

# 第 1 章

## 认识星星你就不会迷失方向

这话“靠谱”吗？天上的星星那么多，有那么好认吗？

依靠辨识天体来定方向，当然靠谱。我们的祖先就是这样做的，具体来说，辨识方向可以白天看太阳、晚上看星星。有人就“为难（调侃）”我了：阴天怎么办？我说：阴天凭感觉啊！当然，你的（野外）经验足够了，你就完全可以依赖你对大自然、对方向（位）的感觉。实际上，我们也大可不必去依靠“感觉”这种“形而上”的东西，那我们凭什么？对，凭“标识物”，附近的、远处的；地面的、天上的。比如，你家的房子是不是“朝南”的？

## 1.1 你分得清东南西北吗？如何辨识方向

不管你是野外游玩的需要，还是想拓展自己的知识、能力，随时能辨识方向，还是很有必要的。当然，我们这里说的是在野外。在那种高楼林立的城市街区，没法找到路时，我们只能是靠路标、靠警察，或者打开你的手机导航吧。

想做“驴友”去闯天下，那是要做专业准备的，不属于我们讨论的范畴。我们的目的只是从告诉你如何辨识方向开始，引导你去认星星，去识别星空，去认识宇宙、大自然。

### 1.1.1 野外辨识方向的方法

一般在野外都是利用指南针和地图来分辨方向。如果没有指南针和地图，可就麻烦了，那就一点办法也没有了吗？放心，大自然会救你，你的天文学知识会救你！根据太阳、月亮、星星或是树木生长的情况，就可以辨识出我们所在的方位。

#### 1. 观察周围的事物分辨南北

我们先来点实际、简单的。气定神闲，先从身边的事物开始。

(1) 由树枝生长的情形分辨（图 1.1）



图 1.1 树木若吸收充分的阳光，枝叶自然生长茂密。由此可知，树叶茂密的部分即为南边。靠近太阳的一边（我们在北半球是南边更靠近太阳啦），光合作用明显，树叶茂密的同时也需要更粗的树干

(2) 由树叶生长的方向辨别 (图 1.2)



图 1.2 花草树木皆有向阳的特性，叶面所朝的方向即为南方

(3) 由树木的年轮辨别 (图 1.3)



图 1.3 如果周围有截断的大树干时，可借由年轮的情形加以分辨方向。相邻年轮距离较宽的一方，即为阳光充足能使树木生长良好的南方

(4) 由石头或树根的青苔辨别 (图 1.4)



找出青苔生长处，以青苔的平均密度分辨出方向。

图 1.4 利用青苔喜欢生长于潮湿地方的特性，找出背阳处，进而分辨出向阳的南方

## 2. 观察远方事物分辨南北

利用附近的事物是能观察南北方向，但为了得到充分的证实，我们还是得到远方物体的求证。

(1) 以山上树木生长的茂密情形判断 (图 1.5)

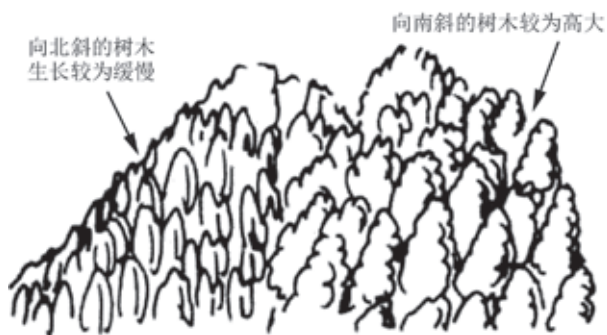


图 1.5 向南的树木生长较向北的树木快。以此可分辨出南北

## (2) 以民宅的坐向判断 (图 1.6)



图 1.6 山上的民宅 (尤其是庙宇) 多为坐北朝南的建筑, 并且会在北侧种植树木以防止寒冷的北风, 依此原则也可判别出南北

## 3. 以手表和太阳的位置分辨北方

戴手表又成了一种“时尚”。手表不管价格高低, 有指针的表盘都可用来判断方向。看图操作吧。

- (1) 将手表摆平, 中央立一火柴棒 (小树枝亦可, 图 1.7 (a));
- (2) 旋转手表, 使火柴棒的影子与短针重叠 (图 1.7 (b));
- (3) 阴影与表面 12 点位置之间中央的方位即为北方 (图 1.7 (c))。

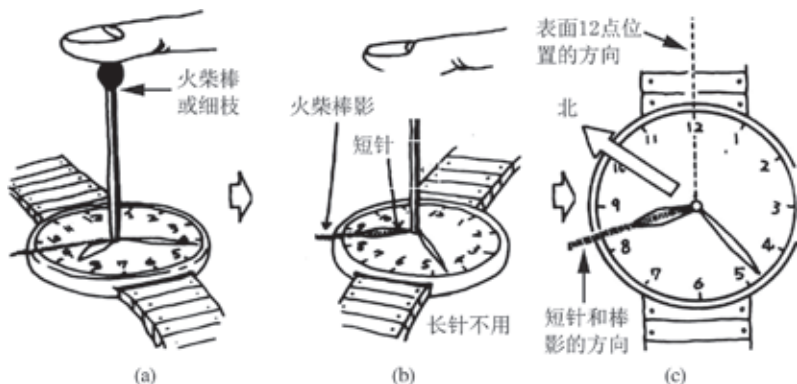


图 1.7 利用手表判断方向实际操作图

#### 4. 以日月的移动分辨东南西北

我们再把我们的视野和“标的物”放大一点、放远一点。这次我们用太阳和月亮。

(1) 在平地上直立一长棒，在棒影的前端放置一小石头 A (图 1.8 (a));

(2) 10~60 分钟后，当棒影移至另一方时，再放置另一小石头 B 于棒影的前端 (图 1.8 (b));

(3) 在两个石头间画上一条线，此线的两端即为东西，与此线垂直的两端即为南北 (图 1.8 (c))。

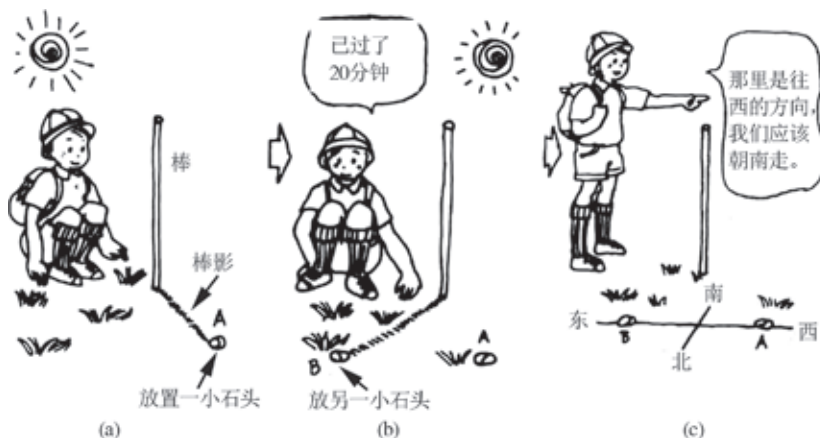


图 1.8 使用木棒、小石头，利用太阳阴影的移动测定方向

#### 5. 以月亮的形状和移动分辨东西南北

如同我们可以用观察太阳移动的位置分辨方向一样，借由月亮的形状和它的移动我们也可以找出东西南北。

(1) 上弦月 (图 1.9)

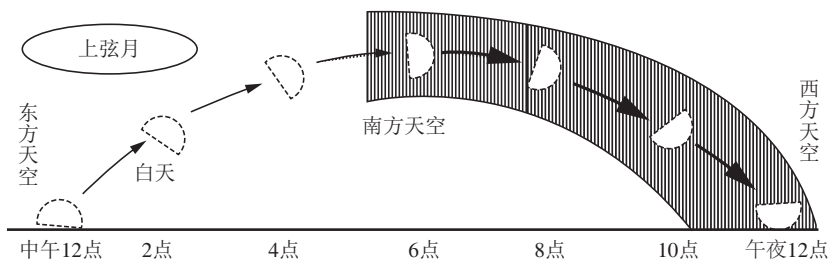


图 1.9 上弦月黄昏时由南方天空升起，深夜则沉没于西方地平线

(2) 满月 (图 1.10)

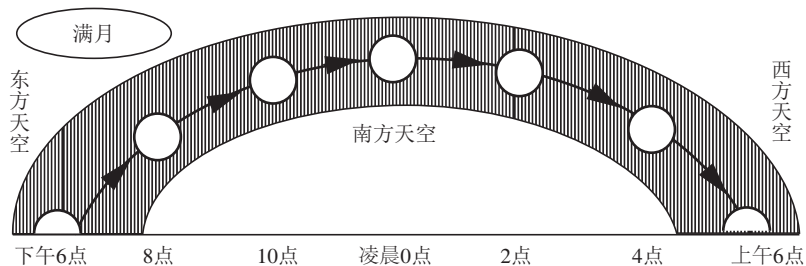


图 1.10 满月黄昏时由东方地平线升起，清晨则沉没于西方地平线

(3) 下弦月 (图 1.11)

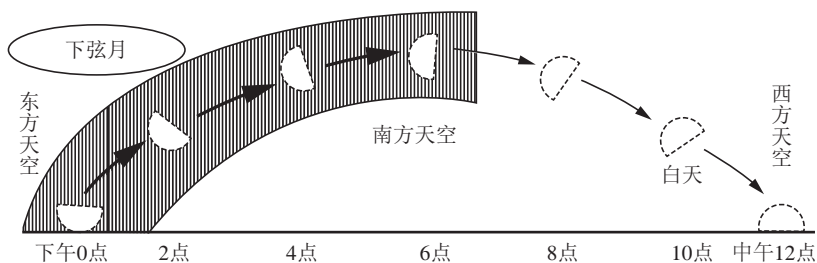


图 1.11 下弦月深夜时由东方地平线升起，清晨则位于南方天空上

## 6. 找到北极星就可以找到北方

如果夜空中出现美丽的星斗，我们可由北方三星座找到北极星。

- (1) 大熊座的 A 处长度加上 5 倍同等距离的长度；
- (2) 仙后座的 B 处长度加上 5 倍同等距离的长度；
- (3) 小熊座的尾端即为北极星所在位置（图 1.12）。

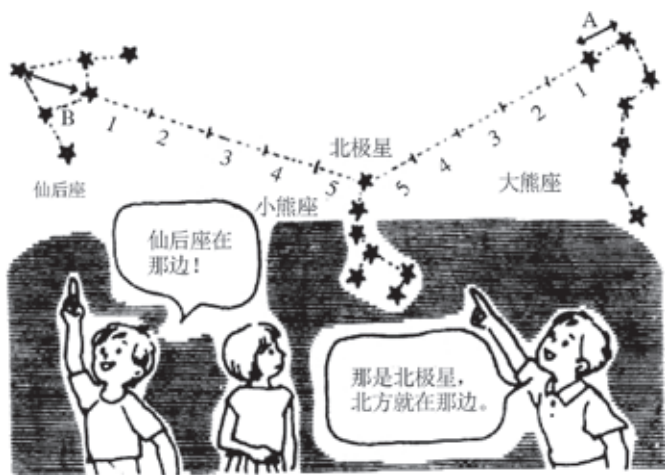


图 1.12 利用北斗七星“斗口”的两颗“指极星”和仙后座的 W 形状去找到北极星，那里就是北。而且，北极星的地平高度就是当地的地理纬度

还可以利用其他的星座来找寻北极星以及确定方向，这需要在你熟悉了更多的星座之后。我们会在后面的内容中陆续为大家介绍。比如，在我国的南方，秋冬季节北斗七星已经跑到地平线以下了，我们除了可以利用图 1.12 的仙后座 W 形状之外，还可以利用由飞马座和仙女座四星组成的“秋季大四方”，它被称作天上的“天然定位仪”，不仅能找到北极星，还能很方便地确定南北、东西。

### 1.1.2 古人观星定向思维的发展过程

实际上，在很早的古代，人们就已经用观察星星方位的方法来确



定方向了。不过，古人观星定向也经历了一个发展、变化的过程。你会说，观星定向？太阳那么大、那么明亮，干吗还要去认星星辨方向呀？哦，晚上有太阳吗？就算是白天你敢“直视”太阳吗？那就用月亮好啦！我敢直视月亮，而且月亮似乎是白天、晚上都有的。是呀，那么大、那么明亮的月亮，难道我们的祖先就没有想过去利用它，而是费力地去找星、辨星用来定方向？原因当然有，听我们慢慢说。

### 1. 立竿见（测）影

太阳耀眼的光芒使人对其无法直视，更何况太阳高悬天际，也没法用一般工具直接测量。所以要测量太阳的运行轨迹，必须采用间接手段。

怎样做呢？通过观察，古人发现，被阳光照射的物体，一定会有相应的阴影。于是，人们不难联想到：只要将某一有固定长度或高度的物体，长期固定在某一能被阳光全天候全方位照射的地方，那么就可以通过测量此物体阴影的变化来追索出太阳的运行规律。这样，人类最早的辨别方向以及计时的工具和方法就出现了——立竿测影。

所谓“立竿测影”，就是将一根木杆树立在一片露天的空旷地面上，通过观测每日每时木杆影子的长度和角度变化来测算具体的方位、时节和时点。古人“立竿测影”法的原理，在其具体应用上，我们可以做如下推测。

立竿测影法最先可能是用于测量每日“日中”时点的变化。太阳东升西落的运行轨迹变化会在不同时段上留下不同角度的阴影，通过测量阴影角度的变化就能推算出具体的时点。被用作时辰报点的“日晷”就是依据此原理制成的。然后随着人们日复一日、年复一年的不断测量，通过大量的数据积累会发现，同一个时段在每年不同日子里，其杆影的长度也呈现周期性的变化。我们的祖先生活在北回归线以北、北极圈以南，他们发现：每年天最炎热的时节里，太阳运行的轨道相对靠近北部，此时的杆影相对偏短；而每年最寒冷的季节里，太阳运行的轨道



