

# 地球与人类文明

## 02 / 宇宙与地球起源

陈斌 [gischen@pku.edu.cn](mailto:gischen@pku.edu.cn) 北京大学地球与空间科学学院

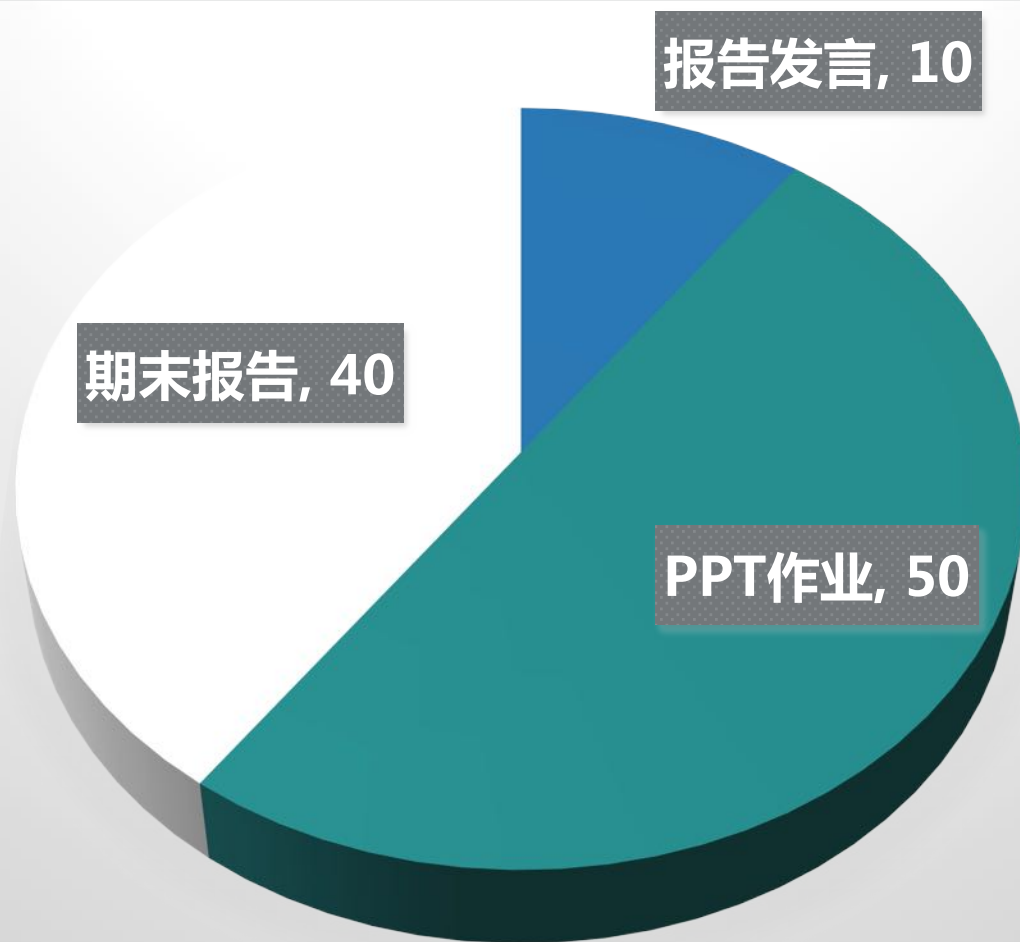


# 关于分组

- › 原则：每组不超过5人
- › 自由分组，填写表单，选择组号
- › 分组后，将对应一位助教
- › 实验和实习也将以组团为单位
- › 请到课程网站登记分组、抢注组名



# 关于总评（调整）



# 关于PPT作业和课堂报告

- › PPT作业以组为单位编写（约5次）  
周日晚DDL完成提交
- › 助教选出优秀PPT作业进行课堂报告  
课堂报告每次1人  
每次报告不超过15分钟  
每次报告至少提出1个讨论问题
- › 评分  
PPT作业（6~10分）计入PPT作业分  
课堂报告（5~10分）计入报告发言分  
平时发言（1分）也计入报告发言分





# 目录

## › 宇宙的起源

奇点、能量、基本粒子、光、原子、恒星、星系

宇宙的最终命运

## › 太阳系形成和组成

太阳系在银河系中的位置

太阳及行星的形成过程

太阳系组成和大小

## › 地球和月球

地球和月球的形成过程和相互影响

地球的位置、尺寸、结构、磁场

地球表面的演变过程



# 宇宙的起源：大爆炸

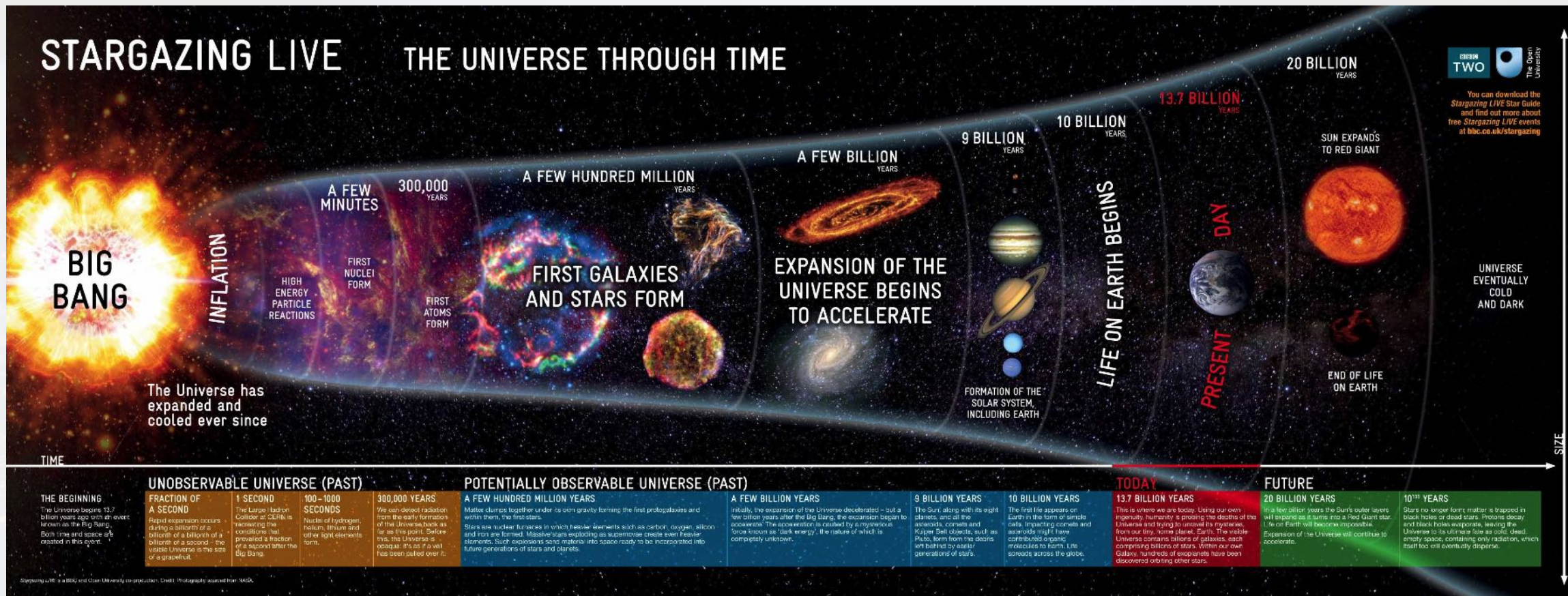
- 一切从137亿年前的一点开始：  
所有一切的开端：能量、时间、空间、物质





# 大爆炸之后：宇宙历史

› 能量→时间→空间→物质→结构



# 宇宙时间线

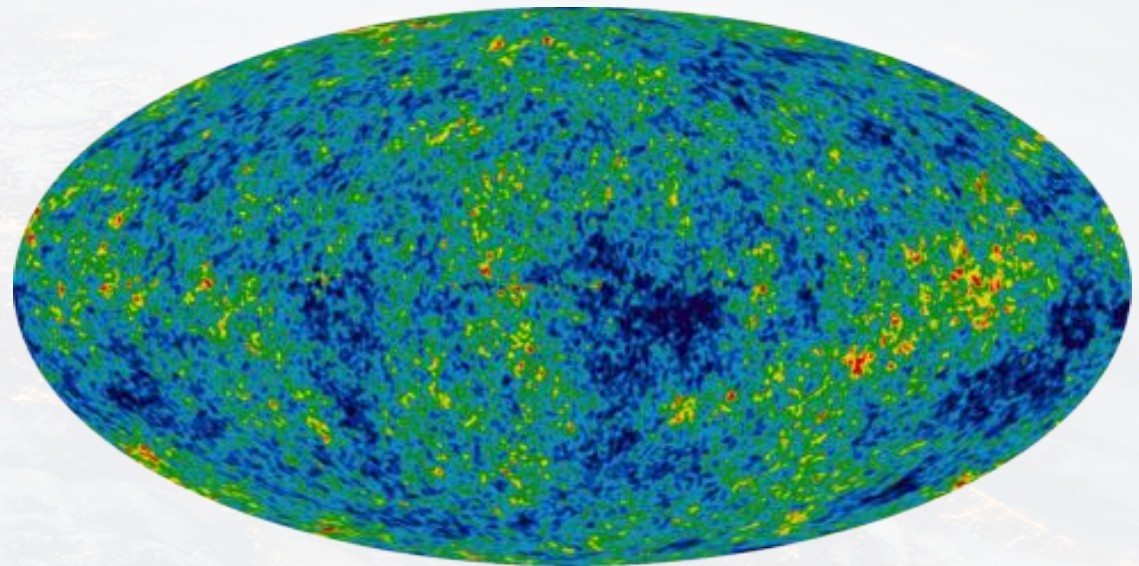
地球与人类文明

| 时间           | 空间                  | 能量          | 物质与结构                            |
|--------------|---------------------|-------------|----------------------------------|
| 0            | 0                   | 无穷          | 没有物质，只有能量                        |
| $10^{-32}$ 秒 | 几厘米                 | $10^{27}$ 度 | 暴胀期，夸克，电子，光                      |
| $10^{-6}$ 秒  | 十万亿分之一              | $10^{13}$ 度 | 形成原子核构件：质子，中子                    |
| 3分钟          | 十亿分之一               | 1亿度         | 最简单的氢氦原子核形成                      |
| 38万年         | $0.0009x \sim 0.1x$ | 3,000度      | 形成原子，人类能探测到的宇宙微波背景辐射，无发光体，进入黑暗时期 |
| 1000~1700万年  |                     | 0-100度      | 有趣的宇宙早期 “适居时期”                   |
| 3亿年          | $0.1x$              | -260度       | 第一颗恒星开始闪耀，核聚变导致重元素开始形成（碳、氧、硅、铁）  |
| 100亿年        | $0.77x$             |             | 暗能量引起宇宙加速膨胀                      |
| 137亿年        | $1x$                | -270度       | 今天的宇宙，持续膨胀，恒星和星系更难形成             |



# 有趣的“适居时期”

- › 宇宙温度从数千亿度下降到现在的-270度，必定经过0-100度这个阶段
- › 宇宙诞生1000-1700万年之间，平均温度正是这个温度，这是能够存在液态水的温度
- › 那么，在这段时间里会不会产生生命呢？



