



地球概论

地理系《地球概论》编写组

河南大学函授部

前 言

《地球概论》函授教材，系根据高等师范院校本科地理专业函授教学需要而编写的。

在编写过程中，参照了1980年教育部审订的全国高等师范院校地理系《地球概论教学大纲》，注意贯彻了理论联系实际的原则，采用了最新的数据，并考虑函授教学的特点，所以在内容安排上，基本保持教材的系统完整性，便于学生自学，又能获得较为系统的地球概论知识。

《地球概论》的主要内容，是关于地球整体的基础知识。因此本教材的结构有两方面的内容，即地球的天文学和地球的物理学。因为地球是一个天体，它与宇宙中其它天体有着不可分割的联系，如地球的运动特性必须遵循太阳系中大行星运动的一般规律，而大行星运动又与太阳系的构成有密切的关系。又如月球是地球的卫星，月地形成一个天体系统，月球对地球就有不可分割的影响。再如太阳是地球表面能量的主要来源，它与人类活动息息相关，要研究地球的一般特性，不能不涉及太阳。所以要认识地球，必须了解地球的宇宙环境和宇宙中的其它一些天体。因此《地球概论》就要包括一些普通天文学的内容。地球是一个物体又是地学研究的对象，地球的一般特性，如形状、大小、结构、运动、物质组成以

及物理化学性质等……是我们必须学习的内容。因此《地球概论》就要包括这些地球物理学的内容。

在编写本教材时，主要参考了《地球概论》（金祖孟编著）、《地球概论》（教育学院系统地理教材协编组）、《天文学教程》（戴文赛等编著）、《天文学导论》（陈载璋等编著）、《中国大百科全书天文学》等有关书刊，特向编著者致以谢意。

本教材的编写共分七章。第一、二、三章由孙锦龙编写；第四、五、六、七章由张潭编写。由于我们水平有限，加之对编写函授教材缺乏经验，书中缺点和错误在所难免，恳盼得到使用本教材的同志批评指正。

编 者

1984年11月

目 录

第一章 地球的宇宙环境	(1)
第一节 天球和天体	(1)
第二节 太阳	(5)
第三节 太阳系	(19)
第四节 恒星和星云	(31)
第五节 银河系及宇宙	(51)
第二章 地球的自转运动	(58)
第一节 周日视运动与地球自转	(58)
第二节 地理坐标	(60)
第三节 地球自转的方向、周期和速度	(63)
第四节 地球自转的证明	(66)
第五节 地球自转的后果	(69)
第六节 地球的进动	(76)
第三章 地球的公转运动	(80)
第一节 天球坐标系	(80)
第二节 地球公转与太阳的周年视运动	(86)
第三节 地心说和日心说	(89)
第四节 地球公转的规律性	(96)
第五节 地球公转的地理意义	(102)

第四章 地球的卫星	(119)
第一节 月球概况	(119)
第二节 月球的公转运动	(127)
第三节 月球的自转运动	(135)
第四节 人造地球卫星	(137)
第五章 日月食和潮汐	(147)
第一节 日食和月食	(147)
第二节 天文潮汐	(163)
第六章 时间和历法	(173)
第一节 时间	(173)
第二节 历法	(193)
第七章 地球的结构和物理性质	(207)
第一节 地球形状和大小	(207)
第二节 地球的结构	(213)
第三节 地球的物理性质	(221)
(10)	
(20)	
(30)	
(40)	
(50)	
(60)	
(70)	
(80)	
(90)	
(100)	
(110)	
(120)	
(130)	
(140)	
(150)	
(160)	
(170)	
(180)	
(190)	
(200)	

第一章 地球的宇宙环境

第一节 天球和天体

一、天穹和天球

我们站在田野上仰望，看到蓝色的天空好象盖在大地上的半个球面。晚上我们仰望星空看到半球面上镶嵌着无数闪闪发光的星斗。人们把这半球形的天空叫做天穹。日月星辰每天都在这个半球形的天空里东升西落，永不停息。因此在古代，人们就认为天空真是一个透明的水晶球面，上面分布着日月等天体，而地球正好位于球心。这地面以上和以下的两个半球形的天空合起来，称为天球。

