

人造卫星与载人飞船

刘绍球 李显霖 编



出版说明

为了满足广大工农兵和青少年学习了解航空科技知识的需要，更好地为社会主义服务，为国防建设服务，为早日实现我国四个现代化作出新贡献，我们与航空知识编辑部共同编辑出版了“航空与空间技术小丛书”。

这套“小丛书”力求做到形式生动活泼，文字通俗易懂，内容深入浅出，图文并茂，以适应广大工农兵和青少年阅读。

由于我们水平有限，在内容上难免有缺点和错误，恳请读者提出批评意见和要求，以便进一步把航空科学技术普及工作做得更好。

前 言

在毛主席革命路线指引下，1970年4月24日我国成功地发射了第一颗人造地球卫星，实现了毛主席“我们也要搞人造卫星”的伟大号召。1975年11月26日，我国发射的人造地球卫星，在正常运行后，按计划返回地面。我国只经过一次试验，就实现了卫星的回收，使我国成为世界上第三个能够回收卫星的国家。1970年4月至1978年1月我国先后成功地发射了8颗人造地球卫星，这是我国发展空间技术的一个良好开端，标志着我国科学技术的发展达到了新的水平。有关我国历次发射人造地球卫星的简况见附表一。

自从1957年10月世界上第一颗人造地球卫星发射成功以来，在短短的23年中，空间技术的发展是非常迅速的。在目前，载人的宇宙飞船虽然还未达到真正的实用阶段，但是各种应用卫星都相继达到了成熟应用阶段。

随着科学技术的不断发展，可以预料今后空间活动的规模也会不断的扩大。我们伟大的社会主义祖国，随着社会主义建设的蓬勃发展，以及四个现代化的逐步实现，还会发射更多的人造地球卫星。

本书是航天飞行器方面的普及读物，它比较系统地介绍了人造地球卫星和航天技术的基本知识。全书共九部分，第一部分介绍太阳系中的恒星、行星、卫星和天体运行规律，以及什么是人造地球卫星。第二至第五部分主要介绍人造地

球卫星的运行原理、卫星的运行轨道、卫星的分类和用途、卫星的外形与组成部分等知识。第六部分介绍人造地球卫星的观测方法。第七部分介绍卫星的回收技术。第八部分介绍宇宙飞船和航天站的用途、组成和工作过程。第九部分简略地介绍空间技术的发展概况及动向。

本书手稿承蒙焦玉麟同志详细审阅；由张博智同志插图并绘制封面，在此表示衷心感谢。

由于时间仓促和水平有限，难免有不妥之处，望读者批评指正。

目 录

一、什么是人造地球卫星	1
从星星谈起	1
天体的运动	5
行星轨道要素	7
什么是人造地球卫星	8
二、人造地球卫星为什么能绕地球运动	9
万有引力定律	9
三种宇宙速度	11
运载火箭	14
卫星的发射与入轨	17
三、人造地球卫星的轨道	19
人造地球卫星的运行规律	19
轨道的确定	20
怎样控制轨道的形状和大小	23
轨道面的定向性	24
轨道面的进动	26
怎样控制轨道面的倾角和方位	27
四、卫星的种类和用途	30
卫星的特点	30
卫星的分类和用途	30
五、卫星的外形与结构	45
卫星的外形	45
决定卫星外形的因素	48

卫星的结构·····	50
六、卫星的观测·····	53
观测工作的重要性·····	53
可见区和可见带·····	54
观测卫星的方法·····	56
七、卫星返回地面的问题·····	61
我国是第三个能从空间回收卫星的国家·····	61
返回地面的方法·····	61
返回地面的过程·····	63
弹道式和半弹道式再入飞行器·····	66
气动加热和防热结构·····	68
八、宇宙飞船和航天站·····	72
宇宙飞船的用途·····	72
航天站的用途·····	74
宇航的基本技术·····	76
飞船的组成部分和工作过程·····	78
九、空间技术发展概况及动向·····	84
空间技术发展概况·····	84
空间技术发展动向·····	87
附表一·····	90
附表二·····	90

