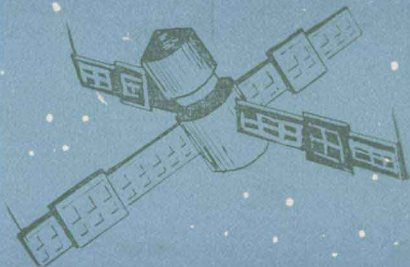


人造卫星

江斌

王学彦

93330



人造卫星

江 斌 王学彦

河南人民出版社

前 言

几千年来，人类一直向往着飞向太空，遨游宇宙。古代流传下来的许多美丽的神话故事：中国的“嫦娥奔月”、阿拉伯的“飞毯”、古希腊的“飞人”……莫不凝聚着人类渴望揭开宇宙奥秘的强烈愿望。这种美好的愿望只有在人造卫星发射成功以后，才得以实现。

二十多年来，空间科学技术迅猛地发展起来，它以日新月异的面貌展现在人们的面前，引起了世界各国的高度重视。几乎集中了当代所有学科先进技术的空间科学技术，已经广泛地应用于军事、国民经济和科学研究等许多方面，使人类的活动开始迈越出地球的门坎，进入广阔无垠的宇宙。

十余年来，我国科学工作者壮志凌云，奋攀高峰，曾先后成功地发射了“东方红一号”等人造地球卫星，取得了很大的成绩。但是，同世界上先进国家相较，我国的航天技术还有不小的差距。

如今，科学的春天降临中国大地，一个爱科学、学科学、用科学的热潮蓬勃掀起。空间科学技术作为一门尖端科学，引起了许多有志于为四个现代化献身的人们的注目。

为此，我们编写了这本科普读物——《人造卫星》，奉献给在新长征路上奋勇进军的同志们。如果这本小册子能够

使读者获得一些空间科学技术的初步知识，从而激发起更强烈的求知欲望的话，我们就感到莫大的欣慰了。囿于我们的知识水平，不妥之处，诚恳欢迎批评指正。

在编写此书过程中，得到了范剑峰、齐汝先两位同志的指导和帮助，在此谨表示衷心的感谢！

作 者

一九七九年八月

电磁波谱 (130) 可见光摄影 (132) 红外线
摄影 (136) 电视侦察 (137)

十三 卫星通信和广播 (140)

从地面通信到卫星通信 (140) 无源卫星的通信 (143) 有源卫星通信系统 (144) 从卫星通信到卫星广播 (146)

十四 卫星导航 (148)

卫星导航原理和方法 (148) 怎样实现全球导航 (153) 导航系统的组成 (154)

十五 科学卫星的工作 (158)

对探测器的特殊要求 (159) 带电粒子的测量 (160) 地球磁场的测量 (162) 双星测量日一地空间 (163)

十六 空间事业在发展 (165)

宇宙探测 (165) 空间观测 (169) 空间中继站 (172) 空间工厂 (173) 空间电站 (175)

结语 (178)

一 人造卫星为什么能飞上天

什么是人造卫星

在浩渺无际的宇宙里，有着数也数不清的星辰，这些星辰都各自以不同的运动规律在运动着。

人们一般把天上的星辰分为恒星、行星和卫星三大类。象北斗星、牛郎星、织女星等星辰，它们的相对位置从地面上看去好象是永远固定不动的，人们就把它叫做恒星。那闪耀着炽烈光焰的太阳就是一颗与人类生存密切相关的恒星。恒星在年轻时期由燃烧着的高温气体所组成，本身能够发光。恒星到了老年时期便成了固体。围绕着太阳转动的水星、金星、火星、木星、土星等叫做行星。行星本身不发光，形状近似球形。人类所居住的地球也围绕着太阳转动，因此它也是一颗行星。围绕着行星转动的叫做卫星，例如月亮是地球的卫星。太阳系的其他行星，诸如火星、土星、木星等也都有自己的卫星，它们的卫星少的有两个，多的有十几个。