天穹和天球都不是真正存在的，而是人们的视觉造成的现象。因为所有的天体离我们太远了，人的眼睛已无法分辨其远近，天上的日月星辰，甚至高空的云彩，看来好象一样远。其实云高一般几公里到十公里左右，而月亮离地球三十八万四千多公里，太阳和星星就更远了。不管我们处在地球的什么地方，总觉得天空似乎都是等距离的一个球面，观察点是这个球面的球心。天球虽然不存在，但是它和人们的直观完全符合，因而用它作为研究天体的视位置和视运动的辅助工具就十分方便。天体的视位置，就是不考虑天体实际距离的远近，把天体沿视线投影在天球面上。这样天体的视位置

就用点确定在球面上了，各种天体的位置变化——在天球面上的视运动就成为球面上点与点之间的大圆弧或弧段的变化了。通过天体的视运动的研究，可进一步研究天体的真实运动。由此可见，天球起到了一种坐标面的作用。我们可以在它上面建立各种球面坐标系统。

由于天体的视位置是观测者对于天体的视线与天球面的交点，因此天球可以描述为以适当点为球心，以适当长度为半径的，上面分布着我们所讨论的天体的球面。一般以观测

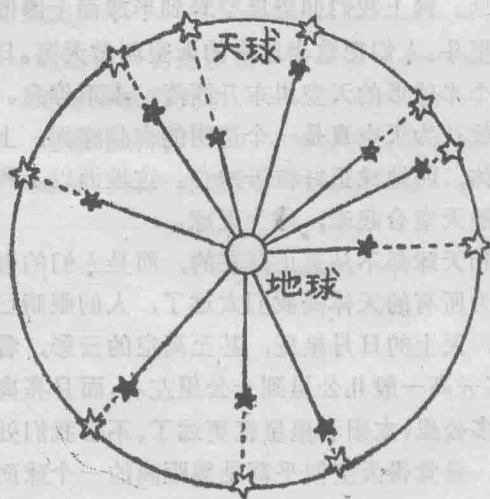


图1 天球示意图

者为球心。有时为了研究的方便，也取地球中心或太阳中心为天球球心，这时二者的距离差别（一个地球半径或地球到太阳的距离）对于遥远的天体来说，并无影响。这样作的天球分别称为“地心天球”或“日心天球”。

二、天体

日、月、星、辰，总称天体。天体，即天上的星体。“天上”在哪儿？地球以外是“天上”。不过在别的星球上看来，地球也在“天上”，所以地球也是一个天体。在广袤无限的宇宙中，地球只是一颗很不显眼的天体。此外，长时间在天空运行的人造卫星，宇宙飞船等飞行器叫“人造天体”。

天体主要有太阳、行星、卫星、流星体、彗星、恒星、星团、行星际物质；星云和星际物质等类型；近年来发现的红外源、射电源、x线源、y线源，也是天体。

1. 地球：是太阳系的一个行星，同其它行星一起绕着太阳转动。
2. 月球：是我们的近邻，是地球唯一的天然卫星。
3. 太阳：是太阳系的中心天体，它是发光的气态的整体。
4. 行星、小行星及卫星：环绕太阳转动的较大行星有九个，按离太阳的远近，从近到远依次是水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星。除九大行星以外，太阳系中还有许多的小行星，其中已经编号的在二千个以上。它们大都在火星和木星的轨道之间环绕太阳公转。许多大行星都有自己的卫星。

5. 彗星：也绕太阳转动，但是其轨道很扁，是偏心率很大的椭圆，少数轨道是抛物线或双曲线。因此彗星有时离太阳很近，有时离太阳很远。离太阳近时，我们才有可能见到它。大多数彗星出现时，拖着一条很长的尾巴，象一把扫帚挂在天空、俗称“扫帚星”。

