地球与人类文明



04 / 风的起源与演化

陈斌 gischen@pku.edu.cn 北京大学地球与空间科学学院

目录

- 风的概述
- 风的起源
- 各地质时期的风
- 风的演化证据



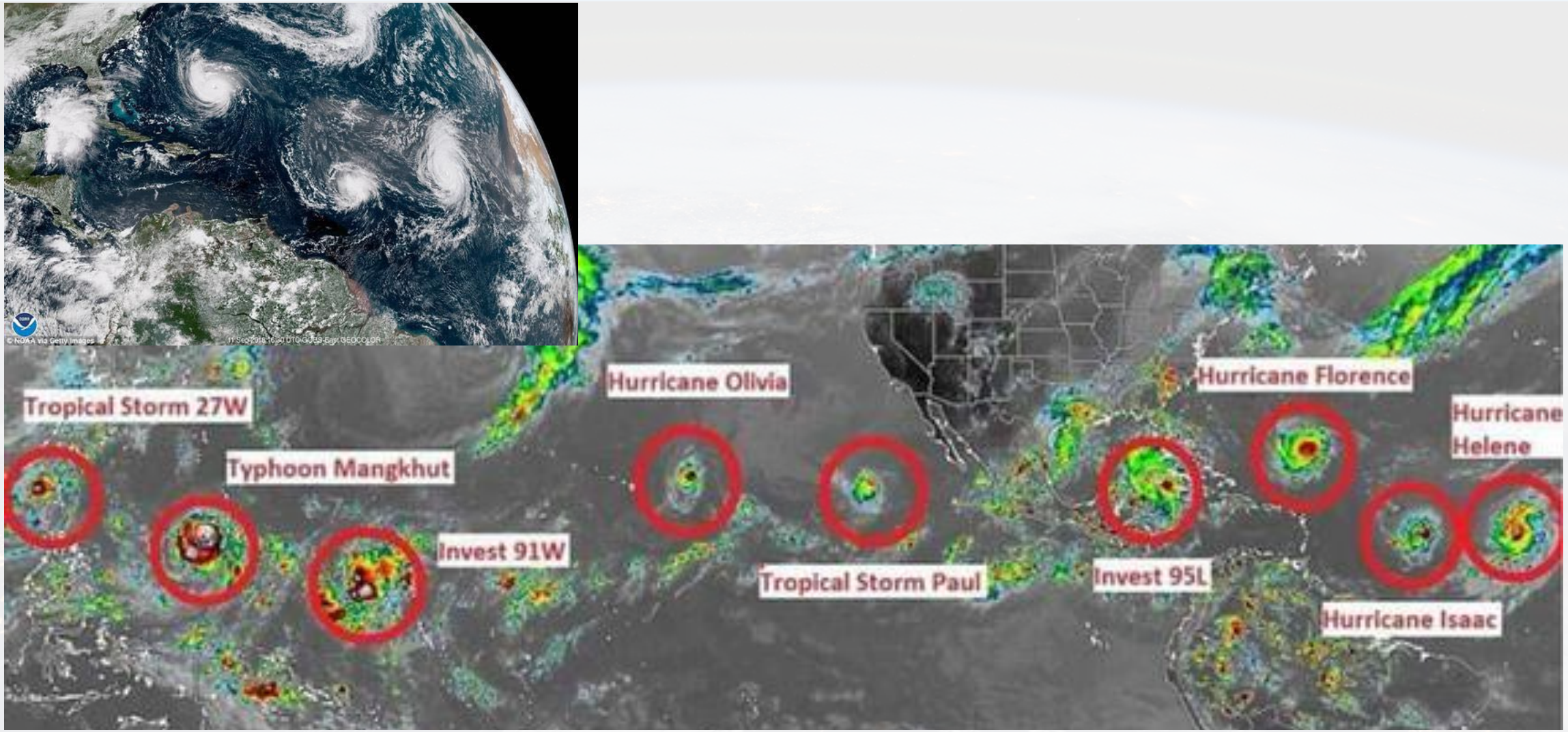
飓风“玛丽亚” ： 2017/9/16～10/2



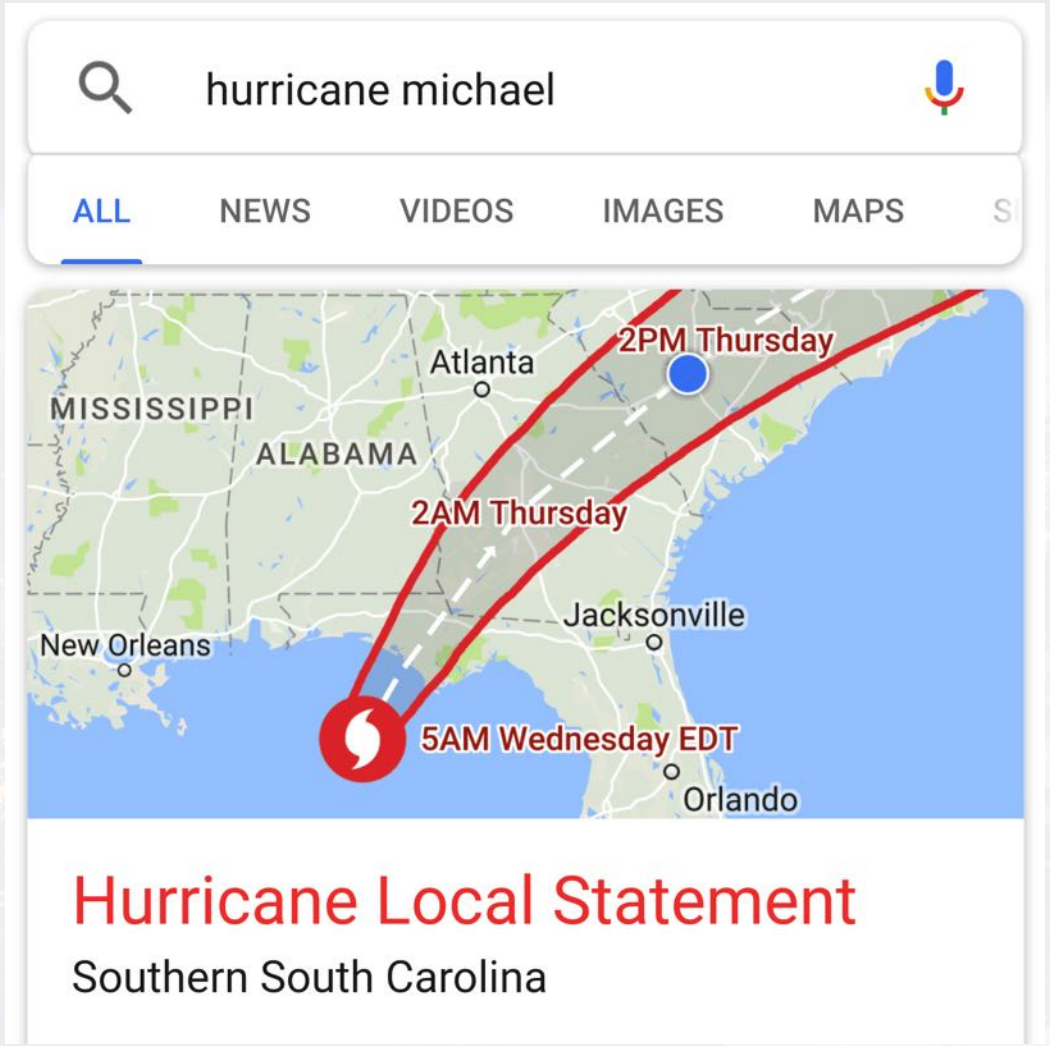
造成了3000多人死亡
近千亿美元损失
严重损毁基础设施



2018年9月：九大风暴同时席卷全球



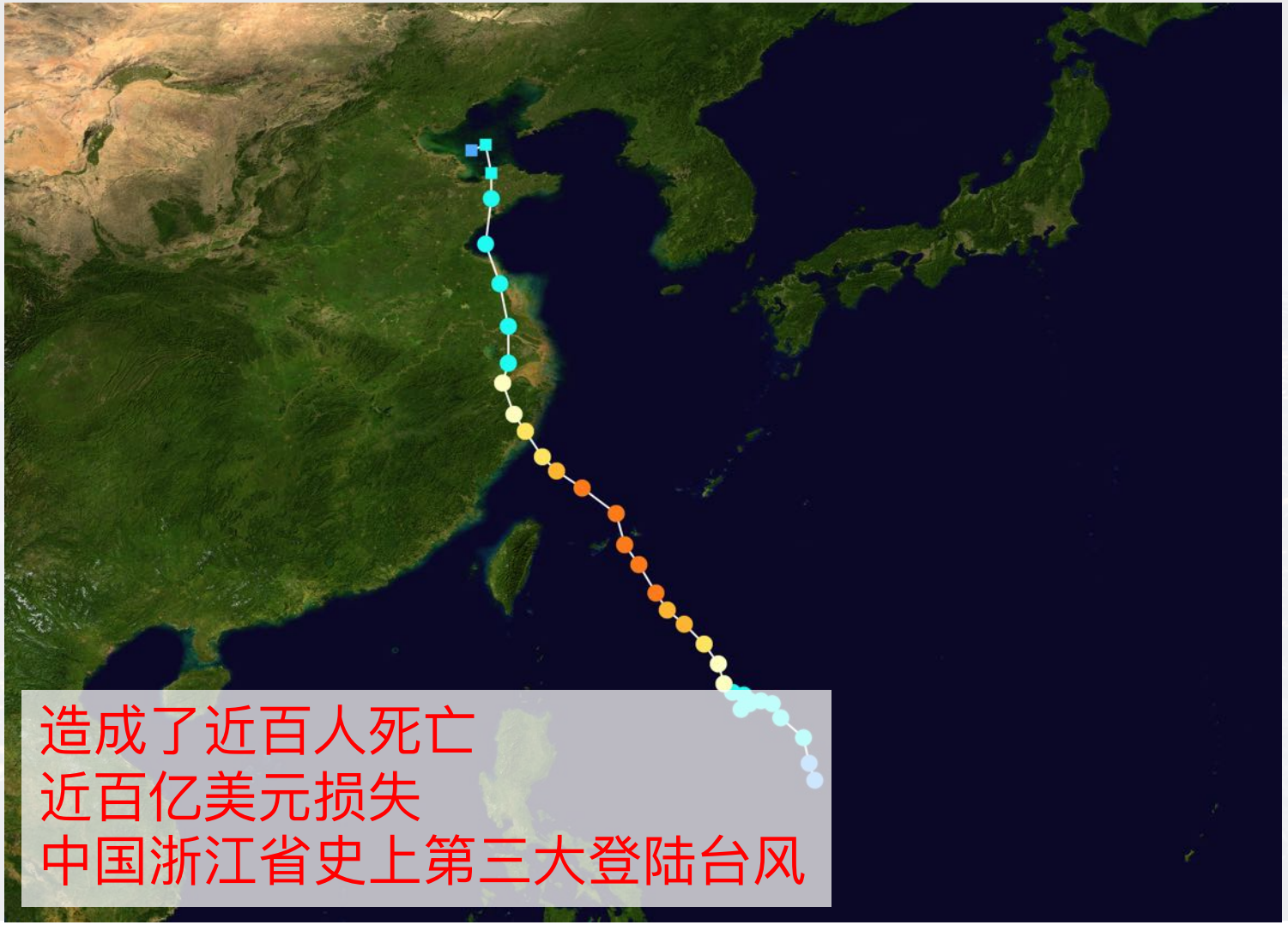
飓风“迈克尔”：2018-10-8～10-12







超强台风“利奇马”：2019/8/4～13



造成了近百人死亡
近百亿美元损失
中国浙江省史上第三大登陆台风

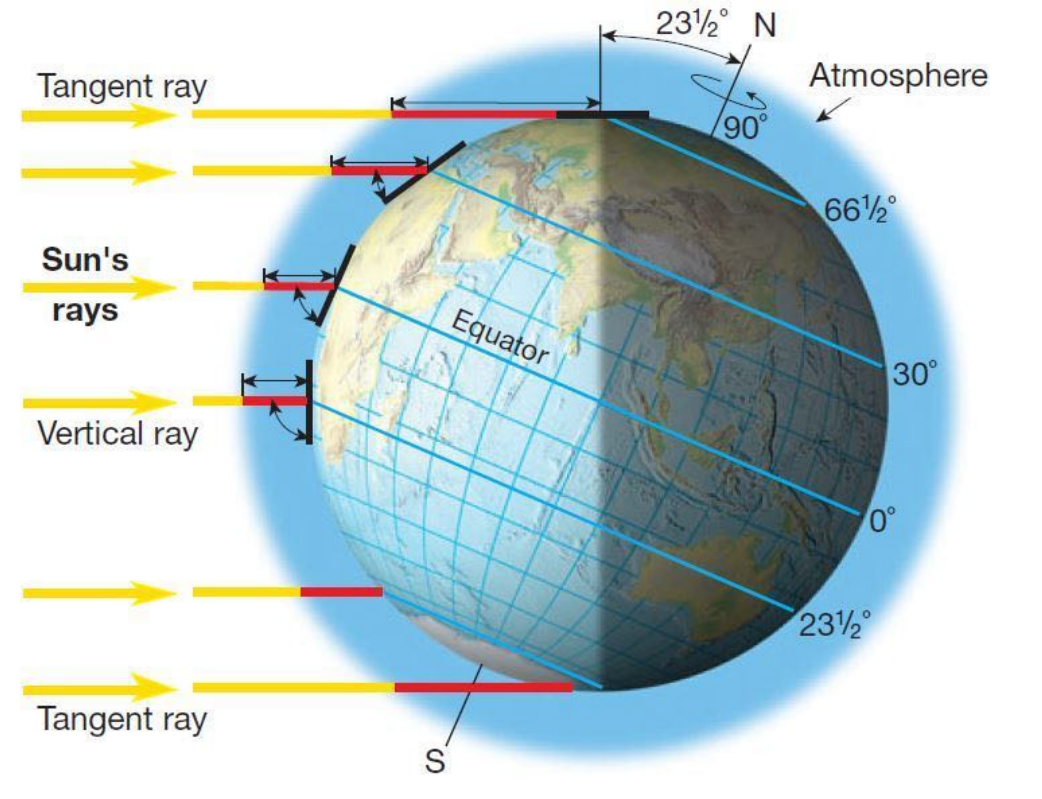


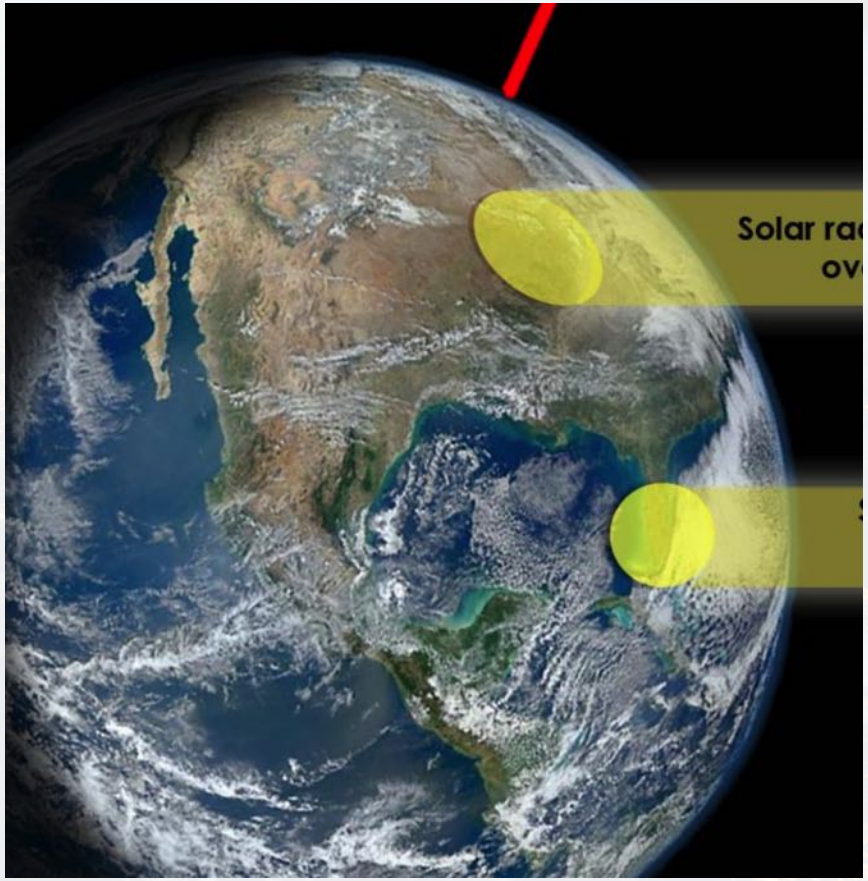
风的起源和演化

- 风这一自然现象是各种环境因素之首
- 有了大规模的风，才有大规模的雨雪
- 大量雨雪加速岩石的风化
- 以形成广布的土壤层
- 从而在陆地储存广布的淡水资源
- 此外，有了风，才能产生雷电，点燃自然之火
- 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

