

第二章

地球和月球



§ 2.1 地球的形状和大小

地球是球形的

- ▶ 站得高望得远。
- ▶ 南方和北方的居民所见星空不同。
- ▶ 月食时地球投影到月球上的影子的边缘是圆弧。
- ▶ 人们可以实现环绕地球的旅行
- ▶ 从人造卫星上拍摄的照片更直接显示地球是球形的。



现在地球的测量结果

- ▶ 半长轴 $a=6378.140\text{km}$
- ▶ 半短轴 $b=6356.755\text{km}$
- ▶ 扁率 $(a-b)/a=1/298.257$
- ▶ 平均半径 6371km
- ▶ 质量 $3.976*10^{14}\text{kg}$

地球赤道得扁率仅为十万分之一，通常视为圆

宇宙速度

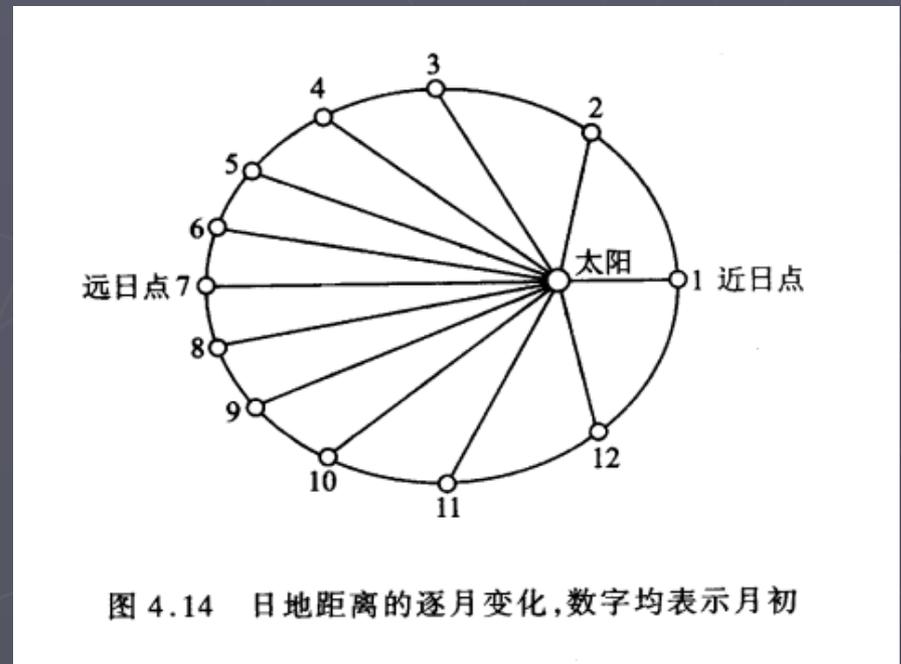
- ▶ 第一宇宙速度，又称环绕速度，这是从地面上发射一颗人造卫星，使之环绕地球运行的最小速度，**7.9km/s**。
- ▶ 第二宇宙速度，又称逃逸速度或脱离速度，是从地面上发射一个人造天体，使之沿抛物线轨道运动，以至人造天体脱离地球引力场到无穷远处所需的最小速度，**11.2km/s**。
- ▶ 第三宇宙速度，是从地面发射一颗人造天体，使之能脱离太阳引力场而飞出太阳系所需的最小速度，**16.9km/s**。

§ 2. 2地球的运动



一、地球的公转

- ▶ 1月3日前后过近日点，速度30.3km/s
- ▶ 7月4日左右过远日点，速度29.8km/s
- ▶ 公转平均速度29.8km/s
- ▶ 轨道半长径：天文单位， $1.496 \times 10^8 \text{ km}$
- ▶ 公转周期：一恒星年
=365.25636天