6. 流星体：在晴朗的夜晚，我们还能看到天空中一道道亮光象箭飞逝，它们是比太阳，行星、卫星、彗星更小的天体。也绕太阳转动，轨道多种多样。有时候流星体会落入地球大气，与大气分子碰撞，生热发光而化为气体，成为流星，来不及烧尽的便落到地面上成为陨星。

7. 恒星：天穹中所看到的星星中，除少数几颗行星外，几乎全为恒星，即所谓“满天星斗”。恒星都是自己发光的气体球。太阳也是千千万万颗恒星中的一个。太阳看起来比星星大得多，亮得多，是因为太阳比其他星星近得多的缘故。恒星，顾名思义是“永久不动”的星。这里说的“不动”并不是说星星没有东升西落，而是指星星之间的相对位置几乎是不变的。如我们熟悉的“北斗七星”组成一个勺形，它的图形在短的天文年代中，年复一年，总是如此，并不变化。

8. 星云：在银河系内恒星以外还包括许多云雾状的星云，它是由气体和尘埃质点组成的。体积庞大，但密度极低，质量很大。有名的猎户座大星云便是这样的星云，另外一类是银河系外的星云。它们实际上是星而不是“云”。

9. 星际物质：在银河系的恒星之间，并不是完全空的，而是充满着比星云更为稀薄的弥漫物质叫做星际物质。包括气体和尘埃。在银河外的星系里，也有气体、尘埃等质点。

第二节 太 阳

对于人类来说，太阳是最重要的一个天体。太阳给地球以光和热，才使地面活跃起来，疾风劲吹，江水奔流，花开果熟，万物生长。没有太阳，地球便沉沦于永恒的黑暗之中，变成一个冷寂的毫无生气的不毛之地；温度将降到绝对零度（ -273°C ），人类便无法生存。宇宙间没有其它天体比太阳对地球的关系更为密切的了。

一 太阳的距离

地球绕太阳公转的轨道是一个椭圆，所以它和太阳的距离是不断在变化着。通常所说的太阳与地球的距离，是指太阳和地球的平均距离，更准确地说，是地球公转轨道的半长轴，测定这个距离的方法很多，这里最经典的方法是三角视差法。视差就是在相隔一定距离的两点上观察同一目标所产

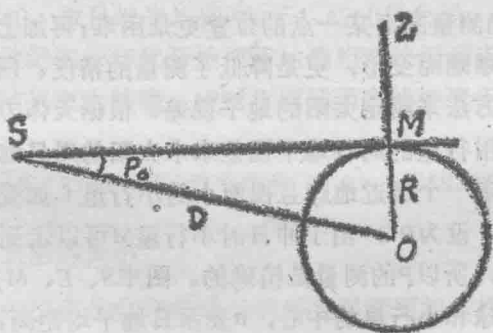


图 2 天体的周日视差

生的方向差异。视差可用两观测点间的距离在目标处的张角来表示。两观测点间的距离叫基线。如果基线固定，目标越远，视差越小；反之目标越近，视差越大。测出目标的视差，然后用三角公式即可求出目标的距离。这就是三角视差法测量天体距离的原理。

在测定太阳系内一些天体的视差时，常以地球的半径作为基线，这时所测定的视差称为周日视差。周日视差随着天体的周日视运动而改变，即通过M点的地球半径在天体S处的张角随天体的视位置而改变。显然当天体位于天顶时视差等于零。当天体位于地平时，它的周日视差值最大，故称为周日地平视差(p)。周日地平视差 p 和地心到天体的距离 D 以及地球的半径 R 之间的关系可用下式表示 $\sin P_0 = \frac{R}{D}$ ，其中 R 是已知的，由观测得到 P_0 ，就可以根据上式求得 D 。