相对靠南，此时的杆影相对偏长。为了准确测量此变化，我们的祖先又做了更精确的测量：以每日正午太阳运动至轨道最高点、杆影最短时的杆影长度为基准，准确测量一年四季（实际是最冷的一天为一个周期循环）中每一天正午时刻杆影的长度，然后记录下每天此时杆影长度的数值，从而得出四季流转中太阳运行的规律。通过数据比对不难发现，一年中必有那么一天日影最长、一天日影最短，这最长的一天就是被后世称为“冬至”，最短的那天就是“夏至”。在确定了冬至和夏至这两天后，在由冬至到夏至和夏至到冬至的两个半年里再进行对半分，则得到了“春分”和“秋分”这两天。（虽然春分和秋分在立竿测影上并无显著特征，但这两天在确定“天赤道”的方法里有不可替代的作用。）这种通过测量杆影长度变化来确定一年内具体的每一天的方法，后来演化成“圭表法”。

在掌握了“圭表法”计日后，人们自然会因为杆影长度的几个特征数值而注意到一年中四个特殊的日子——冬至、夏至、春分、秋分。而这四个日子在圭表上则反映为三道被着重标记的刻线：冬至点标线离测杆基点最远，夏至最近，春分和秋分时标线到基点的距离等于测杆长度，如图 1.13 所示。

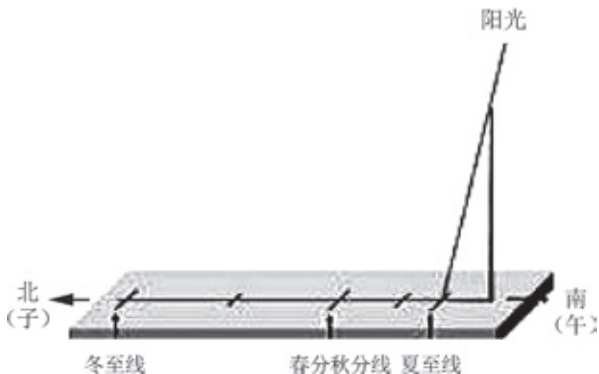


图 1.13 古人经过一个“冷暖冷”周期的测量，利用太阳影子的周期性变化，确立了两分两至点，从而确立了方向

因为这三道线在圭表法中是一年时节四等分的依据，所以其重要性独一无二、无可替代。我们的祖先为了彰显其重要性，还将其作为文饰而到处刻画。从一些考古发掘出的出土文物中就可见一斑，如图 1.14 所示的象牙梳就是大汶口文化的遗物，其表面就刻画了一圈呈横“8”字形回旋的“三”字纹。

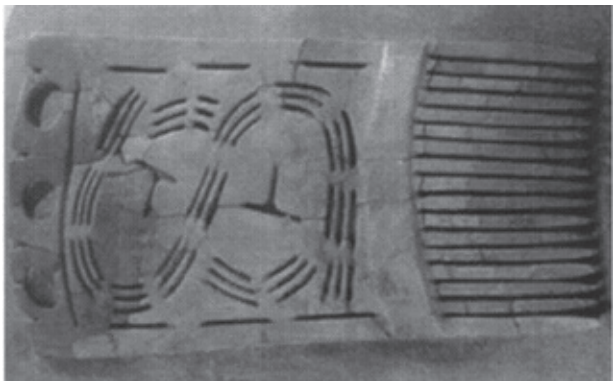


图 1.14 大汶口文化距今 6500—4500 年，延续时间约 2000 年

这种“三”字纹很有可能就是后世阴阳八卦的原形。不过，在那个时代也没有今日之“阴阳”。虽然从红山文化（距今五六千年）发掘出的玉器中，我们可以发现当时已经有了雌雄两两相比的概念，并有向“阴阳”概念发展的趋势，但我们并不能因此而断定当时也会有从“阴阳”推演出的“八卦”。况且，从进化论的角度来看，事物的发展大多会经历从简单到复杂、从孤立到系统的过程。而即使是相对简单的各只有三道线共八个卦象的先天八卦，其中也包含了不少的数理计算。因此，很难想象“八卦”能被一蹴而就地发明出来（神话中，伏羲根据天地图形一下子画出来，据说那来源于上天的传授），而应该是经历了反复推演变迁后所得的，八卦应该有更原始、更单纯的雏形源出。所以八卦的雏形起源于没有“阴阳”之分的“三”字纹是种合乎



逻辑的推测。后世的八卦很有可能就是“三”字纹与“雌雄相匹”这两种意识交融的成果，两者交融从而催生出“阴阳八卦”。

从考古上看，华夏先祖早在 5000 年前就已经掌握圭表测量的技术，安徽含山一距今 5600 年至 5300 年的考古遗址中所发现的一块玉制龟板上就有表示土圭测日的痕迹，如图 1.15 所示。



图 1.15 龟板上的痕迹具有明显的规律，且有方向性的指示

从此玉龟板上看，当时的古人不仅知道了春分、秋分、冬至和夏至，还有了立春、立夏、立秋和立冬的概念。至此可以认为，我们的祖先已经有了一套相对精确的计时方法，可以通过太阳的变化来测算出今天处于一年四季中的哪个节点上、今时又处于一天中的哪个点刻上。有了这种精确的计时方式，何时进行种植业的播种收获就有了准确的依据，种植业才能高效地运行而规避因择时错误而带来的巨大损失。这在人类生产力发展的历史上是个重大的进步，有了种植业的发展，人类就能用同样面积的土地养活更多的人，从而释放剩余劳动力来从事其他工作，为人类的进步打下了坚实的基础！

## 2. 从圭表到星象

“圭表法”纪日是在新石器时代晚期的生产力条件下所能运用的一套最有效的计时和判定方向的方式。但这套方法在当时却有个明显的

短板——需要有专职的观测员脱产（不种地）从事日象观测；并且需要长期（跨年度）固守在某一固定地点才能有效展开工作。这两个问题放在生产力高度发达的当下来看，简直不是问题，但在新石器时代晚期却是个重大难题。

首先，在当时的生产力条件下，各部落的人口总数是相当少的。从目前的考古发现来看，当时一般的城邑也就能容下千把人的口，其规模也就相当于现在的一个村。受当时的农业水平限制，当时的粮食亩产量是相当低的，不及今日的十分之一（当时的耕种主要为“刀耕火种”，纯粹靠山吃山，没有灌溉、施肥等人工助产手段）。所以在当时生产力条件下，要每个村都来供养几个专职的天文工作者是不现实的。村里人各种各样的地，也仅能保证温饱无虞，还要防备各种天灾人祸带来的风险，所以一个小城邑或村落的有限剩余农产品是难以“供养”一套专职的天文观测班子的。因此，当时有限的生产能力是不支持绝大多数城邑村落来长期从事“立竿测影”这一脱产工作的。

其次，当时的农业生产方式也难以保证个人能长期固守某地从事立竿测影工作。众所周知，最早的种植方式是“刀耕火种”，即先以石斧砍伐地面上的树木以及枯根朽茎、草木晒干后用火焚烧。经过火烧的土地变得松软，不用翻地，利用地表草木灰作肥料，播种后不再施肥，一般种一年后易地而种。这种一年一转移的生产方式是新石器时代晚期最普遍的种植方式，如果天文观测人员也跟着进行转移，那么所测得的日影数据必然会引入年际间的地域误差，这对确定具体时节的精确度是会造成重大影响的。

另外，使用立竿测影法就必须先清理出一片大面积的平坦开阔的露天广场，这样才能保证阳光不受遮蔽阻挡地照射到测影竿上。这问题在田亩连片的后世并不难解决，但在灌木连片成林的洪荒年代，要开垦出一大片空旷地也绝非易事。这也需要耗费不少的人力才能办到，



对一般的小城邑或村落而言，是笔沉重的经济负担，没有一定规模的生产力也是难以承办此事的，若是在山区就更困难了。

所以，以立竿测影为原理的圭表法纪日，虽然在技术上能保证计时的准确度，但其人力投入也较大，一般村落难以负担其高昂的经济花销。所以圭表法纪日难以全面推广，我们的祖先需要更经济实惠的方式来解决年内纪日的问题。但此时在太阳观测技术上已经难以再有突破性的技术创新了，于是人们就将目光从白天的太阳转移到了夜晚的星星，希望从星星变化中找到与太阳运行相关的规律，来降低纪日工作的经济成本，以利于推广普及。

### 3. 为何不是月亮

夜晚的星空中最明亮也最易被观测到的天体，当首推月亮。古人应该先想到月亮呀！但是相对于恒星，月亮的变化规律对于古人来说太难以掌握了。现今我们所用的传统农历，也是以回归月的 29.5 天为一个周期来纪月，对于我们是早已习惯了这种纪月方式，所以往往也就理所当然地认为自古以来都是这么纪月的。那么历史真的是这样的吗？

首先，出土文物并不支持此观点。在整理安阳殷墟的出土甲骨时，学者们就发现：殷商甲骨中有不少在“十三月”所做的占辞，而当时各个月的时间也并不固定，最少的仅 28 天，最长的有 32 天——可见当时并没有形成一套持久稳定的纪月方式。从出土文物所示内容以及专业学者的研究来看，中国古代制定出一套完整的以月纪年的方法（19 年 7 闰），最早也只能追溯到西周中后期。还有，从近些年挖掘出的山西陶寺天文台遗址来看，最早的纪月方式似乎并不是一年 12 个月，而是一年 10 个月（那时候一年有 5 季：春、夏、长夏、秋、冬，按木、火、土、金、水的相生关系而自然循环，两个月对应一季，似乎是很明显也很有道理的）。今天地处西南的彝族依然使用一种一年十等分的十日历。由此可见，今天所用的“19 年 7 闰”的农历并不能想当然地认为“自

古有之，理所当然”。很有可能初始的纪月方式并非以回归月的 29.5 天为基数基准。

其次，要发现“19年7闰”的月相变化规律其实并不容易。因为在人的潜意识里，喜欢以 2、3、5 这三个数为起点，并通过对这几个数的不断扩大倍数来寻找物理运动的数理关系。但“19年7闰”中的两个数“19”和“7”都是质数，与 2、3、5 之间不存在倍数关系，所以要找到 19 与 7 之间的数理联系是需要通过大量的对观测数据的处理才能得到的。

其实，直到春秋战国前，人的平均寿命也就 40 多岁——那就意味着人的一生一般也就能见到两个完整的“19年”轮回而已。所以个人要在有限生命中，通过有限的天文数据积累来归纳总结出“19年7闰”的年月周期，是件很难办到的事。只有当天文观测数据足够多时，才能建立可靠的数理模型。按统计学的观点来看，至少需要 20 组数据的分析才能达到样本足够大、偏差低于 5% 的数学要求。因此，很难想象在新石器晚期，在有限的观测记录和艰难的保存手段下，我们的先祖就能积累足够多的数据来发现“19年7闰”的月相变化规律。

由此看来，月亮虽然是夜空中最容易被观测到的天体，但其本身独特的运动规律让人难以捉摸，故以月亮的运行轨迹为坐标来简洁明了地追踪和表述太阳的运行轨迹是难以实现的，我们的祖先必须去找到其他的标记方式来标记太阳的运行规律。但夜空中除了月亮外，就是漫天星辰了；在这么多的星辰中，又该挑选哪些既有明显特征，又能被明显观测到的星辰呢？

#### 4. 不动的恒星

在漫天的星星中，首先排除的就是金、木、水、火、土五大行星（这是西汉以后对五大行星的称呼，东周以前并不如此命名）。虽然这五颗星的运行轨迹完全不同于其他星辰自东向西的运行规律，各有各





的特色且易于辨认，但这五大行星的运行并不遵循固定（视）轨迹运行，会令初学天文者感到难以捉摸。水星（古称辰星）和金星（古称太白）只有在日出前或日落后的一段时间里出现，还不是全年都能看到；火星（古称荧惑）红色的色泽在漫天星辰中显得与众不同，但其时快时慢的运行轨迹让人无所适从；木星（古称岁星）和土星（古称镇星）是自西向东运行，与其他星体的运动方向相反，而且它们的运行周期太长。五大行星与众不同各具特色的运行轨迹使得它们难以被用于作为纪年纪月的基准星（木星比较特别，被称为岁星，是因为它具有 12 年的公转周期），所以它们首先被排除出候选名单。

其他的星辰虽然都是每晚自东向西运行，且星与星之间的距离与位差始终保持恒定——这也是“恒星”一词的由来——但在数以万计的星辰里，究竟选哪些星辰作为基准的标志星比较合适呢？

仰望夜空会一目了然地发现：整个夜空的恒星在从黄昏到黎明的整个黑夜里，都是像太阳那样从东方升起西方落下，并且也是沿着与太阳运行轨道类似的圆弧轨道运行。于是，古人们自然会思索：能否在这漫天的繁星中找出些易于被观测并有显著特征的星，作为计时的基准标识，并以此为基础制作一套报时定位系统呢？

经过反复的观测，我们处于北半球中高纬度的祖先终于发现：所有恒星的圆弧运动都似乎是在围绕同一中轴作圆周运动，而这个中轴就在天穹上的顶点，应该在北方天空的某一点上，这个点就是所谓的“北极”。如《晋书·天文志》就明确指出：“北极，北辰最尊者也，其纽星，天之枢也。”随着更多、更深入的观测，人们又发现，这条“中轴”并不与地平面平行，而是与地平面成一定角度的夹角。而天空中北半球的某些星也因此在一一年四季中的无论哪一天都能整夜出现在夜空中，这一片天空构成了后来所谓的“恒显圈”（我国天区分布中最重要的三垣里的恒星基本都属于这里）。这片天空面积所占的比重在夜空中最大，



