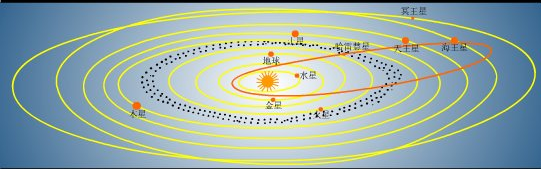
第一章 概述和轨道

1.1 概述

太阳系（Solar System）是以太阳为中心，和所有受到太阳引力约束的天体的集合体：八颗行星、至少165颗已知的卫星、２颗已经辨认出来的矮行星，和数以亿计的太阳系小天体。这些小天体包括小行星、柯伊伯带的天体、彗星和星际尘埃。

广义上，太阳系的领域包括太阳、4颗像地球的内行星、由许多小岩石组成的小行星带、５颗充满气体的巨大外行星、充满冰冻小岩石、被称为柯伊伯带的第二个小天体区。在柯伊伯带之外还有黄道离散盘面、太阳圈和依然属于假设的奥尔特云。

依照至太阳的距离，行星序是水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星，９颗中的７颗有天然的卫星环绕着，这些星习惯上因为地球的卫星被称为月球而都被视为月球。在外侧的行星都有由尘埃和许多小颗粒构成的行星环环绕着，而除了地球之外，肉眼可见的行星以五行为名，在西方则全都以希腊和罗马神话故事中的神仙为名。２颗矮行星是：谷神星，小行星带内最大的天体；和属于黄道离散天体的阋神星。太阳系组成如下图所示。



太阳系

1.2 轨道

太阳系的主角是位居中心的太阳，它是一颗光谱分类为G2V的主序星，拥有太阳系内已知质量的99.86%，并以引力主宰着太阳系。木星和土星，是太阳系内最大的两颗行星，又占了剩余质量的90%以上，目前仍属于假说的奥尔特云，还不知道会占有多少百分比的质量。

太阳系内主要天体的轨道，都在地球绕太阳公转的轨道平面（黄道）的附近。行星都非常靠近黄道，而彗星和柯伊伯带天体，通常都有比较明显的倾斜角度。由北方向下鸟瞰太阳系，所有的行星和绝大部分的其他天体，都以逆时针（右旋）方向绕着太阳公转。有些例外的，像是哈雷彗星。

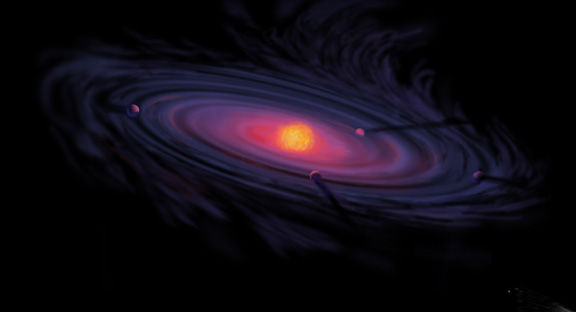
环绕着太阳运动的天体都遵守开普勒行星运动定律，轨道都以太阳为椭圆的一个焦点，并且越靠近太阳时的速度越快。行星的轨道接近圆形，但许多彗星、小行星和柯伊伯带天体的轨道则是高度椭圆的。

在这么辽阔的空间中，有许多方法可以表示出太阳系中每个轨道的距离。在实际上，距离太阳越远的行星或环带，与前一个的距离就会更远，而只有少数的例外。例如，金星在水星之外约0.33天文单位的距离上，而土星与木星的距离是4.3天文单位，海王星又在天王星之外10.5天文单位。曾有些关系式企图解释这些轨道距离变化间的交互作用，但这样的理论从未获得证实。

