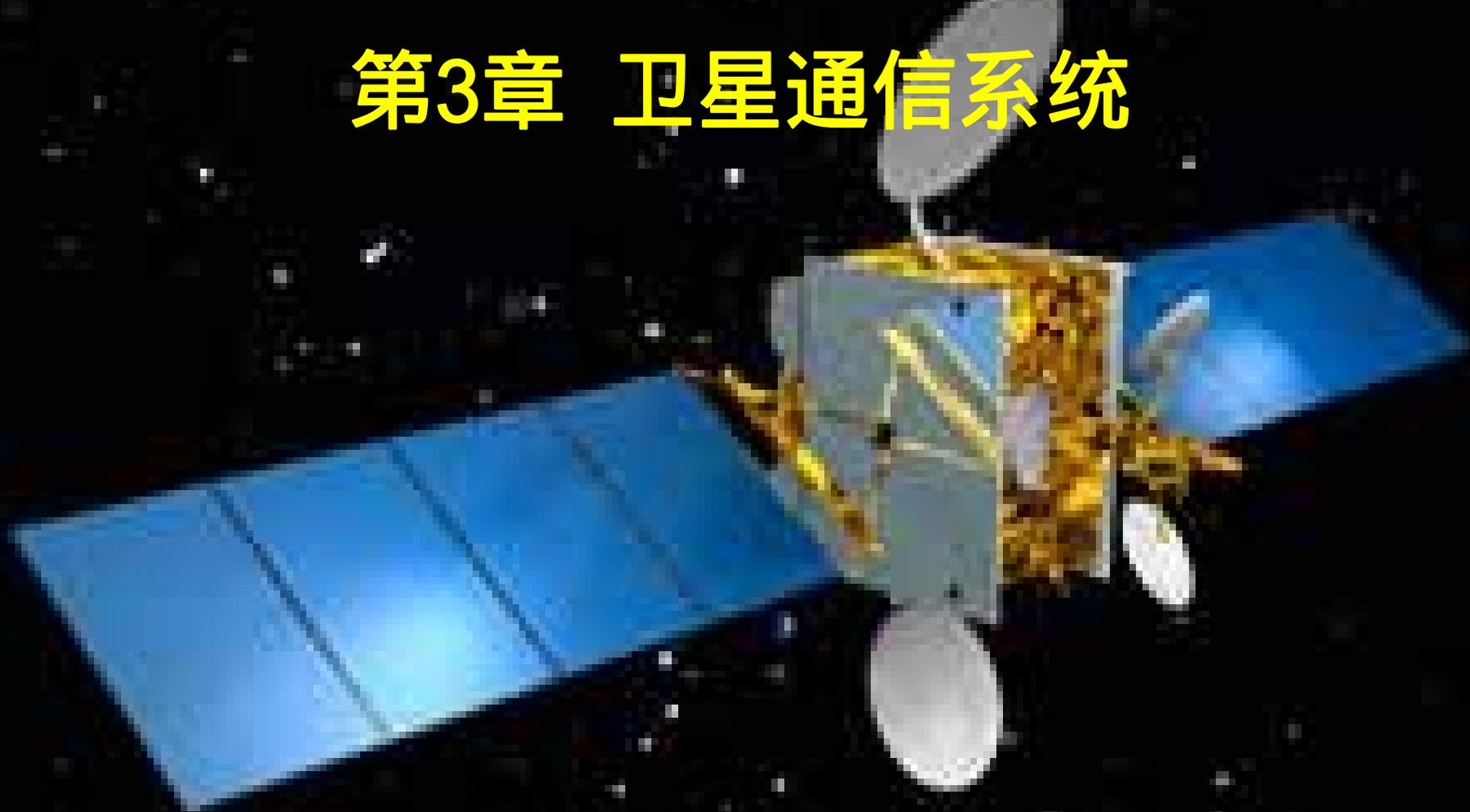
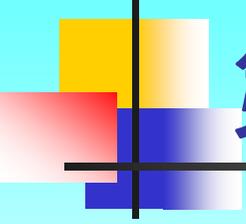


