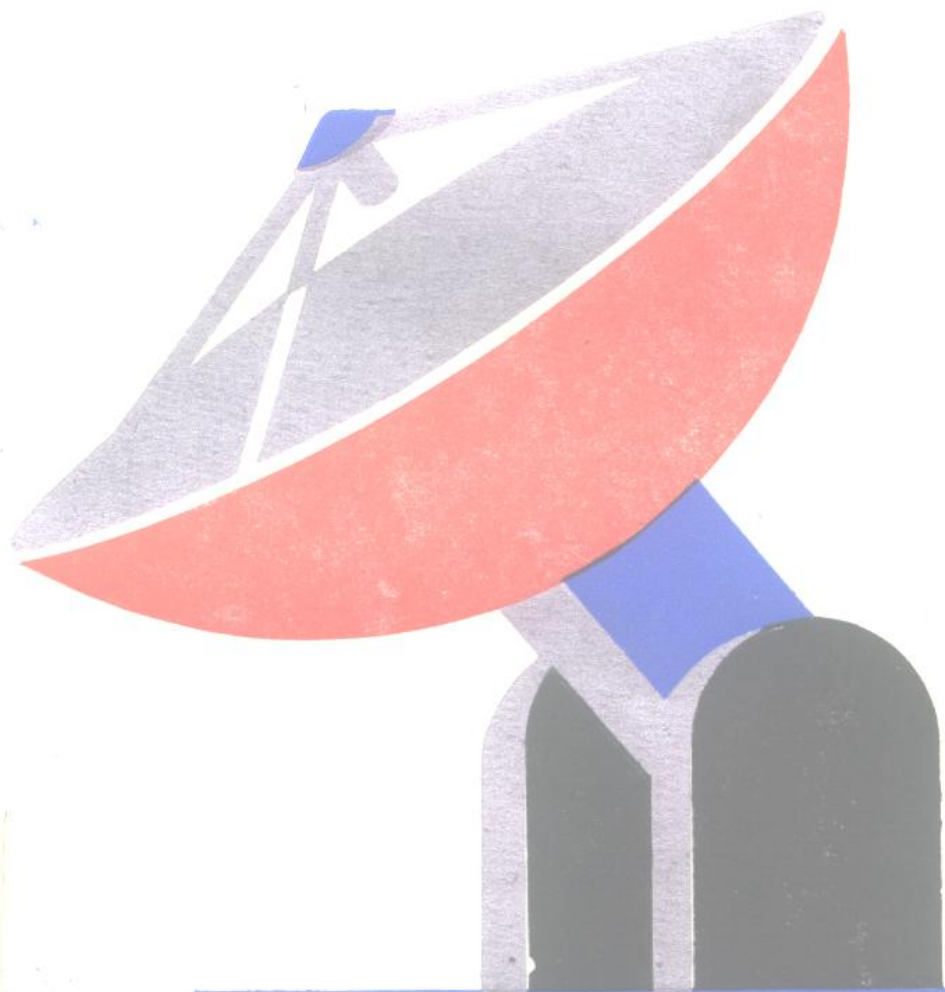


VSAT

小型站卫星通信系统

王秉钧 编著



天津科学技术出版社

163

73.6662
125

天津市自然科学基金资助课题

VSAT 小型站卫星通信系统

王秉钧 编著

天津科学技术出版社

9210195

津新登字(90)003号

责任编辑: 宋淑萍

VSAT
小型站卫星通信系统

王秉钧 编著

*

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道130号

天津新华印刷一厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本850×1168毫米 1/32 印张7.75 字数194 000

1992年6月第1版

1992年6月第1次印刷

印数: 1-2 000

ISBN 7-5308-1058-8/TN·12 定价: 6.80元

内 容 提 要

本书在扼要介绍卫星通信基本理论的基础上,全面、深入、系统地讲述了小型地球站(VSAT)卫星通信网的基本原理、关键技术、系统设计和未来发展等问题。全书共分五章:绪论、卫星通信的通信体制、VSAT卫星通信网、VSAT数据通信网多址协议、VSAT卫星数据通信网的系统设计与未来发展。

本书内容丰富、取材新颖、理论联系实际。书中提供了许多典型系统实例和系统参数。可供从事通信工程、无线电技术、计算机通信和信息系统等有关专业的工程技术人员、科技工作者阅读,也可供大专院校作为教材或教学参考书。