第二章 形成和演化

2.1 太阳系形成

太阳系的形成据信应该是依据星云假说，最早是在1755年由康德和1796年由拉普拉斯各自独立提出的。这个理论认为太阳系是在46亿年前在一个巨大的分子云的塌缩中形成的。这个星云原本有数光年的大小，并且同时诞生了数颗恒星。研究古老的陨石追溯到的元素显示，只有超新星爆炸的心脏部分才能产生这些元素，所以包含太阳的星团必然在超新星残骸的附近。可能是来自超新星爆炸的震波使邻近太阳附近的星云密度增高，使得重力得以克服内部气体的膨胀压力造成塌缩，因而触发了太阳的诞生。被认定为原太阳星云的地区就是日后将形成太阳系的地区，直径估计在7,000至20,000天文单位，而质量仅比太阳多一点（多0.1至0.001太阳质量）。当星云开始塌缩时，角动量守恒定律使它的转速加快，内部原子相互碰撞的频率增加。其中心区域集中了大部分的质量，温度也比周围的圆盘更热。当重力、气体压力、磁场和自转作用在收缩的星云上时，它开始变得扁平成为旋转的原行星盘，而直径大约200天文单位，并且在中心有一个热且稠密的原恒星。艺术家笔下的原行星盘如下图所示。



艺术家笔下的原行星盘

一亿年后，在塌缩的星云中心，压力和密度将大到足以使原始太阳的氢开始热融合，这会一直增加直到流体静力平衡，使热能足以抵抗重力的收缩能。这时太阳才成为一颗真正的恒星。

相信经由吸积的作用，各种各样的行星将从云气（太阳星云）中剩余的气体和尘埃中诞生：

1.当尘粒的颗粒还在环绕中心的原恒星时，行星就已经开始成长；

2.然后经由直接的接触，聚集成1至10公里直径的丛集；

3.接着经由碰撞形成更大的个体，成为直径大约5公里的星子；

4.在未来得数百万年中，经由进一步的碰撞以每年15厘米的速度继续成长。

2.2 演化

在太阳系的内侧，因为过度的温暖使水和甲烷这种易挥发的分子不能凝聚，因此形成的星子相对的就比较小（仅占有圆盘质量的0.6%），并且主要的成分是熔点较高的硅酸盐和金属等化合物。这些石质的天体最后就成为类地行星。再远一点的星子，受到木星引力的影响，不能凝聚在一起成为原行星，而成为现在所见到的小行星带。在更远的距离上，在冻结线之外，易挥发的物质也能冻结成固体，就形成了木星和土星这些巨大的气体巨星。天王星和海王星获得的材料较少，并且因为核心被认为主要是冰（氢化物），因此被称为冰巨星。

一旦年轻的太阳开始产生能量，太阳风会将原行星盘中的物质吹入行星际空间，从而结束行星的成长。年轻的金牛座T星的恒星风就比处于稳定阶段的较老的恒星强得多。

根据天文学家的推测，目前的太阳系会维持直到太阳离开主序。由于太阳是利用其内部的氢作为燃料，为了能够利用剩余的燃料，太阳会变得越来越热，于是燃烧的速度也越来越快。这就导致太阳不断变亮，变亮速度大约为每11亿年增亮10％。从现在起再过大约76亿年，太阳的内核将会热得足以使外层氢发生融合，这会导致太阳膨胀到现在半径的260倍，变为一个红巨星。此时，由于体积与表面积的扩大，太阳的总光度增加，但表面温度下降，单位面积的光度变暗。随后，太阳的外层被逐渐抛离，最后裸露出核心成为一颗白矮星，一个极为致密的天体，只有地球的大小却有着原来太阳一半的质量。

第三章 结构和组成

3.1太阳(Sun)

太阳是太阳系的母星，也是最主要和最重要的成员。它有足够的质量让内部的压力与密度足以抑制和承受核融合产生的巨大能量，并以辐射的型式，例如可见光，让能量稳定的进入太空。

太阳在分类上是一颗中等大小的黄矮星，不过这样的名称很容易让人误会，其实在我们的星系中，太阳是相当大与明亮的。恒星是依据赫罗图的表面温度与亮度对应关系来分类的。通常，温度高的恒星也会比较明亮，而遵循此一规律的恒星都会位在所谓的主序带上，太阳就在这个带子的中央。但是，但是比太阳大且亮的星并不多，而比较暗淡和低温的恒星则很多。