# 通信系统

## 第3章 卫星通信系统

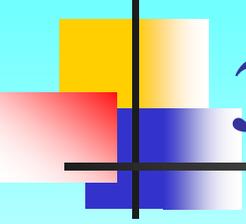




# 第三章 卫星通信系统

---

- 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



## 3.7 卫星移动通信系统

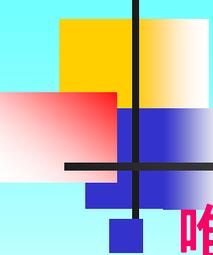
---

### 3.7.1 引言

### 3.7.2 频率规划

### 3.7.3 非静止轨道卫星

### 3.7.4 静止轨道移动卫星通信系统

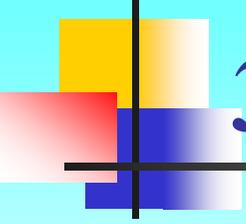


## 3.7.1 引言

---

### ■ 唯星用户

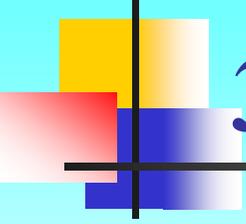
- 处于地面蜂窝网覆盖范围外的用户，其移动通信业务只能由卫星系统来提供，它们是卫星移动通信系统的重要用户群。
- 卫星移动通信系统在解决发展中国家的基本通信方面可发挥重要作用。
- 卫星移动通信系统可以采用静止轨道卫星，也可以采用非静止轨道卫星。
- 用于卫星移动通信的非静止卫星的轨道有低轨LEO、中轨MEO和椭圆轨道3种。



## 3.7.2 频率规划

---

- **WARC—87**：卫星移动通信业务分配的频谱为**L**频段，用于**用户业务链路**，即**移动用户与卫星之间的链路**。
- **WARC—92**：NGEO卫星移动通信业务和卫星无线定位业务的使用频段，包括**VHF**，**UHF**，**L**和**S**波段。
- **WRC—2000**：在卫星移动通信方面的频率规划包括：
  - (1)关于IMT—2000卫星部分的问题，由各国主管部门自愿考虑使用这些频段，其中包括1610-1 626.5MHz / 2483.5-2500MHz频段。
  - (2)关于在1-3GHz频段，会议决定开展包括可能用于**MSS**的**1518-1525MHz**，**1683-1 690MHz**频段与现有业务的共用研究，为MSS频率的划分作准备。



## 3.7 卫星移动通信系统

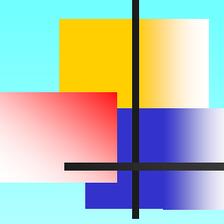
---

3.7.1 引言

3.7.2 频率规划

**3.7.3 非静止轨道卫星**

3.7.4 静止轨道移动卫星通信系统

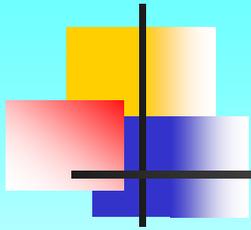


## 3.7.3 非静止轨道卫星

---

### 1. 非静止轨道卫星系统的特点

- (1) 卫星轨道高度低，链路传播损耗小，有利于系统为手持机用户提供服务。
- (2) 传输延时较小，对话音通信不存在回声问题；实时性较好，有利于某些通信协议(如TCP/IP)的采用。
- (3) 采用极轨道或大倾角轨道时，可为高纬度地区提供通信服务。
- (4) 可利用多普勒频移进行定位。



- (5) 必须利用多卫星构成的**星座**，星座中任一卫星对某一地面用户的覆盖时间都是有限的，为保证通信的连续性，可能需要切换，**技术复杂**，风险大。
- (6) 星座能对用户提供**多重覆盖**。因此可以采用分集接收技术，同时星座在个别卫星失效时仍可运行。

## 2 Ndium(铱)系统

■系统于20世纪80年代末Motorola公司推出，90年代初开始开发，1996年开始试验发射，1998年11月开始商业运行，耗资50亿美元。

■铱系统星座原设计由77颗LEO卫星组成，它与铱元素有77个电子围绕原子核运行类似，因此系统命名为“铱”星，后来改为66颗卫星围绕6个极地圆轨道运行，但仍用原名称。它们分布在6个圆形极轨道平面上(轨道平面实际倾角为 $86.4^\circ$ )。每个轨道平面分布11颗在轨运行卫星及1颗备用卫星。

■美国的“德尔它2型”火箭,俄罗斯的“质子k型”火箭和我国的“长征2号丙改进型”火箭分别承担了铱星的发射任务。

■“铱”系统是一个**全球LEO卫星蜂窝系统**，可向全球用户提供传统的电话、传真、寻呼以及基于GSM的补充和承载业务。

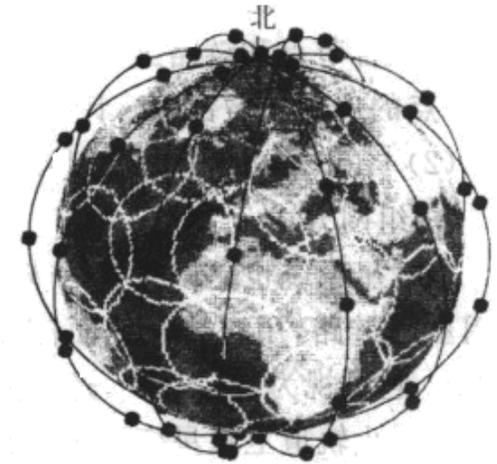
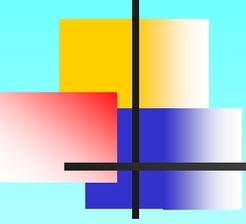


