第二部分　地球的宇宙环境

地球是宇宙中的一个星球。地球上的许多自然现象都与它所处的宇宙环境有着密切关系。地球是人类生存之本，一切财富之源。为了扩大社会生产活动，人类还要不断开拓新的天地。因此，人类为了更好地生存和发展，应该首先了解地球的宇宙环境。

人类对宇宙的认识经历了漫长的时间。古代自然哲学所讨论的天文学的宇宙，主要指大地和天空。16 世纪哥白尼倡导的“日心说”，认为“太阳是宇宙的中心”，意味着宇宙实际上就是太阳系。18 世纪天文学家引进“星系”一词，在一定意义上也不过是宇宙的同义语。20 世纪以来，尤其是 60 年代大型天文望远镜的使用，以及空间探测技术的发展，使天文观测的尺度大大扩展，达到上百亿年和上百亿光年的时空区域，人们对宇宙的认识不断加深。

宇宙是物质世界，而且物质的形态多种多样。在晴朗的夜晚，我们用肉眼或借助望远镜，可以看见星光闪烁的恒星、在星空中移动的行星和圆缺多变的月亮，有时还可以看到轮廓模糊的星云、一闪即逝的流星、拖着长尾的彗星。借助天文望远镜和其他空间探测手段，还可以探测到存在于星际空间的气体和尘埃等。所有这些，通称天体。天体在大小、质量、光度、温度等方面存在差别。

宇宙处于不断的运动和发展之中。天体之间相互吸引和相互绕转，形成天体系统。目前，人们认识到的天体系统，从小到大排列，有以下几个层次,月球绕地球公转，构成地月系；地球和水星、金星、火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星等行星，以及小行星、彗星、流星体等天体围绕太阳公转，构成太阳系。太阳是太阳系的中心天体，占有太阳系总质量的 99.8%。冥王星是距离太阳最远的行星，它的轨道直径为 120 亿千米；太阳和千千万万颗恒星又组成庞大的恒星集团，称为银河系。在银河系中，像太阳这样的恒星有 2000 多亿颗。银河系主体部分的直径约为 8 万光年；银河系以外还有许许多多同银河系规模相当的天体系统，称为河外星系，简称星系。用目前最大的望远镜，可以观测到数以十亿计的星系，其中离我们最远的估计为 150 亿~200 亿光年。天文学上把银河系和现阶段所能观测到的河外星系，合起来叫做总星系，这就是目前我们能观测到的宇宙范围。

宇宙中的天体不是同时形成的，而且各自都有其发生、发展、衰亡的历史。作为整体的宇宙，也经历了温度从高到低，物质密度从密到稀的演化。

第二章　地球和天球

§2.1　地球和地理坐标

§2.1.1　地球及其经纬线(earth and its graticule)

地球是一个扁球体，地球的球心叫地心，地球的自转轴线叫地轴，地轴通过地心，同地面相交于两点，这两点叫地极（*N*，*S*）。

为了地理定位的需要，人们在地面上划分了经线和纬线（图 1），它们都是地面上的圆，从几何学得知，球面上的圆，是平面同球面相割的截口。地球上凡垂直于地轴的平面同地球相割而成的圆，叫做纬线。纬线意即横线，它的方向代表当地的东西方向，所有纬线互相平行、大小不等。其中通过地心且垂直于地轴的平面与地球相割而成的纬线，是最大的一条纬线，叫做赤道。赤道是纬线中唯一的大圆，分地球为南北两个半球。赤道的西名 Equator 意为平分者，即把地球分为南北两半球，世界上有二个以赤道命名的国家：一个是南美洲号称“赤道之国”的厄瓜多尔。这个名称就是西班牙赤道一词的译音，它的首府基多，地处赤道附近，故有“世界中心”之称；另一个是西非的赤道几内亚，它的面积很小，事实上，赤道并不经过这个国家。提起赤道，人们可能会联想起那里是“赤日炎炎”，其实，赤道是多雨地带。

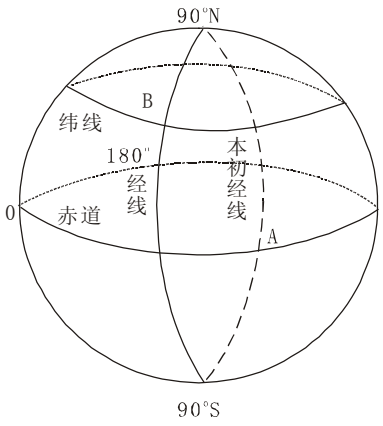

图 1　经纬线

Figure 1　Graticule

与纬线相对应，地球上凡通过地轴的平面同地面相割而成的圈，叫做经圈。所有的经圈都是地球上的大圆。因而它们的大小相同。经圈都通过地球的南北两极，并且被等分为二个半圆，这样的半圆，就是通常所说的经线（也叫子午线）。经线者，竖线也，方向是南北。其中通过英国格林威治天文台的那条经线，被称为“本初子午线”。

