

一、宇宙环境

什么是宇宙？

什么是宇宙？宇宙是天地万物的总称，即客观存在的物质世界，也就是广漠的空间和存在于其中的天体与弥漫物质。宇宙的本意兼有空间和时间两方面的概念，我国战国时代的尸佼在《尸子》中有“四方上下曰宇，往古来今曰宙”的论述，可见中国古代就把宇宙看成是空间和时间的统一体。

哲学上认为宇宙是无限的，即空间上的无限和时间上的无限。宇宙在空间上是无边无际的：它没有边界，没有形状，也没有中心，在任何方向上，它都是无穷的；宇宙在时间上是无始无终的：它没有起源，没有年龄，也没有寿命，无论是过去还是未来，它都是无穷的。宇宙无限论不是三言两语所能阐明的，所以，一位天文学家用“巧妙”的方法，简单地论证了宇宙无限的理论。他说：要证明宇宙是无限大的，倒不如反过来证明宇宙不可能是有限的！如果认为宇宙在空间上是有限的，它不论多大，总是有边界的，那么边界之外又是什么呢？如果认为宇宙在时间上是有限的，无论多久，它总是有一个开端的，“在此之前”又是什么呢？因此，宇宙不可能是有限的，那么，它自然是无限的了。

人类对宇宙的认识是如何发展的？

千百年来，人类一直在探索宇宙的秘密，随着科学的进步、观测水平的不断提高，人类对宇宙的认识越来越深刻。早在 16 世纪以前，中国古代天文学家提出了“盖天说”——认为天圆地方、“浑天说”——天地像鸡蛋、“宣夜说”——天没有一定形状，无限高远，日月星辰都漂浮在空中等宇宙理论。在西方，公元 2 世纪，托勒密提出了“地心体系”，以地球为宇宙中心的托勒密体系在 1000 多年后的 16 世纪才被哥白尼的“日心学说”打破；之后，丹麦天文学家第谷创制了大型精密的天文仪器，并对行星运动进行了精密观测和记录，德国天文学家开普勒根据第谷的观测资料总结出行星运动的三大定律，与开普勒同时代的、近代天文学的创始人意大利科学家伽利略用自制的望远镜观测星空，发现金星的圆缺变化、木星的四个卫星和它们的绕木星运动，给予“日心体系”有力的支持；1666 年，英国伟大的科学家牛顿发现了万有引力定律并由此建立起天体力学，他还发明了反射望远镜并发现棱镜的分光现象；1705 年，英国天文学家哈雷准确预测到一颗大彗星回归的时间间隔为 75~76 年，这颗彗星被命名为哈雷彗星。近 100 年来，人类对天体的研究由太阳和太阳系逐步扩展到恒星世界、银河系、河外星系和星系集团，并触及到宇宙的结构和演化，20 世纪 60 年代发现了类星体、脉冲星、微波背景辐射和星际分子。今天，人类已亲自登临月球……宇宙神秘的面纱已徐徐揭开。下面，就介绍几个不同时期人类对宇宙认识的理论：

1. “盖天说”与“浑天说”

《晋书·天文志》记载：“天圆如张盖，地方如棋局”，认为大地就像一个大棋盘，而天空就尤如一个大圆盖扣在棋盘上（图 1

-1), 这是早期人们凭借直观印象对宇宙的认识, 称为“盖天说”后来,《张衡浑仪注》中说:“浑天如鸡子。天体圆如弹丸, 地如鸡子中黄, 孤居于天内, 天大而地小”, 这就是“浑天说”(图 1-2)。“浑天说”认为天不是一个半球形, 而是一个圆球, 日月星辰附着其上, 地球在其中, 就如鸡蛋黄在鸡蛋内部一样。可见,“浑天说”比“盖天说”进了一步, 但是, 不论“浑天说”还是“盖天说”, 都是把地球作为宇宙的中心, 在西方也是如此。