图 铱系统星座示意图



## (1) 铱星计划的提出

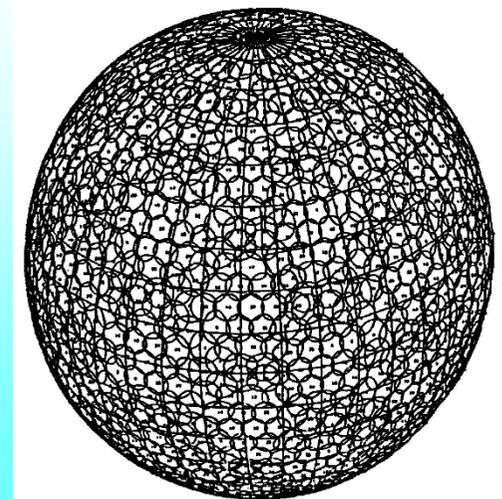
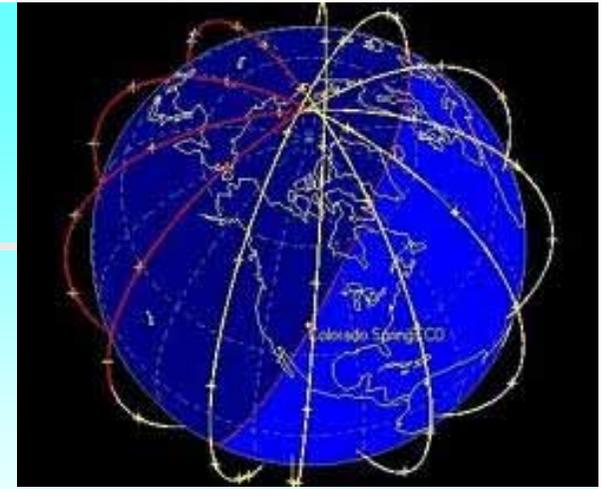
---

卫星移动通信过去一直是由GEO实现的，其业务主要由INMAR-SAT经营和提供，其缺陷有：

- 终端笨重**：不能提供基于手持机实现的个人移动通信业务；
- 价格昂贵**：终端昂贵，通话费用高，达每分钟3~7美元；
- 容量不足**：第三代INMARSAT全球移动卫星通信系统，一个大点波束内仅可提供300~400路话音信道；
- 频谱利用率低**；
- 通信时延大**，回声抑制费用高。

## (2)系统组成 • 空间段

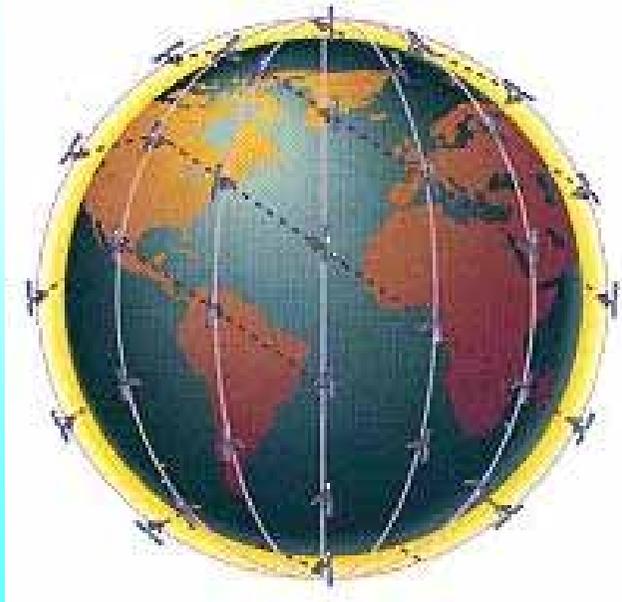
- 铱系统卫星高度785km，允许最小覆盖仰角为 $8.2^\circ$ ，一颗卫星对地面覆盖范围的直径约为4262km。
- 卫星的重量688kg，设计寿命5-8年。
- 铱星座对全球地面形成蜂窝覆盖，每颗卫星提供48个点波束(每波束可支持80个信道)，对地面形成48个蜂窝小区，每个小区直径约600km。
- 系统空间段的卫星之间有星际链路，每颗卫星有四条星际链路，其中两条分别与同轨道平面内的前、后卫星相连，而另外两条链路分别与左、右相邻轨道的卫星相连。
- 星上具有交换和处理功能，每颗卫星是空间网络中的一个节点。

