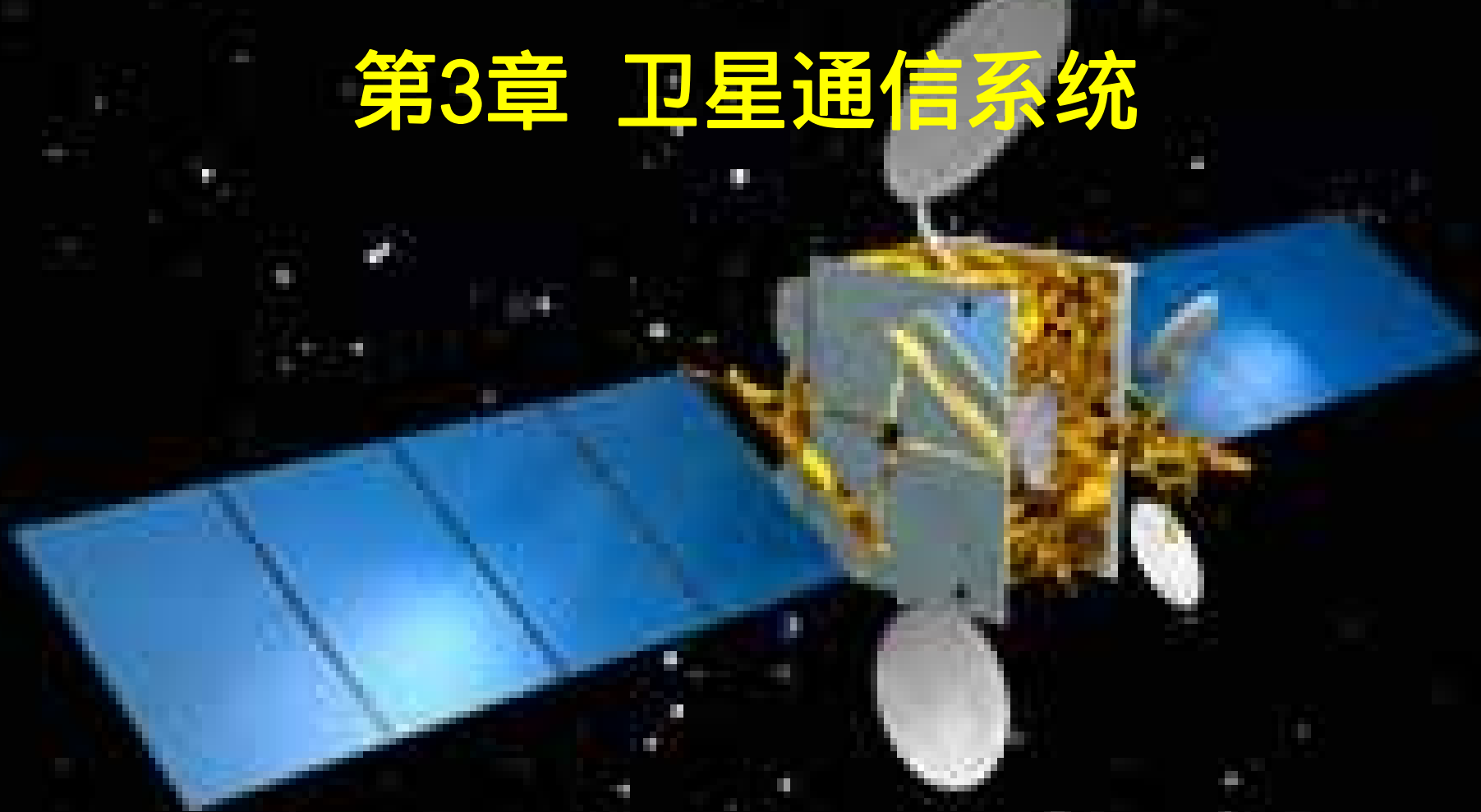


通信系统

第3章 卫星通信系统



第三章 卫星通信系统

- 3.1 卫星通信概述
- 3.2 卫星通信网结构
- 3.3 链路传输工程
- 3.4 多址技术
- 3.5 星载和地球站设备
- 3.6 VAST 系统
- 3.7 卫星移动通信系统
- 3.8 卫星定位系统





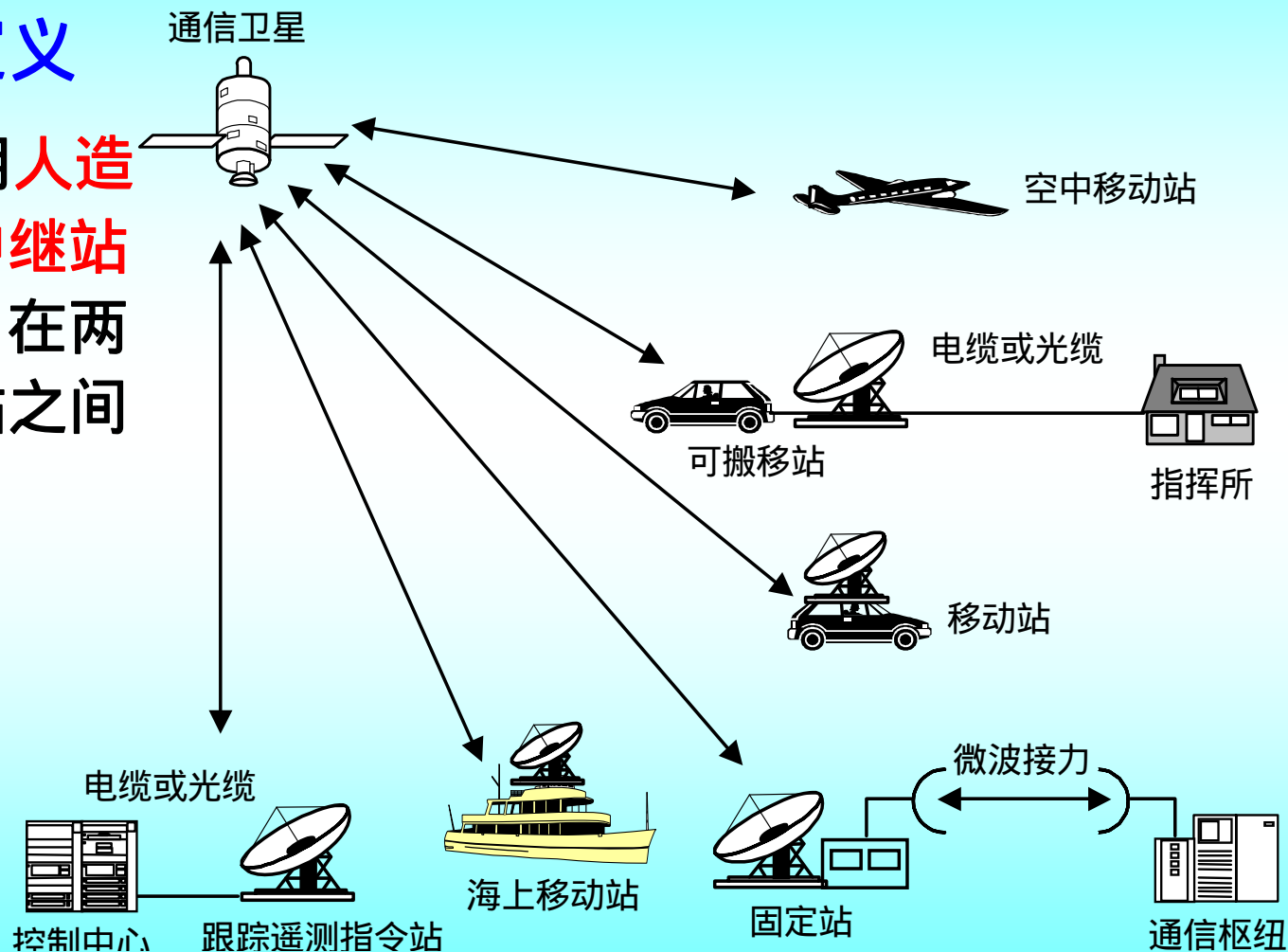
3.1 卫星通信概述

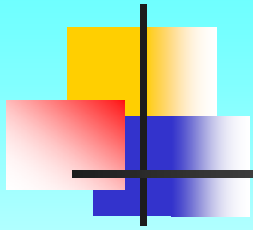
- 3.1.1 卫星轨道
- 3.1.2 系统的组成
- 3.1.3 频率分配
- 3.1.4 卫星通信的特点
- 3.1.5 卫星通信的发展

3.1.1 卫星轨道

1 卫星通信定义

是指利用**人造地球卫星**作为**中继站**转发无线电波，在两个或多个地球站之间进行的通信。





- **地球站**: 是指设在地球上(包括陆地、水上和大气层中)的无线电通信站。
- **通信卫星**: 指用于转发各地球站信号的人造地球卫星。
- **卫星通信**是在微波接力通信技术和航天技术的基础上发展起来的一门新兴的通信技术。它是地面微波接力通信的继承和发展，是微波接力通信向太空的延伸。

2 卫星轨道规律

卫星通常围绕地球作无动力飞行，其轨道近似于椭圆，运动规律服从开普勒(Kepler)定律。

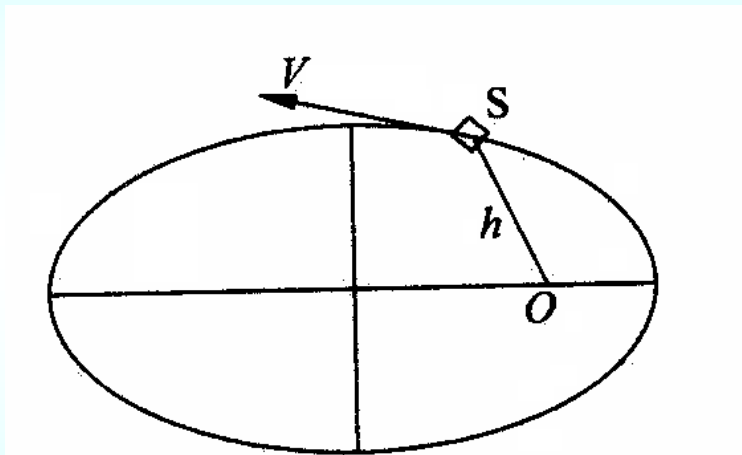
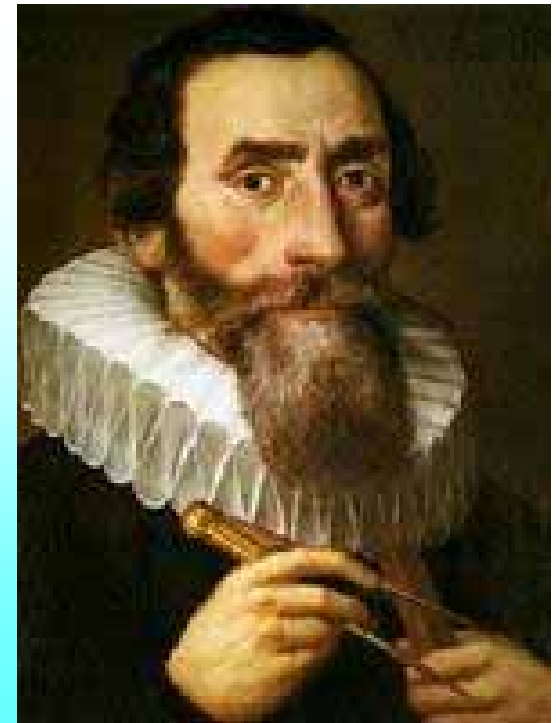


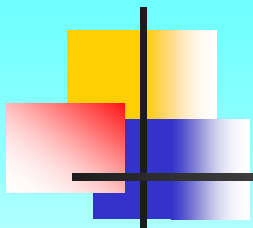
图 卫星轨道与 Kepler 定律

O : 地心

S : 卫星

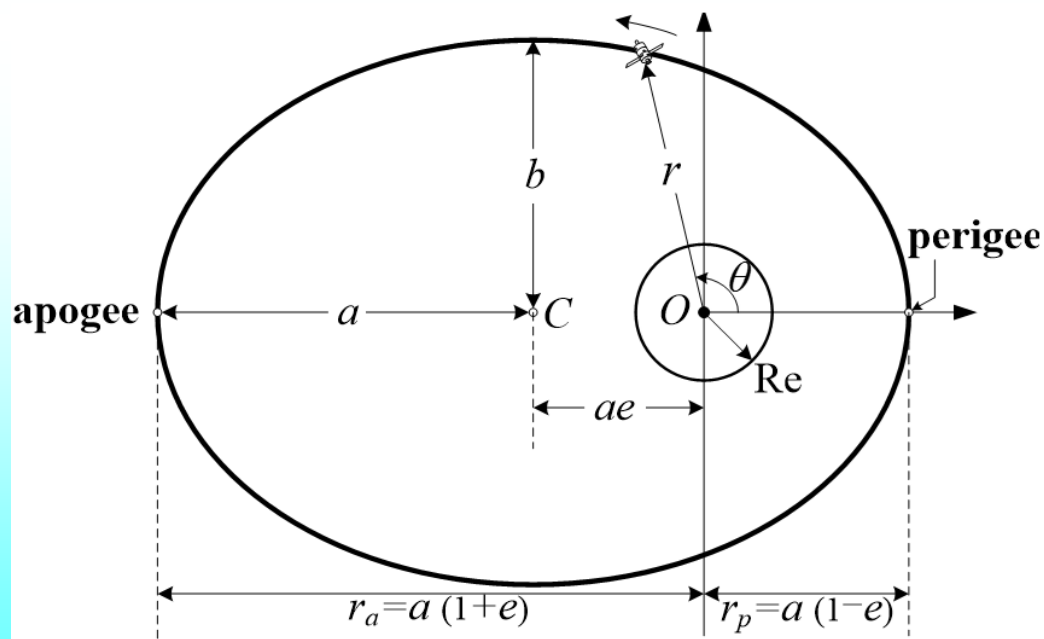
V : 卫星的轨道运行速度





开普勒第一定律(1602年)

也称**椭圆定律**：小物体（卫星）在围绕大物体（地球）运动时的轨道是一个椭圆，并以大物体的质心作为一个焦点



a:长轴
b:短轴
r:半径
e:偏心率

$$e = \sqrt{1 - (b / a)^2}$$

远地点 卫星轨道几何特性 近地点

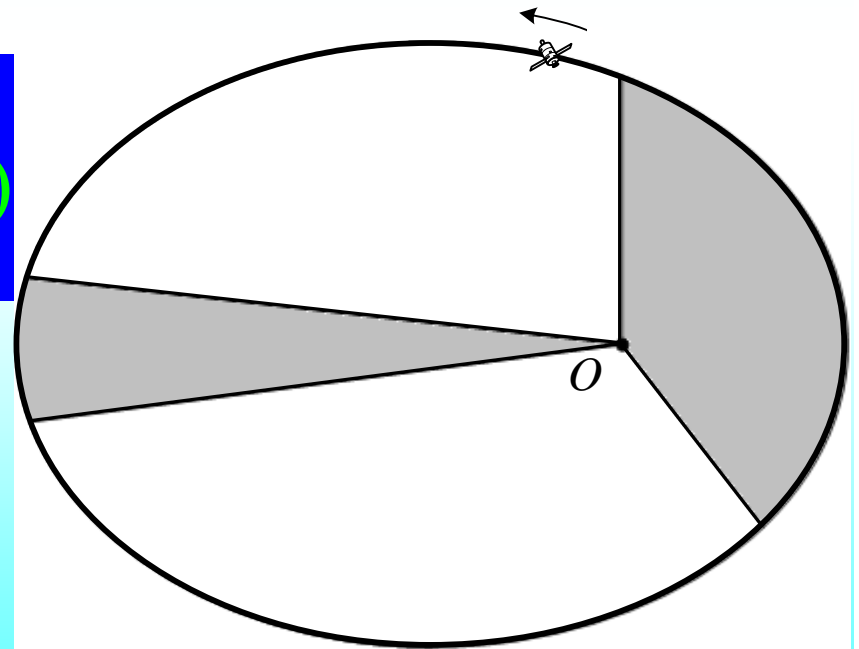
开普勒第二定律 (1605年)

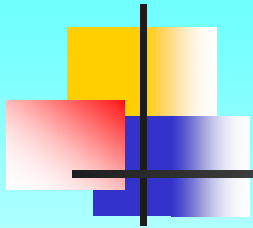
也称**面积定律**：小物体（卫星）在轨道上运动时，在相同的时间内扫过的面积相同；

这一定律实际揭示了行星绕太阳公转的角动量守恒。

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

其中： a 是半长轴，开普勒常数
 $\mu = 3.9861 \times 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2$





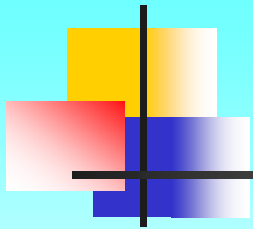
开普勒第三定律 (1618年)

也称**调和定律**：小物体（卫星）的运动周期的平方与椭圆轨道半长轴的立方成正比关系。

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{a^3}{\mu}}$$

a为半长轴， μ 为开普勒常数，取值 $398601.58\text{km}^3/\text{s}^2$ 。

可见：**卫星的轨道周期只与半长轴有关**，而与椭圆轨道的扁平度无关。



对于圆轨道，轨道半长径 a 为地球半径 R_e 与卫星高度 h 之和，此时：

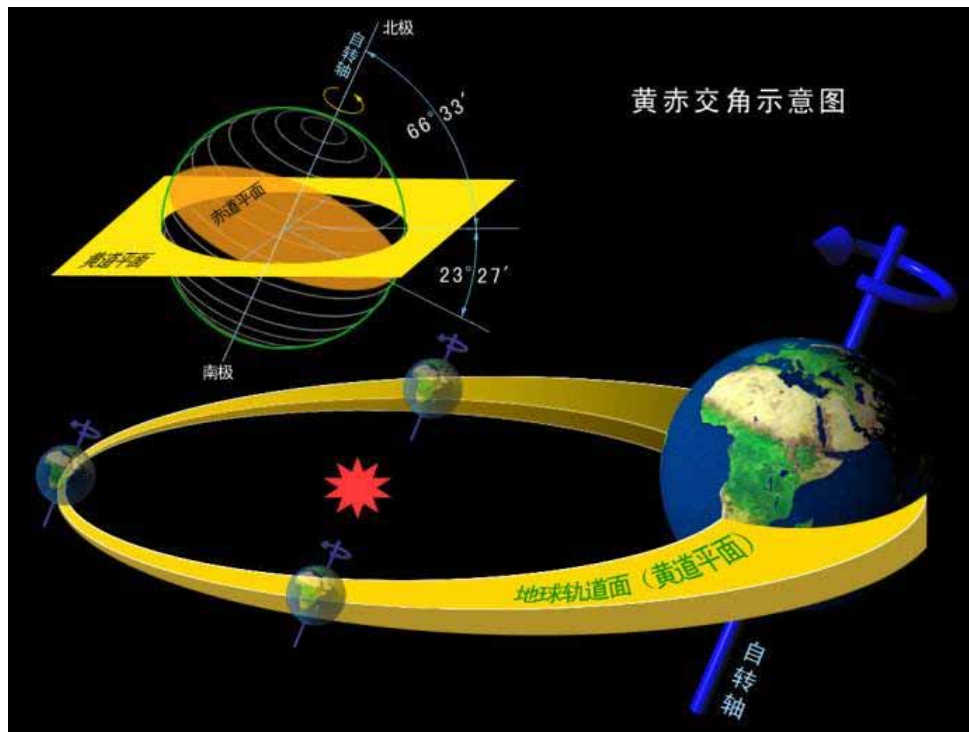
■ 卫星运行周期 P_s $P_s = 1.659 \times 10^{-4} (R_{\text{earth}} + h)^{3/2}$

