

第二章 宇宙中的行星 内容提要

一、 太阳系的特征

1. 太阳系组成的特点

太阳系 (solar system) 是由太阳、8 颗大行星、卫星以及无数的小行星、彗星及陨星组成的。据估计太阳的质量占了整个太阳系 99.85%，而行星的总质量只占 0.15%。

由于太阳引力的作用，每个行星都有一个椭圆形的运动轨道，它们具有相同的运动方向。最靠近太阳的水星有最快的轨道运动速度 (48 公里/每秒)，最短的运动周期 (88 天)。离太阳最远的冥王星 (已被开除) 轨道运动速度 5 公里/每秒，周期 248 年。

(1) 类地行星与类木行星特征

类地行星有水星、金星、地球及火星，离太阳较近。它们的共同特征是密度大 (>3.0 克/立方厘米)、体积小、自转慢、卫星少，内部成分主要为硅酸盐，具有固体外壳。

类木行星有木星、土星、天王星、海王星，离太阳较远。它们的共同特征是其密度小 (平均密度相当于 1.5 倍水的密度)，而且类木行星都有很厚的大气圈，其表面特征很难了解，一般推断它们都具有与类地行星相似的固体内核。

二大类行星最明显的区别是它们的大小，最大的类地行星 (地球) 的直径只有最小的类木行星 (海王星) 直径的 $1/4$ ，而地球的质量仅为海王星的 $1/17$ ，因此类木行星也常称为巨星。

(2) 组成二大类行星的物质特点

组成二大类行星的物质依据它们的熔点可分为三种：气体、岩石、冰。

①气体 主要是氢、氦，它们的熔点接近绝对零度 (-273°C) 或可能更低的温度。

②岩石 主要是硅酸盐矿物和金属铁，熔点超过 700°C 。

③冰 还包括 NH_3 、 CH_4 、 CO_2 、 H_2O ，熔点居中 (如水的熔点为 0°C)。

类地行星主要组成有岩石、金属物质和少量的气体。类木行星含有大量的气体 (主要是氢和氦) 及数量变化的冰 (主要是水、氨、甲烷)，这些特点使类木行星具有较低的密度。

(3) 宇宙速度的几个概念和意义

①第一宇宙速度 (V_1)

航天器沿地球表面作圆周运动时必须具备的速度,也叫环绕速度。第一宇宙速度两个别称为航天器最小发射速度和航天器最大运行速度。按照力学理论可以计算出 $V_1=7.9$ 公里/秒。

航天器在距离地面表面数百公里以上的高空运行,地面对航天器引力比在地面时要小,故其速度也略小于 V_1 。

②第二宇宙速度 (V_2)

当航天器超过第一宇宙速度 V_1 达到一定值时,它就会脱离地球的引力场而成为围绕太阳运行的人造行星,这个速度就叫做第二宇宙速度,亦称脱离速度。按照力学理论可以计算出第二宇宙速度 $V_2=11.2$ 公里/秒。

由于月球还未超出地球引力的范围,故从地面发射探月航天器,其初始速度不小于 10.848 公里/秒即可。

③第三宇宙速度 (V_3)

从地球表面发射航天器,飞出太阳系,到浩瀚的银河系中漫游所需要的最小速度,就叫做第三宇宙速度,亦称逃逸速度。按照力学理论可以计算出第三宇宙速度 $V_3=16.7$ 公里/秒。

需要注意的是,这是选择航天器入轨速度与地球公转速度方向一致时计算出的 V_3 值;如果方向不一致,则所需速度就要大于 16.7 公里/秒了。可以说,航天器的速度是挣脱地球乃至太阳引力的唯一要素,目前只有火箭才能突破宇宙速度。

④第四宇宙速度 (V_4)

预计物体具有 110 km/s ~ 120km/s 的速度时,就可以脱离银河系而进入河外星系,这个速度叫做第四宇宙速度。

行星保持大气的的能力取决于行星的温度和质量。简单地讲,当气体分子的运动速度达到“脱离速度”时,气体将逃逸行星。地球上任何的物质包括岩石,当运动速度达到为 11 公里/每秒的速度时,将离开地球进入太空。

(4) 类木行星为何拥有浓密的大气层?