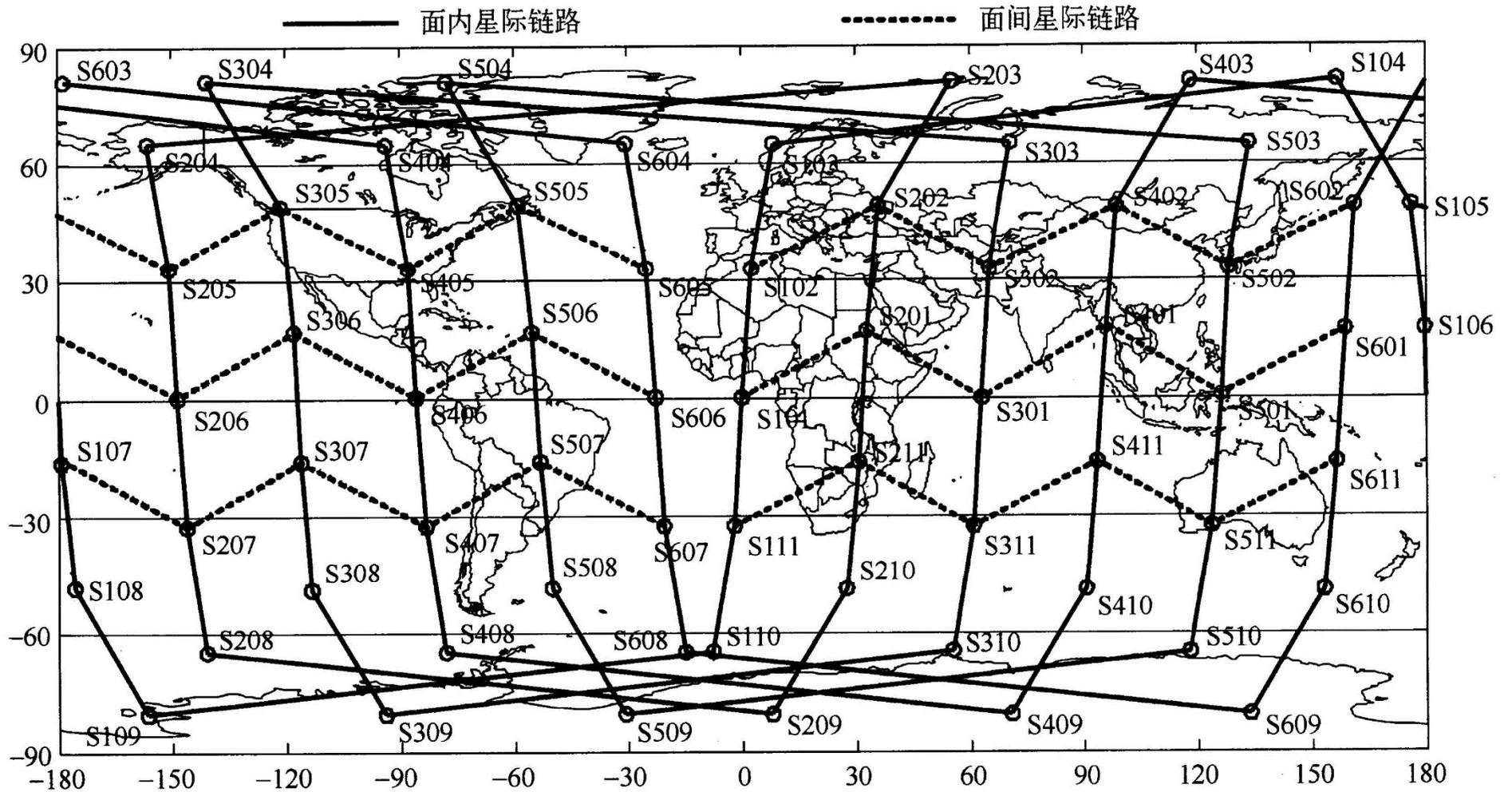


铱系统点波束对全球的覆盖蜂窝

## (2)系统组成 • 通信链路

- **用户链路**(也称业务链路), 频率1621.35-1626.5MHz。时分双工(TDD)方式, 用于用户与卫星之间的连接;
- **馈送链路**, 使用Ka波段, 上行29.1-29.4 GHz, 下行19.3-19.6GHz, 用于卫星与信关站之间的连接;
- **星际链路**, 也上作Ka频段(23.18-23.38GHz), 用于卫星之间的连接。



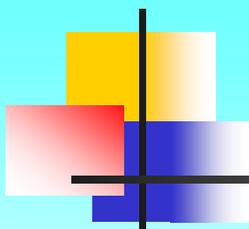


瞬时铱系统星际链路网络示意图

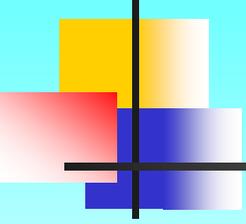
## (2)系统组成 • 地面段



- 包括信关站、用户终端以及遥测、跟踪和控制站(TT&C)。
- 由于铱系统采用了星际链路，因此只需在全球设置少数几个信关站即可。
- 信关站用于完成呼叫连接(包括移动管理和信道分配)，并与地面公用电话网(PSTN)接口。
- 信关站有3副天线和射频前端，第一副天线用于跟踪过顶卫星并进行通信。另一副天线与下一卫星保持联系，第三副天线备用。
- 铱星商用关口站设在美国亚利桑那州，主要在卫星和地面通信网络之间提供中继连接。此关口站还承担管理铱星系统内部网络节点和链路的功能。



