

中学地理教师进修试用教材

# 地球概论



海洋出版社

中学地理教师进修试用教材

# 地 球 概 论

教育学院系统地理教材协编组

海 洋 出 版 社

1982年·北京

# 地 球 概 论

教育学院系统地理教材协编组

海洋出版社出版

(北京复兴门海贸大楼)

国防科委印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1982年11月第1版 1982年11月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 6<sup>3</sup>/<sub>4</sub>

字数: 150千字 印数: 1—6,000

统一书号: 12193·0160 定价: 0.95元

## 前 言

《地球概论》的主要内容是关于地球的基础知识。地球是地学研究的对象，作为一个天体，地球也是天文学研究的对象。地球的一般特性，如形状、大小、运动、物质组成、结构特征、物理化学性质以及起源和演化等问题分别属于地球天文学、地球物理学、地球化学、天体演化学等学科。

作为一个天体的地球的一般特性必然与宇宙中其他天体有着不可分割的密切关系。如地球的运动特征必须遵循太阳系中大行星运动的一般规律，而且行星运动又与太阳有着密切的关系；又如月球是地球的卫星，月地形成一个运动系统，对地球的特性也有一定的影响；再如地球表面的能源主要来自太阳，日地关系的密切是显而易见的。由于地球和其他天体的这种密切关系，所以要认识地球，就要了解宇宙中其他天体。因此，《地球概论》这一课程的内容也要包括一些普通天文学的基础知识。

另外认识地球也必须从认识地球的宇宙环境入手，研究地球必须用一些天文学的方法，如认识地球的形状和大小要进行天文测量和大地测量，认识地球的运动则要观察天体的视运动等等，这也是《地球概论》课程中为什么要包括一些普通天文学的基础知识的原因。

《地球概论》是地理专业的一门基础课。学习地理首先要了解地球的一般特性。地理学研究的对象是地球表面几个圈层相互作用所形成的一个整体，叫做地理圈、地理壳或地理环境。地理环境中各种自然地理过程能量的来源主要来自太阳，而太阳能量在地球表面的分布又要受地球的形状、大小、运动以及日地距离等因素的制约，地理环境的分异规律就是受这些因素控制的。所以，学习地理首先要认识地球的一般特性。地理专业设置《地球概论》课的目的即在于此。

《地球概论》课对于培养学生的辩证唯物主义世界观也有着非常重要意义。

## 出版说明

为了适应在职中学地理教师系统进修的需要,中国地理学会教育工作委员会委托北京教育学院于一九八〇年底召开全国各省市部分教育学院(教师进修学院)会议,商讨并决定加强协作,尽快编写一套中学在职教师进修教材。会上酝酿成立了地理教材协编组,领导小组成员是瞿宁淑、白耀、**黄杰民**、李秀琴、王永昌,主持领导编写工作。

根据教育部颁布的《中学教师进修高师地理专科教学计划(试行草案)》和各门课程的教学大纲,经过两年多时间的努力,编写了一套高师地理专科试用教材,由海洋出版社陆续出版。

这是解放以来第一套中学地理教师系统进修教材,在编写过程中,得到各编写单位领导的关切和支持,从各方面提供条件,使编写工作得以顺利完成。书稿编出后,曾分别召开审稿会议,送请有关专家审阅。

由于经验和水平所限,不足之处在所难免。值得高兴的是,经过几年努力,中学地理教师长期渴盼的一套进修教材终于诞生了。此次出版攀盼得到广大读者的审查指正,以便进一步补充修订,使之臻臻完善。

| 书名       | 编写单位                                                                  |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|
| 地球概论     | 北京教育学院、上海教育学院                                                         |
| 地图概论     | 上海教育学院                                                                |
| 地质学基础    | 上海教育学院、北京教育学院                                                         |
| 气象学基础    | 上海教育学院、北京教育学院                                                         |
| 自然地理基础   | 北京教育学院、上海教育学院                                                         |
| 中国地理     | 上海教育学院、北京教育学院、福建教育学院、上海徐汇教师进修学院、杭州教师进修学院                              |
| 世界地理     | 辽宁教育学院、北京教育学院、广西教育学院、吉林教育学院、陕西教育学院、天津教育学院、长春教育学院、大连教育学院、黑龙江省松花江地区教育学院 |
| 中学地理教材教法 | 北京教育学院、天津市教育局教研室、上海教育学院                                               |

教育学院系统地理教材协编组

# 目 录

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| <b>第一章 地球的宇宙环境</b> .....    | ( 1 )   |
| 第一节 地球、天球和天体.....           | ( 1 )   |
| 第二节 太阳和太阳系.....             | ( 8 )   |
| 第三节 恒星和星系.....              | ( 24 )  |
| 第四节 天体的起源和演化.....           | ( 34 )  |
| <b>第二章 地球的运动</b> .....      | ( 40 )  |
| 第一节 地球的自转.....              | ( 40 )  |
| 第二节 地球自转的地理意义.....          | ( 44 )  |
| 第三节 地球的公转.....              | ( 49 )  |
| 第四节 地球公转的地理意义.....          | ( 57 )  |
| 第五节 时间.....                 | ( 64 )  |
| <b>第三章 地月系运动</b> .....      | ( 70 )  |
| 第一节 地月系运动与日月的会合运动.....      | ( 70 )  |
| 第二节 日食和月食.....              | ( 73 )  |
| 第三节 地球上的潮汐.....             | ( 77 )  |
| 第四节 人造地球卫星.....             | ( 81 )  |
| 第五节 历法.....                 | ( 84 )  |
| <b>第四章 地球的结构和物理性质</b> ..... | ( 88 )  |
| 第一节 地球内部的结构.....            | ( 88 )  |
| 第二节 地球的物理性质.....            | ( 90 )  |
| <b>思考练习题</b> .....          | ( 99 )  |
| <b>后记</b> .....             | ( 101 ) |