月球和一些行星的周日地平视差可以直接测定。由于太阳的距离太远，它的地平视差很小，(小于 $9''$)直接测定太阳的地平视差是很困难的。此外，太阳呈现一个很大视圆面，要准确测量圆面某一点的位置更是困难；再加上测量仪器受太阳的曝晒而变形，更是降低了测量的精度。所以必须采用间接的方法来测定太阳的地平视差。根据天体力学的理论，常利用行星的周日地平视差来求太阳的周日地平视差。通常先测定一个靠近地球且视面小的小行星(如爱神星)的地平视差。设为 P ，由于冲日时小行星 M 可以走到离地球很近的地方，所以 P 的测量是精确的。图中 S 、 E 、 M 分别表示太阳、地球和小行星的中心， a 表示日地平均距离， P_0 表示太阳视差， a_1 表示小行星和太阳的平均距离，地球半径是 R 。

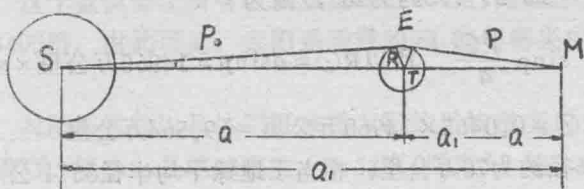


图3 利用小行星测定太阳视差

则

$$R = a \sin P_{\odot}$$

$$R = (a_1 - a) \sin P$$

$$\text{得 } \sin P_{\odot} = \left(\frac{a_1}{a} - 1 \right) \sin P$$

当 P_{\odot} 和 P 很小时 $\sin P_{\odot} \approx P_{\odot}$, $\sin P \approx P$

$$\text{故得: } P_{\odot} = \left(\frac{a_1}{a} - 1 \right) P$$

由于 $\frac{a_1}{a}$ 可以用天体力学的方法求得, 这样就可以求出太阳的视差来了, 根据测定和国际上采用的数值, 取 $P_{\odot} = 8.''80$, 取日地平均距离 $a = 1.4960$ 亿公里。

二十世纪四十年代开始把雷达测距离法用到天文测量上, 测量结果更为精确。1976年国际天文协会决定采取的数据是:

$$P_{\odot} = 8.''794148 \quad \text{日地平均距离 } a = 149597870.5 \text{ 公里。}$$

二、太阳的大小

用子午仪和其它仪器可以测得太阳圆面的平均视直径, 根据日地平均距离就可推算它的线半径。太阳视半径

$P = 15'59''.93$ 约为 $16'$ ，因为

$$\sin p \frac{P_{\odot}}{a} \quad \text{所以 } R_{\odot} = a \sin p = 14960 \text{ 万公里} \times \sin 16'$$

$$R_{\odot} = 0.0465 \times 14960 \text{ 万公里} = 69.564 \text{ 万公里}$$

太阳半径约为70万公里，相当于地球平均半径6371公里的109.3倍，太阳的表面积应为

$$\begin{aligned} S_{\text{表}} &= 4 \pi R_{\odot}^2 = 4 \times 3.1416 \times (70 \text{ 万公里})^2 \\ &= 6.157 \times 10^{12} \text{ 平方公里} \end{aligned}$$

它相当于地球表面积的12000倍。太阳的体积应为：

$$V_{\odot} = \frac{4}{3} \pi R_{\odot}^3 = 1.437 \times 10^{18} \text{ 立方公里，它相当于地球$$

球体积的130万倍。

三、太阳的质量、密度和重力

太阳的质量是利用万有引力定律测定的。当把地球的运动看作绕太阳作匀速圆周运动时，太阳对地球的吸引力充当向心力，设 m 为地球的质量， a 是日地平均距离， v 是地球绕太阳公转的线速度， G 是万有引力常数， M 是太阳