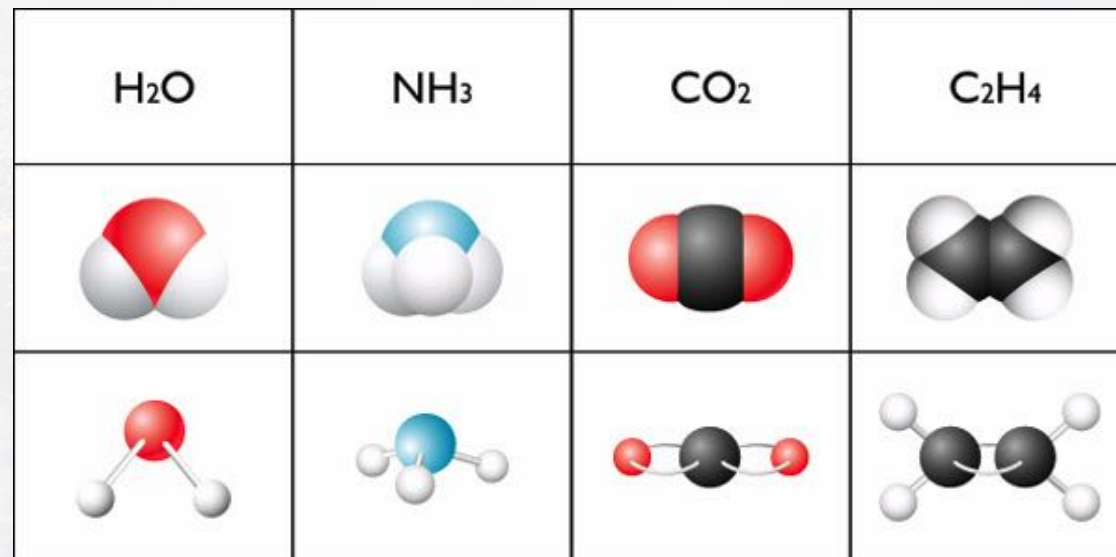
大爆炸后38万年，微波背景辐射

# 有趣的“适居时期”

## 主要问题有：

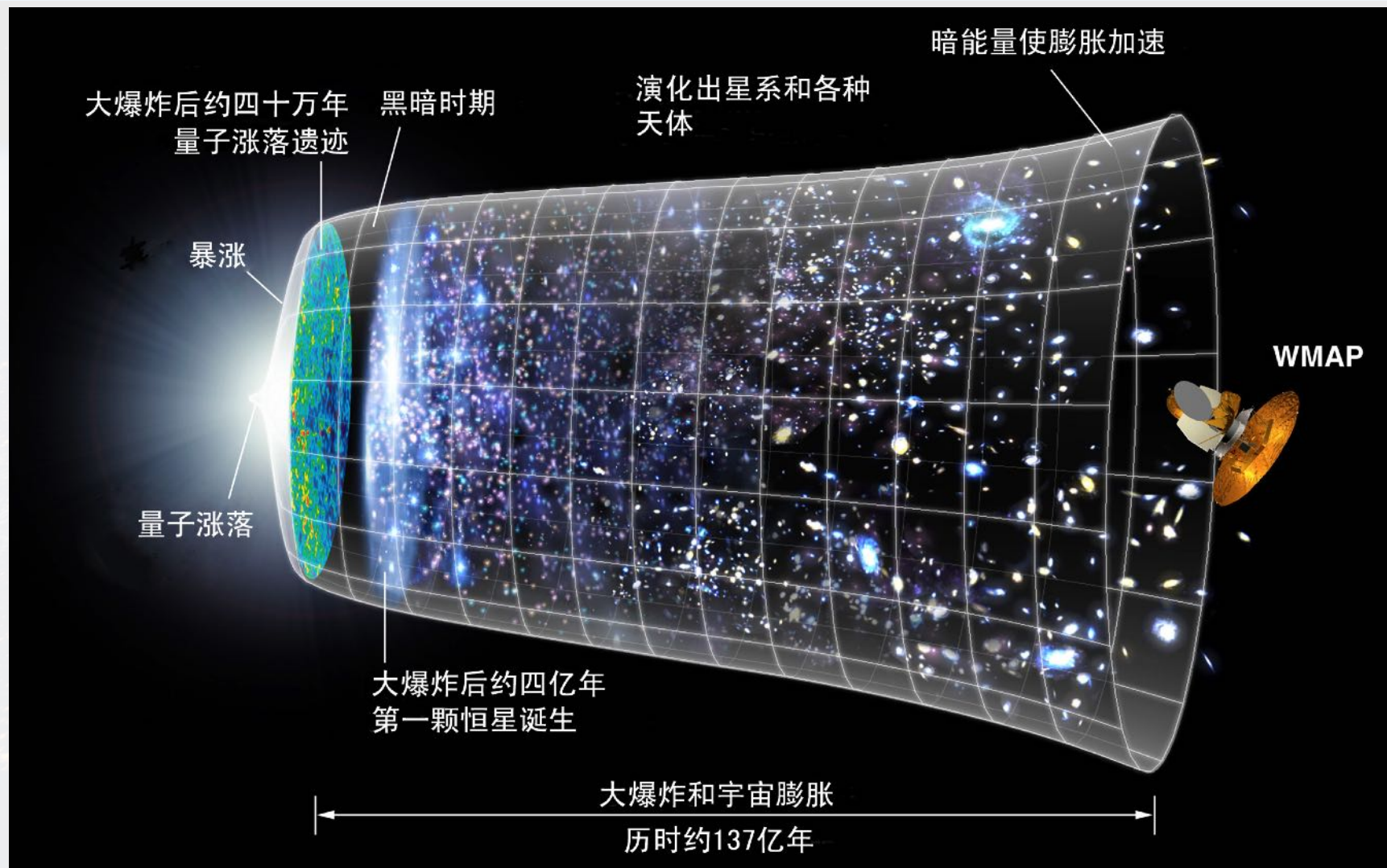
水除了氢元素，还需要氧元素，生命需要碳元素，那么早的早期，没有出现恒星进行核聚变的话，碳氧这样的重元素难以出现；

“适居时期”仅有700万年的很短时间，可能不够演化到生命。





# 时间与空间





# 宇宙的大小？

- › 宇宙的年龄137亿年
- › 我们无论向哪个方向观察，都是看到宇宙的过去
- › 那么，宇宙半径就是137亿光年么？





# 宇宙的大小？

- › 实际上，考虑宇宙膨胀的因素，“  
可观测宇宙”的直径是930亿光年
- › 可观测宇宙包含了：  
1000亿个象银河这样的星系  
每个星系有1000亿个象太阳这样的恒星



# 漫游宇宙

地球与人类文明

## Cosmic Eye

a state-of-the-art view of the universe

version 2.0

Danail Obreschkow



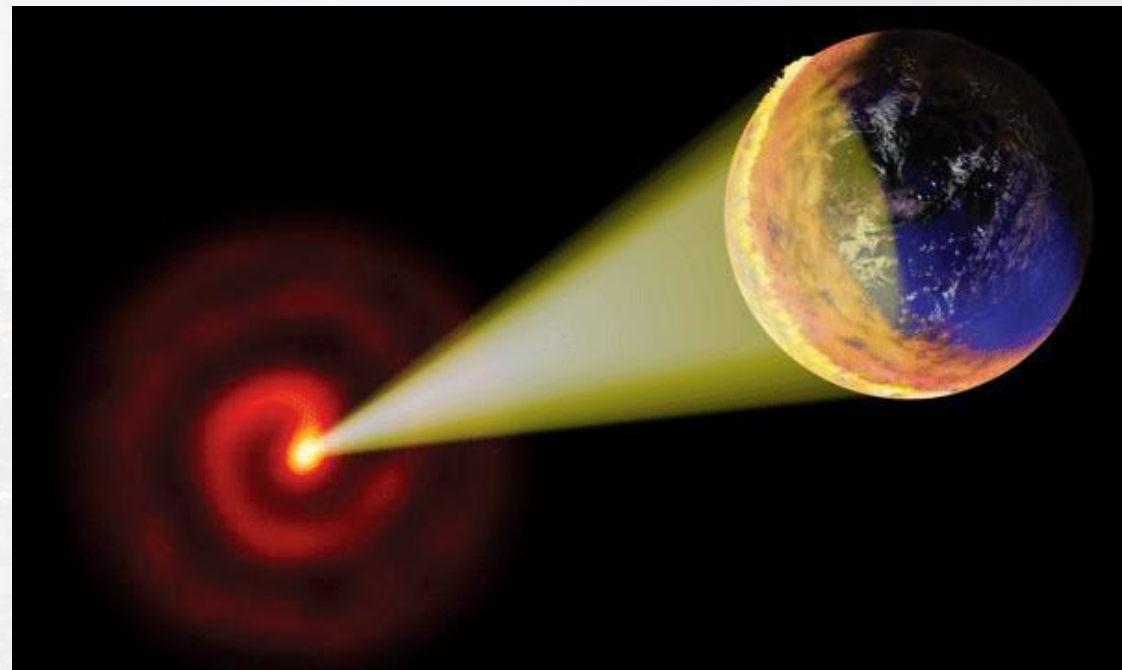
# 宇宙中的生命

- › 目前所知只有地球上存在生命和智慧文明
- › 宇宙如此之大，
- › 地球是孤独的么？
- › 人类是孤独的么？
- › 泛种论Panspermia
- › 外源论Exogenesis



# 危险的宇宙：伽马射线暴

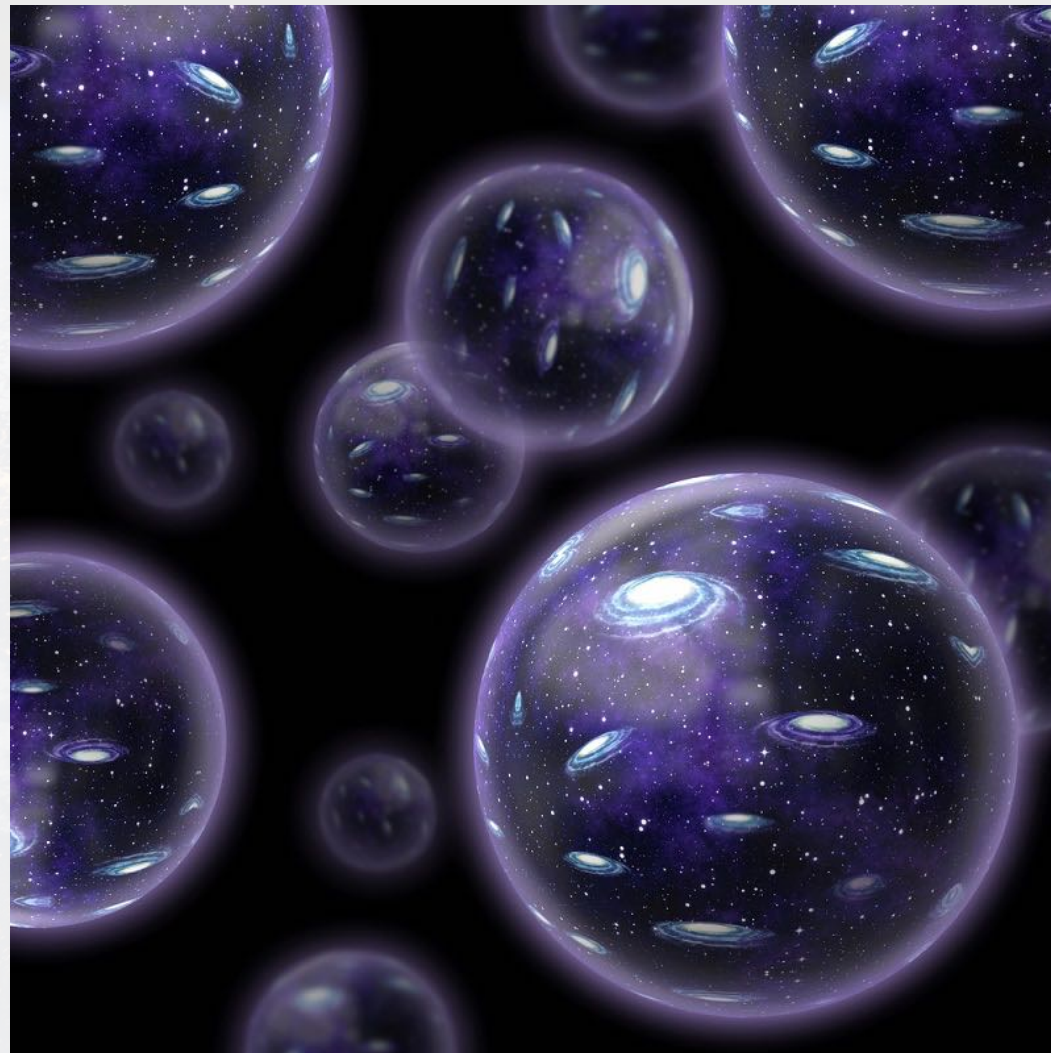
- › 超新星爆炸产生穿透力极强的**高能电磁波**
- › **破坏DNA**，所到之处生命几乎完全灭绝
- › 地球的第一次**物种大灭绝**出现在6亿年前的奥陶纪，理论认为是伽马射线爆袭击导致75%物种消失
- › 对宇宙**生命演化**有巨大影响