# 第一章 地球的宇宙环境

## 第一节 地球、天球和天体

### 一、天球和天体

#### (一)天穹和天球

我们站在平坦的原野上仰望，看到蓝色的天空好象盖在平坦大地上的半个球面，在这个半球面上镶嵌着太阳、月亮和星星，人们把这个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东升西落，不停地运行，于是人们设想还有半个球形天空存在于地面以下，地面上下的两个半球形的天空合起来就是一个完整的球形，称它为天球。其实，天球是人们想象出来的，直观上只有天穹而无天球。

天穹也不是真实存在的，而是人们的视觉造成的一种现象。人们的眼睛对于较远的物体，无法判别其远近。如天上的云和月亮，看来好象一样的遥远，其实，云高一般只有几公里，最高也仅10公里左右，而月亮远在384,400公里之外。对于比月亮更远的天体。诸如太阳、星星等，人的眼睛就更无法区别其远近了。这样各种天体，无论其实际远近差别多么悬殊，在人们的感受中，似乎是一样的遥远。于是在人们的头脑中留下了这样的印象：天空似乎是一个球面，而人眼就是球体的球心。实际上，天穹给人的感觉是扁平的半球，而不是正圆形的半球，这是人的视觉误差所造成的。

天球是人们从天穹现象按照两个条件设想出来的：(1)以地心为球心，(2)以无穹大的距离为半径。这样天体在天球上的位置大体上和它们在天穹上的位置是一样的，因为以人眼为球心和以地心为球心，二者的距离差别（即6,371公里）对遥远的天体来说，没有什么影响。

天球是假想的，但是它对研究天文学非常有用，利用它，可以在不问天体实际距离远近情况下，表示天体之间的相互位置。也就是说，利用这个假想的天球，可以把各种天体运动方向间的相互关系的研究，变为球面上点与点之间的大圆弧段所表示的相互位置关系的研究。确定了天体之间的相互位置，又可进一步看到这些天体在天球内表面上的视运动，从而研究它们的真实运动。所以，研究天文学就要借助天球这一概念。

#### (二)天体

日、月、星辰总称为天体。天体，即天上的星体，地球也是一个天体。因为我们住在地球上，就觉得地球在我们脚下，而日、月、星辰等其它天体在天上；要是从月球或其它天体上看地球，则地球也是和其它天体一样，悬挂在空中。

天体主要有恒星、行星、卫星、流星、彗星、星云等类型。

在天穹所看到的星星中，除少数几颗是行星外，绝大多数为恒星。恒星，顾名思义，是

“永久不动”的星。的确，从表面现象看，恒星最显著的特点是“不动”。当然，这里所谓“不动”，并不是说恒星没有每日一次东升西落的现象，而是指恒星与恒星之间在天球上的相对位置似乎是不变的，如我国民间熟悉的“北斗七星”组成一个勺形。它的图形年复一年，总是如此。

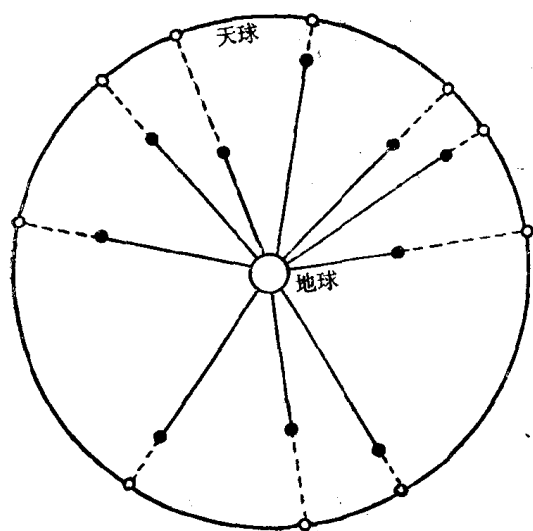
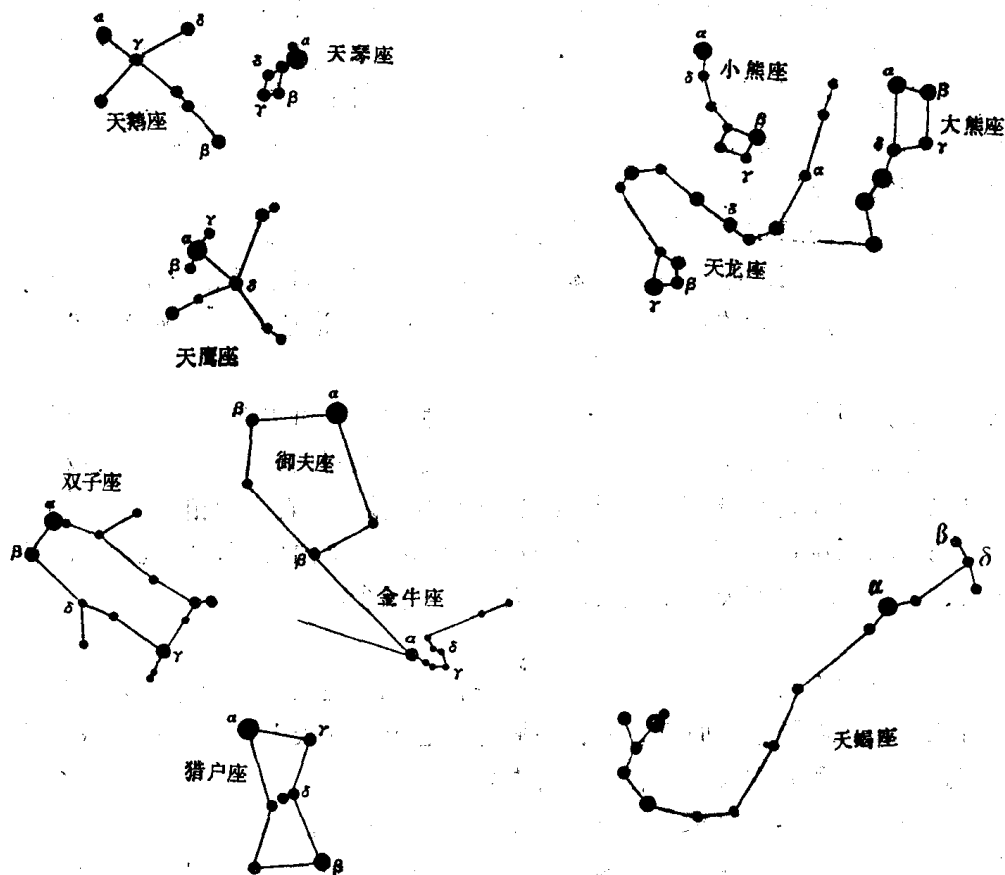


