是“齐心协力”，什么是“顽强”与“进取”等，从而逐渐地在他们中间造就出这些优秀品质。

也许有人会说，动物没有这些“素质”不照样繁衍生存吗？话是不错，但动物是以自然淘汰为代价。为了不被淘汰，动物也有各自的看家本领，如巨大的繁殖力、独有的生理功能乃至冬眠逃避等。否则，它们在无情的自然灾害中，同样也难以存活。因此，我们从另一个角度看，稀遇的自然灾害或气候反常，虽然对早期人类的生存构成威胁，但也有另外一方面的积极作用，即在漫长的岁月中，在一代代人与自然的抗争中，在人们中间逐渐形成了许多优秀品质。人类正是由于有智慧和这些品质，才区别于动物，并以人类自己所特有的方式，使自身不断地生存繁衍下来。这就是我们从另一个角度去理解气候反常的含义*。也许这也就是过去常说的事物普遍存在的“二重性”吧。

当然，对这个例子也可能有不同的看法，这我们暂不去管它。但如果我们能仍沿着这样一个思路，从另一角度，即**从人类文明起源与发展的角度去理解大自然**，也许你会发现，在过去的亿万年间，大自然的各种因素既非“各自为政”又非“偶然聚合”，而是以一种十分有序和“配合默契”的方式不停地演化

---

* 参阅“气候变异与人类能力的增长”一节。

着，而且这种“配合”似乎还有其内在的“一致性”，即“时间之矢”所指向的不仅是最初生命的诞生，更重要的是人类文明的出现与发展。相反，如果不是这样，如果在过去亿万年间，大自然的各种因素一直处于某种各不相关的“凌乱状态”，那么今天居然能冒出人类及其文明，这倒是真正的怪事了，也真正令人费解了。

本书虽不能自认为在这方面已取得了令人满意的解答，甚至差得很远，但在用这种观点去分析过去亿万年间大自然的演化过程之后，已初步向人们揭示出了大自然的另一番天地。你可从中看到地球上人类文明出现的必然性，以及大自然是如何“一丝不苟”地在朝着孕育人类的方向上演化，而这一漫长过程又是多么周到而合理。对此，你也可能产生各种见解，同意、不同意或部分同意，但结论则可能是一致的，即生命并不意味着一定能进化成人类，人类也不一定意味着诞生文明。地球环境之所以可贵就在于她是一个非常特殊的（无机→有机→生命→人类→文明）自然连续演化体，而这一点又是由各种自然因素在时空上以无比复杂而巧妙的方式集合而成。这整个过程向人们揭示出来一个意义重大的内涵，即：

**大自然的整个演化过程及所演化出来的环境与资源同人类及其文明的出现是一脉相承的，也是和谐一致的。**

这也许是一个尽人皆知，但又从未在深层次上予以系统阐述过的问题。

本书通过论述，使读者可以看到，大自然并非“盲目”、“胡来”，相反却似乎是以一种不允许多余成分存在的方式，历经几十亿年，在地球上演化出了人类最初的文明；而这一点，恰恰就是今天这辆正在高速行驶的人类文明发展列车的启动。因此，这种“和谐性”是深深植根于大自然演化主线之中的。今天的人们只有深刻理解这种和谐性，才能不但必要而且可能在发展中找出各种和谐的办法以取代一切不和谐的做法，从而实现我们常说的“可持续发展”。这可以说是对人类生存与发展的一项基本要求，也是本书所试图阐明的深层主题所在。

> 可持续发展（sustainable development）的含义是“既满足当代人的需求又不危害后代人满足其需求的发展。”

如果从新石器时代算起，人类文明已发展了万余年，现代文明的历程也已有了二三百年。但科学家预言，地球作为一个可供人类生息的特殊环境还可维持10亿年。这真是一个不可思议的数字。即使不是10亿年，而仅仅是几千万年，那么，以今日科学发展之速度，数千万年之后，人类不但早已进化得面目全非，而且很可能将最终融入自然，融入宇宙，成为某种高深的星际智慧。回顾大自然在地球上几十亿年来的演化主线，展望未来，我们用“任重道远”这

句老话来形容今天人类在自然界中的位置大概是再恰当不过了。因此，今天尚处于“襁褓之中”的人类应当真正地尊重大自然，认真地做大自然的小学生，尽可能多地向大自然吸取营养，珍惜大自然为其细心准备的一切。这样，才能为其未来无限辉煌的前景，打下良好的基础；而这也许就是这个不断从简单到复杂、从低级到高级的大自然演化的主线所需吧！

# 2 什么是自然演化的一致性

“演化”(development)一词用在自然研究上是近代科学诞生以后的事。18世纪末,英国的一名勤奋好学的矿山测工史密斯(William Smith,1769—1839),在长期的煤矿开采过程中,首次发现了具有重大意义的地层变化规律,这就是后来被称之为的化石层序律(Law of Faunal Succession)。其间还有一段非常辛酸曲折的故事。随后,1859年达尔文发表了划时代的名著《物种起源》(*The Origin of Species*)。从此,人们才意识到生命和地层无论在结构上还是在空间上都是在不断的变化,这种变化,也即演变,是渐进的,极其缓慢的。这就是自然界演化的基本含义。

所谓自然演化的一致性是说,**自然界中各种因素在亿万年的持续演化中,最终所形成的状态和规模都能满足人类及其文明诞生与发展的需要**。这是本书中所要阐述的一个基本观点。为了形象地说明这一点,我们引进自然演化空间这个概念(图2-1)。

图中,资源R—Resources,环境E—Environment,物质M—Matter。

地球诞生于46亿年前,从此建立起来了自己的资源与环境系统(R—E),M是物质本身及其规律与性能等,是资源与环境的基础。世界上除了由这三轴所表达的因素外,再也没有别的了。

但这里的所谓的资源与环境只是概念性的,是抽象的并非指具体物。对具体物可视研究的需要而定位。如,淡水一般认为是资源,但在许多情况下也可视为环境乃至景观。动植物,既可作为资源因素,也可作为环境因素,视具体课题而定。资源一般是相对于人类而言,是专为人类生存与文明发展所需。对于动植物无所谓资源,能满足其生存条件就可以。有关资源与环境的概念还可参考本书在资源和环境两章中的前言。

R—E系统一直在不断的演化。大约38亿年前,在某种环境和某种物质规律作用下(R—M平面),诞生了最初的生命。数百万年前,在资源与环境和物质规律的共同作用下(R—E—M空间),生命从两轴演化,逐渐出现在三轴空间内,并诞生了人类及其文明。生命从二轴的平面演化进入三轴的空间演

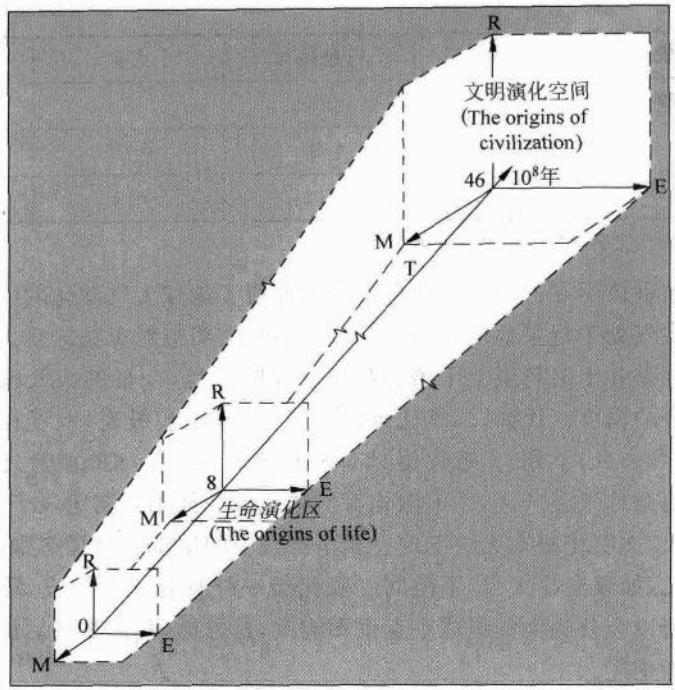



图 2-1 自然演化空间图

化是地球演化的最大特点，也是本书要讨论的最充满神奇之处。在这个过程中，R—E 轴的演化尽管复杂多变，但最终都能满足人类及其文明诞生与发展的需要。M 轴显然是永远不变的。但严格说来，M 轴也有个演化问题。周期表中的元素是从宇宙大爆炸始，过了几十亿年后，才全部形成的。又过了几十亿年，地球出现了，地球上的各种物质规律才随着物质形态的多样化而逐渐显现出来（如，生命出现前并无关于生命的规律），发挥着各种作用。物质形态与物质规律交织在一起，不断走向多样化复杂化。这是一个非常深奥的问题（我们在最后一章中，将做些有关讨论。）

因此，正是这三个轴的共同演化与配合，才形成了今天我们这个包括人类在内的美妙世界，而这就是自然演化的一致性。

下面，我们再用地球大气层的不寻常演化来具体说明这种一致性。如果我们将地球视为一颗普通的行星，即行星地球，那么类比于火星和金星，它的大气组成应与今日的状态大不相同。见表 2-1：

表 2-1　　单位：hPa

| 大气组成 | 金星 | 行星地球 | 火星 | 地球 |
|---|---|---|---|---|
| 二氧化碳 | 9万 | 300 | 5 | 0.3 |
| 氮 | 1000 | 30 | 0.05 | 780 |
| 氧 | 0 | 0.3 | 0.1 | 210 |

注：原出处为王明星的《大气化学》（第2版）。

地球这种极不寻常的大气状态生动地说明了地球大气演化的一致性。如果今日的大气处于行星地球状态，那么，人类与文明绝对无法诞生。因为二者在数量上相差几十倍乃至上千倍。更令人惊叹的是，今日的大气已达到万分乃至百万分的精度。比如，二氧化碳的含量，地球之初极高，但现在却定位于0.03%（体积分数）不到，比近代值只高出万分之几。但如此微量之变化却导致了公认的全球气温升高，冰山融化等可怕后果。如果当初定位于2.5%，还会自动灭火，文明将根本无法出现。至于空气中的甲烷含量最初很高，但现为百万分之几，如果高出太多，不但同二氧化碳一样具有温室效应，还有可能引起爆炸。所以今日的大气组成一点也不能改，这方面，我们将在后面的有关各章节里详细论述。

小结一下。自然演化的一致性是指，三个轴的演化最终都能满足人类及其文明的诞生与发展的需要。在时间尺度上一般是百万年、千万年以上，或亿年。而且，正是这种一致性才构成了文明诞生的条件或背景。当然，这与“主观态度”是不同性质的两回事。从事研究与探索，还是要从客观事实出发，实事求是，不能臆造，不能哗众取宠。

自然演化空间还给我们另一个重要概念，即文明诞生的条件本身要比生命诞生的条件复杂而漫长得多。前者是个“空间问题”，而后者只是个“平面问题”。**生命的出现只不过是在这个极其漫长而复杂的演化中一个必要的环节或转折**。生命诞生所需的时间相对较短，仅仅是几亿年，涉及的因素相对简单且要求不高。例如，当时海水的温度和空气的温度可能很高，大气中含有浓度极高的二氧化碳和甲烷等人类根本无法承受的气体，唯独没有氧。此外，火山喷发和地震活动也相当频繁。但诞生人类及其文明的条件却非常严格，这一点，读者在本书的全部论述中将会看到。例如，气温一定要限定在以水的物理性质为基准的极小的变化范围内，大气组成在厚度上和气体种类与比例上也都有相当多的要求，还要有一定规模的大气循环，有广布的淡水、土壤与矿藏以及丰富多彩的生态系统，等等。没有几十亿年的演化时间，这些条件无法具

备成熟。因此，诞生了生命未必一定出现文明。二者也许还差十万八千里。

但严格来说，这是两类不同的研究范畴，具有不同的条件和要求。我们可分别称之为“诞生生命所需的因素与条件”，简称“生命因素”，和“诞生文明所需的因素与条件”，简称“文明因素”。自太阳系诞生开始，自然演化似乎同时肩负着这两种“自然使命”，但在生命诞生以后，**大自然似乎便开始酿造文明因素，直到人类及其文明出现，即大约 5000 年至 1 万年前**。

作为二者共同的基础是化学元素、自然规律和各种物理与化学性质等，它们构成了物质世界本身。注意，所谓“因素”与“条件”这两个术语，在本书中并无严格定义，可以相互代替，因为条件也可视为是某种因素或要求。

近代科学花了大量的时间与精力，全力研究生命的起源，研究生命诞生的条件，并在太空中搜索其存在的蛛丝马迹。但似乎没有人全面研究文明诞生所需的因素和条件。原因可能很多，比如，可能认为，这是理所当然、自然而然的事，无须研究。而实际上，**这项研究要比生命起源的研究更具有科学意义、哲学意义和现实意义**。在以下的所有章节里，我们将全面探索促成人类文明起源的各种因素和条件。也许你会发现，今天人类所享用的大量自然因素并非为生命起源所必需，却为文明的诞生与发展所绝对必要。而且，这和生命起源探索一样，也可能是一个只有里程碑而无止境的探索。

“自然演化空间”图以最简单的形式表达了一个最复杂的概念，即什么是“大自然”，包括大自然的组成部分，各部分随时间的演化，我们从何而来，以及人类与各部分之间的关系等，展示出可以探索的各个方面，为人们留下了无尽的思考空间。

总结。世上万物都各有其产生的背景或说条件，事件越大，条件越多。作为宇宙中的最大事件——文明诞生同样也需要一定的自然条件。地球之所以神奇可贵，就在于她几十亿年的演化，正如本书所述，恰恰能全部满足作为万物之灵的人类最后登场所需的各种严苛条件。这就是自然演化的一致性。显然，如果没有这种一致性，地球文明就绝对无法出现。

这里应注意，所谓一致性，是指今天人们在研究自然演化时所总结出的一个现象，但这并不能推论说自然演化在一开始便有一个什么方向，或有一个什么目的。这种推论完全背离了本书的研究本意，也是一个空洞的无意义的问题。

下面我们将从风的起源开始，对自然演化的一致性展开讨论。风这一自然现象是当今人类所享受的各种环境因素之“首”。有了大规模的风，才会有大规模的雨或雪，有了大量雨雪才能加速岩石的风化，有了风化才能形成广布

的土壤层，有了土壤层才能储存广布的淡水资源。此外，有了风，才可能产生雷电，有了雷电才能点燃地面上的自然之火。而方便的水资源和不时发生的自然之火都是人类原始文明出现所必需的因素。因此，我们先讨论风的起源问题，以此入手，就显得十分必要和方便了。

**本章要点：**

- 自然演化一致性的概念；
- 对自然演化时空图的理解；
- 文明诞生所需的条件要比生命诞生所需的条件复杂得多。

# 3 陆上最早的风

风是空气的剧烈流动。因此，只要有空气存在便会有风。这似乎是天经地义的事。但问题也许远没有这么简单。空气的存在只是形成风的一个必要条件，并非全部条件；而且这些条件也不一定与地球之诞生俱来。这么说，风是有起源了？这是一个从未被提出过的问题，还是让我们一起去探索一下吧。由于风无影无踪，从来不在地壳中留下任何可供后来人类考证的痕迹，因此，我们不得不另辟蹊径：一是通过生物进化的特点去探索；二是通过地球亿万年来气温演化的特点去探索。本章就是抓住这两点展开讨论的。读后，您不但会了解到风这一大规模自然现象起源的地质年代，同时还可看到风在地史中"登场时间"的重大含义，从而可初步领略一下大自然的深层奥秘之处。

本章的最后意见将是以后各章的一个支柱观点。

## 3.1 风的概说

风对于人类来说，肯定没有空气、阳光和水那么重要。人们除了在闷热的夏天希望多来点凉风以外，其他时间大概都不太欢迎过量的风。特别是凛冽的寒风，肆虐的狂风，夹着浮尘的大风以及突然袭击的龙卷风等，轻则给生活带来不便，重则造成灾害。当然，风也是一种能源，可驶帆，少数地区也可用风来发电。但总的来说，风的存在似乎利少弊多。这大概是人们的一个较为普遍的感觉。这当然十分片面。其实风（主要指规模较大的强风，下同）无论过去还是现在在地球上所扮演的都是一个从不显示自己面目的伟大角色。风不但是全球温度、湿度的有力调控者，而且还是生命进化中的一个必不可少的自然因素。我们可以毫不夸张地说，在地球漫长的演化过程中，如果没有风这一自然因素的"准时登场"，便不会有今天这样一个完美的生态环境，当然，也就更谈不上人类的出现及其所创造的文明了。

那么，风最初是怎样形成的呢？又源于哪个地质年代呢？风出现以后，给地球演化又带来哪些重大变化呢？要回答这些问题，我们最好还是先简单看

一下风的唯一载体——地球的诞生过程，然后再看一下风与其载体之间的相互关系。这样，我们便会理解，以今天的宽广视野去研究亿万年前的风，其困难之所在，以及我们的研究所只能达到的精度。

太阳系的诞生。人类对太阳系的起源问题，应该说至今仍是个谜。人们只能从某些地质现象中去获取一些证据来推究地球和太阳的成因及其年龄，但在整体上则缺乏有力的证据。一般认为地球诞生于大约46亿年前。那么，在这之前地球和太阳系是个什么样子呢？最早在这方面提出科学假说的是德国哲学家康德(Immanuel Kant，1724—1804)。

康德于1755年31岁时以匿名方式提出了对太阳系形成的看法，但并未引起普遍重视。此后，法国数学家拉普拉斯(Pierre Simon Laplace，1749—1827)于1796年也就这一问题提出了自己的独立见解，并提及了康德的假说。这两个处于年代相近的学者，虽然对太阳系的形成各有己见，但都认为太阳系的各成员都是由最初的原始星云，通过吸引、旋转、分离，逐渐凝聚而成。因而后人称之为康德—拉普拉斯星云说(Nebular Hypothesis)。星云说至今仍被认为大体上合理，尚未被另一种新的学说所完全取代。

此后，进一步的研究认为，太阳的形成比其周围行星的形成在时间上要领先一步，大约为50亿年前。太阳和宇宙中类似太阳的其他恒星一样都属发光体，而围绕其旋转的行星则都是不发光体。它们只能反射外来的光。太阳系在形成之前，充满宇宙空间的物质主要是氢，其次为氦以及少量的其他物质和尘埃等。这些物质以极其缓慢的速度不停地转动，逐渐形成了一个有核心的圆盘状星云。星云再进一步转动演化，中心部分就形成了太阳，而围绕太阳旋转的各外层物质也逐渐凝结，最后变为八大行星。在这一过程中，靠近太阳的区域，温度高，气体等易挥发物质都已跑掉，只留下难熔的物质，因而形成了质量小密度大的类地行星，相反，在离太阳较远的区域，由于温度低，能保留住氢、氦等大部分易挥发物质，因而形成质量大而密度小的类木行星。以上观点虽然大体上符合当今有关宇宙起源和物质起源的理论，但对太阳系现存的许多特征仍难以做出具体解释。我们不是天文学家，无力也无必要在此进行更详细的讨论。对本书而言，提到这些便已足够。

太阳本身是整个系统的中心也是主体，其质量占太阳系总质量的99.86%，主要由氢氦组成。现在的太阳非常炽热，表面温度高达6000K(K为热力学温度单位符号，0摄氏度相当273.15K)。其热量来源是氢聚变为氦时的核反应。在太阳系形成之前，原始星云的温度可能不是很高。

下面我们再转向地球。今天我们所赖以生存的地球是个实体，其最初状态怎样，目前尚无一致意见。有人认为可能是个呈熔岩状的球体，后来冷却下

来形成硬壳。当然，这只是一个直观感觉而已。地球作为太阳系的一个成员，可能也是由星云物质凝聚而成。其内部热量一般认为是来自广泛存在于地下的放射性物质，这些放射性元素蜕变时可释放出大量热能。除元素蜕变放热外，在地球形成之初也带来不少热量。热能的聚集使地球深部物质软化，产生了非常重要的**分异作用**(differentiation)。重的物质下沉，轻的物质上浮，最后演化成为分层的地球(图 3-1)，也就是说形成了不同元素的富集圈层，即圈层分化。中心可能是以铁(约占 80%以上)、镍为主的地核，表层由较轻物质所组成并最终形成地壳。地壳与地核之间为地幔。这整个过程大约完成于 38 亿年前。地壳形成后便有了形成各种地表形状的物质基础。实际上，地壳一直在不停地运动着，叫做地壳运动。地壳运动的主要形式是组成地壳的构造板块*间的相互作用，如碰撞等。这些作用形成了地表上的各种地形，也包括大洋盆地在内。

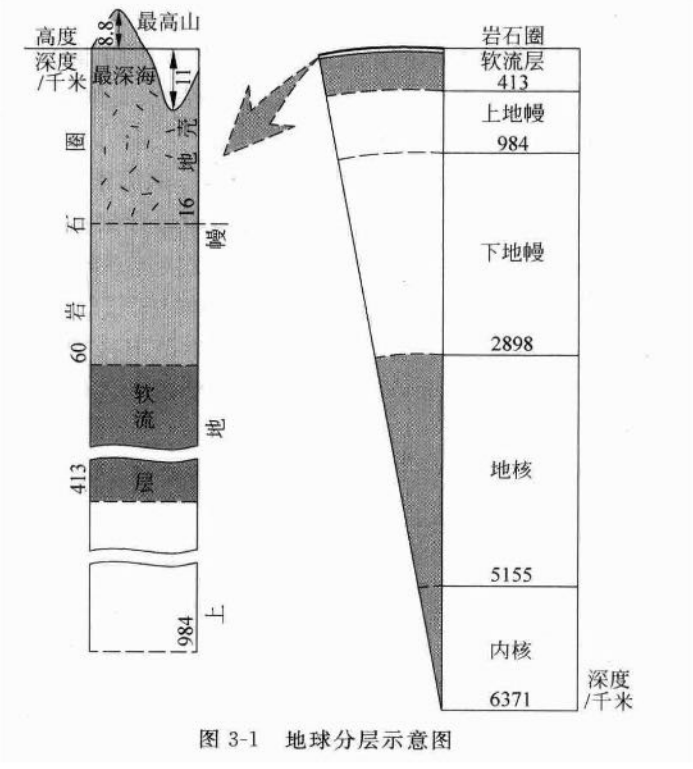



图 3-1　地球分层示意图

* 即岩石圈板块。严格说来，地壳只是岩石圈的一部而并非全部。关于板块概念，后面还要细谈。

至于大气的形成至今仍无最后定论。一般认为分为三个阶段。地球在形成过程中，外层曾有以氢氦为主的大量气体，后来逃逸了。地球形成后，由于火山喷发等地质作用释放出来大量气体，主要有甲烷、氨、氢、一氧化碳、二氧化碳、氰化氢、硫化氢以及水蒸气等。这些气体称为原始大气，气压一度曾为现在值的90倍。生命出现后，在生命的作用下，逐渐改变了上述原始大气的成分，随后经过了漫长的演化，才有了今天以氮氧为主的第三代大气。*

关于海洋，现在一般认为也是地壳运动的产物，是由火山喷发等地质作用所释放出来大量水气凝集而成。**

因此，地壳、大气和海洋可以说都是源于地球内部的分异作用。地球只有具备这些“舞台”空间之后，才能出现生命，才有岩土以及整个生机勃勃的大千世界。所以我们可以认为，分异作用是地球上一切演化的一个基本前提。

以上便是有关地球之初的一点知识。这里我们不难看出，地球表面作为风的唯一载体在亿万年前不但与今天的地貌大不相同，而且对此人类也知之甚少。我们不知道两极广袤的冰层、全球的陆海分布格局，以及高山和岛屿等确切形成的时间和形成过程，也不知道在这些过程中，大气相应的演变经过，而这些都是影响风这一自然现象起源的重要因素。

下面我们再看一下今天地球上影响风的各种自然因素。

当太阳辐射能到达地球后，对大气和地表的加热效果由于地轴的倾斜而使得世界各地差异很大***。总的来说，太阳直射或接近直射时间长的地区（赤道及低纬度地区），效果大气温高；而对平射或斜射时间长的地区（两极及高纬度地区），则效果小气温低（参考图3-17）。于是，赤道地区的大气受热膨胀而上升，两极地区的大气则由于收缩而下降。这便形成了赤道与两极之间的大气对流。

但实际上，这种对流由于受地球自转所产生的偏向力的影响，在赤道与两极之间按纬度高低又被划分成为许多大气环流区。这就是我们常说的风带和气压带，而且在风向上南北半球恰好相反。这些风带和气压带是：终年风力微弱的赤道低气压带、南北半球的副热带高气压带、南北半球的副极地低气压带和南北半球的极地高气压带。

然后，在各气压带之间又形成了六个风带（图3-2～图3-5），即南北半球的低纬度信风带（北半球为东北风，南半球为东南风）、南北半球的中纬度西风

---

* 有关大气的气体内容，我们将在“神奇的大气层”一节中详细讨论。

** 关于海洋形成的具体内容，我们将在“海水盐度的演化”一章中讨论。

*** 可参阅“天文因素作用下的地球环境基本模式”一节。

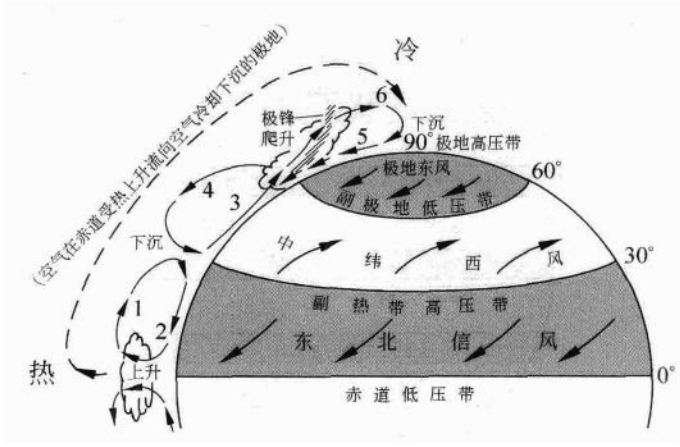



图 3-2 北半球的大气环流图

在地球自转产生的偏向力作用下，在赤道高空气流北上到 30°附近时受阻被迫下沉(1)，形成地面副热带高压，然后向南北分流，即为东北信风和中纬度西风(2,3)。与此同时，极地近地面高压空气向南流动时变为极地东风(5)，并与中纬度西风在 60°附近遭遇。暖轻的西风沿冷重的东风上爬，并在高空向南北分流(4,6)，于是形成了近地面的副极地低压带。

带(北半球为西南风，南半球为西北风)和南北半球的极地东风带(北半球为东北风，南半球为东南风)。所有这些风带统称为行星风系(planetary wind system)。由于太阳对地球的直射点随季节变化而南北移动，上述气压带和风带的位置，也随季节变化而略有移动。在北半球，大致是夏季北移，冬季南移。此外，由于陆地和海洋之间在热力性质上的巨大差异，导致陆海上的气压中心也随季节变化，从而形成了季风环流(monsoon)。

季风一般发生在冬夏两季，规模很大，可控制着地球上某些地区的气候特征。季风除由陆海热力性质的差异而引起外，气压带和风带位置的季节性移动等也是形成季风的一个原因。除了行星风系和季风环流以外，还有大气局部环流所引起的风。如沿海地区由于海岸附近的陆海热力性质差异而形成的陆海风，由于地形变化引起的山风等。

地球上的季风主要集中在亚洲，其他地区季风的规模不大。

以上所介绍的情况基本上属于原理性质。实际上存在的变数非常多，特别是地表状态(含陆地与海洋，下同)经常变换，影响其热力性质，因而风的规模及风向风力等，真可说是变幻莫测非常复杂。譬如说春天多风，但未必每年的同一天都刮一样的风。因此，天气预报很难准确，即使对未来 24 小时的预

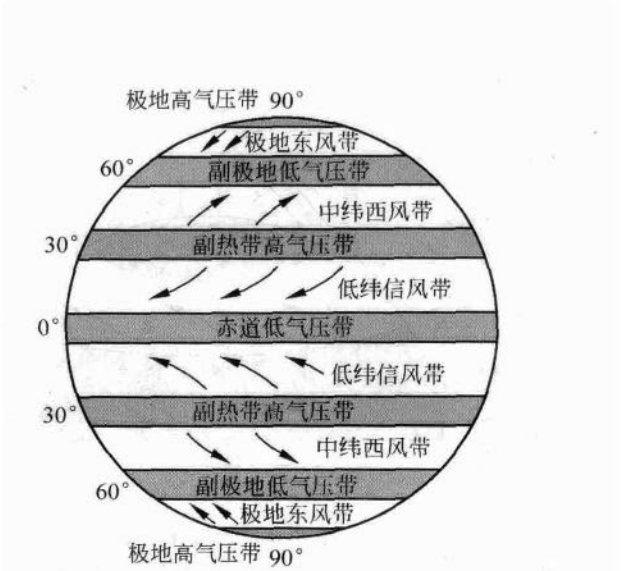



图 3-3　地球上的气压带和风带图

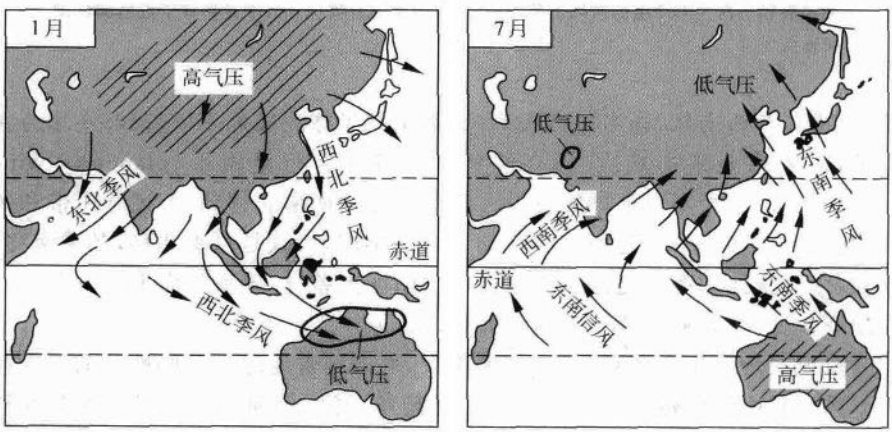



图 3-4　亚洲 1 月、7 月的季风图

报也做不到有 100%的把握。至于中长期预报就更是难上加难，只能供大致参考而已。所以，人类今天纵有登月的本领，但对于未来天气状况这一与人类关系最为密切的自然因素，却难以准确掌握。

风行为如此复杂，预报如此困难，再加上人类对地球之初了解甚少，那么，以这样的基础去研究亿万年前的风，岂不是知其不可为而为之吗？是这样的。因此，我们必须另辟蹊径。我们首先想到的是利用生物在各个地质年代进化

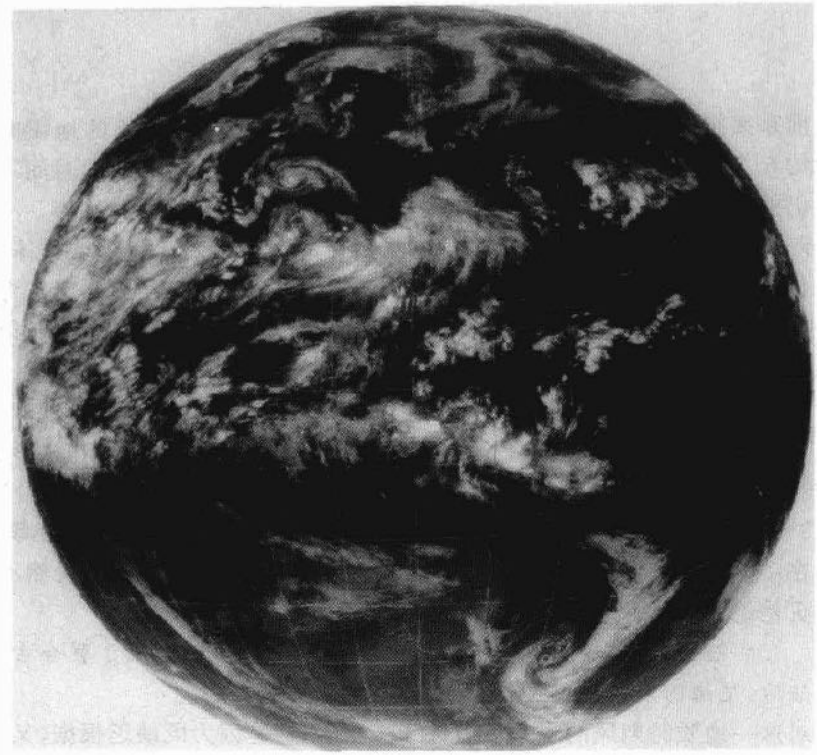


图 3-5 全球风云概观

云层的高度一般在数百米至 2500 米范围内不等，最高可达 5000 米。这是一个很恰当的高度。在这个高度上风云出没于全球的大陆上空，带来了无尽的天气变化。但这一切绝非凭空产生，背后有着大量的因素介入，其中活跃的大气环流必不可少（大气环流在以后章节中还将多次讨论）。

的特点去间接推究风存在的可能性。人类丰富的古生物知识将为这一方法提供可靠的依据。此外，我们还应注意到，自然界的一切事物都是由少到多、由简单到复杂逐渐发展起来的。风这一大规模的自然现象大概也不会例外。亿万年前的风行为与今天的比，尽管其形成机理一样，但影响因素肯定要比现在少得多，至少没有像今天这样复杂的陆海岛屿分布格局，没有像今天这样复杂的地表状态，当然也更没有像今天这样复杂的大规模的包括人类在内的生物作用因素。因素的简化，将大大减少探索的难度。

下面让我们首先沿着生物进化的足迹也即风起源的第一条线索，去探索一下风起源的问题。

## 3.2 前寒武纪

前寒武纪(Pre-Cambrian Era)是地球上的一个洪荒而漫长的地质时期，从大约5.7亿年前一直追溯到地球之初。对这段占地史约88%的时间，人类至今仍然了解甚少。这一时期，地球在其自身的演化中完成两件大事，一是形成了海洋(当然不是现在规模的海洋)；二是在海洋中出现了生命。具体过程由于化石太少而难以描述。地球已有46亿年历史，海洋何时形成，无从考证。也许从地球诞生之初，形成海洋的程序便已启动，包括大洋盆地的逐步形成和海水的逐步积累这两大部分。

现代科学一般认为大约在38亿年前，在原始"海洋"中已出现了地球上最初生命的前身。这时原始地壳已经形成。大约在38亿—28亿年前，形成了"陆核"，大约28亿—8亿年前发展成为巨大的稳定地块——"原地台"，10亿—8亿年前在全球范围内出现了五个大陆板块。而具有相当规模的海洋则大约在18亿年前最终形成。然而直到5亿多年前，生命在海洋中仍然不多，陆上更是绝无踪影。

古陆的形成一直难以考证，一般认为约2亿年前形成了联合古陆后，陆海的演化过程才较为可靠。

对这一地质时期风的现象不做进一步探索，这是因为既缺乏根据，又无多大实际意义。

## 3.3 古生代

在古生代(Paleozoic Era)的大部分时间内大陆仍然不多，周围则是浩瀚的海洋。这一地质时期生命化石大都在海洋的沉积岩中而且比前寒武纪要丰富得多。古生代是从5.7亿年前始至2.5亿年前止(有些资料的划分则是从5亿年前到2亿年前)，其间由近至远又进一步划分为6个纪，即

晚古生代：

二叠纪(Permian)——裸子植物出现；

石炭纪(Carboniferous)——两栖类动物繁盛；

泥盆纪(Devonian)——鱼类繁盛。

早古生代：

志留纪(Silurian)——出现最早的陆上植物；

奥陶纪(Ordovician)——出现最初的鱼类；

寒武纪(Cambrian)——海生无脊椎动物繁盛。

从生命进化的角度看,古生代具有划时代的意义。首先是在古生代之初,在生命界发生了规模空前、意义深远的物种大爆发(原因至今无定论),海洋中出现了大量的种类繁多的早期无脊椎动物,如三叶虫等,构成了后来动物物种的蓝图。此后,到了距今大约4亿多年前,由于环境巨大变迁,生命在进化中开始向陆上过渡。到了古生代末期,陆上已有了大片森林,海中则由鱼类逐渐分化出生活在岸边的两栖类动物。陆上生物的大量出现为我们探索风的起源问题提供了可靠的依据*。

在探索之前,让我们先看一下树在风中是如何能够直立生存的(图3-7)。从力学角度上看,树的稳定性主要是靠根系的固定作用。具体说,具有一定黏性的土经根系的穿插盘错后,便形成了一个重量巨大的深层土团,牢牢地栽扎在地面以下,从而可有力地抵御树冠在风力作用下对根部所产生的力矩。因此,除罕见的大风外,在绝大多数情况下,树在风中安然无恙。这里请注意,树的这种自我稳定能力都是在进化中逐渐形成的,而不是树在地球上一出现便有。这一点随着本章论述的展开,便可逐步看出。

关于树根的深度,主要取决于树种以及所在土壤层的含水量。同一树种,土壤含水量越大或地下水越浅,相应的树根就越浅;反之亦然。一般说,水土丰盛地区,植物根浅叶大;而干旱或沙漠地区,植物则根深叶小。植物这种对环境的适应现象,人们很容易理解。

下面我们转向古生代的植物(图3-7～图3-9),并从其生存特点看一下风存在的可能性。

地球在5亿年到4亿年前,由于地壳运动,某些大片深海域逐渐变为浅海域,后又逐渐变为浅滩和沼泽地**。在这个漫长的地质过程中,原先生活在海洋中的某些植物,在巨大的环境变迁中,出现了新的演化,从完全的水生逐渐变为根部靠沼泽而上部躯干靠空气的半陆生植物。这就是植物最初登陆的缘由。地球上最早出现的这类植物是蕨类植物(pteridophyta)中的裸蕨植物(psilotopsida)。最初的裸蕨,光棍一根,生活在4亿年前的志留纪晚期,高不过10厘米,茎很纤细,直径不到2毫米,十分软弱,下端有根状茎,茎上长着毛发状假根①,负责吸收水分和无机物,同时还起着支撑作用。位于茎中央的维管束组织②也极其简单。总的来说,没有一点现代植物的特征。但是,您不要

---

* 由此可知,本书对风起源的讨论,主要是从晚古生代开始。以下各章凡与此有关的内容在时间概念上都是一样。

** 详见"海水盐度的演化"一章。

感到奇怪。今天陆上繁茂的植物界，其最初的祖先就是这样。生命就是从简单到复杂从低级到高级，一步步发展过来的。最初的裸蕨历经上百万年之后，变得稍微发达一些。如工蕨（*zosterophyllum*），高十几厘米，生有分枝，总的说比“光棍型”要进一步，但机体仍然十分纤弱。

①假根最基本的特点是形状像丝，无维管束。作用与根相同。假根为低等植物所特有。

②植物用来输送水分、养料等的组织系统。现代植物体内的维管束，纵横交叉贯穿于植物体内的所有部位，形成一个相互联系的输导和支撑系统，非常发达，统称为维管束系统。

裸蕨类植物共繁衍了约5000万年，在当时的赤道及低纬度地区分布较为广泛。

对这样纤细脆弱的半陆生植物，我们完全可以想像，其生存的环境条件一定要相当稳定。譬如，水位太高会没顶。水没了，又会很快枯死，因为其躯体内并无多少储存水分和养料的空间，经不住太阳暴晒。即使水位不高不低，风稍大一点可能折断。因此，少风水面稳定是这些纤小植物的起码生存条件。

这里也许有人会问，植物为什么不能从全水生直接变为全陆生呢？这是由蕨类植物的繁殖方式所决定的。蕨类植物的繁殖方式一直到今天仍主要是通过孢子借助水来完成的，尽管所需要的水分可以很少。这一方式源于其上辈——全水生的藻类植物。因此，当生命开始登陆时，其先决条件便是环境中仍然要有一些水，如沼泽地。只有这样，才能使生命以孢子繁衍的方式继续生存进化，最后变为全陆生植物。这个过程看来是必然的。那么，何谓孢子（pteridophyta spore）呢？孢子这一繁殖方式可以追溯到海洋中生命的初期。但我们不是古生物学家，因此也无力在此细述。这里仅以现代蕨类植物为例，说明一下有关孢子的概念。

孢子是具有繁殖能力的细胞体（图3-6）。孢子从成熟的孢子囊（集生在孢子叶上）散开落地后，萌发成为非常微小的配子体（或称原叶体），可独立生活。然后配子体中又分离出精子，并借水游至配子体的藏卵器，与其中的卵细胞相结合，于是配子体复又成长为孢子体。即植物体本身。至于全陆生开花结果的种子植物，那是在植物进化历程中，很晚很晚才出现的事。生命进化总是连续的，无法从全水生直接跃入全陆生。

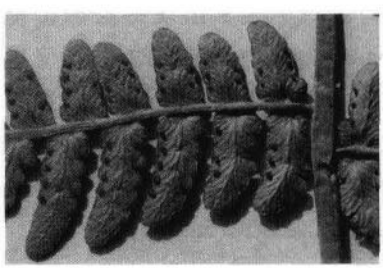


图3-6　现代蕨类植物叶背面的孢子囊（直径不到1毫米）

大约到了距今 3.5 亿年前的泥盆纪晚期，由于地壳运动，环境变迁，裸蕨植物一部分逐渐消亡，另一部分则继续进化。这一时期内，由于空气中氧含量逐渐增加，高空上就形成了相当规模的臭氧层，也为陆上生命的大规模生存繁衍提供了极为有利的保护伞。此时，裸蕨植物中的某些类型已逐渐进化成为具有真正根、茎、叶分化的蕨类植物。到了石炭纪和二叠纪（约 3.5 亿—2.5 亿年前），这些蕨类植物便进化成为蕨类森林了。其中数量最多的是，石松纲（lycopsida）、楔叶纲（sphenopsida）和真蕨纲（filicopsida）植物。石松纲植物中最有名的为高达 30～50 米、树干直径 1～2 米的鳞木（*Lepidodendron*）和高达 30 米、树干直径可达 2 米以上的封印木（*Sigillaria*）。楔叶纲植物中常见的有高达 30 米，有着茎状根和巨大树冠的芦木（*Calamites*）。真蕨纲植物中常见的有高达十几米，直径只有十几厘米的辉木（*Psaronius*）。这些植物在当时的赤道与中低纬度之间组成了大片大片的蕨类森林。有的生长在广袤的大陆上，有的生长在较小的陆块上[①]，并以北半球居多。但都是位于沼泽地或其他多水的湿地当中，自生自灭繁衍长达 1 亿年之久，构成了今天全世界的主要产煤区[②]。

[①] 当时中国大部分土地仍属于浅海，华北及华南一带像巨大的岛屿一样位于中低纬度地区，覆盖着繁茂的乔木林，称作华夏植物群（cathaysian plants）。

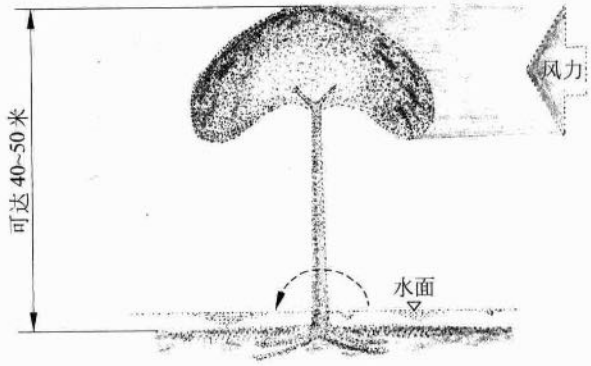
[②] 从成煤的观点看，沼泽一般被认为是一个必要的环境因素。而蕨类森林最繁盛的石炭纪二叠纪恰恰就是世界上最重要的成煤时期，占世界煤炭储量的一半以上。

今天我们所见到的林木[③]，一般生长在较为干燥的土地上。土壤的含水量一般为百分之二十几到三十几，且具有相当的黏性。树根一般较深，因而可在土壤中穿插盘错形成一个很大的土团栽扎于地下，以抗御大风袭来时对树干根部所产生的巨大力矩。即使这样，每年夏季土壤经雨水多次浸泡后，仍有不少树在大风中连根拔起。

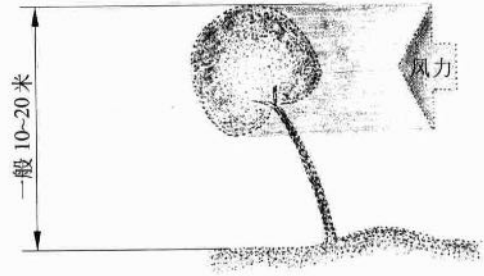
[③] 按有关分类，乔木分为大乔木（高度大于 25 米）、中乔木（10～20 米）和小乔木（3～10 米）。其中最常见的是中小乔木。如，中国广东海南一带，林木繁茂，但树木高度绝大多数在 20 米以下。世界上高达 40 米以上的乔木，温带及热带均有，但数量相对不多。

与现代树木相比，古生代的上述蕨类森林真正堪称为超级巨树。其树冠树干之重，迎风面之大，远非现代树木可比。但遗憾的是，这些超级巨树的根部却远不如其子孙后代——现代“小树”那样牢固。首先，不管哪种蕨类林木，尽管根部形状不同，但都很浅，且呈匍匐状（水平状）向四周延伸（由于其生存

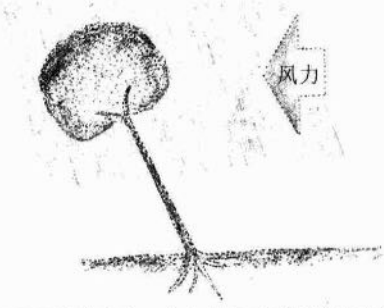
环境多水，这种根系状态很容易理解）。这一点，从力学观点上看，与其上部巨大的躯体相比很不相称。如存在大风，则显得极不稳定。




古生代如有强风加荷于树冠，则树干根部将产生巨大的力矩。

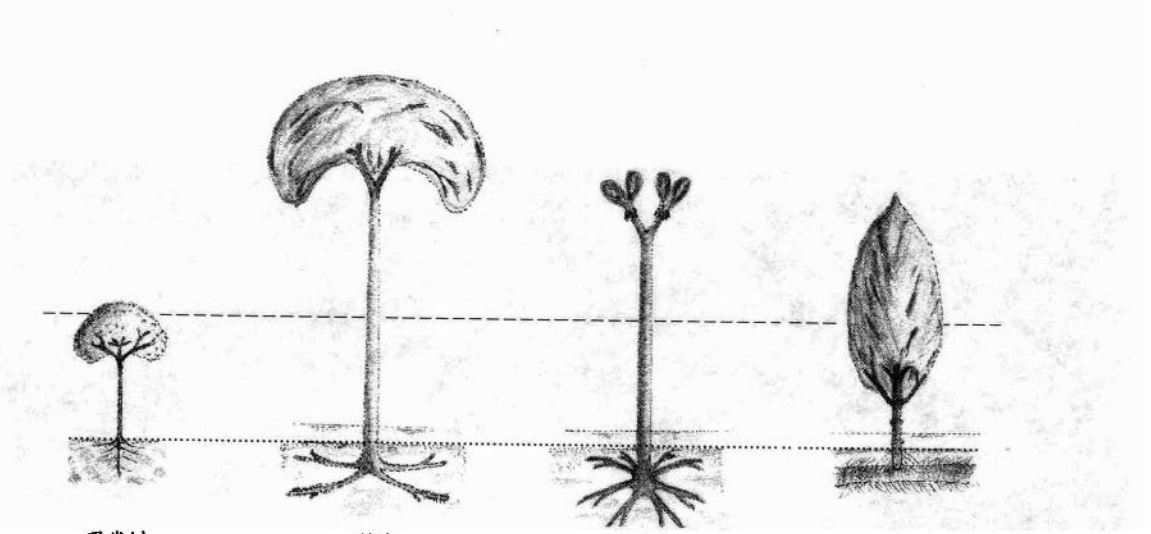



现代树在大风中如地面隆起，说明黏聚的土团正在抵抗树身的倾倒，而饱和土却无此“能力”。




现代树土层经水饱和后，在大风中可直接连根掘倒。

图 3-7　树木受风图



现代树

高度一般低于20米，多有粗壮的主根，四周有大量侧根。有的树种主根不发达，但有大量不定根，同样形成庞大的根系。现代树所有的树根都往深处扎。这点是共同的。

鳞木
(*Lepidodendron*)

高度可达40米或更高，茎粗可达2米，树根常为四条水平状分枝并可再行分成歧形，浅伏在地表下，无主根。根上再生较密的不定根。可见古生代高大的乔木并非“树大根深”。

封印木
(*Sigillaria*)

高度可达30米，茎粗可达2米，顶部不分枝或歧形分枝。树叶呈线形，长可达1米，斜挺着直接生长在树的枝或干上。这样的树叶很难想像是在有强风的环境中发育成的。树根分枝较多，水平状，无主根。

芦木
(*Calamites*)

高度可达30米，有巨大的树冠，下部横卧根状茎，茎干直立其上，而且不止一棵。根状茎上生有大量不定根，无主根。如有强风，则由于树冠巨大茎干底部较细显得很不稳定。

图 3-8　古生代沼泽巨树简单示意图

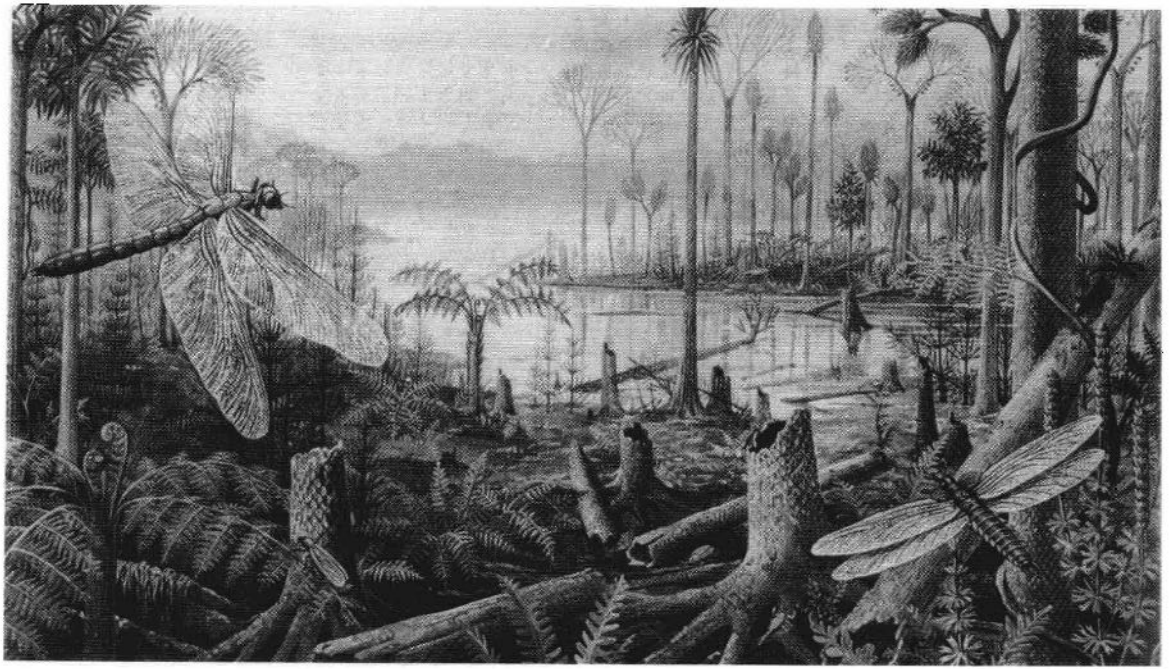


图 3-9　晚石炭世蕨类森林景观(想像图)

下面我们再看一下其赖以生存的土壤状态*。在讨论这一问题之前，首先谈一下有关土壤分类的概念。自然界里的土大体上可分为两大类，即黏性土和无黏性土。所谓黏性土即土壤主要由黏粒所组成，加水后具有很强的可塑性，如可搓成很细的土条。无黏性土即不太含黏粒的土，加水后可塑性很差，如砂土等。水下的黏性土呈淤泥状，而无黏性土则显得比较密实。我们夏季在湖中游泳时，水下地面多为淤泥，很危险，弄不好，会越陷越深。而在海滩上游泳时，脚下则为细砂地面，相当密实，踩上去很舒服，但却没有任何黏性，脚趾很容易挖动。在古生代，由于蕨类植物主要是生长在沼泽地中，因此，当时的土壤含水量很可能一直处于饱和状态。所以，我们可以说在古生代的蕨类森林所在地，无论是哪种土壤，均无黏聚力可言（土壤处于饱和状态时则基本上失去了黏聚力）。如果是黏性土，则成为淤泥状，如果是无黏性土，则本身就不存在多少黏聚力。一棵高达三五十米、直径一两米的超级巨树，根系既浅，周围土壤又无多少黏聚力，其稳定性之差，可想而知。

为了进一步说明这一问题，我们不妨再看一下现代浅水中的林木是如何固定自己的。红树是热带海边淤泥中生长的植物（图 3-10，图 3-11），高不过 10 米，涨潮时可能没顶。红树之所以能稳稳当当地直立于淤泥中，前提有两条。一是所在地大都是风平浪静的港湾，可以躲过狂风的袭击；二是从树干高处向四周斜伸出许多粗壮的弓形枝根，像高支点的斜撑一样，团团围着主干。

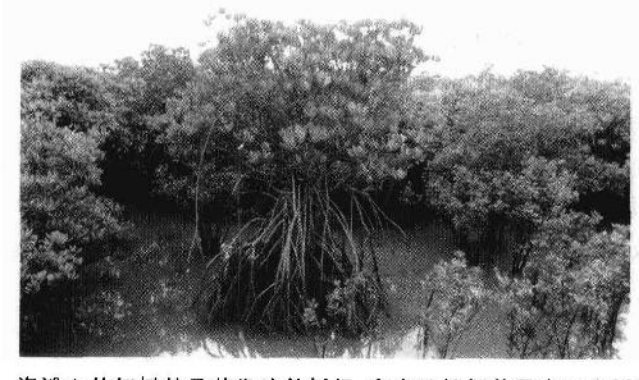


图 3-10　海滩上的红树林及其发达的树根，牢牢地簇拥着具有巨大树冠的树干
（平雷摄自中国广西合浦）

* 土壤与土的区别，请参阅 7.2 节。

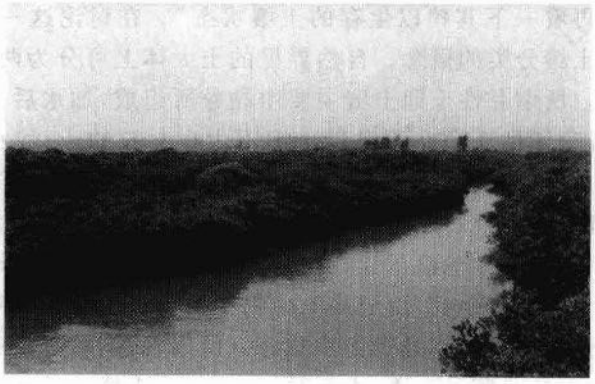


图 3-11　高水位时的红树林生态景观
（平雷摄）

因此，十分牢固。相比之下，亿万年前的蕨类林木，却远没有这么进化，处于一种相当原始的状态。一棵头顶巨冠的粗干，“浅浅地”插入“淤泥”之中，四周无任何支撑。因此，这种“头重脚轻根底浅”的超级巨树，“弱不禁风”便是情理之中的事了。

以上我们从力学观点探讨了古生代植物从裸蕨到蕨类森林的稳定问题。其共同特点是都靠“水媒”繁衍，下部土壤无太多黏性。裸蕨植物无真根固然谈不上有多少稳定性，即使对蕨类森林来说，其根部土壤也无法形成与其上部躯干相称的非常深厚非常巨大的黏性土团。因此，晚古生代植物的一个生存前提显然便是不允许（或极少有）大风存在。

**本节要点：**

- 植物生命力的进化（尚未完全脱离水环境，根部的稳定直立能力很差）；
- 蕨类植物生长及成煤所需的沼泽地；
- “水媒”；
- 裸蕨；
- 蕨类森林；
- 土的水下状态。

## 3.4　中　生　代

中生代（Mesozoic Era）的时段为 2.5 亿前—0.65 亿年前，又分为三个纪，由近至远依次为

白垩纪(Cretaceous)——恐龙消亡；

侏罗纪(Jurassic)——恐龙繁盛，出现原始鸟类和哺乳类动物；

三叠纪(Triassic)——恐龙初现。

古生代末期，由于地壳运动，大面积浅水域和沼泽地逐渐消失，导致蕨类植物失去了继续繁盛的环境条件。但与此同时，另一种能适应新环境的新物种在进化中浮现，这就是生长在陆上完全靠种子繁殖的裸子植物(gymnospermae)。从进化角度看，裸子植物与蕨类植物相比又向前迈进了一大步。不但根、茎、叶已展现出现代植物的姿态，而且是地球上第一次用种子来进行繁殖的植物。但由于其胚珠(种子的前身)为裸生，无子房包被(子房是花的核心部分，最后发育成为果实)，故称为裸子植物。

同蕨类植物一样，当时的裸子植物最后也形成为大片大片的森林，繁衍长达1亿年之久。蕨类植物靠"水媒"，土壤呈饱和状态，缺乏黏聚力，这是显而易见的。然而裸子植物为全陆生，靠种子繁殖，土壤状态又怎样呢？这同样是一个非常值得注意的问题，因为它同样也会直接影响着上部树干的稳定性。答案从何处入手呢？让我们把目光投向中生代最繁盛的超级动物——恐龙[①]，透过它的行为去理解当时土壤的力学性质以及风存在的可能性。

① Dinosaur，源于希腊语 deinos＋sauros，意即可怕的蜥蜴。人类直到19世纪才认识到这是属于远古时代一种陌生动物的化石。

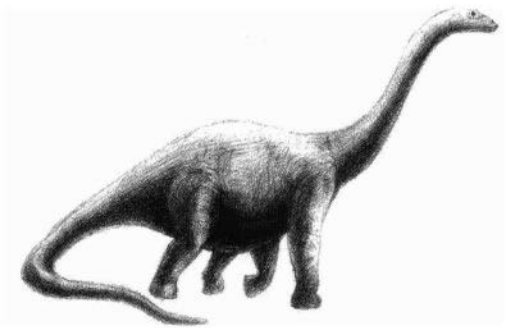
同一切自然过程一样，恐龙的出现也有一个从小到大、从少到多的发展过程。恐龙最初是从古生代石炭纪的两栖类动物进化而来。当时这类动物数量不多，身躯也小。经过了约1亿年的进化，到了中生代的三叠纪和侏罗纪，大肆繁殖，大大小小估计曾出现过上千种。目前发现最早的恐龙化石为两亿多年前的三叠纪中期所形成，高约2米，全长约6米，素食。后来，恐龙的化石在世界各大洲均有发现，而在美国、蒙古、中国、加拿大、英格兰和阿根廷所发现的数量则占世界总量的3/4还多。有的小如鸡，有的大如列车，多为素食，但也有肉食的。中国发现最长的恐龙为1.3亿年前的合川马门溪龙(*Mamemchisaursus hochuanensis*)。全长约22米，高约3.5米，重约50吨，素食。世界上发现最大的恐龙可能为美国新墨西哥州发现的早侏罗纪的震龙(*seismosaurus*)。全长约42.6米，肩高5.19米，重约100吨，素食。这些巨大的四脚恐龙化石在世界各地均有发现，分布较广。

恐龙四足着地，也有两足着地的，全都是卵生。恐龙生活中最大的特点是喜欢水。除到岸上觅食或产卵外，总喜欢呆在水中。恐龙多行走，但也可奔跑，且速度不慢。有的恐龙奔跑时速可达五六十千米，相当于中速行驶的汽车。这里，人们很容易联想到一个重要问题，是何种地面可以承受得住如此超

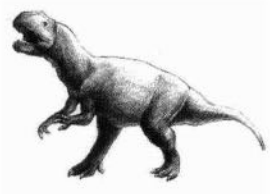
级动物的任意践踏呢？据保守估计，恐龙脚掌对地面的点压力可达几百千帕。如果快步行走或奔跑，其单脚落地时所产生的巨大冲击力就更大得不可思议了。

今天世界上最大的陆生动物——生活在非洲大草原上的大象，重不过七八吨，土壤相当密实时完全可以承受其四足所传到地面上的重量或冲击力。但恐龙的生活环境则完全不同。那是一个相当原始但又能适合于恐龙生存活动的特定历史环境。

下面就让我们从恐龙的生活习性出发去具体探讨一下这一环境的特点（图 3-12）。



(a)



(b)

(c)

(d)

图 3-12　恐龙对比图

（a）素食恐龙：一般长 20～30 米，重数十吨至 100 吨，称蜥脚亚目。每天需吃掉将近一吨重的青树叶，见于除南极之外的各大陆；

（b）肉食恐龙：霸王龙体长 14 米，高 6 米，重约 8 吨；

（c）现代大象：重约 2～7 吨，素食，生活在热带平坦地区；

（d）载重汽车：载重超过 1 吨的汽车，一般需行驶在专门路面上（特别在土壤含水量较高时）。

由此我们可以想像中生代恐龙所生活的多水地带（面），其土层的力学性质当与现在的一般地面有所不同。

恐龙多为素食，胃口很大。大恐龙每天要吃掉几百公斤乃至上吨重的青树叶。因此，要使这样的群体繁衍下去，没有大片大片茂密的森林是不行的（图 3-13），而水土丰厚的浅水域附近不但是恐龙喜欢随时出没的理想场所，也是生长茂密森林的最佳地域。其他地方或缺水或多石，自然条件无法与这些地域相比。

那么，下一个问题便是浅水域或浅滩地及其四周的土地又怎样能经得起恐龙的践踏呢？这里，让我们再次注意一下前面所提到的土与水的力学关系概念。对无黏性砂土而言，经水浸泡可自动密实，可承受上部荷载。对黏性土而言，经水浸泡，便成稀泥。承受不了上部荷载。一头大象若行走在由粗砂或细砂或砂土等无黏性土所组成的地面上，即使地下水位高过地面，也可承受，顶多留下深深的足印。但若行走在含水量很高甚至是饱和的黏性土壤上，则会越陷越深。

上面我们曾谈到恐龙喜欢生活在浅水域中，而中生代的地形特点是较为平坦的地势居多，因此洼地水域可向四周渗透浸没至很远很远。另外，那时杂草等尚未进化出来，绝没有现在林地或草原上那种经草根固定后的地面那样结实。这种情况下，当恐龙进出水域经过宽阔的滩地时，如果地面由黏性土组成，肯定陷入无疑，至少步履维艰。如果主要由无黏性土组成，则不管地下水位多浅，土层含水量多高，都会具有相当的承载能力。恐龙在上面行走或是奔跑，当无问题，完全可行动自由，顶多是留下深深的足印。同理，如果水底是淤泥，像现在的湖底那样，则几十吨重的恐龙同样也会陷入。相反，如果是无黏性土水底地面，则恐龙在其中生活会相当自由，感觉也很轻松舒服。

世界上许多恐龙化石和恐龙足印化石都是在砂岩[①]或有砂岩存在的交互地层中发现的，这在一定程度上支持了上述观点（如果是原地覆盖）。

[①] 砂岩是分布极广的陆源（相）沉积岩，其结构粒度是以0.1～2 毫米为主。“相”这里可理解为沉积环境。

2001 年 3 月，在中国甘肃省永靖县发现了大量恐龙足印化石（图 3-14），最长 1.5 米，宽 1.2 米。专家分析认为该恐龙重约 50 吨，是在湖边沙滩地上行走时留下的。另外，笔者在北京地质博物馆的一块场地中，也亲眼见到几块巨厚的砂岩，上面的恐龙脚印清晰可见，其中有一块表面上还有一层非常整齐的不到 1 厘米的泥状沉积物。脚印穿过这一层直入砂岩中。这些情况也直接说明了当时唯有砂质土层才能承受如此巨大的重量和冲击力。因为足印是无法异地覆盖的。

综上所述，我们可以说，浸没中的砂质土层乃是既可满足大量植物生长需求又能满足恐龙活动要求的理想地表状态；当然也不排除砂质土层与其他土

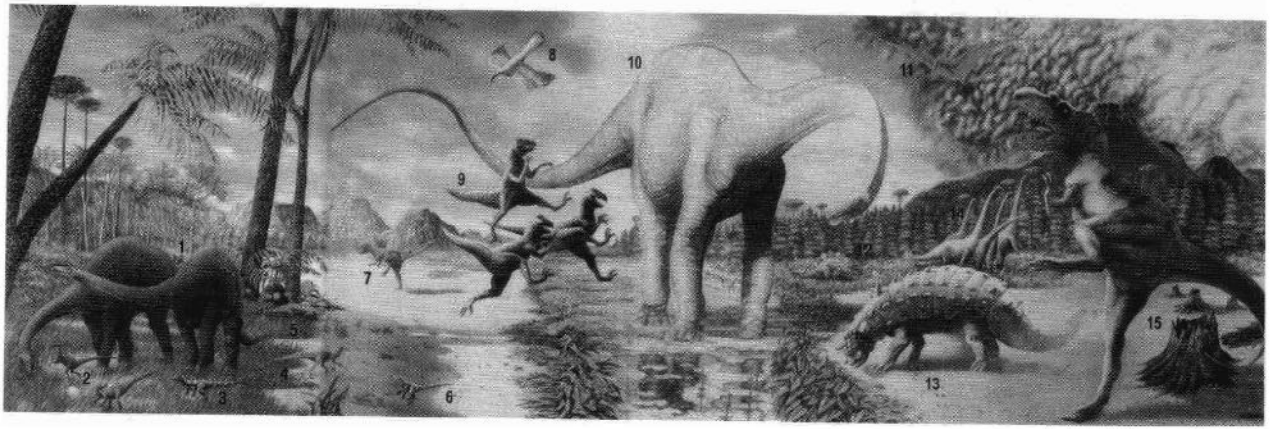



图 3-13　白垩纪恐龙示意图

1. 板龙；2. 莱索托龙；3. 法布龙；4. 小盾龙；5. 蜥蜴龙；6. 柚珍龙；7. 异龙；8. 始祖鸟；9. 恐爪龙；10. 梁龙；11. 翼龙；12. 剑龙；13. 古甲龙；14. 鳃恐龙；15. 霸王龙

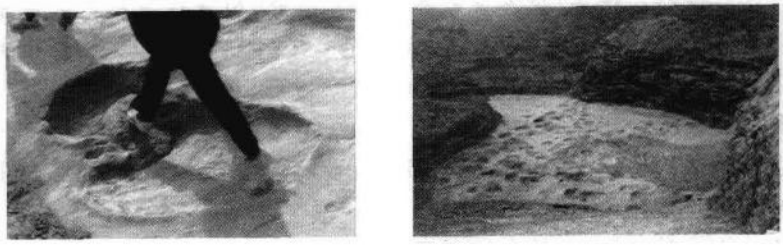


图 3-14 中国发现世界上最大恐龙足印

（中新社）中国考古人员在甘肃省永靖县发现的巨大恐龙足迹化石证明，这种一亿年前的恐龙，两步就可跨过一个篮球场，是目前世界上已发现的最大恐龙足印。

层交互存在的可能性。

下面我们顺便谈一个地质问题。我们在以上论述中只用“浅水域”一词而未提及“湖泊”，为什么呢？主要是现代湖泊的成因简单说就是两条。一是要有水源，所以湖泊总是与水系（地上或地下）相连；二是要有较深的洼地或盆地。中生代的浅水域是怎样形成的呢？我们不是地质学家，不必在此妄加推论。但可以肯定，其生成机理可能是另外一套。譬如说，是否有可能从古生代浩瀚的浅水域演化而来，等等。总之，我们提出这一问题的意思是，不能用今天的湖泊概念和景观去理解中生代的水域状态。1 亿多年前的中生代，地面、地形和动植物等都相当原始，相当简单。这一点是根据下面即将介绍的“板块构造学说”而得出的。今天人类所享受的各样地理环境主要是新生代特别是第四纪所形成。如，起伏的丘陵、绵延的群山、辽阔的平原以及多种植被和遍布的湖泊、河川等。中生代的地理环境可没有这么丰富，而恐龙就是在这样一种较为“单调”的环境中生存的。因此，在环境上，当时恐龙并没有什么可供回旋的余地。环境的整个变迁，走向多样化，将最终导致恐龙的衰亡。

那么，中生代恐龙何以几乎遍布全球呢？恐龙的存在对风的起源又意味着什么呢？

关于恐龙遍布全球问题，以现代科学理论来解释并不难。简单说，在 2 亿多年前，今天我们所看到的各大洲原本靠拢在一起（请参阅图 8-9）。如南美洲的东岸与非洲的西岸相互靠在一起，欧洲亚洲也和非洲紧紧相连。对此，人们称之为联合古陆（Pangea，Pangea in Chinese is called Ancient-Connected-Continents），联合古陆之前，早古生代大洋中有大小不等的陆地，并多位于赤道和中低纬度。经过了 3 亿多年的演化与漂移，才聚集到一起，并基本连成一片（请参阅图 4-1）。大约在不到 2 亿年前，联合大陆开始解体并四向漂移，即所谓大陆漂移（continental drift）。漂移进行了 1 亿多年，到了新生代逐渐趋

于今天的陆海分布格局（这个过程今天仍在继续，但漂移速度已大大减缓）。恐龙就是在大陆漂移过程中，来到各大洲的。以上解释是源于当今世界上最盛行的板块构造学说（plate tectonic）。该学说形成于20世纪60年代，是人类在科学发展上最伟大的成就之一。

鉴于板块构造学说的观点在本书以后各章中需多处提及，因此，这里先专门集中介绍一下。

板块构造学说认为，整个地球表面由许多巨大的板块（plates）所包围覆盖（现在主要是6大块）。板块的深度可直达地球岩石圈的底部，并“漂浮”在下面局部呈熔融状态而整体呈塑性状态的“软流圈（层）”上，“软流层”位于上地幔（参阅图3-1）。板块上面可为大陆，也可能是海洋，也可能是有陆也有洋，随所在板块位置而异。因此，上面所说的大陆漂移实际上是这些巨大板块的运动在地球表面上的表现形式。那么，板块是怎样产生的呢？这主要是由于海底扩张的结果。科学家认为大洋底上长达6.4万千米，宽约1500～1600千米，高约1～3千米，占洋区面积约30%的洋中脊（或称海岭 oceanic ridge）是巨大板块的最初发源地，是板块向两侧分离的边界。地幔中熔融物质（岩浆）不断从洋中脊的裂谷（rift valley）处向上涌出，并冷凝形成新的洋壳。同时，在大洋的另一端位于软流层上的老洋底又不断被送进海沟（trench），重新融化于地幔之中。因此，整个运动可以说是“一进一出”的过程（有长有消）。那么，岩石圈两侧是否沿洋中脊全线做整体移动呢？这当然不太可能。实际上，由于所谓“转换断层”（transform fault）[①]的存在而将洋中脊沿线隔断。以上就是海底扩张。根据现代观测资料分析，太平洋底的扩张为5～7厘米/年，而大西洋为1～2厘米/年。整个洋底用2亿年的时间可更新一次。海底扩张促进了各大板块的运动，并在运动中彼此不断摩擦、碰撞、挤压、剪切，于是形成了当今世界上所拥有的各种地形。如地球上大部分的高大山系和岛屿等都是在这一过程中形成的。

[①]沿洋中脊有许多个转换断层，将洋中脊分成许多“段”。“断层”是地质名词，意即地层在此处断裂。转换断层大致垂直于洋中脊，长可达数百至数千公里。断层两侧可相互错动。

板块构造学说最初是源于1912年德国青年科学家魏格纳（A. L. Wegener，1880—1930。但在此之前已有人提出过类似的见解）所提出的大陆漂移说（Continental Drift Hypothesis）。这一学说打破了禁锢人类思想长达几千年之久的大陆固定论。如同日心说打破地心说所遭遇到的困难一样，大陆漂移说也曾遭到了长期的冷落和嘲讽。而魏格纳本人也正是在这种境遇中，在不懈的探索考察中，他50岁生日那天，在格陵兰冰原上遇难牺牲，

成为近代科学史上悲壮的一幕。后来，随着科学的进步，大陆漂移说才逐步得到重视。20 世纪 60 年代初，美国科学家赫斯(H. H. Hess)等人继大陆漂移学说之后又提出了上面提到的海底扩张说(the Sea Floor Spreading Hypothesis)。板块构造说是在大陆漂移和海底扩张两个学说的基础上，又通过大量实地考察，于 20 世纪 70 年代完成的。其中加拿大科学家威尔逊(J. T. Wilson)在最终形成这一学说中做出了杰出的贡献；另外，美国大型科学考察船挑战者号(Glomar Challenger)的大量深海钻探工作，也为这一理论的形成提供了必不可少的宝贵地质资料。

板块构造学说的观点现已一再为科学观测所证实。如，近 7000 万年以来，南亚次大陆已向北漂移了 5000～7000 千米，年平均 6～12 厘米。印度板块仍以每年约 5 厘米的速度北移，同时喜马拉雅山每年以 0.33～1.27 厘米的速度上升。板块构造学说解释了长期困扰科学家的许多重大地质现象，如火山、地震和山脉的形成与分布，以及高山上为什么可以发现原本为深海的沉积物[①]等。该学说还可解释生物进化中一些特殊现象。如袋鼠为什么只有澳洲才有。其原因可能是随着澳洲所在的板块远离大陆，袋鼠被海洋隔绝开来，而那里的食肉动物又不多，因而得以保存繁衍下来。

[①]中国唐代颜真卿，公元 709—785；宋代沈括，公元 1033—1097，都曾见过山顶上的蚌壳化石。“沧海桑田”一词由此而来。颜真卿还是当时(公元 770 年)世界上最早注意到这一现象的人。

板块构造学说不足之处是板块运动的驱动力或原动力问题。科学家虽然对此提出了不少假说，但究竟是什么不可思议的巨大能量驱动着如此巨大无比的板块在做持续运动，至今尚无统一见解。

下面让我们再回到风起源这个课题上来，也即回答第二个问题，恐龙的存在对风起源意味着什么呢？

中生代盛行的裸子植物主要有种子蕨纲(pteridospermop-sida)、苏铁纲(cycadopsida)、科达纲(cordaitopsida)、银杏纲(ginkgopsida)和松柏纲(coniferopsida)，分布范围比蕨类植物要广得多。它们都是高达二三十米的乔木，生长在恐龙出没的浅水域周围，且根系不深(由于地下水位很浅)。由于裸子植物借助风媒(anemophily, or wind pollination)进行繁殖，毫无疑问，风这一自然现象当时确已存在。但另一方面，前面我们根据恐龙的生活习性已说明**中生代的地表土层缺乏黏性**。因此，这些高大的林木无法像今天的林木一样形成深厚巨大的根部土团，以抵御大风袭击。设想，如果每年来上一两次大风，则可能有大量林木被毁。若如此，每天要吃掉大量青树叶的恐龙群体恐怕就难以繁盛起来。

这里，我们一定要注意下面这个重要事实，即裸子植物远不像后来的被子植物，其生命的顽强性极差，基本无再生能力。裸子植物如银杏、松柏和苏铁（铁树）等，砍掉树枝去掉树叶就难再活。因此，移树苗时，被子植物如槐树等，可将树冠砍掉，只栽一根带根的树棍即可。但要移栽银杏、松柏等，则不但必须“全须全尾”还要连土团一起，原封不动地运移。稍有不慎，便无法成活，非常“娇气”。裸子植物还有一大特点，即生长极慢。铁树自不必说，松柏银杏同样也远无法与后来的被子植物相比。一棵裸子植物从树种发芽到成材，总需二三十年。自然成林约需上百年。

这里，我们仅以裸子植物的上述特点而言，能供应恐龙大量食用，维持上亿年，这本身就是一件极不容易极脆弱的事。一只大恐龙，每天要吃掉几百公斤青叶。但裸子植物绝不如生命力极为顽强的小草。小草总不停地长，吃了再长。因此，一片草地可供养不少牛羊。相比之下，裸子植物一旦被撞歪或大半树叶吃光，就难以继续存活。一只恐龙一生中通过吃树叶撞树干，毁掉大量（譬如说几百上千棵）裸子大树，大概并非不可能[①]。因此，当时的生态是，一边“迅速”地大量地（植物）被毁，一边是（植物）极其缓慢地生长。所以我们说，要在这样一种消耗与生长之间维持长期稳定平衡是极不容易的，更何况那时尚无杂草灌木等被子植物（新生代中后期才出现）可供动物食用。

[①] 动物的寿命一般为其发育期的数倍，十几倍乃至几百倍。恐龙从卵生发育成为几十吨的躯体，若非暴长，十几年总是需要的（恐龙若为变温动物，则终生生长。但无定论）。因此，恐龙寿命长达百年左右或更长，大有可能。由此，恐龙一生中毁掉几百上千棵树便是“顺理成章”的事了。

在这种情况下，如果中生代有大风出现，则更是无异于雪上加霜。**中生代的裸子植物同恐龙一道生存在低洼多水地区，土层缺乏黏性**。如有大风，每年即使有百分之一二的树木根部有所松动，就不得了（今天在低洼多水地区，风雨中每年刮倒、刮歪些树是常事。只不过被子植物照样生长，看不出来罢了）。若如此，几十年内，顶多几百年内，裸子植物岂不死光。这里关键是裸子植物基本无再生能力。可能无人见过一棵突然被撞歪的银杏树会再度生枝发芽（见图 3-15）。

因此，我们说，风这一自然现象当时肯定已有，但不会太大更不会频繁，也许比古生代的规模略大一点。因为裸子植物毕竟不是半陆生，其抗风能力总比蕨类森林要大一些。这是客观的。但恐龙的存在说明，处于低洼多水地区的裸子林木同样也不允许有较多的大风出现（而且是全球性的，因为恐龙几乎遍及全球）；何况裸子植物所需的风媒本身也不需要太大的风力。

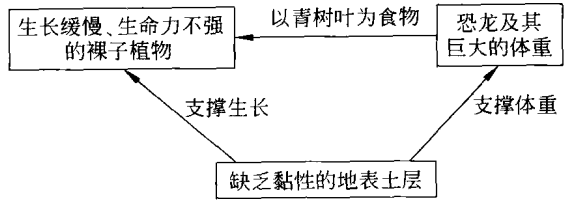



图 3-15

以上我们**以恐龙的生活习性和裸子植物的生存能力这两个事实为基础，**分析了中生代并不存在大风的可能性。

说到这里，让我们再次强调一个观点，即植物的生命力（能适应一定环境变化的生存能力）只能在生存竞争和自然淘汰中逐步进化增强。这一点从藻类到蕨类植物到裸子植物再到被子植物，在生理机能上从简单到复杂，十分明显。这个事实虽然在一般书中都提到过，但却很少注意到不同地质时代不同生理状态下植物的稳定直立生存能力，以及根据这种能力状态，反看当时所应具备的环境条件。

本章对古生代和中生代风存在的可能性，正是根据上述观点进行分析讨论的。在本章之末还要对这一观点进行更加全面的综合理解。对上面所多次提到的新生代的被子植物，我们将稍后予以详细讨论。

鉴于土壤状态对林木稳定直立性能的重要影响，下面将古生代与中生代的土壤形成因素再补充几句。*

总的来说，土壤虽不是新生代特别是第四纪的“专利”，但也应当承认在地球漫长的发展过程中，各个地质年代的土壤结构并非完全一样。在古生代和中生代，土壤虽存在，但影响其发育成熟的各种自然因素却远没有新生代的多。有一种观点认为，没有生物便没有土壤；特别是具有丰富营养的高黏性腐殖土，是完全靠生物作用形成。从进化的角度看，古生代中生代的生物，包括动物、植物和微生物三大界，其物种及数量均远没有第四纪的多，因而土壤的肥力和黏聚力也不会有第四纪的大。从风化的角度上看，情况也类似。古生代中生代的风化因素包括机械风化、化学风化和生物化学风化，也都不及新生代的作用大，因而土层也不会像第四纪那样丰厚。树干直径一二米高达三四十米的超级巨树在地下水位浅又缺乏黏性的土层中生长，是很难在大风中稳定的。**因此，少有或没有大风出现是这两个地质年代确保蕨类森林和裸子植物森林生存繁衍、确保恐龙有足够食物的一个必要条件。**

---

* 有关土壤问题，本书后面还要进一步讨论。

今天太空探测说明，与地球同龄的火星，其表层所覆盖的只是一些松散的似砂物质，毫无黏性可言。这也可从一个侧面说明，即使一个天体存在了几十亿年，尽管那里也有着巨大的温差，也似曾有过水，但由于无生物作用，覆盖其表面的也只是某种砂质松散体而已。

**本节要点：**

- 土的黏性；
- 黏性土；
- 无黏性土；
- 恐龙足掌对地面的压力和冲击力；
- 恐龙的食量、水生习性和只能以裸子青树叶为食的食谱特点；
- 地下水位较浅；
- 板块构造学说；
- 大陆漂移；
- 风媒；
- 裸子植物的生长速度和再生能力。

## 3.5 新 生 代

新生代(Cenozoic Era)始于6500万年前并延伸至今。该地质时期共分两个纪和七个世并生存着繁盛的植物：

第四纪(Quaternary Period)：

全新世(Holocene)——人类；

更新世(Pleistocene)——原始人类。

第三纪(Tertiary Period)：

上新世(Pliocene)——猿人；

中新世(Miocene)——鲸鱼、猿类、食草动物；

渐新世(Oligocene)——素食哺乳类动物；

始新世(Eocene)——开花的植物；

古新世(Paleocene)——胎生动物。

新生代是地球演化中离现在最近的一个地质年代，也是物种走向空前多样化的一个地质年代。在植物界出现了大量高等植物和低等植物。其中种子植物(spermatophyta)是高等植物中分布最广的一门。种子植物往下又分为裸子植物亚门和被子植物亚门(angiospermae)。裸子植物的由来，我们在中

生代一节中已介绍过。当时虽然盛极1亿多年，但后来已大部分消亡，成为大自然造煤的原料。在现在的苏铁纲、松柏纲、银杏纲和紫杉纲(yewopsida)中，尚存有700多种。大多数为重要的材树种以及生产纤维、树脂、单宁等的重要原材料。

与裸子植物相比，被子植物更为进化，出现也最晚。其所以称为被子植物是因为能定期开放构造完美的花朵。花有花被和子房，子房中又包着胚珠。最后胚珠发育成为种子而子房则发育成为果实。被子植物从叶到花到茎到根的完善功能使其具有很强的再生能力，可很好地适应各种自然环境的变化，因而它一出现便"很快地"成为陆上植物界的大部分种类。目前世界各地的被子植物共约25万多种，构成了绿色大地的主要角色。

被子植物最初为木本，出现在中生代末的白垩纪[①]，品种数量均不多。新生代第三纪中期得到大发展，并随着环境的变迁进一步涌现出大量草本植物和灌木。被子草本植物比木本植物更为进化，更具有生命力，因而分布更广。被子草本植物刚出现时为双子叶植物(dicotyledoneae)(通称为双子叶植物纲，其胚具有两片子叶，通常为直根系)，后来在不利的自然环境变迁中又进一步演化成为生命力最为顽强的单子叶植物(monocotyledoneae)(通称为单子叶植物纲，其胚具有一片子叶。根为须根系)。蔬菜和杂草中都有，如韭、蒜，杂草如南方的饭包草，北方的乌拉草(零下40摄氏度依然油绿)等。在单子叶植物中又进一步划分出与人类生存关系极为密切的禾本科植物(gramineae, or grass)，杂草如狗尾草、画眉草等，粮食如小麦、黑麦及水稻等。这些作为人类淀粉主要来源的植物都是在新生代末期才进化出来的具有抗御恶劣环境能力的多倍体植物(polyploid plant)。[②]

[①] 关于被子植物起源问题，无论是在最初的物种上还是在起源的时间上和地域上，均尚未最后定论。

[②] 即以其遗传物质染色体的加倍来增加抗环境变化能力，有关"多倍体"概念在"天文因素作用下的地球环境基本模式"一节中还要讨论。

现在让我们再回到风这个课题上来。被子草本植物自第三纪大量出现以来，具有过去植物所没有的两个显著特点。一是根系特别浅。其深度无法与木本植物相比，特别是单子叶植物全是须根。草本植物浅根所能吸收的水分只能来自降水所形成的地表土壤水(即地下水位以上的地表附近土壤所含的自然水或毛细水)。没有降水，草本植物将难以存活。

第二个特点是风媒。草本植物常以风媒方式进行繁衍，还有用风来传播种子的，如蒲公英等。草本植物中野生分布最广的禾本科植物则全部为风媒

繁殖。这里我们需要特别注意一点的是，风媒虽然在中生代的裸子植物中便已出现，但新生代草本植物风媒作用所需的风力要远大于高大的裸子植物所需的风力。草本植物特别是分布最广的禾本科植物，最大的特点是茎干十分矮小。如生命力极强的稗子、蟋蟀草和狗尾草等，高不过三五十厘米。正因身躯如此矮小，所以只有地面风力达到一定强度时，风媒或风播才能达一定效果。考虑到地面对风的摩擦作用，因此，其相应的高空风力要更大一些。例如，草地上 10 米高空刮 8 级风时，在 0.1 米的高度上便削减为 3 级微风了。因此，我们可以说，虽然树的风媒作用在三四级风中便可奏效，但对小草而言，其效率就变得非常之低了。后者的风媒作用需要在高空中出现较强的风力时才能奏效。

草本植物在第三纪大发展，说明当时陆上已有了相当规模的风和雨。从而为草本植物的生存与进化提供了环境条件。因此，我们可以说，风虽于古生代和中生代便有，但只有到新生代才获得了大发展。

**本节要点：**

- 蕨类植物裸子植物被子植物的依次进化；
- 草本植物；
- 土壤水；
- 地面对风的摩擦。

## 3.6 风起源的第二条线索

（从古代气候特点和地表因素再谈风的起源年代问题）

地球自诞生以来已有 46 亿年的历史，人类将这一漫长的地质过程划分为几个代，以便于研究。即：

新生代——从现在上溯至 6500 万年前；

中生代——6500 万年前至 2.5 亿年前；

古生代——2.5 亿年前至 5.7 亿年前；

前寒武纪——5.7 亿年前至地球之初。

人类将每个地质代又划分出许多纪。但各纪之间的界限并不非常严格，实际上只是反映了一个时间概念。某种形式的生命在世界各地的出现时间可能不完全相同，但对风而言，则只是到了最近一个地质时期才开始在世界各地大规模地出现。在此之前，陆上很可能并不存在大规模的风。这一观点是我们以上从植物进化的力学稳定性中探索而得出的。

现在让我们转入另一个观点，即从古代**气候因素和地理因素**这两方面来探索一下风在远古时代存在的可能性。

从现代观点看，风作为空气的剧烈流动基本上是由于地域间大气压力的压差而形成的。在天气预报中，我们常听到高气压低气压等这类名词，这实际上就是反映了某地域的气压分布情况。这是造成天气状况的一个基本因素。而气温又是影响当地气压分布的一个基本原因。因此，根据古生代中生代全球的气温变化情况来探索风起源问题也不失为一条重要途径。

首先说明，对地史中的气温，年代愈久愈难准确描述[①]，**特别是对所谓“大冰期”[②]，年代愈久，证据愈少，因而在时空上很难准确界定**。一般认为，对中生代及其以后的全球气候描述，尚属可靠。

[①]研究古气候的方法主要有对冰川痕迹的研究，古地磁研究，氧同位素研究，放射性年代的研究，以及对古生物古土壤的分布研究等。

[②]地史中一个相对较短的地质时期。有冰川出现，气温相对较低。地史中曾发生过多次大冰期，但加在一起的时间大概尚不到整个地史时期的1/10。

总的概念是，自寒武纪（约5.7亿年前）以来，90%以上的时间内，全球气温一直偏高，并在中生代内的约1亿年前，达到了地史中气温的最高峰，同时大洋的海水水温也比现在的高。此后，**气温略有下降，进入新生代后明显下降，到了新生代的中后期加速下降，极地地区开始出现冰雪，历经数百万年的积累后，先南后北分别在高纬度地区内形成了广袤巨厚的冰川**（冰川是陆上巨厚的冰层，有缓慢运动。冰川占世界淡水储量的68.69%），**此后气温继续下降，冰盖范围继续扩大，于是便出现了离我们最近的一次大冰期，即第四纪大冰期，至今已延续了大约250万年**。在这期间，气候并非一直寒冷，而是冷暖期交替（我们这里所说的全球气温下降是指中高纬度地区，赤道地区的气温总是较高。下同）。

对本章所涉及的晚古生代和中生代（泥盆纪、石炭纪、二叠纪和三叠纪、侏罗纪、白垩纪，共约3.3亿年）而言，全球气温虽在长历时内有所升降并随纬度而异，但总体上依然偏高。即使在大约2.8亿年前跨越石炭纪末与二叠纪初的大冰期中（地史中倒数第二个大冰期），北半球高纬度地区内也仍有羊齿植物（即蕨类植物。这里是指一种较为低矮的乔木，生于温凉环境中）生存而无冰川。对这一时期，仅在南半球的中高纬度地区有较多的冰碛物（即冰川沉积物）发现并由此推断当时有规模较大的冰川作用发生。但相近的地区内同样也有羊齿植物生存，其中包括极地区的某些地带在内。

反观今天的极地景观却大不相同。南极大陆几乎全部为巨厚的冰川所覆盖，厚度达1500～1700米，面积达1410万平方公里，尚不计周围的永久冰盖，更未包括周边广袤的浮冰区。极地年平均气温为零下50摄氏度～零下60摄氏度，最低可达零下88摄氏度。北极地区虽无大陆，但极地附近仍有约210万平方公里的巨厚冰川（图3-16），而极地的海域则基本为浮冰所覆。北极地区的年平均气温为零下18摄氏度，常年变化在0摄氏度～零下40摄氏度之间，最低可达零下67.7摄氏度。极地的植物则只有地衣和苔藓这类贴地面生长的小体植物。

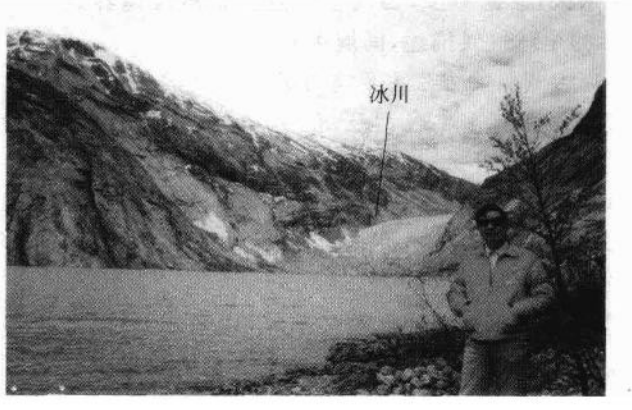



图3-16　图中山谷间的冰体是挪威中部的一条冰川
（图中为作者本人，1988年，夏）

地球上正是由于这种极地大面积的、稳定的常年低温状态存在，所以才能在赤道与两极之间形成巨大的温差，其高值范围可达100摄氏度左右，而**这就是形成地球上行星风系的前提或说基础。如，今天对全球气候有着重要影响的信风带和副热带高压带等就是在这样的基础上形成的。**

但在晚古生代和中生代，地球上却不存在规模如此浩瀚的极地低温区。从上面的描述可以看出，在这长达3.3亿年的地质时期中，除南半球中高纬度地区有时间"不长"范围有限的冰川作用外，在大部分时间内，两极无冰覆（*北极一直无冰覆*）。**这种情况下，即使在赤道与两极间存在有某种大气环流，也会相当微弱，难以形成像今天这样明显强烈的风带和气压带。**

实际上，由于喜温的羊齿植物依然在南半球中高纬度地区繁衍进化，从未中断，也说明这一带气候当时并非酷寒。

至于晚古生代中生代全球气温偏高和石炭纪二叠纪存在大冰期的原因，至今科学上尚远无定论。这里不做多述。全球气温偏高多认为与黄赤交角

(The obliquity of the ecliptic)[①]有关(图 3-17)。该角度愈小,即地轴愈近于垂直状态,则极地地区愈难形成冰层*。大冰期的出现则多认为是由于太阳系在银河系中公转时,恰好经过近银心点[②]所致。这些观点的正确性如何,显然已不属于本书的讨论范围。但有一点可以肯定,即地球上的环境与天文因素密切相关。这是一个重要的观点。对这一观点,在本书以后的讨论中,还会多次提到。