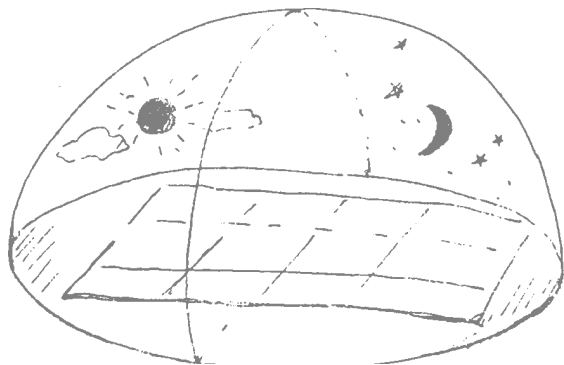


图 1-1 盖天说示意图

2. “地心说”与“日心说”

在公元 140 年, 亚历山大城的天文学家托勒密在总结并发展了前人学说的基础上, 建立了“地球中心说”的宇宙体系, 简称“地心说”。“地心说”认为地球静止地居于宇宙中心, 地球之外共有九重天, 分别分布着月球、水星、金星、火星、太阳、木星、土星以及恒星世界, 他们共同围绕地球转动, 每天绕地球转一周, 于是各种天体每天都要东升西落一次(图 1-3)。在欧洲, 教会利用托勒密的“地心体系”作为上帝创造世界的理论支

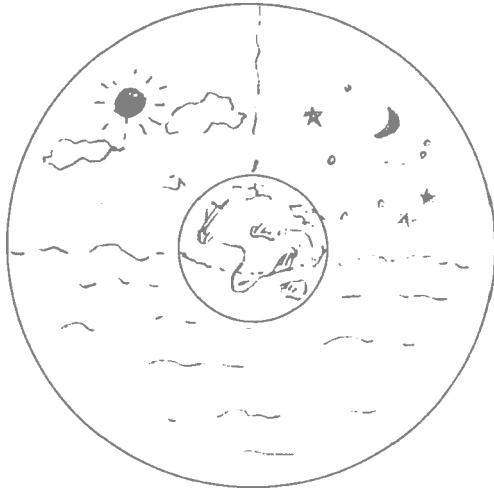


图 1-2 浑天说示意图

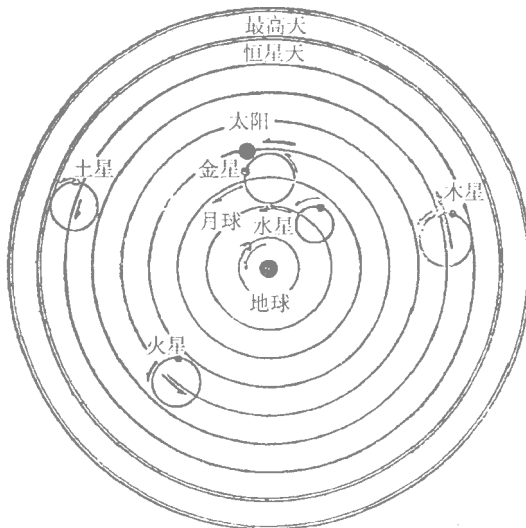


图 1-3 托勒密地心体系

柱，来麻痹人们的思想，在教会的严密统治下，在 1 000 多年中人类未能摆脱“地心体系”的桎梏。

16 世纪，波兰伟大的天文学家哥白尼经过近 40 年的辛勤研究，在分析前人的大量资料和自己长期观测的基础上，于公元 1543 年出版的《天体运行论》中，系统地提出了“日心宇宙体系”，简称“日心说”。哥白尼认为，地球不是宇宙的中心，而是一个普通的行星，太阳才是宇宙的中心，地球每天自转一周，因此才出现日月星辰每天东升西落的现象（图 1-4）。哥白尼把太阳当作宇宙的中心是其学说的不足之处，但“日心说”不仅改变了那个时代人类对宇宙的认识，而且从根本上动摇了欧洲中世纪宗教神学的理论基础。恩格斯在《自然辩证法》一书中称赞道“从此自然科学便开始从神学中解放出来”，“科学的发展从此便大踏步前进”。哥白尼之后，意大利思想家布鲁诺认为太阳并不