①类木行星有较大的表面重力,它比地球有一个较高的“脱离速度”(21 公

里/每秒-60 公里/每秒)。

②又由于类木行星远离太阳，表面温度较低。具有较低温度的气体是难以获得较高的“脱离速度”的，因而类木行星拥有较浓密的大气层。

(5) 为什么月球表面缺乏大气层？

月球具有较小的表面重力和相对较温暖的星球，具有较小表面重力的月球有较低的“脱离速度”，是不能够维持最重的气体的；较温暖的月球表面气体容易获得较高的运动速度，因此月球表面缺乏大气层。

2. 太阳系的起源

太阳系形成至今至少有 46 亿年，这一点已被公认。太阳系由何而来？有五十多种不同的假设，大致可归结为两大阵营：灾变说和星云说。灾变说认为太阳系是在一次突然的巨大的剧变中产生的，太阳的形成先于行星和卫星；而星云说则认为整个太阳系包括太阳都是由同一块星云物质凝聚而形成的。

(1) 灾变说（布丰灾变说和金斯灾变说）。

在十九世纪末到二十世纪四、五十年代大约出现过二十多种不同的灾变说。最早的灾变说是法国动物学家布丰（**Buffon**）在 1745 年提出的。

①布丰灾变说：布丰认为太阳形成后，曾经有一个彗星“掠碰”（擦边而过）到它，使太阳自转起来，同时碰出了不少物质。这些物质一部分落回太阳，一部分脱离太阳的引力飞走了，还有一部分则绕太阳旋转起来，后来形成了行星。

根据现在对彗星的认识，这种观点显然是不成立的，但在布丰的时代，彗星被认为是质量巨大的天体。

②金斯灾变说：最著名的灾变说是英国天文学家金斯（**Jeans**）于 1916 年提出的。金斯认为当另一颗恒星接近太阳时，在太阳的正面产生了很大的潮；它的反面的潮比正面的小得多并很快衰落。正面的潮很大，物质被经过的恒星拉出来形成一个长条。在这一恒星离开太阳时，长条内形成了所有的行星。长条的中部较粗，两头较细，所以，由中部物质形成的木星、土星较大。

(2) 星云说（康德微粒假说和拉普拉斯假说）。

德国哲学家康德（**I .Kant**）(1755)和法国数学家拉普拉斯（**Laplace**）(1796)二位科学家独立提出了太阳系起源的“星云假说”。他们都从科学的角度来说明太阳系的一些主要特征，都认为太阳系是由一团“星云”物质通过万有引力等自

然规律作用而逐渐形成的。康德学说（1755年）比拉普拉斯学说（1796年）早41年提出，当时康德的观点是以匿名形式发表的，而且仅仅只印了几十本，其中哲理多于科学，因而鲜为人知。直到拉普拉斯用数学和力学定律再一次提出该学说时才使它风靡一时，并取得了空前的成功。

①康德“微粒假说”：宇宙中散布着微粒状的弥漫物质，称为原始物质。原始物质在万有引力的作用下，较大的微粒吸引较小的微粒，并逐渐聚集加速，结果在弥漫物质团的中心形成巨大的球体，即原始太阳。周围的微粒在向太阳这一引力中心垂直下落时，一部分因受到其他微粒的排斥而改变了方向，便斜着下落，从而绕太阳转动。最初，转动有不同的方向，后来有一个主导方向占了上风，便形成一扁平的旋转状星云。云状物质后又逐渐聚集成不同大小的团块，便形成行星，行星在引力和斥力共同作用下绕太阳旋转。