太阳、行星、卫星以及彗星、小行星和宇宙尘等组成了太阳系（图1）。

那么，什么是人造卫星呢？顾名思义，人造卫星就是由

“万有引力”。那么，各物体之间的吸引力到底有多大呢？著名的英国科学家牛顿继承了前人的观测和研究成果，总结出了一条规律：自然界任何两个物体都是相互吸引的；其引力的方向在这两个物体的连线的方向上；引力的大小与两个物体质量的乘积成正比，与它们之间的距离的平方成反比。这，就是为人们所熟知的“万有引力定律”。

根据这个定律，我们可以知道：不光是地球对落叶、苹果、炮弹等有吸引力，反之落叶、苹果、炮弹等对地球也有吸引力；不仅是两个静止着的物体之间有吸引力，同样两个运动着的物体之间也有吸引力。总之，一切物体相互之间都有吸引的力量——万有引力，只不过这种力量由两者的质量和距离所决定，有大有小罢了。例如，两个中等体重的人相隔两米站立着，他们之间的吸引力还不到百分之一毫克呢，这相当于一个十万分之一克的砝码压在天平盘上的重量。只有在科学实验室里用最灵敏的天平才能察觉出来，而在日常生活中，这样小的力，我们当然没有必要加以考虑。

但是，在星际运动中，就不能轻易地忽略两者之间的万有引力。因为正是万有引力，使得月球绕着地球转动，地球绕着太阳转动……

发射人造卫星时，由于地球的质量非常大（约为60亿亿吨），地球对人造卫星的吸引力是绝对不能忽略的。即使卫星发射到了空中，围绕着地球转动，地球对它的吸引力依然存在。除非将人造卫星发射到无穷远，地球对它的吸引力才可以认为不复存在。

可见，无论是人造卫星环绕地球转动，还是飞到无穷远的宇宙空间，都要在一定程度上克服地球对它的吸引力作用。

绕地球飞行的条件

一六八七年，牛顿在他的重要著作《自然哲学的数学原理》一书中写过这样一段话：“如果在山顶上架起一尊大炮，用火药的力量把一枚炮弹平射出去，炮弹在落到地面以前，就会沿着曲线飞过两英里的距离。如果没有空气的阻力，我们使炮弹的速度增加一倍，那么它飞行的距离也会差不多增加一倍；如果速度增加十倍，则飞行的距离也会增加十倍。只要增加速度，就可以随意增加飞行的距离和减小炮弹弹道的曲度。因此我们可以使炮弹落到 10° 、 30° 、 90° 那么远的地方，可以使炮弹绕行全球，甚至飞入宇宙空间，直到无限远。”（图 2）



图 2 牛顿的命题示意图

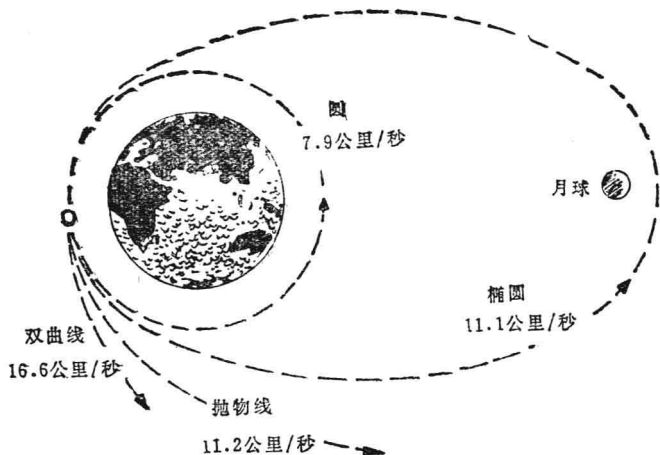


图 4 三个宇宙速度

里。通常把这种速度称为第一宇宙速度，又叫环绕速度（图 4）。

当人造卫星的水平速度超过第一宇宙速度的时候，卫星的轨道就不再是圆形，而成为椭圆形的了。而且，卫星的水平速度超过第一宇宙速度越多，轨道就拉得越远，椭圆就越扁。当卫星的水平速度达到每秒 11.1 公里时，所形成的椭圆轨道可以把地球和月亮都包括在里面（人们要从地球到月球上去，就可以采用这种飞行轨道）。即使这样，卫星仍然在地球引力的作用下运动。

