



总顾问 费孝通 总主编 季羨林 副总主编 柳斌
中华万有文库

科普卷

中小学生航空航天知识

人造卫星原理

ZHONG XIAO XUE SHENG HANG KONG HANG TIAN ZHI SHI



北京科学技术出版社
中国铁道出版社

中华万有文库

总 顾 问 费孝通
总 主 编 季羨林
副总主编 柳 斌

科普卷·中小学生航空航天知识

人造卫星原理

《中小学生航空航天知识》编委会

主 编	王 冈	曹振国			
副主编	邓 翔	胡向阳	向 英		
编 委	王 冈	曹振国	邓 翔	胡向阳	
	王辅忠	项 华	赵文博	王 希	
	王 靖	齐小平	齐旭强	李 巍	
	张富民	杨邵豫	向 英		

北京科学技术出版社

中国 社会 出 版 社

中 华 万 有 文 库

图书在版编目 (CIP) 数据

中小學生航空航天知識/季羨林總主編.-北京:北京
科學技術出版社,1997.10(中華萬有文庫·科普卷)

ISBN 7-5304-1868-8

I. 中… II. 季… III. ①航空-基本知識-青少年讀物
②航天-基本知識-青少年讀物 IV. V-49

中國版本圖書館 CIP 數據核字(97)第 23747 號

科普卷·中小學生航空航天知識

人造衛星原理

主編 王 岡 曹振國

北京科學技術出版社出版
中國社會出版社

北京印刷一廠印刷 新華書店經銷

787×1092 1/32 5.125印張 105千字
1998年7月第1版 1998年8月第1次印刷
印數:1—10000冊

ISBN 7-5304-1868-8/Z·923

定價:144.00元(全套24冊)單冊定價:6.00元

中华万有文库

总 顾 问 费孝通

总 主 编 季羨林

副总主编 柳 斌

《中华万有文库》编辑委员会

主 任：刘国林

秘书长：魏庆余 和 炎

委 员：（按姓氏笔画为序）

王 斌	王寿彭	王晓东	白建新
任德山	刘国林	刘福源	刘振华
杨学军	李桂福	吴修书	宋士忠
张 丽	张进发	张其友	张荣华
张彦民	张晓秦	张敬德	罗林平
封兆才	和 炎	金瑞英	郑春江
单 瑛	侯 玲	胡建华	袁 钟
贾 斌	章宏伟	常汝吉	彭松建
韩永言	葛 君	鞠建泰	魏庆余

《中华万有文库》

总序言

本世纪初叶，商务印书馆王云五先生得到胡适之、蔡元培、吴稚晖、杨杏佛、张菊生等 30 余位知名学者、社会贤达鼎力相助，编纂出版了《万有文库》丛书。是书行世，对于开拓知识视野，营造读书风气，影响甚巨，声名斐然，遗响至今不绝。

1 千多年以前，南朝学者钟嵘在《诗品》中以“照烛三才，晖丽万有”来指说天地人间的广博万物。今天，我们全国各地的数十家出版发行单位与数千名作者以高度的历史责任感，联袂推出《中华万有文库》，并向社会各界读者，特别是青少年读者做出承诺：传播万物百科知识，营造益智成功文库。

我们之所以沿用《万有文库》旧名，并非意图掠美。首先，表明一个信念：承继中国出版界重视文化积累、造福社会、传播知识的优秀传统，为前贤旧事翻演新曲，把旧时代里已经非常出色的事情在新时代里再做出个锦上添花。其次，表明我们这套丛书体系与内容的鲜明特点。经过反复论证，我们决定针对中小學生正在提倡素质教育的需要和农村、厂矿、部队基层青年在提高基本技能的同时还要提高文化与科学修养的广泛需要，以当代社会科学与自然科学的基础知识为基本立足点，编纂一套相当于基层小型图书馆应该具备的图书品种数量与知识含量的百科知识丛书。万有的本意是万物，百科知识是人类从自然界万物与社会万象之中得到的最重要的收获，而为表示新旧区别，丛书之名冠以中华。这就是我们这套丛书的缘

起与名称的由来。

《中华万有文库》基本按照学科划分卷次，各卷之下按照内容分为若干辑，每一辑大体相当于学科的2级分支，各卷辑次不等；各辑子目以类相从，每辑10至100种不等，每种约10数万字，全书总计300余辑3000余种。《中华万有文库》不仅有传统学科的基本知识，而且注意吸收与介绍相关交叉学科、新兴学科知识；不仅强调学科知识的基础性与系统性，而且注重针对读者的年龄特点、知识结构与阅读兴趣而保持通俗性和趣味性；不仅着眼于帮助读者提高文化素质与科学修养，而且还注重帮助读者提高劳动技能和社会生存能力。