的质量，则向心力 $f = \frac{mv^2}{a}$ ，日地之间的万有引力

$$F = G \frac{Mm}{a^2}, \text{ 因为 } f = F \text{ 所以 } \frac{mv^2}{a} = G \frac{Mm}{a^2} M = \frac{av^2}{G}$$

$$\text{式中 } a = 1.496 \times 10^8 \text{ 公里} = 1.496 \times 10^{11} \text{ 米}$$

已知 $v = 29.78 \times 10^3 \text{ 米/秒}$ ， $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ 牛顿} \cdot \text{米}^2 / \text{千克}^2$

代入式得： $M = 1.989 \times 10^{30} \text{ 千克}$

这个数值等于所有行星质量和的745倍，是地球质量的333400倍，由此可见，太阳系质量的99.86%都集中在太阳上。

太阳质量除以其体积可求得太阳的平均密度为1.409克/厘米³，是地球密度（5.52克/厘米³）的1/4。

太阳表面的重力，可以看成整个太阳质量集中太阳中心，对太阳表面的单位质量的吸引力 $f = G \frac{M}{R^2}$ 用已知数值代入

$$f = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ 牛顿} \cdot \text{米}^2 / \text{千克}^2 \times 1.989 \times 10^{30} \text{ 千克}}{(7 \times 10^8 \text{ 米})^2}$$
$$= 271 \text{ 米/秒}^2$$

太阳表面的重力是地球表面重力（加速度）9.8米/秒²的27.7倍。

四、太阳的热能和温度

究竟太阳能够发出多少热能和光能？地球又获得多少太阳热能？为此就须要经常测量太阳的包括所有波长的总辐射能量。测量的仪器叫做太阳热量计。我们要测定的是在离太阳一个日地平均距离处，假使没有大气的吸收，在与太阳光线垂直的一平方厘米面积上每分钟所接收到的太阳辐射能量值，这个数值叫做太阳常数。单位应是卡/厘米²·分钟。

在地球上测定太阳常数必须进行两种改正。一种是地球大气的吸收，太阳愈是斜射，它的辐射在地球大气层中所经过的路程愈长，吸收愈厉害。即使太阳位于头顶，也只有80%左右的太阳光达到地面。另一种改正是太阳和地球距离

的变化，因为地球绕太阳公转轨道是一椭圆。太阳常数的观测已有70多年的历史。六十年代以前多在稀薄大气的高山上测定。近来采用高空火箭、人造卫星、宇宙飞船等进行高空测量，这主要是避免大气吸收的缘故。综合各种观测资料，国际上规定一九八一年起，太阳常数采用1.98卡/厘米²·分钟。（原来采用1.95卡/厘米²·分钟）

从太阳常数容易求出整个太阳每秒钟发出的辐射能，它显然等于每秒钟通过半径为一个日地平均距离的球面的辐射能量即：

$$\begin{aligned}
 A_{\text{总}} &= \frac{1.98 \text{卡}}{60 \text{厘米}^2 \text{秒}} \times 4 \pi a^2 \\
 &= \frac{1.98 \text{卡}}{60 \text{厘米}^2 \text{秒}} \times 4 \pi \times (1.496 \times 10^{13} \text{厘米})^2 \\
 &= 0.033 \times 2.81 \times 10^{27} \text{卡/秒} = 9.27 \times 10^{25} \text{卡/秒} \\
 &= 3.875 \times 10^{33} \text{尔格/秒}
 \end{aligned}$$

被太阳照射的半个地球上每分钟得到的热量相当于以地球半径为半径的圆面积上所接收的热量。根据圆面积公式 $\pi R_{\text{地}}^2 = 3.1416 \times (6.37 \times 10^8 \text{厘米})^2 = 1.27 \times 10^{18} \text{厘米}^2$ ，这样半个地球表面所得的太阳热量为 $1.27 \times 10^{18} \text{厘米}^2 \times 1.98 \text{卡/厘米}^2 \cdot \text{分钟}$ 等于 $2.51 \times 10^{18} \text{卡/分钟}$ 。

