

高等学校试用教材

地 球 概 论

上海师大金祖孟编著

人民教育出版社

高等学校试用教材

地 球 概 论

上海师大金祖孟编著

人民教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

上海新华印刷厂印装

*

1978年3月第1版 1980年1月第4次印刷

书号 12012·02 定价 0.95元

前 言

基础科学有数学、物理学、化学、天文学、地学和生物学。其中地学就是地球科学。地球也是一个天体，也是天文学研究的对象。因此，地球科学和天文科学的关系是非常密切的两类科学。有的科学家在其《地球科学》的著作中，甚至把天文学看成地球科学的一个分支。对于《地球概论》来说，情况也是这样的。

《地球概论》是高等师范院校地理系的一门基础课。它的内容是有关地球的基础知识。除《地球概论》外，地理系还有其他关于地球科学的课程。《地球概论》和它们的差别在于：《地球概论》所讲的是地球的整体，而其它课程所讲的是地球的某一圈层。

《地球概论》有两方面的内容，即地球的天文学和地球的物理学。前者主要是讲述地球的自转和公转，它们的地理意义（四季、五带、历法和时间）以及地球和月球的关系（日月食和天文潮汐）。这是本课程的重点。后者主要讲地球的形状、结构和物理性质。

为了讲清地球的天文学，《地球概论》首先要讲一般的天文学知识，包括恒星和星系，太阳和太阳系，月球和人造地球卫星。讲清这些问题，就是说明地球在宇宙间的地位。

关于地球整体的基础知识也是中学地理课程的重要内容。因此，《地球概论》也是为中学地理教学服务的。

《地球概论》中关于天体和宇宙的知识，是直接同辩证唯物主义的宇宙观相联系的。因此，《地球概论》的教学，在培养辩证唯物主义宇宙观方面，也起着重要作用。

目 录

前 言

第一章 地球和宇宙	1
第一节 地理座标和天球座标	1
第二节 恒星和星系	9
第三节 太阳和太阳系	17
第四节 月球和人造地球卫星	30
第二章 地球的运动	41
第五节 地球的自转	41
第六节 地球的公转	52
第七节 黄赤交角	65
第三章 地球运动的地理意义	69
第八节 四季和五带	69
第九节 历法	81
第十节 时间	89
第四章 地球和月球	101
第十一节 日食和月食	101
第十二节 海洋天文潮汐	106
第五章 地球的结构和物理性质	113
第十三节 地球的形状	113
第十四节 地球的结构	118
第十五节 地球的物理性质	126
第十六节 地球的演变	138
附 录	145
参考书目	150
后 记	151
地球概论教具图	1

第一章 地球和宇宙

地球是宇宙间的一个天体。这个天体是太阳和太阳系的一个行星；太阳是银河系的一个恒星；而银河系是宇宙间的一个星系。因此，为了全面地认识地球，有必要扼要地说明一下恒星和星系，太阳和太阳系，以及地球的天然卫星——月球和人造卫星，从而明确地球所处的宇宙环境。

第一节 地理座标和天球座标

地理座标用来表示地点在地球上的位置；天球座标用来表示天体在天球上的位置。掌握有关地理座标和天球座标的知识，就能科学地表述天体的位置和运动的规律性。

地球和地理座标

1.01 地球及其经纬线

地球是一个球体。地球的球心叫地心。地球在不停地旋转着；这种旋转叫自转。地球自转的轴心叫地轴。地轴通过地心，同地面相交于两点；这两点叫地极，即地球北极和地球南极，合称地球两极。

在几何上，任何圆圈都代表一定的平面。球面上的圆圈，既代表一定的平面，又存在于一定的球面。因此，一切球面上的圆圈都可以看成是一定的平面同一定的球面相割而成的，都是一定的平面和一定的球面的相交线。地球表面上的经线和纬线也是这样。在它们二者之间，唯一的差别是它们所代表的平面同地轴的关系问题，即这些平面是通过还是垂直于地轴的问题。

一切垂直于地轴的平面同地面相割而成的圆，都是纬线；一切纬线所代表的平面都垂直于地轴。不同的纬线平面既然都垂直于地轴，就必然相互平行；它们同地面相割而成的纬线，自然也是相互平行的。

不同的纬线(圈)有不同的大小，即有长短不等的半径。纬线(圈)的大小是它们的圆心和地心的距离问题。纬线的圆心距地心愈近，纬线本身就愈大。因此，地面上最大的一根纬线，必然是以地心为圆心的纬线。这根纬线叫地球赤道，简称赤道。赤道同地球两极等距，把地球分为南半球和北半球。同理，地面上两个最小的纬线，必然是以南北两极为中心的纬线，这就是南北两极本身。在这里，南北两极这两个几何上的点，可理解成两个最小的圆。