- 铱星在美国弗吉尼亚州设有卫星网络运行中心，提供卫星网络的运行控制和支持服务，并在亚利桑那州设有备用支持中心，公司还在全球四个战略位置上部署了遥测跟踪控制站。
- 用户终端有手持机、车载台和半固定终端。手持机的平均发射功率为350mW，天线增益为1-3dBi。

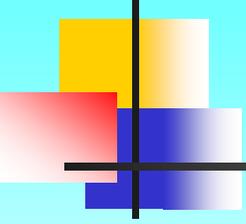


### (3)系统运行 • 用户移动性管理

---

- 系统基本功能包括呼叫处理、路由分配与交换、用户移动性管理、频率资源管理和网络管理等。
- 为了用户的连接，所有用户都必须随时将其位置信息报告给系统。

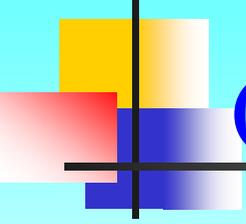
在铱系统中，当用户开机后，将自动通过本地信关站将位置信息传到归属信关站的位置信息存储器，以备用户在被呼叫时，系统能在其所在的小区进行寻呼。



### (3) 系统运行 • 呼叫建立过程

---

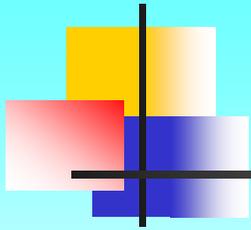
- 主呼用户通过当前可视卫星将主、被呼用户的号码发向本地信关站；
- 本地信关站向主、被呼用户归属情关站查询他们是否为有效用户，确定是否允许接入(建立通信链路)，并查询被呼用户的位置信息以及是否开机；
- 如果主、被呼用户为有效用户，且被呼已开机。则根据系统资源状况和用户的位置信息分配信道，同时向被呼用户发起寻呼(振铃)；
- 被呼用户摘机后，通过所分配的信道可建立连接；
- 在通话过程中，用户的小区切换由本地信关站支持实施。



### (3) 系统运行 • 网管

---

- **网络管理系统**负责通信网的日常维护和管理以及紧急情况下的监视和控制，包括：
  - 对通信网各节点和链路工作状态的监视
  - 由网络结构变化引起的相关操作(如路由表的更新、节点的启用和撤销等)
  - 计费
  - 故障诊断与排除
  - 告警等。



#### (4) 铱星系统信号覆盖范围

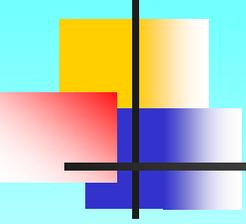
覆盖全球（包括南北两极）。

极地轨道使得铱系统可以在南北两极提供畅通的通信服务。

#### (5) 铱星主要服务对象

为那些没有陆地通信线路或手机信号覆盖的地区，以及信号太弱或超载地区的用户提供可靠的通信服务，其商业服务市场包括航海、航空、急救、石油及天然气开采、林业、矿业、新闻采访等领域。

铱星还为美国国防部及其他国家的国防部门提供卫星通信服务。



## (6) 铱星系统的突出特点

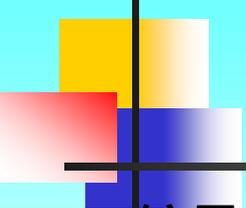
采用了其特有的、代表了现代高科技最新成果的“星上处理技术”和前所未有的“星际链路技术”。

其系统结构具有不依赖现有地面通信网络的支持，就可建立全球移动个人通信系统的能力。

通过卫星之间的接力来实现全球通信，相当于把地面蜂窝移动电话系统搬到了天上，它与静止轨道卫星通信系统比较有两大优势：

- ◆轨道低，传输速度快，信息损耗小，通信质量大大提高；
- ◆铱星系统不需要专门的地面接收站，每部移动电话都可以与卫星联络，这使地球上人迹罕至的不毛之地、通信落后的边远地区、自然灾害现场都变得畅通无阻。所以说铱星系统开始了个人卫星通信的新时代。

此外采用极地轨道也是铱星系统的一大特色，其通信范围覆盖全球。



## (7) 铱星破产 • 新铱星

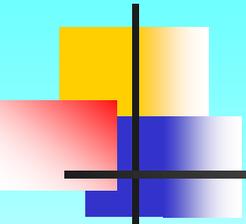
铱星系统于1987年提出，1996年开始试验发射，1998年11月1日铱星系统正式投入使用，总投资为34亿美元。

当摩托罗拉公司费尽千辛万苦终于使其投入使用，命运却和摩托罗拉公司开了一个很大的玩笑：传统的手机已经完全占领了市场，相对于地面移动通信，手机笨重，通话费昂贵，服务质量平平，无法形成稳定的客户群，系统的用户数比预计的少很多，庞大的系统运行、维护开支和巨额的亏损，迫使“铱”公司于1999年3月宣告破产。