这里的星辰运动轨迹差异也最大。另一部分星在一年中的某些时候是无法被观测到的。当然，还有一部分星因为地轴倾角而始终无法被观测到，也就是后来所谓的“恒隐圈”，但这部分始终看不到的天空显然不在当时古人的考虑范围中，因为这片看不到的天空显然是没有“实用”价值的。于是，我们的祖先就从恒显圈入手，找寻具有观测和实用价值的星或星群。最明显的当然就是“北斗七星”啦！

### 5. 北斗

古人说到的“北斗”，大家马上就会联想到呈勺状的北斗七星（图 1.16）。是的，北斗七星是北半球较为明亮的一组星，不仅我们中华民族的先祖观察到了这一组亮星，北半球其他中高纬度的先民也都看到了它们，譬如古希腊所划分的大熊星座就是以北斗七星为主的星座，生活在北极圈的萨米尔人（瑞典）也有类似的北斗星座，等等。



图 1.16 在旷野中用一般相机拍摄到的北斗七星

为什么北半球的先民都会不约而同地选择北斗七星作为计时定向的工具呢？其实原因也很简单——北斗七星是夜空中最容易被区别和观测的一组亮星。

首先，北斗七星处于北半球天空的恒显圈中，一年四季都能在夜



空中被观测到，观测北斗七星可保持观测的连续性；其次，北半球的亮星比南半球的少，而北斗七星又是北半球中少有的一组亮星，所以北斗七星是相对最容易被识别和区分出的一组亮星。观测者在追踪北斗七星的运动轨迹时就不会被其他亮星干扰，对天文初学者来说“易标识”是相当重要的一点。基于以上两点，北斗七星就自然成为居住于北半球中高纬度各地先民的首选天然“报时器”加“定向仪”。

我们的祖先在对北斗进行长期观测后发现，在一日内的整个夜晚中，北斗七星围绕着北极点作圆周运动（图 1.17）。而经过长期的进一步观测后，人们发现：若选择每天同一固定时间观测北斗七星，那么将其全年在此时间点（每天）所处的位置进行连线，得到的依然是一个以北极为原点的圆周。因此，人们会思考：能否以每日内的一个固定或相对固定的时间点为基准，通过观测北斗七星的位置来确定每日处于年内的哪个具体时间节点上，从而制作一套相对圭表法而言更加简单易懂的纪日定向方法呢？



图 1.17 通过计算机推演的 2000 年前黄河流域的星象夜景

## 6. 黄昏

在开始动手制作新的报时器后，遇上最大的难题就是：在一夜中，选择哪个具体时间点观测北斗七星的方位变化，由此来作为全年观测分析的基准呢？这个问题在今天看来简直不是问题，只要大家对个表、定个时不就解决了吗？但遥想在四五千年前的远古，别说钟表，当时连个钟摆沙漏都没有，甚至漏刻之类的最原始计时工具也没有，而日晷圭表之类需要阳光照射才能报时的工具在夜晚又起不到丝毫作用。在这样的情况下该如何确定具体的计时基准点呢？

在当时的生产力条件下（新石器时代），一天内有两个时间节点相对其他时段最容易把握，那就是黄昏和黎明。在这两个时间节点观测，相对其他时段有何优势呢？

首先，黄昏时太阳刚落山，黎明时太阳即将跃起，此时天空由亮转黑和由黑转亮，这两个转换过程都是在相对较短的时间内完成的，一般都不超过三刻钟（图 1.18）。相对于漫漫黑夜，这两个时间节点的时间跨度是小得多的，因此，观测不占用劳作人员很多的时间，精力容易集中。进行星象观测所得的数据的精确度也容易得到保障。

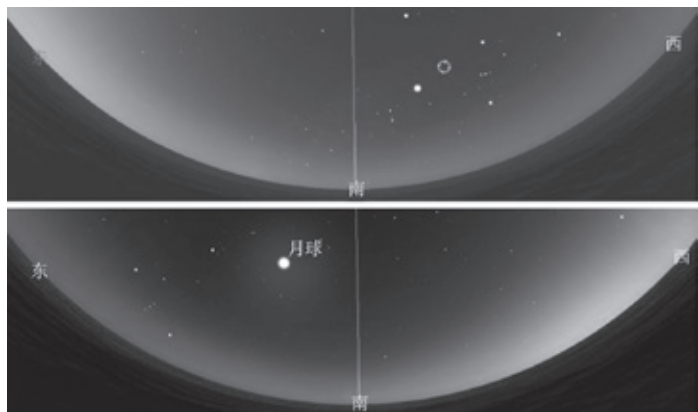


图 1.18 黎明（上）和黄昏（下）时的天象



其次，在这两个时间点里观测天象，也能与日晷计时做有效结合。因为，在黎明时，太阳刚从东方地平线露头时，已经有一缕阳光照射到了日晷上，通过日晷已经能大概知道具体时间。而此时光线还很微弱，不足以照耀整个天空，此时西方的天空还处于夜色中，依然能在此时看到西方天空的星辰。同样的道理也适用于黄昏，此时太阳即将西沉，西边的最后一缕阳光还能照射到日晷上，但已经无法照耀东方天际，东方夜色已露，星辰也随之显现。

在确定了两个最佳观测时段后，又应该在两者中选择哪个时段作为基准观测时间点呢？是黄昏，还是黎明？根据各种记载和文献来看，我们的祖先首先选择了黄昏作为观测基准时段。那么相比于黎明，黄昏的优势又在哪呢？

首先，人的自然作息规律是日出而作、日落而息，一般在天亮后人才会醒来，在日落后人才会休息。所以黄昏时刻，人还处于一天中的活动周期内，此时更能专注精神从事天文观测，并且在此之前有充裕的时间做与之相关的准备工作。反观在黎明时分进行观测的话，人刚从睡眠惺忪的状态中醒来，人的精神和体能状态都远未达到最佳状态。若要提前做准备工作的话，更是要在黎明前的黑暗中摸索，这在缺乏人工照明的远古可是件难度不小的工作。由此可见，两相比较后，显然在黄昏时刻观测天象更有利于天文工作的展开，先祖最早约定的天文观测基准时间也因此被定格在黄昏时刻。

在确定了黄昏为基准观测时刻后，再来看北斗七星在一年内的黄昏中有哪些具有典型特征的方位变化。经过观测发现，在冬至前后的冬季中，黄昏时刻北斗七星的斗柄指向北方；在夏至前后，黄昏时刻指向南方；在春分前后，黄昏时刻指向东方；在秋分前后，黄昏时刻指向西方（图 1.19）。这就是战国著作《鹞冠子》中所指的：“斗柄指东，天下皆春；斗柄指南，天下皆夏；斗柄指西，天下皆秋；斗柄指北，天下皆冬。”后来人们在此

基础上，又在四个对角线上加入了“立春、立夏、立秋、立冬”的概念，加上原有的“春分、秋分、冬至、夏至”，一年被八等分、形成了“八节”的概念。

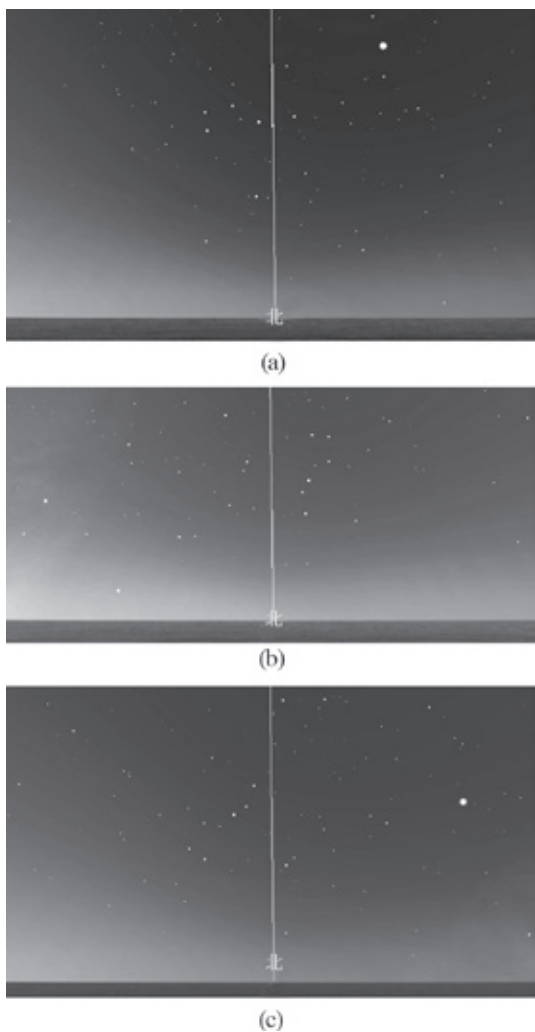


图 1.19 同样是计算机模拟的 3000 年前我国战国时期黄昏时刻天空中北斗七星的形态，春季指东 (a)、夏冬则指向南北 (b)、(c)



至此，人们终于制作出了另一套可用于年内纪日的报时定向系统，并且相比于圭表法，北斗报时系统的操作更方便。圭表法必须常年固定在某一区域，并配有专职天文观测人员，才能有效运作；而北斗报时系统的要领简单，每晚黄昏时刻仰天一望就一目了然，易学易操作。因此，北斗报时定向系统就成了当时普通大众所熟知的计时器和定位仪，北斗的文化影响力也由此奠定！

### 1.1.3 地下和天上的关键点

利用天上的星星定位，我们就必须先要为星星们定位。也就是在天上人为地画出（规定）一些点、线、面，用它们来确定天体在星空中的位置。而这些点、线、面构成的体系就是我们观测天体所使用的天文坐标系。最常用的天文坐标系有地平坐标系、赤道坐标系和黄道坐标系，其他针对特殊的需要还有诸如白道坐标系（专门用来观测月球）、银道坐标系（专门用来观测银河系）等。

#### 1. 地球上的点和线

无论是什么形式的坐标系，无论我们要做什么观测，都是要在地球上进行的，所以，我们先来了解和“规划”地球吧。

##### （1）地心地轴和地球上的经纬线

**地心：**地球的中心叫作地心，也就是球体地球的球心（图 1.20）。

**地轴：**理论上来说，任意穿过地心在地球表面对称的轴，都可以称之为地轴。不加说明的话，一般来讲地轴指的是地球的自转轴。

**地极：**地轴在地球表面对称出现的两点叫地极。由于地球自转是由西向东的，所以，地极有南极和北极。地球上存在三套地极系统：通常所指的是运动的南北极（对应的是自转轴）、地理上的南北极和几何意义上的南北极（地球并不是标准的球体）。

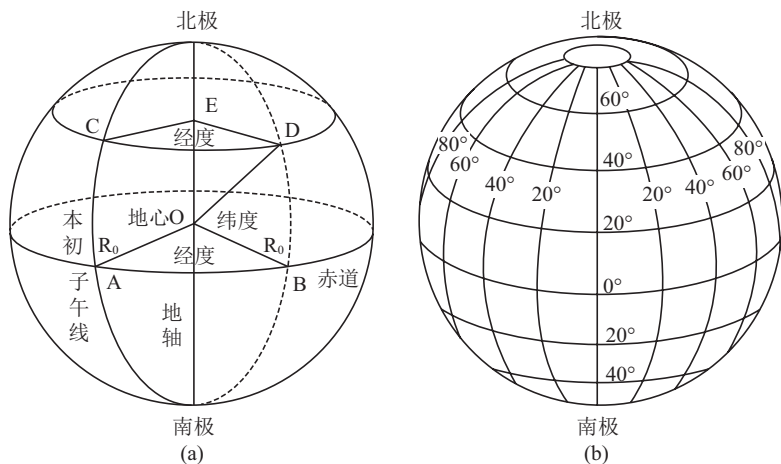


图 1.20 地心、地轴、地球南北极

**经线(子午线):** 通过地轴的平面同地球相割而成的圆(图 1.21(b))。经线都是大圆的一半, 都在两极相交, 大小相同。

**纬线:** 垂直于地轴的平面同地球相割而成的圆(图 1.21(a))。纬线相互平行, 大小不等。

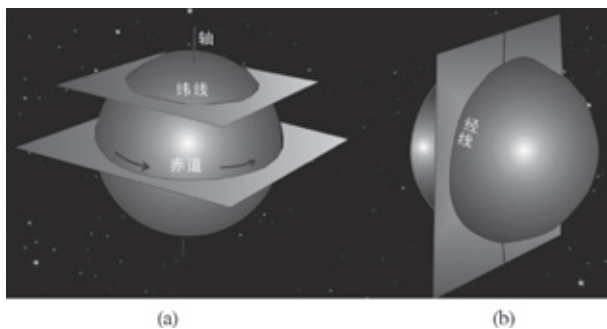


图 1.21 纬线和经线

**经纬网和经纬度:** 由东西走向的经线和南北走向的纬线构成的“网”, 就叫经纬网。分别从零度经线和零度纬线开始度量的系统称之



为经纬度(系统),用来给出地球上某点的位置(坐标)。如图 1.22 所示。本初(起点)子午线规定为通过英国格林尼治 (Greenwich) 天文台的经线(1884 年确定),也叫  $0^{\circ}$  经线;经过赤道 (equator) 的大圆称之为  $0^{\circ}$  纬线(图 1.23)。

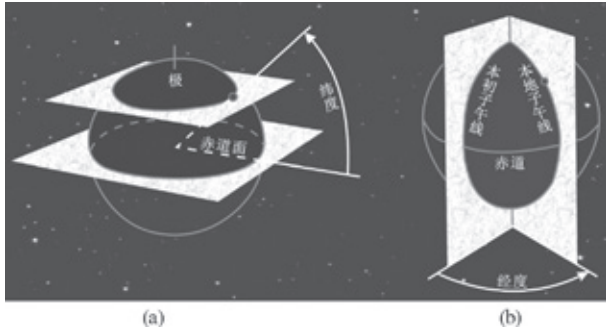


图 1.22 经度就是某地经线到本初子午线的角度 (b); 纬度则是经过某地的纬线的那个小圆与赤道面的夹角 (a)