[①]即地球公转的黄道平面与地球自转的赤道平面之间的交角。该角度并非固定不变,但目前人类观测到的变化很微小、缓慢。现在的黄赤交角值为 23°26′21″。

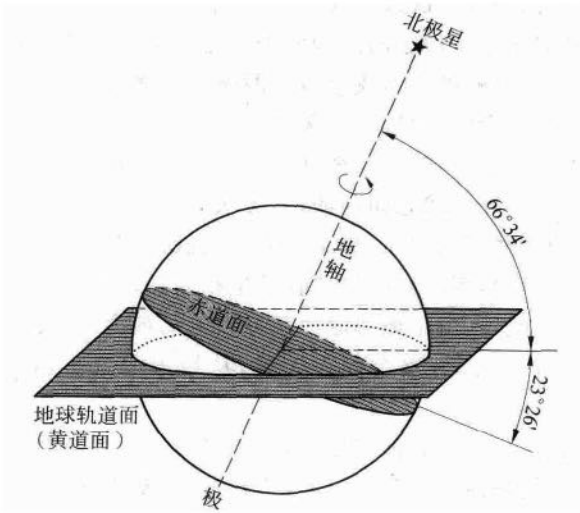



图 3-17 黄道平面与赤道平面的交角图

[②]太阳系在银河系中公转的轨道也是一个椭圆,故也有近银心点和远银心点之分。

**下面我们再从地理因素方面探索一下风的起源问题。**

我们前面说过,地球之初,在地壳运动作用下,先是形成了陆核,后又上升扩展为原地台,大约在 10 亿—8 亿年前形成了全球的五个大陆板块,最后于 2 亿多年前的晚古生代形成了联合古陆。我们又谈到了板块构造学说。根据这一学说,地球上的陆海分布格局和大多数山脉地形以及岛屿等都是在联合古陆解体以后的所谓大陆漂移中逐渐形成的,并以新生代居多。因此,我们可以

* 参阅"天文因素作用下的地球环境基本模式"一节及插图。

总括为，晚古生代以来，地球上基本上是先有陆后有山，而陆又是先集中后分散（早古生代，陆地也是分散的）。这一总体过程恰恰与我们上述的风起源也完全合拍。

在古生代，地球上分散的大陆初现，并逐步走向联合。陆上山脉是有，但远不如今天的多。因此，无论是陆海分布格局还是陆上地形都比较单一。我们知道，今天地球上地域间所拥有的多样性气候基本上是由复杂的陆海分布格局和于复杂的地形条件所促成。同一纬度上存在着不同类型的气候并非个别。从这一观点看，古生代单调的地表状态对多样性气候的形成无疑是个负面因素，无助于形成像今天这样的复杂气候带。

关于季风，我们前面已谈过主要是由于陆海热力性质的差异以及全球气压带与风带位置的季节移动这两个因素所引起。以此来看，古生代在全球气温较高条件下，当然也就难以形成赤道与两极之间强烈的大气流，因而也就谈不上全球气压带和风带的明显出现；关于由陆海间热力性质的差异而引起的季风环流同样也会由于全球性“均衡”的高温，地形相对简单，特别是陆上大片大片浅水域这一特定环境状态而冲淡（在今天，季风也是夏季弱冬季强）。在这种情况下，即使有些所谓季风，也不会太强，且影响范围也不会太大（今天的季风也只是地域性的），因而对蕨类植物的生存而言，其影响顶多是局部的，不会影响整体进化。此外，由于地形原因所导致的局部大气环流，也会因地形单调而缺乏形成条件。因此，整个晚古生代，从地表因素上讲，无助于大风的形成。

进入中生代后，全球气温依然较高，情况当与古生代类似。但由于中生代中期，联合古陆开始解体，相应的造山因素逐渐活跃起来，因而地形也渐走向多样化。例如为中国构造面貌基本轮廓的形成奠定了基础的燕山运动就是与太平洋板块向亚洲东部的俯冲有关，并发生在侏罗纪和白垩纪期间内。在世界上这一时期内形成的大山主要还有北美的科迪勒拉山脉和西伯利亚东部的群山等。到了中生代末期，由于联合古陆的解体，各大陆已拉开了相当的距离。因此，中生代中期以后，逐步走向复杂化的地球表面形状（包括陆海分布格局和陆上地形两方面），在全球气温逐步下降的情况下，为风的出现起到了非常积极的作用。因此，从地表因素看，中生代的后期，风的规模当逐渐加大。

进入新生代后，全球表面形状已大为改观。新生代中期，全球陆海分布格局已比较接近现代的样子。在各大洲对气候影响较大的重要山系也已出现。例如，对中国气候有着决定性影响、对世界气候也有相当影响的喜马拉雅山脉就是在大约4000多万年前开始崛起的。此外，北非的阿特拉斯山脉，欧洲的比利牛斯山脉、阿尔卑斯山脉、喀尔巴阡山脉以及高加索山脉，南美洲的安第

斯山脉，北美洲的海岸山脉以及亚洲和环太平洋的众多岛屿如日本列岛、菲律宾群岛等，都在这一时期内相继形成。

新生代在全球气温持续下降的情况下，高低纬度之间的温差逐年拉大，并最终形成了现在的气压带和信风带。同时又由于陆海分布格局和陆上地表形状的复杂化，在陆海之间形成了大规模的季风环流。再由于陆上地形的复杂化，所以各种形式的局部环流也渐出现。因此，我们可以说，**新生代以来日益复杂化的地球表面形状在全球气温大幅下降的条件下，极大地促进了风的大规模出现，并因时因地而不停地行动着。**

现代科学认为，南极冰盖的形成始于500万年前，也有认为可追溯到1400万年前，北极冰盖为300万—240万年前。第四纪大冰期始于250万年前。此前，都会有漫长的过渡期。

在结束本节之前，让我们再简单归纳一下。**赤道与两极之间的巨大温差和复杂的地表形状是形成地面强风的两个必要条件，是基础。而在晚古生代和中生代这两个条件虽然存在但并不如新生代晚期那样明显和复杂。因此当时在风规模、风力和出现频率上均大不如今天便是一件可以理解的事了。**

**本节要点：**

- 古生代、中生代全球气温较高无明显四季；
- 地表因素；
- 新生代全球气温持续下降。

## 3.7 对风起源问题的综合讨论

自本章开篇以来，我们从植物进化的特点、全球气温和地表因素的演变这三个方面讨论了风的起源问题。其有关知识都是人类在近百年通过对古地质古生物化石等的大量考察研究而逐步积累起来的。以此为基础来探索风的起源问题应当是可信的，不会有虚构之虞。

下面我们再从以上三大因素出发，对风起源问题做一番综合理解。只有综合理解才能在风起源问题上领略一下大自然深层奥妙之所在。

我们曾多次提到过从简单到复杂乃是一切自然发展过程的共同规律。生命源于海洋但不停留在海洋而走向陆地走向高级形态似乎是一个不可避免的发展趋势。而古生代陆地的逐步形成与靠拢又恰好为这一生命发展趋势提供了必要的环境条件。于是，原先生活在海洋中的植物在这一巨大的缓慢的环境变迁中，逐步向陆生生命演化。**这其中首先遇到的一个关卡是自身的固定**

**问题，无法回避，然而，大自然不可能在植物登陆之初便马上就赋予它这种能力。这也不符合自然发展规律。生物的一切能力包括植物在陆上的自身稳定直立能力和顽强的生存能力都只能随着环境的变迁在漫长的进化中逐步形成。**生物的实际发展过程也正是这样。

植物最初的陆上开拓者——半陆生的蕨类植物，无论是纤细弱小的裸蕨还是后来的超级蕨类森林，它们作为从水生型向陆生型的过渡者，其稳定直立性能注定要差。这是因为，没有全陆生的环境，植物不可能在浅水中提前具备在干燥土层中所应有的稳定直立能力。而当时全球性较高的气温及其所必然带来的无大风的单调环境恰恰满足了过渡型植物对环境的这一特殊需要。因此，我们说，古生代无强风存在是十分合理的现象，与生物进化完全合拍。今日地球上的无风带主要位于赤道低气压带附近，属热带雨林气候，如刚果河流域、亚马逊河流域和印度尼西亚。总的说它们只存在于南、北纬 10 度之间的某些地区内，相当局限。且热带雨林中高大树木的树干基部都有很高的“板状根”或“支柱根”，环绕支撑加固树干。这里，我们无法想像，生长于沼泽中构造十分原始身躯纤细矮小的裸蕨和后来的超级蕨类森林是在每年经历风雨酷热和冰冬严寒中进化出来的。生命在长期的自然淘汰中，能适应巨大温差变化的被子植物只是在环境产生巨大变化的新生代才繁盛起来。再早，植物是不具备这种功能的。

进入中生代，裸子植物以其更为进化的生理机能取代了蕨类植物，并确实已在陆上站住了脚。但是从生命的整个进化过程看，动物进化似乎比植物进化慢了半拍。这一点很容易理解，因为动物总是要依赖于植物而生存。中生代最普遍的影响最大的动物是恐龙。恐龙作为动物进化链中的一环，完全有其生存意义[①]。因此，裸子植物与恐龙便构成了中生代动植物界的两个最繁盛的生命群体。恐龙虽号称爬行动物但仍然未脱离对水环境的依赖。恐龙巨大的食量、巨大的体重及其离不开水环境的生活习性，说明当时供应恐龙群体的食物资源——茂密的裸子植物森林只能生长在浅水域附近。因为只有这样，才既能使恐龙活动自如又能使裸子植物森林繁衍生长。但由于当时土层缺乏黏性*加之地下水位较浅，因而林木根部的稳定性也较差。在这种情况下，中生代终年高温及其所必然带来的无强风环境同样也恰恰满足了恐龙和裸子植物双方生存的需要[②]。因此，我们同样可说，中生代无强风存在也是十分合理的现象。这里，我们同样无法想像，恐龙这种专以青叶为生的超级爬行动物是在每年冬季的冰天雪地中进化过来的。现代温带爬行动物都以穴居冬

---

* 参阅“中生代”一节。

眠的方式抗御严冬。但这种方式对庞然大物恐龙来说恐怕难以采用，如果有冬天的话。另外，在冬季，食物来源也是个大问题。因此，中生代的终年高温的无风环境与生物进化之间同样也很合拍。

① 总的来说，对恐龙出现在进化中的意义，尚缺乏完整的认识。目前科学上认为小型恐龙的一支乃是鸟类的前身；而恐龙的卵生方式也是后来出现胎生的一个必要衔接阶段。至于恐龙何以如此巨大，那可能与环境因素有关。

② 在高纬度地区有恐龙存在，从一个侧面也说明当时高纬度地区也是四季常青，气温较高。

**当然，我们这里所说的“无风”主要是指风在当时出现的规模、频率上均大不如今天（即行星风系、季风等）。但不排除晚古生代、中生代有局部稀遇大风存在的可能性，因为风这一自然现象，其成因毕竟太多太微妙了。但这在整体上并不会影响生物的进化进程。行星风系的最大特点是全球性和规律性，这是孕育出今日全球万物的必要条件。在这一点上，古生代中生代杂乱无章的偶发性稀遇大风，如果有的话，是无太多意义的。**

到了新生代后，由于地球上中高纬度地区的气温持续下降，从而使得四季的最终出现成为可能。

生命自古生代中期开始登陆至新生代第三纪之初，总共约 4 亿年。在这期间，地球上不仅赤道，中低纬度地区很可能也没有明显四季之分，气候状态相当原始单调。生物正是在这样一个漫长的特定环境中通过进化，成功地实现了水陆大转移。从整体上说，这是地球上原始的、相当脆弱的、陆上生命系统的一个逐渐“发育”过程。

大约在中生代的 1 亿多年前，在植物界与动物界中又分别孕育出了最原始、最简单的被子植物“雏形”与哺乳类动物“雏形”。但在当时，它们只是作为大自然的一个“伏笔”，是具有极大潜力的蓄势待发的物种。只有到了新生代，随着中高纬度地区气温的持续下降以及四季的明显出现，这才使得这些物种在新的环境条件下，以强劲的姿态“迅速”地进化成为当今世界上最高等的动植物，当然也包括我们人类的远祖在内。因此，大自然总是事先留下“伏笔”而不是“临阵磨枪”。这里，很关键的一点就是四季的出现。否则，过去几亿年的进化以及过去的“伏笔”将很难再做提高。四季的环境使得生物系统在漫长的“发育过程”中，终究有了一个“成熟”的机会。

四季的出现必然产生大规模的风，风又带来了雨，为广袤的陆地提供了淡水资源。这里，人们自然会问，那么古生代、中生代陆上的淡水资源从何而来呢？对这一重要问题，我们将在下一章讨论。

在结束本章讨论之前，我们不妨再反问一下，如果在4亿多年前生命登陆之初，从那时起地球上便有明显的四季，便有每年出现的狂风和冰冻，生命当该如何呢？若如此，根据本章的论述，则整个进化历程将无法完成。原因很简单，**因为今天被子植物所具备的完善功能和顽强生命力主要都是在过去进化的基础上，在新生代的新鲜环境中再度进化出来的**。这里，无法本末倒置：使4亿年前原始的简单的纤细的裸蕨一诞生便具备今天被子植物的一切能力去适应当时的冰冻和狂风，如果有的话。看来，大自然所做的一切安排是非常合理的。

因此，我们完全可以说，风虽在古生代、中生代便有，但其大规模的普遍出现则是新生代的事，特别是在新生代中后期。

下面，请沿着这一观点，继续思考。

**本节要点：**

- 生物演化的进步趋势；
- 植物生命力的演化法则——由弱到强；
- 进化中动物对植物的依赖性；
- 新生代的全球气温特点；
- 新生代的植物特点；
- 行星风系的重大作用。

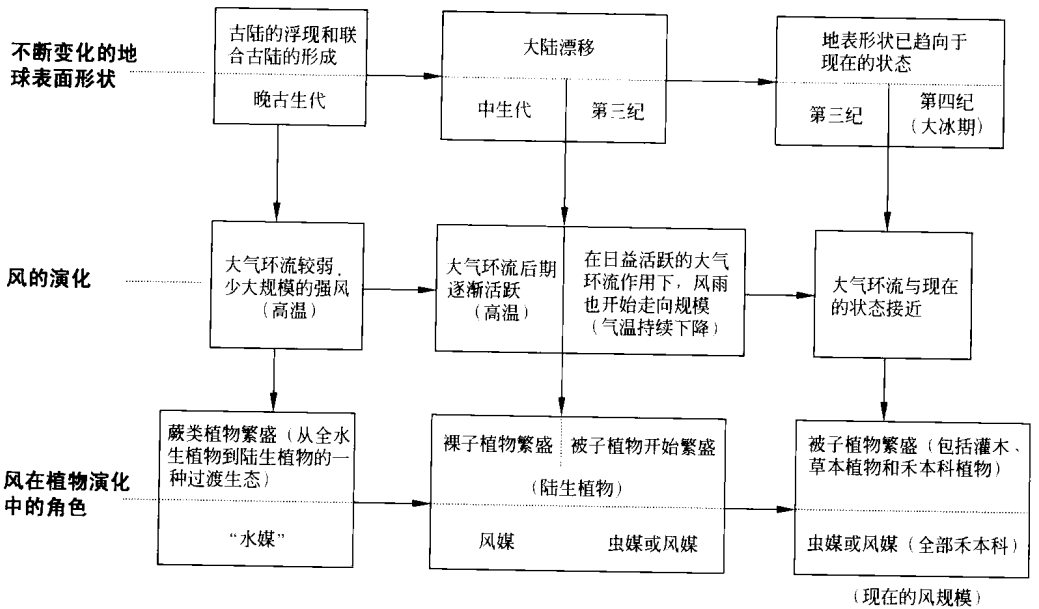



图 3-18　风的演化与植物进化的关系

**表 3-1 （本书）地质年代表**

| 代 (Era) | 纪 (Period) | 世 (Epoch) | 时间*/百万年 | 植物进化 | 动物进化 | 环境变化 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 新生代 (Cenozoic Era) | 第四纪 (Quaternary Period) | 全新世 (Holocene) | 0.01 | 被子植物繁盛；单子叶植物出现 | 人类出现；鸟类繁盛；哺乳动物与牛马进化 | 联合古陆又逐步解体漂移；第四纪冰大期；气温持续降低；海水水温梯度渐大；大洋环流由弱变强 |
| | | 更新世 (Pleistocene) | 2.48 | | | |
| | 第三纪 (Tertiary Period) 晚第三纪 (Upper～) | 上新世 (Pliocene) | 5.20 | | | |
| | | 中新世 (Miocene) | 23.30 | | | |
| | 第三纪 (Tertiary Period) 早第三纪 (Lower～) | 渐新世 (Oligocene) | 35.40 | | | |
| | | 始新世 (Eocene) | 56.50 | | | |
| | | 古新世 (Paleocene) | 65 | | | |
| 中生代 (Mesozoic Era) | 白垩纪 (Cretaceous Period) | | 135 | 裸子植物繁盛 | 爬行动物繁盛 | 大冰期 |
| | 侏罗纪 (Jurassic Period) | | 205 | | | |
| | 三叠纪 (Triassic Period) | | 250 | | | |
| 古生代 (Paleozoic Era) | 二叠纪 (Permian Period) | | 285 | 蕨类森林繁盛 | 两栖动物繁盛；动物开始陆上进化 | 古陆由分散发展演化成为联合 |
| | 石炭纪 (Carboniferous Period) | | 350 | | | |
| | 泥盆纪 (Devonian Period) | | 400 | 植物开始陆上进化 | 鱼类繁盛 | |
| | 志留纪 (Silurian Period) | | 440 | 真核藻类细菌蓝藻 | 海生无脊椎动物 | |
| | 奥陶纪 (Ordovician Period) | | 500 | | | |
| | 寒武纪 (Cambrian Period) | | 570 | | | |
| 前寒武纪(Precambrian Period) | | | | 生命起源、两性分异、动植物分异；原始海洋和原始大气的形成；地球内部分异作用、地壳的形成、板块运动 | | |

* 根据参考书 [2]。

# 4 海水盐度的演化

海洋不仅是地球生命的发源地，而且其无比广布的面积和特有的盐度跟生命后来的演化之间肯定还会有着某种直接关系。我们应研究这种关系，因为人类及其文明是绝对无法超越这种关系而凭空出现。另外，还有一个不可回避的问题是，如果风起源于中生代之末，那么，古生代、中生代的淡水资源从何而来。不回答这个问题，第 3 章的论述就显得不完整。

## 4.1 大海——地球上唯一最古老的水资源

大家知道，我们陆上的淡水主要来自降雨和融雪。每年大量的降水到达地面后，一部分蒸发，一部分变为径流汇入江河湖海，还有一部分渗入地下变为浅层地下水，其中有一部分再渗入到河湖中，从而使干旱季节的河流仍然有水流动。

但雨雪又是怎样形成的呢？这是一个复杂的问题，涉及因素很多，但风却必不可少。这里所说的风不是指地面微风，而是各种强烈的大气环流（具有规律性的大规模大气流动，通称为大气环流）。第 3 章里，我们提到过行星风系、季风环流和局部环流，这些都属于大气环流。下面我们就看一下大气环流的降雨作用。

由于地轴倾斜，使太阳辐射在地表上方所形成的气温和空气湿度随纬度高低和陆海分布而异。大气环流最大的功绩是在大范围内调整了这种热量和水分的分布不均。大气环流把热量和水气从一个地域输送到另一个地域。从而使高低纬度之间、陆海之间以及大陆各地之间的热量和水气得到了交换，不停地促进了热量和水气在全球范围内的平衡。那么，大气环流是怎样来完成这种长距离的输送任务呢？这主要是通过推动气团的行移来实现。气团是温度、湿度等物理性质比较均一的大规模空气团。一般绵延可达数百到数千千米，垂直厚度由几千米到十几千米。气团有冷暖之分（冷气团是指气团温度比移经地区的温度低；反之称为暖气团）。我们说太阳辐射、纬度高低和地表因

素（如陆海分布以及地面状况等）是造成不同地域不同气候的主要原因，而冷暖气团则是造成各种天气变化的重要因素。特别是历时长、范围广的降雨，都是在大气环流的驱动下，冷暖气团大规模相遇的结果[①]。例如，亚热带季风气候就是夏季风将海洋暖湿气团带至大陆并可形成充沛雨量。

[①]只有冷暖气团相遇形成交界面也即锋面时，才有可能产生降雨。除这种锋面天气系统外，还有气旋和反气旋天气系统，即由低压或高压封闭区所产生的气流旋转运动，也可形成降雨。实际上，这两个天气系统并非截然分开，比如在气旋中也往往有锋面。

以上所说的风雨现象，太阳辐射是其根本动力，而地轴倾斜则是其形成的根本原因。在地轴近于垂直的情况下，纵有太阳辐射，大概也难以形成大规模的风、雨和雪*。

在第3章里，我们的结论是在古生代和中生代的大部分时间内，行星风系和季风环流均不如今天的明显强烈。由此可以推断，那时局部地域除有些短暂的对流雨[②]外，陆上大范围长历时降雨的出现机会可能较为稀少。这便引发出一个问题，没有大规模的降雨做补给，加之晚古生代、中生代终年的高温气候，维持蕨类植物生存和恐龙生存的大片浅水域和沼泽地是如何得以长期存在而不干涸的呢？

[②]近地面空气强烈受热时，湿热空气在上升过程中遇冷所形成的降雨。这种雨历时短、范围小但强度大。

**生命登陆之初，十分脆弱。**作为陆地植物的始祖裸蕨，高不过十几厘米，无根无叶，十分纤细。我们完全可以想像，维持这种脆弱小型植物存活的水面只能贴近地表。在裸蕨植物繁衍了大约5 000万年之后，出现了蕨类森林。这些超级巨树同样也需要地面有水。因此，从裸蕨出现开始到蕨类森林消亡的大约2亿年间，地面始终存在大片浅水域或沼泽地，尽管其位置或许会因时而异。否则，这一进化过程将无法完成。

**此外，在成煤过程中的泥炭聚积期，也同样需要长时间维持一定的水位来覆盖，从几千年到几十万年。时间愈长，聚积愈多。**

以今天的观点看，这些贴近地面的浅水域和沼泽地，即使每年有充沛的降雨补给，但由于水深太浅，经过长年不断的蒸发和渗漏，总要逐渐干涸。今天世界上雨量最充沛的赤道多雨带，年降水量高达2000～3000毫米，但也未见形成永久浅水域和永久沼泽地。此外，大家知道，林地树木的蒸腾量相当大，远远高于一般土壤表面的蒸发量。一亩林地一年的总蒸腾量高达几百立方米

---

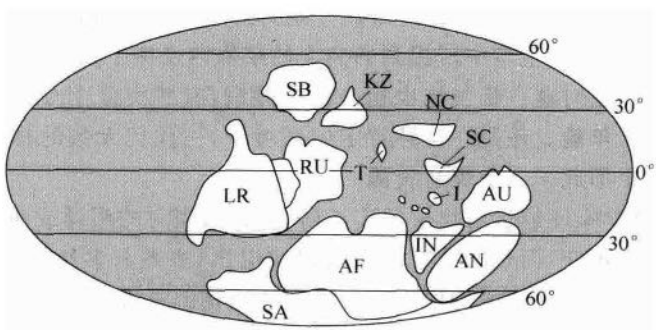
* 参阅“天文因素作用下的地球环境基本模式”一节。

的水体。因此，林地内地面浅水如无大量补给，通过蒸腾和渗漏，要不了多久便会干涸。那么，是什么取之不尽的巨大水源，能不停地补给大片陆上水域从古生代一直到中生代而从不干涸呢？

前面说过，雨水由于其时空分布不均及水量有限，即使有，也是“心有余而力不足”。地球上，除雨水外，还有别的水源吗？没有了。因此，答案只有一个，即大海。那么，海水不是咸的吗？且慢。这一点我们可以暂不考虑。下面让我们继续讨论。有了大海，陆上便肯定会有浅水域和沼泽地吗？未必。必须还要有一定的地质地形条件，这就是地势比较平坦透水。只有这样，海水才能直接流入或间接渗透浸没至很远。如果海边不远便是石山丘陵，甚至有高山阻隔，那么，上述的补给方式将无法完成。

那么，上述的地质地形条件在古生代和中生代都存在吗？从人类已有的知识看，这种条件完全可能存在。

我们前面说过，地球上的陆地是在地壳运动作用下，从无到有、从小到大，历经几十亿年逐步演化出来的，而且是先有陆后有山。对古生代、中生代而言，全球陆地正处于一个形成和靠拢的阶段。陆地上地势平坦，很少高山丘陵。例如，原属联合古陆一角的华夏古陆，5 亿年前大部为海水所覆盖，当然深浅不等。后来逐步显现，到了中生代之末才大部分成为陆地。因此，总的来说，古生代、中生代陆上缺少山系，地势比较平坦（图 4-1）。




冈瓦纳大陆（Gondwana）：AN—南极洲；AU—澳大利亚；IN—印度；AF—非洲；SA—南美

劳亚大陆（Laurasia）：LR—劳伦；RU—俄罗斯；KZ—哈萨克斯坦；SB—西伯利亚；NC—华北（中国）；SC—华南（中国）；T—塔里木（中国）；I—印支

图 4-1　约 4 亿年前植物开始在陆上进化时的陆海分布

（转引自参考书[2]）

关于上述大片浅水域和沼泽地这一环境出现的具体原因，从地质上讲则主要是地壳上升以及沉积作用所致。在这一过程中，海水逐渐变浅缩小。统称“海退”(regression)[①]。因此，它们是海陆相互演变中的一个特定的地理环境状态。这一点与今天的沼泽地成因大不相同。这些大片遗存水域并非孤立，仍然与大海保持着某种形式的水力上的联系。一方面，由于地势平坦陆海之间或有可能辗转相通；另一方面以广布的沉积层作为透水层也可在陆海之间形成良好的地下通道[②]。因此，这些浅水域只能随着进一步的海退而消失，而不会自行蒸发干涸。当然，也不排除个别被隔绝的水域逐渐消失的可能。

[①]其相反的地质现象称为“海进”(transgression)，二者都是漫长的海陆演变中的两个过程。但总的来说，自古生代以来海陆演变的最终结果是出现了广袤的大陆环境。

[②]渗流即使发生在透水性较好的砂土层中也是非常非常缓慢的。因此短暂的海面潮汐升降不会灵敏地影响到浅水域的水位变化。

下面我们再看一下地史中实际发生的情况。

我们仍以华夏古陆为例来说明晚古生代沼泽与海水之间的水力联系。我们在上一章里曾谈过，石炭纪二叠纪是世界上的重要成煤期。在这一时期，中国的华北一带在位置上（纬度上）要比现在靠南得多，是当时为海水所覆盖的中国境内少有的陆地环境。地势开阔平坦，分布着许多滨海沼泽，生长着茂密的蕨类森林，如我们上章中所提到的高大的鳞木以及中下层的芦木等，统称为**华夏植物群**。当时这一带气候也相当温暖湿润，有些类似于今天赤道的热带雨林。**树木无年轮**。正是在这种特定的环境中，一代代无数的林木才造就了今天华北一带如此丰富的煤炭资源。

此外，科学家还通过对煤层的广泛研究认为，当时的沼泽或浅水域也并非千万年内一成不变，而是间或有海水入侵或退出（当然极其缓慢）。表现在今天的煤层上就是陆地环境物中也夹有海洋环境物。可说是，你中有我，我中有你。而大片大片的蕨类森林就是在这样的陆海环境交替变化中，生长毁灭，再生长再毁灭，形成了今天世界上主要的煤炭资源。同时，科学家还用海面（缓慢）升降所带来的沼泽水面变化以及海进海退来解释世界上煤层的许多重要特点。所有这些观点在很大程度上都说明了晚古生代的沼泽地与海水之间确有着某种直接的水力联系，二者并非截然分开。

总之，晚古生代陆上特别是近海区与海水之间有着密切的水力联系，这一观点在有关文献中并不罕见。

至于中生代水域减少的原因，则可能是由于联合古陆日益解体、陆上地形

趋于复杂而引起的进一步海退的结果。因此，中生代后期，许多水域因受阻隔从而和大海完全切断联系的可能性越来越大，并最终导致水域消失，恐龙衰亡。

以上便是古生代、中生代在无大风的条件下，陆上能保持永久性浅水域和沼泽地的原因。这个原因与第 3 章里所讲的生物进化所需的条件完全一脉相承。因为在这两个漫长的较为特殊的地质时期内，如果有四季，如果是以大量降雨来维持陆上的永久性浅水域，则非但不可能，反而有可能将登陆之初的弱小生命毁掉。这一点，我们在前面和第 3 章里都已谈过了。

那么，古生代中生代最初的陆海水系既为一体而且生命又源于海洋，怎么后来又会有海洋咸水生物和陆上淡水生物之分呢？这和生命登陆之初的海水盐度又有何关系呢？下面就让我们来进一步探索这些问题，看一下海水究竟一开始就咸呢还是后来变咸以及这一过程对人类文明起源的深远意义。

**本节要点：**

- 海陆间的水力联系；
- 陆地水的来源。

## 4.2 海水盐度的演化模式

地球上的一切水生生物生存的水环境可分为两大类：淡水生物水环境和咸水生物水环境。除极少数物种之外（主要是个别鱼类），两种生物只能分别对应一种水环境，换个环境就无法存活。例如，海洋中的鱼类，它们机体内所特有的生理功能不但使其对海水的高盐度相适应而且还成为其生存所必需。淡水鱼则没有。把淡水鱼放入大海，绝对无法存活；反之亦然。因此，海洋馆里的水必须与真海水相似。植物也是如此。海带等不但与陆生植物大不相同，而且离开海水也无法存活。陆上植物用根吸收营养和水分，由树叶进行光合作用。海带则相反，根的作用主要是固定躯干，而全身（无茎叶之分）都可以吸收营养进行光合作用。那么，如此“不共戴天”的两种生物最初又怎样会同根生、同出于一个海洋祖先呢？对此，只有两种可能答案：

答案 1——海水最初是咸的或比较接近现在的盐度；

答案 2——海水最初是淡的或略带一点盐度。

在讨论之前，让我们先看一下海水的来历，这对思考会有帮助。

地球之初，不会有海。海肯定是在地球演化到一定阶段后才逐步出现的，而且同样是一个由小到大的自然发展过程。这一点大概和风这一自然现象的

诞生过程有点类似。那么，海中之水从何而来呢？一个较为公认的说法是来自地球内部。火山爆发和岩浆活动都会排放出大量的水蒸气（根据对现代火山喷发的观测，水气可占其排气总量的70%～90%）。水气在较冷的固体表面上凝结后结成水体。科学家估计地球以这样的方式用了20多亿年的时间才在地球上形成了一个颇具规模的汪洋大海。涓涓细流成大海，看来真是这样。但地球形成之初，何以能预伏了如此大量的水，则是更大的一个谜团（地质学家认为，在地球深处至今仍存有大量的水）。除地球内部排放水气之外，卫星观测资料表明，以小雪球形式存在于太空的水也可能有幸降至地球。还有人认为海水的某一部分来自彗星。这是因为彗星实际上是一个以冰雪为核的天体，在过去的亿万年间内有可能坠入地球。当然，这些看法都有争议，只供参考罢了。总之，海水的来历在科学上至今仍是个谜。但有一点大概可以肯定，即最初的海水极可能是淡的，因为是由水气凝结而成，即便有些盐度也很微弱。

海水何时开始变咸的呢？对这一问题，现代科学至今并未能提出确凿的直接信息。对古海洋的研究，一般只能追溯到几万年几百万年以前，最远可大致追溯到中生代之末的白垩纪；并且这些研究也基本上未涉及海水盐度演化这一问题。

下面我们仍以古代生物进化的特点为依据，从古生代开始对这一问题进行探索。

现代进化理论告诉我们，环境变迁是生物进化的一个必要条件。生物在逐渐变化的环境中，通过基因突变（Gene mutation）、自然选择（Natural selection）和生殖隔离（Reproductive isolation）可形成能适应周围新环境的物种群体。相反，不能适应环境变化的物种将被逐渐淘汰。这里，基因突变是不定向的，而自然选择却是定向的，即通常人们所说的“自然淘汰”、“适者生存”。

当然，这里所谓环境变迁，其速率是相当缓慢的，时间尺度往往是几万年甚至百万年。环境变化只有比较缓慢，生物才能在其中继续生活，而且有可能在生存中不断进化。否则，就成了自然灾害。

现在，让我们用进化的观点来看一下生物的登陆过程（表4-1）。

**表4-1　生物的登陆进化过程**

| 环境 | 大海 | 登陆前原始状态 |
| --- | --- | --- |
| 生物 | 原始海洋生物 | |
| 时间（阶段Ⅰ） | 大约4亿年前 | |

续表

| 环境 | 浅水域和沼泽地 | 地壳运动和沉积作用 |
|---|---|---|
| 生物 | 蕨类植物(“水媒”)<br>两栖类动物,鱼类 | |
| 时间(阶段Ⅱ) | 大约从4亿—2.5亿年前 | |
| 环境 | 陆地 | 地壳运动和沉积作用 |
| 生物 | 裸子植物(风媒)<br>爬行类动物(恐龙) | |
| 时间(阶段Ⅲ) | 大约2.5亿—大约0.65亿年前 | |

从上表可以看出,出现在4亿多年前的大片浅水域和沼泽地明显地为生物登陆的第一步创造了一个必要的过渡环境条件。这个环境条件是由上面所说的海退所遗留下来的。这里我们仍以华夏古陆为例,在寒武纪之前基本上是一片大海,到了晚古生代和中生代则是一个逐渐显现陆地的过程。在古生代之末的二叠纪,现在的华北(正是今天的产煤区)出现大片沼泽地,而华南则已演变为大面积浅海。对这整个海陆演变的具体过程,目前人类虽尚未确切掌握,但这个漫长的地质阶段却是绝对无法超越。中国全境只是到了新生代第三纪才整个显现为陆地。

上述过程实际上体现了欧亚板块的三次大规模海退,分别出现在早泥盆世,晚二叠世和晚第三纪。中国陆地只是其中的一部分。

在上述前提下,如果答案1是正确的,那么就意味着生物是从具有相当盐度的浅水域和沼泽中,以裸蕨为开始登陆的(因为前面讲过大海是当时唯一的水系)。然后,在这一环境中继续出现了裸子植物和恐龙。但最终还需要有一个相反的地质过程,即在某个阶段,陆上这些具有相当盐度的浅水域和沼泽地再度变为淡水系统。以人类目前的知识来看,在地史中这样一个过程实际上并不存在。如果存在,倒是令人费解了。因为自然环境演变的特点是越来越复杂,越来越多样化,而不会逆向发展。地球上已变咸的水系不会再自动变为淡水。迄今为止,人类也未发现过这种自然现象。人工淡化海水倒是有,但这是一件耗能巨大的工程。因此,答案1令人生疑,方方面面难以自圆其说。当然,由于全球地质环境异常复杂,当时陆上出现某些咸水域,这也有可能。但这就像今天的情况一样,有内陆咸水,但并非普遍。

实际上,答案2能圆满地解释上述各个阶段。

我们可以认为,大海在其将近30亿年的形成过程中,盐度的增加一直很慢,或说是远低于今天的盐度。大约在4亿年前,由于地质作用,部分大海以

极其缓慢的速度转变为浅水域和沼泽地。于是，生物按照进化规律在新的环境作用下开始了其漫长而雄伟的登陆进程，并最终由裸蕨植物变为全陆生的裸子植物，动物界则由鱼类变为爬行类*。因此，海水完全变咸只能在古生代以后的某个时间内开始。在此之前，海水盐度增加的速度非常缓慢。

有一种观点认为，大河入海口可能是生物从海洋向陆地演化的过渡区。这对个别物种来说，也许是这样，但作为动植物登陆的一个普遍必由之路，似无可能。就拿可能性最大的鱼类来说，人们常认为鱼原本在海洋中进化，后来游入河口，遂进化成为淡水鱼。果如此，环境变迁这一进化的基本条件不见了，鱼怎么会自己主动地或自动地脱离其适应的咸水环境大海（如果当时海水含盐度较高的话），而进入一个非常不适应自己生存的淡水环境中去呢？这难以从“适者生存”的观点来自圆其说。再者，前面已说过，完成某个物种的进化需要几十万年甚至上百万年的时间。一个河口存在这么久，可能性不大。还有，前面也已说过，在4亿多年前地球上出现的古陆上，大部分地区地势平坦，不存在形成几百公里乃至上千公里长的大江大河的地理条件（江河出现的机制，下面还将多次谈到）。即使有些降水也难以形成；形成了，也难以维持几十万年供生物进化之用。当然，4亿多年前的古陆上也可能有极少数的河流，但其生成机理不会与现代河流相同。此外，动植物的登陆进程大致并行（动物进程比植物似乎慢了半拍）。这一点也可说明两种生命系统的登陆同出于一个原因，即环境的变迁，而不是动物或植物自身的某种个别行为所致。

此外，还有人认为，当时海退所遗留下来的大片浅水域应是咸的，古生代中生代的生命存活其中，后来经长时期的雨水和江河的作用而变淡。这等于说古生代中生代江河雨水就普遍存在，这必然有行星风系的存在。从第3章的论述看是有矛盾的。因此，雨水淡化浅水域可能只是一个凭空猜想。

为了进一步说明古生代海水的咸淡问题，这里，我们不妨再引用第3章所提到的红树林为例。

生长在海边淤泥中的红树林除具有不同寻常的自身稳定方式外，在生理方面也有独到之处，以适应较高盐度的海水环境。叶片具有肉质，较厚（有的树种还可泌盐，把盐分排出叶面），树皮也具有厚革质，特别是植物的细胞内渗透压很高，有利于从海水中吸收水分子，而不是失水[①]。红树的这些生理功能无疑是在新生代之末，由最为进化的被子植物在海滨环境中演变而来的。古生代沼泽地中，从裸蕨到蕨类森林是否也具备这些生理功能，虽难知晓，但它们的后代，现代蕨类植物却都是淡水植物，无法适应有较高盐度的海水环境。

---

* 参阅上节所述的沼泽地成因。

这一点肯定无疑。

红树繁衍的方式也很独特，先把纺锤形的幼子在树枝上带大，成为幼树后再直坠淤泥中（图 4-2），便立即成为一棵小树。若孢子囊落入较高盐度的海水中，岂不早就被腌咸？

[①] 淡水植物放在相对较浓的溶液中，植物细胞就会通过渗透作用（osmosis）失水而死。

图 4-2 挂满幼子的红树
（垂直细长者，平雷摄）

**本节要点：**

- 自然演化过程不可逆转；
- 环境变迁是生物进化的外界条件。

## 4.3 海水盐度的演化过程

海水是地球上最大的“死水”，可容纳、积累和储存进入其中的一切物质，其中也包括大量的无机盐类。因此，海水的盐度随时间而增加，看来是必然的。关于使海水盐度增加的物质来源，只能有两处，即海底和陆地。对此，科学家均有具体分析。

### 盐类物质的海底来源

地球内部物质持续进行圈层分化（参阅图 3-1），即不断地向上分化出较轻的物质，其中包括大量的水气和可溶气体，这些统称为挥发组分（Volatile constituents，or the volatile components）。挥发组分通过活动的大断裂带、火山等部位进入海水。另外，在洋中脊区的热液活动（hydrothermal activity or process）[①] 也可将盐类带入海水中。海水中的氯、硫等阴离子基本是通过以上这些方式形成的，但异常缓慢。

[①] 海水通过各种裂隙和通道进入洋中脊地区的深层部位，被岩浆加热形成了温度高达 300～350 摄氏度的热水并溶入了大量矿盐，涌出海底地面后，将矿盐带入海水中。这种海水循环运动称为热液活动，亦称海底热泉。

现代观测资料表明，带出气体最多的是火山喷发，但其中水气喷出的比例最大（70%～90%），其次是二氧化碳和二氧化硫。氯只含

微量。另外，热泉所带出海底的主要是金属矿物硫化物，钙的含量相对较多，但氯的踪迹难觅。因此，“海底来源”对海水的咸化作用不会太强烈，速度异常缓慢。

## 盐类物质的陆地来源

河流入海时，将陆上大量的风化物质带入海中。全世界每年经河流带入海洋中的各类物质高达49亿吨。海水中的钙、镁、钠、钾等阳离子主要以这种方式形成（同时也携带有氯离子进入大海）。由此可见，河流携带物在海水盐度演化中的作用不可低估。现在海水中的主要元素钠和镁主要来自陆地。其中氯化钠在海水盐类物质中占70%，氯化镁占14%。因此，没有河流的作用，海水就不会变得又苦又咸。当然，我们也不排除海底岩石中的钠、钙元素通过各种作用少量的进入海水的可能性（岩浆岩中分别占2.83%、3.61%的质量分数）。

那么，世界上的大江大河形成于哪个地质年代呢？这一问题，我们在第3章里已初步探讨过*。首先，江河需要大面积的陆地为依托。地球形成后在很长时间内，缺乏广袤的大陆。联合古陆出现后，根据风起源的地质年代，由大气环流所形成的江河只能萌现于中生代晚期，而在新生代走向全面发展。因为只有在这一地质时期内，由于联合古陆的解体和板块相互作用，才使全世界地形日趋复杂，为大江大河的最终形成创造了条件。当然，这绝非意味着一条大河形成后就会永远存在下去。随着各大洲地质条件的变化，和板块的不断相互作用，江河和地球上的万物一样也有兴衰过程。有些江河存在了几十万年后干涸了，同时又有新的江河在孕育中。

根据上述情况，海水盐度的演化过程大致如下。

海水盐度增加的速度在河流大规模介入之前，非常缓慢，这是显而易见的。因为只有海底这一个因素在起作用。另外，由于火山喷发和岩浆活动所排放出的气体大部分为水蒸气，所以从量上看，水气所形成的水量要远多于排放出的气体中可溶性气体在水中的溶解量**。换言之，即当时海水中的盐度不会太高。这一情况一直维持到中生代后期。此后，随着全球气温下降，四季、降雨和江河逐渐出现，海水盐度增加的速度便相应地逐步加快。同时，洋流[①]又使海洋中局部海域的高盐度海水得以扩散，从而使整个海水盐度不断趋向大致均匀。

---

* 本书在“地球若只有水而无水循环，当该怎样”一节中还要进一步讨论。

** 见本节中的“海底来源”。

① 海洋表层海水沿着一定方向做大规模的稳定的流动，叫做洋流。形成洋流的原因有风、不同海域的密度差异、温度差异和区域性的水量补偿等。

现在世界上各大洋的平均盐度为3.5%（即1000克海水中所含溶解的盐类物质的总量），具体盐度随位置和深度而异。其分布大致为：赤道附近雨量充沛，降水量大于蒸发量，海水表面盐度稍低；南北回归线附近，降水量小于蒸发量，海水表面盐度最高；自回归线附近起向高纬度延伸的地区，由于气候转冷，蒸发量变小，海水盐度也随之降低。其总的分布变化是，从南北半球的亚热带海区分别向两侧的高、低纬度递减。世界上盐度最高的海域为红海，高达4%以上；最低的海域为波罗的海，不超过1%。

海水盐度除受上述两大因素影响外，海洋中的生物存在也是一个重要因素。随着时间的推移，海洋生物在进化中变得越来越多，它们不断吸收海洋中的各种元素，最后又沉积到海底固定起来。其典型代表是由珊瑚和贝壳的残骸沉积所形成的大量石灰岩。专家认为，中国桂林地区的石灰岩便是古代海洋生物作用的产物。但生物本身并不是海水中化学元素的来源，它们只是起着某种盐度的调节作用。

总之，海水盐度的演化问题在科学上至今仍是个谜。其中有地质因素、河流因素、生物因素以及海水与周边（含大气）某些物质交换的因素，共同交织在一起，相当复杂。以上论述的基本特点是将这几个因素的“登场时间”及作用力度通过分析予以区别开来。如果将河流因素的作用时间视为与地球上陆地初现（大约10亿—8亿年前）时间同步，如此下来，则今天的平均海水盐度恐怕绝不止3.5%。实际上，无论陆上还是海底的地质因素发生并非频繁。正因如此，大自然才用了20多亿年的时间形成了一定规模的海洋；而且，在该因素作用下所形成的海水，其盐度不会太高，增加速度也比较缓慢，何况，与此同时，还有生物的吸收作用。相比之下，**河流因素的作用却是连续的大量的**，其作用力度也远大于前者。因此，一般认为，在海水盐度的形成中，河流因素起着更大的作用。

过去有的科学家曾计算过，经河流冲刷在海洋中形成今天的盐度，只需不到1亿年的时间。这个计算的误差究竟是几千万年还是几百万年，我们无法确定，但至少可以说明河流的存在不会与地球上陆地初现同龄。河流只是在地球演化到一定阶段时，随着各有关因素的成熟到位，才逐步出现。因此，我们只有踏踏实实地分析研究地球上河流大规模出现的时间，才有可能将上述海水盐度形成的两大因素在作用时间上区别开来，从而得出海水盐度的总体演化过程。这个思路总的来说是正确的。

最后，也许有人会问，海水中所含钠等阳离子为什么非来自陆地呢？这是一个非常重要的问题。关键是岩石的风化作用。陆上岩石的钠、镁等金属元素的化合物是通过一定程度的风化作用*（含物理风化、化学风化与生物风化）才从岩石中离析出来进入淡水最后流进大海的。相反，海底岩石却无此"殊遇"。其所经受的主要是局部的非经常性的机械剥蚀作用。因此，露天风化作用的特殊功能决定了海水中的钠等金属元素只能主要来自陆地，也只能由江河携入。**同时，也正是由于岩石在陆地和海洋所遭遇的自然作用因素大不相同，所以才导致了海水咸化和生命登陆这两件自然大事得以在出现顺序上，实现恰当配合**。看来，自然界的因素并非那么简单和杂乱无章。

至于海水中钠、镁的氯化物何以独占盐类的70%和14%，换言之，为什么不是别的比例，为什么不是其他金属元素？它们是否也像大气中的氮氧那样不可取代？对这些问题，目前科学上除可做些定性解释外，尚无确切说法。但任何变更都肯定会给全球气候环境带来严重影响，而这正是下一节所要讨论的一个内容。

**本节要点：**

- 河流在海水咸化过程中的重要作用。

## 4.4 综合理解海水盐度的演化

地球上的水只能有两种存在方式，一是盐度较高的海水，二是陆上的淡水。原因很明白，大海作为地球上容量最大的"一潭死水"，在其亿万年间的演化中，容纳、积累并储存了进入其中的一切物质，久而久之，咸化是必然的。相反，陆上的水资源只能通过大气环流将海上的暖湿气团带至内陆，然后以降水的形式形成**。而且，不论是地表水还是浅层地下水都在不断地做整体性运动，即一直处于循环之中。所以，陆上水无法通过长期的盐类物质积累而变咸，只能是淡水。这两种截然不同的水系又注定了生命的两种生存方式，即淡水生物和咸水生物。以上说的都是一种自然逻辑的必然，似无其他选择（见图4-3）。**现在一个不可回避的问题是大自然如何才能使原本皆为海洋的生物（因为生命源于海洋）一部分进入陆地变为完全以淡水为生的物种**。这里，似乎有两个"自然使命"摆在大自然面前，一是生物登陆；二是大规模的河流介

---

* 关于风化作用，本书在以下章节中还会进一步讨论。

** 请参阅"水循环"一节。

入后海水的必然咸化。如何解决才好呢？其唯一可供选择方式是先登陆后咸化。下面让我们再进一步理解这一问题。

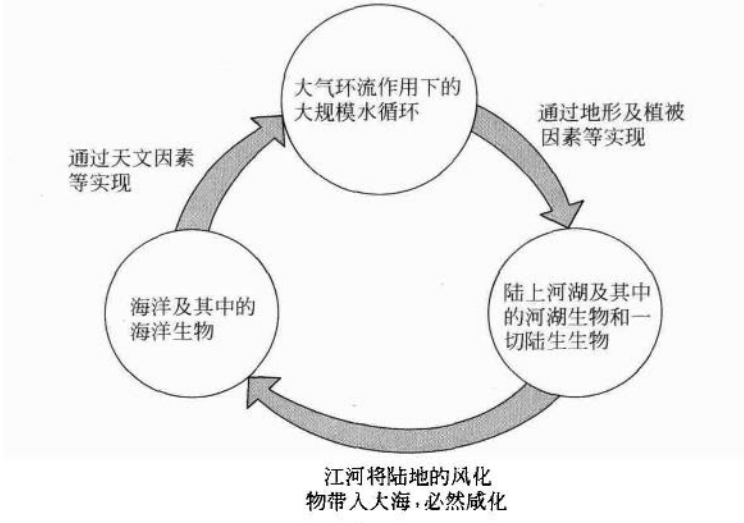



图 4-3　海洋生物与淡水生物之间的逻辑关系

生命既然在海洋中已演化了 30 多亿年，从自然发展的普遍规律（即不断地从低级向高级发展）看，其登陆似乎是个必然趋势。生物只有登陆才能进入无限发展的广阔空间。但是生命登陆这件大自然异常博大的壮举，从进化论观点上看，**必须要有某种条件作为过渡，这是一个别无选择的必经之路**。因为生命不可能从习惯的水中生活直接跃入陆上生存。而地壳运动所形成的浅水域和沼泽地就恰好为这种过渡创造了最佳的环境条件。另外，既然是过渡，这个环境条件中的水系当然也只能来源于原来的因素——海洋。如果生命是进入另外一个独立的水系（且不谈这个水系的盐度如何），那就不是过渡了，而是一种环境变更。因此，生命登陆只能是从海退所留下的过渡环境——浅水域和沼泽地开始。这一点很重要。

当生命登陆之后，便成为陆上淡水生物的始祖，并继续依赖陆上的淡水繁衍进化。但这里又出现了一个新的问题，即这些由海退所决定的陆上水资源系统，随着缓慢的陆地上升和进一步海退而趋向干涸。怎么办？**我们说，与此同时在自然界中另一种新的高级的自然因素作用正在逐步加强，这就是随着全球气温的下降和大陆漂移的全面展开以及地表形状日趋复杂化，全球的大气环流因素变得越来越活跃**。于是，导致了四季、大风和降雨等重大自然现象在全球范围内逐渐大规模出现。在这一过程中，高山峡谷、大量降雨和茂密的

山区森林植被逐渐孕育出大量江河。江河的携带物大大地加速了海水的咸化速度，并通过洋流向全海域均匀扩散，而生物也在这一进程中逐渐进化为能适应后来较高盐度海水的海洋生物并起着调节盐度的作用，使之趋于平衡。

这里请注意，生命从来都是从相对简单的环境中向相对复杂的环境中进化，这个过程不可逆转。地球上最初最原始的生命很可能是源于淡水之中，而后渐渐适应了后来的较高盐度水环境。这个过程极其漫长。因此，我们不能用今天海水中的生物观点去理解古生代的海洋生物，尽管它们当中有的可能是属于同一个物种。如，同是鱼类。

大自然就是通过这样十分合理的方式，一步步实现了两大“自然使命”。

那么，海水的咸化过程对人类文明起源和发展有何意义呢？对此，我们可从两个方面进行理解。

第一，海水盐度变化的宏观时间顺序极大地帮助完成了生命登陆这一大自然演化中最重大的“使命”。这是因为，如上所述，如果过早地咸化，这一“使命”将难以完成。若如此，也就谈不到后来人类的出现了。

第二，海水的咸化是创造人类所需的自然环境的一个必要因素。为此，我们不妨设想一下，如果海水不咸化，今天人类的生存环境又将怎样呢？下面就让我们来专门讨论一下这个问题。

如果海水盐度一直很低，从逻辑上讲，生命可能会继续生存繁衍，但对人类而言可能难以接受。这是因为，在这种情况下，人类所面临的不只是失去了海水所拥有的无比丰富的矿物资源，更重要的是全球环境状态将大为改观。原因很简单，因为海水与淡水在物理性质上差别较大。这里，我们仅拿热容量这一点就可说明问题。热容量是指单位体积（或重量）的物质，温度变化 1 摄氏度时，所需吸收或放出的热量。纯水的热容量最大，为 4.19 焦/克·开，而海水由于含有许多杂质，其热容量一般不到这个数值且随含盐的种类与数量以及深度与温度而异。

由于太阳辐射能到达地球的总能量保持不变，淡水热容量大，因而吸热或散热后，其温度的升降就变得缓慢。由此，所带来的直接影响有二：一是由于水面温度升不高，导致海面蒸发量减少（但同温下，淡水蒸发较快）；二是导致海面温度的谷峰差减缓，并进而使上面气温的谷峰差也减缓。这两点的可能结果是行星风系强度减弱和全球降雨量减少。特别是中高纬度地区，可能变得更加干旱缺雨，大陆上气温的峰谷差也可能由此变得更大。但这样一些变化究竟能达到怎样一个具体程度，原始人类是否还能出现等，都很难说。厄尔尼诺现象说明，大海的水温仅在局部水域产生不大的反常变化，便给全球带来

灾难性的天气。那么，如果全海域的水面温度都变了呢？其后果当然就更不可思议了。

总之，海水的水量、面积和盐度，以及与大气和其他周边之间热量交换的时空变化，非常复杂（图 4-4）。人类对此目前尚知之甚浅。也许，其中每一个未知的“细小”环节都是为形成地球今日的温度模式所必需。例如，大洋中规模浩大的深层温盐环流（thermohaline circulation）。

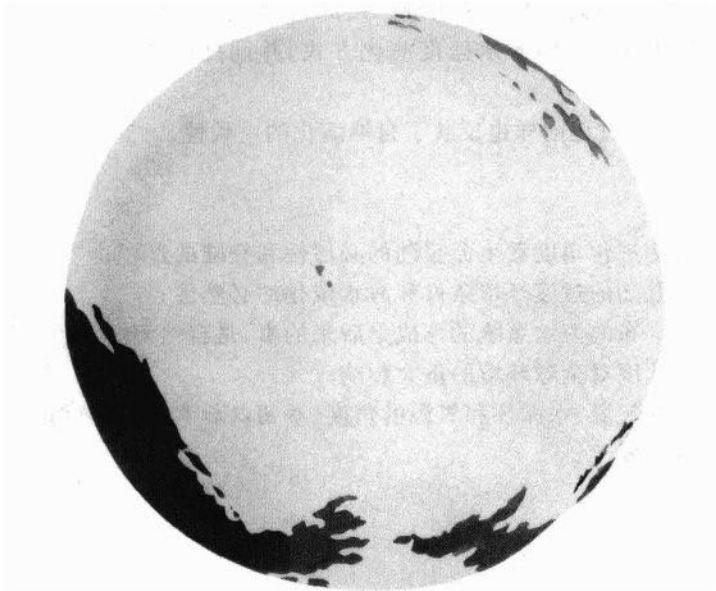


图 4-4　高空所看到的太平洋

太平洋是地球上的最大的海洋，可以想象如此巨大的水域对全球气候的影响是何等的巨大！

大海除对全球温度、水循环等有着极其巨大的影响外，其巨大的面积所形成的全球性供氧源，也是无法取代的*。

今天的人类不要以为大海在地球表面上所占面积太大，也不要嫌海水太咸太苦。如果海水的总量、面积以及盐度与今天的不同，那么，在地球演化史中将带来三个巨大的新的变数，其对环境和生命进化所带来的深刻影响将无法估量。**因为这三个变数对地球环境的影响实在是太大、太敏感了。**离开现在状态的任何变更，都会产生不可思议的后果。

以上便是海水盐度的演化过程以及这个过程跟人类生存及其文明出现之

* 参阅“氧——空气中的主角”一节。

间的渊源关系。从这些论述中可以看出，不但今天的海水容量、面积和盐度对人类来说都至为必要，而且其演化过程的安排也大有深意。按本章分析可以看出，**生命登陆、风雨的出现和海水咸化这三大自然事件在地球演化中的顺序都是互相联系不可分割的。对它们登场顺序的任何颠倒或登场时间的任何变更，都将无法圆满完成这三大“自然使命”**。如果风雨的出现和海水的咸化都发生在古生代或古生代之前，那么整个生物的进化，按以上论述，将无法完成，而人类及其文明也就根本无法出现。因此，我们很难设想，除上述方式之外，还会有其他更为合理的海水盐度演化方式，并同样能达到今天这样美妙的境界。

海水咸化的过程同样也反映了自然演化的一致性。

**本节要点：**

- 从生物进化角度看生命登陆的必然性和登陆的过程；
- 生命登陆的过渡环境条件和海水咸化的必然性；
- 陆上广布的淡水系统的形成是后来的事，是自然演中的巨大进步；
- 海水盐度对全球环境的重大影响；
- 从全球气温、水循环和氧源的角度（*参阅以后章节*）理解海水水量与面积的必要性。

# 5 很久以前的火及其两重性

在研究文明起源的自然背景这一课题中，火是一个必须专门讨论的自然因素。这是因为火在人类文明起源中起着最首要的决定性的作用。本章不仅要讨论火在人类文明起源中所扮演的角色及其走进人间的过程，还要探索火的两重性以及火与自然环境中物质结构之间的微妙关系。

可能无人会怀疑火在人类文明起源中所起的不可取代的巨大作用。早在2000多年前，古希腊哲学家亚里士多德就曾认为，火乃构成万物的四大要素之一，其余为气、土和水。比亚里士多德更早的类似见解是大约3000多年前由姬发（即中国历史上的周武王）所提出的五行思想，即金木水火土为万物之本。可见在远古时代，火在人们心目中的位置早已是十分重要了。那么，火是什么时候在地球上开始出现的呢？可能会有人毫不迟疑地回答，地球之初便有火。其实，在4亿多年前的大约40亿年里，陆上光秃秃，除去偶然出现的赤热的火山喷发外，世界上还没有类似火这样具有火焰的物质形态。后来，陆上有了森林，在雷电作用下出现了原始森林之火。据估计，现在全世界每天约有1万多处雷雨天气，可能引发出约10万次雷击。因此，雷电很可能是原始人类[①]逐渐学会用火的唯一火种来源。但火从灾难逐渐变为人类的工具，则完全是依靠人的智慧和经验所取得，而且需要一个非常漫长的过程。

[①]在本书中原始人类指旧石器时代的人类，而对新石器时代的人类则称其为早期人类。

## 5.1 人火之间的最初媒介

火是自然界中最具有破坏力的物质力量。一切生命都怕火，一切动物都怕火，人类的前身某种古猿肯定也怕火。那么，是什么因素逐渐使人类改变了这一状态并学会用火了呢？答案只能从人类自身上去找。

许多人认为原始人类茹毛饮血，经常与野兽搏斗。后来在过火林地中，偶尔发现烧焦了的野兽，味道香美，于是便开始学着用火。这种说法，很合乎想

像，但经不住推敲。人们不禁要问，今天的野兽为什么只吃生肉，而对烧焦了的动物却丝毫不感兴趣呢？我们很难想像原始人类是一群群整天满嘴满手沾着鲜血的生命群体。如果这样，则有许多问题不好解释。

我们仅以食物看，今天的动物食性，要么食肉，要么食素。还没有一种动物又喜欢吃生肉又喜欢吃水果。当然，也有为数不多的杂食性动物，如黑熊、犬、猪和猫等。但它们也不是又愿吃生肉又愿吃蔬菜等广泛植物。而且其中的所谓杂食，也是后来经人工饲养后形成的。它们数百万年前的祖先，可能只偏爱一种食物。因此，我们对原始人类的食物，只能择其一，即以野果为主。他们只能生活在四季常青的丛林之中。

那么，原始人类怎么又会对烧焦了的动物感兴趣呢？原因很可能是，林木烧光了，野果稀少了，在饥饿难耐的情况下，只能尝一下烧焦了的动物。这一点和上面的说法似有异曲同工之妙，均将烧焦了的动物视为人类最初企图接触火的媒介，但本质上却大不一样。一个是从生肉到熟肉的过程，一个是从野果到接受熟肉的过程，而且后者是以自身的饥饿作为最初食肉的原动力。那么，今天的老虎等动物为什么对烧焦了的肉即使饿急了也不屑一顾呢？这一点正反映了原始人类与一般动物的区别。

那时，原始人类的智力虽然很低，但却具备了某种简单意识（或者说是原始的思维活动）。只有具有意识的生命体才知道对未知事物进行尝试。这就是与动物本能的根本区别所在。本能只是一种生理反射或行为重复，但绝不会超越这个范围去进行哪怕是非常微小的尝试。猫不会游泳，因此，它绝不会去尝试一下水中的滋味，老虎也绝不会去尝试一下水果的味道。人类有意识，因此，总是向未知领域尝试，并随着智力的进化，其尝试范围也变得越来越大。原始人类在饥饿难耐的情况下，对烧焦了的动物做了尝试，一下子就把人与火的疏远距离拉近了。因此，我们可以认为人与火之间的最初媒介是源于**人类生理与意识的联合作用**，其具体表现形式为饥饿加上烧焦了的动物。

大自然虽然通过过火林地中烧焦了的动物，把人与火的距离拉近，但人类真正掌握火的用途，学会保存火种，大概还是走了一段很长的时间。世界上最早的原始人类，现在一般认为出现在大约 300 多万年前的非洲热带丛林中。中国发现最早的原始人类化石为不到 200 万年前（云南、四川）。人类最早的用火迹象发生在大约 50 万年前。人类自己生火，一般认为发生在 9000 年到 1 万年前。但人类究竟经历了多长时间才萌生了用火的欲望，则不得而知。总之，自从人与火的距离拉近之后，到萌生用火的欲望，到 50 万年前学会用火，再到 1 万年前自己会生火，总共至少经历了上百万年的时间。

以上讨论了人与火之间最初媒介的建立过程，但这要有个前提，即火必须

安全地降临人间。下面让我们来探索一下这一带有根本性的问题。

**本节要点：**

- 人类接近火的原因最初只能来自人体自身的需要；
- 这种需要又来自人体生理和意识的综合作用。

## 5.2 地球上火的演化

尽管火在启动人类文明的进程中起着决定性作用，但正如上面所提到的火有着自然界中最强大的破坏力。凡被火破坏过的东西，都荡然无存，不会再生。正因如此，**火如何才能安全地在地球上出现并最终安全地进入人类的生活，同样也是大自然在地球演化中的一个重要问题。**

火的引发在地球上共有三种可能的形式，一是火山，二是雷电，三是灼热的阳光。火山由于在时空上极其稀遇且在远古其周围也未必肯定存有生物，因此，不能构成引发自然之火的主要形式。灼热的阳光直晒干草，有可能引起自燃，但这种机遇也很少（需伴随着非常干燥高温的特殊周边环境）。可能很少有人一生中目睹过此景。因此，雷电点燃森林大火相对来说机遇最多，是引发自然之火的主要形式。下面我们就以这种理解，按时间顺序依次看一下地球上火的规模的演变过程。

首先是古生代和中生代（确切说是中生代的大部分时间）。我们在第 3 章里已讨论过这两个地质时期内基本无大风存在。因此，不论何处所形成的云团，由于缺乏强劲的大气环流，都难以进行长距离大规模的频繁行移，因而在这两个地质时期中，雷电有但较为稀遇。稀遇的雷电恰恰满足了当时以森林为主的生物生存需要（图 5-1）。我们知道，古生代生命登陆是从弱小的裸蕨开始，后来进化成为蕨类森林，但它们只能生长在浅水域或沼泽地中，范围相当有限。中生代以裸子植物为主，但也只生长在浅水域附近与恐龙为伴。我们在上一章里曾讨论过，古生代、中生代陆上的淡水分布在一定时期内都是固定的，而且相对于古陆而言，其范围也很有限。这种情况下，如果这两个地质时期的雷电发生频率很高，必将引发较为“频繁”的森林大火，这无疑增大了生命进化中的破坏因素。也许进化受阻甚至难以为继。这里，我们必须注意到生物生命力的顽强性是在进化中逐步形成的。野火烧不尽的野草只是到了新生代中后期才出现。古生代、中生代的植物尚处于陆上生物的进化初期，生命力或再生力相当脆弱。就以今天的视野来看，热带的蕨类植物，温带的松柏植物和银杏植物等，其生命力和再生力也都远不如后来出现的被子植物，如杨

柳、槐树等。

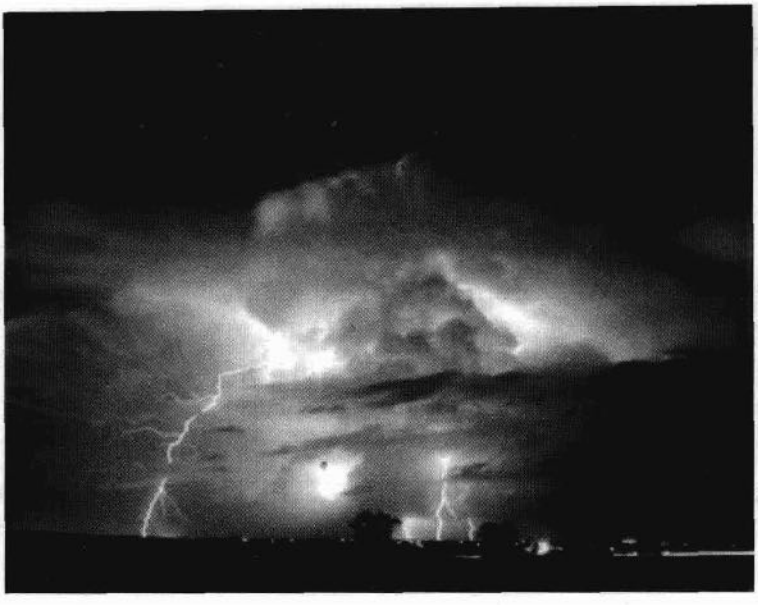


图 5-1　雷电

云体接近地面或两块带异性电的云体相遇时产生自然放电，即雷电；雷电天气常见的原因之一是急行冷气团的出现。

当然，我们也不能断言，那时就绝对没有森林大火。但可以肯定地说，如果发生便是对当时脆弱的生态系统的沉重打击。这是因为，当时缺乏大面积长历时的降雨过程，只能任其蔓延直到连片烧光为止，再恢复生长的可能性也极小。因此，在联合古陆完全解体前，不允许“频繁”的大火出现，看来是确保生物（特别是植物）“安全”进化的一个必要条件。

进入新生代后，情况大为改观。一方面全球出现了四季，风雨频繁，土壤的厚度与肥力大大增加；另一方面植物进入新生代后，其生命力再生力在进化中也变得空前顽强，即出现了能适应各种恶劣环境的被子植物，及至第三纪中期，又出现了生命力最为顽强的被子草本植物。由于植物生命力再生力的空前增强，绿色在新生代已逐渐覆盖了各大洲。例如，土层深厚的中国黄河流域中游段，现在植被极少，大地一片土黄色。但专家通过考证认为，3000 多年前这一带林木覆盖率曾高达 50%以上。再往上几万年呢？也许就是一望无垠的原始森林了。由于植物的生命力和再生力空前增强，因此，在新生代即使有了像今天这样的雷电袭击，也不会造成对林木的毁灭性灾害。何况，在新生

代，大陆漂移已基本完成，各大陆和岛屿已基本分开。局部地域的生物毁灭，也不会殃及全球。这一点，与古生代和中生代相比，条件好多了。要知道，那时只有“一块”联合古陆啊！

综上所述，我们可知，在大自然的演化过程中，风雷火与植物进化之间存在着一定的内在联系。这个联系看来也是以植物生命力再生力的逐渐增强为基础。风雷与火这三个自然因素如过早地登场，对尚未在陆上完全站稳脚跟且数量有限的植物群体来说，无疑是一种频繁出现的灾难，最终有可能导致植物登陆的失败。只有到了全球陆上植物在生命力再生力以及存在规模上达到相当水平之后，风雷火在陆上相继登场才是最适时的。

大自然在其演化过程中，除了上述的时间顺序外，我们很难设想还会有其他更好的方案能在时空上全部满足生物在进化中所要求的各种严格条件。

以上我们讨论了从古生代到新生代地球上火的规模的演化历程。下面让我们再继续看一下，自然之火究竟是以何种方式何种规模最终走进人间的。

我们前面说过，300 多万年前地球上出现了原始人类，大约 50 万年前人类开始用火，大约 1 万年前，人类学会自己生火。这个时间历程说明，尽管火对人类文明发展非常重要，但其走进人间的步伐却是异常缓慢，真可以说是“慎之又慎”。为什么呢？我们认为，导致这一过程漫长的可能因素有三：

第一，受制于人类智力进化进程的制约（下面所列一串脑容量只是概念性地说明一下，并非严格的考古记载）。300 多万年前，古猿的脑容量仅约 400 多毫升，到了 200 万年前进化为约 700 毫升。这种水平已高于今天智力最高的动物，大猩猩。约 100 万年前人类的脑容量仍然很小，约 900 毫升。而 50 万年前的北京猿人，脑容量才刚超过 1000 毫升，约 1100 毫升。这时已开始学会用火。大约经过了 40 多万年后，也即 18000 年前的北京周口店山顶洞人，脑容量始达 1300～1500 毫升，与现代人的水平相当。这里不难看出，人类的智力进化随着火的介入而得到了较快的提高。

第二，人类对火的恐惧心理。人类最初和动物一样，见火就跑。这种心态在很长时间内妨碍人类去主动地接近火。当然，即使在今天，人们也是怕大火，只不过现在人已能有效地控制火罢了。

第三，自然之火出现频率不高。上面说过，自然火的主要引发方式是雷电，但雷电并不等于森林大火，二者尚有着很大的距离。现在，世界上每天都在发生雷电，但具体到某个地域，则只有夏季才有，而且更不是天天都有。此外，由于原始人类靠两腿，每天活动范围极其有限。即使远处有雷电大火，也未必知道，更谈不上能用。

以上三方面因素，第一、二两点均属人类自身因素，实际上是一个涉及智

力进化和克服心理障碍的极其缓慢的过程。第三方面全归大自然。

客观地讲，火这一极端重要的双刃剑，**既要走进人间又要不破坏万物并使之继续繁衍进化，这似乎是摆在大自然演化面前的一项双重使命，无法回避。**要同时完成这两个“使命”，关键一步是要解决好火在地面上出现的频率问题。雷电若在世界各地每隔几年便引发一次森林大火，那么，陆上生命的命运就很难设想了，也许都难以幸存。相反，如果世界各地几千年或上万年才由雷电引发一次森林大火，那么原始人类毕其一生也未必能遇上一次，这还谈什么文明启动。因此，这里的确有一个雷电频率和森林大火的频率问题。前面说过，雷电并不等于森林大火。住在山里的人每年夏天都可看到雷鸣电闪，但几十年内可能碰不上一次雷电着火。现在媒体常报道森林大火，但听来都是人为的，顶多是火山喷发，极少听说纯粹是由雷电引发的。对原始人类而言，这是不是太稀遇了呢？不是。我们说，在某个相当大的范围内，百余年内稀疏地引发上几次自然大火就足够了。因为前面已说过，人类智力的进化是以万年计。从原始人类的出现到学会用火，共经历了300万年。人们常说，慢就是快。对火这把极其锋利的双刃剑来说，用较为频繁的雷电方式将其“缓慢地”引入人间，这的确是一个最可靠最有效的方式。

综合上述可知，地球之火的规模演变最终是这样，**以较为频繁的雷电引发出相当稀遇的森林大火，从而配合了原始人类智力的进化速度，逐渐将火引进人间。**

40多亿年来，地球上火的规模就是这样：从无到有，从稀遇到频繁。这一过程也恰好满足了各阶段生物进化和人类文明起源的需要。

**本节要点：**

- 火是把锋利的双刃剑；
- 植物生命力的进化与火灾出现频率的关系；
- 地球上自然之火出现的最佳方式和最佳频率。

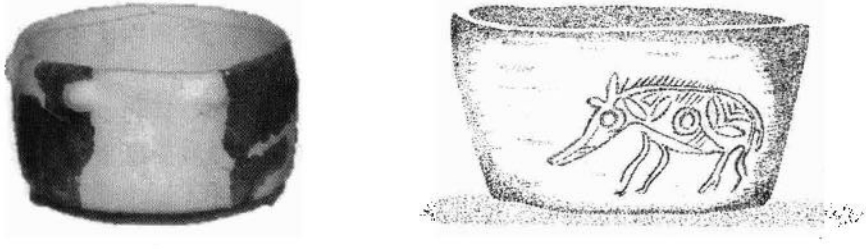
## 5.3 人类对火的最初利用

毫无疑问，在过去亿万年间，植物是供地球上自然之火燃烧的唯一可燃物。当原始人类最初见到森林中的熊熊大火时，可能只有恐惧和逃避。又过了很多年，人们经历多了，于是逐渐学会了取火种。但火种一旦熄灭，便无法再生。因此，保存火种可能是当时人们生活中的重要任务之一。但人类究竟始于何时才懂得从自然火中取回火种，则无从考证。目前发现人类最早的用

火记录是上面多次提到的50万年前的北京猿人遗址。从发掘情况看，已有明显的丰富的用火遗迹。当时人类还可能已学会了用干树皮编制用于保存火种的原始“火纸捻”，或有时将火罩在角状物内以避免吹灭。

人类自己生火的最早记录要算同一座山即周口店龙骨山上的山顶洞人，大约出现在18000年前。就世界范围而言，人类大约到了9000年前才学会了钻木取火或燧石取火。至此，火已成为人类生活中的一个真正的“仆人”了。人类掌握了用火技术之后，第一个重大发现便是烧陶。目前发现最早的陶器约有1万年之久。因此，在钻木取火与开始烧陶这两件人类大事之间似无太大的时间间隔。为什么呢？很可能是人类早在学会自己生火之前的数万年间，对火种的保存技术已是相当高明了。在这数万年间，人类通过无数次用火，有可能偶尔发现烧过的黏土结实又不怕水。然后，又经历了很长很长的时间，直到1万年前，人类才开始有意识地去烧制陶器。因此，学会烧制陶器和钻木取火这两个发展过程大概是并行的，都同时经历了数万年的概念形成阶段。

到了大约6000—7000年前，开始有了所谓彩陶（图5-2）。彩陶的出现说明人类在烧陶中要寻找除黏土之外的其他材料，因而大大增加了将某种矿石也偶尔放入窑内的可能性。于是，在窑内的残留物中有可能出现某种闪光的硬物，这大概便是人类对金属的最初认识了。人类正式冶炼铜器最早大约始于5000年前。当然，这种所谓铜器，本身含有大量杂质，相当粗糙。从彩陶到



(a)　　(b)

图5-2　最初的陶器

(a)北京怀柔出土的夹砂陶器，9500—1万年前。(b)出自中国浙江余姚的河姆渡文化遗址，7000年前(或更早)的彩陶。长21.2厘米，宽17.2厘米，高11.6厘米。说明当时已有相当完善的制陶技艺。陶器上面的家猪图形则显示了制陶者娴熟的绘画技巧和丰富的想像力。通身线条流畅，布局得体。猪身前后两端还增加了两对(可能是)双子叶，后面一对上方似乎还有花。两个双子叶之间的同心圆可能是为了与猪眼对称而加上的，猪嘴特意加长似乎也在追求一种绘画整体上的均衡。所有这些加工都说明了当时猪与双子叶均已进入了人类生活而且也表达了绘画者的审美观，即中国人由来已久地对对称形象的喜爱。

炼造原始铜器，人类大约走了2000年。大约4000年前，人类学会了专门冶炼铜锡合金，即青铜。

火的利用除从根本上改善了人类的饮食习惯和生产工具外，还帮助人类克服了严冬所带来的种种困难，使人类得以向温带和更高纬度的地区迁移，从而大大开阔了人类的生存空间。火在人类长达几十万年的利用中，还帮助了人类自身进化。有了火，人类开始寻求吃咸，后来吃盐，因而加大了对氯化钠的摄入量；而这一点一直被认为是人类进化历程中的一个必不可少的因素。上面所提到的人类脑容量的进化历程便说明了这一点。总之，自从火进入人类生活后，不但大大改变了人类的生活方式加速了人类自身的进化，还大大加速了人类文明的发展，一直到今天。因此，我们完全可以将火这一特殊的自然现象视为人类文明之父。

火除了直接服务于人类外，还在环境的演化中起着重要的作用，这就是林地草地之间的大规模循环再生。一场火把森林烧光了，野兽绝迹了，野果没有了。但过了很多年，新的草丛和低矮的林木在更肥沃的土地上会再度出现（这在古生代和中生代是不可能的，烧一片只能少一片，特别是蕨类植物，无法再生）。于是，动物回来了，而且由于没有高大茂密的树林做遮掩，人们会看得更清楚，易于捕猎。这里，有趣的是，有些深埋地下的长期休眠树种，还就需要相当的热力才能促使其张开发芽，钻出地面。火的出现就恰恰满足了这一要求。新的林地由于物种稀少，生存竞争不激烈，反而成了动植物迅速繁衍的有利条件。森林和各种动植物在几千年内或几万年内，就是这样一次次生生息息的循环，其带来的硕果是，土地越来越肥沃，生物种群越来越多，因而使环境变得更加丰富更加多样化。

自然之火能使森林变为草地，原始人类自己用火走漏后，同样也可能烧毁林木，过后变为草地。现在世界上许多草原可能就是这样演变出来的。无论是人工火还是自然火，都可产生大量灰肥，加上雨水的作用不断形成新的高肥土壤。直到今天，烧草垦荒发展农业已经成为一种习用方法。此外，像非洲槐、印度和缅甸的柚木以及美国的某些针叶树种，还就需要经常烧掉其周围的灌木和杂草，以维护其正常生长。

火对人类文明及其环境如此重要，许多民族在其原始文明中对火的崇拜，完全可以理解。世界上，在许多被视为神圣的民族礼仪中，火往往扮演着非常重要的角色。在原始人类的脑海中，想像有许多火神，并认为火是来自上天的恩赐。这一观点显然是从雷电现象中演化出来的。直到近代，在西伯利亚，火神的四周一定要保持干净以表示敬意。印加人还用金属制成的凹镜，将阳光聚焦生火，接着便是顶礼膜拜，以表示对火神的尊崇。

**本节要点：**

- 火是人类文明之父；
- 火对自然环境的改造作用。

## 5.4 关于火的两重性

对人类而言，如果自然界仅有火这种自然现象而不具备下述两个特点，则火仍然无法进入人类的生活之中。**这两点是火（广泛的）可用性**（usefulness）**和火的易得性**（ready availability），**即所谓火的两重性**（the two qualities of fire）。当然，易得性中还包括火用过后极易熄灭这一含义。

关于火的可用性或称火的巨大用途，前面已谈了许多并归结为火是人类文明之父，这里不拟再进行更多的叙述。仅需补充一点的是，火的可用性主要是表现在其不同温度上。温度越高，用途越大。从远古的烧陶开始到今天的火箭发射无不体现了对火的各种方式的利用，所不同的只是温度高低而已。因此，直到今天，对火的利用仍然是促进人类科学发展的一个重大因素。而地球上的各种能源矿藏又恰恰配合满足了人类对火利用的这一要求*。

关于火的易得性，我们准备多谈一些。

如果火仅有可用性而不易得，那么，对人类而言，火将不再具有多少实际意义。例如，沙漠中可很容易点火，但却制造不出水、土和空气出来。火为什么会易得呢？这一点从化学观点上看并不难解释。一般说，火是可燃物质在极短的时间内所发生的一种伴有光和热出现的剧烈氧化作用。因此，火的易得性主要取决于两个条件：一是周围有组成良好的气体，其中要含有一定的氧气以供助燃。这当然就是空气，无处不在，十分方便。二是具有分布广泛唾手可得的易燃物，对于原始人类来说，就是植物。关于空气及其含氧量，我们在以后还要详细讨论。这里就不重复了。关于植物，我们进一步要问，植物为何易燃呢？从化学角度看，主要是因为植物是由以碳和氢这两种元素为主的物质所构成，即所谓有机物。那么，碳和氢为什么易燃呢？这就涉及到这两个元素的原子结构特点及由此所决定的化学性质。实际上，植物中参与燃烧的主要是碳（C）**。所幸的是，在自然界中，除去有机物含有碳和氢这两个元素外，其余的碳和氢以及周期表中其他不多的常温下的易燃元素，均安全地锁定

---

* 本书在第7章将进一步专门讨论。

** 可参阅“两条基本物质链——文明进步的阶梯”一节。

在水和各种无机盐中，因而无法直接燃烧。易燃元素在地球上只有以这样一种巧妙的方式存在，才能既可演化出动植物又可使火安全易得，并由此决定了整个地球的演化命运。

这里，我们不禁想到了毛泽东曾说过的一句很有哲理的话，即“只有理解了的东西才更深刻地感觉它”。现在，如果我们能深刻地理解火的两重性，并以此来观察地球上的自然界，或许您会发现地球上许多重大自然因素的安排都能或直接或间接地与火的两重性有关。换言之，火的两重性似乎是决定这些重大自然因素如何在地球上进行合理安排的一个基本准则，甚至是一个中心准则。可以说，这是一个事实。因为自然界的这些重大因素如果不是像现在这样存在安排（例如空气中氧含量21%等），则火将无法被人类所利用，也就更谈不上文明的起源。但如何进一步分析理解这一事实呢？我们在下一章空气中的氧含量以及在本书的结尾中，还要进一步讨论（参阅图9-3）。

火这一极为特殊的物质形态对人类文明的起源与发展而言，是绝对少不了的首要因素。没有火，生命照样进化，但人类的文明却永远无法实现。地球上的生命已存在了30多亿年，其中火所介入的时间只占这段历史的最末一小段，但自从火走进人类生活之后，却急速地改变了整个世界的面貌。火之所以能迅速打破30多亿年来的自然演化常规，其根本原因就在于火的两重性。二者缺一，火对人类将毫无价值；反过来，火若离开人类，纵有两重性也失去了其存在的意义。因此，**火的全部神奇或奥妙就在于火与人类之间这种无法分割的特殊关系**。如果我们以这一观点去考察自然界中其他一些重大因素在数量和形式上的存在安排，当会发现一些更加发人深思的问题。

**本节要点：**

- 火是一种“万物皆惧”唯文明所需的特殊物质形态；
- 火的可用性和易得性，以及与自然演化的关系；
- 植物的化学成分及其深刻内涵；
- 人类与火之间的双向不解之缘。

# 6 地球环境演化的一致性

人们通常认为地球只不过是宇宙中一颗极普通的行星，不对！我们地球拥有宇宙间最复杂、最敏感但也是最适合人类居住的环境，这是大自然用了几十亿年时间孕育而成的。在这个半径仅有6000多千米的小行星上，汇集了你能想到的一切自然景象，冰川雪山、森林草原、沙漠荒地、大陆海洋、江河湖泊、高山平原、风雨冰雪、蓝天白云、四季昼夜等，在母亲般的阳光普照下，生机盎然。对此，你不感到神奇吗？这究竟是怎样形成的呢？本章将解释其大要，旨在深刻领略自然演化中的一致性，而不是只停留在表面知识上。

## 6.1 天文因素作用下的地球环境基本模式

众所周知，形成地球上四季和昼夜的要素是地球的公转、自转和地轴倾斜（图6-1）。公转就是地球围绕太阳做圆周运动（其轨迹形状实际上是一个十

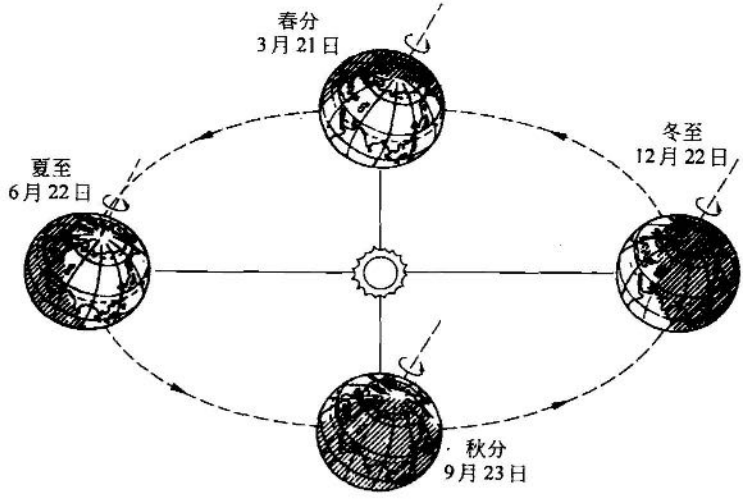



图6-1 地球公转时，倾斜的地轴一直作平移运动

分接近正圆的椭圆）。公转所形成的平面称黄道平面，也即地球公转的轨道面。自转就是地球绕其倾斜的南北向地轴所做的自身旋转运动，与地轴垂直的直径平面叫赤道平面。黄道平面与赤道平面之间的立体夹角称为黄赤交角（图 3-17）。由于倾斜的地轴是以平移（平行）的方式沿黄道平面向前运行，因此在南北半球表面上，不但在同一时间内所接受的阳光强弱不一，而且在公转的不同位置上所接受的阳光强度也不大一样。这一点从图上很容易理解。当地球公转至太阳西侧（左侧）时，北半球表面所接受的阳光最强，即为夏至；而同时南半球最弱。当位于东侧（右侧）时，情况正好相反。北半球表面所接受的阳光最弱，即为冬至；而同时南半球最强。夏至这一天，阳光垂直地面的纬度称为北回归线。夏至后，太阳“南移”半年后即为冬至。冬至这一天，阳光垂直地面的纬度称为南回归线。此后，太阳复又“北移”。这里所说的夏、冬是指北半球而言。当公转运行至夏至与冬至中间时，也即位于正北正南时（阳光直射赤道），即为春分和秋分。这时，地球表面所受到的阳光照射面积，恰好以通过地轴两端的圆周为界，将球面分成两个对称的相等的区域。因此，我们说，正是地球公转再加上倾斜的地轴才产生了地球上的四季（图 6-2），并将全球按纬度划分为不同的气候带，即南北回归线之间的热带，回归线与极圈之间的温带（含亚热带，也结冰降雪）和极圈内的寒带。此外，由于地面的巨大贮热作用，又把地球表面在夏冬时所接受的强弱不等的太阳辐射能，通过地面的吸收和放出加以调蓄，使地球表面气温在夏冬的升降变化中都不致太快太多。例如，日内年内的温度高峰并非出现在正午和夏至，最低值也非出现在天黑后和冬至，而是都分别错后一段时间，同时变化也得到平缓（图 6-3）。

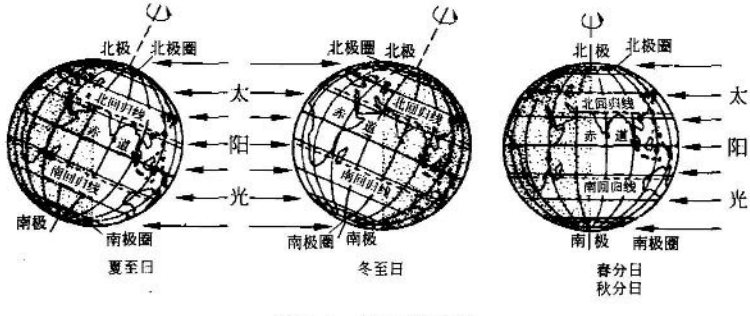



图 6-2　地球的公转

地球公转时，由于地轴倾斜，阳光直射地区的位置作南北移动，形成了地面上的四季。

以上说的是地球运动状态对地面影响的一般概念，下面我们专门讨论一下黄赤交角问题。关于公转自转则留在后面再谈。

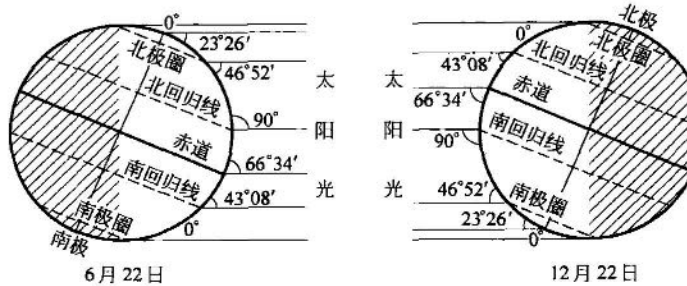



图 6-3 夏至日和冬至日不同纬度的太阳高度(角)图

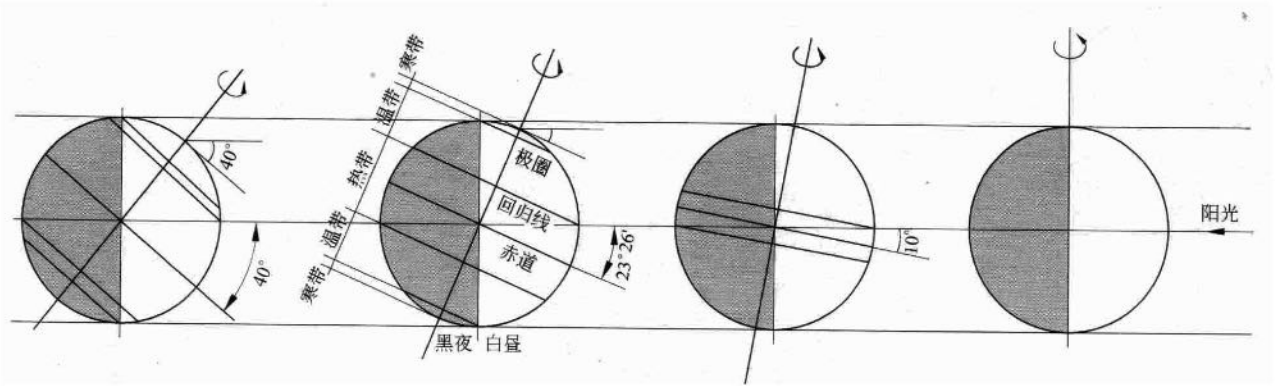
现在的黄赤交角为 23°26′21″,是一个极为理想的角度值。它无论大一点或小一点都会给全球的气候环境带来根本性的巨大变化。这是因为正是这个特定的交角值才形成了今天的南北回归线(南北纬均为 23°27′),形成了包括南北极在内的全世界广布的冰川和永久性冻土层,形成了寒带、温带和热带,以及相应的年内最大温差,形成了六个风带、七个气压带和全球性大气环流与大规模水循环等一系列基本环境因素。此外,这一交角值还参与形成了今日地球表面平均温度为 15 摄氏度这一极为恰当的温度,参与形成了地球上的气候多样性以及相应的气象、物种数量与分布等多种重大自然现象(例如,从森林到草原到荒漠的分布),而这一切又都是人类赖以生存和发展的必要环境条件和物质基础。如果这一交角值一变,不管是变大还是变小,都会导致全球环境发生根本性变化,后果实在无法设想。

这里我们仅从几何观点上看,如果黄赤交角变小,极圈范围必随之缩小,且冬夏之分将明显被冲淡。如果变大,则由于极地所接受的阳光辐射增加,很难再形成如此广大巨厚的冰盖层。再者,南北回归线也将相应地随之向高纬度推移,使年内温差增大。**因此,目前黄赤交角所形成的极地冰盖范围(66°33′)可能是最大或基本最大。**它无论是再变大或变小,后果均非常不利,无法设想(图 6-4)。

下面,我们再从动态角度上看一下黄赤交角对全球气候环境的影响。

早在 20 世纪初,人类便已认识到了地球运动轨道三要素在小周期内(几万年)的微小变化规律。但直到 20 世纪 80 年代才完全确定了这种微小波动变化对全球性气候的重大影响。

黄赤交角第 3 章已介绍过。还有岁差(precession of the equinoxes)和偏心率(eccentricity)。岁差是反映地轴做小幅度摆动的一个参数,偏心率是反映地球公转轨道微变的一个参数(图 6-5)。




- 回归线外移；
- 极圈扩大但太阳幅射增强，还能形成极地冰区吗？
- 地球环境将肯定恶化。

- 现状；
- 为形成全球的气候带、风带、气压带、四季和强烈的大气环流以及大规模的水循环等一系列基本环境因素创造了前提。图为6月22日夏至时的状态。

- 回归线内移；
- 极圈很小，同一纬度上年内气温近于均衡，环境近于单调。

- 回归线与赤道重合；
- 极圈不存在，全球无四季，环境单调而平静。全球气温居高不下。

图 6-4　设想不同的黄赤交角对地球环境的巨大影响

（仅从几何观点看）

首先发现三要素微小波动变化与地球气候变化之间关系的人是南斯拉夫科学家米兰柯维奇(Milankovitch)。他历经20年艰苦的手工计算所得出的成果在1936年的一次国际学术会议上被一位权威简单否定。后来,直到1982年,由于观测手段的进步才为世界所公认,并命名为米兰柯维奇理论(Milankovitch Theory)。米氏理论认为,第四纪大冰期中全球气候周期性的冷暖交替变化是由地球轨道三要素的微小波动变化通过复杂的机制所引起。注意,这里并非指整个第四纪大冰期的形成原因。