新铱星公司在购得66颗卫星组成的庞大通讯网之后，不再陶醉于当初筹划**全球卫星通讯新纪元的美丽蓝图**之中，把用户定位在那些身处偏远地方，地面无线通讯网无法延伸到的地方，如海上石油钻井平台或油轮上工作的人，以及那些希望随时随地保持稳定通讯的大企业，而不是像原铱星公司一样瞄准普通的商务旅行者和一般消费者。

费用大幅降低是新铱星公司的一大卖点。

美国国防部鼎力相助，大企业支持，促使铱星复活。如今铱星公司仍在正常运营。



## 铱星失败原因

---

铱星计划是一个空前绝有的创新构想，铱星系统的科技过于先进，以致相关周边产业因技术尚未成熟而无法支援，出现手机生产数量不足产生手机缺乏和价格昂贵；由于成本和时间的超支，运行不好，不能给新的投资人树立信心，不能吸引新的投资资金来不断调整其目标市场和提高系统的运营手段，造成铱星计划的失败。

### 科技跳蛙现象

在铱星计划开发的10年里，地面移动通信发展迅猛，夺走了铱星公司的目标市场，相对地面移动通信，尤其是移动电话领域，铱星系统失去了市场机会。

### 3 Globalstar(全球星)系统



全球星系统是美国LQSS (Loral Qualcomm Satellite Service) 公司于1991年6月向美国联邦通信委员会 (FCC) 提出低轨道卫星移动通信系统。LQSS公司是由Loral宇航局和Qualcomm公司共同组建的一个股份公司。

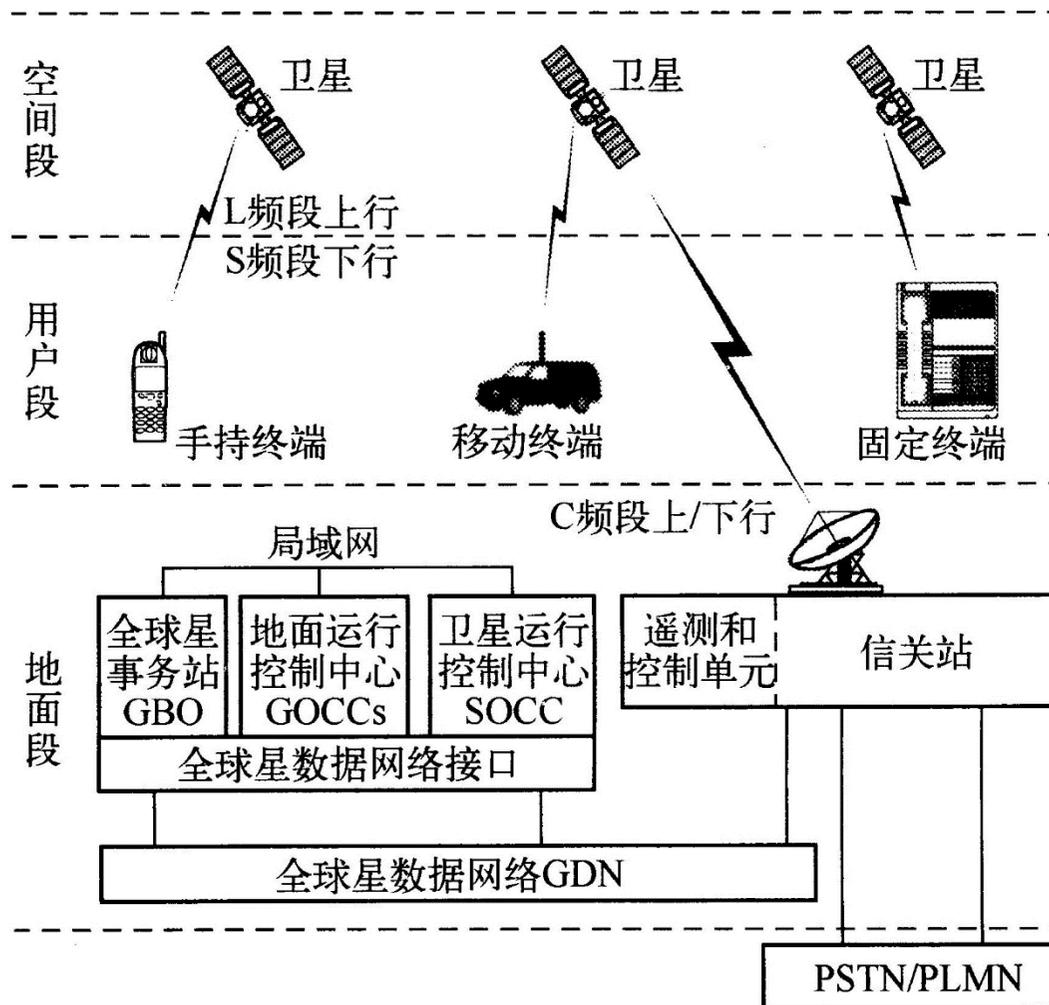
全球星系统的基本设计思想是利用LEO卫星组成一个连续覆盖全球的移动通信卫星系统，向世界各地提供话音、数据或传真、无线电定位业务。它是作为地面蜂窝移动通信系统和其他移动通信系统的延伸，与这些系统具有互运行性。