图1-1 天球示意图

比 $\gamma$ 星亮，依次类推。当然颠倒的情况也是有的，那是由于当时用肉眼估计，不如后来用仪器测定的那样准确。

恒星与恒星之间的相对位置似乎是不变的，因而便可根据它们的图形来辨认恒星。人们很早就把相邻几个恒星所构成的图形，想象为某种动物、工具、人物，冠以不同的名称，称为星座。如天鹰座、猎户座、天蝎座……等等（图1-2）。现今天球分88个星座，每一颗恒星从属于一个星座，各个星座中的恒星都有“姓名”，“姓”就是其所在的星座，“名”就是它在这个星座中的符号或号码，如天鹰座 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ……等，前者是姓，后者是名。在一个星座内，一般地说 $\alpha$ 星比 $\beta$ 星亮， $\beta$ 星





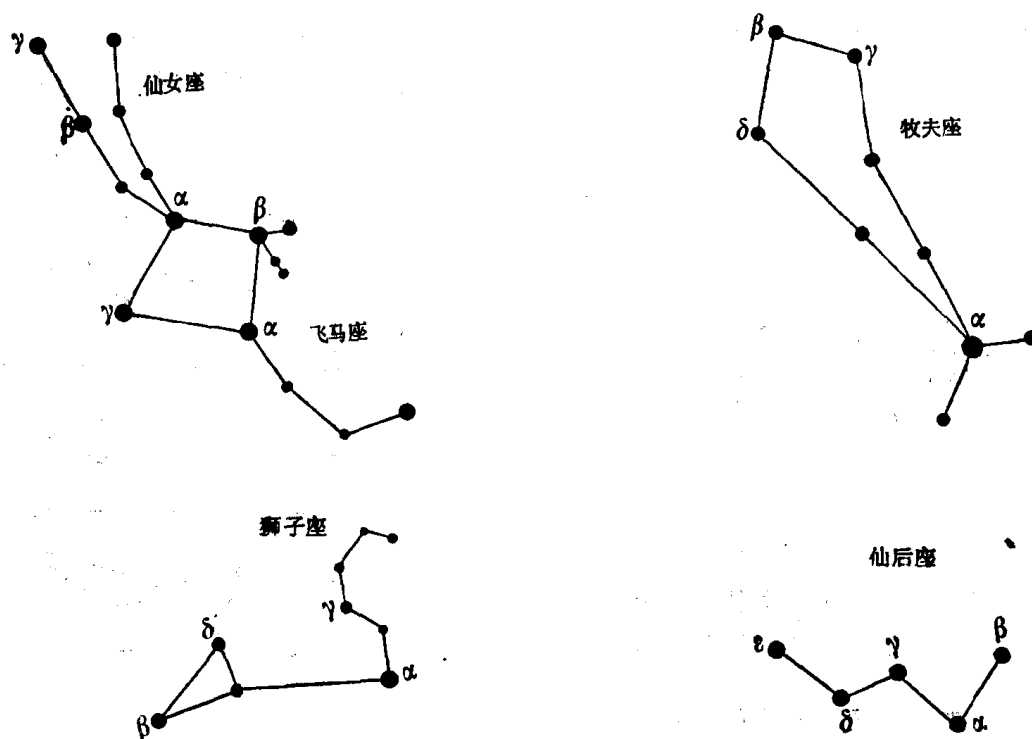


图 1-2 著名的星座

我们肉眼能观测到的恒星，在正常情况下，约有6,000颗；在同一时间，同一地平以上只能看到3,000颗左右。由于望远镜的发明，人们能观测到恒星数比以前增加了成千上万倍。为了使所观测到的恒星能从属于一定的星座，依照1928年国际规定划分星座界线的方法，将所观测到的最暗的恒星，也能归并在某一个星座内。于是星座的含义，就从原意是恒星所构成的图形，变为这个图形所在的天空区域。所以88个星座，就是天球上的89个区域（长蛇座分为东西两个区域），它们把所有恒星都包括在内。星座有大有小，最大的几个星座，如长蛇座、室女座、大熊座、武仙座等，其中长蛇座最大，当“蛇头”已伸到正南方时，“蛇尾”还未出东方地平线。最小的几个星座是南十字座、小马座、天箭座、圆规座等。

恒星之间的相对位置保持不变，只是短时间的表面现象。事实上，恒星也在不停地运动着，只是因为恒星的距离太遥远了，短时间内不易觉察出它们的运动而已；只有经过比较长的时间，才能显出它们之间的相对位置有比较显著的变化。天文学家把当代的星图同古代星图加以比较，发现恒星的位置是有变化的。照相术发明以后，把相隔多年拍摄的两张天体照片加以比较，更容易看出恒星位置的变化。科学发展到今天，用精密的仪器短时间内也能测出恒星位置的微小变化。下面的图形表示出北斗七星位置的变化（图1-3）。

现在已经知道，恒星具有运动和自身能发光的特点，太阳就一颗恒星，而且是离地球最近的恒星。

远古古代，人们就注意到在众恒星之间，有五颗亮星位置不断移动，便称之为行星。这五颗行星就是金、木、水、火、土五星，加上太阳和月亮，就称之为“七曜”。现在知道，太阳系中有九大行星，地球也是其中的一个，而金、木、水、火、土五大行星是肉眼可见的五颗大行星。此外还有许多小行星。