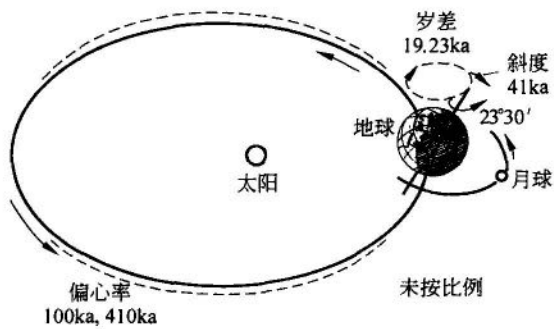



图 6-5 地球运动三要素图

(仿参考书[2])

现在科学上已证实,在第四纪大冰期中,曾发生过若干次冰期,冰期之间称为间冰期。间冰期内,气候转暖,海面上升。因此,实际上第四纪的气候总是由相对寒冷期与相对温暖期交替出现的,而造成这种全球性冷暖交替出现的根本原因就是地球运动轨道三要素周期性的微小波动变化。但这里我们感兴趣的既不是天文因素的波动变化,也不是由此而引发的米氏理论(如,再往前推,米氏理论的有效性如何呢?)。从人类文明起源的角度看,令我们深思的是,正是这些波动变化及其所带来的冷暖期交替,才孕育出人类原始文明所必需的气候环境条件和这一环境下所产生的各种物种。下面我们就再进一步看一下人类文明起源在上述变化中的具体获益。

事实上,物种兴亡进化与气候变迁之间的关系一直是科学家锲而不舍的一个重大研究课题。目前虽未搞清各个物种在过去的气候环境变迁中究竟是怎样进化过来的,但气候环境的全球性巨大变迁造成许多物种的兴亡及物种的进化,则是普遍认同的观点。**特别是在第四纪大冰期中,物种不但出现了多样化而且在生理功能上也空前提高,这是生物进化史中的一次大飞跃。重要之极!**

首先在植物界，生活在地球上占陆地大部分面积的中高纬度地区的不耐寒植物，在冰期中较为寒冷的气候侵袭下，通过自然选择，出现了大量多倍体植物*，如小麦、黑麦等。这可能是大自然为人类文明的最终出现而准备的最后一道大菜了，一个非常必要的大菜。多倍体并非一个物种，而是植物在环境较大变化中（如，寒冷）产生的一种新的生存繁衍方式。一般植物的细胞均有两套染色体，分别来自于父体和母体，称为二倍体植物。但当生活环境发生较大变化时，细胞分裂受阻，因而染色体的数目“被迫”成倍增加。这种染色体加倍的细胞进一步发育即为多倍体植物。染色体是细胞中遗传物质的载体，即染色体中含有遗传物质。

多倍体植物是从严酷的环境条件下走出来的生命体，因而也最能适应环境的变化。在当今广布全世界的被子植物中，至少有 1/3 的物种属多倍体。例如，与人类生活最为密切的小麦、水稻、棉花、玉米、马铃薯、烟草、苹果和梨等。同一物种，多倍体的植株一般表现为茎秆粗壮，叶片、果实和种子都比较大，糖类和蛋白质的含量也较高。所以，多倍体植物是人类和素食动物赖以生存的主要食物来源。

正因如此，现代科学可以人工诱导培育更高的多倍体，以获得高产效果。因此，我们可以说，从人类文明起源与发展的角度看，第四纪大冰期气候交替变化的最大成果莫过于多倍体的出现了。**只有多倍体植物才能适应恶劣环境使高山和气候严酷的地区也披上绿装，也只有多倍体植物才能使人类拥有丰富而稳定的食物来源。**

然后我们再看一下动物界。当然，我们最关心的是人类最古老最得力的助手牛、马、猪、羊、驴和骆驼等。它们都是食草动物且更喜欢生活在地势较为平坦的草原之中。这些动物的远祖可以追溯到 5000 万年以前，经过漫长的进化和淘汰之后到了第四纪之前，在奇蹄类动物中最兴旺的便只有马了，在偶蹄类动物中则有猪牛羊等。但是它们后来之所以能够成为食草、富有耐力和善于奔跑的种群，主要得益于第四纪所出现的许多草原。没有草原这个环境条件，它们的进化恐怕就难以达到今天这个水平。

但草原的大量出现又和全球气候的演化分不开。第四纪年复一年的降水，在山区地形与植被的作用下，所形成的大量河网，进一步造就了遍布世界的大小冲积平原**，并辅以风力搬运，共同形成了肥沃的土壤层，为杂草的迅速蔓延提供了广阔的天地（注意：杂草多为多倍体，生命力顽强）。此外，风力

---

* 多倍体一词可参阅“新生代”一节。

** 参阅“平原”一节。

搬运也可使某些地势较为平坦的地区土层加厚，同样也为杂草的蔓延提供了广阔的空间。因此，我们说第四纪特有的气候使全球的地理环境大大复杂化，创造出了许多前所未有的多样环境，为许多动物物种生理功能的再提高创造了前提。

新生代特别是第四纪，自然界中最伟大的事件当然是出现了人类及其原始文明。人类起源乃是当今科学上最艰巨的研究课题之一，我们不予多论。但可以肯定，人类的起源与第四纪特有的气候演化之间会有着某种必然关系。关于人类文明的萌现，现在较为普遍的观点认为，近几十万年来特别是近一万多年以来的原始文明，首先萌现在温带（含亚热带，下同）而非赤道热带。为什么呢？除温带同样拥有较丰富的物种资源外，明显的四季则可能是个重要原因。新生代以来全球气温的持续下降，直到第四纪，使地球上的中高纬度地区四季越来越明显，从而为人类原始文明的萌现创造了一个基本前提。这就是我们在下节要进一步讨论的四季在文明萌现中的作用。

综上所述，可以看出地球环境的变化同天文因素之间的密切关系，即天文因素导致了地球上的四季、气候带与相应的物种进化。很明显，没有这些天文因素的恰当参与，仅靠地球自身因素，人类及其文明是难以产生的。

**本节要点：**

- 地球运动参数的重要意义；
- 第四纪大冰期对物种进化的重要意义；
- 多倍体在地球环境演化中的重大意义。

## 6.2 四季昼夜与人类文明起源

我们前面谈过人类原始文明首先起源于温带。这是因为地球上这个最大的气候带不但具备了文明萌现所必需的物种条件（如小麦、牛、马等），而且还有着非常必要的气候条件。二者缺一不可。例如生活在 50 万年前至 24 万年前的北京周口店地区的“北京人”（亦称“北京猿人”），当时这一带的气候经科学家考证认为是属于温带，并有着一个由温带落叶阔叶林向温带灌丛草原转化的过程。环境比较稳定凉爽，周围依山傍水，物种丰富。正是在这样优越的条件下，才孕育出来世界上最早的人类用火文明，闪现出人类迈向文明之光。

那么，温带气候有什么特点呢？其最基本的特点就是年内气温做周期性变化（温差可达 40～50 摄氏度）并由此导致生物界的周期性生长。春天植物发芽开花，夏季繁茂生长，秋季结果落叶，冬季进入休眠。原始人类正是在这

种周而复始的万物变化中，一方面逐渐学会如何去满足自己的生理需要；另一方面在满足中也获得进步（图 6-6）。这个过程可以归纳如下：

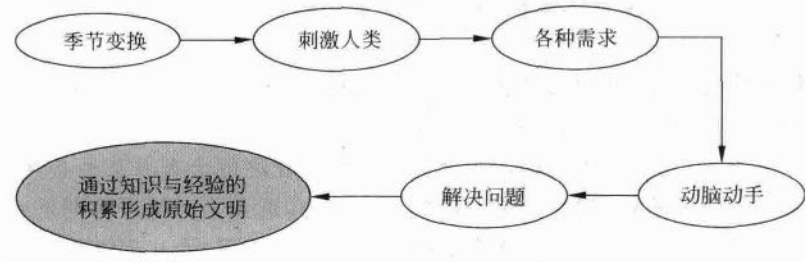



图 6-6　四季昼夜与文明起源

例如，秋季到来，天气转凉，人们自然想到保暖问题，也许进一步会意识到还要过冬。年复一年，原始人类就懂得了要有过冬的准备，并随着经验的积累，过冬办法越来越好。于是人类在季节变换的不断刺激下，从保护自己满足生理需求出发，逐步发展起衣食住行的原始文明。

人类取暖最初是山洞取火，身上裹以兽皮。进入新石器时代以后，逐渐有了原始的丝织品和麻类织品，4000—5000 年前出现了青铜器后，树木可以被有效地加工，于是有了具有门窗的房屋，也有了较好的纺车，人类终于走进了穿衣住房生木炭的真正文明时代。在食物方面，人类看到了某些粒大的杂草年复一年地再生，于是渐渐有了栽培意识并进行了有目的的选种栽培，第二年即可收获，后来又发展成为大面积的耕种*。

由此可见，季节变换是诱发原始人类不断“文明化”的一个必要的基本因素。这一点要重复无数次，熟视几千年乃至上万年，才一代一代积累并建立起来对某个事物的意识（最原始的固定认识），然后才引发出有目的的行为。**如果没有季节变换，没有对人类生理的反复刺激**（包括感觉与感官），**原始文明就难以起步。这里极重要的一点是刺激下的动手动脑**。没有刺激，人类就不会动手动脑，没有动手动脑，人类最原始的那点智力就得不到提高，因而这是一个反复作用的发展过程。非常必要。我们无法想像一年到头生活在热带丛林中的猿人，天天野果饱腹、既无御寒之虑又无缺食之忧，更不知秋冬为何物。对这种天天过着“天上掉馅饼”的生活，怎么会能刺激其去努力满足最起码的生理需求呢？这就是人类原始文明为什么首先出现在具有明显四季变化的温带的原因。

---

* 可参阅“人类原始文明发展的基本模式”一节。

今天的动物不是也知道过冬储藏吗？自然之使然。

所以我们可以粗略地说，人类是诞生于热带而文明发展于温带。**热带与温带在气候上和物种上，巧妙配合，缺一不可。很不简单！**

科学家现已确认人类最初的文明发源于中东地区，确切地说是位于现伊拉克的南部，南临波斯湾，时间大约为公元前 3500 年前。但这里所说的文明已是原始农业时代了。在此以前呢？最初的新石器时代究竟发源于何地呢？现在尚无统一结论。实际上，早在 1.5 万年前，人类的足迹就已稀疏地散布在全世界，包括中高纬度地区（在 1 万年前左右，世界上就已有了几个原始农业中心，除西亚外，尚有中国北部及中美洲等）。因此，很难说是谁最早（首先）进入了新石器时代。中国北京周口店地区的山顶洞人，生活在大约 1.8 万年前，已学会了钻木取火，应当说是临近新石器时代的人了。那时这一带，从气候上、物产上均齐聚了人类文明起源所需的各种自然因素，包括湿润而温暖的气候、明显的四季、物种齐全的动植物以及依山傍水的地理环境等。于是才周而复始地刺激人类，通过动手动脑，产生了最原始的文明。

这里再补充一句。今天地球上的陆海分布格局的特点是，温带陆地面积最大。从人类文明起源的角度看，只有这样，才能在广大的温带地区中，出现更多最优越的环境。显然，其他任何分布格局，都将不利于人类文明的起源*。

下面让我们转入讨论昼夜与人类文明起源之间的关系。

地球自转使地面上产生了以所谓 24 小时为一周期的昼夜变化。这一自然现象给人类带来了两点重大意义。一是全球陆上生命（个别种类的动物除外）有了一个共同的作息时间，二是有了一个长短非常适宜的生活周期。白天，阳光充足，包括人类在内的各种生物都可以活动等。晚上，大家都休息，以便来日再做。这多好。如果地球没有自转或者像月球和金星那样，自转周期等于或接近于公转周期，则白天黑夜将年内各半或半球永昼半球永夜。若如此，纵有恰当的黄赤交角，地球环境也会变得异常糟糕，再者永不见光线的生物，视觉功能也会退化等。这种情况下，海洋生命也可能出现，但陆上生命纵然其他条件完全相同，恐怕也无法存活。即使存活，也进化不出人类。因此，我们说，如果没有恰当的地球自转周期，即使万事俱备，地球上也绝无法出现人类及其文明。

以上是四季与昼夜对人类文明起源与发展的重大意义。这种意义是显而易见的，因此，如果讨论仅限于此，就未免有些太肤浅了。为了加深对这两个

---

* 参阅图 8-11。

重要自然周期的理解，下面让我们再从更深层次上对这两个自然因素展开讨论。

**本节要点：**

- 四季与昼夜是文明起源的一个必要环境条件；
- 温带热带对文明萌现与发展的重大意义。

## 6.3 地球物理参数与人类文明起源

地球自转速度与公转速度是地球的两个运动参数，另外还有地球的密度与体积。下面就让我们讨论地球的这些物理参数与人类文明起源和发展的关系。

到目前为止，我们可以说，这三个物理量都是独立的。特别是地球公转和自转的速度从最初的成因上看，目前科学上尚未发现它们之间有着什么内在的必然联系。另一方面，我们说地球的密度与体积及由此所产生的重力加速度基本上决定了地球上合理的生物规模以及在这个规模下各个物种按躯体大小（或重量）的数量分布状态。而太阳则是维持地球上一切生命存活的总能源。

植物是地球上太阳能转化为有机化学能的唯一群体。这一转化除满足植物自身对能量的需求外，植物本身也为动物提供了以食物为媒体（直接或间接）的生物能源。于是在地球上的生物系统内便产生了能量流，即太阳能通过植物的光合作用转入动物体内，然后又从素食动物向肉食动物一级一级地传播并最终都以各种方式消耗掉而无法回归。因此，这个能量流是单向的。

与能量流并存的是生物间的物质流。物质流是能量流的载体，能量流是通过物质流来实现的。譬如，牛羊吃了草便有了力气，青草便是物质流，并在牛羊身体内通过消化转化为牛羊身体上的物质。动植物死后或其废弃物则均由无数的微生物将其分解并转化为无机物，重新又被植物所吸收利用，从而使物质在有机物与无机物之间不断循环。当然，这个循环是非常缓慢的。

此外，生物的呼吸作用也是物质循环的途径之一。动物吃下有机物后，通过呼吸排放出二氧化碳，供植物再吸收。以上所讲的能量流和物质流实际上都是非常复杂细微的，我们不是生物学家无力也无必要在此进行更多的叙述。这里，我们感兴趣的是这个能量流和物质流所包含的时间因素。下面我们就从这一点入手讨论地球公转自转周期的合理性。

地球自诞生以来，其公转与自转周期在大部分时间内，与现在的状态相比，可能差别不甚大。地球上的生物正是在这样的地球运动状态下进化过来的。到了现在，全球已有 200 多万物种，其中植物 50 多万种，动物 150 多万种，微生物 20 多万种[①]。这些物种都各自经历过由少到多由简单到复杂由低级到高级的进化过程，是大自然历经 30 多亿年后，留给人类最宝贵的财富之一，并且它们之间每时每刻都在进行着极其复杂极其细微的能量流和物质流的转化。

[①]这是一些尚未取得统一认识的数字。有人估计现在世界上共有物种 1000 多万种，也有人认为 3000 多万种。其中，已被命名的物种数目也不一样。有人认为仅 140 多万种。

作为生物利用太阳能的源头——植物，是以所谓“年”为周期进行繁衍而以所谓“日”为周期进行生理作业的。其所生成的能量除为自身所需外，还满足了动物界对能量的需求。但是，从植物到动物的能量流在时间上并非任意的。植物繁衍所用的“年周期”和生理作业所用的“日周期”倘若有任何变更，都将影响整个能量流的效果，也即影响依附于这个食物链上的各级动物的生存规模。在生物进化史上，只有实现有效的能量流，才能有动植物的共同兴旺，才能使物种不断繁衍进化，从而完成这长达几十亿年的生命演化过程。因此，合理的能量流、物质流是支持地球上全体生命繁衍进化的基础之一。下面我们就以与人类文明起源与发展关系最密切的牛、羊、马、驴等食草动物为例，具体说明一下合理的能量流对时间上的要求。

牛、羊、马、驴等大型动物显然都属于生物食物链中的第一级消费者，只有它们兴旺，大型食肉动物如虎、狼等才能兴旺。牛、马等动物也是历经数千万年才进化成今天这个样子。它们最初的体形很小。5000 万年前的马如同今天的狐狸差不多大，后来在自然竞争中，身躯越来越大，这可能是出于奔跑速度的需要。只有高速奔跑才能逃脱虎、狼等的追杀。但随着躯体的增大，对能量的需求也增大，即食量增大。然而，它们的食物——杂草的发热量并不高。因此进化中的体重增大到一定程度时必然受到它们所能消耗的杂草的体积限制。这个道理就像我们前面说过的烧木炭的炉子无法炼钢一样。

另外，它们也不能总不停地吃草，还要活动。因此，食物类型以及地球对它们所产生的重力在很大程度上决定了它们在自然竞争进化中最终所能达到的最大体形和重量。这里，杂草是关键，包括草被消耗后所能转化出来的能量（能量转化效率）和草的生长能力这两点。前者是说动物吃下大量的草而只能产生不多的能量，后者是说物种的数量和生存规模不能超过草地供养能力。但上面所说的动物进化又是以动物的数量为基础。进化中的基因突变、自然

选择和生殖隔离*均需要以一定的物种自身数量为基础。因此，在牛、马进化的几千万年里，杂草—牛、马—虎、狼，这三者之间（实际上很复杂，为讨论方便简化为三者）只有在物种数量不断平衡的条件下，它们才能存活、发展与进化。而在这漫长的过程中，实现平衡条件的一个重要基础显然便是“年”与“日”这两个特定的时间周期。这个基础一变，物种的数量及整个自然链还能否维持便大成问题了。

假如公转周期“年”加长，则必将影响植物的生长周期并进而影响食物链中各级动物的生存规模，同时过冬也是一个很大的问题，可说是生命生存的瓶颈。越冬时间加长，会使大批食草动物在更加漫长的冬季中难以为继，并会波及其他动物的生存规模，进而会影响到生命的进化效果。原始人类的过冬能力肯定又比动物更加脆弱。人类的原始文明固然需要发源于温带，但如果冬季过长，那么原始人类是否还能继续生活在这个万物萧条的漫长寒冷环境之中，也将大成问题。文明启动也将面临巨大的困难。

总之，冬季过长，生物数量下降，肯定无疑。现在高纬度地区物种相对稀少，便是一个很好的例证。

那么，“年”的时间周期如果比现在短呢？大概问题也不少。现在植物在年内的增长期除去夏初前的“复苏”和夏末后的“总结”之外，实际生长只有三五个月。这也许无法再短了。如果时间再短，在一定的光合作用速度下，年内的净增长及其果实可能都不会有现在的好。也许有人会认为，植物会利用“进化”这个“法宝”，将光合作用速度提高。这从化学原理上讲似无可能。光合作用（photosynthesis 一词来自希腊语，大意是与光放在一起）也许是地球上最复杂的化学反应（目前人类对其作用机理尚未全部搞清楚）。而化学反应的机理是固定的。如果想改变某种化学反应的速度，只能改变反应所需的条件，如环境的温度与压力或加入某种催化剂等，但却改变不了反应的固有机理。因此，严格说来，一定条件下只能对应一定的反应速度而无法超越。而地球上的温度与气压是地球在演化中所形成的牵一动百的因素，该怎样就是怎样，也非随意的。所以公转周期也即“年”的时间周期如果缩短，同样也是问题不少。再者，如果公转周期缩短，尽管生物的寿命年数可能不变，但实际时间却缩短了。这种情况下，一切生命的生理功能将引发出何种变化也很难说。特别是人的一生时间缩短了，其智力的进化与作用发挥也都将大打折扣。

---

* 可参阅“海水盐度的演化模式”一节。

以上我们只是表面上论证了一下“年”时间周期的重要性。实际上它是地球上一切生物繁衍进化的一个重要基础。这个因素一变，不管是变长还是变短，均会带来难以估量的负面影响，都将难以继续维持一定数量下的动植物物种间的平衡、繁衍与进化。是否还能进化出人类，也将大成问题。因此，我们说，现在的公转周期即“年”的时间周期是在光合作用的需要下与四季相配合的最恰当的时间长度。无法再长也无法再短。

同样道理，地球的自转周期也不是任意的。同样不允许过长或过短。如果地球自转所形成的日周期长短有所变化，也许植物在进化中可以逐渐适应，也许动物也可适应，但对人类来说却是难以接受。有一种观点认为，地球之初的日周期时间仅相当于现在的一半左右。如果现在依然这样，我们人类还能生活吗？几个小时白天，几个小时黑夜，人类将陷入极度的疲惫之中。人不是动物。动物可以随时睡觉，甚至只要不饿便总睡。人要集中精力，集中时间去进行有目的的活动，因而特别需要一个恰当的昼夜时间分配。相反，如果“日”的时间周期过长，以人类的躯体看（这一点也不是任意形成的，而与地球体积与密度密切有关），人类也不太可能在夜间连续睡上 10 多个小时，然后白天再活动 20 多个小时。总之，地球自转周期和人的生理新陈代谢周期及人的作息活动周期必须协调，二本不能太离谱。今天，这两个相对独立的周期，配合如此之好，这不能不说是个奇迹，从而构成了人类生存与发展的一个必要条件。

> 人体的新陈代谢的规模与周期取决于在氧和酶的作用下体内的化学反应速度。因此，人的躯体大小通过进化确定后，相应的物质代谢和能量代谢周期也随之被“固定”下来，而非任意的。从这个意义上讲，今天的地球自转周期和新陈代谢周期是很匹配的。

最后，我们还须注意到，“年”和“日”的时间周期长短还会影响到地球表面的吸热和放热过程，也即地球表面气温在日内和年内的变化幅度* 以及自转速度所产生的行星风系，同样也会牵一动百，后果难以设想。

通过以上所述，我们可以将**日地距离、地球的体积与密度**（由此产生的重力）、**光合作用的效率以及人类生理节奏等，看做基本因素，在这些基本因素条件下，必须有恰当的“年”时间周期和“日”时间周期与之相配合**。只有它们之间的恰当配合，才能使地球上生命的能量流和物质流得以在一定的数量规模下连续运作，从而万物兴旺并出现人类及其原始文明。而地球上的生命系统在过去的几十亿年里正是以这些独立因素（参数）的恰当配合才得以成功演化

---

* 有关作用机理，可参阅“天文因素作用下的地球环境基本模式”一节。

的。一个因素不协调，整个演化系统即有可能遭到破坏。

下面我们再从公转、自转的成因上进一步加深理解公转周期、自转周期、地球大小和生物进化这四个方面之间的恰当配合问题。

首先谈地球公转周期的形成背景。根据著名的开普勒第三定律[①]，所有行星椭圆轨道的半长轴的三次方与其公转周期的二次方的比值都相等可知，地球的公转周期并非任意的。太阳系内的日地距离一旦确定，地球的公转周期也就随即确定下来。但太阳系在形成过程中，在众行星中何以将日地距离及相应的公转周期定位于现在的"年"上而非定位于其他时间尺度上，换言之，何以有如此恰当的日地距离？对这个问题，随你怎么看，应当说是一个非常复杂而又严格的过程[②]。对这一过程，或许也可视为又是一次"偶然"。但如果从地球在过去几十亿年里所发生的一系列演化上看，倒不如说这是体现了演化系列的一致性。

[①] 16世纪丹麦天文学家第谷（Tycho Brahe，1546—1601）连续20年用肉眼精确测量记录了行星的运动位置。第谷逝世后，他的助手开普勒经过多年的刻苦计算于1609年发表了行星运动的第一定律和第二定律，1619年又发表了本文所讲的第三定律。

[②] 根据天文学上著名的提丢斯-波德定则（Titius-Bode Law），太阳系中各行星与太阳的距离也不是任意的，而是遵守着一个共同的数学算式。如设日地距离为一个天文单位，则其余各行星与太阳的距离，可分别近似为：

| 水 | 金 | 地 | 火 | （小行星带） | 木 | 土 | 天 | 海 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.4 | 0.7 | 1.0 | 1.6 | 2.8 | 5.2 | 10.0 | 19.6 | 38.8（实际为30.1） |

这实际上都是由下列数字每个加4再除10后而得出的：

0，3，6，12，24，48，96，192，384（除0外均为2倍关系）

但这个定则又是以太阳的大小与质量为基础。换个太阳是否还遵从这一定则，就很难说了。现在在地球上的大气上界，垂直于阳光所接收到的太阳辐射能量约为8.2焦耳/平方厘米·分钟，称为太阳常数。这个数值显然为地球上的整个环境与生命存在奠定了一个十分恰当的基础。如果换个太阳，即使仍按提丢斯-波德定则确定出地球的位置，那么是否还能保持住现在的太阳常数，显然会大成问题。因此，我们可以说，太阳的大小与质量及日地距离均不是任意的，二

者当中任何一点变更都将极大地改变地球上的生命演化命运。

再看行星的自转。与公转相比，太阳系中各行星的自转似乎更具有“独立性”。

就公转而言，九大行星虽然周期相去甚远，但运行轨道却大体相似，有共向性（都与太阳的自转方向相同）、近圆性和共面性。虽有差异，但不是太大。而对自转，我们则可以说是“八仙过海，各显神通”了。因为这里我们不但要注意自转周期，还要注意自转的姿态，后者能严重影响行星表面上的日光分配。地球是以稍斜的身子边旋转边前进，从而能在大部分的球面上形成以“日”为周期的日光分配，堪称标准。木星则是以近于垂直的姿态“飞速”旋转，日夜各4个半小时，人类无法承受。更与众不同的是天王星，以近于平躺的姿势“打着滚”前进，所以天王星的“屁股”一侧是永昼，另一侧则是永夜极寒。最奇特的是地球的“孪生姊妹”近邻金星，是以倒立的姿势出现，自转速度也最慢，几乎与公转周期相等。八大行星自转时唯一的共同点是都遵从“右手定则”。但也正因如此，所以金星、天王星，在行进与自转之间便显得十分别扭。身子往前走，自转却向后。因此，在金星上看日出，是从西边升起。八大行星在自转周期与自转姿态上的这种“千姿百态”，十分清楚地说明了行星自转的形成具有很大的独立性。因星而异（图6-7）。

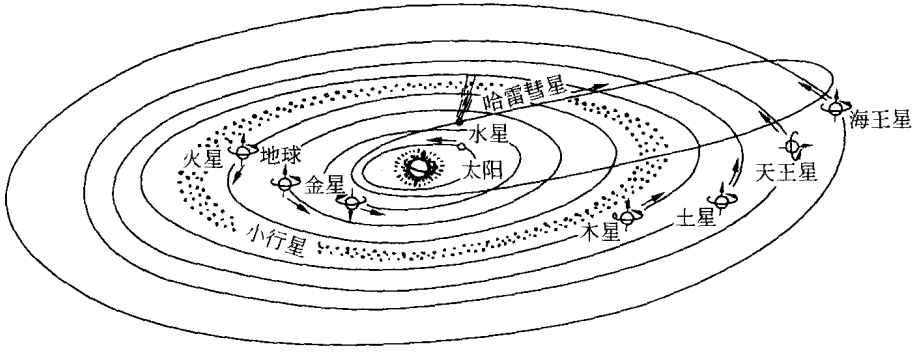



图6-7　太阳系的模式图

至于造成这种“千姿百态”的原因，目前科学上尚无一致的说法。可能有其内部原因，但至今尚无公认的解释；另一方面也可能有外界影响。后者最明显的便是卫星数量，这一点从表6-1便可一眼看出。

表 6-1

| 行星名称 | 与日平均距离/百万千米 | 赤道半径/千米 | 公转周期 | 自转周期 | 质量(以地球为1计算) | 体积(以地球为1计算) | 平均密度/(克/立方厘米) | 卫星数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 水星 | 57.9 | 2440 | 87.9天 | 58.6天 | 0.05 | 0.056 | 5.46 | 0 |
| 金星 | 108.2 | 6050 | 224.7天 | 243天 | 0.82 | 0.856 | 5.26 | 0 |
| 地球 | 149.6 | 6378 | 1年 | 23时56分 | 1.00 | 1.000 | 5.52 | 1 |
| 火星 | 227.9 | 3395 | 1.9年 | 24时37分 | 0.11 | 0.150 | 3.96 | 2 |
| 木星 | 778.0 | 71 400 | 11.8年 | 9时50分 | 317.94 | 1316 | 1.33 | 16 |
| 土星 | 1427.0 | 60 000 | 29.5年 | 10时14分 | 95.18 | 745 | 0.70 | 21～23 |
| 天王星 | 2870.0 | 25 900 | 84.0年 | 16时左右 | 14.63 | 65.2 | 1.24 | 15 |
| 海王星 | 4496.0 | 24 750 | 164.8年 | 18时左右 | 17.22 | 57.1 | 1.66 | 8 |
| 冥王星 | 5946.0 | 1350 | 247.9年 | 6天9时 | 0.0024 | 0.009 | 1.50 | 1 |

其中天王星海王星的自转周期和木星以下的卫星数，近几年随着天文探测，变化较大，这里未做改动。

但实际上，这也是个似是而非的关系。海王星中最大的一颗卫星海卫一和土星木星天王星的某些卫星，它们的公转与行星自转方向相反。还有，在卫星世界里，月球相对最大，而一般卫星，相对于其行星而言都很小，在力系中似乎起不了太大作用。因此，与其说卫星带动了行星自转，倒不如说行星在自转中诞生了卫星，只不过它们各自都处于一个共同的力系中而已。

但也有另一种相反的观点，认为月球通过海水做中介对地球自转起着减缓作用，并在减缓中渐渐远离地球。

此外，还有其他一些说法，我们就不一一介绍了。总之，这是一个远未解决的问题。其实，这里我们最感兴趣的只是一件事，即大自然在众行星千姿百态的演化过程中，将地球的黄赤交角及自转周期恰当地定位于今天这个状态上，这不能不说是完全符合于人类文明起源与发展的需要，因此我们也可视为这是又一次体现了自然演化中的“一致性”。

本章自开始以来，讨论了各种天文因素，它们在形成地球的环境并引发文明萌现方面起着非常必要的作用。这些天文因素包括：日地距离、公转周期、自转周期、地球自身的体积与质量、地球运动轨道三要素及其各种波动变化和月球的存在等。**所有这些因素加在一起反映到地球表面就是一个结果，这就是恰当的日光作用效果，包括日光在地球上照射的强度周期变化与面积周期**

**变化两方面(图 6-8)。而地球上生物界中最首要的反馈便是光合作用。**光合作用所需的阳光既不能太强也不能太弱,是在一定范围内的温度与日光强度照射下所产生的一个具有一定固有机理的化学反应。于是,这才引发了地球上以植物为基础的万物兴旺。因此,我们只能将这些天文因素与地球上的因素一起视为一个巨大的演化链,而且这个演化链是随着太阳系的形成而逐渐演化出来的,并可归纳如图 6-9 所示。

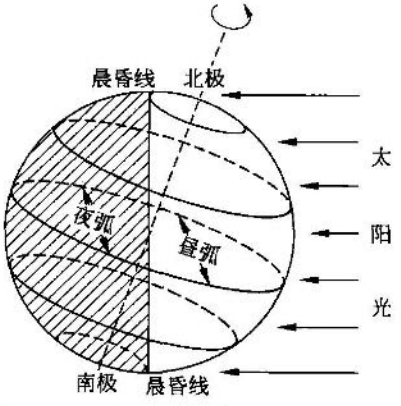



图 6-8 地球上阳光照射面积的昼夜变化

图 6-9 地球表面阳光变化与光合作用的逻辑关系

冬季植物萧条进入休眠以及寒带地区植物矮小便是气温低和阳光弱所致。也充分说明光合作用对这两个条件的敏感性。

**本节要点:**

- 地球的各个物理参数基本上决定了地球上所接受阳光的时空分布以及所演化出的生物生存规模,或说地球上一定的生物生存规模要求一定的地球物理状态参数;
- 光合作用的复杂性以及对日光的时空分配要求。

## 6.4 温度——一个控制万物状态的基本因素

地球上生命存在的一个必要条件就是生命必须存在于一定的温度变化范围之内。超过这个许可范围,生命将无法继续存活或者直接消失。下面我们按生命存活的要求,将这种温度变化划分为几个极限组。

生命存活的极限温度:

最低大约为零下 190 摄氏度。在这种情况下,生命活动几乎停止,但仍可复苏。最高大约为 88 摄氏度。

洋底的局部海水高达300～350摄氏度，仍有生命存在。但就一般而言，生命存在所允许的温度变幅可达300摄氏度左右。

陆上生命存活的极限温度：

最低大约为零下70摄氏度；最高大约为50摄氏度。

下面我们将集中讨论一下适宜于绝大多数生物生存繁衍的温度范围（不包括病毒、细菌等微生物在内）。

从生物进化的角度上看，动物的进化历程似乎比植物慢了半拍。原因可能是动物的生存无论食素还是食肉，归根结底都依赖植物。自然界中只有植物才具有光合作用，将无机物转化为有机物，然后供动物存活。因此，适宜于植物繁殖的气温便成了其他生命生存的温度基数。对绝大多数植物而言，其繁衍生长的适宜温度大约为零下40～20摄氏度。这是一个全球性的幅度。实际上，世界各地由于气候类型不同，还有适宜于当地植物生存的次级气温变幅。例如热带植物和寒带植物都分别有自己的适宜温度范围，这是在进化中形成的，换个气候带将难以存活。但总的来说，对世界上绝大部分地区而言，当地的适宜气温变幅都在全球气温变幅内摆动，顶多是略有超出。当然，个别年份出现罕见的高温或低温，实际上属于自然灾害，不在我们的讨论范围之内。

对原始人类而言，其适宜生存的气温变幅比上述植物的适宜气温变幅显然要更窄更严格。人类的体温恒定在37摄氏度上[①]。我们可以设想，原始人类由于刚从一般动物进化而来，其裸体天然御寒能力肯定远远超过今人。因此，适宜于其活动的气温变幅，低可接近水的冰点0摄氏度，高可接近其正常体温。这是可以理解的。我们姑且定为0～35摄氏度。当然，低于或高于这个气温范围时，他们仍然可以生存，但活动能力将大为降低（现代人裸体所能承受的低温约为17摄氏度，而极地附近的人们则能承受更低得多的温度）。

[①] 现代科学认为身体恒温是动物在进化中逐步形成的，是动物为抵御外界温度变化维持自身生存繁衍所需。但从猿人的皮毛到人类的汗毛这一进化中，人类体温何以最终定位于37摄氏度这个略带偏差的特值上，这与人类的智力进化等有何关系，目前科学上尚难以回答。但生物体内，酶的催化作用最适宜的温度为37～40摄氏度，这是由化学规律所决定的，并恰位于地球温度的变幅内。

在地球过去的几百万年内，特别是进入第四纪大冰期以来，全球气温逐渐脱离长达数亿年的高温环境，进入了一个相对凉爽的适宜于各种生物繁衍的最佳气温时期。在约万年前至今的这段时期内，全球气温变幅在大多数地区的大多数时间内可能为60摄氏度（零下20～40摄氏度），而一个地区的气温

变幅则只有约 50 摄氏度或更小[①]。远小于生命生存所允许的温度变幅 300 摄氏度。如果将海洋内局部高温下的生物也考虑在内，则生命的允许温度变幅可达 500 摄氏度以上，接近 550 摄氏度。300～550 摄氏度为大多数生物适宜温度变幅 60 摄氏度的 5～9 倍，为一个地区的气温变幅 50 摄氏度的 6～11 倍，为人类的适宜温度变幅的 8.6～15.7 倍。地球上如此严格的气温环境对生命的出现或对绝大多数生物的兴旺繁衍，哪个意义更大，这不是很清楚吗？

[①] 其中一年内又有约 20%～40%的时间，气温维持在 20～30 摄氏度之间，是人类及绝大多数动植物所最喜爱的温度范围。

下面让我们再进一步领略一下大自然是如何通过大规模的复杂“程序”在地球上实现这一窄幅气温变化的，也即气温的形成。

**要在浩瀚无垠的宇宙中，把一个“小点”上的表面温度限制在一个以水的物理性质为基准的狭窄变幅内，并有着恰当的时空分布，绝不是一件轻而易举的事情。**这也许要比创造出原始生命所需的最初有机物质更加困难。

决定地球上气温的基本（宏观）因素可概括为三方面，即天文因素、地理因素和大气因素[②]。它们任何一点“微小”变化，都会对地球表面带来重大影响，灵敏之极。这三类因素也不是一开始就在地球上恰当地配制出来今天这样的适宜气温变幅，而是在地球的 46 亿年的演化中，不同阶段有不同的配合，产生了不同的温度环境，满足了不同时期生物进化的需要。除了这三大宏观因素之外，相应地尚有许多次级因素，我们就不一一细谈了。但其中大气因素更详细的作用，我们在后面还要继续讨论。

[②] 实际上的因素很多，而且各个因素的影响力度究竟有多大，也没有确切的说法。我们不是古气候学家，无力也无必要对此进行更详细的讨论。

## 天文因素

关于天文因素对地球温度的影响，我们在第 3 章里已讨论了很多。这里再做些补充。

首先一点是，在太阳辐射可怕的强大威力下，对地球环境而言，天文参数无疑是最基本的也是最敏感的。

太阳辐射到达地球后，在地表上所产生的增温效果，主要取决于日地之间的距离和地球自身的运动状态。地球在太阳系中位置适中，大小适当，为实现恰当的地球表面温度变化范围奠定了基础。

地球自身的运动状态也十分重要。地球的公转周期自转周期和黄赤交角基本上决定了地球表面的温度分布模式和温度变化模式。如果地球的公转周

期与自转周期不是现在这样，则太阳辐射与地面辐射之间的关系将改变成为另一种模式，相应的四季划分昼夜划分及其温差变幅也将大为改观，甚至全部改观。再说黄赤交角。如果这一交角过大或过小，不是现在的状态，则对地球上四季的形成或形成后的地表温度分布都会产生重大影响，甚至影响到两极冰盖的存在与否。此外，岁差和偏心率的周期变化也会对全球温度有相当的影响。但目前人类所观测到的地球轨道三要素，其变化幅度均很小，周期也短（数万年）。

那么，以上这些天文因素自地球诞生以来都有过哪些重大变化呢？以人类目前的科学水平而言，尚难知晓。现在人类所能做到的只是通过对地史的研究，粗略地了解到在过去亿万年间内，全球气温变化的概况，而天文因素只是作为对这些气温变化的一种原因解释。正如我们在第 3 章里所谈，古生代中生代全球气温总体偏高，而且到了中生代的大约 1 亿年前，达到最高峰。此后又逐步下降，直至出现第四纪大冰期。这一过程，一般认为与黄赤交角的变化有关。但地球表面温度并非仅由日地距离、太阳辐射以及地球运动状态所决定。毫无疑问，这些因素都是最基本的；但另外似乎尚有其他某些因素也在周期性地起着宏观调节作用（例如，前面提到的近银心点），其中包括某些尚未知晓的更深层更遥远的自然因素。这些因素的作用可能又影响着地球自身的状态以及相应的生物进化历程。可以说相当复杂微妙（例如，来自银河系的宇宙射线等）。

## 地理因素

地理因素包括纬度高低、地势高低、地表状态和陆海分布等，对全球气温的分布和调节同样起着至关重要的作用。如果地球只有上述的天文因素而无现在复杂的地表特征，那么今日世界上仍无法形成如此多样化的气候类型以及所带来的复杂气温分布。今天在同一纬度的不同地区，气候与气温截然不同的例子并不罕见。例如，中国长江流域和非洲撒哈拉大沙漠纬度相近，又都同样邻近海洋，但由于地理环境不同，因而长江流域四季明显，温度适宜，而撒哈拉沙漠却终年干燥酷热少雨。再如，独特的地中海气候也并非完全由纬度因素所造成，而与地中海周围特殊的地理环境密切有关。在同一纬度上同处大陆两侧的美国东西海岸，气温也大不相同。美国的旧金山四季如春，而同一纬度的东部则四季明显。在中国，如果没有青藏高原和喜马拉雅山的阻隔，中国西部乃至中亚地区的自然环境也不会轻易变得如此干旱贫瘠（图 6-10）。因此，我们说地理环境是形成不同气候类型不同气温变化范围的一个必要条件。

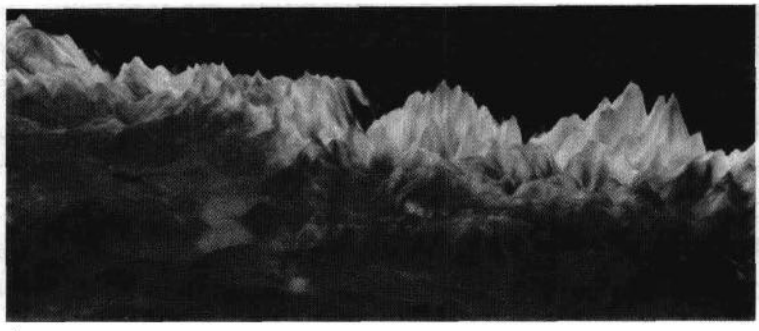


图 6-10 喜马拉雅山脉的阻隔使其以北广袤的大陆变为世界上最大的干旱地区之一，地理环境对气候的形成实在是影响太大了！

此外，我们还不要忘记占地球面积 70%的大海对全球气温的巨大调节作用，包括洋面自身和深层与浅层洋流。它们和大气环流一样，也起着对全球热量的调节作用。但地球在很长一段时期内，海水温度比现在高得多，这可能是导致当时全球气温过高的一个重要原因。如果地球上 70%是陆地，则整个环境就可能难以诞生人类，更难以诞生文明的形成，尽管生命或许仍可在海洋中存在。

第 3 章里我们说过，古生代、中生代全球气温较高。那时地理环境相对单一，因而气候模式也比较简单。只是到了近 2 亿年前，由于联合古陆的解体，各大板块在运动中互相作用，于是在新生代中后期初步形成了今天我们所见到的地球表面形状，从而为全球气候的多样化创造了必要条件。而全球气温的分布就是以不同地域的不同气候类型为基础所决定的。

以上便是地理因素在全球气温演化和分布的调节作用。

## 大气因素

大气层对地球表面温度的具体作用，本书在“神奇的大气层”中还要详谈。这里的大气因素主要指空气中含量极少，但又能严重影响气温高低的几种微量气体。这些气体统称为吸收红外线气体（infra-red radiation absorbing gases），或简称红外吸收气体。主要有二氧化碳（约占大气体积的 0.03%）、甲烷（约占大气体积的 0.0002%）、水汽和其他更少量的气体。

地球表面温度形成的总能源是太阳辐射。太阳光照射到地面后，使地表增温，然后地表又以长波辐射的形式将热能向空中散发，结果被空气中的红外吸收气体所吸收从而使大气增温。简单来说，这就是“温室效应”的大致原理。红外线的特点是热效应，属于长波。因此，大气中红外吸收气体越多，所吸收

的热量就越多，从而气温升幅就越大。科学家估计，如果将大气中的全部红外吸收气体清除，则地球表面气温将下降至零下18摄氏度（若将全部大气层都消除掉，则地温将与月温相差无几）。现在地球表面的平均气温为15摄氏度，二者相差为33摄氏度。由此可见，正是红外吸收气体的存在，才使地球表面从万物不生的冰冷状态变为生机盎然的“室内温度”。火星上由于几乎没有红外吸收气体，其表面温度比地球的零下18摄氏度还要低很多（因离太阳更远）。相反，金星表面温度高达427摄氏度，则可能是由于大气中含有过量的二氧化碳所致。由此可见，红外吸收气体的含量多少，对气温高低的影响相当巨大。

现在，我们要问，在地球大气演化的几十亿年里，红外吸收气体的含量是怎样形成的呢？总的来说，这依然是个谜。但我们不妨从定性上了解一下。

现在一般认为，早在地球的原始大气中就曾含有大量的甲烷、二氧化碳和水气等。这些气体都是通过火山喷发和岩浆活动逐渐释放出来的。地球上在大约35亿年前出现了蓝藻（blue green alga）。蓝藻具有类似光合作用的功能，可以吸收二氧化碳并放出氧气，后来又出现了一些新物种（如珊瑚等），可吸收二氧化碳形成石灰岩。这样经过了30亿年，空气中的二氧化碳才大幅度降下来，相应空气中的氧含量也从无到有，大幅上升。当然，这是一个有据可考的观点，解释了生命的起源以及与二氧化碳之间的关系。

以我们今天所见，地球上的二氧化碳主要来自动植物的呼吸排放，动植物躯体经微生物分解或燃烧后，也最终释放出二氧化碳。此外，自然界中的火山喷发和温泉仍可排放出不少二氧化碳。二氧化碳在大量生成的同时，也在不停地消耗。植物的光合作用吸收了大量的二氧化碳，生物作用可继续将二氧化碳形成石灰岩。此外，远古时代大量动植物死后埋入地下形成了能源矿床，也会把二氧化碳从空气中带走。这就是今天我们所燃烧的石油和煤。

因此，空气中的二氧化碳，一部分在循环，一部分被大自然“回收”，暂时固定起来。地球在过去几十亿年里，二氧化碳的这种循环与回收一直在不停地进行，只不过规模越来越大罢了。

甲烷即平常所说的沼气或天然气，同二氧化碳一样，也是来自生物作用。大家知道，生物在腐烂过程中均会产生甲烷。因此甲烷在空气中的含量在很大程度上也取决于地球上生物存在的规模。但绝大多部分的甲烷都是随着其生成过程而深埋地下，进入空气中的并不多。

以上就是空气中红外吸收气体的产生与消耗的大致机理。但在过去几十亿年里，大自然究竟是怎样通过演化将些气体的含量定位于今天这样一个精确恰当的水平上呢？对此，人类目前尚无法具体知晓。

上面是对影响地球表面温度的三大基本因素的粗略介绍*。从中我们不难看出，在无垠的动态宇宙中，要在某一小点上创造出变幅相当狭窄的适宜温度是多么复杂而又灵敏；而且这个狭窄的温度变幅又必须以水的液态物理性质为基础。因为水是一切生命的基础物质。以上所谈的三大基本因素只是目前人类所认识到的，其中肯定还会包括大量人类尚未知晓的次级因素。因此，我们可以说，这实际上是一个无比复杂的系统。这一点一定要理解。

下面让我们进一步分析大自然如此"兴师动众"在地球这个宇宙小点上创出适宜的气温变幅，及其恰当的时空分布，从文明起源的角度上看，究竟体现了什么意义呢？对此，可归纳为如下四点：

第一，通过三大因素，最终在地球的各个部分上创造出了不同的气温变化范围，形成了地区间（如陆海间）和赤道与两极之间的巨大温差。这些温差是形成各种强劲的大气环流的一个必要条件，如行星风系和季风环流等。

第二，最终在地球表面形成一个适宜的温度变幅，其平均值为 15 摄氏度。这个变幅对光合作用，对生物体内酶的催化作用，对水的性能的发挥，对金属性能的发挥都有着重大的意义。如果略有偏差，如正负 1～2 摄氏度，则全球气候、植被、土壤以及水的存在状态等，都将受到巨大影响。现在，世界各地气温虽有差异，但在大部分地区的大部分时间内，气温变幅都适宜于生物的兴旺繁衍。

第三，最终在地球上形成不同的气候带，即寒带、温带和热带。这些气候带的气候特点及其所产生的物种，在孕育人类及其文明的过程中，绝对必要。

第四，只有在多样化的地域气候中（也即前三点所述），才能在世界某些地区出现最适宜于原始人类生存及其文明萌现的气温范围。

以上四点对人类原始文明的形成具有非常重大的意义。

前三点是在地球上形成各种生态环境的必要条件。第四点则是在地球上个别地区萌发人类原始文明的必要气候条件。如果我们把旧石器时代以来的人类原始文明比作幼芽，则客观上需要较好的环境相配合，这样，幼芽才能破土成长。干旱或严寒的气候条件下，幼芽将无法存活。幼芽长大成树后，就可经受各种气候了。古代的黄河流域和尼罗河下游等地区正是能孕育原始文明发展的良好环境地区。我们不知道原始人类是否都是从非洲走出的[①]，但迄今为止凡是考证出能孕育出原始文明的地区，都具有气候宜人水土丰厚的环境特点。譬如，50 万年前的北京周口店龙骨山附近，当时这一带，有草，有树，有辽阔的平原和大片水源，野生动物出没频繁。于是他们便选择了高处的山

---

* 关于气温还可参阅"天文因素作用下的地球环境基本模式"和"神奇的大气层"两节中有关段落。

洞内，世世代代生息下来。另外，中国境内的蓝田也有五六十万年前人类生活的遗址。这里恰位于黄河流域之内（黄河河道常做摆动，并非固定），也是水草丰盛、温度适宜之地。目前，人们尚未发现在寒带或靠近寒带的地区有百万年前原始人类生活过的遗迹。

①在中国发现最早的直立人为170万年前的云南元谋猿人和同一时期的四川巫山猿人。也有人认为后者约生活在200万年前。

如果我们要求全球气温都四季如春，这不但绝无可能更毫无必要。这样的话，既创造不出来丰富多彩的多样生态系统，又极不利于人类——一个富有挑战性的高智慧生命群体的进化与成长。人类所潜在的各种优秀品质从客观进化的角度上看，正是在各种气候环境的磨炼下，才逐步形成的，意义非常深远。一个徒有智慧而缺乏诸多优秀品质的生命群体，是没有多少存在价值的。这一点我们在本书的开始已谈了不少。不再重复。

综合自本节开始以来的讨论，不难看出以下几点：

第一，在地球上形成恰当的温度变化范围是一系列自然因素结合的结果。这些因素（即天文因素、地理因素和大气因素）都是人类通过长期的科学观测与分析研究所得出的，是实实在在的。但认识并未就此结束，其中所包含的更丰富的作用机理，尚待不断深入探索研究。例如，海水温度的变化对陆地旱涝的敏感性。

第二，关于古生代以来地球上气温变化的过程，我们在第3章已谈了不少。人类对这个演化过程的认识同样也是通过长期的考证研究所获得的。

第三，地球上的生命正是在上述古生代以来地球气温的变化过程中（这里我们暂不谈其他必要条件），从海洋走上了陆地，又从软弱走向了顽强，最终出现了人类及其文明。因此，我们可以说，从宏观上讲，生命的进化历程也是上述三大基本因素随着时间而不断恰当配合的结果。

第四，人类目前虽然不知上述三大因素在过去亿万年间的具体配合过程，但在极其漫长的时间流程中，这三个因素无疑在宏观上始终配合得体。只有与时俱进地得体配合，地球上的进化才会有今日的成功，即出现了人类及其文明。因此，我们可以说，有关地球温度的自然因素演化过程是完全合理的。

最后，我们再将有关气温形成与分布的各种因素（变量）关系，概括为图6-11，供参考。

图中箭头是指主要的影响关系。气温由三大因素所决定，但三大因素又彼此制约，呈复杂状态。“天文因素及太阳辐射”是否会影响“地表状态”中的海陆分布和地形变化，目前科学上尚无说法；但肯定会影响已有的“地表状态”，如地面温度、海水温度，以及岩石与土壤的风化状态等。“天文因素及太

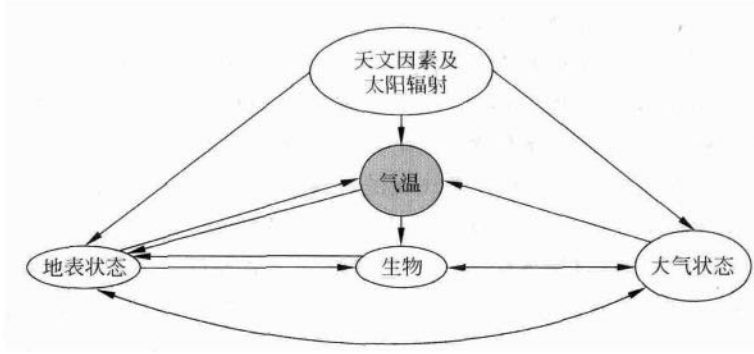



图 6-11 气温形成的各种因素关系

阳辐射"对"大气状态"的影响，本书将在"神奇的大气层"一节中细谈。另外，"大气状态"中的湿度与降水和"气温"、"生物"也会影响"地表状态"中的岩石风化程度和土壤状态等。"大气状态"是指除"气温"外的一切物理化学状态，如厚度、组成及环流等。

这里，我们还可将地球温度比喻如下：天文因素是构成温度的基础，地表以上因素（含海洋）构成了一台地球温度全自动调节机，动力是太阳辐射，银河系则是"总策划"（包括大冰期）。

**本节要点：**

- 生命存活所允许的极限温度范围；
- 生命繁衍所需的温度范围；
- 天文因素对地表温度形成的基础作用；
- 地理因素对形成多样地表温度的作用；
- 大气因素对地表温度的调节作用；
- 地表温度状态与人类文明起源的关系。

## 6.5 氧——空气的主角

氧气（简称氧）在空气中占有无比重要的位置。**氧似乎是空气中的主角，这就是说，其他气体的含量似乎均以能充分发挥氧的作用为依据***。那么，氧都有哪些作用呢？众所周知，生命绝对离不开氧，文明起源及其发展也绝对离

* 这方面的内容，可参阅"神奇的大气层"一节。

不开氧。氧在空气中如此之重要，因此，我们完全有必要予以专门讨论。

本节只涉及空气中的氧含量问题。关于大气，我们在后面还要详细讨论。

我们在风起源一章里曾说过，几十亿年前的原始大气主要是由甲烷、氨、氢、一氧化碳、二氧化碳、氰化氢、硫化氢以及水气等组成。唯独没有氧。后来，到了大约35亿年前，在无氧或缺氧的地球环境中出现了一种叫蓝藻的原核生物(procaryotic cells)[①]，具有类似光合作用的功能，能吸收空气中的二氧化碳，合成有机物，同时排放出氧气。与蓝藻同一时期的另一种原始生物是细菌，是有机物的分解者。这两种原核生物构成了当时地球上的全部生命系统。到了7亿—4亿年前，多细胞真核藻类(eucaryotic cells)大量出现[②]，从而使大气中氧含量迅速增加，并在太阳辐射作用下，在高空形成了最初的臭氧层。与此同时，伴随着陆海环境的变迁，生命开始登陆。因此，从4亿多前年以后，不但在海上，陆上也出现了光合作用。从而出现了全球生命放氧的趋势并随着整个生物的生存规模而变化。以上便是在生物作用下氧在大气中从无到有的大致过程。

[①] 由原核细胞构成的单细胞生物。原核细胞的特点是尚无细胞核，组成核的物质集中在核区，无核膜，无核仁。

[②] 真核细胞即已有了真正的细胞核。有核膜，有核仁。

氧在形成过程中也在不断地消耗。燃烧是其主要方式之一。但我们前面说过，在陆上出现生命之前，地球上基本无火。古生代、中生代，雷电极其稀遇，也很少有火。因此，地球上较多的燃烧是出现在新生代中后期。此外，动植物呼吸、岩石风化及自然界中广泛存在的氧化作用，均无时无刻地不在消耗氧。氧还微溶于水，供水生物之用。氧在高空区还不断地转变为臭氧。科学家估计，如果地球上所有的植物不再放氧，那么，仅风化作用一项就可于400万年内，将空气中的氧气全部耗尽。因此，空气中的氧一直处于动态平衡之中。

那么，空气中的氧含量在过去的亿万年间，曾有过变化吗？这种变化与生命进化之间又有何关系呢？

下面我们仅从定性上来分析这一问题。

如上所述，地球上既有放氧因素也有耗氧因素，但它们并非孤立，而同样也受其他因素的制约。因此，在过去亿万年间，空气中氧含量总的趋势虽然是从无到有，但也不可能是以单调积累的方式直达21%；相反，随着地球上放氧规模和耗氧规模的不断变化而升降，则完全有可能。因此，我们可以说，“缺氧”进化是必然的；而在放氧规模大大超过耗氧规模的情况下，“富氧”进化也并非不可能。换言之，生物在进化中对氧的依赖似有某种弹性，并不一定非要

在空气中氧含量为21%的情况下，才能生存与进化。

从生物能的观点看，太阳能是源头，而氧则是动植物间能量转换的媒介。植物通过光合作用利用太阳能的反应为：

$$\text{二氧化碳}+\text{水}\xrightarrow[\text{叶绿体}]{\text{太阳光能}}\text{葡萄糖}+\text{水}+\text{氧}$$

动物以植物为食，通过呼吸吸氧，反应为：

$$\text{葡萄糖}\xrightarrow{\text{氧化分解}}\text{二氧化碳}+\text{水}+\text{能量}$$

因此，氧少了，动物体内的这个化学反应仍可进行，只不过放出的能量将随之减少，而生命仍有可能通过适应继续存活（如高海拔地区的生物）。

但本书的主题是文明起源的自然背景，因此，我们最关心的问题既不是“能否进化”也不是不同氧含量下可能出现的不同进化结果，而是如果空气中的氧含量未定位于21%，将会对文明起源产生何种影响，是否也会像生物进化那样，可以具有某种弹性呢？下面就让我们来讨论这一问题。

首先，从人类智力进化的观点上考虑。这是文明起源中最重要的一个因素。

大家知道，动物机体内的所有细胞，由血液循环将氧引入后，才能通过生物化学反应将有机物分解，释放出能量供机体使用。因此，空气中的氧含量愈低，这种机体内氧化分解的能力（或说规模）及其所释放出的能量也就随之越低。这一点，人们在高山上就有感受。高山上空气稀薄，氧也稀薄，因而人们感到头晕乏力。

大脑是人体中最重要的部位，虽然只占人体重量的1%～2%，但其耗氧量却占人体总耗氧量的20%或许更多。特别当人们做高强度脑力劳动时，更需要有足量的血液通过，以便产生出足够的能量供大脑运作中使用。但迄今为止，人类对自己大脑的复杂性以及智力进化的过程，在科学上仍远未解开。自然界中智力的进化大概已有几千万年的历史，而人类智力的进化则在旧石器时代出现之后，大大加速了这一进程。科学家认为，智力的进化并非意味着对大脑深部的改造。恰恰相反，只是在原有基础上进化出一层所谓新皮质（neopallium），并由此控制大脑的全部新功能。与“深部改造”相比，增殖新皮层的方式显然最简单、最安全也最有效。这就是大自然“做事”的绝妙之处。

对上述这一进化过程，我们很难想像是在漫长的“缺氧”环境中进行的。因为，在这一情况下，将没有足够的氧气供大脑的神经传导和生物电等生命运动所需。这是化学规律，无法改变。机器没有足够的燃料，就无法产生足够的速度。**这比单纯维护生命生存的要求，要高得多**。退一步说，即使能形成所谓

“智力”，其所形成的智力水平也绝无法与今日人类相比[①]，因而也就失去了存在的价值。但空气中氧含量究竟降低几个百分点才能影响智力进化，由于人类无法重复这一过程，所以这也无法回答。而氧含量的降低将对人类智力的进化产生影响，则肯定无疑。

[①]世界上除人类外，有些动物如海豚、鲸和猩猩等也有智力，但远不如人类。所以，人生应是一个不断开发自身智力的过程，这是区别于一切动物生存的根本价值所在，也是人类求生存谋发展的根本之计。

因此，氧含量的任何一种降低都应视为不允许。

以上便是从人类智力进化的观点分析空气中氧含量(21%)的重大意义。

智力是人类文明起源的最基本因素，但除智力外，还需要有许多外界条件相配合。下面我们就进一步分析空气中氧含量对燃烧的重大意义。这是因为火是人类文明之父。文明起源首先要有火的两重性(可用性和易得性)相配合，而空气中恰当的氧含量就是使火具有这两重性的一个必要条件。

空气中氧含量对于火的直接影响是燃烧速度。化学原理告诉我们，某种物质的燃烧速度与氧的浓度成正比。因此，如果空气中氧含量降低到过去某个时期曾有过的水平，如15%，则现在的易燃物和干草等也将变得不易燃了。人类自从学会钻木取火后，在发明火柴之前的上万年时间内，大概主要是靠火星引火。这种取火方式在空气中氧含量较低的情况下，很难操作。即使燃烧起来，火力也不会太旺。如果要想达到一定的温度用来制陶和冶炼等，则显然就需要有更高的技术和设备。这一切无疑将给早期人类的文明启动，带来难以估量的巨大困难。文明之光，将前途莫测。

一定的氧合量还是植物形成木质素和角质层的必要条件。没有这两种物质，植物还能进化吗？

当然，如果空气中氧含量过高，譬如说高达30%以上，生命进化本身可能不会受到影响，但自然界将火灾频繁。这种情况下，不安全因素大为增加，对生物生存非常不利，结果如何，也难以预料。

由此可见，火在自然界中是把双刃剑。既为启动和发展文明所必需，又具有最彻底的破坏力。因此，我们完全可以想像，空气中大约为21%的氧含量[②]，正是这把双刃剑使之恰到好处的最佳比例。在这一氧含量比例下，既可使火具有两重性，使文明得以启动和发展，又可确保自然之火具有一定安全度。看来是难以再有其他更为合适的含量比例了。

[②]空气中各种组成气体的质量分数并非到处完全一样。地面空气和高空空气，城市空气和农村空气以及完全不同地理环境的空气，

不尽一致。其中氧的含量大体为21%，各处略有差别，但无大差别。例如，高山上空气虽然稀薄，但比例却无大变化，只是大家都稀薄而已。

以上我们从**人类智力进化和文明启动与发展**这两个方面探讨了空气中氧含量定位于21%的重大意义。从这一讨论看，与生物进化相比，上述两个方面都是不允许空气中的氧含量有较大改变的。特别是在氧含量较低的情况下，智力的形成与文明的启动均将难以实现，但生命却可以照样生存繁衍。因为生命本来就是从无氧到少氧中进化过来的。今天空气中的氧含量最终定位于21%，这究竟是偏重于生物生存的需要还是偏重于文明启动与发展的需要，这不是十分清楚吗？而且，今天空气中的氧含量大概早在原始人类出现之前就已定位于此，一直没有多大变动。

那么，时至今日，为什么在人类燃烧规模越来越大的情况下，空气中的氧含量未见降低呢？这涉及一个下面即将讨论的氧源问题，并同样非常耐人寻味。

关于空气中的氧源与空气中氧的消耗，现在一般有两种观点。一是认为氧在光合作用与动植物的呼吸作用中不断循环平衡。前者放氧，后者吸氧。另一种观点认为，植物在光合作用中的放氧量大于植物在呼吸作用中的吸氧量，其多出的氧用于维持动物呼吸所需以及规模日益增大的燃烧所需。前一种观点无法解释长期以来空气中氧含量何以能够稳定在21%左右。但后一种观点也只是一种理论上的认为。植物光合作用的放氧量在全年内是否（远）大于其呼吸所需的氧量，这一点无论对一棵植物而言（如置于封闭系统中测定）还是对全球植物而言，均未得到证实。而且绿色植物的光合作用在全球大部分地区内只有大约半年的发生时间，而且只在白天（氧是叶绿体通过光能从所吸收的水分子中分解出来的）；但呼吸作用则是全年的，尽管落叶后进入休眠期，但仍然要呼吸，因为没有呼吸便没有能量供利用。

长期以来，全球燃烧导致了空气中二氧化碳的含量节节高升，但二氧化碳是以耗掉空气中的氧而生成的。因此，在二氧化碳升高的同时，氧的浓度理应有所下降。但是否下降，至今并无全球性的公布数字。看来，今天空气中的氧含量并未下降。那么，如何解释这一问题呢？我们想到的，也可能是唯一的解释是来自海洋。

这里有两种可能性。

一是有的观点认为，地球上的光合作用大部分甚至是绝大部分发生在海洋。主要是藻类等低等生物。这种光合作用显然是全年性的，如果其放氧量大于植物的呼吸作用，则海洋生物将构成全球规模最大、最稳定的供氧源。

另外一种可能的氧源就是蓝藻。我们前面说过，蓝藻是诞生于35亿年前并能在无氧条件下生存的最早放氧生物。今天的蓝藻仍活跃在全世界，已进化为1000多种，广布于海洋、陆地以及土壤和淡水之中，称为蓝藻门植物。其中，有的种类仍然具有抗御紫外线的能力，甚至在85摄氏度的温泉热水中也能生存。蓝藻虽然经历了35亿年，也已有进化，但至今仍为原核生物，与其老祖宗并无实质上的差异。因此，在这个庞大的家族体系中，可能有某些种群仍保留着老祖宗的特殊生理功能，即只放氧而不怎么需要氧。我们不能排除这种可能性。

科学家估计，今天全世界生物呼吸和燃烧所消耗的氧平均为每秒钟1万吨。这样算下来，大气中的氧在3000年内将会用完。因此，客观上肯定存着一个巨大而稳定的供氧源。这个供氧源不太可能存在于陆地。陆地上的植物顶多只能算个补充。因为陆地植物的生存规模不同时期内变化太大。随着全世界人口的迅猛增加，森林草地将变得越来越少，根本不足以构成大气的稳定供氧源。因此，大气稳定的供氧源只能存在于海洋。上述两种可能性，或许二者都存在，或许二者有其一。由于海洋面积的无比巨大，生态环境稳定，又无结冰之虞，因此，作为全球规模最大最稳定的大气供氧源，完全是顺理成章的事。谈到这里，**我们又一次感受到地球上海洋规模如此巨大的必要性**（当然，这只是其中必要性之一）。大自然是从来不会做没有道理的事情，而只是人类一时尚未能理解罢了。

以上我们讨论了空气中氧含量的问题，中心目的是理解今天这21%的氧含量的重大意义。下面让我们再来总结一下。

生物本来就是从无氧到少氧的环境中进化过来的。因此，空气中的氧含量对生命生存与进化而言，可能允许有某种弹性。但从文明启动的角度来看，这21%的空气氧含量却显得至为必要。这是因为，**无论是智力的形成还是对火的利用，都要求一定规模一定速度**（或说一定力度）**的氧化作用**。细胞内无足够的氧将产生不了足够的能量供大脑需用；空气中无足够的氧将难以将易燃物点燃，供文明启动需用。这些都是基于一种化学规律，似无多少弹性可言。在过去几百万年里，人类智力的形成与人类文明的启动均是在空气中21%的含氧量情况下完成的。相反，在低于此比例的情况下，一切氧化作用的规模和力度均将随之降低，尚能否完成上述两件大事（智力与燃烧）将大打折扣。这一点肯定无疑。若如此，人类的原始文明将难以启动。当然，空气中过高的氧含量也无必要，这会增加自然界中的不安全因素，另外，还受氧源的制约，这也是牵一动百的因素。

最后，我们谈到了空气中氧源问题。无论是海洋中的藻类也好，还是广布

的蓝藻也好，均可构成地球上最大最稳定的供氧源。特别是蓝藻，完全值得再提一下。大自然一开始便首先创造出了蓝藻这种“肩负着特殊使命”的物种，为后来生物生存进行了铺垫。更耐人寻味的是，这种绝妙的物种35亿年来，本质保持不变，**并以其特有的生命力广布于海洋和陆地之间**，不停地供氧，似乎成了地球上供氧的专门使者。大自然的这一安排，实在令人惊叹！没有蓝藻，便不会有人类及其文明的出现。

**本节要点：**

- 原始大气；
- 蓝藻的特殊作用；
- 智力形成、燃烧速度与空气中氧含量的重要关系，氧含量不允许降低；
- 大气中氧源的无比重要性及所反映出的自然结构的深刻内涵。

## 6.6 神奇的大气层

地球上大概没有第二种自然现象其规模之大、功能之多、作用之神奇以及结构之严密可以与大气圈相比了。大气占据了地表以上除去有形物质以外的所有空间，无孔不入。如果我们把大气圈存在的意义层层剥离，那么便会发现最终绝对离不开现在大气圈存在状态的乃是人类文明的发展。如果大气存在状态包括各种参数与现在的有所不同，那么海洋生命很可能照样生存繁衍（因为生命源于海洋），陆上生命也可能照样生存进化（因为过去的大气与现在的大气本来就不完全相同），但人类的文明则可能无法出现。因此，生物依赖大气，但人类及其文明的发展则更依赖大气。能满足前者的大气满足不了后者，但能满足后者的大气则肯定也能满足前者。今日的大气圈存在状态似乎就是为后者所“设定”。下面让我们对此展开具体讨论。

大气圈层的总厚度为几千千米（1000千米以上），但大部分质量都集中在由空气所组成的低层上。空气中主要含有氮气（78%）、氧气（21%）以及极少量的水汽、甲烷、二氧化碳和氩等惰性气体。大气共分五层。从地面算起为对流层（约17～18千米以下）、平流层（对流层往上至50～55千米）、中间层（从平流层往上到85千米）、热层（从中间层往上到500千米）和外层（图6-12）。以上是从温度或热力性质的角度上划分的，之间并无截然界限。此外，我们还可从另外的角度去划分。如按大气的组成去划分，则110千米以下为均质层，以上为非均质层。如果按电离程度划分，则平流层及其以下为中性层，以上为电离层（又可细分为四层）。

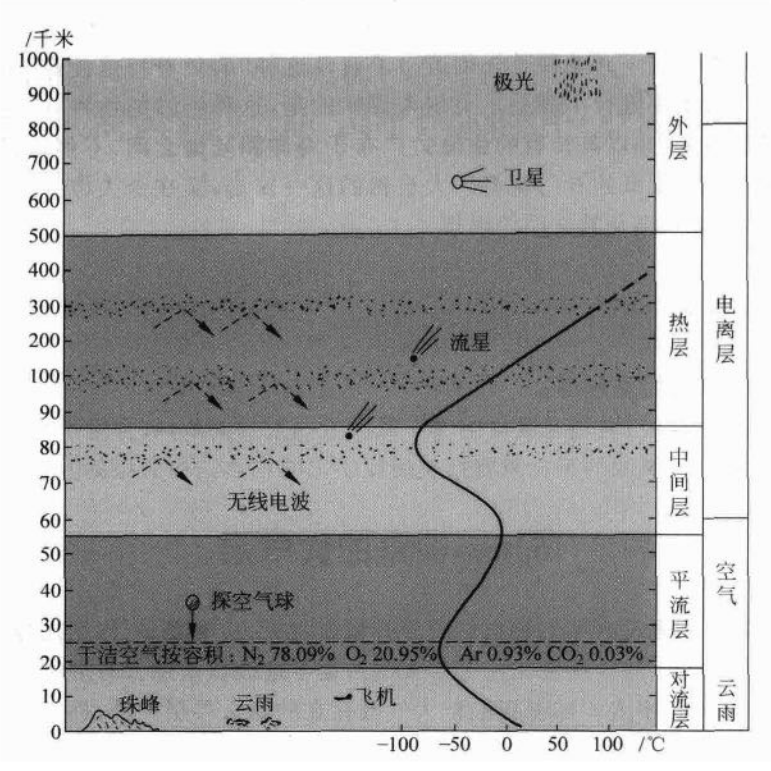



图 6-12　大气分层结构示意图

著名的臭氧层便位于平流层范围内。

从地球上生命及人类生存与发展的观点看，大气各层有着各层的自然使命（功能、作用），而整个大气圈层又有其整体的自然使命。

从高层往下，首先是热层。太阳辐射中所有波长小于 0.175 微米的对生物有害的紫外线均为该层中的氧原子所吸收，致使温度高达 1000 摄氏度以上（主要是在 300 千米的高度上）。往下温度迅速降低，并进入中间层。再往下是平流层，其上部由于有臭氧层的存在，波长大于 0.175 微米的太阳紫外线被臭氧所吸收，气温随之上升，然后随高度降低而下降。该层大气运动以水平向为主，似乎将上面的热力传播阻隔开来，从而为最底部对流层的出现进行了铺垫。

对流层对人类及万物关系最为密切，一切天气现象包括风、云、雨、雪等均发生在这一层。对流层除了巨大的气象作用外，它本身所包含的氧、氮以及二氧化碳等物质也是万物生长所必需的。此外，对流层还在形成适宜的地表温

度方面也起着必不可少的作用。对流层对万物生长对人类生存及其文明的发展的作用，实在是太多太大了。但所有这些都是人们所共知，所以在此就不过多叙述了。下面，我们仅就对流层在气温形成方面的重大作用，再作些补充。然后，我们便转入对大气层进行综合性理解的讨论上。

关于气温，我们前面已讨论过很多。我们曾说，要在无垠的宇宙中，将一个小点上的温度变幅限制在以水的物理性质为基准的狭窄范围内是一件非常不容易的事。要有从天文到地理，许许多多的因素的先后参与才能实现。但这还不够。温度的恰当变化范围只是问题的一个主要方面，还有另外一个方面，即温度在这个范围内的变化速率必须是缓和的，在空间分布上必须是均匀的。这一点，便是由对流层来协助完成了。

从宏观上讲，地球上的温度随时间缓慢变化的根本原因是地球上有渐变的四季和渐变的昼夜。这是从天文因素上看。从地面因素上看呢？如果没有大气的强烈吸收与反射作用以及对热量的调节作用，一任太阳辐射狂泻地表，那么即使有四季和昼夜，但温度的急剧变化恐怕许多生物也难以承受（这里我们暂不谈生物呼吸对大气的需要）。

大气圈的对流层在减缓地面温度的变化方面主要是大气对地表的保温作用。

太阳辐射中的大部分（约占不到80%）可到达地面。地面随吸收随增温，同时又把热量以红外线长波辐射的形式不停地向外散发（常温下，自然界中的万物都在不停地向外辐射红外线，但不同物体所辐射红外线的波长和强度均不相同），并为对流层中的二氧化碳等红外线吸收气体所吸收*。于是空气开始增温并随即也以红外线长波辐射的形式向外散发热量。其中除一部分射向上层空间外，大部分复又射向地面，方向恰好与地面辐射相反，称为大气逆辐射。大气逆辐射实际上是把热量又还给了地面，从而在一定程度上补偿了地面辐射所损失的热量，对地面起到了保温作用。

地面温度和相应的气温在昼夜间的变化中都由于这种保温作用而缓和起来。特别是云层较低时，逆辐射更强，因而多云的夜晚要比晴朗的夜晚暖和一些。这里，我们还可以进一步把地面与大气视为既可吸热又可放热的两面互相对照的镜子。太阳热能正是通过这两面“镜子”不停地吸收与反射，才使地面和气温白天缓慢上升，夜间又缓慢下降。如果没有这种特殊作用，白天的气温恐怕就难以上升，而夜间的温度则会骤然间变得更加寒冷。

大气的存在还使热量在空间分布上比较均匀。譬如说在阳光下的背阴处

---

* 参阅“温度——一个控制万物状态的基本因素”一节。

和向阳处，温度相差不是非常悬殊，顶多一二十摄氏度。但在没有大气的星球上（如月球）则将相差上百摄氏度。

大气对流层在地表温度变化方面的这些作用对人类特别是对早期人类的生存而言至为必要。自从人类出现以来直到两三千年以前，人类一直缺乏有效的保温措施。这种气温缓变，对其他生物而言，也许并非必需（对水生生物则更不会有太大影响），但我们却很难设想太阳一落便立即进入低温长夜的原始人类还能怎样去生存与发展，如果没有大气对温度的调节作用的话。

因此，我们可以说，天文因素为地表温度的变化范围提供了一个基础，**但要使气温在这个范围内变化平缓，则还必须有大气因素的参与。这二者才构成了供人类及万物生存的最佳动态环境。此外地面巨大的储热功能在这方面也起了很大的作用**[*]。

下面我们转入了本节的重点，对大气圈层的综合性理解讨论。

今天人类所享用的大气，其现实状态及各种参数可以毫不夸张地说都已达到了无可更改恰当的地步，对生命特别是对人类及其文明的发展都至为必要。

**首先讨论大气的压力**（只谈压力不谈气体组成）。

我们称海平面上的大气压为一个大气压[**]。大气压实际上代表了大气的质量或空气分子的密度（沿高度而变）。那么，今日地球上的大气压如果高一些（密度大一些）或低一些（密度小一些）行不行呢？这一点无论从人类文明起源角度上还是从人类生存的角度上看，不但很不适宜而且后果难说。

诚然，假设历史上的大气压一直是另一种状态[***]，那么生命也许会在这"另一种状态"的大气压下适应进化，但是能否进化出智力并启动文明则就要另当别论了。这是因为这里至少要涉及一个氧的作用问题。

气压小了，大气变稀了，即使空气中氧含量比例不变，人类也无法适应。今日的高山反应便是最生动的例证。我们人类今天的智力水平是在具有760毫米水银柱压强的大气的含氧量条件下进化出来的。再低的气压及相应的稀氧状态下还能进化出今日的智力吗？可能就会成问题。因为大脑的进化是以

---

* 可参阅"天文因素作用下的地球环境基本模式"一节。

** 严格说为纬度为45度的海平面上，气温为0摄氏度时的大气压，相当于760毫米的水银柱压强，即约$10^5$帕。

*** 大气压只是在最近10亿年来才接近现在值。在此以前的30多亿年里，有过非常高的状态。这里存在一个缓慢下降的过程。

大量的足够的氧耗为前提 * 。这一点毫无疑问。满足不了这个条件，大脑的运行机理将必然受影响，因而会影响其发展。再者，氧变稀后，火的两重性也将难以实现，植物也难以形成木质素和角质层。

那么，气压如果变大一些呢？也即空气的密度再大一些呢？对此，问题也可能相对少一些。但我们必须注意到，气压值无论是增大还是减小，势必都会使水的沸点值、水面的蒸发速度以及地表与大气之间的热交换等产生一系列变化，从而会对全球气候环境带来无可估量的重大影响，对人类的生存及文明的发展将产生难以预料的后果。但这一切，对其他生物而言，似乎并非灭顶之灾。另外，大气压力如果变大，则意味着氧气的密度增加，同样也会影响到火的两重性的实现。但这些问题我们在“空气中的氧”一节里都已讨论过，这里就不再重复了。

当然，上述有关大气压力变大或变小的设想都是不可能的。这是因为大气圈层的厚度取决于地球的吸引力（即地球可以吸住的大气厚度）和日地距离，而吸引力又取决于地球的大小与密度。因此，这是一连串牵一动百不可分割的链形因素。

以上我们讨论了大气压力。如果说大气压力还允许有些变幅存在的话（实际上，陆上各处的大气压力随海拔高度而有些差异），那么大气的气体组成便是非现状莫属了。

**下面讨论大气的气体组成**（只谈组成不谈压力）。

我们应当从何处入手去理解大气气体组成的合理性呢？

回答是应以氧气能够恰当地发挥作用为依据，而不是以其他气体的作用为依据。换言之，氧含量的比例虽不是最大，但却是主角。我们在前一节里，曾论证了空气中21%的氧含量是一个非常理想的数值水平。过高不行，过低也不行。这一比例不但完全满足一切生命对氧的要求，更重要的是可以满足人类智力进化的需要和火的两重性的需要，使火这把锋利的双刃剑得以恰当发挥作用。因此，大气的组成最重要的是首先确定氧含量。氧含量一经确定，剩下的78%由谁来补充呢？

打开周期表看一下，除去氮元素之外，没有第二种元素可以胜此重任了。氮元素不但为植物生存所必需而且性质最稳定最安全但又不是惰性气体。在一定条件下，也可形成氮化物，这些氮化物对生命起源对人类文明的发展都具有重大意义。所以用78%的氮来冲淡氧最为理想。氧气在氮气的“包围”下，燃烧起来也最安全。剩下1%，由二氧化碳、甲烷、水汽以及其他惰性气体来

---

* 参阅“氧——空气的主角”一节。

填充也非常必要。二氧化碳不但为植物生存所必需而且还是红外线吸收气体，可以产生温室效应。目前含量平均为0.03%，再高会导致全球变暖，若达到2.5%还能自动灭火，同时人体也感到不适。另外，惰性气体性质最稳定。以此来充填，同样也会增加空气的安全性。

如果我们用另外一种气体作依据，则大气的组成将变得难以理解。

如果以氮的作用为首要依据，那么空气中的氮将根本不需要78%。因为氮的首要自然使命是满足生命对氮的需求。以人体为例，水占60%，碳占18%，而氮仅占3%，下面依次是1.5%的钙和1%的磷。因此，空气中也许只需要百分之几的氮含量便够了。若如此，余下的90%以上的空白如用氧来填充，岂不是太危险，如以二氧化碳来填充，地球上的高温还能允许人类出现吗？等等。因此，我们无法以其他的气体作用为依据来看待今天的大气组成。我们只能以两个"主题"来解释目前大气组成的合理性。

那么，大自然是怎样在地球表面上形成以氮氧为主并有足够厚度的神奇大气圈层呢？对这一问题，目前科学上还只能做些定性解释。

首先是氧的形成。这一点我们前一节里已讨论过。主要归功于地球之初蓝藻的作用，后来海上陆上的大量植物也参加了放氧行列，从而使空气中的氧含量逐渐增加。关于氮的出现，最初源于火山喷发等地质作用，因为氮非常稳定，所以很容易在空气中逐渐积累。生物大量出现后，生物对氮的需求是通过在雷电和宇宙射线所产生的高能作用下，形成的氮与氧或氢的结合物以及生物的固氮作用而间接取得的。生物死后或其排泄物又将氮返回自然界。因此，氮在自然界中是循环的。

空气中的氮与氧积累到相当程度后（大约10亿年前），在地球的吸引下，便逐渐形成了高达上千公里的大气层。大气在太阳辐射下，由于受紫外线（主要是波长小于0.175微米的部分）和宇宙射线的作用，首先在平流层以上的高度范围内，氮与氧分子被分解为正离子和电子，使大气处于电离状态，成为离子层。在这一过程中，由于小于0.175微米的紫外线还被氧原子所吸收，使温度急剧上升，成为热层。而紫外线中大于0.175微米的部分，则可穿过热层，经过中间层，在到达平流层时将氧分子分解为两个氧原子，然后氧原子又重新组成为具有三个氧原子的臭氧分子，成为臭氧层。因此，对生物有害的紫外线[①]在到达对流层之前，就这样几乎全都被吸收掉了。然后，进入对流层的只是太阳辐射中的可见光和红外线部分，而氮与氧对它们又恰恰极少吸收，因而可以直到地表。其中可见光为光明世界之必需，而红外线则有热效应。它们对生物只有益而无害。

[①] 紫外线由于其波长短频率高，可直接引起生命体的某些微观

化学变化，故可杀菌消毒。但适量对健康有益。

以上所讲的关键是要有足够的大气层厚度。没有足够的厚度将无法实现上述过程。例如，电离层只能在一定的高度上出现，低于这一高度则为中性层。如果有离子进入了中性层，则仍然复原为中性分子；反之亦然，如果中性分子进入电离层，则照样会被电离。再如，没有中间层和平流层的阻隔也形成不了对流层。这种阻隔是由中间层强烈的垂直对流、平流层的大气水平运动以及臭氧层的存在而实现的，从而使对流层在物质上与热量上基本与上层分开，而紫外线等对生物有害的短波也在此层以上被吸收。所有这一切为对流层的高质量出现创造了前提。因此，我们说，对流层是经过以上层层"把关"之后才最终形成的。对流层无法直接与热层相连。

对流层作为与地面一切生命直接接触的一层大气，方方面面都要求很高。譬如，它的气体组成以及组成比例等，这些以上都讨论过，这里就不再重复了。

这里，我们再专门讨论一下对流层的高度。对流层的一个重大自然使命（作用、功能）是大气环流。大气环流中的各种天气现象一般要从地面向上延伸至大约 8 千米的高空。而实际上生物最多的中纬度地区对流层高约 10～12 千米，而高纬度地区仅为 8～9 千米。另外，对流层之所以能产生空气垂直对流主要是因为，近地面的气温较高，而远离地面的上空气温较低的缘故。而要实现这一点没有相当的高度也是不行的。

因此，我们说大气层必须要有一定的厚度，厚度不够将无法分层，而每层又都有各自的自然使命（功能、作用），缺一不可。例如，没有足够的厚度就不可能将太阳辐射中的绝大部分短波吸收掉，也许全部大气层都被电离透，而没有中间层和平流层，也就无法出现对流层等。一句话，大气层若没有足够的厚度就无法实现它的各种自然使命（功能、作用）。

最后，我们还想提一下，大气层的整体厚度还有另外一个重要作用，即尽量减少外来物对地面的袭击，以保护地球表面。科学家估计从外层空间落到地球上的大小固体和陨石的总重量每年可能高达几百吨。如果没有大气圈层的保护，数量还要多。这是因为其中相当一部分在大气层中由于摩擦生热而气化，大块也可化为小块。因此，我们说多亏了厚厚大气圈层的保护才使地球在"枪林弹雨"的昼夜袭击中，安然无恙。

那么，大气层的厚度是由哪些因素所决定的呢？我们前面曾提到过，有日地距离、地球质量与体积等，对此可统称为天文因素。地球在类地行星中，距日位置适中，质量最大，不仅能吸住原始大气中大量较重的气体（如二氧化碳等），为生命的诞生创造了必要的条件，而且还吸住后来氮氧等这些较轻的气体，以满足万物生长和人类文明所需。只有在 500 千米以上的高空，那里地球

吸引力很小，受热的中性粒子才能以高速度逃逸地球，即逃逸层。

因此，如果地球不具备现在这些天文参数，则大气可能就保不住，至少无法保持现在的状态，而整个大气的演化过程也将难以完成。因此，单就大气状态与天文因素之间的关系而言，就很不简单。但除天文因素之外，大气的组成等又基本上取决于地面上的地质作用和生物作用这两大因素。地质作用总要排放出大量气体进入大气，而生物的吸收与呼吸又改造了大气。此外，地球上的生物物种及其生存规模又受大气和天文这两个因素的影响*。

因此，天文因素、大气、地质作用、生物作用这四者（变量）之间都有关系。如果将上述文字简化可大致表示如图 6-13 所示。

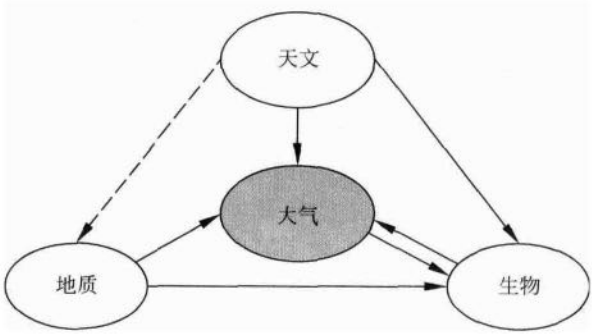



图 6-13　大气形成因素

“天文”因素能否诱发影响大气组成的“地质”作用，一般尚无说法。但不能排除这种可能性，故用虚线表示。

此外，还可用另外种形式来表达，以加深对大气严格性与复杂性的理解。

[太阳大小和日地距离下的太阳辐射强度]$\xrightarrow{\text{要求}}$[一定的大气厚度（电离层＋臭氧层＋对流层）]$\xrightarrow{\text{要求}}$[一定的地球大小和质量及陆海分布规模]$\xrightarrow{\text{形成}}$[相应的生物规模]$\xrightarrow{\text{产生}}$[一定的大气组成]。

所有这些因素都必须十分匹配。

综上可知，从人类文明起源与发展的角度看，今天我们所享受的如此合理的大气圈层是非常不简单的。它在几十亿年里的形成过程中，其各种因素匹配之得当，彼此间作用之复杂以及最后成果之准确，绝非今日人类所能想像，深刻反映了自然演化的一致性。

---

* 参阅“地球物理参数与人类文明起源”及其他有关章节。

**本节要点：**

- 大气层对气温变化的调节作用及其意义；
- 大气压对地球环境及人类进化的重要意义；
- 氧含量为大气组成中的首要因素；
- 大气的形成所显示出的自然结构的深刻内涵。

## 6.7 丰富多彩的生态系统

应该说，地球上丰富多彩的生态系统乃是以上所讨论的各种自然因素作用的唯一成果。离开生物，离开人类，大自然仍是一个无边无际的无机世界在自然地运转着，因而也就无所谓“成果”二字。而生物一旦出现，就大大地改变了地球的面貌，人类出现后就不仅是改变而且还要改造了。因此，生态系统作为自然环境的一部分，特别是作为人类文明起源与发展的必要基础之一，也就有必要专门设节讨论了。

### 生态系统的一般概念

什么是生态系统呢？简言之，即生物群体加上周围的自然条件。举例说，一个小池塘，一片森林乃至海洋，都可视为一个相对独立的生态系统。因此，一个生态系统不论其规模大小都必须具备两个方面，即非生物成分（因素）和生物成分（因素）。之所以构成系统是因为这二者之间一直在不停地进行物质交换。但生态系统并非封闭。生态系统之间不但有着相互联系，而且生态系统自身也还需要不断地从外界取得物质与能量以进行补充。主要是阳光和水。下面就进行具体介绍（图 6-14）。

### 非生物成分

主要是阳光、空气和水。它们是生命之本，无须多说。但还不够，尚需有必要的环境条件相配合，主要有：

温度：我们在前面已说过，地球上生命允许的温度变幅可达 300 摄氏度，如果考虑进个别菌类，则变幅还要大。但对绝大多数生物而言，其适宜生存繁衍的温度变幅却都不大。若分别超过零下 20 摄氏度或＋50 摄氏度，则大多数生物，将会生存困难。另外，生物一般都喜欢变温而不喜欢恒温。这一点也很容易理解。一株花若总放在恒温中，其长势就不如放在外面的好。再如小麦，非有越冬这个温度变化不可（其最低越冬温度可达零下 24 摄氏度），若当地无冬季，则就不是冬小麦。

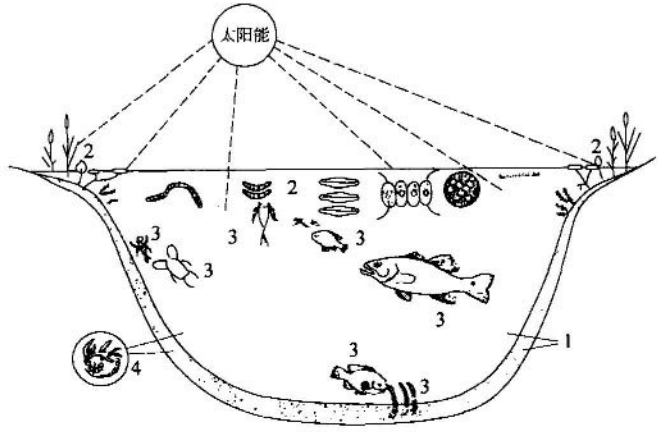



图 6-14　池塘生态系统(图解)

1. 非生物的物质；2. 生产者；3. 消费者；4. 分解者

盐度和无机物质：我们在前面已讨论过淡水和海水的演化过程。但淡水并非无盐的纯净水。淡水的盐度一般为 0.1%左右。海水的盐度为 3.3%～3.5%。水在陆上除江河外，主要是以土壤水或地下水的形式存在。土壤中的水含有各种可溶性盐类，因此植物根系所吸收的并非单质元素，而是吸收由矿质元素所形成的离子*，而且这种吸收还具有选择性。根系对某种离子的吸收量因植物种类而异。不是土壤中某种离子含量多，根系就吸收得多。

此外，空气湿度和土壤的酸碱度也十分重要。特别是土壤的酸碱度 pH 一般应为 6～7，否则植物生长不好。

## 生物成分

从能量流与物质流的角度看，生态系统中的生物成分可以基本划分为三大类：

第一类是“生产者”：主要作用是将环境中的无机物转化为有机物。这是最基本的一环，是生态系统中有机物的唯一来源。生产者主要是绿色植物，也包括蓝藻和其他具有合成功能的菌类。

第二类是“消费者”：主要指各类动物和某些腐生或寄生菌类。它们是以消费“生产者”的生产成果为生，其中有直接以植物为食的素食动物，也有小型食肉动物、食肉昆虫和大型食肉动物。但归根结底都是依赖植物而生存。

---

* 参阅“土壤——文明起源的桥梁”一节。

第三类是“分解者”：主要指各种微生物。如细菌和土壤中的小动物等。这是一个不易为人们所察觉的极为庞大的生命系统，其作用为任何其他自然因素所无法取代。亿万年来，地球上无数生物死后，若没有微生物的分解作用，那么世界就无法想像。微生物把一切失去生命的有机物包括动植物躯体及其排泄物分解还原成无机物，供植物再度利用，同时还“清理”了环境。今天世界上百万个物种都是从最原始的单细胞生物进化出来的。但并非所有的单细胞微生物都有这么好的“运气”。大自然似乎是“有意”留下了一部分，使其子孙后代一直在执行一项特殊伟大使命——分解有机物，从而成为生态系统中的分解者。除了细菌等对有机物进行分解外，还有些小动物如蚯蚓等也在起着辅助作用。蚯蚓等先把土壤中的落叶草根通过摄取食物的方式将其变碎变细，这样可使细菌的分解作用更有效。当然，这些小动物自身也能通过消化作用将有机物分解成为无机盐，排到体外，再供植物吸收利用。