全球星系统采用低成本、高可靠的系统设计，一个关口站只需要35万美元。手持机的价格只相当于蜂窝手机的价格，其服务对象为边远地区蜂窝电话用户、漫游用户、外国旅行者，以及希望低成本扩充通信的国家和政府的通信网和专用网。

按全球星系统合作伙伴的分布情况来看，目前全球星系统可为33个国家提供服务，其中包括14个欧洲国家，8个亚洲国家，6个美洲国家以及其他地区的5个国家。

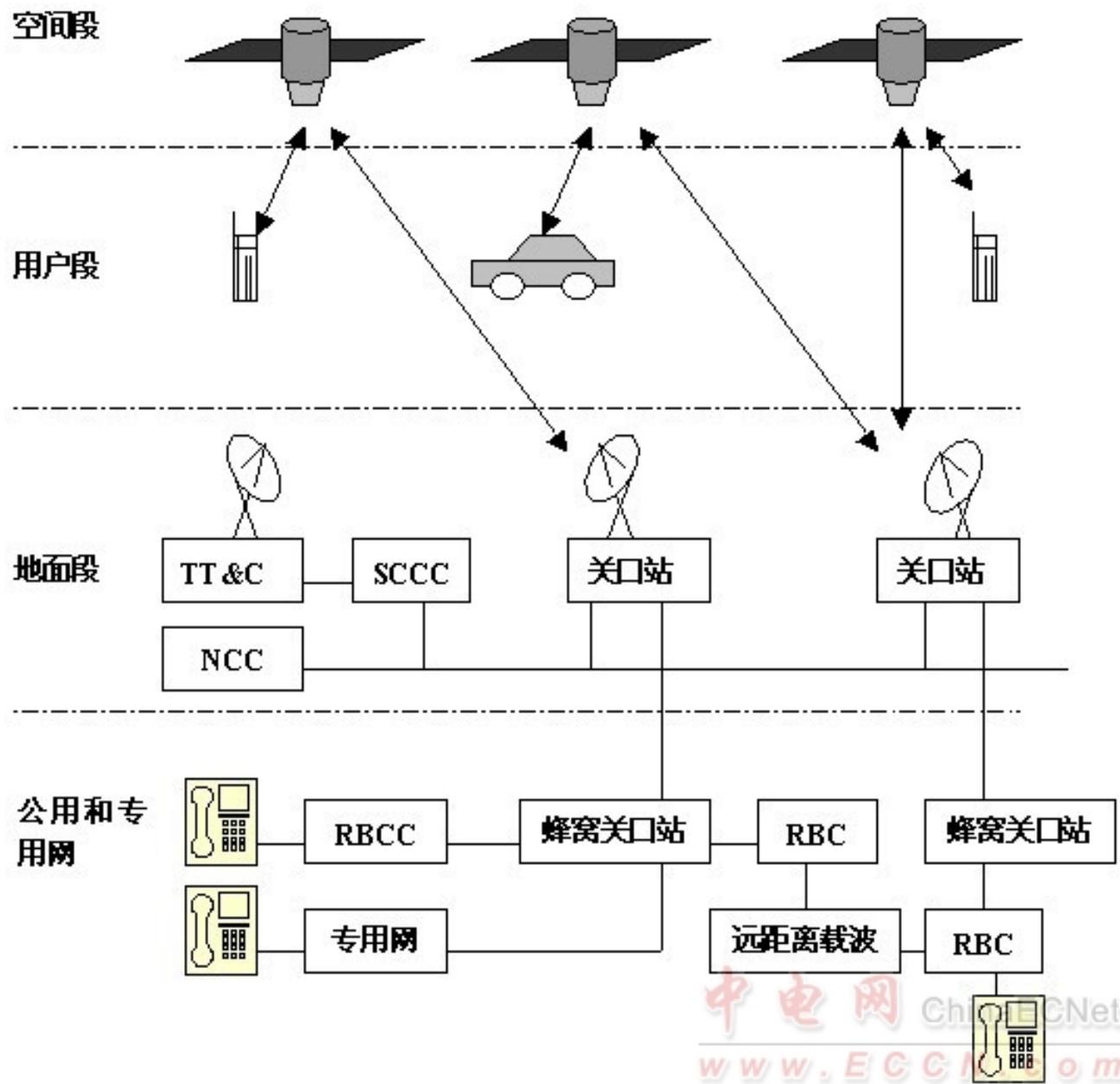
## (1) 组网方式

- 全球星系统是以支持话音业务为主的全球低轨卫星移动通信系统。
- 系统没有采用星际链路，用户将由地面信关站和公用网的支持下实现全球卫星移动通信。