月亮是绕地球运动的一个星球，叫做卫星。许多大行星都有卫星，只是不容易观测罢了。

在晴朗的夜晚我们有时还能看到天空中有一道道亮光象箭似的飞逝，叫做流星。还有一种不常见的天体，出现时拖着一条很长的尾巴，看起来象一把扫帚挂在天上，俗称为扫帚星，学名叫彗星。

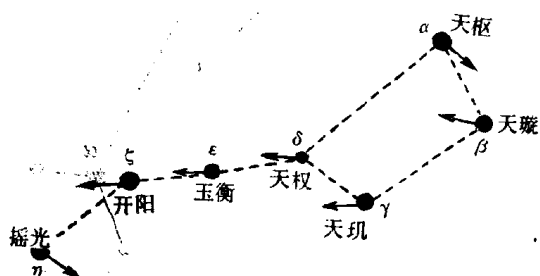


图 1-3a 北斗七星的自行

上述行星、卫星、彗星等都是本身不能发光的天体，它们都是通过反射太阳光而发亮，而且，行星、彗星都是绕太阳运动的天体。

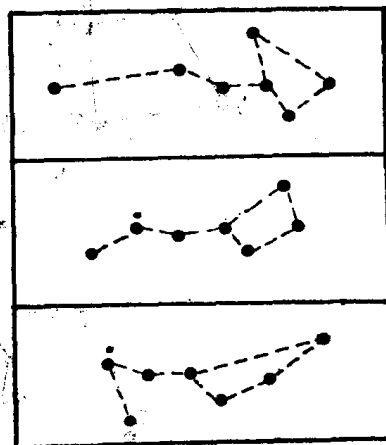


图 1-3b 北斗的过去（上：10万年前）现在（中）和将来（下：10万年后）

## 二、地球的形状和大小

“地球的形状”是指全球性静止海面的形状。它的含义包括下列三点：

(1) 所谓海面的形状，就是用包围地球的海平面的形状来表示地球形状。即不考虑地球表面的海陆差异，也不考虑陆上和海底的地形起伏，不管山有多高、海有多深，它们都与地球几何形状无关。

(2) 所谓静止海面的形状，即不管波浪、潮汐等海水起伏运动的形状，指平均海面的形状。

(3) 所谓全球性的静止海面形状，即不仅包括实际存在的四大洋海面，而且包括陆地地下水体的假想海面。

这样一个包围整个地球的所谓全球性的静止海面的形状，就是地球的形状，即大地水准面的形状。

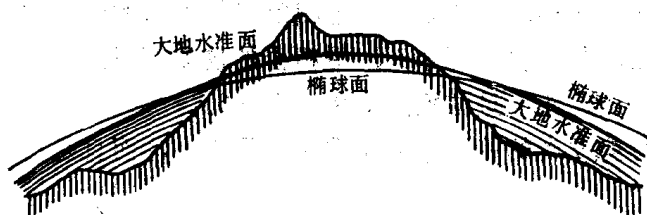


图 1-4 大地水准面和椭球面

人类对地球形状的认识，经历着一个由浅入深，由现象到本质的过程。

### (一) 地球是一个球体

人类最初对地球形状的认识是从直觉经验出发的。由于当时人们活动范围的狭小，眼界不

大，因而就得出“天似穹庐，笼罩四野”，“天圆如张盖，地方如棋局”的结论，这就是“天圆地方”的说法。我国古代还有另一种天地观——浑天说，认为大地是一球体，东汉张衡在《浑仪图注》中写道：“浑天如鸡子，天地圆如弹丸，地如鸡中黄，孤居其内，天大而地小，天之包地，尤壳之裹黄”。

在两千多年前，古希腊的学者（如亚里斯多德等）也根据观察到的一些自然现象，提出地为球体的认识。他们的根据是：（1）北极星在地平的高度因地而异；（2）海边看来船，先见船桅，后见船身；（3）月食时，在月亮上的地球影子是圆形的；（4）登高远望等。

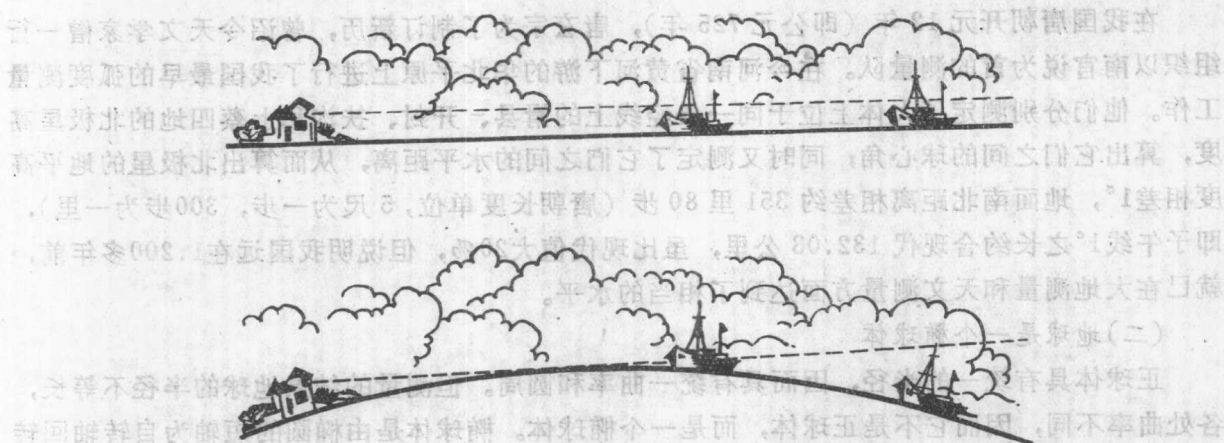


图1-5 从海岸看来往的船只

（上）如果地面是平面，远方的船只依然全部可见。

（下）由于地面是球面，远方船只似乎部分地或全部地在地平以下。

但是这些现象只能表明地面是一个曲面。直到十六世纪，麦哲伦环球航行的成功，人类才第一次以亲身实践证明了地球是个球体。麦哲伦在1519年9月20日率领由五条船组成的舰队，由西班牙的散鲁卡港出发，直向西航行，经过大西洋到达美洲，穿过南美洲南端的一个海峡（后命名为麦哲伦海峡），进入太平洋，越过赤道，到达菲律宾群岛（麦哲伦死于菲律宾），然后舰队又经过印度洋，绕到南非南端转回大西洋，于1522年9月6日回到散鲁卡港，完成了人类第一次环球航行，用实践证明了地球表面的确是个封闭曲面，地球是个球体。