对以上三者，或许有人会认为“生产者”最重要。没有它们的产品，一切生命就失去了生存的基础。其实不然，**三者为一整体，构成一个系统，缺一不可**，因而统称做生态系统，即三个角色只有在系统的能量流和物质流能够在相当长的时间内保持着一种动态平衡的情况下*，万物才能兴旺。而维持平衡的关键是健全的食物链（最简单说，如草－兔－狐－狼）。一般说各营养级的生物种类越多，生态系统的调节能力就越大，生态系统越容易维持。因此，热带生态系统的自我调节能力要远超过寒带。在热带，几个物种消失了，整个系统仍可能维持；而在寒带，如果地衣受到重大破坏，则整个生态系统就难以继续维持，因为生物的食物较单调，没有太多的选择。

人类出现以后，对植被的大量毁坏，对自然环境的污染也可破坏生态系统的平衡，直接危害人类生存的基础。

现在，全球按不同的气候类型可从宏观上划分出许多截然不同的生态系统。主要有极地、苔原、森林（北寒带针叶林、温带森林、亚热带森林、热带雨林、赤道雨林）、草原（热带草原、温带草原）、农田以及沙漠等生态系统。如按陆海分布则有海洋生态系统和陆地生态系统两大类（还可细分）。如按自然状态分还可有人工生态系统（包括城市生态系统和农田生态系统）和自然生态系统（包括湖泊生态系统、森林生态系统和草原生态系统）。如按高程分，一座高山，从山脚到山顶，从阳坡到阴坡都可划分出许多不同的生态系统（图 6-15）。

因此，地球上的生态系统从规模到种类到地域到气候有许许多多，人们可以根据研究需要去具体确定某一个或大或小的生态系统。

---

* 参阅“地球物理参数与人类文明起源”一节。

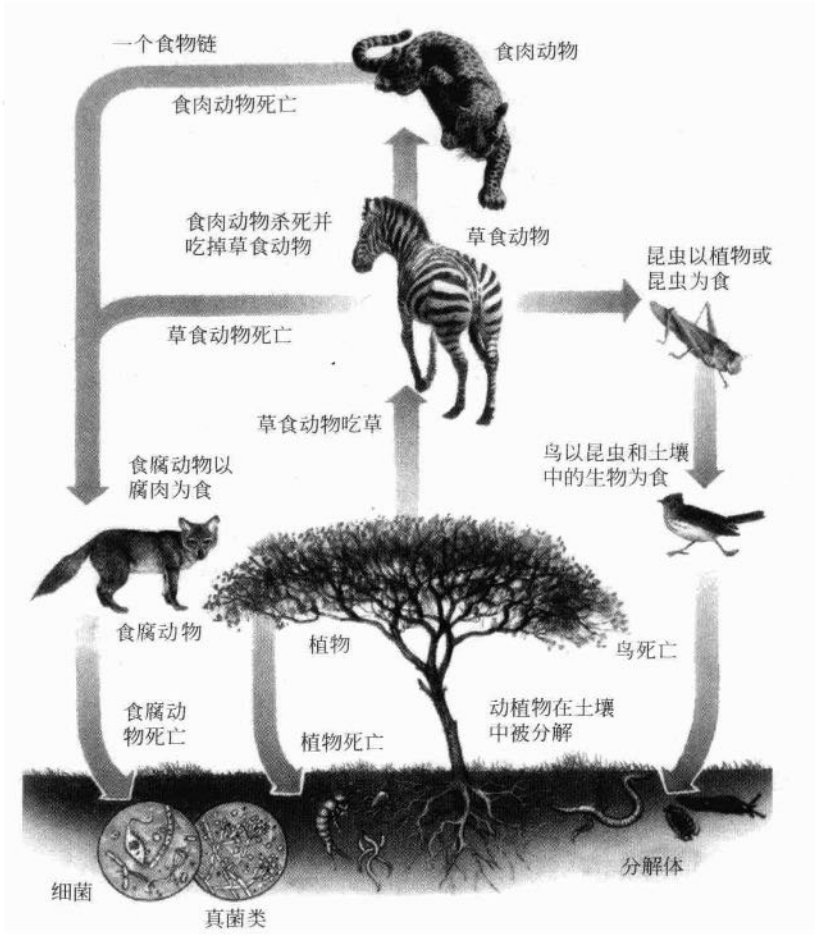



图 6-15　温带草原生态系统的食物网简图

下面我们来具体讨论一下地球上生态系统与人类文明起源之间的关系。

第一，人类及其文明的出现是地球生态系统演化到最复杂、最高级阶段的成果。

如果我们把全球生态演化比作一棵树，那么这棵树随着增高而分岔越来越多。上部枝繁叶茂，果实累累。人类便是众多果实中最高级的一个。大约38亿年前，地球海洋中有了最初的生命，后来生命由原核细胞发展成为真核细胞，再由单细胞发展成为多细胞。生命大约在9亿—13亿年前先后开始动植物分异和两性出现，4亿多年前“被迫”从海洋登陆，2亿多年前出现了最初的哺乳类动物，300多万年前出现猿人，3.5万年前完成了人类的进化，1万年

前进入了新石器时代。这是一个由少到多由简单到复杂由低级到高级的自然发展过程。这中间伴随着一次次环境的巨大变动，不知一次次诞生了多少新的物种，又一次次自然淘汰了多少老的物种。在这进化竞争中，不知又生长出多少分支，最后形成哺乳类动物，然后又经过一个个分支的进化才出现灵长目，再进化才是人类。这是一个无比漫长的过程。没有38亿年的时间，没有不断复杂化的环境变迁，就出现不了这样一个枝繁叶茂多达几百万个物种的生物进化树，而没有这样一棵树，也就绝对出现不了人类。因为大自然无法凭空创造出人类。这就是这个全球巨大生态系统演化的最大意义所在。

生命在进化中，除5.3亿年前的物种大爆发外，还有5次物种大绝灭，但每次大绝灭之后，都导致了新的进化。如最近一次为0.65亿年前的恐龙灭绝，接下来便是哺乳类动物大发展。

第二，全球生态系统是文明发展的物质基础之一。

地球上经几十亿年演化出200多万个物种，遍及各个角落，有寒带的，有温带的，有热带的，有沙漠的，有海洋的，有江河湖泊的，有空中的，有地面的，也有地下的等。它们都是在不同的自然环境下，孕育进化出来的不同物种。人类面对这样一个数量规模的全球生态系统，究竟应当怎样看待呢？如果从新石器时代算起到现在已经1万多年了。在这1万年间，人类的成长与发展始终没有离开对其自身之外的这个庞大生命世界的依赖，而且一直处于一个由无知到渐知到熟悉到利用到大规模开发的过程。人类将永远无法断言，这个生命世界中哪个成员肯定有用，哪个成员绝对无用。一切都在不断加深认识之中。

譬如蔬菜，人类可能只是到了七八千年前才知道吃蔬菜。在此以前，总是以野果、谷类和肉食为主。现在看来，人类不能离开蔬菜，因为它是多种维生素的主要来源。经过几千年来的开发，现在供人类食用的蔬菜已由最初的几种发展到几百种。我们根本无法想像人类在菜食方面完全依赖树木。蔬菜种类之多、生长之快、产量之高以及营养之丰富远非树木可比；而这仅仅是草本植物的自然使命（功能、作用）之一。

动植物在工农业上的意义自不待言，在医药方面的意义也日益为人类所重视。本来人类的躯体就是植物物质和动物物质的某种转化，而自然界中一切物质都是相生相克的。因此，可以预料，生物中特别是植物中肯定蕴藏着各种可以化解人体生理障碍的物质，只不过有待于人类去认识罢了。

这种认识过程也很耐人寻味。毫无疑问，工业化之前，人类主要是用植物来医治疾病，但这一点东西方在思维方法上却有着很大差异。以中医为代表的东方医学是把人体视为与自然密不可分的一个

整体，并由此形成了一整套抽象理论，以解释各种病症，主张“去病如抽丝”、“标本兼治”。同时又将入药的植物分为不同药性，形成了病理药理相配合的统一医学体系。而西方则更重视致病的具体生理原因和用药的当时效果，并随着工业化的进步，发展成为通过仪器做诊断，通过提取制药剂（例如，从金鸡纳树皮中提取奎宁），于是渐将诊断与制药分开，两相独立。但中医理论中许多行之有效的抽象概念，至今科学上尚未能做出解释。

所以，我们可以说地球上整个生命系统是人类赖以生存与发展的必要物质基础之一，既是资源又是构成无数个具体环境的必要成分。对此，人类只能尊重、认识和利用而绝不可去任意改变乃至消灭。

应该说，人类在这方面的教训实在是太多太多了。地球上大大小小的生态系统作为大自然千万年来演化的成果，自有其存在的道理，必然处于某种动态平衡与制约之中。任何不尊重这种自然平衡与制约的“轻举妄动”都会招来难以想像的恶果。这方面的例子不胜枚举。其中最令人震惊的是外来入侵物种所引起的生态系统破坏。例如，早已名声远扬的紫茎泽兰（*Eupatorium adenophorum*）原产于南美洲，由于自然因素的制约在当地的生态系统中只是一个不起眼的小角色。20世纪，人类活动将其带至亚洲。80年代进入中国云南，并以其顽强的生命力，迅速蔓延至云南全省以及四川大部。所到之处，侵占了大片大片土地，使原有的植物失去了“生存权”。该植物还有一定毒性，牛马等也不能入食。此外还有20世纪60年代开始进入中国淡水域的水葫芦（*Eichhornia Crassipes*），也造成了类似的恶果，使其他水生物难以正常生长。在动物界，如千万年来一直寄存在某些动物身上的病毒，通过人类不断扩大的行为而“引火烧身”。2003年春在世界范围内蔓延的SARS病毒，便是近年来的一个极大教训。因此，人类对大自然所形成的生态系统的任何改变，都应当慎重从事。这是因为对任何整体的东西都是改变容易而恢复难。

第三，物种是文明起源的重大必要因素。

一定的环境形成一定的生态系统，并由此进化出新的物种。几百万年前，正是由于赤道高原上终年温和的气候和终年不断的果实，才有可能孕育出最初的原始人类，而温带所进化出的大量物种，包括禾本科植物及其变异多倍体，以及诸多有蹄类动物如猪、马等，在启动人类的原始文明中，更是绝对必要。地球（气候分带→生态系统→物种）这个连续发展体，从人类及其文明的起源上看，是十分必要的。

第四，物种进化是不可思议的伟大奇迹。

人类文明起源所必需的物种都在第四纪之末“一起”出现。这一点，随你怎么看，都不能不说是大自然在生物进化中的一个伟大奇迹。**没有这样一个物种的特殊“聚会”，人类的原始文明特别是原始农业恐怕就无法启动。**这里，我们要注意，这些物种的自然使命（功能、作用）都是无法取代的（即使在科学与技术如此发达的今天，它们在人类生存中的主力军地位仍未被动摇相反而被加强）。而“巧妇难为无米之炊”。因此对智慧与经验都不丰富的早期人类而言，若没有一定的物种资源就很难进入农业时代。

1万年前，人类文明萌现之初并不需要缺一不可的大量物种伺候。大自然做事不会这么笨。人类对物种的最初需求，同一切自然发展规律一样，也是从最简单的因素（情况）开始，然后才逐步走向复杂。人类最初的农业萌现，其必不可少的物种因素可能只有牛马羊、麦、谷、稻和桑、蚕等[①]。具体到某个地域而言还要更少。但就是这几个少量物种却有效地涵盖了早期人类生活的方方面面。如交通工具、运输工具、农耕动力、淀粉食物和纺织原料。有了这些最起码的物质保证，人类才能向更深更广的方面去发展，如进一步出现了文字和青铜冶炼等。这几个物种正如前所述是在生物演化树中，历经亿万年才一步步演化出来的，而且它们都首先出现在温带。正是温带所具有的明显四季和多样的天气现象（包括大规模的风、雨、雪和冰等），以及多样的地理环境（如草原等），才孕育进化出这些“特殊”物种。

[①]物种的多少往往因地而异，不可能处处都有齐全的物种。这里最重要的是物种的传播与交流。例如，小麦在中国内地的出现要比谷子晚三四千年，而棉花则直到13世纪以后才有大发展。中国的小麦棉花都是从外界很晚才引入的。这些观点在中国的古典文学中也可得到佐证。在中国古书中凡提到吃穿时，“黍”字与“桑麻”二字出现频率最高。如唐代孟浩然的“开轩面场圃，把酒话桑麻”（“过故人庄”），杜甫的“莫辞酒味薄，黍地无人耕”（“羌村三首”）等。因此，这三个字均泛指古代农事，而小麦则很少提到。“棉”字在汉语中是木加帛，可见也是先有帛后有棉。由此，我们还可联想到在宋元之前，人们的御寒是何等困难。富人官僚可用裘，但百姓就难以享受。特别是在北方边关的战士，其冬日就更苦不堪言了！

这里我们还可以设想，在巨大的生物演化树中，在众多的奇蹄类动物中，未必一定要进化出马；同样，在众多的偶蹄类动物中，未必一定要进化出牛，在无数单子叶植物中未必一定要进化出禾本科植物，而禾本科植物也未必一定要进化出稻麦等人类所必需的富淀粉作物。

作物淀粉含量为：米 62%～84%，麦 57%～75%，玉蜀黍 65%～72%，马铃薯 12%～24%。

当然，它们都是在特定的环境中进化出来的，如草原环境和温带的气候等。**但即使有了这类环境和气候条件就一定能“准确”地进化出来牛、马和小麦等吗**？

因此，大自然以生存能力最为顽强的杂草为依托，既诱发出来人类生存所必需的巨大淀粉来源——水稻谷类等，同时又诱发出来人类生产所必需的最好助手和朋友——牛马等，并由此构成了文明起源中为**生存和生产所必需的首要物种**，这不能不说是大自然在演化中的一个伟大奇迹，而且逻辑也非常巧妙（图 6-16）。对此，我们也只能再次理解为，这正体现了自然演化中的“一致性”。

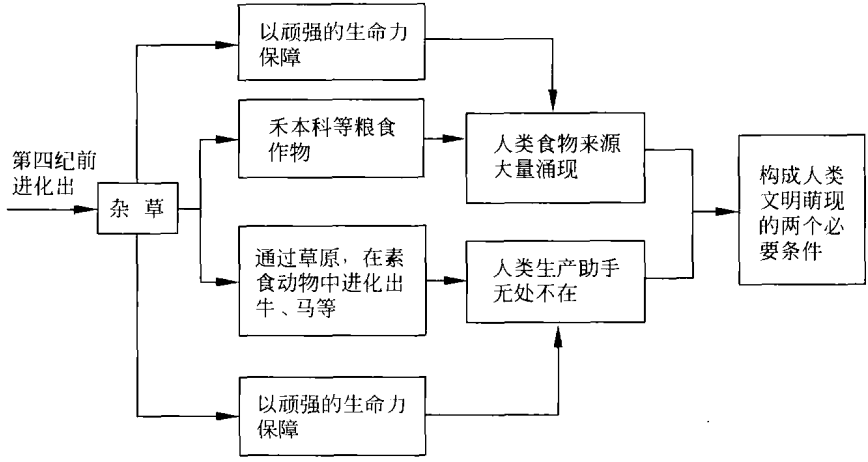



图 6-16　杂草与人类文明萌现的逻辑关系

以上便是地球上丰富的生态环境同人类文明起源与发展之间的关系。由此我们可以看出，没有这样极为丰富的生态环境，将无法进化出人类；即便有了人类，也无法生存与发展。如果说，人类诞生在中生代，那么人类将绝对无法启动其原始文明，因为中生代并不具备启动人类原始文明所应有的起码物种。自然界里，除了小麦、水稻外，还有什么物种可以取代呢？没有了。除了牛、马以外，还有什么物种可以取代呢？没有了。世界上除马外再无别的动物又可骑又可拉车奔跑了！但人类总不能事事都靠自己的体力吧，也不能总以野果为主要食物吧。这里，我们不能以今日的眼光和科学水平去看待几千年前的早期人类。在那时，没有这少数的物种帮助，人类的原始农业将很难

启动。

因此，大自然就是这样。它一直在循序渐进，一步步地发展着。既不能提前，也不能割断；既不能省略，也没有多余。自然界中只有人类尚未认识到的东西，而没有多余的东西。

**本节要点：**

- 地球上的生物进化离不开生态系统的存在；
- 不同自然环境所孕育出的不同生态系统是人类文明起源与发展的必要条件；
- 原始文明所需的少数物种是不可取代的，显示出大自然演化的深刻内涵。

## 6.8 美妙的声光世界

本书自开篇以来一直在讨论自然演化问题，下面我们进行一个新课题的讨论，即自然界的物理环境问题，而所谓物理环境，其中最重要的是自然界中的声和光。没有这两个物理现象，自然界的一切生命将无法发展，当然也就更谈不上人类的出现了。

太阳的能量以电磁辐射的形式不停地向空间四周传播（图 6-17）。其中对生命有害的射线，如 γ 射线、X 射线和紫外线等短波辐射绝大部分为地球大气层所截获；唯独为生命和文明所需的可见光与红外线可到达地表。可见光为世界带来了光明，红外线为世界带来了温暖。如果不是这样，譬如说，大部分或者一小部分可见光也为大气所截获，则白天将变得昏昏暗暗，整个世界无法辨认。这一点多亏了氮与氧这两个气体的宝贵特性，它们在高空中不放过对生命有害的短波（主要是氧的作用）而让对生命有益的可见光和红外线到达地球。因此，氮与氧肩负的自然使命很多，这就是其中极为重要的一个。

但是，仅仅让可见光到达地球表面，就能形成今天的光明世界吗？事情大概还没有这么简单。这是因为人类今天所享受到的灿烂世界除可见光发挥作用外，还有个必不可少的因素在配合，这就是空气中的悬浮微尘和空气分子的乱反射作用。正是这种乱反射，才使得人和动物的视觉器官可以接收到来自四面八方的光线刺激，因而不仅可以看见有光线直射下的物体，还可看到背光处的一切。否则，背光处将是一片黑暗。现在媒体上在报道空间站时，不时出现外层空间的画面，我们发现那是一片漆黑。为什么有阳光穿过的太空却是一片漆黑呢？原因在于那里几乎是一片真空，没有任何反射作用存在，因而只

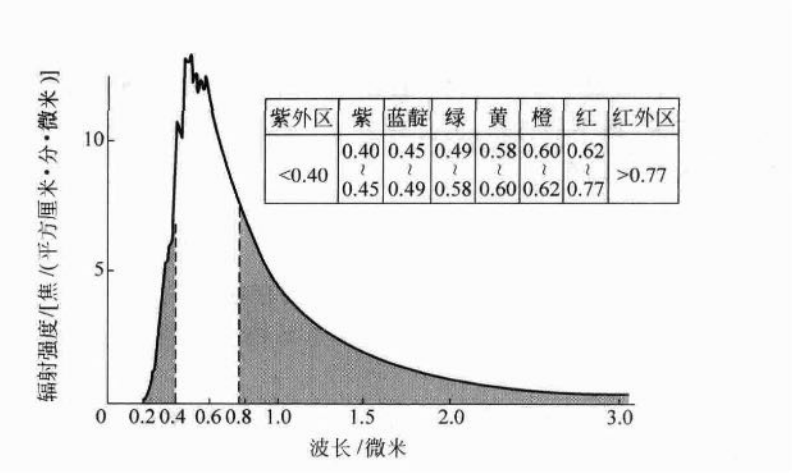



图 6-17　太阳辐射能-波长的分布图

紫外区部分，包括 X 射线、γ 射线，这部分占太阳辐射总能量的 7%；可见光区部分，占总能量的 50%；红外区部分，占总能量的 43%。

有一个方向的光线。如果一个人只身悬在太空，除非眼睛对着太阳，否则一转脸便顿时陷入黑暗之中。

空气分子和悬浮微尘除可帮助造就一个光明世界外，还有另一个自然使命（作用、功能），即散射（scattering light）。当阳光不停地照射在空气分子和悬浮微尘上时，太阳辐射的一部分能量便以这些质点为中心，向四面八方散射开来。散射的结果一方面使一部分阳光不能到达地面，从而增加了天空的亮度；另一方面，由于阳光中波长较短的蓝光最容易被散射，因而天空总是呈现出一片蔚蓝色。纯净蔚蓝的天空对大自然的美貌，对人类的视觉和精神状态都有着重大作用。但这一切，对动物而言却毫无意义。人们大概从未见过某个动物会仰起头来观赏一下蓝色的天空。

空气中的悬浮微尘除帮助阳光形成光明世界外，还是形成雨滴的必要因素。云雨之所以能够形成雨滴，原因很多，但悬浮微尘的作用却必不可少。我们在水循环一节里，谈了许多由风至雨的因素，但万事俱备之后，若空气中缺乏这种多了令人生厌的微小浮尘，则雨滴仍无法形成。实验证明，在纯净的空气中，即使相对湿度达到 300%～400%时，仍不会凝结。但在纯净空气中投入凝结核，相对湿度达 100%以上时，即会凝结。凝结核有吸湿性的，如细盐、氮化物等和非吸湿性的，如微尘、花粉等。凝结核吸附水分子的能力比水分子之间的碰撞结合力要强，所以容易引起水汽凝结并使水滴半径加大。当然雨滴的形成还需其他条件，这里就不细说了。

那么，大气中那么多悬浮微尘从何而来呢？一般说可能有两部分组成。

首先，宇宙中原本就有的少量微尘，在漫长的地质岁月中，通过地球引力，随着大气的形成，不断纳入大气层中。这里，地球的质量和地球表面的温度是两个重要因素。另外，不言而喻，是来自地球表面，其形成也有一个复杂的过程，涉及因素很多，这里就不叙述了。

大气中的微尘如此重要，因此它也是人类文明起源与发展的一个必要条件。大自然在人类文明起源的演化中，真可谓“无微不至”，非常周到。

下面，我们再谈一下自然界的另一重要物理现象，即声音。

声音具有各种性质，其中最基本的一条是声音不能在真空中传播，而只能在介质中传播，如，无处不在的空气，还有水及各种固体等。声音的这一特性与光恰恰相反。如果不是这样，那么世界就永无宁日了。声音将会和光一样，从包括各恒星在内的大小天体上，从遥远的太空中，源源不断地到达地球。在这种情况下，生命无论进化成什么样子，只要有听觉存在，都无法承受，也就更谈不上文明起源了。声音除这一基本特性外，还有许多其他性质，其中与人类文明关系最密切的是声波或称机械波（机械振动在介质中的传播叫机械波）在介质中传播的独立性。这一点使人类及动物可以清楚地分辨出同时来自不同方向声源的不同声音。例如，当您欣赏音乐时，也能与人小声耳语。站在原野上，可同时听到来自各个方向上的鸟叫虫鸣以及远处的犬吠等。这是为什么呢？主要是因为声音以不同的音调[①]、响度和音品彼此相遇时，仍能保持各自独立传播而互不影响。这是机械波的一个基本性质。几列机械波相遇时能保持自己的独立状态，互不干扰继续行进（水面上两列波相遇时，就会出现这种互相交叉但又各自独立行进的情景）。否则，如果来自不同乐器声音相遇时，彼此混杂成一种新的某种波，不再分提琴、钢琴等，那还成什么音乐呢？（噪声是声音中的另一种情况，这里不谈）。因此，机械波的这种性质同样对文明十分必要。

[①] 音调指声音的高低，从 1～7。响度指声音的强弱，声大声小。音品指声音的种类，如提琴、钢琴等的不同特色。

以上我们讨论了声光在自然界中发挥作用的过程，这都是人所共知的常识。下面我们再从生命的角度来综合理解自然界中的声光现象。

关于光，它实际上是充满空间的具有不同波长和频率的电磁波，主要由红橙黄绿青蓝紫七色（占总能量的 50%）、少量的紫外线、X 射线（占 7%）和红外线（占 43%）所组成。但由于大气对紫外线等短波的吸收作用，所以只有可见光（即七色光组成的复色光或称白光）和红外线（属长波辐射）可穿过大气。它们到达地面后，红外线作为热源（我们前面已讨论过了），导致了气温升高，而

可见光及少量短波辐射，则各有各的作用。

对植物而言，需要光起光合作用。植物中的叶绿素主要吸收可见光中的红光和蓝紫光，而另一种起光合作用的类胡萝卜素则只吸收蓝紫光（二者统称为叶绿体）。可见植物对太阳的电磁波辐射是有选择地吸收。

植物有选择，动物对太阳的电磁波辐射也有选择。

昆虫并没有对各种颜色的感觉。在它们的视觉里，世界并非五彩斑斓。实验证明，蜜蜂（复眼）的确可以看到紫外线（但却是红盲和黑盲），有的昆虫甚至还可看到X射线。因此，在昆虫视觉里，短波辐射可能是人类无法理解的某种鲜艳色彩。夜间捕食的猫头鹰和蝙蝠，虽然已属于高等动物，但却根本看不到颜色。科学家认为即便是哺乳类动物如狗猫等，也无法像人类那样能很好地识别各种颜色的存在。当然，对动物而言，它们并无精神世界，是否能分辨出五彩斑斓的世界，似乎无所谓，它们照样生存繁衍与进化。因此，从紫外线到可见光中波长最短的紫光，到可见光中波长最长的红光再到红外线，所有这些电磁波辐射对动植物而言，只是维持其生存的必要因素而已。它们或借助其中某一段进行光合作用或捕捉食物，或通过某种综合效果来识别其面前所视。总之，通过这些生理反应仅作为维持其生存繁衍的一个必要手段。

但对人类而言，情况就大不一样了！

人类的视觉只能对从紫光到红光这七个连续的单色光起反应。另外，还可识别由这七个单色光合成的复色光也即白光，以及白色（全反射）和黑色（全吸收）。人类的视觉对红外线和紫外线毫无反应。在人类的眼睛里，那是一片漆黑。人类的这种特殊视觉反应真是太妙了，是人类发展文明必不可少的重要条件。如果人类的视觉也像某些动物、昆虫那样，对七个单色光的反应不是全面的，或者能看到红外线或紫外线，则世界的形象将变得不可思议。这种情况下，人类智力再高，也很难有所作为。

因此，我们说，正是人类只对七个连续的单色光有敏锐的反应，所以在人类的眼睛里才有五彩斑斓的光明世界，人类也才既能极目远望又能明察秋毫，而这一点是任何动物所做不到的。

那么，人类在其进化中是怎样形成了这样一个绝妙的视觉呢？至今仍是个谜，也许同大脑一样，人类对它们的探索还要走一段很长很长的路。

物体在人类视觉中的成像是由电磁波的波长这个“尺度”来描绘的。尺度越长，描绘效果就越差。但如果尺度过短，则非常细微的东西也可在人的视觉中被描绘出来，故有紫外线显微镜的发明。如果让你看到太细微的东西，如汗毛孔和细菌，这个世界还成什么样子？可见光的波长恰到好处，不长不短，在人的视觉中效果极佳。同时，

可见光在全部太阳辐射中所占的能量比重又恰恰最大(图 6-17),最能有效刺激视觉神经。因此,可见光集合了这两个特点于一身,实在是称奇,发人深思。

关于声音,同样也很有意思。同人类的视觉有个光谱范围一样,人类的听觉也只能觉察到 20～20000 赫的声音(1 秒内完成 1 次振动,叫做 1 赫,即 1Hz)。

低于 20 赫的声波叫次声波,高于 20000 赫的声波叫超声波。

人类目前对次声波的研究和应用,尚处于开始阶段,认识还不是太多。目前只知道某些自然现象中可出现次声波,如地震、台风等。自然界中超声波较多,如某些昆虫、蝙蝠和海豚等就具有发射和接收超声波的生理功能。人类自己也可制造超声波并在工业中广泛利用。

同视觉一样,人类在进化中究竟是怎样形成了这样一个特定的听觉范围,至今仍然是个谜。

以上便是从生理功能上看,人类在视觉与听觉方面同其他动物的巨大差异。如果我们再把人类的视觉听觉与太阳辐射下的大气作用联系起来思考,就更会感到奇妙无比。

太阳的电磁波辐射接近地球后,与以氮氧为主的大气层发生作用,出现了分层,并在分层过程中实现了对辐射波的过滤,吸收了一切对生命有害的紫外线等短波,而放过了对生命有益的所谓可见光和红外线。于是,一方面促进了适当环境的形成(气温、气候等);另一方面又通过光合作用支持了万物生长,繁衍进化,并最后出现了人类。人类又以其特有的视觉功能,凭借可见光和空气及微尘形成了人类所独特感受到的五彩缤纷的大千世界。以上所述都是人所共知的常识。但如果我们将上面的叙述用一个完整的框图(图 6-18)表示出来,你又有何印象呢?

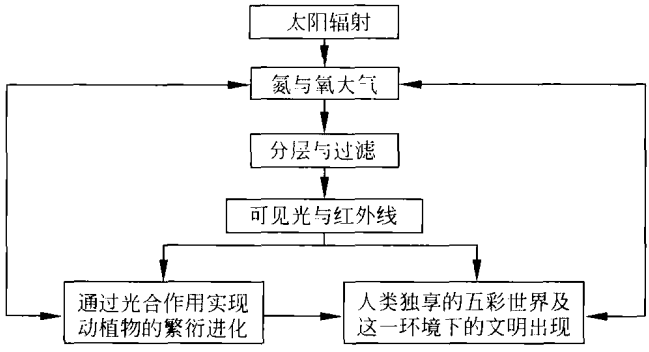



图 6-18　太阳辐射与人类文明出现的逻辑关系

这显然是一个在太阳辐射下的独立演化系统（这里仅指光的作用方面），这个演化系统的主题显然就是人类文明的出现。这里我们可能找不出任何与这一主题相悖的自然现象。

这一主题对光环境的要求比一般生物对光环境的要求要高得多。例如，如果包括高空在内的一切地球空间没有悬浮微尘的存在，那么至少天空就不会像今天这样蔚蓝可爱，天空及一切地球空间也不会像今天这样明亮。白天在背光处就会显得黑暗难辨，特别是在日出前日落后以及多云阴天的情况下，由于没有阳光直接照射而显得更加暗淡，而夜间就会显得更加黑暗（这里，我们暂不谈微尘在雨滴形成中的作用）。这一切对人类生存和视觉的进化及文明起源与发展而言，无疑会带来重大影响。另外，终年铅灰色的天空、更加昏暗与黑暗的环境，也只能对人类的文明发展带来负面影响。但这一切对动植物生存而言，似乎并非绝对必要；而对最初生命的创造而言，就更显得有点无所谓了。

这里，我们还可进一步看出，氮与氧作为大气层的基本成员是何等必要。因为只有氧才能既为生命所必需，又可阻止短波穿过（仍有一小部分可以穿过氧的“变态”——臭氧层，进入对流层到达地面）。同时，氮与氧对所谓可见光及波长更长的红外线也吸收极少。而生物在“改造”大气时，又“首先”把氧积累到占21%这一极为恰当的比例。要知道，氧的比例少了，不但人类无法用火而且也不足以阻止大量的紫外线穿过，后果难以设想。

如果我们再进一步将太阳辐射的电磁波谱来全面看一下，就会发现，这是一个多么微妙的波谱组成。对地球上的万物而言，从短波到长波，各有各的用处，一个也不能少。特别是七个单色光，既为光合作用所需，经过人类独特的视觉反应又能呈现出色彩斑斓的美丽世界，而紫外线在完成了自高空往下的一系列“自然使命”*之后，又留下了一小部分进入对流层，成为地面上唯一最方便的天然消毒物质。因此，从人类文明起源与发展的角度看，这个电磁波谱实在是太必要了。

对这一切难道您不认为这是一个包括太阳在内的以文明出现为主题的“整体设计”吗？这里，不管是否称其为“整体设计”，但呈现在我们面前的却是一个千真万确的事实。这个“整体设计”涵盖了太阳的电磁辐射波谱、氮与氧这两个大气主角的特性与组成比例、生命的肌体构成、生物的新陈代谢（其中包括光合作用和呼吸作用）以及演化的最终产物人类及其特有的视觉和视觉中的五彩世界。

---

* 参阅“神奇的大气层”一节。

至于从原子分子水平上说，物体何以能对光波形成不同的反应，呈现出不同的视觉颜色；而动植物又是怎样形成这些原子分子特性的，目前科学上研究不多，这里就不细究。

以上便是地球上美妙的声光世界。这大概是地球所独有的，这使我们再一次看到自然演化中的“一致性”。

**本节要点：**

- 地球上所特有的声光环境的形成；
- 地球上声光环境与人类感觉器官的特殊结合；
- 大气层中的氮与氧对太阳辐射的特殊作用；
- 从太阳辐射到人类视觉的整体性；
- 从视觉成像的观点理解可见光的特点。

## 6.9 气候变异与人类能力的增长

以上我们讨论了有关人类文明起源与发展的各个方面，其中包括旧石器时代与新石器时代人类通过手脑并用而提高的智力，为人类文明萌现所提供的种种必要物质条件，以及在各种自然因素配合下的地球环境等。于是，人类的原始文明在这些主观因素和客观因素的共同作用下逐渐形成了。但所有这些我们只说了问题的一个主要方面，即“形成”这一方面。实际上，人类在提高智力形成文明的过程中还有另外一个侧面也在同时发展，即人类优秀品质的逐步铸成；而这一点与气候的变异有着极为密切的关系。

关于气候的形成，我们在以前各章中已谈了许多。概括起来就是，地球上气候的基本模式（四季、气候带）及其形成因素。所有这些的共同特点是，规律性很强，并在人们心目中形成一种常规，因而大家可据此而活动。

但气候还有另外一方面的特点，这里可称为“变异”。譬如，雨量过多或过少，天气过冷或过热以及大规模的风暴等。其实，相对于人类的要求而言，风调雨顺并不多。中国人说：“牛马年好种田”。那么，除去牛马年呢？可能就差一些。对所有这些气象上的偏差或说是气候上的变异，不管程度如何，也都有一个共同特点，即基本上无规律性，自古以来就难以预测[①]。直到科学发达的今天，人类仍难以准确地预测，明年后年是否旱一些或涝一些，更无法说出是否会有大的风灾等。

[①] 一般说，反常的自然现象越严重，就越稀遇。百年一遇的洪水比十年一遇的洪水要凶猛，而千年一遇的洪水，则将使地面上的一切

荡然无存。但这里所说的百年、千年并非指真的这个时段，而只是用来说明某种量度洪水在历史上出现的频率。

当然，所谓自然灾害从另一个角度上看也是形成地球环境的必然过程，如火山、地震和洪水等。没有火山喷发便没有大气海洋，没有洪水泛滥，便没有千里沃野。

目前人类对未来数年内的天气变化只能有个定性的倾向性意见而拿不出准确的数量预报来。现代的科学尚且如此，那么几百年前、几千年前和上万年前呢？那就只能听天由命了。但也正由于这种无规律性，才对人类的生存提出了富有重大意义的挑战。为什么这样说呢？因为生存欲望是所有生命共有的本能。没有这种本能，就不会有生机勃勃的世界，这是很显然的。

气候变异的无规律性，使人类不得不想出更多的办法来维持自己的生计。从远古至今，雨少干旱时，人们不得不背水、驮水对作物一点一滴进行浇灌；洪水泛滥时，人们不得不夜以继日进行围堵或疏导以求早日退水；大风将简陋的房顶吹掉了，人们不得不再建，等等。为了什么呢？就是为了生存。为了生存，人类与各种妨碍生存的自然现象总是做不懈的斗争。其中由于气候变异所带来的影响最大，因而也是人类为生存而进行的主要斗争对象。

直到近代，一个地域人的性格乃至民族的性格均还带有当地的某些气候与地理的背景色彩，而非别的色彩。

几百万年以来，几十万年以来，几万年以来，几千年以来，大自然正是以这种特殊的方式——多变的气候和天气，不断地磨炼了人类的生存意志，并在这一磨炼中不但提高了人类的智慧还形成了人类所独有的各种优秀品质。我们说文明绝不是仅有智慧就能创造出来的，还必须具有实现这种智慧的能力。所想的办法再好，如果没有顽强的意志，一失败便放弃，那么不管多好的办法也难以实现。这一点就如同一个人的成就一样，智慧只是其中的一个因素。一个人小时候聪明，长大后未必有成就。聪明与成就特别是大成就之间并无等号，也许还相差十万八千里。20世纪最伟大的科学家爱因斯坦（Albert Einstein，1879—1955）就曾说过，勤奋是他取得成功的最基本因素，还有正确的方法和不尚空谈。他唯独没提到智慧的作用。这可能不是谦虚也不是忽视，而是意在说明勤奋顽强的重要性。因为智慧人皆有之，但方法如何，勤奋的程度如何便因人而异了。因此，我们说，**人所具有的智慧只是取得成功的一个基本因素，但并不能概括一切。人还必须具有为实现其智慧的各种能力，其中最主要的便是具备优秀素质，如顽强、勤奋和进取心等。**

我们再往远里说，以科学技术为主体的人类文明肯定还要发展下去，在时空上也许是无限的。人类在未来所涉及的理论将越来越深奥，包括物质和精

神在内的环境将会变得越来越严酷。譬如说，要开拓地外文明，那就绝没有在地球上这么舒服了，至少要承受长期的失重状态，这在生理上和心理上都将产生重大变化；要承受长期的单调与孤寂的环境等。人类若没有顽强的意志，没有勇敢的精神，没有强烈的进取心，没有合作的心理素质，就难将其“自然使命”在宇宙中开拓发展下去。

**因此，我们说大自然正是在人类生存所允许的极限范围内，以不定期的难以预测的气候反常（变异）为主要方式，在生命界所普遍具有的生存欲望的基础上，在人类中间逐步形成以上各种优秀素质。**而这些优秀素质是地球上一切其他生物所没有的，尽管有些动物的智力也已达到了一定的水平。人类有了智慧与顽强等的精神之后，便可无坚不摧，将自己的文明在时空上不断地开拓下去。这里，大自然不可能也毫无必要在地球上制造出一个到处令人惬意的气候环境出来。退一万步说，若真的如此，那么人类将成为温室里的花朵，便永远不会成熟了。由此，人类也将失去其存在的伟大意义。

这就是大自然在地球上所演化出的气候模式。其中稳定的构架（四季、气候带）以确保生命的生存，而一定程度的变异（易变性或敏感性）又刺激壮大了生物的成长，磨炼了人类的意志，在人类中间造就了诸多优秀素质。因此，我们对地球上这种特有的气候环境模式，虽然有变异，但也深感必要。

下面我们再简单看一下造成气候反常的原因。目前人类对此所掌握的可能因素很多，但仍无法直接说明导致某种反常的具体原因。

太阳黑子是众多可能因素中最常提到的一个。所谓太阳黑子是指在耀眼的太阳表面上常出现些相对黑暗的斑点，是温度相对较低所致。人们把黑子出现最多的年份叫太阳活动极大年，黑子出现最少的年叫做太阳活动极小年。20 世纪初科学家发现太阳黑子活动具有周期性。两个极大年之间的平均周期约为 11 年。但对黑子的成因，至今科学上仍无一致的见解。太阳黑子对地球的影响是多方面的。其中影响最大的莫过于对气象的影响，即气候灾害。但这里所说的影响仅仅是指，人们根据灾害的历史记录与太阳黑子的出现加以对比所产生的一种大致印象。二者之间的关系也并非很强，特别是人类目前还根本找不出二者之间的某种必然的内在联系。因此，太阳黑子也只能算做一个可能因素。

除太阳黑子活动以外，人类认为还可能有月球因素（新月与满月）、彗星因素、太阳耀斑（某些区域内太阳表面有短时间突然增亮的现象）爆发因素乃至超新星爆发因素等。总之，人类越来越将地球上的事往天外去找原因，似乎认为是天外因素在“遥控”着地球。其实，因素越是遥远，就越难找出它与地球之间的准确关系。

地球上的气候变化看来的确非常复杂，影响因素极多。但这也同时说明一个重要问题，即地球上的气候环境模式虽然其基本构架（四季、气候带）是稳定的，但也存在着一定程度的易变性或称敏感性。这一点，厄尔尼诺（El Nino）现象便是一个很好的例证。仅仅是由于赤道附近局部海洋水域的水温变化有些反常，便会引起全球大范围内不同程度的气候反常。至于此种现象的根本原因，至今人类仍然莫名其妙。我们不是气象学家，在此就不进行更多的讨论。

但有一点必须加以补充，即今天频繁的自然灾害基本上乃人类自己所造成，可说是“自作自受”，而不能责怪大自然。在人类大规模出现前的漫长岁月里，各种自然因素的变化相当缓慢，因而可在长时期内维持相对平衡。人类大规模出现以后，一切全变了。过去需要几百年才能完成的一个自然因素变化量，现在可能一年便完成了，而且往往是单向的。例如，大面积毁林、抽取地下水及燃烧排放的二氧化碳等。于是，自然界的各种因素不再是稳定的相互配合，从而引发出许多气候变异出来。

因此，人们通常将现在频繁的自然灾害称为大自然的直接报复，简称“自然报复”。而相应地，我们也可将上述的气候变异称为“原发性的变异”，即过去在没有人类因素大规模作用下，大自然原本所有的一些气候反常。

2001 年 4、5 月间，人们对中国广西乐业天坑群（喀斯特漏斗）进行了首次科学考察。乐业天坑群大小共 25 个。最大的一个叫大石围天坑，坑口为 600 米×420 米，坑深 613 米，坑壁直立如刀削，容积约 0.6 亿立方米。坑底长有十几万平方米的原始森林（图 6-19）。

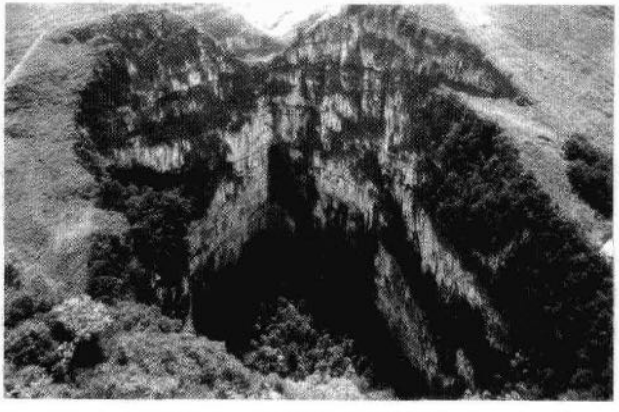


图 6-19　中国广西乐业天坑

（中新社）

科学家认为乐业天坑群可能形成于几十万年前，坑底生物可能也相应繁衍了几万年，其中最年轻的树龄也有上百年。这里可能是地球上极少有的最原始的生态环境。坑内有一棵酸枣树，高达 10 多米，干粗超过三人围。今天的酸枣树高不过一两米，树干直径能超过 5 厘米的大概极难觅到（北京崇文区内有一棵酸枣树，近地面的树干直径为 1 米多，高 10 多米。据说已有 800 多年的树龄），一般只有 2 厘米左右。由此可见天坑内至少有近千年未遭自然破坏了。另外，天坑内还发现了地面上从未见过的物种，生态极其繁茂。

乐业天坑群告诉我们，在人类大规模出现前的至少一万年前，地球上的生态基本是处于动态的自然平衡与高度繁茂的状态之中。自然灾害有，但出现的机会比今天少得多。我们完全可以想像从新石器时代到三四千年前，地球上万物原是一片兴旺。正是在这样的环境中，能力低下的早期人类才得以平稳地进入青铜器时代。如果早期人类的生活环境像今天这样，河流干涸、土地沙化、植被锐减、物种减少、地下水位到处大幅度下降、几乎年年非旱即涝，那么他们将不再是在丰富兴旺的环境中得到孕育，而是在“逼人”的环境中到处逃避求生！若如此，人类还会能取得进步吗？

因此，我们说，今日的环境破坏完全乃现代人类所为。

**大自然的气候模式原本是稳定的，没有稳定的环境将无法使“毫无抵抗力”的早期人类逐渐学会走入文明。但没有稀遇的原发性的气候变异，也无法磨炼人类的意志以及在他们中间形成诸多优秀的素质。**这就是大自然在地球上所“设计”出的气候模式，非常必要的模式。

在人类优秀品质的铸造过程中，除气候因素之外，当然也还有其他因素，如与野兽的搏斗，战胜瘟疫等。但气候变异在诸多因素中，可能是出现最早、影响面最广、最能动员最大多数人群进行齐心协力奋斗的一个因素，当属诸多斗争对象之首。至于火山地震等，对人类更多的是毁灭，难以抗争。

总之，人类的一切优秀品质都不是凭空出现的，都是在克服苦难的斗争中形成。没有克服就没有进步。这可以说是条自然法则。

**本节要点：**

- 稳定的气候构架和原发性的气候变异对人类成长的深刻意义。

# 7 地球资源演化的一致性

什么是地球资源？是指一种数量有限但又是为构成其他次级资源与环境所必需的物质形态。符合这一特点的物质在地球上只有水、土、矿，其他（如动植物）均为衍生。水土矿是万物生存的根基，是有限的无价之宝，是文明诞生与发展的物质基础。人类只有节约的义务，而绝无浪费的权利。同地球环境一样，地球上的资源也非常神奇。作为宇宙元素的清单，周期表中的所有元素，不但在这个小小的行星上全部拥有，而且其存在状态和存在数量也极其合理，从而构成了地球上恰当的资源与环境条件。这在我们已知的天体中绝无仅有。本章同样旨在深刻领略自然演化中的一致性，而不是停留在知识表面上。

## 7.1 地球若只有水而无水循环，该当怎样

水是构成生命和维持生命存在的必要物质，**但世界上如果只有水而无水循环，则生命可能继续存在与繁衍**（中生代以前的生物不正是这样生存的吗？）**但人类的原始文明将无论如何也无法实现！**下面就让我们来讨论这一问题。

什么是水循环？简单说来，其过程如下：

在太阳辐射作用下，水气在水面上（主要是海面）形成积累并上升到高空，随着大气环流被输送到大陆上空。然后有一部分水气可能与冷空气相遇，凝结后形成降水。落到地面上的降水一部分蒸发，一部分以地面径流的形式流入江河湖泊，另一部分渗入地下，形成浅层地下水。浅层地下水大部分储藏在地下透水层（即广义的土层，包括砂卵石等）中，有一部分渗流至江河湖泊以维持其在干旱季节内仍有水流存在。雨水和雪水无论是形成径流还是形成渗流，最后都要经过江河流入大海。在这个过程中，蒸发始终存在，并有可能再次形成降水。以上所述叫做海陆间循环。同样的过程，若完全发生在内陆，则称内陆循环。若完全发生在海上，则称为海上内循环（图 7-1）。

水在地球表面上的这种循环运动，意义非常重大。

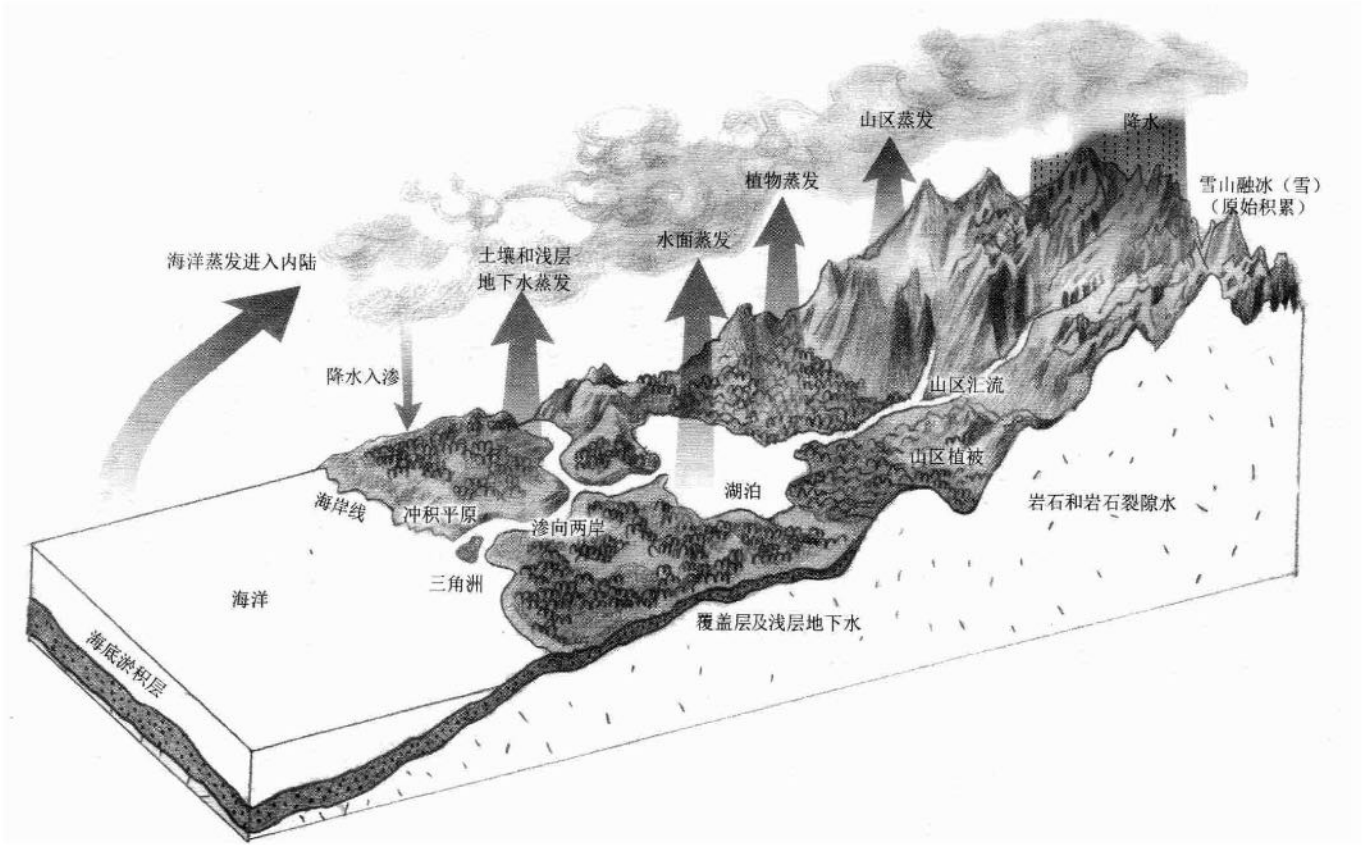



图 7-1　水循环及河湖形成示意图

形成这类大规模水循环的决定因素是高空强风的存在，而这一点又取决于其他众多因素（参阅第 3 章“陆上最早的风”）。

首先是通过降水*，加速了土壤的形成过程。我们说促使岩石风化的因素很多，但雨雪水的作用是首要的因素。广袤的大陆上，只有有了土壤，在水循环的作用下，才能形成广布的浅层地下水。有了浅层地下水，植物才能脱离浅水域和沼泽地及其附近地带进入更广阔的生存空间，到处繁衍。有了浅层地下水，人类才可以到处掘井找水，从而使居住范围逐步扩大。一句话，如果没有水循环，没有广布的浅层地下水，则大陆上除不多的浅水域和沼泽地之外，大部分地区将是一片荒漠。古生代、中生代大概就是如此。

水循环通过降水的第二个作用是为陆上形成江河湖泊提供了必要条件。以现代水文观点看，形成江河要有两个必要条件。一是有高差较大的地形，以形成相对的水势能，主要是上游的山脉和中下游的平坦地、洼地。二是有足够的降水，包括冰川雪山的融化。土层作为江河的载体，当然就不必说。大地在千万年的降水中，通过森林等植被的帮助①，在地面上随着土层的加厚而逐渐形成了丰富的地下水储藏（地下水同样也可储藏在山区岩石的裂隙之中称裂隙水）。于是高地势的地下、地上水就逐渐向低洼处汇流。

① 如果大地一片光秃，降水会很快流失和蒸发，特别是山区坡地，地表根本无法存水。有了森林，降水会截流在地表并通过经根系松软过的土层渗入地下。因此，森林对涵养水源有着极为重要的作用。植被还能防止地表暴晒，对减少地下水蒸发损失也很有利。

如果是山区山谷，则两岸的地下、地上水向中间谷底汇流。日久年深便形成了最初的小溪。小溪多了，便汇流成一条小河；小河多了，便汇集成一条大河。这样发展下去，最终将随着地形的坡度变化流至高程最低的大海。因此，大江大河绝没有单独一条的，而是呈扇形。扇叶在山区，扇柄在平原，柄端在大海。扇叶内像树叶的脉络一样，依次聚集了许多支流，到平原后，往往便只剩下一条大河了。其中，山区起降水汇流作用，构成水源。

在这个过程中，上游地区一般是两岸高地的地下水流向（或称作补给）中间谷地。进入平原后，有两个可能，或是两岸水继续补给河流，或是河水渗向两岸，滋润着两岸大地。但不管哪种情况，两岸大地都会有地下水储存。实际上，后者居多（图 7-3）。

综合以上两点说明，水循环最大的成果便是在陆上形成了广布的淡水资源系统。这个系统由浅层地下水和河川湖泊共同组成，而前者又是后者的基础并共同维持着陆上生物的生存繁衍。由此不难看出，如果地球上仅有水而无水循环，生命即使能在海洋和浅水域中生存繁衍，但人类及其文明却绝对无

* 关于降水的机理，在后面“美妙的声光世界”一节里还将补充说明。

法出现。

现在，全球陆地蒸发量每年约 7.1 万立方公里，加上海洋年蒸发量约 4 万立方公里（已扣除海洋自己的降水量），总计为 11.1 万立方公里，即陆地降水总量，但分布极不均匀。这是必然的，因为有纬度和地理条件的差异；但也是必要的，因为可形成不同的湿度环境。这里，海洋面积是关键。全球若不具备一定规模的海洋，大部分陆地就不会有足够的降水量，以形成淡水系统。

水循环如此之重要，那么它是哪个地质年代出现的呢？这是一个从未被提出过的问题。因为一般都认为水循环在地球上从未间断过，并不存在起始问题。注意，我们这里所指的是今天人类所享受到的水循环，而非其他意义上的水循环。

回顾我们在“陆上最早的风”一章里所谈，风这一大规模的自然现象只是到了新生代才出现。此前，地球大陆上虽有风，但不足以形成具有足够规模的大气环流。以这一观点看，古生代、中生代不会有大规模的水循环存在，也即无法出现历时长、面积大的降水。另外，由于这两个地质时期处于联合古陆逐渐形成并随即进入解体的初期，大陆上地势比较平坦，很少高大山系，因而整体上缺乏形成江河的两个必要条件。因此，我们实难想像，**在植物大举登陆之前的地质时期中，在缺乏山脉缺乏大量降雨以及山区绝无森林植被的情况下，陆上又怎能孕育出千百万条江河出来**。当然，这一时期也可能有极少的河流，但其生成机理与现代河流的生成机理大不相同。很可能是由于地壳运动所造成的地势起伏而引起的水体流动。人类现在不是也已经观测到火星上曾经出现过大水的痕迹吗？道理可能有些类似。

在中生代末期，虽然风的规模有些发展，降雨有所增加，但顶多也只是形成一些湖泊。河流有，但不多。这是因为，总体上仍缺乏形成一泻千里的大河之地形条件和降雨条件。

只有进入新生代后，随着大陆漂移趋于缓和，全球陆海分布格局基本确定，包括高大山系在内的种种地形也相继出现。于是，**在全球气温持续大幅度下降的条件下，伴随着四季的显现**，强劲的大气环流才遍及全球。只有在这种情况下，才有可能产生历时长、面积大的降水，从而使河流在这一地质时期获得大发展[①]。如第四纪开始出现的、发源于青藏高原的长江黄河，发源于安第斯山脉的亚马孙河，发源于美国西部群山的密苏里河及中下游的密西西比河等。但河流形成后并不意味着没有衰竭。在新生代及中生代之末的近 1 亿年里，随着地壳运动，地形及环境不断地改变。这当中，有的河流可能存在几十万年后消失；同时新的河流又在形成之中。这同样也是一个生生不息的自然过程。

① 山脉的存在是致雨的重要原因之一，称地形雨。暖湿空气在行进中遇山坡被迫上升，在高空冷凝成雨。一般说山脉两侧由于迎风和背风的关系，降水量相差可达几倍到十几倍。如喜马拉雅山南麓的尼泊尔年降雨量可达2500毫米，而北侧的中国西藏地区只有200多毫米。安第斯山脉迎风的西坡年降雨量高达2500毫米，而背风的东坡只有250毫米。

大家知道，世界上许多大油田都分布在古代河流的沉积层内，其中也包括古代河流的三角洲地区。这里一个值得注意的现象是，这些大油田大都位于中生代、新生代的河流沉积层内，而又以新生代的居多。这从一个侧面也说明了世界河流大都出现于新生代，再往前追溯就越来越少了。

鉴于水循环的重要性，有必要再总结一下，以加深理解。

从地球演化上看，陆地淡水系统也有一个从低级到高级的发展过程。从晚古生代生命登陆到中生代恐龙灭绝，这长达3亿～4亿年的时间里，陆上淡水主要由海退形成，是一种简单的固定的形式，淡水域之外便是一片荒漠。进入新生代后，随着全球气温持续下降和联合古陆的大规模解体，全球性大气环境才逐步加强，从而为长距离的水循环创造了条件。过程为：一定规模的海洋→足够的水面蒸发→通过大气环流→陆上漫长的水资源原始积累→陆地蒸发加上海洋蒸发的输入→陆上降水逐步增加。在第四纪大冰期中，冰期内，海洋通过蒸发大量进入陆地，通过降水形成冰川雪山，间冰期又渐融化，成为江河湖泊地下水。这是一个反复漫长的地质与气候的演化过程。全球最后一个冰期结束在大约1.1万年前，从而奠定了陆上固体水资源的基础。因此，仅从水资源的角度看，第四纪大冰期的出现至为必要。陆上不同的降水分布，形成了不同的生态系统，从沿海到内陆到腹地，依次为森林到半干旱草原到荒漠，进化出不同的动植物物种，极大地丰富了全球的生态系统。

今天，全球变暖和大规模的人类破坏活动，正在蚕食、耗尽这千万年来大自然所形成的水资源原始积累（下一个冰期可能出现在1.5万年后）。若老本耗尽，后果不堪设想！

以上便是水循环的意义及其演变过程。

**本节要点：**

- 山区和平原在形成河流中的各自作用；
- 水循环的形成，海洋规模与水循环的重要关系；
- 水循环规模的演化，陆上水资源原始积累的形成；
- 水循环与人类及其文明出现之间的重要关系。

## 7.2 土壤——文明起源的桥梁

土壤在很大程度上是岩石在大气温度和大气水循环联合作用下形成的，而且后者的作用更为重要。因此，**土壤是大自然继风之后的又一伟大杰作。**陆上没有土壤，海洋中照样可以创造出生命，照样生存繁衍，但陆上生物及后来的人类及其文明却绝对无法实现。实际上，自 30 多亿年前海洋中出现生命以来，直到 4 亿多年前，陆上一直是岩石裸露、一片荒凉。也可能有一层松散的砂土存在，但那与今天的土壤截然不同。

**地球上的土壤是一种非常奇妙的物质形态。如果说水、气、火具有单一的性质，那么土壤无论在构造上还是在性质上均比前三者要复杂奇特得多。生命体中已发现的元素多达 60 余种，虽量极微，但却都摄自于土壤。**

地球上自从有了土壤之后，便建立起来生命从海洋走向陆地再走向文明的桥梁：

矿质元素→土壤→陆上植物界→陆上生命界→人类→烧陶（黏土）→高温技术→冶炼金属→文明辉煌。

土壤在显微镜下观察是由大量形状不同、大小不同、结构不同和性质不同的细小颗粒组成。如按颗粒大小来说，则一般可分为直径在 0.075～2 毫米之间的砂粒，直径在 0.005 毫米和 0.075 毫米之间的粉砂，以及直径小于 0.005 毫米的黏粒和直径更为细小的胶粒。前两种属砂质类颗粒，在土壤中起疏松和透气透水的作用。黏粒也即地质上所说的黏土矿物[①]，实际上呈鳞片状或片状，内部具有层状晶体构造。再进一步分析，是由硅氧晶片或铝氢氧晶片组成。胶粒是构成腐殖质的基本颗粒，为动植物腐败后所形成。一般说，土壤上层含腐殖质较多，颜色发暗，富营养，同时也含有较多的砂粒、粉砂和黏粒，可以蓄水透气。下层砂粒极少，以黏性土为主，可以托水保肥。

[①] 黏土矿物是构成黏土的主要成分，由于上述两种晶片结合形式不同，分为高岭石、蒙脱石和伊利石。均由一定种类的岩石风化而成，并非所有岩石均可风化成为黏土。

土壤中的主角是腐殖质和黏土矿物。砂粒也必要，但属配角。说腐殖质和黏土矿物为主角，是因为它们不但富有多种营养而且还有最重要的保水性。如果全是砂粒，则有雨就湿，无雨则干。植物很难生长。实验证明，凡土壤中极细的颗粒，表面都带有负电荷并具有电场。水分子在电场作用下被极化，成定向排列，与土粒之间紧紧吸附（图 7-2）。这种被土粒吸着的水称为强结合水，密度大于普通水，高达 1.2～2.4 克/立方厘米，只有在 105～200 摄氏度高

温下才能蒸发跑掉。再外层称为弱结合水，密度为1～1.7克/立方厘米。二者统称为结合水。别看这层结合水厚度极薄（约0.5微米），但对土的性质影响很大。结合水以外就是自然水，包括可以自由流动的重力水和可以上升的毛细水。此外，土壤中还有气态水，冬季还有固态水即冰粒。土壤中除含水以外，还含有气体，同样也为植物生存所必需，十分重要。因此，土、气和水并称为组成土壤的三相。

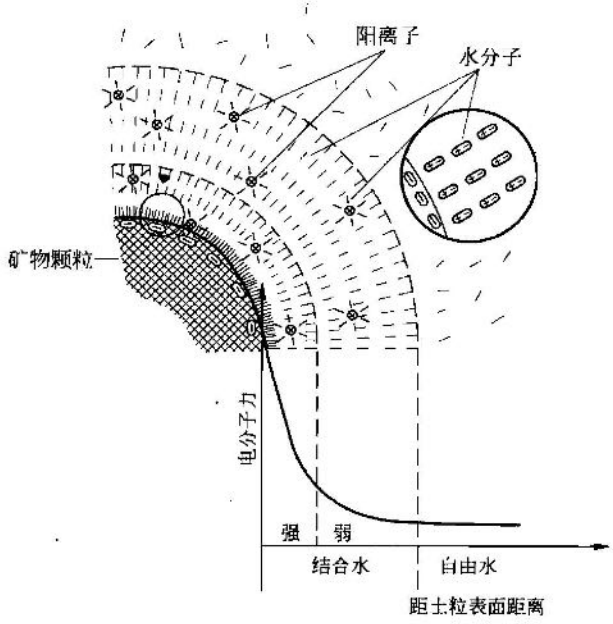



图7-2　黏土矿物和水分子的相互作用
（引自参考书[9]）

由于土壤含有大量黏粒和胶粒，因而还具有其他物质形态所不具有的性质。主要是保水性、吸水后的膨胀（润）性、吸附离子的可交换性[①]、加水后的分散性和可塑性等。所有这些性质在不同程度上均为植物根系所利用，保证植物的正常生长。可见土壤与大自然的其他杰作一样，非常不简单。那么，土壤是怎样形成的呢？大致说来，可分为三个阶段，而每个阶段又有不同的因素作用并产生不同的结果。

[①]黏土矿物颗粒可吸附离子，离子也可存在于土壤溶液中。这些离子可被其他离子所取代或称交换。植物根系只吸收以离子状态存在的矿质元素。矿质元素是指除碳、氢和氧以外，植物从土壤中所

吸收的元素，如氮、磷、钾等。这些元素是以离子状态存在着，如 $K^+$、$NH_4^+$、$NO_3^-$ 等。土壤有了离子交换性，则植物根系细胞上的离子即可与土壤中的离子进行交换，从而达到吸收营养的目的。植物根系对周围离子的吸收是有选择性的，并非哪种离子多就多吸收哪种。

坚硬的岩石经物理风化和化学风化后，变为松散的大小颗粒，统称为母质。母质可分为两部分，一是原生矿物。意思是其矿物成分与母岩相同，颗粒较大，肉眼清晰可见。主要由物理风化所形成；二是次生矿物，顾名思义是派生出来的新矿物，也即我们上面所提到的粒径小于 0.005 毫米的黏土矿物，由化学风化（包括生物化学风化）所形成。在这一风化过程中，可释放出植物所需的养分如钾、磷、钙、镁等，并使风化物产生蓄水性。上述为第一阶段。然后，许多微生物和低等生物借风化物的蓄水性繁衍其中，从而积累下来许多有机物，特别是加入了原先母质所没有的氮元素，为高等植物的生长提供了可能性。此为第二阶段。在第三阶段，高等植物的生生息息以及动物的排泄物等使得土层中的有机物更加丰富。有机物在微生物作用下形成了腐殖质。腐殖质胶粒吸附钙离子后产生凝聚作用，促使土粒成团，并逐渐成为更有蓄水性的团粒结构。这就是又有保水又有肥力的土壤层。没有腐殖质的土壤很贫瘠，通常称为生土。以上就是土壤生成的三个大致阶段。

可见，土和土壤是两个概念。土是土壤的物质基础，土壤则是植物生存的依赖。

下面我们再谈一点有关风化的问题。一般说，一层薄薄的含有腐殖质的土壤，需要数百年才能形成，而要形成厚厚的砖红土（laterite）风化壳则需要上百万年。为什么这么慢呢？这主要取决于风化速度。风化一词大家可经常碰见，但真正了解其实质的人可能不太普遍。风化是一个极其缓慢而介入因素又很多的地质作用过程。在地质学中称为“外动力地质作用”。大自然在地球上先形成了巨厚的岩石，然后又通过风化作用按岩石的不同质地将其逐渐分解破坏，形成了覆盖全陆地的各种大小颗粒，包括从肉眼难以分辨的微粒，到形状各异的碎石、孤石等，为陆上生命存活和人类文明发展创造了最必需的条件之一。岩石由于所含的矿物成分不同，风化速度也大不相同。含云母较多的岩石较易风化，而含有石英（一种矿物，成分是二氧化硅）较多的岩石最难风化。因此，不同母岩最后产生不同的风化结果。含石英较多的岩石，风化后变为块状，而后在水流的冲磨下，历经几十万年，变成为鹅卵石、漂石等。再进一步风化可成为砂粒。因此砂粒往往富含石英。黏土中虽含有硅（Si）元素但却很少含有石英。

我们从人类文明起源与发展的观点看，以万年计的岩石风化速度不能说慢。如果风化过快，譬如说几十年便可风化成土，那么，世界上就会早已找不到岩石了。这种情况下，岩石也不再成为经久耐用的建筑材料。因为人的一生中就可亲眼看到他自己的房子风化成土。那么，再慢一些行不行呢？当然也不行。如果千万年才形成一层土，那么地球上就无法生长植物了。当然，还有其他问题等。

地球上由于各地风化作用的力度不同，因此，同一种岩石在不同的地域的风化效果也不同。例如，寒带、温带、热带和沙漠地区所形成的土壤，其成色差别很大。黑钙土、褐土和棕壤肥力较高，分布在温带。寒带主要是冰沼土，肥力低。长期干旱的气候条件下，只有荒漠土，非常荒瘠。这里的决定性因素是雨水和随之而来的微生物。雨水的多少极大地影响了土层的厚度（或深度），而微生物的作用则可加速有机物的分解，增强土壤肥力。赤道附近的雨林带，由于雨量充沛，动植物多，气温高，有机物分解快，因而土层最厚最肥。温带虽不如热带雨量多，土层不那么深厚，但腐殖质流失较少，因而肥力也高。在高纬度地区，由于气温低，有机物少且分解慢，因而土层薄肥力低。在低纬度干旱地区，由于气候干旱，缺乏有机物，因而土层薄，无肥力。

土壤这一大自然的杰作，在几十亿年的地球演化中，虽然各个地质时期都有，但其数量和性质肯定不会完全一样。总的来说，其生成时间距今越近，作用因素越多，所形成的土壤就越深厚，肥力越大。古生代、中生代尚未进化出杂草，也没有大量的陆生动植物群，特别是基本上无雨水作用，因而土层的丰厚程度和肥力都较差；而且其生成地点一般与水域有关，如海滨、湖泊、沼泽地、浅水域等。进入新生代后，由于气温大幅度下降，因而派生出许多有利于加速风化的因素，其中主要是降水。今天我们所见到的土层包括孤石、砾石、卵石、砂粒和大量黏土都是以第四纪为主的近几百万年来的产物。再早的土层都已变成了地质上称为黏土岩、页岩等岩石。它们原状是松散体，后经沉积和挤压而成，统称沉积岩，意即在水中沉积而成。

下面我们再谈一下土的量的问题。我们前面不只一次说过，古生代、中生代土的数量及肥力均有限。这主要因为当时缺乏今日的风化力度。从分布上看，陆上的土层可能不太厚，而水底及水域四周地区的土量较多。主要原因是大量的土通过水作用，不断向低洼地带汇集，从而使这一带的土量不断增多。如果水域不断消退（这个过程非常缓慢），则会显露出一片片较为丰厚的土层。但总的来说，这两个地质年代，生态环境相对简单，没有人类，因此土量多少似无更大的意义，只要能维持生物生存与繁衍就行了。到了新生代的第四纪之前，情况就大不相同了。由于自然因素大量介入，特别是风雨规模的逐步加

大，使岩石风化加快，因而使土层空前加厚，土量大增，形成了今天无所不在的土壤大地。

以上我们讨论了土的成因及其存在意义。这个意义十分明显。陆上若没有土或少土，则在水中照样可创造出生命（如条件具备的话）并照样生存与繁衍。但只有陆上有了土，雨水才会为土层所吸收，才会有广布的淡水资源。于是，植物才可凭借土中的水与养分生存与发展，同时也养活了动物。但仅有土层而无相当的量，则人类文明仍难以起源。于是第四纪所产生的大量深厚土层，就恰恰满足了这一要求。这就是我们下节所要继续讨论的另一内容平原。这样说来，土壤存在的意义还不明显吗？

**本节要点：**

- 土壤是从生命走向文明的桥梁；
- 土壤是植物摄取元素营养的主要来源；
- 土壤的形成，奇特的构造和独有的特性；
- 土壤的存在规模与文明起源的关系。

## 7.3 平原——文明起源的摇篮

大地上随着土壤的逐渐广布与河流的初现，又一个伟大的地质作用过程接踵而来，这就是通过山区作用所造成的冲积平原（alluvial plain）（图 7-3）。

当河流以其巨大的动能流经山谷时，往往裹携着大量的松散颗粒顺流而下。进入平原水流平缓后，粗大的颗粒如砾石等首先沉积下来。越往下游沉积的颗粒越细。这样几万年下来或更长时间，就会将原来的低洼地面填为平地，或者将海岸线向外推移。不断填平的地面，使下游地势不断减缓，于是较细颗粒的沉积位置也随之不断向上游推移，最后形成一个颗粒组成十分复杂的冲积层。河流遂在冲积层上继续流动，一方面由于历年的河水泛滥和改道（即河床摆动），使淤积向两侧更远处扩散，不断增加了平原的肥力（可见泛滥也是造就沃野的必要条件）。另一方面，在河流的入海处，由于流速趋于零，一切携带物都要在这里最后沉积下来，于是在河口地区便逐渐形成了一个非常深厚的三角洲。今天我们见到的大大小小无数个河流冲积平原全都是水力沉积而成，但沉积的形式多种多样，冲积只是其中一个主要形式。除冲积外，构成平原的其他沉积形式还有湖泊沉积、洪水沉积、河口沉积以及海洋岸边形成的沉积等。这些沉积方式在数万年间交互存在，反反复复，整个沉积厚度可达几百米。例如河口三角洲平原最初可能在海口，但随着沉积的向外延伸，最早

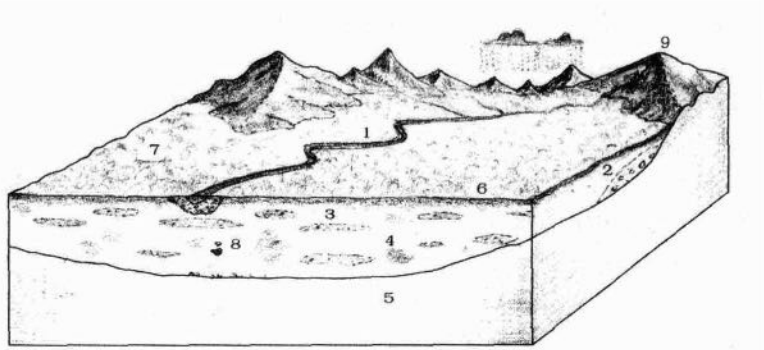



图 7-3　平原及沉积层示意图

1. 河流；2. 卵、砾石洪积物；3. 粗颗粒夹层；4. 亚砂土和亚黏土；
5. 岩石；6. 地表土壤层；7. 表层植被；8. 孤石等；9. 分水岭

河流走出山谷后，失去了地形约束，河道便在平原上通过泛滥做大范围的摆动，再加上河口的迁移，因此在千百万年中便形成了颗粒组成非常复杂的巨厚沉积层。其中包含有许多范围大小不等的砂或砂砾石等粗颗粒夹层。这些夹层空隙大，便成了地下水汇集和储存的空间，并具有较大的水压力。当人们打井穿过这类含水层时，压力水便会涌出并上升到一定高度，人们可很方便地取用。含水层以外的地层，也并非绝对无水，只是出水量不多而已。下伏的岩石层中也往往有水。这一切都是在强烈的大气环流下所形成的水循环与风力作用的共同结果。

的三角洲平原又可能变为内陆。因此，平原的形成过程是一个漫长复杂的自然发展过程，而大量山脉的存在则是平原形成的一个前提，也是山脉的“自然使命”之一。

与上述水力沉积作用相并行的另一个自然搬运现象是风力的作用。自然界只要有风，风力搬运作用就不会终止。风在冲积层平原出现之前就不停地搬运，平原形成之后仍在搬运。只不过风所搬运的一般都是细颗粒而已。风的搬运规模也十分巨大。“长风几万里”（李白“关山月”），一次大风可将数百万吨的尘土运至数百公里乃至上千公里以外，然后慢慢沉积下来。但风的沉积受地形影响往往较少，山区平原都可以沉积。可以说，大地上的土壤相当一部分都是来自风的搬运作用。在风力搬运作用比较有规律的地方，经过多年的沉积还可形成风成黄土。风成黄土的最大特点是疏松多孔。在中国的陕西、山西、河南和河北、山东等地区分布较广*。风力搬运作用使平原地区的土层加厚，这是件对人类及生物都很有益的事情。

风力搬运还有一个巨大的作用就是形成沙漠，这是当今科学界中一个比

* 科学上认为，中国西北黄土高原是 240 多万年前即第四纪开始形成的。

较多的说法。但大量资料证明，沙漠的形成只是最近几百万年以内的事，而且还可以比较有把握地说，至少新生代之前地球上就没有多少沙漠。也或许在更早些时间以前，地球上就不存在沙漠。如，撒哈拉大沙漠实际出现时间很晚。科学家通过大量实地考察分析认为，公元前 8000 年到公元前 4000 年前，这一带曾有早期人类居住的痕迹。进一步的钻探研究发现，大约 4000 万年前，现在的撒哈拉曾是一片浩瀚的古海洋。后来海洋消失了变为陆地，陆地进一步干涸变为不毛之地。如果沙漠的确是由风力的搬运所形成，那只有在土地干涸之后才起作用。

新生代之前，地球上很少沙漠，这一点从一个侧面也支持了古生代、中生代并无大风存在，以及土层不丰的观点。

以上便是在水力和风力双重作用下，平原上丰厚土壤层形成的大致原因。现在，我们再以人们所熟知的中国华北大平原为例，具体说明一下这一过程（图 7-4）。

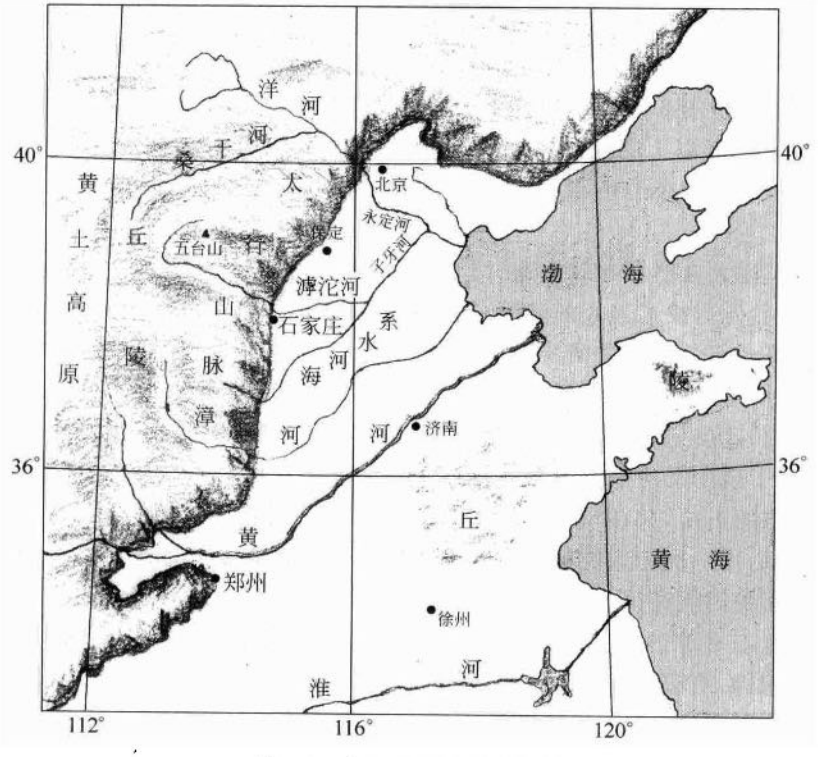



图 7-4　华北平原河系示意图

在远古时代最初的海岸线可能就逼近太行山麓，后来才冲积成大平原。

（参照参考书[15]绘制）

华北大平原位于太行山以东，原为巨大盆地，底部为岩石，千百万年来一直接受着西部山区所冲下来的风化物。首先是发源于山西高原的永定河、滹沱河及漳河等，出山后形成了大量的泥沙淤积。同时，南部的黄河在改道与形成三角洲的过程中，逐渐与山东丘陵和南部的淮阳丘陵相连。于是淮河水系也逐渐形成。当黄河做大规模向北部改道流入渤海时，其向东北伸延的巨大的三角洲逐次与永定河、滹沱河和漳河的三角洲相连，海河水系随之逐渐形成。后经黄河、淮河水系与海河水系的联合水力作用与发展，遂最终形成为华北的一个广大平原地区，面积达 30 万平方公里。这里值得一提的是，早在 900 多年前，中国宋代著名的科学家沈括，通过实地考察便意识到，太行山以东的广大平原是河流淤积所致。现在黄河三角洲仍以每年两三千米的速度向外延伸。

现在全世界各国都拥有自己的平原，有的是位于山区内的小平原或称平地，有的是位于山区之外的成片大平原。所谓山地之国，也并非没有平原，只不过平原面积较小罢了。所有这些大大小小的平原可以说都是在风力和水力联合作用下沉积而成。世界上最大河流亚马孙河所形成的亚马孙大平原约占巴西国土面积的 66%，此外，还有占欧洲面积高达 60%的欧洲大平原，占俄国国土面积 50%以上的俄罗斯大平原，以及加拿大的西中部大平原和美国的中部大平原等。较小的平原更是不计其数，如沿海平原、高原上的平原和山区小平原等。

我们说大自然在地球上通过地壳运动出现了联合古陆，接下来是大陆漂移，再往后便形成了当今的陆海分布格局以及地球表面上的各种复杂地形，包括岛屿等。但从人类文明起源和发展的观点看，这还远远不够。随着地壳运动的同时（这种地质作用相对而言极其缓慢）大自然又开始了对地表的新一轮精雕细刻，这就是随着新生代全球气温的大幅度下降，在复杂的地表因素作用下，出现了风雨江河等重大自然现象。然后通过这些自然现象，形成了空前宏量的广布的土层，并在风与水流和地形的联合作用下，精雕细刻出大大小小无数的平原，再一次为人类文明的启动创造出了非常必要的地理条件。

下面我们就讨论一下从人类文明起源的角度看平原的巨大意义。

地球上平原的存在对人类文明的起源与发展具有绝对必要的意义。我们很难想像，在几万年前，人类的原始文明是在土层不厚的群山之中发展起来的。实际上，现已发现的几处人类文明发源地遗址无不位于平原之中，尽管这些平原有大有小，有的也许只是几小块平原所组成。那么，为什么平原地区对人类文明起源有着如此重大的价值呢？对此，我们可以归纳为以下几点。

第一，平原地区具有深厚的土层。我们前面说过，土是由岩石在多种因素作用下风化而成。但对于大多数地区而言，自然因素不可能那么齐全，因而形成不了太多的当地土。因此，只有通过水力和风力的搬运作用，才能将山区的土搬至平地形成深厚的土层。而经过搬运后的山坡上仍然有土，只不过较薄罢了，但仍可以生草长树。实际上，山坡上太多的土也没有什么意义，反而增加了土体的不稳定性，形成隐患。因此，从人类文明起源与发展的观点上看，**这种搬运作用实际上是把大自然所风化的土实行再分配**。分配的结果对人类更有利。平原有了深厚的土层后，便可积蓄大量的地下水，形成了包括江河湖泊在内的人类最方便的淡水资源。人们可以到处掘井找水。特别在古河道及其附近，下部土层实际上是由砂和卵石组成并往往以卵石孤石为主，空隙很大，因而可储存大量地下水，底部为相对不太透水的岩石层（通称做不透水层，实际上也含有裂隙水，但一般不参与水循环），正好防止地下水渗漏，因而是一个非常理想的蓄水保水地下空间，供人类在上面开发利用。

平原的存在还为地球上的其他地理环境的形成提供了物质基础，如草地、湿地等，而这些因素都为今日地球上某些物种的生存和气候环境的形成所必需（图 7-5）。

图 7-5　现代的沼泽地

（崔海亭摄于中国四川红原草本沼泽）

第二，平原环境为早期人类开创原始农业提供了全部的必要条件。人类的原始农业需要有肥沃土地，广布的浅层地下水，方便的河湖水系以及繁茂的

动植物种群等。如禾本科植物中的麦、稻、桑蚕，动物中的牛、马、驴等*。只有这样，才能为原始农业的建立提供必要的地理和物种上的条件。而地球上只有平原，不管其大小，才能做到这一点。人类正是在这样一种特定的环境中，才渐渐建立起农业意识。从人类的发展史看，平原地区从来都是经济最发达的地区。今天世界上的所有大城市无不建立在平原之上。中小城镇也绝大多数建立在平坦之处。即便在山区，居民点也大都位于山间的平地上。

第三，平原是陶器的发源地。制陶在人类文明起源中起着异常重要的作用，因为陶器是人类第一次通过火所制造出来的用具。人类只有通过制陶才能初步掌握高温技术，有了高温技术才可学会冶炼，并从此走上了无比辉煌的金属时代。众所周知，陶器是由黏土制成。而黏土基本上存在于平原，山坡上很少有黏土。山坡上的土经过千万年的风力和雨水的搬运作用，已将其细颗粒带走吹走，剩下的残积物（或称残积层）虽能生草长树，却缺乏黏性。被风力水力带走的细颗粒在平原地区缓慢沉积下来，形成了深厚的黏土层，并随着时间推移而愈加密实，从而成为早期人类制陶的最好原材料。

我们在上面曾说过土壤是大自然继风之后的又一伟大杰作，不过那主要是从植物生长的角度上提出的。如果从制陶的角度来说，黏土（原生土）还有另外几种重要特性，即可塑性（可做成任意形状）、耐火性（可加温至高达1000多摄氏度）、烧结性（烧结后可变成不透水的硬块）等。这些性质同样也是自然界任何其他物质所没有的。

以上三点均为任何山区所不具备，对人类文明起源与发展来说都至为必要，而对其他生物而言都未必需要。因此，我们说平原是人类文明诞生的摇篮。没有平原，其他生物照样生存与繁衍，但人类的原始文明却难以实现。大自然在其复杂的演化中，从人类文明起源的角度看，实在是太周到了！

然而，没有山区就不会有上述意义的平原！

**本节要点：**

- 平原的形成与特点，山区的作用；
- 辽阔肥沃的平原是河水泛滥的结果，是很晚的事；
- 平原与文明起源之间的重要的关系；
- 结合上节，再次全面理解土壤的特性。

---

* 请参阅“天文因素作用下的地球环境基本模式”和“丰富多彩的生态系统”两节。

## 7.4 矿产——大自然对人类的独有“馈赠”

地球自诞生以来，地壳便一直处于运动之中，经历了亿万年之后，从人类文明起源与发展的角度看，成果有二：

第一，出现了大气、海洋以及复杂的地表形状，包括今天的陆海分布格局、岛屿以及陆上与海底的各种地形。这是形成全球多样化气候的一个必要条件。

第二，形成了散布于世界各地的各种矿藏资源，为人类文明的萌现所必需。

关于第一点。我们在以上各节中已谈了很多，本节的重点是第二点。

有关矿物的研究在地质学中是一门重要分支，涉及许多专门概念。但我们这里只是从人类文明起源与发展的角度来探索一下大自然是如何通过地质作用使矿藏不但得以形成而且还有利于人类的开采利用。如果是没有后者，地球上即使有更多的矿藏，对人类来说也毫无意义。

### 从矿物到矿床

矿藏同大自然的其他一切杰作一样，既非偶然产生也非一蹴而就，而是从地球诞生之初便开始酿造。矿藏是人类获得化学元素的主要来源。普通元素，如铅、锌、铁、铝、铜等，在世界各地的矿藏中均可找到。其开采难度也不是难不可及。在完全依靠人力的古代，甚至是在手无寸铁的远古代，含有这些元素的矿藏都先后在世界各地被发现并为早期人类所开发利用。那么，大自然是怎样在地球上造就出来如此丰富而又“方便开采”的矿藏呢？这要从矿物谈起。

大家知道，地球由各种元素所构成，但天然化学元素除少数少量之外，都以各种化合物的形式存在。这一点是由元素自身的化学性质决定的，并不奇怪，地球以外的元素也能够以这种方式存在。矿物就是化学元素在一定的地质条件下所形成的特种化合物。例如石盐（NaCl）便是典型的矿物，具有一定的化学分子式和规则的立面体结构形式。此外，常见的还有石英（$SiO_2$）、石膏（$CaSO_4 \cdot 2H_2O$）以及石墨（C）等。

其实，所有的矿物由于其特定的化学成分和结构形式，在外观上都具有一定的特征，如色泽和几何形状等（矿物的形态分为晶质与非晶质两种，而不管哪种，都能形成该矿物所特有的形态）。地球上有少数化学元素（约 20 种）还

能够以单质矿物的形式存在，即由单一元素所构成的矿物。通常称为自然元素矿物。如自然金、自然铜、自然硫和金刚石等。现在地球上共发现了3000多种矿物，今后还可能发现更多，但发现的难度肯定会更大一些。我们脚下的岩石及其所形成的土壤就是由二三十种矿物组成的。与3000多种矿物相比，它们所占的种类不多，但数量极大，约占地壳总重的90%以上，统称为造岩矿物（rock forming minerals）。但人们更关心的是所谓矿石矿物（ore minerals）或称有用矿物，其种类繁杂但数量不多。一般为金属矿物，如黄铁矿、黄铜矿等。

以上谈的是矿物，是地壳中各种化合物存在的最基本形态（并非最终形态）。但是自然界中的化合物若仅停留在矿物的状态上，那么，人类寻找起来，也许比淘金还要难。矿物只有集合成矿床并达到一定的工业品位时，人类才有可能通过开采而大量获得。因此，**从人类利用矿物的角度看，没有这一步，人类的文明将永远无法启动**。那么，矿物是怎样变为矿床的呢？总的来说，这是一个非常复杂而又漫长的地质过程。具体说，可分为三大“作业线”，即岩浆作用（形成内生矿床），沉积作用（形成外生矿床）和变质作用（形成变质矿床）。这三种过程，有时单独进行，但更多的是两种或三种过程以累进的方式进行。我们不是地质学家，也不是矿床学家，无力也无必要对这些过程进行详细的论述。从文明起源的角度看，我们仅谈一下其中最重要的一个概念，即富集与迁移。

富集与迁移是从矿物到矿床的主要形成途径，在上述三个地质过程中都存在。具体说就是，分散在岩浆、岩石风化物中的同一种或同几种有用化合物或有用元素（即成矿物质），在一定的地质作用下，通过一定的载体（岩浆本身、含矿气体、热液、水流和风等）往一处集中或迁移。只有这样，在某个空间范围内才能形成具有一定规模和一定工业品位的矿床。这种富集和迁移过程非常复杂，但总的来说可认为是成矿物质在某种地质作用下，按某种物质运动规律或形态变化规律而进行的。

如熔点高的先结晶，熔点低的后结晶，比重大的先下沉，比重小的后下沉。于是先结晶的或比重大的有用矿物便富集迁移到一起，并逐步形成矿床。因此，这实质上是通过载体按化合物自身不同的物理或化学性质进行的自然分类聚集过程。由于上述三大地质作用的过程机理不同，因而这一自然分类的具体表现形式和出现规模也不相同。在岩浆活动中，富集是形成矿床的主要形式。在沉积作用中，有用元素或有用矿物在外力（水流和风力）作用下，经过迁移而富集成矿，如金矿等。在变质作用中，也有矿物的富集作用发生，但变

质作用本身也可造就出新矿床，如砂岩变质成石英岩，页岩变质成片岩、板岩，以及石灰岩变成大理岩等。

总的来说，富集作用相当复杂。各种地质条件的形成和各种地质作用的发生，在时空上都环环相扣。我们通过书本可以大体了解这一过程（例如专门了解石油天然气的形成过程），但如果要完全彻底弄清楚（例如岩浆作用下矿产的形成过程），恐怕尚非人类目前水平所能及，何况这个过程如要逐步将成因分解下去，也可能难以穷尽。

**本节要点：**

- 矿床形成的机理；
- 矿床形成的意义。

## 关于成矿的深度

上面我们谈了成矿的三大地质作用，而富集和迁移又是这三大地质作用中的主要成矿途径。从空间上看，这些作用除一部分发生在地表附近外，大都发生在地下深处[①]，深度可达几千米乃至上万米。如果自然界的成矿作用仅停留在这一步，那么，即使大量矿产形成了，由于深埋地下，不但早期人类无法利用，现代人类也难以开采。于是，从人类文明起源与发展的角度看，**大自然在成矿过程中又迈出了关键的第二步，即通过各种地质作用又将深层形成的矿床上升到地表附近**。对这一现象我们可以称之为矿产的深层形成而浅层储藏（当然不是说深层就没有矿了）。

[①] 从道理上说，成矿物质可在地表以下任何深度上形成，但其中深层的成矿作用已日益被当今的科学家所注意，因为它是成矿的主要作用。

先谈矿产的深层形成。举例说，煤的形成有三大要素，即压力、温度和时间，且一定程度上作用力度越大，效果越好。科学家认为，压力主要来自煤层以上的地层重量，厚度在千米以上，甚至可达 4000 多米，同时，温度也随地深而增加，时间由几百万年至上亿年不等。

在距今约 3 亿年前的石炭纪，浅水域或沼泽地中大量的蕨类林木倒下后，先是经过沉积作用缓慢地埋入地下，同时由于细菌的参与，树木在水下随之逐渐腐烂分解，而只有较坚硬的成分如木质素、纤维素以及其他的稳定组分（如角质层）等保留下来。这些物质在生物化学的继续作用下，转变为泥炭。随着盆地继续下沉，上复沉积物不断加厚，泥炭趋于密实，碳的含量逐渐增加，由此

进一步转变为褐煤。褐煤在高温高压下又转变为烟煤。烟煤在更高的温度和更大的压力下，历经2亿年以上，进一步分解压缩密实而变为优质无烟煤。因此，煤、石油、天然气这些有机矿床都是在地层深处形成，且都位于沉积岩地层中。因为只有达到一定的地下深度，才能产生高压高温作用，促使有机物压缩分解和转化。当然，地壳运动或岩浆活动也会产生高温高压，帮助有机物转化成为矿床。除有机矿床的形成需要一定深度外，由于岩浆作用和变质作用大都是来源于地下深部，因此，它们的成矿作用也往往发生在深部地层。因此，总的来说，矿床的形成大都发生在地下深部。地表附近形成的矿床也有，但不占主要部分。