在地球上，经线就是南北线，它的方向就是南北方向。所有的经线都相交于南北两极，向北就是向北极，向南就是向南极。南北两极是世界的二个“顶端”，它们分别是南北方向的终点，同时又是二者的起点。北极是向南的起点，那里的“四面八方”都朝南，没有别的方向；南极是向北的起点，情形与北极相反。总之，南北方向是有限方向。

纬线与经线相垂直，它的方向是东西方向。纬线都是整圆，没有起点和终点，所以东西方向是无限方向。如果一地位于另一地的东方，那么必然也位于该地的西方。当年哥伦布和麦哲伦等人都是向西航行。可他们的目的地都是东方，因为二地互为东西。所以西行可以东达。但是，实际上人们总是采取二地间的最短距离，即取圆的劣弧。这样，任何地点不是位于另一地点的东方，便是位于它的西方，不能二者兼而有之。所以，在二地之间，理论上是“亦东亦西”，实际上是“非东即西”。

我国中原地区，位于北回归线以北，太阳的上中天为南中，所以，古人就把南方定义为正午太阳所在的方向。旭日东升，夕阳西下，东西方向本来是同太阳的周日运动相联系的，而太阳的周日运动则是地球自转的反映。太阳之所以每日东升西落，正是由于地球自西向东的自转，因此，地球上的东西方向，实际上同地球的自转相联系。具体说，东方就是地球的自转方向，西方就是与此相反。

在球面上，两点之间的最短路线，是通过它们的大圆弧线。因为圆的半径愈大，它们的曲率就愈小，大圆弧线的曲率要比任何通过同样二点的小圆弧线曲率小，因此，要求地面上两地之间的距离，首先要求它们的角距离，然后把角距离换算成为直线距离。在这种情况下，为度量地面上两点之间的距离，要求所采用的长度单位同角度单位之间，最好有一种简单的换算关系。这样的长度单位在近代自然科学精确测定地球形状和大小之后，相继出现了。海里就是经线 1 分的弧长。地面上两地间的弧分值，等于两地间的海里数。经线的全长为 180° ×60× 1 海里 / 分=10800；公里是按照法国人原来的设想把地球一周分为 400 度，每度分为 100 分，每分的弧长就是 1 公里。分全周为 400 度的制度没有传下，作为长度单位的公里却在世界通行。1 华里是经线 1 度之长的 1/200。所有这些单位的定义都把长度单位和角度单位直接联系起来。因为地球是一个球体，地面上两点之间的距离首先是角距离。

§2.1.2 经纬度和地理座标(geographic coordinate)

地面上有许多经线和纬线，它们处处相交。每条经线同所有纬线相交，每条纬线也同所有经线相交，并且总是相互垂直。根据坐标系原理，地球上的每一点，都可以看成是特定的纬线和经线的交点。地面上任何二个不同的地点，或位于不同的经线，或位于不同的纬线，或即位于不同的纬线，又位于不同的经线，那么，用什么来区别不同的经线和纬线呢？那就是经纬度。

点在经线上位置的不同用经度相区别，在纬线上位置的不同用纬度相区别。在同一经线上的各个地点，有相同的经度；在同一纬线上的所有地点，其纬度相同。从这个意义上说，经线就是等经度线，纬线就是等纬度线。

一个地点的纬度指这个地点与赤道的角距离（线面角），即该地法线与赤道平面的交角。赤道面是起始面，所在地是终止点，沿本地子午线度量。

赤道面是度量纬度的共同起算面，赤道分全球为南北两个半球，因此，纬度分南北两个方向度量，赤道以北叫北纬，赤道以南叫南纬，各为 90°。

综合纬度的方向和数值二个方面，可以说一地的纬度，就是该地相对于赤道面的南北方向和角距离。

一个地点的经度指该地子午线与本初子午线的角距离，即该地所在的经线平面与本初子午线平面之间的夹角，它是二面角。二者之中，本初子午面是起算面，本地子午线平面是终止面，沿纬线度量。

若经度沿赤道度量，那么，经度不但有全球共用的起算面（本初子午面），而且有全球共用的起算点（本初子午线和赤道的交点），即地理座标系的原点（位于非洲西岸几内亚湾）。

以本初子午线为界，经度分东西二个方向度量，本初子午线以东叫做东经，本初子午线以西叫西经。东经和西经各分 180°。

综合经度的方向和数值二个方面，可以说一地的经度，就是该地所在的子午面相对于本初子午面的东西方向和角距离。

一地的纬度表示该地相对于赤道面的南北位置，一地的经度表示该地所在的子午面相对于本初子午面的东西位置。一地的纬度和经度相结合，标志着该地在地面上的特定位置，被叫做这个地点的地理座标。如同平面直角坐标系纵横座标来确定点在平面的位置一样，地理座标则用一对角度（纬度和经度）来确定一地的地理位置。表示方法一般用字母 E、W、S、N 等表示方向，书写时，纬在前，数字先，符号在后。例如：北京的地理座标是（39°51'N，116°19'E）。