在科学发达的今天，人们利用人造地球卫星和宇宙飞船拍摄地球的照片，就可以直接看到大地是一个球体。

古代不仅有地为球体的认识，并且还

对地球的大小进行过测量，原理是测定子午线 $1^\circ$ 的弧长推算地球的半径和周长。测量子午线 $1^\circ$ 的弧长须要进行两方面的工作：一是进行大地测量，即测量位于同一条经线上的两地距离，这样就得到了这两地之间的经线弧长；二是进行天文测量，即测量这两个地点北极星的高度，或正午太阳的地平高度，二者的高度差，就是两地间经线弧段所对应的地心夹角。于是就可以推算出两地地心夹角 $1^\circ$ 所对应的弧长，即子午线 $1^\circ$ 的弧长。

在外国第一次进行这种测量的是古希腊学者，亚里山大城图书馆长埃拉托色



图1-6 地球的照片

尼（公元前276—196年）。公元前240年前后，夏至日太阳正当头顶（正午），他在位于北回归线上的塞恩城以北约800公里的亚里山大城，测得太阳光线与铅垂线的交角是 $7^{\circ}12'$ ，据此，埃拉托色尼计算出地球周长约40,000公里，直径为12,800公里。这个数字与近代所测得的数据非常接近。

在我国唐朝开元12年（即公元725年），唐玄宗为了制订新历，曾诏令天文学家僧一行组织以南官说为首的测量队。在今河南省黄河下游的华北平原上进行了我国最早的弧度测量工作。他们分别测定了大体上位于同一条经线上的滑县、开封、扶沟和上蔡四地的北极星高度，算出它们之间的球心角；同时又测定了它们之间的水平距离，从而算出北极星的地平高度相差 $1^{\circ}$ ，地面南北距离相差约351里80步（唐朝长度单位，5尺为一步，300步为一里），即子午线 $1^{\circ}$ 之长约合现代132.03公里，虽比现代值大20%，但说明我国远在1,200多年前，就已在大地测量和天文测量方面达到了相当的水平。

## （二）地球是一个椭球体

正球体具有统一的半径，因而具有统一曲率和圆周。但测量的结果地球的半径不等长，各处曲率不同，因而它不是正球体，而是一个椭球体。椭球体是由椭圆的短轴为自转轴回转而成的球体。

1670年在法国利用三角测量法进行大地测量，发现子午线 $1^{\circ}$ 之长，各地并不相同，大致是愈向北愈长。1672年法国天文学家里奇到赤道附近的圭亚那的开云（北纬 $5^{\circ}$ 附近）进行天文观测，发现他由巴黎带来的秒摆每天慢两分半钟；但回到巴黎后秒摆又恢复了正常。后来，牛顿运用万有引力定律对这一现象作了解释。牛顿认为，秒摆变慢是由于重力加速度变小引起的；而重力加速度之所以变小，一方面是由于赤道附近的离心加速度增大，另一方面是由于地球的赤道部分半径稍长，所受的地心引力减小的缘故。

1735年法国巴黎天文台派出了两个测量队，一个到秘鲁的某地（南纬 $2^{\circ}$ ）另一个到芬兰的拉普兰德地方（北纬 $66^{\circ}$ ）；分别进行子午线弧长的测量。测量结果在1744年公布。这次测量证实了子午线 $1^{\circ}$ 的弧长，在极地要比赤道附近长一些，地球赤道是凸出的，两极是扁平的，地球是个椭球体。

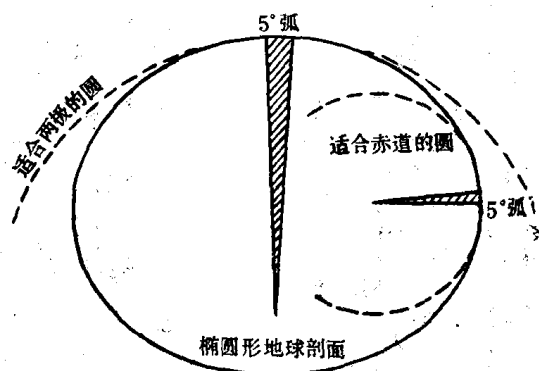


图1-7 地球椭球体的曲率

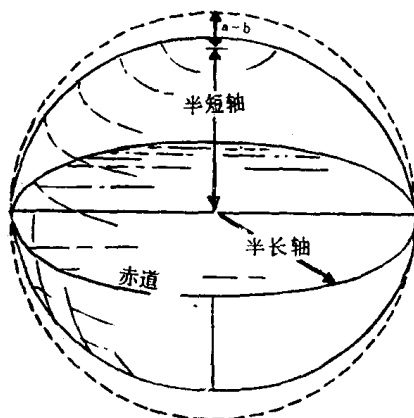


图1-8 地球椭球体

我国清康熙年间为准备编制《皇舆全图》，曾进行过大规模的大地测量工作。1702年沿北京中央经线测量霸州到交河的距离，1710年在东北实测北纬 $40^{\circ}$ — $47^{\circ}$ 的子午线长度，均发

现子午线1°之长随纬度而有差异。我国这一测量工作比法国还早20多年。

在中法两国实测之后，其它各国也曾相继进行过子午线1°弧长的测量，都得到类似的结果：即经线1°弧长由赤道向两极逐渐增加。说明地球赤道附近曲率大而两极曲率较小，赤道半径最长，极半径最短，如图 1-7 和图 1-8 所示。