风的概述：行星风系

› 太阳辐射到达地球后，由于球形表面和地轴倾斜，引起各个区域直射或者斜射的不同

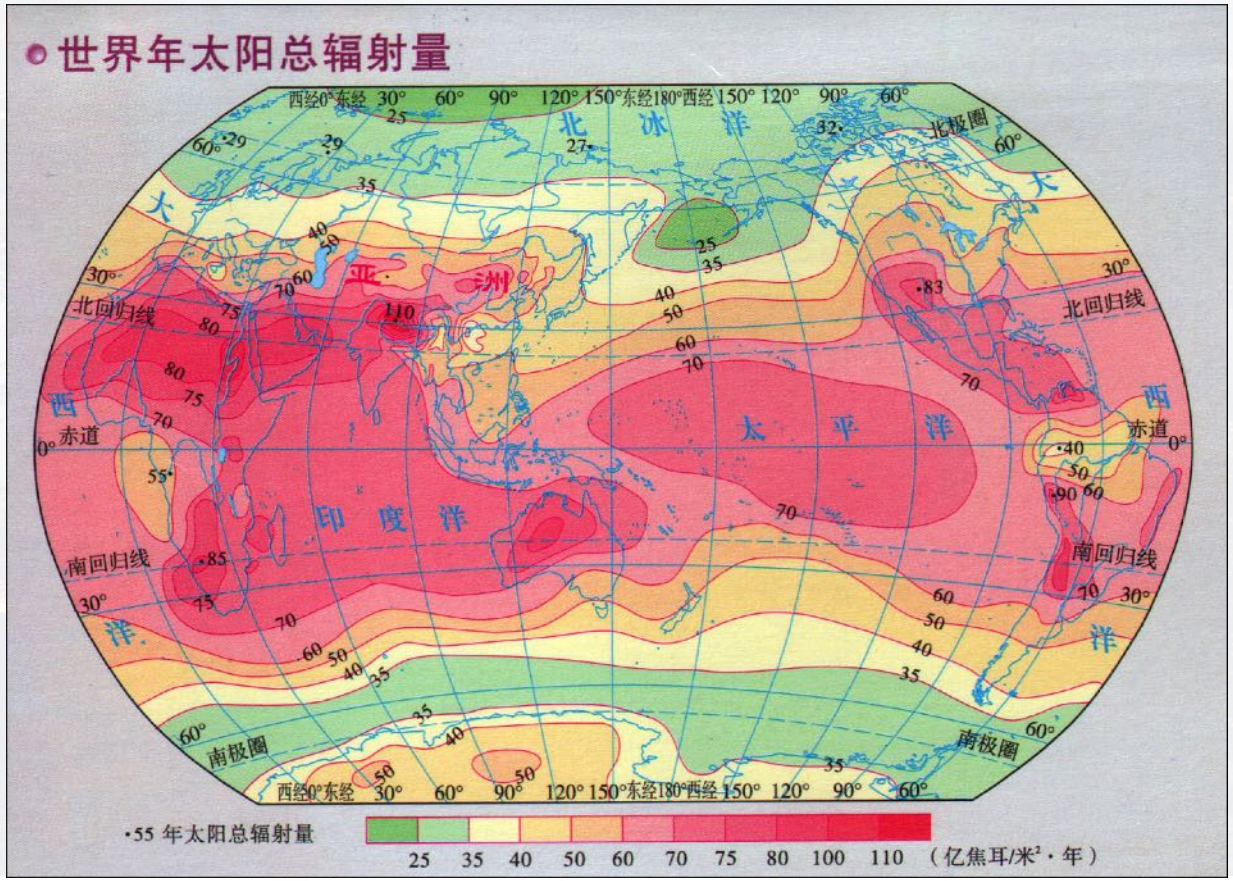




风的概述：行星风系

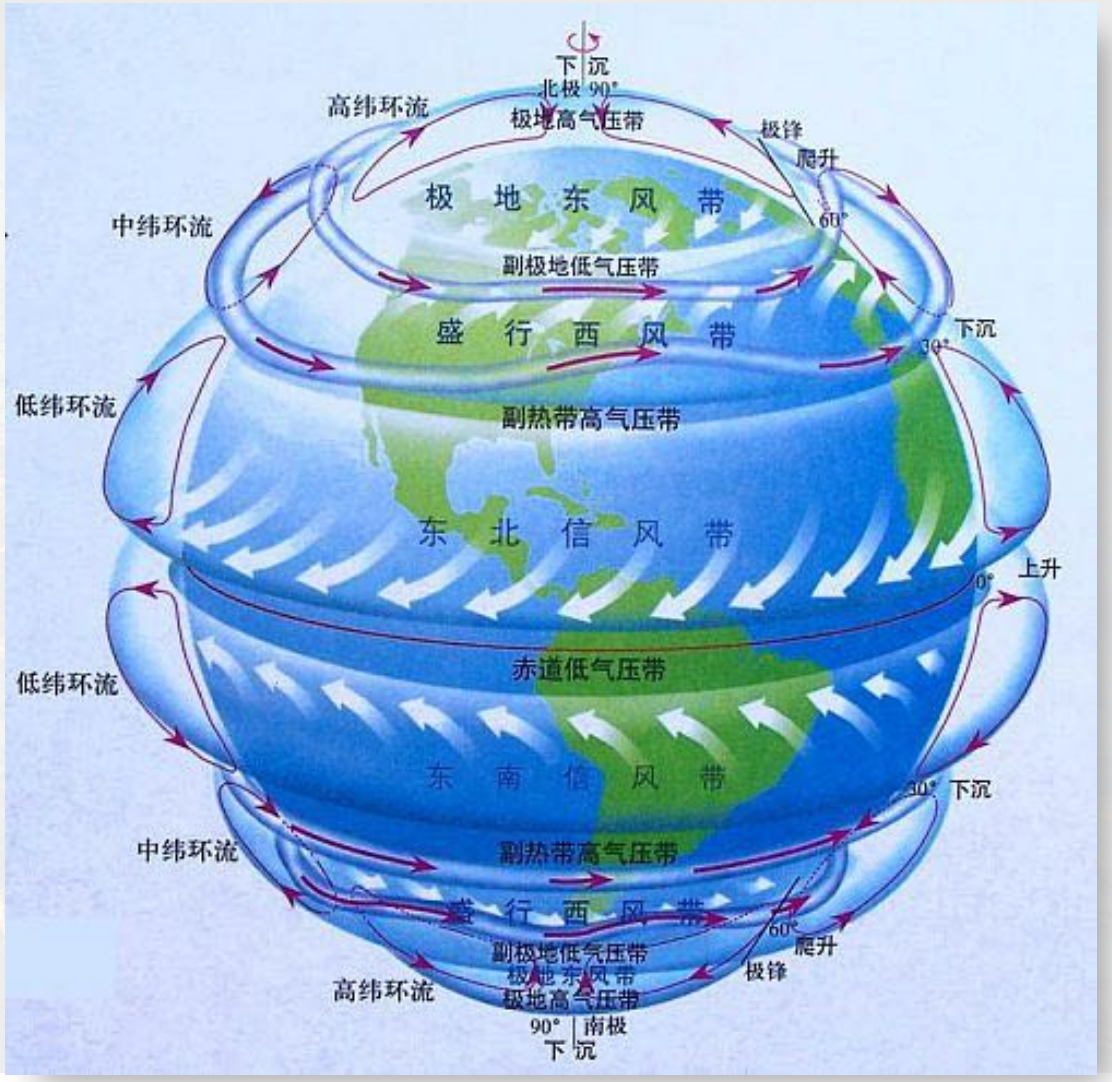
› 造成各地区接受太阳辐射能的总量差异

赤道附近效果最大，两极附近效果最差



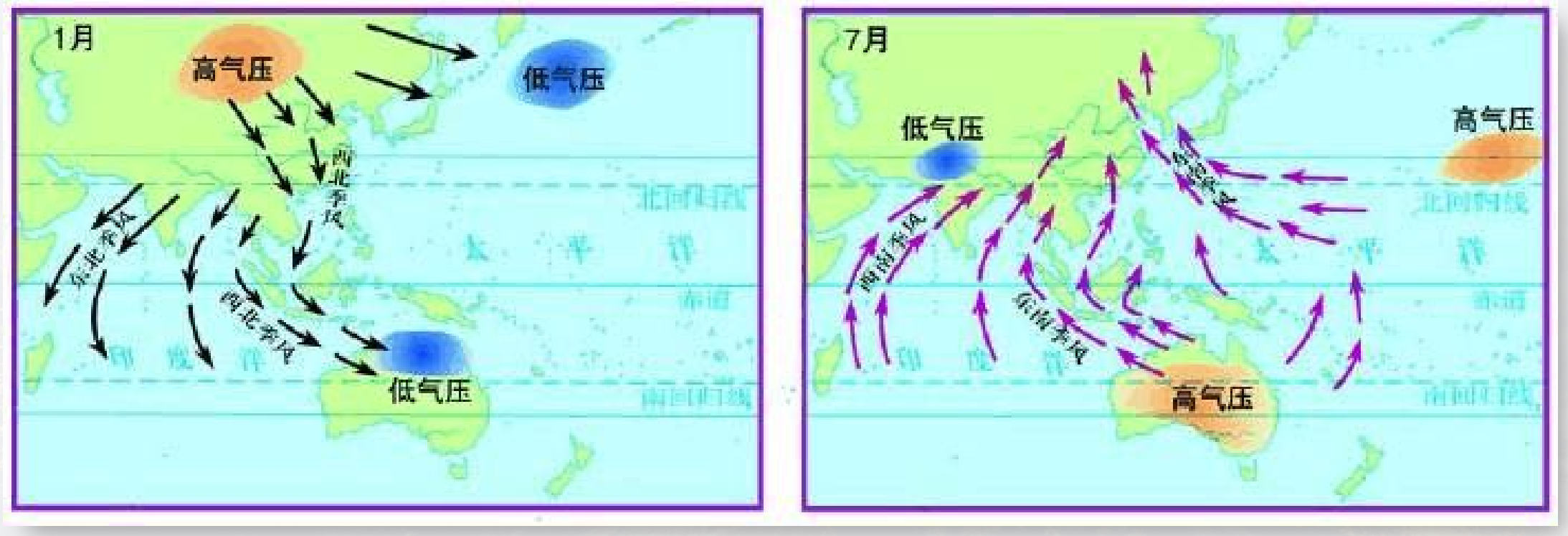
风的概述：行星风系

- 太阳辐射到达地球后，由于球形表面和地轴倾斜，引起各个区域直射或者斜射的不同
- 赤道附近效果最大，两极附近效果最差
- 赤道附近空气受热上升，两极地区下降，形成对流
- 地球自转偏向力又改变了对流的水平方向



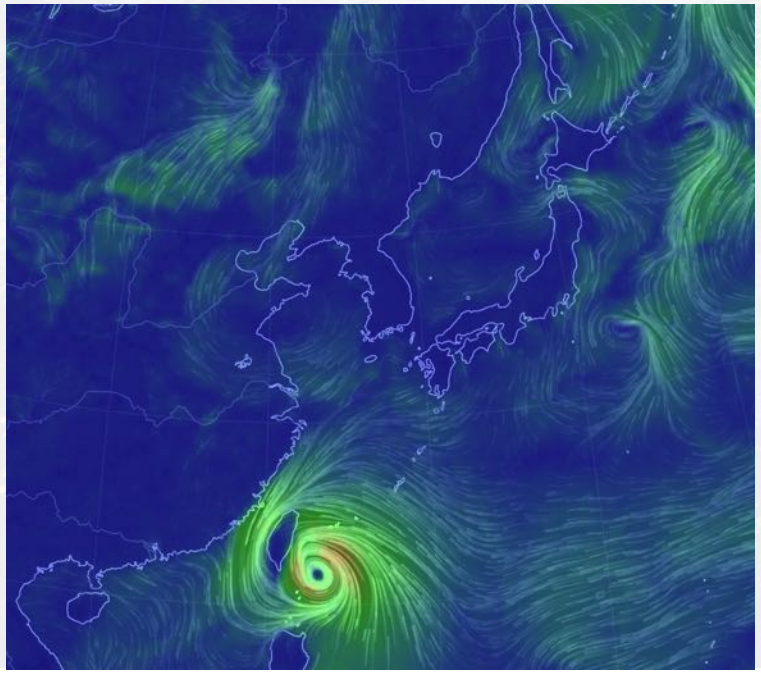
风的概述：季风环流

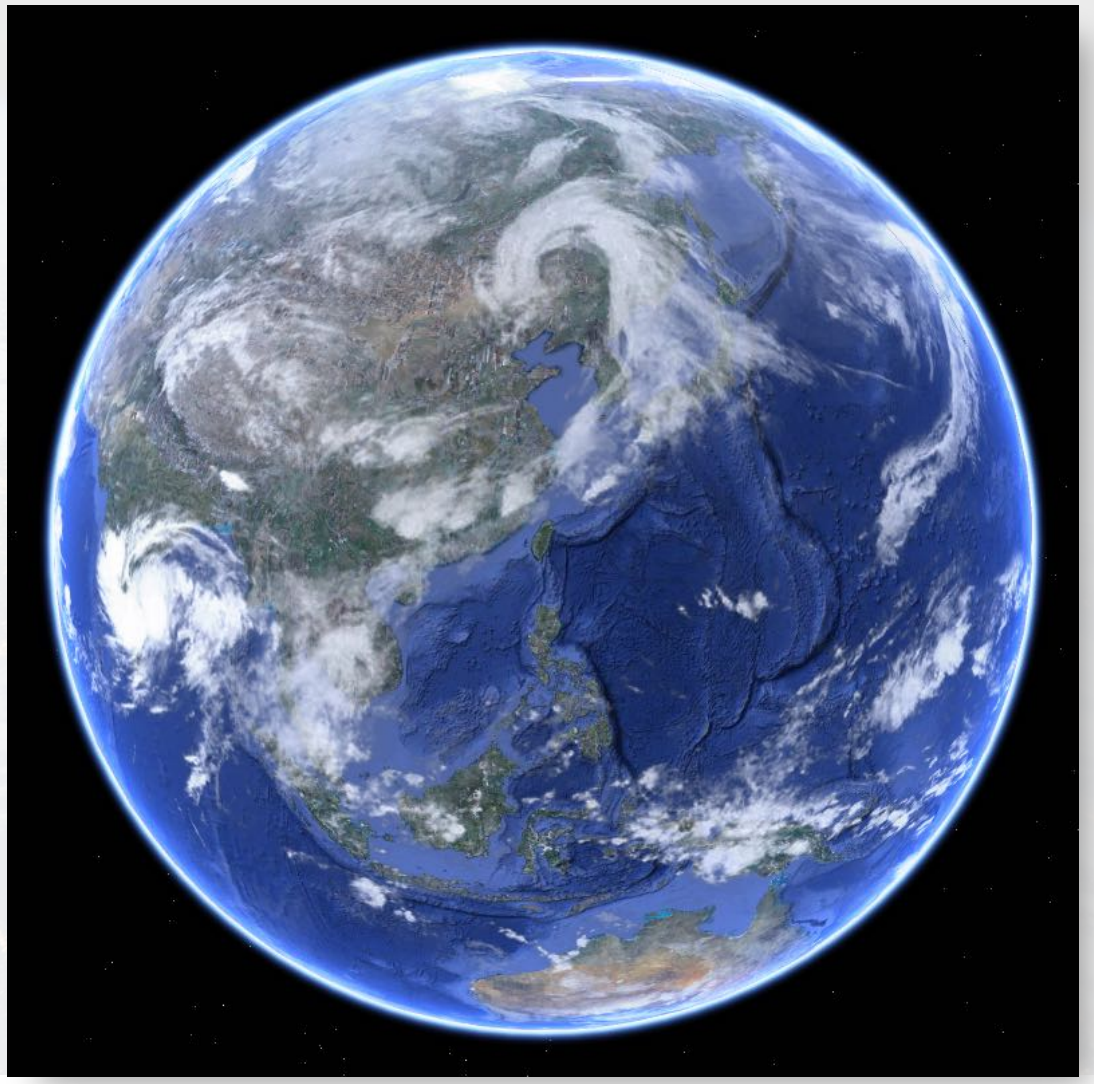
› 太阳对地球的直射点随季节变化而南北移动，对风也有较大的影响，主要集中在亚洲地区



