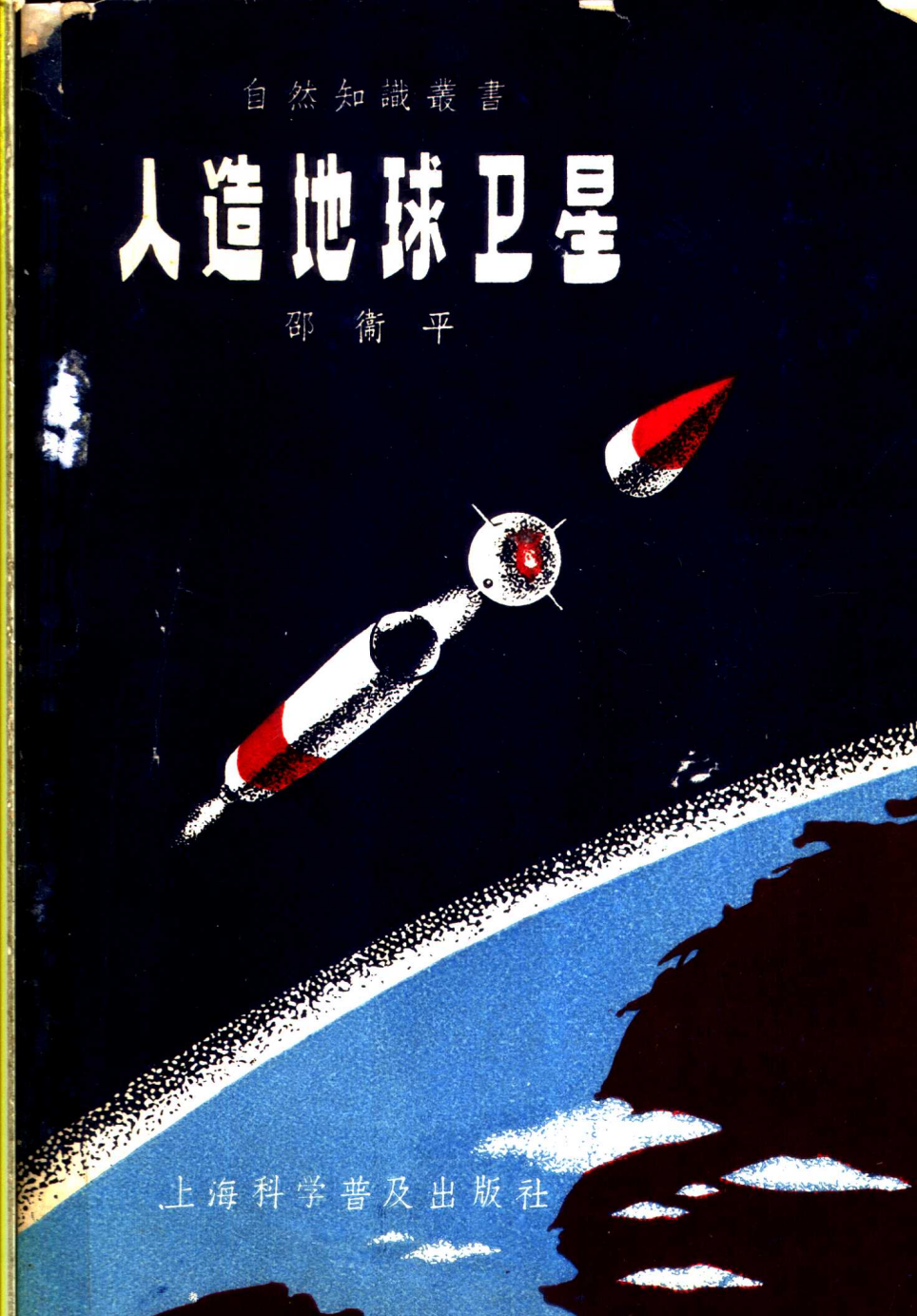


自然知識叢書

人造地球卫星

邵 衛 平

A stylized illustration of a satellite in orbit. The satellite is depicted as a white cylindrical body with a red band, a black spherical component, and a circular head with a red center and four thin antennae. It is positioned diagonally across the frame. Below the satellite is the curved horizon of the Earth, showing a blue sky and a white cloud layer. The bottom right corner features dark, jagged silhouettes of mountains. The entire background is a deep, dark blue.