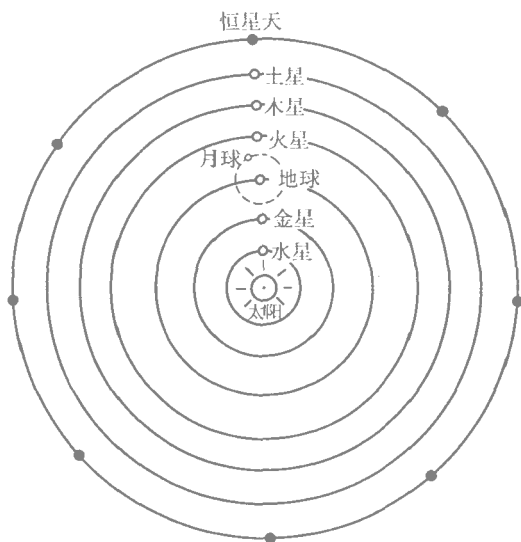


图 1-4 哥白尼日心体系

是宇宙的中心，使“日心说”得到了进一步发展。由于坚持“日心说”，布鲁诺遭到教会的残酷迫害，于公元 1600 年 2 月 17 日被活活地烧死在罗马繁花广场的火刑柱上。后人于 1889 年在繁花广场上建立了布鲁诺铜像，以纪念这位坚强不屈的学者。

3. 开普勒三大定律

17 世纪初，德国天文学家开普勒在哥白尼“日心说”的基础上，仔细分析和计算了第谷对行星特别是火星的长时间观测资料，总结出行星运动的三大定律。实际上，小行星、周期彗星也是按照这些规律绕日运动的，

所以行星运动三大定律也可说是太阳系中天体运动的规律：所有行星的运动轨道都是椭圆，太阳位于椭圆的一个焦点（图 1-5）。这是行星运动的第一定律，也叫轨道定律；行星的向径（太阳中心到行星中心的连线）在相等的时间内所扫过的面积相等（图 1-6）这是行星运动的第二定律，也叫面积定律。③行星围绕太阳公转周期的平方与它们的轨道半长径的立方成正比例。设 a 为行星轨道半长径， T 为行星公转周期，则 $a^3/T^2 = \text{常数}$ 。这是行星运动的第三定律，也叫周期定律。

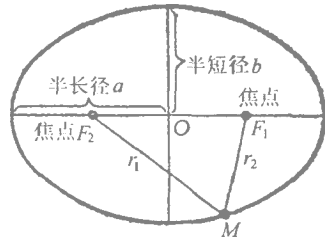


图 1-5 行星的椭圆轨道

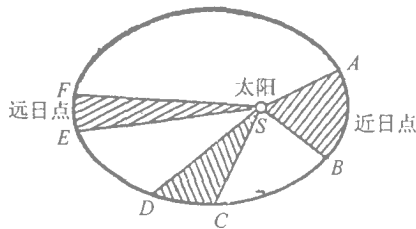


图 1-6 行星的向径在相等的时间内扫过相等的面积

开普勒三大定律表明，太阳及其周围的天体，不是偶然的、没有秩序的“乌合之众”，而是一个有严密组织的天体系统，这个系统的中心天体是太阳，受来自太阳的某种统一力量所支配，太阳位于每个行星轨道的焦点之一，行星运动的周期和速度则取决于各个行星与太阳的距离。开普勒因他的成就而被后世学者尊称为“天文立法者”，同时，这三条定律为万有引力定律的发现奠定了基础。

4. 宇宙大爆炸理论

传统的理论认为宇宙是无限的，现代宇宙学所研究的宇宙或科学上的宇宙，是指“观测到的宇宙”，即现在条件下能够观测的所有天体的总和，我们把它叫做“总星系”，它是哲学宇宙的一个组成部分，并不是无限的，因为在无限的宇宙中，任何具体的事物都是有限的，在空间上有边界，在时间上有起源。