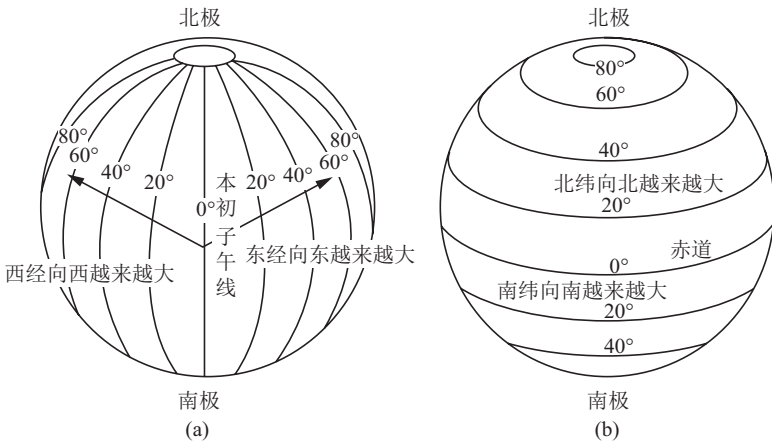


图 1.23 经度从本初子午线开始向东、向西各  $180^{\circ}$  记数 (a); 纬度从赤道开始向北、向南各  $90^{\circ}$  记数 (b)



## (2) 地理坐标

某地的经度和纬度相结合，叫作该地的地理坐标。地理定位就是将地理坐标与地球上的点一一对应。书写按惯例是先纬度，后经度；数字在先，符号在后。如北京（ $39^{\circ} 54' N, 116^{\circ} 23' E$ ）、舟山（ $29^{\circ} 57' N, 122^{\circ} 01' E$ ）。

地球上的方向通常是指地平方向。南北方向（经线方向），是有限方向；东西方向（纬线方向），是无限方向，理论上亦东亦西；实际上非东即西。

我国传统上把正午太阳所在方向定为正南，而把日出日落的方向视为东西方向；东西方向与地球自转相联系，可以这样判断：右手大拇指伸出，其余四指弯曲，大拇指指向天北极，其余四指弯曲的方向为自西向东的方向。在用时针的方向表述地球自转方向时，必须明确观测者是立足于哪个半球观测地球自转的。

## (3) 特殊的标志

本初子午线之所以在伦敦的格林尼治，是和“日不落”的大英帝国相关联的（图 1.24）。目前那里更多地体现为旅游标志地。

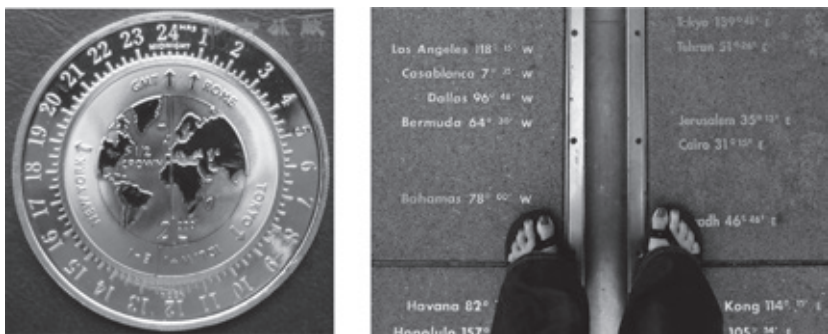


图 1.24 “日不落”的大英帝国和本初子午线标志

厄瓜多尔位于南美洲西北部，赤道横贯国境北部，厄瓜多尔就

是西班牙语“赤道”的意思。厄瓜多尔一家名为“世界中心”的主题公园自称位于赤道上，而经全球卫星定位系统（the Global Positioning System, GPS）测定，根本不是那么回事。这家主题公园自己画的  $0^{\circ} - 0' - 0''$  纬度线并不是真正的赤道（图 1.25），而是偏北了 240 米。对此，公园官方解释说，位于公园内的赤道纪念碑始建于 1936 年，那时的定位技术不像现在这么精准。据悉，这家公园为国家所有，每年能够吸引大约 50 万名来自全球各地的游客。有趣的是，前往参观真正赤道线所在地的游客却少于前往主题公园的游客人数。



图 1.25 位于厄瓜多尔“世界中心”的主题公园内的赤道标志线

地球的标志线中，唯一经过我国的就是北回归线。广东是世界上建有北回归线标志最多的地方，中国大陆最早的北回归线标志在封开，中国大陆最东的北回归线标志在汕头，世界最高的北回归线标志在从化（图 1.26（b））。夏至中午，在汕头、从化和封开三处的北回归线标志，都可观察到阳光从北回归线标志的顶部圆孔直射到地面的景象。最佳观赏时间是：汕头北回归线标志 12 时 15.4 分，从化北回归线标志 12 时 27.8 分，封开北回归线标志 12 时 35.8 分。此外，云南的墨江建有“北回归线公园”（图 1.26（a）），为我国的科普事业贡献很大。

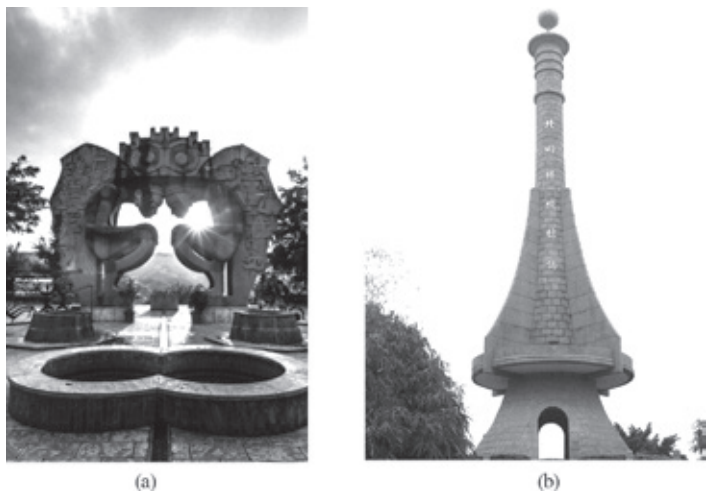


图 1.26 云南墨江的“北回归线公园”(a)和广州从化的“北回归线标志塔”(b)

## 2. 天球坐标(系)

人类最早用于观测天体的坐标系是“地平坐标系”，它的主要构架为地平圈、等高圈和北南东西四个标准点。地平坐标系更适用于确定地理方位，随着人们对星空观测的需要，逐渐开始采用“赤道坐标系”和更容易对黄道天体（太阳、月亮、五大行星都属于黄道天体）的观测而进化采用了“黄道坐标系”。

### (1) 天球和天体的运动

敕勒川，阴山下，  
天似穹庐，笼盖四野。  
天苍苍，野茫茫，  
风吹草低见牛羊。

这首古代的北朝敕勒民歌有着多么宽广的气概呀！天似穹庐，我们一直就把我们头顶的天空称为“天穹”，把一望无际的天边（线）称为“地平线”（图 1.27）。

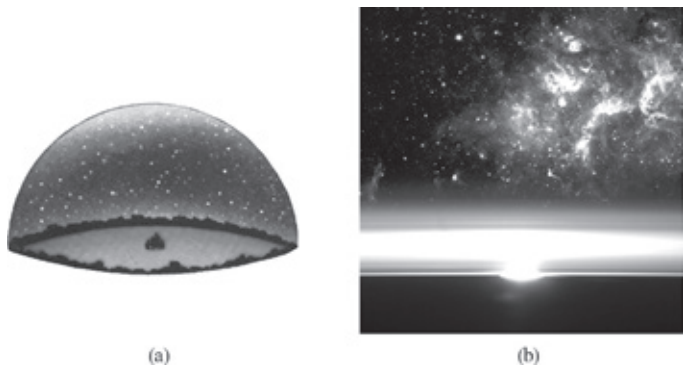


图 1.27 在我们头顶上像一个“锅盖”一样的“天穹”(a)和黎明时在天际边的“地平线”(b)

“天穹”是地上的半个(天)球,不难想象地下也应有半个(天)球,合成在一起就是一个——天球。天球就是以地心为球心,半径为任意的假想球体(图 1.28),是表示天体视运动的辅助工具,它是一个完整的球,是一个我们目力所及的圆球。我们设想天体都是在天球上运动的。在天文学研究中,也有地心天球和日心天球之分。



图 1.28 天球的半径是任意的,所有天体,不论多远,都可以在天球上有它们的投影。这里显示的是地心天球,主要用来研究天体的视运动。替代地球,以太阳为中心的天球叫日心天球,主要用来进行天体运动研究的动力学计算

随着地球一天的自转，反映到天体就是“周日视运动”。对于地球观测者，天球围绕我们与地球自转相反的方向（向西）和相同的周期旋转。天球上的天体则随着地平高度的不同，它们周日“视”运动行经的路线，越近天极的天体周日圈越小，反之亦然（图 1.29）。



图 1.29 天体周日视运动的轨迹，天文学称之为“拉线”

天体除去“周日视运动”，还参与“周年运动”。比如太阳的周年运动(图 1.30)方向是自西向东，与地球公转方向相同。太阳“周年视运动”的视行路线被称为黄道。天体的“周年运动”还会产生星空的季节变化(图 1.31)。

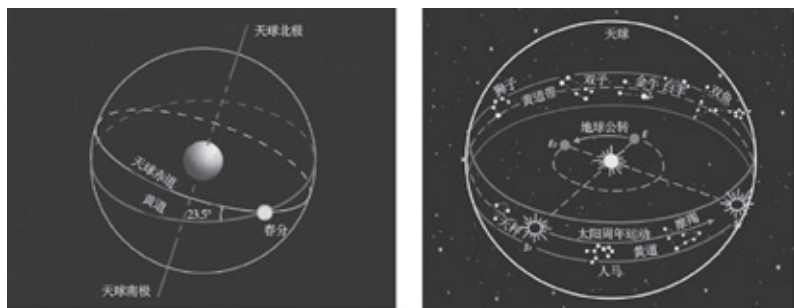


图 1.30 太阳的周年运动



图 1.31 由于地球绕太阳公转造成的太阳周年视运动而产生的四季星空更替的现象（图中对应的是观察者当地时间晚上 8 时左右的星空），这一现象也可以由地球的自转产生，只不过地球自转的 24 小时中，有 12 个小时星空被太阳的光芒所覆盖了

太阳同时参与两种相反的运动。由于地球自转而随同整个天球的运动，方向向西，转一周为一日；由于地球公转而相对于恒星的运动，方向向东，巡天一周为一年；所以，太阳的周日运动由于参与周年运动的原因是落后于永远不动的恒星的。

## （2）天球上的圆和点

根据天文坐标系的需要，我们在天球上设置了一些基本的圈和点（图 1.32）。

**三个基本大圆：**地平圈、天赤道、黄道。

**三对基本（极）点：**地平圈两极——天顶和天底；天赤道的两极——天北极和天南极；黄道的两极——黄北极和黄南极。

各大圆所产生的（重要）交点：天赤道交地平圈——东点和西点；  
黄道交天赤道——春分点和秋分点。

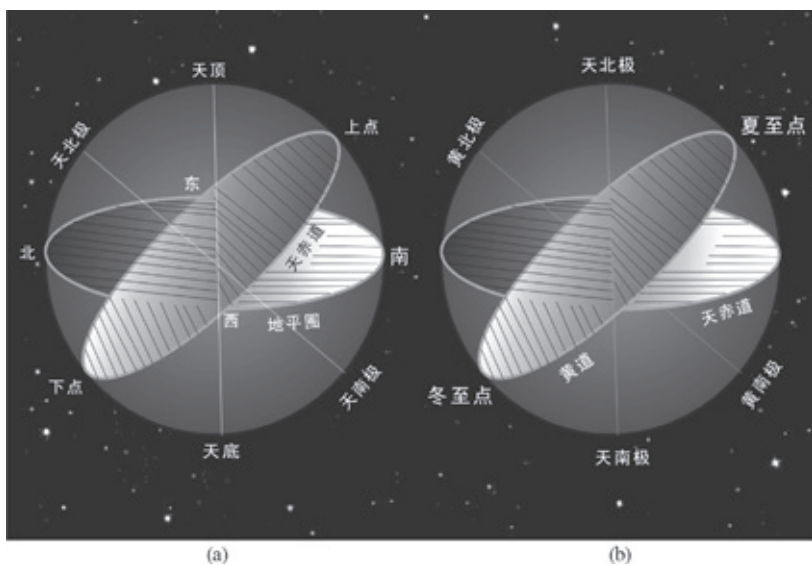


图 1.32 天球上根据天文坐标系的需要而设置的基本圈和基本点。(a) 地平圈与天赤道的交点（东、西）和远距点（南、北、上点、下点）；(b) 黄道与天赤道的交点（春分秋分）和远距点（夏至冬至点和黄道起始点）