二、地球的自转

1、地球的自转现象

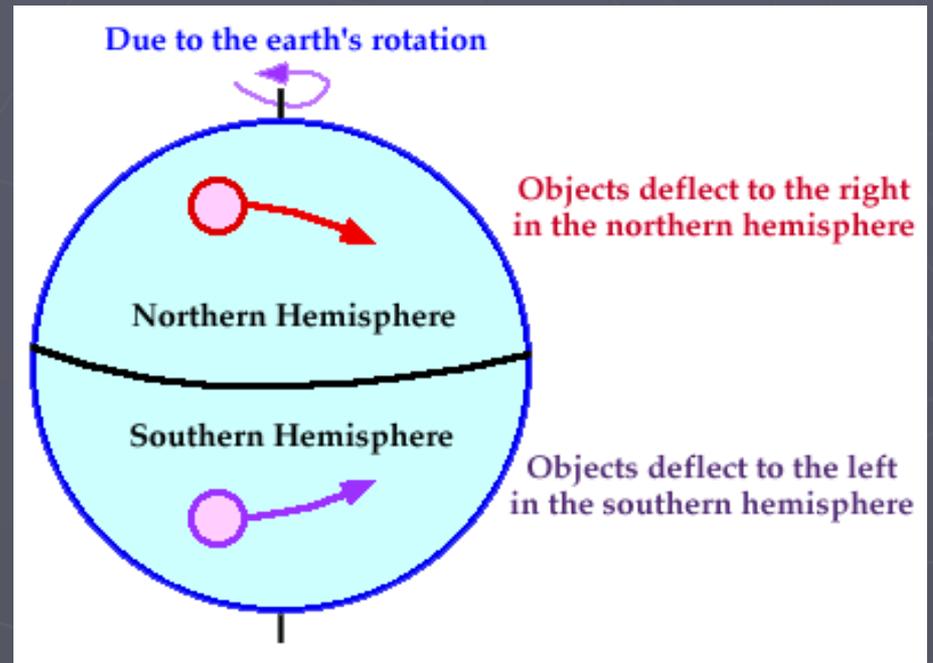
落体偏东

- ▶ 地球自转的线速度随地心距增大而增加，高的物体向东的线速度较大，因而它的落点比原来的方位要稍稍偏东一些。

轨道偏移

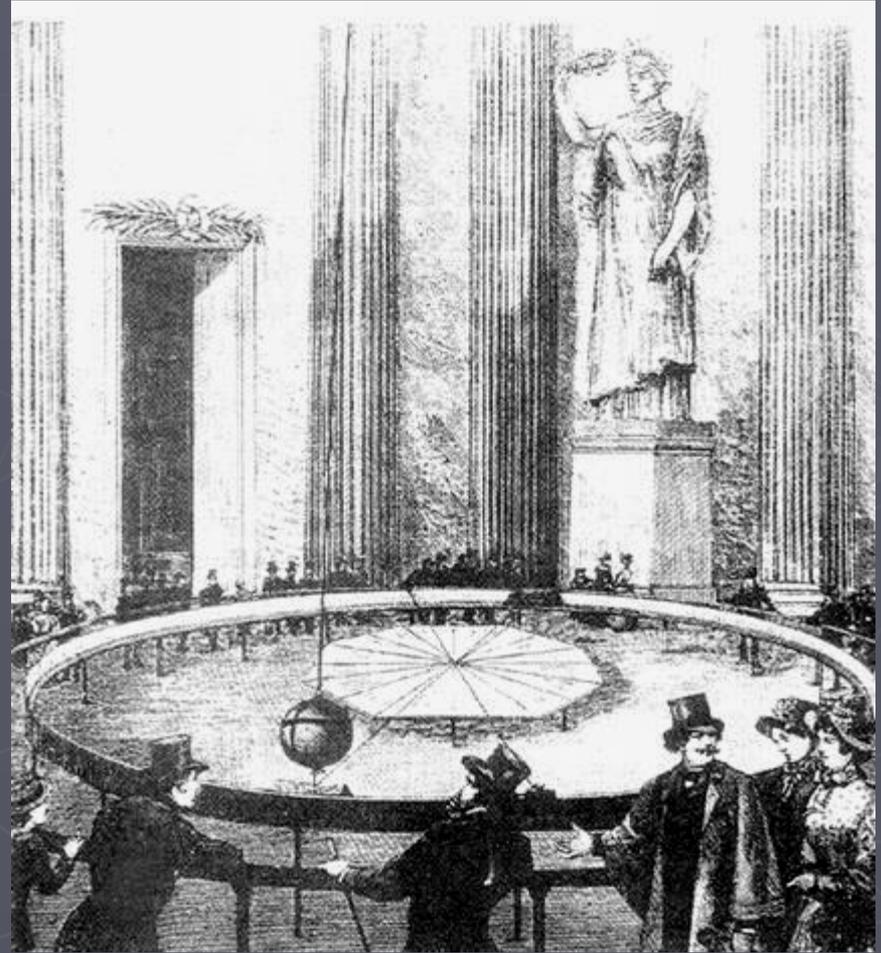
► 科里奥利力

$$F_c = -2\omega \times v$$



傅科摆

- ▶ 为了证明地球在自转，法国物理学家傅科（1819—1868）于1851年做了一次成功的摆动实验，傅科摆由此而得名。
- ▶ 在傅科摆实验中，人们看到，摆动过程中摆动平面沿顺时针方向缓缓转动，摆动方向不断变化。