P_s : 卫星运行周期，单位min；

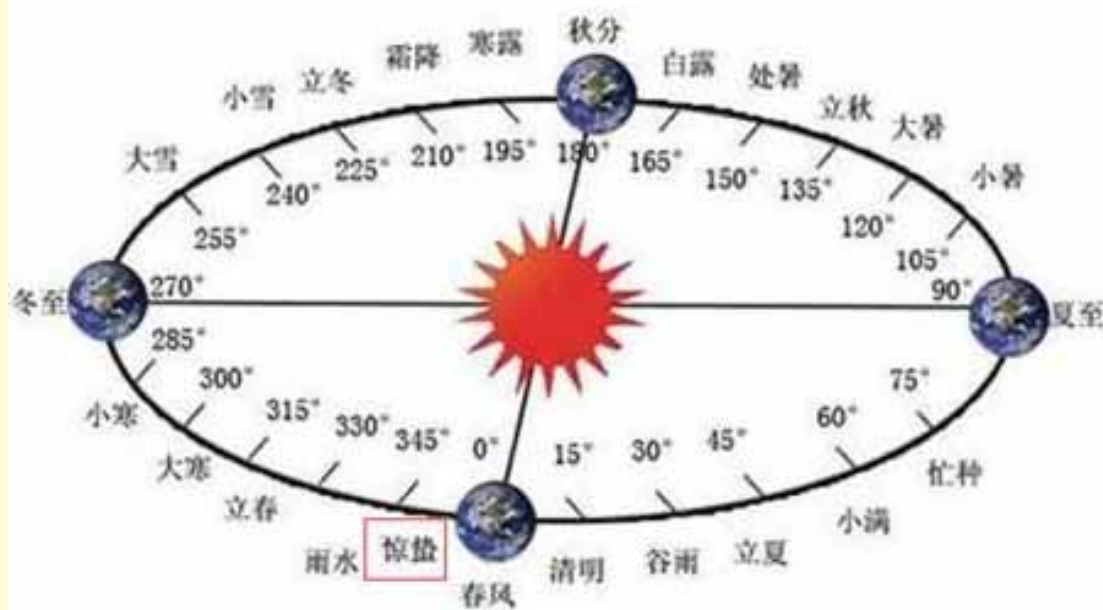
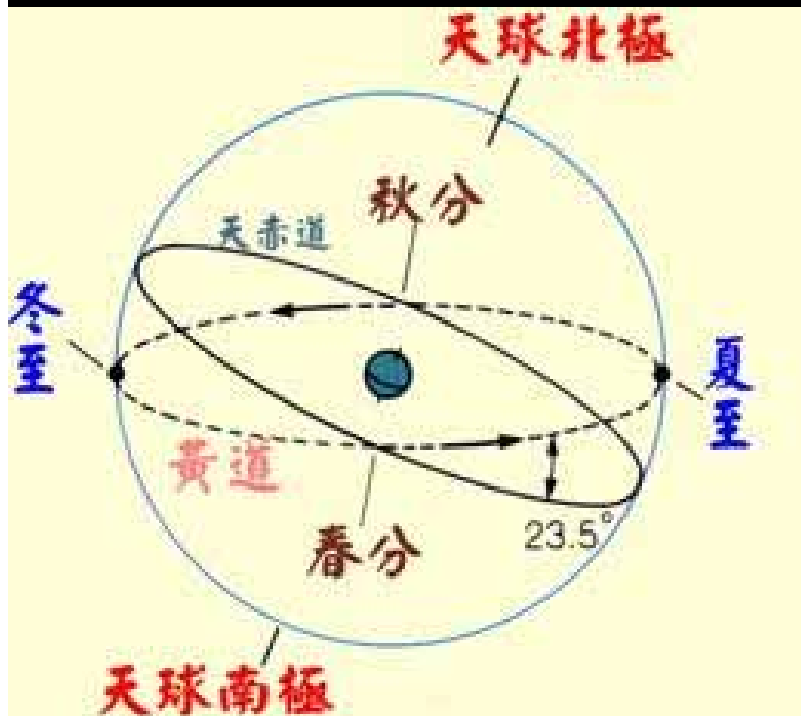
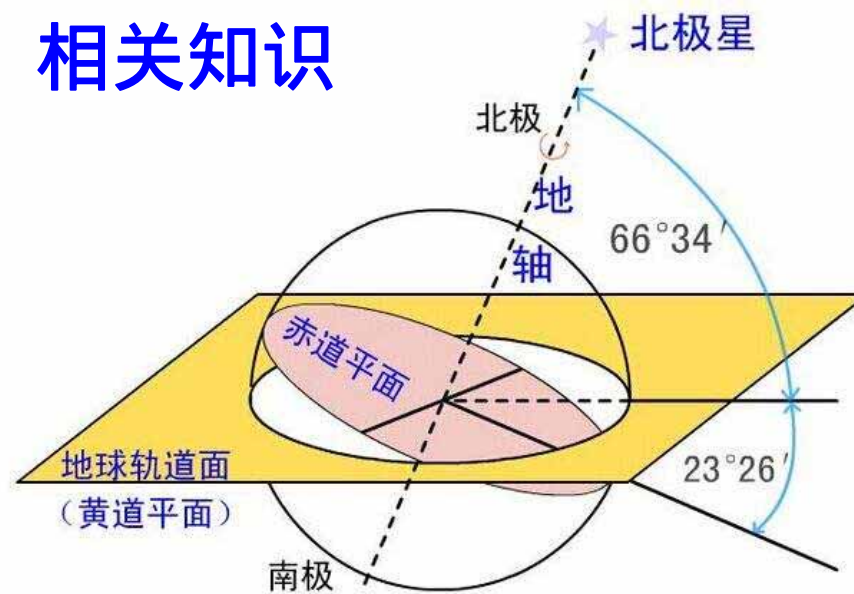
h : 卫星离地面的平均高度(椭圆形轨道)，单位km；

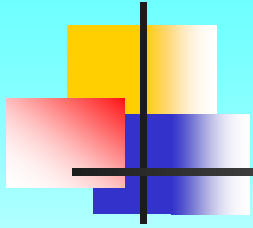
R_{earth} : 地球半径，为6378km。

■ 卫星运行速度 $V = 631.348 / (R_{\text{earth}} + h)^{1/2}$ km/s

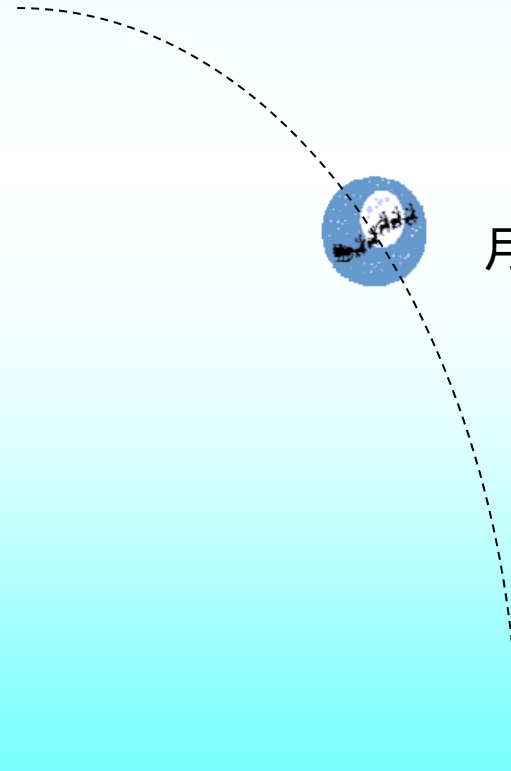


相关知识

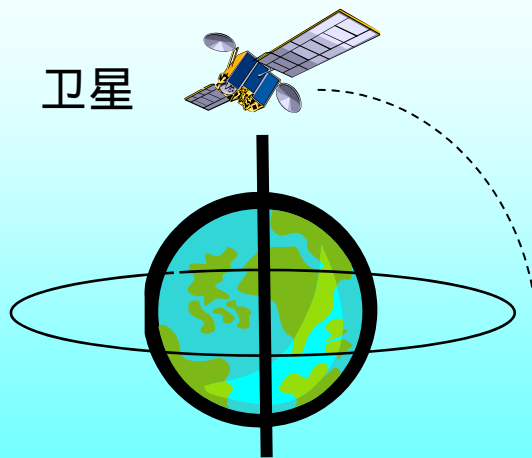




太阳

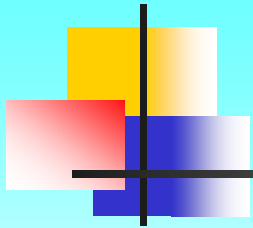


月球



卫星

地球



黄赤交角：地球的自转轴没有垂直于轨道平面，所以赤道平面不与黄道平行，而有 $23^{\circ}26'$ 的夹角，这就是所知的黄赤交角。

赤道和黄道：赤道平面和黄道平面与地球的交集所形成的大圆分别称为**赤道**和**黄道**。

春分点与秋分点：赤道平面和黄道平面的交叉点正好在一条地球直径线的两 endpoint，就是著名的二分点(春分点与秋分点)。

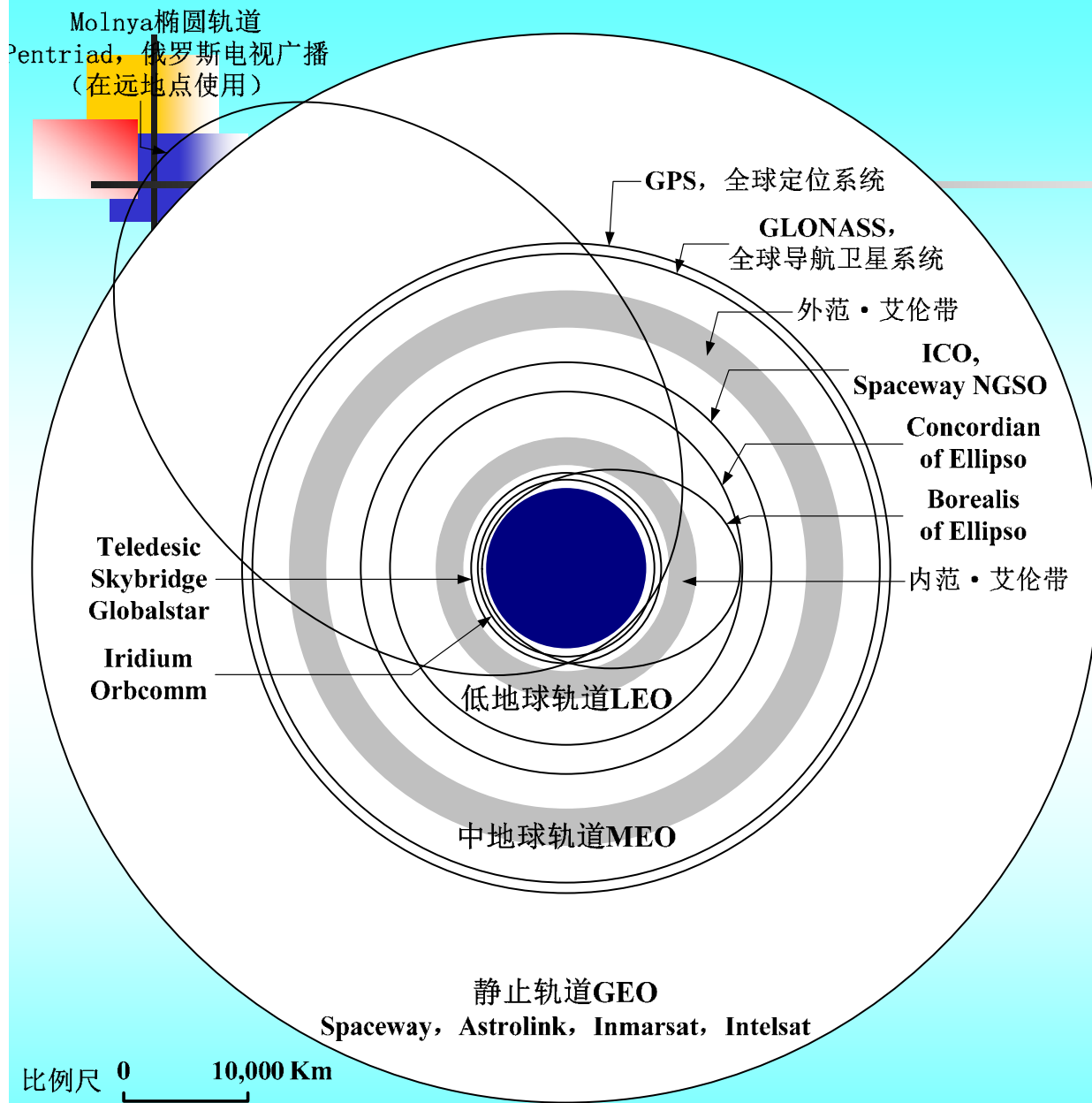
黄经:即太阳经度或天球经度，是在黄道坐标系统中用来确定天体在天球上位置的一个坐标值。



3 人造卫星轨道类型

根据轨道高度，卫星轨道分为：

- **低轨(LEO)**，卫星轨道高度约在700~2000km；
- **中轨(MEO)**，轨道高度在8000~20000km左右；
- **静止/同步轨道GEO/GSO**，轨道高度为35786km，卫星绕地球一周的时间为一个恒星日(23h56min4s)。
- **高椭圆轨道**，远地点可达40000km