一切通过地轴的平面同地面相割而成的圆都是经圈；一切经圈所代表的平面，都通过地轴。通过地轴的平面必然通过地心。因此，一切经圈都以地心为圆心。在同一球面上，以球

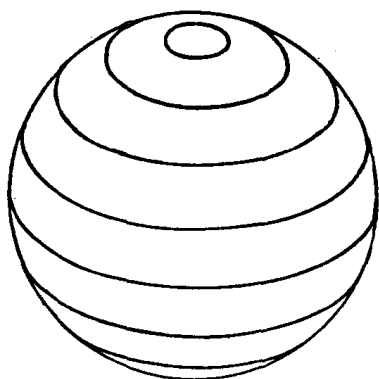


图1.1 纬 线

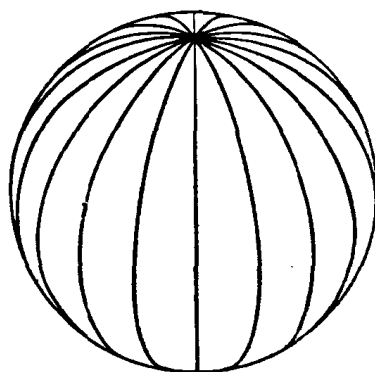


图1.2 经 线

心为圆心的圆都是这个球面上最大的圆,叫做大圆。在纬线之中,赤道是唯一的大圆。在经圈之中,没有一个不是大圆。

一切经圈都通过地球两极,因而都在南北两极相交。这样,每一个经圈都被南北两极等分成两个 180° 的半圆。这样的半圆叫经线,即子午线,以别于 360° 的经圈。为了度量经度的方便,经过国际协商,把通过英国格林威治的经线规定为第一根经线,称本初子午线。

在地面上,纬线,经线都是无穷多的。但是,一切纬线和经线都有一定的关系。首先,纬线和经线,都是互相垂直的,因为通过地轴的平面同垂直于地轴的平面的关系只能是相互垂直的。其次,所有经线都代表所在地的南北方向,因为在地球上,向北就是向地球北极;向南就是向地球南极,而每一根经线都是连接地球南北两极的。同时,所有的纬线都代表所在地的东西方向,因为在地球上,向东就是地球自转的方向,向西就是同地球自转方向相反的方向,而纬线所代表的正是这样的方向。

1.02 地理座标

在地面上,每一地点都有它自己的经线和纬线。因此,每一地点都可以看成特定的经线和特定的纬线的交点。两个不同的地点可位于同一经线,或同一纬线。但是,任何两个地点,不可能既位于同一经线,又位于同一纬线。从这个意义上讲,经线和纬线的设定是地理定位的需要。没有经线和纬线就说不清任何地点在地球上的确切位置。

不同的经线是以不同经度相互区别的。纬线也是这样。同一地点的经度和纬度,称该地点的地理座标。什么叫经度? 什么叫纬度? 简单地说,经度和纬度都是一种角度。

在立体几何上,经度是一种两面角,即两个平面的夹角。在两者之中,起点面是本初子午线平面,简称本初子午面;终点面是本地的子午线平面,简称本地子午面。本初子午面和本地子午面的夹角,就是本地的经度。

两个子午面的夹角通常是在赤道上度量的。如果本初子午线同赤道相交于 A 点,本地子午线同赤道相交于 B 点,那末,赤道上的 AB 两点之间的弧或其所对应的球心角,就是本地的经度。经度也可以在所在地的纬线上度量,也可看成是纬线上的一段弧,或其圆心角,因为纬线平面和赤道平面都同所有的子午面相垂直。但是,在赤道上度量经度是更加方便的,因为赤道是纬线中的唯一大圆。

本初子午面把地球分成两个半球。在本初子午线以东的半个地球，经度从本初子午面向东度量，所度量出来的经度叫东经。反之，在本初子午线以西的半个地球，经度从本初子午面向西度量，所度量出来的经度叫西经。

在立体几何上，纬度是一种线面角，即一条线同面的交角。其中的面是地球赤道平面，是纬度度量的起点所在；其中的线是本地的地面法线，即纬度度量的终点所在。这样，本地法线和赤道平面的交角就是本地的纬度。

纬度是在本地子午线上度量的。如果某地点 A 所在子午线同地球赤道相交于 B ，那末，本地子午线上的 AB 两点之间的弧或其所对应的圆心角就是本地的纬度。赤道把地球分成南北两半球。因此，纬度也分为南纬和北纬。

如果在赤道上度量，经度有一个统一的起点，即本初子午线和赤道的交点。经度的极大值是 180° 。纬度的起算点是地球赤道，但不固定在赤道上的某一点，而是因所在地的经度而不同。纬度的极大值是 90° 。

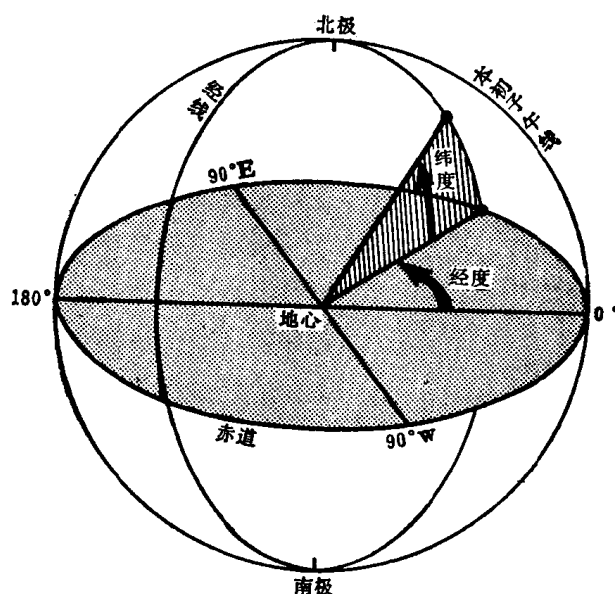


图 1.3 地理坐标: 纬度和经度

经度和纬度是用来表示一个地点在地球表面上的位置的。在同一经线上，一切地点的经度是相同的；在同一纬线上，一切地点的纬度是相同的。因此，经线就是等经度线；纬线就是等纬度线。