一、什么是人造地球卫星

从星星谈起

在晴朗的夜晚，明月当空，星斗满天，闪闪烁烁，曾引起多少人的向往，希望打开天空的奥妙。

布满天空的绝大部分星星，我们在短期内看不出它们有什么明显的移动。古代的人以为它们是永恒不动的，则称它们为恒星。后来，通过长期的观察，发现恒星并不是一丝不动的，而是每天都在改变着位置，只是变化很缓慢，短期内不容易被我们所察觉罢了。

在晴朗而又没有月亮的夜晚，我们用眼睛可以看见3000多颗恒星。象人们所熟悉的北极星、牛郎星和织女星等等，都是恒星。太阳也是一颗恒星。事实上，恒星的数目多得惊人，远不止3000。象太阳这样的恒星，在银河里就有2000亿颗左右，以至我们肉眼看去分辨不清，以为是一条白茫茫的“天河”。

包括太阳在内的恒星系统，在天文学上叫做银河系。宇宙中象银河这样的恒星系统不止一个，这种恒星系统叫做河外星系，现在已经知道的共有1亿个以上。

恒星都是自己发光的。它象无数巨大的氢弹爆炸一样，依靠内部的热核反应而不断发出光和热。

太阳是一个很热的球体，其表面温度高达6000℃，而内

部的温度还要高得多。由于太阳离我们比较近，所以看起来太阳是一个大火球，而其他恒星离开我们太远，因此看上去只是一个闪闪发光的星星。

在太阳周围的空间里，有许多小的行星围绕着太阳运转。太阳连同围绕它运转的这些行星，组成一个系统，我们就叫它为太阳系。

有很多大大小小的行星围绕太阳运转，其中最大的有9颗。离太阳最近的是水星，其次是金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星。在地球上，我们用眼睛只能看到水星、金星、火星、木星和土星，其他几颗离我们太远，肉眼是看不到的。

行星本身都不发光，我们能看见它们，是它们反射太阳光的缘故。由于行星不停地绕着太阳运转，在地球上看起来，它们彼此间的位置每天都不一样，好象在恒星之间慢慢移动，行星的名字就是这样得来的。

地球同其他行星一样，除了不停地绕着太阳运转以外，本身还有自转。地球自转一周就是一天，它绕太阳一周就是一年。我们每天清晨看到旭日东升，中午烈日当空，傍晚夕阳西下，说明地球在自转。

可以假想地球是绕着一根轴自转的，这根轴和地面相交的两个点，就是北极和南极。在地球表面垂直这根轴画一个圆，这个圆上的每一点离开两极的距离都相等，这个圆就叫做赤道。赤道所在的平面叫做赤道平面。假设在球面上画很多平行赤道的圆圈，这些圆圈叫做纬圈。同样，过南极和北极假设画很多圆圈，这就是经圈。利用它们，我们就可以很方便地表示地面上各个地方的位置。