前 言

VSAT是一种新兴的卫星通信新领域。它的出现是80年代一系列先进技术综合利用的结果。由于它可以直接安装于用户处,并能提供高质量的数据、语音、图象及其它综合业务,较好地满足了现代通信发展的需要,能更充分地发挥卫星通信的优点,建立直接面向用户、面向家庭、甚至面向个人的通信系统,是对传统卫星通信方式的重大突破和发展。因此,自80年代中期出现第一个VSAT系统以来,短短几年内,便在世界范围内出现了一个十分引人注目的应用高潮。目前世界各主要国家和地区已建立了许多VSAT专用网和公用网。其应用范围之广涉及到国民经济的各个部门。从它的应用现状、发展速度和发展前景来看,它已成为现代卫星通信的一个重要分支。几年来国内也建成了几种VSAT系统,并有更快发展的势头。目前国内外对VSAT网的研究与开发方兴未艾,新的系统不断涌现。人们预料,就象个人计算机的出现推动着计算机的普及和应用一样,VSAT将推动着卫星通信的蓬勃发展。但是,目前国内尚无系统地介绍这一技术的书籍,因此作者在总结近几年从事这方面的研究和教学工作成果的基础上编写了此书,以供读者需要。

本书共分五章:第一章介绍卫星通信系统的原理、组成、通信卫星、地球站、工作频段、链路计算等基本问题。第二章介绍卫星通信体制,着重讨论多址联接与信道分配。并对调制制度、数字语音编码、差错控制、回波抵消等技术作了阐述。第三章系统介绍VSAT卫星通信网的基本原理、业务类型、网络结构、交换方式、网络管理、传输体制等基本问题,并介绍了目前世界上流行的几种典型系统实例。第四章详细讨论了VSAT数据卫星通信网的多址协议和性能分析,包括第一代VSAT系统中采用的协

议和正在研究中的一些新型协议。第五章讨论了VSAT网的分析模型和系统设计，并对下一代VSAT网的特点和未来发展作了较深入的讨论。

本书由天津市通信学会组稿，王秉钧同志编著，徐季强同志参加了第二章的部分编写工作。在编写过程中得到吴慕龙、武恺、朱德生、李双玺等同志的热情支持和帮助。在此，一并深表感谢。

由于作者水平有限，书中难免有缺点和错误，恳请读者批评指正。

编著者

1990年

目 录

第一章 绪论	(1)
一、卫星通信的基本概念	(1)
二、卫星通信的特点	(3)
三、卫星通信系统的组成	(5)
四、通信卫星	(7)
五、通信地球站	(16)
六、卫星通信工作频段	(21)
七、卫星通信链路计算	(25)
第二章 卫星通信的通信体制	(35)
一、卫星通信体制概述	(35)
二、频分多址 (FDMA) 方式	(49)
三、时分多址方式 (TDMA) 方式	(62)
四、码分多址方式 (CDMA) 方式	(72)
五、ALOHA方式	(75)
第三章 VSAT卫星通信网	(80)
一、VSAT卫星通信网的基本概念及其特点	(80)
二、VSAT网的组成及工作原理	(81)
三、小型卫星地球站的主要类型及特点	(88)
四、业务类型及应用	(92)
五、网络结构及组网形式	(97)
六、VSAT网中的交换	(105)
七、VSAT网的数据通信规程	(106)
八、VSAT网中的网络管理	(109)
九、VSAT网主要通信体制及典型实例	(113)

第四章 VSAT数据通信网多址协议	(142)
一、概述	(142)
二、固定分配多址	(146)
三、争用/随机多址协议.....	(147)
四、预约/可控多址.....	(157)
五、VSAT协议的性能比较	(161)
第五章 VSAT卫星数据通信网的系统设计与未来发展	(180)
一、卫星通信系统设计的一般任务	(180)
二、VSAT卫星数据通信系统调制与编码方式选择	(182)
三、VSAT卫星数据通信系统基本设备概述	(183)
四、VSAT网的分析模型	(190)
五、VSAT网的系统设计	(198)
六、VSAT网的未来发展	(208)
主要参考文献	(231)

第一章 绪 论

一、卫星通信的基本概念

卫星通信，是指利用人造地球卫星作为中继站转发或反射无线电波，在两个或多个地球站之间进行的通信。这里地球站是指设在地球表面（包括地面、海洋和大气中）上的无线电通信站。而用于实现通信目的的这种人造卫星叫作通信卫星。