实际上，煤炭形成的几率极小。这是因为由森林变成煤炭的过程太复杂，条件太苛刻。大自然似乎只能以极其漫长的时间在有限的陆地上形成异常宏量的林木来产生全球的煤炭储量。这就是晚古生代以来的浩瀚森林。再晚了，绝对不行，因为煤炭形成总需要1亿～2亿年，时间越长越好。

石油的成因目前尚不如煤炭成因那样肯定。生物成因说是主流观点，无机成因说则认为石油是地壳运动形成的，可解释生物成因说中某些难以解释的问题。

那么，什么叫浅层储藏呢？这意思是人类今天所开采的矿床大都位于地表附近。譬如，美国的煤矿埋深大都浅于400米，中国煤矿埋深大都浅于600米。世界上还有不少煤矿是露天开采的，也有不少地区的煤层则完全裸露在地面之上。世界上的金属矿也一般浅于700米。总的来看，全世界金属矿物的开采量，露天开采占大部分；而对铁矿而言，露天开采则占绝大部分。

地层深处形成的矿床又怎能上升到地表附近呢？这有两种原因。有的矿床本来就是在地表附近形成的。例如岩浆活动上升到地表附近对围岩引起变质作用后，可生成含有铁、铜、锡、铅、锌等各种金属的矿床，称为矽卡岩（skarn）。但更多的情况是由于地壳运动造成的。当地壳做上升运动时可使岩层隆起。当地壳做水平运动时往往形成地质上称之为褶皱的现象（顾名思义，褶皱就是地壳受力后发生上下弯曲变形。世界上许多高山都属于褶皱山系）。通过上述缓慢的地质作用，使原先平坦的地面向上隆起，隆起的地面容易遭受风化剥蚀。久而久之，如果下面深处有矿床，则矿床上部的岩层经风力或水力的搬运作用后而逐渐变薄，因而使矿床接近地面。这里，风化作用是关键（前面谈了许多风化作用的意义，这又是很重要的一个），地壳运动只不过为风化与搬运作用创造出有利的地质地形条件而已。当然，上述地壳运动同时也往往是成矿作用的一部分。此外，矿物在地质作用下还可做大规模的集中迁移。

我们常说，高山上可以找到亿万年前海底所形成的矿物。为什么呢？这是由一系列地质作用形成的。首先是当大洋深处的洋中脊两侧板块不断开裂时*，岩浆上涌，通过温度高达300～350摄氏度海水的参与，将地壳内的矿物带出并沉积在宽阔的海底上形成海底金属矿床**。海底扩张时，大洋板块又将这些矿床越洋带至大陆边缘深层。再遇到地壳运动和火山活动时，这些金属矿床又被重新熔化并随地质作用上升到地表附近。于是，人们可以在山区找到亿万年前在海底所形成的矿物。矿床正是通过以上种种地质作用来到了地表附近。但这并不意味着地层深处就没有矿床了。譬如说，上千米以下仍有煤。因此，我们只能说，地质作用只是将原本位于深层的部分矿给予重新分布调整，使地表附近的地层内也有了矿床。而这一点在客观上恰恰为早期人类文明的启动提供了必要的条件。

至于石油、天然气为何埋藏较深，那是因为生成油气所需的地质条件与煤相比要复杂严格得多。不但要使油气生成还要使油气能够有效地储存起来，即必须要有一个地质上称之为圈闭(trap)的地质条件，顾名思义，即从四周将其封闭起来。因此，油气田不但要四周封闭，而且顶层岩石还必须有相当的厚度(深度)和不透气性，这样才能形成压力并防止油气外逸。当然，在漫长的地质年代中，经过地壳运动和风化作用，有的天然气可能泄漏掉了。但保存下来的，必然有相当好的圈闭条件。油气的深层储藏从人类文明起源与发展上看，还有另一层重要含义。这一点我们在下一章将详细讨论。

**本节要点：**

- 矿床深度与开采的关系；
- 矿床“升”至地表附近的重大意义。

## 成矿的时间问题

一般说，地球上很少有一个矿床是一次成形，然后原封不动地历经亿万年而一直保存至今，供人类开采使用。实际上，大多数矿床同一切自然因素的形成一样，也是由少到多，从简单到复杂经多种成矿作用逐步形成的。科学家认为，成矿作用很可能从地球之初便已开始启动，以后又陆续不断发生。这里要讲清一个概念。我们说，煤层多形成于石炭纪等，这并非说，在石炭纪某个煤层的煤就已经形成了，而是指煤层所在地层的地质年代。上面说过，煤的形成

---

* 参阅“中生代”一节。

** 参阅“海水盐度的演化过程”一节。

总需要经过千万年上亿年的时间，因此，石炭纪埋下的成煤原料（大量的蕨类森林的躯干），要到上亿年后才趋于成熟。其他矿床的时间概念也一样。那么，地球上的矿藏在时间历程上究竟是怎样走过来的呢？应该说，这在很大程度上仍然是个谜，而且其研究的难度比“有古可考”的生物进化研究要更大。

科学上一般认为，成矿作用是与地壳演化同步进行，因而矿藏也是地壳演化的产物。成矿作用在时间上的一个基本特点是继承性（metallogenic heritage），这一点与生物进化有点类似，即一切并非凭空而来。新矿的出现往往是建立在老矿的基础上，即后者是继承前者的。这样不断下来，不但数量增多，还会叠加出多种矿床。因而，这是一个由贫到富，由分散到集中，由单一到多种的过程。

总的来说，我们可以认为，随着地壳的演化，在三大地质作用下，地层中不断产生成矿的物质形态或说是“种子”。在几十亿年后，有的成熟了，有的还在成熟，当然也有的半途而废。达尔文认为，今天世界上多姿多态的生物系统最初都是由一种或少数几种最简单最原始的微小生命体进化而来。这个生物进化没有几十亿年的时间绝无法完成。这里，我们同样也可以说，今天丰富多样的地下宝藏也都是由地球之初的各种化合物伴随着几十亿年的地壳演化而逐渐形成。**没有这样一个极其漫长的时间及在这一时间内所完成的一系列地质作用，今天的地下矿藏同样也无法形成。**因此，地球上的这两大过程，似有逻辑上的共同之处。具有重大意义的是，这两个独立并行的自然过程（有机矿床虽然是以生物体作原料，但一旦埋入地下后，成矿作用便独立于生物进化而单独进行了），其“完成”时间相当合拍。正是这二者的合拍，才为后来的人类文明起源与发展创造了必不可少的自然背景。

以上讨论的是与矿藏有关的自然因素。这些因素显然为人类文明的起源与发展所必不可少，但与地球上最初生命的诞生却没有什么关系，因而其存在意义是十分明显的。下面我们再顺便谈一下有关地球上化学元素的来源问题，因为这是形成矿物矿床和万物的物质基础（这方面，本书结尾还要细谈）。

地球作为一个宇宙中的文明星球，化学元素齐全是个先决条件。元素种类稀少，又怎能发展文明呢？恐怕连生命也无法诞生。这个道理很明显。但我们要进一步问地球上这么丰富齐全的元素从何而来呢？这是一个目前尚难以确切回答的问题，因为这涉及太阳系起源与地球诞生这些至今科学上尚未完全解开的自然之谜。但我们从推测上大概可以说，目前地球上所拥有的各种元素可能是由太阳系的部分和后来地球自身的演化部分这二者共同组成。这当然只能是概念上的分析而无法从量上确定。在太阳系所有的天体中，完全由无机盐固体组成的除地球外尚有水星、金星和火星，人们常称之为类地行

星或岩石行星，另外尚有一些卫星，如月球，火星的两颗卫星等。其余众多的行星是由何种元素组成，目前尚不明确。就上述已知的固体天体而言，它们也可能都拥有和地球一样齐全的化学元素，但由于大家的演化经历不同，因而这些元素的含量比例很可能各不相同，即一个天体一个样。这里，幸运的是地球不但拥有宇宙中已知的一切自然元素而且含量比例适当，存在形式和布局合理，从而为后来的地壳形成与有用矿物的形成提供了良好的物质基础。

**本节要点：**

- 地球从元素化合物到矿物到矿床到一定的埋藏深度是一个极其漫长的演化过程；从人类文明起源的角度上看，有着极其深刻的含义。

## 7.5 两条物质链——文明进步的阶梯

根据上节所说，矿物变成矿床，同时又移到地面附近，这样，早期人类就可以肯定无疑地利用矿物了吗？答案可能是未必。因为人类文明的启动远非这么简单。我们绝不能以今天的目光来思考发生在数万年前的事。可以设想，上万年前的人类对矿物一无所知，即使把矿物摆到他们面前千百次，也肯定不会利用。**人类的知识从来都是从无到有，从少到多一点一滴逐代积累起来的。**人类对矿物的认识同样也要有这么一个漫长而渐进的过程。因此，从人类利用矿物的角度看，**大自然又迈出了关键的第三步，即对能源和金属这两条基本物质链，做了像阶梯一样的安排设置。**借此，人类就可以由简单到复杂，由易得到难得，逐步学会了对能源和金属的利用，从而最终启动了人类文明的发展。

这里，我们再一次想到了孔子的话："天何言哉！"真是说得太深刻了！

自从人类学会了利用能源和金属之后，人类就可以用火来制陶、冶炼。在制造出来锋利坚韧的金属器具之后，便进而制造出各种各样的木器如纺车以及建造房屋等。因此，这两条基本物质链就像两根拄棍一样，支撑着人类文明的发展，直到现代文明的出现。

### 能源物质链

我们前面讨论过了火的两重性，易得性和广泛的可用性。对原始人类而言，火的两重性毫无疑问是建立在当时唯一的燃料——植物的基础之上。因此，如果我们称火为人类文明之父，那么植物就可比做文明之母了。

人类的燃料始于柴草，但何时开始学会使用木炭，则无从考证。很可能是新石器时代。木柴是植物中最耐烧的部分，而木炭又是木材的精华。因此，以

木炭为燃料是人类在燃烧技术上的一大进步。

人类大约在50万年前开始懂得了火的某些用途，9000—10000年前学会了自己取火（山顶洞人为18000年前）。最初的办法是钻木取火或燧石取火。人类自从学会自己取火之后，一下子方便多了。火成了人类生活中无处不在的“仆人”。人们可以用火来烧饭、取暖，可用来驱赶野兽（除人以外，几乎所有的动物都怕火），野兽捕猎多了，便发现了牛马等这些食草动物原是可以驯化的。于是人类开始学着自养动物。现在一般认为，人类饲养牛马的最早记录大约为8000年前到4000年前。

> 牛进入人类生活有可能远早于马，这是从各种文化遗址的发现中得出的印象。至少在中国，牛骨大约在7000多年前，甚至更早，遗址中便有发现，而马则直到4000多年前才有较多的发现。但马早在10000多年前的岩画中便有，近8000年前的个别遗址中也有马骨。这究竟是来自猎物还是饲养，很难说清。一般理解，马应与牛“同时”进入人类生活。马实际比牛更为驯服，说马比牛晚“到”几千年，很难令人理解。

人类用了大约40多万年的火，尚以牛马为敌，但学会钻木取火后便成了朋友。可见人类与牛马的初识是源于对火的广泛利用。牛马进入人类生活之后，很快便成了人类最好的助手，而这种关系是以牛马的生物能为基础的。它们既是人类的交通和运输工具又是耕作中的畜力。人类在使用牛马之前，我们简直无法想像早在8000—10000年前，人类制陶之初，是如何运输大量黏土的。当时人类除有点兽皮外，并无任何其他可供包装的物品。人类大约早在数万年前就会用树皮搓成绳子。有了牛马之后，人类的搓绳和制陶技巧已达到相当高的水平。可以想像，人类当时可以用牛马、树皮绳兽皮绳，以及陶器等来加大运输能力。有了牛马之后，人类的活动范围也大大扩展。骑上马跑出去很远，当天就可以回来。但据说人类学会骑马是后来的事。不管怎样，人类自从以马作为交通工具之后，视野大为开阔。于是人类在2000多年前，发现了煤并开始利用。

煤的发热量远大于柴草和木炭，但难以大量开采。煤直到三四百年前才较为广泛地利用（图7-6），200多年前才大规模地开采。如果我们将19世纪视为人类由手工业转向工业化的关键100年，那么，我们根本无法设想仅用柴草和木炭便可完成这一转变并进而完成后来的工业化道路。实际上，煤在这一阶段起了不可取代的伟大作用。在此以前，人类发现并利用煤已长达近2000年之久，但是当时煤除用来炼制产量不多的生铁熟铁之外，似乎并没有充分行使其自然使命。工业革命（或称产业革命）使煤开始真正进入了自然角色。煤不但发热量远大于柴草木炭，而且分布广泛，开采运输也不是太困难。

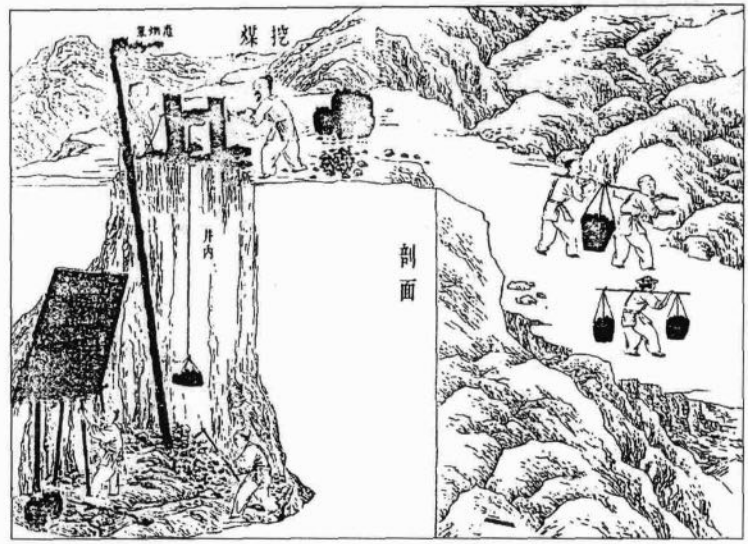



图 7-6 中国古代采煤图

《天工开物》(宋应星,公元 1587—1664 年)

即使在一两千年以前,采煤运煤也并非难不可及的事,只不过是个规模问题罢了。人类在煤的帮助下初步完成了工业化之后,再发展,由于煤自身的热效率限制,就显得无能为力了。于是,人们利用在工业化中所涌现出来的新工具——机器,通过钻探,终于发现了近代最高效的燃料——石油。

石油一开始是在地下寻找盐水中偶然发现的。1859 年 8 月,在美国东部用钻机打了一口仅约 21 米深的井,原说找盐水,但隔了许久却慢慢流出一种深棕色的黏稠液体(也很巧,附近再深的井也没有油)。这就是世界上第一口石油井。在此以前,人们早就知道石油的存在,但并非产自油井。

人类有了石油后,如虎添翼,文明水平急速提高。飞机是在 20 世纪初诞生的,但在此之前,人们做过许多飞行器,都失败了。1884 年,人们造出了第一架飞机,但以蒸汽机为动力,当然要失败。原因是蒸汽机相对于发出的功率而言,过于笨重。20 世纪初,有了汽油发动机之后(1903 年美国莱特兄弟(Orville Wright and Wilbur)以 12 马力的汽油发动机,首次试飞成功),人类几千年来的梦想才得以实现。

现在,从天上到地上,从陆上到海上,如果没有石油做动力,整个世界的运转几乎都要停顿下来。石油的热效率远远超过煤炭。如此高效的燃料,人类为何很晚才发现呢?原因是石油一般埋藏很深,三四千米的深度是常事。另

外，油田一般都伴有高压天然气。工业发展不达到一定水平是无法克服以上两点困难的（图 7-7）。但是，从另一个角度看，这又是一件好事。如果石油可以轻而易得，那么，这种极其宝贵的燃料，岂不是早在人类工业化之前的几千年里便已挖取殆尽吗？若如此，人类工业化之后的能源出路又何在呢？

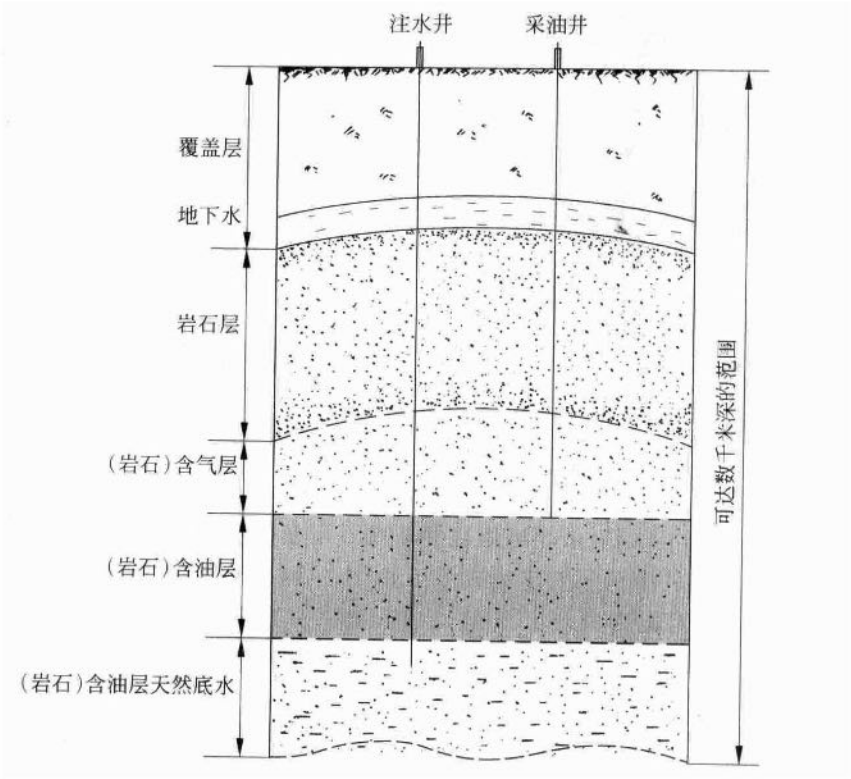



图 7-7　注水采油简化示意图（无比例）

注水以保持油层压力提高采收率，现代采油都是采油开始即注水开始。

要知道，石油并非单纯的高效能源，而且也是用途十分广泛的工业制品原料。石油化学工业的发展，除可提供汽油、柴油、沥青及其他副产品之外，还可衍生出大量塑料制品、人造纤维和合成橡胶等，而且今后的花样品种还要继续增加，几乎可以涵盖人类的衣食住行方方面面，质地也更加优良。这样一种神奇的天然原料，若能够轻而易得，则后果不堪设想。但科学家估计，以目前全世界的石油消耗速度而言，自然界的石油储量顶多还可供人类使用 100 年。那么，石油之后呢？当属近几十年兴起的天然气（以甲烷为主，$CH_4$）。天然气在全世界的储量十分可观，可帮助石油将人类对天然能源的使用期再延长 100

年。那么，再往后呢？一方面随着人类开发能力的提高，过去认为无法利用的油气田可以进一步开采，另一方面随着开发能力的提高，也可能发现新的能源。

近年来，科学家认为海底深处还存有数量极大的水合甲烷，现称为可燃冰。其生成原因可能是源于地球之初大气中的大量甲烷，后来被纳入地壳之中。其覆盖面可能遍及大洋下部地层。而藏在1000米深海海底的甲烷，由于低温(4摄氏度)和高压(100个大气压以上)的常年作用，逐渐形成冰状。但可燃冰的开采难度极大。一方面由于水深不易操作，另一方面极容易气化。如大量逃逸到空气中，对环境极为不利[①]。有的科学家估计，全球可燃冰的总储量可能要超过世界上煤油气三者储量的总和。果然如此，人类在几十年海底采油的丰富经验的基础上，肯定会有办法将其制服，为人类文明发展提供源源不断的新能源。

[①]空气中混有5%～14%甲烷时，遇火就会爆炸。另外甲烷还是一种红外线吸收气体，温室效应是二氧化碳的20余倍，全球大气中甲烷稍有增加，同样可导致温室效应。

但是，总有一天，地球上的各种天然有机能源将会全部耗尽，人类又当该怎样呢？我们说，以今日科学发展的速度来看，在数百年乃至上千年天然有机能源耗尽之后，人类的科学水平将发达到不可思议的程度。到那时，人类可能早已脱离了大自然对人类的"哺乳期"，进入浩瀚的太空。能源可能已不再是制约人类飞速发展的一个因素了。

以上介绍的便是对人类而言，在自然界中所存在的能源物质链。下面我们继续从人类文明起源与发展的观点出发，来全面理解这一基本物质链存在的必要性或存在的价值。

如果我们把近代文明的浮现时间定位为200多年前，那么，人类在此前数千年乃至上万年的文明发展过程均可视为这一近代文明出现前的孕育期，而支持这一孕育期的能源材料是柴草木炭和牛马。煤炭虽然早在2000多年前便已开始使用，但由于埋藏较深(裸露地面和浅层煤层并不多)，所以人类对煤的利用，在规模上一直不如柴草广泛，在整个孕育期中并非能源主角。木炭的作用是显而易见的，是整个孕育期中的主要能源材料之一。无须多述。这里让我们重点讨论一下畜力的巨大作用问题，因为人们常常对此有些认识不足。

牛马作为生物能于4000—8000年前进入人类生活之后，它们在整个孕育期内所发挥的巨大作用，我们无论如何评价都不为过。牛马与其说是一种畜力，倒不如说是以生物能为动力、具有多种用途、得心应手的活工具*(工具一

---

* 参阅"丰富多彩的生态系统"一节。

词不太恰当，但只能这样用）（图 7-8）。

图 7-8　辽宁辽阳汉墓壁画“车马出行图”

壁画上充分显示，马在人类文明发展过程中，有着不可取代的作用，骑用、拉车皆可。

牛马的体力与耐力均远远超过了人体自身。马的奔跑速度和一口气能跑下来的距离绝非人力可比。牛马不但具有巨大的畜力，而且能适应各种地理气候环境。无论是高纬度地区还是低纬度地区，无论是山区还是平原，都有它们的踪迹。它们的食物也是简单得无法再简单了，即杂草，而且干青皆可。不像恐龙那样专吃鲜嫩树叶，一旦失去了这一环境，恐龙也就消失了。杂草在植物界最为进化，生命力最顽强，除南极洲外遍及各大洲。牛马不论走出多远，无论是春夏秋冬，“吃饭”大概都不成问题。牛马不但在能量新陈代谢方面有上述优势，更令人赞叹的是牛马的体型和性格也非常合乎人类的需要。马的身高体长经人类长时间选择优化后，品种齐全，非常适合人类骑用[①]。同样，牛短脖短腿，很适合拉犁。牛马的性格非常驯服，且总是忠实于自己的主人。正因为有上述优点，因此牛马在交通运输、耕种和大量的作坊活计上起到了任何其他自然因素所起不到的作用，非常得力（图 7-9）。

[①]但马镫却很晚才发明。最初是一只，到了大约 1700 年前，才开始使用一对马镫。同样，马肩套和马蹄铁大概直到 10 世纪才出现，使马的出力大大提高。

古代人们要进行长距离的通信，唯一的办法便是骑马快跑。如果是上千里路则只能换马快跑。人们出门要坐车，运输物资要用车，尽管车的制造工艺不断提高，但其动力却始终是牛马。汽车、火车作为近代普遍使用的交通运输工具，其历史不过百年，而在此前七八千年的孕育期内，运输与交通除少量靠人力外，主要靠牛马。在这七八千年里，我们无法想像人类在几百公里内传递

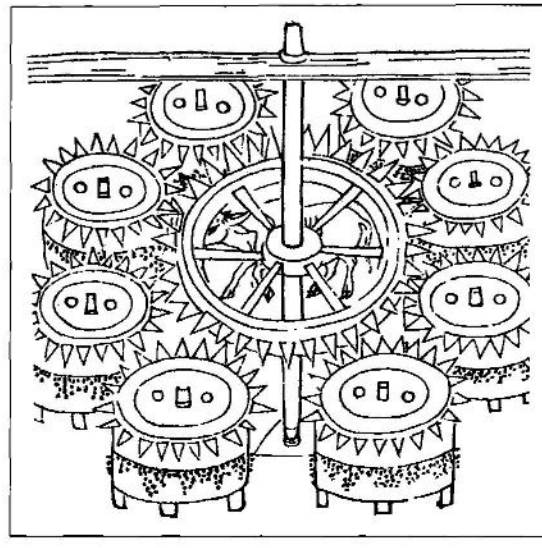


图 7-9 《农书》中的磨链(公元 1313 年)

信息会全靠双脚去跑,也无法想像人类进入金属时代之后,大量手工业作坊所需的燃料和原料以及成品输运等全靠人的双手去完成。

总之,我们根本无法设想,人类没有牛马等的帮助,能从木炭时代直接进入汽车、火车时代。不可能!**因此,我们应将牛马视为人类在全部孕育期内的一个必不可少的自然因素,是机器出现前,人类在交通运输方面一个必不可少的过渡工具。没有这个过渡,人类的近代文明孕育期就可能无法完成。这个过渡也完全符合自然界中循序渐进法则。**自然界不可能再出现某种比牛马等更好的畜力了。所以,从人类文明起源与发展的观点看;自然界所存在的能源基本物质链如图 7-10 所示:

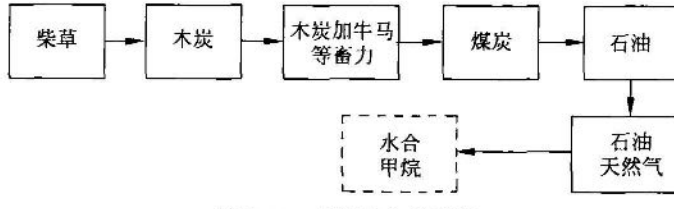



图 7-10 能源基本物质链

以上框内所示是指不经转换的可直接利用能源,代表一个时期的燃料主角,并不排斥其他燃料的应用。例如,直到今天,柴草仍然是世界上许多偏远地区的主要燃料。

下面我们再从两方面来进一步讨论这一物质链，一是热效率，二是开发难度。

关于热效率，我们可用单位体积燃料的发热量来考虑。因为从人类使用燃料的角度上看，任何燃料都要受到容器体积的限制。一个容器内（如炉子）如果装入同样体积的不同种燃料，那么，发热量大的热效率就高，人们利用起来就会感到方便有效。从燃烧的化学元素看，以上各框内的燃料都含有碳和氢，这一点是共同的。但由于各种燃料的化学结构不同，自然存在状态不同，所以热效率差别很大。总的来说，从柴草到煤，它们都源于植物即碳水化合物，燃烧的主要成分都是碳（C）。柴草本身密度最小，质地轻，因此热效率最低。木炭和煤炭化学成分相差不多。木炭主要是无定形碳，煤则还含有较多的氢、氧和氮。但木炭质地很轻，多孔（常用于过滤），远不如煤的密度大。因此，煤的热效率要远高于木炭。再往下是石油和天然气。它们都属于碳氢化合物（$CH_4$）。纯甲烷的燃烧热为纯炭的2.26倍（即高出1.26倍），因此，碳氢化合物的热效率最高（碳与氢均参加燃烧）。又因石油的纯度不如天然气高，因此，二者相比，天然气的热效率最高。而水合甲烷又是固体的天然气（含水），故应该说，水合甲烷是目前已发现的能源物质链中热效率最高的燃料。

关于开采的难度。柴草几乎到处皆是，对远古人类而言，十分方便。木炭是木质加工而成。因此，不存在开采问题。煤从地面到地下浅层再到深层都有，只是数量不同，因此，对古代人而言，采煤并非难不可及的事。石油与天然气则一定要工业化之后才能开采。当然，工业化之后，对煤也可以大量深层开采。水合甲烷到目前人类尚未开发利用，但其开发难度肯定要比油气更大。

综合以上两点，我们可以明显地看出，能源基本物质链的安排顺序是以“易得、用途少，到难得、用途大”为原则。人类几千年上万年来的自然燃料利用史正是这样发展过来的。如果这一链中缺乏任何一环（包括牛马在内），或者是做任意一种颠倒，譬如对煤与石油的埋藏深度予以颠倒，则人类这个燃料利用史将无法完成，也即孕育期无法完成。

以上的讨论便是自然界中存在的能源基本物质链及其对人类文明起源与发展的意义。

**本节要点：**

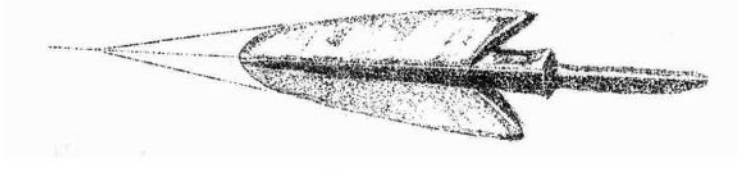
- 牛马是早期人类必不可少的可用生物能；
- 能源物质链的排列顺序，以及与文明起源发展之间的内在关系；
- 各种能源物质的存在状态与其热力参数之间的合理关系。

## 金属物质链

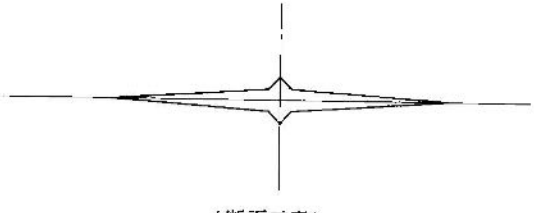
人类究竟何时开始有了金属概念，无从考证。前面说过，人类对于金属的

最初认识很可能是始于某些制陶操作过程。由于偶尔将某种矿石放入窑内，高温下，易熔的金属如铅锡等先行熔化出来。于是人们在取窑时看到了一些色泽明亮的新鲜东西，从而产生了好奇心。久而久之，随意识到这是一种来自某种特殊岩石的新玩意儿。这就可能导致人类有目的的采烧行为。于是，金属的概念便逐渐形成了。这个过程当然不是几年，很可能是上千年。因为人类从彩陶到青铜，共用了 1000～2000 年，而彩陶的最初颜色可能是来自褐铁矿和赤铁矿。

从世界范围看，人类最早使用的金属是大约 5000 多年前的铜。原因很简单，因为作为一种工具金属而言，铜的分布较广，熔点最低（纯铜熔点为 1083 摄氏度）。以世界四大文明古国之一的中国为例，在大约 4000 年前进入铜器时代，在此后的 2000 年里，中国的铜器制造技术已达到了很高的水平。铜器在社会上也较普及，不但是生活中的常用品，也是制造武器的主要原料。例如，早在 3600 年前，中国就有了青铜做成的箭头叫做镞（图 7-11）。形成于同一时期内，在江西省新干县大洋洲出土的虎耳扁足铜圆鼎（公元前 16 世纪或稍后），制造工艺相当精湛，上面有许多凸出的花饰图等（图 7-12）。



镞（音 Zu）



（断面示意）

图 7-11　铜镞，即箭头，大约制造于 3600 年前

我们完全可以想像原来的铜镞有着锋利的尖，两侧有刃，如图所示，说明当时的青铜工艺已有相当水平，但在 3000 多年中均已锈蚀。这种锐器可做箭头，也可固定在长竿上，要远比石器有效。

再往后，在湖北随县曾侯乙墓中出土的公元前 475—公元前 221 年的编

钟（图 7-13），更令人不可思议。不但整个造型相当复杂而且还有优美准确的演奏功能。到了 2000 多年前，铜器制造水平已达到了近乎完美的程度。如 1968 年在河北满城县出土的公元前 206--公元 8 年的鸟篆文铜壶，造型十分精致典雅，质地纯正，可与现代铜器媲美（图 7-14）。

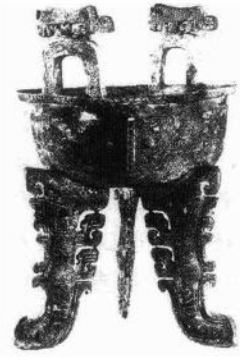


图 7-12　虎耳扁足铜圆鼎

图 7-13　编钟

中国湖北。编钟成组（画面只两个），共出土 65 件，最大的高 153.4 厘米，最小的高 20.4 厘米，总重约 2.5 吨。

铜器时代历经 2000 年后，大约在 3000 年前到 2000 年前，逐渐让位于铁器时代。铁器比铜器具有明显的优点，坚硬、锋利，强度大。许多用铜器做不到或做不好的事，如砍伐、耕地等这些日常重体力劳动，用铁器做起来就省力得多。此外，自然界中铁矿的分布比铜矿要广。铁有这么多优点为什么比铜的应用要晚 2000 年呢？其唯一的原因就是铁的熔点高（纯铁熔点为 1535 摄氏度），几乎为铜熔点的 1.5 倍。因此，只有人类能制造出更高的温度时，才能熔化铁矿，制造铁器。

图 7-14　鸟篆文铜壶

中国大约在 2500 年前开始进入了铁器时代（图 7-15，图 7-16），并“很快”知道了铁在锻造中可以有生铁与熟铁之分[①]。钢的出现则是很晚的事，但却使人类的文明进程向前迈了一大步。正是钢和铁才一直有力地支持着人类后期文明的发展，是整个孕育期的关键阶段。没有钢铁，就没有工业化。钢铁及其多种合金把人类的文明推向了空前的高峰。

图 7-15　中国古代淘洗铁砂

《天工开物》(宋应星，公元 1587－1664 年)

图 7-16　中国古代铸造

《天工开物》(宋应星，公元 1587—1664 年)

① 生铁含碳量为2%～4.3%，钢的含碳量为0.3%～0.6%，所谓熟铁（wrought iron）亦称锻铁，含碳量低于0.15%。

但进入20世纪下半叶，当人类将目光投向太空和深海时，钢铁材料就显得越来越不适应。首先，钢铁相对于其强度而言过于笨重，无形中增加了对动力的需求。其次，钢铁耐腐蚀、耐摩擦、耐高温的性能较差，在恶劣的环境条件下，设备不耐久，会影响运行安全。再次，通过2000年的实践，人类通过各种合金方式，已将钢铁的应用潜力几乎挖尽，不会再有什么新的奇迹出现了。这种情况下，一种新的金属随着人类工业化水平的空前提高便应运而生。这就是大名鼎鼎的钛。

钛在目前人类已使用的几十种金属中是最理想的一种。其所以姗姗来迟主要是因为钛的冶炼难度远超过钢铁。钛的熔点（1660摄氏度）略高于铁，但这不是主要问题。冶炼钛的困难在于高温时它极易与氮、硫、碳等元素结合，形成杂质而影响其优良性能。因此，提炼纯钛非常困难。人类花了上百年时间才寻找到解放钛这个“巨人”的方法，使之为太空深海时代服务。大自然为人类提供的基本物质链就是这样，越有用的东西，想获得就越困难。这一点就如同石油天然气一样，如果倒过来，便“天下大乱”了。

钛的熔点稍高，密度较小（4.5克/立方厘米），但强度很高，钢的强度高，但密度也大，为7.9克/立方厘米；铝的密度小，为2.7克/立方厘米，但强度也低。因此，钛具有钢铝二者的优点。钛不活泼，即使加热到500～600摄氏度，也不与空气中的氧发生反应。这是因为钛表面已经钝化（一种氧化物薄膜）的缘故。常温下，钛不被稀盐酸、稀硫酸、硝酸或稀碱液腐蚀，因而对海水的耐腐蚀力特强。钛还有一个大优点，即容易与常见金属熔成合金，并能在高温、低温甚至超低温下仍然保持其良好的机械性能。钛与镍的合金还具有能记住原来形状的神奇性能。用这种合金制成的部件，无论将其改变成什么样子，也不管过多长时间，只要给它一定的温度条件，部件就可恢复原设计的形状。在飞船上，缩成一团的天线可以很容易展开复原。钛镍合金在医疗上也有很多用途。“钛”的外文名字叫“泰坦”（Titan），是古希腊神话中泰坦神的意思。泰坦是想像中的一位力大无比的巨人。钛金属在人类未来的文明发展中具有无比宽广的前途。在元素周期表中，钛可能是在人类文明发展中性能最好、相对而言存在最多的一种金属了。在自然界里钛主要以金红石（$TiO_2$）和钛铁矿（$FeTiO_3$）的形式存在。中国盛产钛铁矿。

综上所述，如果我们再考虑到人类发现金属是借助于制陶的高温，而制陶又源于人类对石器与火的综合利用（这一点后面将详细讨论），那么，人类对金属的利用及其前奏，可归纳如下：

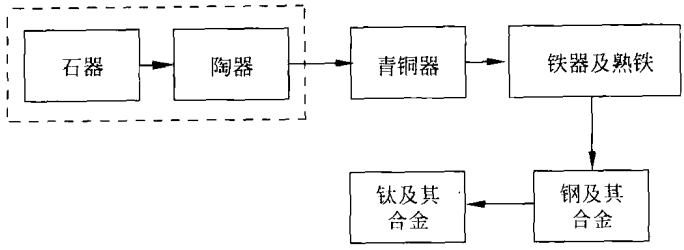



图 7-17 金属基本物质链

对这一过程，我们同样也可将其视为一个基本物质链（图 7-17）。如同能源基本物质链一样，金属物质链实际上也是反映了人类利用金属的发展过程。其顺序也一般是从易得、用途少，向难得、用途多过渡，而且这个顺序同样也绝对无法颠倒。我们无法设想最难得的反而用途最少。若如此，人类也就没有必要去研究了，文明发展也就停止了。看来这是一条自然法则。

同能源物质链的讨论一样，下面我们再进一步对金属物质链存在的必要性进行讨论，不过在这一讨论中，我们还可以把已讨论过的能源物质链的作用，也加入进去，从而使讨论更有说服力。

人类最初的燃料是柴草，后来发展为木炭。那么，在人类文明的历程中，铜最初是怎样被熔化的呢？铜的熔点为 1083 摄氏度，5000 年前的人类能够用柴草与木炭来实现并保持这一温度吗？下面让我们来探讨一下这一有趣的问题。

自然铜是自然界中少有的以单质形式出现的矿物之一，但分布不广。早期人类在进入铜器时代之前，即使看到它，也无多大意义。实际上，陆上分布最广的铜是各种与铜有关的共生矿。譬如在中国，铜矿大多数为内生矿床。这种矿往往埋藏较浅，并有铅锡等共生。早期人类可能偶尔将这种矿石无意中放入烧陶的窑内，取窑时发现有些闪闪发光的东西，于是渐渐有了金属的概念。这里，重要的一点是含有杂质的铜矿其熔点要比纯铜低得多[①]。实际上在铜矿的形成过程中常伴生有其他矿物存在，如铅（熔点为 327.5 摄氏度）、锡（231.9 摄氏度）、锌（419.5 摄氏度）、硫（112.8 摄氏度）等。因此，所谓铜矿石，其熔点都要比纯铜低得多。由此可见，我们所说的铜器时代实际上是以含有多种杂质极为粗糙的铜为开始。

[①] 一般来说，纯物质中掺入另一种物质，则原来的物质熔点要降低。例如，冰中加入盐，即冰盐混合物的溶点可降至负 20 多度（摄氏度）。通常说海水“不结冰”就是这个道理。锡铅合金为 170 摄氏度，专门制造的伍德合金熔点仅 70 摄氏度，旧时用做保险丝。

青铜是人类最早使用的“正式”金属，是由铜与锡（或也加入铅）共熔而成。通常锡的比例为1/10。除青铜外还有黄铜，是铜与锌共熔而成。中国出土的3000多年前的铜器无一不是青铜铸成。这里要说明一点的是，即便当时的所谓铜也并非纯铜，仍然含有不少杂质。因而熔点要比纯铜低。即使在今天，从铜矿里直接提炼出来的铜仍含有不少杂质（约占2.3%）。现代的纯铜都是由电解法提炼出来的，纯度可达99.99%。由此可以推想3000多年前所谓铜的纯度了。

这里再简单说一下古代的冶炼温度问题。

冶炼就其物理意义而言是一个热交换过程，既取决于燃料又取决于技术与设备。后者的目的在于控制热量流失。因此，通过改进设备和提高技术可以尽量减少冶炼过程中的热量损失，从而达到提高冶炼温度的目的。早期人类利用木炭做燃料达到1000摄氏度或略超过1000摄氏度是有可能的。以此温度来冶炼铜锡合金完全可以。这就是为什么早期人类以铜为利用金属的开端的缘由。

铁器时代从世界范围讲始于3000多年前。在中国，铁器时代始于2500年前。但在此以前，人类肯定早已接触过铁矿石。赤铁矿（$Fe_2O_3$）和褐铁矿（浸水后的赤铁矿 $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$）是自然界中分布最广的矿物之一，容易还原成铁（还原温度为500～1000摄氏度），而含有杂质的铁，其熔点约为1100摄氏度。因此，我们完全可以想像，最初人类是用木炭，从矿石中提炼出铁的。但这种铁质地硬而脆，似无太大用途。更重要的是由于木炭热效率低，因此，不可能较多地冶炼铁矿石。人类大概只有在以煤为冶炼燃料之后，铁才开始大量生产。

从木炭少量出铁到用煤大量炼铁锻铁，人类可能花了几百年甚至上千年的时间。以中国为例，公元前6世纪已有生铁，隋唐的7世纪，始用煤炼铁，到了14世纪的明代才用焦炭炼铁。在这一过程中，牛马起了很大作用。因为铁矿石和煤都是重物质，远非木炭可比。没有牛马的帮助，铁器时代将难以迅速发展起来。由此可见，陶器时代、铜器时代和铁器时代并非截然分开。前一个阶段所发展起来的高温技术为下一个阶段的到来进行了铺垫。这是一个不断提高高温技术的过程，其中也包括对燃料使用的改进。

科学家通过对古代陶器的分析测定认为，8000年前，人类就可制造出近900摄氏度的高温，6000年前可达950摄氏度，4000年前可略超过1000摄氏度，3000年前可达1200摄氏度。再高不可能了，因为已达到了当时木炭可能达到的最高温度。在这一过程中，人类的制陶技术和炼铜技术日趋完善。铁器时代正是在这样的技术基础上加上对煤的利用而到来的。

**本节要点：**

- 制陶是人类利用金属物质链的前奏；

- 金属物质链的排列顺序以及与文明起源发展之间的内在关系；
- 各种金属冶炼的难度与其用途之间的合理关系。

## 两条基本物质链的关系

通过以上两节讨论，我们从漫长的人类文明起源过程中，从繁杂纷纭的人类历史中，从千头万绪的自然因素中，抽象出来两条基本物质链。**这两条基本物质链不但简要地反映了人类文明起源与发展的历程，而且还说明这个历史完全是以客观自然存在为基础**，乃大自然“导演”而成，从而反映出了大自然的深层内涵。

下面我们将此二链结合起来进行综合讨论。

第一，人类的一切文明实际上都是从这两条基本物质链中衍生出来的，从古到今概莫能外，只不过这种衍生越来越庞大，越来越复杂罢了。衍生的第一个重大成果是制陶。黏土其实也是矿物，因此制陶实际上是人类打开利用金属矿物大门的前奏或序幕。人类首先用黏土与火制出了最初的原始陶器。后来随着高温技术的提高，人类逐步学会了冶炼金属矿石。于是金属工具问世。此后，衍生出来的重大文明成果是对木材的广泛利用。

木工中必不可少的锯相传是2400多年前公输般发明的。公输般即鲁班。有了锯等木工工具，人类就可以建造带有方便门窗的房屋，可以制造较精细的纺车，使人类的纺织技术迅速提高。金属针、剪等代替了骨针骨刀，使人类的衣着向前迈了一大步。有了金属工具，人类还可以在更高的技术水平上和更大的生产规模上制造车、船以及水车风车（水能、风能都是在人类制造出机械以后，才得以利用）（图7-18），还可以改进炊具，打造出金属锅等。总之，随着人类对这两条基本物质链的开发，人类的衣食住行无一不得到迅速提高。再扩大，包括后来的印刷、造纸、火药和指南针，也都是这样衍生和发展起来的。因此，我们完全可以说，开发了这两条基本物质链，其他物质的需求都可迎刃而解，所需的仅仅是人类的智慧和勤劳而已。这也就是为什么我们将上述自然因素称之为基本物质链的缘由所在。没有首先对这两个基本物质链的开发利用，人类的其他一切文明都将无法兴起。

第二，从人类文明启动与发展的角度看，链中的各个自然因素在其自然使命（作用、功能）和存在方式这两点上，彼此是按一定顺序排列的，即**按易得、作用小到难得、作用大**的顺序排列的。这种内在关系当然在人类出现之前就已存在，而且完全符合人类的认识发展过程，**因而也是人类可以逐步接受的一种安排顺序**。这里，我们无法想像人类不经过石器时代而一开始便是陶器时代；

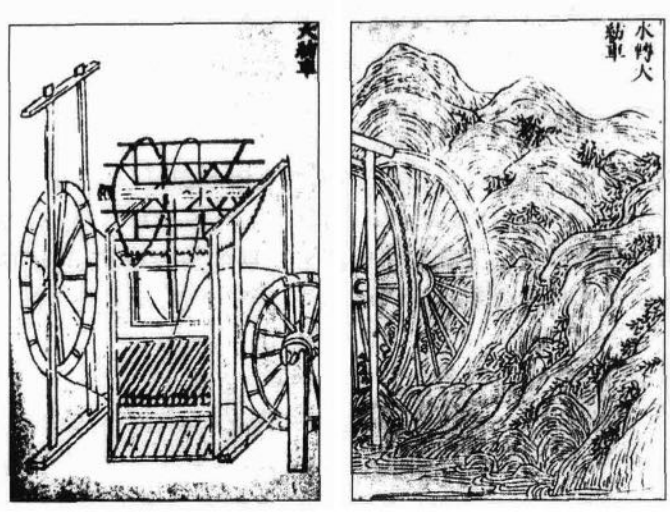



图 7-18 《农书》中的“大纺车”，用水力驱动（公元 1313 年）

更无法想像人类可以越过陶器时代，从石器时代直接跃入金属时代*。

这个顺序不但体现在每条基本物质链上，而且还体现在两条物质链整体上。因为对每个阶段，无论是能源还是金属，它们的作用大小与获得的难易程度都是相互对应的（如木炭只能冶炼铜矿）。其中不能有任何颠倒（如在埋藏深度上）、更动（易位）或缺位。否则人类文明将无法启动与发展。换言之，这些因素虽然杂乱无章地分布在自然界，但它们的参数（即代表功能的种种参数和代表存在状态的种种参数）却是按照人类的开发规律或称认识规律或进步规律排列的。这一点随你怎么看都是毋庸置疑的千真万确的事实。否则，人类的文明将无法启动与发展。因为人类的进步只能是从简单到复杂的过程，而不可能颠倒或凭空出现。

这就是客观自然存在中的顺序渐进性。

第三，自然界中的各个因素貌似杂乱无章，实际上都有秩序。这两条基本物质链及其所包含的种种参数便是这种秩序的一个重要体现。这生动而具体地说明，自然因素的演化实际上是有其“一致性”。而这一点又是具体的而非抽象的，并最终导致人类文明的萌现与发展。这就是我们在下一章所要进一步讨论的课题。

---

* 请参阅“人类原始文明是如何起步的”一节。

**本节要点：**

- 两条基本物质链的含义和功能；
- 两条基本物质链彼此的关系及意义；
- 两条基本物质链所具有的各种存在状态与其性能参数之间的恰当关系及其所体现的自然结构的深刻内涵。

## 7.6 无尽的自然宝库

大自然既然创造了具有智慧和理智的人类，那么发展文明便是一件不可避免的事。以今日人类科学进步的速度与天文变化的时间尺度相比，人类躲过重重灾难，将文明“无止境”地推向遥远的宇宙，并非没有可能。但文明也不能凭空发展，客观上也需要可供人类不断开发利用的物质资源和科学资源（指物质的各种规律、特性与存在形式等）。从这个意义上讲大自然也是一个无尽的自然宝库。

哥白尼相信大自然不会做任何多余之事。哥白尼不愧为一位伟大的科学家，一代人类先进思想的代表。他以非凡的勇气和智慧，倾毕生之精力创立了日心说，在人类历史上第一次向一直被视为不可动摇的地心说提出了公开挑战。哥白尼的勇气固然有其性格方面的因素，但更重要的是来自于他的巨大信心，而信心又来自于他对大自然异乎常人的深刻理解。相信大自然不会做任何多余之事，大概就是他在这种深刻理解中所发出的深沉感叹！

人类的文明发展史表明，人类在文明发展中所需的一切都来自于大自然，包括有生命的、无生命的，以及各种物质特性和各种自然规律等。人类从诞生之日起就不断地向周围学习，进行不断的开发。下面让我们简单回顾一下，人类发展文明所走过的历程。

世界上的一切自然过程都是从最简单的方式开始，尔后逐渐走向高级与复杂。

人类最初的文明诱发于旧石器时代，从此开始与动物分道扬镳。后来，伴随着对火的利用，人类的文明发展便逐渐步入了不断加速的轨道，并以对两个基本物质链的开发为先导。在能源方面，基本物质链是以柴草为始，继而为牛马与木炭；在金属方面，基本物质链是以石器、陶器为前奏，继而以青铜正式开始。在学会了对能源与金属的初步利用之后，人类便对周围资源由易到难逐步进行开发。

人类首先是从广泛的木材加工中获益。从远古至今，木材作为一种原材

料在人类文明进程中的巨大作用，我们无论怎样评价也不为过[①]。木材被人们用来建造房屋建造舟桥和制作纺车等各种器具，在人类文明发展中起到了不可取代的巨大作用，是大自然对人类特有的“馈赠”。

[①]据有关统计，世界上可供加工的木材树种多达400多种，其不同的材质构造满足了人类对其不同的需求。而木材也是以碳氢元素为主的有机物所构成。

古代中国是世界上的丝绸发达地区，积累了丰富的纺织经验。大约6000年前，中国的麻类制品已较为普遍，5500年前使用蚕丝，3200年前使用棉花（棉花在中国内地大发展则是很晚的事）（图7-19，图7-20）。此后，2400年前出现指南针（一说4000多年前出现指南车），公元100年前后出现造纸（图7-21），公元800—900年间出现雕版印刷，公元804年前后出现火药，公元1041年前后出现活字印刷。但总的来说，人类在工业革命前的近万年间，文明发展比较缓慢。这一点完全可以理解，因为科学发展需要知识的缓慢积累，还需要社会制度的配合等。到了19世纪末叶，人类文明开始有了爆炸式发展。其典型代表是通信革命。20世纪初，人类发现了电离层可以反射无线电波之后，便开创了以短波为主的天波传播通信时代。快速信息传递作为人类文明发展的催化剂，我们无论怎样评价都不为过。我们很难想像，在20世纪初叶人类已有了电力工业之后，竟还用马来作为通信工具。实在是太不匹配了。

图7-19　脚踏三锭纺车
（东晋顾恺之，公元317—420年）

图7-20　木棉纺车
（《农书》公元1313年）

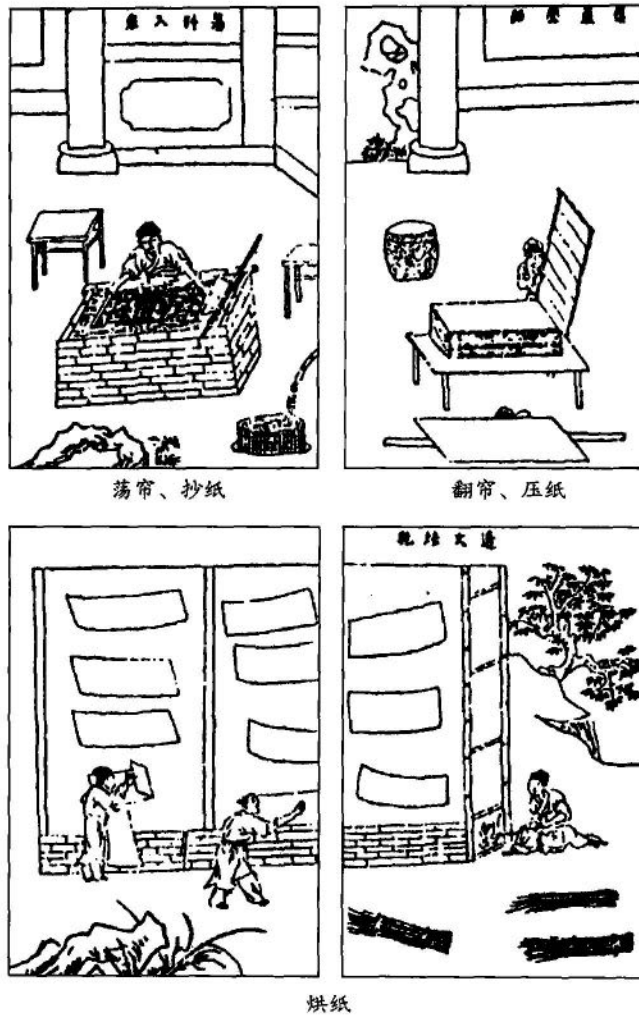



图 7-21 造纸

（来源见图 8-1）

今天，人类对大自然的开发利用已达到了令人眼花缭乱、目不暇接的程度。科学的发展几乎是以连续爆炸式的方式不停地加速。人类似乎变得日益“独立”起来，不再完全依赖于大自然的直接“供给”，而是利用各种物质规律和性能，不停地对物质进行再造，以便在更高的水平上满足人类的需要。我们仍以衣食住行为例，衣着上人类已完全有了人造纤维，交通方面有了飞机、汽车、

火车，居住上有了四季如春、坚固方便的各式建筑结构，食物上也有了各种新品种营养品。进一步说，在能源上，人类已有了自己的新能源，如原子能。金属上，比金属更好的各种材料也应有尽有。

此外，人类可以上天入地下海，有了“千里眼”“顺风耳”，人类千万年来的梦想，正在变为实现。现在，人类正通过纳米技术在改造物质结构，通过基因技术在改造生物。科学正日益向大自然的深层部位展开挑战。但这一切还仅仅是来自于人类的摇篮——地球，这一宇宙小点上。那么，未来呢？我们可以设想，人类走出地球后，可能又会进入一个更加丰富，更加深奥的自然宝库之中，那里有着更多的科学资源和物质资源在等待人类去开发。因此，我们可以把包括地球在内的自然发展和人类发展做综合理解如下：

经过几十亿年的演化，包括太阳系在内的大自然在地球上蕴藏进无穷无尽的资源，其中有物质资源也有科学资源。所有这些资源都是为人类的生存与发展所必需。人类以从简单到复杂从低级到高级的方式对此不断地进行开发，并使自己从无知到有知，逐渐成熟壮大。人类在宇宙中是具有智慧的顽强的富有挑战性的生命群体，人类走向宇宙是必然发展趋势，而且规模也会越来越大。这一点，只要人类存在就不可避免。由此，我们可以将自然发展与人类发展分为三个阶段。

第一阶段，大自然的“准备期”。为最终出现人类和为人类文明起源与发展所需的一切而不停地演化。这是一个不争的事实，因为人类及地球上的一切资源和环境条件绝非凭空而来。

第二阶段，大自然对人类的哺乳。地球发展史说明，地球是人类诞生与发展的最为理想的摇篮，在地球上从物质资源到科学资源应有尽有，足以使人类从襁褓期长大成人，直到不再完全依赖于地球的哺乳。这也是个不争的事实，因为人类就是这样在地球上发展过来的。

第三阶段，人类走向无垠的太空。这是一个必然趋势。人类也只有在这一发展中去领略自己的自然使命。人类是有理智、有毅力和有进取心的生命群体，因此，这个开发应是越来越美好，并努力使自己与宇宙共存。

人类离开太阳系在逻辑上是必然的，但在生理上和物理学上的诸多问题远未解决。

以上便是本节所说的自然宝库。如果没有这样一个自然宝库，就不会有第一阶段和第二阶段，当然也就根本谈不上会有第三阶段。

**本节要点：**

- 人类有智慧需要对客观世界进行不停地开发，而大自然似乎也在等待人类去开发。

# 8

# 最终导致人类文明萌现的自然演化链

本书自开篇以来已讨论了风、火、海水咸化、地球环境与资源以及两条基本物质链等。这一切都是为人类文明的萌现与发展所必需(而非创造生命所必需),而且在发展过程中也绝非彼此孤立,其间有着牵一动百的错综复杂关系。下面让我们再从宏观角度上,对上述因素进行综合分析,以全面理解这一漫长而复杂的自然发展过程。

## 8.1 人类原始文明发展的基本模式

在讨论了两条基本物质链之后,我们便可在这一基础上对早期人类发展文明的基本逻辑用图 8-1 做如下概括:

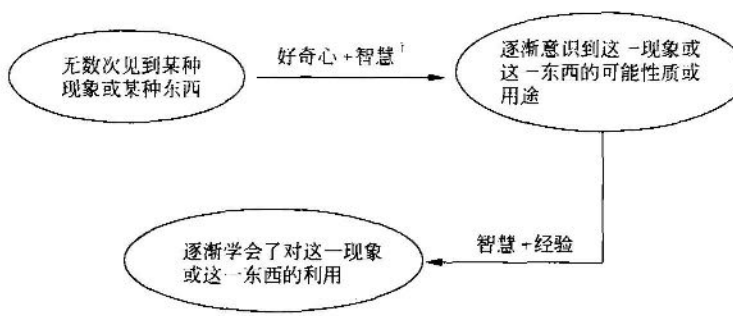



图 8-1 早期人类发展文明的基本逻辑

[1]"好奇心+智慧"往往导致"创造"。创造,无穷的创造乃是人类精神世界中的根本价值所在。而这一点最初只能属于个人行为,即首创行为(initiative)。因此激励或至少不干涉他人的首创行为,维护其自由生存空间和思想活力(vitality of thinking),是文明发展的一个基本前提。

这一过程从开始到结束，可能需要几千年甚至几万年。随着人类智力的提高，这一过程越来越短。但对某一现象或某种东西来说，人类一旦完成这一过程之后，文明的发展便又上了一个新台阶，便会加速发展一段时期。这可以说是客观事物与人类大脑之间的一个结合过程吧。这里，经验的积累非常重要。

这一过程离不开语言作用，但人类语言的形成无法考证。现代科学认为，约3.5万年前，人类的智力进化已基本完成，这可能是复杂语言初现的开始。制陶始于约1万年前或稍早。制陶出现标志着人类已有了多道工序的协作关系，而这一点是无法离开语言作用的。因此，或许可以认为人类自3.5万年前至1万年前，语言走过了漫长的孕育之后初步形成。到了六七千年前，出现了最早的文字，标志着语言交流已趋成熟，有了表示记录的要求。从此，人类语言走上了不断丰富的阶段，4000多年前，即定型为某种语言种类。另外，语言的形成肯定还与手脑并用密不可分。手的操作能力的提高，加工能力的提高，必然会大大促进语言和文字的形成。手在人类进化过程中也许是一个最活跃的因子，即“领头”因素。

下面我们便根据这一方式对原始文明的发展依次进行讨论。

在长达200多万年的旧石器时代，人类唯一有效的工具除木棍外就是石器。那时的石器都是打造出来的，其自然棱角相当锋利，可用以割肉、刮骨、砍树以及刮树皮、割兽皮等。科学家认为原始人类的大脑并不发达。200万年前人的脑容量约700毫升，100万年前约为900毫升，50万年前为1100毫升。只有到了大约3.5万年前，才完成了进化历程，成为能思维会创造的人类。由于受人类智力进化速度的限制，在长达200多万年的旧石器时代里，人类对石器的利用和发展也只能达到这种水平。到了3万多年前，人类的智力已较接近于现代人，从而结束了漫长的旧石器时代而逐渐转向新石器时代。这一时代重大的标志是人类不再打造石器而是磨制石器了。从打到磨，人类足足用了200多万年的时间。这实际上是一个人类智力和双手操作能力不断提高的过程。对石器的磨制和利用是人类文明发展史上的一大进步。从大量出土石器看，早在七八千年前，人类磨制石器的水平就已达到了令人惊叹的水平，特别是对玉制品的磨制近乎达到了无可挑剔的精细完美的程度。如中国辽宁建平县出土的约产生在5000年前的玉猪龙，造型优美，力学设计合理，想像力也非常丰富。再如，河南偃师出土的约4000年前的嵌绿松石兽面纹铜饰牌，技艺非常精湛。即使今天制作，水平也不过如此（图8-2、图8-3）。

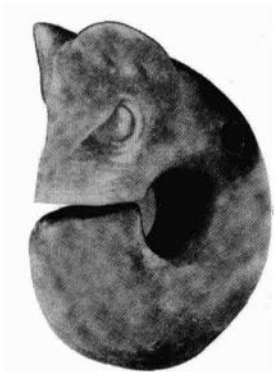


图 8-2 玉猪龙

图 8-3 嵌绿松石兽面纹铜饰牌

注意，玉是自然界中最硬的东西，依次为：石英、黄玉、刚玉、金刚石。可以想见古人加工玉的难度，一件玉器可能磨几年或十几年甚至几十年。

以上说的是石器。下面我们接着谈一下石与火的共用过程。石器并不仅指放在手中可以操作的工具，还包括某些位置固定的用场。其中重要的一种便是石制“炊具”。人类早在 50 万年前就学会了用火并从此逐渐开始了熟食生活。我们知道，平地用火效率很低。热量大量流失也极不易控制，弄不好还会出火灾。原始人类挖坑生火，并在上面架上石板加工生肉，这是件很自然的事，迟早会发生。这样做既方便操作，火力又集中，火种也易保存。我们可以想像，正是由于这种对石与火的综合利用，人类在熟视了成千上万年之后才逐渐意识到烧过后的黏土（如火坑的四壁等）坚硬不透水这一事实，并终于在 1 万年前悟出了制陶的道理，开始了有意识的制陶行为。后来又学会了烧制彩陶（网纹船形彩陶壶是中国早期的彩陶，图 8-4），从而为高温下冶炼金属矿石埋下了种子。

上述过程可以视为早期人类对大自然最原始的开发。在这一过程中，人类自身的进化速度也逐渐加快。这是因为人类后期的进化已不再完全取决于客观自然环境的变迁，在相当大的程度上还取决于人类对石与火的利用以及由此所引起的饮食变化，其中包括食盐的开始。因此，人类后期进化的速度要比过去的几百万年快得多，并最终导致了原始农业的出现。这是人类文明发展史中最重大的转折之一，也是一个必然出现的人类文明阶段。

但原始农业最初究竟是怎样萌现的呢？譬如说，人类在旧石器时代一直

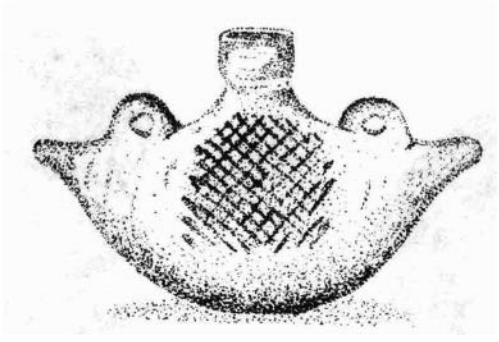


图 8-4　网纹船形彩陶壶

距今约 5000—6500 年，出自陕西省宝鸡市北首岭。属仰韶文化。最初的陶器体积较小，且小口盛具的制造工艺要比大口的复杂得多。估计是由两个半土模整合后烧制而成。陶器给人类生活带来的巨大方便远非石器所能比。

是以采集和狩猎为生，完全取自天然而没有生产，属于非生产性的生存活动。这样一代一代过了几十万年，后来为什么又放弃了这一习惯已久的生活方式转而开始了具有生产性质的栽培和畜养呢？原始小麦水稻和牛马等在自然界里“一直”存在（其原始野生态跟现在大不相同），但对其可食性和可以驯养性为什么人类一直没有发现，而直到新石器时代之初才意识到呢？对这些问题，目前还很难回答。现在对原始农业的考证最早可以追溯到七八千年以前，对此尚称确切。但在此以前肯定还会有个几千年的过渡期或转化期，那么究竟是什么因素导致人类逐渐放弃采集与狩猎转而进行栽培与畜养的呢？这一过渡期又是通过怎样一个途径实现的呢？下面就让我们来探讨一下这一具有重大意义的问题。

我们说实现这一转变还是应从两个基本因素去考虑，即人类自身和环境条件。

人类自身作为行为的主体当然起着关键的作用。我们前面说过，人类的智力进化大约完成于 3.5 万年前。那时人类已成为会思考能创造的人。这是整个转变的前提。另外，我们前面还说过，人类的本质是素食型。最初的人类以野果为生，生活在四季常青的热带。这种基因规定了他们的后代所感兴趣的食物依然是植物。当然，人类在生活中有了火之后，开始杂食起来，其中也包括肉食。但总的说来，人类绝不可能像野兽那样一生都是 100％的食肉。若如此，则人类的生理功能将产生严重的障碍。另外，由于肉类营养单一，是否还能进化出智力也将大成问题。因此，植物是人类的主要食物，其中又以淀粉和果蔬为主。

关于环境，我们前面说过，大约在250万年前，地球上出现了距今最近一次大冰期，即第四纪大冰期*。大冰期实际上又分为许多以数万年不等为周期的冰期和间冰期（相对暖和一些）。换言之，正是它们才组成了大冰期。**距今最近一次冰期结束于大约1.1万年前**（一说为1.2万年）。冰期后，气温回升，四季变化明显。在这一过程中，年复一年的过冬问题可能引发了人类对稳定食物来源的需求，而植物周期性的生长规律则可能启发了人类有意识的栽培行为。

因此，我们可以说，正是人类智力的成熟（即创造力的形成）和环境的变迁这二者构成了人类原始农业萌现的基础。下面我们再看一下，这一过程究竟是怎样走过来的。

首先要说明一点，我们的讨论并非讲述历史。讲历史要有具体事实以及相应的发生时间和地点。**我们所讲述的仅是人类在其文明发展历程中对农业的认识过程，而这一过程又是通过某种行为**（或今人称之为实践）**来实现的，而行为是无法通过考古予以确定的**。我们在本节开始便谈了早期人类对自然事物认识的三个阶段。完成之后，便登上了一个新的文明台阶。人类对农业的认识也是如此，也是一个从熟视到意识到行为的过程，同样也要经过千百年才能完成。

下面我们分别讲述两种可能的行为（实践）方式。通过这些方式，人类完成了对农业的认识。

## 第一种方式——饲养带动栽培

这种方式是源于这样一个实事，即自古至今种植与饲养一直密不可分。因此，旧石器时代的狩猎与采集分别发展成为新石器时代的饲养与栽培便是顺理成章的事。那么，是怎样具体走过来的呢？这很可能是饲养带动了栽培[①]。这是因为一般认为，人类最早饲养的动物是猪鸡狗羊牛，后来又有了马。它们皆以草为食。鸡食虫、草籽、青草尖（但不吃拔下来的青草）；牛羊干青草皆吃；猪吃杂食，包括青草；狗为狩猎用。驯养需要大量草本植物特别是禾本科植物，这一点随着人口的增加很容易诱发早期人类对栽培的尝试（如谷子可能是从狗尾草培育而成）。因此，人类意识到驯养的年代也就是意识到栽培的年代，而驯养便客观地成为导致栽培的媒介，并最终导致饲养与栽培全面取代狩猎与采集，拉开了原始农业出现的序幕。

[①]在远古，首先“正式”进入人类生活的究竟是畜类还是作物，抑

---

* 参阅“风起源的第二条线索”一节。

或是二者“同时”进入，这是一个极难回答的问题。一方面，由于世界各地物种不同，因而进步的方式不同；另一方面，遗址中的各类兽骨或谷类究竟是来自猎物与采集还是饲养与种植，也很难说清。于是，考古界便只能以数量多少来判断。如数量大、发现普遍，则可能是已“正式”进入了人类生活。总的来说，在大约8000年前，人类已开始有了陶器、种植和饲养，但物种各地不同。在中国，首先种植的是粟（谷），首先饲养的是猪狗鸡羊牛，后来又有了马，大约一直到4000年前，所谓“六畜”在中国内地才算是全部“到位”。而在西亚，首先种植的是小麦大麦和豆类，首先饲养的是绵羊山羊猪牛。马也可能很晚才“到位”。但此前，肯定还会有数千年的“学习”期，那时究竟是动物还是植物首先大量成为人类生活中的“正式一员”，就很难说清了。

## 第二种方式——采集带动栽培

人类早在学会栽培之前的数千或上万年前，在采集中便已发现了原始小麦或谷或水稻等的可食性。但由于颗粒太小，植株分布稀疏而一直未作为采集的主要对象。后来在年复一年的采集中又认识到了这些植物的生长规律。在这些认识积累的基础上，随着人口的增加而采集量有限以及冬季储存等的需要，于是在1万年以前，逐渐开始了有意识的栽培行为，以取得稳定的食物来源并解决过冬之苦。这种方式体现了一种人类的自然认识过程，如果说有媒介的话，那便是采集行为。

这两种方式实际上都是以小麦水稻等为原始农业萌现的物种条件，因为唯有小麦等才是自然界里籽粒最丰最易储存和最能充饥的食物。因此，所谓两种方式实际上都是反映了对这一事物认识的先后时间问题，**且都发生在人类进化成熟、人口逐渐增多相应消耗增大**的旧石器时代之末的这段“不太长”的时间内。因此，我们很难再说出第三种方式。如果有的话，那便是以上两种方式的某种结合。

以上所讨论的都是指农业在地球上某些地点的萌现过程。这一点正如我们在地球上的温度一节里所说，人类的文明特别是农业首先是在世界上少数条件极为优越的地方萌现的，成熟之后，再向其他各地逐渐传播。世界上许多地方的早期人类在发展其原始农业中，可能没有上述这样一个认识过程，而是直接从别人别地学过来的。

人类在掌握了制陶、饲养牛羊和栽培小麦水稻等技能后，原始农业便迅速发展。陶器是最初易得的盛具，可以装水用来浇灌。牛马可以做畜力负责交通耕种和运输。小麦谷子等比任何食物都容易储存，都方便食用。因此，它们

"到位"后，人类便**由非生产型的生存活动很自然地转入了意义深远的生产型的生存活动**并开始进入了人类的原始农业社会。

以上我们讲述的是人类原始文明发展的基本模式。可概括为旧石器时代、新石器时代，以及原始农业的出现，而贯穿于这一整个发展过程中的关键因素是文中一开始所说的人类对自然事物的认识实践作用。下面我们要进一步问，这一整个发展过程最初是如何起步的呢？这个起步与自然因素之间又有何种关系呢？这就是下节要继续讨论的问题。

**本节要点：**

- 原始文明的出现完全是一个人类实践认识的过程；
- 原始农业出现的自然背景；
- 原始农业出现是在一定自然环境条件下，人类知识积累的一个必然结果。

## 8.2 人类原始文明是如何起步

人类文明的起源总的来说可分为三大阶段，即旧石器时代、新石器时代和青铜器时代。旧石器时代的意义在于人类通过 200 多万年的石器打造，提高了智力和使用双手的能力。新石器时代的意义在于原始农业的出现，以及所积累下来的制造高温的经验，为青铜器时代的到来创造了非常必要的条件。青铜器时代的意义在于人类从此进入了使用金属器具的辉煌时代，为进入现代文明而进行了此后长达几千年的准备过程。但万事开头难。旧石器时代的开端是第一个关口。这一关一过，剩下的便主要是时间问题了，因为人类已经有了世间最宝贵的东西——智慧，而智慧正是在旧石器时代才逐步走向成熟的。那么，在旧石器时代之前，当人猿分手之后，原始人类究竟是在怎样的自然背景下得以启动其最初的原始文明呢？

我们说大自然在人类发展文明方面一般是不提供任何现成"成品"的（这一点完全可以理解。否则，不利于人类智慧的开发，有悖于自然法则），但却提供了相当周全的"半成品"，只要"再加工一步"，便可使用。这便是上面问题总的答案。何以见得，现在就让我们就此展开进一步讨论。

人类的原始文明萌现于 200 多万年前的旧石器时代。所谓石器当然就是用石头打造的器具了。在自然界里，碎石、卵石等石头分布很广，但无多大用途。要想使其具有某处用途，就必须"再加工一步"。于是原始人类把石头打制出了锋利的断口以及各种形状等。原始人类对石头敲打了上百万年后，到

了1万多年前，才学会了磨制。对石头由打制到磨制是人类生存行为的一个巨大飞跃，说明人类的智慧随着对石器的应用而有了大幅度的提高。因此，我们完全可以说这些石头（碎石、卵石等）就是促成人类原始文明起步，促成人类智力进化走向成熟的非常必要的自然因素（或称背景）。没有这样一种遍布大地的自然因素（背景），原始人类将永远无法通过对其“再加工一步”而进入旧石器时代。

这里，请注意，千万不要把自然界里的这些顽石视为当然之事。**自然界里绝没有任何当然之事**。一石一土都有其非常漫长而复杂的经历背景，都肩负着各自的自然使命（功能、作用）。这些卵石、碎石的形成，从时间上讲可以追溯到几百万年、上千万年乃至上亿年前，从“加工程序”上讲，可以说是有大大小小无数个。而大自然的这些“造物功能”*只有在地球上才有（至少目前可以这么说）。如果没有这些功能，那么地球上至今仍到处是坚硬完整的岩浆岩山脉和丘陵。这种情况下，即使进化出来原始人类（当然绝无可能），也绝无法进入旧石器时代，因为他们没有制造石器的最初级材料——碎石和卵石，而到处都是纹丝不动的坚硬巨岩。为了反复强调这一观点——自然界里无当然之物，这里我们对碎石、卵石的形成不惜篇幅再专门介绍一下。

在自然界里，虽然说任何石头都可打制石器，但效果却大不相同。下面我们要谈的是，其中质地最好的石头，以及这些石头是如何由原岩经破碎演变而来。

打造石器的初级石料，不但要求断口坚硬锋利，特别是石柄石锤还要求富有弹性且具有相当的强度（意即不易破碎）。能满足这些要求而且分布又广的岩石当属石英岩（石英矿物含量大于75%的变质岩）或其他含石英矿物较多的岩石，如石英砂岩、硅质岩和燧石等。石英岩在密度、抗压强度、承载力和弹性模量[①]上均优于其他各类岩石。特别是其弹性模量为其他各类岩石的1倍至数倍。

[①] 弹性模量是用来说明材料弹性的一个基本物理量。弹性模量愈大，材料的弹性愈好，不易脆裂。

我们前面说过，自然界中的岩石分为三大类，即岩浆岩（旧称火成岩）、沉积岩（旧称水成岩）和变质岩，且一旦形成后，便立即进入风化阶段，走向破碎。风化作用漫长而复杂**，但由于各类岩石所含矿物的成分不同，因而其抗风化能力相差很大。于是，到了今天便出现了各种不同的风化“成果”。

---

* 如同我们在有关矿物一章里所讲的那些。

** 在“土壤——文明起源的桥梁”一节里，我们曾讨论过从岩石风化成土的大致过程。

有的变成了土，有的变成了碎石、卵石等。当然这些成果还取决于当地风化因素的作用强度。其中，由于石英岩的抗风化能力最强[①]，因而能经得起各种风化磨炼。

[①]石英是地球上最耐风化且具有高硬度矿物，因而含量越高，岩石就越坚硬，也越耐风化。

深浅不同的石英岩（纯石英为无色透明，含锰多呈紫色，含碳多呈暗黑色）和石英矿物含量较多的岩石，在风力、温度、水力、海洋和冰川等自然因素的持久作用下，最后形成了今天我们所常见的卵石、砾石、天然碎石和较大较光滑的孤石等。它们在地质学中属于碎屑岩，其中所含的石英矿物一般高达65%以上。旧石器时代的原始人类就是以这些碎石为打制石器的初级原料。当然也可能使用其他石头，但质地不良，逐渐被淘汰。因此，我们可以说，**如果地球上没有这一系列制造顽石的功能，没有广布的顽石出现，那么，原始人类也就无法有对象将其“再加工一步”而进入旧石器时代了。**

同卵石、碎石一样，黏土也是促使原始文明得以启动的重要自然因素之一。关于黏土的形成过程，我们前面已讨论过，这里就不再重复。早期人类将成型的黏土，煅烧后即为陶器，也只是“再加工一步”。对于马、牛等经驯化后即变为人类的朋友（但对于野兽，不管怎样驯化也难以改变其吃肉的本性），也属于“再加工一步”。对小麦、黑麦、谷子、水稻等，同样只需适当栽培便可收获。木炭也只是木头在缺氧情况下燃烧所得。铜与锡等矿石等也只需将其熔化便可得到初级金属。总之，这些“成品”都是来自自然界的“半成品”，只需“再加工一步”即可。这里要说明一点的是，所谓“再加工一步”在一定程度上只是一个形容词，意在说明早期人类对大量的天然物品只需经过简单的粗加工即可使用。在一定意义上是相对于今天的精细加工或复杂加工而言。今天的人类对自然界里的天然物品早已不是“再加工一步”了，而是提炼加工无数步（如石油、合金等）。但早期人类只不过将原有的自然状态做某种简单的改变而已，故将其概括为“再加工一步”。

下面我们再谈一下“再加工一步”的深刻含义。

原始文明究竟怎样才能起步呢？想来这是一个很大的难题。因为**关键在于那时原始人类的智力水平很低**，就如同一个幼儿刚刚学着说话一样，你让他来启动文明岂不是荒唐？在这种情况下，采用只需“再加工一步”的方式，可以说是再恰当不过了。**你只要“稍微”加工一下，便可使用，因而可以大大刺激原始人类的进取意识。另外，这样做也是一个积极动手动脑的过程。**设想，今天让你在旷野里去寻觅一块大小合适的石头，然后将其打造出（以石击石）锋利的断口，这大概不是件很容易的事。以今天人类所具有的灵巧双手和聪明的

大脑，用一天时间也未必能如意完成。也许要好几天。由此看来，刚刚与猿分手的猿人，用了200多万年走完这段历程，就显得不足为怪了。因此，我们可以说，“再加工一步”的意义就在于**诱发原始人类以其可以接受的最初级的方式不断地动手动脑**，从而在生存活动中，既学会了制造原始工具，又提高了进取意识，加速了手脑的进化，导致了最终走向新石器时代。可见“劳动创造了人类”也是与这些顽石分不开的。除去这一方式（途径）之外，可能没有更合适更有效更实用的办法了。这就是大自然对人类原始文明起步的“绝妙设计”，一个巧妙的自然逻辑。

这里，我们还可将本书前面所讲的空气中氧含量和火的两重性结合起来，综合理解智力形成的深奥（图8-5）：

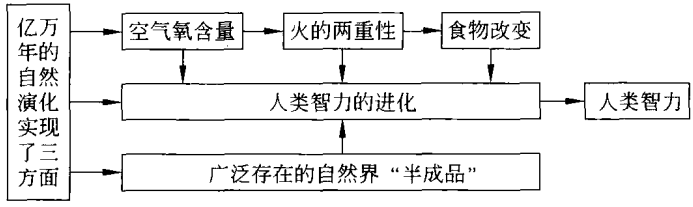



图8-5　人类智力进化图

生命从诞生历经30多亿年进化成为手脑并用的人类，这和受精卵经过胎儿、婴儿发育成为手脑并用的儿童十分类似，从上图中都可找到类似点。地球演化之所以可贵就在于它满足了上图中一系列的各项要求。

“再加工一步”使我们不由得又联想到另一个更深层次的问题，即如此众多的自然“半成品”何以在几百万年前都与原始人类共同聚集到位呢？要知道，每一件自然“半成品”都有着自己漫长而复杂的演化经历（例如马5000万年前像狐一样大），而最后它们似乎都“肩负着各自的自然使命（功能、作用）”来到原始人类“面前”，似乎都是有备而来（图8-6，图8-7）。是这样吗？为什么呢？这就是我们下一节要讨论的自然演化之链。在这一讨论中我们将试图回答上述问题。

**本节要点：**

- 人类原始文明得以起步的复杂的自然背景；
- 打磨石器、手脑并用的必要性，是完成劳动创造人类的必经阶段。

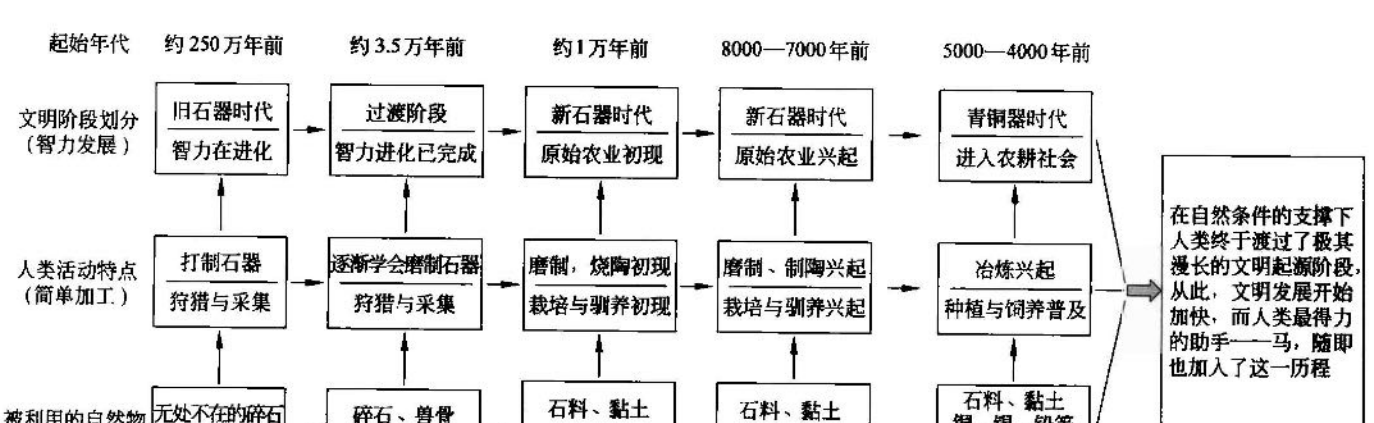
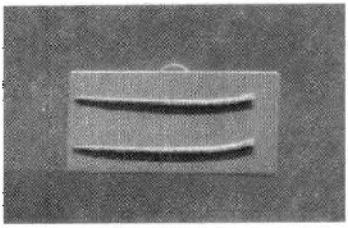
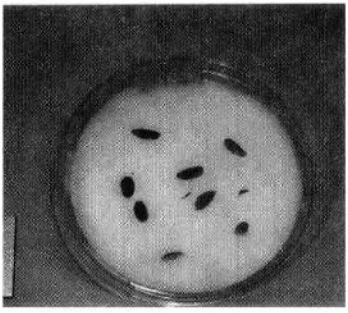



图 8-6　从旧石器时代到新石器时代的进化过程



（a）骨针，50万—1万年前，北京（摄自首都博物馆）



（b）稻谷，7000多年前，浙江余姚（摄自北京农业展览馆）

（c）6000多年前的半坡村遗址（复原图），陕西（摄自北京农业展览馆）

图 8-7　原始人类生活进化的实例

## 8.3 自然演化之链

地球已存在46亿年，生命也已存在了38亿年。我们前面说过，对古生代以前的大约41亿年间的地球情况，人类至今知之甚少。从古生代以后，大自然在继承了过去41亿年的演化基础上，**至新生代之末，造就出来大量极为符合人类文明起源所需的各种自然因素和条件**。其中包括小麦水稻、猪马牛羊、卵石碎石、丰厚的土壤，分布较广的地表及浅层矿藏，几乎到处皆有的淡水资源以及各种必要的环境条件，如，空气中氧氮及二氧化碳含量的恰当定位，气温的恰当定位(地表气温平均为15摄氏度)，风的出现以及多样性的气候和无数的生态系统等。所有这些自然因素和条件都是各自在经历了亿万年的演化之后才走到一起来的。从人类文明起源与发展的角度看，这些因素和条件的确已相当完备，只需要原始人类以其不太高的智慧去"再加工一步"，原始文明便可瓜熟蒂落般地诞生了。

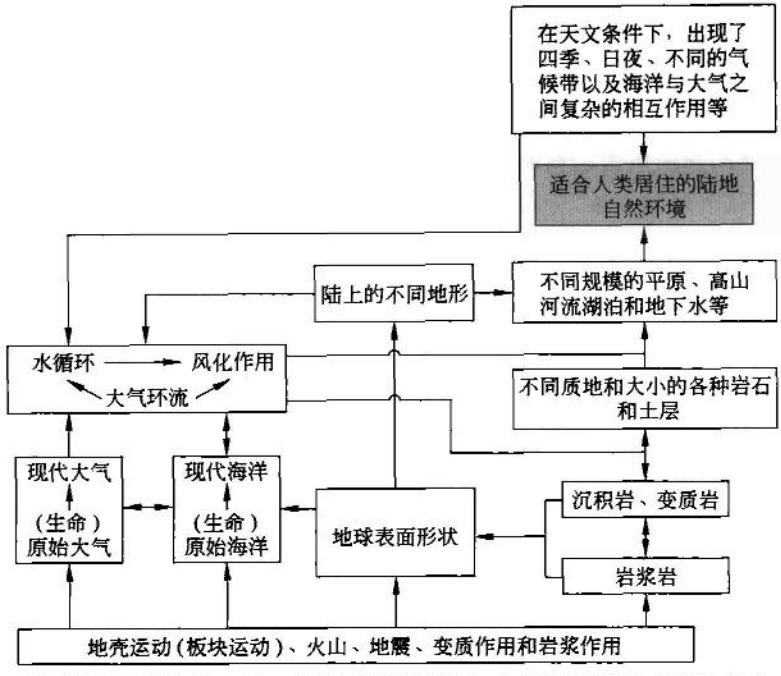
那么，这些因素和条件怎么会一连串地在新生代之末都到位了呢？为了回答这一问题，首先让我们把导致这些因素和条件出现的更深层原因分一下类。第一类是天文因素，主要指与地球运动、太阳活动乃至与银河系有关的各种天文因素。毫无疑问，地球上的自然大事都与天文因素有关，甚至是受天文因素的控制。但这些因素除地球自身的天文因素外，大部分或绝大部分仍处于人类的探索之中。因此，我们无法在这里对此进行更多的叙述。目前我们所能讨论的只能是第二类因素，即地球自身的因素。这些因素对人类文明的起源与发展来说，显然有着更为直接的影响。

地球上的自然因素很多，哪个最为首要呢？

通过自本书开篇以来的大量论述，我们不难看出，地壳运动乃是地球演化的基本因素之一，也可说就是首要因素。地壳运动造就了今日的陆海分布格局，地壳运动形成了大陆与洋盆以及连绵不断的起伏地形，而这又是形成今天多样性气候的要素之一。地壳运动创造了原始大气和海洋，二者又创造了原始生命，生命后来又改造了大气。地壳运动导致了生命登陆，地壳运动造就了无数矿床和高山峡谷以及无数的大小平原。地球上有哪样重大现象与地壳运动不发生直接或间接的关系呢？大概没有，或许任何自然大事追根溯源都可以挂靠到地壳运动上(图8-8)。

在这个意义上，地球像一台发动机，其"发作"的频率恰到好处。地球之初，地震与火山喷发较为频繁是必要的，否则无法形成海洋与原始大气。后来，随着地球的"成熟"，"发作"减缓了。这才能有一个

相对安定的环境，诞生了万物和人类。如果，仍频繁“发作”，那么，生命进化将严重受阻，人类还能诞生吗？




大自然在我们的星球上通过一系列地质作用形成了一个非常特殊的陆上环境，这个环境适合人类及一切生命的生存与发展。注意，在这一系列地质作用中，每个因素的规模或数量都是随机的可变的。其中任何的“不准确”都有可能导致演化的失败。

图 8-8　地壳运动的一系列结果

那么，无比巨厚的地壳为什么要运动呢？这一问题，我们在第 3 章里已经谈过，即源于地球表层板块间的相互作用。板块构造学说是目前解释地壳运动最成功的理论。该理论认为，现在地球表面主要由六大板块所覆盖，上面载的是陆地或海洋，也可能是陆地加海洋。这些板块“漂浮”在上地幔的所谓“软流层（圈）”上，而大洋的洋中脊（或称海岭）则是制造板块的发源地。大量的地幔物质就是从这条长达 6.4 万公里的海岭沿线上，从其巨大的裂谷处向上涌出，然后凝结成新的大洋地壳。继续上升的岩浆把先期形成的大洋地壳以每年几厘米的速度推向两边，从而使洋底不断扩张与更新（约需 2 亿年）。而“漂浮”在软流层上的六大板块亦并非静止不动。它们相互作用，如挤压、剪切等，于是导致了地球表面上各大山系的形成以及地震火山等各种重大地质现象的出现。大约 2 亿多年前所形成的联合古陆就是在板块的相互作用下而逐渐走

向离散并形成了今天的陆海分布格局。

那么，是什么不可思议的巨大力量能推动板块不停地漂移呢？这正是板块构造学说至今尚未解决的问题。有关观点这里我们就不做介绍了。总之，**导致板块运动的原动力目前尚不明朗**。但从人类文明起源与发展的角度看，有一点我们非常感兴趣，即联合古陆是通过怎样一个模式（过程）解体并离散成今天这样一个陆海分布格局呢？对这一遥远的问题，目前的解答尚只能属于一种科学上的推测。

科学家认为联合古陆的解体也是从洋中脊开始。洋中脊出现前，按板块构造学说，大陆岩石圈是由崩裂开始，后发展为裂谷，并渐次发展成为洋中脊，再扩张出现大洋盆。最终是大陆变海洋。不过最初的洋中脊并非现在的形状。大约在 1.8 亿年前，第一条洋中脊与海沟*出现并继续发展，先后将联合古陆横切为三。然后，这条折线状的洋中脊又进一步发展，到了 0.65 亿年前，已基本上将联合古陆完全拆开。再发展，到了新生代之末便形成了今天的陆海分布格局及相应的陆地与海底地形。

对上述过程究竟确切到什么程度，我们可以不考虑。但其基本模式是明确的，即联合古陆首先从中部崩裂，而后发展并四散漂移。是一个由整体到大块再到小块的过程（图 8-9）。如果这个模式确实如此，那么，我们完全可以说这一过程带有很大的随机性。甚至可以说基本上是随机的。

为了进一步说明这种随机性，我们不妨以冬季湖面冰层的开裂为例形象地说明一下。一个十几平方公里的深水湖面，在冬季先是局部冰冻，而后发展为全部封冻。天气再冷，冰面中间便会产生一条长长的裂缝将整个湖面冰盖一分为二或一分为三。冰层下面的水随即沿裂开的冰缝上蹿，遇冷成冰膨胀，遂将裂缝两侧的板块向外推移。同时各大板块裂开独立后，在气温作用下也各自向岸边挤压外移（白天气温上升冰层膨胀，夜间下降收缩，但膨胀量一般大于收缩量，故总的方向是板块外移）。所有裂缝经膨胀挤压后均呈破碎状。春天将临时，随着破碎裂缝的先行消融而彼此脱离，四向漂移。上述过程的原因说来很简单，无非是冰的物理力学性质在气温的作用下而引起的冰层存在状态的变化。但实际上由于所有参与这一过程的内部因素（如冰的厚度以及弹性模量等，同时，二者又随温度而变）和外部因素（气温、边界条件等）在时空上的分布极为复杂，所以每年冰层开裂的规模与位置以及最后漂移的去向等都有不小的差异，无章可循，无法预测。