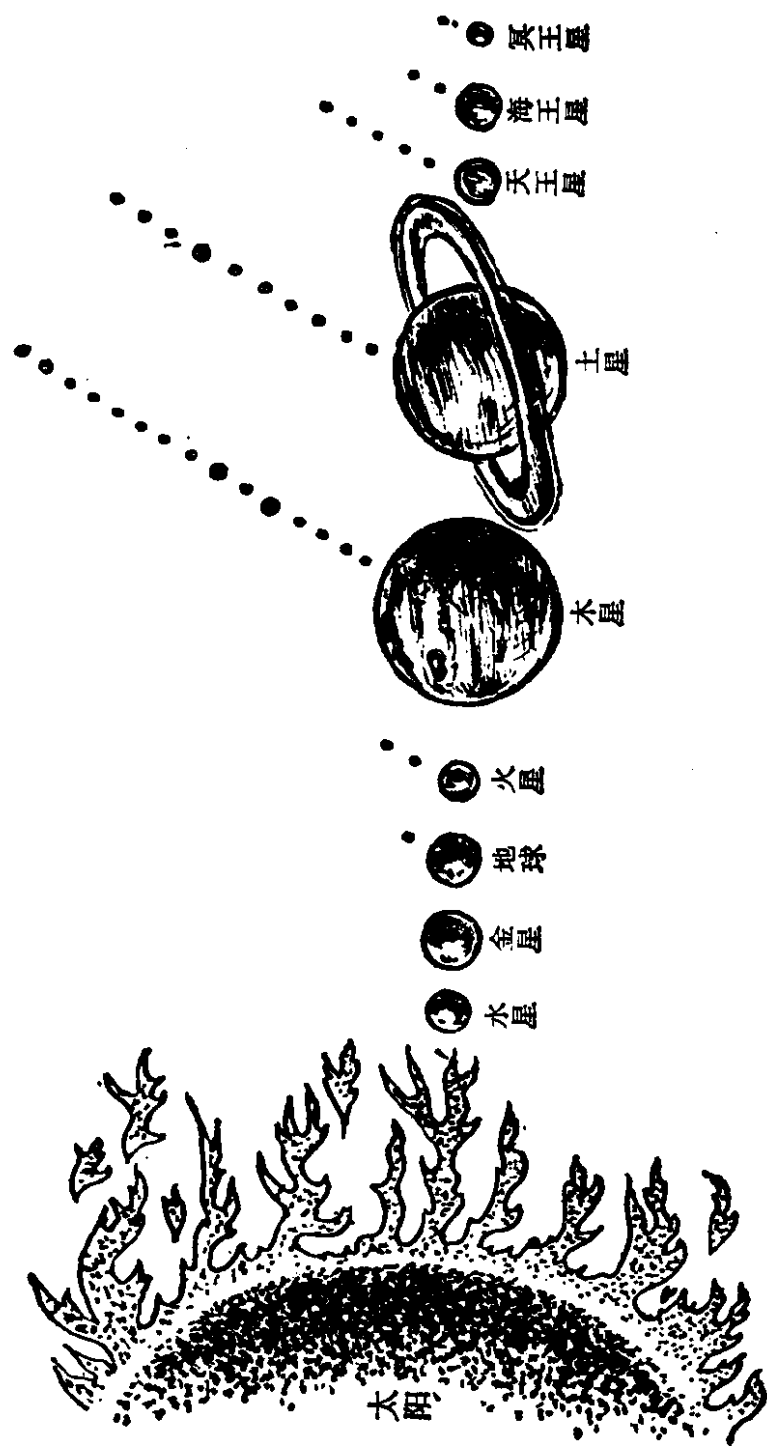


图1-1 太阳系示意图

在太阳系中除了九大行星外，还有许多小行星也一样在太阳周围运动。小行星的体积比大行星小得多，其直径大的不过 800 公里，小的只有一、二公里，甚至更小些。小行星的数目很多，仅现在发现并正式编号的就有 1600 多颗。

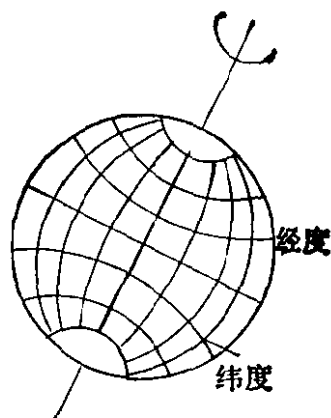


图1-2 地球的经纬度

彗星也是绕着太阳运行的天体。它和其他行星一样，也是按一定规律

运动的。因为它绕太阳一周要几年、几十年，甚至更长的时间。而且只有当它运行到离太阳比较近的时候，我们才容易看到它，所以它不象一般行星那样，常为我们所见。

除了九大行星、小行星和彗星外，在太阳系里还有无数的尘粒和物体布满着星际空间，它们也绕着太阳运转。它们有时会进入大气层，这时夜空就会有一划而过的亮光，人们叫它流星。