2、地球自转的变化

地球自转的实质

- ▶ 天体绕其质心的作“定点转动”。
- ▶ 可分解为地球绕瞬时自转轴的转动和通过质心的瞬时自转轴相对于质心的摆动。



地球自转的变化

► 方向：

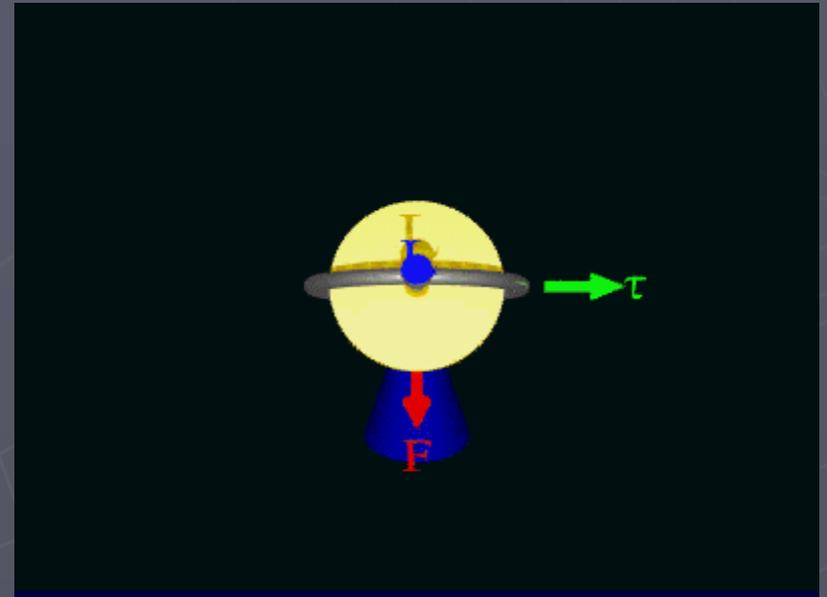
- 空间变化：岁差章动
- 本体内的变化：极移（欧拉周期、Chandler周期）

► 速率：

- 长期减慢，表现为日长逐渐变长（ $0^s.0018/\text{世纪}$ ），导致世界时的不均匀性

三、岁差章动

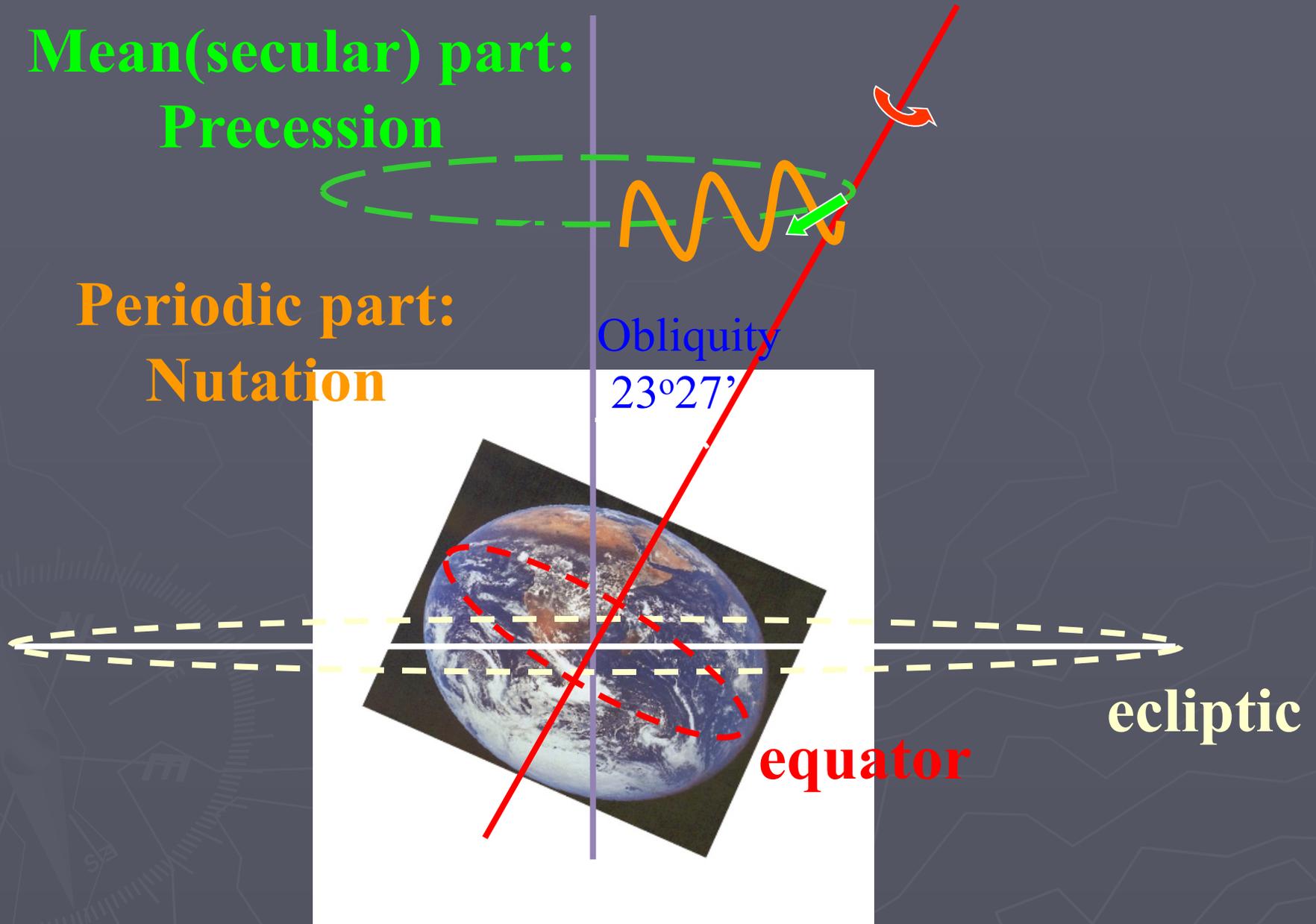
- ▶ 地球：旋转着的巨型“陀螺”。
- ▶ 地球赤道隆起受到附加吸引，使地球赤道面有与黄道面重合的趋势。同时地球自转的惯性是赤道面和黄道面的夹角不会改变，却使地球产生运动，及地轴的进动。进动的方向和地球自转的方向相反，速度为 $50''.37/\text{年}$ ，周期为25800年。