如果人造卫星的速度继续提高，达到每秒钟 11.2 公里的时候，卫星的轨道就不再是椭圆形了，而成为一个抛物线，

卫星将逐渐脱离地球的引力作用远走高飞了。它将在太阳的引力作用下围绕着太阳运动，成为太阳系中的一颗人造行星。人们把卫星的这种速度称为第二宇宙速度，又叫逃逸速度。

当从地面发射的人造卫星具有每秒钟16.6公里的飞行速度时，它就会离开太阳系，而跑到银河系去旅行了。其运动轨道是双曲线的一支。这个速度被人们称为第三宇宙速度。

到目前为止，在人类向空间发射的二千多颗人造卫星中，只有二百多个达到或者超过了第二宇宙速度，它们摆脱了地球引力的束缚，成为围绕太阳运转的人造行星。而绝大部分还在地球引力作用的范围内运动，轨道形状是椭圆形或近似圆形的。只有少数几个达到了第三宇宙速度，跑出太阳系，成为银河系中的人造天体。我们深信，随着科学技术的发展，人类一定会乘坐人造天体飞出太阳系，去领略银河系的无限风光，探索宇宙的无穷奥秘。

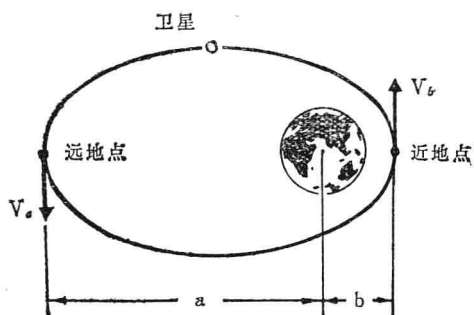


图 5 椭圆形轨道示意图

“近地点”，距地面最远的一点叫做“远地点”。地球的中心是椭圆的一个焦点（图 5）。

椭圆形轨道的卫星是有着自己的运行规律的。由于从卫星到地球中心的距离的不断变化，卫星受到地球引力的大小就随之变化。在远地点和近地点，地球引力的方向刚好与卫星运行轨道的切线方向相垂直。而在其他地方，地球引力的方向在不断地改变，这就使得卫星受力的大小和方向也在不断改变。当卫星从近地点飞向远地点时，高度不断增加，速度不断降低。卫星到达了远地点时，它的速度也就降到了最小值。而当卫星从远地点飞往近地点的过程中，高度不断降低，速度不断增加。卫星到达了近地点时，它的速度也就达到了最大值。从近地点和从远地点到地球中心距离之比，恰好等于卫星运行到这两点时的速度的反比。

人造卫星环绕地球运动一圈所需要的时间，称为运行周期。卫星发射的越高，飞行速度就越慢，运行的周期就越

长。

如上所述，人造卫星围绕地球运动是有一定规律的。这个规律可以用开普勒三大定律来描述。这三个定律虽然是以行星绕太阳运行的自然现象来说明的，但是对于人造卫星围绕地球的运动同样适用。这三个定律的主要内容如下：