同地理座标相关联的是地面上三个大圆，即赤道、本初子午线和本地子午线。本地子午线可以在本初子午线的东西二侧变动，而点在本地子午线的具体位置上，可以在赤道的南北两侧变动，通过这种变动，地理座标可以用来表示地面上任何地点的地理位置。

§2.2 天球和天球座标

§2.2.1 天球（celestial sphere）

大地被天空包围着。人类还没有认识大地的球形时，早已把天空当作球体了。天空中布满了众星列宿。对于这些极其遥远的天体，人眼无法分辨它们的相对远近。在人们的心目中，

星辰似乎都罗列在一个球体的内表面上。而人眼就是这个球的中心。同时，天空的昼夜旋转表明，这个球不但存在于地平之上，而且还有一半隐于地平之下。人眼能够观测到的地平以上的半个球形的天空，被叫做天穹（the vault of heaven）。

既然天空看起来像个球面，人们索性就把宇宙空间当作球体看待。这样一个假想的球体叫做天球（celestial sphere）。人们把天体在天球上的视位置，当作它们的真实位置，这对于毋需考虑距离远近因素，如像时间、经度和纬度的观测和计算工作来说，带来很大方便。

天文上在定义天球时，规定了二个条件：一是天球的球心是地球中心，二是天球的半径是任意的。

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；不论天体如何遥远，总可以在天球上有它的投影。这样，既承认天体事实上远近悬殊，又可以利用它们在天球上的视位置对于地球的等距性作为表示天体视运动的辅助工具。

概括地说，天球就是以地心为球心，以任意远为半径的一个假想的球体。

天球虽是一个假想的球，但是天空给予人们的球形的印象，却是真实的。因此，天球上也有相应的圆（圈）和点。这里首先要说明的是其中的三个主要的大圆：天赤道，黄道和地平圈，还有各个大圆的极点，以及它们彼此间的交点，大距点。

天赤道即天球的赤道。地球赤道平面的无限扩大，同天球相割而成的天球大圆。天赤道分天球为南北两个半球。黄道是地球公转的轨道平面无限扩大，同天球相割而成的天球大圆（它是太阳在天球上周年视行的路线）。地平圈即观测者所在的地平面，即通过地心且垂直于铅垂线的平面的无限扩大，同天球相割而成的天球大圆。地平圈分天球为可见和不可见两个半球。

球面上任何一个大圆，都有它的两极（距大圆各为 90°）。天赤道的两极，分别为天北极和天南极（P，P'）；黄道的两极，分别为黄北极和黄南极（K，K'）；地平圈的两极，分别为天顶和天底（Z，Z'）。

在同一个球面上，任意两个大圆相交并且互相等分。它们有二个交点，并且各有二个大距点；交点与大距点的间隔为 90°

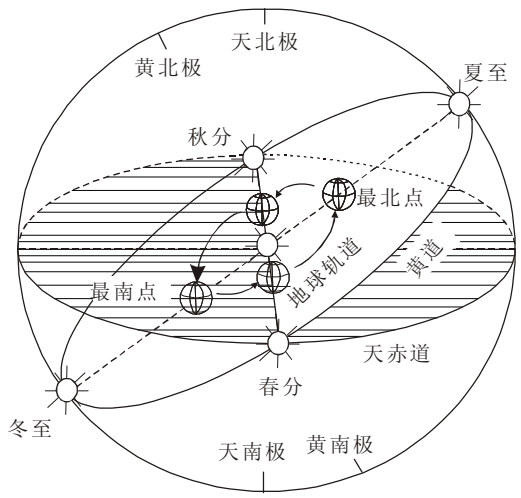

图 2　黄赤交角

Figure 2　Obliquity of the ecliptic

黄道和天赤道成 23°26'交角，称为“黄赤交角”（图 2），它们的两个交点叫做二分点，一个是升分点（北半球的春分点）；另一个是降分点（北半球的秋分点）。黄道上距天赤道最远的两点叫做二至点，即北至点（北半球的夏至点）和南至点（北半球的冬至点）；天赤道离黄道的两个大距点，还没有正式定名，可称之为无名点。

在西方，天赤道和黄道的交点是白羊宫第一点（first point of Aries）和天秤宫第一点（First point of Libra），黄道上距天赤道最远的两点，是巨蟹宫第一点（first point of cancer）和摩羯宫第一点（first point of Capricorn）。