风的概述：局部环流

- 沿海地区由于陆海地区的温差形成的陆海风，地形变化引起的山风
- 行星风系、季风环流、局部环流形成了地球上的风





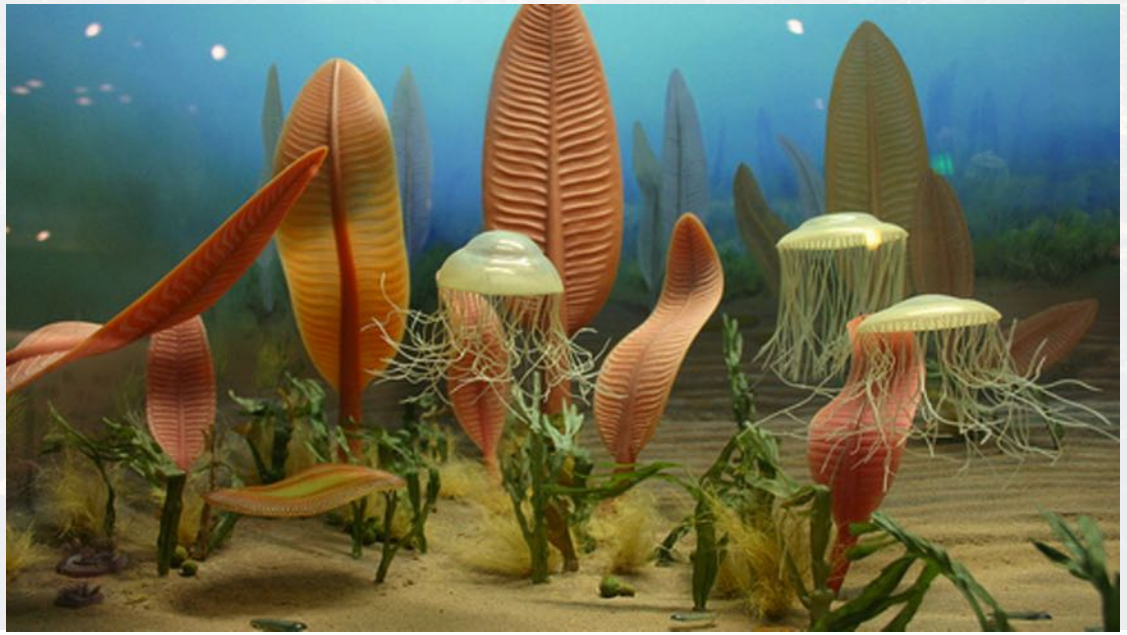
陆上最早的风

- 风是空气的剧烈流动
- 但是空气存在只是风形成的必要条件，并非全部条件，而这些条件也不一定与地球诞生俱来
- 探究风的起源，最大难题是风无法留下痕迹
- 需要从另外间接的角度来研究
- 一个是生物进化的特点
- 一个是地球亿万年来气温演化的特点

风的起源：前寒武纪

- 前寒武纪是地球上洪荒而漫长的地质时期
- 5.7亿年前一直到地球之初，占88%的时间
- 目前了解甚少，完成了地球演化的两件大事

  海洋形成和海洋中出现了生命





风的起源：前寒武纪

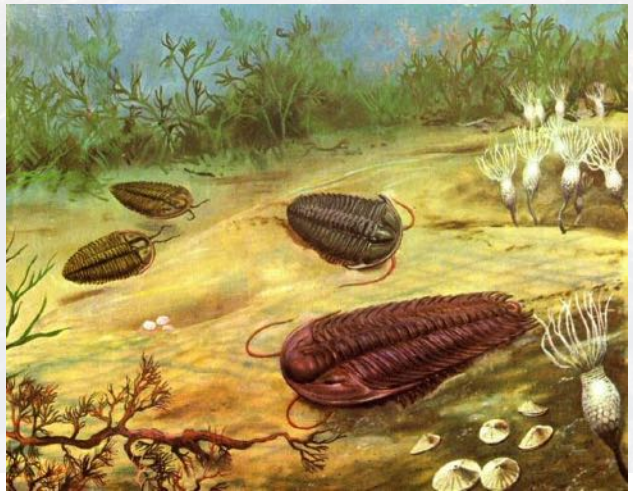
- 2亿年前的联合古陆形成以后，陆海演化过程的认识才较为可靠
- 这段时期的风无法探索，对生命演化也意义不大

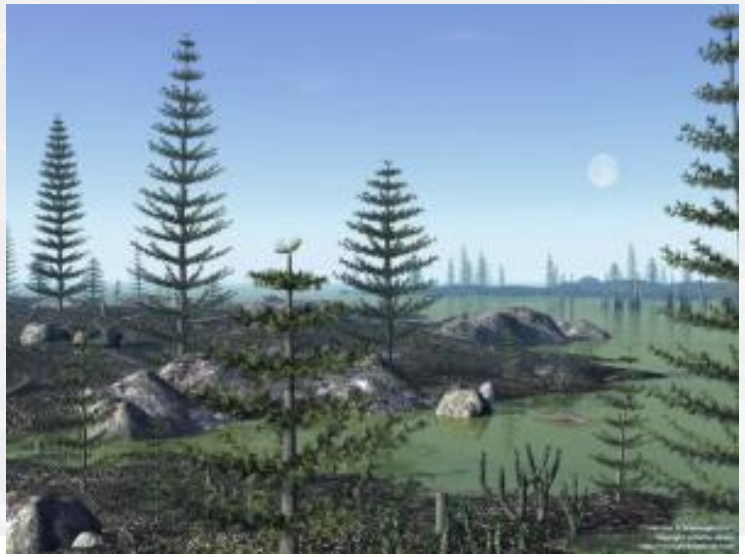


古生代：5.7亿年前至2.5亿年前

- 古生代之初，出现了原因不明的物种大爆发
- 海洋中出现了大量三叶虫等无脊椎动物
- 4亿年前，生命开始向陆上过渡
- 到古生代末期，陆上有大片森林，海中鱼类逐渐分化出生活在岸边两栖动物
- 陆上生物大量出现可以为我们提供风起源证据

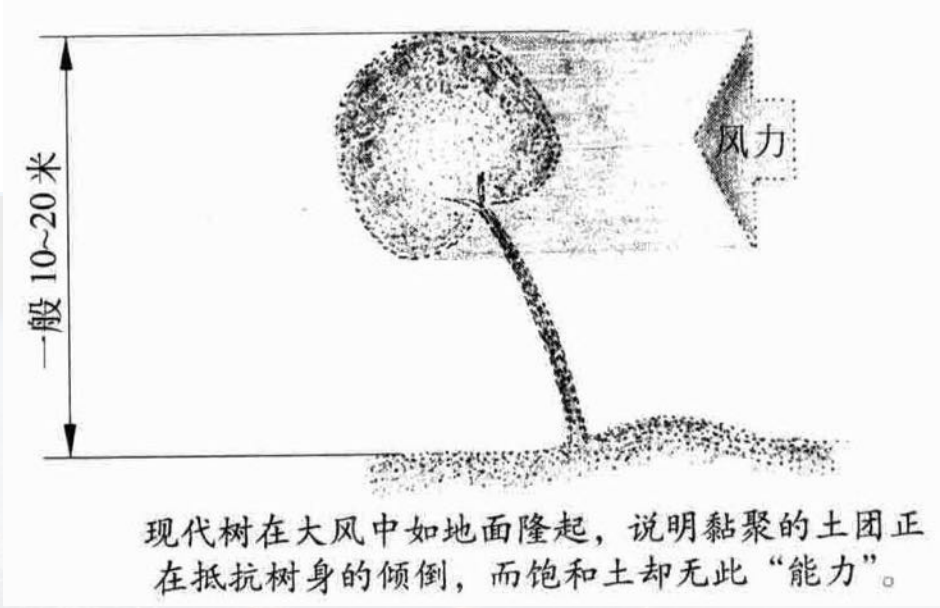






树直立生存的力学原理

- 树的稳定性靠根系固定作用
- 需要具备黏性土形成大土团，抵御大风
- 土壤含水量影响黏性和根系深度



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”。





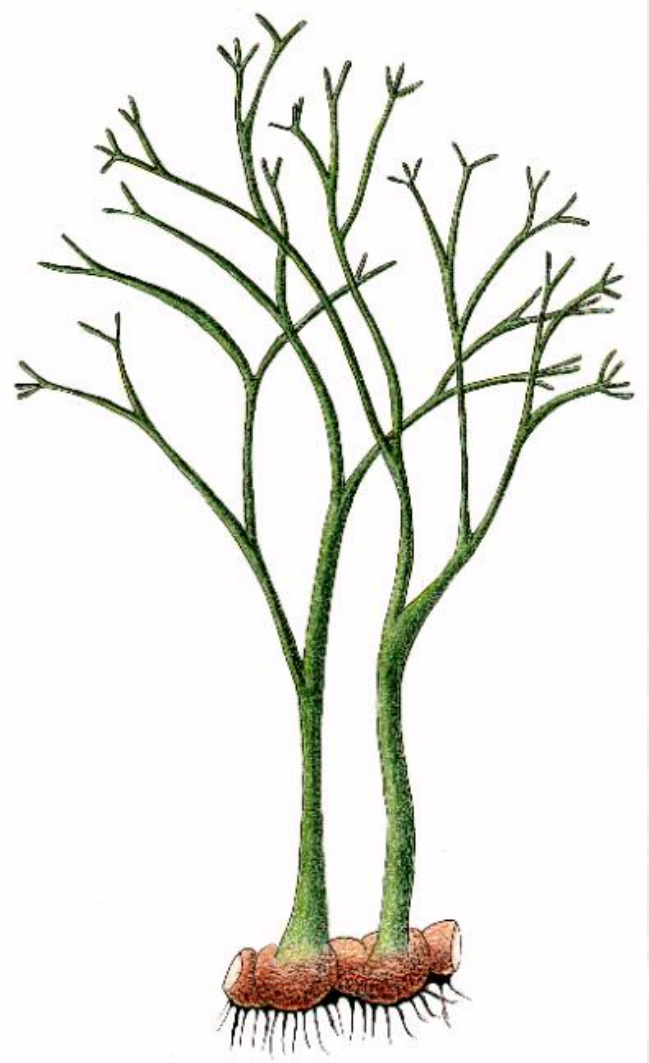
早古生代的植物

- 5亿到4亿年前，地壳运动引起大片深海域变为浅滩和沼泽地；
- 海洋中的植物从完全水生演化为根部靠沼泽，上部躯干靠空气的半陆生植物；
- 最早的半陆生植物是蕨类植物中的裸蕨
- 4亿年前志留纪晚期



裸蕨（Psilopsida）

- 从“光棍”型的光蕨演化到Y型分支的莱尼蕨和工蕨，无叶无根；
- 高度从十几厘米演化到1-2米高，几毫米粗；
- 生存环境要求相当稳定，水位不高不低，风稍大也会折断；
- 裸蕨在3.5亿年前泥盆纪晚期趋于灭绝