目前，绝大多数通信卫星是地球同步卫星。这种卫星的运行轨道是赤道平面内的圆形轨道，距地面约36000km。它运行的方向与地球自转的方向相同，绕地球旋转一周的时间，即公转周期恰好是24小时，和地球的自转周期相等，从地球上看去，如同静止一般，故叫静止卫星。所以静止卫星并不是说卫星真的静止不动，而是与地球同步运行，故又叫同步卫星。由静止卫星作中继站组成的通信系统称为静止卫星通信系统或称同步卫星通信系统，本书主要讨论的就是这种卫星通信系统。

图1-1是静止卫星与地球相对位置的示意图。从卫星向地球引两条切线，切线夹角为 17.34° 。两切点间弧线距离为18101km，可见在这个卫星电波波束覆盖区内的地球站均可通过该卫星来实现通信。若以 120° 的等间隔在静止轨道上配置三颗卫星，则地球表面除了两极区未被卫星波束覆盖外，其它区域均在覆盖范围之内，而且其中部分区域为两个静止卫星波束的重叠地区，因此借助于在重叠区内地球站的中继（称之为双跳），可以实现在不同卫星覆盖区内地球站之间的通信。由此可见，只要用三颗等间隔

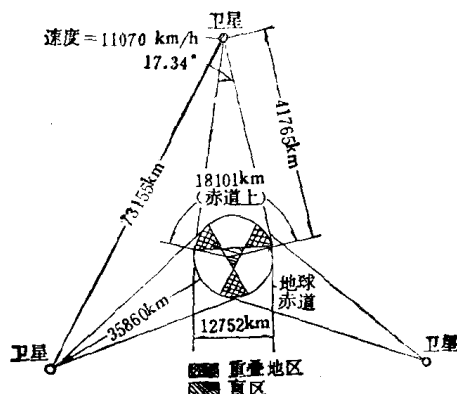


图1-1 静止卫星配置的几何关系

配置的静止卫星就可以实现全球通信，这一特点是任何其它通信方式所不具备的。目前国际卫星通信组织负责建立的世界卫星通信系统（INTELSAT），简称IS，就是利用静止卫星来实现全球通信的，静止卫星所处的位置分别在太平洋、印度洋和大西洋上空。它们构成的全球通信网承担着80%的国际通信业务和全部国际电视转播。

除了上述能覆盖1/3地球表面的全球波束（又叫覆球波束）之外，对于固定卫星业务和陆地卫星业务，事实上只要保证覆盖陆地即可，没有必要覆盖海洋。对于区域通信或国内通信，也只要要求卫星能覆盖特定地区。因此，可以根据特定业务的需要来设计卫星天线，因而出现了半球波束、区域波束、国内波束、点波束以及形形色色的覆盖特定区域的成形波束。这样的波束较全球波束窄，可以提高卫星的有效辐射功率，因而增加系统容量。或者说，在系统容量不变的情况下，可减小地球站天线口径，因而增加地球站的机动性和灵活性，使地球站更加接近用户或直接装于用户处，从而缩短或取消地球站与用户之间的引接电路。此外，利用点波束在地理位置上的分割、扫描等还可实现空分多址、频率再用以及其它特殊用途。这将在以后几章再详细讨论。

二、卫星通信的特点

1. 与其它通信手段相比的主要优点

(1) 通信距离远, 且费用与通信距离无关: 由图1-1可见, 利用静止卫星, 最大通信距离达18000km左右。而且建站费用和运行费用不因通信站之间的距离远近及两站之间地面上的自然条件恶劣程度而变化。这在远距离通信上, 比地面微波中继、电缆、光缆、短波通信等有明显的优势。除了国际通信外, 在国内或区域通信中, 尤其对边远的城市、农村和交通、经济不发达的地区, 卫星通信是极其有效的现代通信手段。

(2) 覆盖面积大, 可进行多址通信: 许多其它类型的通信手段, 通常只能实现点对点通信。例如地面微波中继线路只有干线或分支线路上的中继站方能参与通信, 不在这条线上的点就无法利用它进行通信。而卫星通信由于是大面积覆盖, 在卫星天线波束覆盖的整个区域内的任何一点, 都可设置地球站, 这些地球站可共用一颗通信卫星来实现双边或多边通信, 即进行多址通信。