太阳在恒星演化的阶段正处于壮年期，尚未用尽在核心进行核融合的氢。太阳的亮度仍会与日俱增，早期的亮度只是现在的75%。

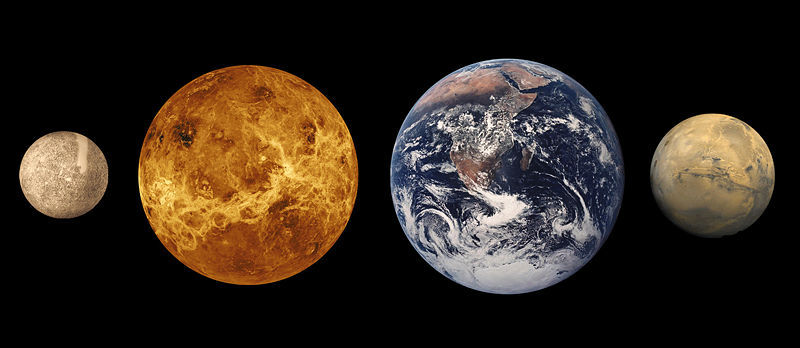
计算太阳内部氢与氦的比例，认为太阳已经完成生命周期的一半，在大约50亿年后，太阳将离开主序带，并变得更大与更加明亮，但表面温度却降低的红巨星，届时它的亮度将是目前的数千倍。

太阳是在宇宙演化后期才诞生的第一星族恒星，它比第二星族的恒星拥有更多的比氢和氦重的金属（这是天文学的说法：原子序数大于氦的都是金属。）。比氢和氦重的元素是在恒星的核心形成的，必须经由超新星爆炸才能释入宇宙的空间内。换言之，第一代恒星死亡之后宇宙中才有这些重元素。最老的恒星只有少量的金属，后来诞生的才有较多的金属。高金属含量被认为是太阳能发展出行星系统的关键，因为行星是由累积的金属物质形成的。

3.2内太阳系

内太阳系在传统上是类地行星和小行星带区域的名称，主要是由硅酸盐和金属组成的。这个区域挤在靠近太阳的范围内，半径还比木星与土星之间的距离还短。

内行星所有的内行星，四颗内行星或是类地行星的特点是高密度、由岩石构成、只有少量或没有卫星，也没有环系统。它们由高熔点的矿物，像是硅酸盐类的矿物，组成表面固体的地壳和半流质的地幔，以及由铁、镍构成的金属核心所组成。四颗中的三颗（金星、地球、和火星）有实质的大气层，全部都有撞击坑和地质构造的表面特征（地堑和火山等）。内行星容易和比地球更接近太阳的内侧行星（水星和金星）混淆。行星运行在一个平面，朝着一个方向。四颗内行星如下图所示。



所有的内行星

3.3 中太阳系

太阳系的中部地区是气体巨星和它们有如行星大小尺度卫星的家，许多短周期彗星，包括半人马群也在这个区域内。此区没有传统的名称，偶尔也会被归入"外太阳系"，虽然外太阳系通常是指海王星以外的区域。在这一区域的固体，主要的成分是"冰"（水、氨和甲烷），不同于以岩石为主的内太阳系。中太阳系组成如下表所示。

中太阳系组成表

|  |  |
| --- | --- |
| 星球 | 简介 |
| 外行星 | 所有的外行星，在外侧的四颗行星，也称为类木行星，囊括了环绕太阳99%的已知质量。 |
| 木星 | 主要由氢和氦组成，质量是地球的318倍，也是其他行星质量总合的2.5倍。 |
| 土星 | 因为有明显的环系统而著名，它与木星非常相似，例如大气层的结构。 |
| 天王星 | 是最轻的外行星，质量是地球的14倍。 |
| 海王星 | 虽然看起来比天王星小，但密度较高使质量仍有地球的17倍。 |
| 彗星 | 彗星归属于太阳系小天体，通常直径只有几公里，主要由具挥发性的冰组成。 |

3.4 外海王星区

在海王星之外的区域，通常称为外太阳系或是外海王星区，仍然是未被探测的广大空间。这片区域似乎是太阳系小天体的世界（最大的直径不到地球的五分之一，质量则远小于月球），主要由岩石和冰组成。外海王星组成如下表所示。

外海王星区组成表

|  |  |
| --- | --- |
| 星球 | 简介 |
| 柯伊伯带 | 被认为是由与小行星大小相似，但主要是由冰组成的碎片与残骸构成的环带。 |
| 冥王星和卡戎 | 是一颗矮行星，也是柯伊伯带内已知的最大天体之一。 |
| 离散盘 | 离散盘与柯伊伯带是重叠的，但是向外延伸至更远的空间。 |
| 阋神星 | 是已知最大的黄道离散天体，并且引发了什么是行星的辩论。 |