晚古生代的蕨类森林

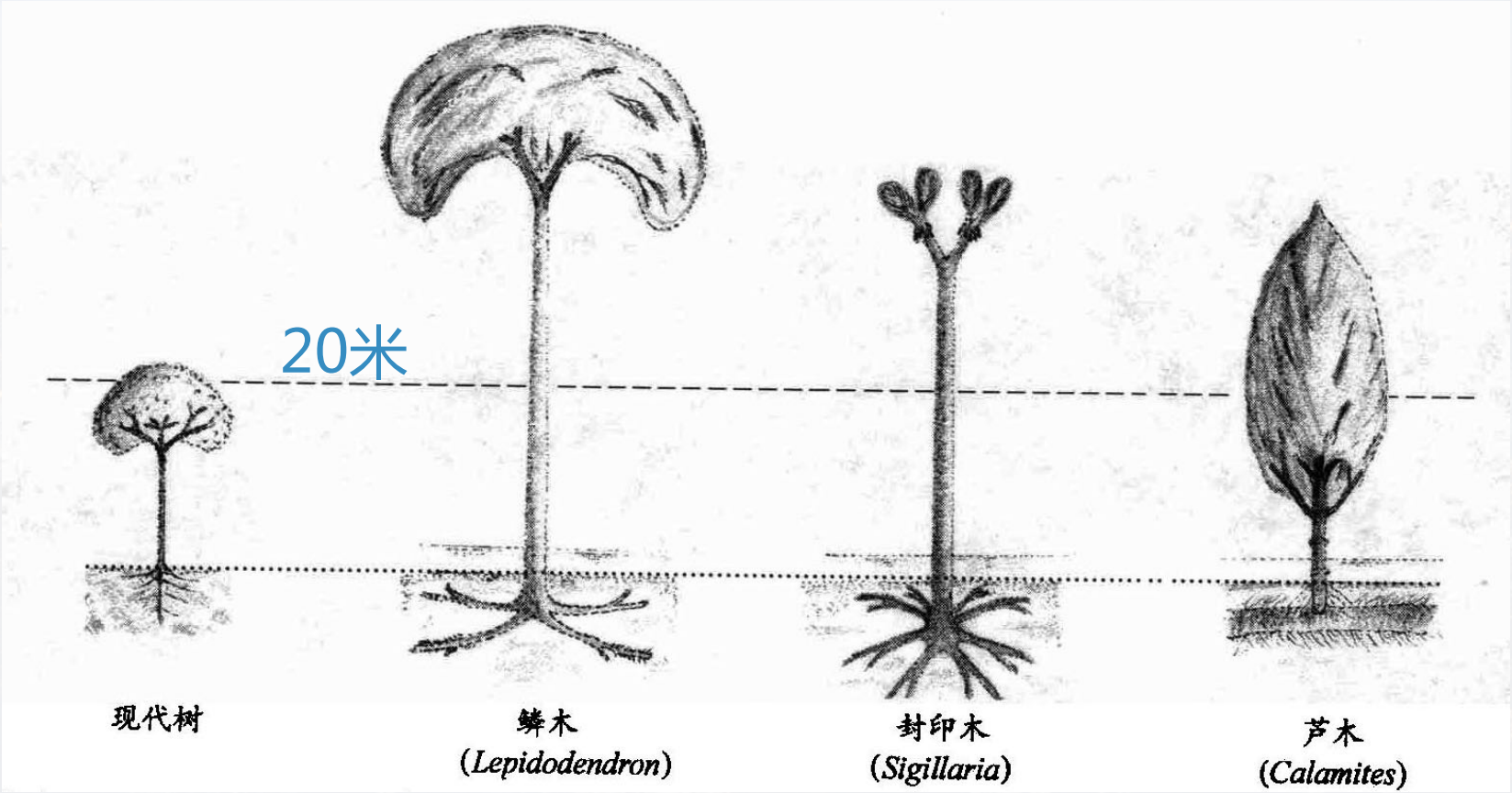
- 裸蕨演化为具有根茎叶分化的陆生蕨类植物
- 石炭纪和二叠纪（3.5～2.5亿年前）形成了繁盛的蕨类森林
- 这是最重要的成煤时期，占世界煤炭储量的一半以上





古蕨类植物和现代树的对比

› 高度和根系的对比



对比：现代浅水中的红树林

- 在海水浅滩，高度低，弓形支撑根系
- 一般生长在少风的热带港湾





对比：现代沼泽中的树林（2018，康加里国家公园）





对比：现代沼泽中的树林（2018，康加里国家公园）





古蕨类植物和现代树的对比

对比项目	古蕨类植物	现代树
高度	高达30-50米，树干直径1-2米	绝大多数20米以下
生长环境	沼泽地和多水湿地	较为干燥的土地
土壤	含水量高，没有黏性，无黏聚力	黏性土，含水量低，具有黏聚力
根系	匍匐状（水平状）四周延展的浅根系	根系发达，深入土壤，盘根错节，形成大土团
环境风	不具有力学稳定性，**推断无大规模风**	能抵抗大风，但夏季连续雨水浸泡，也常有树被大风连根拔起。

中生代：2.5亿~0.65亿年前

- 古生代末期，大面积浅水域和沼泽地逐渐消失，蕨类植物失去繁盛环境条件
- 中生代出现裸子植物，全陆生，靠种子繁殖；
- 从中生代早期的三叠纪中期开始到侏罗纪，恐龙遍布全球，我们需要从恐龙角度推测土壤状态。





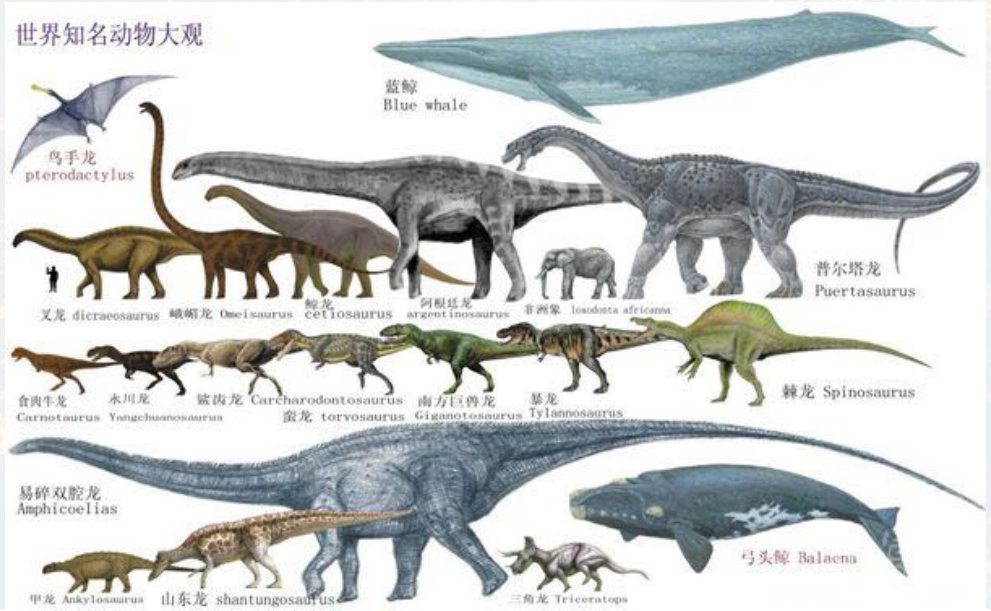
恐龙（Dinosaur）

- 恐龙四足或者两足着地，卵生，喜欢水，能奔跑

  素食恐龙一般长20-30米，重数十至100吨，每天需吃掉近1吨重青树叶，分布于各大陆；

  肉食恐龙：霸王龙体长14米，高6米，重约8吨；

- 何种地面能够支撑这些庞然大物？





现代对比

- 非洲象，重2～7吨，素食，生活在热带平坦地区；
- 汽车，载重超过1吨的汽车，一般需要行驶在专门硬化路面上。





土层的力学分析

- 无黏性的砂土经水浸泡可以自动密实，可以承重；
- 但黏性土经水浸泡则变成稀泥，无法承受荷载；





土层的力学分析

- 而恐龙需要在浅滩活动，应是无黏性砂土

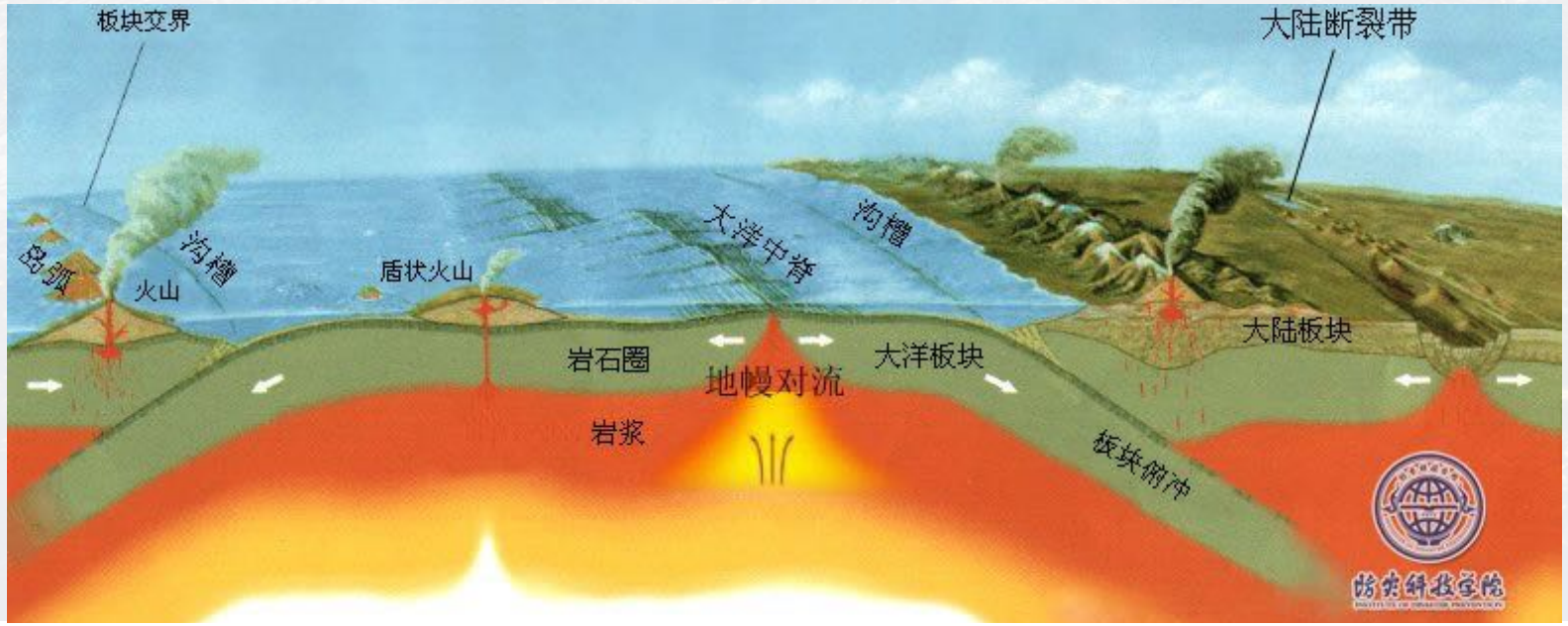
  恐龙化石和其足印化石都在砂岩或有砂岩的地层





大陆漂移与恐龙遍布全球

- 板块运动将古大洋中大小不等的陆地聚集到一起，于2亿年前形成联合古陆（Pangea大陆）；
- 联合古陆开始解体并四向漂移，经过1亿年到新生代趋于今天陆海分布格局；
- 大陆漂移时间上与恐龙繁盛期重叠，恐龙即随着大陆漂移分布到各大洲。