由于卫星覆盖区域很大, 而且在这个范围内的地球站基本上不受地理条件或通信对象的限制。有一颗在轨道上的卫星, 就相当于在全国铺设了可以通过任何一点的无形的电路, 因此使通信线路具有很大的灵活性。

(3) 通信频带宽、传输容量大, 适于多种业务传输: 由于卫星通信使用微波频段, 信号所用带宽和传输容量要比其它频段大得多。目前, 卫星带宽可达500—1000MHz以上。一颗卫星的容量可达数千路以至上万路电话, 并可传输高分辨力的照片和其它信息。如IS-V号卫星可通12000路双向电话和两路彩色电视。

(4) 通信线路稳定可靠, 通信质量高: 卫星通信的电波主要是在大气层以外的宇宙空间传输, 而宇宙空间是接近真空状态的, 可看作是均匀介质, 电波传播比较稳定。同时它不受地形、地物如

丘陵、沙漠、丛林、沼泽地等自然条件影响，且不易受自然或人为干扰以及通信距离变化的影响，故通信稳定可靠，传输质量高。

(5) 机动性好：卫星通信不仅能作为大型地球站之间的远距离通信干线，而且可以为车载、船载、地面小型机动终端以及个人终端提供通信，能够根据需要迅速建立同各个方向的通信联络，能在短时间内将通信网延伸至新的区域，或者使设施遭到破坏的地域迅速恢复通信。

由于卫星通信具有上述这些突出的优点，二十多年来获得了迅速的发展，成为强有力的现代化通信手段之一。应用范围极其广泛，不仅用于传输话音、电报、数据等，且由于卫星所具有的广播特性，也特别适用于广播电视节目的传送。

2. 静止卫星通信存在的某些不足

(1) 两极地区为通信盲区，高纬度地区通信效果不好。

(2) 卫星发射和控制技术比较复杂。

(3) 存在日凌中断和星蚀现象。即每年春分和秋分前后数日，太阳、卫星和地球共处一条直线上，当卫星处在太阳和地球之间时，地球站天线对准卫星的同时，也会对准太阳，这时因太阳干扰太强，每天有几分钟的通信中断。这种现象通常称为日凌中断。而当卫星进入地球阴影区时，造成了卫星的日蚀，称作星蚀。在星蚀期间，卫星靠蓄电池供电。由于卫星重量限制，星载电池除维持星体正常运转需要外，难以为各转发器提供充足的电源。

(4) 有较大的信号传播延迟和回波干扰。在静止卫星通信系统中，从地球站发射的信号经过卫星转发到另一地球站时，单程传播时间约为0.27秒。进行双向通信时，一问一答往返传播延迟约为0.54秒。通话时给人一种不自然的感觉。此外，如果不采取特殊措施，由于混合线圈不平衡等因素还会产生“回波干扰”，即发话者0.54秒以后会听到反射回来自己的讲话回声，成为一种干扰。这是卫星通信的明显缺点。为了清除或抑制回波干扰。地球站要增设回波抵消或抑制设备。

三、卫星通信系统的组成

卫星通信系统由空间分系统、通信地球站、跟踪遥测及指令分系统和监控管理分系统等四大功能部分组成，如图 1-2 所示。其中跟踪遥测及指令分系统对卫星进行跟踪测量，控制其准确进入静止轨道上的指定位置，并对在轨卫星的轨道、位置及姿态进行监视和校正。监控管理分系统对在轨卫星的通信性能及参数进