天赤道和地平圈的交角因纬度而不同（等于当地的余纬），它们的两个交点是东点和西点。天赤道上距地平圈最远的两点叫上点（Q）和下点（Q'）；地平圈离天赤道的两个大距点为南点（S）和北点（N）。天球上的方向是地球方向的延伸。例如，天轴是地轴无限延伸。天南北极乃天轴与天球交点。天赤道是地球赤道的无限扩大。天球上，向南乃向天南极，向北向天北极，东西方向亦是无限。在天北极俯视地球，向东是逆时针向。天球上的距离，只有角距离，而没有线距离（图 3）。因为天球本身是无限大的假想的球体。至于两天体之间的实际距离，例如牛郎和织女相距约 16.4 光年，那是宇宙间的直线距离不是天球上的直线距离。天球上任何一点代表一个空间方向，任何两点间的弧长，例如牛郎和织女相隔 35°，实际上就是两个方向之间的夹角。

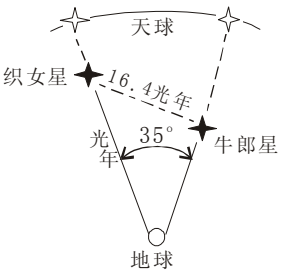

图 3 天球上的距离

Figure 3 The distance in celestial sphere

§2.2.2 天球座标（celestial sphere coordinate）

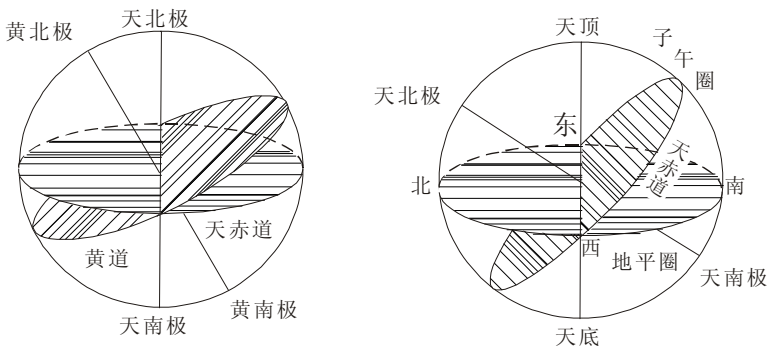

图 4 天球坐标系

Figure 4 Celestial coordinate system

天文学按照不同的需要，使用不同的天球座标系（图 4）。天球座标系同地理座标系一样，都是球面座标系。各种天球座标系都有自己的特点，同时，它们也具有球面座标系的共

同特

点。

第一，球面座标系有一个基本大圆，称为基圆。例如，在地理座标系中，基圈就是赤道。

第二，基圈上有一个原点，原点的位置是以通过它的辅圈为标志的。辅圈就是通过基圈的两极，因而垂直于基圈的所有大圆，其中通过原点的辅圈（实际上是半个辅圈）叫做始圈。例如，地理座标系中，始圈就是本初子午线。

第三，球面上任意一点相对于基圈的位置，包括方向和角距离，用纬度表示。

第四，经度是辅圈相对于始圈的方向和角距离。

以上四点，人们可以归纳出球面座标系的一般模式。对于特定的点来说，这个模式实际上是一个球面三角形。它的三边分别属于三个大圆，即基圈、始圈和终圈（图 5）。

天文学上常用的天球座标系有地平座标系，赤道座标系（分第一、二赤道座标系）和黄道座标系。

一、地平座标系（horizon coordinate）

地平座标系以地平圈为基圈。地平圈交天赤道于东西二点，它对于天赤道的两个大距点为南点和北点（天赤道相对于地面圈的大距点为上点和下点）。地平圈的两极是天顶和天底。通过天顶、天底，同地平圈正交的天球大圆，叫做地平经圈（vertical circle），或称平经圈。其中通过南点和北点（也必定是通过天北极和天南极上点和下点）的平经圈，叫做子午圈。必要时以天顶和天底为界，分为子圈和午圈；通过东点和西点的平经圈，叫做卯酉圈（prime vertical，图 6）。

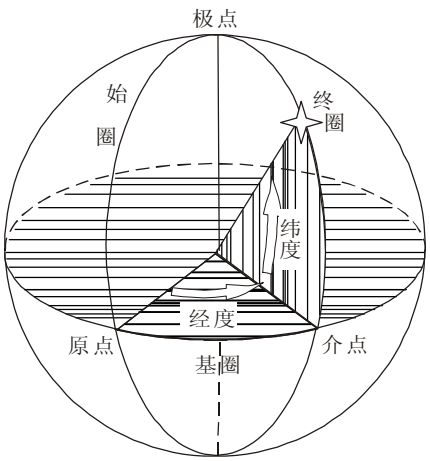

图 5 球面座标系的一般模式

Figure 5　General model of sphere coordinate system

根据以上的圆圈系统和球面座标系的一般模式，可以把地平座标系归为如下四个要点：

（1）它的基圈是地平圈。

（2）它常以南点为原点，以午圈为始圈。

（3）它的纬度叫高度，是天体相对于地平圈的方向和角距离。高度以地平圈为起点，沿天体所在的平经圈向上（下）度量，以天体为终点，自 0°~90°。若天体位于地平以下，其高度为负值。因此，地平圈的高度为 0°，天顶和天底的高度为±90°。（4）它的经度叫方位，