3.5 最远的区域

太阳系于何处结束，以及星际介质开始的位置没有明确定义的界线，因为这需要由太阳风和太阳引力两者来决定。太阳风能影响到星际介质的距离大约是冥王星距离的四倍，但是太阳的洛希球，也就是太阳引力所能及的范围，应该是这个距离的千倍以上。

第四章 发现和探测

4.1 简介

数千年来的人类，除了少数几个例外，都不相信太阳系的存在。地球不仅被认为是固定在宇宙的中心不动的，并且绝对与在虚无飘渺的天空中穿越的对象或神祗是完全不同的。当哥白尼与前辈们，像是印度的数学与天文学家Aryabhata和希腊哲学家亚里斯塔克斯（Aristarchus），以太阳为中心重新安排宇宙的结构时，仍是在17世纪最前瞻性的概念，经由伽利略、开普勒和牛顿等的带领下，才逐渐接受地球不仅会移动，还绕着太阳公转的事实；行星由和支配地球一样的物理定律支配着，有着和地球一样的物质与世俗现象：火山口、天气、地质、季节和极冠。

最靠近地球的五颗行星，水星、金星、火星、木星和土星，是天空中最明亮的五颗天体，在古希腊被称为"πλανήτης"（行星，意思是漫游者），已经被知道会在以恒星为背景的天球上移动，这就是"行星"这个名词的由来。天王星在最亮时虽然也能用肉眼看见，但仍然逃过了裸眼的观测，直到1781年才被发现。

4.2 望远镜的观测

太阳系的地一次探测是由望远镜开启的，始于天文学家首度开始绘制这些因光度暗淡而肉眼看不见的天体之际。

伽利略是第一位发现太阳系天体细节的天文学家。他发现月球的火山口，太阳的表面有黑子，木星有4颗卫星环绕着。惠更斯追随着伽利略的发现，发现土星的卫星泰坦和土星环的形状。后继的卡西尼发现了4颗土星的卫星，还有土星环的卡西尼缝、木星的大红斑。

爱德蒙·哈雷认识到在1705年出现的彗星，实际上是每隔75-76年就会重复出现的一颗彗星，现在称为哈雷彗星。这是除了行星之外的天体会围绕太阳公转的第一个证据。

1781年，威廉·赫歇尔在观察一颗它认为的新彗星时，在金牛座发现了联星。事实上，它的轨道显示是一颗行星，天王星，这是第一颗被发现的行星。

1801年，朱塞普·皮亚齐发现谷神星，这是位于火星和木星轨道之间的一个小世界，而一开始他被当成一颗行星。然而，接踵而来的发现使在这个区域内的小天体多达数以万计，导致他们被重新归类为小行星。

到了1846年，天王星轨道的误差导致许多人怀疑是不是有另一颗大行星在远处对他施力。埃班·勒维耶的计算最终导致了海王星的发现。在1859年，因为水星轨道近日点有一些牛顿力学无法解释的微小运动（“水星近日点进动”），因而有人假设有一颗水内行星祝融星（中文常译为“火神星”）存在；但这一运动最终被证明可以用广义相对论来解释，但某些天文学家仍未放弃对“水内行星”的探寻。

为解释外行星轨道明显的偏差，帕西瓦尔·罗威尔认为在其外必然还有一颗行星存在，并称之为X行星。在他过世后，它的罗威尔天文台继续搜寻的工作，终于在1930年由汤博发现了冥王星。但是，冥王星是如此的小，实在不足以影响行星的轨道，因此它的发现纯属巧合。就像谷神星，他最初也被当作行星，但是在邻近的区域内发现了许多大小相近的天体，因此在2006年冥王星被国际天文学联会重新分类为矮行星。

在1992年，夏威夷大学的天文学家大卫·朱维特和麻省理工学院的珍妮·卢发现1992 QB1，被证明是一个冰冷的、类似小行星带的新族群，也就是现在所知的柯伊伯带，冥王星和卡戎都被是其中的成员。