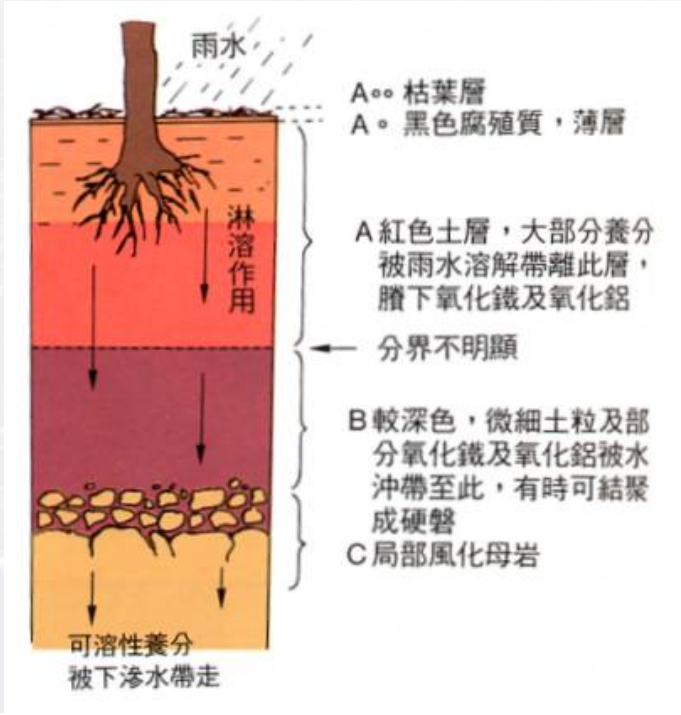
作为恐龙食物的裸子植物森林

- 裸子植物的特点：生长缓慢，无再生能力；
- 中生代土层缺乏黏性，裸子植物和恐龙一道生存在低洼多水地区；
- 再生能力极强的杂草灌木尚未出现，如果要供养全球范围大量恐龙，不能有频繁的大风推倒甚至松动裸子植物森林。



土壤形成影响因素

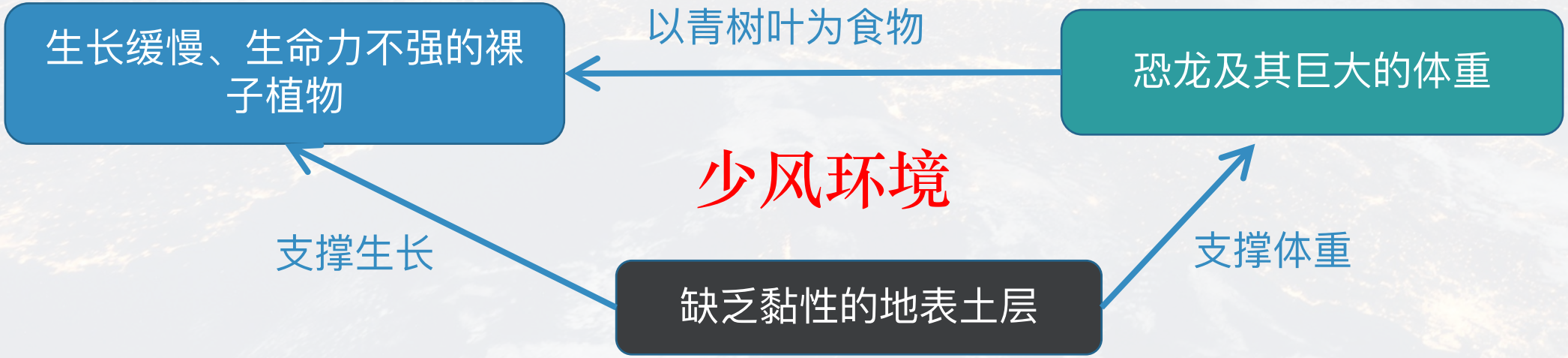
- 各个地质年代的土壤结构并非一样，在古生代和中生代，生物物种及数量远没有新生代丰富；
- 土壤尤其是具有丰富营养的高黏性腐殖土是靠生物作用形成。





土壤形成影响因素

- 古生代和中生代土层在肥力和黏聚力
  都要比新生代尤其是最近的第四纪差很多
- 在地下水位浅又缺乏黏性的土层中生长高达三四十米的大树
  必须少有或者没有大风出现
  才能保证庞大的煤炭储量和全球性恐龙生存。



新生代：6500万年前至今

- 物种走向空前的多样化，出现最高等的被子植物；
- 木本被子植物在新生代第三纪的到大发展；



新生代：6500万年前至今

- 随着环境变迁，出现更具有生命力的草本植物，分布更广
- 早期为双子叶植物（直根系）



新生代：6500万年前至今

› 进一步演化出生命力最为顽强的单子叶植物

如韭菜、蒜和一些杂草；

	根	茎	叶	举例	花瓣数
双子叶植物	 直根系	维管束环状排列  具有形成层	 网状脉	榕、豆类、樟、瓜类等	4或5的倍数
单子叶植物	 须根系	维管束散生分布  形成层较不发达	 平行脉	稻、玉米、麦、高梁等	3或3的倍数

※ 茎深色部分为木质部，白色为韧皮部

新生代：6500万年前至今

- 新生代末期才进化出现与人类生存关系极为密切的单子叶禾本科植物，能抵御恶劣环境
- 成为人类淀粉食物主要来源。



草本植物演化影响因素

- 草本植物两个显著特点，说明了从新生代第三纪开始陆地上已有相当规模的风和雨；
- 草本植物根系很浅，只能吸收降水形成的地表土壤水，没有降水，草本植物难以存活；



草本植物演化影响因素

- 草本植物多以风媒繁殖，尤其是野生分布最广的禾本科植物全部是风媒繁殖

  而草本植物茎杆十分矮小，不到1米

  只有地面风力达到一定强度才有效果，考虑地面对风的摩擦减弱作用，高空的风力要更强。



风媒主粮

› 人类的主粮小麦、水稻、玉米均为风媒禾本科

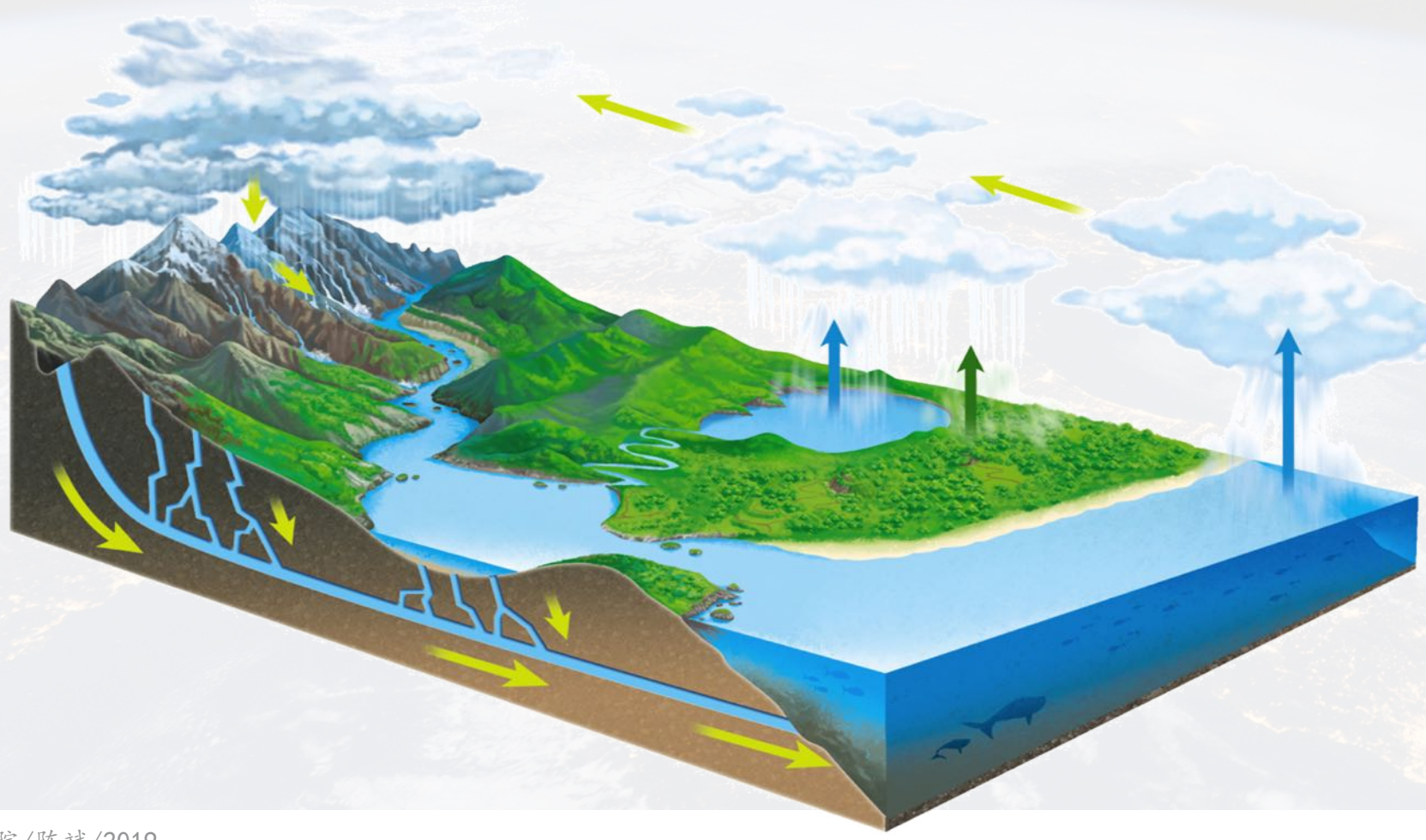






草本植物演化影响因素

› 草本植物两个显著特点，说明从新生代第三纪开始陆地上已有相当规模的风和雨；



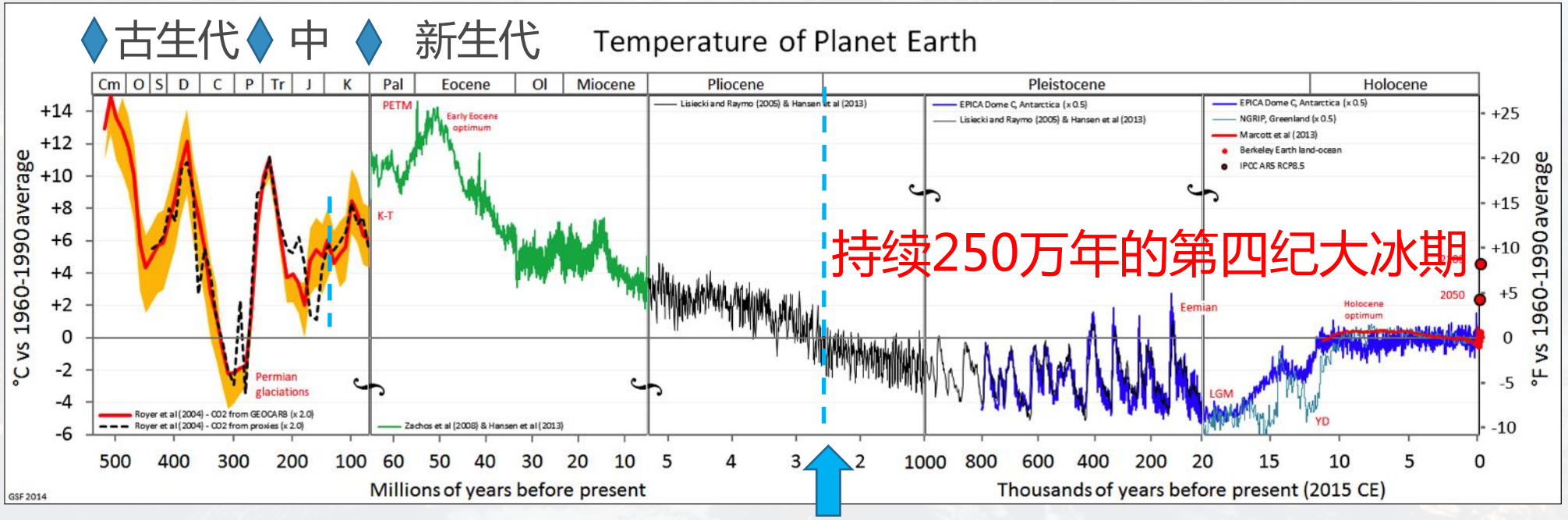
从古气候看风的起源

- 由于风是空气的剧烈流动，自然界中空气驱动力源头在于温差：
- 温差越大空气流动越剧烈；
- 温差越小空气流动就越和缓；
- 由于赤道和低纬度地区总是较热，关键在于中高纬度地区气温