②拉普拉斯假说：太阳系是由一个灼热的气体星云冷却收缩而成的。原始的灼热星云呈球状，直径比今天太阳系直径大得多，缓慢地自转着；由于冷却而收缩，其自转速度逐渐变快，同时因赤道附近的离心力最大，故星云逐渐变扁。一旦赤道边缘的离心力大于星云对它的吸引力，赤道边缘的气体物质便分离出来，形成一个旋转的气环。由于星云继续冷却收缩，上述过程重复发生，又形成另一个旋转的气环，最终形成了与行星数相等的气环（称拉普拉斯环）。星云的中心部分最后形成太阳，各环在绕太阳旋转的过程中逐渐聚集形成行星。行星也同样发生上述作用形成卫星。土星的光环可能就是由尚未聚集成卫星的许多质点构成的。

康德的假说可以解释行星的运行轨道具有共面性、近圆性、同向性等特点，但解释不了太阳系的角动量来源。拉普拉斯的假说同样能解释行星运行轨道的各项特点，以及组成太阳、行星和卫星的元素一致性，也能解释太阳系角动量的由来，但解释不了角动量分配的特点。

目前人们已经探知宇宙中许多星云的温度并不高，收缩不是由于冷却，而是由于吸引力引起的；星云在收缩过程中，温度不是降低而是升高的。

（3）太阳系起源的其他假说：

①1945年德国物理学家魏扎克(Weizcker)提出的“旋涡学说”，强调了湍流在太阳系形成中的作用。这个理论不但能说明行星的公转和自转，而且能够说

明行星间的距离。

②1955年英国的“霍伊尔 (F.Hoyle) 假说”。

③1962年~1976年瑞典的阿尔文 (H.Alfven) 和我国已故的著名天文学家戴文赛于1977年~1978年提出的“新星云说”。

④20世纪60年代,前苏联天体力学家 Safronov 的“星子假说”,该学说自上世纪70年代以来得到了快速的发展,至今已发展成了一个被当今科学界广泛接受的“星子碰撞吸积”理论。

3. 地球卫星的特征

月球是地球的唯一卫星。体积约为地球的 $1/49$, 质量约为地球的 $1/81$, 月球的直径为 3475 千米, 约 $1/4$ 地球的直径。月地间的平均距离为 384400 千米。

月球的平均密度为 3.34 克/立方厘米, 只有地球平均密度的 0.6 倍, 故月球的引力较地球小, 月球内部铁核较小可以来解释这些特点。

月岩的年龄为 31 到 46 亿年, 月球上没有更年轻的岩石。说明月球的地质活动至今仍停留在星球演化的早期阶段。月球周围没有磁场, 月球上没有发生过为地球所特有的造山运动。

(1) 月球的表面特征

月球表面存在二种不同的地形: 月海和月山 (高地)。月球的正面是高地和月海各一半。而月背表面主要由高地和撞击坑组成, 少量的月海且相对较小, 到现在为止, 宇航员没有在月背上着陆过, 只是轨道飞船对其进行了考察。

月海是月球表面较光滑的、呈现黑暗的区域。月海中并没有水, 也没有曾经有水的迹象, 由于它有较平滑的底面和像玄武岩一样黑色的岩石, 比粗糙的月山 (高地) 反射较少的阳光。近距离地观察月海发现, 月海中有数千个细小的撞击坑, 并且这些坑是月球上熔岩硬结后被撞击形成的。这说明月球上曾经有过火山喷发。

月山是月球上比较粗糙的、较明亮的高地。高地分布的区域中最高的月峰接近于 8 公里, 仅比珠峰低 1 公里。

月球表面没有水、没有大气、没有生物, 因此也没有像地球那样的侵蚀和搬运作用以及在水中的沉积作用。

(2) 陨石坑 (Craters)

陨石坑是月球表面上最明显的特征，而且数量众多，较大的陨石坑直径 250 公里。大多陨石坑是由陨石群快速撞击形成的，这一现象说明太阳系早期阶段陨石撞击作用比现在要频繁得多。较年轻的陨石坑周围呈现放射状亮纹条带，这些放射状条带向外延伸可达数百公里，这些条带是由最初从撞击坑中弹出的岩屑物质、撞击过程中形成的玻璃珠，以及撞击过程中形成的更小的、次一级的陨石坑组成的。而地球上能够被识别的陨石坑仅有“一打”，月地之间的这一差异应归结于：(1) 地球存在大气层；(2) 形成于地球早期历史阶段的陨石坑痕迹已被侵蚀作用和构造作用所消除。