米高·布朗、乍德·特鲁希略和大卫·拉比诺维茨在2005年宣布发现的阋神星是比冥王星大的离散盘上天体，是在海王星之后绕行太阳的最大天体。

4.3 太空船的观测

自从进入太空时代，许多的探测都是各国的太空机构所组织和执行的无人太空船探测任务。

太阳系内所有的行星都已经被由地球发射的太空船探访，进行了不同程度的各种研究。虽然都是无人的任务，人类还是能观看到所有行星表面近距离的照片，在有登陆艇的情况下，还进行了对土壤和大气的一些实验。

第一个进入太空的人造天体是前苏联在1957年发射的史泼尼克一号，成功的环绕地球一年之久。美国在1959年发射的先驱者6号，是第一个从太空中送回影像的人造卫星。第一个成功的飞越过太阳系内其他天体的是月球1号，在1959年飞越了月球。最初是打算撞击月球的，但却错过了目标成为第一个环绕太阳的人造物体。水手2号是第一个环绕其他行星的人造物体，在1962年绕行金星。第一颗成功环绕火星的是1964年的水手4号。直到1974年才有水手10号前往水星。

探测外行星的第一艘太空船是先驱者10号，在1973年飞越木星。在1979年，先驱者11号成为第一艘拜访土星的太空船。旅行者计划在1977年先后发射了两艘太空船进行外行星的大巡航，在1979年探访了木星，1980和1981年先后访视了土星。旅行者2号继续在1986年接近天王星和在1989年接近海王星。 旅行者太空船已经远离海王星轨道外，在发现和研究终端震波、日鞘和日球层顶的路径上继续前进。依据NASA的资料，两艘旅行者太空船已经在距离太阳大约93天文单位处接触到终端震波。还没有太空船曾经造访过柯伊伯带天体。而在2006年1月19日发射的新视野号将成为第一艘探测这个区域的人造太空船。这艘无人太空船预计在2015年飞越冥王星。如果这被证明是可行的，任务将会扩大以继续观察一些柯伊伯带的其他天体。

在1966年，月球成为除了地球之外第一个有人造卫星绕行的太阳系天体（月球10号），然后是火星在1971年（水手9号），金星在1975年（金星9号），木星在1995年（伽利略号，也在1991年首先飞掠过小Gaspra），爱神星在2000年（会合-舒梅克号），和土星在2004年（卡西尼号－惠更斯号）。信使号太空船正在前往水星的途中，预计在2011年开始第一次绕行水星的轨道；同一时间，黎明号太空船将设定轨道在2011年环绕灶神星，并在2015年探索谷神星。

第一个在太阳系其它天体登陆的计划是前苏联在1959年都登陆月球的月球2号。从此以后，抵达越来越遥远的行星，在1966年计划登陆或撞击金星（金星3号），1971年到火星（火星3号），但直到1976年才有维京1号成功登陆火星，2001年登陆爱神星（会合-舒梅克号），和2005年登陆土星的卫星泰坦（惠更斯号）。伽利略太空船也在1995年抛下一个探测器进入木星的大气层；由于木星没有固体的表面，这个探测器在下降的过程中被逐渐增高的温度和压力摧毁掉。

4.4 载人探测

载人的探测目前仍被限制在邻近地球的环境内。第一个进入太空（以超过100公里的高度来定义）的人是前苏联的太空人尤里·加加林，于1961年4月12日搭乘东方一号升空。第一个在地球之外的天体上漫步的是尼尔·阿姆斯特朗，它是在1969年的太阳神11号任务中，于7月21日在月球上完成的。美国的航天飞机是唯一能够重覆使用的太空船，并已完成许多次的任务。在轨道上的第一个太空站是NASA的太空实验室，可以有多位乘员，在1973年至1974年间成功的同时乘载着三位太空人。第一个真正能让人类在太空中生活的是前苏联的和平号空间站，从1989年至1999年在轨道上持续运作了将近十年。它在2001年退役，后继的国际空间站也从那时继续维系人类在太空中的生活。在2004年， 太空船1号成为在私人的基金资助下第一个进入次轨道的太空船。同年，美国总统乔治·布什宣布太空探测的远景规划：替换老旧的航天飞机、重返月球、甚至载人前往火星。