椭球体的扁平程度用扁率表示。 $a$  和  $b$  分别表示地球的赤道半径和极半径，地球扁率  $e$  用公式表示：

$$e = \frac{a-b}{a}$$

1924年，国际大地测量和地球物理协会决议采用海福得椭球体。1938年克拉索夫斯基提出了新的数据，先后为部分欧洲国家所采用。我国自 1953 年也开始采用克拉索夫斯基的椭球体。人造地球卫星出现后，地球动力学测地方法得到很大的发展，地球形状和大小的测量精度大大提高。1971年第十五届国际大地测量和地球物理协会决议采用人造地球卫星提供的最新数据。

现将以上三种椭球体的数据列表如下：

|                         | 赤道半径 (a)    | 极半径 (b)     | 扁率 (e)   |
|-------------------------|-------------|-------------|----------|
| 海福得(1924)               | 6,378.388公里 | 6,356.912公里 | 1/297.0  |
| 克拉索夫斯基(1938)            | 6,378.245公里 | 6,356.863公里 | 1/298.3  |
| 第15届国际大地测量和地球物理协会(1971) | 6,378.160公里 | 6,356.755公里 | 1/298.25 |

这个椭球体已十分接近地球的真实形状，因此人们常用这些数据来表示地球的形状，如在测量绘制大比例尺地图时，就把地球看成是这样的椭球体。

### (三)地球是个不规则的椭球体

规则椭球体的纬圈都是正圆，经圈都是椭圆，它的南北半球互相对称。

但对地球进行精密测量以后，发现地球的形状不是一个规则的椭球体，因为地球上的纬圈都不是严格的正圆，地球上的经圈都不是严格的椭圆，而且互不相等，地球的南北半球，不相对称，地球的几何中心，并不在赤道面上，所以地球是个不规则的椭球体。

如果根据前面地球椭球体的数据画一个椭球体，就是一个规则的椭球体，称它为参考椭球体。有了这个参考椭球体，就可以用各地的大地水准面对于参考椭球体的偏离来描绘地球的真实形状了。

地球的真实形状——大地水准面，在

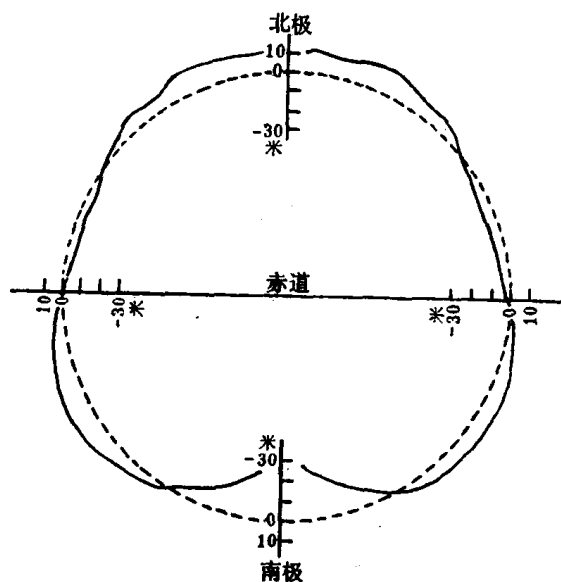


图1-9 大地水准面与参考椭球体的偏离

北半球比参考椭球体要长一些、细一些，在两者相差最厉害处的北极，大地水准面也仅比参考椭球体长10米；在南半球比参考椭球体要短一些、粗一些，在两者相差最厉害处的南极，大地水准面也仅比参考椭球体短30米。可见，大地水准面是北极略为凸出，南极略为凹进的一个不规则椭球体。因此说地球的真实形状好象个“梨”。不仅如此，地球的纬圈也不是一个正圆，赤道的直径在某些地方要比另外一些地方长430米。严格说来，把地球的形状比作“梨”是不太确切的。因为地球椭球体对正球体的偏离，远远大于大地水准面对参考椭球体的偏离。

## 第二节 太阳和太阳系

太阳系是由太阳、九大行星及其卫星、小行星、彗星、流星体及行星际物质组成的天体系统。在太阳系中，太阳是中心天体；其它天体都在太阳的引力作用下，绕太阳公转。

### 一、日心地动说的确立

清晨，太阳从东方升起；傍晚，太阳在西方落下；夜晚，月亮和星星也是自东向西运行。古人看到这种现象，认为地球是宇宙的中心，太阳、月亮和所有星星都绕着地球转动。古希腊的学者亚里斯多德便是这种“地球中心说”的倡导者。我国古代的浑天说也是地球中心说的一种。但古代也有地球运动的想法，如《尸子》一书中载有：“天左舒而起牵牛，地右辟而起毕昂”的说法，认为天与地向相反方向互相旋转。西汉末年《尚书纬·考灵曜》曾有“地体虽静，而终日旋转，如人坐舟中，舟自行动，人不自知”的记述。古希腊学者也有地球运动的见解。如赫拉克里的斯曾指出：“与其设想整体天穹在环绕大地旋转，倒不如设想大地在绕着它自己的轴旋转（自转）”；阿里斯塔克曾根据月食时月亮上的地球阴影曲线推算出地球和月球的相对大小、月地距离、日地距离以及太阳比地球大的数据，从而断定必然是地球围绕太阳运动（公转）。遗憾的是这些论断未被重视。古希腊天文学家从伊巴谷到托勒密都是亚里斯多德的地球中心的继承者。地球