天球上的方向是地球上方向的延伸。东西方向是这样规定的：俯视天北极，逆时针方向为东，上北下南。天球上只有角距离（图 1.33）。

### （3）天球坐标系

天球是一个球形，所以天文坐标系都属于球坐标系。球坐标系的一般模式是以基圈、始圈和终圈构成一球面三角形。纵坐标即纬度；横坐标即经度（图 1.34）。

天球坐标系一般分为两大类，右旋坐标系：与天球周日运动（地球自转）联系，向西；左旋坐标系：与太阳周年运动（地球公转）联系，向东。



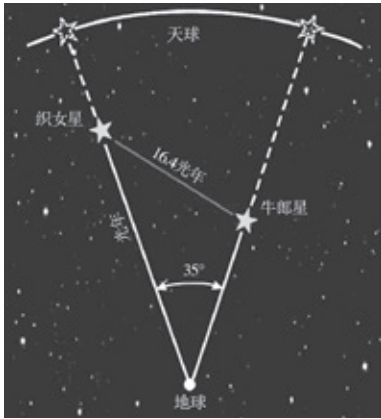


图 1.33 最著名的“鹊桥会”，两个主角牛郎织女的实际距离是 16.4 光年，而我们在天球上看去，它们的角距离是 35°

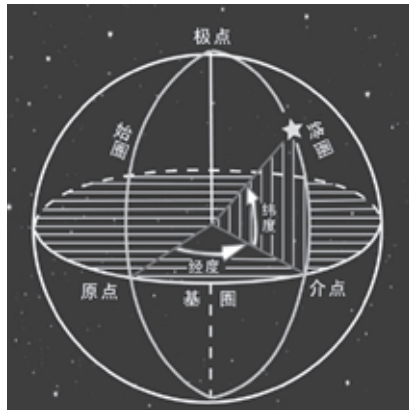


图 1.34 球坐标系的基本构成

①地平坐标系（图 1.35）

**用途：**表示天体在天空中的高度和方位；

**基本圈：**地平圈、子午圈、卯酉圈；

**基本要素：**原点——南点、始圈——午圈、纬度——高度（0°~90°，从地平圈向天顶度量）、经度——方位（0°~360°，自南点向西沿地平圈度量）。

②赤道坐标系（图 1.36）

**用途：**表示天体在天球上的位置；

**基本圈：**天赤道、二分圈和二至圈；

**基本要素：**基圈——天赤道、原点——春分点、始圈——春分圈、纬度——赤纬（自赤道面向北向南 0~±90° 度量）、经度——赤经（自春分点沿天赤道 0~360° 向东度量）。



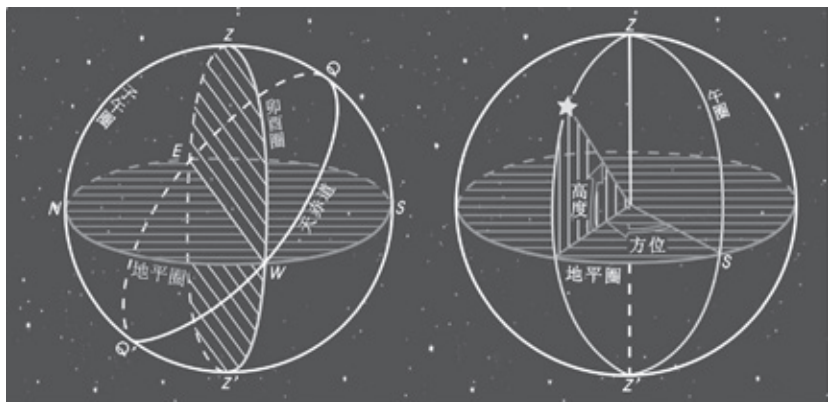


图 1.35 地平坐标系的基本要素

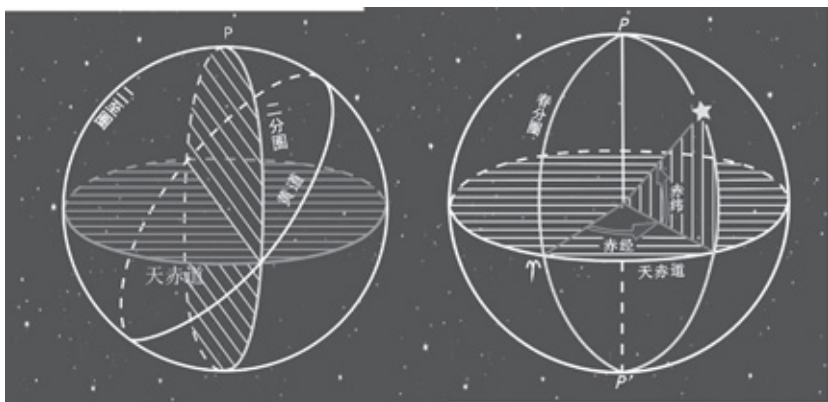


图 1.36 赤道坐标系的基本要素

③黄道坐标系 (图 1.37)

**用途:** 表示日月行星等黄道天体的位置及其运动;

**基本圈:** 黄道、无名圈 (通过春分点的黄经圈) 和二至圈;

**基本要素:** 基圈——黄道、原点——春分点、始圈——无名圈、纬度——黄纬 (自黄道面向北向南  $0 \sim \pm 90^\circ$  度量)、经度——黄经, 自春分点沿黄道向东度量 (为使太阳的黄经“与日俱增”)。

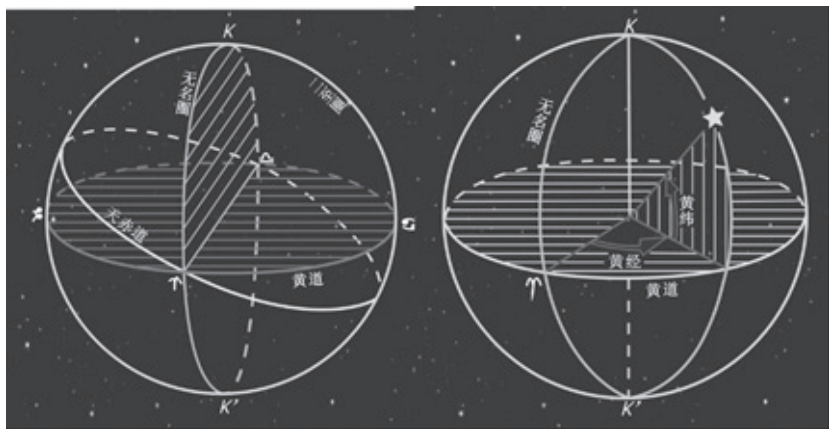


图 1.37 黄道坐标系的基本要素

## 1.2 认识星空的各种办法

这个世界如果只有往地上看的人，却没有往天上看的人的话，那这肯定是一个阴惨的社会。已经搞不清这段话是哪个“名人”说的啦。也可能他只是在谈哲学或在熬“鸡汤”，不管怎样，抬头看看天，日间的蓝天白云，夜晚的满天星辰，起码可以让人放松一下吧！

你可能会问：看星星，那要懂得天文学吧……很多人觉得，欣赏星空、掌握一定的天文知识是一件很难的事。不要存在这种想法，并不是让你真正地去研究天文，而是业余的学习，记住一句话：业余天文学永远应该是平静的、充满乐趣的。事实上，只要你有意愿，只要有一个正确、良好的开端，欣赏星空就一定会成为你一生的爱好。因为观察星空，能体会到宇宙的博大，使你心胸开阔；辨认星座、恒星以及其他天体，了解有关它们的知识是一种极富乐趣的挑战。当你沉浸在

星光中时，你的身心都会得到充分而积极的放松。好吧，让我们先尝试着去做一名“天文爱好者”吧！

### 1.2.1 先成为天文爱好者

成为天文爱好者，如何起步呢？天文学是一个富含知识的兴趣爱好。它的乐趣来自于勤于思考之后的发现和获得有关神秘夜空的知识。但是，除非你周围有一个活跃的天文俱乐部或天文爱好者协会（实际上，几乎每个大中城市、每个高校甚至中学都有的），否则你不得不自己去发现新事物、获取新知识。换句话说，你必须靠自学。

#### 1. 先去欣赏

去买一本有关星座故事及介绍星空随时间变化知识的书，那里面肯定有星图或者类似认星空用的活动星图。然后按照书上的指引和星图的使用说明，在晴朗的夜晚对照星空辨认星座。你会惊喜地发现，只要几个晚上，那些向你眨眼的星星，再也不是杂乱无章的了。你会轻松地指出：“那是狮子座，那是北极星。”

#### 2. 不急于买望远镜

许多人认为只有用望远镜才能领略星空的美丽，才能成为天文爱好者。这是错误的想法。实际上如果你不熟悉星空，不认识任何星座及亮星，即使你拥有一架望远镜，你也不知道要指向哪里！还是先买一些供学习用的书籍和星图，然后不断地观察星空，最后达到熟悉夜幕上肉眼可见的每一个天体的情况，充分体味观星的快乐。

#### 3. 先买双筒望远镜

对于刚刚跨入天文爱好之门的人来说，双筒望远镜是应该拥有的最理想的“第一架望远镜”。这是因为：首先，双筒望远镜有较大的视场，很容易寻找到目标；另外双筒望远镜所成的像是正像，很容易辨认出视场中出现的景象在夜空中的什么位置。一般的天文望远镜所成的像



往往是倒像，有的上下颠倒，有的上下左右全颠倒。还有，双筒望远镜相当便宜，除观星之外还可有许多其他用途，如看演出及体育比赛，观远处风景或天空中的飞鸟等，并且轻便、易携带。最重要的，双筒望远镜表现十分出色，一般7~10倍的双筒望远镜提高肉眼观测能力的程度，相当于普通爱好者用天文望远镜能力的1/2，而其价格只有普通天文望远镜的1/4。这表明双筒望远镜的性能价格比很好。

对于天文观测，望远镜主镜越大越好，但光学质量优越也是十分重要的，许多双筒望远镜的光学质量都很好，完全能达到观星要求。

#### 4. 如何用双筒望远镜欣赏星空？

一旦拥有了自己的双筒望远镜，如何使用呢？你可以对着明月看环形山，可以在银河系畅游，而后再看些什么呢？如果你熟悉星座，有一本详细的星图，那么用双筒望远镜的观星计划可以将你一生的时间全部排满！值得你去看的有：

(1) 110个梅西叶天体。它们是漂亮的星云、星团和星系。是18世纪后期法国天文学家梅西叶编写的《星云星团总表》中的天体。

(2) 不断变化位置的木星的四颗卫星。坚持观测一段时间，你就会发现那是一个卫星绕着木星旋转的“小太阳系”。

(3) 金星的盈缺变化（图 1.38）。金星是“地内行星”，而且离地球也足够近，在双筒望远镜里你就能欣赏到它会像月亮一样改变形状。

(4) 月球上的月陆、月海及环形山（图 1.39）。月球上直径大于1千米的环形山总数有3万多个，占月球表面积的7%~10%。环形山大多以著名天文学家或其他学者的名字命名，月球背面有4座环形山，分别以中国古代天文学家石申、张衡、祖冲之、郭守敬的名字命名。对照“月面图”去找到它们。

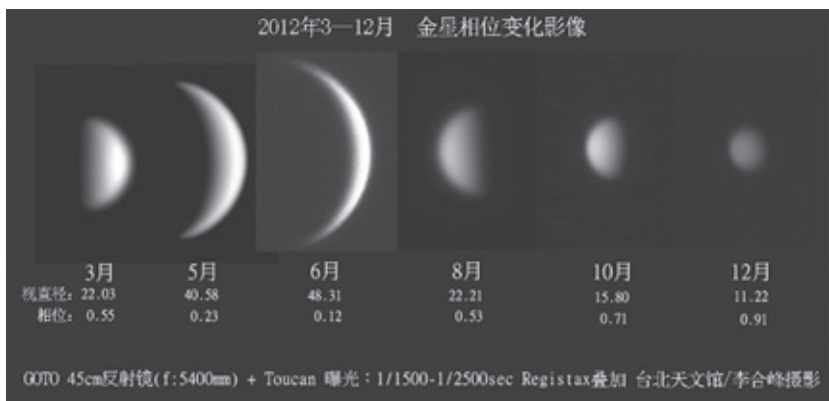


图 1.38 这是中国台湾省的一个天文爱好者拍摄的“金星相位变化影像”



图 1.39 月球上的月陆、月海及环形山

(5) 流星和流星雨。用肉眼就可以欣赏流星和流星雨的美丽，但



使用望远镜可以观察流星雨的“辐射点”。

(6) 彗星。天文爱好者观测彗星一般都是要从它还没有“拉出尾巴”时，就开始跟踪观测。

(7) 火星、土星、天王星。你会发现望远镜里的“它们”，改变了“模样”。

(8) 跟踪变星的光度变化。这是很多天文爱好者最喜闻乐见的一件事，而且，它还能让你产生坚持天文观测的兴趣。想想看，几天甚至几小时前还是很暗的星星，突然间变亮了……一个时间周期之后，它的亮度又变回去了，你会很有成就感的。

一本好的星图能描绘出隐藏在星空暗处的秘密，一些描述如何用双筒望远镜观测星空以及可观测到天体的知识的书，都是充分利用双筒望远镜欣赏夜空必不可少的帮手。不过，双筒望远镜最大的缺点是不稳定。只要你想办法将其固定在支架上，如相机三脚架上，则可解决此问题。

## 5. 结交有共同爱好的朋友

自己观测星空会充满乐趣，与有共同爱好的朋友一同搜索星空，交流感想及经验，则更是乐趣无穷！

### 欣赏星空要求你要有毅力与耐心，需要开朗与乐观

当你正欣赏星空时，一片乌云飘来，此时你毫无办法；对于极深远暗弱的天体，你无法让它们近一些、亮一些以便更清楚地观看；对于长时间期待，做各种观测准备的天文事件，真正发生时，持续的时间极其短暂，如日全食，更糟糕的是在这极短的时间里，一片云遮挡了你的视线。所有这些都需要你具有相当的耐心，宇宙不会以任何人的意志而改变。作为我们人类，只能凭毅力与耐心，去欣赏它的和谐与美丽。

另外，观测时最好要带观测笔记，观测后要写观测报告，让我们

学会做事的“有始有终”，不断积累资料会让你的水平提高得更快！

爱好天文、喜爱星空是一件令人快乐的事情。如果你虽十分努力，但还是没有达到预期目的，如你计划要用望远镜观察天王星，结果花去几个小时也没能成功。这时的你应深吸一口气，然后对自己说，虽然如此，你也不抱怨，因为你为寻找天王星所做的一切努力都让你觉得十分有趣！