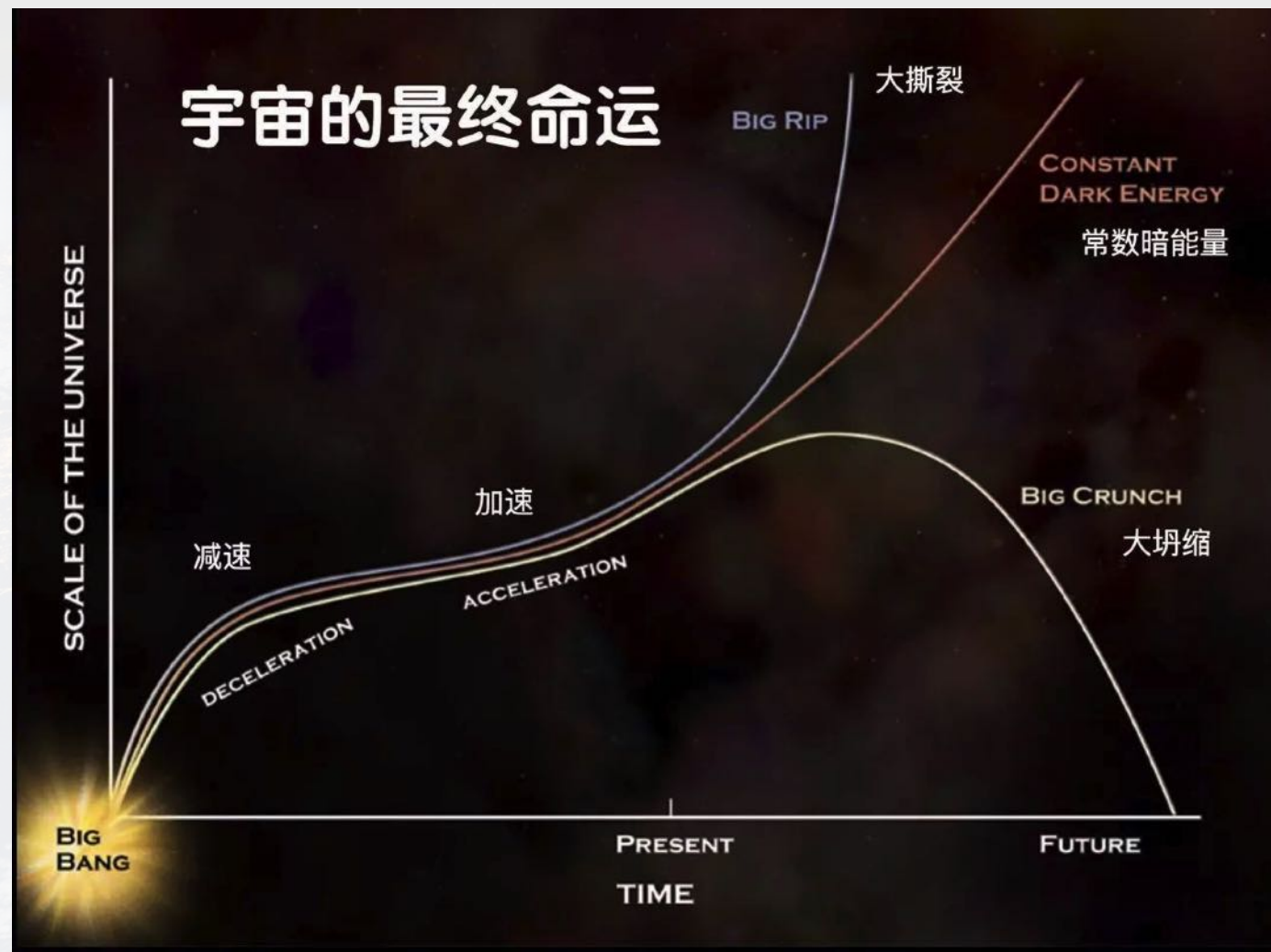
# 关于宇宙的疑问

- › 大爆炸之前发生了什么事情？
- › 大爆炸是在哪里发生的？
- › 宇宙之外是什么？
- › 平行宇宙？



# 宇宙的最终命运

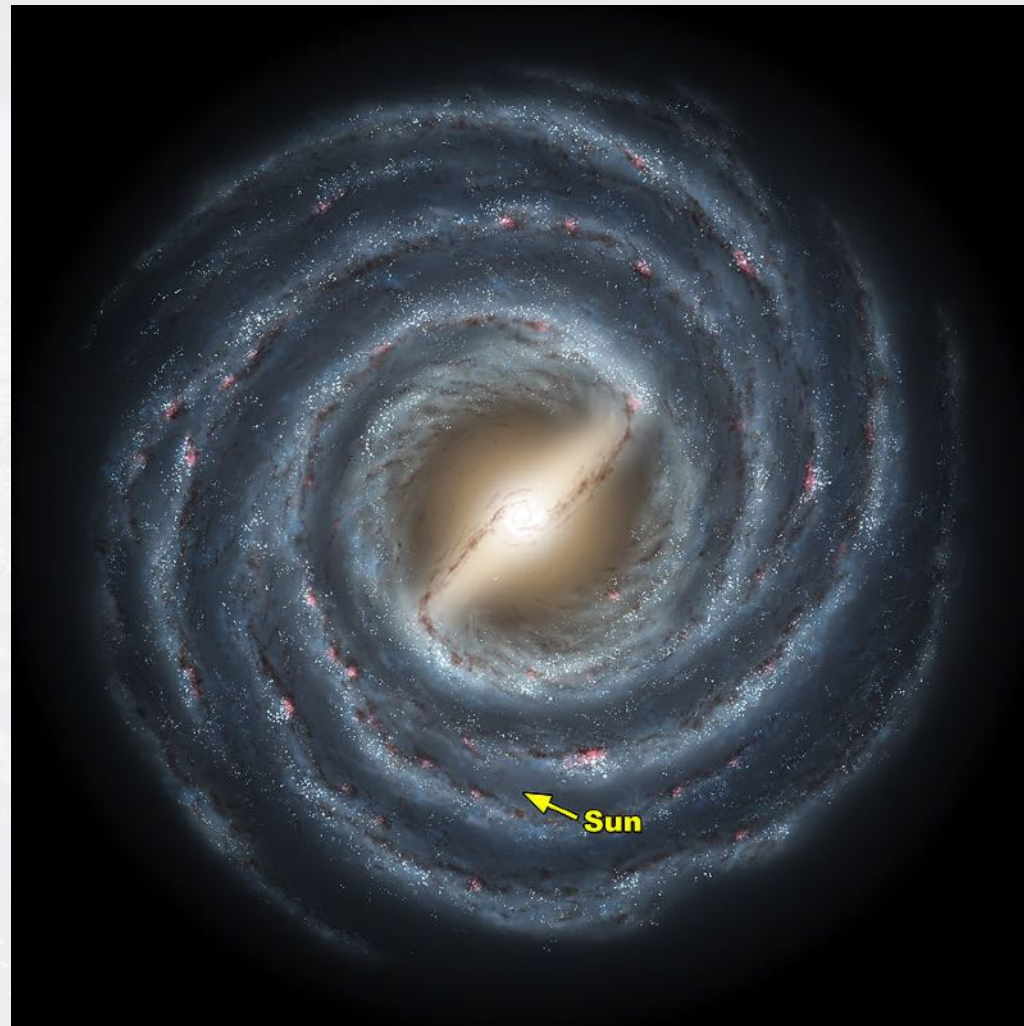
- › 宇宙热寂说  
科幻“The Last Question”  
(课程网站搜索)
- › 大坍缩 “Big Crunch”
- › 大撕裂 “Big Rip”
- › 大反弹 “Big Bounce”  
无限循环





# 银河系

- › 银河系Milky Way是包含太阳系的星系
- › 圆盘状直径10万光年；
- › 中心厚度1.5万光年；
- › 包含2000亿颗恒星；
- › 太阳系距离中心2.7万光年，绕行周期为2.2亿年；
- › 最老的恒星几乎跟宇宙一样古老。





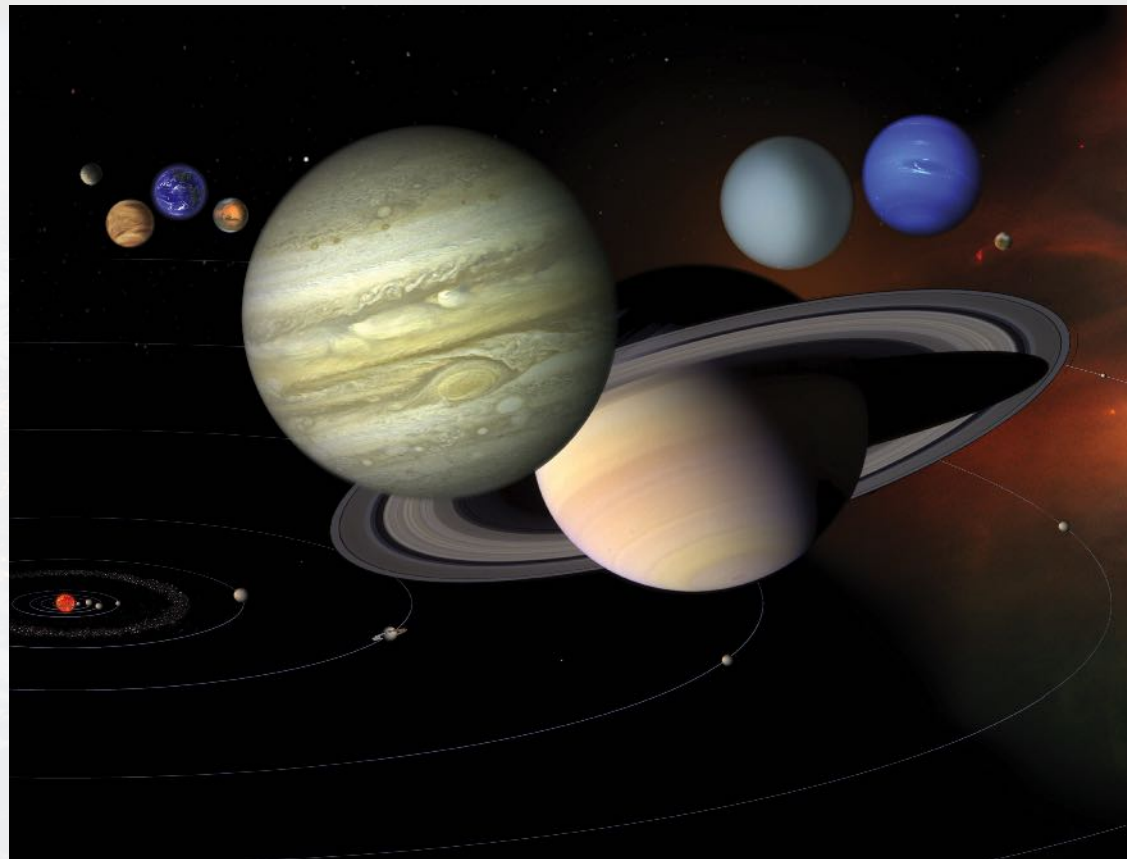
# 银河系





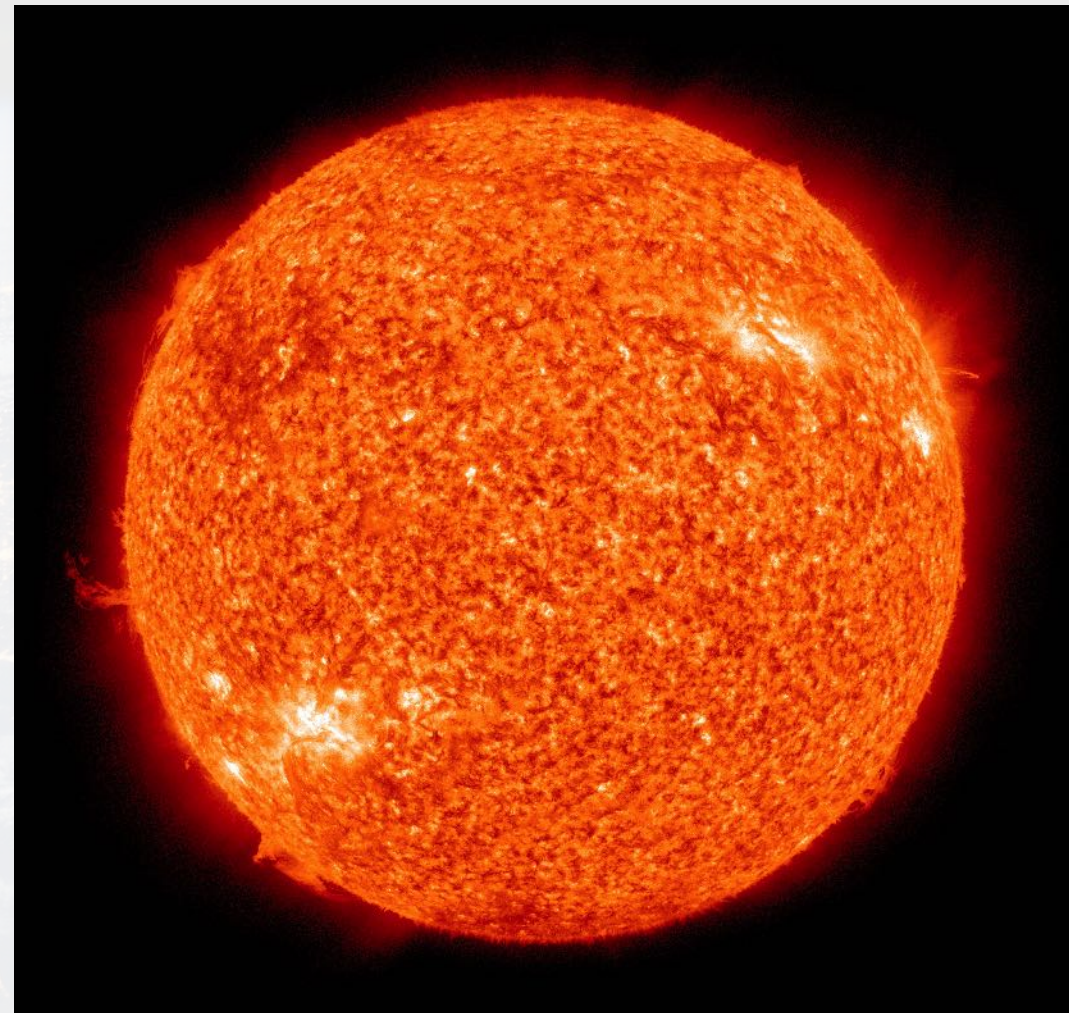
# 太阳系

- › 太阳系Solar System是包含地球的行星系统
- › 46亿年前由氢分子云引力坍塌形成，引发核聚变，开始燃烧
- › 核聚变产生大量重元素，形成行星
- › 太阳到地球的距离是太阳系距离单位AU（天文单位），1.5亿公里，8光分。



# 太阳

- › 完美球体，半径69.6万千米，地球的109倍
- › 质量是地球33万倍，集中了整个太阳系99.86%的质量
- › 寿命100亿年，但10亿年以后将导致地球升温至不存在液态水
- › 辐射功率 $3.86 \times 10^{26}$ 瓦





# 太阳的化学成分

地球与人类文明

| 氢      | 氦      | 氧     | 碳     | 铁     | 氖     | 氮     | 硅     | 镁     | 硫     |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| H      | He     | O     | C     | Fe    | Ne    | N     | Si    | Mg    | S     |
| 73.46% | 24.85% | 0.77% | 0.28% | 0.16% | 0.12% | 0.09% | 0.07% | 0.05% | 0.04% |