**Mean(secular) part:
Precession**

**Periodic part:
Nutation**

Obliquity
 $23^{\circ}27'$



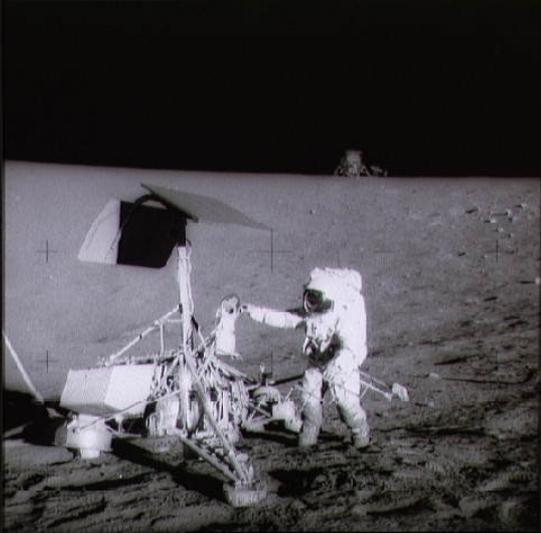
§ 2.3 月球概况



View of two U.S. spacecraft on the surface of the moon

Description:

View of two U.S. spacecraft on the surface of the moon, taken during the second Apollo 12 extravehicular activity (EVA-2). The Apollo 12 Lunar Module is in the background. The unmanned Surveyor III spacecraft is in the foreground.



一、地月的距离

1、地月距离的近代测量

- ▶ 激光测月，精度达厘米级。

$$l = c\Delta t / 2$$

- ▶ 现在国际上采用的月地距离平均值是384401km。月球在椭圆轨道上过近地点的距离356410km，过远地点的距离是406700km。

二、月球的大小和质量

1、半径和大小

$$R = l \sin \rho$$

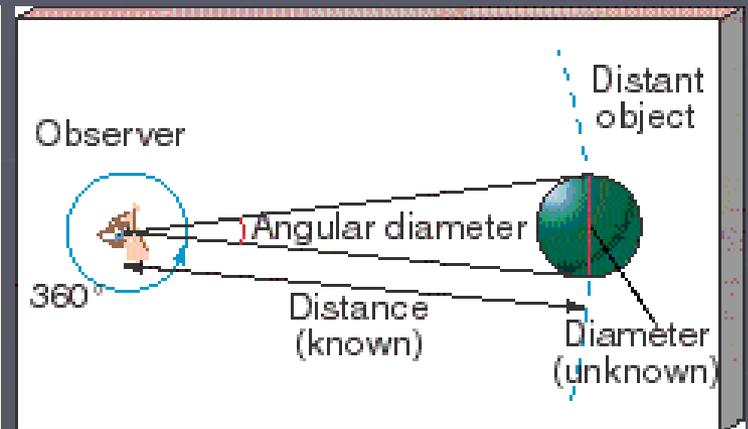
$$R = l \rho'' / 206265''$$

月球平均角直径 $\rho'' = 31'05.2'' = 1865.2''$

可得月球半径738km。

月球的角直径随月底躋的变化而变化，最大时为3'31"，最小时29'22"。

月球可以用三轴椭球拟合，设两个赤道轴和极轴分别为 $-c = 1.09\text{km}$ ， $a-b = 0.31\text{km}$



$$\frac{\text{diameter}}{2\pi \times \text{distance}} = \frac{\text{angular diameter}}{360^\circ}$$

2、质量和密度

- ▶ 历史上月球质量的测定：根据月地的质量比来求得的(月地质量比1:81.30)；
- ▶ 月球质量的测定：测定探测器绕月的周期和轨道半长径，利用开普勒第三定律精确求得。
- ▶ 现在月球质量的采用值为 $7.35 \times 10^{22} \text{kg}$ 。月球的平均密度为 3340kg/m^3 。

3、表面的重力加速度

$$g = Gm / R^2$$

$$G = 6.672 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$$

月球表面的重力加速度为 1.623 m/s^2 ，
为地球表面加速度的 $1/6$ 。

月球表面的逃逸速度为 2.38 km/s ，远小于
气体分子在月面高温的热运动速度，所以
气体分子能轻而易举地从月球表面逃逸。

§ 2.3 月球的表面和内部结构

一、月面地形



The Moon as imaged with an 203 mm f/7 newtonian and a Nikon CoolPix 4500 with afocal projection through a 40 mm Kellner on November 19, 2002.