使用经度和纬度表示点在地面上的位置是一种科学方法，称地理坐标。它不但表示每一地点的位置，而且表示地点与地点之间的方向和距离。例如，知道北京位于 $39^\circ 57'N$, $116^\circ 19'E$ ，上海位于 $31^\circ 12'N$, $121^\circ 26'E$ ，就知道上海位于北京的偏东和偏南。通过一定的运算，还可以求得上海对于北京的确切的方向和距离。

地球上的经度和纬度有不同种类。常用的经度和纬度是指地理上的经度和纬度，即地理经度和地理纬度，简称经度和纬度。经度和纬度似乎是不变的。但是，在精确的科学计算上，经度和纬度都被看成是变化着的，因为地球的两极和赤道都不是一成不变的。

天球和天球坐标

1.03 天穹和天球

各种天体的在距离上的差别是十分巨大的。但是,同地面物体比较起来,它们全是极其遥远的。在这种情况下,各种天体,不问其实际远近差别如何悬殊,在人们的头脑中似乎都是一样遥远的。

对于球心来说,球面上的点都是等距的。因此,天上的星和人眼的关系,就象球面和球

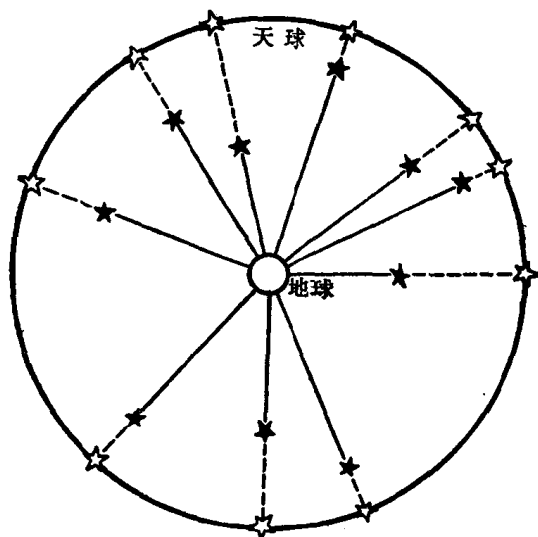


图1.4 天球示意图

心之间的关系。这就是说,在人们的心目中,天空似乎是一个球面,而人眼就是这个球面的球心。日月星辰的东升西落表明,这个球面不但存在于地上,而且存在于地下。但是,人眼所能直接观测的只是它的地上的部分,即半个球面。这样的半球形的天空,叫做天穹。

既然天空看起来似乎是一个球面,那就不妨把宇宙空间当作球体看待,并把天体在球体上的位置当作它们的真实的位置。这种做法给天文观测工作和计算工作带来了方便,因为它不必考虑线距离远近的因素。对于时间、经度和纬度的测量来说,天体的线距离本来是无需考虑的。这种假想的球体叫天球。

人们在设想天球时,既要利用天体在天穹中所构成的球面,又要承认天体事实上是远近悬殊的。因此,天文学家给天球规定了两个条件。第一,以地心为球心。这样,天体在天球上的相对位置,大体上同它们在天穹上的相对位置是一样的。第二,以无穷大为半径。这样,不问天体怎样遥远都可以在天球上有它的投影。这就是说,在承认天体不等距的前提下,利用它们在天球上的投影位置对于地心的等距性。

通常所说的天球都是地心天球,即以地心为球心的天球。但是,在说明地球公转的时候,也使用日心天球,即以太阳中心为球心的天球。

1.04 天球坐标中的主圈

地理坐标系和天球坐标系都是球面坐标系。对于任何球面坐标系来说,最重要的就是主圈问题,因为点在球面上的位置是以经度和纬度表示的,而点的经度是在主圈上度量的,点的纬度的度量是以主圈平面为起点的。因此,不同的球面坐标是以不同的主圈相互区别的。

对地理坐标系来说,地球赤道就是它的主圈。如前所述,一个地点的位置是用地理经度和地理纬度来表示的。其中的经度是在地球赤道上度量的,纬度的度量是以地球赤道为起

点的。天球座标也是这样的。

天球坐标系主要有三种,即地平坐标系、赤道坐标系和黄道坐标系。不同的坐标系有不同的主圈。地平坐标系以地平圈为主圈;赤道坐标系以天赤道为主圈;黄道坐标系以黄道为主圈。

什么是地平圈?一地的铅垂线向上和向下无限延长,同天球相交于两点,分别称天顶和天底。以天底和天顶为两极的天球大圆叫地平圈,即通过地心并且垂直于铅垂线的平面无限扩大并同天球相割而成的天球大圈。地平圈把天球分成可见半球和不见半球。