月球是第一留下人类足迹的天体。1969 年 7 月 21 日美国宇航员阿姆斯特朗在首次登上月球。1969 年 7 月 21 日—1972 年 12 月 14 日，Apollo 六次访问月球（第七次访问没有能够在月球上着陆），每次二个宇航员着陆在月球上几天，对其进行考察研究，第三个宇航员留在轨道舱中。当留在月球表面上宇航员完成工作后，通过 BUG 回到轨道舱中飞回地球。Apllo 的宇航员们共采集了 2000 多个月岩和土壤样品带回地球，这些样品的重量达 400 公斤。

(3) 月壤 (Regolith)

月壤是一种浮土，是指松散的岩石矿物，不含水和有机物质，主要由火成岩石、玻璃珠和细粒的月球灰尘 (Lunar Dust) 组成。

在月海中，Apollo 宇航员观察到的月壤厚度超过 3 米，因此认为较老的月山上的覆盖物应更厚些。

4. 八大行星的特点

(1) 水星(Mercury)

水星是一颗最靠近太阳的一颗行星，也是最热的、围绕太阳运动速度最快的 (Innermost, Hot, and Quick) 行星。水星上的一天（从黎明到黄昏）等于 176 个地球日（在太阳系中是最长的），比水星的一年（88 个地球日）还要长。

宇宙探测器对水星的考察使人类对水星有了许多新认识：

①水星的直径为 4880 千米（略大于月球），平均密度为 5.4 克/立方厘米，其外层密度为 3 克/立方厘米，因此推断它具有直径约 3600 千米的金属内核。

②宇宙探测器传回的影像显示，水星表面陨石坑非常密集。目前已知的最大的撞击坑称为 Caloris 盆地，直径达 1300 千米，其中充满了玄武质熔岩。但熔

岩流无任何变形（这说明水星曾有过岩浆活动，但是并未伴随构造运动）。水星没有岩石圈板块运动的迹象。

③水星上缺乏大气圈，它吸收了大部分的阳光，仅反射 6% 进入太空。白天水星地面温度超过 427°C （超过了铅的融化温度），晚上水星表面温度又猛降到 -173°C （足可以使氮凝结）。水星是一颗具有最大日温差的行星。

（2）金星（Venus）

除日月之外，金星是天空中最亮的天体，也是距地球比较近的行星。金星的大小、质量和密度都与地球的非常接近，比任何其它的行星更接近于地球。它的内部结构也很可能像地球有固体的外壳、幔层和部分是液体的核构成，金星被称为“地球的双胞胎”。

金星表面被稠密的灰黄色的云层所笼罩，因此不可能用轨道宇宙飞船获得金星表面的照片。无人驾驶的宇宙探测器多次在金星上着陆，传回的无线电信息及雷达地势测量的大量资料显示：金星的大气层主要由 CO_2 和大约 3% 的 N_2 构成。金星的大气层非常稠密，大气压力相当于地球的 90 倍。金星有很厚的大气层，它表面非常热，温度高达 460°C ，稠密的 CO_2 大气层象在温室层顶上盖了一层厚厚的毯子，它让 25% 阳光到达表面；稠密的大气层又阻止了金星表面吸收的热反射回天空中，结果导致金星表面的“温室效应”。

金星密度与地球的非常接近，它很可能具有像地球一样的铁质内核，而且内核中至少有一部分是熔融状态。然而金星却不具备象地球这样的磁场，其原因很可能是因为金星的自转速度太慢（243 天），不足以引起液态内核的明显运动。

1982 年宇宙探测器 Veneras 13 号和 Veneras14 号着陆在金星表面上，每个都有二台照相机，共拍了四张照片，其中包括了第一张金星表面的彩照。黑白照片显示了金星表面是一块不毛之地，彩照显示其表面的岩石像地球上玄武岩流。Veneras 还分析了金星表面的土壤、化学成分很类似于地球表面的土壤。有科学家推测，金星的演化还处在类似于地球演化的早期阶段，其特点是具有岩浆活动、地幔对流及岩石圈板块的运动。另外一种意见认为，金星的演化已超过了地球的演化，金星的现在代表了地球的未来。