在现代宇宙学中，最有影响的是“宇宙大爆炸理论”，与其它宇宙模型相比，它能说明较多的观测事实。这个理论是在宇宙膨胀理论的基础上发展起来的。1929年，美国天文学家哈勃在研究星系光谱时发现：几乎所有的星系都以很高的速度远离我们，这一发现被称为哈勃定律。星系的退行表明，宇宙仿佛是一个正在被充气的气球，在不断的膨胀。如果这一理论成立，那么，合乎逻辑的推论是：宇宙在过去比今天要小；而且，在遥远过去的某个时刻，它应当是一个高温、致密的物质核心，宇宙起源于最初的一次爆炸，故称为“宇宙大爆炸理论”。

根据大爆炸宇宙学的观点，大爆炸的整个过程是：在宇宙的早期，温度极高，在100亿摄氏度以上，物质密度也相当大，整个宇宙体系达到平衡。宇宙间只有中子、质子、电子、光子和中微子等一些基本粒子形态的物质。但是因为整个体系在不断膨胀，结果温度很快下降。当温度降到10亿摄氏度左右时，中子开始失去自由存在的条件，它要么发生衰变，要么与质子结合成

氢、氦等元素，化学元素就是从这一时期开始形成的；温度进一步下降到 100 万摄氏度后，早期形成化学元素的过程结束，宇宙间的物质主要是质子、电子、光子和一些比较轻的原子核；当温度降到几千摄氏度时，辐射减退，宇宙间主要是气态物质，气体逐渐凝聚成气云，再进一步形成各种各样的恒星体系，成为我们今天看到的宇宙。

“宇宙大爆炸理论”所描绘的是一个演化的宇宙，而且能很好地说明一些观测事实，但它还不是科学上的定论。

什么是恒星？人们怎样观察恒星？

宇宙是存在的物质世界，处在不断运动和发展之中。宇宙中存在着各种各样的星体，通称为天体。天体包括恒星、行星、卫星、彗星、星云和星际物质。恒星是宇宙中最基本的天体，它是由炽热气体组成的、能够自身发光的球状或类似球状天体。在夜空的繁星中，除去屈指可数的几颗行星之外，绝大部分都是恒星。恒星离我们地球十分遥远，所以，从人类居住的地球上看来，恒星似乎永远固定在一个位置上，恒定不动，恒星也因此得名。实际上，宇宙空间没有静止不动的天体，恒星也在不停地运动着，有着自己的运动方向和运动速度。因此，恒星的名实并不相符，我们只是沿用了它的名称罢了。

人们把用肉眼所能看到恒星的明暗程度称为视亮度，简称亮度，常用视星等表示。亮度取决于恒星离地球的远近，发光能力相等的恒星，离地球近的亮度大，距离地球远的亮度小。古人将肉眼能看到的恒星分为 6 等，最亮的称为 1 等星，次为 2 等星、3 等星……直到肉眼勉强能看见的为 6 等星。肉眼可见的恒星全天有 6 500 多颗，借助仪器进行观测可以看到 100 万亿颗。为了认识这些恒星，国际上把全天的恒星，按其组成的几何图形及所占据的星空区域，分为 88 个星座，每个星座按其亮星所组成

的图形特征，分别用动物、人物名称或器具等加以命名，如小熊座、仙后座、天琴座等等（图 1-7）。这样不但为观测天体的视运动提供了良好的背景和参照物，也便于人们对全天的天体进行分片或逐个观测与研究；还可借助特殊的星座在夜间辨认方位、确定时间，对航海、航空以及在深山、沙漠和旷野中工作大有帮助。