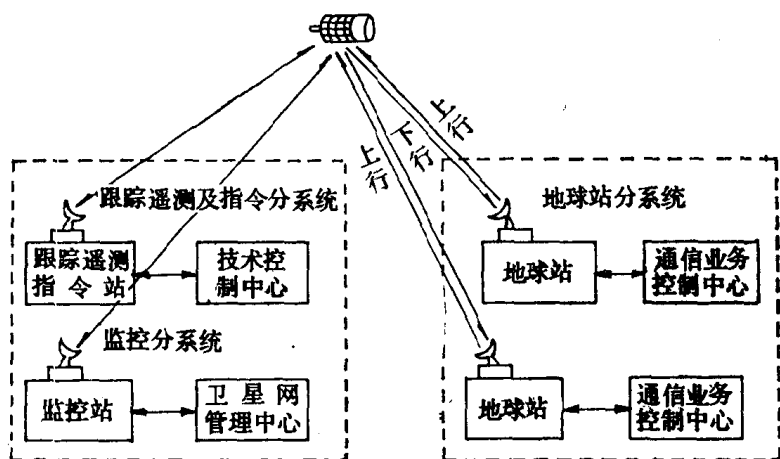


图1-2 卫星通信系统的基本组成

行业务开通前的监测和业务开通后的例行监测和控制，以便保证通信卫星的正常运行和工作。空间分系统是指通信卫星，主要由天线分系统、通信分系统（转发器）、遥测与指令分系统、控制分系统和电源分系统等组成，如图1-6所示。各部分的功能下边再作介绍。地面跟踪遥测及指令分系统和监控管理分系统与空间相应的遥测与指令分系统及控制分系统并不直接用于进行通信，而是用来保障通信的正常进行。

一个卫星通信系统包括许多通信地球站。由发端地球站、上行线传播路径、卫星转发器、下行线传播路径和收端地球站组成

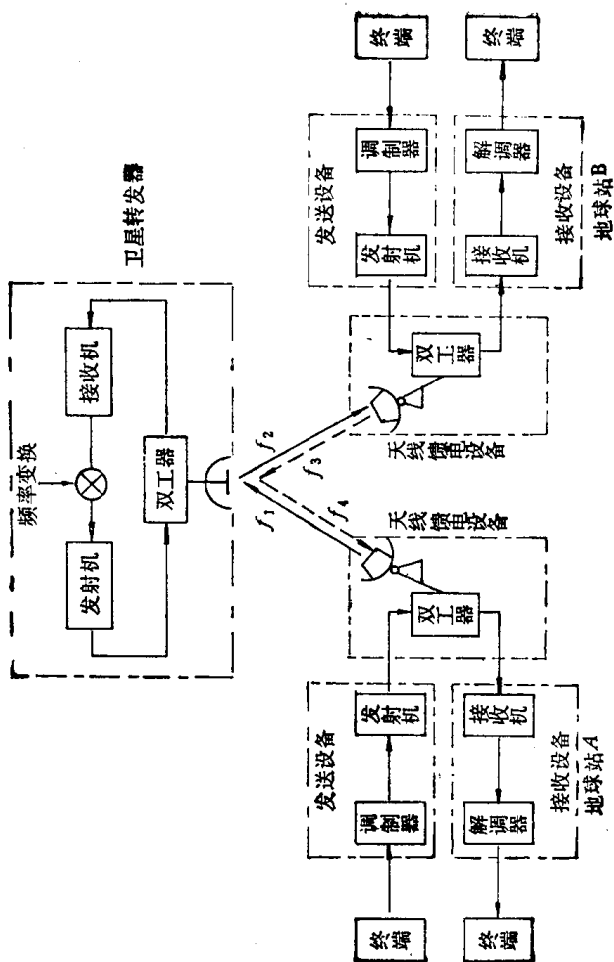


图1-3 卫星通信线路组成方框图

卫星通信线路，直接用于进行通信。其构成框图如图1-3所示。为了进行双向通信，每个地球站均应包括发送和接收设备。由于收、发共用一副天线，故要用双工器将收、发信号分开。对于较大的地球站，一般设在城市郊外，各用户先通过市内通信线路，再经地面微波中继线路或同轴电缆线路与地球站连接起来。对于设在市内的较小地球站来说，就不需要利用地面微波或同轴电缆线路，而直接与市内通信线路连接。对于小用户站则可直接设在用户终端处。地球站规模的大小和设置地点，取决于通信系统的用途和要求。

四、通信卫星

通信卫星是卫星通信系统中最重要的组成部分。因此，本节我们首先简要介绍一下人造卫星的基本知识，然后着重讨论通信卫星的基本组成和功能。

（一）人造卫星的运行和发射

1. 速度条件和卫星轨道

1687年，牛顿从理论上阐明，要使地球上的物体变成“永远不落到地面”的人造卫星，关键是要给它足够的速度。

假设在距地面一定高度向水平方向发射一枚炮弹，则炮弹将沿一条弹道曲线飞出一段距离，然后落地。如果不考虑空气阻力，则发射速度越大，弹道曲线越平直，落地点越远。当在某个发射速度下，弹道曲线弯曲程度与地球表面弯曲程度一致时，则无论炮弹飞多远，离地面的高度总是不变的，从而成为环绕地球旋转的卫星。