内范伦带：

1500 ~ 5000 km，主要包含质子和电子混合物, 3700km 浓度最高。

外范伦带：

13000 ~ 20000km，主要包含电子, 18500km 浓度最高。

1959年发现，范伦带对电子电路具有很强的破坏性，卫星轨道要避开这个区域。

GPS：20200km 24颗

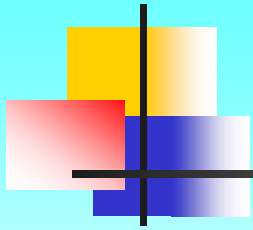
GLONASS: 19100km 24颗

北斗MEO星：21500km 27颗

IGSO星：35786km 3颗

Globalstar：48颗 1414km

Iridium: 66颗，780km

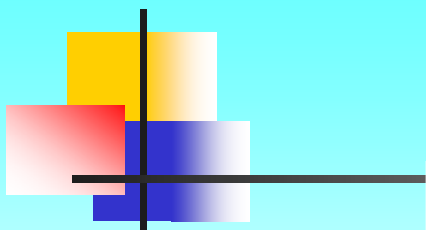


地球同步卫星分为同步轨道静止卫星GEO、倾斜轨道同步卫星IGSO和极地轨道同步卫星。

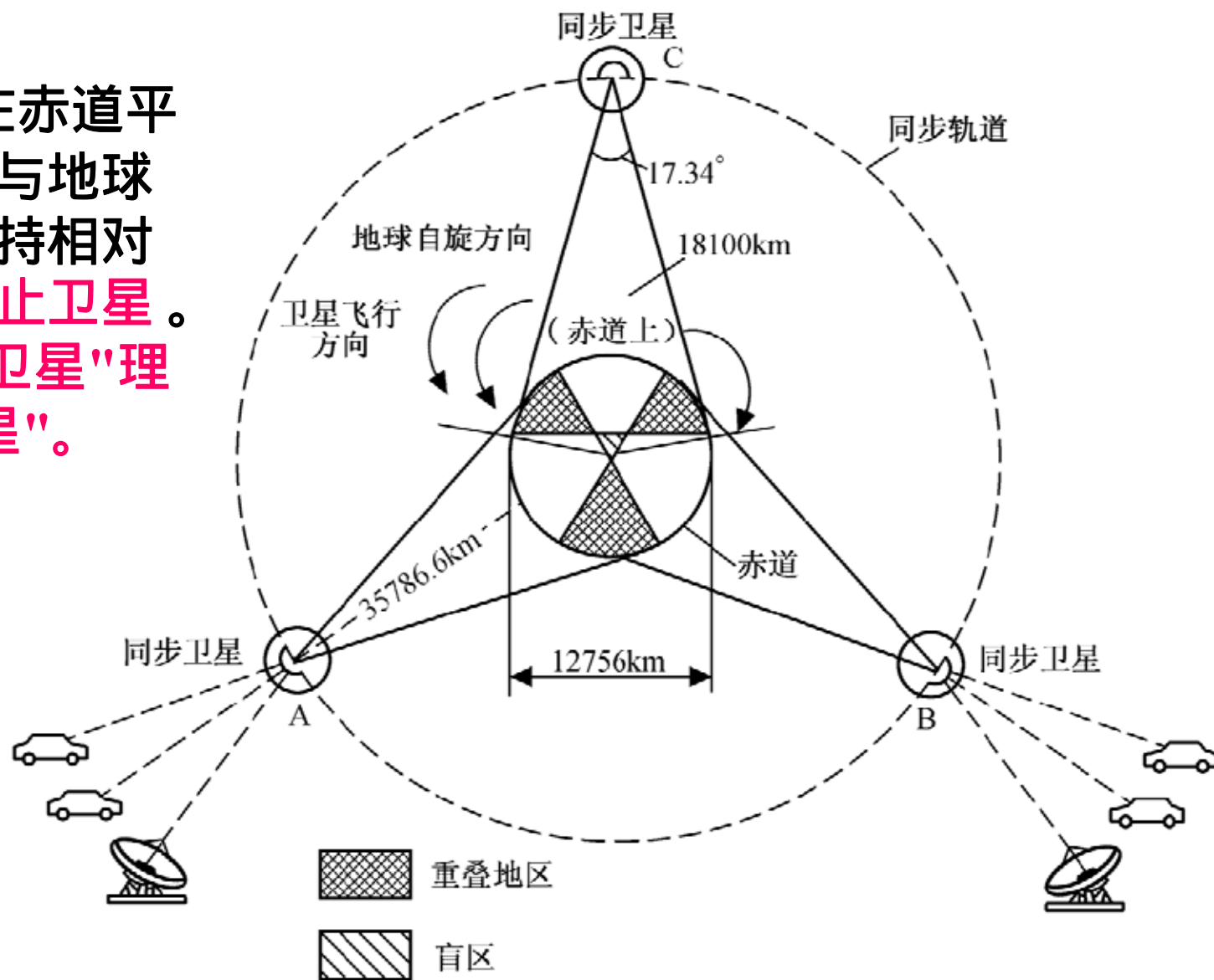
■ 同步轨道静止卫星（GEO）

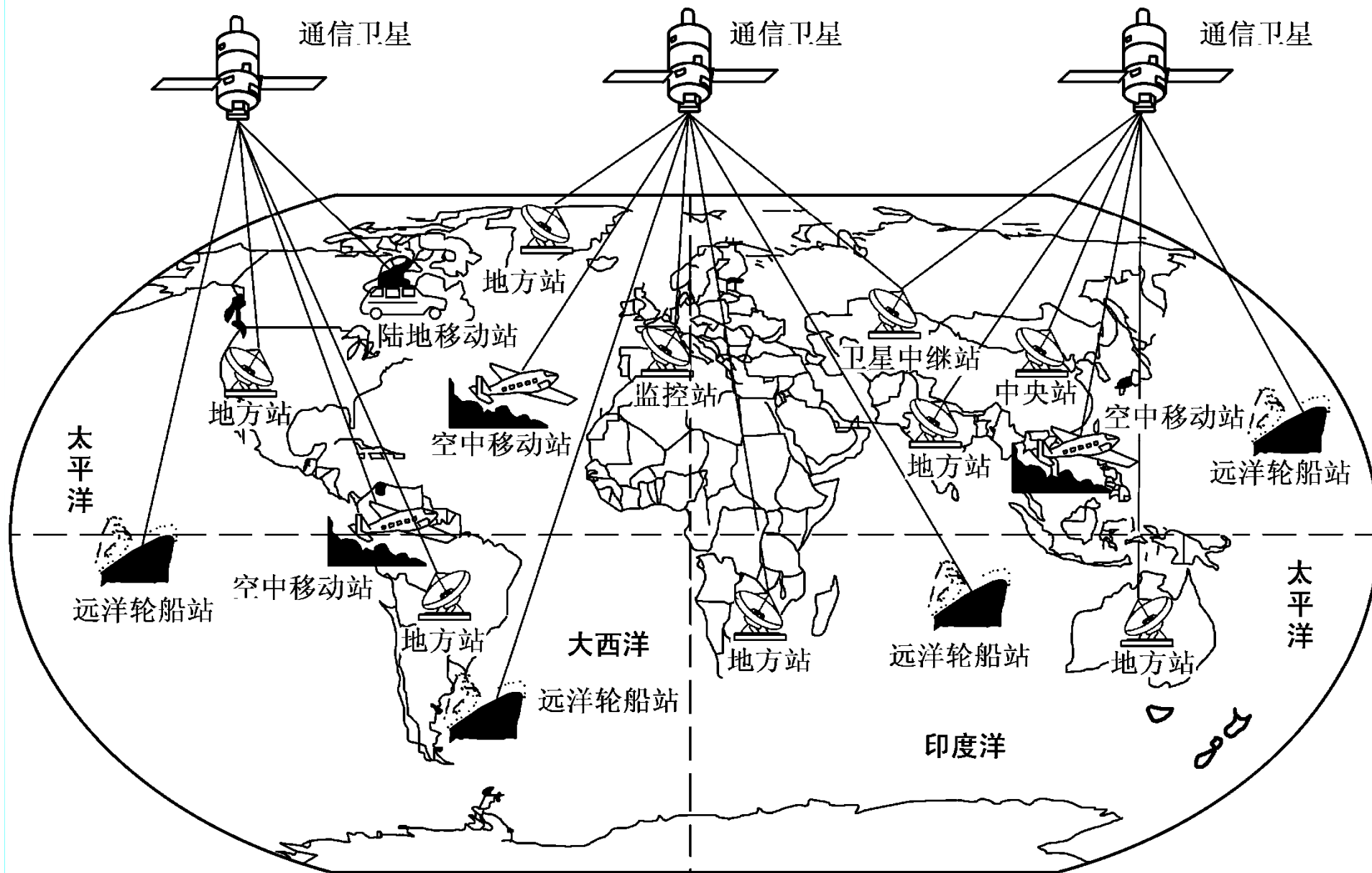
轨道面的倾角为零度，即卫星在地球赤道上空运行时，运行方向与地球自转方向相同，运行周期又与地球同步，称作静止轨道卫星，也称GEO卫星。

GEO：Geostationary Orbit的缩写，即对地静止轨道。

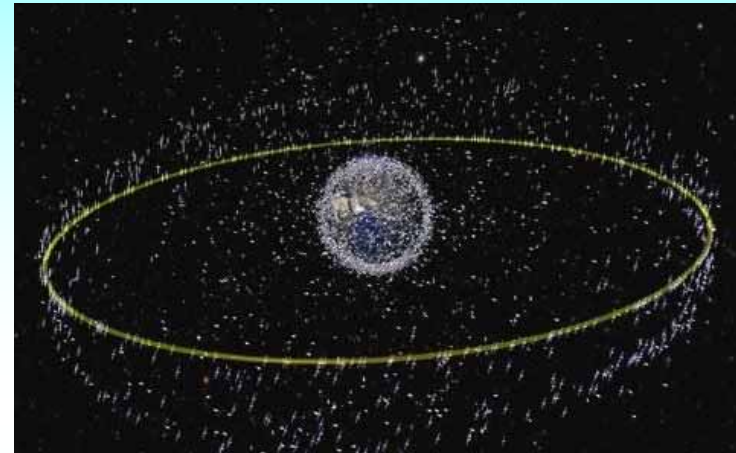
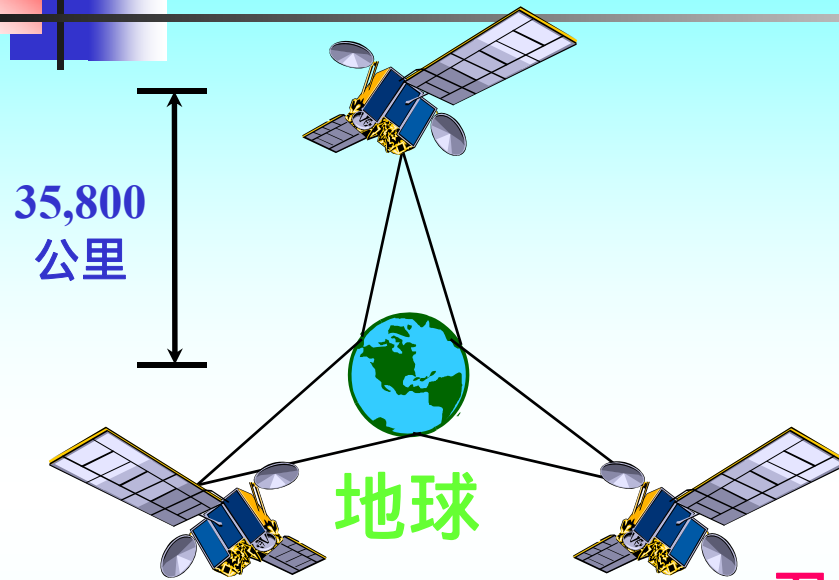


GEO轨道：在赤道平面内时，卫星与地球上的观察者保持相对静止，称为**静止卫星**。通常将"GEO卫星"理解为"静止卫星"。





GEO卫星

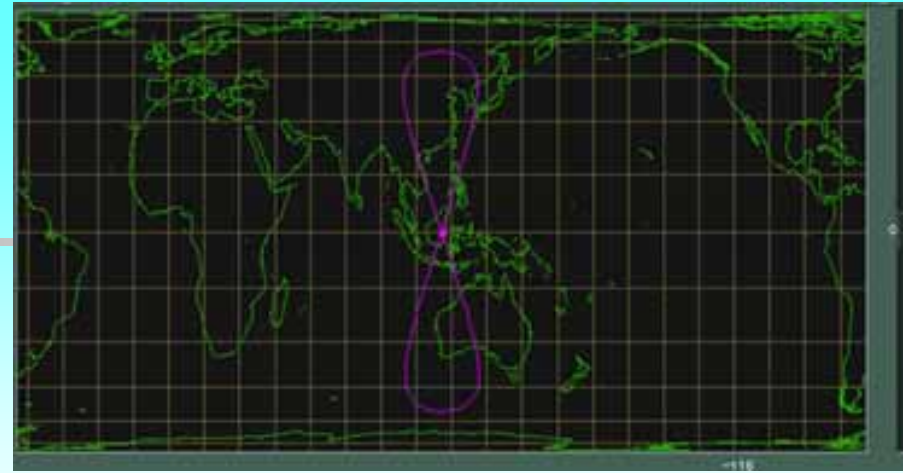


卫星与地球上的观察者保持相对静止

- 1颗GEO卫星以零仰角覆盖全球表面的42%。
- 3颗经度差约 120° ，能覆盖除南、北极地区以外的全球范围。
- 地面用户利用地球站与卫星连接的链路进行通信，用户到卫星的距离至少有36000km
- 用户间的单跳通信的信号传播延时可达 $1/4$ s。



IGSO

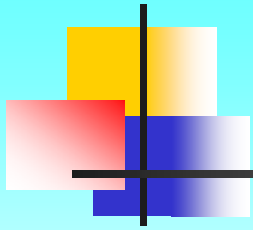


■ 倾斜地球同步轨道卫星(IGSO星):

24小时地球同步轨道，即所谓的大“8”字形轨道，中心位于赤道某设定的经度上，高度与地球静止轨道卫星相同，卫星星下点24小时轨迹在本服务区内南北来回运动，也是一种利用效率较高的区域星座。

■ 极地轨道同步卫星：

轨道平面与赤道面夹角为 90° 的人造地球卫星，其从地球上看来是移动的，但却每天可以经过特定的地区，因此又叫极地轨道同步卫星。

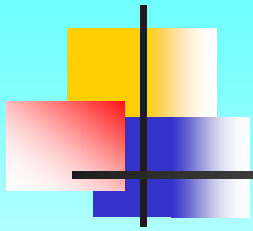


倾斜轨道和极地轨道同步卫星从地球上看来是移动的，但却每天可以经过特定的地区，因此通常用于科研、气象或军事情报的搜集，以及两极地区和高纬度地区的通信。

地球同步卫星常用于通讯、气象、广播电视、导弹预警、数据中继等方面，以实现对同一地区的连续工作。

世界上第一颗地球同步卫星是1964年8月19日美国发射的“辛康姆”3号。

中国于1984年4月8日、1986年2月1日和1988年3月7日分别发射3颗用于通信广播的地球同步卫星。

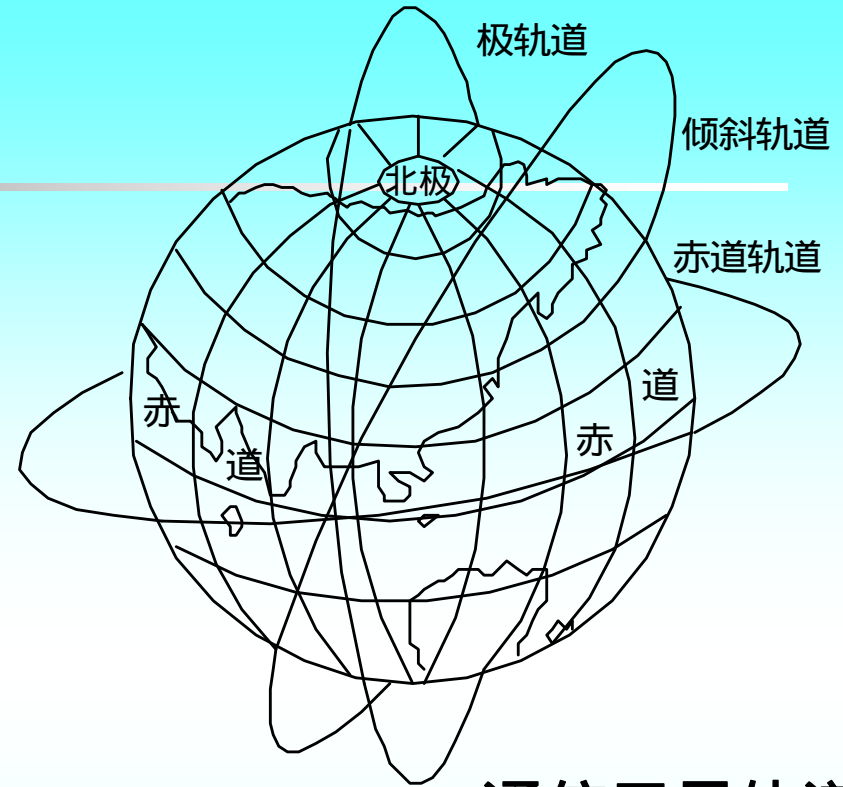


按照轨道倾角：

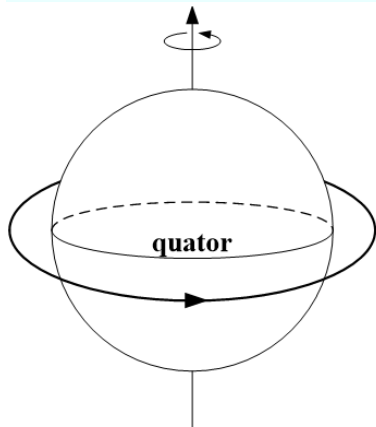
赤道轨道

极轨道

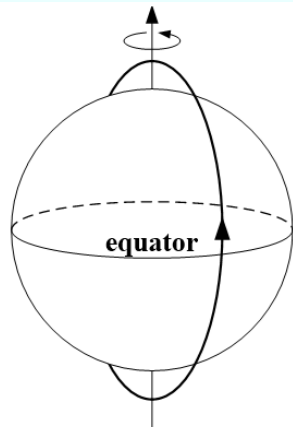
倾斜轨道（顺行轨道，逆行轨道）



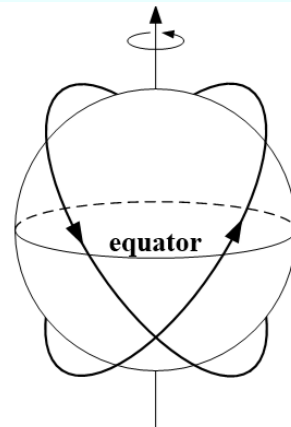
通信卫星轨道



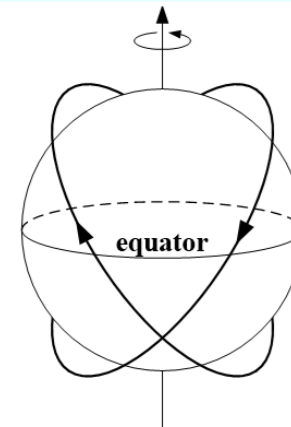
(a) equator orbit



(b) polar orbit



(c) prograde inclined orbit



(d) retrograde inclined orbit



5 卫星轨道控制

■ 卫星摄动

主要因素：地球形状不规则使引力起伏，大气阻力以及太阳和月球引力等。

LEO的近地卫星：主要因素来自地球形状不规则和大气阻力影响。

GEO卫星：主要因素来自太阳和月球的引力，不存在大气阻力的影响。

■ 卫星轨道控制

控制由于摄动等非理想因素的影响造成的卫星轨道不稳定。

如：为保持GEO卫星的定点精度需定期进行轨道修正。



■ 卫星姿态控制

对卫星的姿态进行控制，实现并保持卫星在空间的定向，以保证：

- 卫星天线或传感器对准地面目标；
- 卫星进行轨道控制时，发动机对准所要求的推力方向；
- 卫星再入大气层时，制动防热面对准迎面气流等。

商业静止卫星不允许大于 0.1° 的轨道倾斜，以控制卫星在轨道法线方向上的飘移，因为天线指向尖锐的大、中型地球站的跟踪能力是有限的。



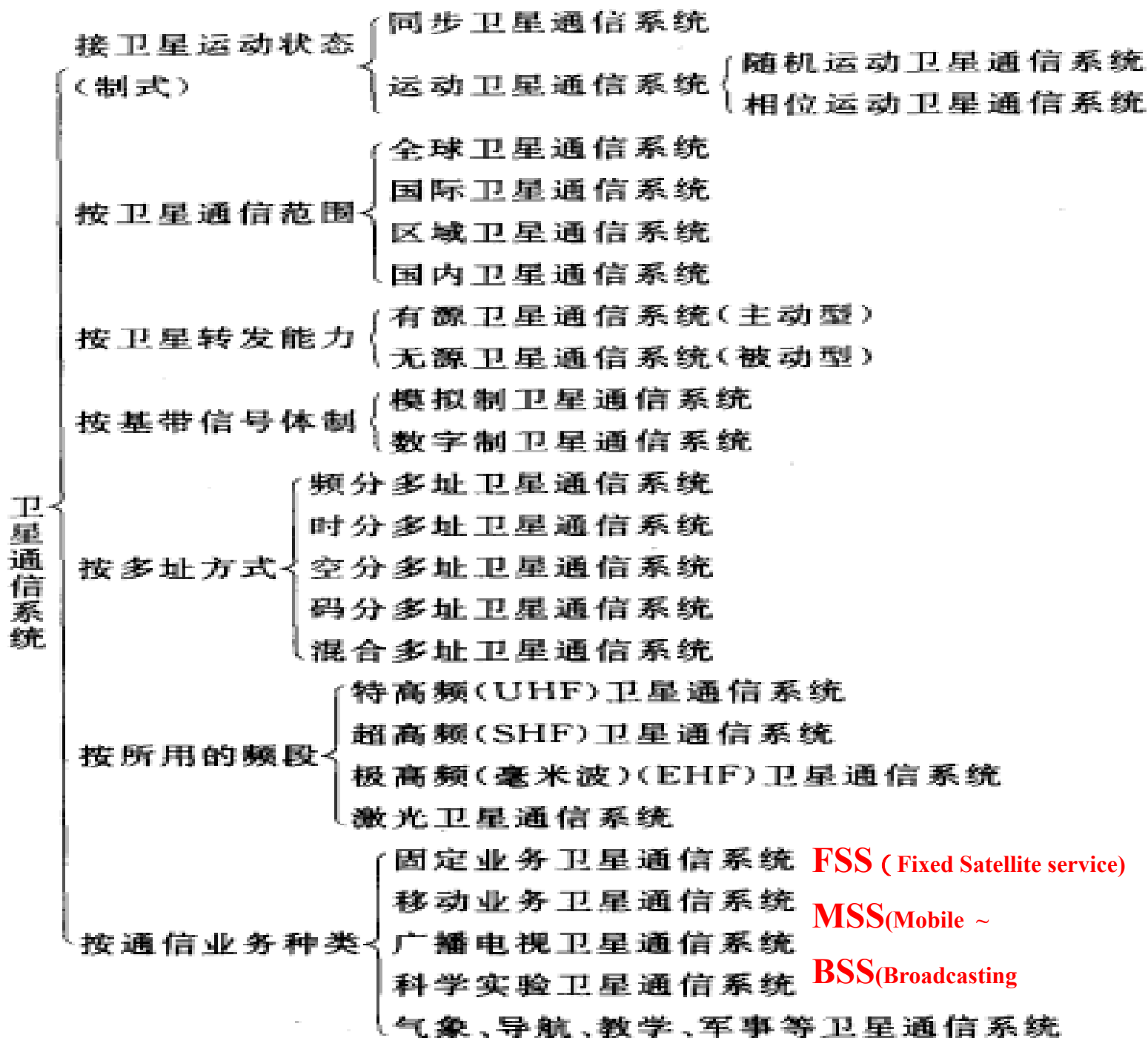
■ 姿态稳定

保持已有姿态的控制。

- 卫星姿态稳定种类：自旋稳定和三轴稳定。
- **自旋稳定**：依靠转动量矩保持自旋轴在惯性空间的指向。
- **三轴稳定**：利用主动或环境力矩，保持星体三条正交轴线在某一参考空间的方向。