上海科学普及出版社

揭开宇宙秘密的工具.....	3
什么是人造卫星?	3
在人造卫星上看地球.....	3
天文学家的眼界扩大了.....	4
解决了气象学家的苦恼.....	5
为物理学家建立理想的实验室.....	6
为星际航行铺平道路.....	7
人造卫星怎样运动?	8
从一个简单的现象谈起.....	8
摆脱地球的束缚.....	10
人造卫星绕地球的航线.....	13
沿着圆轨道运动的人造卫星.....	15
人造卫星的椭圆轨道.....	18
稳定的和周期的人造卫星.....	21
把人造卫星送上天.....	26
需要先谈的几个问题.....	26
大气层造成的困难.....	29
谈谈火箭发动机.....	30
两类火箭发动机.....	33
理想的火箭发动机.....	36
几个发射方案的介绍.....	38

人造卫星的发射軌迹.....	42
从幻想到现实.....	46
齐奥尔科夫斯基的原始設計.....	46
欢呼人类的第一顆人造卫星上天了!.....	49
再接再厉的奇迹.....	56
难产的美国人造卫星.....	58
在地球上观察人造卫星.....	62
再談运轉周期.....	62
肉眼能看見人造卫星嗎?.....	65
用望远鏡观察人造卫星.....	68
光学观察站.....	71
用无綫电探测人造卫星.....	73
紧紧地盯着它!.....	75
人造卫星有哪些用处?.....	79
对地球进行工作.....	79
探望大气层.....	81
研究宇宙射綫.....	84
观测电离层.....	86
建立世界电视网.....	89
人类要征服宇宙.....	91

揭開宇宙祕密的工具

什么是人造衛星？

大家都知道月亮是繞着地球旋轉的，所以我們管它叫“地球的衛星”。人造衛星也就是一個人造的月亮，不過這個“月亮”的體積沒有真的月亮那麼大，要小得多；它離開地球的距離也近得很，只有幾百公里，而真的月亮離開地球却有384,000多公里！

好奇的讀者或許會問：為什麼要在天空中挂上這小玩意兒呢？要回答這個問題有必要看一看人們是怎樣研究着宇宙的。從人類最初探求宇宙真理到現在，學者們都是在地球上進行工作，最多也只是在離開地球極近的空中作些時間很短的輔助性工作。由於宇宙的情況複雜，並且變化多端，在地球上往往不能獲得很正確的結果，不知有多少有關宇宙現象的“情報”不能順利傳達到地球上來，而這些東西又常常是天文學家、氣象學家以至物理學家們所最寶貴的資料。發射人造衛星，正是要彌補這方面的缺憾。

在人造衛星上看地球

人們常喜歡把地球稱做“人類偉大的母親”，但是直到今天，我們對這位母親的了解仍然是不很全面的。雖然我們知道地球是個旋轉着的橢球體，然而這還是多少年代以來七拼八湊

的測量結果。如果在人造衛星上作精密觀測，就可以非常正確地定出地球表面的形狀，因為人造衛星可以在離開地球很遠的地方（這種地方無論是近代的气球或是飛機都是無法到達的）俯瞰地球，真所謂一目了然。最有意思的是在人造衛星上面能夠觀察南北兩極地帶的冰川運行情況，這種研究對全地球氣象變化的觀測極有價值，同時也可以為將來的極區航行打開道路。我們目前對於南北極地區的情形了解得很少，但是有一點是我們能夠肯定的：開辟極區對於人類生活有巨大的意義。

地球是個大磁鐵，有南極和北極。從事航海、航空及地質工作的人，正因為地球有磁性，所以才能用羅盤和指南針辨認方向。但是在地球表面各處的磁場強度各不相同，而且時常起着變化。地球為什麼會有磁性？又為什麼會變化？假使將儀器安放在人造衛星上繞着地球作全面的測量，非但這兩個問題可以得到解決，並且可以知道地球磁性的變化規律。