地球得到的太阳辐射能占太阳总辐射能的多少？这个比值很容易确定。应是 $\frac{\pi R_{\text{地}}^2}{4 \pi a^2}$ （其中 a 是日地平均距离）。

算得这个比值是1/22亿。太阳每分钟输送给地球的热量约是250亿亿卡，每年给予地球的热量相当于150亿亿度的电力。由此可见，太阳本身的温度一定非常高。

太阳表面的温度，可以利用物理学中的黑体辐射定律得。黑体是一种理想的吸收体，它能吸收外界对他的全部辐射，同时自己也发出辐射，辐射本领与吸收本领的比值随温度增加。研究结果表明，太阳表面严格的说不是一个黑体，但其辐射规律同黑体辐射相差不多。按照黑体辐射的斯忒藩—玻耳兹曼定律，辐射能量应同绝对温度的四次方成正比，即： $S = \sigma T^4$ 其中 σ 为常数，等于 1.358×10^{-12} 卡/厘米²、度⁴秒，或者 8.14×10^{-11} 卡/厘米²、度⁴、分、叫做玻耳兹曼常数。 S 就是太阳表面每平方厘米每秒钟放出的辐射能。由于整个太阳表面的总辐射能 $A_{总} = 9.27 \times 10^{25}$ 卡/秒

所以 $S = \frac{A_{总}}{4\pi R^2 \odot}$ ，其中 R_{\odot} 是太阳的半径，等于 6.956×10^{10} 厘米，这样 S 就可求得。再利用斯忒藩—玻耳兹曼公式求得太阳表面的有效温度是

$$T = 5770^{\circ}K$$

太阳表面的有效温度是指太阳表面层的某种平均温度。太阳内部的温度如何？由于我们只能直接观测太阳外表层的辐射，不能直接观测到太阳内部的辐射，要了解太阳内部的结构是困难的。不过我们可以根据太阳内部与外层的联系，根据已经掌握的资料，再利用一些物理定律，是能够逐步了解的。

五、太阳能量来源

据观测，太阳在相当长时间内，既不膨胀又不收缩，处于比较稳定的阶段。因此对于太阳内的任一块物质，必须处于力学平衡和能量平衡的状态之中。即全部太阳物质对某块

物质万有引力的合力应该等于这块物质所受的压力差，引力的合力方向指向太阳中心，而压力差的方向与引力的合力方向相反。这就是力学平衡。所谓能量平衡是指太阳内某一小块物质所辐射的能量要等于它吸收的能量和它自己产生的能量之和，否则，太阳的温度就要升高或降低而不稳定。根据这些考虑得出，太阳内部的温度是随深度的增加而增加的，太阳中心的温度高达 15000000°K 。

在这种高温下，原子将几乎失去核外的全部的电子而处于高度电离状态，太阳上的一切物质都化为熊熊燃烧着的等离子气体。

由于太阳的质量很大，太阳中心气体必然受到巨大的压力。高度电离的原子和自由电子即等离子体的“直径”比中性原子小得多，在强大的压力下，它们挤得更加紧密，从而使太阳内部的密度大大增加，达到 160克/厘米^3 ，这相当于水，银密度的12倍；太阳内部的压力可达 3.4×10^{17} 达因/厘米²，相当于3000亿个大气压。所以太阳内部是一个高温、高压、高密度的区域。

根据太阳光谱——方和斐光谱的分析，氢和氦占了太阳大气物质的绝大部分，按质量计算氢占71%，氦占27%，其它元素仅占2%；其中金属元素中含量较多的是镁、铁、钙、铝、镍。

太阳能量的来源正是高温高密高压下的热核反应。

在太阳中心区域1500万度的高温条件下，含量丰富的氢原子失去了仅有的电子而成为氢原子核——质子，四个氢原子核可以进行热核反应，而聚变成一个氦原子核，其相当的核反应方程式是：