古气候总体概念

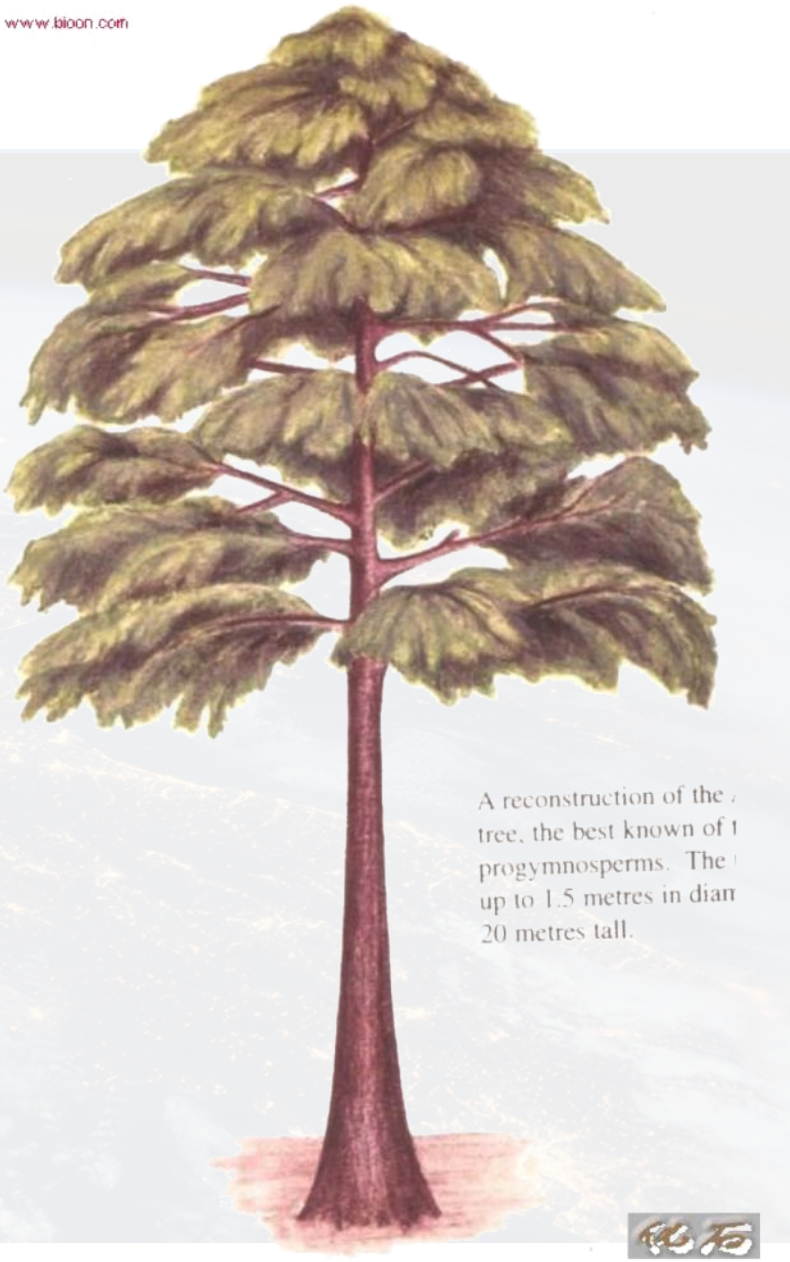
- 从寒武纪（5.7亿年前）以来，90%以上的时间全球气温一直偏高；
- 中生代的1亿年间到达气温最高峰，并开始下降；
- 进入新生代明显下降，新生代中后期加速下降，极地地区开始出现冰雪累积



古气候气温的证据

- 我们考虑风起源的晚古生代和中生代而言，全球气温总体偏高
- 即使是晚古生代（2.8亿年前）的大冰期，也只有在南半球中高纬度发现冰川
- 而在北半球的高纬度地区仍有古羊齿植物生存而无冰川