研究金星有助于预测地球的发展，究竟何种意见更符合实际，还有待于对金星作进一步考察和研究。

(3) 火星 (Mars)

火星在夜空中发出特殊的红光 (The Red Planet)，引人注目。它是离地球最近的行星，也是太阳系中表面环境与地球最为相似的行星。火星的直径为 6787 千米，质量为地球的 1/10；火星的公转周期大约相当于地球的两年 (687 天)，火星上的一天仅比地球长 41 分钟。

火星上不仅有类似地球的四季之分，还可明显地区分出“五带” (即热带、南、北温带；南、北寒带)。火星是一颗比地球更为寒冷的行星，其温差范围很大，在赤道区 (热带) 的昼夜温度在 $20^{\circ}\text{C} \sim -80^{\circ}\text{C}$ 之间；最寒冷的极区温度变化于 $-70^{\circ}\text{C} \sim -140^{\circ}\text{C}$ 。

火星大气密度是地球的 1/100，95% 为二氧化碳。火星的极地有“冰”帽 (主要为二氧化碳干冰)，随着季节的变化，冰帽的范围发生周期性扩大与收缩。火星上大气层非常稀薄，但火星上盛行风暴作用。1971 年当水手 9 号宇宙探测器临近火星时，火星上刮着持续达数月之久的沙暴。

宇宙探测器 Viking1 (海盗 1) 号及 Viking2 (海盗 2) 号着陆的区域是一片红褐色的石块与风成沙的松散堆积物，显示了火星上地貌非常类似地球上沙漠地貌。由着陆器进行的化学分析显示：这两地区均存在着粘土及硫酸盐矿物 (很可能是石膏)，这表明火星上风化作用很显著。

火星上至少有 20 个巨大的盾状火山以及更多较小的火山。奥林匹斯是最大的盾状火山，它的基部直径达 600 千米，高度 27 千米，火山口的直径为 80 千米，表明火星内部有长期活动的岩浆源，如此巨大的火山是在地球上没有的，其熔岩量超过了夏威夷火山岛链熔岩体积的总和。此外，奥林匹斯火山锥的坡上很少见有陨石坑，说明此火山的年龄不老，可能不超过一亿年。

火星上另一种重要地貌特征是峡谷，Valles Marineris 即为一大峡谷，它由一系列的巨大地堑组成，其长度可以横贯整个中国。它的形成究竟是因火星外壳上拱而发生张裂，还是由于壳下岩浆流出后导致壳层塌陷，尚难定论。

现在火星表面没有水，但火星表面发育有流水侵蚀的遗迹，并且有些谷地的特点与地球上由间隙性沙漠河流被切割的特点相类似，有的谷地呈蛇曲状，有的呈辫状分叉。2004 年发射的凤凰号和机遇号火星漫游探测器发现了火星表面的土壤下面有蛋白石矿物存在，科学家认为水也许有可能在火星表面的松散层之下

有冰土，其中埋藏着固态水。由此推测火星：火星的过去可能与现在情况相反（过去是气候温暖，洪水横溢的）。

（4）木星（Jupiter）

木星是太阳系中最大的行星，其质量是地球的 318 倍（是所有其它行星、卫星和小行星总质量的 2.5 倍），体积超过地球的 1300 倍，但密度较小。木星被浓密气体所包围，大气主要由氢、氦、氨、甲烷组成。木星自转快，它的一天还不到 10 小时。由于离心力的作用，赤道上有一个明显可见的隆起部分。

木星有非常强的磁场和较强的放射场。和地球不同，从木星表面辐射回空中的热要比木星从太阳那里得到的热要多，这多余的热可能来源木星形成的原有的热和重力收缩热。如果木星质量再大一些，其内部温度就会增高到足以使其产生热核聚变的程度，它就会转变为另一个太阳。