在人造衛星上還能夠測量出地球各處不同的密度，這對於研究地球的結構有很大幫助。另一方面，地球各處的密度不同會影響遠程導彈的飛行軌道，因而做好地球密度的測量工作，對遠程導彈的研究也很有意義。

天文學家的眼界擴大了

望遠鏡是天文學家的有力武器，靠着它才能對各種天體進行觀察。可是在地球外圍包着一層幾百公里厚的大氣層；這層大氣對人類生活來說確是必不可少，否則一切生命都將被太陽烤成焦炭，並且也經受不起巨量的紫外線的照射，然而它對於天文學家的研究工作却是極不利的。它吸收了大部分來自宇宙

的紫外和紅外光譜，使天文學家失去了研究宇宙現象的主要資料，而且大氣的上層時常有捉摸不定的變化，使望遠鏡的觀察發生困難並且模糊不清。所以天文學家們常將大氣層叫做“霧海”，他們自己則是在霧海中摸索的人。

如果把天文觀測台移到人造衛星上去，由於人造衛星所經的地帶，大氣層是極為稀薄的，甚至可以在沒有大氣的地方運行，那麼天文學家們的眼界將大為擴大，他們將會在一個新的、對他們最有利的環境中進行工作。在這裡各種天體發出的紫外光譜和紅外光譜將有極大部分可用儀器收受。這些我們平時並不關心的東西，卻是天文學家們最難得的材料，因為這確是研究天體構造的有用線索。

研究流星和隕星也是天文學家們感興趣的項目，因為這些小星星往往會給他們帶來許多不可思議的好資料。但是由於流星的速度很快，與大氣摩擦能產生巨量的熱，有好多流星在進入大氣層後就被燒成微粒。只有一些很大的流星，才不致完全燒掉，而落到地球上來成為隕石。天文學家們就靠這些不多的隕石來研究宇宙天體的結構。如果在大气層外面的人造衛星上觀察流星的運動，觀察者就可以得到大量的資料，用來研究天體構造，並有助於研究太陽系的起源問題。

解決了氣象學家的苦惱

人們時常輕易地責備氣象學家，認為他們的气象預報工作做得不夠準確。其實在目前要做好氣象預報工作，確實不是件輕易事情。地面氣候變化的預測工作，現在已經做得比較完善了，但是高空的气象情況實在還知道得太少，而這又對氣象預

报有很大的影响。

近时虽然有人利用高空气球和火箭来探测高空气象，但是它們也只能在很小一个区域作短时间的测量，所以仍然难做好一大片地面的气象预报。而人造卫星却可以在广大面积上作几个月甚至一年以上的重复测量，这样便容易得到有关高空气象的全面情况，气象学家的气候预报便能做到十拿九稳了。

为物理学家建立理想的实验室

在地面上进行实验的物理学家们有时也会发生一些难以解决的困难。最突出的问题是如何得到高度的真空。在现代利用最新式的真空技术也只能在不大的范围内获得十亿分之一毫米高水柱银（普通在海平面上的气压是 760 毫米高水银柱）的真空度。但是在离地 110 公里的高空中，压力将比这个数值小得多。要把人造卫星升到这样的高度是很容易的，第一个人造卫星就已经升到近千公里的高空了。

在空气非常稀薄的太空中，物理学家们就有了一个理想的实验环境。在这里许多地面上难以讨论的问题便变得简单了，例如这里可以研究在一个小容器中的几个分子的活动，而在地面上无论如何总得一大群、一大群地来研究它们。在地面上研究各种物体的运动，如汽车高速奔驰、炮弹飞行等问题，空气阻力的存在使问题变得很复杂。然而在人造卫星可能到达的高空中，空气阻力小到可以忽略不计，这对物理学家来说可使他们在解决各种各样物体的运动问题时感到莫大的方便。