什么是天赤道?地轴的无限延长叫天轴。天轴同天球相交于两点叫天极,即天北极和天南极。以天球两极为两极的天球大圆叫天赤道,即地球赤道平面无限扩大同天球相割而成的天球大圈。天赤道把天球分成南北两半球。

什么是黄道?地球绕日公转轨道平面无限扩大,同天球相交而成一个天球大圈叫黄道。黄道的两极叫黄极,即黄北极和黄南极。黄道两极之间的直线就是地球轨道平面的垂直线,称为黄轴,以别于天轴和铅垂线。

关于这三个主圈,值得注意的是:第一,天赤道和黄道在天球上都是独一无二的。前者及其两极同地球自转有关,后者及其两极同地球公转有关。但是,地平圈及其两极,是因地点而不同的;每一地点都有它自己的地平圈和天顶、天底。

第二,天赤道和黄道,在天球上相交的两点叫春分点和秋分点。二者分别是黄道对于天赤道的升交点和降交点。从全球范围看,太阳于每年的春分自南向北(升)经过春分点,于每年的秋分自北向南(降)经过秋分点。

第三,天赤道和地平圈在天球上相交于两点;它们就是每一地点的东点和西点。东点和西点都是当地的正东方向和正西方向在天球上的标志。在每一地点看起来,春分日和秋分日的太阳从东点上升,在西点下没。

1.05 天球座标中的辅圈

在任何一种球面座标中,点在球面上的位置总是用各自的经度和纬度表示的。为了做到这一点,球面坐标系不但需要有一个主圈,而且需要有无数的辅圈,因为经度就是两个辅圈平面之间的夹角,而纬度是在天体所在的辅圈上度量的。

辅圈就是通过主圈的两极,因而垂直于主圈的无数大圈。对于地理坐标系来说,辅圈就是通过地球北极和地球南极的无数大圈,也就是垂直于地球赤道的无数大圈,它们就是经圈。在它们之中,有一个本初子午线,是经度度量的起点面所在。对于天球坐标系说来,情况也是这样。

不同的球面坐标系有不同的辅圈。首先,对于地平坐标系说来,辅圈就是通过天顶和天底因而垂直于地平圈的无数大圈,称为地平经圈。在地平圈上,有东、南、西、北四点,合称四正点。它们把地平圈四等分。通过南点和北点的地平经圈,就是通过天北极和天南极的地平经圈,叫子午圈。通过东点和西点的地平经圈叫卯酉圈。

其次,对于赤道坐标系来说,辅圈就是通过天北极和天南极因而垂直于天赤道的大圈,

称为时圈，也叫赤经圈。通过春分点和秋分点的时圈叫二分圈。同二分圈相垂直的时圈叫二至圈。通过地平圈上的南点和北点的时圈叫子午圈。同子午圈相垂直的时圈叫六时圈。

第三、对于黄道坐标系来说，辅圈就是通过黄极因而同黄道相垂直的大圈，称为黄经圈。

关于以上的各种辅圈，值得注意的是：第一，子午圈既属于地平坐标系，又属于赤道坐标系，因为它既通过天顶和天底，又通过天北极和天南极。第二，地平坐标系中的子午圈，被天顶和天底分割而成子圈和午圈。其中的子圈以北点为中心，午圈以南点为中心。第三，赤道坐标系中的子午圈，被天球两极分割而成午圈和子圈。其中的午圈以 Q 点为中点，子圈以 Q' 点为中点。 Q 点和 Q' 点是天赤道和子午圈的两个交点，其中 Q 点在地平圈以上， Q' 点在地平圈以下。

在所有的辅圈之中，最重要的是原点所在的辅圈。我们知道：地平坐标系和第一赤道坐标系的原点，分别是北点和 Q 点；第二赤道坐标系和黄道坐标系的原点，都是春分点。因此，原点所在的辅圈，对于地平坐标系说来，是以北点为中点的子圈；对于第一赤道坐标系说来，是以 Q 点为中点的午圈；对第二赤道坐标系来说，是以春分点为中点的春分圈；对黄道坐标系说来，是以春分点为中点的半个黄经圈。这四个辅圈，都是有关坐标系的经度的起算面之所在，都相当于地理坐标系中的本初子午线。（在天文学上，地平坐标也以南点为原点。）

1.06 天球坐标中的纬度和经度

有了主圈、辅圈和原点，就有条件说明各种天球坐标系。常用的天球坐标系有四种：地平坐标系、第一赤道坐标系、第二赤道坐标系和黄道坐标系。每一种坐标系都有自己的纬度和经度。地平坐标系、赤道坐标系和黄道坐标系，以不同的主圈互相区别；第一和第二赤道坐标系，以不同的原点互相区别。