是天体所在的平经圈相对于子午圈的方向和角距离。方位以南点为起点，沿地平圈向西度量（因为天体的周日运动是向西的），以天体所在的平经圈为终点。自 0°~360°。南点、西点，北点和东点的方位，分别为 0°、90°、180°、270°（图 7）。

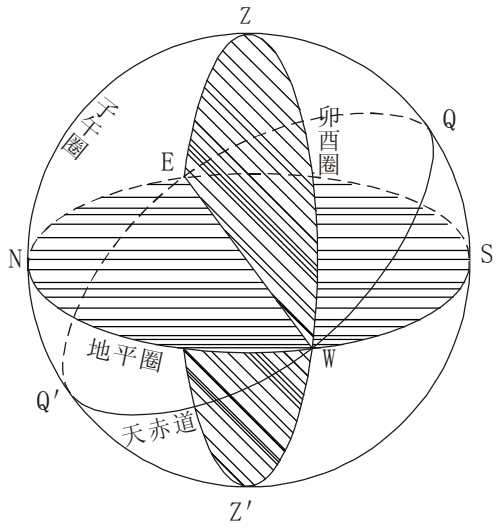

图 6　地平座标系的圆圈系统

Figure 6　Circle system of vertical coordinate

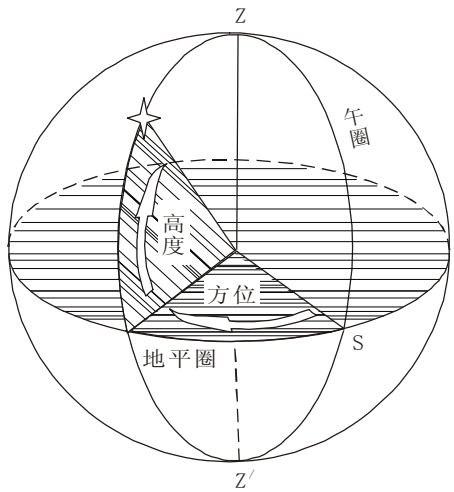

图 7　地平座标、高度和方位

Figure 7　Vertical coordinate，height and orientation

二、第一赤道座标系（the first equator coordinate）

地平座标系所表示的天体位置是最直观的，而且是容易观测的。可是，天体的高度和方位是因时、因地而变化的，而且这种变化是非均匀的。为了避免这种情况，天文观测工作者用第一赤道座标系。

第一赤道座标系以天赤道为基圈。天赤道交地平圈于东点和西点。它们对于地平圈的两个大距点为上、下点。地平圈对于天赤道的大距点为南、北点。天赤道的两极点是天北极和天南极。通过南、北天极，同天赤道正交的天球大圆，叫做赤经圈，也叫时圈。其中通过上点和下点（也必然通过南点和北点，天顶和天底）的时圈，就是前述的子午圈，必要时以南北天极为界，分子圈和午圈；通过东点和西点

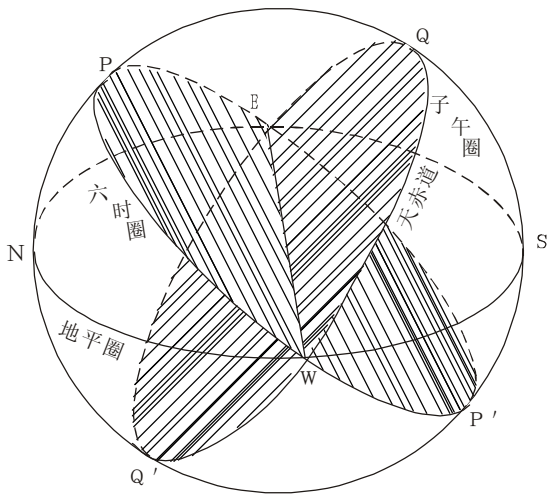

图 8　第一赤道座标系的圆圈系统

Figure 8　Circle system of the first equator coordinate

的时圈，航海天文学上称为六时圈，必要时以南北天极为界，分为东六时和西六时圈（图 8）。

根据以上的圆圈系统和球面坐标的一般模式，第一赤道座标系的要点如下：

（1）第一赤道坐标系基圈是天赤道。

（2）它以上点为原点，以午圈为始圈。

（3）它的纬度叫赤纬，是天体相对于天赤道的南北方向和角距离。赤纬以天赤道为起点，沿着天体所在的时圈向 S、N 两个方向度量，以天体为终点，自 0°~90°。按北半球的习惯，天赤道以北为正值，天赤道以南为负值。由此，天赤道的赤纬为 0°， 南北天极的赤纬为正负 90°。