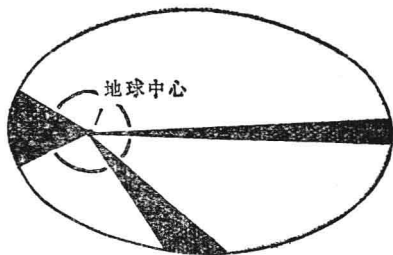


图 6 开普勒第二定律示意图

行星绕太阳运行的自然现象来说明的，但是对于人造卫星围绕地球的运动同样适用。这三个定律的主要内容如下：

第一定律：人造卫星以地球的中心为一个焦点作椭圆轨道运动。

第二定律：在卫星运动的过程中，连接地球中心到卫星质量中心的直线，在等时间内扫过的面积是恒定的（图 6）。

第三定律：人造地球卫星的运行周期的二次方与卫星轨道半长轴的三次方成正比。其中，半长轴是指椭圆轨道近地点和远地点连线的一半长度。

开普勒三大定律在天体力学中占有极为重要的地位。掌握了这三大定律，也就掌握了人造地球卫星的运行规律，并能够准确地计算出卫星的运行周期。

卫星轨道六要素

大家还记得，一九七〇年四月二十四日我国第一颗人造

点的轨迹就是一个由地球外形所决定的近似圆。可是实际上卫星围绕地球运动的同时，地球也在不停地自西向东转动（地球自转）。这样，在卫星绕地球运动一圈的时候，地球也绕自己的自转轴转过了一个角度。因此，随着地球和卫星各自在不停地转动，星下点轨迹就环绕着地球划出一条连续不断的曲线（图 8）。

很明显，这条曲线好象一条连绵不断的带子，地球的赤道恰好处在这条带子的正中间。这条带子的南北两个边界代表卫星运行到地球最南边和最北边时，星下点轨迹的界线。这个界线的纬度数值是由卫星的轨道倾角所决定的，两者大小相等。所以说，卫星轨道倾角越大，星下点轨迹所覆盖的地球面积也就越大。我国第一颗人造地球卫星的轨道倾角为 68.5° ，它的星下点轨迹的界线分别为北纬 68.5° 和南纬 68.5° ，几乎从世界各地都可以看到它。

人造卫星围绕地球转动一圈，可分为升段与降段两部分。升段是指由南向北的飞行，降段是指由北向南的飞行。升段与地球赤道平面的交点称为升交点，降段与地球赤道平面的交点称为降交点。在描绘星下点轨迹时，要同时考虑卫星绕地球的运转和地球由西向东的旋转，于是相邻两圈星下点轨迹的间距（指地球上同一纬度圈上的经度差值），大约等于地球自转的角速度（约为每分钟四分之一度）与卫星运行周期两者的乘积。

绘制星下点轨迹图有着重要的实用价值。它具有直观、形象的特点，利用它，能够确切地知道卫星在某一时刻经由

某一地区，为地面工作人员观测、跟踪、遥控以及处理、分析遥测数据，都提供了方便。

不同倾角的轨道

人造卫星的轨道倾角各不相同。各种倾角的轨道，都有着特殊的用途。

顺行轨道：发射人造卫星时，如果顺着地球自转的方向向东发射，那么就能够借助于地球的自转力量使卫星获得较高的飞行速度。只要轨道倾角在 0° （包括 0° ）到 90° 之间，都能够借助于地球自转的力量。这种轨道被称为顺行轨道（图 9 a）。

由于地球是绕南北极的轴自转的，所以卫星轨道倾角越小，借用地球自转的力量就越大，发射卫星所需要的能量就可以小一些。

逆行轨道：如果发射人造卫星的轨道倾角大于 90° ，那么地球自转对卫星的发射不仅没有提供有效的“帮助”，反而拖了后腿。运送这种轨道倾角的卫星的运载工具要消耗比较多的能量。而且轨道倾角越大，所消耗的能量就越大。这和逆水行舟的道理是一样的。这种轨道称为“逆行轨道”（图 9 b）。

发射人造卫星的一个重要目的，是要达到一定的地球表面覆盖区域。从这点出发，无论顺行轨道还是逆行轨道都可以满足要求。那么，为什么有时还要花费很大的气力去克服

的旋转，在赤道平面上表现为卫星轨道的升交点位置发生变化。这种变化与卫星轨道的倾角有关。当倾角小于 90° （顺行轨道）时，卫星轨道面向逆着地球自转的方向转动，即升交点向西运动，称为“升交点西退”。当轨道倾角为 90° （极地轨道）时，轨道面基本不变，升交点也没有什么变化。当倾角大于 90° （逆行轨道）时，轨道便顺着地球自转的方向转动，即升交点向东运动，称为“升交点东进”。轨道面转动速度的大小，与轨道的倾角、形状和大小有关。