天球坐标中的纬度有三种：高度（地平纬度）、赤纬（赤道纬度）和黄纬（黄道纬度）。它们

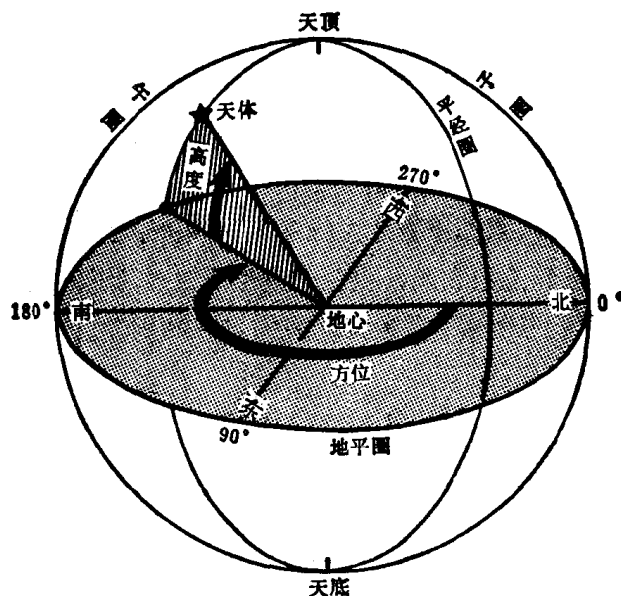


图1.5 天球地平坐标：高度和方位[角]

高度、赤纬和黄纬,属于不同的天球坐标系。高度属于地平坐标系,自地平圈向上下度量,各从 0° 到 90° ;高度为 $\pm 90^{\circ}$ 的两点,就是天顶和天底。赤纬属于赤道坐标系,自天赤道向南北度量,各从 0° 到 90° ;赤纬为 $\pm 90^{\circ}$ 的两点,就是天北极和天南极。黄纬属于黄道坐标系,自黄道向南北度量,各从 0° 到 90° ;黄纬为 $\pm 90^{\circ}$ 的两点,就是黄北极和黄南极。

[illegible]

天球坐标中的经度有四种:方位(或方位角,即地平经度)、时角、赤经(赤道经度)和黄经(黄道经度)。它们都相当于地理坐标中的地理经度,因而,都具有地理经度的基本特点:都是两面角,即原点所在辅圈平面和天体所在辅圈平面的夹角;都以原点为起点在主圈上度量,都是主圈的一段弧或所对应的球心角。

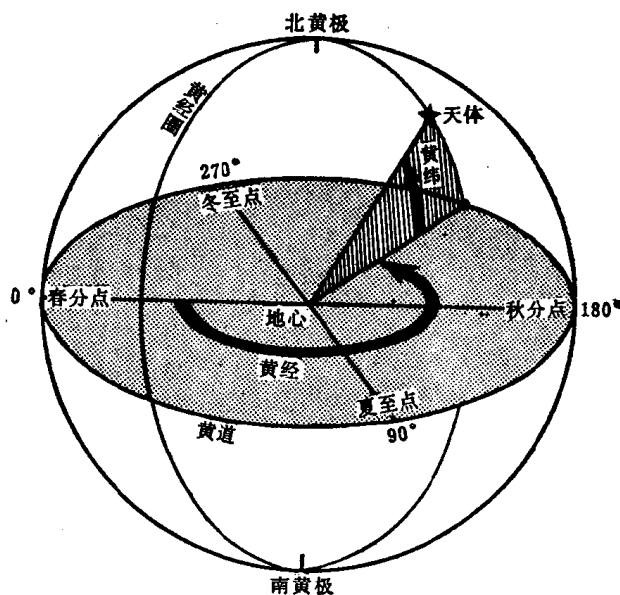


图 1.8 天球黄道座标:黄纬和黄经

四种经度属于不同的天球坐标系。方位属于地平坐标系,一般以北点为起点,按顺时针方向(即北点——东点——南点——西点——北点的顺序)在地平圈上度量,自 0° 到 360° 。在天文学上,方位也以南点为起点,按顺时针方向度量。时角属于第一赤道坐标系,以 Q 点为起点在天赤道上向西度量,自 0 时到 24 时,即自 0° 到 360° 。赤经属于第二赤道坐标系,以春分点为起点在天赤道上向东度量,自 0 到 24 时,即自 0° 到 360° 。黄经属于黄道坐标系,以春分点为起点在黄道上向东度量,自 0° 到 360° 。

关于这四种经度,值得注意的是:第一,时角和赤经可以使用时间单位,而方位和黄经只能使用角度单位,因为春分点时角和天顶的赤经是用来度量时间的。第二,时角和赤经都在天赤道上度量,但前者是向西的,而后者是向东的。这都是为了使天体的时角和天顶的赤经能够同时间同步增长。第三,赤经和黄经都以春分点为起点向东度量。但是,前者在天赤道上度量,后者在黄道上度量。第四,时角和方位都因时间而变化。但是,前者与地球自转同步,因而是均匀的,而后者则不然。

1.07 各种天球坐标的区别和联系

天球有各种不同的坐标系,同一天体就有各种不同的天球坐标。高度和方位构成天体的地平坐标;赤纬和时角构成天体的第一赤道坐标;赤纬和赤经构成天体的第二赤道坐标;黄纬和黄经构成天体的黄道坐标。在各种坐标之间,既存在着区别,也存在着联系。

各种坐标之间的区别有:首先,黄道是太阳周年运动的路线。黄经和黄纬特别适用于表示太阳的运行,也适用于表示太阳系的月球和行星的运行。其他坐标都不是这样的。

其次,高度和方位所表示的,是天体在当时当地的天空中的位置。这种位置是生动的和直观的,但也是因时间地点而变化的。要表示天体在天空中的固定不变的位置必须使用赤经和赤纬。