一个小小的湖面冰层开裂问题尚且如此复杂，那么，偌大一个地球的整个

---

* 有洋中脊便有海沟，请参阅“中生代”一节。

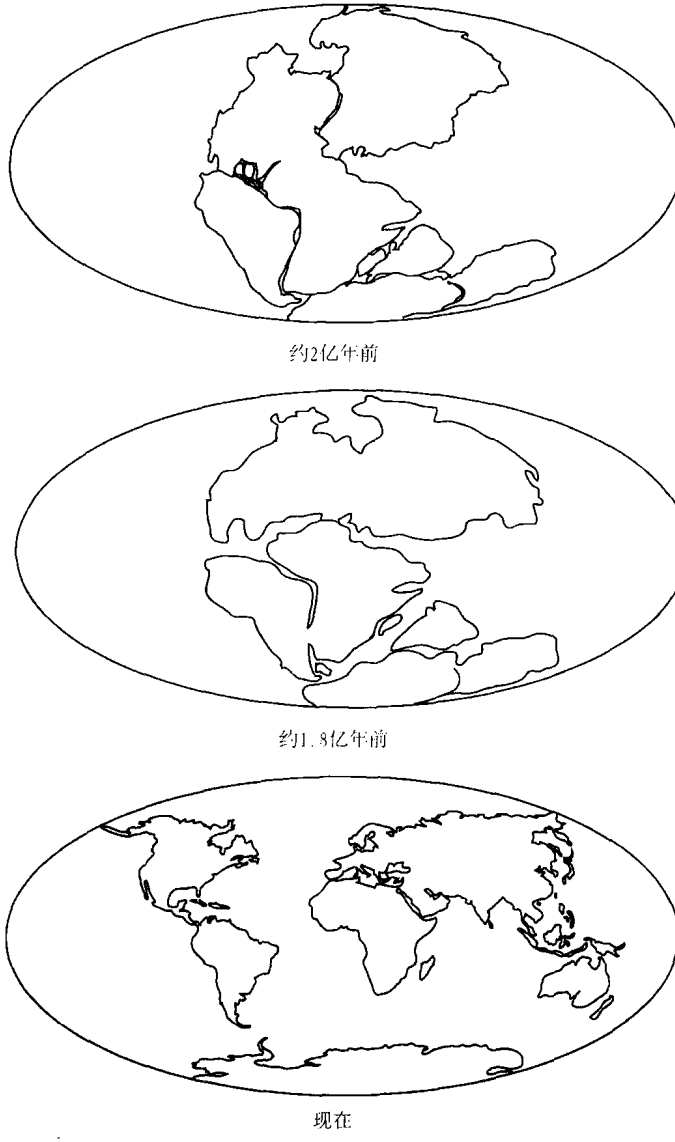



图 8-9　联合古陆解体

全球大陆经过了近 2 亿年的解体、演化与漂移形成了现在的陆海分布格局，为全球气候多样性、为增强大气环流和水循环创造了非常必要的条件。

岩石圈层的“崩裂”位置问题就更复杂得不可思议了。我们虽然可以说，地球板块运动的原始动力可能来自太阳和地球自身，板块运动的具体状态取决于

岩石圈层的构造及其物理力学性质，但具体洋中脊的出现部位及其发展却极为复杂*。例如，最初联合古陆的方位和规模为什么不是其他形式呢？大陆岩石圈的最初崩裂为什么恰恰是横向呢？而且又将古陆一分为三呢？各板块的漂移"成果"为什么是现在这个布局而非其他呢？这些问题当然不好回答。但我们之所以提出这类问题只是想说明一点，即联合古陆的形成与方位及解体过程随你怎样解释（例如，认为解体位置与当初大陆联合位置有关等），的确带有随机性，参与的因素太多太多，且时空分布不均，因而根本无法机械决定。

因此，我们可以假想，联合古陆的形成与解体的整个过程，其可能存在的方案很多很多；而且我们还可以假想，不同的方案又会对地面上的生命演化带来不同的结果。对这些结果，我们虽不得而知，**但结果的差异包括矿藏与气候等则肯定是巨大的，敏感的**（图 8-11）。这里，所幸的是我们今天所享有的地表地理环境无论是海底还是陆地，可能是无数方案中最佳的一个。何以见得呢？下面就让我们继续讨论。

诚然，人类无法知道自大约 4 亿年前开始，联合古陆若换个形成与解体方案，会给气候环境和生命进化带来何种重大影响**。因为人类绝无可能让这一过程重演以研究其最佳方案。但至少有一点可以肯定，即到目前为止，人类对地球原始环境从地面到大气的任何"大规模"（相对于地球而言仍属很小规模，例如人类不能将某部分大陆或大海消灭，等等）变更，其所带来的后果都具有负面效应。这是已经过无数次证明的事实。

在大约 1 万年以前，地球表面原本是一个平衡和谐万物富有生机的原始大环境***。我们可以想像，那时有江河湖海森林草原以及数不清的物种，到处显得是一片生机与清新。后来，具有高度智力的人类大规模出现了，环境开始有了"大规模"变更。这些变更或来自于人类的开发或来自于战争破坏，一般而言，其效果不是使环境变得更好而是变得更坏。这就是人们常说的"大自然的报复"****。

例如，大量物种消亡，大量土地沙化，大量反常天气的出现以及生存环境的恶化等。对原始环境一切稍有规模的变更，其反馈一律都是负面的，或说都呈否定状态，这说明什么呢？只能说明原始状态是最佳的。这里的"负面"一方面是以人类的感觉为标准，但更重要的是**以全部生命系统得以孕育和繁茂**

---

* 如有兴趣可参考大百科全书等的"威尔逊旋回"。

** 请参阅"文明起源的远因　—宏观因素"一节。

*** 请参阅"气候变异与人类能力的增长"一节。

**** 以上可参阅"自然演化空间的有机整体性"一节。

**生存为标准。因为后者才是大自然演化的本质所在。**自然演化本来就是一个使生命从无到有从简单到复杂、从单一到多样的过程，但现在却变成了一个“万物萧条，人独旺”的局面。因此，这就很清楚地表明在引起“万物萧条”之前的大自然在地球上所演化出的能启动人类文明的原始环境已经是再好不过的了。这个原始环境（指约1万年前新石器时代之初）是大自然用了几十亿年的时间包括了大陆漂移等无数个大小自然因素所逐渐形成的，是以水为主体的生命所必需，更是人类文明的起源与发展所必需。因为后者已包括了前者，但前者却包括不了后者。

因此，自联合古陆的形成与解体起至启动原始文明的原始环境止，我们对此可称为自然演化链或文明演化链。这个链包含着一系列连锁反应并最终形成了文明起源与发展所必需的环境与资源条件，包括恰当的陆海分布格局、相应的大量的高山高原与平原、寒带温带与热带、占全球陆地面积约一半的山区、平原与森林、大量的草原、宏量的土壤与矿藏、广布的江河与地下水、丰富的物种以及组成恰当而又清新的空气等，各有各的“自然使命”（作用、功能）。

这个自然演化链往上追溯，还可追至地球内部的分异作用、地壳运动所带来的海洋、原始大气以及矿藏的形成等。因而这本质上是一个循序渐进的过程。

对这个自然演化链，尚有以下几点须说明：

第一，看来大自然的各种因素既非孤立更非杂乱无章，相反，而是环环相扣一个一个地引发出来的。在这一过程中，**由各种因素所构成的生命生存环境，随之也不断地从相对简单走向相对复杂，从而导致生命的进化。**

第二，链中各项排列只是强调了各种自然因素（如风）大规模（或高强度）出现时的顺序。在此之前，同一种自然因素（如风）也可能存在，只不过其规模可能不太大罢了。

第三，链中各项排列只是强调了各种自然因素之间的因果关系（如降水加速了土壤的形成），至于在时间上的作用顺序，则只能说是边出现边影响，因而整个自然演化链上的各环可说大体上是同时进行，并非截然分开，而且有些因素还有着很长的彼此搭接时间。

第四，唯一未能纳入此链的自然因素是气温。当然，气温因素可以和空气组成及生物的存在规模相联系，但这种联系无法说明另一个重大现象，即为何全球气温自新生代以来一直持续下降直到第四纪大冰期的出现。我们前面已分析过，新生代的全球气温下降可能主要由天文因素引起，而天文因素并不在地壳运动的范围内，因而也就未将气温变化纳入此链中。除气温外，类似的自

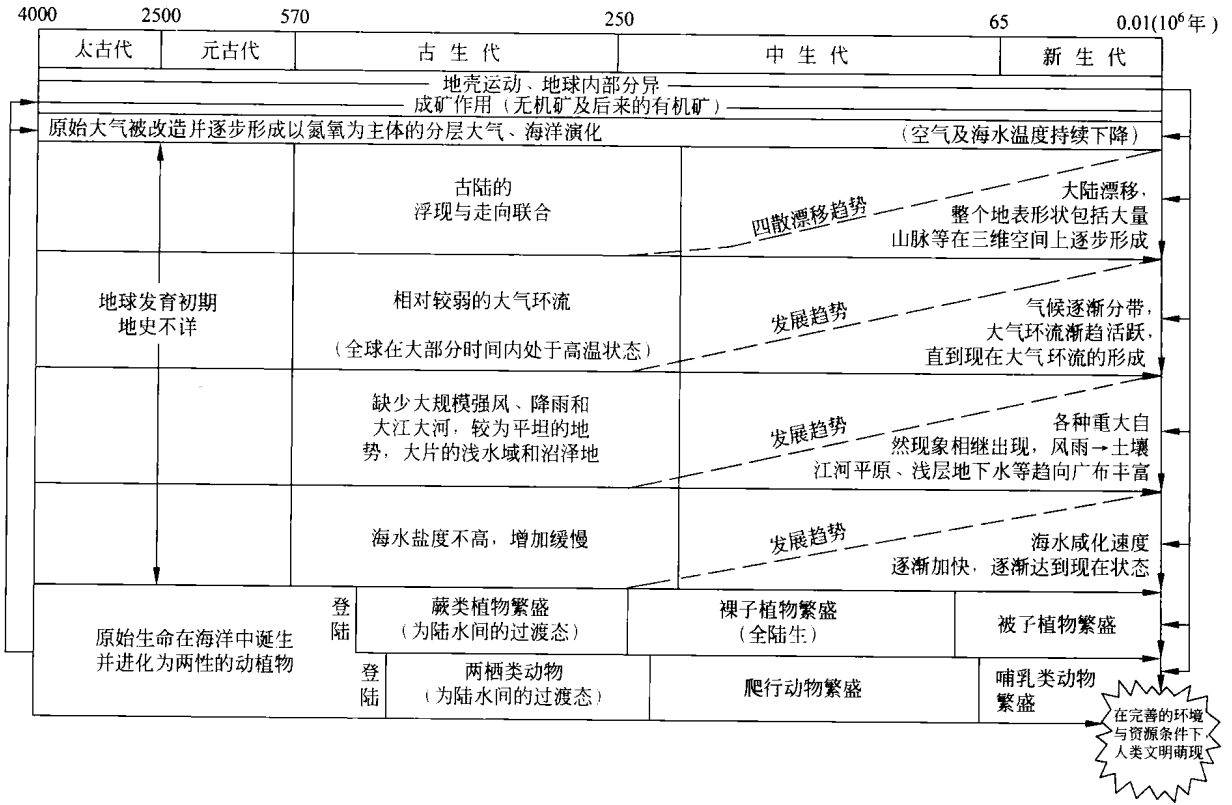



图 8-10　地球上的“自然演化链”

（人类文明诞生的自然背景，即演化的主流过程）

然因素还有四季及冰期与间冰期的形成等，也都与天文因素有关，因而也未纳入。

自然演化链初步回答了“人类原始文明的起步”一节中末尾 所提出的问题，即在同一个时期内为何出现了一系列为人类文明起源所必需的各种因素，包括小麦、水稻、牛马等。**没有这样一个极其漫长的环环相扣步步引发的自然演化链，这些因素将难以出现。**例如，没有特定的地壳运动所导致的海退，生命可能就无法登陆，没有特定的高温无风环境，生命即使登陆了，恐怕也难以存活，即使存活了，若没有新生代的特定环境，特别是草原的大量出现，恐怕也难以最终进化成为现在这些高级物种*，等等。因此，牛马水稻小麦等不可能在演化链中间某一个阶段孤立的冒出。如果说在大自然的演化中，“百分”只有一个的话，那么，在联合古陆的形成与解体中无论更换成哪个方案，其效果均不会达到百分，甚至只有两种可能，即成功或失败。不管是百分制还是只有两种可能，今天地球上已出现了人类及其文明，就说明这一过程是最合理的，无可取代的。**注意，这个过程是仅指其主流或本质。**

这条自然演化链称为“最终”，其中也含有最末一段的意思。图 8-10 显示了该链的主流或主线过程。

**本节要点：**

- 自然演化链主流上的连续性和唯一性。

## 8.4 自然演化链的规模与结构

以上我们讨论了自然演化链的形成及各自然因素之间的因果关系，下面我们再进一步讨论其规模和结构或说构造形式。

### 关于规模

为了说明自然演化链的规模，我们先以土壤的形成过程为例，以窥其一斑。

今天我们所见到的土壤都形成于最近的第四纪。在“土壤——文明起源的桥梁”一节中我们已谈了，形成土壤的过程可大致分为三个阶段，即风化作用阶段（以形成母质）、生物作用阶段和腐殖质形成阶段。对此可称为一级因素。如果将上述的每一个阶段细分，又可出现许多属于该阶段的二级因素，如

---

* 可参阅“丰富色彩的生态系统”一节。

由风化作用所形成的母质阶段，又可分为物理风化（即机械风化）和化学风化（包括生物化学风化）。物理风化这个二级因素又可进一步分为温度作用、冰劈作用和盐类的结晶作用。温度作用这个三级因素又可分成若干个四级因素，如岩石内外温差的时空分布、岩石的导热性、岩石的力学性能以及当地的气温变化情况等。岩石的导热性与力学性能（四级因素），再往下分又与岩石的矿物成分与岩石的完整程度有关（五级因素）。矿物成分再往下分则与化合物（一种岩石含有多种化合物）的性质有关。再往下分，则将涉及化合物的化学结构。再往下分会涉及分子运动等。如果我们有足够的知识，则从道理上讲，对任一自然因素都可这样一级一级地分下去。最后，各种因素可能都落到原子结构上。上面我们在任何一级因素上都是按单项或说是单线分下来的。实际上，如上所见，越往下分涉及的因素就越细越多，整体就像是一座金字塔。因此，**一粒土壤的形成表面上因素简单，实际上是由无数内外因素不断地共同作用的结果。**

我们对自然现象（或称因素）这样一级一级地分解下去，不是“无事可做”，其唯一的目的是想说明一个重要观点，**即人类今天所享用的一切自然现象都非凭空而来。它们都是通过从宏观到微观各级因素的共同作用而成。**一粒土壤看来微不足道，但大自然在形成这粒土壤的背后，从外到内却隐藏着几乎是无穷无尽的一级一级的因素长链。

我们上面所列举的土壤还只是从岩石开始，而形成岩石之前尚串联着无数个其他的因素，如各种矿物的形成与组合以及成岩的三大地质作用等。也许有人会说，这有什么奇怪，大自然原本如此。没有这个过程，就没有大自然。是的，人类自有意识以来，历经几十万年，早已完全彻底习惯了眼前的一切，对各种自然现象早已司空见惯。一代一代人都是这样传下来的。人们这样去思考，这样去对待，也完全可以理解。但我们的讨论并未到此为止。

如果我们将链中的一切因素或说环节，甚至包括上太阳系的起源，地球的起源以及它们的参数形成等，在时空上单独逐个地分解下去（其中还包括大量尚未被发现的环节，即使对已有的环节，由于人类知识所限，也可能分解不下去），可以想像，大自然展现在我们面前的将是一个结构无比复杂、各因素互为因果、数量无比庞大并在时空上呈立体状的自然演化结构。在这个演化结构中，**一切环节都是从最细小最简单的因素开始**，这点毫无疑问；而且，无论缺哪一环，都有可能对演化带来局部的或整体的改变。

但是大自然在漫长的演化中，在无数个环节中（譬如联合古陆的解体方案），都及时向“成功”方向演化，而未选择演化“失败”[①]。对此，你也许会不再认为自然界中的各种因素是无规律的集合了，你也许会为这样一个无比复杂

的自然演化结构而感到震惊。这就是由物质所组成的无比深邃与浩瀚的大自然的时空规模及其层层演化的内在复杂性。

其实，这是个不争的事实，只不过人们很少去这样仔细理解罢了！

①这里的“成功”“失败”仅是用来形容演化的复杂性。例如，石油煤炭的形成，中间若缺乏任一环节或有时间上的错位，均无法实现。另外，我们还可从现代科学来进一步多方位理解这一问题。20世纪60年代以来，一门研究自然界“无规可循”复杂运动的科学——非线性科学开始兴起。涵盖从宇宙到生命的各种物质运动变化。如天体演化、地球演化以及普遍存在的各种连续介质运动等。所有这些实质上都是反映了由大量粒子组成的复杂系统的演变规律。混沌（chaos，本书后面还要细谈）是非线性科学中一个非常重要的运动形式。大意是说，在确定性系统中，初始条件的任何微小变化都有可能导致复杂的运动后果，弄得面目全非，即差之毫厘，失之千里。混沌反映了在确定性系统中对初始条件的极大依赖性或敏感性，因此被认为是确定性系统中的一种内秉随机性。换言之，确定性系统并非“万事大吉”。混沌是普遍存在于自然界中的一种运动形式。这里，我们虽不是数学家，但如果我们进一步用混沌的观点来理解上述的连续演化过程，我们又当作何印象呢？是否能更加深刻地认识到自然演化的复杂性与严格性呢？请读者思考。

## 关于结构

根据上述讨论，我们可以明显看出，所谓演化，实际上是意味着大自然一直在沿着时间坐标，按从简单到复杂的自然法则，“编织”着一个无比庞大无比复杂且无比严密的时空物质结构。一切自然因素在这一结构上都有其自然使命（作用、功能）。如果我们将每一自然因素（如土壤）视为一个节点，则每个节点都会伸出（或具有）许多自然使命（作用、功能）并与其他节点相连。你在自然界中可能找不到一个不存在自然使命的自然因素（例如全球生态系统可以没有人类，但绝不能没有细菌或昆虫）。换言之，每一个自然因素既是其他多个因素的“果”，又是其他多个因素的“因”，绝无孤立的凭空出现的自然因素存在，一切都是互相联系的。这就是整个自然演化结构的基本构造特点，因而也是一个非常高效的演化系统。

以上我们讨论了大自然演化系统的规模。这都是千真万确的事实。我们自始至终并没有去虚构任何一个自然因素，而只不过将人类已知的自然因素给予重新梳理排队罢了。但这一梳理和排队非常必要，它帮助我们加深理解

了大自然，看到了大自然演化的内在联系，也即自然演化之链。下面我们再进一步看一下贯穿于整个演化结构中的演化内容。

我们上面说，在自然演化的结构中存在着无数个节点（因素），而每一个节点又肩负着多个自然使命（功能、作用）。现在我们再说，所有这些伸出的自然使命又都直接或间接地服从于两个“主题”（或至少其中一个）。一是“文明的萌现与发展”（形成环境与资源条件），二是“火的两重性”（易得性和广泛的可用性）。火是导致人类文明出现的首要因素，我们称为人类文明之父。但如果火不具备两重性，从文明起源与发展的角度看，则将完全失去了其存在的意义。因此，这两个“主题”在演化中都要得到满足，至少不与之相悖。只有这样才能使自然演化最终导致文明的萌现。但必须清楚，火对生命的形成与存在毫不相关而只能破坏。火的存在可以说完全是为文明服务的。这是千真万确的事实。如果我们牢记这两个“主题”，并以这一观点去理解大自然的整个演化过程，你将会发现，尽管这个演化系统异常复杂，但一切看来都是在围绕着这两个“主题”而进行组织、安排和运转，有条有理，非常高效（参阅图 8-10）。

看来，大自然是在这两个“主题”下一直不停地编制着这个无比庞大无比复杂的自然演化系统，实在令人难以描述。下面我们仅能挂一漏万，通过个别窗口极其粗略地窥其一斑。

我们仍然先谈地壳运动，因为它是地球上诸因素之首。地壳运动本身有着许多自然使命（功能、作用），或者说它导致了许多地球上的宏观变化。这些变化有的是与“文明萌现与发展”有着渊源关系，有的是与“火的两重性”有着渊源关系，有的则是二者兼有。我们尚未发现有其他含义，更未发现不存在上述两个含义的任何其他变化。地壳运动造就了海洋、原始大气、矿藏等，海洋又孕育出来生命，生命通过地壳运动登陆，生命又彻底改造了大气的组成，等等。可以说，地壳运动不存在离开这两个“主题”的任何多余使命。所有这些内容，我们在本书开篇以来已讲了许多，这里就不重复了。

再譬如大气。大气本身既是由其他自然因素演化而成，自己又肩负着以上面两个“主题”为核心的许多自然使命（功能、作用）。大气中的对流层是大气环流的唯一物质基础，大气环流又带来了水循环、岩石风化等。大气在结构上各层有各层的自然使命（功能、作用），无一多余。大气在气体组成上同样不简单，每种气体也都有自己的自然使命（功能、作用）。如氮与氧的含量比例既为生命所必需又为火的两重性所必需，不能更改。其他如二氧化碳、水气、甲烷以及其他极微量的气体既为调节大气温度所必需又为生命所必需或为发展人类文明所必需。我们还可列出大气的其他自然使命（功能、作用），但它们都与两个“主题”有着某种渊源关系。

这里，我们还可举出更多的例子来说明大自然演化的这一特点，但限于篇幅就不再列举了。这其中的道理也不难理解。今天地球上既已出现了人类文明及火的两重性，那么，在这个长链中的各个环节，或直接或间接都与其有关便是件必然的事。因为自然演化从天到地，从有生命到无生命都是环环相扣，只不过现在科学尚未全部认识辨明罢了！

下面我们想再窥视另外一个具有重大意义的窗口，即含有碳元素的有机化合物（简称有机物）两个“主题”的含义。

自然界里，含碳元素化合物已接近600万种，而不含碳的化合物不超过20万种。

首先，关于文明的含义。以碳元素为主所构成的有机物，不但构成了生命体自身从而也是动物唯一的食物来源，而且也是人类文明发展所必不可少的物质基础。人类对有机物原材料的绝对依赖便是在这方面最好的例证。有机物原材料与无机物原材料相比，其最大的优点是具有机械组织系统（如纤维等），在常温下既有一定强度又有相当的柔性与韧性，可直接任意使用。从毛皮到杂草到树叶木材等，无不如此。人类从远古时代就利用这些材料来织布制衣，制造器具和建造房屋等。因此，密布于生物全身（主要是植物）的机械组织系统在生命存在时可以支撑整个身躯，生命结束后便构成了无机物原材料所根本无法取代的纤维原材料。当然，生命结束后，其躯体除可做原材料之外，尚有数不尽的其他用途。这里就不细说了。那么，碳等元素又何以能构成形形色色的植物机械组织系统呢？这涉及植物学和有机化学等专门学问。我们不是植物学家，也不是化学家，无力也无必要对此做出更多的叙述。不过，有一句话还是可以说的，即**离开碳元素，在自然界绝对形成不了常温下既有强度又有柔性与韧性的有机物原材料**，而人类的原始文明及现代文明也绝对形成不了。

第二，关于燃烧的含义。碳元素本身就可以燃烧，因此，以它为主构成的植物便成为原始人类唾手可得的易燃燃料。生命死了，由于碳和氢元素尚在，所以其自然使命（功能、作用）仍未结束，于是又被大自然加工成为为后来人类所利用的更高效的燃料，煤、石油和天然气。

以上便是自然演化链的规模与构造。

我们今天看，大自然就是通过这样一种自然因素的链式发展，在地球上形成了人类起源与发展所必需的环境与资源条件。而且，这完全是一个有机结合的动态整体，或者说是一个不断演化的系统。在这个演化系统中，不管哪一级，每个环节（因素）的自然使命（功能、作用）都是按照这两个“主题”（文明萌现与发展和火的两重性）的“需要”而进行“组织与安排”的。在这个自然演化

链里，你可能找不到一个环节同这两个“主题”毫不相干。这里，我们可以说，只有人类尚未发现的自然使命（功能、作用），而绝不存在没有自然使命的自然因素。**既然每一个环节都与这两个“主题”有关，因此，其演化的结果必然也就是最终导致人类文明的萌现及其以后的发展了。**这也就是我们为什么要说自然演化中存在着“一致性”的原因。

**因此，我们完全可以说，大自然的本质就是物质的、运动的，其各种因素的组合与演化是有规律的和有方向性的（即不断地走向更高级的存在形态），因而是一个演化的有机整体。相反，如果这个自然演化过程内部彼此没有联系，各因素之间的组合没有规律性也没有演化的方向性，那么，还会出现人类及其文明吗？**

说到这里，也许你会为大自然演化规模之恢弘，结构之高明、组织之严密而感到震惊。这就是生育伟大人类的大自然，这也是千真万确的事实。

以上的讨论便是自然演化链的规模与结构。这一讨论实际上是对本书开篇以来所有讨论的一个总结。为了使读者在头脑里有一个清晰的脉络（概念），下面我们再简单谈一下本书论述的逻辑。

用心的读者也许会发现，我们之所以能够将众多的自然因素串联起来构成这样一个无穷无尽的自然演化链，首要原因是我们一开始便首先研究了陆上风（主要是行星风系）的起源问题。

风这一独特的自然因素具有极强的承上启下作用，而它的形成又与天文地理大气密切相关。因此，搞清了风起源的地质年代就是找到了解开演化链的钥匙。非常必要。这就是为什么我们用了很大的篇幅从方方面面去研究风起源时间的原因。有了风起源的地质年代，其余的问题在相当程度上便是对人类已有知识的理顺（梳理排队）和再分析，包括海水的咸化问题、水循环问题、土壤的形成以及陆海分布等问题（图 8-11）。有了这些对自然因素的理顺，便可进一步看出它们内部之间的结构关系，从而可在宏观上大致展现出自然演化之链的面目，看出地球上人类文明出现乃是这种演化逻辑的必然结果。对于火的两重性的理解也是在风起源的基础上经过进一步探索而提出的。

因此，不首先解决风起源的问题，人们对地史中的许多现象（因素）就会感到比较凌乱，无头无尾，找不到它们的内在联系。现在有了风的起源年代，一切自然因素便都可串联起来了。从客观上讲，大自然的演化也就显得一切秩序井然了。单从这一点上讲，我们也可以认为本书所论证的风的起源年代是正确的。否则，一切便散乱了。自然演化链详见图 8-10。

**本节要点：**

- 今天我们所揭示出来的自然演化链说明，自然界中各种因素在过去亿万年间的演化过程中，并非任意出现；相反，是按照一定的自然演化逻辑进行组合与演化的，并由此实现了这个由简单到复杂由低级到高级的发展过程。自然界的一切“成果”都是由最简单的因素逐步作用而成。
- 自然界的一切因素都不是孤立的而都互为“因果”。
- 两个“主题”的意义。自然演化中若不存在两个“主题”或与之相悖，还能演化出文明吗？
- 地球上人类文明出现乃是这种自然演化逻辑的必然结果。

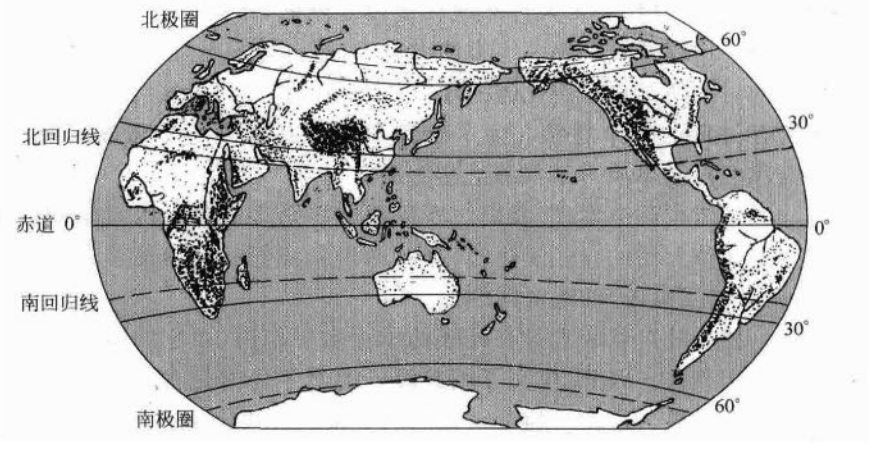



图 8-11　世界地形示意图

（点越密地势越高，无点表示平原）

我们完全可以想像大约 250 万年前，全球地形与今天的大体相仿。高山高原加上森林与降雨孕育出了无数江河湖泊，其中不少今天仍然可见。广泛的水力沉积作用又形成了无数大小平原，广布在高原和低地上，平原又造就了大量草原和文明起源所需的物种。这一时期或更早时间，在非洲这块地球上最大的热带高原上，终年气候温和，水草丰盛，森林茂密，特别在东部的赤道附近地区（即高海拔低纬度），自然环境更是得天独厚，孕育出了地球最早的人类祖先——南猿（*Australopithecus*）。

地球上若没有这些广袤的高山高原，就不会有大量的江河湖泊，就不会有大量的森林草原，也就不会有后来的人类文明的萌现。所有这些环节，各有各的自然使命，缺一不可。

这里，如果换一个陆海分布格局，按今天我们对自然的理解，则纵有平原出现，纵然天文条件不变，大自然在孕育人类及其文明的演化进程中，仍可能将功亏一篑！譬如，若全球大陆分布分别集中在南北高纬度范围，则将难以出现大量“高海拔低纬度”的特殊环境——一个地球上诞生人类及其原始文明的非常必要的大摇篮；若大陆都集中在赤道低纬度附近，则难以出现如此丰富多彩的温带寒带生态环境，进化出为人类文明萌现所必要的物种；若陆海面积比例颠倒，则全球气候环境势必大变，后果不堪设想。即使“万事俱备”，倘若没有250万年前非洲的森林向草原转化，猿人也难以被迫学会直立行走，等等。所以，250万年前的陆海分布及其相应的地理环境，对人类及其文明的萌现而言，至为必要。

# 9 理解大自然

本书到此为止，环境与资源都已讲完。现在让我们在以上各章讨论的基础上，对高深莫测的大自然做一番概括，以加强对自然的理解。

我们曾将自然界的一切因素概括为两大类：一类是与创造最初的生命有关的自然因素和条件；另一类是与创造并发展人类文明有关的自然因素和条件。这两类自然因素与条件之间并无鸿沟，中间有许多自然因素和条件具有双重使命，共同为这两类因素服务。下面，我们就按这两类因素与条件，分别进行综合理解。

## 9.1 关于生命的起源

生命究竟是怎样诞生的，这在科学上至今仍是个谜。总的来说有两派观点。一派认为生命是地球上物质演化的产物；另一派则认为生命源于太空，或者说生命所需的最初物质源于太空，而后进入地球并在地球的怀抱中诞生。

科学家认为地球年龄为 45 亿～46 亿年，生命的年龄为 35 亿～38 亿年。二者相隔最多 11 亿年，最少 7 亿年。考虑到地球诞生之后尚需一定时间才能完成分异作用并形成一定规模的海洋，因此我们可以说，如果生命源于海洋，那么从无机物的化学演化产生了有机物，再从有机物产生了最初的生命，整个过程可能不到 10 亿年，也许只有二三亿年。这是因为孕育生命所需的海洋规模不能“太小”，“短时间”内无法靠水滴积累而成。因此这二三亿年的生命形成时间同生命诞生后所经历的几十亿年的演化时间相比，相当短暂。时间短，介入的因素可能就相对较少，“程序”也相对较简单。当然，我们这里所说的一切是从具有一定规模的海洋形成后的某一段时间作为开始的。

如果生命源于太空，那问题就更简单了。地球上只要具备这个原始生命诞生或存活的环境条件，即可接受来自地球以外的各种形式的生命信息。生命就可以通过彗星或陨石撞击地球等的方式，以各种机会，在地球上“安家落户”。

总之，地球上的生命不管以何种途径诞生，其诞生前的演化时间相对较短是可以肯定的。大自然的重头戏可能是安排在生命诞生以后的演化上。

下面就让我们总结一下生命在地球上诞生之后，大自然是如何“呕心沥血”将生命逐步演化成人类及其文明的。

**本节要点：**

- 在地球上形成生命所需的演化时间要比生命形成后的演化时间短得多。

## 9.2 文明起源的远因——宏观因素

从人类文明起源与发展的观点看，自从地球诞生之后便存在着两类自然演化：一类是环境演化（地球表面以上的状态）和环境作用下的生物演化；另一类是与生物演化无关但与文明发展有关的各种矿床资源的形成演化。其中环境演化及生物演化是以天文因素与地质作用为基础，而矿床的形成与演化则是由地质作用形成，其中也包括生物体经过地质作用后所形成的有机矿床。

这里的天文因素包括太阳辐射、日地距离、地球公转与自转、地球质量与体积、地球轨道三要素等。另外，尚包括大量的未知的为形成地球环境所必需的天文因素。例如，有的科学家越来越相信，月球的存在、木星的存在乃至超新星爆发等都有可能或永久性或关键性地影响着地球上的环境及生物的演化过程。甚至还可设想，如果地球是太阳的“独生子”，那么还能演化成为文明星球吗？可能不行。

环境包括陆地、海洋、陆海变迁、大气、气候、气温和各种衍生的自然现象，如土壤等。

### 环境与生物演化（地上）

（1）35(38)亿—46亿年前，地球诞生、内部分异、陆海形成、化学进化。

（2）35亿—38亿年前，海洋中出现蓝藻和细菌，开始放氧。

（3）18亿年前，海洋已具有相当规模。

（4）9亿—13亿年前，海洋中开始动植物分异和出现两性。

（5）4亿多年前，随着地壳运动，大洋中诸多陆地（块）逐渐扩大与靠拢。陆上地势较平坦，没有大规模的强风，没有多少雨，没有多少大江大河，只有大片大片在海陆转化中所形成的浅水域和沼泽地，为生命“被迫”但又“适时”地

从海洋向陆地进行脆弱而又充满风险的“延伸”提供了最佳的过渡环境。

（6）生命在这一特定环境中成功地进化成为能在空气中生长的半陆生物种。植物界以蕨类植物为主，动物界以两栖类动物为主。

（7）大约2亿多年前，联合古陆逐步形成并“不久”便开始解体。板块之间的运动导致一系列大规模地质作用，使地球表面形状日趋复杂。原有的大片浅水域和沼泽地随之减缩或消失，因而植物由半陆生进化成为全陆生的裸子植物。动物界已由两栖类进化为爬行类，但仍只适于高温环境，特别是还喜欢水生活。整个大陆环境依然是高温、少大规模强风。

（8）大约从1亿年前到6500万年前，联合古陆基本解体，全球陆海分布格局进一步趋向现在状态，同时陆上的地形也明显的复杂化。全球气温在历经数亿年的高温浮动之后，在中高纬度地区开始明显的持续下降。于是，作为万千气象之首的风，在上述自然条件的共同作用下（陆海分布、地形与气温），逐渐加大。全球环境开始走向多样化，并在这一过程中带来了物种多样化。在动物界哺乳类动物渐多，植物界大量出现了被子植物。为地球上高级物种的出现拉开了序幕。

（9）从大约6500万年前到250万年前，形成了以温带为第一主体，热带为第二主体的全球广袤大陆的分布状态。世界上以喜马拉雅山脉为代表的许多高大山系开始相继崛起，海洋中的岛屿也相继浮现。全球中高纬度地区的气温进一步下降，气候上出现明显的分带性和区域性，两极冰盖先南后北也最终形成。在这些自然因素的促使下，风雨力度更为加大，风化作用与土壤的形成也空前加速，加之地形与森林植被的作用，于是大江大河在形成与消亡中，也相对增多，并在陆上开始形成大小平原和独立广布的淡水系统。在被子植物中具有重大意义的灌木和草本植物，在哺乳类动物中具有重大意义的食草动物原始马等，均在这一新的自然环境中相继登场。而海水也以空前的速度加速咸化进程，海洋生物逐渐适应新环境。

（10）从大约250万年前到1万年前，随着气温进一步下降，全球出现了意义非同一般的第四纪大冰期，为文明的出现正式拉开序幕。在这一期间，气候上出现了以数万年为周期的强弱不同的冷暖期交替。于是，大气环流和相应的水循环在规模和力度上空前增大，平原草原和淡水资源也空前增多，为众多物种的全面“提升”创造出了极为有利的地理条件与气候条件。植物界在御寒等环境变化中演化出多倍体植物，包括最有价值的小麦黑麦谷子等；在动物界，除牛马等得到空前的进化外，古猿在历经数百万年的缓慢进化之后，开始完全与动物分道扬镳，进入了漫长而意义重大的旧石器时代，并于一万年前进入了新石器时代。

(11) 与上述一系列演化的同时，在地球表面的高空处还进行着意义重大的大气层的演化。地球诞生之初，随着“频繁”的地壳运动，形成了原始大气层，有助于原始生命的诞生。35 亿—38 亿年前蓝藻出现后，开始了对原始大气层的改造。随着地球上生物规模的加大，这一改造的速度也随之加快。高浓度的二氧化碳逐步下降，氧的含量逐步上升。大约到了 4 亿多年前，高空出现了臭氧层，为生命登陆后的安全生存撑开了非常必要的保护伞。接下来，空气中的氧含量在第四纪定位于最理想的数值水平上，即 21%，相应的氮则为 78%，二氧化碳最终也被削减到一个极为理想的数值水平上，不到 0.03%。大气在亿万年来以氮氧为主的形成过程中，在太阳辐射作用下，还逐渐出现了意义重大的分层现象，为各种气象和明亮世界的形成创造了物质条件。

以上便是我们在本书中所讨论过的环境与生物的演化的主流过程。整个看来，**这是一个随着环境不断复杂而生命不断走向高级的过程**，因而也是一个时间因素与物质因素有机结合的演化过程，一个本质上连续的顺序渐进的过程。各步之间无法颠倒，更不能缺位或凭空出现。设想，如果没有联合古陆前的特定环境，则生命将无法登陆。如果没有联合古陆解体所带来的复杂环境，和气温的持续下降，生命即使登陆也难以走向多样化。如果没有生物的多样化，又何能出现人类，如此等等。看来这是一个非常合乎逻辑的过程。难道不是这样吗？是，这完全是客观事实。**因为人类及其文明无法不经过这一系列演化而凭空出现**。其实，我们的问题并不在这里，因为以上都是不争的事实。我们的真正问题在下面。

生物进化中变异是不定向的，而自然选择则是定向的*。但自然选择的唯一根据又是维系生命生存的客观自然环境，换言之，自然选择总是根据环境的变迁而进行。那么，地球在过去的几十亿年里，为什么会出现导致人类及其文明出现所需的一系列环境变迁呢？应当怎样来理解呢？

生物的演化如同一切自然过程一样，也是从最简单的形式开始，逐渐走向复杂与高级。其相应的生命力也是从最弱小开始，逐渐走向顽强。植物登陆最初始于裸蕨。裸蕨不但表面上纤细矮小，而且其内部结构包括“运输系统”与“骨架”也都十分简单。如果说，今天的植物纤维如同尼龙纤维，那么 4 亿多年前的裸蕨，其强度尚不如干草叶。原始登陆植物，除生命力脆弱以外，自身固定能力也很差。这一点也很容易理解。因为它们刚从水生植物演化过来，根系不会发达，尚未“学会”在陆上扎根的本领。植物生命力的这种整体性的脆弱状态，只有经过 4 亿多年的陆上进化之后，才能变得非常顽强。这中间，

---

* 参阅“海水盐度的演化模式”一节。

环境变迁要十分合理。如果一上来（古生代）便来段恶劣环境，如狂风暴雨、冰天雪地等，则势必将登陆之初弱小的生命扼杀于萌现之中。

由此，我们可以看出，在新生代之前，植物演化似乎是以“成长”为主。“成长”之后，进入新生代便开始了以“多锻炼和增强功能”为主的进化提高阶段。这一点就和今天我们所见到的一切发育过程一样。因此，可以说整个环境变迁恰恰满足了生命力由弱到强的演化需要。人只能长大了才能经风雨，襁褓间就将其置于风雨严寒中，岂不是送死。这二者的道理，完全一样。**全球气温只有到了新生代才开始长达七八千万年的持续下降，并最终出现了第四纪大冰期，从而把一切生物的生命力通过进化推向了空前的高峰。**

现在，再让我们回到上面的问题上来，即为什么地球上在过去几十亿年间会出现这样一系列“安排”如此得当的环境变迁呢？

对此，我们无意也无力去做任何解释。

也许有人会说，大自然原本如此，如果没有这样一系列“巧合”，也就不会有人类了，当然也就不会有我们在此讨论了。话可以这么说，但这并不解决任何问题，相反却反映出对大自然演化的复杂性及其深邃的内涵缺乏理解。我们在自然演化链中曾说过，这是一个无比恢弘、无比复杂而又无比高明的动态演化过程，绝非因素（可能有无数）的简单聚会。

另外，我们也没必要将此简单地归结为某种超自然力量所为。因为物质之外无世界，而且这样思考同样也无助于解决任何问题，无助于继续深入探索。

因此，我们的意思仍是“大自然的本质就是物质的、运动的，其各种因素的组合与演化是有规律的和有方向性的（即不断地走向更高级的存在形态），因而是一个有机的演化整体”。

## 各种矿床资源的形成演化（地下）

人类目前只知道地壳运动下的成矿原理以及可能形成的地质年代，但对地球矿藏的整个形成过程则知之不多。科学家相信，造矿过程从地球之初便已启动了，但后来又是怎样随着地壳运动一步步将矿藏演化到今天这样一个水平呢？现在并无确切回答。对有机矿而言，可能是个例外。由于有机矿是由生物躯体埋入地下后演化而成，因此人类比较了解其成矿的具体过程，而非仅仅停留在原理上。同上述的地球环境变迁演化一样，从人类文明起源与发展的角度看，地球上的成矿演化无论在空间分布上（地面、浅层、深层都有）和时间安排上（在人类出现后各种矿藏均已演化到可以开采的水平）都十分合理。

但是，为什么随着地壳运动会有这样恰到好处的成矿过程，例如成煤时间总需要一两亿年而这恰好也就是大量蕨类森林与裸子植物旺盛的时代；以及为什么地球上会拥有如此丰富齐全、比例恰当的元素以形成地壳与矿藏资源并能满足文明发展的需要，我们同样也无法再做进一步的解释。

因此，我们只能像承认一切**自然存在**一样承认以上这些过程，承认包括天文因素在内的自然演化中的“一致性”，这也许就是大自然演化的本质或说是基本规律所在。

以上便是大自然在地球上所形成的为人类起源与发展所需的环境与资源条件的演化过程。

**本节要点：**

- 地球上之所以能出现伟大的人类及其文明，不会没有远因，这是客观存在；
- 这个远因的发展是一贯的连续的，惟其如此，才能最终导致人类及其文明的出现。

## 9.3 文明起源的近因——可操作因素

现在让我们从本书的叙述中概括一下原始人类是如何在一个特定的地球环境中启动文明的。

文明是大自然通过人类来实现的。然而这种实现要有两个基本条件，即一定的智力水平和一定的物质资源。前者是以后者为诱导而逐渐发展起来并再反过来去开发后者，这就是大自然对解决这一“课题”的基本方法模式。

我们可以把 200 多万年前原始人类的境遇比做一个人处于毫无方向的一片黑暗之中，那么，智力低下的原始人类是怎样启动原始文明继而走出黑暗的呢？有的观点认为，当全球气温继续下降时，植物便以越来越坚厚的种皮作为对环境变化的反应。果实为被子植物所特有，而被子植物大发展则是在新生代后期，特别是第四纪。于是原始人类或说古猿为了取食，便凭借十分低幼的智力逐渐学会用石头打开坚果。这一点完全可以理解。但石头一旦进入生活之后，便赋予了新的意义，即不再是旷野中的顽石而是人类的工具了。这大概就是旧石器时代的开始。

以生理的需要刺激人类学会使用工具，这一点很合乎逻辑。但人类在满足生理需要的同时却又不知不觉地开始了另一个伟大的自然进程，即**通过劳**

**动加速了自身的进化**。这就是长达200多万年的旧石器时代的本质意义所在。没有这200多万年的手脑并用，猿人将永远无法进化成有智力有灵巧双手的现代人类。这就是平常所说的“劳动创造了人类”。而那些分布很广的卵石碎石则是大自然历经千百万年后所形成积累下来的，似乎是专门为了这一伟大时代的到来而准备*。

此后，大自然又以频繁的雷电所引发出稀遇的森林大火，将自然之火逐渐介绍给了人类**。50万年前人类终于将火引进了自己的生活，改变了饮食结构，从而又进一步加速了自身的进化。一万年前，人类掌握了钻木取火，并“很快”从烧过的黏土变硬不怕水这一熟睹了无数次的现象中得到了启发，学会了制陶。5000年前，人类又利用制陶的高温技术学会了冶炼青铜器。在这一漫长的过程中，如果没有大自然提供的各种条件，包括四季、平原、水资源、矿产及物种等，将绝对无法完成。

这里，最重要的是我们千万不能将自然界的一切视为当然之事。自然界中绝无凭空出现的现象。**一草一木，一土一石，都有其深远的形成背景**。旧石器时代，若没有几乎到处可见的顽石，没有丰富的黏土层，行吗？不行（其他星球上可能就没有，这是地球环境所演变出来的特有产物）。没有卵石碎石，将不会有旧石器时代，没有黏土，将制不成陶。因为砂土是难以制陶的。因此，从顽石到黏土到铜矿锡矿；从柴草到木炭到牛马到煤，这一切都是大自然在漫长的演化过程中逐步形成的，待到人类出现之后，便都成了文明起源的可操作因素了***。

因此，我们说，**如果只有远因，只有宏观因素，而无近因，无可操作因素，无可用资源，人类的文明仍无法启动**。这是完全可以理解的。事实上，正是由于这些可操作因素的存在，具有低幼智力的原始人类，才得以以自己的某种生理需要为最初动力，将其利用起来。**因此，从顽石到黏土到金属，从柴草到木炭到牛马到煤，我们可将此视为两条黑暗中的亮索。原始人类正是抓住了这两条亮索，以满足衣食住行为动力对环境进行不断地开发，才得以逐渐脱离黑暗步入光明。**

**这一过程还告诉我们，发展人类文明的因素和条件，既无法预见又无法改变**。这是非常显而易见的。因为对人类尚未开发出的东西，只有开发之后，才

---

* 参阅“人类原始文明是如何起步的”一节。

** 参阅“很久以前的火及其两重性”一章。

*** 参阅“两条物质链——文明进步的阶梯”一节。

能认识才能熟悉。例如，远古时代人类对于火和矿石可能都熟视了几十万年，但只有人类学会了用火之后，才知道火的巨大用途，而后又才知道各种矿石的用途。人类食用小麦以后很久很久才知道使用酵母菌。没有酵母菌，我们的面食能如此丰富多样吗？

人类自有意识以来，便知道月亮的存在，但只有到了20世纪，人们才意识到月球存在对地球所产生的重大意义（这个意义至今尚未全部捕获）。今天看来，月球上不但蕴藏着极为丰富的矿产与能源资源，而且也是人类进入太阳系的一个非常理想的中继站，对研究太空和进入太空都具有无可取代的作用。

月球之外，下一个站是火星；火星之外，下个站可能是土星或木星上的某颗卫星。这一切恰似大自然专为人类搭就的一系列“天梯”，在“天梯”中，人类可以“实习”和研究。否则，人类就很难直接走出太阳系，更无法飞入无垠的太空。这类的例子太多太多了。总之，对自然界中的一切，人类在认识之前是无法预知哪个因素有用，哪个因素无用的。人们只有不断地从无知到有知，才能在开发中，使自然界中的各种因素为人类文明服务。

我们前面说过，自然界并无“多余”之物（自然界原本无废物，万物相连，环环相扣），一切价值都有待于人类去发现，而绝不能有意无意地去否定或消灭某种自然存在。例如，大量人为地消灭物种等。当然，我们并非说，大自然的一切东西就不能动了。就说物种，某个物种作为一个自然因素，当然会有其形成与存在的原因，或说都有其存在的“自然使命”。但对某一物种存在的量，则要视人类文明生存的需要而加以控制了，但不能随意消灭。这是因为，在人类诞生之前，一切物种的量是靠自然平衡来维持，这是一个动态的但又十分缓慢的过程。人类出现之后，人类有智慧因而免除被淘汰，但自然法则不能变，自然使命不能消灭。人类虽有能力消灭一切“异己”，但人类只有按自然法则办，即继续维持自然界万物的兴旺平衡，才能最终也保住自己的“铁饭碗”——无尽的资源。

**本节要点：**

- 对一无所知一无所能的原始人类之所以能启动原始文明必然有其具体的主客观因素。这些因素同样也是通过连续演化而来；
- 直到今天，人类对文明发展因素同样是既不能预见，也不能改变。唯有开发，才能发现、发展。

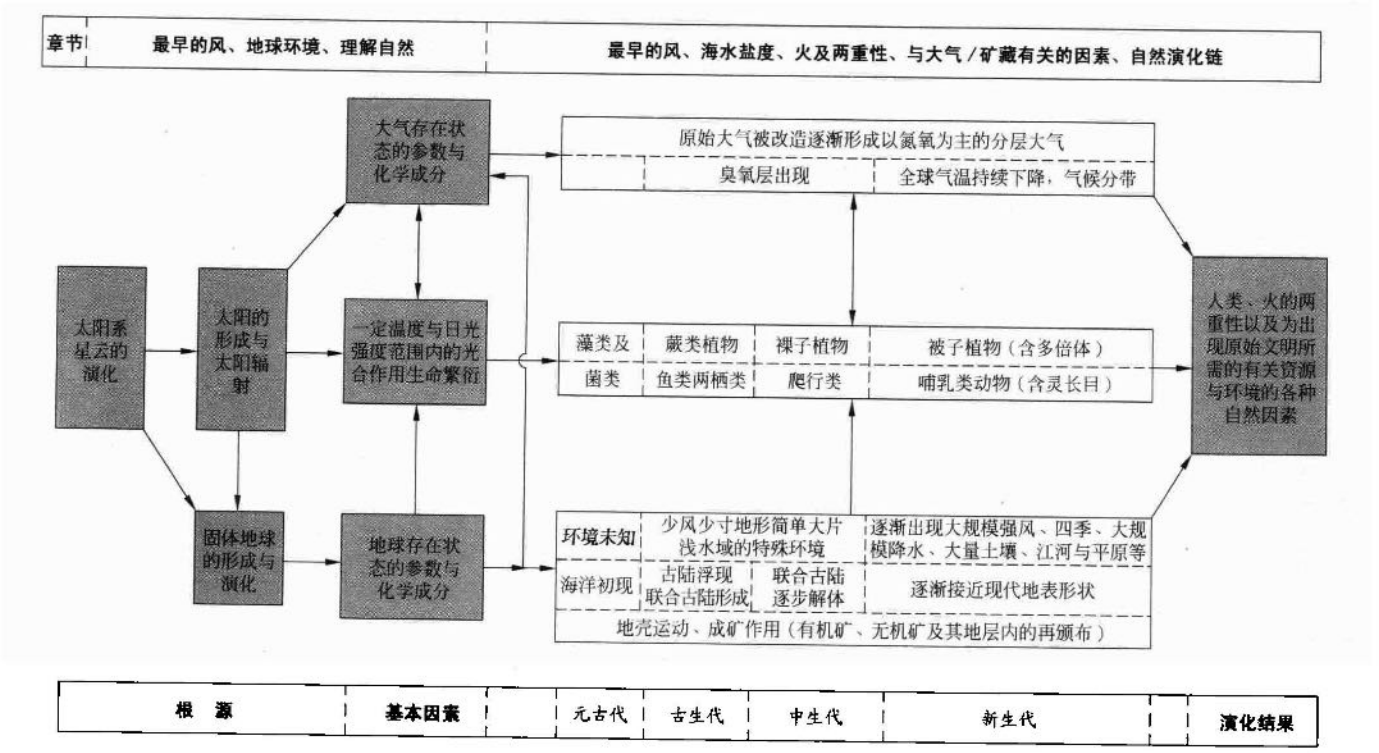



图 9-1　从太阳到地球的“自然演化键”——《理解自然》的总关系略图

## 9.4 关于宇宙中从生命到文明的基本演化模式

以上两节总的来说都是在讨论人类文明起源的自然背景(即环境与资源两大方面)。中心说明地球上人类文明出现是自然演化逻辑的必然结果。这里,让我们再强调一遍,在这方面的探索将是无尽的。随着时间的推移,肯定还会发现更多更为深奥的天文地理地质生物因素。譬如,月球的存在究竟对地球环境有何重大影响,等等。无尽无休。大自然就是这样编织了一个包含无穷因素的演化"程序",以不断地走向更高级的存在形态,并最终在宇宙中实现了这个极为特殊的星球——地球及其人类和文明。

下面,我们将转入一个新课题,即从生命到文明的基本发展模式,并拟利用较多的篇幅来讨论这一问题,这实际上是对本书所有论述的一次再深入。

一颗行星如果有生命,就肯定能演化出文明来吗?从本书的全部论述看,**答案是明显的,即"未必"**。这是因为,在长达 40 多亿年的演化中,涉及的因素无数,从宏观的天体到微观的分子,不但缺一不成,而且"登场"的时间顺序也相当严格。每个因素,如土壤、石油、大气层等,又包含着像金字塔那样数不清的次级因素。因此,大自然在地球上所演化出的文明实乃无数个大大小小的"成功"按时间要求集合而成,也是自太阳系之初(至少目前可以这么说)"一整套"时间与物质有机结合的最终结果。这一点无可非议。否则,哪里来的今天?

因此,单就这一点我们便可说,如果元素周期表和自然规律在宇宙中是一致的,那么以此为背景(条件,基础)所演化出来的生命与文明便只能是以地球的发展过程为模式。换言之,**这是由元素周期表和自然规律所规定下来的一个必由之路,似乎不会再有其他方案**。

下面我们从文明之父——火,这一高度上,再一次全面地总结一下这一问题。

20 世纪 50 年代初,美国年轻的学者 S. L. 米勒在充满模拟的地球原始大气的瓶中,模仿雷电效应获得了氨基酸。从那时起,这类实验进行了很多。这些实验证明,为形成生命所必需的物质未必都要通过雷电效应,只要方法得当,其他途径也都可以获得。既然最初生命所需的最初有机物,或称生命的前身物质,并非严格到只有一种途径才能形成,那么我们就无法否认在外层空间也存在着这些生命前身物质的可能性。

实际上,自 20 世纪中叶以来,人类已多次从宇宙陨石中发现这类物质的

踪迹。现已发现的天文分子约百种，包括较复杂的有机分子，分散在各种天文环境中。因此，在30多亿年前与地球上出现生命前身物质的同一时间里，其他天体未必就没有同样的初始过程，但今天地球上的人类却完全可以自豪地说，30多亿年过去了，只有我们地球已演化成了如此高度发达的文明星球。在探索所及的浩瀚太空中，我们地球可说是独一无二了。

是的，今天在以光年计的太空范围内，至今人类尚未发现有任何地外文明的蛛丝马迹。但我们绝不能由此断言，30多亿年前就绝无第二个具有原始生命的星球。40多亿年前，我们的地球也是一个有着高温、高压、到处令人窒息的大气层的普通星球，但它靠**先天优越的众多天文参数，靠后天一系列令人惊叹的、巧妙的环境变迁**，历经30多亿年，终于演化出来文明。因此，我们完全可以说，如果宇宙中具有原始生命的星球是稀遇的话，那么能从生命演化成文明的星球则更加稀遇。

一句话，生命绝不意味着文明。

这里还有一种观点认为，我们的太阳是宇宙中的第二代恒星。所谓第二代恒星是说组成它们的元素是来源于第一代大恒星的制造和抛射。我们的太阳目前正处于所谓壮年期。而科学家认为在目前已发现的恒星中，约90%都处于这一时期。因此，我们可以说，我们的地球很可能是宇宙中的第一代文明星球。因为在第一代大恒星周围是绝对没有生命的。由此可以推断，即使在非常遥远的其他星系中，如果有某个第二代太阳系中也出现了文明星球，那也只能是我们的同辈而已。

以上我们讨论了从生命到文明之间的巨大难度，下面我们再讨论一下这一转变的可能模式。

**文明是自然演化的最高级阶段，也可以说是生命乃至宇宙存在的意义所在**。那么，从生命到文明，什么是关键呢？当然是物质的性质、数量及其存在的形式。从这一点出发，我们可以说，碳、氢、氮、氧这四种元素在地球上以恰当的数量和恰当的形式存在乃是实现这一转变过程的基本前提。

**这四种元素在生命与文明这两大阶段中都起着非常特殊的不可取代的作用，是这两个阶段中的主要角色**。正是这四种元素才使得水、火与生命这三大自然现象得以实现。打开元素周期表仔细研究一下，可以发现再无第五种元素可以有此殊荣了。例如，碳是周期表中唯一可构成生命物质骨架的元素，无法取代，而水的多种作用也是自然界中独一无二的。

当然，这里的所谓“前提”绝不是否定其他元素在这一转化过程中的必要性，而是说在数量和存在形式上没有这四种元素在地球上恰当的安排，则“一切全休”[①]。那么，大自然是怎样在数量与存在形式上实现了这四种元素在地

球上恰当的安排呢？

① 这里只是强调这四种元素在存在数量与存在形式上对这两个阶段的重要性。例如，磷是构成遗传物质核酸和骨骼的必要元素。没有遗传又怎能实现进化呢？但磷在生命肌体中所占的比重很小。因此，磷在自然界中的存在数量与存在形式便不会像碳氢氮氧一样"要求那么高"，只要生命能摄取到即可。当然磷在肌体与文明发展中，还有其他一些作用，但都不像碳氢氮氧这四种元素那样，要有严格的存在形式与存在数量。

让我们先讨论这四种元素的存在形式。

首先是地球的内部分异作用，将各类元素富集于不同的地下圈层内，并形成了地壳。这是前提。同时，大自然又将氢与氧合成大量的水分子通过某种作用（发生在地球诞生过程中）预伏于地壳之中，然后结合地壳运动的各种"需要"，"顺便"将这些水分子和氮、二氧化碳等释放出来，形成大海和大气。然后又通过生物作用将这四种元素"富集"起来构成一切生物肌体所需的主要物质——碳氢有机物和水。同时，生物作用① 又以极其恰当的精确比例形成了具有多种神奇功能的大气圈层。因此，最终，生物、大气与水便成了这四种元素的基本存在形式（参阅图 8-8）。

① 现代光合作用理论认为，空气中的二氧化碳转化为植物的有机物，所吸收的水则被分解释放出氧。

这四种元素在地球上的这种存在形式有何重大意义呢？我们说以碳氢作为有机物的主要原料，既可形成生命又可为文明的起源与发展提供唾手可得的必不可少的燃料与原材料*，可同时完成两个基本自然使命，即生命的形成与文明的形成。一举两得。而将其他的碳与氢同元素周期表中其余的常温下易燃元素均锁定在无机盐与水之中，这就确保了地球上一切生物的安全。另一方面，以氮与氧作为有机物的一部分，并通过生物的代谢途径将其积累储存于大气之中，既可形成生命与保证火的两重性，又可使大气层具有种种神奇功能（如透光性，形成电离层、臭氧层等）**，也同时完成多个基本自然使命，一举数得。

因此，足够数量的碳氢氮氧以这样一种特殊的形式在地球上存在，是从生命到文明这一过程的基本前提。

从这个前提出发，我们就会很自然地联想到宇宙中从生命到文明可能的

---

* 参阅"自然演化链的规模与结构"一节。

** 参阅"神奇的大气层"一节。

基本发展模式（注意，这里我们仅是从元素这一个角度上考虑）。

什么是宇宙中从生命到文明的基本发展模式呢？对此，或许有人会说，在非常遥远的未知星球上，也可能存在着由其他元素构成的生命并生活在与我们完全不同的环境之中或者完全不同的大气之中。这当然只是一种想像。这里，如果我们确信元素周期表在宇宙中是一样的，或者说各种元素的物质特性和一切自然规律在宇宙中是一致的（可能具体表现形式不同），那么有一个事实不可否认，即火这种自然现象，在凡是条件齐备的空间中都会存在。这是因为火这种自然界唯一的由剧烈氧化而引起的光热现象是来自于周期表中的碳元素的特性，而绝非地球上的“专利”。而文明又总是以对火的利用而发展起来的。这一点，从物理与化学的观点上看，别无选择。植物燃烧时的可见光、红外线都是原子的外层电子受到激发后产生的。因此，如果不用最方便最有效的火，难道去用伽马射线或伦琴射线（分别是原子核和内层电子受到激发后产生的）去启动文明吗？当然不可能！

以此为根据，从生命到文明的发展过程便只能以地球为模式规定下来了。因为，一切演化都必须以实现火的两重性为主题*。例如，火必须有氧气助燃，而氧气又只能与最稳定最安全的氮气（其他气体并非为生命所需）以恰当的比例混合在一起才能保证火的两重性。火还必须有燃料。前面说过，这种燃料只能是以碳氢为主的有机物，即生物本身。此外，火还应有最广泛的制约物质，这就是肩负着自然使命最多的水。

火离开了人类将毫无价值，而人类离开了火也是将毫无作为。火以不同的燃料作为燃烧对象就产生了不同程度的文明。从柴草到木炭到煤炭到石油到天然气，人类文明上了一个又一个的新台阶。

我们无法想像，在由元素周期表中的元素所构成的其他星球上，会用除火以外的另一种自然现象作为文明之父，用另外几种元素去实现从生命到文明的全过程。

获奖的科教大片《宇宙与人》中有一个题目叫做《“造物主”的构思——物种的形体设计》。这里，我们同样也可以说“造物主”最初对元素的设计是何等巧妙啊！这种巧妙在地球上从生命到文明的全部演化中，得到了最充分的体现。这些元素的特性、作用以及在我们这个星球上的数量与存在形式的安排，从人类及其文明发展的角度看被“设计”得环环相扣，非常紧凑，有效合理，无懈可击。人类再聪明可能也想不出来其他更好的方案来实现从生命到文明的全过程了。

---

* 参阅“自然演化链的规模与结构”一节。

因此，我们可以说，如果元素周期表在宇宙的星球中是一致的话，那么在地球上所演化出的从生命到文明的过程可能便是唯一的模式了，不可能再有其他更好的解答。因为，这是由元素周期表中所有元素的特性所决定的，并非可以任意的。

中国人常说水火不容。实际上，水与火是宇宙间从生命到文明这两个阶段中各自的“发源地”，即生命源于水，文明源于火，而“水火不容”本身则又是许多为生命环境所需为文明发展所需的各种自然规律（现象）的本源。宇宙间最深奥的演化本质也许就隐藏在我们最常见的现象之中，即水与火之中*。大自然逻辑之巧妙，水火的形态与性能之神奇，不得不再次引起人们的惊叹！

下面我们再转向地球上的元素是怎样形成的这一更为基本的问题上，即地球上的元素的来源与其量的问题。

现在，地球上的自然元素共发现有 88 种（参见图 9-2、图 9-3），还有 19 种是人造元素。其中氧的数量占第一位。这是因为没有如此宏量的氧元素，就无法形成今天的地壳（氧占 46.95%）、大气（占 21%）和水（也以氧为主）。但构成生命的其余元素碳、氢和氮在诸元素中却并非“名列前茅”①。这是因为构成地壳的主要元素如硅、铝（硅占地壳的 27.88%、铝 8.13%）等应首先得到保证。没有地壳，则一切都谈不上。那么地球上的这些元素从哪里来的呢？

① 关于元素在地球上数量的排列问题，目前尚未见到含有包括水圈、大气圈、生物圈和整个地球实体在内的元素总量排列。现在通行的元素丰度（Abundance of elements）统计仅指水圈、大气圈和地表以下 16 千米范围内的元素概量，因而具有很大的局限性。且由于用质量分数来表示，因此在一定程度上并未能反映出元素在数量上的分布情况。例如，氢元素的丰度仅 0.14，而按原子组成考虑则高达 15.4，即氢原子广布存在。再如，铁元素在丰度表中仅为 5.17，而实际上地核是以铁为主构成的，因此在固体地球中铁元素的丰度应为最高。

现代科学认为，宇宙起源于大约 140 多亿年前一次在时空上“从无到有”的宇宙大爆炸（the Big Bang）。大爆炸后的早期宇宙逐渐形成了一些气态轻元素，主要是氢与氦。又过了几十亿年，中性元素在引力作用下，逐渐聚集成了原始星系，并又进一步演化成为无数恒星。恒星中又合成了早期宇宙条件下产生不了的重元素，如碳、氧、硅、铁。此即所谓第一代恒星。其中较大的恒星最后又是以猛烈爆发的方式将自己一生中所形成的含有重元素的气体尘埃

* 详见第 10 章“神秘的周期表”。

等抛向太空，从而又为第二代恒星的形成提供了原料。这是一个非常合乎逻辑的过程，似乎共分三步，从而很好地但又是初步地解释了宇宙元素形成的过程（有些重元素的形成，目前科学上尚无公认的解释）。一般认为，我们的太阳系便是第二代恒星。因此，在太阳系形成之初的原始星云中就已包含了各种元素，但其中仍以氢与氦占绝对优势。现在，人们根据对太阳光谱的分析认为，地球上有的元素，太阳上都有。

> 根据对太阳光球（photosphere）的化学成分分析，包括氦在内，共有93种元素。氢占71%，氦占27%，其余占2%而又以氧、碳和氮为最多。

那么，太阳系中各行星的元素比例是否一样呢？可能不是。特别是类地行星（水星、金星、地球、火星）与类木行星（木星、土星、天王星、海王星）在密度与化学组成上，差别很大。前者为实体，金属元素比例较高，后者则以气体（氢、氦、氖）为主。

造成众行星化学组成差异的原因一般认为是，太阳系各行星在形成过程中，化学分馏作用的结果。而分馏的程度又取决于该位置上的温度，温度又取决于距日远近以及行星最初的质量和自身组成情况。但原始星云的化学组成则可能是较为均匀的。

对以上观点是否正确，我们不做进一步讨论，因为这涉及宇宙中元素的形成和太阳系的起源这些远未解决的科学问题。但我们之所以专门提到这些，其目的只有一个，即看来太阳系中各行星化学成分的形成，都是在各自的条件下具有相当大的相对独立性，不会千篇一律。这一点大概不会有太多的争议。

我们在“地球物理参数与人类文明起源”一节中讨论了地球公转与自转的形成过程。我们说，公转周期和自转周期的形成均有相当大的独立性。现在，我们又说，地球的化学成分，也是（相对）独立演化而成。因此，地球的各个重大参数包括地球的公转周期、自转周期、黄赤交角和化学组成，都是在太阳系形成过程中，在相当独立的程度上，各自演化而成。而这其中的每一个参数作为人类文明起源的远因又都是必不可少。对此，我们还有什么话可说呢？我们只能说，看来在这些演化中的确是体现了一种“一致性”，并无任何与此相悖的其他现象。

以上便是我们所讨论的从生命到文明的基本发展模式。我们再重复一遍，如果周期表在宇宙中是一致的，那么周期表中各元素的特性便规定了地球作为宇宙中的“第一代文明星球”的发展模式。其中碳、氢、氮、氧4种元素的数量规模和存在形式将是这个模式的最基本的前提。

最后，我们再将地球上人类文明之父——火的形成模式，或者说从生命到

文明的模式，归纳为如图 9-2，逻辑非常巧妙：

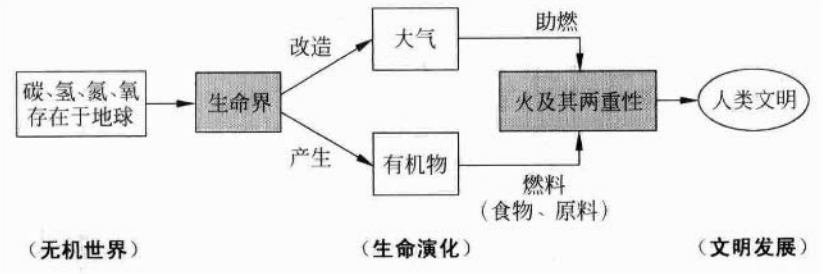


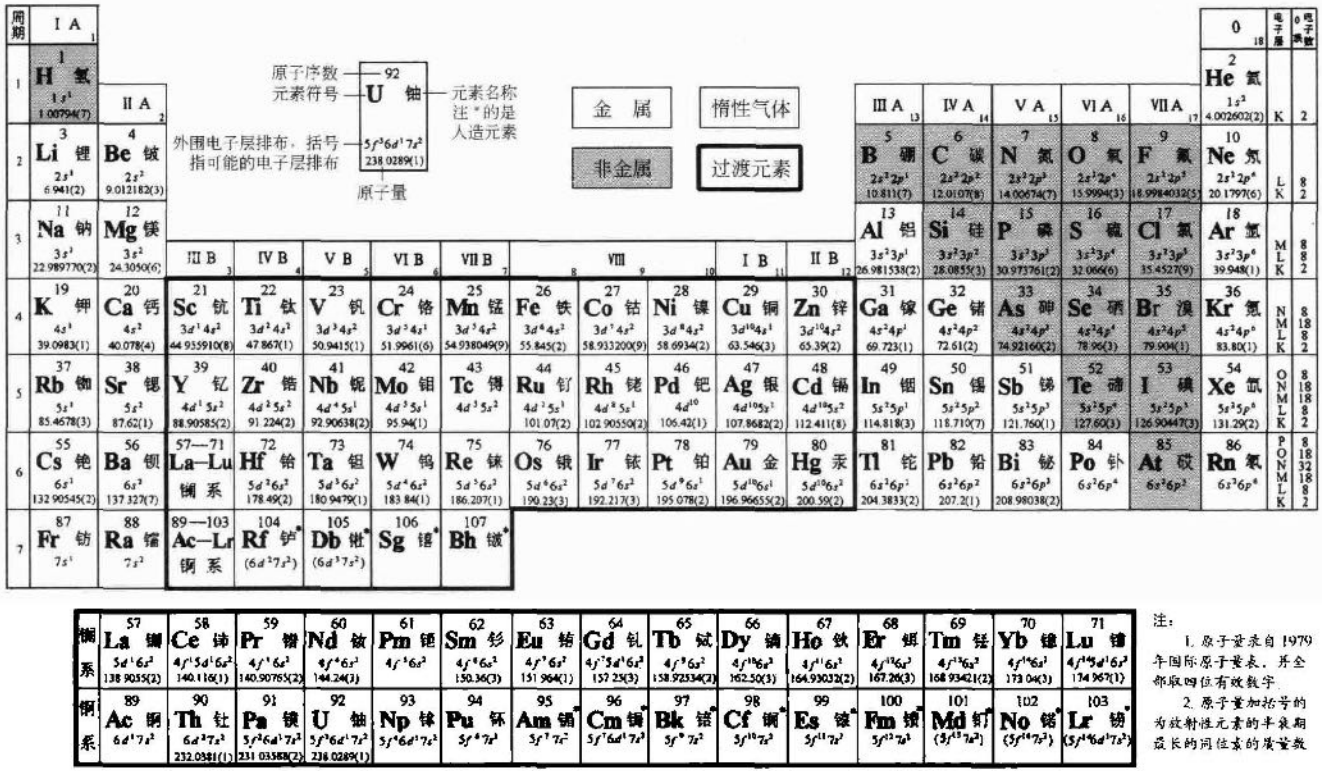

图 9-2　四大元素与生命—文明的逻辑关系

（火之为"万物所惧"唯文明所需的逻辑关系）

**本节要点：**

- 如果元素周期表（图 9-3）在宇宙中是一致的，那么火就可能是启动文明的唯一首要因素。由此，以火的两重性为依据来安排自然结构也就别无选择了；包括地球自身构成与其运动状态的各个参数都是相对独立演化而来，有其深刻的自然内涵。

# 元素周期表




注：

1. 原子量录自1979年国际原子量表，并全部取四位有效数字。

2. 原子量加括号的为放射性元素的半衰期最长的同位素的质量数。

图 9-3　化学元素周期表

# 10

# 宇宙诞生文明绝非简单事——对爱因斯坦“自然理性”观点的讨论

在宇宙中要形成文明，正如本书全部内容所述，其复杂的程度简直不可思议，几乎是不可能，但文明毕竟在我们的星球上还是诞生了。这是为什么？要理解这个问题，我们不得不将目光转向当今科学界盛行的非确定性自然观，以及爱因斯坦的自然哲学观。作为一本普通书来讨论爱因斯坦的思想，是荒唐还是卖弄？都不是！爱因斯坦的思想是人类的共同财富，只要你是严肃认真的，每个人都可做出自己的理解。这里，我们并非要研究他的著作，而是想沿着他的哲学观点，结合非确定性自然观和“自然演化的一致性”来综合理解大自然。

今天，介绍有关爱因斯坦的思想与生活的书籍和文章太多，仅其全集就有几十大本，而且，同一段语录可有几个版本，中文翻译也不尽相同。此外，爱因斯坦在他漫长的一生中，对自然的信念或理解，虽有过大量的表述，用词也有差异，但中心意思是一致的。我们只是介绍其最简明扼要的，并尽可能附上（某一版本的）英文版，请读者自己去直接理解。

## 10.1 混沌与量子——世界从宏观到微观非确定性的根源

长期以来，人们一直认为，世界是明确的，因为铁一般的客观规律永远是一丝不苟，人类只要逐步认识、掌握和利用这些规律，就可把握现实，并可预测世界的未来。但 20 世纪以来，随着非线性科学的发展，事物的复杂性逐步被人们所理解接受，世界可机械确定的观点随之受到了根本性的挑战。过去所谓对运动的精确描述，那只是剔除了大量“无关紧要”的因素之后的结果。自然界中，严格说来，非线性关系比比皆是，而完全的线性关系则是“凤毛麟角”。大自然无论是在宏观上还是在微观上，本质上都是“变幻莫测”，只不过是个时间尺度问题。即便是铁打的牛顿力学，也带有内秉的随机性。如果我们把时

间尺度放大、再放大，也许，在太阳黯灭之前，并非绝对不存在另一种可以毁灭地球文明的可能！是人们进入了认识误区吗？不是，是规律本身发生了变化吗？更不是。是人们对大自然的认识，随着现代科学特别是计算机技术的大发展已进入了一个崭新的层次。这个新层次最主要的特点便是人们开始认识到了混沌现象（chaos）的客观存在。

混沌在科学上最初是出现在牛顿（Sir Isaac Newton，英国，1642—1727）著名的三体运动（地日月）研究中，他惊异地发现月球从不屈从他的计算。于是，他自认为研究失败并从此离开了他心爱的科学事业。约200年后，法国大数学家庞加莱（Jules Henri Poincare，1854—1912）重新研究了在万有引力作用下的三体运动问题（三体问题，three-body problem），他认为牛顿并无错误，只不过未意识到在他的方程组中隐含着某种不规则性和不可预见性而已。从此混沌便正式进入了科学家的视野（“混沌”一词的正式使用是1975年）。但只有到了20世纪中叶，随着计算机的发展，混沌的真面目才被看清，其中最著名的例子便是美国科学家洛伦茨（Edward Lorenz）的蝴蝶效应及其奇怪的吸引子。20世纪末期，混沌已从研究领域进入了应用领域并取得了一定成效。

总的来说，混沌反映了在多因子之间的非线性关系作用下，系统状态所出现的敏感性与不确定性。一个系统往往并非由单一因素或少数因素组成，而是同时还包含着许多未知的或有意被忽略的多重独立变量，它们无时无刻都在相互作用，呈现着极为复杂的非线性关系运动状态。研究表明，在所谓确定性的非线性系统中，初始条件的任何微小变化，都有可能导致运动结果的面目全非。换言之，系统的状态对初始条件有着非常敏感的依赖性。但混沌并不完全意味着混乱无序，混沌更多的是表达了物质运动和事物发展的不可预见性，或不确定性（indeterminism），关键是事物的非线性。

因此，自然界并非是完全确定的，混沌实际上隐藏在从宏观到微观的各个层次上，包括人类社会、生命及人类大脑等的一切领域。可以说，混沌的机理无处不在！当然，混沌不可能炸毁整个经典力学的大厦，它更多的是隐藏，一旦条件成熟便会跳出来“兴风作浪”。如，系统能量的增加，扰动的增强等，都有可能使系统的某个阶段甚至全部进入混沌态。但经典力学依然在起着重要作用。

非确定性同样也存在于亚原子微观世界之中。

只要对量子理论稍有了解便知道，微观世界本身就是个无法理喻、不可思议的不确定世界。在那里，量子作为微观世界（也是自然界）的基本存在形态，其一切似乎与宏观世界相反。运动不再连续，因果不复存在，粒子的位置与速度也无法同时测定（测不准原理（uncertainty principle））。一切只能用概率说话。微观世界这种独特的表现源于粒子的波粒二象性（wave-particle

duality)。光子是最典型也是争论时间最久的具有波粒二象的量子。除光子外,其他粒子也同样具有这一特性,但不像光子那么"简单"。电子通常被认为是粒子,但也有波长。电子可能出现的位置只能用概率在空间的分布来表达,即所谓波函数(wave function),但永远不会告诉你它 100%的确定位置。在宏观世界里,事物或物体在一个时间内只能有一个时间经历,但这一条却无法约束量子。电子和其他粒子实际并无体积,它们永远不停地运动,但运动既不意味着有固定的轨道也不是说能化解为弥漫空间的"声波或水波"。电子依然是电子,粒子依然是粒子,只不过是"神出鬼没"而已(即波函数)。

在一定条件下,混沌照样也可出现在亚原子世界里。因此,无论是量子还是混沌,都从深层上揭示出,**随机性是一个自然法则**。

如此说来,世界从宏观到微观岂不都是不确定的了?非也!我们说不确定和确定都是有条件的,相对的,可以相互转化的,而且,正是由于这两种状态的存在,才使得大自然具有了创造性,这就是我们下一节所要谈的耗散结构理论。

## 10.2 从混沌到有序——耗散结构理论

大自然是通过何种途径或方式,实现从无序到有序呢?这是一个涉及人类自然观的重大问题。

现代科学在这方面贡献最大的是以混沌理论为基础的耗散结构理论。下面,我们谈一点耗散结构理论的概念。

总的来说,耗散结构是研究系统从无序走向有序的机理和条件。完成这个过程后,系统的运动便进入了一个有序的稳定状态。这一点从另一个角度看,也可以认为是系统的某种"创造"。

混沌虽然在自然演化中扮演着重要角色,但演化总不能停留在无序的混沌上,演化只有走向有序才能出现新的结构。宇宙最初是混沌的,经过演化后来有了原子、分子和星系。我们的太阳系最初也只是无序的星云,后来演化成太阳和 8 大行星。地球最初同样是无序的星云,后来演化成星子,然后像滚雪球一样,逐渐演化为固体地球。而地球内部最初也杂乱无章,后来演化成为井然有序的分层地球。所有这些都属于由大量粒子组成的极为复杂的系统的漫长演变,都体现了从混沌走向有序,从简单走向复杂的过程。但是,怎样的运动机制才实现了这一转化过程呢?

20 世纪 70 年代,由普里戈金(I. Prigogine,比利时,1917—2003)领导的布鲁塞尔学派历经长期研究所创立的"耗散结构理论"(dissipative structure,获 1977 年诺贝尔化学奖),在这方面作了非常有意义的探索,在科学史上第一

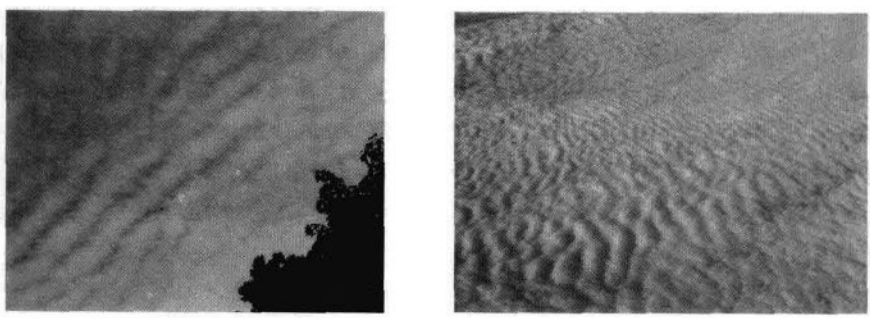
次把**时间箭头**引入了不可逆的物质运动之中。

具体一点说就是，开放系统进入非线性区的远离平衡态，不稳定性导致内部多重子系统的大大复杂化，进入混沌态，通过大量随机的突变、涨落、放大和竞争，不断的分叉与选择，出现新的有序的结构，从而完成了从无序到有序的转化。这里必须是个开放的、含有大量子系统的复杂系统，与外界有着大量的物质和能量的交换，这就是远离平衡态。通过物质和能量的输入使系统进入非线性区，即不断地引入负熵以取代内部不断形成的熵，达到一定状态后，通过细微变化或差异，经涨落和放大，形成稳定的有序结构。整个过程，混沌机制起着重大作用并充斥着分叉与选择。如果系统不是远离平衡甚至是与外界无物质与能量交换的封闭系统，则系统结构不会随时间而变化，最终只能使系统的熵值或说无序度增加到最大，而永远不会出现生动的有序态。

除耗散结构理论外，与其并行的还有“协同学”（synergetic，哈肯（Hermann Haken），德国）。这两个理论被统称为“自组织理论”（self-organizing theory）。自组织，顾名思义即无序的物质运动状态，在一定条件下可自动地演化成为某种结构状态，且形状复杂。自组织理论揭示了物质运动从无序向有序转化的机理和条件，而向有序的转化就意味着创造的发端。

自组织现象著名的例子有，伯纳德（Bernard）对流、化学振荡以及转动圆柱中流动花样的形成等。这些现象虽然是在实验室中出现的，但却引发人们的深思，是什么力量使这些无生命的大量粒子像表演团体操一样能自动结合成如此神奇有序的类图案现象呢？这是否是生命出现前的最初开端呢？要知道团体操中所形成的图案，那是经过多次排练听从统一口令而形成的啊！

自组织现象被认为是自然演化的基本机理，贯穿于无机世界和有机世界之中。如，美丽有序的云，原本是无序的，但在一定条件下，便可自动形成有序状（图 10-1）。



(a)　　(b)

图 10-1　云的有序状态图

耗散结构理论还涵盖人类社会。

耗散结构理论认为系统总是向熵值增加的方向发展，唯有远离平衡态，使负熵的物质不断输入，才有可能使系统通过机制作用，产生稳定的有序结构。如果我们将耗散结构理论引入社会研究，那么，这种输入就不仅是能量和物质，更重要的是被认为是负熵的“信息”。这是因为，人的行为取决于人的头脑。如果将每个人视为一个粒子，是一个**独立的主动体**，人的头脑在接收信息后将产生行为，而多数人的行为或说是多数人的某种追求，便可决定社会的动向和进步与否。

因此，只有开放的、信息充分交流的、远离平衡的、多元化的非线性系统的社会才富有生机，才有可能通过混沌机制走向自组织的、稳定的有序状态。“暖水瓶”般的封闭的（当然不可能完全封闭）封建专制社会不可能创出自组织的稳定有序状态。这个道理非常明显。由于世袭统治的需要导致权力至上，社会处于一元化的僵化的统治状态，官位权力等级成为社会主流价值追求。反映在社会关系上则充满了人身依附和裙带关系，弱化了人格独立性，与远离平衡的耗散结构社会大相径庭。因此，不可能通过混沌机制出现稳定的有序结构。因为，创造源于活跃，而非僵化。

> 在欧洲封建社会长达1000年。从14世纪到19世纪发生了文艺复兴和启蒙运动（也称产业革命或工业革命），导致了人类历史上最深刻的、影响深远的社会变革，也是两次划时代的思想解放运动。核心是以人为本位的人文主义，反对宗教神权，提倡科学，主张尊重自然，尊重人权，要求思想自由和个性解放。如果说文艺复兴是在思想上由僵化获得激发与解放，那么，启蒙运动便是从制度上摧毁了封闭的封建专制，开启了在全世界逐步建立完全摆脱了封建意识的、开放的、活跃的**耗散结构型**社会的新时代。从科学发展的角度上看，正是由于这个伟大的历史转折，权力猛兽才不断得到制约，人的尊严、人的思想和自身价值才不断得到尊重，智慧潜能才不断获得释放，从而为科学发展注入了强大活力。

F.恩格斯（Friedrich Engels，德国，1820—1895）高度评价了这段历史。他说：文艺复兴是**“人类从来没有经历过的最伟大的、进步的变革”**（《自然辩证法·导言》）。

现代社会一般都属于远离平衡的耗散结构系统，但未必都发达。这是因为，通过混沌机制转化为社会稳定有序要有一个艰巨的演进过程，而且世界各地的历史阶段，文化背景，千差万别，不可能“步调一致”。

以上我们用了不太严格的语言，初步谈了点耗散结构概念，目的是展现一下现代科学对大自然创造机理的研究和理解。虽然说这是人类科学史中里程碑式的成就，是第一次将时间因素引入物质运动之中，初步揭示了物质演化的基本原理，但在深邃浩瀚的大自然面前，也只能算是万里长征的第一步而已！

在阿尔文·托夫勒（Alvin Toffler）为《从混沌到有序》（*Oder out of Chaos by I. Prigogine, I. Stengers*）一书所写的"前言：科学和变化"中，有一段话，对普里戈金的思想，也即系统中必然性和偶然性的关系问题，做了概括：

> 最后，我们又一次遇到永远在向人们挑战的偶然性与必然性的问题。因为假如普里戈金和斯唐热是对的，偶然性在分叉点或接近分叉点处起作用，此后决定论过程再次接替，直到下一个分叉，那么他们不是正在把偶然性本身镶嵌到一个决定论的框架之中吗？对偶然性赋予一种特殊的作用，他们不就解除了其偶然性吗？
>
> 但是这个问题我曾有幸同普里戈金讨论过，他在餐桌上微笑着回答说："是的，这也许是对的，但是我们当然绝不可能确定下一次分叉将会在何时发生。"偶然性像凤凰似的再次飞起。

这里，关键是分叉中的偶然性。

于是，这就引发出下面另一个根本性的问题：

耗散结构理论仅仅解释了系统从无序转向有序的机理，实际上也无法预测运动结果的最后具体形式（只是说有序而已）。更不能解释大自然在演化中选择的一致性问题。自然演化一致性涉及范围很广，形式十分多样，并非单指某个系统。例如，黄赤交角的恰当定位，火的两重性，貌似杂乱无章的两条基本物质链，生命登陆与海退及全球气候之间的微妙关系，乃至物质规律和周期表之谜等（这方面的内容，下面还要系统论述）。这些演化不但已超出了耗散结构所定义的范围，而且也无法完全用非确定性的观点来理解。其实，我们在本书中所谈的各个因素的恰当定位，可以说无一可用耗散结构来解释，倒是混沌现象大大增加了演化的复杂性！

大自然的创造花样一方面是无穷尽，另一方面还昭示着可能有某种更深层的东西存在，这就是我们下面所要讨论的自然理性问题。

## 10.3 爱因斯坦的“自然理性”

### “自然理性”的由来

然而，爱因斯坦的观点却与众不同。他一向认为大自然并非胡来，“上帝从不掷骰子”* 是他的名言。这一点不仅是针对只用概率说话的量子力学，同时也体现了他对世界的基本看法，从未改变。

1921 年，早已创立了相对论并已过不惑之年的爱因斯坦，在“我所理解的世界”(The World As I See It)一文中写道：

“我们所能有的最美好的体验就是神秘”**

“我们认识到有某种为我们所无法洞察的东西存在，认识到那些最深邃的理性和最灿烂的美，它们只能以其最原始的形式接近我们的心灵——正是这种认识和这种感情构才成了我真正的宗教感情；在这个意义上，而且也只是在这个意义上，我才是一个具有深深的宗教感情的人”。***

在这篇文章里，就自然界的理性问题，爱因斯坦接着写道：

“我现满足于对生命中永恒奥秘的体验，满足于能意识并领略到现存世界的神奇结构，并继续以自己全身心的努力去理解在自然界中所显示出来的理性，哪怕是只领悟到其极小的一部分。”****

这里，我们暂不管译文的准确性如何，显然，爱因斯坦的心灵是被自然界的神秘所深深吸引。这是人们对大自然“所能有的最美好的体验”，而在“神秘”的背后，会很自然地联想到“有某种为我们所无法洞察的东西存在”，这一点在他的思想里是肯定的。然后他说，通过知觉作用，我们可以感受到，这种东西所具有的“最深邃的理性和最灿烂的美”并且“它们只能以其最原始的形式接近我们的心灵”。这后面两句话能否读懂，就要看你对大自然理解的深度了。爱因斯坦对大自然有着极其深度的理解，所以他才能抒发出后面的这些

---

* “God does not play dice”,“God does not play dice with the universe.”

** “The most beacetiful experience we can have is the mysterious.”

*** “A knowledge of the existence of something we cannot penetrate, our perceptions of the profoundest reason and the most radiant beauty, which only in their most primitive forms are accessible to our minds it is this knowledge and this emotion that constitute true religiosity; in this sense, and in this alone, I am a deeply religious man.”

**** “I am satisfied with the mystery of the eternity of life and with the awareness and a glimpse of the marvelous structure of the existing world, together with the devoted striving to comprehend a portion, be it ever so tiny, of the Reason that manifests itself in nature.”

感情表达，以及一种心灵上的感知，并且由此，他要“以自己全身心的努力去理解在自然界中所显示出来的理性，哪怕是只领悟到其中极小的一部分。”其中，“它们只能以其最原始的形式”一语的意思，只能由科学家通过自己的深层体会来理解。或许，当你读完并领会本章的全部内容以后，你会明白这句话的含义。一般说，这只能意会而无法言传。

因此，从自然奥秘到自然理性，爱因斯坦在这篇短文里，展示了他对大自然深度思考的逻辑。他认为，如果自然界完全由概率决定，是不会如此之完美有序的。

下面，我们再来看一下爱因斯坦的“宇宙宗教感情”。

爱因斯坦深深迷恋大自然并形成了**宗教般**的特殊感情。大自然的深层奥秘是爱因斯坦毕生的核心追求。他从中学时代就迷恋自然的神奇，经常陷入连续的孤独的深度思考之中，并构成了他生命中最大的乐趣。到了30多岁，他完成了旷世巅峰之作——广义相对论。以常人难以理解的抽象，揭示了时空与物质的统一性，又以常人无法企及的深度，领略了包括生命在内的自然结构之精巧与神奇，并由此更加深了他对自然的神秘感。所以他说，我们所能有的最美的体验便是神秘。在此基础上，他对自然的感情由赞赏到崇敬，进而形成一种无法言传的最真诚、最敬服的精神状态（a humble admiration，the unbounded admiration），而且，不得不、也只能借用“宗教”一词来表达他对自然的感情，称之为“宇宙宗教感情”（cosmic religious feeling）。所以他说，“在这个意义上，而且也只是在这个意义上，我才是一个具有深深的宗教感情的人”。爱因斯坦的这种感受实际上已达到了与宇宙神交的境界，超脱了世间一切庸俗，鄙视追求物质享受。所以爱因斯坦提倡这种宇宙宗教，认为它是基于对所有自然界和精神界事物作为一个有意义整体的体验而引发的宗教意识。但，爱因斯坦也并非“神秘主义者”，他认为自然的神秘是可以探索的。

实际上，许多科学家在其激情的研究中，或多或少都有类似经历。当一个人的研究达到一定深度并有所发现时，他或她完全会被自然规律或自然结构或自然演化之微妙、之合理、之严密、之神奇而折服惊叹，在心灵中产生震撼。这是科学家独享的人生巨大幸福，渗透全身，如醉如痴，不可名状，无法言传！并构成了追索自然奥秘不可抑制的强大动力和对自然深奥的由衷崇敬。在这个意义上，爱因斯坦的宇宙宗教感情是可以理解的，也具有普遍意义。这一点正如爱因斯坦所言：

“每一个严肃投入科学研究的人都会变的相信，在宇宙的规律中有一种精神，一种比人的精神远为高等的精神，……从这方面讲，对科学的探索会导致

一种特殊的宗教感情，这种感情与更为天真的人们的宗教虔诚的确很不相同。"*（这番话是1936年1月24日，爱因斯坦在回复一个小学生问科学家是否祈祷时说的）。

为了进一步理解爱因斯坦的"宇宙宗教感情"，我们还可再读他在1927年的另外一段话，更为概括：

"我的宗教信仰在于对一种无限高位的精神的谦恭的赞美与羡慕，这种精神是通过我们无力的一时的理解所深刻感受到的它真实存在的那一点点，来显示它自己的。"**

1927年，在柏林举行的一次晚宴上，他说（原话显然是德语）："用我们有限的手段来尝试并深入研究自然界奥秘之后，你会发现，在一切可辨别的相互联系的事物背后，仍然有某种微妙的、难以捉摸的、无法解释的东西。对这种超越我们可以理解的任何东西的力量的崇敬就是我的宗教。实际上，从这个意义上说，我是有宗教信仰的。"

至于爱因斯坦所经常提到的"上帝"并非指神学意义的上帝。他从不赞成神学的上帝。神学的上帝是超自然的、不许质疑的。这与爱因斯坦深邃的、充满好奇富有挑战性的心灵显然格格不入。

早在1921年他就明确表示："我不能想象一个上帝，它对自己的创造物加以赏罚，也不能想象它具有我们自己所体验到的那种意志。"*** 又说："我不能向你证明人格化的上帝不存在，但如果我谈到它，我将是个说谎者。"

1954年，他还表示，"上帝一词，对我而言只不过是人类软弱无力的表达与产物"。****

这些话，说的多么鲜明深刻！

可见，执迷于一个人格化的上帝，介入人间事物，对人间的事做出赏罚，是爱因斯坦所从不接受的。爱因斯坦一生最大的乐事就是思考和质疑。在他看

---

* "Everyone who is seriously involved in the pursuit of science becomes convinced that a spirit is manifest in the laws of the Universe—a spirit vastly superior to that of man…In this way the pursuit of science leads to a religious feeling of a special sort, which is indeed quite different from the religiosity of someone more naive."