目前采用三轴稳定的居多。

6 卫星通信系统分类



3.1.2 系统的组成

由空间段和地面段两部分组成。

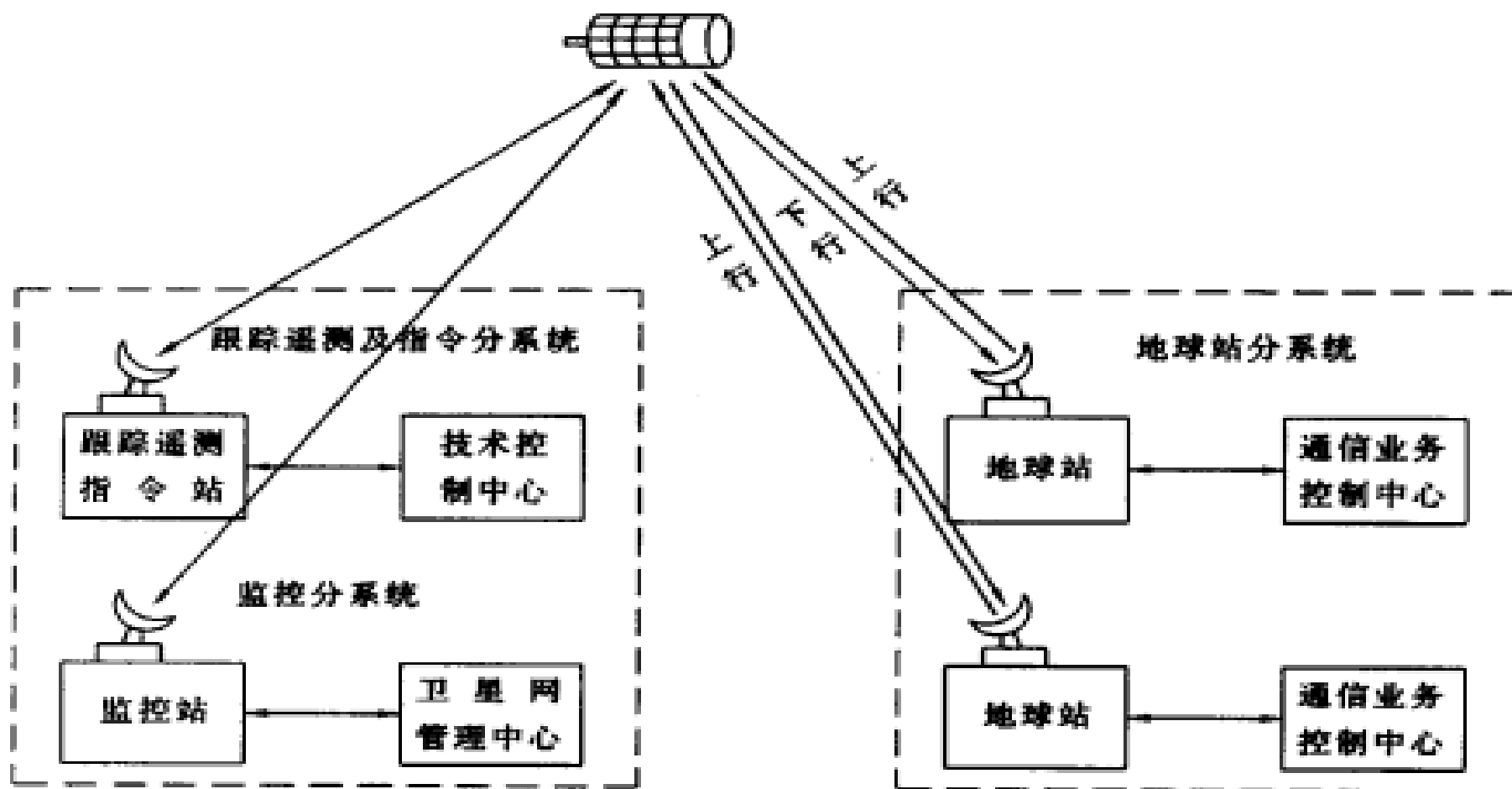


图 1.3-1 卫星通信系统的基本组成

3.1.2 系统的组成



1.空间段

- 组成：以**卫星为主体**，并包括地面卫星控制中心(**SCC**)和跟踪、遥测和指令站(**TT&C**)。
- **星载转发器是卫星的有效载荷，也是卫星通信系统空间段的主要组成部分。**现代的星载转发器能实现从上行到下行的频率变换，提供足够的增益，且具有(再生)处理和交换功能。
- 在TT&C站与卫星之间，有一条**控制和监视链路**，以便对卫星进行3方面的监控：



空间段

- 在**卫星发射**阶段，一旦最后一级火箭释放，TT&C就必须对卫星进行跟踪和定位，并对天线和太阳能帆板的展开实施控制；
- 在**系统运行**过程中，对卫星的位置和轨道进行监测和校正，以便将轨道的漂移和卫星摄动控制在允许的范围内；
- 在卫星寿命最后阶段进行轨道调整和转发器关闭；
- SCC通过TT&C可对卫星转发器的输出以及整个空间通信分系统进行**测试、监控**，并对出现的**故障**进行**检修**。

2. 地面段

地面段支持用户对卫星转发器的访问，并包括了实现各用户间通信所需的全部地面设施。

- **用户**：可以是电话用户、电视观众和网络信息供应商等。
- **卫星地球站**：是地面段的主体，它提供与卫星的连接链路，其硬件设备与相关协议均适合卫星信道的传输。
- **陆地链路**：用户终端以及用户终端与地球站连接的“**陆地链路**”。

地球站应配备与“陆地链路”相匹配的接口(或网关)。



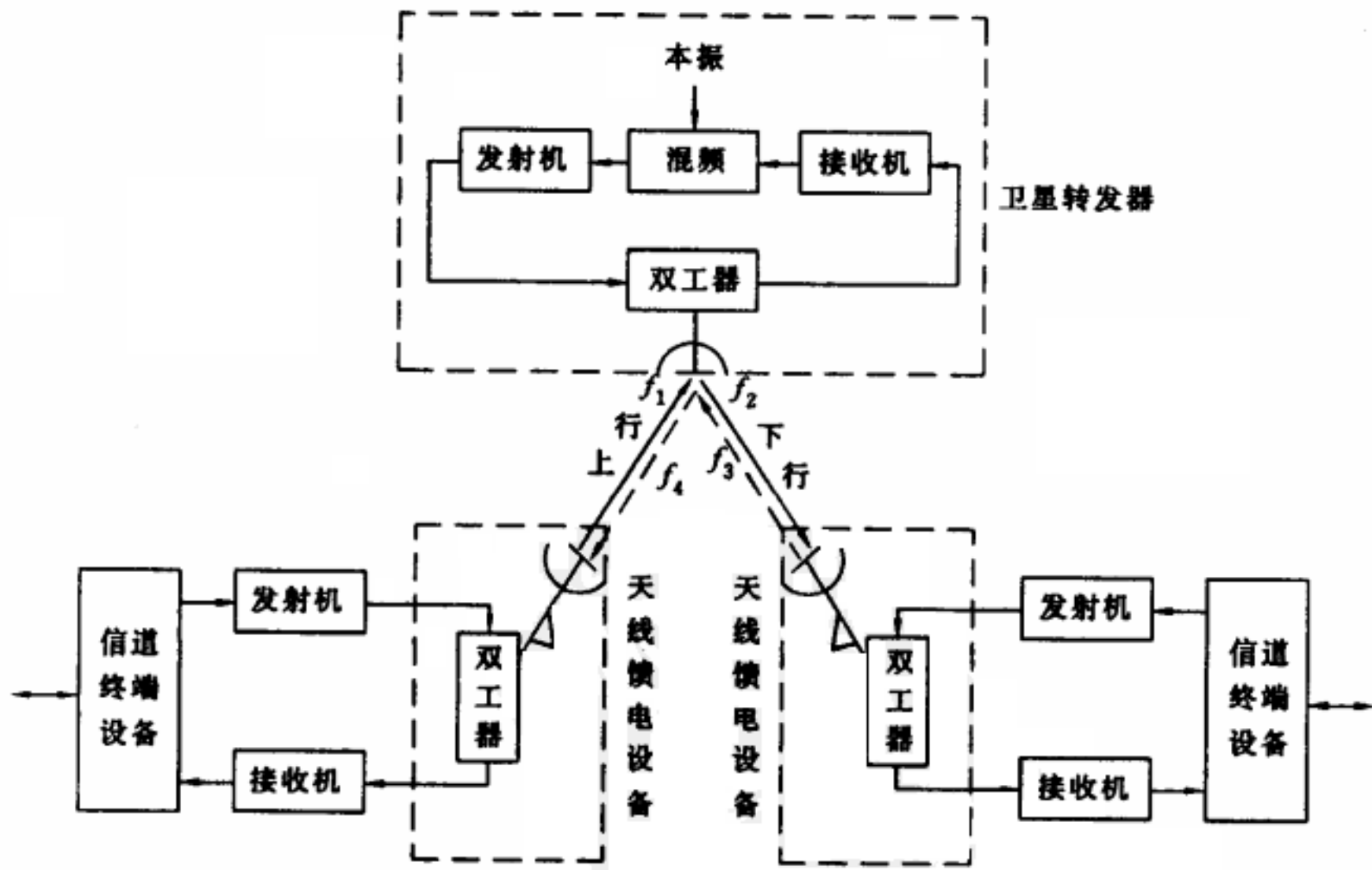


图 卫星通信线路的基本组成



3.1.3 频率分配

卫星通信使用的频率范围选择考虑因素：

- 电波应能穿过电离层，传输损耗和外界噪声应尽可能地小；
- 具有较宽的可用频带，以满足通信容量的要求；

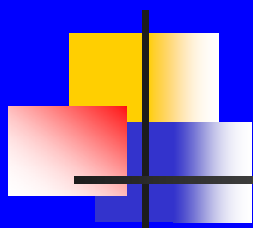
卫星通信常用的频段范围150MHz-300GHz。在不同频段，大气（晴天和雨天）对电波传播影响是不同的。

1 卫星通信频段

| 频段 | 频率范围 | 上下频率 | 特点及卫星通信应用 |
|-----|--------------|--|---|
| UHF | 300-1000 MHz | | 数据速率低，通常只用于低轨小卫星(Little LEO)数据通信系统和静止卫星的遥测与指令系统，及军用卫星通信系统。 |
| SHF | L : 1-2 GHz | 1.6/1.5GHz | 移动通信业务和静止卫星测控链路的指令传输，及特殊卫星通信业务。 |
| | S : 2-4 GHz | | |
| | C : 4-7 GHz | 6/4GHz 上行： 5.925~6.425GHz 下行： 3.7~4.2GHz 带宽500MHz | 大部分国际卫星通信,尤其是商业卫星通信都使用此频段,国内卫星通信也多有使用。 该频段目前十分拥挤，且存在与地面微波中继网的同频干扰问题。 |

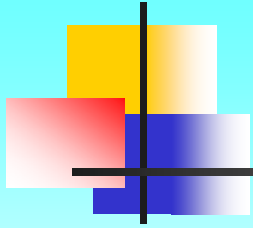
卫星通信频段

| 频段 | 频率范围 | 上下频率 | 特点及卫星通信应用 |
|-------------|-----------------|---|---|
| S H F | X : 7-12Ghz | 8/7GHz 上行: 7.9~8.4GHz 下行 : 7.25~7.75GHz | 有些国家政府和军事卫星通信使用此频段。 |
| | Ku: 12-18GHz | 14/12GHz 上行: 14~14.5GHz 下行 : 11.7~12.2GHz | 国际通信卫星从第五代开始使用此频段，一些国家的民用卫星通信和广播卫星业务也有使用。 |
| | Ka: 20-40GHz | 30/20GHz | 带宽宽，但降雨影响严重。应用逐渐增多。 |



ITU无线组定义的无线通信服务频段（通用，未指定使用区域）

| 业务 | 频段 | 频率范围 (GHz) | |
|-----|-----|------------------|----------------|
| FSS | C | 上行: 5.85-7.075; | 下行: 3.4-4.2 |
| | X | 上行: 7.90-8.4; | 下行: 7.25-7.75 |
| | Ku | 上行: 13.75-14.8; | 下行: 10.7-11.7 |
| | Ka | 上行: 28.0-30.0; | 下行: 17.7-19.7 |
| BSS | S | 上行: 2.65-2.69; | 下行: 2.5-2.54 |
| | Ku | 上行: 17.7-18.2; | 下行: 11.2-12.2 |
| | Ka | 上行: 24.75-25.25; | 下行: 21.4-22.0 |
| MSS | L | 上行: 1.626-1.66; | 下行: 1.525-1.56 |
| | L/S | 上行: 1.61-1.626; | 下行: 2.483-2.5 |
| | S | 上行: 2.67-2.69; | 下行: 2.5-2.52 |



开发新频段

Q频段：36.0~46.0GHz

V频段：46.0~56.0GHz

太赫兹：0.1~10THz

2 频率分区

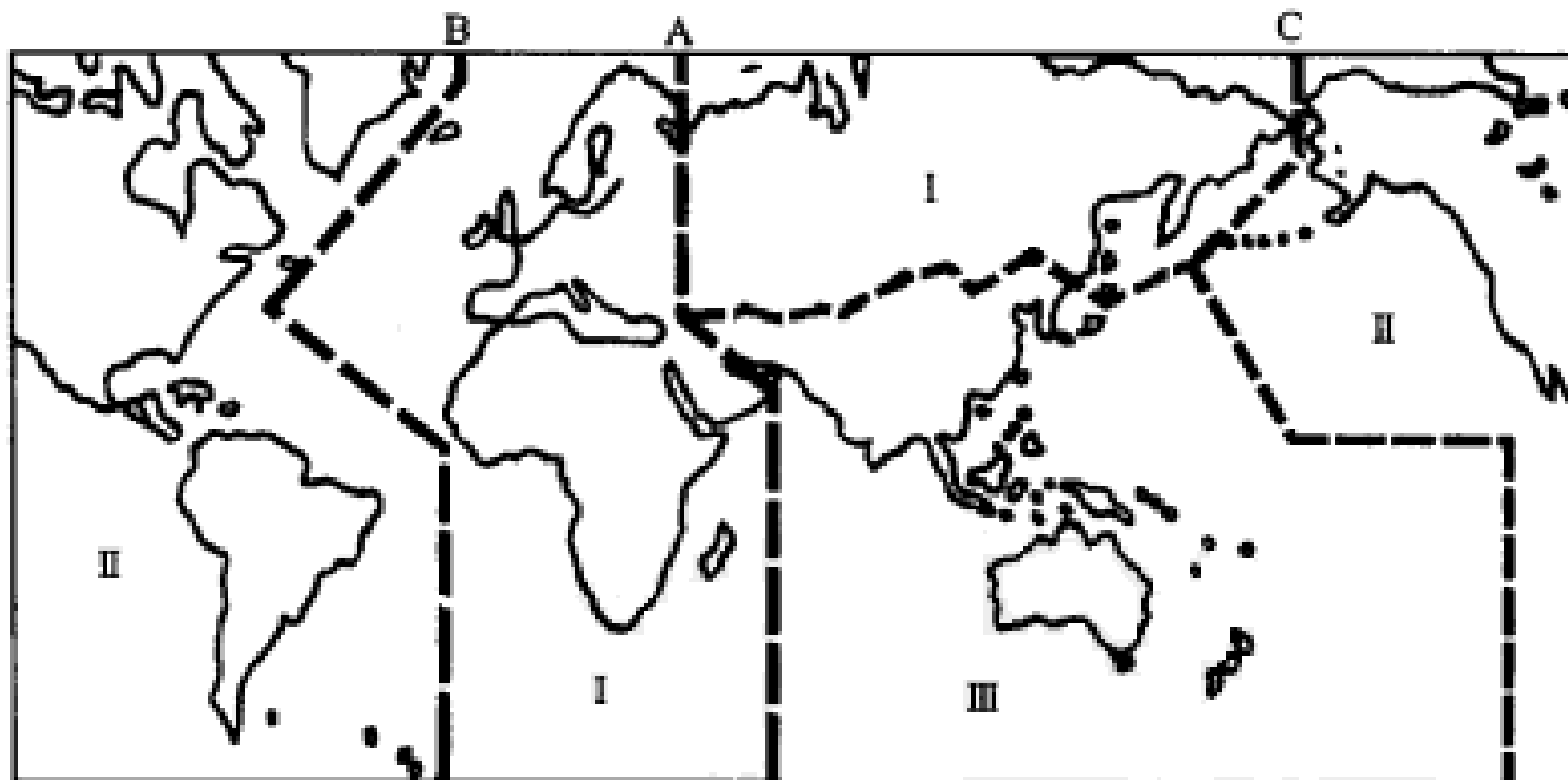


图 ITU 的频率划分区域图



频率分区

ITU将全球划分为3个频率区域：

- **I区包括**：欧洲、非洲和俄罗斯亚洲部分、西亚地区以及蒙古等；
- **II区包括**：南、北美洲和格陵兰等；
- **III区包括**：其他亚洲部分(包括我国)和澳洲。

频率区域的划分有利于区域性业务的**频率再用**，和全球业务频率的**统一规划**。



3.1.4 卫星通信的特点

- 卫星通信系统的服务范围宽，且不受地理条件的限制。
- 有宽的可利用带宽。
- 卫星通信系统与地面通信基础设施相对独立，网络路由简洁，这对于那些地面通信基础设施不足的地区和国家(比如发展中国家)具有重要意义。
- 网络建设速度快、成本低。
- 统一的业务提供商有助于系统的均匀服务，并有利于新业务的引入。

卫星通信系统只是地面公用网的补充、扩展和备份



3.1.5 卫星通信业务类型

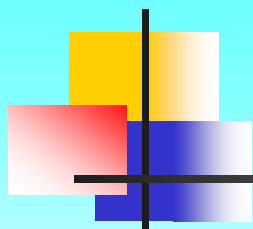
卫星通信的发展经了4个阶段：

1阶段：主要用于国际通信；

2阶段：开始提供电视传送；

3阶段：提供国内公众通信和各种专网通信；

4阶段：提供卫星移动通信。



- **固定卫星服务FSS : Fixed Satellite Service**
- **广播卫星服务BSS : Broadcast Satellite Service**
- **移动卫星服务MSS : Mobile Satellite Service**
 - **陆地移动卫星服务LMSS : Land MSS**
 - **海事移动卫星服务MMSS : Maritime MSS**
 - **航空移动卫星服务AMSS : Aeronautical MSS**
- **无线定位服务RDSS : Radio Determination Satellite Service**

define by ITU



1 卫星视频广播业务

目前世界上运行的**GEO卫星转发器**中，有2/3是用于电视和视频广播。

■ 模拟卫星电视广播:

- **早期采用方式**，以调频方式传送模拟电视信号，由地区电视台、有线电视网的卫星电视接收站或集体接收站接收，再送入家庭电视接收机。
- 采用C频段（与地面微波中继频段相同，功率限制）或中、小功率Ku频段卫星时，接收机天线较大。
- 若采用大功率Ku频段直播卫星，也可由家庭卫星电视接收机直接接收。
- 这种模拟传输方式占有的频带宽（每个转发器仅能传送1~2路电视节目），保证图像质量所需的信噪比也较高。



■ 数字视频电视广播

- **目前采用方式**，在演播室完成视频广播信号数字化，在几乎不损害视频信号质量的前提下有效压缩数据传输速率，减小传输带宽。目前带宽压缩因子可达10~20。
- 利用卫星广播系统传送视频信号的方式有3种：
 - **点对多点的TV节目分配**：数字视频信号从演播室通过卫星系统传送到地区广播站或地区电缆TV系统接收站，从而完成节目的分配。通常所传送的信号是宽带的多路数据流。
 - **点到点的传输**：用于数字视频信号从实况直播现场到演播室，或从一个演播室到另一个演播室的卫星传输。
 - **点对多点的直接到户(DTH)广播方式**：在卫星直播系统中，家庭用户接收机利用0.5m左右的天线，可接收5~8路视频信号。
 - 此外远程教育系统是交互式视频广播系统的重要分支。



2 电话等交互式业务

■ 应用场合：

电话业务是卫星通信系统支持的重要业务之一，但与地面光缆支持的PSTN电话网相比较，其经济性是考虑问题的焦点。卫星信道容量小、成本高，**只有在地面网无法覆盖（或建立相应的地面投资极高而效益甚低）的乡村地区的用户才使用卫星电话。或用于应急备用。**