记住：爱好天文，一定要乐观、开朗！

### 1.2.2 做好准备

星空观测毕竟是要在夜间进行，所以提前做好准备是十分必要的。这里主要针对目视观测爱好者，如果你能进展到利用望远镜观测，那基本上在这里列出的情况之外，再注意望远镜即可。观测前准备包括：

- (1) 看天气预报；
- (2) 留意空气质量报告；
- (3) 避开月光；
- (4) 从目视观测起步；
- (5) 选择空旷、无（少）遮挡、无（少）灯光的观测地点；
- (6) 准备好星图（活动的或电子的）。

说得详细一些就是：

(1) 观星前要注意天气，这个重要性不言而喻。天晴是基本的要求，当然有几朵零星的云倒也没多大关系。还有一句和星空不太相关的，就是注意天气变化（预报），防寒保暖、防风。

(2) 有关空气质量，建议观星前查查实时的空气质量指数。如果有“雾霾”之类的情况存在，虽然天空中没有云，但实际观感会很不好，天空像是蒙了一层灰，星光黯淡。

(3) 还有一个是月光的影响。还记得“月朗星稀”吧？我们在《天





文知识基础》一书里，提议大家利用“月明星稀”的环境去看星星。怎么现在的观点会“相反”了？这取决于两点，第一，对初学者来说，能认识几颗亮星就很不错了，那还是选择“月明星稀”；第二，现在的天空环境，即便是没有月亮、“雾霾”的影响，环境造成的背景光已经很强了，再把“月明星稀”叠加上去，那就只能赏月了。

而且，月亮作为天空中亮度仅次于太阳的天体，其实还是挺有杀伤力的。想看到更多的星星，就要尽可能避开月亮，所以观测前看看农历，避开十五以及前后几天，这几个日子月亮几乎整晚都挂在天空。当然了，如果目的是观测月亮那又另当别论。

(4) 对于初学者，眼睛就是最好的观测仪器。这样说吧，初学者的重点是认星，而不是观测。你先适应了星空，再带上你的仪器。

(5) 选一个空旷、无遮挡、无灯光的环境就可以了，目前这样的场合越来越少了，学校里的操场应该是一个不错的选择。如果选择远离城市的郊外，建议你一定要事先“踩点”。

(6) 记得准备好星图。不只是初学者，即便是有一定观星经验的天文爱好者，有时候也要拿出星图确认自己的结论是否正确。过去有专门针对入门天文爱好者设计的活动星图，现在的话只需要用手机下载星图软件即可。

手机有陀螺仪的，拿起手机，打开星图软件，设置好当前的经纬度坐标以及日期时间，然后就可以辨认星星啦！

没有陀螺仪会麻烦一点，需要自行确定方位，其实就是找北，这个可以通过自身地点结合当地的地图确定。找到北以后，拿起手机，打开星图软件，设置好当前的经纬度坐标以及日期时间，将星图中的方位与实际方位一一对应即可。

没手机星图你一定是有活动星图了！或者你旁边有一个“活”的星图，就是找一位“高手”指引你。



做好这些准备工作了，还有几句话要说。就是我们看什么，或者说认星星，从哪里找起。如果你没有特殊的观测使命，就从那些易于辨别有观赏价值的星座或天象开始。什么叫“易于辨别”“有观赏价值”？这个因地因人而异。我们这里介绍一些著名星群：

春季大曲线（含春季大三角）：北斗七星、大角星（牧夫座  $\alpha$ ）、角宿一（室女座  $\alpha$ ）和狮子座的五帝座一以及轩辕十四；

夏季大三角：牛郎星（天鹰座  $\alpha$ ）、织女星（天琴座  $\alpha$ ）和天津四（天鹅座  $\alpha$ ）；

秋季四边形：飞马座的  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  星以及和仙女座  $\alpha$  星；这个对于初学者来说，应该主要是欣赏它的形状连带判断方向；

冬季六边形（冬季大三角）：天狼星（大犬座  $\alpha$ ）、参宿七（猎户座  $\alpha$ ）、毕宿五（金牛座  $\alpha$ ）、五车二（御夫座  $\alpha$ ）、北河三（双子座  $\beta$ ）以及南河三（小犬座  $\alpha$ ）；

北斗七星：大熊星座的臀部和尾巴；

南斗六星：这个对于初学者来说有点难找到，位于银河系中心处的人马座，是我们国家的斗宿（斗宿一、斗宿二、斗宿三、斗宿四、斗宿五、斗宿六）。

“有观赏价值”的星座：怎么理解所谓的“有观赏价值”？其实就是“看上去就真是那样子”的星座，就是形象与名字相符。如狮子座、天蝎座、猎户座、双子座。

“易于辨别”的星座：小熊座（小北斗）、仙后座（呈 W/M 形）对照着星图，很快就能把上述所说的星座 / 星群找到。

我们在后面的内容里会为大家详细介绍如何观星、认星的。

### 1.2.3 星座 星等 星空

认识天上的星星，如果告诉你这都是天文爱好者做的事情，真正



的天文学家并不认识几颗星星，那你会相当错愕！那他们怎么进行观测呀？有星图、星表呀！比如观测一般的天体，我们只需知道它的具体坐标（一般是赤经赤纬、黄道天体用黄经黄纬），然后操纵望远镜的动力系统，让望远镜“指向”那个天体就可以了。所以说，我们这里要谈的星座、星等、星图等，更多的是用来为天文爱好者认识星空而准备的。

### 1. 星座

星座就是对星空的划分，就像地图一样。规定了一定的区域，你就能很方便地找到你想去的地方。而在天上，自然就是为了方便我们找到想看的星星。就像我们在本套丛书第二册《星座和易经》里介绍的那样，几乎世界上的各个国家的所有民族，都有对天观测、定位的历史和记录。但是，系统性的、能够完整继承保留下来的，就是我国的三垣四象二十八星宿和西方国家的 88 星座体系。

就我国看到的星空来说，可以大致先把整个可见恒星天空分成两个大星区：北极星附近的星区和天球赤道与黄道经过的星区。中国古代的三垣主要是在北极星附近的星区，也就是“恒显圈”里面：紫微垣、太微垣和天市垣。三垣代表三座城堡、三大职责区域划分。比如，紫微垣是皇家的居住地、太微垣代表政府机关所在，而天市垣就是天上的贸易场所。我们会在后面的内容中详细介绍的。二十八星宿则分布在“围绕”北极星一周的黄道带上（最早选择的是赤道带恒星，后来为了确定季节、编纂年历的需求而选择了黄道带恒星）。

二十八星宿就是沿黄道和赤道将天区分为大小不等的 28 个小区（图 1.40）。宿就是住地的意思。月亮在绕地球运动过程中，每日从西往东经过一宿。结合东西南北方位，人们又把相连的七宿合称一象，共四象。每象用有代表性的动物名称命名。它们是苍龙：角、亢、氏、房、心、尾、箕七宿；玄武（龟和蛇）：斗、牛、女、虚、危、室、壁七宿；

白虎: 奎、娄、肖、昂、毕、觜、参七宿; 朱雀: 井、鬼、柳、星、张、翼、轸七宿。二十八星宿是从角宿至亢宿开始, 这和日月五星从西往东运动的方向是一致的。可见, 古人对恒星与日月五星的相对位置变化的认识是颇为充分的。

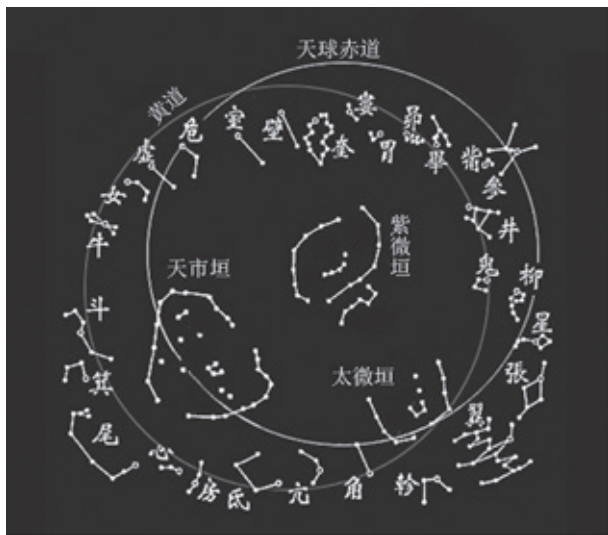


图 1.40 三垣和二十八星宿

西方国家最早的星座划分是两河流域的“黄道十二星座”, 后到托勒密的 48 个星座。后人不断地增加、改进, 到 1928 年, 国际天文学联合会决定, 将全天划分成 88 个星区, 称之为星座。在这 88 个星座中, 沿黄道天区有 12 个星座。它们是双鱼座、白羊座、金牛座、双子座、巨蟹座、狮子座、室女座、天秤座、天蝎座、人马座、摩羯座、宝瓶座。除此之外, 北半天球有 29 个星座。它们是小熊座、大熊座、天龙座、天琴座、天鹰座、天鹅座、武仙座、海豚座、天箭座、小马座、狐狸座、飞马座、蝎虎座、北冕座、巨蛇座、小狮座、猎犬座、后发座、牧夫座、天猫座、御夫座、小犬座、三角座、仙王座、仙后座、仙女座、英仙座、



猎户座、鹿豹座。南半天球有 47 个星座。它们是唧筒座、天燕座、天坛座、雕具座、大犬座、船底座、半人马座、鲸鱼座、蝮蜒座、圆规座、天鸽座、南冕座、乌鸦座、巨爵座、南十字座、剑鱼座、波江座、天炉座、天鹤座、时钟座、长蛇座、水蛇座、印第安座、天兔座、豺狼座、山案座、显微镜座、麒麟座、苍蝇座、矩尺座、南极座、蛇夫座、孔雀座、凤凰座、绘架座、南鱼座、船尾座、罗盘座、网罟座、玉夫座、盾牌座、六分仪座、望远镜座、南三角座、杜鹃座、船帆座、飞鱼座。

这 88 个星座大小不一，形态各异，范围最大的是长蛇座。它东西跨过  $102^\circ$ ，真是名副其实的“长蛇阵”。不过这个星区没什么特别亮的恒星，不怎么引人注目。88 个星座中有 45 个星座是用动物名称命名，有飞禽、猛兽、昆虫和水中动物。还有传说中的怪兽，如人马座、摩羯座和麒麟座等。

## 2. 星等

面对满天繁星，对初学认星的人来说，最大的感受是星星明暗差异甚大。

天文学家们把恒星的亮暗分成许多等级，这种等级的名称叫星等。星等是表示天体相对亮度的数值。星越亮，星等数值越小；星越暗，星等数值越大。我们知道，看起来光的明暗，一方面与光源的发光强度有关，另一方面和光源与观测者的距离有关。因此，我们凭视觉表示的星等叫视星等，它反映的是天体的视亮度。

早在公元前 2 世纪，古希腊的天文学家喜帕恰斯给出了一份标有 1000 多颗恒星精确位置和亮度的恒星星图。为了清楚地反映出恒星的亮度，喜帕恰斯将恒星亮暗分成等级。他把看起来最亮的 20 颗恒星作为一等星，把眼睛看到最暗弱的恒星作为六等星，在这中间又分二等星、三等星、四等星和五等星。

喜帕恰斯在 2100 多年前奠定了“星等”概念的基础，他规定天上

最亮的织女星（他当时认为织女星最亮）为零等星，肉眼刚刚能看见的星星为六等星。一直沿用到今天。当然，这里说的是“（目）视星等”，也就是我们人类用肉眼看到的星星的亮度。与恒星的发光强度（发光能力）相对应的叫做“绝对星等”，是“想象”把所有恒星都放到离我们相同的距离上，就是考虑把恒星都放到十个秒差距也就是 32.6 光年的距离处得到的亮度。

到了 19 世纪中叶，由于光度计在天体光度测量中的应用，发现从一等星到六等星之间差五个星等，亮度相差约 100 倍。也就是说，一等星比六等星亮约 100 倍。一等星比二等星亮约 2.512 倍，二等星比三等星亮 2.512 倍，以此类推。把比一等星还亮的定为零等星，比零等星还亮的定为 -1 等星，以此类推。同时，星等也用小数表示。这样，比星星要亮很多的太阳、月亮等就需要用负数来表示。比如，太阳的亮度为 -26.7 等星，满月为 -12.7 等星，金星最亮时为 -4.2 等星，全天最亮的恒星——天狼星为 -1.46 等星，老人星为 -0.72 等星，织女星实际为 0.03 等星，牛郎星为 0.77 等星。

在晴朗而又没有月亮的夜晚，出现在我们面前的恒星天空中，眼睛能直接看到的恒星约 3000 颗，整个天球能被眼睛直接看到的恒星约有 6000 颗（亮于 6 等星）。当然，通过天文望远镜就会看到更多的恒星。中国目前最大的光学望远镜，物镜直径 2.16 米，装上特殊接收器，可以观测到 25 等星。美国 1990 年 4 月 24 日发射的绕地运行的哈勃空间望远镜，可以观测到 28 等星。

星等又分为目视星等、绝对星等、照相星等、光电星等。

### 3. 恒星的名称

“人”是总体概念，“恒星”也是总体概念。具体的人要有名字，具体的物也要有名字。天上的恒星也都有名称吗？毋庸置疑，每颗恒星也有名字。这样，我们就可以更具体、方便地观测分析和研究它们。



当然，所谓名称，正如你我的名字一样，仅起代号的作用罢了。

天文学家对灿烂的恒星天空“管理”有序，在恒星户口的规范档案中，第一项就是恒星的名字。

中国古代早就给明亮的恒星起了专门的名字。这些恒星名字可以归纳为几种类型：根据恒星所在的天区命名，如天关星、北河二、北河三、南河三、天津四、五车二和南门二等；根据神话故事的情节来命名，如牛郎星、织女星、北落师门、天狼星和老人星等；根据中国二十八星宿命名，如角宿一、心宿二、娄宿三、参宿四和毕宿五等；根据恒星的颜色命名，如大火星（即心宿二）；还有根据古代的帝王将相官名来命名等。