表1-1 九大行星的一些基本数据（供参考）

行星	距太阳的平均距离 (百万公里)	绕太阳一周的时间 (周期)	平均速度 (公里/秒)	卫星数
水星	57.9	87.97日	47.83	
金星	108.2	224.70日	34.99	
地球	149.6	365.24日	29.76	1
火星	227.9	687日	24.11	2
木星	778.3	11.86年	13.05	15
土星	1427.0	29.46年	9.64	10
天王星	2869.1	84.01年	6.80	5
海王星	4486.0	164.79年	5.45	2
冥王星	5908.2	247.69年	4.73	1

在太阳系中，还有一些较小的星体绕着大行星运转，我们就叫它们为这些行星的卫星。月亮绕着地球运转，月亮就是地球的卫星。

从表 1-1 知道，除了水星、金星外，其他行星都有各自的卫星。冥王星的卫星是在最近才发现的。

天体的运动

所有的卫星、行星、恒星等等，我们统称它们为天体。上面说到行星、彗星、流星都绕太阳运转，卫星则绕行星运转。太阳本身除自转外，还带动整个太阳系，在更大的范围内运动。下面我们简单的介绍一下太阳系中天体的运动。

天体运动所经过的路线叫做轨道。天体运动的轨道，就象飞机的航线一样，是看不见摸不着的。

早在 300 多年前，德国天文学家开普勒对前人观测行星运动的资料进行详细的分析和推算，发现了行星运动的三个定律，称为开普勒三定律。

第一定律：行星的运动轨道是椭圆，太阳位于椭圆的一个焦点上。

行星离太阳最近的一点叫近日点，离太阳最远的一点叫远日点。如图 1-3 所示： S 代表太阳， A 是近日点， B 是远日点。 A 、 B 两点的距离叫做椭圆的长轴，长轴的一半 CA 或 CB 叫半长轴； CD 的距离是短轴 DE 的一半，叫做椭圆的半短轴。

第二定律：行星的向径（太阳中心到行星的连线叫做向径）在相等的时间内扫过相等的面积。

在图 1-4 中画出了行星的轨道和行星的向径在相等的时间

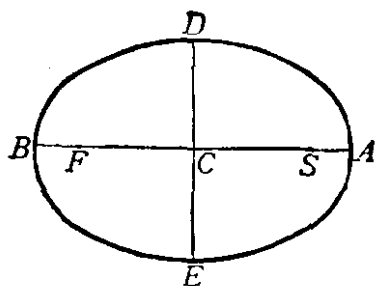


图1-3 行星的椭圆轨道

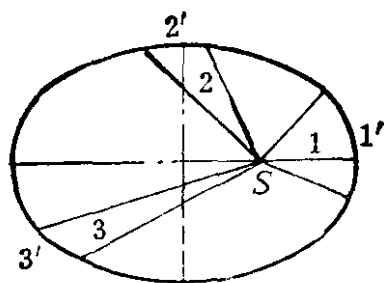


图1-4 向径扫过的面积

间内所扫过的三块面积。按照第二定律，面积1、2、3相等。因此，行星走过弧段1'、2'、3'用了相等的时间。我们看出，行星离太阳越远，运动速度越小；离太阳越近，运动速度越大。

第三定律：行星绕太阳一周所需的时间叫周期；行星运转周期的平方和它们离太阳的平均距离的立方成正比。

若以 T_1 和 T_2 表示两个行星的运转周期，以 a_1 和 a_2 表示它们离太阳的平均距离（椭圆的半长轴），那么第三定律就可以用下面公式表示：

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \quad \text{或} \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{a_1^{3/2}}{a_2^{3/2}}$$