■ 特点

- **传输时延长。**

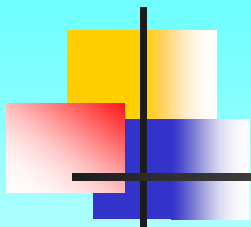
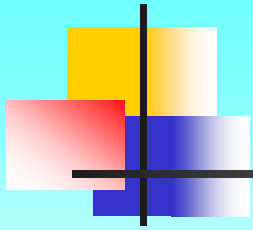


表 2.4-2 总的单跳传输延迟时间(单向)

| | 总的单跳传输延迟时间(单向)/ms | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|-----|-----|----------------------------|-----|-----|---------------------------|-----|-----|
| | 非地球静止卫星 (高度约 1 000 km) | | | 非地球静止卫星 (高度约 14 000 km) | | | 地球静止卫星 (高度约 36 000 km) | | |
| | 最小值 | 最大值 | 平均值 | 最小值 | 最大值 | 平均值 | 最小值 | 最大值 | 平均值 |
| 地球站间 | 74 | 109 | 92 | 92 | 128 | 110 | 240 | 280 | 260 |
| 地面延迟线路 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 |
| 总延迟 | 84 | 159 | 122 | 102 | 178 | 140 | 250 | 330 | 290 |



■ 宽带多媒体业务

随着用户对多种业务需要的增长，要求卫星通信系统具有支持宽带多媒体业务的能力，包括：

- 具有支持高数据传输速率的能力（155Mb/s，甚至更高）
- 具有多路电话信道。
- 支持电视会议和可视电话业务。
- 能传输高分辨率彩色图像。
- 在因特网环境下，提供语音/数据/视频综合业务。



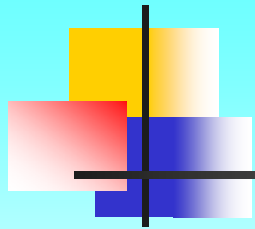
3 数据通信和因特网业务

■ 数据分组传输协议：

- 数据通信网普遍采用**分组交换模式**，基于某种数据协议。
- **x.25协议**：20世纪80年代，公用和专用数据网多以x.25为基础。
- **TCP/IP协议**：20世纪90年代，TCP/IP成为分组数据网的主流技术。

■ 分组交换特点：

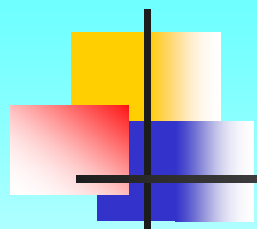
- 在分组数据网中，数据流被分成一个个**分组**。信息流在源端被封装成分组，每分组加上报头，分组到达目的端后，去掉报头并恢复原来的信息流。
- 目的端需要回传是否正确接收分组的**确认**信号给信源端。如果数据传输性能恶化而发生分组错误和丢失，将要求信源端重传该分组。



■ 分组交换两种基本形式：

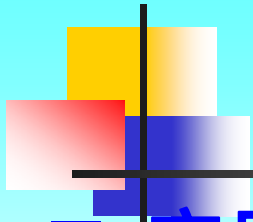
■ **虚电路方式(VC, Virtual Circuit)**：是一种面向连接的技术，有连接的建立和清除过程。但是连接不是物理链路的连接，而是由虚电路号所标识的逻辑信道的连接。

■ **数据报方式(DG, Data Gream)**：传输无须预先建立连接，信源端的各数据分组沿彼此独立的路由进行传输。最典型的数据报协议是TCP/IP的网络层协议IP, TCP利用IP数据报业务实现信息的传输功能。



■ 卫星数据链路特点

- 卫星链路的比特差错率高且传输延时大，需采用相应的措施。
- 链路需要采用前向纠错编码和数据交织方法抑制传输过程中的突发错误和随机错误，减小误码率。
- 路由简捷，交互性好。
- 为减少卫星链路长延时对数据传输效率带来的不利影响，**应避免通过卫星链路往返传输握手信号**，以消除因终端长时间等待应答而不能正常发送数据的影响，同时也减轻卫星链路传送握手信号的负担。



■ 应用：

■ VSAT数据网

国外早期兴起，主要用于主站与各远端小站之间的数据通信。应用于 跨国公司或行业的专用数据网，用于总部与分支机构之间的数据通信； 分级管理的计算机网，用于主机与各分机或个人计算机之间的数据通信。

■没有高速数据用户线的用户接入。国外开发的直接个人系统 (Direct PC)能通过卫星链路提供400 kb/s的下载速率。

■为不同地域的大计算机系统或计算机局域网之间提供互连链路，数据传输速率一般为 $N \times 64$ kb/s。

■连接多个LAN构成广域网WAN，由路由器将数据分组从一个LAN传送到另一个LAN的用户。



4 移动通信业务

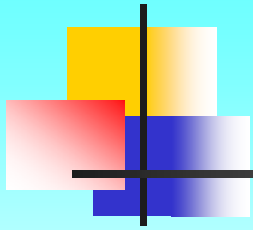
就提供移动通信业务而言，卫星系统无论在服务质量或用户付费方面都无法与地面蜂窝网相竞争。

- 为“唯星用户”提供移动业务。

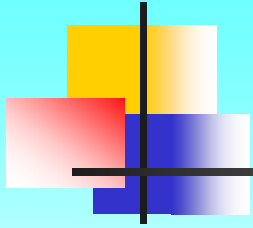
唯星用户：不在地面蜂窝网覆盖范围内，其移动通信业务只能由卫星系统来提供。

- 解决发展中国家的边远地区的基础通信。

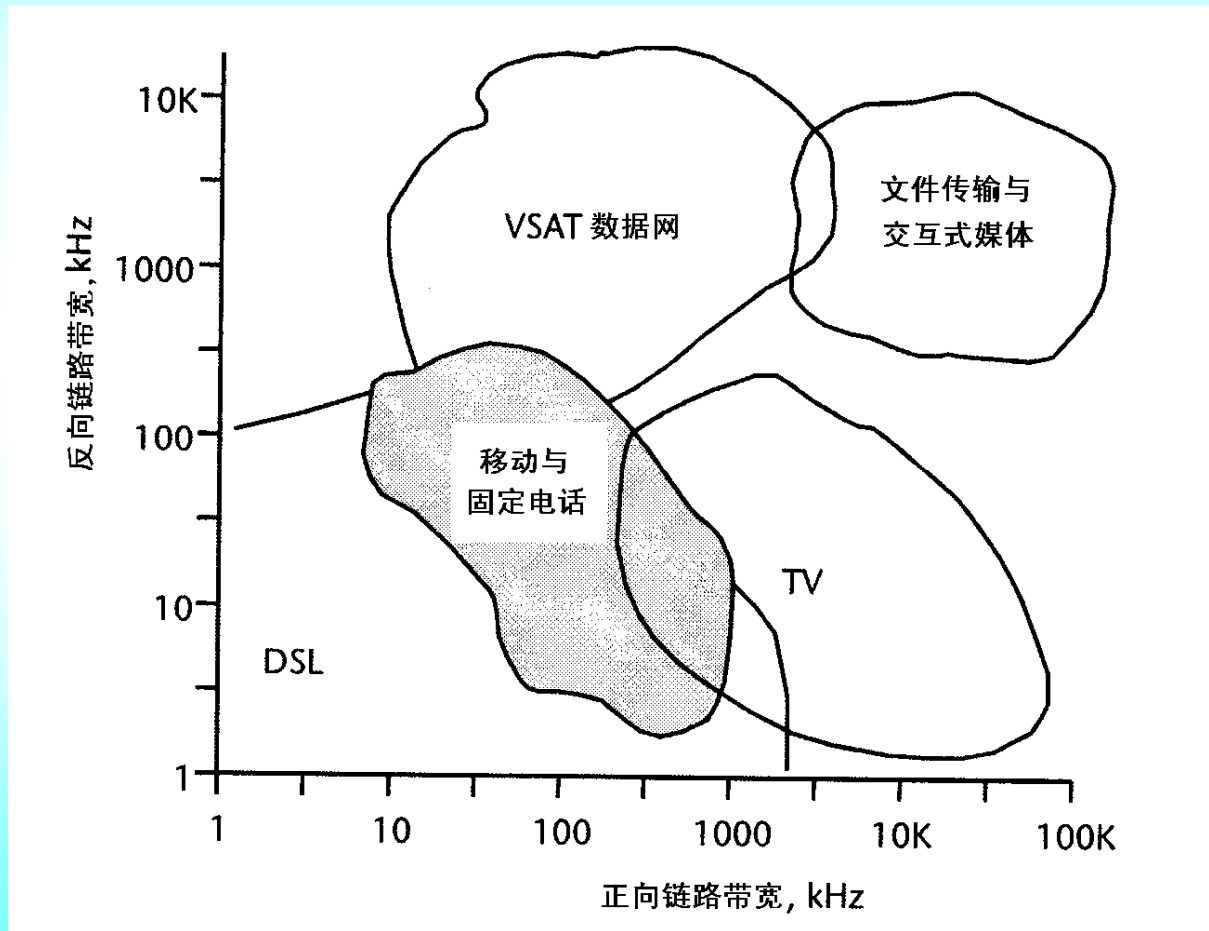
某些地区利用地面通信网延伸和扩展来覆盖不可行。建立卫星移动通信系统可以使覆盖区内的小型、低成本终端能通过卫星链路接入地面公用电话网。



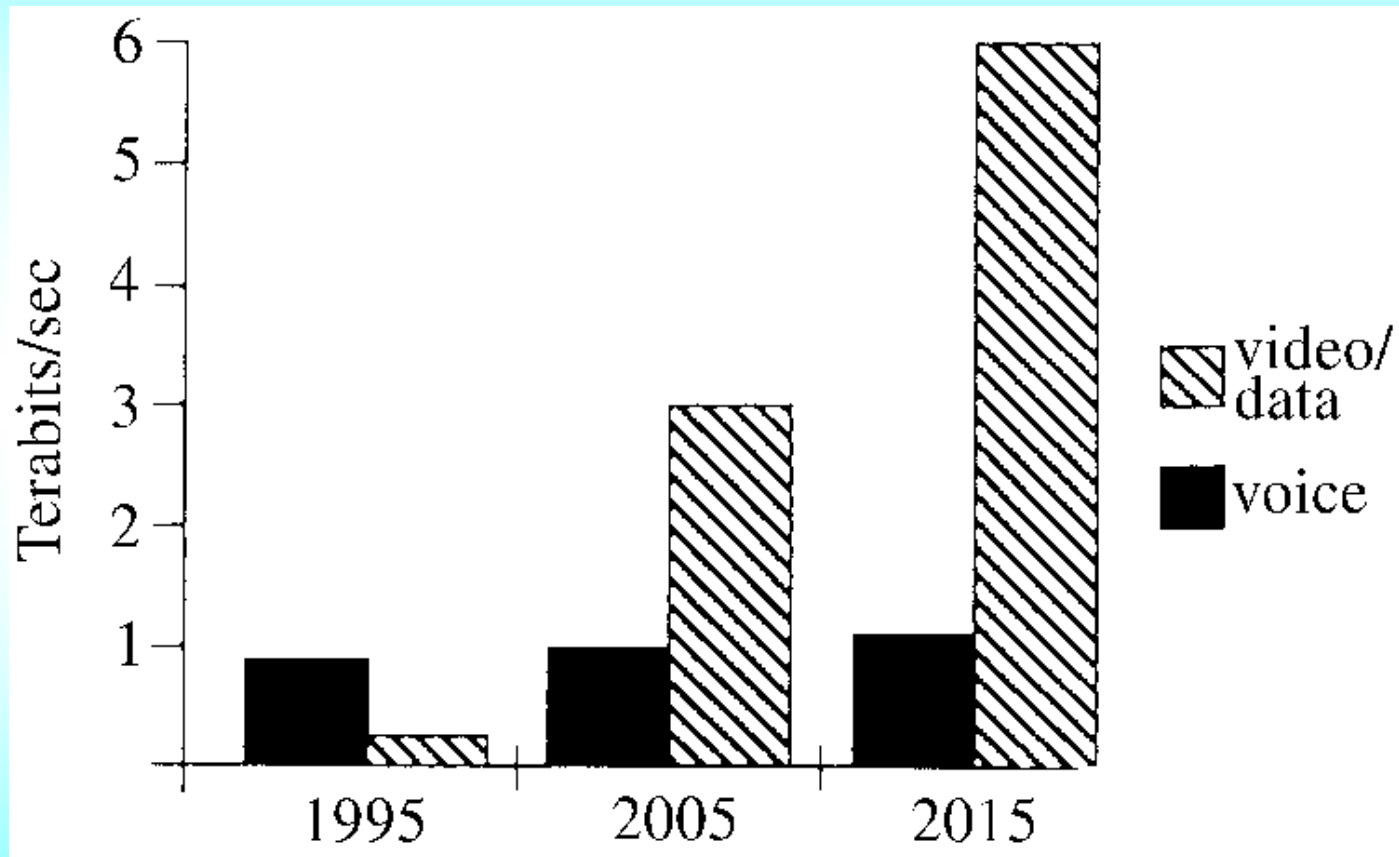
- 基于静止轨道卫星的卫星移动通信系统：轨道高，传输损耗大，需要大的星载天线（如12~13 m的L频段天线）
- 基于非静止轨道卫星的卫星移动通信系统：
有低轨(LEO)和中轨(MEO)两种卫星，卫星高度低，传输损耗小，利于支持手持机进行通信。特点是需要若干颗卫星组成星座，为其提供连续的通信。



不同业务所需的带宽比较



不同业务的发展比较





3.1.6 卫星通信的发展

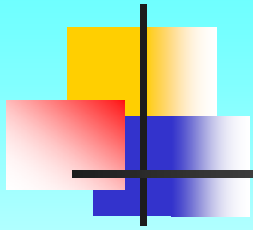
1 早期发展

■ “卫星覆盖说”

1945年10月，英国雷达军官阿瑟·克拉克（A.C.Clarke）在《无线电世界》杂志上发表了“地球外的中继站”一文。文中提出：用太阳能作为动力，在赤道上空的同步轨道（高度为35786km）上放置三颗卫星（各相隔 120° ），就可以实现全球通信。这就是著名的卫星覆盖说。

■ 试验阶段（1957~1964）

1957年10月原苏联发射了第一颗人造地球卫星SPUTNIK，标志着卫星通信试验阶段的开始。



- **实用阶段（1964~）**

1964年8月美国宇航局（NASA）发射了世界上第一颗静止卫星——辛康姆三号（SYNCOM-3），定位于东经155°赤道上空，标志着卫星通信从试验阶段转向实用阶段。

- **1964年8月20日国际通信卫星组织（INTELSAT）成立**

- 1965年4月INTELSAT发射第一颗商用静止轨道通信卫星晨鸟（Early-Bird）(简称IS-1)，成为第一代国际通信卫星。该星定点于西经35°。迄今，INTELSAT已发展到第九代通信卫星。



2 卫星通信系统

■ 全球卫星通信系统

- 国际通信卫星Intelsat
- 国际海事卫星通信组织Inmarsat（已更名为国际移动卫星通信组织）
- 美国的PanAEEIsat等

■ 区域性卫星通信系统

欧洲、中国、澳洲和中东等。



卫星通信系统

■ 卫星移动通信系统

除较早期的Inmarsat外，支持手机的低轨卫星系统依星系统(66颗卫星)最具代表性，同时一些GEO卫星移动通信系统(如亚洲蜂窝系统Aces)已在运行。

■ 新的卫星广播系统

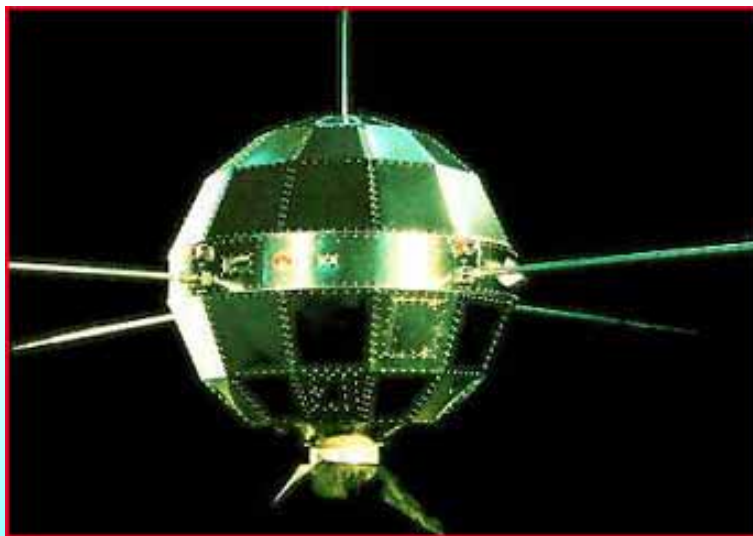
包括电视节目分配系统、直接到户(DTH)系统、数字视频广播(digital video broadcasting, DVB)、数字音广播(digital audio broadcasting, DAB)系统和数据广播系统等。

■ VSAT系统

系统终端成本低，天线小(直径1m左右)，安装方便。可支持小容量的话音、数据和传真等业务，对解决边远山区、农村等稀路由地区的通信十分有效，对促进发展中国家通信事业的发展具有重要意义。该系统还被广泛用于行业或跨国公司的专用网。

3 我国的卫星发展

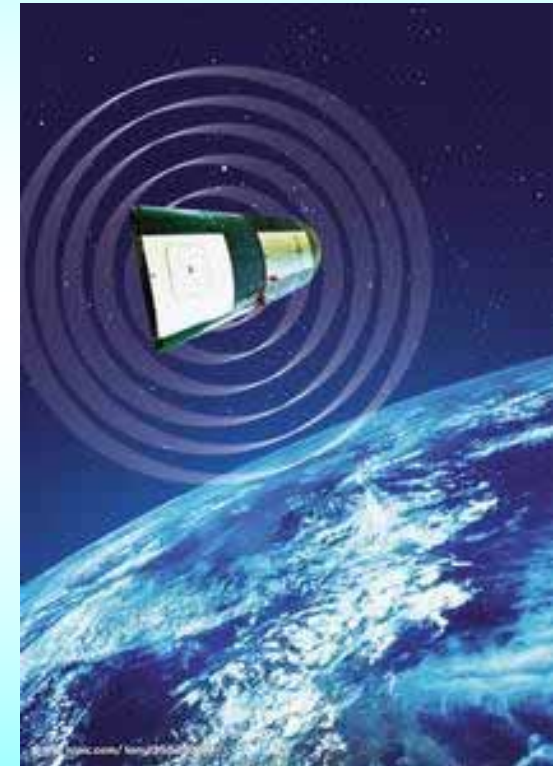
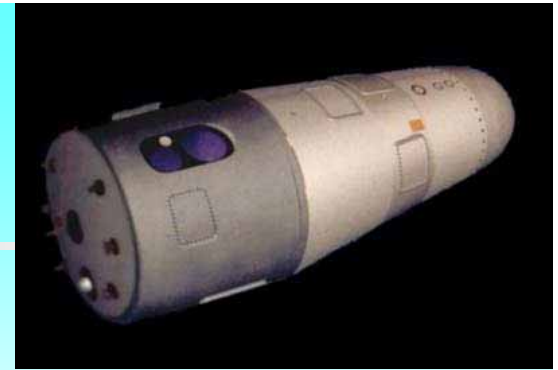
中国自1970年4月24日成功研制并发射第一颗人造卫星“东方红一号”至今，已初步形成了遥感、通信广播、气象、科学探测与技术实验、地球资源和导航定位等六大卫星系列。