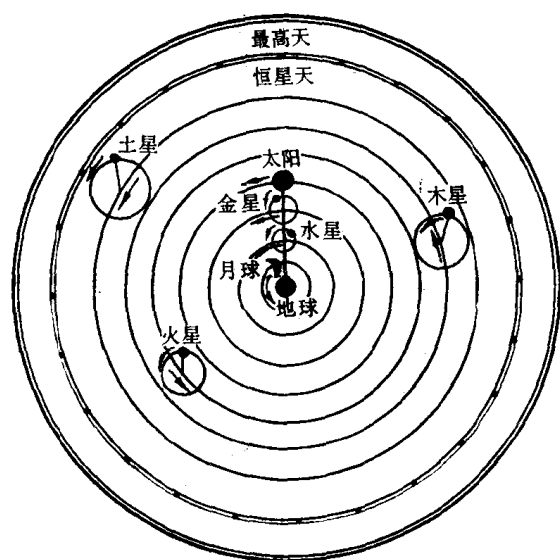


图1-10 托勒密地心体系图

中心说解释天象的一个最大困难就是行星在天空中逆行问题。行星在恒星天空中一般是向东运行的，这叫做顺行。但在经过不长的时间内，它们却向西运行，天文学上把这种现象叫做行星逆行。古希腊学者阿波隆尼提出“本轮均轮偏心模型”，认为五大行星在较小的圆轨道——“本轮”上作等速转动，本轮中心则在一个较大的圆轨道——“均轮”上绕地球等速运动。在公元二世纪，亚历山大城天文学家托勒密（公元127—151年）把阿波隆尼以来用“本轮”和“均轮”体系解释天体运动的地球中心说加以系统化，并进一步论证，发表了巨著《天文学大成》，建立了宇宙

地心体系。由于地心体系与宗教上的上帝创造日月星辰和地球是宇宙间唯一静止、并且是宇宙中心的教义合拍，所以它长期以来被封建宗教统治者所支持和利用。

波兰天文学家哥白尼（1473—1543）总结分析了以前的日、月和行星的观测资料，以及他自己三十多年的大量观测资料，提出了一个新的宇宙体系——“日心体系”，即“日心地动说”或“日心说”。哥白尼用地球绕太阳公转解释行星的逆行现象，也就是用行星的逆行现象证明地球绕太阳公转。他认为地球不是宇宙中心，而太阳才是宇宙中心，地球只是一颗行星，和其它行星一起绕太阳公转；日月星辰的东升西落是地球自转的反映；月亮是地球的卫星，每月绕地球一周，同时跟着地球绕太阳公转。哥白尼的巨著《天体运行论》于1543年发表。哥白尼学说是人类认识史上一次伟大革命，把自然科学从神说中解放出来。日心地动说冲击了反动教会统治的思想基础，引起教会的极大恐慌，他们下令查禁哥白尼著作，残酷迫害日心说的传播者。在哥白尼之后，布鲁诺为了宣传日心说，竟被宗教裁判活活烧死。伽利略首次用望远镜作天文观测，发现了木星的卫星，给“日心说”提供了新的论据，因而也受到了宗教法庭的审讯。然而，新生事物总是在同旧势力作殊死斗争中，不断克服自身的一些缺点和不足，最终战胜旧势力。开普勒总结了第谷的大量观测资料，在1609—1619年发表了行星运动的三定律。十七世纪末，牛顿在开普勒的工作的基础上总结出万有引力定律，为天体力学奠定了坚实的基础，太阳系内天体的运动得到了更精确的描述。从十八世纪起，人类的认识开始突破了太阳系的范围，研究了解恒星的空间分布和空间运动，认识到太阳只不过是银河系中一个普通的恒星。哥白尼以后，天文学得到大踏步的发展，才有今天人们对宇宙的认识程度，因此哥白尼被公认是近代天文学的奠基人。

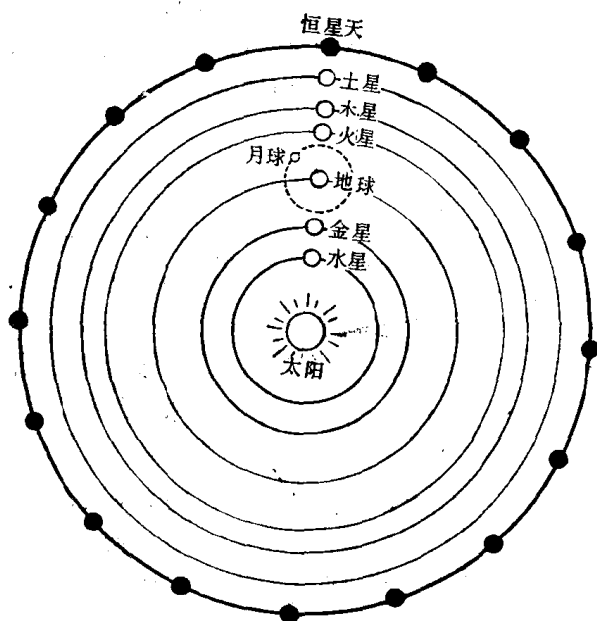


图1-11 哥白尼日心体系示意图

## 二、太 阳

对于人类来说，太阳是最重要的一个天体，没有太阳，便没有人类居住的地球。地球环绕太阳永恒地运动，时刻接收来自太阳的热能，才使地面活跃起来；疾风劲吹，江水奔流，花开果熟，万物生生不息。如果没有太阳，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世界，温度将降到绝对零度（摄氏-273度），人类便无法生存。太阳对地球之所以这样重要，是因为太阳是太阳系的中心天体，地球是绕太阳运动的一颗行星。

### （一）太阳的距离

测量天体距离的最经典的方法是三角视差测量法。视差就是在相隔一定距离的两点上，瞄准同一目标所产生的方向上的差异，视差可用两观测点间的距离在目标处的张角来表示。



两观测点之间的连线叫做基线。如果基线固定，目标的距离越远，视差越小；反之，目标的距离越近，视差越大。测出目标的视差，然后用三角公式即可算出目标的距离。这就是用三角视差法测量天体距离的基本原理。