从上面的公式可以看出：周期与半长轴的 $3/2$ 次方成正比。

从表 1-1 可以知道：绕太阳一周的时间（周期）比距离的增加快得多。拿地球和水星比，离太阳的距离远不到 3 倍，周期却是 4 倍多；天王星离太阳只比水星远 49 倍，周期却增长到 349 倍。如果你仔细计算一下，就会知道周期的平方确和离太阳的平均距离的立方成正比。

行星轨道要素

上面我们介绍了开普勒定律，有了开普勒定律我们就有可能决定行星在空间的运动。如何来决定行星在空间的运动呢？这是我们在这里所要介绍的一个问题。

行星在空间的运动完全决定于六个量的数值，这些量称为轨道要素或轨道参数，这些量如下(图 1-5)：

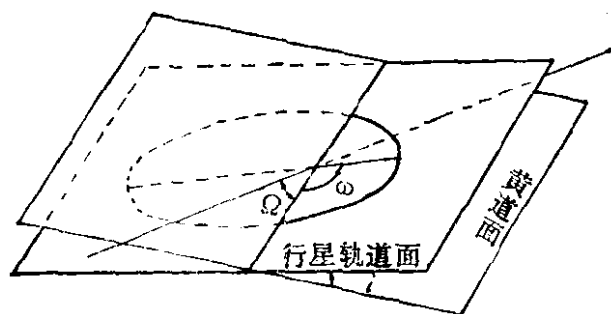


图1-5 行星轨道要素

1) 地球的轨道面(运行轨道所在的平面)和行星的轨道面所成的角叫做轨道交角 i 。更精确地说，地球轨道面的法线和行星轨道面的法线之间的角叫做轨道交角，从角的顶点来看地球和行星沿反时针方向运动。如果 $0^\circ \leq i \leq 90^\circ$ ，行星和地球在同一方向绕太阳运动(顺行)；如果 $90^\circ < i < 180^\circ$ ，那么就在相反方向运动(逆行)。

2) 行星轨道面和地球轨道面的交线叫做交点线。行星从天球南半部到北半部时所经过的那个交点的黄经(它是黄道上的一段弧，自春分点向东算起，从 $0 \sim 360^\circ$ 。而黄道实质是月球重心的平均轨道平面与天球所交的大圆)叫做升交点黄经 Ω 。

升交点黄经 Ω 和交角 i 决定轨道面在空间的位置。

3) 在轨道面上计算的升交点和近日点之间的角度叫做近日点角距 ω 。

近日点角距 ω 决定轨道在它的平面中的位置。

4) 轨道椭圆的半长轴 a 。

5) 轨道的偏心率 $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$ ，其中 a 和 b 是轨道椭圆

的半轴。

半长轴 a 和偏心 e 决定轨道的大小和形状。

6) 经过近日点的时间 T_0 。

根据开普勒所给的公式，只要知道了这六个要素 i 、 Ω 、 ω 、 a 、 e 、 T_0 ，就可以计算任何时刻行星的位置。

上述的开普勒定律和六个轨道要素，对于研究人造地球卫星的运动是很有用的，这个问题下面再作介绍。

什么是人造地球卫星

我们从前面知道：绕着某一个行星运转的星体叫做这个行星的卫星。那末，什么是人造地球卫星呢？人造地球卫星就是用人工发射出去的绕着地球运转的小天体，也就是人造的小月亮。我们把它叫做人造地球卫星而不叫它人造卫星，这样更明确一些，以便和将来可能发射的绕着金星、火星等其他行星的卫星相区别。

人造地球卫星的发射成功，开创了人类的航天史。它是现代科学技术的产物；是火箭技术、无线电通信技术、自动控制技术、材料冶炼技术和计算技术等科学技术的综合发展的结果。

二、人造地球卫星为什么能绕地球运动

万有引力定律

开普勒三定律说明了行星运动所遵循的规律，但它只说明行星运动的运动学规律，而并没有作出动力关系的解释。很自然地会发生这样的问题：什么原因使行星沿着椭圆轨道运动？为什么向径扫过的面积和时间成正比？不少人研究了这方面的问题。后来牛顿作了全面的分析和研究，从而发现了万有引力定律。