东方红1号

1 返回式遥感卫星系列

- 中国是继美俄第三个掌握返回式卫星技术的国家，1966年开始研制，1975年首次成功返回，到2006年底我国共进行了24次返回式卫星的发射。其中发射成功23次，回收成功22次。
- 为使卫星安全返回地面，科学家攻克了**变轨、防热、减速和回收**等技术难关，并基本形成了**返回式卫星公用平台**。
- 返回式卫星搭载了数百个微重力科学实验室，其试验成果已经应用于新材料的研制生产、新药品的制造以及农作物新品种的栽培等方面。
- 型号：FSW-0，-1，-2，-3、4，SJ-8（育种）





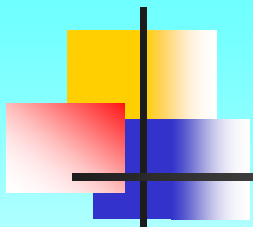
2 “风云”气象卫星系列

■风云系列卫星是中国的气象卫星，目前有风云一号D星，风云二号C、D、E、F星和风云三号A、B星7颗气象卫星在轨运行。（2012）风云卫星在中国天气预报和气象研究方面发挥了重要作用。

■**风云一号气象卫星**：中国研制的第一代太阳同步轨道气象卫星。卫星可以向世界各地云图接收站发送实时的卫星云图，还可以对海洋水色进行探测和对海温进行遥感研究；卫星上携带有空间粒子成分监测器，可对空间环境进行研究。

■**风云二号气象卫星**：中国研制的第一代地球同步轨道气象卫星。其主要任务是对地观测，每小时获取一次对地观测的可见光、红外线。

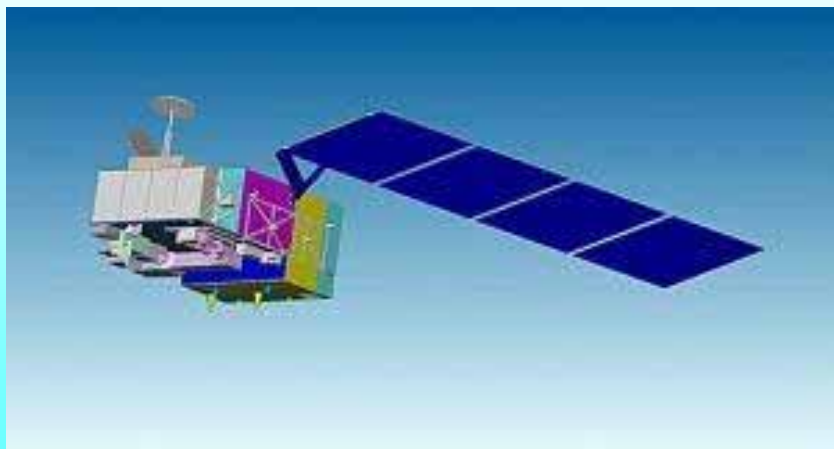
■**风云三号气象卫星**：中国研制的新一代极地轨道气象卫星，主要用于有关大雾、冰凌、积雪覆盖、水情、火情等方面的监测服务。和水汽的云图。



风云1号气象卫星



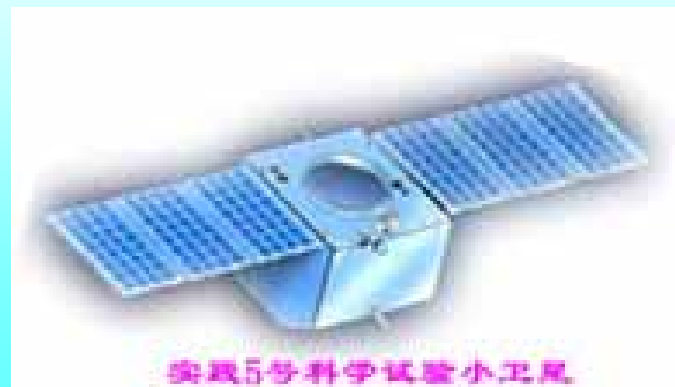
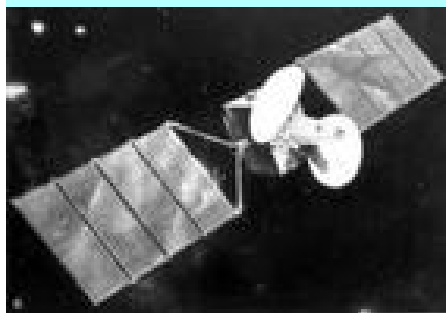
风云2号气象卫星



风云3号气象卫星

3 “实践”科学探测与技术试验卫星系列

- 为了对航天任务急需的新技术进行先期试验，同时开展空间环境探测与空间科学研究，中国在刚开始研制卫星时，就开始发展了科学探测与技术试验卫星系列。
- 从20世纪70年代至今（2012），中国先后研制和发射了**实践一号、实践二号卫星群、实践四号以及实践五号卫星，实践六号A、B星（2010.10）实践十二号卫星（2010.6）**，形成了实践系列科学探测与技术试验卫星。
- “实践六号” A星和B星设计寿命均为2年以上，主要进行空间环境探测、空间辐射环境及其效应探测、空间物理环境参数探测，以及其他相关的空间科学试验。



4 地球资源卫星

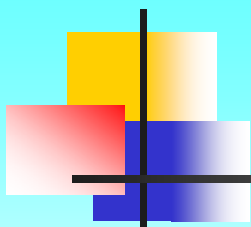
■地球资源卫星是航天技术与遥感技术相结合的产物，美国1972年发射了第一颗地球资源卫星，地球资源卫星对工农业生产和地质、水文、海洋、矿藏、环境监测、生态平衡和预防自然灾害都有巨大作用。

■1999年10月，我国和巴西联合研制的第一颗数字传输对地遥感卫星—**资源一号01星**发射成功。星上装有5谱段CCD相机、4 谱段红外多光谱扫描仪、2谱段宽视场成像仪等。

■2003年10月，我国与巴西合作研制发射成功了**资源一号02星**。这两颗卫星的研制和发射成功，填补了我国资源卫星的空白，卫星数据广泛应用于农业、林业、水利、矿产、能源、测绘和环保等众多领域，取得了显著的应用成果，被誉为“南南合作”的典范。2007年9月成功发射中国与巴西合作的02B星。



中巴地球
资源1号02



- 2000年9月，我国自行研制的**中国资源二号01星**发射成功，此后又发射成功**02星和03星**，分辨率比资源一号系列卫星更高，且形成了三星联网，表明我国卫星研制技术实现了历史性跨越。
- 2002年5月，我国发射成功了第一颗海洋水色水温监测卫星—**海洋一号卫星**，2006年4月，发射成功首颗微波遥感卫星—**遥感卫星一号**等。这些遥感卫星的主要技术指标均达到20世纪90年代的国际水平。
- 目前我国已经建成了中国科学院遥感卫星地面接收站、卫星气象应用中心、卫星海洋应用中心和中国资源卫星应用中心。我国的卫星遥感应用已经涵盖了气象、海洋、陆地三大领域。遥感技术成为了许多业务运行系统的重要技术支撑。（2006）

5 通信广播卫星系列

(1) 东方红系列卫星



■ “东方红一号” 卫星:

简介：由以钱学森为首任院长的中国空间技术研究院研制，1970年4月24日发射，是中国的第一颗人造卫星。我国成为继苏、美、法、日后世界上第五个用自制火箭发射国产卫星的国家。

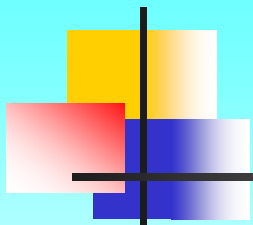
参数：重173千克，卫星外形为直径1米的72面球体，椭圆轨道，近地点441千米，远地点2368千米，轨道倾角68.44度，由长征一号运载火箭送入。

特点：卫星轨道设计相对较高，确保卫星长期不坠落。

任务：向太空播放《东方红》乐曲，同时进行卫星技术试验，探测电离层和大气密度。

工作情况：卫星采用银锌蓄电池，卫星运行20天后，电池耗尽，“东方红”乐曲停止播放，卫星结束了它的工作寿命。

目前状态：根据NASA数据，2009年2月东方红一号的轨道近地点430公里，远地点2075公里，轨道倾角205.64度。



2011年9月28日08:48:34 东方红一号实时动态及坐标图。2016年有报道这颗星还在天上。

长征一号运载火箭

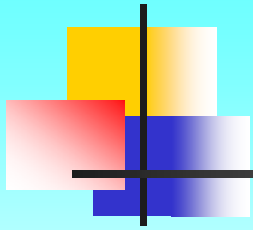


■“东方红二号” DFH-2

1984年4月8日，中国第一颗地球静止轨道卫星**东方红二号试验卫星发射成功**。该星携带两台C波段转发器，使用全球波束的喇叭天线，可在每天24小时内进行全天候通信，包括电话、电视和广播等各项通信试验，并承担了部分国内通信任务。这次试验取得了令人满意的效果，实际工作寿命也大大超过了设计要求。它的发射成功，使中国成为世界上第五个独立发射地球静止轨道卫星的国家，**迈出了中国通信卫星的第一步**。



东方红二号

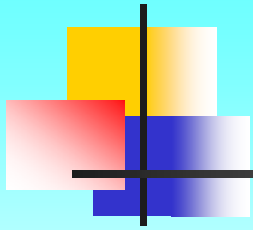


1986年2月1日，**东方红二号实用通信广播卫星**顺利登天，1988年3月7日、12月22日1990年2月4日，1991年12月18日，中国相继发射了4颗东方红二号甲实用通信卫星，除最后一颗因火箭故障未能入轨外，前3颗均使用良好，**使中国的卫星通信和电视转播跨入一个新阶段，大大改变了边远地区收视难、通信难的状况，尤其是促进了卫星电视教育的发展。**

■“东方红三号” DFH-3

- 1997年5月12日长征三号甲火箭成功发射了首颗**东方红三号通信卫星**，使中国通信卫星水平一下跨越了20年。
- 东方红三号卫星载有24台C波段转发器，其中6台是16W中功率转发器，用于传输电视，其余18台是8W低功率转发器，用于传输电话、电报和电传及数据。它们至少可连续向全国同时传输6路彩色电视节目和15000路电话，工作寿命达8年。
- 东方红三号卫星采用了许多新技术，如全三轴稳定技术，统一双组元液体推进技术，公用平台设计，大面积密栅太阳能电池阵，双栅双抛物面多馈源成形波束天线，正交线极化隔离频率复用技术，高强度轻重量碳纤维多层复合材料等。它的研制成功，标志着中国通信卫星技术跨上了一个新台阶。
- 东方红三号的成功发射大大缓解了中国卫星通信的紧张状况**，这颗卫星也是中国**第一颗面向全社会的商业卫星**。





■ 星上24台转发器

- 22台用于电信部门的公众通信业务，公众通信业务中包括3.5万条单向话路，主要用于23个省会的一级干线通信网，还用于新疆、内蒙古等边远地区及厦门、烟台等重要城市的干线网。
- 1台用于临时性电视节目传送，另外1台一半用于临时性电视节目传送，一半用于VSAT通信。
- 临时性电视节目传送包括甲A足球赛各比赛城市的实况互传、每年两会期间各电视台的新闻传送、重要体育转播、昆明世博会转播和新闻转发等。其使用效果较好，用户满意。（2006年）

■ 东方红四号

中国空间技术研究院研制的新一代大型通信卫星平台，具备大容量、长寿命的特点。平台可用于建造大容量通信广播、视频/音频直播、跟踪与数据中继和区域移动通信等卫星。平台由推进舱、服务舱和太阳翼构成，承载有效载荷能力595千克，太阳翼输出功率10500瓦，设计寿命15年，可靠性寿命末期大于0.78。

东四平台通信卫星发射大事记

| 日期 | 火箭 | 卫星 | 质量(kg) | 目前状态 | 备注 |
|------------|-----------|--------------|--------|------|----------------------|
| 2006.10.29 | CZ-3B Y7 | 鑫诺二号 | 5107 | 失效 | 太阳能主电池板未打开，部分天线亦未能打开 |
| 2007.5.14 | CZ-3B Y9 | Nigcomsat-1 | 5086 | 失效 | 太阳能电池板故障，电能耗尽 |
| 2008.10.30 | CZ-3B Y12 | Venesat-1 | 5050 | 正常 | |
| 2010.9.5 | CZ-3B Y13 | 鑫诺六号 | 5100 | 正常 | |
| 2011.6.21 | CZ-3B Y20 | 中星10号 | 5220 | 正常 | |
| 2011.8.12 | CZ-3B Y19 | Paksat-1R | 5119.5 | 正常 | |
| 2011.9.19 | CZ-3B Y16 | 中星1A | 5320 | 正常 | |
| 2011.12.20 | CZ-3B Y21 | Nigcomsat-1R | 5100 | 正常 | |
| 2012.5.26 | CZ-3B Y17 | 中星2A | 5320 | 正常 | |



通信广播卫星系列

(2) 鑫诺系列

鑫诺卫星公司1994年5月31日成立，上海市，三大股东：航天工业总公司，国防科工委，中国人民银行

■ “鑫诺1号”通信卫星 SINOSAT-1

专门为中国及其周边国家和地区用户设计的大功率、高接收灵敏度、高可靠性的具有九十年代国际先进水平的商用通信卫星。

设计制造：法国宇航公司

卫星平台：Spacebus-3000

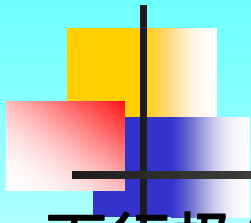
稳定方式：三轴稳定

设计寿命：15年

极化方式：双线性极化

轨道位置：东经110.5度

星载转发器：14个54MHz带宽的Ku频段转发器和23个36MHz带宽、1个54MHz带宽的C频段转发器，



下行极化方式：垂直

信息率：38.272745Mbps

字符率：41.530 Msps；FEC：1/2。

覆盖范围：中国及亚太地区



用途：主要为国家金融电子化工程、国家空中交通管制系统、上海信息港工程等用户提供多项服务。

特点：鑫诺卫星地面测控站由国内自行设计和研制，卫星控制软件全部由国内编制。后续鑫诺卫星基于“东方红四号”平台，由国内设计制造。

发射：1998年7月18日由长征三号乙运载火箭发射升空，鑫诺卫星服务于国家教育和科研计算机网络、新华社全球卫星数据广播网、国家广电总局“村村通”工程，以及中国海上石油、国家气象局、中国吉通、中国联通和中国教育电视台等数十家用户。

鑫诺1号节目平台以及境外节目

中央平台

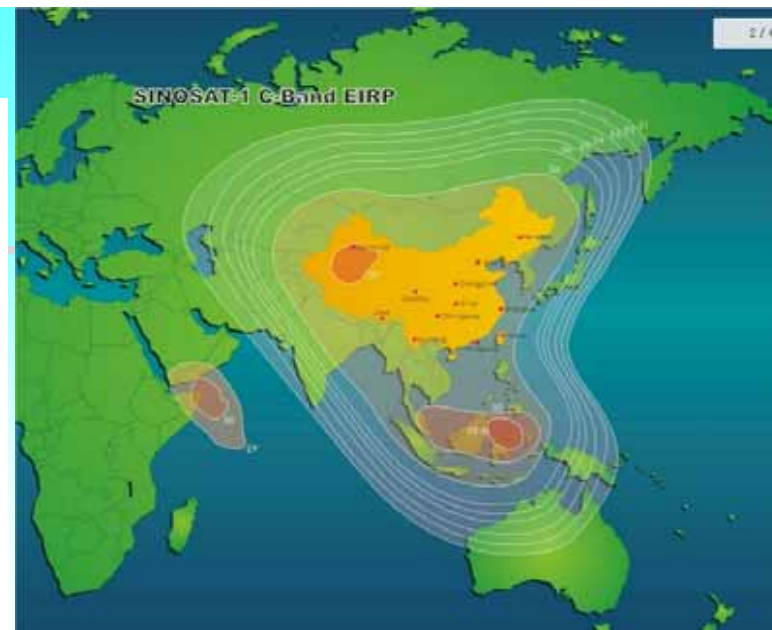
中央电视台-1 -2-3 -4 -5 -6 -7 -8 -10 -11

省级上星台

内蒙卫视,云南卫视,四川卫视,贵州卫视,重庆卫视,河南卫视,湖南卫视,青海卫视,陕西卫视,甘肃卫视

免费平台:

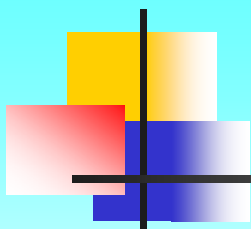
CETV-1,-2 -SD, CCTV-1,-9



鑫诺一号转发器C频段覆盖图

境外平台 (“村村通”用户无收视权)

CNN 美国有线新闻电视网, HBO 美国HBO家庭影院频道, CINEMAX 美国电影频道, CNBC 美国国家广播公司有线电视网, ESPN 世界体育节目, NGC 美国国家地理频道, STAR MOVIES 卫视国际电影台, AXN AXN动作频道, DISCOVERY 探索频道, HALLMARK 贺曼国际电影台, BBC WORLD 英国国际新闻资讯频道, NHK 日本世界频道, JETTV 日片频道, 凤凰卫视电影台, TVB8 香港无线主办的娱乐频道, TVB星河华语连续剧频道, NOW英语频道, 澳门卫视, 澳门综合电视台, 澳门卫视五星台, 澳门著名的综合电视台, 阳光卫视, 澳亚卫视, 凤凰卫视, 卫视体育, Channel V, MTV



■ “鑫诺2号” 通信卫星 SINOSAT-2

2006年10月29日由长征三号乙运载火箭发射升空，由于定点过程中出现技术故障，导致太阳帆板未能二次展开，卫星无法正常工作。

■ “鑫诺3号” 通信卫星

2007年6月1日由长征三号甲运载火箭发射升空，定点于东经125度赤道上空，服务寿命8年。

鑫诺三号卫星承担中央电视台部分内容、广东卫视、广西卫视、深圳卫视、吉林卫视、黑龙江卫视等节目的传输任务。2009出现故障，2010年10月20日，由“中星6A”（原称“鑫诺6号”）接替其工作。



■ 鑫诺五号直播卫星110.5°E

鑫诺一号的替代卫星，于2011年6月21日由长征三号乙运载火箭发射升空。中国空间技术研究院设计制造，载荷设计为法国宇航公司，采用东方红四号卫星平台，覆盖中国及亚太地区。

■ 鑫诺六号直播卫星126.4°E

鑫诺三号的替代卫星，以中国空间技术研究院为主研制，基于东方红四号卫星平台，于2010年9月5日由长征三号乙运载火箭发射升空，定点于东经126.4度赤道上空，服务寿命15年。覆盖范围为中国、亚太及中东地区。

装载有24个C频段转发器、8个Ku频段转发器和1个S频段转发器，卫星波束可覆盖包括中国全境的亚太地区及部分周边国家和地区。

通信广播卫星系列

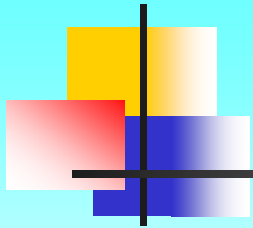
(3) 中国卫星通信集团公司



中国卫星通信集团
China Satcom Group

- 2001年成立，2009年重组，是中国航天科技集团公司从事卫星运行服务业的核心子公司。





■中国卫通承担着国内260套电视节目及230套广播节目的安全播出任务；为国内外大型活动直播提供安全可靠的卫星信号传输保障；为国内外大型企业以及金融、交通、石油等领域用户提供专属服务，通信能力延伸到陆地、岛屿、海洋等偏远的、光缆难以敷设的地域。