元素周期表

| 周期 | 族 | I A                                    | II A                                   | III B                                                  | IV B                                                   | V B                                                    | VI B                                                   | VII B                                                  | VIII                                                   | IX                                                     | X                                                      | I B                                                     | II B                                                    | III A                                                  | IV A                                                   | V A                                                    | VI A                                                   | VII A                                                  | 0                                                      | 电子层                        | 0 族                           | 电子数 |
|----|---|----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----|
| 1  |   | 1 H<br>氢<br>1.008<br>1s <sup>1</sup>   |                                        |                                                        |                                                        |                                                        |                                                        |                                                        |                                                        |                                                        |                                                        |                                                         |                                                         |                                                        |                                                        |                                                        |                                                        |                                                        | 2 He<br>氦<br>4.003<br>1s <sup>2</sup>                  | K                          | 2                             |     |
| 2  |   | 3 Li<br>锂<br>6.941<br>2s <sup>1</sup>  | 4 Be<br>铍<br>9.012<br>2s <sup>2</sup>  |                                                        |                                                        |                                                        |                                                        |                                                        |                                                        |                                                        |                                                        |                                                         |                                                         | 5 B<br>硼<br>10.81<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>   | 6 C<br>碳<br>12.01<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>   | 7 N<br>氮<br>14.01<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>   | 8 O<br>氧<br>16.00<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>   | 9 F<br>氟<br>19.00<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>   | 10 Ne<br>氖<br>20.18<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> | L<br>K                     | 8<br>2                        |     |
| 3  |   | 11 Na<br>钠<br>22.99<br>3s <sup>1</sup> | 12 Mg<br>镁<br>24.31<br>3s <sup>2</sup> |                                                        |                                                        |                                                        |                                                        |                                                        |                                                        |                                                        |                                                        |                                                         |                                                         | 13 Al<br>铝<br>26.98<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> | 14 Si<br>硅<br>28.09<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> | 15 P<br>磷<br>30.97<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>  | 16 S<br>硫<br>32.06<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>  | 17 Cl<br>氯<br>35.45<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> | 18 Ar<br>氩<br>39.95<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> | M<br>L<br>K                | 8<br>8<br>2                   |     |
| 4  |   | 19 K<br>钾<br>39.10<br>4s <sup>1</sup>  | 20 Ca<br>钙<br>40.08<br>4s <sup>2</sup> | 21 Sc<br>钪<br>44.96<br>3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> | 22 Ti<br>钛<br>47.87<br>3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> | 23 V<br>钒<br>50.94<br>3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>  | 24 Cr<br>铬<br>52.00<br>3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup> | 25 Mn<br>锰<br>54.94<br>3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> | 26 Fe<br>铁<br>55.85<br>3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> | 27 Co<br>钴<br>58.93<br>3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> | 28 Ni<br>镍<br>58.69<br>3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> | 29 Cu<br>铜<br>63.55<br>3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> | 30 Zn<br>锌<br>65.41<br>3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> | 31 Ga<br>镓<br>69.72<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup> | 32 Ge<br>锗<br>72.64<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup> | 33 As<br>砷<br>74.92<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup> | 34 Se<br>硒<br>78.96<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup> | 35 Br<br>溴<br>79.90<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup> | 36 Kr<br>氪<br>83.80<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup> | N<br>M<br>L<br>K           | 8<br>18<br>8<br>2             |     |
| 5  |   | 37 Rb<br>铷<br>85.47<br>5s <sup>1</sup> | 38 Sr<br>锶<br>87.62<br>5s <sup>2</sup> | 39 Y<br>钇<br>88.91<br>4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup>  | 40 Zr<br>锆<br>91.22<br>4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> | 41 Nb<br>铌<br>92.91<br>4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup> | 42 Mo<br>钼<br>95.94<br>4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup> | 43 Tc<br>锝<br>(98)<br>4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup>  | 44 Ru<br>钌<br>101.1<br>4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup> | 45 Rh<br>铑<br>102.9<br>4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup> | 46 Pd<br>钯<br>106.4<br>4d <sup>10</sup>                | 47 Ag<br>银<br>107.9<br>4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> | 48 Cd<br>镉<br>112.4<br>4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> | 49 In<br>铟<br>114.8<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup> | 50 Sn<br>锡<br>118.7<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup> | 51 Sb<br>锑<br>121.8<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup> | 52 Te<br>碲<br>127.6<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> | 53 I<br>碘<br>126.9<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup>  | 54 Xe<br>氙<br>131.3<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup> | O<br>N<br>M<br>L<br>K      | 8<br>18<br>18<br>8<br>2       |     |
| 6  |   | 55 Cs<br>铯<br>132.9<br>6s <sup>1</sup> | 56 Ba<br>钡<br>137.3<br>6s <sup>2</sup> | 57~71<br>La~Lu<br>镧系                                   | 72 Hf<br>铪<br>178.5<br>5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> | 73 Ta<br>钽<br>180.9<br>5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> | 74 W<br>钨<br>183.8<br>5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>  | 75 Re<br>铼<br>186.2<br>5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> | 76 Os<br>锇<br>190.2<br>5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> | 77 Ir<br>铱<br>192.2<br>5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> | 78 Pt<br>铂<br>195.1<br>5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup> | 79 Au<br>金<br>197.0<br>5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> | 80 Hg<br>汞<br>200.6<br>5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> | 81 Tl<br>铊<br>204.4<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup> | 82 Pb<br>铅<br>207.2<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup> | 83 Bi<br>铋<br>209.0<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup> | 84 Po<br>钋<br>(209)<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup> | 85 At<br>砹<br>(210)<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup> | 86 Rn<br>氡<br>(222)<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup> | P<br>O<br>N<br>M<br>L<br>K | 8<br>18<br>32<br>18<br>8<br>2 |     |

原子序数

元素名称

注\*的是  
人造元素

92 U

铀

5f<sup>3</sup>6d<sup>1</sup>7s<sup>2</sup>

238.0

元素符号，红色  
指放射性元素

外围电子层排布，括号  
指可能的电子层排布

相对原子质量(加括号的数据  
为该放射性元素半衰期  
最长同位素的质量数)

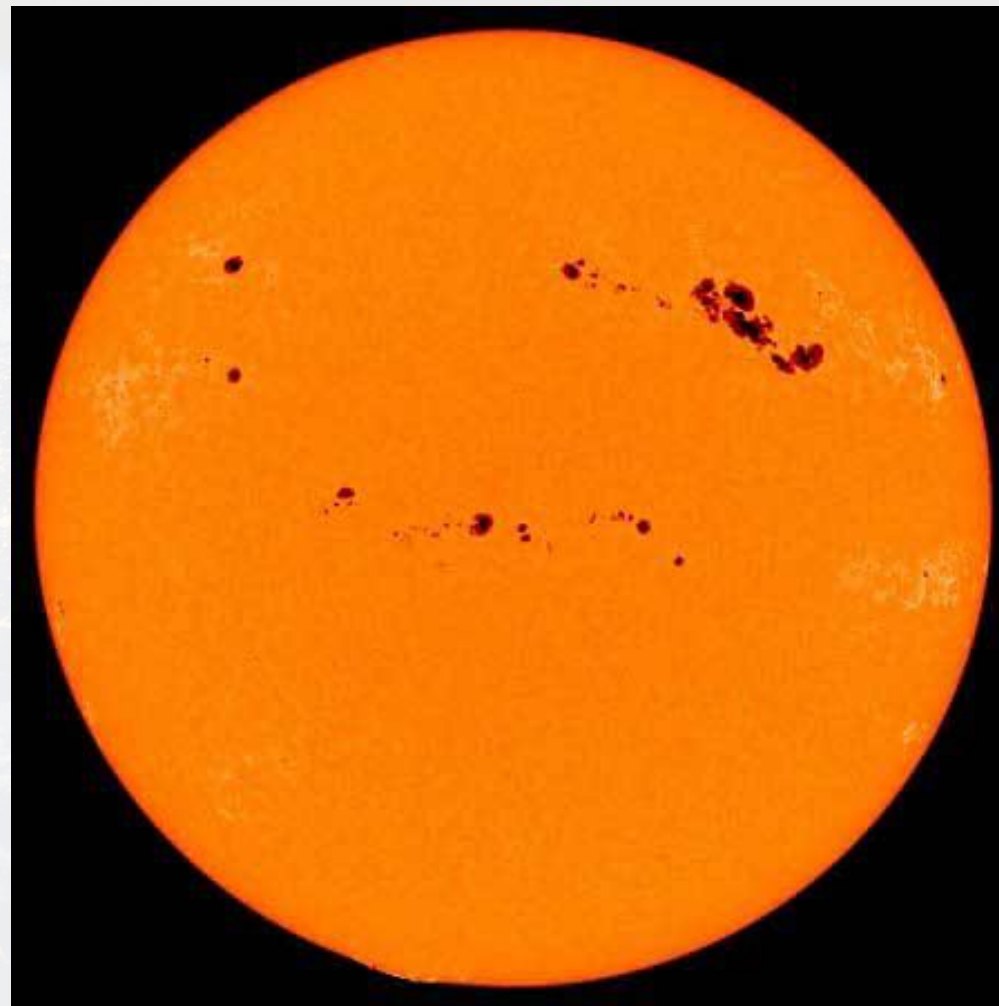
非金属

金属

过渡元素

# 太阳对地球的影响

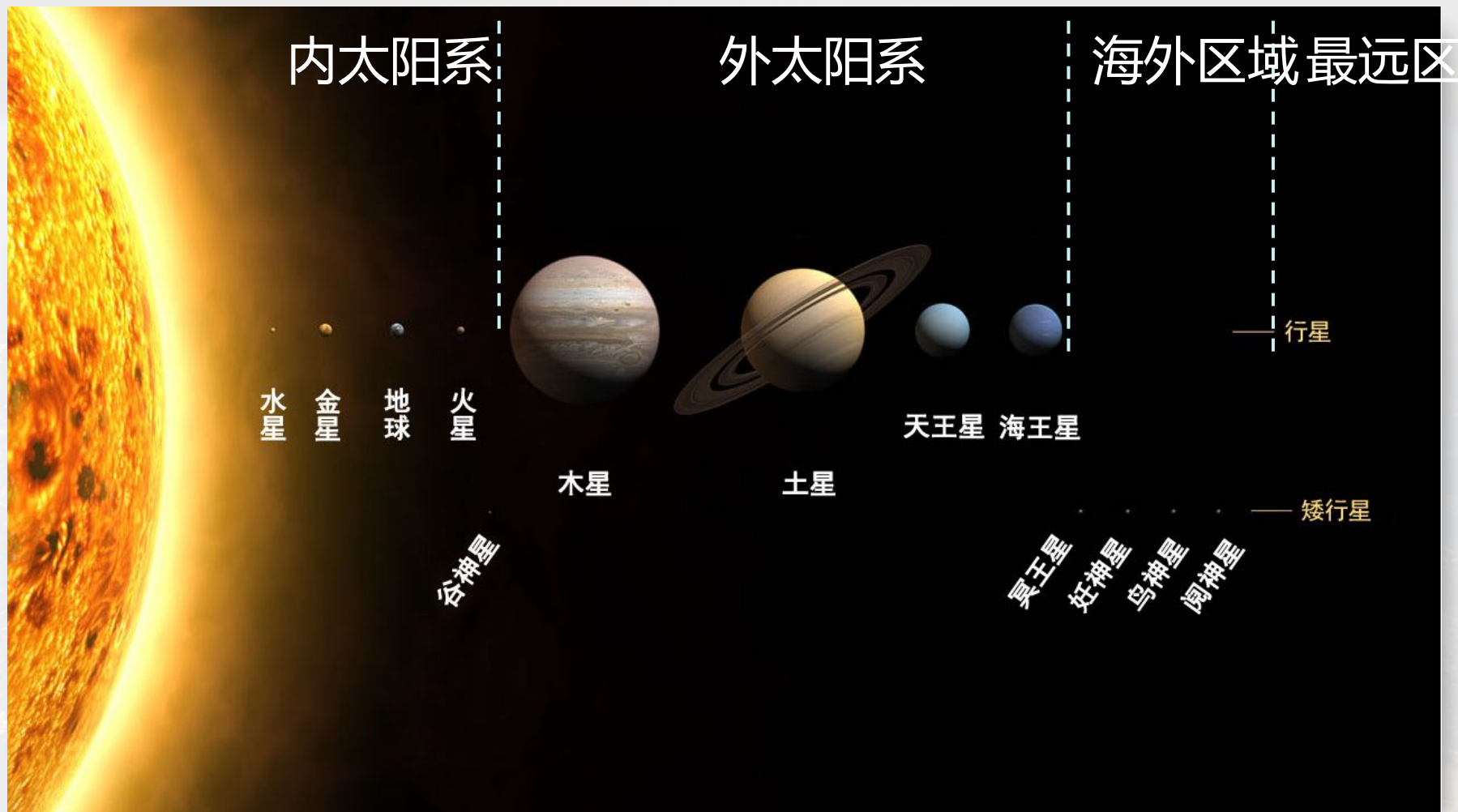
- › 太阳辐射到地球的能量为总功率的22亿分之一， $1.7 \times 10^{17}$ 瓦，30%被反射回太空
- › 而人类目前总能耗功率 $16\text{TW} = 1.6 \times 10^{13}$ 瓦
- › 太阳风、太阳黑子、太阳耀斑：太阳活动产生高能粒子流，影响地球的大气、磁场和生物基因变异