月球表面的两种主要地形(terrain)

- ▶ **Maria (singular: mare):**月球表面地势低洼、较暗（反照率低）的平坦区域，环形山较少，主要分布在月球的正面（朝地球的一面）。地质年龄较年轻。
- ▶ **Lunar highland (terra, pl. terrae):**地势较高（高出月海2-3km）、比较明亮（反照率高）的区域，有不少连绵不绝的陡峭山脉和无数的环形山，主要分布在月球的背面。地质年龄比较老。

1、环形山（lunar crater）

- ▶ 成因：陨星在月球表面发生剧烈碰撞，高速运动的陨星物质迅速蒸发，引起高热气体的爆炸，这种爆炸造成物质在陨击坑四周堆积，并向四面八方抛射。
- ▶ 命名：多以哲学家和科学家的名字命名。其中四个以中国古代天文学家命名，石申、张衡、祖冲之和郭守敬，还有一个以明代火箭专家的官衔万户命名。
- ▶ 环形山（月坑）的形状：中间凹陷，四周高耸成为原环状的山峦，内壁陡峭，坡度很大，外侧相当平缓。大环形山底部相当平坦，有的中央还突耸尖锥状的山峰或山峰群。环形山多在靠近地球的一面。



Oblique view of the lunar far side as photographed by the crew of Apollo 11. The large crater at center is IAU crater #308 (179° E, 5.5° S) with a diameter of about 80 kilometers. The rugged terrain visible here is typical of the lunar far side.