每个时代中的最大图书读者群是10至20岁左右的青少年。每个时代深远影响的图书，是那些满足社会需要，具有时代特点，在最大读者群中启蒙混沌、传播知识、陶冶情操、树立信念的优秀图书。我们相信，只要我们扎扎实实地做下去，经过几个以至更多的暑寒更迭，将会有数以百万计的青少年读者通过《中华万有文库》获取知识，开阔眼界，《中华万有文库》将在他们成长的道路上留下明显的痕迹，伴随他们一同走向未来，抵达成功的彼岸。

海阔凭鱼跃，天空任鸟飞，凭借知识力量，竞取成功，争得自由。在现代社会中，没有人拒绝为获取知识而读书，这是《中华万有文库》编纂者送给每位读者的忠告。追求完美固然是我们的愿望，但世间只有相对完善，《中华万有文库》卷帙庞大，子目繁多，难免萧兰并糅，珉玉杂陈。这些不如人意之处，尚盼大家幸以教之。我们虚心以待。是为序。

《中华万有文库》编委会

目 录

人造卫星的轨道	(1)
宇宙速度	(1)
开普勒三大定律与人造卫星的运行	(3)
卫星运动轨道的几何描述	(6)
人造卫星的轨道参数	(9)
人造卫星的运行周期	(13)
人造卫星的运行轨道与寿命	(15)
人造卫星的圆轨道	(16)
人造卫星的椭圆轨道	(18)
人造卫星的地球同步轨道	(19)
人造卫星的极地轨道	(21)
地球的实际形状对卫星运行轨道的影响	(21)
人造卫星的太阳同步轨道	(24)
人造卫星的赤道轨道	(26)
人造卫星的变轨	(28)
什么时候可以看到卫星	(30)
人造卫星的空间环境	(33)
真空环境	(34)
辐射带和流星环境	(37)
超重和失重环境	(39)

酷熱和奇寒環境	(46)
人造衛星的發射	(48)
人造衛星常用的發射方式	(48)
運載火箭級數的選擇	(50)
威力強大的運載火箭	(53)
人造衛星的遙控與遙測	(61)
航天活動的地面控制網	(61)
人造衛星發射場	(61)
人造衛星的無線電設備系統	(63)
人造衛星的空間遙感器	(67)
人造衛星的通訊	(70)
人造衛星的遙測	(72)
人造衛星的遙控	(78)
人造衛星的姿態控制	(80)
人造衛星的自旋穩定姿態控制方法	(82)
人造衛星的重力梯度對地定向姿態控制方法	(84)
人造衛星的地磁姿態控制方法	(85)
人造衛星的慣性輪姿態控制方法	(87)
人造衛星的噴氣姿態控制方法	(87)
人造衛星的外形	(90)
人造衛星的外貌	(90)
運載火箭上的人造衛星外形	(92)
影響人造衛星外形的其他因素	(95)
返回式衛星的外形	(98)

人造卫星的构造.....	(101)
人造卫星的结构系统.....	(102)
人造卫星的结构材料.....	(104)
人造卫星的控制系统.....	(110)
人造卫星的温度控制系统.....	(111)
人造卫星的能源系统.....	(118)
人造卫星上的化学电源.....	(119)
人造卫星的太阳能电池.....	(121)
人造卫星的核电能.....	(122)
人造卫星的回收.....	(125)
人造卫星的应用.....	(129)
通信卫星.....	(129)
地球资源卫星.....	(130)
导航卫星.....	(133)
测地卫星.....	(135)
科学卫星.....	(136)
气象卫星.....	(137)
侦察卫星.....	(139)
预警卫星.....	(140)
轨道截击卫星.....	(141)
我国发射的人造卫星.....	(143)

人造卫星的轨道

宇宙速度

让我们假定，有人站在一个平台上，平台周围是平坦的地面。当他使一个小球从 4.9 米的高处自由落下，这个球就在地球引力的作用下，以 $1g$ 值 ($1g=9.8$ 米/秒² 为地面上的重力加速度) 的重力加速度下落，小球用 1 秒钟的时间就降落到地面。如果他以每秒 14.7 米的速度沿水平方向抛出小球，小球就沿着一条抛物线，在距离平台 14.7 米处落至地面；如果他再用点力，使小球以每秒 29.4 米的速度抛出，小球就沿着更长一点的抛物线，在 29.4 米处落至地面。当然，上述的假想是不计及空气阻力的。