大红斑（the Great Red Spot）是木星的一个特征，它大到足以圈下二个地球。1660 年人们对这块大红斑作了首次描述，直到现在人们还一直在观察它，它已经改变了颜色和形状，但它却从来没有完全消失过。大红斑可能类似于地球上的大风爆。木星上的风从西吹到东，速度达 360km/h，航海 1 号曾经观察到木星上的这种风爆。

宇宙探测器“先驱者”（10 号 1973 年，11 号 1974 年）和航海者（1 号 1979 年，2 号 1980 年）对木星进行的探测使科学家们对木星有了更详细的了解。木星可能是石质的内核，内核外面有二层氢液态层，再向外是数百公里厚的木星的大气层（其中 90% 是氢，10% 是氦和微量的其它元素）。木星表面看起来有亮一暗的彩色条带覆盖其表面，且平行于赤道，科学家认为：亮带是上升的气体，暗带是下沉的气体，硫和硫化物使木星表面呈现黄一桔黄色的色彩。木星的外层包裹着相当稠密的、不透明的、湍动的气体。飞速的自转和变化着的表面特征，使它成为最迷人的行星之一。

（5）土星（Saturn）

土星与太阳的距离比木星几乎远一倍，达 14.3 亿千米，公转周期 29.5 年，自转周期比 11 小时稍长。因自转快，它也相当扁。土星与木星相比，成分相似，但体积较小些。土星的密度只有 0.68 克/立方厘米。土星内部也有能源，辐射出的能量是吸收能量的 2.5 倍。

土星具有十分巨大的环带，这是极为特征的现象。环带宽 10,000 千米，厚仅 100 余米，从 8,900,000 千米外拍摄到它发出桔色与蓝色的光。

土星的环带由无数较小的环组成，每个环包含有数百万个小自尘土、大到直径为 10 米的质点。质点围绕土星作环状轨道运动，似乎都是土星的卫星。

质点主要是由冰组成的，混杂有氧化铁，故呈现桔黄色。1695 年从望远镜中就已发现了土星的环带，而且 1980 年“旅行者号”宇宙探测器还对它进行了考察，现在仍不知道土星的环带是怎样形成的。

不太明显的环带也见于木星、天王星以及海王星。因而环带的成因是太阳系形成学说必须加以研究的问题。

②土星的卫星

在 1900 前就已经发现土星有 9 颗卫星。后来，用望远镜和宇宙飞船又发现了更多的卫星，至少有 17 颗，其中最大、最有趣的一颗卫星是蒂坦（Titan）。

蒂坦体积比水星还大，是太阳系中仅有的具有丰富大气层的卫星。它的大气的主要成分和地球很相似，90%—99%是氮。此外大气中还含有少量的乙炔、乙烯等其它气体，这使得大气呈不透明的桔色烟雾。

（6）天王星（Uranus）

18 世纪的 1781 年 3 月 13 日，出生于德国的英国天文学家威廉·赫歇尔（F.W. Herschel，恒星天文学之父）偶然发现了太阳系第七颗大行星，这一发现使人们第一次突破了太阳系以土星为界的范围，在天文学上具有深远的意义。

天王星也是一颗大行星，直径是地球的近 4 倍，体积是地球的 60 多倍。围绕太阳公转一周为 84 年，因此它在星座间的位置变化很慢。天王星距太阳的距离约为地球距太阳的 19 倍，据测算其表面温度在零下 200 摄氏度以下。

天王星独特之处（与其它行星不一样）是“躺着自转”的，即它的自转轴与轨道平面法线的交角为 97 度 55 分，自转周期为 15.5 小时。

1977 年 3 月，天王星正好掩食了一颗恒星（即挡住了恒星的光），天文学家抓住这罕见的天文现象进行观测，结果发现天王星也有象土星那样美丽的光环，光环中包含有大大小小的 9 条环带。后来发现的木星也有环，人们推测海王星也有环，行星环是几个较大行星的共同特征。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/775012213213011313>