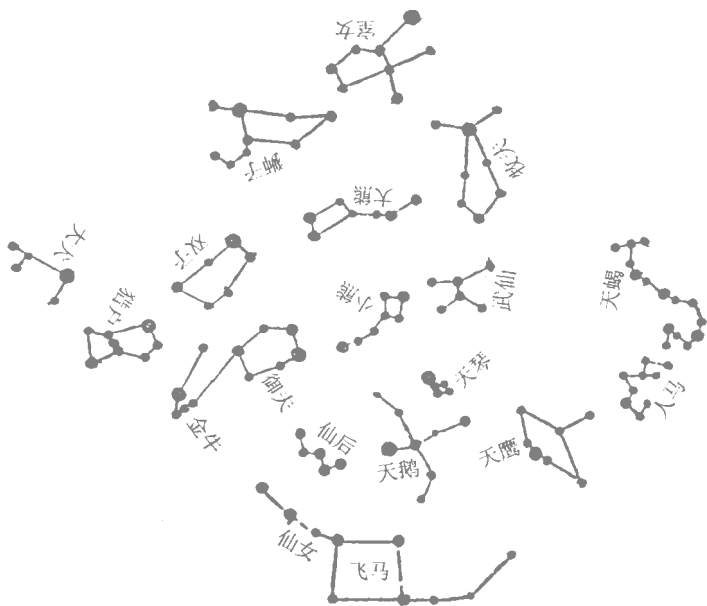


图 1-7 北半球中纬度所见的主要星座

北极星和北斗七星

北极星现在很靠近地球北极指向的天空位置，因此，看起来它总在北方天空。正是因为它所处的位置重要，才大名鼎鼎。

其实，按亮度它只是一颗普通的 2 等星，属于“小字辈”。北极星属于小熊星座中最亮的恒星，也叫小熊座 α 星，在星座图形上，它正处于小熊的尾巴尖端，它离我们有 300 多光年，中国古代称它为“勾陈一”或“北辰”。

说到这里，或许你要问：小熊座 α 星永远享受北极星的尊称吗？或者说，地球自转轴的北极永远指向这颗星吗？实际上，地球自转轴也是在周期性的缓慢摆动，因此，地球自转轴北极指向的天空位置自然也是变动的，可见，北极星的“皇位”也存在轮流坐庄的可能。天文学家们早已算出，4 800 年前，北极星不是现在小熊座 α 星，而是天龙座 α 星，中国古代称它为右枢，那时右枢获得北极星的殊荣；到公元 1000 年，也就是中国北宋初年的时候，地球北极指向的天空离现在北极星即小熊座 α 星的角距还有 6 度，可见，那时它还远远不能作北极星。现在地球自转轴北极指向的天空离小熊座 α 星的角距只有约 48'。目前地球自转轴北极指向的天空正以每年 15" 的速度接近小熊座 α 星。到公元 2100 年前后，地球自转轴北极指向的天空和小熊座 α 星之间的角距最小，仅有约 28' 左右，似乎这时它的“地位”才达到北极星的顶峰。此后，地球自转轴北极指向的天空将逐渐远离小熊座 α 星，到公元 4000 年前后，仙王座 γ 星将成为北极星；到公元 14000 年前后，天琴座 α 星即织女星将获得北极星的美名。地球自转轴这样摆动一周的时间，大约是 26 000 年（图 1-8）。这说明一切事物都是在运动的，静止只是暂时的、相对的，运动变化才是永恒的。

北斗七星属大熊星座的一部分，从图形上看，北斗七星位于大熊的背部和尾巴。这七颗星中有 6 颗是 2 等星，一颗是 3 等星。通过斗口的两颗星连线，朝斗口方向延长约 5 倍远，就找到了北极星。认星歌有：“认星先从北斗来，由北往西再展开。”初学认星者可以从北斗七星依次来找其它星座了。