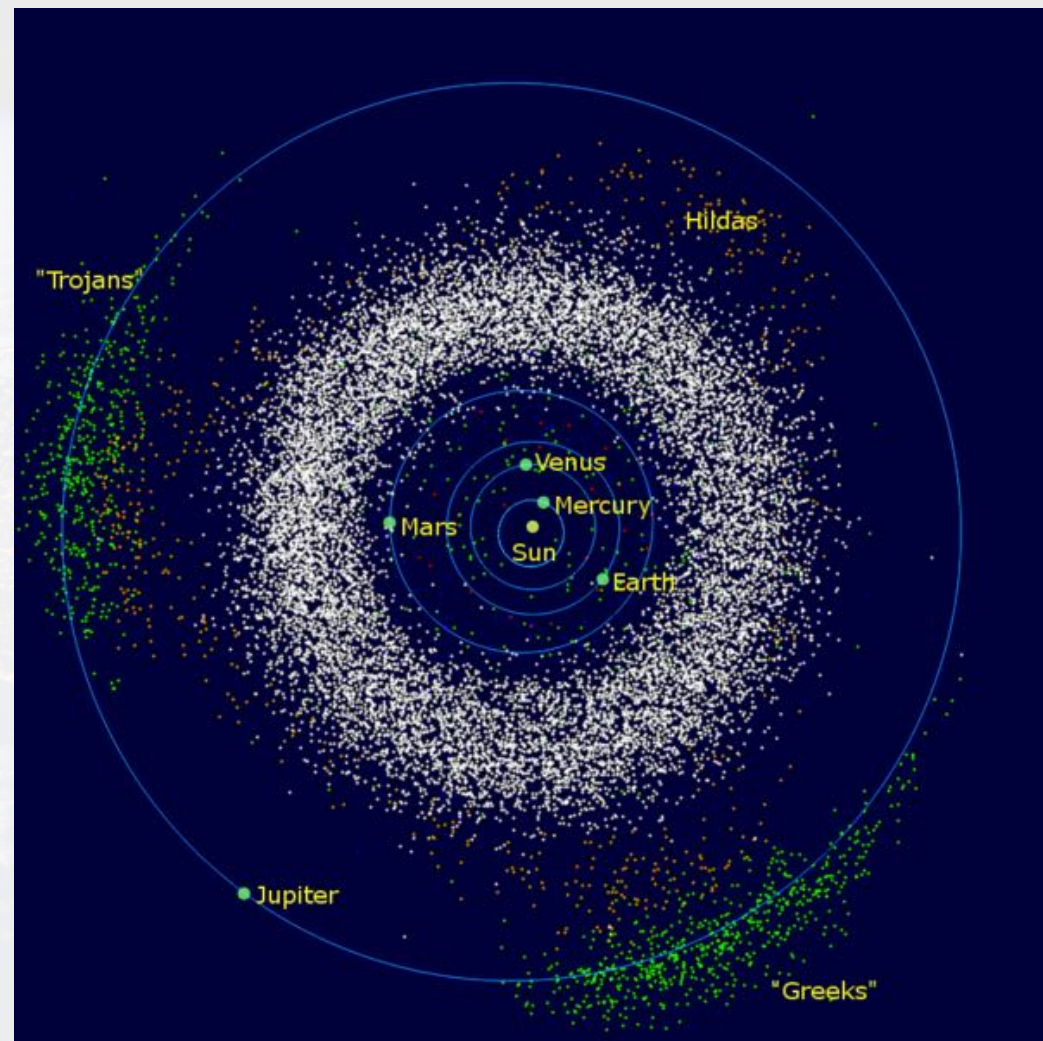
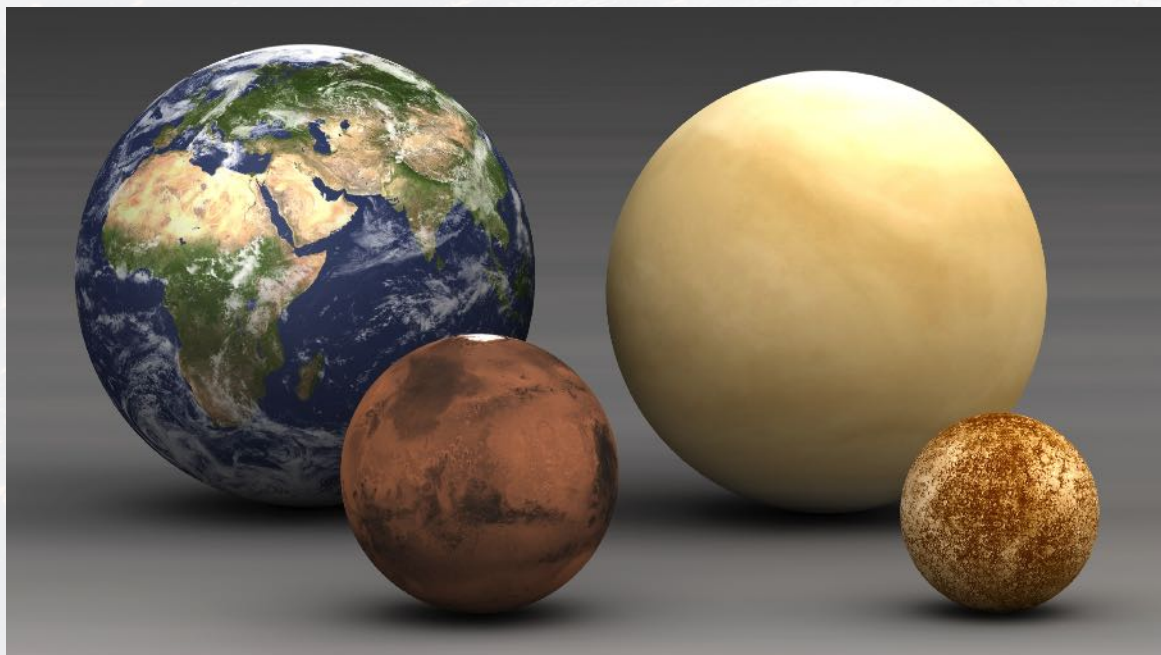
# 太阳系的天体

地球与人类文明



# 内太阳系

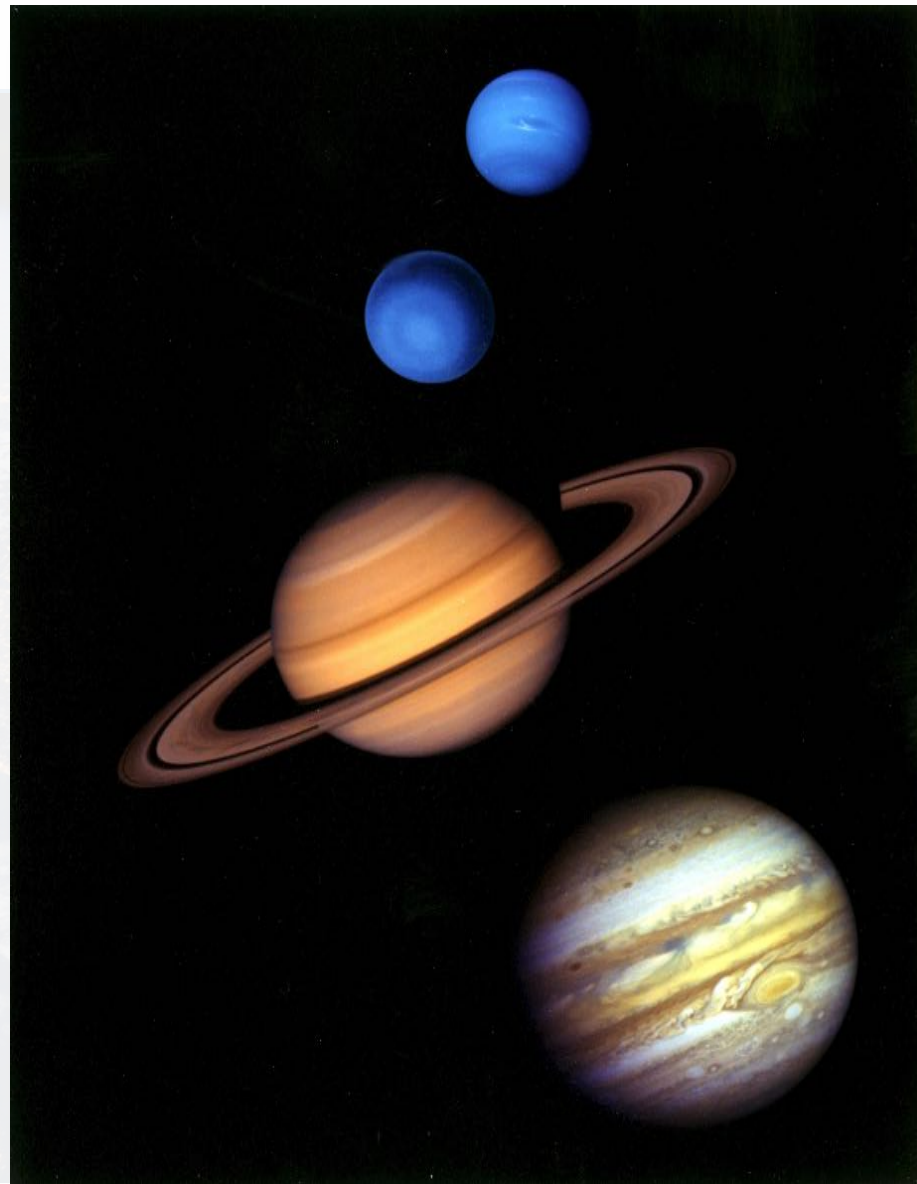
- › 内行星主要由岩石和金属构成
- › 水星、金星、地球、火星、小行星带
- › 最远距离为5AU（约7亿公里）





# 外太阳系

- › 外行星主要由气体、冰构成  
氢 $H_2$ 、氦He  
水 $H_2O$ 、甲烷 $CH_4$ 、氨 $NH_3$ 、氮 $N_2$
- › 木星、土星、天王星、海王星
- › 都是巨行星，占据环绕太阳天体质量99%
- › 最远距离30AU
- › 短周期的彗星也混迹其中



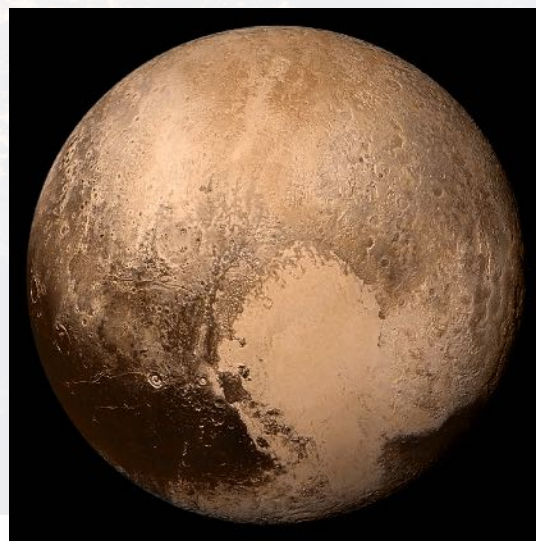
# 海王星外区域

- › 有大量冰和岩石碎屑构成的天体；
- › 包括柯伊伯带（30-50AU）
- › 离散盘（远到几百AU）
- › 冥王星（40AU）也在其中

2006年1月人们发射了新视野号探测第九大行星

2006年9月冥王星被降格为小行星

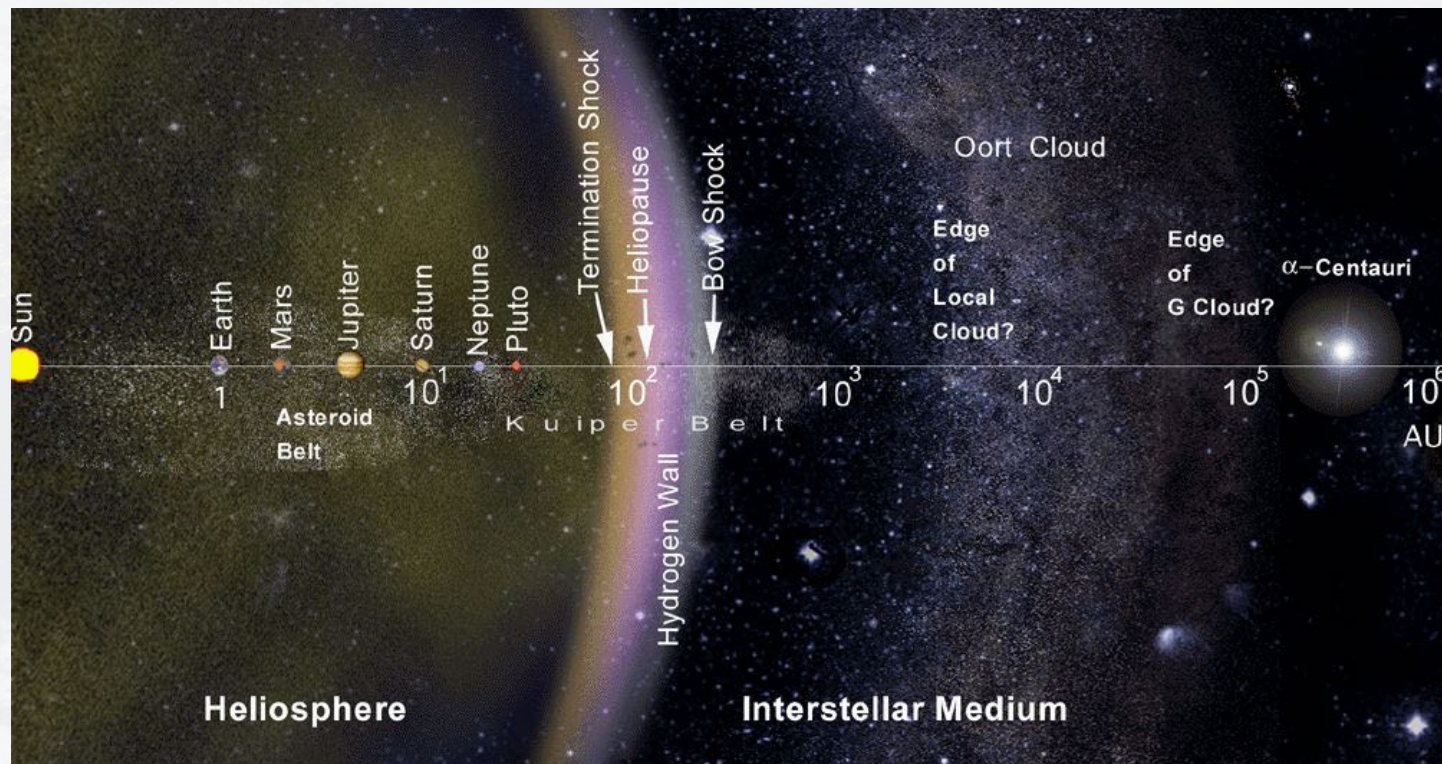
2015年7月14日新视野号掠过冥王星





# 太阳系最远的区域

- › 太阳主导的区域称为太阳圈（heliosphere日球）  
距离太阳约100~200AU  
太阳引力场超越周围恒星影响的区域可达到2光年（12.5万AU）
- › 最近的恒星比邻星4.22光年