第三,时角和赤经都是天球赤道坐标中的经度。其中的时角可以直接测定,然而是不不断变化的,而赤经是固定不变的,却无法直接测定。

各种坐标之间的联系有:首先,高度属地平坐标,而天北极属于赤道坐标,赤纬属于赤道坐标,而天顶属于地平坐标;极距即赤纬的余角,属于赤道坐标,而南点和北点都属于地平坐标。但是,天顶的赤纬 = 天北极的高度 = 所在地的地理纬度;天顶的极距 = 南点的赤纬 = 所在地纬度的余角。它们都因纬度而变化。关于这个问题,可使用教具第1种进行演示。

其次,天体的时角是变化的,而赤经是不变的。但是,同一天体的当时的赤经和时角之和,总是等于当时的天顶的赤经。天顶赤经因时间而变化,称为恒星时。关于恒星时的概念,可以使用教具第2种《恒星时》进行演示。

第二节 恒星和星系

宇宙是物质的。宇宙间的物质,有的聚集而成天体,例如太阳、月球和各种星星;有的弥漫在广阔无垠的星际空间,称为星际物质。

主要的天体是恒星和星云。恒星由稠密的物质组成,星云由稀薄的物质组成。大量的恒星和星云,组成星系。地球所在的星系叫银河系。其他星系统称河外星系。恒星和星云,都拥有巨大的质量。相比之下,行星、卫星、彗星和流星的质量是微不足道的。它们的情况将在第三节《太阳和太阳系》中说明。

在地球上看起来,天体都在天上。地球本身也是一个天体。因此,天和地的界限只能是相对的。

恒 星

1.08 恒星和星座

除太阳和月亮外,天体一般称星或星球,例如恒星、行星、卫星、流星、彗星等。在近代天文学上,星专指恒星而言。例如,双星、变星、新星、星团、星系,说的都是恒星或恒星集团。在这个意义上,太阳也是星,而月球就不是星。

恒星似乎是不动的。所谓不动并不是说它们没有每日一次的东升西落的现象,因为除北极星外,一切恒星都有这种现象。这种现象仅仅是地球自转的反映,并不是恒星本身的运动。实际上,北极星也不例外。

恒星的不动,是指它们的相对位置似乎是不变的,是说它们在天球上的位置几乎是不变的。例如,牛郎三星大体上排成一条直线,俗称为扁担星;它们在天球上的位置,今年如此,几千年以前如此,几千年以后仍然如此。这是恒星和行星的最明显的差别。

在天空中,恒星看起来都是光点。它们的主要差别在于各自的亮度和星光的颜色。仅凭这些特点,人们是很难辨别它们的。但是,既然每一个恒星在天球上的位置和相邻几个恒星构成的图形似乎是不变的,人们就可以根据它们所构成的图形来辨认它们。

相邻几个恒星所构成的图形就是星座。每一个星座,都有自己的独特的形状。例如,大熊座象个勺子;仙后座象拉丁字母W。仙女座象个一字;天鹅座象个十字。飞马座(连同仙女座的一个星)呈正方形;猎户座呈长方形。大多数星座的图形很难用语言文字来表达;只有星图才能准确地表示它。正因为如此,各星才不容易相互混淆。

地球上共有 88 个星座。它们遍布天空中的每一角落。每个恒星都从属于一定的星座。这样,就有条件给每一个恒星定一个名称,即恒星的学名。恒星的名称包括它所从属的星座和它在这个星座中的符号或号码这两部分。例如,北极星的学名叫 α Ursa Minor, 简称 α UMi, 意即小熊座 α 星;中国古代叫勾陈一。

在古代,人们所能看到的恒星是不多的,根据图形区别星座是容易做到的。由于望远镜的发明和改进,所能辨认的恒星就千倍万倍地增加。这样,要明确某一暗淡的恒星属于那个星座就困难了。为了解决这个难题,只好在相邻的星座之间划定界线,并且把星座的定义从恒星所构成的图形,改为这个图形所在的天空区域。

物质都在运动着;天体的运动是高速的。因此,恒星的位置和星座图形的不变性只能是表面上的。这种表面上的不变性的原因在于我们同恒星间的极其巨大的距离。这样的距离是认识恒星运动性的严重障碍。但是,恒星既然在运动,人类就一定能够突破距离的障碍,认识它的真面目。

事实上,近代天文学和天文仪器的改进,早已突破距离上的障碍,精确地测定出大量恒星在天球上的位移。这种位移是恒星本身的真实运动,因而称为自行。如果其他条件一样,则恒星愈近,它的自行就愈快。距离地球最近的恒星,每年在天球上移动几个角秒,甚至 10 个角秒。

北斗七星,包括天枢(北斗一)天璇(北斗二)天玑(北斗三)天权(北斗四)玉衡(北斗五)开阳(北斗六)和摇光(北斗七),都是较近的。它们的自行都是较快的。图 1.9 所示就是这七颗星的自行的相对快慢。由于每个恒星的自行,北斗七星构成的图形,只需要 10 万年就变得面目全非。(图 1.10) 这样看来,所谓恒是表面的,变才是本质的。