上述恒星都是比较引人注目的亮星，它们是恒星中的“大人物”。然而它们在恒星中仅是极少数。除此之外，暗弱的恒星是多数，这些是“小人物”。这些“小人物”基本上都是按照二十八宿的分区而命名的。比如，构成南斗的六颗星就叫：斗宿一、二、三、四、五、六。

西方国家对星星的命名，更多的是重视那些亮星。1603年，德国业余天文学家拜尔注意到前人对恒星命名的“偏见”。他给出了这样的建议：每个星座中的恒星从亮到暗顺序排列，以该星座名称加一个希腊字母顺序表示。如猎户座  $\alpha$ （中名参宿四）、猎户座  $\beta$ （中名参宿七）、猎户座  $\gamma$ （中名参宿五）、猎户座  $\delta$ （中名参宿三）……如果某一星座的恒星超过了24个希腊字母，就用星座名称后加阿拉伯数字。如天鹅座61星、天兔座17星等。

#### 4. 天空的亮度

什么叫“天空的亮度”？观测星空，不是应该越黑越好吗？是的呀，很久以前这不是问题，随着人类生活的“城市化”，要想见到真正黑暗，适合天文观测的天空，是越来越难找了。为了能够更好地观测，以及更好地评价自己的观测成效，这里介绍一种“黑暗天空分级法”。

你的夜空有多黑？对这一问题的精确回答有助于对观测场地进行评估、比较。更重要的是，它有助于确定在这个观测地你的眼睛、望远镜或者照相机是否能达到它的理论极限。而且，当你记录一些天体的边缘细节时，例如，一条极长的彗尾、一片暗弱的极光或者星系中难以察觉的细节，你需要精确的标准来对天空状况进行评定。

许多人声称在“很暗”的观测地进行观测，但从他们的描述中可以发现，他们所描述的天空仅只能算是一般的“暗”而已，或者只能是相对来说“暗”。现今大多数的观测者已经无法在合理的驾驶里程之内找到一个真正黑暗的观测地。因此，一旦能找到一个用肉眼就能看到6.0~6.3等恒星的半乡村地点，就认为已找到一个观测的极乐世界了！

天文爱好者通常使用肉眼所能见的最暗恒星的星等来评定天空。然而，肉眼极限星等是一个比较粗糙的标准。它过于依赖个人的视觉能力，以及观测时间和对观测暗弱天体的能力。一个人眼中“5.5等的天空”在另一个人眼中可能是“6.3等的天空”。此外，深空天体观测者需要对恒星和非恒星天体的能见度进行评价。光污染会对弥散天体的观测造成影响，例如彗星、星云和遥远的星系。为了帮助观测者评定一个观测地的黑暗程度，天文学中有一套含有9个等级的“黑暗天空评价系统”。三角座中的三角星系（M33）是重要的黑暗天空“指示器”。一个已完全适应黑暗天空的观测者可以在4级以上的天空中用肉眼看到它（图1.41）。

第1级：完全黑暗的天空。黄道光（图1.42）、黄道带都能看到。黄道光达到醒目的程度，而且黄道带延伸到整个天空。甚至仅使用肉眼，三角座中的三角星系（M33）也是一个极为清晰的天体。天蝎座和人马座中的银河区域可以在地面上投下淡淡的影子。天空中的木星或金星甚至会影响肉眼对黑暗的适应程度。气辉（一种一般出现在地平线上 $15^\circ$ 的天然辉光）也稳定可见。如果你在由树木围绕的草地上观测，



那你几乎无法看到你的望远镜、同伴和你的汽车。这里是观测者的天堂。

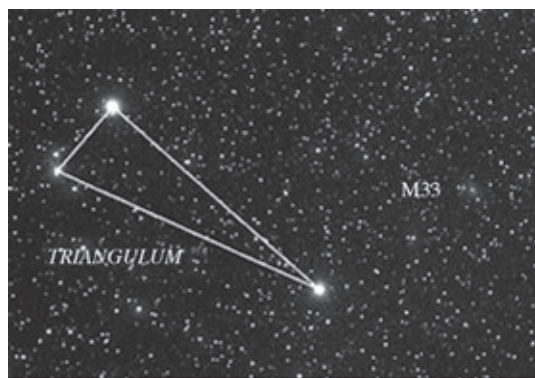


图 1.41 作为一个“黑暗天空评价系统”的参考标志，你可以在真正开始观测之前，先找到 M33，利用它来评定你的天空

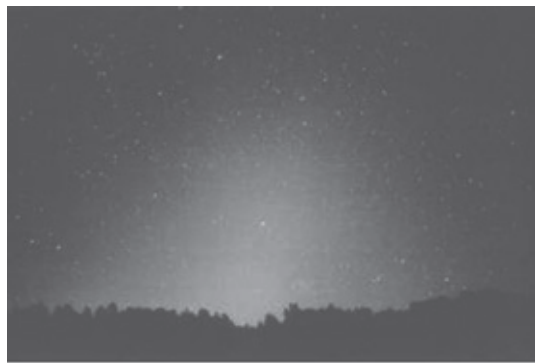


图 1.42 黄道光是一些不断环绕太阳的尘埃微粒反射太阳的光而成。黄道光因行星际尘埃对太阳光的散射而在黄道面上形成的银白色光锥，一般呈三角形，大致与黄道面对称并朝太阳方向增强。总地来讲黄道光很微弱，除在春季黄昏后或秋季黎明前在观测条件较理想情况下才勉强可见外，一般不易见到

第 2 级：典型的真正黑暗观测地。沿着地平线气辉微弱可见。M33 可以被很容易地看到。夏季银河具有丰富的细节，在普通的双筒望远



镜中其最亮的部分看起来就像有着纹路的大理石。在黎明前或黄昏后的黄道光仍很明亮，可以投下暗弱的影子，与蓝白色的银河比较它呈现很明显的黄色。任何在天空中出现的云就好像是星空中的一个空洞。除非在星空的照耀下，你仅能模糊看到你的望远镜和周围的事物。梅西耶天体中许多球状星团都是用肉眼就能直接看到的目标。经过适应和努力，肉眼的极限星等可达到7.1~7.5等。

第3级：乡村的星空(图1.43)。在地平线方向有一些光污染的迹象。云在地平线处会被微微地照亮，但在头顶方向则是暗的。银河仍然富有结构，M4、M5、M15和M22等球状星团仍是肉眼明显可见的目标。M33也很容易被看到。黄道光在春季和秋季很明显，但它的颜色已难以辨别。距离你6~9米的望远镜已变得模糊。肉眼的极限星等可达到6.6~7.0等。



图 1.43 在乡村或者乡村 / 郊区的过渡地区看到的冬季星座。冬季银河虽然可见，但并不壮观。经过适应之后还能看到更暗弱的恒星



第4级：乡村/郊区的过渡。在人口聚集区的方向光污染可见。黄道光较清晰，但延伸的范围很小。银河仍能给人留下深刻的印象，但是缺少大部分的细节。M33已难以看到，只有在地平高度大于 $50^\circ$ 时才勉强可见。云在光污染的方向被轻度照亮，在头顶方向仍是暗的。你能在一定距离内辨认出你的望远镜。肉眼的极限星等可达到6.1~6.5等。

第5级：郊区的天空。仅在春秋季节最好的晚上才能看到黄道光。银河非常暗弱，在地平线方向不可见。光源在大部分方向都比较明显，在大部分天空，云比天空背景要亮。肉眼的极限星等为5.6~6.0等。

第6级：明亮郊区的天空。甚至在最好的夜晚，黄道光也无法被看到。仅在天顶方向的银河才能看见。天空中的地平高度 $35^\circ$ 以下的范围都发出灰白的光。天空中的云在任何地方都比较亮。你可以毫不费力地看到桌上的目镜和一旁的望远镜。没有双筒望远镜M33已不可能看到，对于肉眼来说仙女星系（M31）也仅仅是比较清晰的目标。肉眼极限星等为5.5等。

第7级：郊区/城市过渡。整个天空呈现模糊的灰白色。在各个方向强光源都很清晰。银河已完全不可见。蜂巢星团（M44）或M31肉眼勉强可见且不十分明显。云比较亮。甚至使用中等大小的望远镜，最亮的梅西叶天体仍显得苍白。在真正努力的尝试之后，肉眼极限星等为5.0等。

第8级：城市天空（图1.44）。天空发出白色、灰色或橙色的光，你能毫不困难地阅读报纸。M31和M44只有在最好的夜晚才能被有经验的观测者用肉眼看到。用中等大小的望远镜仅能找到最亮的梅西耶天体。一些熟悉的星座已无法辨认或是整个消失。在最佳情况下，肉眼极限星等为4.5等。



图 1.44 第 8 级或者第 9 级的星空所能看到的星座

第 9 级：市中心的天空。整个天空被照得通亮，甚至在天顶方向也是如此。许多熟悉的星座已无法看见，巨蟹座、双子座等星座根本看不到。也许除了昴星团，肉眼看不到任何梅西耶天体。只有月亮、行星和一些明亮的星团才能给观星者带来一些乐趣（如果能观测到的话）。肉眼极限星等为 4.0 等或更小。

### 1.3 认识“七曜”和各种“怪异”现象

太阳、月亮和五大行星（金星、木星、水星、火星、土星）并称“七曜”，也就是说，它们在天空中非常的“显耀”。明了它们的（视）运

动规律，对于我们熟悉星空也是相当重要的。这一方面因为它们本身就是我们喜爱观测的天体；另一方面，它们不仅“耀眼”，而且还不断地“游荡”，很容易干扰我们（尤其是初学者）来辨认星座和星空。

### 1.3.1 太阳和月亮出没

看了标题，你会说：太阳、月亮在哪里还不知道吗？还真的不一定！比如，我们生活在北半球，大家都认为太阳都在我们的南方，不是的；再如，夏天热、白天长，是因为那时候太阳离我们更近吗？也不是的。至于月亮的运动，那就更复杂了。我们先来看看太阳的出没规律。

#### 1. 太阳的视运动

科学课上，或者科普书籍中，关于太阳出没的描述大都是这样的：“太阳直射点的移动范围为地球南北回归线之间”（图 1.45）。这句话没错，但是要注意，这里定义的是太阳的“直射点”，也就是正午时太阳的最高位置。不要理解为：我们生活在北半球，太阳就永远都不会出现在我们的北边。

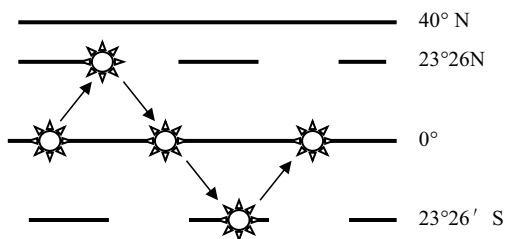


图 1.45 太阳的“直射点”周年变化的情景

实际上，结合地球的自转和公转，太阳的出没是走了图 1.46 中所示的路线。

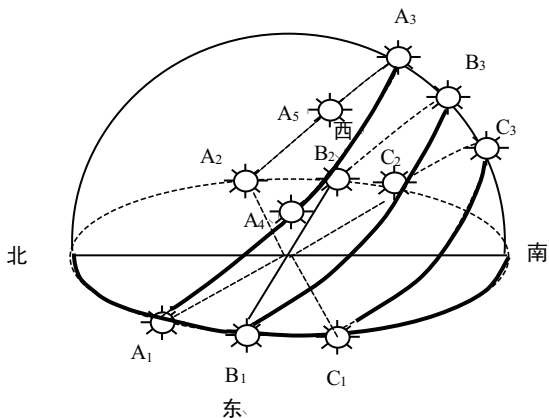
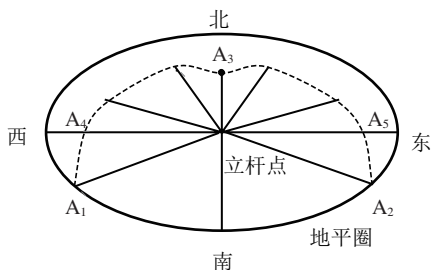


图 1.46 太阳视运动周年变化图

太阳的视运动，对于北半球来说是在图 1.46 中的 A 路线（夏至日）和 C 路线（冬至日）之间变化的。由夏至到秋分期间，太阳是在 A 路线和 B 路线之间运行，从最高点来说，夏至日在  $A_3$ ，然后逐渐降低，秋分那天在  $B_3$ 。继续下降直至冬至日的  $C_3$ 。以夏至日为例，太阳运动轨迹如 A 路线所示。此时，太阳从图中  $A_1$  处东偏北方向升起，从  $A_2$  处西偏北方向落下。一天之中，从  $A_1$  处开始，太阳视运动方位渐趋偏南，直到  $A_4$  时，太阳位于观测地正东方， $A_3$  时位于正南方， $A_5$  时位于正西方。日影图如图 1.47 所示。

图 1.47 图中  $A_1$  到  $A_5$  各点，分别对应的是图 1.46 中相应数字点的“日影”点

春秋分日，太阳运行轨迹如图 1.46 中 B 路线所示。此日，太阳从正东方向升起，正西方向落下，白天其他时段，太阳始终位于观察者（偏）南方天空。太阳高度越高，日影越短，由于太阳方位与日影朝向相反，春秋分日的日影日运动规律如图 1.48 (a) 所示。