2、月海（mare, pl. maria）

- ▶ 形态：大多数呈圆形或卵形(oval)，四周被山脉所封闭，但也有一些还彼此相连，形成一片。较小的月海成为“湖”，有些月海伸向陆地称为“湾”或“沼”。

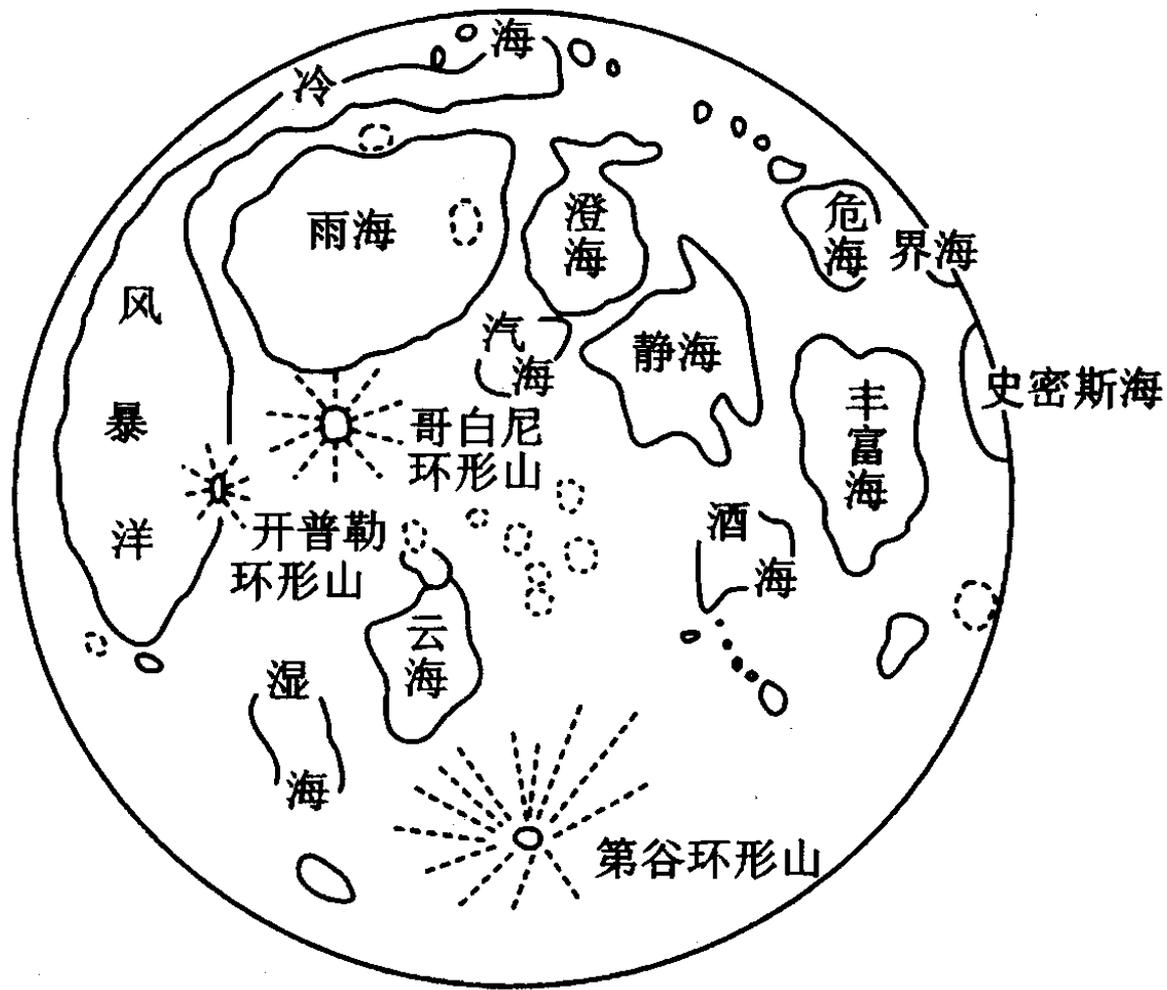
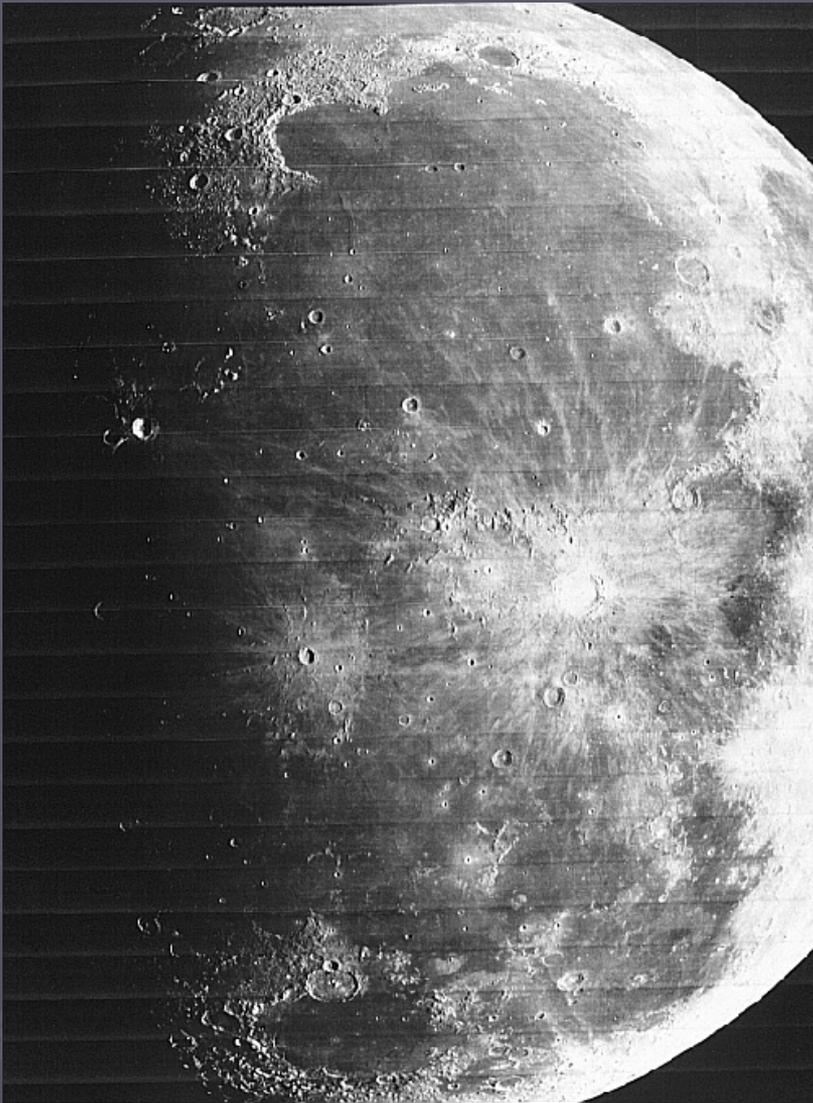


图 4.29 正面的月海



The smooth dark areas on the Moon's surface are called maria (plural for mare; Latin for seas). These volcanic plains are made up of a rock type known as basalt, similar in composition to the rocks found in Hawaii. They cover 17% of the surface area of the Moon. The maria contain physical features such as pits and channels, but lack large volcanos.