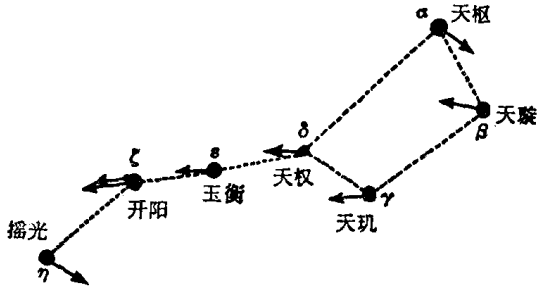


图 1.9 北斗七星的自行

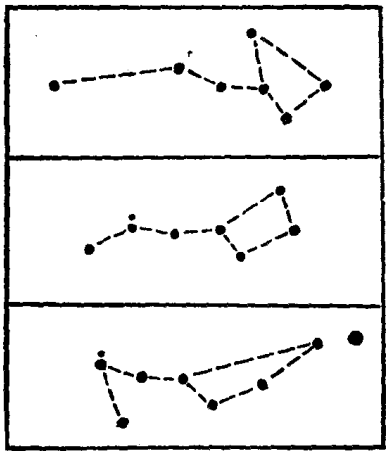


图 1.10 北斗的过去(上:10 万年前),现在(中)和将来(下:10 万年后)

1.09 恒星的发光和光谱

在无云的夜晚,天上的星总是亮晶晶的。恒星如此,行星也如此。但是,恒星和行星的光有本质的区别,因为恒星是自身发光的,而行星只能反射恒星给它们的光。在表面上,五大行星(金星、木星、水星、火星和土星),往往比绝大多数恒星明亮得多。在实际上,它们只是在朝着太阳的方向才是光亮的。

恒星的发光,这里是指发可见光。恒星要产生可见光,其温度必然是很高的。为什么恒星的温度很高?这里有发展阶段问题,有质量大小问题。就前者来说,恒星既不是从来在发光,也不是永远会发光,更不会永远发一样的光。这就是说,恒星的发光现象属于它的生命史上的某一阶段。就后者来说,恒星拥有巨大的质量。如果质量不够巨大,它就不会有很高的中心温度,也就谈不上发光。这一点,正是恒星同行星的本质的区别。

究竟多大质量的天体才能发光?才算是恒星?如果把发光理解为一般的产生能量,理解为具有产能机制,太阳系的木星和土星都在产生能量,都是发光的天体。如果把发光理解为通过热核反应产生可见光,一般认为天体的质量必须大于太阳质量的7%。这个数据,自然有一定的根据。但是,这并不是恒星和行星在质量方面的截然界线,因为一些质量小于太阳7%的天体也在发光。

不同的恒星处于不同的发展阶段,发出不同的光。为了区别不同的光必须进行光谱分析。首先让光通过三棱镜这样的光学仪器,使不同波长、不同颜色的光波,按波长的顺序排列成一条光带——光谱,然后对光谱中的亮线和暗线进行比较和判断。

通过光谱分析,可以知道恒星的光谱有不同的类型。不同类型之间的主要差别在于星光颜色;而颜色实际上是恒星温度的反映。例如,蓝色光表示恒星的温度很高,红色光表示的温度总是比较低的。

此外,光谱中亮线和暗线是同恒星的化学组成相联系的。据研究,不同温度的恒星在化学组成方面是大同小异的。对于大多数恒星来说,氢是主要成分,也是宇宙间数量最多的元素。当然,恒星和星际空间在物质组成方面是存在着差别的。在本世纪的60年代,通过光谱分析,发现有机物也存在于星际空间。但是,自从在地球上发现首先在太阳光谱中发现的氦以后,还没有在天空中再发现地球上所未发现的元素。

1.10 恒星的亮度和光度

对于恒星光线的分析,还有它的量的方面。这就是这里所要讨论的亮度和光度。星光来自恒星,到达地球。因此,有地球上的受光强度,即亮度的问题,也有恒星本身发光强弱,即光度问题。

亮度和光度是光学上的问题,因而有光学上的表达方式。这些方式当然也适用于星光。但是,天文学上的亮度和光度都是用星等来表示的。星等有两种,即视星等和绝对星等。视星等就是天体的亮度等级;绝对星等就是光度等级。通常所说的星等,是指视星等而言。

古代人,根据在地面上看到的明暗程度,把恒星分成六等。最亮的20个恒星叫一等星;

把正常视力所能辨认的最暗的星叫六等星。这是最早的视星等。后来,由于光学和光学仪器的发展,测定了一等星和六等星的各自的平均亮度,并且发现一等星平均比六等星亮100倍。

视星等和亮度有这样的数量关系:星等值愈小,亮度值就愈大。如果视星等成等差级数,则亮度成等比级数。一等星和六等星,星等相差5级,而亮度相差100倍。如果星等相差1等,亮度相差R倍,那么,

$$R^5 = 100$$

因此

$$R = \sqrt[5]{100} = 2.512$$

有了这样的数量关系,就可以用星等表示任何亮度。例如,比六等星暗2.512倍的星,是七等星;比七等星暗2.512倍的星,是八等星。目前,最好的观测工具所能察觉的是二十三等星。反之,比一等星亮2.512倍的,是0等星;比0等星亮2.512倍的,其星等是-1。天空中最亮的天体是太阳。太阳的星等是-26.8。太阳和一等星,星等相差27.8级。因此,如果以一等星的亮度为单位,太阳的亮度是 $(2.512)^{27.8}$,即1,300万万。这就是说,太阳比一等星亮1,300万万倍。