（4）它的经度叫时角，是天体所在的时圈相对于午圈的方向和角距离。时角以上点为起点，在天赤道上向西度量（因为天体的周日运动是向西的，为的是使天体的时角“与时俱增”），以天体所在的时圈为终点，自 0 时~24 时。因此，上点、西点、下点和东点的时角分别为 0 时、6 时、12 时、18 时（图 9）。

三、第二赤道座标系（the second equator coordinate）

第一赤道座标系不同于地平座标系，它以赤纬取代高度，天体的赤纬不因时间和地点而变化；它以时角取代方位，天体的时角虽因天球的周日运动而变化，但这种变化是均匀的（每恒星小时增长 15°），它被用来度量时间。所以，第一赤道座标系也叫做时角座标系。它的经度改用时间单位表示（每 15°折合 1 小时），从而赤经圈也被叫做时圈。

但是，第一赤道座标系仍不能用来表示天体在天球上的相对不变的位置。如同用地理座标来表示地面上点的位置一样，人们为编制星表的需要，创立了第二赤道座标系。第二赤道座标系和第一赤道座标系，具有大同小异的圆圈系统，它们都是以天赤道为基圈，辅圈都是时圈，所不同的是原点选用的圆圈系统不一。第二赤道座标系则以天赤道和黄道的相互关系为基础。天赤道交黄道于春分点和秋分点（北半球），黄道对于天赤道的大距点为夏至点和冬至点。

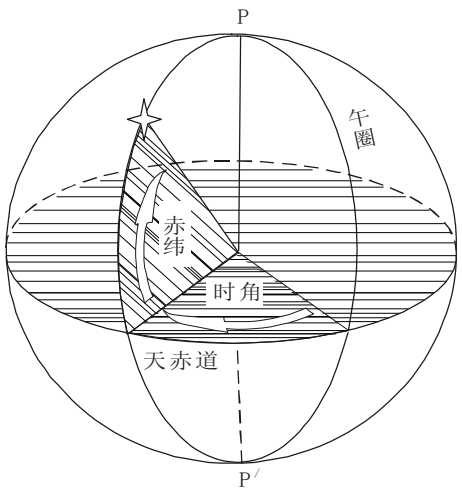

图 9 第一赤道座标–时角、赤纬

Figure 9 The first equator coordinate-hour angle、declination

通过二分点的时圈，叫做二分圈，必要时以南北天极为界，分为春分圈和秋分圈；过两至点的时圈叫二至圈，必要时以南北天极为界分夏至圈和冬至圈（图 10）。

根据以上的圆圈系统和球面座标的一般模

式，可以把第二赤道座标系归为如下四点：

（1）基圈—天赤道。

（2）原点—春分点，春分圈为始圈。

（3）纬度—赤纬。

（4）经度-赤经-天体所在的时圈相对于春分圈的方向和角距离，它以春分点为起点，沿天赤道向东度量，以天体所在的时圈为终点，自 0 时~24 时（图 11）。

例春分、夏至、秋分、冬至各点的赤经分别为 0 时、6 时、12 时和 18 时。

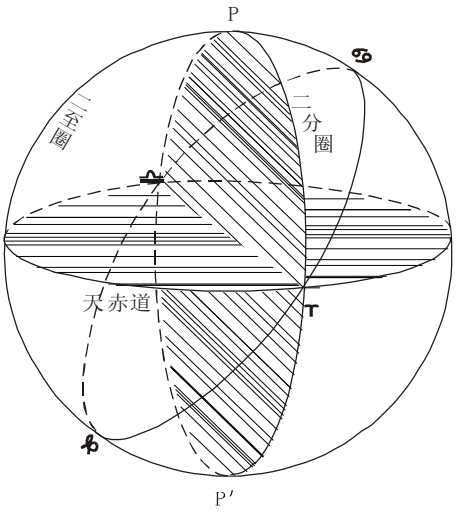

图 10 第二赤道座标系的圆圈系统

Figure 10 Circle system of the second equator coordinate

四、黄道座标系（ecliptic coordinate）

黄道座标系可以归纳为如下四个要点（图 12、图 13）：

（1）基圈—黄道。

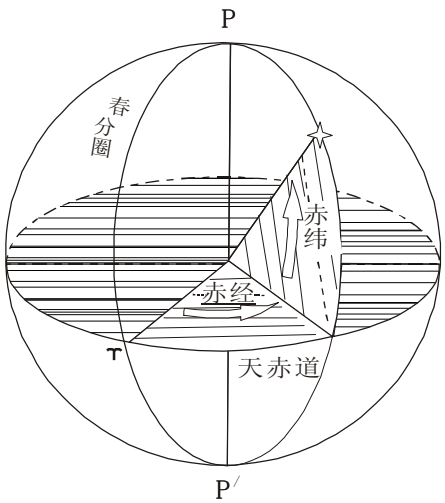

图 11 第二赤道座标-赤纬、赤经 Figure 11 The second equator coordinate-declination、right ascension