This image was taken by one of NASA's Lunar Orbiters in 1967

http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/display.cfm?IM_ID=800

3、月陆、山脉和峭壁

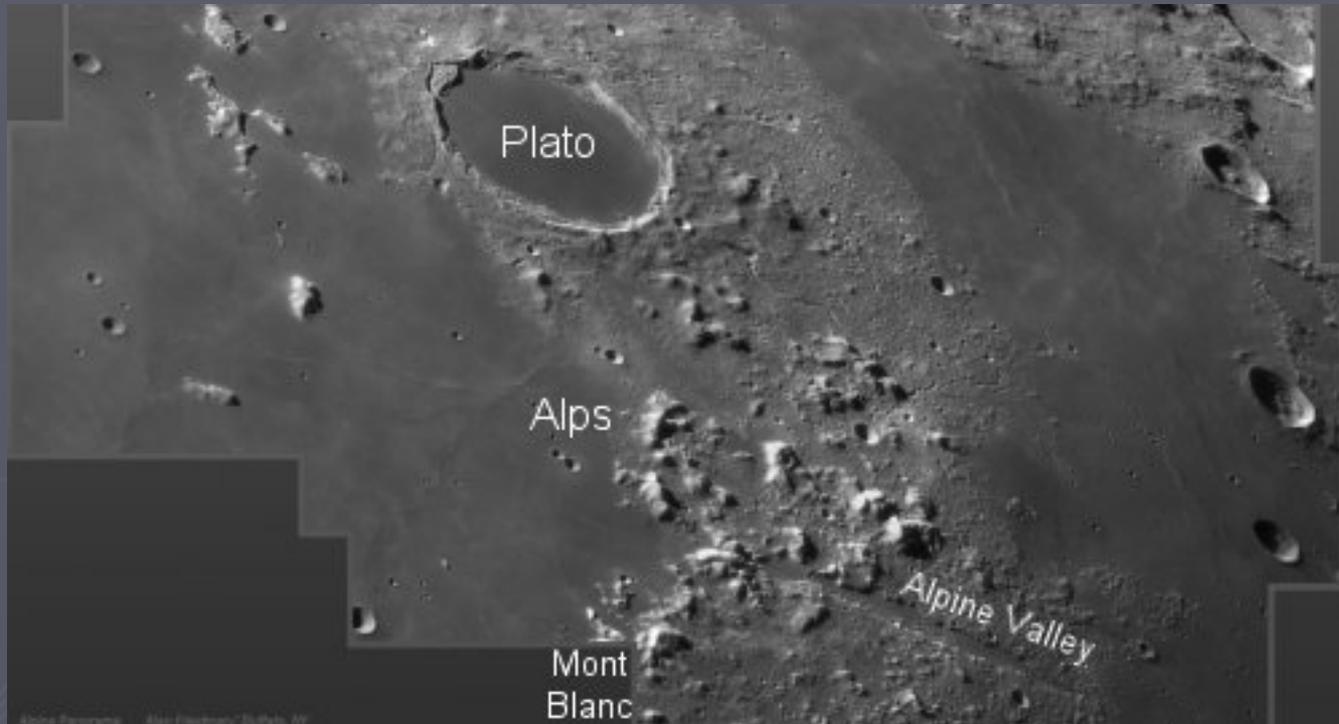
- ▶ 月面上高出月海的区域称为月陆，一般比月海高2-3km。因反照率高，所以看上去比较明亮。在月球正面月陆和月海大致相当，但在月球背面，月陆的面积大得多。
- ▶ 月球山脉大多围绕月海，成为广阔月海盆地的“环形山边”（rim），并具有两边坡度不对称性：向海的一面坡度大，而另一侧相当平缓。
- ▶ 月面上海有长达数百公里的峭壁，共4座，其中3座在月海中，这种峭壁又称为“月堑”。

4、月面辐射条纹（lunar rays）

- ▶ 月面上从某些环形山出发向四周辐射的明亮条纹。这些条纹几乎笔直地穿过山脉、月海和环形山向外延伸。
- ▶ 成因：没有定论，比较流行的说法是陨星撞击月面时无数碎块向四面八方溅射，在没有大气的月球上抛洒很远而形成。

5、月谷

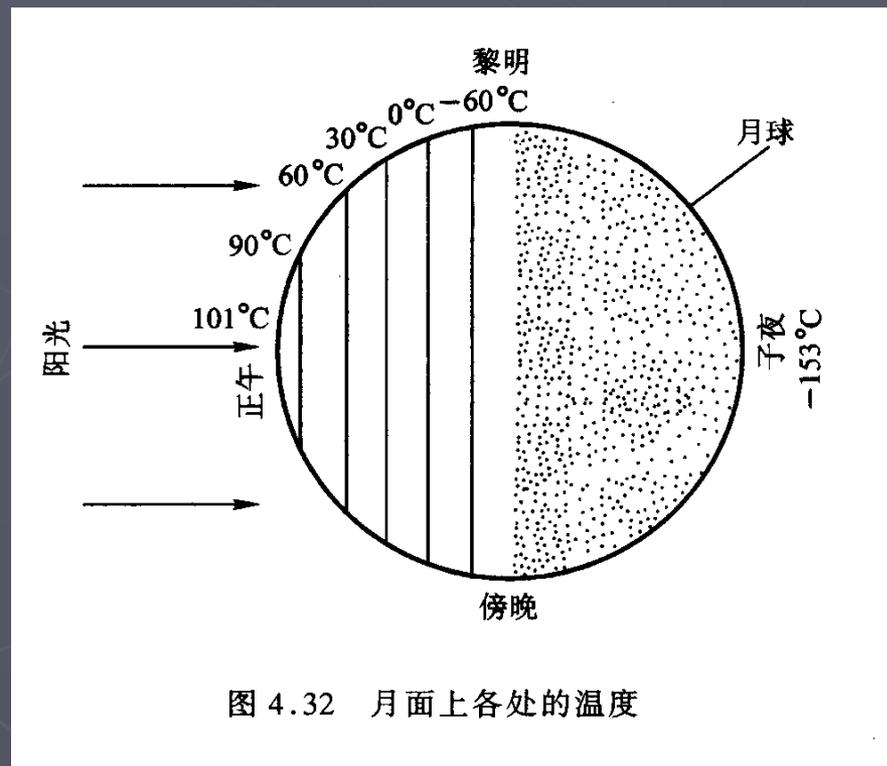
- ▶ 月球表面由一系列断层构成的长形的断陷谷地。长度从几百到上千公里，宽度从几千米到几十千米。