随着高度的增加，不但空气的阻力越来越小，而且地球的吸引力也渐渐减小。当人造卫星绕着地球旋转的时候，在人造

卫星里面所有的物体都是处在不受地球引力作用的情况下。这是个十分有趣的现象，因为这时候所有东西都失去了自己的重量，即使是几十吨的重物，在那里只用手指一拨就可以使它跑到老远老远的地方去。这种情况除了在地面上当物体自由落下的一刹那間出現外，是无法达到的。在所有东西沒有重量的时候，一切物理变化的过程当然是另一回事了。物理学家們对于这个問題也是非常感到兴趣的。

为星际航行鋪平道路

脱离地球到别的星球上去走走，这一直是人們所响往的。在很久很久以前，我国就流傳着“嫦娥奔月”、“唐明皇游月宮”等美丽的傳說，这說明我們祖先早就有了那种奇幻的想法了，但是那时人們只是由于对月球发生了好奇心才产生这种幻想，并没有預計到任何科学上或生活上的意义。

一直到1903年，才有偉大的先驅者齐奥尔科夫斯基以嶄新的科学論据奠定了星际航行这門科学的基础。他在自己的著作里以最肯定的語句說：“人类不会永远留在地球上，而是要探索宇宙和空間，起初会小心翼翼地越出大气层的范围，然后大胆地征服太阳附近的全部空間”。齐奥尔科夫斯基并提出了一系列实现星际航行的設計方案，后来世界各国不少科学家和工程师都根据了他的光輝思想，致力于这一偉大工作的研究。

实现星际航行的公認工具是高速的火箭，但是在火箭的利用方面也曾出現过两个困难：第一，星际航行的旅程是漫长的，要作这种空前的长途旅行必須使火箭帶有巨量的燃料。但是这样就要使火箭的重量增加，因而也会影响火箭的速度（以

后我們就会知道火箭如果不具备最起码的速度——每秒鐘11.2公里，就不能作为星际航行的工具)。第二，火箭以每秒鐘11.2公里的速度从地球起飞也是有困难的，因为这样将会因摩擦而产生惊人的热量和空气对火箭的压力，而热和压力会使火箭的结构变形，因此会阻碍火箭的繼續运动。

人造卫星的出現就能較完美地解决这两个困难，这要比从火箭本身考虑改进有效得多，解决的办法是这样的：在离地球几百公里的地方安置一个人造卫星，从地面起飞的火箭可以帶少量的燃料、以不大的速度飞到这个人造卫星上。在那里火箭能够补充燃料，然后以规定的速度飞向預定的目标——月球、金星或者火星，因为在人造卫星居留的高空中，空气已經很为稀薄了，火箭的高速飞行将不会产生坏的影响。

所以人造卫星象是从地球到另一个星球的跳板，也象是宇宙大海中的碼頭。人造卫星的研究使星际航行的理想有可能提早实现，而星际航行的发展不仅有助于人类生活領域的扩展，而且将大大地改善科学研究的条件。星际航行实现后，科学家就可以远远地离开地球到辽闊无边的太空中去寻求新知識；无限广大的宇宙将是人类生活和知識的偉大源泉。

人造衛星怎样運動？

從一个簡單的現象談起

如果把盛水的水桶快速地旋轉，水桶中的水不会往外潑，

即使是水桶在这个人的頭頂上翻身掠過，桶里的水也一滴都不會潑出來（圖 1）。

學過一些物理學的人都知道一切物體都有一種共同的天性：它們在靜止的時候，喜歡老是保持安靜；而在運動的時候卻喜歡繼續運動，這種現象在物理學上叫做“物體的慣性”。如果水桶在靜止的時候把它翻一個身，水就會向外流出，因為這時水受到地心引力作用的原故。如果水桶作着急速的旋轉，桶中的水便因慣性而產生離心力，這個離心力可以與地心引力平衡，這樣水就不會向外潑了。



圖 1. 旋轉着的水桶不會有水潑出來

在解釋行星運動的時候常常要用到這個簡單的道理。月亮為什麼不被地球吸下來呢？因為月亮繞着地球旋轉，旋轉時所產生的慣性離心力與地球對它的吸引力互相抵消了，所以它能夠按一定的軌道終年繞着地球旋轉。