（2）原点—春分点。

（3）纬度—黄纬、天体相对于黄道的南北方向和角距离。

（4）经度—黄经、沿黄道向东度量。

五、各种天球座标的区别和联系

天体有各种不是的座标系（表 1）。因此，同一天体就有各种不同的座标。它们之间既存在区别，又相互联系。

（1）第二赤道座标系和第一赤道座标系有共同的基圈—天赤道，因而它们有共同的纬度（赤纬）。二者的差别在于原点和始圈的不同，第二赤道座标系以春分为原点，以春分圈为始圈；第一赤道座标系以上点为原点，以午圈为始圈。因此，它们的经度不同，即赤经不同于时角。二者之间的具体差异，随恒星时而不同。所谓恒星时（S），就是春分点（r）的时角（t），其值等于上点（Q）的赤经（α，图 14）。于是便有

$$S = tr = \alpha q$$

对于任一天体来说，其赤经不变，其时角则持续增长，天体的赤经与它当时的时角之和，等于当时的恒星时，即 $S=\alpha+t$ 。

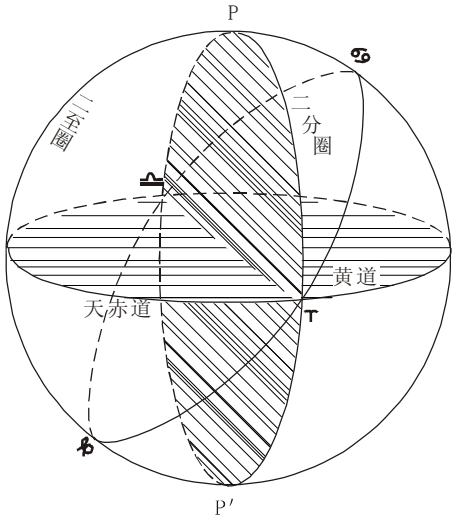

图 12　黄道座标系的圆圈系统

Figure 12　Circle system of the ecliptic coordinate

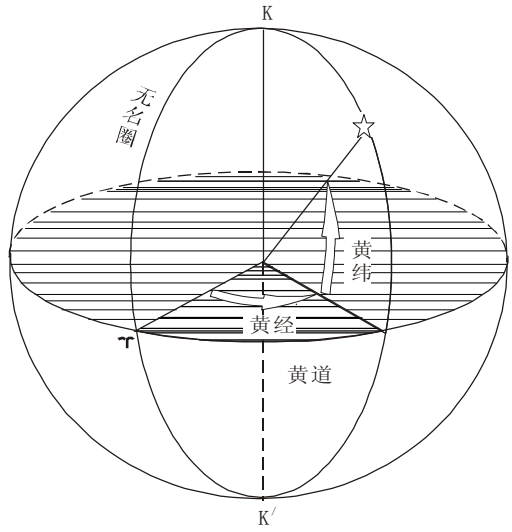

图 13 黄道座标系（黄经、黄纬）

Figure 13　Ecliptic coordinate system（ecliptic longitude、ecliptic latitude）

（2）第二赤道座标系和黄道座标系有共同的原点（春分点）。它们的基圈不同，因而始圈就不同，第二赤道座标系以天赤道为基圈，春分圈为始圈，黄道座标系以黄道为基圈，始圈是通过春分点的黄经圈（无名圈）。故黄纬不同于赤纬，黄经不同于赤经。它们的具体差别与黄赤交角有关（图 15）。