Plato and the lunar Alps, photographed by Alan Friedman of Buffalo, New York.
http://science.nasa.gov/headlines/y2006/08feb_lunarialps.htm

二、月面的物理状况

- ▶ 大气和水
- ▶ 磁场
- ▶ 温度
- ▶ 月面活动



三、月球的内部结构

▶ 月震探测：强度和频数远小于地球

▶ 内部结构

- 壳：正面平均厚度约65km，背面在100km左右，有密度较低的硅酸盐组成；
- 幔：固态的上月幔和塑性的下月幔；
- 核：可能由铁、镍、硫组成，估计呈固态；

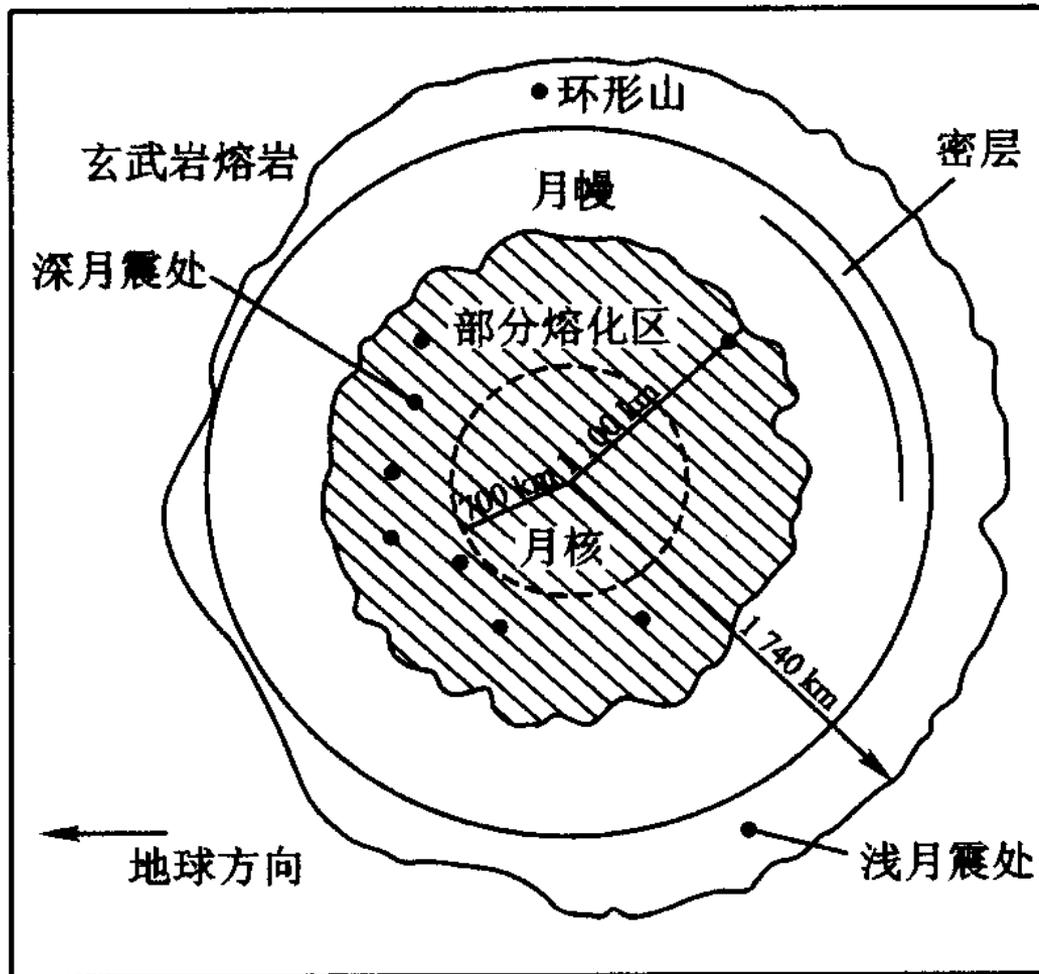


图 4.33 月球的内部结构

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/845104033232011220>