# 人类所及的宇宙范围

› 太空探测器heavens-above.com ( 2016-9 )

|                           | 先驱者10号     | 先驱者11号     | 旅行者2号      | 旅行者1号      | 新视野号       |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 至太阳距离<br>(天文单位 (AU))      | 116.836    | 95.898     | 112.239    | 136.195    | 36.479     |
| 相对太阳的速度<br>(千米/秒(km/s))   | 11.976     | 11.286     | 15.370     | 16.997     | 14.341     |
| 相对太阳的速度<br>(天文单位/年(AU/y)) | 2.526      | 2.381      | 3.242      | 3.586      | 3.025      |
| 至地球距离<br>(天文单位 (AU))      | 116.706    | 95.635     | 111.928    | 136.350    | 36.172     |
| 单程光时 (小时(h))              | 16.18      | 13.26      | 15.51      | 18.90      | 5.01       |
| 卫星是否仍能正常运作？               | 否          | 否          | 是          | 是          | 是          |
| 发射日期                      | 1972-03-03 | 1973-04-06 | 1977-08-20 | 1977-09-05 | 2006-01-19 |



# 人类所及的宇宙范围

› 太空探测器heavens-above.com ( 2017-9 )

|                           | 先驱者10号     | 先驱者11号     | 旅行者2号      | 旅行者1号      | 新视野号       |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 至太阳距离<br>(天文单位 (AU))      | 119.345    | 98.243     | 115.395    | 139.756    | 39.455     |
| 相对太阳的速度<br>(千米/秒(km/s))   | 11.963     | 11.267     | 15.356     | 16.988     | 14.213     |
| 相对太阳的速度<br>(天文单位/年(AU/y)) | 2.524      | 2.377      | 3.239      | 3.584      | 2.998      |
| 至地球距离<br>(天文单位 (AU))      | 119.237    | 97.956     | 115.068    | 139.892    | 39.118     |
| 单程光时 (小时(h))              | 16.53      | 13.58      | 15.95      | 19.39      | 5.42       |
| 卫星是否仍能正常运作？               | 否          | 否          | 是          | 是          | 是          |
| 发射日期                      | 1972-03-03 | 1973-04-06 | 1977-08-20 | 1977-09-05 | 2006-01-19 |

# 人类所及的宇宙范围

› 太空探测器heavens-above.com ( 2018-10 )

|                           | 先驱者10号     | 先驱者11号     | 旅行者2号      | 旅行者1号      | 新视野号       |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 至太阳距离<br>(天文单位 (AU))      | 122.041    | 100.763    | 118.793    | 143.585    | 42.634     |
| 相对太阳的速度<br>(千米/秒(km/s))   | 11.949     | 11.247     | 15.342     | 16.978     | 14.094     |
| 相对太阳的速度<br>(天文单位/年(AU/y)) | 2.521      | 2.372      | 3.236      | 3.581      | 2.973      |
| 至地球距离<br>(天文单位 (AU))      | 121.513    | 100.907    | 118.822    | 144.057    | 121.513    |
| 单程光时 (小时(h))              | 16.84      | 13.99      | 16.47      | 19.97      | 5.92       |
| 卫星是否仍能正常运作？               | 否          | 否          | 是          | 是          | 是          |
| 发射日期                      | 1972-03-03 | 1973-04-06 | 1977-08-20 | 1977-09-05 | 2006-01-19 |



# 人类所及的宇宙范围

› 太空探测器heavens-above.com ( 2019-9-16 )

|                           | 先驱者10号     | 先驱者11号     | 旅行者2号      | 旅行者1号      | 新视野号       |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 至太阳距离<br>(天文单位 (AU))      | 124.354    | 102.923    | 121.711    | 146.872    | 45.345     |
| 相对太阳的速度<br>(千米/秒(km/s))   | 11.938     | 11.230     | 15.330     | 16.970     | 14.006     |
| 相对太阳的速度<br>(天文单位/年(AU/y)) | 2.518      | 2.369      | 3.234      | 3.580      | 2.955      |
| 至地球距离<br>(天文单位 (AU))      | 124.294    | 102.589    | 121.351    | 146.968    | 44.950     |
| 单程光时 (小时(h))              | 17.23      | 14.22      | 16.82      | 20.37      | 6.23       |
| 卫星是否仍能正常运作？               | 否          | 否          | 是          | 是          | 是          |
| 发射日期                      | 1972-03-03 | 1973-04-06 | 1977-08-20 | 1977-09-05 | 2006-01-19 |

# 地球

- › 太阳系第3颗行星，是人类和数百万种生物的家園
- › 46亿年前形成于天体大碰撞及融合
- › 38亿年前开始凝固，冷却，形成海洋；
- › 35亿年前，出现磁场有助于保持大气层
- › 外层冷却凝固形成地壳
- › 内部核裂变产生热量不断散失，驱动地壳板块运动，数亿年间3次分合





# 地球的化学成分

| 铁     | 氧     | 硅     | 镁     | 硫    | 镍    | 钙    | 铝    | 钨 | 金  |
|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|---|----|
| Fe    | O     | Si    | Mg    | S    | Ni   | Ca   | Al   | W | Au |
| 32.1% | 30.1% | 15.1% | 13.9% | 2.9% | 1.8% | 1.5% | 1.4% |   |    |

元素周期表

| 周期 | 族 | I A                               | II A                              | III B                                             | IV B                                              | V B                                               | VI B                                              | VII B                                             | VIII                                              | IX                                                | X                                                 | IB                                                 | II B                                               | III A                                             | IV A                                              | V A                                               | VI A                                              | VII A                                             | 0                                                 | 18 | 电子层 | 0 族 | 电子数 |
|----|---|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----|-----|-----|-----|
| 1  |   | 1 H<br>1.008<br>1s <sup>1</sup>   |                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                    |                                                    |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   | 2 He<br>4.003<br>1s <sup>2</sup>                  |    | K   |     | 2   |
| 2  |   | 3 Li<br>6.941<br>2s <sup>1</sup>  | 4 Be<br>9.012<br>2s <sup>2</sup>  |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                    |                                                    | 5 B<br>10.81<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>   | 6 C<br>12.01<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>   | 7 N<br>14.01<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>   | 8 O<br>16.00<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>   | 9 F<br>19.00<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>   | 10 Ne<br>20.18<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> |    | L   |     | 8   |
| 3  |   | 11 Na<br>22.99<br>3s <sup>1</sup> | 12 Mg<br>24.31<br>3s <sup>2</sup> |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                   |                                                    |                                                    | 13 Al<br>26.98<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> | 14 Si<br>28.09<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> | 15 P<br>30.97<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>  | 16 S<br>32.06<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>  | 17 Cl<br>35.45<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> | 18 Ar<br>39.95<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> |    | M   |     | 8   |
| 4  |   | 19 K<br>39.10<br>4s <sup>1</sup>  | 20 Ca<br>40.08<br>4s <sup>2</sup> | 21 Sc<br>44.96<br>3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> | 22 Ti<br>47.87<br>3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> | 23 V<br>50.94<br>3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>  | 24 Cr<br>52.00<br>3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup> | 25 Mn<br>54.94<br>3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> | 26 Fe<br>55.85<br>3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> | 27 Co<br>58.93<br>3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> | 28 Ni<br>58.69<br>3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> | 29 Cu<br>63.55<br>3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> | 30 Zn<br>65.41<br>3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> | 31 Ga<br>69.72<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup> | 32 Ge<br>72.64<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup> | 33 As<br>74.92<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup> | 34 Se<br>78.96<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup> | 35 Br<br>79.90<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup> | 36 Kr<br>83.80<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup> |    | N   |     | 8   |
| 5  |   | 37 Rb<br>85.47<br>5s <sup>1</sup> | 38 Sr<br>87.62<br>5s <sup>2</sup> | 39 Y<br>88.91<br>4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup>  | 40 Zr<br>91.22<br>4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> | 41 Nb<br>92.91<br>4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup> | 42 Mo<br>95.94<br>4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup> | 43 Tc<br>(98)<br>4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup>  | 44 Ru<br>101.1<br>4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup> | 45 Rh<br>102.9<br>4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup> | 46 Pd<br>106.4<br>4d <sup>10</sup>                | 47 Ag<br>107.9<br>4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> | 48 Cd<br>112.4<br>4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> | 49 In<br>114.8<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup> | 50 Sn<br>118.7<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup> | 51 Sb<br>121.8<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup> | 52 Te<br>127.6<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> | 53 I<br>126.9<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup>  | 54 Xe<br>131.3<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup> |    | O   |     | 8   |
| 6  |   | 55 Cs<br>132.9<br>6s <sup>1</sup> | 56 Ba<br>137.3<br>6s <sup>2</sup> | 57~71 La~Lu<br>镧系                                 | 72 Hf<br>178.5<br>5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> | 73 Ta<br>180.9<br>5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> | 74 W<br>183.8<br>5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>  | 75 Re<br>186.2<br>5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> | 76 Os<br>190.2<br>5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> | 77 Ir<br>192.2<br>5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> | 78 Pt<br>195.1<br>5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup> | 79 Au<br>197.0<br>5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> | 80 Hg<br>200.6<br>5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> | 81 Tl<br>204.4<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup> | 82 Pb<br>207.2<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup> | 83 Bi<br>209.0<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup> | 84 Po<br>(209)<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup> | 85 At<br>(210)<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup> | 86 Rn<br>(222)<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup> |    | P   |     | 8   |

原子序数  
元素名称  
注\*的是  
人造元素

92 U  
铀  
5f<sup>6</sup>6d<sup>1</sup>7s<sup>2</sup>  
238.0

元素符号, 红色  
指放射性元素

非金属

金属

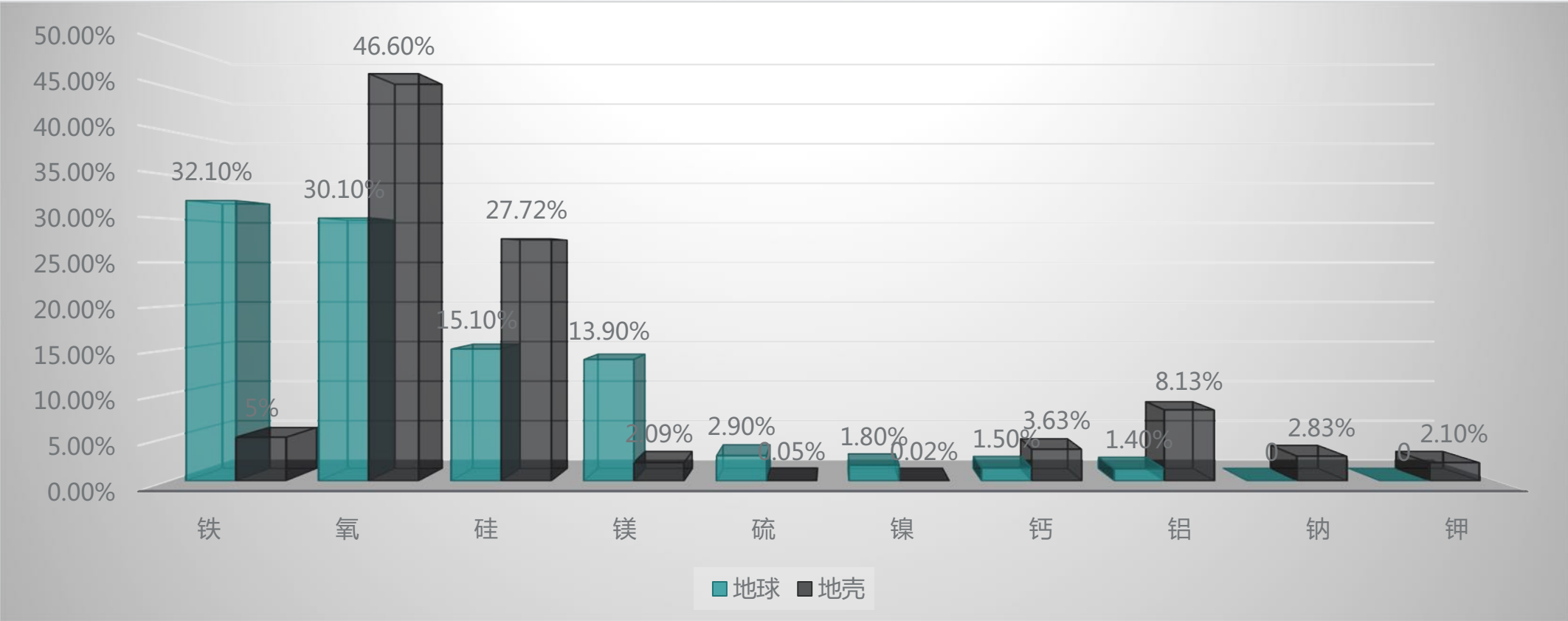
过渡元素

外围电子层排布, 括号  
指可能的电子层排布

相对原子质量(加括号的数  
据为该放射性元素半衰期  
最长同位素的质量数)