从物理学可知，假设要使卫星绕地球作匀速圆周运动，则会

产生离心力 $F_l = m \cdot \frac{V^2}{R}$ ，其中 m 是卫星的质量， V 是所需要的速度， R 为卫星至地心的距离。根据万有引力定律，卫星所受到

的地球引力近似为 $F_2 = m \cdot g$ ，其中 g 为重力加速度。当两种力达到平衡时，卫星就沿着圆轨道运行，所以 $F_1 = F_2$ ，即：

$$m \cdot \frac{V^2}{R} = m \cdot g \quad (1-1)$$

于是： $V = \sqrt{R \cdot g} \quad (1-2)$

在地球表面 $R = 6.4 \times 10^6 \text{m}$ ， $g = 9.8 \text{m/s}^2$ ，代入上式，便得：
 $V \approx 7.9 \times 10^3 \text{m/s} = 7.9 \text{km/s}$ 。这就是通常所说的“第一宇宙速度”，又称“环绕速度”，这是从地球表面发射卫星所需的最低速度。如果发射速度大于 7.9km/s ，则卫星的轨道变得比地球表面平直，卫星越飞越远。但是，由于地球引力作用，卫星向前飞行过程中，速度逐渐降低，当到达某一位置时，速度降到最低值，此时卫星距地球最远。此后地球引力将迫使卫星返回，并使其速度不断加快，当回到初始位置时，速度又达到最大值，然后再次按上述轨道继续运行。这时，卫星的轨道不再是圆形，而变成椭圆形。发射速度越大，椭圆越扁越长，如图1-4所示。当发射速度达到 11.1km/s 时，椭圆可把地球和月亮都包括进来；如果继续增加，一旦够了 11.2km/s ，卫星将挣脱地球引力的束缚，不再环绕地球运行而变成绕太阳运转的人造行星。通常把 11.2km/s 的速度称为“第二宇宙速度”，又称“脱离速度”。从地面发射卫星，速度应介于 7.9km/s 与 11.2km/s 之间。如果发射速度再增加，当大到 16.7km/s （“第三宇宙速度”）时，卫星将脱

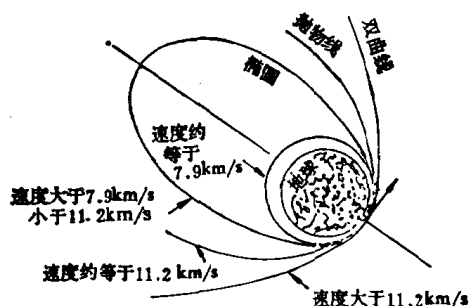


图1-4 卫星速度与轨道形状的关系

离太阳系，一去不复返。

上述环绕速度和脱离速度的数值，都是按照从地球表面进行发射计算的。但是，根据万有引力定律，物体间引力的大小，与它们之间距离的平方成反比。因此，卫星离地面越高，地球对卫星的引力越小，卫星的环绕速度和脱离速度也减小。如表 1-1 所示。但应指出，虽然轨道越高，卫星环绕速度越小，但要把卫星从地面送到较高轨道上的路程更长，克服地球引力和空气阻力耗功更多，所以发射高轨道卫星所需能量越大，从地面发射所需要的速度也越大。

表1-1 距地面不同高度的环绕速度和地面发射速度

距地面高度(km)	环绕速度(km/s)	从地面发射所需速度(km/s)
0	7.9	7.9
200	7.8	8.0
500	7.6	8.2
1000	7.4	8.4
5000	5.5	9.5
35800	3.1	10.8
∞	0	11.2

2. 卫星的摄动和静止轨道的有效利用

对于静止卫星来说，由于地球结构不均匀，月亮、太阳引力的影响，太阳辐射压力的影响等，使卫星运动的实际轨道不断偏离理想轨道，其位置按“ ∞ ”字形而漂移，这一现象称为摄动，为了克服摄动的影响，在静止卫星系统中必须采用位置保持技术，通常是通过点燃星上的小推进器（利用喷气燃料，如肼）来校正卫星位置。否则，若不进行漂移校正，卫星可能在一年内累积漂移几度。目前采用位置保持技术后，静止卫星轨道位置的定点精度约 $\pm 0.1^\circ$ ，换算成位置精度约为 $\pm 40\text{km}$ 。