对于轨道倾角为 99° ，高度为920公里的近极地圆形轨道，轨道面每天顺着地球自转的方向转动 1° ，这与地球绕太阳公转的速度（约每天 1° ），恰好相等。这种轨道称为“太阳同步轨道”（图10）。它就是我们在“不同倾角的轨道”一节中所谈到的“逆行轨道”的一种。这种轨道主要为对地球进行照相观测的人造卫星所采用，一些靠太阳能供电的人造卫星也采用这种轨道，都取得了良好的效果。

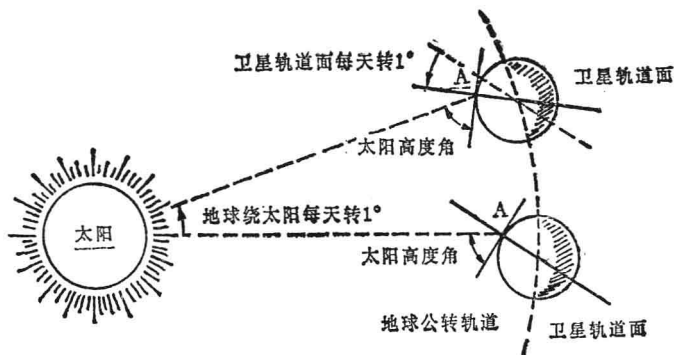


图10 太阳同步轨道

在人造卫星运行的几百公里高的轨道上，几乎没有大气存在。但是由于卫星的运行速度很高，即使大气密度很小，对于长期运行的卫星来说，也不得不考虑这种阻力的影响。由于大气阻力与卫星运动的方向相反，结果会造成卫星飞行速度减小，飞行高度降低，轨道不断变圆，最终坠入近地空间的稠密大气层而陨毁。一般可认为，当卫星高度衰减到100公里左右的近圆轨道时，便结束了它在轨道上运行的寿命。因此，必须要保证卫星入轨后的轨道寿命大于卫星的工作寿命或可回收卫星的运行时间。

人造卫星在运行过程中，还要受到日、月引力的作用。在日、月引力的作用下，卫星的运行轨道会发生变化。对于低高度轨道的卫星来说，由于地球引力非常强，可以忽略太阳和月球对卫星引力造成的运行轨道的变化。但是对于上万公里高度轨道的远地卫星，日、月引力对运行轨道的影响就显得比较重要，应予考虑了。

和氧化剂(氧), 源源不断地供给电池时, 燃料电池就能够连续不断地发出电来。当然, 燃料电池必须要有一套与之相适应的辅助系统, 以保证燃料和氧化剂的供给, 维持化学反应所需的条件以及排出反应的副产物水和热。

太 阳 能 电 池

太阳能电池是一种把光能直接转换成电能的装置。

人们在生产实践中发现, 光线照射在某些金属表面时会放射出电子来, 这叫做光电效应。如果把受光照的金属换成半导体材料, 象晶体管那样, 制成 P—N 结, 那么在两极将产生光生电动势。把外电路连接起来就有电流通过。产生出电动势的大小, 与材料、温度、光的辐射强度有关。太阳能电池就是依据上述理论制成的。图14示出了硅太阳能电池的基本结构。

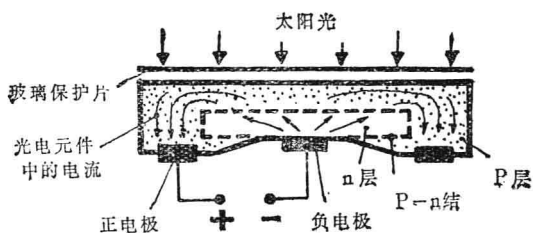


图14 硅太阳能电池示意图

尽管地球距离太阳相当远, 但是巨大的太阳辐射能使得