人造衛星所以能繞着地球轉而不一下子就落下來，也就是這個道理。人們製造了一個小天體，用人工方法把它送上天空。在空氣很稀薄的高空中，這個小天體受到極小的阻力，它能夠按照原來的運動樣式不斷地繞着地球旋轉。這樣的小天體便成了地球的人造衛星。

要使人造衛星不落到地球上來，必須有足夠的離心力來支持它，這就是說人造衛星要有很高的初速度。正如水桶里的水

一样，如果水桶轉得很慢，以致离心力不能与地心引力平衡，水就不免要从桶中傾泻出来了。

擺脫地球的束縛

人造卫星究竟怎样克服地球引力的呢？

地球是一个管教极严的“長輩”，它把它上面的一切东西都用力紧紧地束縛着，对于大的物体用大的力拉着，对于小的物体則用小的力拉着。在它上面的物体，要作平面活动倒还方便，但是如果要向高空飞，那是困难重重的。地球的引力使人們每上升一公里都要付出巨大的代价。

几百年以前，人类对地球引力是毫无办法的。离头頂只有一、二公里高飄浮着白云的所在，对于人們來說就好象已經是高不可攀的天堂。直到1804年，才有人乘着新发明的气球飞到这种地方去觀賞云彩。以后就出現一次又一次的为高度而斗争的飞行，不少勇敢的飛行員在这个斗争中丧失了生命。經過了人們一百多年的努力，到目前为止，最新式的飞机还只能把旅客送上十多公里的空中。这个高度与地球的直径相比（地球的直径約有12,700公里）显得多么微不足道啊！

地球对物体的引力，就表现出物体本身的重量。在地球表面的物体所受到的引力，是这个物体的质量和地球表面重力加速度的乘积。所以一个物体如果要脱离地球，就必须摆脱地球引力的束縛，也就是說要做大量的功来克服地球的引力。物理学家的計算結果告訴我們：一个单位質量（一克重）的物体要从地球表面脱离地球引力的束縛，要做的功恰好是地球表面的重力加速度和地球半徑的乘积。地球表面的重力加速度等于981

厘米/秒²，地球的半徑是 6,360 公里，即 636,000,000 厘米。这个能量約等于 62,500 焦耳，是十分巨大的。如果在一秒鐘內用完这些能量，就可以同时点亮六百多只 100 瓦特的电灯泡。而且要特別注意这些能量仅仅是使一克重(只有两粒魚肝油丸那样重!)的物体脱离地球的引力范围。一些重量很大的物体要脱离地球，所要作的功真是令人吃惊的：使 1 公斤重的物体脱离地球，必須用掉 4,000 公斤左右的石油才能达到目的；要将一架 10 吨重的火箭送出地球的引力范围，必須消耗 40,000 吨石油燃料。

一般說来，把物体从地球表面送到地球引力区域以外，主要有两种方法。第一种方法是使物体受到繼續不断的力的作用，以緩慢而均匀的速度移动。不过这种方法既要耗費大量能量而实际上又很难做到的。上面所举的例証就足以說明这一点。第二种方法是一次給物体以足够的能量，使它达到某个高速度，物体凭着这个高速度一下子便可以冲出地球的引力范围。物体有了这个速度便可以永远脱离地球到宇宙空間去寻找另外的安居地方。

物体离开地面后不外乎有三种情况：(1)物体的速度还不够大，但是它在高空繞地球旋轉时所产生的离心力已經足以与地球对它的吸引力相平衡，可以象月亮一样繞着地球旋轉。这个速度称为“第一宇宙速度”(或称“环繞速度”)。根据理論計算，第一宇宙速度的数值等于每秒 7.9 公里或每小时 28,000 公里。

(2)如果物体的速度超过第一宇宙速度，那么它的离心力有可能大于地球引力，漸漸地物体能够完全摆脱地球引力的束

縛而飞向太空。物体剛好能摆脱地球引力束縛的速度称做“第二宇宙速度”。这个数值等于每秒 11.2 公里或每小时 40,000 公里。

(3) 如果物体的速度再增加，那么不但能够使物体更容易地脱离地球，并且当速度达到每秒 16.5 公里时（即每小时 59,000 公里）物体能摆脱太阳系恒星的吸引，飞到别的恒星世界去。这个速度称作“第三宇宙速度”。