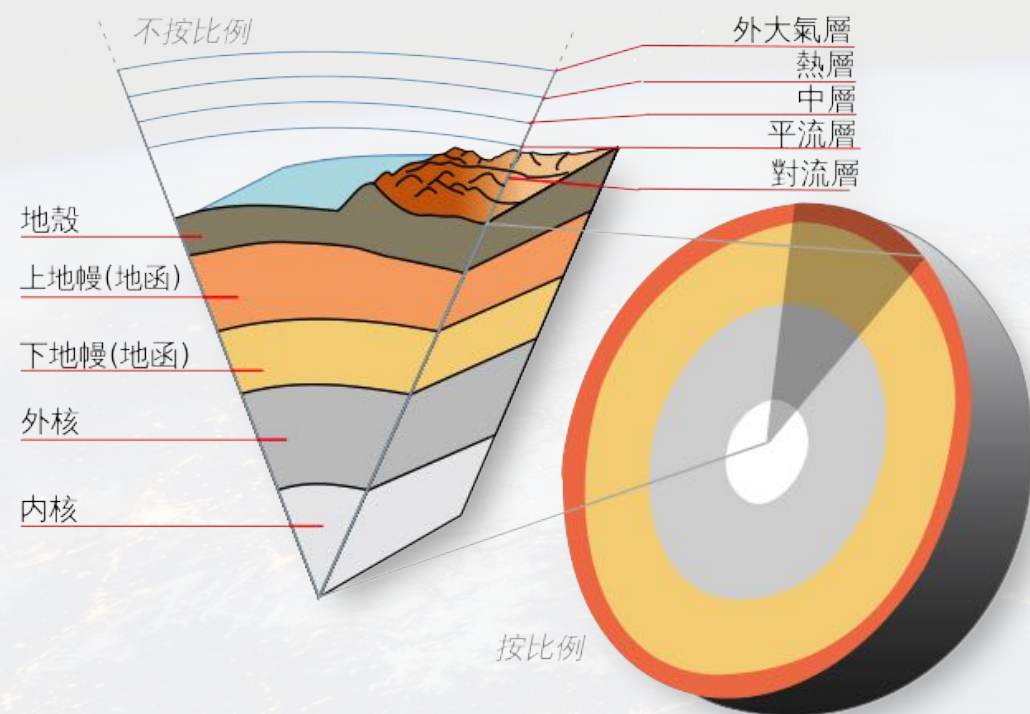
# 地壳的化学成分

| 氧     | 硅      | 铝     | 铁  | 钙     | 钠     | 钾     | 镁     | 钛     | 氢     |
|-------|--------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| O     | Si     | Al    | Fe | Ca    | Na    | K     | Mg    | Ti    | H     |
| 46.6% | 27.72% | 8.13% | 5% | 3.63% | 2.83% | 2.10% | 2.09% | 0.44% | 0.14% |





# 地球的构造

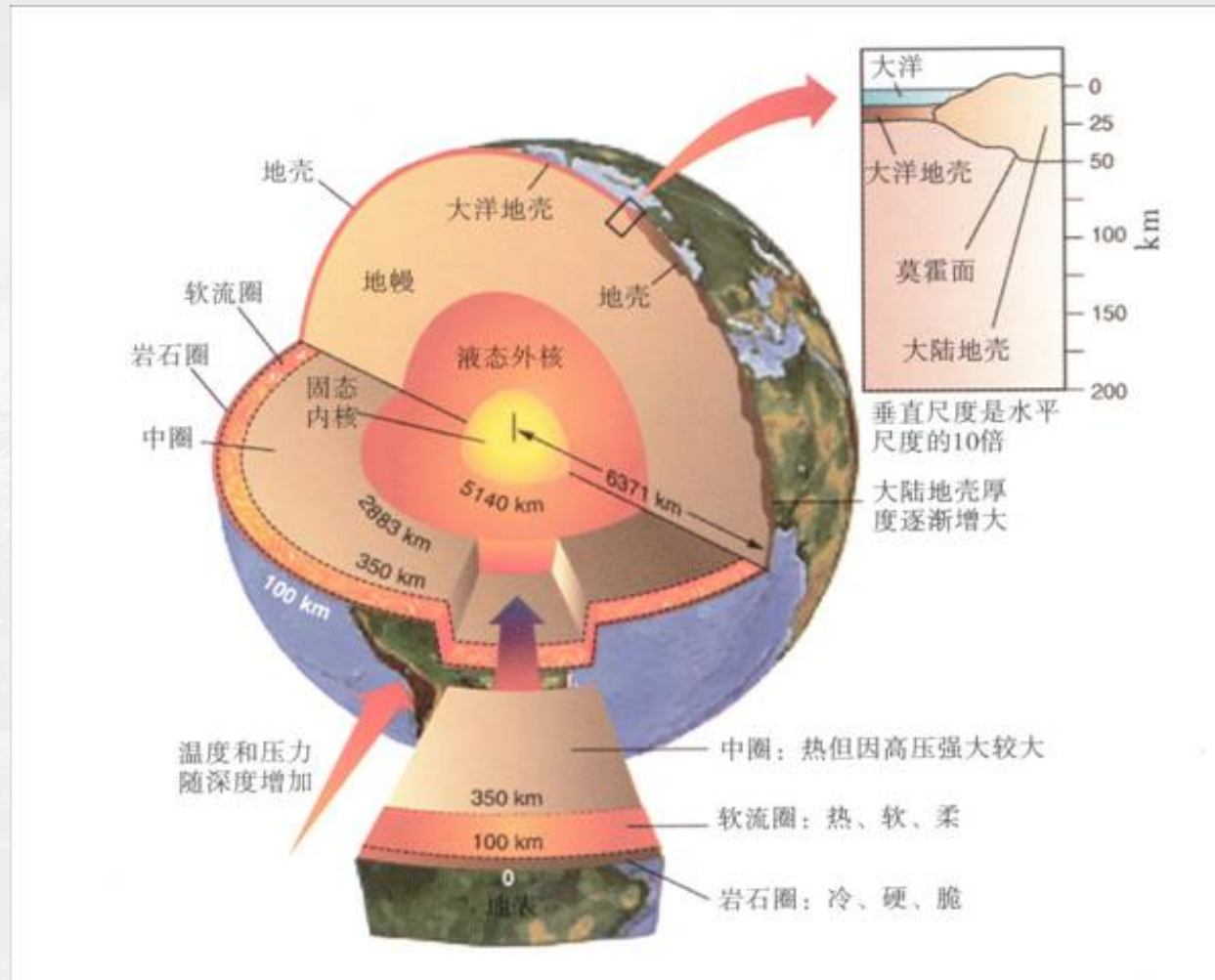


地球的内外核有明显的区别，这是其它类地行星所没有的特征。

| 深度<br>( km )       | 组件层  | 密度<br>( g/cm3 )       |
|--------------------|------|-----------------------|
| 0-60               | 岩石圈  | —                     |
| <b>0-35</b>        | 地壳   | 2.2-2.9               |
| 35-60              | 地幔顶层 | 3.4-4.4               |
| <b>35-2,890</b>    | 地幔   | 3.4-5.6<br>( 黏稠 )     |
| 100-700            | 软流层  | — ( 黏度低 )             |
| <b>2,890-5,100</b> | 外核   | 9.9-12.2<br>( 黏度非常低 ) |
| <b>5,100-6,378</b> | 内核   | 12.8-13.1<br>( 固体 )   |

# 地壳有多厚？

- › 地球的半径为6378千米
- › 地壳的陆地部分平均厚度33千米
- › 地壳的海洋部分平均厚度10千米  
相当于鸡蛋膜0.1mm

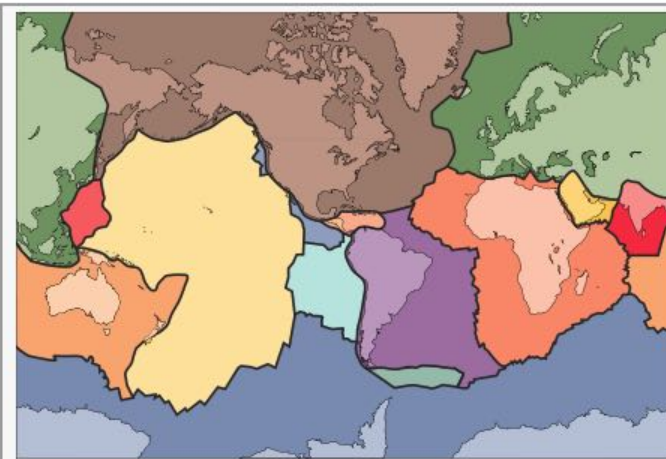




# 板块构造和漂移

- › 外层的刚性岩石圈分成若干板块；
- › 这些板块漂浮在软流圈之上；
- › 相对聚合、分离、碰撞；
- › 在板块边缘出现地震、火山、造山运动、形成海沟；
- › 板块运动速率每年约几十毫米

地球的板块构造<sup>[130]</sup>



| 板块名称                                                                                                       | 板块面积<br>10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|  太平洋板块                  | 103.3                                   |
|  非洲板块 <sup>[n 11]</sup> | 78.0                                    |
|  北美洲板块                  | 75.9                                    |
|  欧亚大陆板块               | 67.8                                    |
|  南极洲板块                | 60.9                                    |
|  印度-澳大利亚板块            | 47.2                                    |
|  南美洲板块                | 43.6                                    |

# 板块构造和漂移

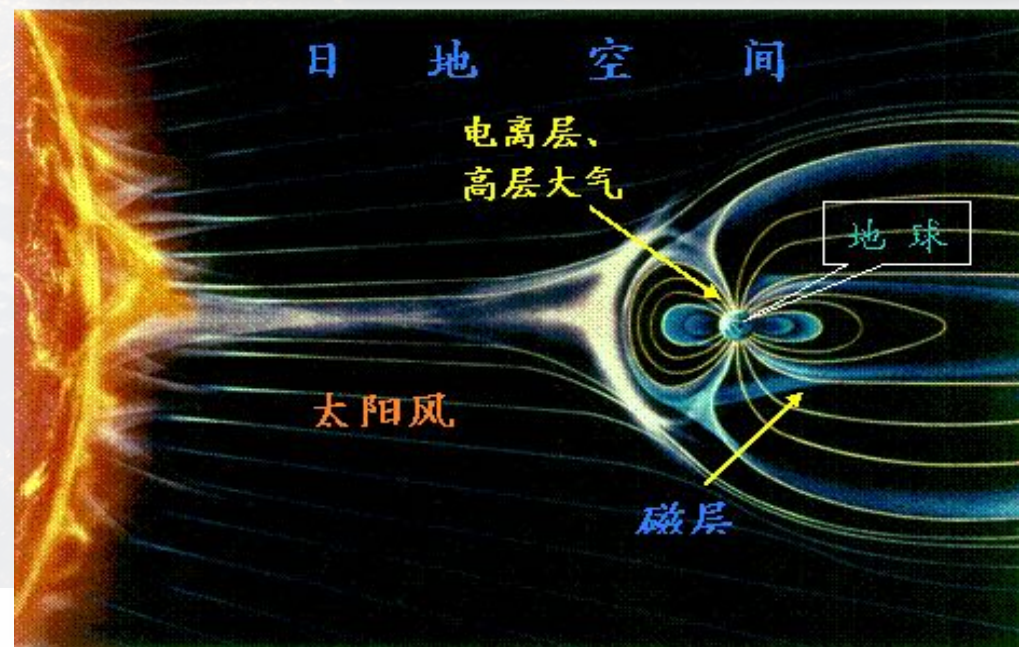
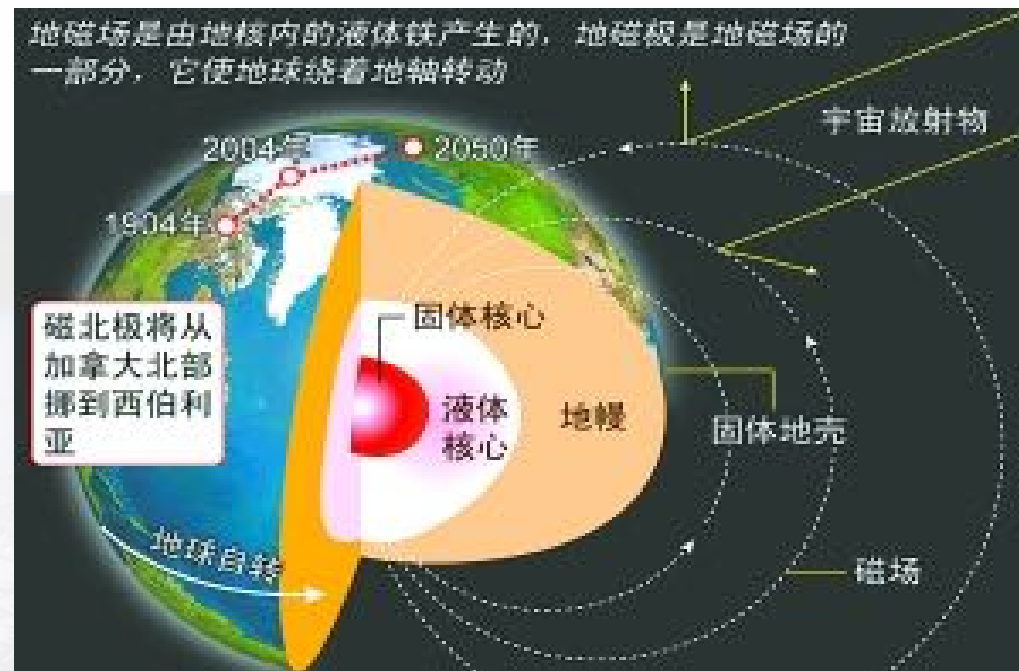
地球与人类文明