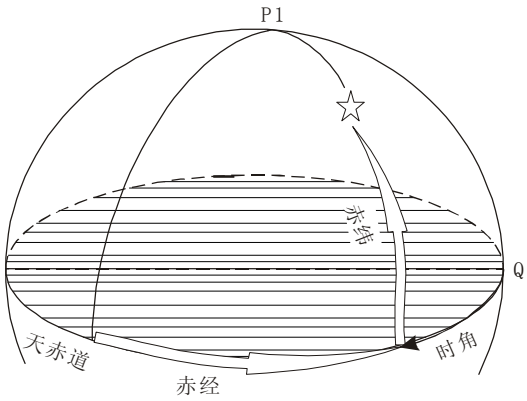

图 14 第二赤道座标系和第一赤道座标系 Figure 14

The second and the first equator coordinate systems

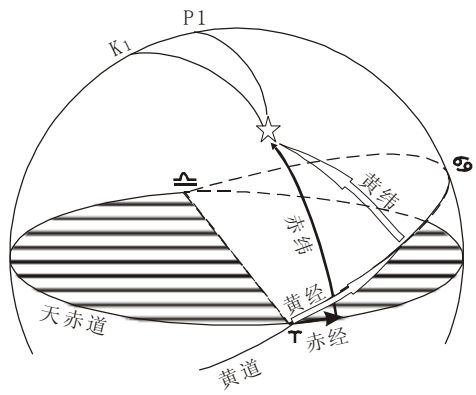

图 15 第二赤道座标系和黄道座标系

Figure 15　The second equator and the ecliptic coordinate systems

（3）地平座标系和第一赤道座标系有共同的始圈—午圈。它们的基圈不同，因而原点就不同，地平座标系以地平圈为基圈，原点为南点；第一赤道座标系以天赤道为基圈，原点为上点。这样高度不同于赤纬，方位不同于时角。它们的具体差别取决于当地的地理纬度。一地的纬度，决定天赤道对于地平圈的交角大小，这个交角的改变，引起二者的极点（天北极和天南极、天顶和天底）和彼此的大距点（上点和下点；南点和北点）相应的改变。它们之间有如下的关系（图 16）：仰极高度=天顶赤纬=当地纬度，即等于所在地纬度又等于仰极高

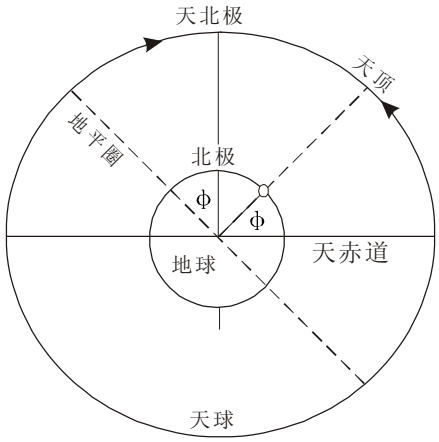

图 16 天顶赤纬

Figure 16　Zenith declination

度。这一关系体现了地平系统和第一赤道系统的关系。纬度越高，高度和赤纬、方位和时角之间的差异就越小，例如南北两极，仰极即为天顶，天赤道与地平圈重合；在那里，高度就是赤纬，方位等于时角。

值得注意的是子午圈是一个十分重要的天球大圆，它既属于地平座标系，又属于赤道座标系；既垂直于地平圈，又垂直于天赤道。它通过天球上许多重要的点，如天顶和天底、南点、北点、天北极、天南极、上点和下点。天球上许多重要的大圆，都是它的

表 1 各种天球座标系比较

Table 1 Comparsion of different celestial sphere coordinate systems

类别	地平座标系	第一赤道座标系	第二赤道座标系	黄道座标系
基圈	地平圈	天赤道	天赤道	黄道
两极	天顶、天底	天北极、天南极	天北极、天南极	黄北极、黄南极
轴	铅垂线	天轴	天轴	黄轴
辅圈	平经圈	时圈	时圈	黄经圈
始圈	午圈	午圈	春分圈	无名圈
原点	南点	上点	春分点	春分点
纬度	高度	赤纬	赤纬	黄纬
经度	方位	时角	赤经	黄经

辅圈。如地平圈（在南点和北点同子午圈正交）和卯酉圈（在天顶和天底同子午圈正交）。所有上述大圆又都在子午圈的两极—东、西点彼此相交。子午圈可分子圈和午圈。在地平座

标系中，划分子圈和午圈的是天顶和天底；在赤道座标系中，划分子圈和午圈是天北极和天南极。

思 考 题

1. 为什么南北方向是有限方向，而东西方向是无限方向？怎样理解地面上两点间的东西方向既是理论上的“亦东亦西”，又是实际上的“非东即西”？

2. 举出下列天球大圈的两极：

地平圈_____子午圈_____

天赤道_____卯酉圈_____

黄　道_____六时圈_____

3. 举出下列天球大圆的交点：

子午圈与地平圈_____

子午圈与天赤道_____

子午圈与卯酉圈_____

子午圈与六时圈_____

天赤道与地平圈_____

天赤道与黄道_____

参 考 文 献

1. 英格利斯著. 行星、恒星、星系.北京:科学出版社，1979.

2. 崔振华主编. 天文博物馆. 郑州：河南教育出版社，1995.

3. 弗兰克·普内斯等. 地球. 重庆:重庆出版社，1990.

4. 刘学富，李志安编著.太阳系新探—小行星、彗星会与地球相撞？北京：地震出版社，1999.