实际上，人造卫星相当于上面所说的第一种情况。当我们使一个人造的小天体达到每秒 7.9 公里的速度时，这个天体就可以成为离地球不远的卫星，靠着自己的惯性继续不断地环绕地球旋转。如果你问为什么这个小天体没有能量供应也能继续飞行而不掉下来，那么请你想一下，为什么月亮不会掉到地球上呢？

要达到星际旅行的目的，那就必须使物体具有第二宇宙速度，只有这样才能使火箭船开往月亮、金星或火星。如果人们掌握了每秒 11.2 公里的速度，在太阳系中的旅行就一定能够实现。虽然要达到这个速度在目前还有些困难，但是可以预计在很近的将来完全有把握解决它。

假如有一天人们掌握了第三宇宙速度，人类的活动世界将有什么样的意想不到的改变呵！或许我们能在无边无际的宇宙中发现别的“太阳”，也可能在极遥远、极遥远的地方寻到从来没有看见过的奇奇怪怪的生物。

为提高速度而斗争，这将给我们的子孙带来无穷无尽的幸福，这是为开创新世界而作的斗争。

人造衛星繞地球的航綫

人造衛星在地面獲得了足夠的速度——第一宇宙速度，冲出地面幾百公里甚至 1,000 公里以上，進入規定的空間以後（實際上人造衛星不能在地面上立刻得到每秒 7.9 公里的速度，這還要依靠別的推進設備來解決，這裡暫且假定人造衛星已經具有了第一宇宙速度），它將以怎樣的航綫繞地球飛行呢？大約有那幾條航綫可以走呢？

選擇人造衛星航綫的原則是：它的飛行路徑必須在通過地球中心的平面上。所以人造衛星與普通的飛機不同，它不能選取任意的飛行路徑，而只能按照圓形的或橢圓形的軌道環繞着地球旋轉。一切繞地球旋轉的物體，不論與地球的赤道平面的交角是多少，它們只能在經過地球中心的平面上飛行。所以通常人造衛星不會沿着地球的等緯度綫飛行；唯一的一條緯度為零的赤道航綫是允許的。

按照上面的航綫選取原則，大致能夠確定人造衛星的三種航行路綫（圖 2）。航綫甲通過地球的南北極上空，這種航綫是略呈橢圓形的。人造衛星沿着這條航綫運動，將經過地球上空各種高度不同的地方，並且和地球的所有緯綫相交。這樣人造衛星

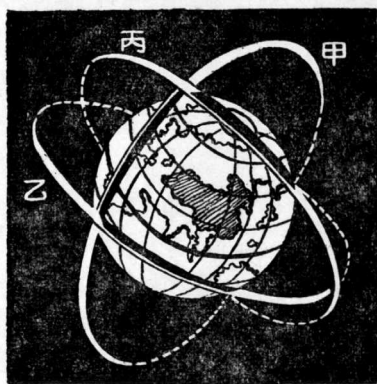


圖 2. 人造衛星的航綫

每繞地球旋轉一圈，將在地球表面各個不同地段的上空飛行，進入地球周圍空間的不同位置。選擇這種航綫對於研究地球特別有利。航綫乙是位於地球的赤道平面內，讓人造衛星依照地球的自轉方向運動是最簡單的事情，這時候還可以利用在赤道上地球表面的綫速度，這個速度也有每秒 0.5 公里不到些。也可以使人造衛星斜繞着地球運動（如航綫丙），由於地球的自轉是由西向東的，所以選擇這種航綫時，人造衛星每繞地球旋轉一次後，航綫就會向西移動一定的距離。

根據目前的情況，科學家們還不能精密地推算出人造衛星的實際航綫。因為如果要充分精確地決定衛星的飛行路綫，必須估計到許多複雜的因素，例如太陽、月亮和其他星球對人造衛星的吸引力就是一個很難準確知道的“謎”；高空大氣的急劇變化對人造衛星的影響很大，而這種變化的規律到現在還沒有掌握；甚至地球各處不同的密度、連綿的山脈、寬闊的海洋都會微微地使人造衛星的運動航綫發生變化。