■**主要经营业务：**

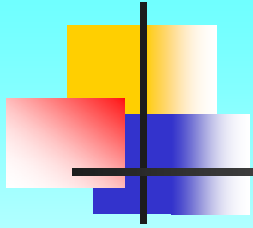
通信、广播及其他领域的卫星空间段业务；卫星移动通信业务；互联网业务；VSAT通信业务；基于卫星传输技术的话音、数据、多媒体通信业务；地面网络通信业务；3.5G固定无线接入业务；800兆数字集群通信业务；以GPS为主的综合信息业务；与上述卫星通信业务相关的技术服务和进出口业务。

其下属的中国通信广播卫星公司和中国东方通信卫星有限责任公司经营卫星信道租用业务。目前服务于中国国内公众卫星通信、专用卫星通信等干线和区域性通信服务以及临时电视业务、并可向周边国家提供通信服务。

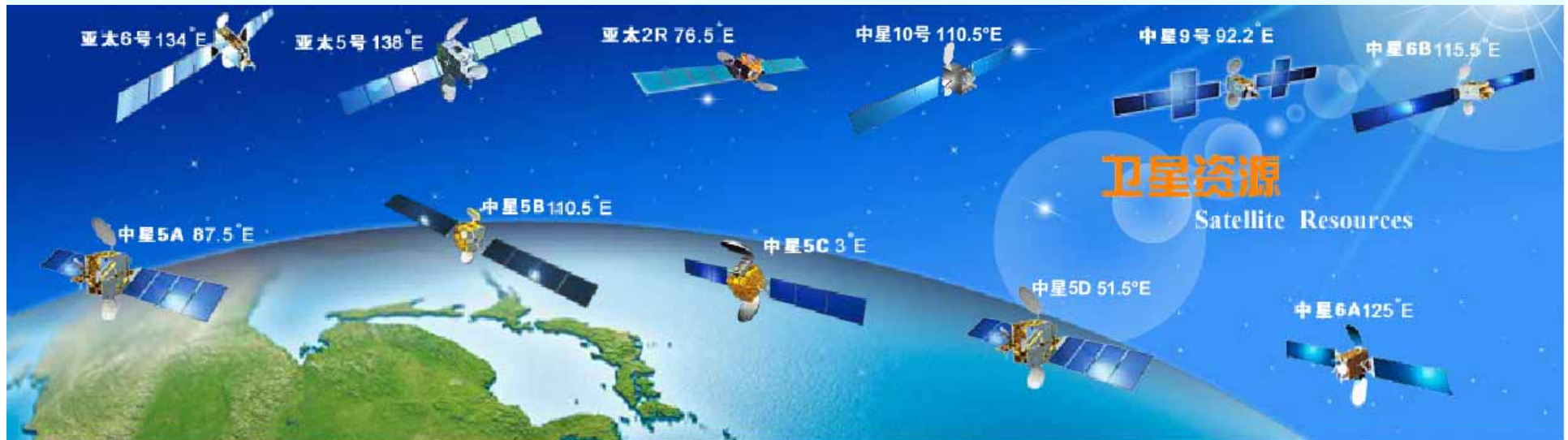


中国通信广播卫星公司ChinaSat：

- 成立于1985年，是国内首家运营卫星通信广播业务的国有企业。
- 公司现经营多套VSAT系统，各种单、双向用户站已达2000个，广泛服务于民航售票、海洋预报、地震监测、金融咨询、期货证券、话音通信以及无线寻呼和高速数据全国联网等业务。
- **经营范围：**
 - 建设、经营、管理国内民用通信广播卫星系统；
 - 对民用通信广播卫星空间段及地球站提供监控服务；
 - 开发经营卫星通信、广播、电视传送和移动通信业务等
- **通信服务：**
 - 卫星信道服务，VSAT通信服务，全球卫星移动通信服务等
- **下属企业：中宇卫星移动通信有限责任公司**
 - 我国唯一经营“全球星”卫星移动通信系统的卫星移动通信运营公司，提供覆盖全球的话音、数据等业务，主要用于石油、勘测、地质、森林、探险等行业，是地面通信的延伸和补充。



中卫通卫星资源



1 中星5A(中卫1号) 87.5 ° E , 同步卫星轨道

美国洛克希德·马丁公司基于A2100A卫星平台制造，1998年5月30日长征三号乙运载火箭发射，覆盖中国及亚太地区，分别提供24个等效36MHz带宽的C频段和24个Ku频段转发器商业通信服务，具有模块化设计、可靠性高、可支持多种通信业务等特点。

中星5B(鑫诺1号)

中星5C(鑫诺3号)

2 中星5D 51.5 ° E

波音卫星系统公司基于Boeing 376卫星平台制造，2010年9月投入使用。

3 中星6A(鑫诺6号)

4 中星 6B 115.5 ° E

法国宇航公司基于SB4000卫星平台研制的广播电视卫星，装载38个转发器，于2007年5月发射，下行波束覆盖亚洲、太平洋及大洋洲。“中星6B”卫星主要应用于广播电视传输，可传送300套电视节目。

5 中星9号 92.2 ° E , 同步卫星轨道

法国宇航公司基于 SB4000商用卫星平台建造的**广播电视直播卫星**，2007年10月发射，装载22个Ku频段转发器，采用广播电视直播卫星业务专用频段。

覆盖中国全部国土包括南中国海地区 能提供150至200套标准清晰度和高清晰度电视节目，构建中国第一代广播电视卫星直播系统。

6. 中星10号(鑫诺5号)

7. 亚太-IIR 76.5 ° E

1997年10月成功发射，提供卫星通信及DTH等广播业务。

8. 亚太-V 138 ° E

于2004年6月29日成功发射，为客户提供电视节目传输、直播到户、互联网以及VSAT等业务，并通过夏威夷波束提供连接北美的链路。

9. 亚太-VI 134 ° E

2005年4月12日成功发射，主要覆盖亚洲，澳大利亚，新西兰，太平洋岛国和夏威夷。Ku波段主要覆盖大中国区域，提供DTH、SNG以及其它广播、通信业务。

10. 亚太7号 76.5 ° E

法国宇航公司研制，于2012年3月31日发射，接替运行于东经76.5度的亚太2R卫星，提供28个C频段和28个Ku频段转发器商业通信服务，总功率11.4千瓦，星上C频段可为亚洲、中东、非洲、澳大利亚、欧洲等地提供电视传输和卫星通信服务，Ku频段可为中国、中东、中亚、非洲提供DTH、VSAT等跨洲际广播通信服务。

通信广播卫星系列

(4) 亚洲卫星公司 (AsiaSat)

成立于1988年2月24日，总部设在香港，是亚洲地区第一家区域性的商业卫星运营组织。亚洲卫星公司是亚洲地区首屈一指的卫星通信服务提供商，其两大股东分别为中国中信集团公司及美国通用电气公司。目前有：

亚洲一号卫星（1990年发射，2003年退役）

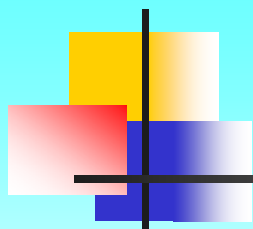
是美国休斯公司制造的静止轨道通信卫星，有24个C波段转发器，设计运行寿命10年，原为美国的西联星-6号，在1984年2月3日由美国航天飞机“挑战者号”发射上天但未成功入轨，后由美国航天飞机“发现”号于11月12日回收。经修整后，被亚洲卫星通信公司购得，并命名为亚洲一号，主要为中国及亚洲各国提供通信服务。亚洲1号于1990年4月7日由长征三号运载火箭从西昌卫星发射基地发射成功。

亚洲二号卫星（1995年发射，100.5E）

美国洛克希德 - 马丁公司制造的MM7000型卫星，共配备了20个36兆赫和4个72兆赫带宽的C波段转发器，以及9个54兆赫带宽的Ku波段转发器。随着设计寿命的到期，该卫星上所有的节目都陆续转移到其他卫星上了，目前亚洲二号上只剩下一个预备频道。

亚洲3号S卫星（1999年发射 105.5°E）

美国休斯公司(现美国波音卫星系统公司)制造的HS601HP型高功率通信卫星。1999年3月 在哈萨克斯坦共和国拜科努尔航天发射场由俄罗斯质子号运载火箭发射升空，定点于东经105.5度的赤道上空的轨道，在轨寿命为16年以上。



亚洲4号卫星（2003年发射 122° E）

美国波音卫星系统公司制造, 大功率三轴稳定式通信卫星, 2003年在美国佛罗里达州卡纳维拉尔角航天中心 成功发射，在轨寿命为15年。

亚洲四号卫星配备了28个36MHz带宽的C波段转发器，覆盖亚洲太平洋地区；其波束覆盖与亚洲二号卫星和亚洲3S卫星的C波段波束相似。

亚洲五号（2009年发射100.5° E）

美国劳拉空间系统公司建造，属新一代通信卫星，工作寿命为15年，它将替代东经100.5度轨道上的“亚洲2号”通信卫星，为亚太地区的用户提供高质量通信及互联网接入等服务。



亚洲一号

亚洲卫星公司为该地域内的53个国家和地区、世界三分之二人口提供广泛的卫星通信和广播电视服务，其中包括转播或发送100多个电视频道、100多路音频广播电台信道以及为公众电信运营商、VSAT运营商和大型企业专用通信网络提供卫星转发器资源和服务。





6 “北斗” 导航定位卫星系列

北斗卫星导航系统*COMPASS*是中国正在实施的自主研发、独立运行的全球卫星导航系统。与美国的GPS、俄罗斯的格洛纳斯、欧盟的伽利略系统并称全球四大卫星导航系统。

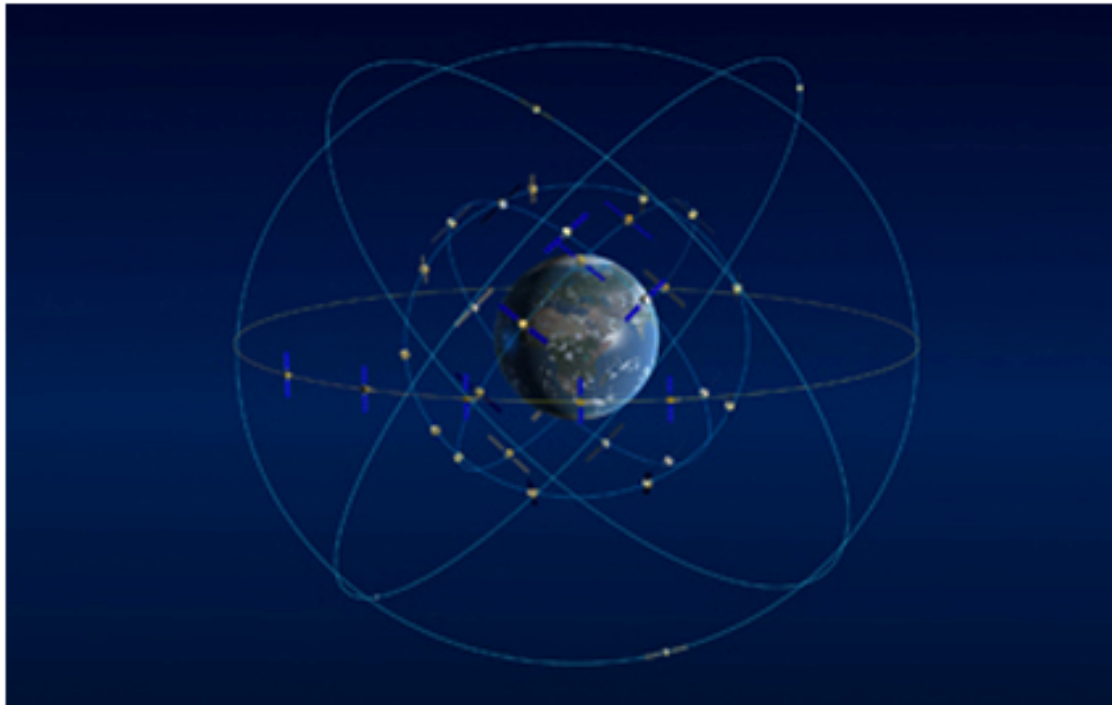
■组成：

由空间端、地面端和用户端三部分组成。

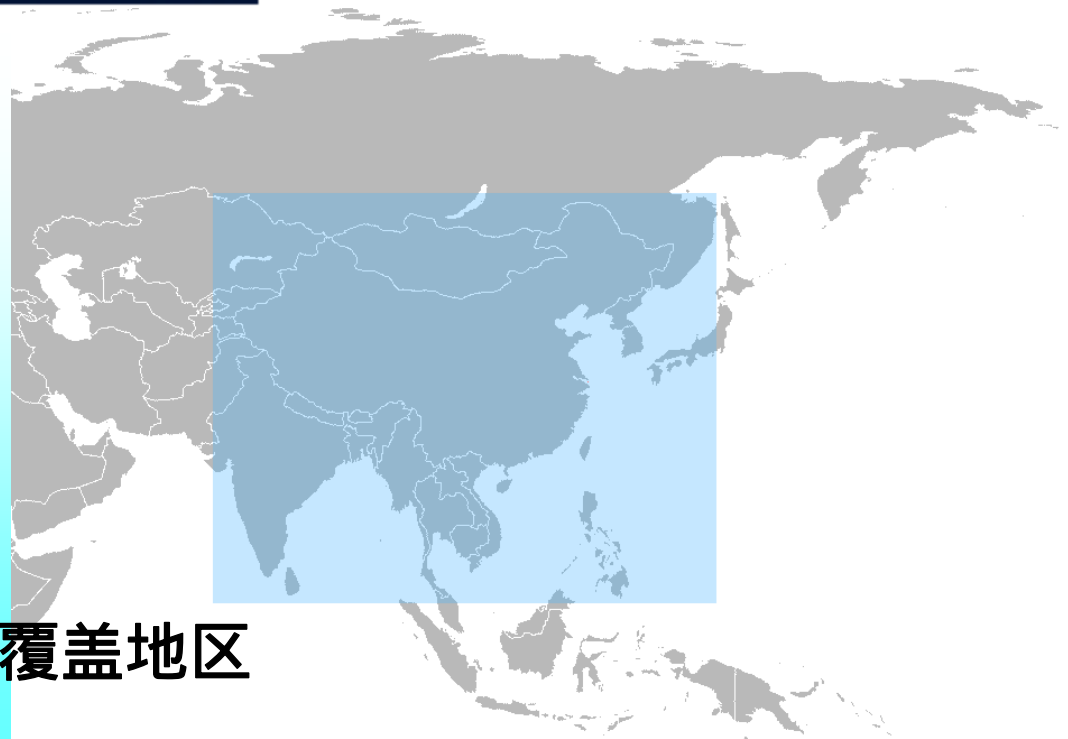
空间端：包括5颗静止轨道卫星和30颗非静止轨道卫星。

地面端：包括主控站、注入站和监测站等若干个地面站。

用户端：由北斗用户终端以及与其他卫星导航系统兼容的终端组成。



北斗系统星座图



北斗卫星导航系统在2012年的覆盖地区



■“北斗”卫星导航系统建设的“三步走”规划：

第一步：试验阶段，用少量卫星利用地球同步静止轨道来完成试验任务，为“北斗”卫星导航系统建设积累技术经验、培养人才，研制一些地面应用基础设施设备等；

第二步：到2012年，计划发射10多颗卫星，建成覆盖亚太区域的“北斗”卫星导航定位系统（即“北斗二号”区域系统）；

第三步：到2020年，建成由5颗地球静止轨道和30颗地球非静止轨道卫星组网而成的全球卫星导航系统。

2012年10月25日，我国在西昌卫星发射中心用长征三号丙运载火箭，成功将一颗北斗导航卫星发射升空并送入预定转移轨道。这是一颗地球静止轨道卫星，将与先期发射的15颗北斗导航卫星组网运行，形成区域服务能力。

根据计划，北斗卫星导航系统将于2013年初向亚太大部分地区提供正式服务。



■ 系统特点1：星座结构独特

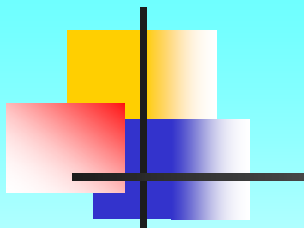
- 采用IGSO（倾斜地球同步轨道）卫星定位的星座结构。
- **IGSO星**：24小时地球同步轨道卫星，轨道倾角是55度，轨迹呈8字形，中心位于赤道某设定的经度上，高度与地球静止轨道卫星相同，卫星星下点24小时轨迹在本服务区内南北来回运动，是一种利用效率较高的区域星座，介于GEO和MEO之间。
- 中国首先要组建一个**区域导航服务星座**：
 - 采用**IGSO星**，每天有70%-80%的时间停留在中国上空。
 - 采用**MEO星**，每天只有30%的时间位于中国上空。
 - GEO星**，轨道倾角0度，相对地面静止，但只用这一种卫星定位有问题，因为它们有时会处于同一直线上，不能计算定点的位置。
- **美国、俄罗斯导航系统星座**：**MEO中圆轨道**，卫星均匀分布在轨道面上，都是对称星座，是覆盖全球的最优星座。
- 用IGSO卫星进行定位，这在世界上是第一次。

■ 系统特点2：短信服务

- 北斗的短报文每条可发送**120个汉字**。
- 通过北斗，**用户能让别人知道“自己在哪”**。汶川地震时，震区通信中断。中国卫星定位应用管理中心为救援部队配备了1000多台北斗终端机。北斗的短报文功能，让救援部队和指挥部的联系保持顺畅。北斗正式运行后，短报文通信的服务功能将覆盖中国大陆及周边地区。
- 通过GPS，用户只能知道“自己在哪”。



北斗一号车载用户机



北斗小型化手持机



北斗多功能信息终端



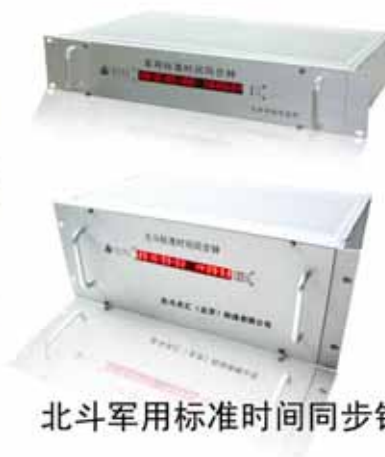
北斗用户机数字图手柄



北斗双模型手持机



北斗车载式一体机



北斗军用标准时间同步钟



室内型军用标准时钟



(与M12型号尺寸, 协议一致)



(与Trimble型号尺寸, 协议一致)

北斗授时模块



■ 系统服务

向全球用户提供高质量的**定位，导航和授时服务**，包括开放服务和授权服务两种方式。

▣**开放服务**：向全球免费提供定位、测速和授时服务，定位精度10米，测速精度0.2米/秒，授时精度10纳秒。

▣**授权服务**：为有高精度、高可靠卫星导航需求的用户，提供定位、测速、授时和通信服务以及系统完好性信息。

各系统评价

- 1 美国GPS 特点：**成熟**
- 2 俄罗斯格洛纳斯 特点：**抗干扰能力强**
- 3 中国北斗 特点：**短信和导航结合，在建**
- 4 欧洲伽利略 特点：**精准，在建**