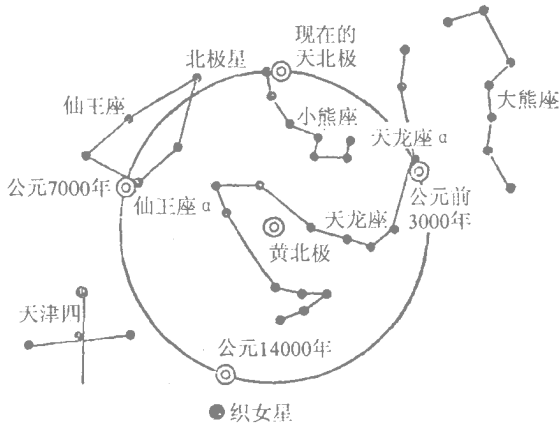


图 1-8 北极星的变迁

(A) 10 万年前的北斗七星



(B) 现在的北斗七星



(C) 10 万年后的北斗七星

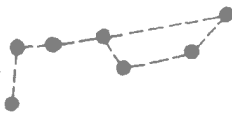


图 1-9 北斗七星在 10 万年前后的变化

北斗七星组成的图形永远不变吗？它永远是找北极星的“工具”吗？当然不是这样。宇宙间一切物体都在运动和变化之中，恒星也不例外。既然恒星也在运动，那么北斗七星组成的图形当然也在变化。这七颗星离我们的距离不等，在 70~130 光年之间，它们各自运行的速度和方向也不一样。天文学家们已经算出，10 万年前看到的北斗七星组成的图形和 10 万年后将要看到的图形，都和今日的大不一样（图 1-9）。

恒星是如何起源和演化的？

恒星通常是在星际气体中诞生的。在宇宙中，当星际气体的密度增加到一定的程度时，由于其内部引力比气体压力增长得要快，这团气体云就开始缩小。这些巨大的星际气体与尘埃物质坍塌得越来越迅猛，部分气体形成了较小的云团，它们的密度也分别增大了，这些较小的云团后来便各自成为一颗恒星。由于星际物质的质量巨大，常常超过太阳质量的一万倍，因此恒星总是一下子一大批地降生。

恒星的起源和演化过程，实质上是恒星内部物质吸引与排斥对立统一的过程，其表现为星体的收缩与膨胀。按照这种过程，恒星的演化可分为四个阶段，下面让我们来具体地看一下一颗恒星的诞生、演化过程：

(1) 引力收缩阶段，即幼年期。先是宇宙间的星际物质聚集成星际云，再由星际云演化成恒星胚胎，最后由恒星胚胎演化成可以向外辐射红外线的红外星。幼年期的恒星，也叫原恒星。

(2) 主序星阶段，即壮年期。由于红外星进一步收缩，内部温度升高到 80 万摄氏度时，开始出现热核反应，当温度达到 700 万摄氏度时，出现氢—氦核聚变反应，所产生的热能辐射，使内部的斥力与收缩引力达到平衡，恒星进入壮年期。因恒星的主要组成物质是氢，氢核聚变反应可以维持很长时间，所以恒星

在壮年期停留的时间最长，这段时间也叫主序星阶段，太阳在此阶段大约要停留 100 亿年，现在已渡过约 50 亿年，今后还要稳定地存在 50 亿年。

(3) 红巨星阶段，这是恒星演化史中多变的中年期。由于恒星中心区温度最高，氢核聚变反应进行得最快。当中心区氢核消耗到一定程度，核反应减弱时，中心区外围的氢核聚变反应变得相对增强，恒星内部的斥力和引力失去平衡。这时，中心区开始收缩，外壳急剧膨胀，主序星就开始向中年期演化，逐步形成体积大、密度小、表面温度低而光度强的红巨星。当红巨星中心区由于收缩，温度又开始升高并达到 1 亿摄氏度以上时，就发生新的氢聚变（为碳核）反应，使内部压力增大，斥力与引力达到新的平衡，从而度过它的大约 10 亿年的中年期。肉眼能看到的最亮的星有许多是红巨星，如参宿四、毕宿五、大角、心宿二等。我们的太阳也将在 50 亿或 60 亿年后变成一个红色“巨人”：当核心的氢耗完时，太阳就开始膨胀，届时水星将化为蒸汽，金星的大气将被吹光，地球上的海洋将沸腾；然后太阳还会继续膨胀，并将地球吞没，地球那被烧焦的残骸将继续在巨大太阳灼热而极稀薄的大气里转圈子。红巨星外层物质的密度比地球实验室里能得到的最好真空还要低得多。