现代全球气温

- 极地常年覆盖冰雪；

  北极地区210万平方公里冰川，浮冰海域；

  南极大陆1410万平方公里冰川，更大范围浮冰；

- 赤道和两极之间巨大温差，可达100度；

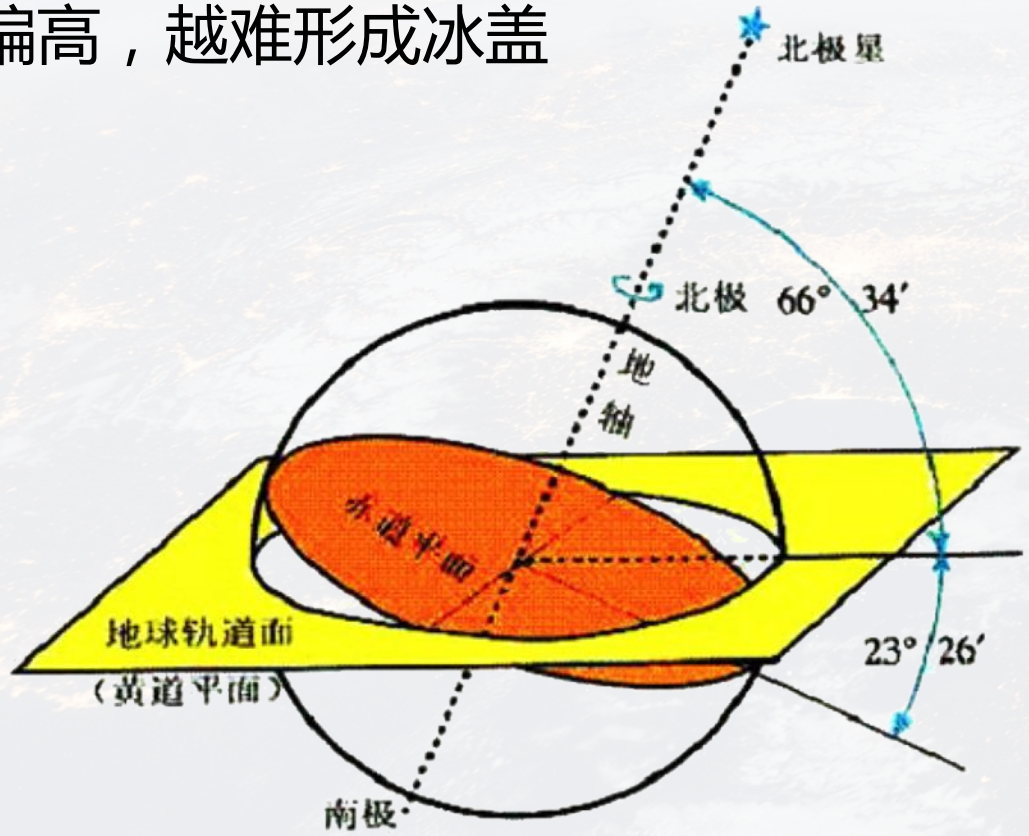
  形成行星风系的基础

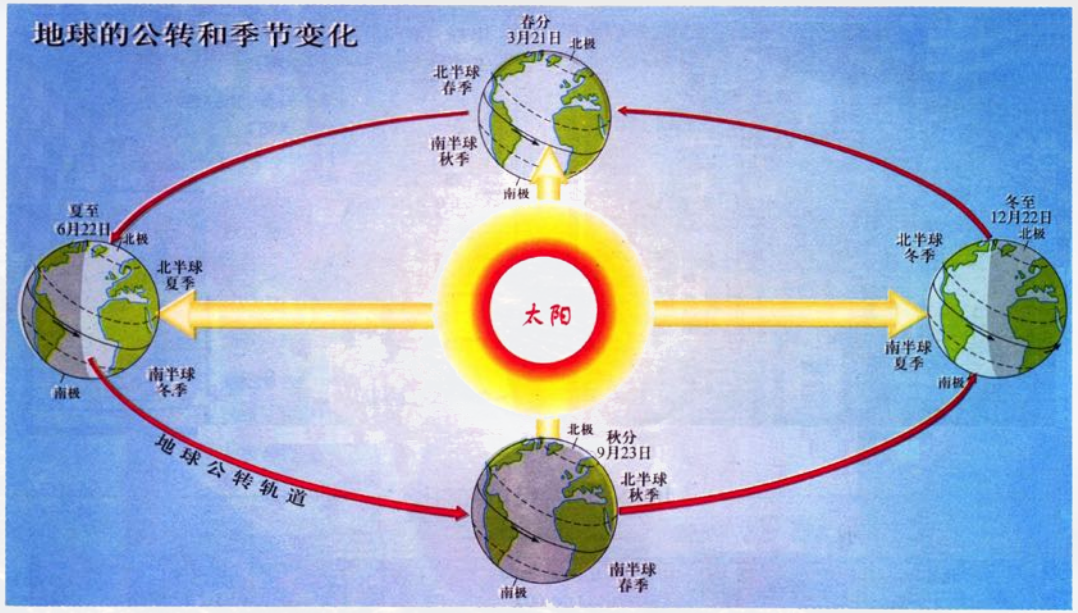


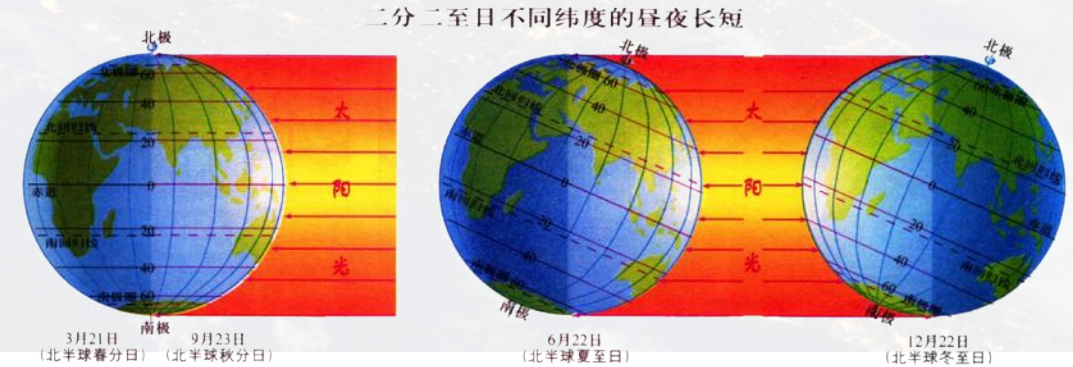


古气候气温偏高的可能原因

- 地轴和地球公转轨道面的交角变化
- 地轴越接近垂直，两极地区气温就偏高，越难形成冰盖





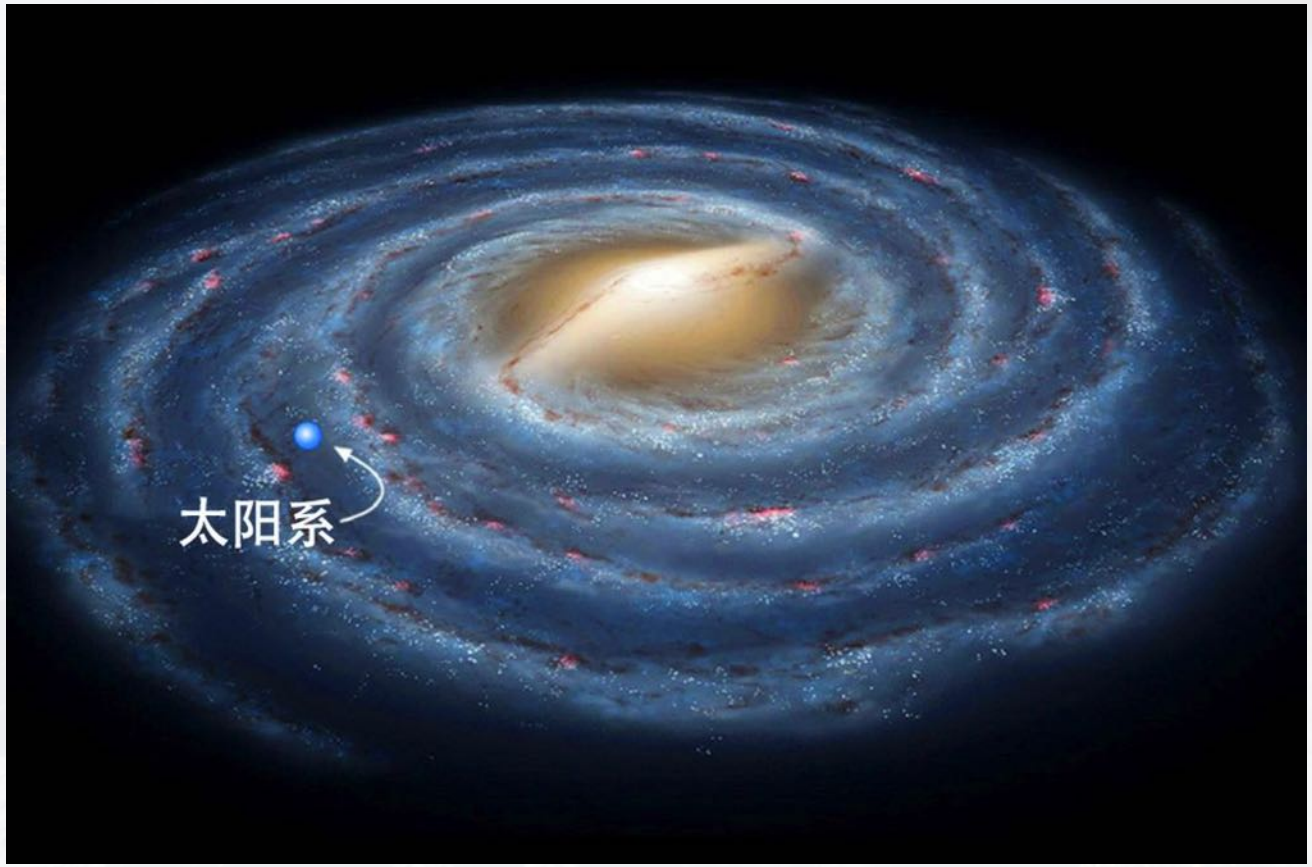


古气候气温偏高的可能原因

- 而大冰期出现多认为是太阳系在银河系中公转的位置导致，近银心气温就低

  太阳系绕银河系公转周期约2.26亿年

  晚古生代有一次大冰期，距今2.8亿年

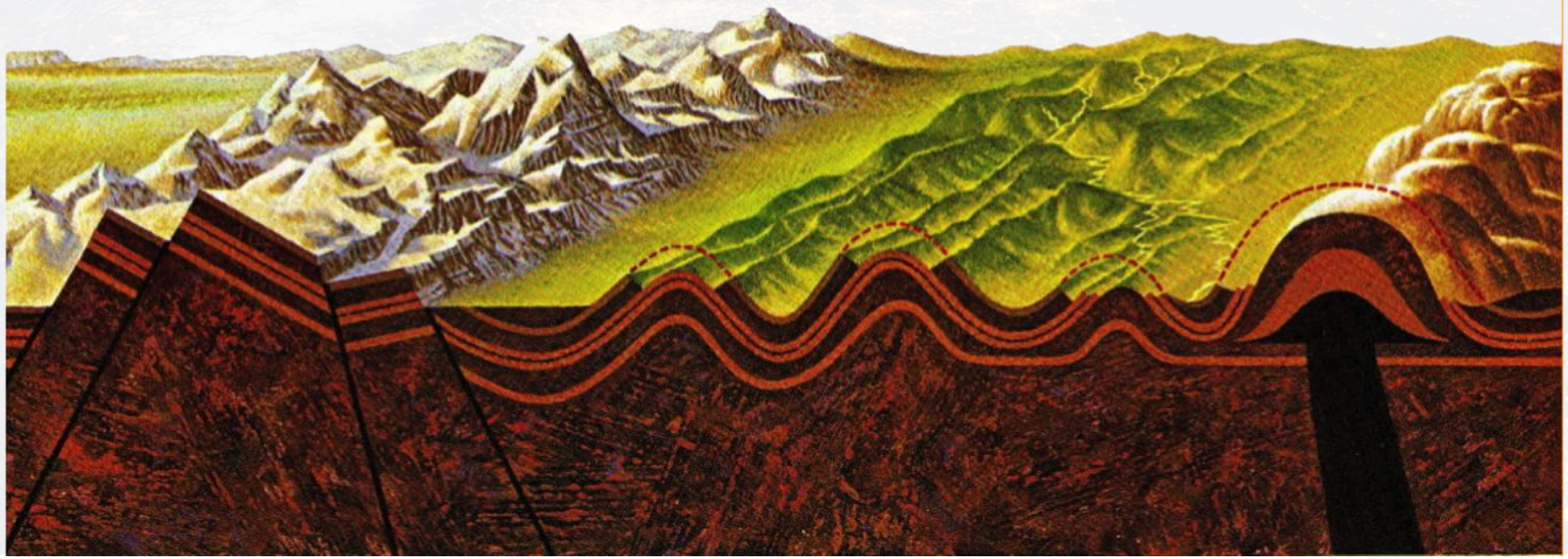


地形演化因素

› 板块构造学说认为现代地球上的陆海分布和大多数山脉、岛屿都是在大陆漂移过程中形成的；

大陆漂移始于2亿年前的联合古陆解体

多样性气候依赖于复杂海陆分布格局和复杂陆上地形条件

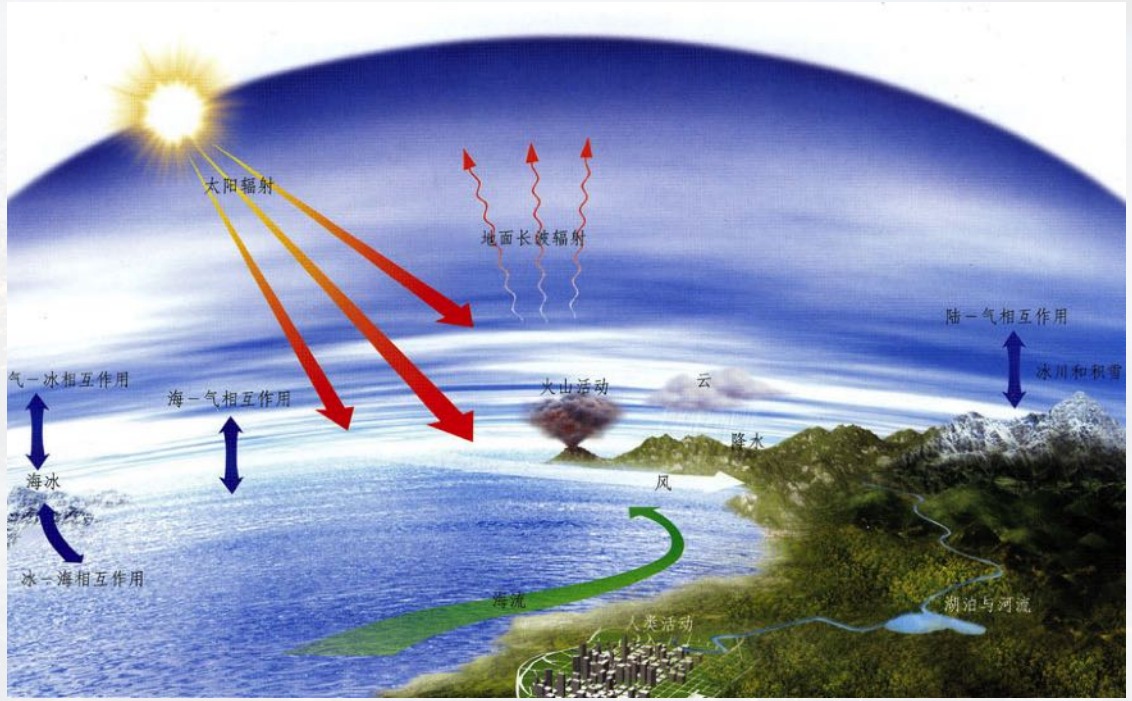