另外一种分类法

| | | | | |
|--------|---------------------------------|----------------------------|--|--|
| 卫 星 | 科学 探测 与技 术试 验卫 星 | 实践系列 | 实践一号卫星 实践二号卫星 实践四号卫星 实践五号卫星 | |
| | | 空间探测 | 双星计划 探测一号卫星 探测二号卫星 | |
| | | 返回式卫星 | 返回式卫星FSW-0 返回式卫星FSW-1 返回式卫星FSW-2 返回式卫星FSW-3 | |
| | 气象卫星 | 风云一号气象卫星 风云二号气象卫星 风云三号气象卫星 | | |
| | 对地 观测 卫星 | 资源卫星 | 中巴地球资源卫星 “资源”地球资源卫星系列 | |
| | | 海洋卫星 | 海洋一号 海洋二号 | |
| | | 环境卫星 | 环境一号 | |
| | | 遥感卫星 | 遥感卫星一号 遥感卫星二号 遥感卫星三号 遥感卫星四号 遥感卫星五号 遥感卫星六号 遥感卫星七号 遥感卫星八号 遥感卫星九号 遥感卫星十号 遥感卫星十一号 | |

| | | | |
|----|--------|--------------------|---------------------------------|
| 卫星 | 通信广播卫星 | 东方红 | 东方红一号卫星 东方红二号卫星 东方红三号卫星 东方红四号卫星 |
| | | 鑫诺 | 鑫诺一号 鑫诺二号 鑫诺三号 鑫诺四号 鑫诺五号 鑫诺六号 |
| | | 中星 | 中星5A 中星6B 中星8号 中星9号 中星10号 中星11号 |
| | | 亚太 | 亚太2R 亚太五号卫星 亚太六号卫星 亚太七号卫星 |
| | 中继卫星 | 天链一号 | |
| | 定位卫星 | 北斗卫星导航系统 北斗一号 北斗二号 | |

| | | | | | |
|-------|------|----------------|------|------|------|
| 运载火箭 | 现役 | 长征一号 | 长征二号 | 长征三号 | 长征四号 |
| | 研制中 | 长征五号 | 长征六号 | 长征七号 | |
| 空间探测器 | 月球探测 | 嫦娥工程 号 嫦娥四号 | 嫦娥一号 | 嫦娥二号 | 嫦娥三 |
| | 火星探测 | 中国火星探测计划 | 萤火一号 | | |
| 载人航天 | 现役 | 神舟一号 | 神舟二号 | 神舟三号 | 神舟四号 |
| | | 神舟五号 | 神舟六号 | 神舟七号 | 神舟八号 |
| | 研制中 | 神舟九号 | | | |
| | 研制中 | 神舟十号 | | | |
| 空间站 | 现役 | 天宫一号 | | | |
| | 研制中 | 天宫二号 | 天宫三号 | | |



第三章 卫星通信系统

- 3.1 卫星通信概述
- 3.2 卫星通信网结构**
- 3.3 链路传输工程
- 3.4 多址技术
- 3.5 星载和地球站设备
- 3.6 VAST 系统
- 3.7 卫星移动通信系统
- 3.8 卫星定位系统



3.2 卫星通信网结构

3.2.1 卫星通信网的一般特性

3.2.2 点-多点网络

3.2.3 点-点网络



3.2.1 卫星通信网的一般特性

1. 业务类型

■ 电路交换业务

按需分配：在用户有实际的通信需求时，才利用通信系统为其提供服务。

典型例子：电话网

在卫星通信网中，地球站对呼叫请求的响应将直接传送到电话用户或公用电话网。

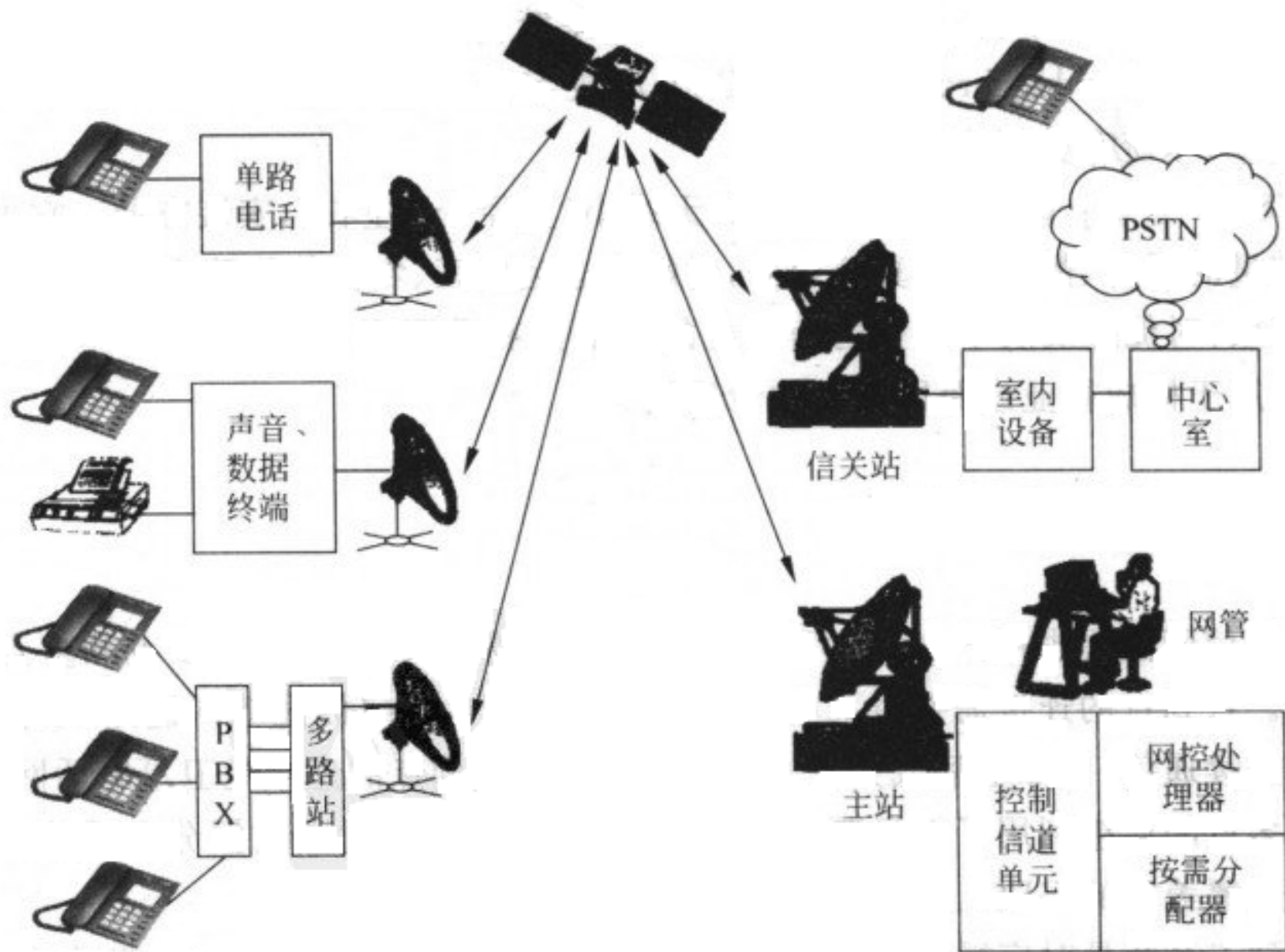


图 具有网络中心控制和管理的按需分配系统



■ 分组交换业务

数据通信网

数据协议： X.25 TCP/IP

分组交换：两种基本形式

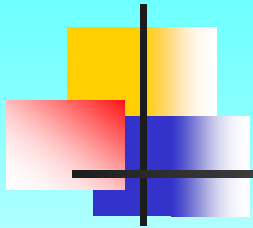
- ◆ 虚电路方式(virtual circuit,VC)
 - ◆ 数据报方式(data gram,DG) , 例：TCP/IP
- 前向纠错(forward error correction , FEC)



2 卫星通信系统的服务质量问题

■ 卫星链路特点

- 地面网接收机主要受人为干扰和不同类型的脉冲干扰；
- 卫星链路的干扰主要来源于接收机内部噪声，它是由当前器件和技术水平决定的物理量，并可以用增加(接收)信号功率的方法来进行补偿。
- 基于卫星的移动通信链路较卫星的固定通信链路传输条件恶劣。



■ 卫星通信传输线路

单跳：发送的信号只经过一次卫星转发后就被对方站接收。

双跳：发送的信号要经过两次卫星转发后才被对方站接收。

双跳传输的两种场合：

分别位于两颗卫星覆盖区内的地球站之间的通信，必须经重叠覆盖区内的地球站中继；

在同一卫星覆盖区内的星形网络中，边远站之间需经中心站的中继，两次通过同一卫星的转发。

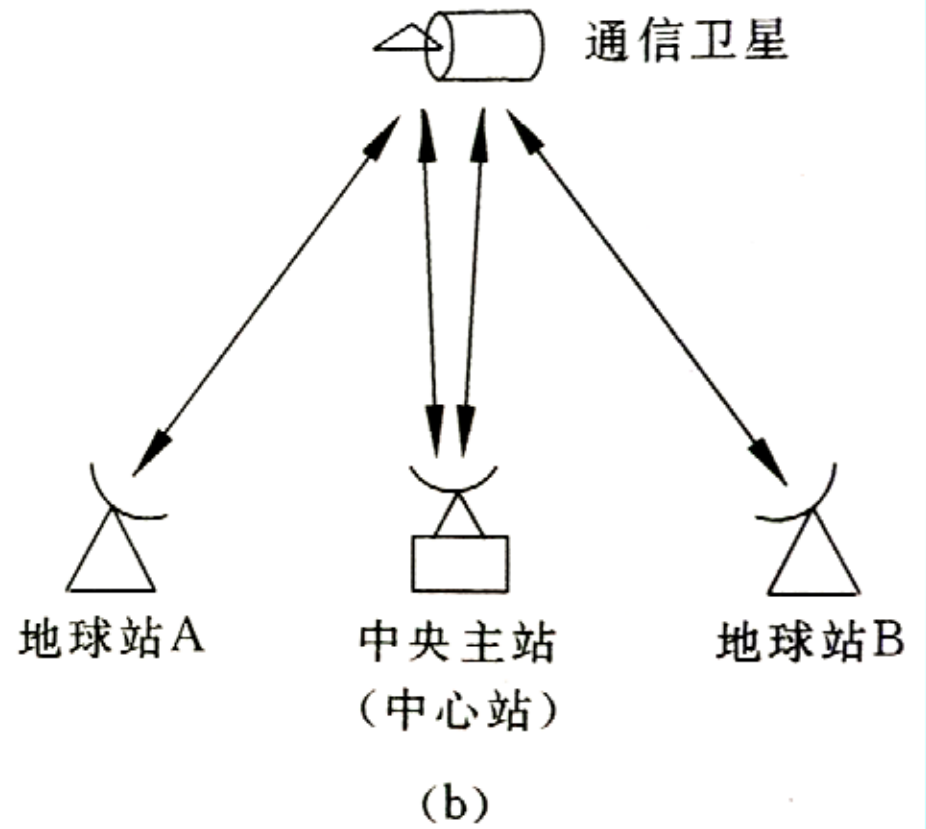
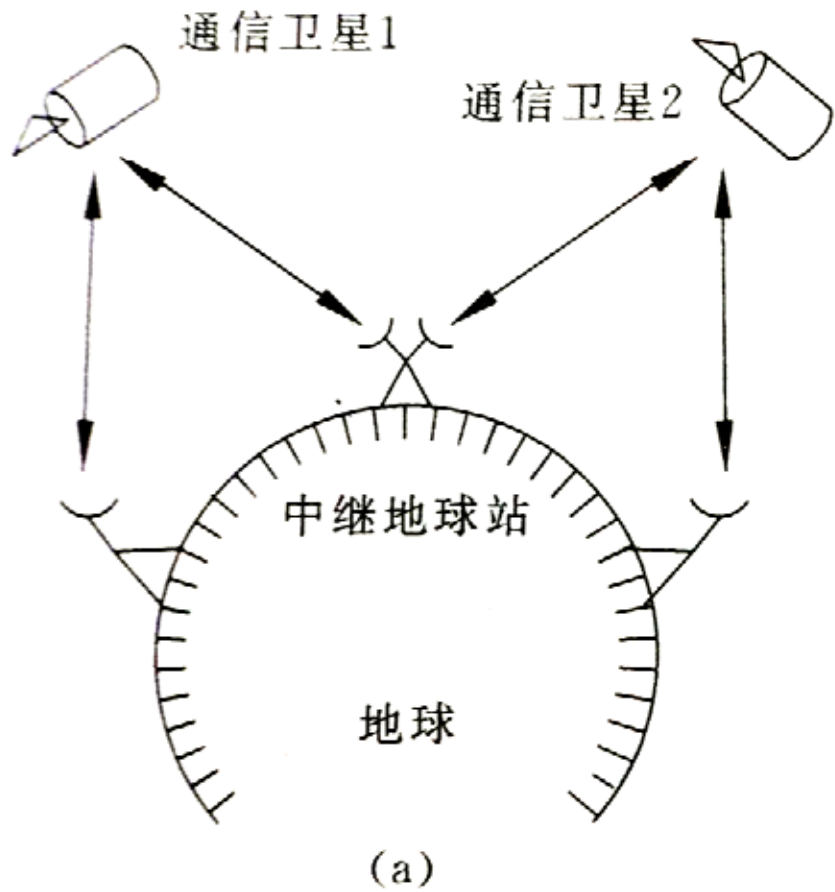
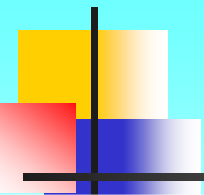


图 4-8 双跳卫星通信线路



■ 话音质量与回波

- GEO星发、收地球站之间的单向延时约**250ms**。

统计结果表明:

对于经过GEO卫星通信系统的“**单跳**”电话会晤的话音质量，有90%的用户表示可以接受。

GEO系统的“**两跳**”电话通信应当避免。

- 长的传播延时还可能造成“**回波干扰**”。

回波抑制器：从接收话音数据流中提取其特征信息，并对其作出估计，用以抵消漏至发端的回波信号，这种方法也称为**回波抵消法**。

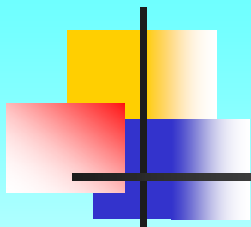
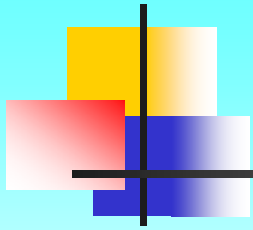


表 2.4-2 总的单跳传输延迟时间(单向)

| | 总的单跳传输延迟时间(单向)/ms | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|-----|-----|----------------------------|-----|-----|---------------------------|-----|-----|
| | 非地球静止卫星 (高度约 1 000 km) | | | 非地球静止卫星 (高度约 14 000 km) | | | 地球静止卫星 (高度约 36 000 km) | | |
| | 最小值 | 最大值 | 平均值 | 最小值 | 最大值 | 平均值 | 最小值 | 最大值 | 平均值 |
| 地球站间 | 74 | 109 | 92 | 92 | 128 | 110 | 240 | 280 | 260 |
| 地面延迟线路 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 |
| 总延迟 | 84 | 159 | 122 | 102 | 178 | 140 | 250 | 330 | 290 |



■ 卫星和链路的可靠性

- 经验表明商业卫星的性能和可靠性是优秀的。

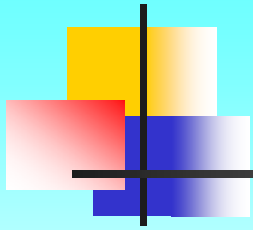
卫星一旦成功入轨，卫星星载通信系统(通常称为有效载荷)可能出现的故障主要与接收机和发射功放行波管(TWTA)的失效有关。

采用高质量的部件、足够的系统储备和冗余设计，能使可靠性达99.99%。



卫星和链路的可靠性

- 通信链路的可靠性由能提供服务的时间百分数来定义。
 - ◆ 对于固定卫星业务**FSS**，链路可靠性的典型值为99.9%，每年相应的中断时间约9小时；
 - ◆ 对于卫星移动业务**MSS**，由于移动环境造成多径传播和直射电波可能被阻挡而引起的接收信号电平的衰落，以及**NGEO**星座的卫星移动和切换等原因，链路可靠性将降低。
- 卫星通信的中断通常不是因为硬件的失败，而是由以下两个原因造成的：
 - ◆ 在雨季中过大的雨衰造成的短时中断；
 - ◆ 射频干扰**RFI**。



为防止卫星链路的失败，通信卫星的所有关键子系统都有100%的备份。

为防止发生主设备和备用设备的双重失效，需进行完善的定期检测工作。



3.2 卫星通信网结构

3.2.1 卫星通信网的一般特性

3.2.2 点-多点网络

3.2.3 点-点网络



3.2.2 点-多点网络

1. 视频广播

- 由若干个发送地球站(上行站)和众多的单收站构成点-多点的广播网。
- 网络用于**直接到户(DTH)**的广播,也用于电视节目分配(由地面接收后再广播)。
- 频段:
 - C波段,功率小
 - Ku波段可采用大功率的广播卫星,有利于实现DTH的节目传送。



视频广播

- 卫星电视节目分配系统将节目传送到地面电缆系统的前端，节目可以是**模拟**，也可以是基于**MPEG2**或数字视频广播**DVB**标准的数字节目。
- Ku波段的DTH系统中，一个大功率转发器的27MHz带宽可以有32个信道，大约可传送150-250个压缩视频节目。



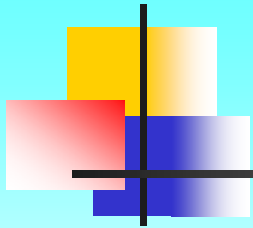
2 卫星数据广播

卫星数据广播系统也是一种“**点-多点**”的系统。

- 上行站的数据来自中心站数据库服务器，然后将数据装配为分组。分组数据流由**上行站发往卫星**，然后由卫星向覆盖范围内的众多数据单收站进行广播。
- 系统允许用户终端通过公用电话网将**较短的数据信息**传送给中心站(多点-点)，这些短信息可以向系统反馈信息或提出请求。

具有这种拨号能力的**数据广播网**，可实现**多点-点**的交互式业务。

- 卫星网对于没有高速数据用户线的用户接入，具有重要意义。



- 数据广播可作为视频广播的附加信息进行传输。
- 在广播系统中，一些重大的体育比赛和重要新闻需要实况转播时，可利用卫星点-点链路提供节目**从现场到演播室**的传输。
- **卫星新闻采集系统**采用可搬移的小站(通常采用小巧、轻便的ku波段设备)，将采访的节目传回演播室。当现场离演播室的距离超过50km时，这种传输方式最具吸引力。



3.2 卫星通信网结构

3.2.1 卫星通信网的一般特性

3.2.2 点-多点网络

3.2.3 点-点网络

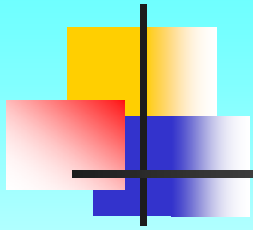


3.2.2 点-点网络

- 最简单的点-点连接是两个地球站之间的射频信号传输，链路是全双工的。
- 卫星网状网能提供若干条链路，连接不同位置的多个地球站。N个地球站之间的最大可能的链路数为 $N(N-1)/2$ 。

- 电话网

是典型的网状网，在点-点之间的链路可以是专用线路或预分配线路，以保持连续的连接。



■ 计算机网间链路

卫星非常适合为不同地域的大计算机系统或计算机局域网 LAN 之间提供互联链路，其传输速率为 $N \times 64\text{kb/s}$ 。

连接多个 LAN 而构成的广域网 WAN 中，路由器将用户数据分组从一个 LAN 传送到另一个 LAN 的用户。