(4) 白矮星、中子星、黑洞阶段，这是恒星演化的晚期期。由于红巨星内氦—碳核反应的剧烈进行，温度可增高到 60 亿摄氏度，极强的热能辐射将斥力超过引力，星体内部平衡再度被打破。这时质量大的恒星多发生爆炸，亮度突然增高几万甚至几亿倍，景观壮丽无比，即所谓的新星或超新星爆发。一颗超新星的亮度可能会超过平时整个恒星系亮度的总和。

质量小于太阳质量 1.44 倍的恒星由于氦—碳核反应所产生的能量不足以引起星体爆炸，直接演化成白矮星。现在发现的白矮星有 1 000 颗以上，天狼星的伴星就是一例，其密度高达 780 kg/cm^3 ，太阳将来也会成为一颗白矮星。也有些白矮星是由新星

爆发后的高密度残骸演化成的。

质量为太阳质量 1.44~2 倍的恒星经新星或超新星爆发后，由于引力坍缩，把电子挤入原子核内，电子与质子结合成中子，这种由中子组成的恒星叫中子星，其直径一般只有 10 千米左右，而质量可以达到太阳的 2 倍，这就是说中子星的密度极大，中心密度是水的几百万亿到 1 000 万亿倍，每立方厘米的质量可达几亿到十亿吨，中子星具有极强的磁场。

质量超过太阳质量 2 倍的恒星经超新星爆发后，猛烈地坍缩成密度更大、引力场非常强的黑暗区域，叫做黑洞。没有物质能从黑洞逃逸，包括光线在内。一颗大质量恒星坍缩后，当其引力大得无任何其他排斥力能与之相对抗时，恒星被压成了一个称为“奇点”的孤立点。奇点是黑洞的中心，在它周围引力极强。

在新星和超新星爆发中，除了高密度的内核被残留下来以外，其余大量的外层物质就被抛出，以新的星际物质形态出现在宇宙空间，成为孕育新恒星的物质材料。

什么是星云？它是如何分类的？

起初，星云的涵义很广，包含了除行星和彗星外的几乎所有延展型天体。星云（Nebula）英语词根的原意为“云”，天文学中常常可见旧术语被混淆使用的现象，我们有时将星系、各种星团及宇宙空间中各种类型的尘埃和气体都称为星云，但严格地说，星云应该是宇宙中尤其是银河系中的尘埃和气体，而不是一组恒星。星云分成以下几类：

(1) 气体星云 气体星云主要由高温气体组成。组成星云的物质受附近的恒星发出的紫外线影响而带有电荷，并在它们降压的过程中放出射线（在很大程度上类似于霓虹灯）。这类星云通常都是红色的，因为它们的主要成份氢在此情况下呈红色。气体星云通常会孕育新的恒星。

(2) 尘埃星云 尘埃星云是由尘埃组成的星云，它仅仅靠反射附近恒星发出的光而能被看到，所以也叫反射星云。尘埃星云也常常成为恒星诞生的场所。它们看上去常呈蓝色，因为它们反射的蓝光较多。尘埃星云和气体星云一般都居在一起，有时它们一起被称作云雾状星云。

(3) 暗星云 暗星云也是由尘埃组成的，由于恒星发出的光来自它们的背后，才使它们看上去显得很“黑暗”。暗星云的物质组成与尘埃星云基本相同，它们之间的唯一不同是光源、星云和地球的相对位置。

(4) 行星状星云 行星状星云实际是一些即将消亡的恒星抛射出的气体外壳。它与行星并无直接联系，之所以称之为行星状星云是因为它在小型的天文望远镜中看起来通常类似于一颗行星。我们的太阳在约 50 亿年后也可能会产生一个行星状星云。