假使人造衛星在 2,000 公里以上的高空中繞地球旋轉，那就有可能永遠不落入大氣層。然而目前只能使人造衛星在几百公里的高空中運動。那里的大氣雖然要比地球表面稀薄得多（只有地球表面密度的數十萬萬分之一），而一些最微弱的大氣阻力也會使人造衛星的航綫慢慢地向地球彎曲，最後終會使它落入大氣層而燒掉。在離地面三、五百公里空中運行的人造衛星可以維持三、四個月；而如果把人造衛星送到 1,000 公里左右的高空中，這個衛星就可以繞地球旋轉一年以上，因此，越送得高的人造衛星越使我們感到興趣。

沿着圓軌道运动的人造衛星

人造衛星以正圓的軌道繞地球轉動，實際上是難能精確做到的*。不過由於正圓軌道比較容易設想，討論起來也最能理解，因而仍舊有必要來談談，何況由此所得出的結論也能較準確地應用到其他情形中去。

人造衛星的運動速度和繞地球的周期取決於飛行的高度。如果不計空氣的阻力，在地球的表面附近發射人造衛星必須達到第一宇宙速度——每秒 7.9 公里；這樣的人造衛星繞行地球空間一周所需要的時間是 1 小時 24 分 25 秒。這個時間稱做衛星的“環繞周期”或者“運轉周期”。

增加人造衛星的發射高度，能夠使它的運動速度稍為減慢些。離開地面愈遠，地球的引力就愈小，因此衛星即使具有較小的速度也可以產生與地球引力相平衡的離心力。另一方面，高度增加以後，人造衛星在空間運行的路綫拉長了，而運轉一次（即是繞地球一圈）所需要的時間也要相應地增加。所以總的說起來，人造衛星發射得愈高，則運動也就愈慢。

表 1 列出人造衛星在不同高度時所需的環繞速度和運轉周期。這裡必須講一下所謂“零級衛星”的意義。

零級人造衛星是指沿着地球赤道綫**飛行、高度為零（貼着

* 只有當人造衛星的速度的準確地等於每秒 7.9 公里時，軌道才是一個正圓。

** 因為地球是個橢圓球體，以赤道平面上半徑為最大，所以在理論上，零級衛星應以赤道綫作為高度等於零的基綫。也有些人以地球的平均半徑來定零級衛星的基綫，這樣做是不確當的，因為地球的平均半徑小於赤道地方的半徑，人造衛星就不可能按平均半徑作環繞地球的圓周運動，因而即使在理論上作這種定義也是很牽強的。

地面运动)的卫星。显然,这只有在理論上可以作这样的假定,而实际上是不可能的。但是作这样的假定在实际上也是有好处的,它可以使我們从比較的观点上来認識人造卫星的运动性質。例如在 1,000 公里空中飞行的人造卫星,其环繞速度是零級卫星的 92.97%,这时卫星的运轉周期是零級卫星的 124.4%,即运动一周的时间拖长了 24.4%。

表 1 人造卫星的飞行高度与环繞速度及运轉周期的关系

卫星的飞行高度(公里)	环繞速度(公尺/秒)	与零級卫星环繞速度的比值	运轉周期			与零級卫星运轉周期的比值
			小时	分	秒	
0	7,912	100.00	1	24	25	100.0
200	7,791	98.47	1	28	25	104.7
300	7,732	97.72	1	30	27	107.1
400	7,675	97.00	1	32	29	109.6
500	7,619	96.30	1	34	32	112.0
1,000	7,356	92.97	1	45	2	124.4
2,000	6,903	87.25	2	7	9	150.6
3,000	6,525	82.47	2	30	31	178.3
4,000	6,203	78.40	2	55	17	207.6
5,000	5,924	74.87	3	21	12	238.3
6,000	5,679	71.77	3	48	18	270.4
6,378	5,595	70.71	3	58	47	282.8
7,000	5,463	69.05	4	16	31	303.8