2018年，西伯利亚



古气候中季风环流和局部环流

- 由陆海热力差异引起的季风环流，在均衡高温和地形简单（大片浅水域）的条件下无法形成；
- 局部环流主要依赖地形，晚古生代到中生代并无复杂地形
- 中生代中期后地球表面才逐步走向复杂化



新生代以后

- 全球表面形状复杂化，逐步接近现代格局；
- 气温持续下降，高低纬度温差逐年拉大；
- 在两极地区形成永久冰盖；
- 形成大规模的风
  - 行星风系
  - 季风环流
  - 局部环流



风的演化和意义


气温
由高温持续降低
（永久冰盖）
地形
由简单到复杂
（陆海格局，陆上地形）
四季出现
大规模的风
雨水带来陆地淡水资源
动植物向陆生演化

【H2】风的舞台

- 风的种类和分布
  - +各种风，以及在世界范围的分布情况
  - +地球上的无风带
- 风对生物的作用
  - +利用风的植物和动物
- 风主演的历史
  - +信风与大航海时代的贸易
  - +关于风的著名战役
- 其他行星上的风
  - +火星、木星、土星等其它行星上的风？
- 地球历史上的几次大冰期
  - +大冰期对生物的影响
  - +趣谈电影《冰河世纪》的地质历史时期
- 全球变暖对气候的影响
  - +史前全球变暖事件PETM简介
  - +电影《后天》中的科学原理探究
- 其它关于风的选题，欢迎补充！