什么叫天体系统？

天体系统的层次是如何划分的？

宇宙中的天体处在不停的运动之中，并且彼此相互吸引、相互绕转，形成具有一定层次、结构和关系的天体系统。天体系统有不同的等级，从小到大排列为：地月系—太阳系—银河系和河外星系—总星系。

1. 地月系

地月系是指由地球及其天然卫星月球组成的天体系统。由于地球比月球大得多，地球成为地月系的中心天体。地球与月球相互吸引的结果，是月球不停地围绕地球公转，严格地说，是月球和地球对于它们的共同质心的绕转。但由于地月系质心十分接近地球质心，因此，通常把地月系的共同运动，看作月球绕地球的运动。月球绕地球公转的同时也绕其自身的轴自转。

2. 太阳系

太阳系是以太阳为中心天体，九大行星和它们的卫星，以及小行星、彗星和流星体等天体绕太阳公转所构成的天体系统。显然，太阳系是比地月系更高一级的天体系统。在太阳系中，中心天体太阳的质量比其他天体的质量之和大很多，太阳的质量占太阳系总质量 99.86%。九大行星在围绕太阳公转的过程中，具有同向性（即所有行星的公转方向是一致的）、共面性（即所有行星的公转轨道面比较接近）和近圆性（即所有行星的公转轨道都是近似正圆的椭圆）等特征。

3. 银河系

银河系是由太阳以及大量的恒星、星云和星际物质组成的天体系统。银河系是比太阳系更高一级的巨大天体系统。在银河系中，太阳系只是其微小的组成部分。银河系里的恒星总数大约在 2 000 亿颗以上。

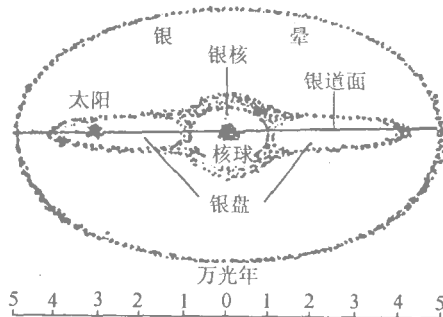


图 1-10 银河系侧视图

银河系是一个巨型的旋涡星系，范围约 10 万光年。它有三个主要组成部分：包含旋臂的银盘，中央突起的核球和银晕部分

(图 1-10)。星系的中心凸出部分叫核球，是一个很亮的椭球体，这个区域由高密度的恒星组成，主要是年龄大约在 100 亿年以上老年的红色恒星；银盘是星系的主体，直径约为 82 000 光年，中间部分厚度大约 6 500 光年，银盘主要是由 4 条巨大的旋臂环绕组成，它是由无数的蓝色恒星组成的(图 1-11)；银晕部分弥散在银盘周围的一个球形区域内，直径约为 98 000 光年，这里恒星的密度很低，分布着一些由老年恒星组成的球状星团。

恒星绕银河系的中心旋转，这叫银河系的自转；同时，银河系本身也以每秒 200 多千米的速度朝着麒麟座方向做整体运动。太阳位于银河系的对称平面附近，在银道面以北约 26 光年，距离银河系中心约 33 000 光年，它一方面围绕银河系中心做近于圆形轨道的运动，速度为每秒 250 千米，绕银河系中心一周大约 2.5 亿年，称为一个宇宙年；另一方面又相对于周围恒星以每秒 19.7 千米的速度朝着织女星附近方向运动。

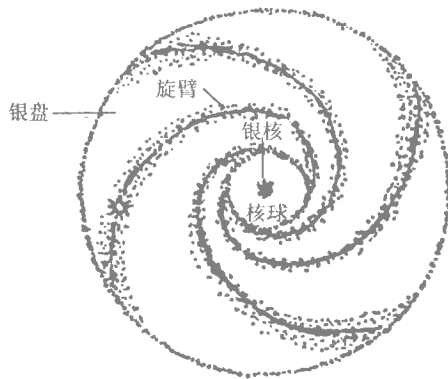


图 1-11 银河系俯视图