图 1 球落向地表的轨迹

現在，讓我們再進一步假定，有一個火箭發射場，設在很高的山頂上，而山頂上的空氣稀薄到可以忽略不計的程度。火箭以一定的速度，水平發射出去，於是火箭就劃出一道彎曲的弧線，落在離山頂一定距離的地方。如果火箭的發射速度再增加1倍，它飛行的距離也會差不多增加1倍，飛行的軌跡彎曲得也小一些；如果增加10倍，飛行的距離也會增加10倍。也就是說，飛行的軌道彎曲得也就更小了。加大發射速率就可以加大飛行的距離和減小彈道的曲度。而當火箭達到某一速度時，它的飛行軌跡的曲率正好等於地球的曲率，這時火箭就會繞地球飛行，而不再落回地面，就像月亮一樣成為地球的衛星。物體能夠繞地球運行，而不再落回地面而所需的速率，就叫做“第一宇宙速度”或“環繞速度”。

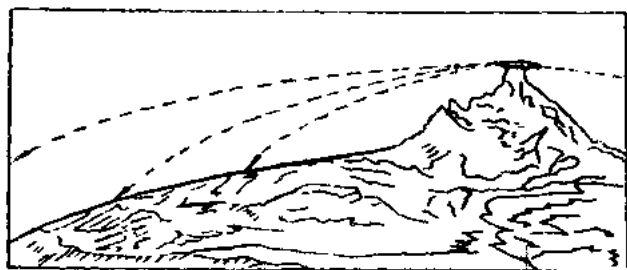


圖2 發射火箭的軌跡

為什麼物體達到了環繞速度就不會落回地面呢？

我們知道，當物體沿着圓周運動的時候，就會產生離心力。運動速度越大，離心力也就越大。離心力跟速度的平方成正比，與旋轉半徑成反比。當物體以環繞速度，即7.9千

米/秒的速度飞行时，离心力就等于地球的引力，物体就将环绕地球而运行了。

综上所述，我们就知道了，使人造天体绕地球轨道不停旋转的关键是速度。如果要完全摆脱地球的引力飞向宇宙空间，就需要达到第二宇宙速度，也叫作脱离速度或逃逸速度。这个速度在地球表面上等于 11.2 千米/秒。此外，如果既要挣脱地球的引力，同时又要摆脱太阳的引力，就必须具有 16.7 千米/秒的速度，这就是第三宇宙速度。

人类用什么样的运输工具才能克服地球的引力并使物体达到环绕速度呢？目前正在使用的还只有多级运载火箭。但是，多级运载火箭还只是在 20 世纪 50 年代才出现的。不过火箭在历史上又是十分古老的。从我国发明的原始火箭到现在，差不多已有 1 000 年的历史了。而多级火箭的设想是齐奥尔科夫斯基在 20 世纪初才提出来的。

现在，人类终于掌握了先进的科学技术，用强大的火箭发射人造卫星和载人飞船，突破了地球引力的阻碍，千百年来遨游太空的理想终于实现了。

开普勒三大定律与人造卫星的运行

人造卫星的运动是有规律的，也就是说，人造卫星和载人飞船的飞行轨道是服从天体运动的总规律的。人类从 16 世纪哥白尼发表太阳中心说，建立了太阳系概念之后经过长期

的对太阳系诸行星运动情况的观测,到17世纪初,德国科学家开普勒总结了行星运动三大规律,后来经英国科学家牛顿等人从力学上进行论证和计算,奠定了天体力学的科学基础。两个天体在有心力(万有引力)场作用下的运动规律至今仍是进行航天飞行轨道设计的重要基础。

开普勒关于行星运动的三大定律是:

1. 行星绕太阳的运行轨道是一个椭圆,而太阳位于椭圆的两个焦点的一个焦点上(见图3a),称为椭圆律。

2. 行星和太阳的连线(向径)在同一时间内扫过同样大小的面积(见图3b),称为面积律。

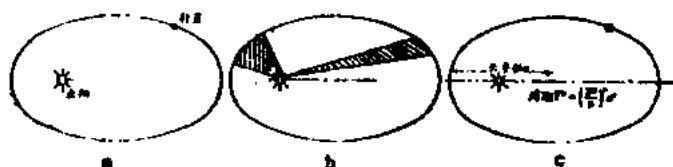


图3 a. 椭圆律 b. 面积律 c. 调和律

3. 行星运行周期的平方和轨道长半轴的立方成正比(见图3c),称为调和律。

开普勒三大定律告诉我们,太阳系中各个行星的轨道都是椭圆的,行星在运行过程中有时离太阳近些,有时又远一些;行星在轨道上的运动速度是时快时慢的,即接近太阳时速度大,远离太阳时速度小;椭圆的长半轴 a 越大,行星的运行周期就越长。