** "My religiosity consists in a humble admiration of the infinitely superior spirit that reveals itself in the little that we, with our weak and transitory understanding, can comprehend of reality."

*** "I cannot conceive of a God who rewards and punishes his creatures, or has a will of the kind that we experience in ourselves." "I can not prove to you that there is no personal God, but if I were to speak of him I would be a liar."

**** "The word God is for me nothing more than the expression and product of human weaknesses, ..."

来自然界的奥秘远非一个简单的上帝问题。

他的“上帝”是深植于其思考与感悟之中，是代表了一种极其深奥的“无法洞察”的自然存在，无法言传，难以捉摸，极其深邃，非常微妙，无法解释，更无法严格定义。对此，简单冠以“确定论”是无法涵盖的，当然更完全不同于牛顿时代的机械决定论。

## 怎样理解“自然理性”

我们了解了爱因斯坦的宇宙宗教感情以后，便不难理解他所提出的自然理性了。

首先，让我们理顺一下理性（the Reason）一词在爱因斯坦著作中的来龙去脉。大自然是爱因斯坦最大的思考对象，而其中最能引发他惊叹的是大自然所体现出神奇结构（marvelous structure），有时也称作壮丽结构（magnificent structure）。这种结构对他来说，可能主要是指宇宙、生命和他所钟爱的相对论。那么，自然结构为何令人惊叹不已呢？其唯一的原因就是其无比的合理性，异常巧妙的合理性！这一点，爱因斯坦曾多次强调，只有深度探索自然的人才能有切身的感受。1940 年，爱因斯坦在“科学，哲学和宗教”（Science，Philosophy and Religion）一文中说：

> “但是，无论谁，只要在（科学）领域里有了取得成功进步的强烈体验，都会被深度推崇的、在（自然）存在中所显示出的合理性所打动。”*

那么，大自然为何会有如此精巧的合理性呢？这是困扰爱因斯坦一生的最大问题。对此，他只能认为这是显示了大自然所隐藏的神秘的自然理性。有时，他称之为大自然的睿智（the highest wisdom），有时称之为“某种无法洞察的东西”。中心思想都一样，即在“无与伦比的美”和“万物和谐”的背后，他认为应存在着某种非常深层的东西，就是说，大自然的美与和谐**不会无缘由凭空出现**。例如，他说，“我想知道上帝的思想，其余都是细枝末叶”**这里，“思想”和“理性”，在意义上很接近，也可理解为一个信念的不同表示。如果我们把一切自然现象（一般讲都是随机出现）看作是大自然的“行为”或大自然的“表现”，那么，上面所说的“上帝的思想”等，便是隐藏在背后的支配行为或表现的某种基本东西，或基本特质，或基本逻辑，并具有一致性或一贯性或统

---

* “But whoever has undergone the intense experience of successful advances made in this domain is moved by profound reverence for the rationality made manifest in existence.”

** “I want to know God's thoughts; the rest are details.”

一性。

因此，无尽的合理性（如，日地月的关系，地球的结构，生命之构造，以及数不尽的规律等），也许就是大自然最神秘之处。

当你擦桌面时，为什么所有的灰尘都会一律为干布所吸住，使桌面光洁。这看似不值一提的问题却隐藏着许多规律上的合理性。霍金认为，宇宙学的时间箭头、熵（无序度）增加的时间箭头和心理学时间箭头是一致的。这很合理。智慧生命只能生活在宇宙膨胀中，唯如此，杯子摔碎才不会再自动恢复，人吃下有序的食物才会化为无序的能量消耗掉，也才能维持生命，等等。否则，世界就存在不下去了。所以说，小到生活，大到宇宙，合理性无处不在。

而所谓无比微妙、不可思议，其实那只是相对于人类的感觉而言。由于新发现的自然因素或关系，往往超出了人类已有的知识和惯常的思路，因而令人感到新奇不可思议。但其本身仍离不开"合理"二字。当然，这个"合理"是从人类的观点（特别是从人类及其文明最终能够诞生的观点）来看的。离开人类，就不存在所谓合理与不合理。但这并不等于主观性，这是两个不同性质的问题。探索仍必须遵从客观性的原则。这一点，毫无疑义。

现在，一般人都认为，量子运动实在不可思议，无法理喻。爱因斯坦在一生中也曾用了大量时间思考量子力学，但仍不得不放弃。其实，这是从人类研究的角度来看的。在自然界，没有孤立的东西。宇宙大爆炸、四种基本力、原子结构以及恒星的形成，虽然尚有许多未解之谜，但就今日的科学水平来看，其整体过程完全合理。自然存在似乎在告诉我们，原子结构必须完全摆脱物质运动的确定性或机械性，唯如此，物质运动的一切"可能"与"不可能"才能完全被概率所取代，进入全新的随机状态。粒子运动唯具有不确定性，具有波粒二象性，才能具有无穷的变化，才能形成这样一个无穷无尽丰富多彩的世界。微观世界如不具备这些"不可理喻"的特性，连太阳上的核聚变也无法发生了，分子内部的化学键也无法形成。机械运动即使复杂到头，也无法实现这一点。要知道机械运动总是有条件、有局限的啊！

前面所提的20世纪70年代耗散结构理论的兴起，说明混沌在物质运动中从无序到有序的关键作用，同样说明不确定性在宏观世界中的必要性。

所以，人们无法否认不确定性，随机性在自然界的重要作用。**物质运动的随机性是实现物质多样性的必要"手段"**，是另一种合理性的表现。如，正是随机变异，才导致生命的千姿万态。应该说，这与爱因斯坦所追求的自然奥秘，所感悟的自然理性，毫无抵触。而这种无限合理性的最基本的表现（特点）就是大自然的和谐性，统一性和简单性，这是爱因斯坦在赞美大自然时的经常用

词汇。如，他说："当解简单时，便是上帝的答案了。"* 他在1929年曾说："我相信斯宾诺莎的上帝，一个在万物存在的和谐中显示自己的上帝，而不是一个关心人类命运和行为的上帝。"**

斯宾诺莎(Benedictus de Spinoza，1632—1677)，荷兰哲学家，泛神论者，把神等同于自然。否认超自然的有人格的神存在，主张从自然界本身来说明自然。爱因斯坦说他不能被称之为泛神论者，但他对泛神论并不拒绝。

此外，我们在他的相对论中还可多少有所领略。相对论认为，能量与物质原本是统一的，一定条件下可以相互转化，而物质与空间也是统一不可分割的。在相对论中并不存在引力，引力已被巧妙地几何化为空间的某种弯曲，弯曲的程度取决于物质的质量，即空间随质量而变，而时间流失的快慢又随弯曲的程度而异。所以，质量、能量、时间和空间完全相互依存不可分割。爱因斯坦后半生投身于统一场论的研究便生动而深刻地说明，在他心目中自然界应存在着深层的统一性。他深信，宇宙间的规律不可能被分割成为量子力学与相对论两套体系。换言之，宇宙间无穷的规律最终只能服从一个基本规律，而不是同时服从几个基本规律。

所以，**和谐、简单统一**是大自然的特质，是最大的合理性，是理性的体现。

总结一下。大自然为何具有如此无尽的合理性？这或许就是爱因斯坦提出自然界存在理性的关键所在，也即"上帝的思想"所在。因此，爱因斯坦的自然奥秘的深层引申便是自然界的合理性，再引申就是自然界的理性，这在逻辑上是一个有机的整体。

在英语字典里，rational(名词为 rationality)是合理的、基于或根据理性(reason)的意思。这表明，在人类活动里，**合理性本来就与理性一脉相承**。所以，爱因斯坦的想法是很自然的，只是将其延伸到自然界而已。

下面，让我们再了解一下爱因斯坦写这篇文章时的时代背景，从另一个角度上理解爱因斯坦关于自然理性的观点。

1921年，虽然量子力学已发展到了相当的水平，但高能加速器和原子的标准模型尚远未问世，宇宙大爆炸理论尚未形成，黑洞的存在也未被证实。总的说，科学水平无论在宏观上还是微观上都远不如今天。在这个时代背景下，爱因斯坦虽具有常人难以超越的思考深度，但他又和常人一样，对自己兴趣以

---

* "When the solution is simple, God is answering."

** "I believe in a Spinoza's God who reveals himself in the harmony of all that exist, but not in a God who concerns himself with the fate and actions of human beings."

外的知识领域却涉猎很少。因此，我们可以认为，他所感受到的大自然之和谐与美，以及自然界理性存在的可能性，大部分是依据相对论。这虽是个有限的范围，却把爱因斯坦的心灵牢牢地吸引住。他自己曾说，凡是了解这个理论的人都不能逃脱该理论的魔力，和谐有序，简单而又紧密结合。这从思想上大大加深了他的"上帝不是掷骰子"的观点。所以，他才发出要领悟这个"理性"的愿望，而且哪怕只领悟一点也就心满意足了！所以，爱因斯坦的自然理性实际上只是着眼于自然界的"断面"上，从时空与物质的整体性到原子到生命到宇宙。在这个巨大的"断面"上，自然结构与规律是如此之精妙，是如此之合理，无懈可击。

但他对于相对论中所隐藏的宇宙大爆炸和黑洞存在的可能性并未做引申研究，同时对只讲概率不讲物理过程的量子力学，也不感兴趣。他虽提出了自然理性的观念，但只是着眼于"现存世界的神奇结构"，似乎又没太多注意到时间箭头问题，因为这已超出了他的思维定式。他的自然理性显然只侧重于无时间性的自然规律上。因此，当德布罗意(Louis de Broglie，法国)提出的具有普遍意义波粒二象性时，引起了他的兴趣。

此后，这位人类的科学精英便一直沿着他的思路走了下去，陷入了统一场论的研究之中，同时他的自然观也从未改变直到最后！实际上，当时不久，在20世纪20年代，俄国年轻的数学家傅雷德曼(Alexander Friedman)利用相对论已证实，宇宙不可能静止。从20世纪中叶后，非确定性自然观逐渐盛行，爱因斯坦自然哲学观点似乎也早已被人"淡忘"，似乎也无人再去深刻研究。

> 《从混沌到有序》一书中，有一段文字说明了爱因斯坦对不可逆性的观点。爱因斯坦一生的好友米歇尔·贝索(Michele Besso)在晚年曾给爱因斯坦多次写信提出了不可逆性的问题。他逝世后，爱因斯坦在给贝索的妹妹和儿子的最后一封信中，写道："米歇尔已经在我之前离开了这个奇怪的世界。这并无所谓。对我们这些信念坚定的物理学家来说，过去、现在与未来之间的差别只是一种幻觉，虽然是一种长久不变的幻觉。"在爱因斯坦看来，时间的差别只是一种"幻觉"。表达了他对可逆性的观点。一个月后(1955年4月18日)，爱因斯坦带着对大自然的困惑，也离开了这个"奇怪的世界"！

爱因斯坦这位人类难得的伟大科学家和思想家，未能接受量子力学的观点，也未接受贝索的建议，实在是科学上的巨大遗憾，也说明思维逻辑是多么具有决定性啊！

智慧与良心本是大自然赋予人类最宝贵的财富，尽量发挥其作用乃是人生最神圣最艰巨的使命。爱因斯坦，这位年轻的专利局普通职员，在学术上毫

无地位却做出了“哥白尼式的创举”（普朗克语，Max Planck，1858—1947，发动了量子革命），将智慧与良心发挥到了极致，达到了超群绝伦的境界，也实在是令人叹为观止，发人深省，回味无穷。

爱因斯坦的思想，特别是广义相对论可能超前人类科学水平几百年，甚至可说没有他，就没有广义相对论。这个看法，人们可能不接受。但，随着所谓文明在密度与深度上的发展，造就爱因斯坦这样孤独的、抽象的、发动了时空革命的盖世精英的几率，不是越来越大，而是可能越来越小了！

大约在2500年前，中国的老子也用“道”来解释包括人类在内的自然万物的统一内涵，在《道德经》里多次予以阐述。他曾说：“道者，万物之奥。”又说“道生一，一生二，二生三，三生万物。”

这两位时隔2500年的人类奇才，尽管他们的知识水平相差天壤，认识角度各自东西，但他们对大自然的体验和对大自然的深层思考，却惊人的一致。这难道纯属巧合吗？不是！这反映了，人们通过对大自然的反复思考，无论是用现代理论还是用原始知识，所理解的大自然的深层含义是一致的，关键是思考的深度。

自然界的本质就是简单产生复杂，复杂产生多样，多样产生高级，如此相对演化，无穷无尽。老子早在两千多年前便以超出常人的睿智，精辟地阐明了这一观点。因此，说老子是人类的精英，毫不夸张。在与老子时代相近的古希腊，哲学家的主流观点也认为万物都存在一种不变的法则（an underlying, inevitable order of all things），只不过没有老子说的那样清晰具体罢了。

不管是“理性”还是“道”，都是人们基于自然奥秘而对自然的一种理解，都在说明人类所面对的是一个有道理的大自然而非其他意义上的大自然。我们都可看作是一种最深层的自然内涵或自然逻辑或自然特质，也就是最终的自然存在。这种理性，其实与自然的非确定性并不矛盾。人们也从未说，自然的非确定性垄断一切。也许，非确定性只不过是自然演化过程的一个“手段”而已！

## 10.4 “自然演化的一致性”支持“自然理性”的观点

本书的主题是讨论自然演化的一致性，上面我们又谈了爱因斯坦的自然理性。二者有关系吗？有，自然演化的一致性恰恰从一个侧面，生动地说明了自然理性的可能存在。这里，现代非确定性理论倒是更能反证这种可能性。

在自然演化空间中，严格说，这种一致性属于M轴，尽管它们的效果是属

于 R 轴或 E 轴。

下面，让我们从以上各章的论述中总结一下，看一看大自然是以何等简单和谐有效的方式来实现自然演化一致性的。自然演化的一致性似乎是以无法取代的方式来实现的，体现了大自然的无穷创造力和无比的深奥，闪现着极其高明的智慧之光，理性之光。宇宙中诞生文明，绝非简单事！如果没有“自然理性”存在，是很难理解的。

## 惊人的简单化

以无法再简单的逻辑或途径或方式，取得最佳的效果，巧妙之极！我们曾不止一次提到过“自然使命”（作用，功能）一词。你或许找不到只有一个自然使命的自然因素（也可说其他使命你还未发现）。这样的例子不胜枚举，下面仅举几个本书所讲述过的典型。

（1）光合作用是全球生态巨链之首端，它的重要性我们无论怎样评价都不为过。用一个化学反应（本质是叶绿素）来支撑地球生命的出现、生存、繁衍与进化，长达 30 多亿年，这不能不说是个绝妙的简单途径。更令人惊叹的是，参与这个反应的因素极其平常，仅仅是（具有某段波长的）光子、水和二氧化碳而已，都是在地球上最广泛的物质。光合作用也许是自然界里最复杂的化学反应，大自然一开始便造出叶绿素这种神奇的化学物质，并以最少的、最广泛的因子构成最复杂的化学反应以支撑地球上的生命系统，这一点不管怎样看，都不可思议。光合作用有光子参与，也说明原子构造的无比合理性。但，叶绿素的起源至今仍是个巨大的谜。

（2）地球只是倾斜了一个恰当的角度，即当今的黄赤交角，许多为人类及其文明诞生所必需的条件，便全都迎刃而解（见第 6 章）。如四季、行星风系、大气环流、不同气候带与不同的生态环境等。这是一个无法再简单的绝妙的解决方式。同时，这个角度只要再稍微变化一点，便可对地球环境和次级的生命进化产生意义重大的影响，即我们已在第 6 章所介绍的米兰柯维奇理论。

（3）天涯何处无芳草。以生命力最为顽强的杂草为依托，进化出人类至今无法取代的各种粮食作物，和为文明起源所必需的牛马等。这是一个非常简捷有效的途径（见第 6 章）。但自然界进化出杂草这个被人最瞧不起的生命，却是“惊天动地”（米兰柯维奇理论）费了“九牛二虎之力”（无数次进化后），直到很晚才出现。杂草对人类的伟大贡献也许还不止于此，随着科学的发展，人类在其身上还会获得更多的效益。

（4）以基因为基本因素非常巧妙地控制全部生命界的进化，控制个体生命的全部生命特点和全部发育过程。这是以“简单”形成“复杂”，控制“复杂”

的典型，也是极其简捷的逻辑。

（5）碳元素在周期表中是唯一能构成复杂分子的元素，以其为骨架可构成生命物质，同时，碳元素氧化时释放出的能量最高。由此，碳元素成为生命与燃料的核心元素，肩负着生命与文明这双重重大使命，即利用一个元素控制一个世界，可称之为碳元素型世界。

（6）火就是碳元素剧烈氧化的现象（当然，后来又加入了碳氢的剧烈氧化）。以火为主导因素，从原始到现代，发展起来非常丰富多彩的人类文明，是个再简捷不过的途径了。

（7）一个非常简单的水分子，支持了从生命初始到文明复杂的全过程。

水有许多与众不同的特性：

① 水在地球的大气压下，冰点与沸点温差很大，从而在常温下呈液态，形成江河湖海；

② 水在约4摄氏度时，密度最大，因而冰层只停留在水面上，保护了水下生命；

③ 水的导热性能差，可以有效阻隔气温对雪面、冰面以下水温的影响，与上一点配合同样保护了水下生命；

④ 水的热容量与蒸发热最大，能最有效地调节全球的温湿度和生命的体温；

⑤ 水是自然界中唯一的溶剂（因而也是唯一的清洁液体），一般无机盐类可溶于水，这才能为植物所吸收，水的溶解能力对一切生命以及对环境与资源的形成均具有重大意义；

⑥ 水分子的化学键很牢固（纯水几乎不电离，所以纯水不导电），极难为高温所分解，十分稳定。这一点对环境具有重大意义，特别是，水是自然界唯一最有效最方便的灭火物质。它可立即使几百度上千度的火焰与空气隔绝，然后吸走热量以蒸汽的形式逃逸，这样“前赴后继”，从而最终将火焰扑灭，而水分子自身却毫发无损；

⑦ 水的表面张力很大，可形成大小水珠，否则各种气象无法形成，如雨滴、云滴、雪花、冰雹和雾气等。这些现象不但极大地增加了地球的迷人景色而且也是自然水补给和调节温湿度的最佳方式；

⑧ 水属亲润性液体，可形成毛细现象，对植物和环境非常必要；

⑨ 水的渗透性很强，可形成地下水，可风化岩石，是形成土壤的必要一环。水强大的渗透性能还可与表面张力一起为细胞活动所必需；

⑩ 水具有不可压缩性，冰冻时能破坏岩石，同样也为环境与资

源的形成和文明的发展(如,水压机)所必需。

在细节上,水还具有其他神奇的性能(如,黏性),完全可以写成一本书。

水的神奇性能,很早就为中国人所注意。中国人常说,"上善若水",就是指水既无比柔软,又无比刚强,既可涤荡一切,又可滴水穿石,既能随遇而安,又能排山倒海。因此,鼓励人要尽量做到像水一样。

氢与氧是自然界最为广泛的元素,以它们为原料形成 $H_2O$ 这样一个极其简单分子,聚集了如众多为生命和文明所必需的不可取代的性能,实在令人叹为观止。再进一步说,这十大性能是一个"牵一动百"有机整体,都是由精确的特殊的水分子结构所决定的,其中氢键起了很大的作用(水是极性分子,分子之间的静电吸引力就是氢键)。在生命与文明诞生的演化中,都恰到好处。纯粹的随机演化,没有理性存在,这似无可能。

(8) 以温度这一因素控制地表万物的存在状态,包括有生命的和无生命的各种变化。而温度的唯一根源是太阳辐射,而辐射的唯一传播子是具有不同波长和频率的光子,换言之,是太阳光子通过其强度的变化,控制了地表上各种物质的存在状态,激发出一系列的连锁反应,包括大气环流、水循环、深层与浅层洋流、风化作用、光合作用以及生命繁衍与进化,等等。光子是一种无比巧妙的能量因子,并由此驱动了地表上的一切。而所谓太阳大小、日地距离、公转自转、黄赤交角等一系列天文条件的恰当匹配,其实都不过是调节光子的照射强度这一根本因素而已!极其微小的光子竟能"指挥天地万物",这种方式的形成,真有些不可思议!

(9) 降水是形成陆地水资源的最佳方式,比古生代和中生代的浅水域不知道要强出多少倍。降水本身就是大量因素综合的自然奇迹,还可引发一系列重大自然现象,包括风化作用→土壤→平原→地下水与江河湖泊→陆地上万物生长。而降水又源于风,风又源于全球温差,仍离不开温度的控制。

(10) 一个统一的原子模型,特别是它的"前台主角"电子,包括它所吸收与释放出的"小伙伴"光子,构成了如此无比复杂和无穷变化的自然界。在地球上无论什么自然现象,包括人类的一切发明,如无处不在的电力与传播系统,神奇的计算机,等等,归根结底都是电子、光子在起作用。因为大家都知道,在一切化学反应中,原子核并不直接参与,都是电子特别是外层电子在不同元素间扮演各种角色,或者说,由元素所构成的各种分子最终只不过是给电子搭起了不同的用武平台而已。如果我们设想从电子的视角来观察世界、理

解人体，那么，这该是一个多么复杂而又有规则的体系啊！一个“通用型”电子竟有这么大的“神通”，具有无尽的功能和开发价值，人们无法理解，也不可思议。而它的“小伙伴”，具有不同频率和波长的光子，则是自然界唯一具有光速的物质（无质量），是激活地球万物，乃至赋予生机的唯一自然因子。同样，不可思议。我们无法想象一个具有无限可开发性和演化性的统一的原子结构模型在毫无自然理性的条件下会是怎么形成的。这里，不仅指人类的开发，还包括大自然以原子为基础所形成的无穷多样性和无比复杂性。

大自然以一种因素实现多种效果体现了无与伦比的简单性，也就是说，最原始的也往往是最简单的。简单性似乎是自然演化的一个原则。从逻辑上讲，大自然似乎不允许任何多余的东西存在。

## 恰当的数量关系

所有的自然因素在数量上和因素之间的比例上，都可能存在着无数解答。但在随机的自然演化中，每个因素的数量和比例都能恰到好处，稍有变化，都会对现实世界带来严重的影响。从构成宇宙的基本物理常量开始，如，真空光速、基本电荷、粒子的质量等，“被非常精细地调整到使得生命的发展成为可能。”（霍金：《时间简史》），然后是从太阳到地球（含大气层）到月球等一系列天文因素在体积、质量、距离上的匹配（注意，太阳的喷发稍有越轨，人类将遭大灾难），公转与自转的恰当周期长度，大气组成和黄赤交角的精度，地球大小与大气的厚度的关系（见“大气”一节），大气的厚度与水的性质之间的关系，陆海的面积比例，等等。这类现象我们在以上都谈了不少，这里就不再重复。在随机选择中实现一系列恰当的数量比例关系，没有自然理性的存在，是难以做到的。今后，随着科学的发展，还会进一步用数字化去理解这些演化。如，随着计算机技术的飞速发展和混沌现象的发现，科学家已越来越相信，我们的太阳系包括月球与地球的微妙关系等并非随意结合，而是一个非常精确的运动系统。我们前面说过，混沌现象对初始条件有着极端的敏感性。如果太阳系全体或某几个天体的初始条件（如位置）稍有变化，那么还能平安运行了 50 亿年吗？这种精确的结合若完全用偶然性来解释，将难以令人信服。

还有，关于地球上的煤与油的总量问题，同样也十分耐人寻味。正如我们在两条基本物质链中所谈，煤炭已支撑人类文明 2000 年，特别在近 200 年内，正是煤炭才使人类完成了工业化。今后还可以再支撑人类三四百年。石油天然气也已支撑人类 100 多年，使人类走进了现代文明并开启了航天历程。今后还可支撑一二百年。煤炭与石油天然气在地球这个小小的行星上，在极其有限的空间内储量如此丰富，恰恰能满足人类走出“哺乳期”，难道你不认为这

是个自然奇迹吗？少了行不行，绝对不行。那么，再多些不更好吗？一方面，受总体演化时空的限制，似无可能；另一方面，以人类目前的发展速度来看，实际上，再支撑三四百年足够了，何况还有大量的海底甲烷在等待着呢？这是一个多么"准确而又周全"的自然能源储备量！但地球的神奇还不只于此。如果我们再进一步追溯到古生代和中生代的森林量，那就更令人惊叹大自然的神奇了。森林成煤的几率极低，没有浩如烟海的森林，并维持上亿年的生长，是无法形成目前的地球煤炭总量的。由此，我们可联想到，在这两个地质年代中，广袤的平坦地形是多么必要，高温无风环境是多么必要，由海退所引起的大片浅水域和沼泽地*又是多么必要。这一切恰似一个十分微妙的"演化时间表"。

## 和谐的"演化时间表"

除从太阳的形成到地球形成，再到生命出现，再到遥远的未来及地球与太阳的寿命这一合理的大时间表外，地球上的一系列演化同样也具有很强的时间性，不能提前也不能错后。如，细胞在海洋中历经 30 多亿年的演化"发育成熟"后，于 5.44 亿—5.05 亿年前发生了意义深远的物种大爆发，为动物的物种进化"绘就"了蓝图，接下来随着地壳运动，陆地抬升，很适时地于 4 亿多年前开始登陆（并有全球性"无风"高温天气的必要配合）。这个时间无法提前或错后。同时，臭氧层也适时建立，为陆地生命打开了一张覆盖全球的安全保护伞。接着于 2 亿多年前演化出繁盛的蕨类森林成为后来大量煤炭形成的物质基础。再晚了不行。全球气温的适时下降长达 1 亿年，最后导致为人类及其文明诞生与发展所绝对必需的第四纪大冰期。其中有，于 3000 多万年前开始萌现的东非大裂谷，造就了全球独一无二的最优越的地理、气候和物种的环境条件，以及 250 万年前或更早导致猿向人进化的非洲森林向稀树草原的转化，和在冰期与间冰期的交替中所出现的温带多倍体等**。此外，地史中出现的五次（一说 6 次）生物大灭绝（如，恐龙的适时灭绝）也导致了更高级物种（如，鱼类，后来的哺乳类等）的大发展。这其中耐人寻味的是，30 多亿年的海洋中细胞进化（从原核细胞演化到最初的动植物）和约 40 多亿年的地表陆地演化（从地球诞生演化到"陆核"再演化到"原地台"）。对于这两个时间段，虽然现代科学尚无法证明其必要性（这方面，分子进化理论和板块理论或许会有作为），但最终的时间配合却是恰到好处，是非常必要的。

---

* 参阅第 3 章、第 4 章"陆上最早的风"和"海水盐度的演化"。

** 第 6 章米兰柯维奇理论。

对这样一系列恰到好处的时间安排，离开自然理性我们还能怎样解释呢？当然，我们这里的时间表是以百万年，千万年，甚至亿年来衡量的。

相反，如果伴随着风雨冰雪的四季，在4亿多年前便明显出现，如果臭氧层不能及时形成，如果联合古陆解体后的大陆漂移是另一种结果，如果气温不能在1亿年前开始下降，如果恐龙再晚才灭绝甚至不灭绝，如果第四纪大冰期不存在或很短或没有冷热交替，等等。根据我们以上的所有论述，整个演化就有可能无法完成。

## 复杂的演化过程

“自然演化链”说明诞生人类及其文明是一个从天文到地质，有各级无数因素参与的无比复杂的过程，同时也是一个混沌可以随时“发作”的过程，是一个充满分叉与选择的过程，因而是一个随机的过程。没有随机作用，就不会有非常重要的多样化，没有巨大的多样化就失去了物质演化走向高级的基础。

复杂的演化过程不但体现在整个演化链上，对每个因素的演化，同样也相当复杂。最典型的是地球温度的形成。大自然卷入了天地间大量的自然因素形成了恰当的气温。这个气温不但要限制在以水的物理性质为基准的狭小范围内，还对于光合作用、生命体内酶的作用和日常金属性能也有着积极的意义。大量的因素，复杂而敏感的过程，产生了非常有效的气温效果，没有自然理性的作用，是不好理解的。

如此复杂的演化必然需要极其漫长的时间。生命在海洋中进化了30多亿年才有“资格”登陆，而另一方面地球表面用了40多亿年才具备了生命登陆的条件。太阳和地球若没有足够的时间来支撑，这个进化将无法完成。

## 神秘的周期表

在领会到上面所谈的水与火以及光合作用在自然界，在文明起源中的重大作用以后，我们便可进一步讨论周期表的合理性。周期表是典型的M轴问题，其中似乎隐藏着巨大的奥秘，闪烁着不可思议的巨大的智慧（理性）之光。

众所周知，自然界中最基本的东西就是宇宙大爆炸一开始便出现的四种基本力（强力、弱力、电磁力和引力），这似乎就决定了宇宙中的有形物质只能以原子的形式出现，而这种物质形式对人类来说，最大的特点就是**具有无限的可开发性**。这一点充满无比神奇。原子是由质子、中子和电子组成，而电子则是整个原子的“前台主角”。电子在核外的层数，每层的电子数和各层电子的运动状态，都有着严格的规律性，即周期律（periodic law），并决定了某种元素的全部性质。这样，从最简单的氢元素开始，按周期律依次排列下来便形成了

周期表。这里，令人难以解释的是，自然界里88种自然元素的这种排列，不但造就出来各个元素的不同性质，而且似乎含有两个“自然使命”，一是构成生命，二是演化文明，不存在没有自然使命的元素。其中，已有60余种元素在生命体中已被发现，余下的20余种，当然也都有文明开发价值。例如，铁元素在人体中含量甚微，但它在文明发展中却起着极其重要的作用，其“自然使命”显然侧重于文明一面。而钛元素在人体中可能不存在，但在未来的文明发展中却绝对不可少。但是，夜晚满天的星斗，除太阳系中几颗行星外，其实全是恒星，基本上都是由氢及一部分氦和极少比例的其他元素所组成。那么，周期表中其他各个元素的应有作用究竟体现在哪里呢？难道周期表是“白做了”吗？不白做。在太阳系，地球是唯一最能充分体现周期表中各元素作用的天体。火星、水星和金星都不行，其他行星更不行。在地球上，各元素及其化合物的存在形态，数量，分布状态及其作用，真可说被体现得无懈可击。首先，与生命有关的元素，已占了大半。其次，周期表中每个元素都与文明起源与发展有关。如，铁及部分镍元素构成了一定规模的地核，形成非常必要的磁场，放射性元素为地球特别是初期带来了大量非常需要的内能，硅、铝、镁、氢、氧组成一定厚度的地壳，氮、氧组成大气，氢、氧组成水形成江、河、湖、海。碳、氢、氮、氧组成生命，等等。

这里，特别值得再提的是，碳、氢、氮、氧这四种元素与周期表的关系（参阅9.4节）。

火作为文明之父，必须实现两重性。那么，在周期表中是怎样安排的呢？氢元素作为周期表之首，构造最简单，只有一个电子。由此，我们不难理解，氢元素最活泼，氧化时的燃烧热最高。所以它的“自然使命”似乎侧重燃烧，但只此一个元素，肯定不够。这是因为单一个氢元素无法构成我们在第7章中所论述过的能源物质链。而没有这种链式的安排，早期人类将无法一步一步学会开发能源。碳元素是周期表中唯一构成生命物质骨架的元素。同时赋予碳元素以高热量的燃烧性能，不但可补充单一氢元素燃烧热能的不足，而且可使碳氢二元素在一起，形成一种完全区别于地球物质的、被我们称之为“有机物”的物质，它既为生命物质所必需（必然难溶于水，一般无毒，可衍生出动物的物质与能量来源，即食物），又是地球上唯一的燃料来源。其逻辑是，有生命便有燃料，无生命，就没有燃料。非常理想地实现了火的两重性（否则，地球还安全吗）。而自由氧分子则存在于大气中并由最稳定又为生命所必需的氮分子来包围，可使燃烧处于安全状态。氧还存于生物体内，分解有机物，释放能量，供生命体自身使用。碳、氢、氮、氧四元素的这种安排，既可使得生命诞生，又可使人类既安全又方便地利用火，形成文明之父。而其他的碳、氢、氧和少数易

燃元素则安全地锁定在水和其他无机物之中。

此外，碳、氢元素作为人类的能源元素，在文明发展中已经足够，周期表中似无必要再出现第三个具有高热能的易燃元素。如果有的话，那在自然界中是相当不好安排的，因为高热能易燃毕竟是一种危险因素。

所以，我们可以说，这是周期表中生命元素和高能易燃元素在自然界中唯一的存在方案，非常简捷有效。你要想以周期表为基础，形成“水”，“火”和“碳生命”以外的另一种富有生机的大千世界是不可能的。

我们在上一段讨论水分子时，还特别“表扬”了氢与氧在构成水分子中的巨大“功劳”。水分子简直是个巨大的谜团，当然，这是取决于氢氧元素之神奇，然而这又仅是氢与氧这两个元素的“功劳”之一，如前所谈，它们还有不少其他重要“功劳”，例如，作为土壤的核心物质，黏土矿物就必须含有氢氧（OH）。地球上若没有土壤，陆地将永远死寂一片！其实，各元素都有各自的作用，氢、氧元素只是个典型。此外，周期表还体现了由原子构成物质世界的绝对必要性。

太多了！周期表完全可以写成一本书，来论述它所包含的这两个自然功能。当然，最令人称奇的是，按严格的周期律所形成的各个元素，竟能如此巧妙地出现了碳、氢、氮、氧这四种神奇的元素，竟能使所有元素各有特长，各得其所！

因此，周期表不但闪现出不可思议的巨大的智慧之光，而且也极其深刻地反映了自然演化的一致性。离开自然界理性的存在，我们将无法解释这一切。

当然，肯定还有更多的自然演化特点，限于知识和篇幅，我们就不再多讲了。

对以上五点，你或许能发现，都是体现了自然演化在时空上严格、微妙、复杂与和谐的特点，而这也正是在大量可能的方案中几率极低的选择结果。概括如下：

自然演化的随机性充斥着分叉与选择→几率极低的选择→成为恰当的因素状态（如，大气组成，海洋规模等）→各个因素相互匹配（如，一系列天文条件）→能满足人类及其文明诞生与发展的需要→诞生人类及其文明

一句话，“一致性”寓于随机之中。

这里，我们并**不去关心自然演化有无什么“目的”，这是个没有意义和答案的空问题。我们感兴趣的只是这一漫长系列无数次微妙的合理选择，因为“选择”是客观的，不可避免的**。非常发人深思！

由此，无穷合理性的背后，可能就是理性。1940 年，爱因斯坦在前述“科学，哲学和宗教”一文中说：“对于世界存在的有效规则是合理的，就是说，对于

理性而言是可以理解的。"* 明确地把理性与自然界的合理性紧密联系起来。就在这篇文章里，爱因斯坦再次对理性发出由衷地感叹，他说："…由此，在心灵上产生了对自然存在所体现出的理性的庄严恢弘的谦恭态度，而且，这个理性以其深邃，人类是难以接近的。"**

以上五点，对我们来说不可思议，令人震撼，除自然理性外，似乎都无法用其他的知识来解释。如果你毫无心动，那可能是因为你的思想境界远未进入其中。因为，它不是一个单纯的运动问题，一个单纯的系统问题，一个单纯是个结构问题，也不是一个单纯是个进化问题，等等。它是一个深层的综合理解大自然的问题。

爱因斯坦说："从那些看起来十分不同的复杂现象中认识到它们的统一性，那是一种壮丽的感觉。"*** 自然演化的一致性是否就是这种壮丽的感觉呢？完全是！

爱因斯坦曾经问：上帝在创造世界时是否有任何选择？如果你深刻理解了上述五点，那么，从人类目前的智慧水平看，以宇宙大爆炸所产生的四种力为基础的宇宙文明诞生，可能不会存在更佳方案了！自然万物"牵一动百"，我们至少可说，太阳系和地球是无法更改的。除非存在另一种宇宙，有着不同于原子结构的其他物质形态，或不同于四维时空的其他时空存在。但这可能吗？

爱因斯坦在上述"科学，哲学和宗教"一文中还说："一个人越为自然大事的既有规则性所浸染，就越发坚信这个自然大事的规则性不会为引发另一个不同的自然界而留下任何余地。"****

是的，我们无法想象宇宙中会存在另一种自然界，它的生命，它的火不是来自碳元素，而水为其他某种非氢氧的物质所取代。

**沿着时间轴，体现在自然演化空间三个轴上的无穷合理性，并导致人类及其文明的最终诞生，是自然界最大的谜团，而自然理性可能就隐藏其中。**

地球、人类及其文明的出现已将这种合理性推到了极致，或说，地球是宇宙间选择和进化的合理之最，奇迹之最！

---

* "...the regulations valid for world of existence are rational, that is, comprehensible to reason."

** "...and thereby attains that humble attitude of mind toward the grandeur of reason incarnate in existence, and which, in its profound depths, is inaccessible to man."

*** "It is a wonderful feeling to recognize the unity of a complex of phenomena that to direct observation appear to be quite sepcerate things."

**** "The more a man is imbued with the ordered regularity of all events the firmer becomes his conviction that there is no room left by the side of this ordered regularity for causes of a different nature."

因此，我们可以说，一方面自然演化的一致性有力地支持了自然理性存在的观点，另一方面也只有自然理性才能解释自然演化的一致性。自然万物虽不是机械确定，但也并非一味“胡来”，难道不是这样子吗？

你对自然奥秘体会越深，对自然演化的一致性理解越深，就会越发相信理性存在的可能。

当然，这里有一个随机性问题。地球上任何一种自然现象，出现的时间与地点一般是偶然的（如一次地震，一次变异，一只恐龙的死亡，等等），但现象背后的机理却是一致的，即规律性。如雷电风雨等。大自然只是创造了现象出现的机理，而出现过程则只能是随机的。因此，所谓“一致性”并非指一时一事。它的时间尺度往往是万年、百万年、千万年乃至亿年。可以这么说，在宏观演化上存在着“一致性”，但在宏观演化过程（process）中的自然事件却是随机的，无所谓“合理”或“不合理”。而且，宏观上的一致性与自然事件的偶然性也是相对而言，不存在固定模式和时间标准。似乎“一致性”是通过大量的偶然自然事件而形成的一种趋势。二者之间是种非常微妙的演化关系。

在明白了自然演化之上述种种神奇（上述五点）之后，让我们再重新体会爱因斯坦下面这些话：

“我们认识到有某种为我们所无法洞察的东西存在，认识到那些最深邃的理性和最灿烂的美，它们只能以其最原始的形式接近我们的心灵”。那么，上述种种神奇是不是综合体现了那种“最深邃的理性和最灿烂的美”呢？应当说，是！而其中的“原始的形式”则可能是指自然原本的简单性，也即原本的自然逻辑或法则。然后，你相信单纯依靠“上帝掷骰子”能创造我们这个和谐有序的自然界和人类文明吗？你不认为有某种“为我们所无法洞察的东西存在”吗？由此，也许你能理解为什么爱因斯坦要提出自然理性这个信念，并要一再“谦恭的赞美与羡慕”大自然，为什么他说大自然的高明不知要比人类强出多少倍！

接下来一个不可避免的问题是，自然理性到底又是什么呢？

很遗憾，爱因斯坦虽然后来多次重复他的类似观点，但并未能对自然理性做进一步的解说。他只是认为，哪怕只理解一点点也就心满意足了。

至于这深邃无比的自然理性对于人类自身，特别是对于人类的未来又究竟意味着什么？爱因斯坦是否想到过这个问题，我们不得而知。这里，我们仅能说的一句话是，人类作为自然之子，深深根植于自然之中，将永远无法摆脱无尽自然规律对他的控制。人类只有在不断理解自然中，增强自己的理性，以求得光辉的未来。

1955年，他去世以后，随着非线性科学和计算机技术的大发展，科学界便为自然界的非确定性所笼罩。爱因斯坦的自然观就更没有什么人专门研究

了。因此，爱因斯坦只是去体验和理解自然理性，并未涉及自然理性的本质，即它到底是什么？这也许是爱因斯坦留给人类的**一个最大的难题，也是一份具有深远意义的遗产，而不会随时间流逝而湮没**。

这里，我们需强调一下，从哲学上讲，正如上节末我们所说，类似自然理性的说法早在古希腊和古代中国就有。这在人类认识自然的过程中是再正常不过的事。但经爱因斯坦的深层思考与高度提炼之后，便形成了自然理性的观点。

当然，我们也不会认为自然理性是某种超自然力量。因为，爱因斯坦本人就不相信超自然力的存在。根据相对论，物质与时空不可分割，也不会存在超时空的东西。这里一个根本分界线是，所谓超自然的神灵作为宗教是绝对的，不许质疑的，也无从探索，而科学则恰恰相反，需要质疑，通过质疑不断地探索。爱因斯坦认为他的观点是可以探索的，他要全身心地去理解与探索。

因此，人们一方面要继续去体验自然理性的存在，如果愿意的话，另一方面或许可从宇宙起源的角度，最终揭示自然理性的本质。

阿尔文·托勒夫曾说，"在当代西方文明中得到最高发展的技巧之一是拆零，即把问题分解成尽可能细小的部分。我们非常擅长此技，以致我们竟时常忘记把这些细部重新组装到一起。"而我们研究的最大特点正是"组装"。我们作了别人从未作过的综合研究和深入精细的提炼。这项工作非常必要，因为**大自然本来就是一个无法分割的、牵一动百的有机整体，一个具有无限深度与广度的无比复杂的演化运动系统**。

最后，我们提出下面一个富有挑战性问题，即如此之严格条件，**宇宙中还能演化出第二个文明星球吗**？

似无可能，或**逻辑**上说，不可能！

如果明白了上述文明诞生的极端复杂性与敏感性，反观宇宙，便不难看出形成第二个文明星球的可能性是何等渺茫！从概率的角度上看，世界上不少科学家认为从小分子演化成微生物的概率极小，或几乎为零。而从生命再演化到文明的概率呢？如本书所述，可以说也是零。在几乎为零的概率下居然诞生了人类及其文明，说明这并不完全是个概率问题。你对生命与文明诞生的复杂性和敏感性体会越深，你就会越发相信，宇宙中可能只有一个地球。不要认为宇宙无穷（实际上，按霍金理论，时空是有限无界的），就必然会有第二个乃至第 n 个地球，那只是星光下的美丽遐想。太阳系的严格、地球的演化、巨大月球的神奇存在，这一系列绝妙的现象（参考上述的五个特点），不仅令人不可思议，更重要的是体现了一种非常非常的特殊性，或者说体现了一种自然行为的逻辑，体现了"自然理性"，体现了"宇宙中的无限高位精神"，体现了宇

宙的“思想”（均为爱因斯坦语）。因而这并非仅仅是个从简单到复杂的演进问题。

当然，这里并不排除下面可能性，即在银河系或在遥远的其他星系里，有某个行星也会有类似于地球的某些天文条件或某些地质条件的出现，但要演化出生命特别是文明则完全是另外一回事。因为，严格说，自然界并没有两个**完全相同**的过程。比如，一场雨，不可能再重复绝对一样的两个时空历程。从这一点看，宇宙中不会再复制出另一个与地球完全相同的演化过程。而依据本书的论述，任何偏离，都有可能导致人类及其文明演化的失败。这有点像，万事俱备，但只要有一个条件不到位，雨就下不起来，尽管人们翘首以待这场决定命运的雨能尽快地下起来。这就是大自然的绝对没商量！

这里，不允许我们“胡思乱想”，也无法“理所当然”。因为，“牵一动百、环环相扣”可能是自然演化中不变的法则。从文明星球诞生的无比复杂性和敏感性上看，逻辑上讲，在以四种基本力和周期表为基础的宇宙中，不太可能再出现第二个文明星球了。

啊！我们太孤独了，不够刺激？否！这正体现了人类的伟大意义所在。不要以为所谓外星人是件好玩的事情。地球从小分子历经40多亿年才演化出现代文明，在这个过程中“孤独”似乎是必要的。因为这必须是个完全的、纯粹的自然演化过程，不允许有任何所谓外来智慧行为的干预乃至破坏。这一点并不难理解。所以，我们就应该是宇宙中的孤独者！

你这是“坐井观天”。是的，地球固然是宇宙中的“沧海一粟”，但我们是在三维的物质之井中，观看宇宙之天。就如同我们相信大海中不会存在陆地生命一样。事物总有个逻辑上的可能与不可能。概率也无法逃脱这个逻辑。

因此，**理解自然，尊重自然，科学发展**，已是今日超越人间一切利害的**最高行为准则**。一个人，一个国家究竟应怎样对待大自然，绝非自我之事，更非孤立之事！

这里我们顺便提一下“人择原理”（anthropic cosmological principle）。人择原理是20世纪60年代兴起的企图解释人类与宇宙关系的新理论。随着人类对宇宙认识的日益加深（主要在物理学界），这类理论的产生看来是必然的。基本观点是，因为有人类这样的观测者存在，所以宇宙（包括它的许多物理常量）才是这个样子，否则人类将不会存在。人择原理有强弱两个版本，但所要表达的核心思想都是，人类存在和宇宙存在的一致性。这里，如果将其延伸到自然演化链，显然也在说明从宇宙到人类再到文明的唯一性或一致性。人择原理与爱因斯坦的自然理性相比，二者在概念上虽有相近之处，但爱因斯坦的观点显得更为具体，更为深层，更加广义。

最后，人择原理也好，自然演化的一致性也好，都绝对不意味着人类可以以自己为中心。人类只是自然的一部分。如果自然以人类为中心，在这种意识的作用下，人类将无限的自我膨胀，最终将导致人类生存条件的萎缩乃至毁灭。

大自然魅力无穷。

大自然本身就是一个在深度与广度上无比复杂，无比深奥的演化系统。它的美不仅体现在令人销魂的景色上，如，碧波大海、蓝天白云、雪山草原，多彩的生态，丰美的大地，变化的四季，等等，还体现在内涵上，包括无尽的各种物质性能与规律、各因素之间的微妙配合以及演化中的种种奇迹等。大自然的美丽与深奥具有无穷的魅力，无数科学家为之倾倒乃至献身。

发现混沌的法国大数学家庞加莱就曾说过这样的话，大意是，科学家不是出于功利的目的而研究自然界；他进行研究是因为他从其中寻找乐趣；他从其中寻找乐趣是因为自然界是美的。如果自然界不美，那么它就不值得我们去苦心研究，生命不值得受到实际之苦。又说，我论及的是内在的美，它来自各部分的和谐有序，是纯智力有能力理解的美。

说得真是太好了！

是的，人类自远古至今对自然的崇敬，唯一原因就是大自然的至深至美。这在古代表现为一种传统的凝重的淳朴感情，而在今天则应再加上现代科学对自然的深层理解。如果一个社会对自然既失去了传统的淳朴感情又缺乏以现代科学为基础的深层理解，其后果将十分可怕！

今天虽然人类尚无法知晓，在宇宙之原本——时空的包容下，黑洞、暗物质、引力波以及无数的星系，所有这些它们彼此之间的微妙关系，但宇宙作为一个有机演化整体，它们肯定与人类及其文明的诞生有着某种渊源关系。研究这些关系将是一个魅力无穷的永恒课题！

总结一下。

本书通过对自然演化过程的综合分析，揭示了自然演化一致性的客观存在。如何理解这一现象，本章通过对非确定性自然观和爱因斯坦自然观的讨论，通过对自然演化一致性的深入提炼，又进一步揭示了大自然的无比深奥，并在此基础上阐述了“宇宙诞生文明绝非简单事”这一新观点。这些论述不但可引发人们对大自然的由衷敬畏，而且也深化了人类的天地观，对习惯上的宇宙观提出了挑战。

我们的宇宙极有可能只拥有一个文明星球，这不是作者在耸人听闻，而是希望人们能深刻理解并理性地对待这一也许真实的现实。这也就是为什么我们要讨论下一章的缘由——愿人类走向和谐的文明世界。

# 11 愿人类可持续发展，走向和谐的文明世界

本书到此为止，其实只讲了一件事，即在宇宙中诞生文明的条件是何等的苛刻！那么，作为地球的高等居民人类，应当怎样对待这个小小的奇异星球呢？我们不仅要在地球上使文明存在(a civilization planet)，更重要的是要使她成为一个和谐的、文明化的星球，这也就是为什么本书的副题叫做文明星球的原因(a civilized planet)。那么，这有可能吗？对此，作者愿意从逻辑上做点粗浅的讨论，以作为本书的必要延伸。

作者认为，从文明存在的星球到和谐的文明化的星球，关键是要做到人类可持续发展。

**“可持续发展”**思想是人类近百年来教训与智慧的高度结晶，也是建立和谐文明世界的一个基本条件。因此，本章是从世界发展的角度，特别是从全球科学发展的角度来讨论的。

## 11.1 自然演化空间的有机整体性

大自然合理性的最大成果是，在地球上演化出来一个富有生机的世界。这一顽强的特质除重大的天文地质因素外是无法完全改变的。不管人类如何“祸害”地球，她总是要顽强地恢复这个特质，尽管十分缓慢。譬如，大地被“祸害”之后，人类一旦撤离，生机又会恢复，尽管十分缓慢。再设想小行星与地球相撞将地球变为荒漠，人烟绝迹，那么，几千年、上万年后，她仍会变得生机盎然(当然，不会再重复地球的演化)。地球总是要朝着这个方向发展，这是由一系列地球特有的自然条件特别是天文条件所决定的。下面，我们就用这一总体观点来进一步理解自然演化空间的有机整体性。

我们在本书的开始便曾说过，自然演化空间具有因果互动关系。生命从二轴的平面内终于进入三轴的空间中，但开始非常弱小，经过百万年的进化而逐渐壮大起来。人类出现前，生命是以对自然界的缓慢消耗与最终回归来维

持自然界的平衡。万物和谐有序，一切有条不紊。脆弱的早期人类正是在这样一种优越环境中生存与发展起来。对此，我们可称之为**原始的自然秩序**，即今天人类的起始点。时间是1万多年前，也即最近一个冰河期结束。此后，特别是人类进入现代文明以后，他的生存与发展是以大规模资源消耗与环境改变为代价，极具**单向**破坏性，结果就是原始的自然秩序发生紊乱，而紊乱就意味着自然灾害！譬如，草原的食物链原本非常合理，所以动植物兴旺。但如果把鼠类的天敌老鹰、黄鼬、狐狸几乎猎光，鼠类岂不成灾？草原岂不枯萎？陆地蒸发原本是构成水循环的一个重要环节，但如果把地下水几乎抽光，再把土地和雨水隔绝，使大地窒息，水循环岂不走向中断，特别在干旱和半干旱地区，还能有正常条件下的水资源量吗？空气中极低的二氧化碳含量，为两极冰盖的最终形成创造了一个必要条件，但如果提高了这个含量，岂不导致气温升高，冰盖融化，气候变异？等等。所有这一切正如恩格斯所言，**不要过分陶醉于我们对自然界的胜利。对于每一次这样的胜利，自然界都报复了我们**。你打乱了原本的自然秩序，大自然当然会有反应。这有点像物理或化学反应一样，不会毫无反应。而这就是“自然报复”。

因此，除地震（海啸），或许还有台风（飓风）等外，自然报复完全是人类自己一手造成。至于报复的早晚和轻重，规模大小，要取决于自然规律，但绝对不会不报复。小报复，人们还可抗争一下，但也经受不起反复；而大报复将是威严可怕的，在你不知不觉中，甚至在你陶醉于所谓“胜利”中，悄悄地削弱乃至撤销你的生存根基，最后使人们束手无策，要么逃生，要么改正，但还来得及吗？也许只等铸成惨痛的人类历史教训了。恩格斯说“每一次”。这意味着“报复”绝无幸免，只会积少成多，量变质变。

所以，几千年来，人们总是忽略了一个基本事实，即一个民族乃至全人类的历史都是在自然平台稳固的前提下演义的，这个平台无论是天灾还是人祸一旦严重失稳，那么，台面上的人类历史也就必将彻底改写。今天应当是人们意识到这个生死攸关的问题的时候了！

自然报复从另一个角度说，也可称之为大自然的**负反馈**。

反馈是相对于系统的外来输入而言。正反馈（positive feedback）是说，系统的反馈在“肯定”或放大外来的输入作用，使系统进一步偏离初始状态，是为演化或发展，形成一种新的稳定状态。负反馈（negative feedback）是说，系统在“否定”或抑制外来的输入作用，要稳定系统的初始状态，是为自我调节。大自然对人类行为的负反馈表明，大自然要通过自我调节维持原来的状态。如上面所谈的鼠患、干旱、气候变异等，都在说明，大自然在“否定”人类的行为，力图维持原来的状态，也即力图恢复原来合理的“生机”。而只有被破坏的自

然秩序被恢复，自然灾害的频繁性才能减少。当然，这里仅指自然秩序部分被破坏。譬如，人类绝无可能将空气全部改组，不能消灭大海等。

人类作为宇宙间的智慧群体，一方面自己要发展，另一方面又要防止大自然的必然负反馈，维持自然演化空间的平衡，怎么办？唯一的途径便是，用人类的智慧与M轴结合，以尽量恢复ER两轴的合理秩序。看来这是一条原理，别无任何选择。这就是顺自然演化。特别是在技术发达的今天，尤为重要。脱离对M轴的大力开发，只消耗ER轴，最终将自断出路。这就是逆自然演化。

因此，在自然的负反馈面前，直接抗争只是治标，通过理解自然找出大自然负反馈的具体原因才是**治根**，才能逐步通过“还债”而消除。上面提到的全球变暖的原因（这个发现就体现了科学家的伟大作用），便是一个最好的经典例证。人类智慧与M轴的结合，具体说就是科学水平和创造能力的提高。这一方面可不断发现人类自己的过错，知过必改，恢复各种自然功能，不断解决好人与自然的关系（使削弱的根基R-E轴不断得到修复），另一方面可不断提高利用和开拓自然资源的效率（开源节流）。

基于上述，我们可以说，你对大自然越理解，越尊重，她对你的回报就越丰厚；相反，在她面前，你越自以为是，乱动手脚，她越不买你的账，还要“教训”你，当然不一定是现在。人们总喜欢把你当作“公共草地”，在你身上“为所欲为”，而把提高爱护你的自身能力，提高自身效率和创造能力，视为巨大难题。但是，大自然没有什么商量，没有等待，大自然也从不管你有多少困难和理由，也不管你以何种名义，也不会“张冠李戴”，一切行为，顺自然演化，兴旺；逆自然演化，淘汰，即“欠债要还”，欠的越多，还起来越难。尽管这将是一个饱受自然折磨的非常痛苦的漫长过程。这就是我们常说的客观规律不以人的意志为转移。不报复不淘汰一切逆自然演化的行为，人类还能生存与持续发展吗？

但这里所说的大自然的报复显然并非指“上帝”对人的惩罚（爱因斯坦多次否定这类观点。一个介入人间事物的大自然岂不成了迷信？）而是源于地球一系列条件所形成的合理性，即原始的正常自然秩序。同样，另一种感情也是危险的，即对自然的深奥从未惊异，更无崇敬，一切为我所用，在自然面前有些肤浅、狂妄，而不是像恩格斯和爱因斯坦所提倡的那样对自然的谦恭态度。

大自然也“鼓励”人们上进。在人类历史中延续了几十万年的两条基本物质链，就是对早期人类最好的鼓励。她的资源**相对有限，绝对无限**，全靠人们去开拓。不开拓，不创新，大自然是绝不给出路的。大自然绝非不可恢复，你的错误改正了，大自然就还你原貌，继续为你提供优良的资源和环境，无穷无尽。

今日的世界，从自然演化空间的三个变量上看，很明显，资源环境与创造力均占优势，必然强盛。如资源环境先天不足，却具有出色的创造力，则必然强劲，环境可由劣变优，资源也可解决。若三方面均无优势，必然软弱，但整体上仍可处于某种混沌式的演进之中（混沌仅指系统的不确定状态，而不一定是战乱）。最怕的就是，资源环境持续下滑，而又一直缺乏出众的创造力。因为，生存根基一旦发生动摇，无法承受人口之重，则后果不堪设想！

以上便是自然演化空间的有机整体性。如果我们再将上述做个归纳，或许我们可以这么说：

**宇宙150亿年演化最光辉灿烂的结晶便是人类的智慧，但结晶的光辉灿烂是需要不断挖掘和不断激发的，而能否做到这一点，正是一个人、一个社会乃至世界，文明与愚昧、发展与衰落的最终分水岭。**

所以，从自然演化空间的角度上看，人生的价值在于创造而非拥有。显然，通过开发智力的创造是演化空间持续健康存在的必要条件，而单纯追求财富与权力的拥有则只能是个负面因素。只图占有，不求创造，人类还能进步吗？

非常浅显，但难做到，见下节。

## 11.2 愿人类可持续发展，走向和谐的文明世界

我们上面强调了人类智慧与M轴结合的重要性，并说其具体体现便是科学与创新。下面我们将从历史角度讨论一下实现这一功能的难度和关键所在。

可能无人会怀疑科学在人类进步中所起的不可替代的伟大作用。没有科学，地球便无法养活今日的世界人口，更不会有今日的世界繁荣。科学是人类文明的精华，是技术的源泉，也是世界走向和谐未来的一个重大的必要条件。人类的历史，民族的纷争，可以“瞬息万变”，但科学技术的进步不论是快、是慢、是多、是少，却是永远积累的，不会中断，不会倒退，犹如一根闪亮的主线，贯穿于全部人类发展史中，并在很大程度上决定一个社会的发展状态和世界的整体格局。但科学之树的成长与壮大是件非常复杂的历史过程，绝对非同一般。这一点如同世界上的一切事物一样，越要获得美好的东西，就越要付出更多的艰辛。因此，一个社会最大的成功就在于国民道德和科学技术在深度与广度上的大提高，同样，最大的弱点也就在于国民的愚昧麻木及其所必然带来的科学技术落后。当然，科学也是一把双刃剑，历史上也有一些人利用科学做坏事，但这属于另外一类问题。科学本身是中性的，在总体上是为文明发展

服务的，是使人类发展的而不是倒退的、萎缩的。这一点毫无疑义。

科学既然如此重要，那么，世界上人人都有智慧，为什么未能都成为科技强国呢？为什么自文艺复兴以来所形成的全世界科学技术分布格局至今没有巨大改变呢？为什么世界上大多数国家仍处于科学技术相对落后的状态呢？封建制度早已在全世界被淘汰，在民主共和的旗帜下，大量国家已独立了上百年，至少也大半个世纪，为什么未能迎头赶上呢？

究竟难在哪里呢？

科学本身作为人类文明进步的先锋，作为可持续发展的基础，从来都是蕴藏在广大国民的兴趣与智慧之中，而绝非孤立之物。因此，科学无法呼之即来，也不等于几个项目，而是在于广大民众的精神和追求。这是科学生根发展的社会土壤，是人类独有的、取之不尽用之不竭的天赐资源，是永远无法摧毁的力量所在！对此，江泽民说的好："科学的本质就是创新。创新是一个民族进步的灵魂，是一个国家兴旺发达的不竭动力。整个人类历史，就是一个不断创新、不断进步的过程。没有创新，就没有人类的进步，就没有人类的未来。""一个没有创新能力的民族，难以屹立于世界先进民族之林。"（见《江泽民文选》）。是灵魂，是不竭动力，是历史，是进步，是未来！还有比这更重要的东西吗？没有了！而作为"灵魂"和"不竭动力"的科学，其发展也只能是一个国家**整体进步的历史过程**。这一点和一个人素质提高的道理是一样的，任何大成就或高水平都非一日之功，而是一点一滴积累而成。

纵观300多年来的现代文明发展史，便不难看出，科学研究（research）特别是原始性的科学创新（基础科学的创新，很不同于技术）并非完全是某种任务，它更多的是，在强大的好奇心驱动下饶有兴趣的探索，是自由思想的升华。而这种创造性的思维也只能属于个人的首创行为，这和两个人无法共做一梦的道理完全一样。这一点，自科学诞生以来，特别在近代科学发展中，非常明显。进化论、相对论和量子力学的创立过程就非常典型，投入了火一般的真情，熔掉了一切世俗追求，从深奥的自然谜团中提炼出来了认识结晶。我们无法想象，科学探索是在毫无兴趣的被动心态下进行的，或是在没有一点真情只有名利的精神状态下进行的。本书提到的第谷，坚持肉眼观测天文20年，是他的兴趣，虽然在别人看来枯燥无味，根本无法理解。*

因此，科学作为人类高尚的，圣洁的追求，其发展绝对需要以人为本作前提，需要平等自由和包容的氛围，以实现对人的尊重，对思想的尊重，而不是相反。唯其如此，人的思想活力、人的智慧潜能才有可能得到释放与发挥。这是

---

* 请参阅10.4节，"大自然魅力无穷"，庞加莱的那段话。

科学发展的生长点所在。而近代科学正是在文艺复兴和工业革命的精神孕育中发展起来的。*

在人类历史上，公元前600多年到公元前200多年的古希腊，对大自然展开了深入的探索，涌现出一大批自然科学家，因此，被公认为是现代科学的早期引导。古希腊对自然的尊崇精神在文艺复兴以来的欧洲得到了强化与发扬，并伴随着人本位精神的深化和社会制度的演进，形成了世界上第一批科学强国。这方面最典型的两个代表是英国和奥斯曼帝国。英国早在1215年就诞生了影响不凡的《自由大宪章》(Great Charter of Liberties)，结束了王权的绝对化。1265年，大封建主孟福尔(S. de Montfort)在打败英国国王亨利三世后，又首次建立了议会组织，是为议会起源。从此英国便走上了漫长曲折的权力制度的演化历程，国民思想不断活跃，最终进入启蒙运动，并率先完成了工业革命(由此我们也可多少看出为什么牛顿、达尔文这些大科学家会出现在英国，而未出现在世界其他封建专制国家中，尽管天才到处都有)。18世纪法国伏尔泰(Francois-Marie Arouet, dit Voltaire, 1694—1778)的思想，不少就是从英国吸收过来的。与此相反，处于同一个历史时期，跨越欧亚非三大洲持续了600多年的奥斯曼帝国(Ottoman Empire, 1300—1920)，虽然毗邻欧洲，但由于封建意识和封建统治十分顽强，未能随潮流与时俱进，而最后分崩离析。所幸是良好的资源与环境还是保留下来了。奥斯曼帝国的兴衰过程，十分发人深思。

对这段历史所显示的社会进步与科学发展之间的关系，江泽民曾作过如下概括："奥斯曼帝国曾经十分强大，但西欧国家经过文艺复兴和工业革命快速发展起来，形成了强大的经济技术优势。奥斯曼帝国最后不堪一击、分崩离析，与它在经济技术上的落后有密切关系。"(见《江泽民文选》)。是啊！不与时俱进，只能被淘汰！

但反过来，有了平等自由就一定有科学与发达吗？未必！这一点在人类历史中已得到充分的证明。

近百年来，特别是第二次世界大战以后的历史已反复证明，科学"赛先生"(science)并不可能随民主"德先生"(democracy)自动地接踵而至，尽管人们总喜欢将二者放在一起。相对于封建社会而言，非常明显，它们只是前提关系，是必要条件，而绝非孪生兄弟。僵化的封建专制固然使国民精神麻木，科学土

* 参阅10.2节。

壤贫瘠，但法律下权利一旦得到尊重，民主所激发的热情和激活的思想也无法凭空出现科学。激活与科学之间，耗散社会与富强国家之间并无等号，二者尚有很大的距离。那么充分条件是什么呢，这是一个非常复杂、非常艰难的问题，历史发展从不给出标准一致的答案。

今天的科学发展在深度、广度和难度上已远非200年前启蒙运动时代可比，所要求的社会条件更加广泛深刻，科学之树的成长壮大相应地更为艰巨复杂。历史似乎在告诉我们，未搭上产业革命那班车，以后要赶超前者的难度就越来越大（具体原因，不再多述）。所以，从民主共和到科学富强，这中间还有一段艰巨的充满变数的路要走，也就是上面所说的历史性难题所在，因而也是各国政治家和人民大众发挥智慧的一个巨大空间。这一点，应当说一个国家一个模式，需要非常的创造力和良心与勇气。但有一点是共同的，即实现“以人为本”作为从封建专制走向科学发达的核心转变是不可少的。彻底铲除封建等级意识，尊重人格，尊重思想，特别是尊重与完善人的各种权利是社会稳定的基石。

> 人类历史，特别是近几百年的世界历史告诉我们，社会演进从奴隶到封建到现代的总脉络是权力不断得到制约，人的地位不断得到提升。这是一个多种因素（国民素质、文化背景、社会机制、政治制度等）交织在一起的，渐进的艰难曲折的发展过程。在这个过程中，人作为社会有机体的细胞，只有全面尊重其各种权利，才能被激活，才有可能逐步释放其才智与潜能，这是实现社会进步的一个基本条件。
>
> 人的自尊心似乎与生俱来（这方面，中国的谚语太多了），也是打开心扉的一把钥匙。所以，尊重人是现代社会逐渐走向富强发达的前提。对自尊心的任何吹捧与献媚或伤害与冷漠，不但标志着一个社会的进步与否，而且还会引起可怕的后果。古今中外，概莫能外。

现在，让我们放眼看一下，如果有了民主共和就“立即”有了科学富强，就有了国家的发达，那么，今天世界上岂不早就都成为科学强国了吗？可见，民主并不能自动转化为科学。科学之树的成长壮大要远比一场社会变革难得多，复杂得多，涉及一个社会的某些根本性的转变与提升，因而是一个很值得注意和研究的世界性大问题。

实现科学与发达的首要标志是，在国家发展上以释放国民的智慧和创造潜能为主，这是提升“灵魂”、建立“不竭动力”和解放“第一生产力”的大事。其具体表现是在科学高度发达的基础上，拥有大量专利（没有科学大发展，便没有深度的技术创新），国民劳动高效低耗，珍惜资源与环境，而不是以大规模低效率和盲目的榨取自然为主。应该说，后者相对简单易行，立竿见影，但发展没有后劲，无异于“坐吃山空”。但要做到前者又必将涉及世界上最难办的各

种复杂的人的问题。但这一点无论如何都无法绕开。因为以人为本，激发激活国民的思想智慧以不断创新，乃是国家的最大财富，是永远不可战胜的强大之本，也是人类求生存谋发展的核心因素。不全力依靠国民智慧，还能依靠什么呢？还能持续发展吗？

以上我们讨论了发展科学的艰巨性，而这都是有关“人”的问题，但我们反复强调，人类总是生活在**大自然的负反馈**之中，也即自然演化空间不断萎缩。而改善自然演化空间的唯一途径是释放智慧，不断开发 M 轴。这是人与自然关系的根本。离开这一点，繁荣是靠不住的。

今天，人类在走过几千年的艰苦路程之后，世界已进入了一个空前的关键阶段，即大自然供人类使用的资源，特别是能源，已“行将耗尽”，全球的自然环境也已大部“人类化”。世界再这样走下去，恐怕就要与多样化的、富有生机的自然演化背道而驰了！大自然原本在哺育人类，而现在却在报复！所以，这就必然产生一个如何发展的问题。怎么办？我们只能从科学中找出自己的具体答案，使人类的发展科学化、合理化。因此，**科学发展**是当务之急，是可持续发展的必由之路！

这当然将是个全球性的历史性的艰巨重任！

现在，世界上许多人在自己“家门口”正在看到不少的资源已经或即将消失。如，水资源枯竭，冰川雪山消融，森林草原退化，耕地大量侵占，土地大片沙化，稀土矿产几乎采光，石油天然气和煤炭储量锐减。但，自文艺复兴和产业革命以来，世界各地科学发展的巨大差距，种种原因，极难弥合。世界今天仍是以所谓国家的形式存在着，并在未来几百年不太会有什么大的改变。**一边是科学之路的艰难漫长，一边是资源的“行将耗尽”**。因此，人们应当强烈地意识到，这是一场全球性的“人与自然的赛跑”，即效率与耗尽的赛跑。只有创新能力与道德水平的不断大幅提高，才能实现科学的发展，也才能有高效率低消耗，从而在自然面前赢得时间，使发展的道路越走越宽。所以，这是真正决定命运的“背水一战”，逆水行舟，不进则退！

但，令人遗憾的是，现在世界上不少地区在大量消耗自然的同时，因种种原因，仍处于低回报的状态，似乎还缺乏一种有效的转化机制，也就是说除换来一些物质繁荣外，并未换来科学与道德水平的大幅提高，未换来国民生产的高效低耗以及包括专利在内的深度创造等。这再次说明转变为科学强国的巨大难度。实际上，地下资源也难以查清，开采往往带有很大的盲目性。莫说采光，即便出现较大的缺口（越过产量峰值）就不得了。而用新资源完全取代老资源，绝非简单的事。何况，水资源和耕地又是绝对无法取代的啊！

**“愿人类可持续发展，走向和谐的文明世界”**应该说是大家的愿望。谁不

希望人类之间、人类与自然之间友好相处呢？但全球发展的巨大不平衡，资源分布的广泛随机性，文化背景的巨大差异，拉近科学发展水平的巨大难度，和由此所带来的错综复杂的利益纷争，决定了这必将是一条漫长曲折之路。但对于今天可用快慢多种方式毁灭世界的人类来说，毫无疑问，我们应当朝着这个方向努力。人类要走向和谐文明的世界，靠理智赢得这场赛跑是关键。历史已在昭示，不应再是争斗不息的抢夺，而是共赢，是同舟共济。这是人类通向光辉未来的最好解决方式。

历史包括人与自然的关系史，总是**严格地按非线性的因果关系发展着，大的背景仍然是大自然对人类行为不断的负反馈**。这是一个长期的艰难过程。我们留给后代的应是不断增长的理性和智慧，以期不断提高在这个漫长过程中**人类共赢共济的奋进能力**。这应当是世界上一切大智大勇者的最终目标。

我们在本章谈了很多，科学创新也好，以人为本也好，激发潜能也好，科学发展也好，实际上都是围绕着一个主题而进行的，这就是“可持续发展”。唯如此，世界才有可能走向和谐。“可持续发展”绝非一句简单的口号，而是当代人类经验教训与智慧的高度结晶，其中蕴涵着深厚的道理和严格的条件，而尊重自然，尊重人是关键。一个缺乏尊重自然，缺乏尊重人的社会是不可能持续发展的。

以人类的视角看，万物似乎总是处于某种两难之中。大自然又要以“原始的自然秩序”孕育出早期人类，又要以破坏原始自然秩序为代价使人类获得发展，大自然也是处于两难。宇宙中既演化出万物之灵的人类，就必然具备宇宙中最复杂最精巧的肌体结构，而没有与之相配合的非常特殊的环境和种种严格条件，这种“最复杂最精巧的肌体结构”将无法生存。越精巧，越娇气。又要作万物之灵，又要简单皮实，大自然同样也无法两全其美！因此，一切矛盾、一切责任全都落到了人类的身上。人类唯有深刻理解自然，才能真正尊重自然，才有可能解决大自然的两难，即可持续发展，或顺应自然、持续演化，才有可能走向和谐的文明世界，也才不辜负宇宙中这个极有可能是唯一的、文明星球的高端位置！也才能真正展现出人类的伟大！

关于未来，首先要肯定，智慧与理性是人类进化中形成的自然天赋，在这个前提下，人类社会的宏观脉络总是进步的，这点毋庸置疑。所谓“你死我活”总难以持久，而资源短缺、环境恶化、人口膨胀、天灾与瘟疫以及人类所固有的弱点等则是全球性的永恒课题。唯有**社会不断进步，理性与智慧或曰科学才能不断发扬并给人类带来新的出路**。人类进入太阳系的其他天体是个不可遏止的趋势。再飞越，由于人体受时间和引力的固有制约，要想在太阳系以外以光年计的茫茫太空中建立新的宇宙家园，可能性微乎其微。但是，既然大自然

以无比复杂，无比精妙的漫长过程演化出人类及其文明，那么，难道人类及其文明只是一个非常局限的自生自灭的宇宙事件吗？究竟有无其终极意义呢？这样发问很合乎逻辑，也很刺激，并常为哲学家与科学家所思考。但今天对远处于混沌朦胧期的人类而言，根本无法回答。天地悠悠，路途漫漫，我们今天最大的使命仍然是可持续发展，以期将我们的文明与我们的生态万物继续繁衍发展下去，唯此而已！

总结。以客观而理性的态度理解自然，发掘自然和人类历史中所隐藏的核心因素，应是我们求生存谋发展的首选课程，**具有极端的严肃性**。努力读懂这些特别的“教科书”，通过深刻反思自身的行为——一个深化认识自己的必要过程，真正理解其无比的严肃性，将启发人生的良心，引发人生良心的震撼，这是人们理性的表现，是一个国家和世界自身生存与发展的必要条件。

让我们永远去不断理解、不断探索自然与历史中所蕴涵的铁一般的教诲吧！这是确保人类世界生存与可持续发展的唯一指南！

# 致　谢

作者首先要感谢中国改革开放以来所带来的宽松环境和几乎无处不在的科学普及知识，以及宽带互联网的大力发展。中国社会有如此丰富的媒体信息传播，这在中国是历史上是空前的，也是一个意义重大的社会进步。拙作便是在这丰富的信息土壤中滋生出来的一棵小草。

如同世界上一切事物一样，没有外部的积极因素作用，单靠内因是无法完成的。为此，我首先要感谢支持本课题的各位专家学者们，其中包括，清华大学资深教授戚筱俊老师，中国工程院院士、清华大学资深教授倪维斗老师（一直关心和支持本课题的研究），K. 蒙太古专家（一位比我年长许多的澳洲老朋友，也是第一个详细了解并深切关心这个题目的人）、D. 沃斯特教授（美国）、R. 哈拉维教授（美国）和 E. 富尔斯教授（美国）。此外，还要感谢清华大学的学生们，他们来自各系、各年级，非常有兴趣上“理解自然”这门选修课。课堂上，同学们聚精会神的面孔、深度思考的论文和活跃的提问，对我不但是莫大的鼓舞，也使我再次体会到理解自然的必要性。应当说，通过“理解自然”，在大学生中深化、强化自然意识，对他们的一生都会产生积极的意义。其中，美术系的包婷同学和申杨婷同学还对部分插图作了细心加工。

本书在第 1 版和第 2 版的出版过程中，得到了清华大学出版社和其他有关部门的关心和支持，在出版过程中，宋成斌编辑付出了细致而认真的劳动。

这里还要感谢许多优秀的参考书和参考资料，其中一些插图为本书所引用，并尽量注明出处（有的出处一时无从查找）。

本人只不过是一名兴趣广泛者，没有丰富的材料和大家的热心支持与鼓励，本书将难以面世。

# 后　记

书写完了，对自然的思考也总算告一段落。这里，我首先要感谢上天，因为我是从63岁才开始全身心地投入这个课题的。这个年纪做这件事，应该说，潜伏着很大的风险，特别在健康方面，而且我也并非是从专业一路走来的自然研究者。那么，怎么会凭空出来这样一个抽象的课题呢？说来话长。我是生长在一个自然远多于人工的环境之中，并由此打上了我对这个世界最初的自然底色。20世纪50年代，大学毕业后不久，便进入山区，在野外工作了近20年。那时，我只身一人最喜欢做的事便是极目远望，俯视大地。云雾中的长城烽火台，日复一日，似乎使我切身体会到了杜甫那番“玉垒浮云变古今”的深沉感叹。也许，正是那时，“天地正气日月精华”，正悄悄地进入我的肺腑和心灵。今天，我的学生曾不止一次问我，老师，你怎么会想到风起源呢（指行星风系）？是啊！对风，对火，对四季，如果没有年复一年的野外感受，即使对于一个喜欢思考的人来说，也很难想到这些现象对人类的深层含义。大自然，只有你的心灵与她交融在一起，才能多少理解到她的微妙和她对人类的“深情厚谊”。因此，我们毕业时虽然尚未建立起健全的毕业后的学位制，但这20年的自然感受不正是无法取代的“进修”和“学位”吗？在这一点上，我似乎多少能理解本书所提到的矿山测工、英国人史密斯的那份孤独与探索。他非常典型。此外，还有法拉第和爱迪生等，他们都是出身低微而孜孜不倦的科学家，很值得我学习！

由此，我联想到人生有两点是永恒的，也最值得追求，即科学（包括科学的精神态度方法等）与良心。人们常认为纯洁无私最为高尚，最值得追求，这当然很好。但科学与良心似乎更为广义，更容易进入人的精神世界。科学可引发人的创造行为，而良心则可引发人的道德行为。虽然表面上，二者属于两个不同的范畴，但却不能分离。在一定意义上，良心就是来制约智慧的。对科学与良心的追求，同样也永无止境。本书用了大量篇幅讲述爱因斯坦的观点。他对科学的追求和心灵上的淳朴求实，堪为后人师表。他的主要思想已尽收在他浩瀚的全集之中，本人所接触到的仅是只言片语而已（包括未引用的），但也多少能感受到某些共鸣。

可是很早以来就有人认为，科学越发达，人间情谊就越淡化。19世纪末，出身低微的英国科幻作家威尔斯（Herbert George Wells，1866—1946）就描写，科学水平远高出人类的“火星人”，没有爱，没有同情心，只追求一种缺乏人性的、冷酷的权力，以主宰世界。但威尔斯并不认为他们幸福。在今天的影视

里也可看到一些半人半兽、半人半机的生命体，凭其超人能力，横行霸道。这些似乎都在反映了人们的一个“共识”，即科学将把人情变得淡漠！但，科幻毕竟是科幻，人类在漫长进化中所形成的良心的种子，无论如何是不会泯灭的。人类的未来必将继续证明，科学会战胜愚昧，人性会取代冷酷，从而保证人类不断走向新的高度。也许，在未来上千年后，高级智能机器人会在地球上占有相当高的比重，那么，植入“良心理性”的控制元件将是非常必要的，以协同人类继续走向光辉的未来。

作者1935年生，1958年毕业于五年制清华大学。自幼年始，一生经历过数次瞬间的生死劫难，亲历目睹社会与自然的各种巨变和人生的巨大可塑性以及秉性的复杂与难移，深感任何事提高之艰难和成功之艰辛。我们的世界充满着神奇与忧虑，深入探索这个世界、理解这个“自然”一直是作者的夙愿。如果此书能多少有点儿启发作用或参考价值，本人也就心满意足了！

再次感谢这个社会，感谢宇宙万物！

# 主要参考书


[1] 中国大百科全书有关各大卷. 北京:中国大百科全书出版社,1998

[2] 刘本培,全秋琦. 地史学教程,第3版. 北京:地质出版社,2001

[3] 石玉章,杨文杰,钱峥. 地质学基础. 东营:石油大学出版社,1996

[4] 赵隆业. 煤层地质基础. 北京:地震出版社,2000

[5] 郝守刚,马学平,董熙平等. 生命的起源与演化. 北京:高等教育出版社,施普林格出版社,2000

[6] 杨继,郭友好,杨雄等. 植物生物学. 北京:高等教育出版社,施普林格出版社,2002

[7] [比]伊·普里戈金,[法]伊·斯唐热著. 从混沌到有序——人与自然的新对话. 曾庆宏,沈小峰译. 上海:上海译文出版社,1987

[8] 陈效述. 自然地理学. 北京:北京大学出版社,2001

[9] 陈希哲. 土力学及基础工程. 北京:中央广播电视大学出版社,1995

[10] 庞宏,浦丽华,孙蕴珂. 生命进化. 南京:南京大学出版社,1997

[11] 宋健主编. 现代科学技术基础知识. 北京:科学出版社,中共中央党校出版社,1994

[12] 盖保民. 地球演化. 北京:中国科学技术出版社,1996

[13] [英]史蒂芬·霍金. 时间简史——从大爆炸到黑洞,十年增订版. 许明贤,吴忠超译. 长沙:湖南科学技术出版社,2002

[14] [美]斯达夫里·阿诺斯. 全球通史. 吴象婴,梁赤民译. 上海:上海社会科学院出版社,2000

[15] 西北师范学院地理系,地图出版社主编. 中国自然地理图集. 北京:地图出版社,1984

[16] 艾丽斯·卡拉普赖斯编. 新爱因斯坦语录. 上海:上海科技教育出版社,2008



本书除参考以上文献外,还引用了其中个别插图,或根据章节内容的需要进行了综合仿制,在此深表谢意。

A Condensed Version in English(英文要述)

# Understanding Nature
# ——The Formation of a Civilized Planet
## Second Edition
## By Ding, Zhao

We are living in a world full of mysteries, challenges and anxieties. Man is the child of Mother Nature. Our lives would seem not to be complete without understanding nature. This book has provided new insights on the behavior of Nature, from one point of view. The author hopes to bring his readers along with him to share his view of natural development.

Our earth is an extreme cosmic wonder, and the birth of civilization on the earth is far from simple! Thanks for the Universe!

By Ding, Zhao

**THE PRIMARY ARGUMENTS OF THIS BOOK**

Part 1 What is the Consistency of Natural Development(CND)

Part 2 The first occurrence of winds on the earth

Part 3 When did the seawater become salty

Part 4 Origins, uses and ready availability of fire

**CND IN THE EARTH'S ENVIRONMENT**

Part 5 The mode of earth's environment under the astronomical factors

Part 6 The relationship between the four seasons and day and night, and the origins of civilization of mankind

Part 7 The relationship between the changing orbital conditions and the origins of man and his civilization

Part 8 The temperature on the earth

Part 9 The role of oxygen content of air

Part 10 Mysterious atmosphere

Part 11 Various ecological systems

Part 12 Splendid bright world on the earth

Part 13 The relationship between the abnormal climate and the enhancement of man's abilities

**CND IN THE EARTH'S RESOURCES**

Part 14 Water circulation

Part 15 The soil: A bridge of the birth of civilization

Part 16 Plains: A cradle of the birth of civilization

Part 17 Natural factors related to mineral deposits

Part 18 The utilization of the two primary substance chains

**A NATURAL DEVELOPMENT CHAIN**

Part 19 About how early man began his primitive development towards civilization

Part 20 A natural development chain

**A PROFOUND DISCUSSION**

Part 21 "The consistency of natural development" advanced in this book supporting "the Reason in nature" by A. Einstein

**THE END**

It is man's natural instinct to probe the mystery of Nature. His curiosity about his own existence on the earth causes him to ponder eternally over his surroundings and his curiosity leads him to search for the factors governing the beginning of life.

Scientists estimate that the age of the earth and perhaps even the solar system is approximately 4000 to 5000 million years. This is a very long period of development. The author questions whether all the natural factors which are discussed in this study occurred by chance, or whether they are subject to a process or law of natural development-and he favors the latter as being the more logical. This law of natural development can be equated to a time line which points in the same direction as the emergence of the civilization of man.

It is this very subject around which the author formulates his story in this book.

# THE PRIMARY ARGUMENTS OF THIS BOOK

## PART 1 WHAT IS "THE CONSISTENCY OF NATURAL DEVELOPMENT (CND)"

"The consistency of natural development" means a tendency in the course of natural development that all natural factors develop over time towards meeting the conditions required by the eventual emergence of mankind and his civilization, abbreviated to natural consistency.

An illustration for the natural consistency(see Fig. 2-1, p. 11).

A conceptive space of natural development.

As is shown on the illustration, R-natural resources, E-natural environment, M-matter, including natural laws, properties of substances, etc. Life was born in the plane which is composed of E axis and M axis, and man and his civilization was born in the space composed of these three axes. So the natural consistency is presented by the three factor axes, just forming the all of our world.

Natural resources and natural environment are always in development. Matter is the basis of the natural world (R & E). Strictly speaking, natural

laws have also been in development since the Big Bang. For example, before the appearance of living things on the earth, there were no natural laws of living things as they are.

Here is an example related to the atmosphere which can concretely illustrate the meaning of the consistency of natural development. The present atmosphere on the earth is in very special condition both in composition and in structure. This is because

1. The atmosphere as we enjoy today is entirely different from the original atmosphere which once existed about 3.8 billion years ago. The latter was filled with carbon dioxide $CO_2$ and other gases just without oxygen, under which, however, the first life on our planet was born in the sea. The former is absolutely necessary for the existence of man and the development of his civilization.

2. The atmosphere on the earth is much different from the atmosphere on other planets. Our atmosphere is so suitable to us that any change in its composition and its structure would cause a heavy impact on our environmental condition. Our atmosphere seems to have been specially "designed" for the existence of man and the development of his civilization. A comparison between the atmosphere of planets in our solar system is as follows:

| Gases(hPa) | Venus | An earth like planet* | Mars | The earth** |
|---|---|---|---|---|
| $CO_2$ | 90000 | 300 | 5 | 0.3 |
| $N_2$ | 1000 | 30 | 0.05 | 780 |
| $O_2$ | 0 | 0.3 | 0.1 | 210 |

*the values which should be

**the true values

"An earth like planet" here, we take it just as an ordinary planet, and "the earth" is our planet, or a very special planet. This table shows that the atmosphere on the earth is entirely different from that on "an earth like planet", suggesting the truth of "the consistency of natural development" on our planet.

Composed of the three factor axes, "the natural development space" shown above is an outline of this book.

The illustration also shows that the natural factors required by the birth of civilization are much more complex than that of life only, because the former is a question of three dimensions, whereas the latter is merely a question of two dimensions, and correspondingly, the development process of the former is much longer than that of the latter.

Actually, man in his research efforts over time, has given significant attention to those necessary natural factors which are required to create the first life on the earth, abbreviated to "life factors", but it is believed that too little attention has been given to another category of necessary natural factors, namely those which are required for the birth and the development of civilization of mankind, abbreviated to "civilization factors". This may be because people take the latter for granted.

It may be understood from the illustration that life factors and civilization factors are the two principal categories of natural factors, which play different roles in different stages of natural development, from the birth of life in the sea to the appearance of early civilization of man.

There is no clear demarcation between the two categories of natural factors, although they are different. To illustrate this, chemical elements and natural laws can be both life factors and civilization factors thus serving a dual purpose, or the basis of the two categories of natural factors. It would seem that nature turned to the preparation for civilization factors after the first appearance of life on the earth. Before that, the two "natural missions" were combined together. And this will be illustrated below by using a great deal of the available general knowledge to discover the special relationship between natural factors and the birth and the development of the early civilization of mankind.

## PART 2 THE FIRST OCCURRENCE OF WINDS ON THE EARTH

Let's begin with the origins of winds, which is an important argument in this book.

Were winds (particularly planetary wind system) always found on the earth? If not, when did it first appear on the earth? And what is the significance of time when it first appeared on the earth?

The first occurrence of the natural phenomenon of winds on the earth began in the Cenozoic Era, which is an appropriate time to the evolutionary process. If earlier, the evolutionary process couldn't be completed, let alone the emergence of civilization of mankind.

To argue the above viewpoint, there are two clues to the origins of strong winds above the landmass. The first one refers to the paleoclimatology, the second one refers to the paleontology.

The first clue to the origins of strong winds on the land.

The planetary wind system(see Figs. 3-2, 3-3, p. 19,20).

What natural contributing factors cause it?

1. The inclined axis→the difference in global temperature.

2. The various geographical features of the landmass → local temperature difference

The airflow from the equator to the polar regions＋the rotation of the earth →planetary wind system＝7 atmosphere pressure belts and 6 wind zones → a global regular wind system, producing an impact on the distribution of global climate.

The two factors (temperature and geography) in Paleozoic Era (PE), Mesozoic Era (ME) and Cenozoic Era (CE).

1. the temperature was high around the world including the high latitudes during PE (570 million years ago－250 million years ago) and ME (250 million years ago－65 million years ago) without icecaps in the two polar regions except for the Great Ice Age, which occurred in Southern Hemisphere only about 290 million years ago in the Carboniferous Period of PE, showing that some local atmospheric circulations might "temporarily" exist around the south polar region.

2. the geographical features in PE and ME were relatively simple and flat. Some small continents scattered in the sea during that two geological periods. According to the theory of plate tectonics, about 200 million years ago, the first interconnected landmass, or Pangea was eventually formed surrounded by Panthalasca, or the primitive sea, and "soon" began to gradually move towards separation, or continental drifting. And collisions, crushes, shears inevitably occurred between two plates, gradually resulting in various geographical features as we see today. The continental drifting

largely ended in Tertiary Period(Fig. 4-1, p. 55, Fig. 8-9, p. 192).

So during PE and ME the natural contributing conditions seem not to be adequate to the formation of the planetary wind system.

3. From the beginning of the Cenozoic Era (65 million years ago) the global high temperature began to gradually fall, increasing the difference in temperature between the equator and the polar until the eventual occurrence of the icecaps in the polar regions and subsequently the Quaternary Great Ice Period about 2.5 million years ago. During the same Era, the geographical features both in topography and in distribution of the lands on the earth's surface have also become complex. These two natural factors largely contributed to the formation of the planetary wind system. So we might say that the occurrence of strong winds caused by chance was relatively rare during PE and ME, and the strong winds caused by the planetary wind system in CE gradually became strong and frequent around the world.

Actually, as early as in the late Mesozoic Era the occurrence of winds caused by chance began to gradually become more and more owing to the continental drifting.

The evolution of plants—the second clue to the origins of strong winds

PE—Paleozoic Era

The landing of plants

About 440 million years ago the first plants began to land owing to the changed environmental condition, that was due to the occurrence of regression caused by crustal movement and sedimentation, resulting in the disappearance of some parts of the sea (refers to Part 3).

Psilotopsida—10～20cm high, very slim, with rhizomes with rhizoids, without leaves and roots, the vascular tissue was very simple, existed in shallows and marshlands of low latitudes. Obviously, the standing ability of such a "semi- water based plant" was rather poor. A precondition of no strong winds would be necessary for its existence and survival. Psilotopsida had existed for about 60 million years. In the evolutionary course, what followed psilotopsida were vast stretches of pteridophyte forests that also existed in shallows and marshlands. The standing stability of these high trees of 40 to 50 meters height and about 1 to 3 meters in diameter having

large crowns and shallow root systems under water, was not nearly so firm as that of high trees today. Being this case, a precondition would be no strong winds for their safe existence (see Fig. 3-8, p. 27).

ME—Mesozoic Era

In this Era a large number of reptiles began to appear of which the dinosaur was the most remarkable, living in most parts of the world including some high latitudes. Some species of the dinosaur weighed up to an estimated 70 to 100 tones. But the question arises as to what kind of ground could bear such heavy animals and allow them to move freely on the land and the shallows including the shoal where plant life abounded for their survival.

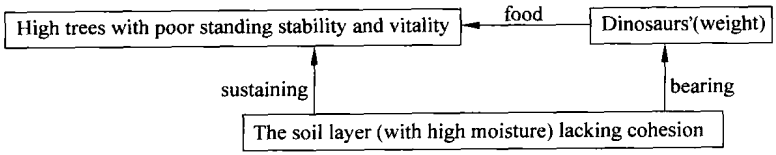
Only lacking cohesion could the soil layer (during ME, usually with high moisture) have a higher load bearing capacity to bear a dinosaur's weight (see Fig. 3-12, p. 32).

If the soil layers at that time were composed of silt and clay, the soil under the shallows would become mud owing to the high moisture content. From an engineering viewpoint that the soil layer in the Mesozoic Era with high moisture would be composed of relatively coarse grains lacking cohesion. Only under this condition, could the soil layer have a higher load bearing capacity to support dinosaurs' weight. The fossils of dinosaurs' footprint are generally found in sandstone layers, and this may support the above viewpoint.

The largest footprint of dinosaurs in the world (see Fig. 3-14, p. 35), which is on the sandstone layer, Gansu province, China. The dinosaur's weight is estimated about 50 tons (merely medium-sized), so each foot would pass a static force of about12 tons (!) to the ground.

The gymnosperm were all high trees once prevailing in this Mesozoic Era. The root system of these high trees with large crowns, growing in such a soil layer with shallow ground water level would not be as deep as trees today. And therefore, it is most unlikely that very strong winds were frequently present.

The relationship between them is as follows:




In evolutionary process, gymnosperm is a kind of "transitional plant" between the angiosperm and the pteridophyte, its vitality naturally is not nearly so strong as that of the angiosperm. It is not difficult for us to imagine that the trees were very easy to be withered owing to the suffering from being plundered and being struck by the dinosaurs at times. So the above relationship shows that in view of the poor vitality and the poor standing stability due to the sandy soil layer having little cohesion to support the trees of gymnosperm, the existence of strong winds with frequent occurrence would be very adverse to the subsistence of both gymnosperm and dinosaurs. But gymnosperm, say, conifer, needs wind pollination, that implies it is certain that there were winds blowing over the land in this Mesozoic Era. But anemophily itself as a means of pollination requires merely a breeze to carry the pollen. So strong winds with frequent occurrence in ME is doubtful.