在测定太阳系内一些天体的视差时，以地球的半径作为基线，所测定的视差称为周日视差。周日视差是天体周日视运动所产生的视差，即通过M点的地球半径在天体S处的张角（图1-12）。当天体位于地平时，它的周日视差值最大，称为周日地平视差（ $P_0$ ）。周日地平视差 $P_0$ 和地心到天体的距离 $D$ 以及地球半径 $R$ 之间的关系可用下式表示：

$$\sin P_0 = \frac{R}{D}$$

已知 $R$ 和 $P_0$ ，便可求得 $D$ 。

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（现代值小于 $9''$ ），直接测定太阳的地平视差是很困难的，必须采用间接的方法来测定。根据天体力学的理论，利用行星的周日地平视差，可以求得太阳的周日地平视差。通常是先测定一个靠近地球的小行星，如爱神星的地平视差，从而推算太阳的地平视差。根据这种方法，多年测定的结果，太阳周日地平视差为 $8''.80$ ，据此，日地平均距离约为14,960万公里。

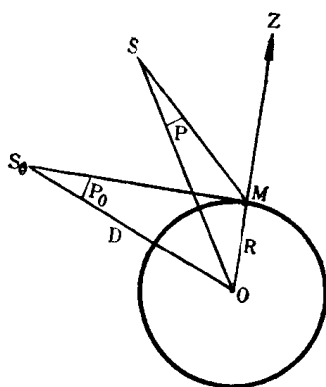


图1-12 天体的周日视差

二十世纪六十年代以前，三角视差测定法还是测定天体距离的常用方法。四十年代开始把雷达测距法用到天文测量上来。通过向月球或大行星发射无线电脉冲，然后接受从天体表面反射的回波，记录下电波往返的精确时间，便能推算出天体的距离。雷达测距法目前已成为测量太阳系内一些天体的基本方法之一。1946年首次用这种方法成功地测定了月球的距离。六十年代初，对金星、火星和水星等多次进行雷达测距。根据对金星和火星的雷达测距，推算出太阳的视差值为 $8''.794148$ ，相应的日地平均距离为149,597,870.5公里。这个数值是迄今最精确的。1976年国际天文协会决定采用这一数据，为全世界通用。

## （二）太阳的大小

求得日地平均距离后，就可以根据太阳的视半径推算它的线半径。

太阳的视半径即地球上的观测者用角度表示的太阳半径（图1-13）。用仪器测定出太阳的视半径 $\rho$ 为 $15'59''.93$ ，约为 $16'$ 。以 $a$ 代表日地平均距离， $\rho$ 代表太阳的视半径， $R$ 为太阳的线半径，根据三角公式

$$\sin \rho = \frac{R}{a}$$

代入，则得

$$\sin 16' = \frac{R}{14,960 \text{ 万公里}}$$

$$R = \sin 16' \times 14,960 \text{ 万公里}$$

$$= 0.00465 \times 14,960 \text{ 万公里}$$

$$= 69.564 \text{ 万公里 (直径为 } 1,392,000 \text{ 公里)}$$

太阳的半径约为70万公里，相当于地球平均半径（6,371公里）的109.3倍。



知道了太阳的半径,就可以计算出太阳的表面积和体积。

根据球面积公式 $4\pi R^2$ ,代入,则得

$$4 \times 3.1416 \times (70 \text{ 万公里})^2 = 6.087 \times 10^{12} \text{ 平方公里。}$$

它相当于地球表面积的12,000倍。

按照球体积公式: $\frac{4}{3}\pi R^3$ ,代入,则得

$\frac{4}{3} \times 3.1416 \times (70 \text{ 万公里})^3 = 1.437 \times 10^{18} \text{ 立方公里}$ ,它相当于地球体积的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。

一个天体,如果周围有较小的星球绕其运转,则这个天体的质量,可以从绕它运转的星球的运动状态中计算出来。

一个星球绕一个中心天体作圆周运动时,必须有一个向心力,否则,它会按照惯性作匀速直线运动。这个向心力是中心天体给予的。

一个质量为 $m$ 的天体作圆周运动,它所受的向心力 $F$ 和圆周运动的半径 $r$ ,线速度 $V$ 有如下关系:

$$F = \frac{mV^2}{r}$$

地球绕太阳作圆周运动。则上式 $m$ 为地球质量, $r$ 是日地平均距离(14,960万公里), $V$ 为地球绕太阳运转的线速度(29.78公里/每秒)。代入上式,地球绕太阳运转的向心力就可以计算出来。

而地球绕太阳运转的向心力,正是太阳施加给地球的吸引力。引力的公式为:

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

上述两个式子相等,即

$$\frac{mV^2}{r} = G \frac{Mm}{r^2}$$

整理后,得,

$$M = \frac{rV^2}{G}$$

式中 $M$ 为太阳质量, $r$ 为日地平均距离, $V$ 为地球绕太阳运转的线速度, $G$ 为万有引力常数,其值为 $6.67 \times 10^{-8}$ 达因·厘米<sup>2</sup>/克<sup>2</sup>,把所有已知值代入上式,则得:

$$\begin{aligned} M &= \frac{1.496 \times 10^{13} \text{ 厘米} \times (2.978 \times 10^4 \text{ 厘米/秒})^2}{6.67 \times 10^{-8} \text{ 达因} \cdot \text{厘米}^2/\text{克}^2} \\ &= 1.989 \times 10^{33} \text{ 克(或} 1.989 \times 10^{27} \text{ 吨)} \end{aligned}$$

这个数值相当于地球质量的333,400倍,或为太阳系所有行星总质量的745倍。

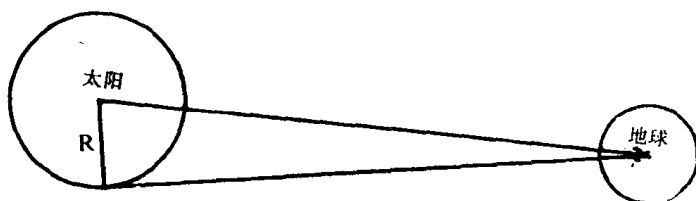


图1-13 太阳的视半径