牛顿证明，开普勒的每一条定律都代表支配着行星运动的力的一种特性：

1) 开普勒第二定律说明，作用于行星的力总是指向太阳中心，这力就是太阳的吸引力。

2) 第一定律说明，作用于某一行星的太阳吸引力，与行星和太阳中心距离的平方成反比，与行星的质量成正比。太阳吸引力 f 可写成：

$$f = \mu \frac{m}{r^2}$$

式中 μ 为比例系数； r 为行星与太阳的距离； m 为行星的质量。

3) 第三定律说明，太阳对不同行星的吸引力都遵从上面的式子，而且对不同行星， μ 都相同。

牛顿进一步证明太阳吸引地球等行星的力，地球吸引月球的力以及地球吸引其他物体的重力，都是同样性质的力。我们可以用下面的计算来说明它：

(1) 月球绕地球的运动可近似地看作圆周运动，设月球的速度为 V ，月球与地球的距离为 R ，则其向心加速度为：

$$a_n = \frac{V^2}{R} = \frac{1}{R} \left(\frac{2\pi R}{T} \right)^2$$

把 $R = 3.84 \times 10^5$ 公里； $T = 27.3$ 日代入上式，可以算出 $a_n = 0.273$ 厘米/秒²。

(2) 已知地球表面上重力加速度 $g_0 = 981$ 厘米/秒²。如果地球对物体的引力也遵从与距离平方成反比的规律，则月球处的重力加速度 g 与地面重力加速度 g_0 应有下列关系：

$$\frac{g}{g_0} = \frac{R_0^2}{R^2}$$

式中 R_0 是地球半径； R 是地球到月球的距离。 R 约为 $60 \times R_0$ ，代入上式得：

$$g = \left(\frac{R_0}{R} \right)^2 g_0 = 0.273 \text{ 厘米/秒}^2$$

两种计算结果相同，这说明重力和地球对月球的吸引力属于同样性质的力，并且都遵从与距离的平方成反比的规律。既然如此，则地球对太阳的吸引力应为（设太阳的质量为 M ）：

$$f' = \mu' \frac{M}{r^2}$$

而由牛顿第三定律（相互作用力大小相等，方向相反）可知

$$\mu' \frac{M}{r^2} = \mu \frac{m}{r^2}$$

即

$$\frac{\mu}{M} = \frac{\mu'}{m} = G$$

式中 m 是地球的质量； G 是一个与地球和太阳的性质都无关的恒量。将 $\mu = GM$ 代入前面的式子，则可以得到：

$$f = G \frac{mM}{r^2}$$

太阳对行星的吸引力，行星对卫星的吸引力，以及地面上物体所受的重力，都是同样性质的力，遵从统一的规律，于是牛顿就将它作了合理的推广，提出了万有引力定律：

任何两个物体之间都存在相互作用的引力，这个力的大小和这两个物体质量的乘积成正比，和它们之间的距离的平方成反比，其方向和这两个物体质心的连线相重合。

万有引力定律是我们研究人造地球卫星运动的理论基础。这个问题我们在下面再详细介绍。

三种宇宙速度

我们扔出一块石头，或者打出一发炮弹，由于受到地球引力的作用，它们都不能一直向前，而只沿着一条抛物线运动，最终仍落回地面。那末，怎样才能使物体环绕地球旋转而不掉下来呢？我们都有这样的经验，越用力扔一块石头，石头飞出的速度就越快，走的路程就越远。炮弹因为得到很大的速度，所以能飞得相当远。能不能设想有那么一门大炮，它打出的炮弹速度大到足够使炮弹一直朝前运动而不会掉下来，那么炮弹岂不就能环绕地球飞行了吗？

虽然这种大炮不存在，但这种设想是有道理的。物体的