牛顿进一步给予了力学解释,太阳和行星之间的引力是造成行星运行具有共同规律的根本原因。

在地球引力的作用下,要使物体环绕地球作圆周运动,不再掉到地面上来,那么必须使得物体的速度达到第一宇宙速度,也就是说,物体以这样大的速度作圆周运动,它所产生的惯性离心力恰好与该处的地球引力相平衡。如果我们设想,这个飞行物体的速度大于当地的环绕速度(注意环绕速度是随高度而减小的,因为,地球引力是随高度减小的)(见图

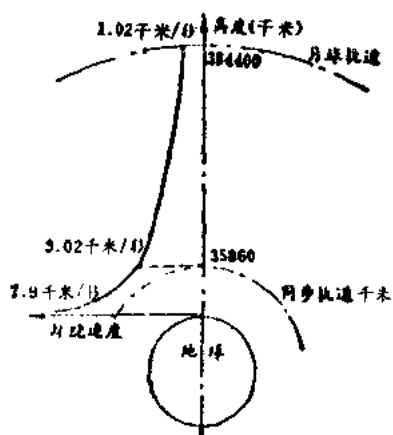


图 4

4),那么,物体的惯性离心力大于地球引力,这时物体的运动轨迹就不再是圆轨道而变成椭圆轨道了,物体的速度比环绕速度大得越多,椭圆轨道就越扁越长,直到达到第二宇宙速度,物体便沿抛物线轨道飞出地球引力场之外。因为发射卫星和飞船时,入轨点的速度控制不可能绝对精确,速度大小的微小偏离,和速度方向与当地的地球水平方向之间的微小偏差,都会使航天器的轨道不是圆形而是椭圆形,椭圆扁率

取决于入軌点的速度大小和方向。

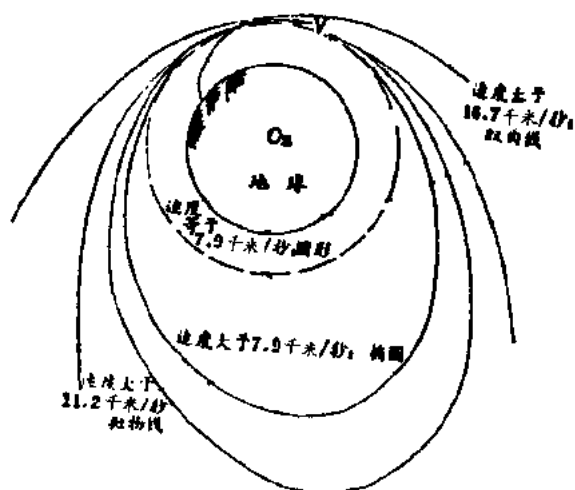


图 5

卫星运动轨道的几何描述

现在我们来仔细研究一下椭圆轨道上的卫星运动。在中学数学中，对于椭圆的性质大家已有初步了解。我们假定地球中心 O_E 是在椭圆轨道的一个焦点上， a 为椭圆的长半轴；

b ——椭圆的短半轴；

c ——椭圆焦点到对称中心的距离，称为偏心距。 $c^2 = a^2 - b^2$ ；

e ——偏心率 $e = \frac{c}{a}$ ；

$$V = \sqrt{\mu \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}$$

其中 $\mu^2 = GM = 398\,613.52 \text{ 千米}^3/\text{秒}^2$ 。称为地心万有引力常数。

椭圆轨道上任意点处的向径 r 为： $r = a(1 - e \cos E)$ 。

近地点向径： $r_p = a(1 - e)$

远地点向径： $r_A = a(1 + e)$

由于近地点处 $r = r_p$ 距离最小，故卫星速度最大：

$$V_p = \left(\frac{\mu^2}{a} \cdot \frac{1+e}{1-e} \right)^{\frac{1}{2}}$$

在远地点处 $r = r_A$ ，距离最大，故卫星的速度最小：

$$V_A = \left(\frac{\mu^2}{a} \cdot \frac{1-e}{1+e} \right)^{\frac{1}{2}}$$

卫星或飞船入轨点处的速度，通常就是近地点的速度，这个速度一般比当地的环绕速度要大；而椭圆轨道上远地点的速度则比当地的环绕速度要小。

我们还要注意到圆形轨道不过是椭圆轨道的一种特殊情况。这时，长半轴 a 和短半轴 b 相等，就是圆轨道的半径，即在圆轨道上，卫星离地心的距离处处相等。设圆轨道半径为 r ， $a = r$ ，故圆轨道上卫星的速度为：

$$V = \sqrt{\frac{\mu^2}{r}}$$

因为 $g_r = \frac{\mu^2}{r^2}$ ，故有：