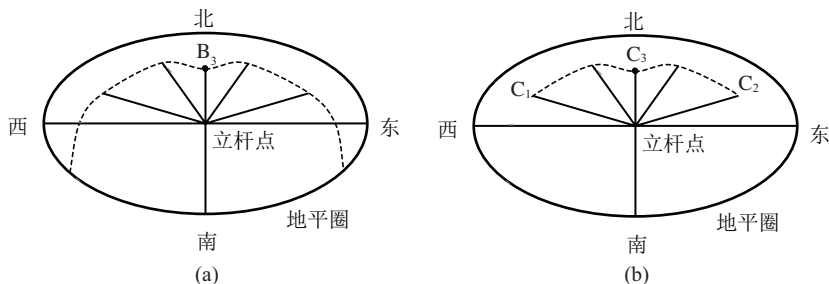


图 1.48 春秋分日 (a)、冬至日 (b) 地日影日运动规律图

由冬至到春分期间，太阳是在路线 C 和 B 之间运行，从最高点来说，冬至日在 C<sub>3</sub>，然后逐渐升高，春分那天在 B<sub>3</sub>。继续升高直至夏至日的 A<sub>3</sub>。以冬至日为例，太阳运行轨迹如 C 路线所示。此日，C<sub>1</sub> 时，太阳从东南方向升起，C<sub>2</sub> 时太阳从西南方向落下，正午时 (C<sub>3</sub>)，太阳位于正南方，日影运动规律如图 1.48 (b) 所示。

从上述讨论我们可得出，在北半球的“夏半年”，北半球的大部分地区（不包括赤道和北极点）太阳都从东北方向升起，西北方向落下。春秋分日，地球任何地区（除极点外）都从正东方向升起，正西方向落下。在北半球的“冬半年”，北半球的大部分地区（不包括赤道和北极点）太阳从东南方向升起，西南方向落下，正午时居正南方天空。

南半球太阳运行的规律与上述情况相反。

## 2. 月亮出没规律

月球不发光，一轮明月只是月亮为我们“偷来的”太阳光。随着太阳、月亮、地球三者之间相对位置的变化，月亮也会从新月→蛾眉

月→上弦月→(上)凸月→满月→(下)凸月→下弦月→蛾眉月→新月，周期性变化(图 1.49)。同时，出没时间也会相应变化。

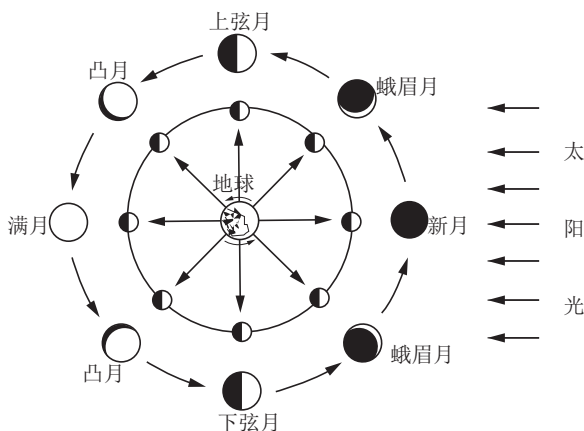


图 1.49 月相变化示意图

约在农历每月三十或初一，月球位于太阳和地球之间，地球上的观察者正好看到月球背离太阳的暗面，因而在地球上看不见月亮，称为**新月**或朔。此月相与太阳同升同落，即清晨月出，黄昏月落，只有在日食时才可觉察它的存在。

新月过后，月球向东绕地球公转，从而使月球离开地球和太阳中间而向旁边偏了一些，即月球位于太阳的东边。月球被太阳照亮的半个月面朝西，地球上可看到其中有一部分呈镰刀形，凸面对着西边的太阳，称为**蛾眉月**。蛾眉月日出后月出，日落后月落，与太阳同在天空。在明亮的天空中，看不到月相，只有当太阳落后后的一段时间才能在西方天空看到蛾眉月。

约在农历每月初七、初八，由于月球绕地球继续向东运行，日、地、月三者的相对位置成为直角，即月地连线与日地连线成 $90^\circ$ 。地球上的观察者正好看到月球是西半边亮，亮面朝西，呈半圆形，叫**上弦月**。



上弦月约正午时月出，黄昏时，它出现在正南天空（假设观察者位于北半球中纬度），子夜从西方落入地平线之下，上半晚可见。

约在农历每月十一、十二，在地球上的观察者看到月球西边被太阳照亮部分大于一半，月相变成（上）凸月。凸月正午后月出，黄昏时在东南部天空，月面朝西。然后继续西行，黎明前从西方地平线落下，大半晚可见。

农历每月十五、十六，月球运行到地球的外侧，即太阳、月球位于地球的两侧。由于白道（月球运行轨道）面与黄道面有一夹角 $\theta$ （ $\theta$ 平均值为 $5^{\circ} 09'$ ），通常情况下，地球不能遮挡住日光，月球亮面全部对着地球，人们能看到一轮明月，称为满月或望。满月在傍晚太阳落山时的东方地平线上升起，子夜时位于正南天空，清晨时从西方地平线落下，整夜都可以看到月亮。

再过几天，农历每月十八、十九，月相又变成（下）凸月，月面朝东。此时为黄昏后月出，正午前月落，大半晚可见。

农历每月二十二、二十三，太阳、地球和月球之间的相对位置再次变成直角，月球在日地连线的西边 $90^{\circ}$ 。这时我们看到月球东半边亮呈半圆形，月面朝东，称为下弦月。它在子夜时升起在东方地平线上。黎明日出时高悬于南方天空，正午时从西方地平线落下，下半晚可见。

再过几天，农历每月二十五、二十六，月相又变成蛾眉月，亮面朝东。此时子夜后月出，黄昏前月落，黎明前可见。月球随后继续向东运行，又运行到太阳和地球之间的点，月相变回为朔。

### 1.3.2 目视五大行星

开普勒在1609年发表的著作《新天文学》中提出了他的前两个行星运动定律。行星运动第一定律认为每个行星都在一个椭圆形的轨道上绕太阳运转，而太阳位于这个椭圆轨道的一个焦点上。行星运动第



二定律认为行星运行离太阳越近则运行就越快，行星的速度以这样的方式变化：行星与太阳之间的连线在等时间内扫过的面积相等。十年后开普勒发表了行星运动第三定律：行星距离太阳越远，它的运转周期越长；运转周期的平方与其到太阳之间距离的立方成正比。

我们要明白，行星三大定律全都是人类纯粹用肉眼观察、记录并总结出来的。眼睛是无法观察到精确的距离和方位的，不像现在有天文望远镜、有卫星等。而且更要命的是地球也在运动，也在自转和公转，行星也在自转和公转，甚至太阳也在自转和公转。因为大家都在动，所以，只要一个环节稍有误差，可能测量的所有数据都是错误的，比如说你如果认为地球是静止的，那么你所有的观察数据就完全没有意义。幸好，前人通过几何学的研究，也深深懂得这一点，最终提出了行星三大定律，实在是令人惊艳。也难怪，总结出行星三大定律后，当时的开普勒狂喜万分，就连现在的我们也为之狂喜，为伟人、为真理、为科学！

当然，作为一般人，哪怕是天文爱好者，我们观察恒星、行星，由于不去进行深入的研究，所以我们完全可以出于好奇、出于对大自然敬畏的角度去欣赏、去玩味。也就是说，这里我们述说如何观察五大行星，只要基础性地了解它们的视运动情况就可以了。

行星视运动是指观测者所见到的行星在天球上的移动。由于行星绕太阳运行，地球也绕太阳运行，从地球上看去，行星的视运动可以有两种描述方法，一种是相对于太阳的视运动，另一种是相对于恒星的视运动。先普及一些基本知识。

## 1. 行星视运动基本知识

### (1) 恒星

恒星的“恒”字代表它们在天球上的位置是相对不变的，恒星组成星座，所以星座的形状也不会改变。恒星从东方的地平线升上来，

爬到最高点，然后往西方沉下去。看起来就像整个天球围绕着地球旋转一样。事实上，恒星在天球上的位置是会变化的，我们称恒星在天球上的运动为自行(沿着天球横向的移动，与地球连线方向的运动叫“视差”)，但恒星的移动非常缓慢，要经过数十年的时间，再加上精确的量度，才能够检测出来。所以，短时间内我们完全可以认为恒星在天上是不动的，可以作为我们观察行星视运动的背景。

## (2) 行星

行星的“行”字代表它们并不会永远停在同一个星座内，它们会在天球上的黄道附近四处游荡。它们之所以会四处乱闯，是由于它们和地球一样，皆会绕着恒星公转。

## (3) 内行星、外行星(图 1.50)

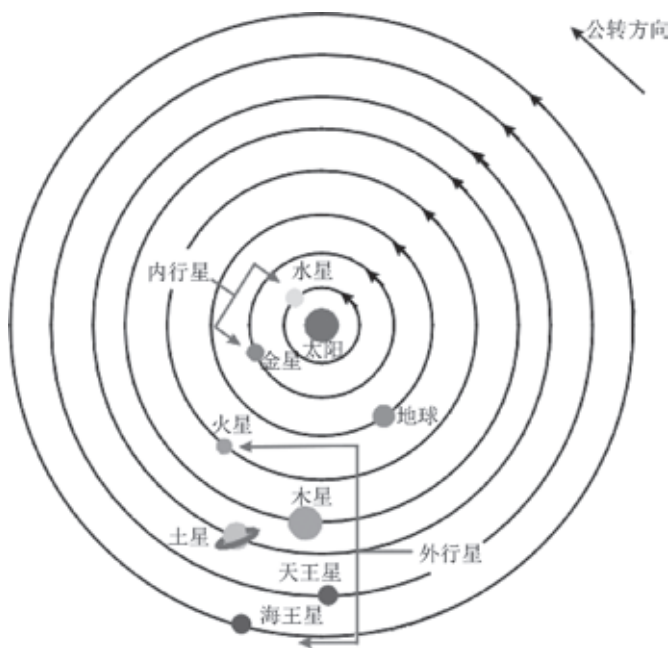


图 1.50 从天球的北极观看太阳系内的行星，会发现所有行星都以逆时针方向围绕太阳公转，这些行星运动的平面称为“黄道面”

在太阳系中，以地球轨道为界，在地球轨道以内运行的水星和金星叫作内行星；在地球轨道以外运行的火星、木星、土星、天王星、海王星叫作外行星。这两类行星也称地内行星、地外行星，各自有不同的视运动特征。

#### （4）行星的公转

行星环绕太阳的运动叫做公转，公转的路径叫做公转轨道。行星公转有以下几个特点：

①行星公转轨道都是一些偏心率不大的椭圆。偏心率最大的是冥王星，也只有 0.256。现在它已经被从大行星中除名了。

②行星的公转轨道面几乎在同一个平面上。轨道倾角最大的是冥王星，也只有  $17.1^\circ$ 。其他都在黄道面的  $\pm 6^\circ$  范围。

③行星都是由西向东绕太阳运行的。

④行星绕太阳公转的周期有长有短。越接近太阳的行星公转周期越短，越远离太阳的行星公转周期越长。

了解以上四个特点对我们认识行星视运动是很有帮助的。第二个特点告诉我们，行星必然出没在黄道附近，不会离开太阳（视）轨道太远。了解了第三、第四个特点，就容易理解内行星和外行星视运动的差异了。

#### （5）黄道面、黄道

地球绕太阳公转的轨道平面称为黄道面。它也是太阳的周年视运动平面。

地球绕太阳公转的轨道平面与天球相交的大圆称为黄道，也可理解为太阳在天球上的视运动轨迹。

#### （6）视角距

地球看向行星为一条线，地球看向太阳为另一条线，两条线的夹角为行星、地球、太阳三者的视角距。



## 2. 太阳系中的行星相对于太阳的视运动

内行星和外行星相对于太阳的视运动是不同的。内行星总是在太阳附近来回摆动，它同太阳的角距限制在一定范围内。外行星同太阳的角距不受限制，可以在  $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$  之间变化。

水星同太阳之间的视角距不超过  $28^{\circ}$ ，金星同太阳的最大视角距是  $48^{\circ}$ 。由于水星、金星和地球的轨道都不是正圆，所以最大视角距随着它们之间相对位置变化而有所变化。水星的变化范围在  $18^{\circ} \sim 28^{\circ}$  之间，金星的变化范围在  $44^{\circ} \sim 48^{\circ}$  之间。

(1) 内行星相对于太阳的视运动 (图 1.51)

内行星相对于太阳的视运动有四个特殊位置：下合、上合、东大距、西大距。

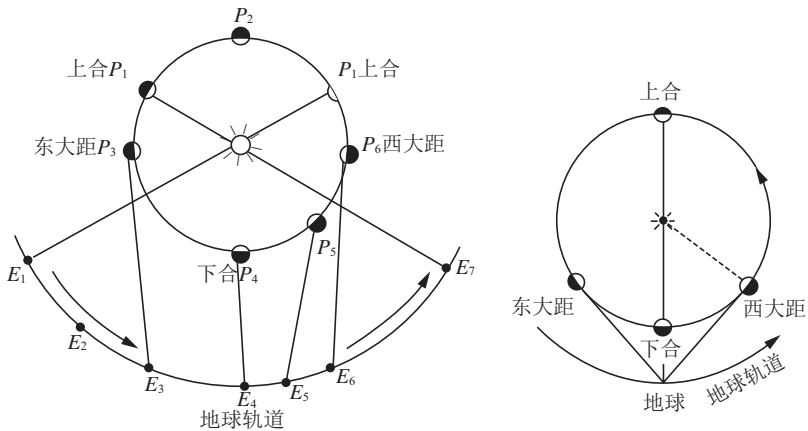


图 1.51 内行星相对于太阳的视运动示意图

当行星、地球及太阳在黄道面上的投影成一直线时叫“合”。太阳在中间时称为“上合”；内行星在中间时称为“下合”。

内行星、地球和太阳三者所成的视角距最大时叫“大距”。内行星在太阳东边叫“东大距”，日落后行星会出现在西面地平线，此时是观