以上所说的是视星等。但是,以上的数量关系对于绝对星等也是适用的。这就是说,绝对星等相差1级,恒星的光度就相差2.512倍。视星等和绝对星等的唯一差别在于恒星的距离。对于视星等来说,恒星是远近不一的。但是,对于绝对星等来说,恒星的距离被认为是一致的。因此,绝对星等就是在距离一致的条件下的视星等;或者说,恒星的光度就是在距离一致条件下的亮度。

天文学有它自己的距离单位。这就是天文单位、光年和秒差距。天文单位就是日地平均距离(149,600,000公里)。光年就是光行一年的距离,即 9.46×10^{12} 公里,亦即63,240天文单位。秒差距就是周年视差为1秒的恒星的距离,即 3.09×10^{18} 公里,亦即3.26光年。在推算绝对星等的时候,恒星的距离被规定为10秒差距,即32.6光年。如果某恒星的距离正好是32.6光年,它的视星等和绝对星等是相等的。宇宙在空间上是无限的,比这更近的恒星是不多的。因此,对于大多数的恒星来说,绝对星等一般地高于视星等。

在目前能够探测的范围内,恒星的亮度和光度的差别,是很大的。最亮的恒星(天狼星,-1.45等)和二十三等星,亮度相差60万万倍。

1.11 特殊的恒星

大多数恒星,大同小异;少数恒星,在某些方面是与众不同的。它们就是双星、星团、变星、巨星、白矮星和脉冲星。

一般的恒星是单个存在的。但是,在已经认识的恒星中,大约有1/3是成双成对的。它们称为双星。例如,全天最明亮的天狼星,就是双星。真正的双星不仅在天球上的视位置比较接近,而且因相互吸引而相互绕转。在相互绕转的过程中,有的双星有相互遮掩的情况,并且周期性地改变其视亮度。这叫做食变星。

有的双星的一个或两个成员本身也是双星。距我们最近的南门二(即半人马座 α 星)就

是这样的。南门二由 A 、 B 、 C 三星组成。其中的 AB 两星是双星，它们又同 C 星构成双星。在目前的位置上， C 星比 AB 两星更加接近我们，因而称为比邻星。

在某些天球区域，许多恒星聚集一起成为星团。最著名的星团是昴星团，俗称七姊妹星团。其实，它的成员远远不止七个。

大多数恒星的光度在短时期内几乎是不变的。太阳就是这样。但是，有些恒星在几年、几日甚至几小时内，就会发生明显的，特别是周期性的变化。这样的恒星叫变星。已经发现的变星，有二万多颗。其中 $2/3$ 是脉动变星，即因星体本身周期性的膨胀和收缩而发生光度变化的变星。

有些恒星的光度在短时间内就有很大的变化，由暗星变成亮星，甚至由看不见的星变成明亮的星。这样的恒星称为新星。新星光度变化特别大的，称超新星。历史上最著名的超新星是我国在 1054 年发现的超新星。新星和超新星的出现是恒星爆发的结果。因此，经过一段时间后，它们又会重新变成暗星，甚至在星空中消失。

不同恒星的质量差别是不大的。大多数恒星的质量在太阳质量的 4 倍和 40% 之间。但是，恒星的体积有很大差别。因此，恒星密度的差别很大。有的恒星，体积特别庞大；它们的温度虽然不高，而光度特别大，这叫做巨星。巨星的密度自然是很低的。反之，有的恒星体积很小；它们的温度尽管很高，而光度是不大的。这样的恒星叫白矮星。白矮星的密度是很高的。

在 1967 年，发现了一种新型的恒星，叫做脉冲星。它们发出很强烈的无线电脉冲，脉冲的周期自几秒到百分之几秒不等。一次脉冲的能量相当于目前全球全年用电量的 1 万万倍。这种恒星具有一般恒星的质量。但是体积比一般行星还要小。因此，它的密度特别大。白矮星的中心密度是水的 100 万到 1,000 万万倍。这是惊人的数字。但是，脉冲星的密度更高，其中心密度是水的几百万万万到一千万万万倍。这就是说，每立方厘米的质量是几万吨到十万吨。

除了高密度外，脉冲星还有其他特点。根据它的全部特点，可以认为脉冲星主要是由中子组成的。这种恒星称中子星。中子星强烈的无线电脉冲同它的极快的自转周期有关。它的脉冲周期就是它的自转周期。中子星的特点是同高温高压相联系的，因为在高温高压的情况下，电子就有足够能量打进质子，并同质子结合而成中子。

宇宙是物质的。物质的形式是多种多样的，而不是千篇一律的。因此，各种特殊恒星的存在是不足为奇的。

银 河 系

1.12 银河和银河系

在晴天的夜晚，特别是没有月光的时候，可以在天空看到一条白茫茫的光带。仅凭肉眼，无法判断这一光带是否由无数的光点组成。在这种情况下，人们形象地把这光带称为银河。