CE—Cenozoic Era

About 30—40 million years ago, the prevalence of angiosperm particularly monocotyledoneae and gramineae with shallow fibrous root system shows the strong winds were commonplace in that time. This is because the subsistence of grasses relies on the precipitation only, which is regularly caused by the atmospheric circulations on a large scale, just being the very case with planetary wind system.

According to the arguments of the two clues stated above we may say that the appearance of the planetary wind system began from the early CE and gradually became stronger and stronger until the occurrence of the wind known as from light breeze to hurricane in different seasons.

That, however, doesn't mean that there were no strong winds in the Paleozoic Era and Mesozoic Era. After all, air movement undoubtedly occurred in earlier Eras. We only mean that strong winds which occurred in that two Eras were very rare and caused by some accidental natural factors

rather than the planetary wind system. It was not until the Cenozoic Era that all the natural contributing factors of the planetary wind system gradually became present. And eventually, the important natural phenomenon of wind with various patterns, such as, the planetary wind system of 7 atmosphere pressure belts and 6 wind zones around the world, monsoons, local wind systems, blows on different scales in the Quaternary Period until now. In the course of natural development, only planetary wind system is significant for the birth of civilization of mankind. However, the rare strong winds caused by some accidental natural factors in the Paleozoic Era and Mesozoic Era had little functions as the planetary wind system dose today.

The significance of the origins of the planetary wind system.

Winds as a common natural phenomenon around the world have the most important part to play both in the evolutionary process of living things and in the development of civilization. We may say that without such a phenomenon as wind there would not be civilization, however, life could still exist on this planet. But if the strong winds appeared at times in Paleozoic Era and Mesozoic Era, the evolution would not be successful as we see today owing to the poor vitality of the plants which existed in that two Eras.

Actually, both shallows, marshland and the soil layer lacking cohesion were "transitional environment" between the sea and the land, that was left by the sea through a process of crustal movement and/or sedimentation. This is an inevitable environmental condition in the process of natural development (see Part 3), and correspondingly, the plant was also the "transitional plant" which necessarily had poor standing ability. So without frequent strong winds is very favorable to the evolutionary process in that geological periods.

Wind itself causes a series of significant natural changes on the earth's surface. Wind brings about regular precipitation, which forms water resources and accelerates the weathering process forming much of soil and plains. Wind, rain and soil accelerate the evolving process of plants resulting in the appearance of herbage including the grass family, which contributes towards the evolution of herbivorous animals. A form of wild wheat appeared in herbage, with horse and oxen finally appearing in the

Quaternary Period of the Cenozoic Era. Thus the needs of early man were met allowing him to develop his inceptive agriculture which was one of the basis of man's civilization on the earth.

And all the above represents the natural consistency.

## PART 3 WHEN DID THE SEAWATER BECOME SALTY

Was the seawater always salty? This question, in fact, arises from the conclusion of Part 2.

1. The sea—the only possible water resource in the earliest days.

There were a lot of shallows and marshlands during the long geological period from Paleozoic Era to Mesozoic lasting millions of years, which supported the subsistence of the pteridophyte, gymnosperm and dinosaurs. But how were the shallows and marshlands formed? It was what natural factors to maintain the vast stretches of shallows and marshland lasting so long time? From precipitation? Unlikely, because it is relatively limited in space and time. Scientists think they were left by the sea through a process called regression caused by the crustal movement and/or sedimentation.

2. It is generally accepted that the seawater becoming salty is mainly caused by rivers, which carries a lot of weathered solids on the land into the sea, providing the chemical elements of Na (sodium), Mg (magnesium), Ca (calcium), and a little element of Cl (chlorine) for the seawater, but there is no weathering process under the sea. Besides rivers, the chemical elements Cl and S (sulphur) are issued with a relatively very small amount from large active faults, active volcanoes under the sea, and the hydrothermal fluid, or hot sea water, around the oceanic ridge zones.

3. When did a great number of long rivers appear on the landmass?

The formation of rivers needs three conditions: rainfall or melting ice, the landmass with various topographical features and some vegetation. The first vast continent appeared about 200 million years ago (see Part 2), but its landform was relatively flat. It was not until Cenozoic Era that all the natural contributing factors of river (various landforms, strong winds and much precipitation) gradually became present. So rivers gradually appeared in Mesozoic Era and largely developed in Cenozoic Era. We may say that the process of sea water becoming salty at first was very slow because there was

only one source under the sea which provided little chemical elements Cl for the sea water. The process has been accelerated since Mesozoic Era when rivers were involved in the process and further accelerated since Cenozoic Era when a great number of long rivers were involved. This allowed the living things in the sea to continue to live and evolve till now, forming the last, the richest and most important legacy left by nature to mankind.

If the seawater were salty from the beginning, then there would be a lot of problems to be inevitably encountered in the evolving course.

4. the significance of the time of the seawater becoming salty.

Nature seems to have two "natural missions" to accomplish which seem incompatible. One is to create the first living things in the sea and then to allow some of them to evolve into freshwater supported living things on the land. The other is for the inevitable change of seawater to become salty. For both to occur, the process of the seawater becoming salty began long after the migration of life from the sea so as to favor both the evolutionary process and also the development of civilization of mankind. It is generally accepted that life, whether freshwater supported living things or sea water supported living things began in the same water environment—the sea. If the seawater was originally salty, there would have been a need for a long process which made the salty water in the shallows and marshlands left by the sea gradually become fresh during the transitional environment and therefore all the living things under such an environment gradually evolve into freshwater supported living things from salty water supported living things, but there have been no such process since the beginning of the earth.

We may not be able to think up another solution to accomplish that two "natural missions". And, if the seawater were always fresh rather than salty, man would not only lose the plentiful mineral resources in the seawater but also suffer other consequences caused by atmospheric circulation unfavorable to the development of civilization of mankind. This would be due to the difference in the physical properties between freshwater and salty water even though it is slight. So the present average salinity of the seawater (on the surface of the seawater, it varies between about 3.2% to about 3.6%) would not be allowed to be changed a lot.

And this represents the natural consistency.

## PART 4 ORIGINS, USES AND READY AVAILABILITY OF FIRE

1. In view of the fact that fires can easily and thoroughly destroy anything, particularly the organic matter, how natural fires gradually and safely come into early man's life is a crucial problem which cannot be evaded in the course of natural development, if civilization would occur on our planet.

Frequent lightning causing infrequent fire in the forest was the most possible way to lead early man to use fire. Rare as natural fire caused by lightning is, it occurs in forests or woods almost every year in the world. So it is likely that the natural fire source early man used was principally from wood fire caused by lightning instead of those by volcanoes. It is said that man was born in 2.5 million years ago, but first making use of fire was in about 500 thousand years to 10 thousand years ago. With the rarity of natural fire and the slow evolutionary process in early man's intelligence, it is not surprising that such a long period of time passed before man's awareness of the usefulness of fire and leaning how to control fire. So rare occurrence of natural fire actually provided a prudent, safe and effective way for early man to progressively learn how to control fire, and this matches well with the gradually evolutionary process of man's intelligence.

Fires gradually but significantly changed early man daily life. Fire helped man to start the early civilization, enabling mankind generally to enjoy the benefits of better food in diet, warmth in winter and brightness in darkness, and gradually learn how to make pottery (see Part 18). All these accelerated the evolutionary process of mankind. In fact, using fires is a main factor both in the evolutionary process and in the development of man's civilization. So it can be argued that fire might be called "the Father" of man's civilization. The role of fire and its importance can never be undervalued.

The development of natural fires in the natural world.

It is obvious that there was no fires on the earth surface before about 440 million years ago when the plants first appeared on the land. According

to the arguments presented in Part 2, we know that the strong winds probably didn't appear until the Cenozoic Era. So we can imagine that natural fire by lightning would be very rare in the Paleozoic Era and Mesozoic Era, and therefore the limited forest growing only in shallows, marshlands (pteridophyte during Paleozoic Era) and around waters (gymnosperm and dinosaurs during Mesozoic Era) had luckily avoided catastrophes caused by lightning. Lightning probably began to largely occur in the Cenozoic Era, however forests then may be scattered in most parts of the world, including areas with little rainfall. This may be the course of the development of natural fire caused by lightning, matching well with the evolutionary process of plants on the land, representing the consistency of natural development.

2. The two qualities of fire

Its universal usefulness to man, and its ready availability. You cannot make a cup of water or a piece of earth (say, in a desert) or a bag of air (say, on a high mountain), but you can easily make a fire when you need it. Without these two features, fire would no longer be of any value to mankind, and vice versa, without the existence of man, fire would have little meaning or value-unlike air-water-earth that can support life. The wonder of fire in the natural world is inextricably linked to mankind and the wonderful evolution of his progress towards his development.

Everything "fears" fires but man's evolution, and the origins and development of his civilization absolutely need it. (Please refer to Part 21)

The origins of fire and the two qualities of fire represent the natural consistency.

## CND IN THE EARTH'S ENVIRONMENT

Our earth is a very special planet, on which various environmental conditions have been mysteriously formed, containing adverse circumstances and favorable circumstances for man to enjoy and to develop his civilization from the earliest days up to now.

## PART 5 THE MODE OF EARTH'S ENVIRONMENT UNDER THE ASTRONOMICAL FACTORS

The astronomical factors including the distance between the sun and the earth, the earth's revolution, rotation and the three orbital elements match so well that they form the foundation of our ideal environmental condition. The different climatic zones and the four seasons on the earth are principally established by the astronomical factors. For these environmental conditions, neither a need for creating the first life in the sea, nor a need for animals and plants to live on earth, but they are absolutely necessary for the emergence and the development of man's civilization.

More, the slight changes of the three orbital elements which occurred in the Quaternary Period to a great extent contributed to the emergence of man's primitive agriculture. The three orbital elements are the obliquity of the ecliptic, the eccentricity and the precession of the equinoxes (see Fig. 6-5, p. 83).

Among these three factors, the gradually changing obliquity of the ecliptic seems more important for the environmental condition of our planet.

The obliquity of the ecliptic (see Fig. 3-17, p. 45).

An appropriately inclined axis→four seasons, different climate zones, planetary wind system→various ecological systems.

The Milankovitch Theory. According to the theory of Milankovitch, It is the slight changes in the three orbital elements' magnitude that cause the occurrence of a significant alternation of ice age and warm age during the last one million years in the Quaternary Period.

A very significant result of the alteration is the appearance of polyploidy in the plant kingdom, which is of strong vitality adapting to the adverse environmental condition, such as cold regions and high mountains. These plants of polyploidy→ grassland→herbivorous animals, and crops →horses, oxen, wheat, rice, etc. that are absolutely necessary for the origins of civilization of mankind. But the above is unlikely to be necessary for creating the first life on the earth, representing the natural consistency.

Of all the possible positions of the earth's inclined axis, the existing obliquity of the ecliptic may be the best solution, which forms the largest

polar ice area, resulting in the occurrence of the planetary wind system. This represents the natural consistency(see Fig. 6-4,p. 82).

## PART 6 THE RELATIONSHIP BETWEEN THE FOUR SEASONS AND DAY AND NIGHT, AND THE ORIGINS OF CIVILIZATION OF MANKIND

The four seasons and day and night principally serve the birth of civilization, and are absolutely necessary for the development of civilization of mankind, but unlikely to be necessary for creating the first life on the earth. The four seasons contribute to the formation of the variety of climates during a different time within a year and in different parts of the world. The variety of climates further contributes to the vast range of living things which is an essential basis for man to develop his civilization.

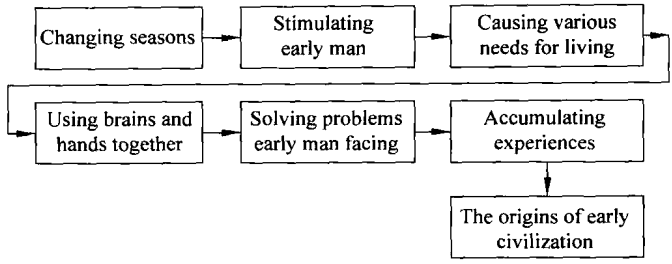
The four seasons, similar to a great conductor of an orchestra, controlling the climate and life on the earth, to vary periodically man's activity enabling him to develop his primitive civilization. This may seem a very subtle course. On the one hand, nature through the four seasons repeatedly and progressively spurred early man who lived many thousands of years ago—year by year to naturally initiate actions to satisfy his normal living and to achieve some primitive desires for daily life, while on the other hand nature produces everything which is useful in store for man to discover and use in order to meet their desires, such as wild horses, wild wheat, etc. which originated from the temperate zones only (see Part 19).

The four seasons also tend to cause some change in people's sentiment, which is significant in the development of civilization.

This may be the reason why the inceptive civilization of early man first occurred in the temperate zone rather than the frigid zone or the tropics. So we may say that man originated from the tropics, but civilization originated from the temperate zones. These two different zones have different climatic conditions and different species, meeting the different requirements for their different "natural missions"—the birth of man, and the birth of civilization. The two different environmental zones on the earth's surface match so well that make that two significant missions (stages) accomplished. So we may say that mankind has two cradles, one is special for the birth of himself, the

other special for the birth of his civilization. How thoughtful the arrangement is! And this represents the natural consistency, but that is not necessary for creating the first life on the earth.

The course of development of the inceptive civilization may be summarized as follows. Such links (the whole process) may last some ten thousand years in the very early days.




The appropriate rate of rotation of the earth has a great part to play in the origins of civilization.

Firstly, the rotation to a great extent contributes to forming the planetary wind system, including the six trade wind zones and the seven atmospheric pressure belts, which we cannot value too highly for forming the vast variety of living things, and have argued in Part2. If the rotation, however, were too slow, that wind system wouldn't be formed.

Secondly, the present time length of a day guides everything animate to act regularly, or act within a daytime cycle and rest at night. If the time length of a day were much longer or shorter than 24 hours, it would be produce a heavy impact on the temperature difference between day and night and therefore on environment and on life on the earth. Man particularly needs a very suitable schedule in a day to work and to rest so as to use his brain and develop his civilization. But animals never need. In this regard, undoubtedly, gravity of our planet is a primary natural factor affecting the evolutionary process on the earth. We can easily imagine that the average height of a man today is to a large extent subject to that gravity. With our present size, physiologically, man seems unlikely through an evolutionary process to form a habit of sleeping for say 16 (or 4) hours a day if the time length of a day were say 48 (or 12) hours. It would seem that the present time length of a day is ideally suited to match the magnitude of our planet

and mankind, particularly to his physiological rhythm (metabolism), which is dependent on the natural laws in chemistry rather than the velocity of the rotation of our planet!

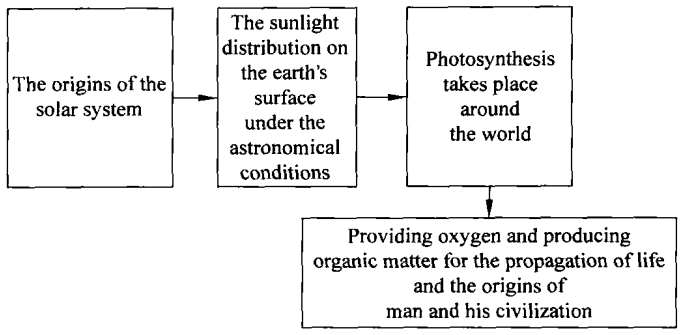
The rotation of the earth also represents the consistency of natural development.

## PART 7 THE RELATIONSHIP BETWEEN THE CHANGING ORBITAL CONDITIONS AND THE ORIGINS OF MAN AND HIS CIVILIZATION

Compared with the Mars, Venus and other satellites in the solar system, the astronomical conditions of the earth is principally required by the birth of civilization of mankind, but unlikely to be necessary for creating the first life on the earth.

The most important result from astronomical conditions of the earth is an appropriate effect of sunshine on the earth's surface, including suitable ranges of sunshine intensity and suitable periods of sunshine (day and night, and four seasons), and correspondingly suitable ranges of changing temperature, that are primarily necessary for photosynthesis taking place in plants. For example, the plant distribution in species varies with the latitudes. The plant exists in the frigid zone is much smaller than that in any other place owing to the weak sunlight and low temperature. In winter, all living things are in desolation even in the subtropical zones because of the same reason. Briefly, without the adequacy in sunshine intensity and the corresponding atmospheric temperature, there would be no thriving of all living things on the earth, which is very sensitive to those two natural factors. So any "slight change" in these existing conditions of the earth would cause a "heavy impact" on the effect of sunshine and the temperature on the earth surface and would result in an unthinkable consequence in the environmental condition (see the theory of Milankovich stated above) and the evolution but life could still exist in the sea even on the land.

A series of astronomical conditions matching so well that that makes photosynthesis take place is a natural miracle, representing the natural consistency.




## PART 8 THE TEMPERATURE ON THE EARTH

The temperature on the earth is a primary factor, not only leading the evolution towards making progress but also controlling the state of everything in the universe.

The limits of temperature for the existence of life, including some microbes are about −193℃ for the lowest, and about 88℃ for the highest. The range of variation reaches nearly 300℃. Considering some species living in 300—350℃ water in the deep sea around oceanic ridge, the range reaches nearly 540℃. But the actual range of varying temperature in most parts of the world is about from −20 to +40℃. And over the past thousands of years, the local temperature for most of the year varies within sub ranges of this most suitable temperature range of −20—40℃.

So it is obvious that the present temperature environment is not so much for creating the first life itself as for supporting the vast variety of living things and for creating the early civilization of man because the controlled requirement of temperature for the civilization of man is much stricter than for the existence of life only. This is not difficult to be understood.

The formation of a suitable range of changing temperature on a planet may be the hardest job among the universe, which should be within a very narrow range of variation, making water act in the best condition (to be further discussed in Part 21), meeting the requirement for the life evolutionary process and the development of civilization. On our planet, it is formed through a lengthy process of a combination between astronomical factors, geographical factors (including the ocean) and atmospheric factors.

From a viewpoint of the emergence and development of man and his civilization, formed through the lengthy process, the global temperature environment is of following significances:

1. The appearance of sufficient temperature difference between various parts of the world particularly between polar regions and the equator so as to contribute to development of the complex atmospheric circulations around the world, including the planetary wind system and other deferent wind systems.

2. The appearance of an average temperature of 15℃ on the earth's surface, and a suitable range of temperature in most parts of the world. This contributes to a vigorous propagation of plant and sustains animal life.

3. The appearance of a very suitable range of temperature in some locations in the world and for most of the time of each year. This contributes to the appearance of the early civilization of man in these locations.

If we were to compare the early civilization to a few seedlings of trees they should grow in location with the best natural environment in the world. Having grown and developed the ability to resist some attack from nature, they can be adapted to various less favorable conditions growing on almost everywhere in the world. The temperature distribution on the earth's surface just accords with this requirement, representing the consistency of natural development. We are difficult to imagine that the environmental condition on our planet is like that spring everywhere all the year round. If so, early man couldn't possibly evolve into great mankind as we are today.

Besides the above, the photosynthesis and the enzyme reaction existing in life organism are two extremely important chemical processes, the best effect of either needs a range of temperature from about 30℃ to 40℃, which just frequently appears in most parts of the world in summer. Also, under this range of temperature, the functions of some common metals are at their best. And man's temperature is always fixed at 37℃ or so.

The formation of temperature on our planet involving so many natural factors and producing so ideal effects represents the natural consistency.

## PART 9 THE ROLE OF OXYGEN CONTENT OF AIR

About 21 percent oxygen content of air is principally required by the

two qualities of fire, and has a profound effect on the evolutionary process of man's intelligence. In fact, the "original atmosphere" under which the first life was created had no oxygen.

Has consideration been given as to what would occur if the oxygen content of air were less than about one fifth? If it were so the breathing function of animals and plants could probably be adapted to the changed condition as they evolve, but it would be a serious impact on the burning rate of any combustible materials, dried grass would be difficult to ignite, thus the early civilization would be very difficult, even impossible to develop. Furthermore, without sufficient oxygen content of air, the evolutionary processes of both man's intelligence and the formation of lignin and cuticle of plants, which are respectively based on different chemical reactions, could not be successfully completed as we enjoy today. The world would become meaningless. We have an unpleasant feeling when on a high mountain just owing to the thin air and thin oxygen. Conversely, if more than one fifth of the air were oxygen, fires would occur "everywhere" and perhaps the world would be destroyed before we know it. But more than about one fifth seems to be impossible because of the limitation of the existing sources which produce oxygen for the air (see below).

Changes in the oxygen content of air over the past long geological period must have occurred, fortunately, all the changes finally resolved into a steady value of about 21% oxygen content in the air, appropriately meeting the requirement for the emergence and development of man and his civilization.

It should be emphasized that the effect of both the two qualities of fires and the evolutionary process of man's intelligence will be lowered with the decreasing in the oxygen content in the air from 21% because these two chemical reactions need adequate oxygen content in the air to arrive at a certain effect, but living things could through evolutionary processes adapt themselves to the gradually changed environmental condition.

As to the question why the oxygen content of air today always remains around 21%, scientists estimate that about 70% oxygen even more (some scientists think 90%) in the air is produced by the microscopic water plant in the sea which is far away from man's activities, and therefore becoming a

steady source of oxygen. In this regard, the present extent of the sea is very necessary, not allowed to be less or more.

About 3.8 billion years ago, nature let the blue green algae in the sea appear first, producing sufficient oxygen to sustain the evolutionary process, and later with other algae becoming the largest oxygen source in the natural world, keeping about one fifth of air consisting of oxygen. This also represents the natural consistency.

## PART 10 MYSTERIOUS ATMOSPHERE

The existing condition of atmosphere, particularly the strict composition of air, is principally required by the birth of civilization of mankind but unlikely to be necessary for creating the first life on the earth. About this we have argued in Part 1 (concept), Part 4 (fires), Part 9 (oxygen) and Part 12 (bright world).

But the formation of our atmosphere is extremely complex and strict (see Fig. 6-12, p. 110):

[The intensity of the solar radiation on the earth's surface] requires [the thickness of the atmosphere (the thickness of the ionosphere + the thickness of the air)] requires [the magnitude of the earth] to sustain [all of living things as a whole on the earth] produces [the atmosphere with its composition]

All the factors shown above should match very well. If the thickness of atmosphere were much less than what it is, the whole atmosphere would be ionized up! If the size of our earth were much smaller than what it is, "the earth" would not be able to attract all the gases, of which our present atmosphere is composed. If the sun were smaller or bigger than what it is, the whole chain would be broken. And so on. So every link in this chain must match well between each other.

The composition of atmosphere also seems to have been "designed" especially for man and his civilization. Besides the right oxygen content in the air, the content of carbon dioxide in the air is not only very low but also very strict, accounting for about 0.028% in volume. If it were 2.5%, dried grass could not possibly be ignited because it belongs to "heavy gas", let alone the origins of civilization. Today, the global warming is just due the

slight increase in the carbon dioxide content in the air (how strict it is !), but that has been resulting in the gradual melting of glaciers around the world!

All these represent the natural consistency.

## PART 11 VARIOUS ECOLOGICAL SYSTEMS

The vastly various ecological systems around the world today are an essential pre-condition for providing all kinds of animals, plants and micro-organisms, which are realized through 3. 8 billion years of very complex evolutionary processes under various climatic conditions, and needed for the birth and the development of civilization of mankind, Particularly the few species of living things, such as the horse, the ox, the silkworm and the grain were of special roles in starting the primitive civilization, for which any other species couldn't possibly be substituted (to be further discussed in Part 20).

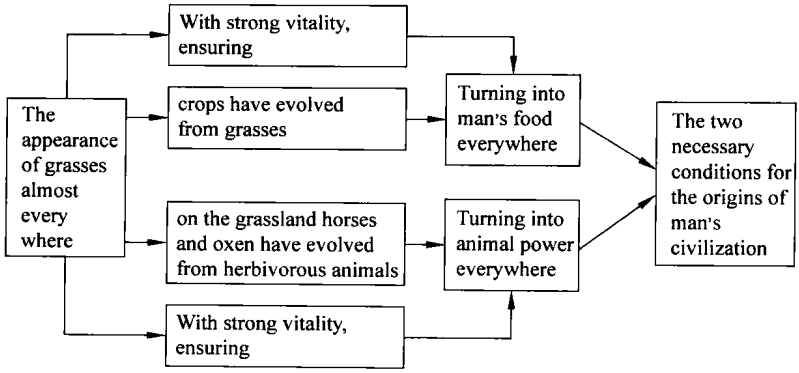
It was only in the Tertiary Period that strong winds gradually appeared around the world, supporting a vigorous development of the grass family that was sufficient for herbivorous animals needs. And during the same period, a great deal of polyploid plants among angiosperm through long processes of natural selection caused by the change in atmospheric temperature, from warm to cold (Milankovitch theory), gradually appeared in middle-high latitudes in the Quaternary Period, such as wild, wheat, oats etc.

But why have the few species of living things through long processes (about 50 million years) appropriately evolved into what they are today? Why did original "horses" through evolution eventually become man's horses? Why did original "oxen" eventually become man's oxen ? and why did the original "wheat" eventually become man's wheat rather than in any other similar forms? They are so desirable for man to use and to start his primitive civilization that any change is not allowed both in the bodily form, the physical strength and even in the temperament. Without any of them, early man would fall into very difficult position to develop his inceptive agriculture(see Part 18).

The theory of evolution probably is not able to give a good explanation

to it. And this represents the natural consistency.

A very clever logic. Grasses, "the lowest plant", offer a greatest contribution to the emergence of man's inceptive agriculture. However, it is a very complex evolutionary process to make grass appear in the Quaternary Period.




## PART 12 SPLENDID BRIGHT WORLD ON THE EARTH

The contributing factors in the formation of a bright sunny world capable of habitation is a whole system which is dependent upon the solar radiation to atmosphere and to man's own special visual sense. This is principally required by the birth and the development of civilization of mankind but unlikely to be necessary for creating the first life on the earth, representing natural consistency.

The formation of image in our eyes is due to the reaction caused by the electromagnetic waves within a certain range of wavelength. Ultraviolet ray (short wave) can be used for seeing something very tiny, so we have ultraviolet microscope. On the contrary, too long wavelength to be used for describing anything. The wavelength of visible light is so appropriate that we can clearly see any thing but micro-world. If you could see micro-world, you would live in a terrible world! But in the natural world, there is only man who can enjoy all the visible light from purple to red, which forms the colorful world. Plants and animals only use a part of them.

The most of visible light given by the sun can reach the earth's surface, resulting in the bright world because the light passes through clear air with

very little absorption. If this were not the case we would never know the bright colors of a landscape. In this regard, we must thank the two elements of oxygen and nitrogen, which absorb all the short-waves harmful to life but let all visible light and a little of infra-red rays pass through the atmosphere, bringing about brightness and warmth to this world, representing the natural consistency.

Visible light
- appropriate wavelength → the best visual effect
- the greatest percentage of the energy in the solar radiation → effectively stimulating the optic nerve

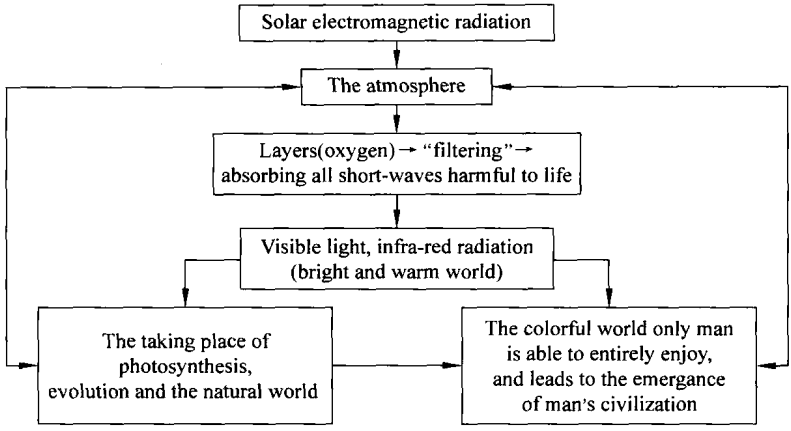
Mathch very well for man's vistion

**The formation of Man's vision**(see Fig.6-17,p.126)

Necessary for civilization
- → visible light+particles of dust → bright world
- → infrared radiation → heat → warm world
- → ultraviolet ray → natural "disinfectant"

The random reflection of light through suspended fine dust allows places or spaces bright even though they cannot be illuminated by direct sunlight. The suspended fine dust also helps nimbus vapour to form raindrops, becoming a necessary link in the formation of rain. So the suspended fine dust plays a essential role in the existence of man and his civilization, also representing natural consistency.

A whole system special for man represents the natural consistency.



## PART 13 THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ABNORMAL CLIMATE AND THE ENHANCEMENT OF MAN'S ABILITIES

That the normal, or regular climate including the four seasons, a suitable range of temperature on the earth's surface is absolutely necessary for the existence of life. However rare and short unforeseen abnormal climate change (flood, drought, lower temperature, etc.) within a limit of man's bearing capacity is particularly required for enhancing early man's abilities and his fine qualities. There are many sorts of disasters on our earth, threatening the subsistence of man, such as pestilences, earthquakes. But generally speaking, the influence of abnormal climate is the greatest one among them, which plunged a large number of people but never killed them immediately so as to compel people to overcome difficulties they were facing, strengthening people's will.

Here it must be emphasized that "suitable climates" so called here has a wide meaning and by no means implies that there are no harsh climates. From a viewpoint of the origins of man and his civilization, bad climates and bad weathers just greatly contributed to the formation of man's good qualities, including the firm will and the initiative which are very necessary and useful for the development of civilization.

This is the right climatic condition "designed" for man's subsistence and growth, because any progress man made is always accompanied with sufferings. Any absence of either (normal or abnormal) would result in the failure in the origins of man's civilization.

# CND IN THE EARTH'S RESOURCES

Our earth is a very special planet, which has all chemical elements listed in the periodical table in various forms as natural resources for man to develop his civilization.

Whereas the appearance of man and his civilization, natural resources refer to those which are limited (in available quantity) but essential for forming all other things necessary for the existence of man and his civilization. They are waters (particularly, the freshwater), soil layers and

mineral deposits. All other sub-resources are derived from these three primary natural resources, such as plants, animals.

The complex process of forming natural resources is as follows.

A series of astronomical conditions + various geographic features + atmosphere + the sea → atmospheric temperature difference (see Part 8) → atmospheric circulation → water circulation → the precipitation → runoff, weathered rocks, glaciers → the soil, rivers → plains and lakes.

The crustal movement → mineral deposits.

## PART 14 WATER CIRCULATION

The water is necessary for all kinds of life on the earth, while water circulation is a necessity for the birth and the development of civilization of mankind. If there were no perfect water circulation around the world and water contained only on the landmass as it was in the Paleozoic Era and the Mesozoic Era, there would be no further development of civilization of mankind although life could continue to exist on this planet.

Perfect water circulation on our planet makes all the landmass around the world have freshwater resources, including glaciers, rivers, lakes and the groundwater, and a plenty of soil layers. These two fruits (water resources and soil layers) are essential for the birth of man and his civilization, representing the natural consistency.

Scientists estimate that the total vapor above the lands is about 110 thousand $km^3$, in which, about 71 thousand $km^3$ is from the lands itself, about 40 thousand $km^3$ is from the sea (have deducted the precipitation which occurs above the sea from the total vapor of the sea). This total vapor makes most of the lands on the earth's surface have more or less precipitation every year, sustaining the evolutionary process of the various ecological systems and the development of civilization.

But if the sea's extent were much less than what it is (say, 50% rather than 70% of the total area of the earth's surface), what would happen? If so, there would be much more dried lands without any life, the oxygen source would be also reduced (see Part 9), and the corresponding consequence would become unthinkable, perhaps, the emergence of man and his civilization would fail.

During the Quaternary Ice Age, there is an alternation between ice age

and warm age(see Part 5). The last ice age ended at about 11 thousand years ago, leaving a great deal of glaciers around the world, becoming extremely important water resources and further forming rivers, lakes, etc. Natural development in its long course seems always to do what she should do, representing the natural consistency.

According to the arguments stated in the previous Parts, the first appearance of the strong water circulation caused by planetary wind system may begin in the Cenozoic Era. However, there may be little strong winds (see Part 2) in Paleozoic Era and Mesozoic Era, and the water circulation would correspondingly much weaker than what it is. Fresh waters (marshlands and shallows) on the lands existed in that two earlier geological periods were mainly formed by regression (see Part 3). So from Paleozoic Era to the Quaternary Period nature through the intensifying of winds made an ideal "succession" of water resources on the lands from marshlands and shallows to the precipiation, meeting the requirement for the evolutionary process of living things in different stages on our planet.

There is no other way which is better than precipitation to compensate fresh water to the ground.

All these represent the natural consistency.

## PART 15 THE SOIL: A BRIDGE OF THE BIRTH OF CIVILIZATION

The thick and rich soil layer from weathered and decomposed rocks is basically produced by perfect water circulation around the world in the Cenozoic Era and absolutely necessary for the birth and the development of civilization of mankind but unlikely to be necessary for creating the first life in the sea.

Microscopically, the soil itself is a very complex world, being of many unique properties, such as keeping moisture, cohesion and ion exchange, etc. which are absolutely necessary for the subsistence of plants. The soil (clay) can become hard and impervious through a process of firing the clay. This is an extremely important quality for early man to make pottery. All these important roles of the soil are unique in the natural world, for which nothing can substitute.

The vast variety of land based living things with different colors, deferent qualities and different forms are all directly or indirectly out of the soil, which

provides all the chemical elements for the living things. So it is indeed another master feature following the wind and the rain created by nature.

The soil forming process is very complex and subtle, involving astronomical factors, geological factors, climatic factors, biological factors and the temperature factor. Among these, the most important is the precipitation.

The roles played by these natural factors in the Cenozoic Era were much stronger than that in any earlier Eras producing much more soil with better quality than that in any other geological period (see Part 2). The soil layers around the world today were produced in the Quaternary Ice Age.

With those special qualities stated above, actually the soil is a necessary "bridge" for the birth of civilization, but not necessary for creating the first life on the earth.

The soil → sustaining plants → the life world (through evolution) → mankind → producing pottery (made from clay) → higher temperature → melting metals → early civilization.

The soil is so significant for the origins and the development of civilization and so complex in its forming processes that it represents the natural consistency.

## PART 16 PLAINS: A CRADLE OF THE BIRTH OF CIVILIZATION

The numerous large and small plains formed with soil around the world are produced by wind forces and river forces in the Cenozoic Era. And plains represent a re-distribution of the amount of soil over the land and this is absolutely necessary for the birth and the development of civilization of mankind but unlikely to be necessary for creating the first life in the sea, representing the natural consistency.

Plains have many advantages like a "cradle" for the origins of civilization:

①Plains have plenty of thick soil layers. ②Plains have various environmental conditions: rivers, lakes and groundwater, of which plenty of water resources are composed. Plains have grasslands, marshlands and various species of living things living both on the land and in the freshwater. Plains are easy for communication. Plains in a sense are safe for men to live. ③Plains have plenty of clay, the only material for making pottery.

Mountains have not so many advantages as plains have. However, without mountains, there would be no real plains with the above features. This is one of the "natural missions" of mountains.

So plains play a comprehensive role as an ideal cradle in the birth of civilization, in which early man realized his greatest "meeting" of all time. This is, through respective evolutionary processes, early man, horses, oxen, wild wheat and the silkworm, etc. and ideal climatic condition providentially and eventually "met" together (to be further discussed later), resulting in the starting of the primitive agriculture of somewhere about ten thousand years ago. The above course shows us that wind, rain, soil and plains with ideal environment and plenty of natural resources is like a natural chain linking one by one, leading to the emergence of early civilization of man. And the Tertiary Period in the Cenozoic Era may be the right time for the first appearance of strong winds caused by the planetary wind system which results in this chain. Whether this occurred earlier or later in the time scale would seriously affect the actual evolutionary course of living things and consequentially affect he course of the development of the early civilization of man.

How important the plain is! Until now, plains are still the most prosperous regions around the world.

## PART 17 NATURAL FACTORS RELATED TO MINERAL DEPOSITS

Nature takes three steps to make man able to use minerals for developing his early civilization. They are: from minerals to mineral deposits, concerning the depth of mineral deposits and the utilization of the two primary substances, or energy and metals.

The first step: from minerals to mineral deposits. Were the minerals very widely distributed in minute quantities rather than in significant deposits it would be most difficult for man to recover them in useable quantities.

The second step: concerning the depth of mineral deposits. The phenomenon of deposits being formed in a deep layer but stored in a shallow layer is significant for men who could not possibly dig up a great deal of coal and other ore minerals such as iron in early times.

The third step: the utilization of the two primary substances. There are two primary substance chains in the natural world, leading early man to gradual developing his inceptive civilization. They are a natural chain in energy and a natural chain in metals. These two natural chains in fact reflect the course of man's perception of natural world(see Part 18).

The "seeds" of mineral deposits were "sown" as early as before the Cambrian Period. However through various complicated geological processes lasting until the Quaternary Period, the "fruit" of all kinds of mineral deposits eventually matured, becoming available for man to productively mine and use them through the two primary substance chains.

Without these three steps, man couldn't possibly develop his early civilization, and this represents the natural consistency.

## PART18 THE UTILIZATION OF THE TWO PRIMARY SUBSTANCE CHAINS

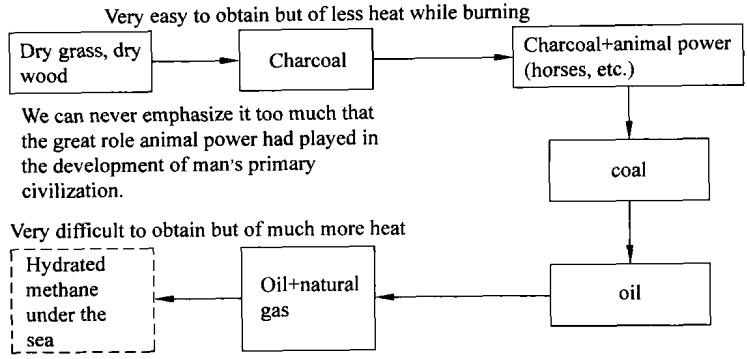
Energy and metals are two primary substances. Composed of these two primary substances, the two natural chains exist in the natural world.

If the geological processes of mineralization were ended only at minerals becoming deposits and deposits rising into a shallow layer, early man could not possibly learn how to use them because of his poor intelligence and experiences in that time. So Nature "arranges" the two natural chains to guide early man to utilize the two kinds of primary substances step by step toward to the time when civilization progressed. Either of them is made up of a series of various kinds of mineral deposits as links. All of the links of either chain seem to be naturally arranged in such a way, from being easily obtained but of less uses to those being difficult to obtain but of more uses. So early man could discover and make use of them from simple to complex, from easy to difficult, during the period of the last a few thousands of years. And each link in the two natural chains is formed through either very complex geological process or very complex evolutionary process (see Part 11,21). All these natural processes of forming the two natural chains are indeed inconceivable.

So the two natural chains represent the natural consistency, but not necessary for creating the first life on the earth.

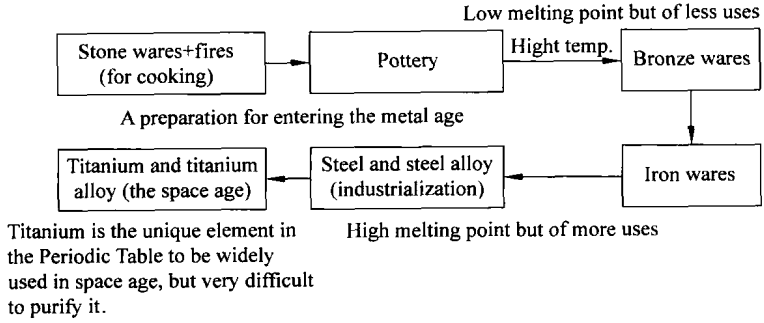
Horses play a very important role in the development of civilization.

The fresco (see Fig. 7-8, p. 162) was found in an ancient grave about 2. 2 thousand years ago in China. It would be impossible for man to overcome numerous difficulties in the facilities for transportation and communication (for riding and carriage) without the assistance of animals' power during the last thousands of years.




A natural chain in energy

Man through making the pottery gradually learnt the skill of high temperature.




A natural chain in metal

Copper and tin were found together in some parts of the world as a piece of ore which could be melted under temperatures attainable with charcoal available to early man. The happy incidences of nature, with man finding these two ores, induced him to learn how to produce bronze (a composite metal of copper and tin) which was harder and tougher than either metal of which it was composed. Titanium is difficult to refine from its ores and could not wildly used until the process was mastered some ten years ago.

The significance of the two natural primary substance chains in metals/ in energy.

1. As man began to gradually master these two chains, wood was first widely processed into various uses including the charcoal a kind of very important fuel during the ancient times. Wood was used to make primitive machines, such as wooden winches, wooden spinning wheels etc, widely promoting the development of early civilization of man.

2. The distribution of the two natural primary substances in the natural world seems to be entirely unrelated to each other, scattered at random, but their existing forms (say, on the ground or in the ground) and their properties match very well, showing a reasonable relationship between the two aspects. That is from being easily obtained but of less uses to those being difficult to obtain but of more uses. This relationship cannot be changed, and any link (say, the clay) in the two chains cannot be missing or inverted, or man couldn't possibly develop his early civilization.

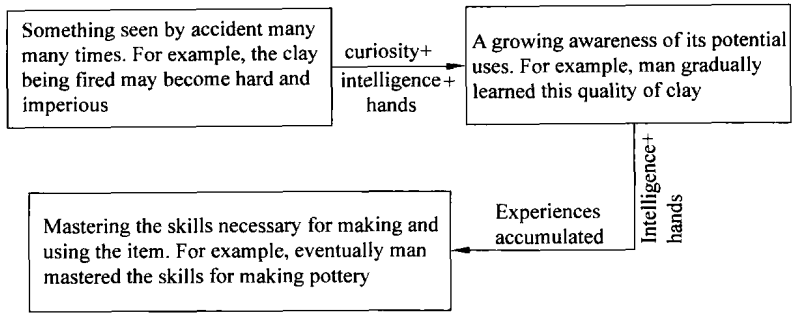
3. The development of civilization of mankind is based on the utilization of the two primary substances in each chain, which are mingled with each other in the long course of development. Man's ability has improved as he has mastered each link and proceeds towards discovery of the next link in the chain. In keeping with his increasing ability, so too the challenge increased with each link being more difficult to discover and solve than the previous one. This is the story of the development of the civilization of mankind, which can be likened to a ladder where one has to climb ever higher, one step at a time. If any link in the two chains were missing, obviously man could not possibly develop from that of early civilization to that achieved today. We may therefore say that the two natural chains are the development of the civilization of mankind factors rather than creation of first life factors, representing the natural consistency.

## A NATURAL DEVELOPMENT CHAIN

All the arguments presented above may be summed up into a question "how did nature help ape man and early man start his civilization ? "

## Part 19 ABOUT HOW EARLY MAN BEGAN HIS PRIMITIVE DEVELOPMENT TOWARDS CIVILIZATION

The way of early man developing his primitive civilization may be summarized as follows, which may last some ten thousand years.




With the evolving intelligence, how early man began starting his primitive development towards the dawn of civilization is a big problem which cannot be evaded in man's evolving process.

Nature never provides any product for man to use, but there are plenty of "semi-finished products" produced through complex natural processes for early man to further process and use. Broken stones, clay, wild oxen, wild horses, wild wheat, wild rice, wild silkworms, etc. are natural "semi-finished products". Without the help from them, man couldn't possibly gradually enter his early civilization age. But all of these were formed by a series of the earth's own either geological processes or evolutionary processes lasting millions of years. For example, stone implements were processed from naturally broken stones (particularly those which are rich in quartz) which were formed through a series of complex geological processes and weathering processes. The "horse" living about 50 million years ago was merely as big as a fox in size. So we may say that the appearance of them with early man together is a natural miracle as we mentioned in Part 16 the greatest "meeting" of all time, which occurred in the Quaternary Period. Man could now gather and store food, he had fuel, he had animal assistants to help with his labors, the necessary materials and implements, and an ideal environment in which to live and develop his early civilization.

The significance of the "semi-finished products" is to promote early man's

ability to use both his hands and his brain together, resulting in the gradual increase in the capacity of his brain.

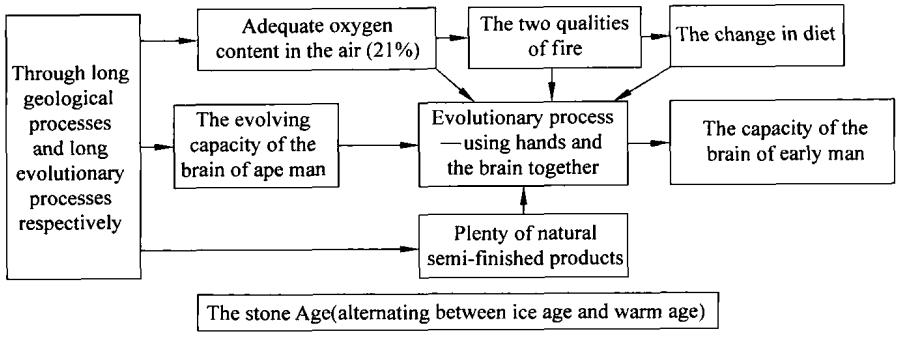
With experimentation, the stimulation on his ingenuity could progressively improve the object he was making for some uses. And this would also improve the operating ability of man's hands. The gradual formation of "language" may be also closely related to the enhancement of the operating ability of early man's hands. Enhancing the function of brain, hands and "language" may form a synthetic evolving process, in which hands might be a leading factor. The appearance of characters may be the last progression.

Once man's knowledge has achieved a critical level, the whole process of application and further development tends to be accelerated. From making use of fires to making pottery to making bronze wares had lasted some ten thousand years.

This may be the only way (to exploit natural semi-finished products), in which early man developed his intelligence and his hands' operating ability. This had taken about 2.5 million years, and we call this special time "Stone Age". The period from 2.5 million years ago to about ten thousand years ago is the Old Stone Age, the period from ten thousand year ago (the last ice age ended at 11000 years ago) to about 4000 years ago is the New Stone Age. Early man through chipping and breaking stones made stone implements in the Old Stone Age, and gradually turned to grinding, polishing and sharpening stones, making stone-wares and the pottery in the New Stone Age. What followed was the Bronze Age. From then, man went on along with the use of the two natural chains (energy and metals) developing his civilization up to now.

It is difficult to imagine any other way that man started his initial primitive civilization than through the Stone Age. So the "natural semi-finished products" widely existing in the natural world represents the natural consistency.

The arguments for the evolutionary process of man's intelligence in Part 4(fire), Part 9(oxygen) and Part 19 may be summarized below. These natural conditions had played a special role respectively in the evolution of the primate from ape man to early man. Any inadequacy in these natural conditions would result in the failure of the evolutionary process of man's intelligence. This represents the consistency of natural development.




## PART 20 A NATURAL DEVELOPMENT CHAIN

All the natural factors stated above can be assembled into a chain called "A natural development chain", the end of which is the emergence of man and his civilization. This long chain is composed of many processes of forming the civilization factors(see Part 1), which interact with each other. The chain presents an extremely complex relationship between all the natural factors and the origins of man and his civilization (see chain 1 and 2). Every factor in this length chain seems to be (directly or indirectly) subject to two basic "natural missions" and all the natural factors are organized in time and space for these two natural missions. The two natural missions are developing man's civilization, and the two qualities of fire. The functions of organic matter(say, wood), for example, is not only a resource of fuel but also a kind of very ideal material with wide uses (being of toughness and elasticity) for which any inorganic substance in the natural world cannot be substituted, representing that two "natural missions". And any disappearance or invert of a link in this long chain would result in the failure of the whole evolutionary process. Here we believe that there must be much more civilization factors to be discovered as science further advances.

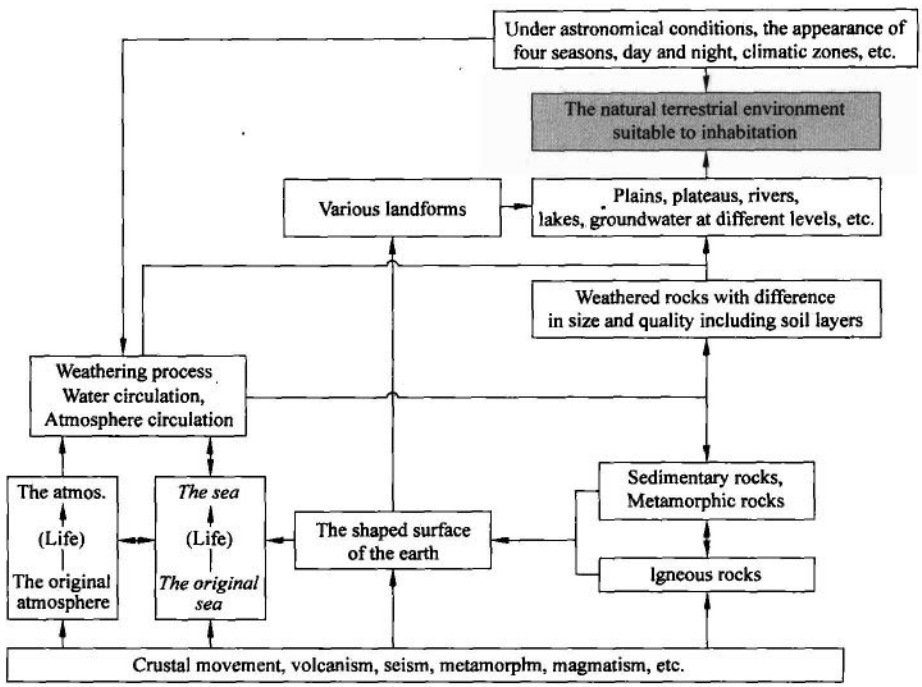
But which one is the primary natural factor in this long chain on the earth ? It is crustal movement, or tectonic plate (tectonism), that results in a series of sub-processes, combining with the astronomical factors, forming a very special environmental condition on our planet suitable to man and all living things to live in.

Our planet in a sense is like an engine, producing various kinds of

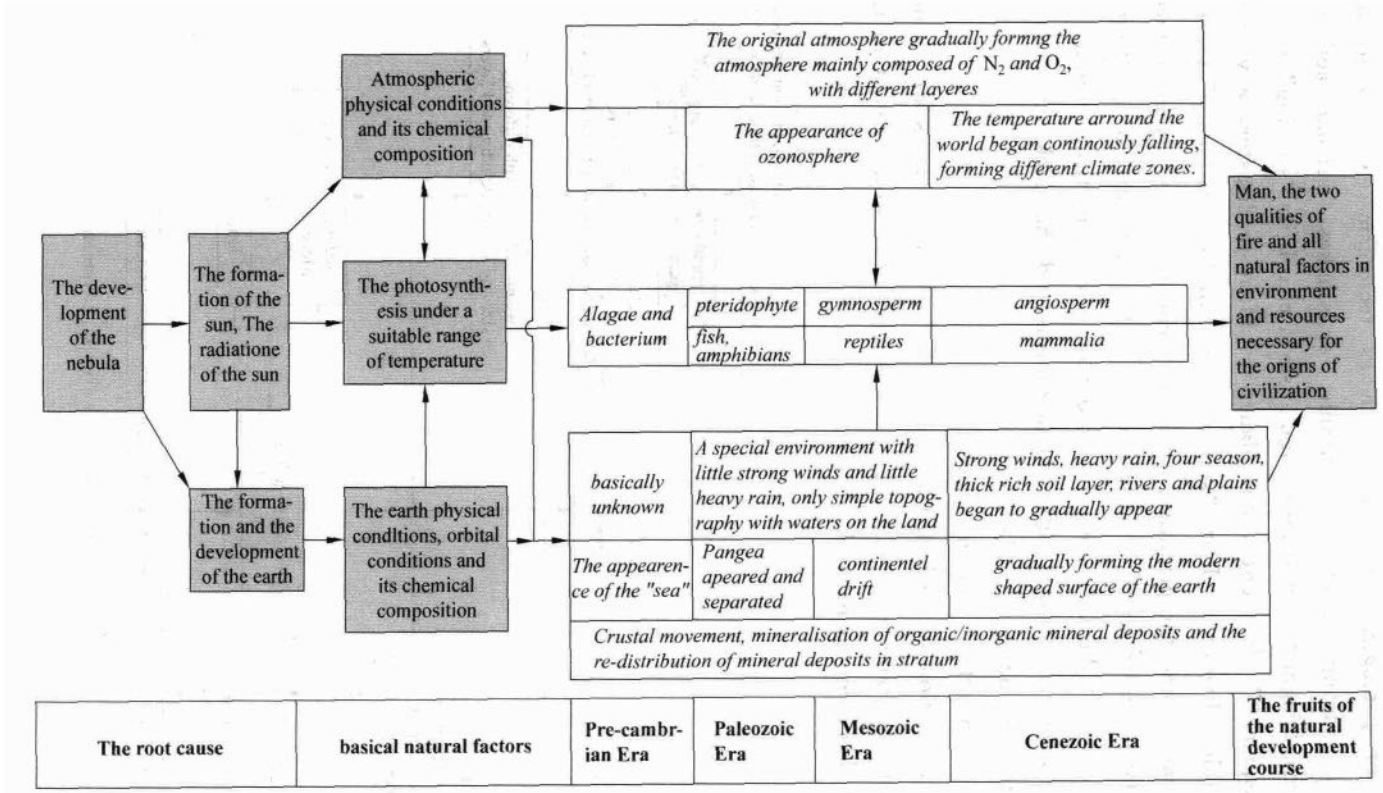
quivers, or geological processes, such as tectonism (a very gradual process), volcanic eruptions, volcanic earthquakes, seismic activities (seismism), magmatic activities (magmatism), etc. If its "starting" were in "high-frequency" (frequent), our planet would be in disaster, any living thing couldn't live on it. If its "starting" were in "low-frequency" (rare), the original sea and the primitive atmosphere couldn't possibly be formed. So our planet has an appropriate frequency in "fits and starts", resulting in the occurrence of the very special environment on the earth, including the vast ocean, continents with different landforms and the thick atmosphere, representing the natural consistency.

A series of effects caused by crustal movement:

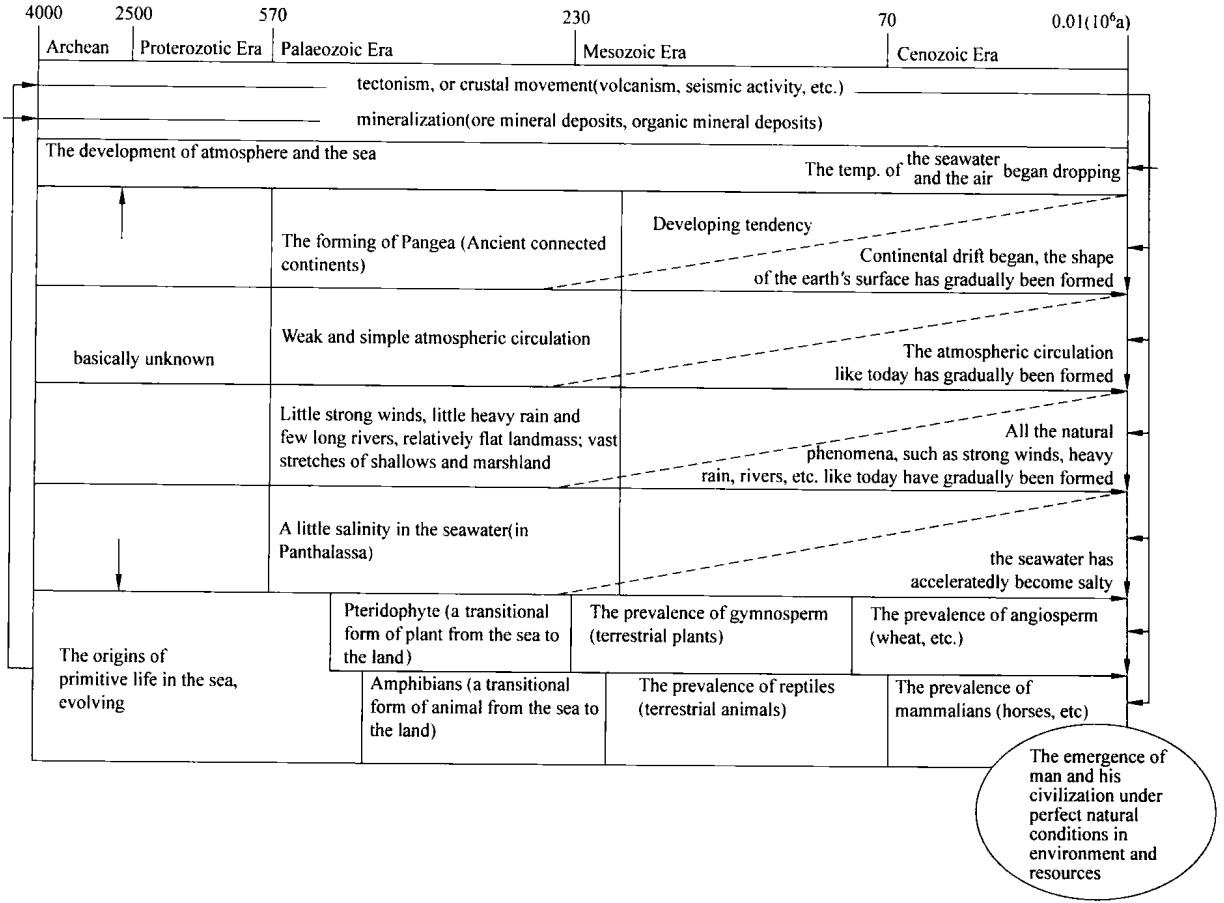
The formation of each factor (say, the extent of the sea) in this illustration is a random process, any inadequacy of it would result in the failure of this complex natural process.




A series effects caused by crustal movement




The natural development chain from the Solar system to the earth (1)




The natural development chain on the earth(2)

The natural development chain indicates:

1. It has revealed a very interesting phenomenon occurring in the long course of natural development, namely that there seems to be a tendency that all the natural factors develop over time towards the eventual emergence of man and his civilization on this special planet . It may be called "the consistency of natural development".

2. The geological processes (on the ground and in the ground) as shown in the bottom part of the chain 1 and the major part of the chain 2 is a primary factor, on which the evolutionary process and the development of the atmosphere are based. In other words, it is the geological process in the whole course of natural development that to a high extent leads the evolutionary process to the emergence of man and his civilization. So we may say that all that natural factors occurring in this long course are not in disorder.

The construction of this geological process is credited to the arguments for the origins of strong planetary wind system (Part 2) and the process of the seawater becoming salty (Part 3). Without these arguments, the relationship between the evolutionary process and the geological process would become illogical. If we were able to insert the present environmental condition including the four seasons, strong winds and the salty sea water into Paleozoic Era and Mesozoic Era, the evolutionary process would not to be completed as we see today.

3. The high-light in the course of natural development is to facilitate the progress of civilization whereas creating life itself is merely a beginning of this grand process. The requirement for creating progressive adaptive change to the civilization of mankind is far more complex than that for creating primitive life itself, and also the time needed for creating man and his civilization is also much longer than that for life only.

So the origins and development of civilization on a planet is not the inevitable outcome of the evolutionary process of living things. It is only with the presence of necessary natural civilization factors and conditions can the civilization emerge from early man's activities.

All the remote initial factors, or macroscopic causes, or indirect causes (astronomical factors, geological factors, four seasons and day and night,

etc.) as shown in these two long chains are essential for the emergence of civilization. Besides that, there are also numerous factors and conditions which are the immediate or direct and workable causes of the birth of civilization, such as the "semi-finished products" including clay, plains, polyploid plants, horses, wheat, the two primary substance chains (see Part 18) and the two qualities of fire (see Part 4), etc. Without the presence of those two categories of natural factors and conditions, man's civilization couldn't possibly take place on our planet (see Part 1).

All the roles of natural factors or conditions are created through a series of natural processes, which can be considered to be the preparation for the eventual appearance of civilization. And neither can man change nor foresee the roles of natural factors or conditions. The history of the development of civilization of mankind has shown us that man was not aware of the importance-or necessity- of a role of a natural factor until after the development of mankind had progressed into a certain stage. For example, fires as a natural phenomenon exist in the natural world, but it was not until about 500 thousand years ago that man began to use fires. Man used the yeast long after man began to enjoy the wheat. The yeast makes wheat play a much greater part in man's life. We cannot imagine what the food would be like without the function which the yeast has in man's life.

In the natural world, everything has its own "natural missions" which are in store for man to discover and to serve the development of civilization of mankind.

4. A stochastic natural process

It is not difficult for us to understand that the process of forming each natural factor or condition in this long course is of randone effect, or a stochastic process. So there would be numerous different solutions or possibilities of the factor or the condition. Say, there would be numerous positions of the inclined axis of our planet (see Part 5). But from the viewpoint of the birth of man and his civilization, fortunately, nature always "selects" the most favorable one for the emergence of man and his civilization among these solutions.

Let's look back to all the natural processes we have mentioned in each Part.

From the first appearance of life on the land in the environment with little wind and rain which is necessary for the existence of the " transitional plants", or pteridophyte forests (Paleozoic Era), to the emergence and completion of the Pangea (the ancient connected continents, Pangea Period, see Part 2), to the completion of land life system freed from the sea in the environment with some winds which are necessary for the existence of gymnosperm forests (Mesozoic Era, under the process of continental drifting), to the gradual emergence of the ideal composition of air, to the shaped earth's surface with the occurrence of various scales of winds, rain and four seasons (Cenozoic Era) which are necessary for the existence of angiosperm plants, to the completion of a large amount of soil layer and various fresh water resources on the land, and the salty seawater, to the appearance of the suitable and necessary range of the atmosphere temperature which is required for the propagation of the vast variety of living things which are realized through a long course of the combination of the relevant changing natural factors, to the appearance of wild wheat, horses, oxen, etc. (the Quaternary Great Ice Period). And the completion of mineralization (lasting millions of years) of coal, copper, tin and iron ores etc., which are available just below or on the surface of the ground. Each link in this long natural chain is necessary for the eventual appearance of the civilization. There is no link which has no role to play in that long natural chain. The long natural chain consists of numerous sub-chains which consist of sub-links and so on. It is an immense natural network with numerous levels. Each link in that natural network potentially has two possibilities. Either the presence (resulting in success in a chain) or absence (resulting in failure in a chain), and so is a sub-chain and a sub-link. If any link even sub-link were absent, the whole natural chain would be affected and even broken and the development of civilization of mankind would never occur on the earth although life would go on existing on the earth or it possibly may have remained in the sea. Nature has faultlessly selected the presence before the absence between the two possibilities. Say, if strong winds and/or salty seawater occurred as early as in the Paleozoic Era, if the ending of the continental drift were not what it is (Part 8), if the strict composition of air were different from what it is (Part 9, 10, 12), if the oxygen content of air

were not set at one fifth, if the total area of the sea were much less than what it is (see Part 8, 9) , if the obliquity of the ecliptic were fixed at an other value (see Part 2, 5), if the average temperature on the earth's surface were not at +15℃, if the geological processes of mineralization were not so perfect, if the Quaternary Great Ice Period had never occurred, etc. , then life would still be created by nature in the initial stage of the earth but the civilization of mankind would possibly not occur. The selection process is so strict, precise and complex in space, time, and in quantity that we cannot imagine it possible to have occurred randomly. So we put forwards a profound question to be continued in the next Part.

# A PROFOUND DISCUSSION

Based on all the arguments stated in this book the following discussion may make you realize that it is practically impossible for nature to create the second civilization planet in the cosmos. The earth may be the greatest wonder of natural development in the cosmos!

## PART 21 "THE CONSISTENCY OF NATURAL DEVELOPMENT" ADVANCED IN THIS BOOK SUPPORTING "THE REASON IN NATURE" BY A. EINSTEIN

In the natural development chain, the evolution of living things is subjected to the changing environmental condition (particularly, in geology, see the two natural development chains Part 20), but why is the changing environmental condition from Paleozoic Era (even earlier) to Cenozoic Era so reasonable that lead the evolutionary process to the occurrence of man and his civilization? And this we can also trace back to the birth of our solar system, even the Big Bang. During this long geological period, the environmental condition has developed toward variety and living things correspondingly become more and more complex toward higher level.

In view of that the selection process in the natural development chain is so strict, precise and complicated in space, time, and in quantity, why is nature able to select the most favorable one for the eventual emergence of man and his civilization among those different solutions(because of random

effect), leading towards all the changing natural processes or factors both animate and inanimate to playing a comprehensive role in arriving at all the natural factors and conditions needed for man to develop his early civilization to appear in the Quaternary Period?

The modern science (referring to quantum mechanics, nonlinear science, the chaos theory and the theory of dissipative structure) tells us that the development of the natural world is a stochastic process. The natural system from the macro-world to the atomic world is of indeterminism. Even the system of Newtonian mechanics is also of indeterminism owing to the possible occurrence of chaos, so the long course of natural development is based on such a natural world as is of indeterminism. Chaos is also an essential condition (process) for a nonlinear system to enter into the condition of order, or order out of chaos, and the nonlinear system is the general form of motion (say, the atmosphere, the ocean) in the natural world. So considering the time factor, the natural world is characterized by both indeterminism and also determinism rather than either indeterminism or determinism.

Then, from a viewpoint of chaos, how to explain the phenomenon of the consistency in the course of natural development has become a problem.

We must notice the fact that the formation of most natural factors or conditions in the course of natural development is much more than an issue of system development only. For example, the obliquity of the ecliptic (actually, it has many different solutions, see Part 5), the two qualities of fire, and the order of the links of the two primary substance chains, etc. That substantially presents the logic of natural behavior rather than a physical question or a chemical question or a geological question or an evolutionary question, etc. So the modern theories of indeterminism cannot give a good explanation to the consistency of natural development.

Albert Einstein once said a few words about his view on nature in his article " The World As I See It"(1921):

"The most beautiful experience we can have is the mysterious."

"A knowledge of the existence of something we cannot penetrate, our perceptions of the profoundest reason and the most radiant beauty, which only in their most primitive forms are accessible to our minds—it is this

knowledge and this emotion that constitute true religiosity: in this sense, and only this sense, I am a deeply religious man." "I am satisfied with the mystery of the eternity of life and with the awareness and a glimpse of the marvelous structure of the existing world, together with the devoted striving to comprehend a portion, be it ever so tiny, of the Reason that manifests itself in nature."

In this article, A. Einstein put forward his belief, namely "the Reason in nature".

Obviously, here "the marvelous structure of the existing world" refers to not only the inanimate world but also the animate world.

Similarly, about 2500 years ago, Laotse a Chinese great thinker once said: "Tao is something hiding in the depths of everything." "Tao generates one, one generates two, two generates three, three generates everything".

These two concepts "Reason" and "Tao" are somewhat similar in implication. The thoughts of these two great men have a confluence in the depths of understanding nature, although the days between them have an interval of about 2500 years!

Dose the Reason really exist in nature?

What is the relationship between the Reason in nature and the natural consistency?

The following natural features are out of all the arguments stated in each Part above. From the viewpoint of the birth and the development of man's civilization, these features tell us how nature follows strict, precise, harmonious and complicated patterns in time, space and in quantity to realize the consistency of natural development, showing us an awesome and mysterious creation in Nature, and providing new insights on the behavior of Nature.

1. A single factor controls complex natural processes, or the simplest possible way of natural development.

The way in which a natural factor acts whether in the course of natural development or in the existing natural structure is so simple that no other solution to be conceived by man's intellectual power can replace it, A. Einstein once said "When the solution is simple, God is answering." The simplest possible solution is the best possible solution.

① The existing obliquity of the ecliptic, merely an inclination of the earth's axis, leads to a series of significant occurrences: four seasons, planetary wind system, different climate zones and different ecological systems, etc. which are absolutely necessary for the origins of man and his civilization. ② Photosynthesis, merely a chemical process, forms a unique basis on which the extremely complex evolutionary processes occur (discharging oxygen and producing organic matter). More, the natural factors involved in this chemical process are only water, carbon dioxide $CO_2$ and sunlight, which exist almost everywhere. Nature first creating such a most complex process (or the chlorophyll) with the few "simple" factors to support the evolutionary processes manifests its Reason. ③ Gene, merely a kind of complex molecule, subtly controls the life world and a life's all physiological features over life time. ④ Grasses, merely a species with the strongest vitality, result in the birth of crops and animal power which are absolutely necessary for the birth of man and his civilization. ⑤ Water, merely a kind of simple molecule, solves a series of significant problems (to be formulated in detail below) which would be inevitably encountered, if life and civilization take place on the earth. ⑥ The element of carbon is the only one in the table which can form the multiplicity of life substances, this is because it can form long continuous chainlike structures containing many carbon atoms, making life substances and the two qualities of fire become possible. These two functions have extreme significance, if life and civilization occur on our planet (to be further discussed below). ⑦ A factor, or the temperature on the earth's surface controls the existing state of everything animate and inanimate. And the temperature is basically controlled by the solar radiation, which is composed of photons with different wavelength and frequency. So it is the periodically varying radiation intensity of the photon that controls the varying state of everything on the earth's surface, including the photosynthesis, four seasons, day and night, atmospheric circulations, water circulations, weathering processes, etc. (see Part 12). ⑧ Compared with the shallows and marshlands occurring in the Paleozoic Era and the Mesozoic Era, the precipitation is the best solution of forming water resources on the land. Precipitations to a great extent help to result in weathering processes → the soil → plains, ground

water, rivers and lakes, which are absolutely necessary for the existence of living things and man. ⑨With the same atomic model (or atomic structure), chemical elements form the natural world, or the universe. The atom is indeed filled with countless mysteries. Particularly, the electron and its "little companion" the photon have endless uses for man to exploit. For example, the wonderful functions of computer are based on the subtle functions of electrons that are indeed inconceivable. Electrons like soldiers work from time to time and never cease, creating our world.

More and more, perhaps, you can not find one natural factor with one "natural mission" only. "Simplification" seems to be a principle in natural development.

2. In the natural civilization chain there is a harmonious relationship in magnitude or extent between different natural factors (see below), which are absolutely necessary for the birth of man and his civilization. A. Einstein believed in that "the harmony of all that exists".

Between the sun, the earth and the moon (even between all the planets and the sun in our solar system) in size, in quality and in distance. Between the land and the sea in extent. Between the different gases of air in volume. Between the different layers of the earth in thickness . Between the different layers of the atmosphere in thickness. Between the magnitude of the earth and the thickness of the atmosphere, etc.

From the viewpoint of the origins and the development of man's civilization, the total amount of energy reserve in our planet (refers to Part 18 the two primary substance chains) is quite sufficient for man to develop his civilization. Coal deposits have supported the development of man's civilization for two thousand years, and oil and natural gas for about one hundred years. It is estimated that the energy reserves of coal, oil and gas may support the development of man's civilization for another 200—300 years. What a precise natural reserve of energy! In our very small planet with very limited space in the ground, the formation of such a tremendous amount of energy reserve is a natural wonder. In view of the fact that the chance of forests turning into coal deposit is very little (rare), how necessary it is that the vast stretches of forests which existed in the Paleozoic Era and Mesozoic Era, how necessary it is that vast expanses of relatively

flat lands with shallows and marshlands which existed during that two eras, and how necessary it is that the "transitional environmental condition" with little strong winds and high temperature which existed in that two eras (refers to Part 2). This is indeed unthinkable. Also, there is plenty of undeveloped energy reserve under the sea in store for man to exploit.

All these cannot be explained by any theory but the Reason in nature.

More and more, "everything is in place", It seems impossible to realize such an appropriate relationship among different natural factors without the Reason in nature.

3. The harmonious "schedule" in the course of natural development, which is identified in terms of some millions of years even 100 millions of years.

During the course of natural development, there are major and minor natural events, such as Cambrian explosion, the migrating of life from the sea, the Quaternary Great Ice Age, etc. Although scientists have not known much about the significance of all the events themselves, it is apparent that the time when some major events occurred is appropriate directly or indirectly to the birth of man and his civilization.

①The life span of the sun just meet the requirements for the "whole schedule" of evolutionary process, from the origins of life to remote future. ② A series of geological processes occurred in good time, such as the differentiation inside the earth, forming the crust and the earth's core in the earliest time, and the consequent crustal movement, forming the sea, the original atmosphere, and the continental drift, etc. ③ The mysterious but significant Cambrian explosion occurred 5. 44—5. 05 hundred million years ago. Life through about 3 billion years of evolutionary process became primitive plants and primitive animals living in the sea. And fortunately the crustal movement and/or the sedimentation caused the regression on a large scale, just making life begin to evolve into land based living things about 470 million years ago. The important ozonosphere also occurred in that time, protecting life on the land from harm by ultraviolet ray. ④ Coal deposits is absolutely necessary for the development of man's civilization. The forming process of coal deposits needs a very long geological period, and this is just the good time when a great deal of pteridophyte and gymnosperm were

prevailing 100—200 million years ago, meeting the requirement for the formation of coal deposits. ⑤ There are five times of mass extinction of living things occurring from 438 to 65 million years ago, and each of the mass extinction, through natural selection, promoted great development of some species, resulting in the further evolution of living things. For example, the evolutionary process of mammalians needs a very long geological period, and the extinction of dinosaurs was in a very good time (about 65 million years ago), giving way to the successful evolution of mammalians. ⑥ The global "high temperature" climate (essential for "the transitional environmental condition", see natural chain, and Part 2) ended and began to gradually fall about 100 million years ago, and eventually results in the appearance of the Quaternary Great Ice Period about 2. 5 million years ago (earlier, the environmental change from vast stretch forests to an expanse of grassland which occurred in Africa), which is absolutely necessary for the origins of man and his civilization. Particularly, the last ice age ended at about 11000 years ago, and the global climate began entering into the warm age up to now, making it possible that early man started the New Stone Age. ⑦ Modern science tells us that man has evolved from the ape, living around the Great Rift Valle in the East Africa Plateau, where the latitudes are very low but the elevations are high, being of ideal natural conditions both in climate and in ecosystem in the world, forming a very good cradle for the birth of man. The Great Rift Valley began to form in Oligocene (35 million years ago), developed from Miocene (23. 3 million years ago) to Pliocene (5. 2 million years ago) and nearly completed in Quaternary Period (from 2. 5 million years ago up to now). Man was born just in this period and in this wonderful Rift Valley!

Perhaps, you can find more natural events which occurred in a good time respectively. Without the Reason in nature, there would be no reasonable "schedule" in the course of natural development.

If the natural development's "schedule" were in other way, apparently, the origins of man's civilization couldn't possibly appear although life could still exist on this planet.

4. The appropriate quantity of natural development.

It is known to everyone that quantity is a primary parameter of a natural

factor, how much or how many in quality or in weight or in size or in thickness or in length or in frequency etc. We might say that from the viewpoint of the birth of man and his civilization, every natural factor or condition has an appropriate quantity favorable for the formation of the natural development chain. For example, the appropriate value of the obliquity of the ecliptic (see Milankovitch theory Part 5), the appropriate proportion between gases by volume in the air, the precise structure of the physical world (say, the physical constants), including the life world. If a very slight change in value occurred in the structure of the natural physical world, it would bring about a strong impact on the global environmental condition, and even result in the disappearance of our existing world, and thus the development of man's civilization would fail.

5. About water.

Each of the following qualities of water is essential for the existence of life, man and his civilization.

① Water under the earth's atmosphere has a great difference in temperature between the freezing point and the boiling point, so normally water on the earth is in liquid state, forming the sea, rivers, lakes, and groundwater, and this also allows water's properties to vary a lot so as to meet different requirements for the origins of life, man and his civilization. ②Both water's specific heat and its vaporization heat are the greatest in the natural world. These two qualities are absolutely necessary for keeping the temperature of man's body, and efficiently adjusting the global temperature and moisture of air above the earth's surface. ③Water is the unique solvent (and, therefore the unique cleaning liquid) in the natural world. Most of inorganic salts can dissolve in the water and be absorbed by plants, sustaining the evolutionary process. ④ With very strong bonds between atoms in the $H_2O$ molecules, pure water is practically not an electric conductor, and very difficult to be decomposed into individual hydrogen molecules and individual oxygen molecules by high temperature including fires, so water's molecules are very stable in the natural world, and have no change when becoming ice with very low temperature or steam with very high temperature. This is an extremely important quality of water in the natural world. For example, water is the unique substance available almost

everywhere to put out a fire with very high temperature. If water were easy to be decomposed into hydrogen and oxygen, the existing natural world would not possibly be formed. ⑤ Water's density in 3. 98℃ reaches the greatest value, so lakes or rivers would not freeze from the surface down to the bottom, protecting the living things in the water from being frozen. ⑥The thermal conductivity of water is rather weak, so the air temperature below 0℃ is very difficult to affect the water's temperature beneath the ice layer. ⑦Water is of the greatest surface tension, or interfacial tension in the natural world except for the element of mercury Hg, so water is easy to form drops, raindrops and snowflakes. This is the best possible form of damping the ground and humidifying air, adjusting the air temperature and humidity. Water's great surface tension is also helpful in the formation of the earliest life because it can make a lot of organic molecules closer together. ⑧ Water is of affinity to the surface of a solid, so water is easy to form capillarity which is absolutely necessary for life. ⑨Water has a good quality in osmosis, which is very useful for cells' activities. Water has a good quality in seepage, or infiltration, which is very helpful in forming groundwater and weathering process. ⑩ Water cannot be compressed, so water will produce a very high pressure when freezing in cracks of a rock, making the rock weathered. The quality is also very useful for man to develop his civilization.

Water also has more qualities in detail, which can be composed of an interesting book. Obviously, all these qualities of water are formed by the very special structure of water's molecules. Integrating so many essential qualities into a very simple molecule $H_2O$ water for supporting the whole complex process from life to civilization is indeed a natural miracle. Without the Reason in nature, it seems impossible to realize such an integration.

6. About fires.

① In the natural world, everything "fears" fires but the development of civilization absolutely needs it. So naturally, the fire is referred to as "the Father" of civilization, which leads the development of civilization of man from the earliest time up to now. ②Fires result from the burning of carbon, which releases a great deal of heat and visible light, bringing about warmth and brightness for man, and produces carbon dioxide essential for the

photosynthesis taking place. About the mysterious relationship between fire and the element of carbon, we will soon discuss below.

There is nothing to substitute for the functions of water and fires.

7. The mysterious Periodical Table.

Being aware of the special roles of water and fire in the natural world, now we can have a further discussion on the mysterious periodical table because it is the basis of natural development (belongs to M axis).

There is, as it were, a great mystery hiding in the periodical table (composed of 88 kinds of chemical elements in the natural world). The table seems to have two "natural missions", one is to support creating life, the other is civilization (see Part 20). The element of iron Fe, for example, has a great part to play in civilization, but its content in man's body is very little, serving a dual purpose. The element of titanium Ti is a kind of ideal metal for developing modern civilization, particularly for the space age, but it cannot be found in man's body, being of one mission.

There are about 60 kinds of chemical elements (including many trace elements) which have been found in life bodies, and all the elements in the table have something to do with the development of civilization. We have argued that fire is "the Father" of civilization, so the "design" of the chemical elements in the table should meet the requirement of the two qualities of fire. Hydrogen as the first element in the table is naturally of the simplest structure, with one electron only. So it is not difficult for us to understand that hydrogen has the greatest heating value (combustion value) in the table, and therefore the natural mission of hydrogen seems to have more part to play in combustion. But only one element of hydrogen being of high heating value is evidently not enough in the table because it cannot form the energy chain we have argued in Part 18. Without the energy chain, early man couldn't learn how to exploit energy resources step by step up to now. So the element of carbon on one hand through chemical compounds forms the long continuous chainlike structures of life substances, and on the other hand necessarily has high heating value as a supplement to the effect of combustion in the table, In the history of man's combustion, the first element to use is carbon (wood), but man began to use oil and natural gas as fuel composed of hydrogen and carbon long after the use of carbon only just

about 100 years ago (see Part 18).

The heat of combustion of hydrogen and carbon in the table is sufficient for man to develop his civilization. So it seems unnecessary to have another combustible element of high heating value as that two elements possess in the table because more than two combustible chemical elements of high heating value in the table would be a risk to the safety of the natural world. So hydrogen and carbon should be the main elements for forming a very special kind of matter on the earth which on the one hand is the basis of various life substances, on the other hand is the unique fuel resource in the natural world, which must be entirely different from earth (otherwise our planet would be burned away !). This matter we call "organic matter", implying " without life, there would be no fuel" on the earth, and ideally realizing the two qualities of fire. And the element of oxygen with an ideal content exists in the air so as to support the combustion of organic matter, and also through breathing exists in the organism in order to do a similar work, releasing energy which life needs. Nitrogen N is not a reactive chemical element in the table and also necessary for the existence of life. Using molecules of $N_2$ to encircle molecules of $O_2$ will make the combustion safe. So hydrogen, carbon, oxygen and nitrogen are the main chemical elements of the life substance. The rest of carbon, hydrogen and oxygen in the natural world and other several combustible chemical elements with low heating value in the table take the form of inorganic salts and water, safely existing in or on our planet. This is the best solution of making both life and civilization occur on a planet.

The pattern of the element hydrogen seems to be an "example"; the structure of all other elements in the table strictly follows the pattern with periodic law, from simple to complex, magically and subtly making them have different properties respectively for forming life substances and developing civilization (the two natural missions). And this indicates that the formation of the table is not blind, and can date back to the formation of individual chemical elements in the early cosmos even the Big Bang. All chemical elements from radio elements to inert elements in the table have perfectly been present at the earth both in quantity and in existing form (chemical compounds), playing different roles for man to subsist and to

develop his civilization, but imperfectly at all other planets of our solar system, which also indicates the consistency of natural development.

All the items stated above, or the existing condition of each natural factor, or a link involved in the natural development chain actually is realized through the most favorable selection among numerous different solutions, as indicated below (see Part 20):

In the long process of natural development, every factor (or condition) has numerous solutions (because of random effect) in its development(say, the mode of our solar system, the extent of the sea)→the most favorable selection→the appropriate condition or position of a natural factor (say, the existing obliquity of the ecliptic), and all the factors match very well (say, a series of the astronomical factors)→meeting the requirement for the birth of mankind and his civilization→the emergence and the development of man and his civilization.

So we may say that the consistency of natural development is out of random effect.

It seems impossible to make such a long series of favorable selections among numerous different solutions in the natural development processes without the Reason in nature.

" Dose nature have a purpose or a plan or a mind?" Actually, this is an empty and meaningless question without any answer to it forever. But a series of favorable and subtle selections from branches are inevitable in the natural development chains, calling for deep thought.

Have you comprehended the all above? What is your idea about that?

From the viewpoint of the birth and development of mankind and his civilization, it is not difficult for us to realize that both natural processes and natural existing structure shown in that 7 items are complex, strict, subtle, appropriate, harmonious and precise, in time, space and in quantity, and therefore generally rational. We may say that from the Big Bang to the formation of chemical elements, to the formation of the Galaxy and other galaxies, to the formation of our solar system, to the formation of the earth, to the appearance of life, to the appearance of man and his civilization on our planet, from everything visible to the atomic structure, rationality exists everywhere! People usually think that the phenomenon of chaos and the

motion of quantum are unthinkable (Einstein often said "God does not play dice", he never enjoyed the quantum mechanics, although he had made a great contribution to it), but they are absolutely necessary to form the existing world. It is none other than the uncertainty of particles' motion that makes the nuclear fusion take place in the sun, and all kinds of molecules including DNA formed. Without the uncertainty in the atomic world, the existing world would disappear! So they are another form of rationality.

A. Einstein in "Science, Philosophy and Religion" (1940) said:

"But whoever has undergone the intense experience of successful advances made in this domain is moved by profound reverence for the rationality made manifest in existence."

"But science can only be created by those who are thoroughly imbued with the aspiration toward truth and understanding. This source of feeling, however, springs from the sphere of religion. To this there also belongs the faith in the possibility that the regulations valid for world of existence are rational, that is, comprehensible to reason."

So in A. Einstein's view, why the rationality exists in the universe is the greatest mystery. In other worlds, the rationality is by no means without foundation. And this may be the background of "the Reason in nature" advanced by him.

English dictionary says that "rational: (of ideas and behavior) sensible; based on or according to reason." Obviously, both rational and reason here are such two concepts as refer to man's actions. So what A. Einstein did is to have logically extended the two concepts into the natural world. That is all!

So we may say that for A. Einstein, the Reason in nature is out of rationality in nature, and therefore we may comprehend that two concepts as follows:

Consisting of the three axes (E, R and M), "the space of natural development"with the evolutionary processes contained is full of rationality, and the Reason may be in it. Without Reason in nature, to solve so many problems stated above in this extremely long stochastic natural process with numerous levels (see Part 20, point 4) seems to be impossible.

The more you comprehend the natural consistency, the more you believe the truth of "the Reason in nature".

Are you shocked at the mysteries in the consistency of natural development? If not, we should say that you might need to further comprehend it.

So on the one hand the consistency of natural development has made people further understand the Reason in nature, on the other hand, the consistency of natural development is well explained by the Reason in nature.

The consistency of natural development in time is identified in terms of one million years or some ten million years or 100 million years. But in these long natural processes, the occurrence of a natural phenomenon is at random (say, a flood, an earthquake, a gene mutation). In other words that the mechanism of a kind of phenomenon is the same, but its occurrence is by chance.

Having realized all the wonders in natural development stated in this Part, let's read A. Einstein's words again—in the beginning of this Part.

Do you have new comprehension of these words? Have you realized the implication of "the profoundest reason and the most radiant beauty"? How do you think about the truth of the Reason in nature ?

In order to further realize what "the Reason in nature" refers to, please read the following words by A. Einstein"My religiosity consists in a humble admiration of the infinitely superior spirit that reveals itself in the little that we, with our weak and transitory understanding, can comprehend of reality."(1927) "I want to know God's thoughts; the rest are details".

Here if we take various natural phenomena or natural events as natural actions, thus "something we cannot penetrate" being behind the phenomena would be "the Reason in nature" or the "God's thoughts" or "the infinitely superior spirit".

What is the existing form of the Reason in the natural world?

This is an extremely significant but abstruse question. What A. Einstein had thought was only to comprehend as much as he possibly could the existence of the Reason in nature just as he wrote " together with the devoted striving to comprehend a portion, be it ever so tiny, of the Reason

that manifests itself in nature." In his view, the Reason in nature seems to be " the infinitely superior spirit" or the "God's thoughts". He departed from "this strange World" in 1955. In the years that followed, accompanied with the rapid development of computers' technology and the nonlinear science, the viewpoint of indeterminism has been prevailing in the world of science, and the Reason in nature seems to have been "forgotten". So "the Reason in nature" may be the greatest abstruse problem left to mankind, also as a great and profound legacy to mankind !

But A. Einstein never believe the existence of "a Supernatural Being" beyond time and space. He said:"I can not prove to you that there is no personal God,but if I were to speak of him I would be a liar." "The word God is for me nothing more than the expression and product of human weakness..."(1954)

What a penetrating insight!

In the end, we put forward a question here, namely that through natural development, could nature create the second civilization planet in the cosmos?

Logically, we should say that is impossible! The consistency of natural development has showed us that both natural development processes and natural existing conditions are so strict, precise, subtle, harmonious, appropriate and complex in time, space and in quantity, as we have stated in each Part, that we are inclined to believe that our planet would be the only civilization one in the boundless cosmos. Strictly speaking there are no natural processes (say, raining processes) which are the very same to the details. So there would be no identical earth's processes in the cosmos. And any deviation in the earth's processes would result in the failure of the natural development chains (see Part 20). In fact, this is much more than an issue of natural development, as is also related to the logic of Nature's behavior, or an issue of how to comprehend nature, just as what A. Einstein once said "A knowledge of the existence of something we cannot penetrate". Can we take "the Reason in nature" as a fundamental natural law? Does the birth of our earth just embody "the Reason in nature"? Perhaps, there is no one who is able to give an answer to these issues, which depends on your comprehension of nature.

But the more you comprehend all the arguments stated above, the more

you would believe that it seems impossible the existence of the second earth in the cosmos.

The extraterrestrial life or civilization is always a very interesting topic, but this is no more than fantastic reveries under a star-studded sky! It is generally accepted that the earth's processes including the evolutionary processes as a whole is an entirely natural process without any external (extraterrestrial) interference from a force with intelligence. In this regard our earth is a "solitary" one. The solitariness seems to be an essential condition for our planet through the evolution of about 4 billion years to become a civilization one. If some force with very high intelligence had interfered in the evolutionary processes during this long period, the earth's natural processes could not possibly have proceeded.

Dose a different nature exist? It would seem impossible too. A. Einstein once said: "The more a man is imbued with the ordered regularity of all events the firmer becomes his conviction that there is no room left by the side of this ordered regularity for causes of a different nature."

In view of the fact that the Universe is composed of the chemical elements in the periodic table, we cannot imagine that there is a planet somewhere on which both life and fire are not out of carbon C, and water is replaced by something without hydrogen H and oxygen O.

## THE END

This study does not pretend to give all the answers. But it is intended to stimulate thought, to encourage questioning and to guide readers to appreciate the wonders of the natural world around us.

The author thinks that the Reason in nature is a profound concept. Don't rashly deny it, on the contrary to try our best to comprehend it is of great significance today. Man should be aware of that he is born in Mother Nature. Everything he is using in the final analysis is from nature. Substantially, Man is confronted with a rational nature rather than a random nature, Man cannot possibly get rid of the control of her laws because the existence of man deeply roots in nature.

From the viewpoint of the birth and development of man and his civilization, our planet had an ideal environmental condition as well as

unemployed plentiful resources about eleven thousand years ago, the last ice age just ended then. We may call this "original natural order". From then on, man began entering the New Stone Age, and through the Bronze Age and the Iron Age, man has entered the modern age since about 200 years ago. But the original natural order began becoming less normal accordingly, that is, the original environmental condition has gradually been destroyed as man's civilization advances and man's population increases. The normal climate began becoming abnormal as vast stretches of forests and grasslands have disappeared, ground water everywhere has been almost exhausted, and the carbon dioxide $CO_2$ content in the air has slightly but gradually increased, etc. We call the abnormal climate "natural retaliation", which is caused by man himself because he has made the original natural order partly changed, or less rational. Here the natural retaliation actually is nature's negative feedback to man's actions, which seems to try to correct man's behavior to recover the original natural order.

We should notice that according to the all that has been stated above in this book, the "original natural order" is so strict, precise, subtle, harmonious, appropriate and complicated in space, time and in quantity that any deviation in the natural structure would make the features of the earth's surface both animate and inanimate differ from what exists. EI Nion is an example whereby only a slight change in the seawater temperature in a small part of the sea causes the global weather to become abnormal.

It seems to be contradictory that on one hand the birth of early man and his civilization requires an ideal environmental condition, on the other hand, man certainly gradually changes the original natural order for his development. Nature seems to be in a dilemma. This is the biggest problem man constantly faces in the course of the development of civilization. So man should understand nature in all aspects in order to improve his behavior from time to time so as to recover as possibly as he could the original natural order, becoming a civilized planet rather than a civilization planet as it is today. This is the answer nature gives to man to solve the contradiction man is facing.

Our earth may be the only planet which is of civilization in the boundless and awesome cosmos. "What shall we do for this extreme cosmic wonder?" is the greatest question facing everyone who is living on this wonderful planet.

I am grateful to the following gentlemen who have read my manuscript and given a comment on it respectively.

You are a very logical thinker. I find your work as fascinating as always!

—Keith W Montague, Australian Engineer (1st, 2nd)

This is a grand project, highly ambitious, and it is always good to see someone taking on the big question that continue to be important. I see something of the Humboldt in you as well——a big scale explorer!

—Professor Donald E. Worster, USA (1st)

I think your project is grand, not speculative, and interestingly synthetic, so much being put together. Thanks for the Universe!

—Professor Ralph L. Holloway, USA (2nd)

I'm struck by your view of the earth's processes having evolved gradually AND UNIDIRECTIONALLY.

—Professor Eric R. Force, USA (2nd)

In the middle of the 19th century when China was not actively participating in the search for knowledge typical of modern science, the great grand-father of the author of this present book wrote a work entitled "Researching the Origins of Nature". This book sincerely commemorates the author's great grand-father for his work and notes that surprisingly, the subject matter of the two studies are very similar.