# 地球的磁场

- › 地核外层是液态的铁
- › 热量对流使得铁熔液变为涡流产生磁场
- › 地球的磁极与南北极接近，但会随时间移动
- › 磁场保护地球大气层不被宇宙射线破坏
- › 也给予许多生物辨认方向的能力



# 地球的大气

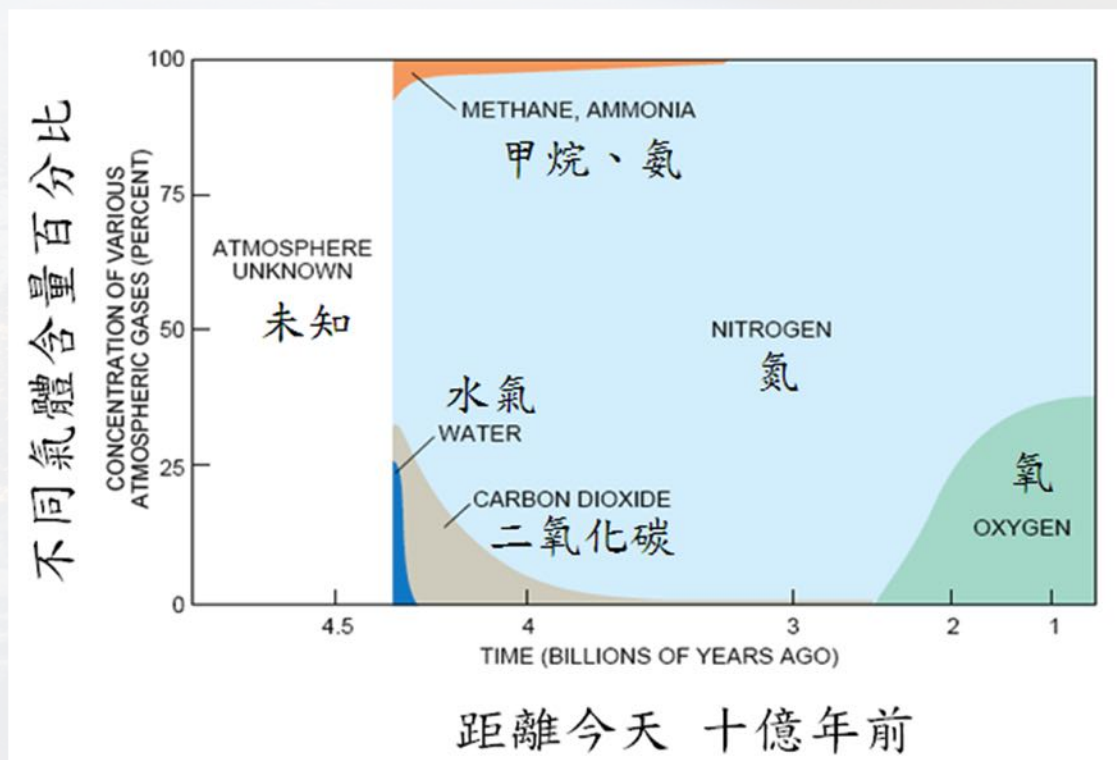
- › 由地球重力保持的一圈混合气体，地球的磁场阻挡了损耗大气的太阳风
- › 几乎所有的大气集中在离地面100公里以下的空间  
大气压力表征了大气的浓度，每上升5.5公里，压力约减一半





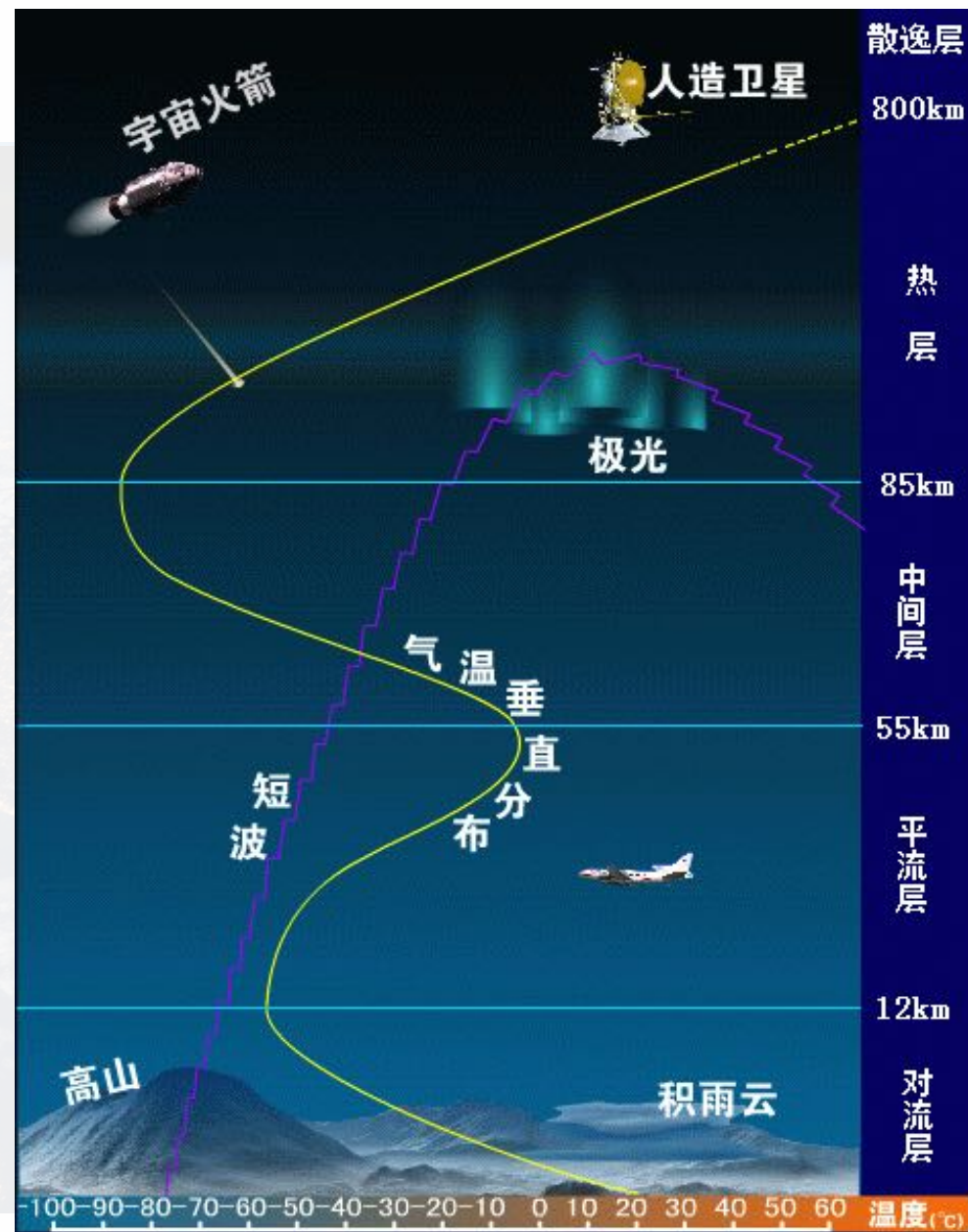
# 大气成分

- › 地球早期的大气层与现今的完全不同
- › 原始大气推测是：甲烷、氨、氢、水
- › 早期大气主要成分为：二氧化碳、水、氮等
- › 经过长期生物作用，现今大气主要是：氮、氧、氩、二氧化碳、水等



# 大气的垂直分层

- › 对流层：12公里以下，所有天气现象发生的地方
- › 平流层：12-55公里，含有臭氧，吸收紫外线，保护地球生物
- › 热层包含了电离层，可以反射电磁波，是全球无线通信的基础





# 月球

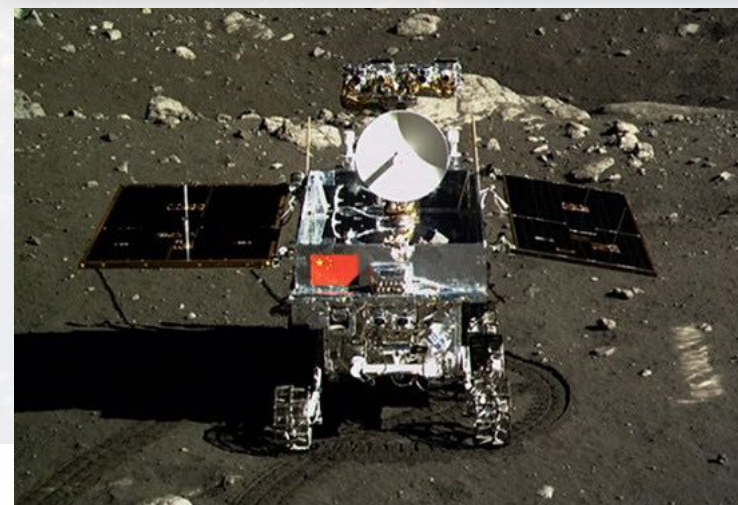
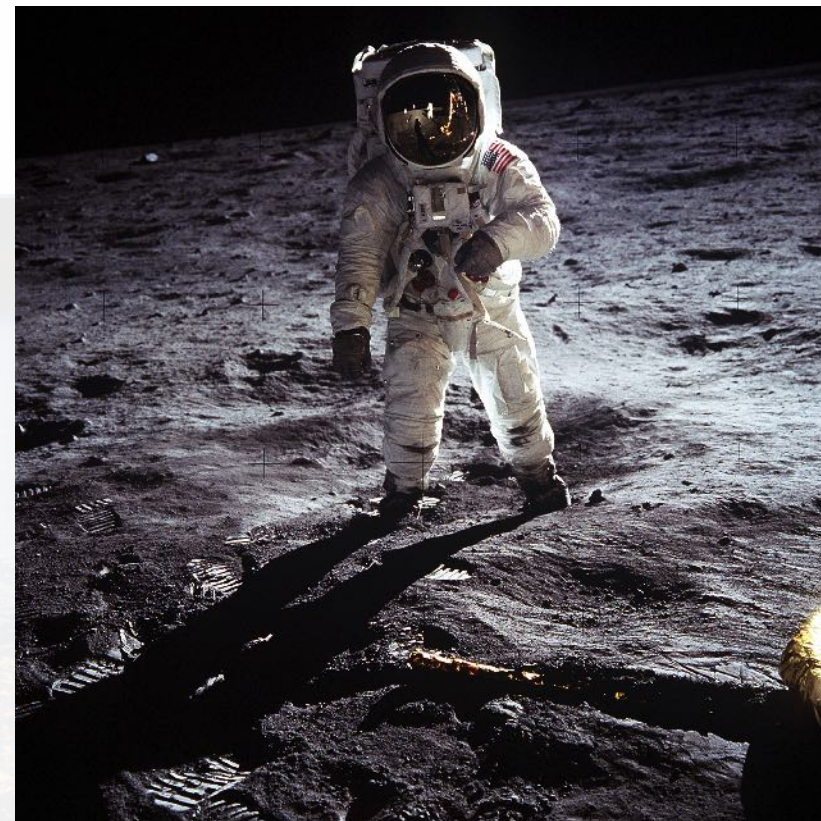
- › 地球的唯一天然卫星
- › 直径是地球的1/4
- › 与地球同期形成，是巨大撞击产生的碎片
- › 自转和公转同步，始终以同一面朝向地球
- › 距离地球约40万公里，1.26光秒
- › 对地球的引力牵引引起地球的潮汐，对生物演化有重要作用





# 人类登月

- › 月球是人类唯一登陆过的地外星球
- › 1969年阿波罗11号首次载人登陆月球
- › 至1972年人类共6次登月成功
- › 中国的月球车玉兔号于2013年12月14日登陆月球，预计2025-2030间载人登月





# 1990年2月14日，旅行者1号为太阳系各个行星拍摄合影



《淡蓝小点》(Pale Blue Dot)

著名天文学家、科普作家卡尔萨根

如果再看一眼那个光点，那是我们的家园，我们的所有。

你所爱所知的每一人、所听说乃至所存在过的每一人，都在小点上度过一生。

欢乐与痛苦，宗教与学说，猎人与强盗，英雄与懦夫，文明的创造者与毁灭者，国王与农夫，情侣、父母、儿童，发明家和探险家，崇高的教师，腐败的政客，耀眼的明星，至高无上的领袖，历史上所有的圣人与罪犯，都住在这里

——它仅仅是一粒悬浮在阳光中的微尘。

# 【H1】古文明对宇宙的认识

- › 请查找资料，分组讨论某个古文明对宇宙的认识，包括如下几个方面：

宇宙的起源（创世）；

构成世界万物的基本元素；

宇宙图景；

天-地-人的基本关系；

关于时间、空间、物质规模的各类数据（大小？年龄？尺度？）；

并与现代科学给出的答案进行对比。

- › 选择一个古文明写出PPT作业

- › 课后阅读：科幻小说《最后的问题》

<http://gis4g.pku.edu.cn/last-question/>

古希腊  
古埃及  
古印度  
古巴比伦  
中国  
美洲  
……等等