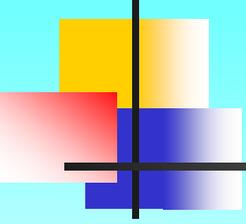


Globalstar 系统结构图

系统可视为：“接入网”，是地面网的补充和延伸。



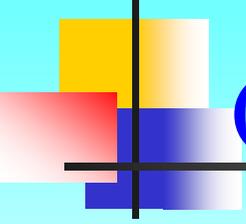
关口站



## 没有星际链路的通信

---

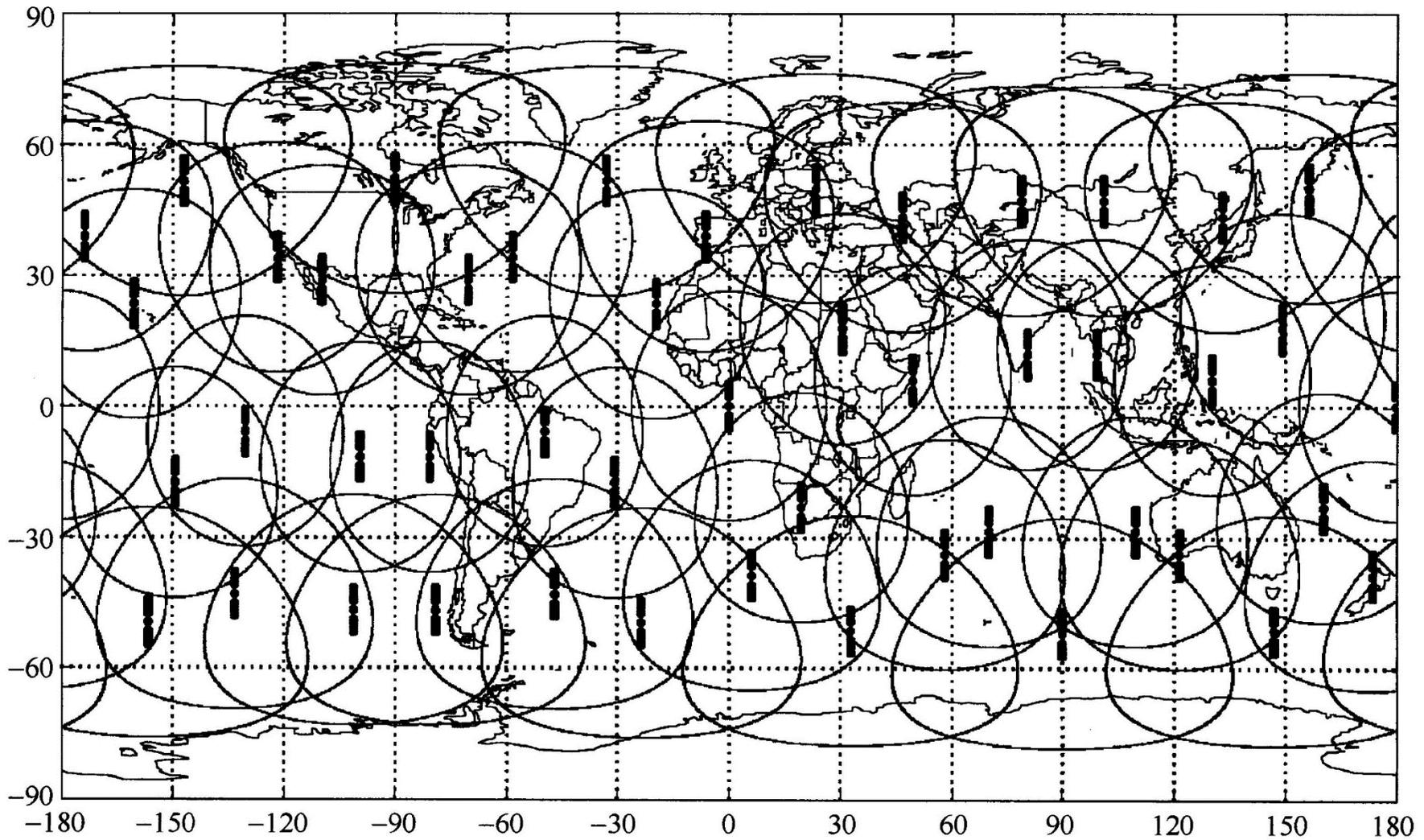
- 需要通信的两个用户在同一颗卫星的覆盖范围时，两个用户终端在该卫星支持下即可建立通信链路；
- 若两个用户位于不同卫星的覆盖范围时，两个用户将首先通过各自的卫星接入被该卫星覆盖的信关站，然后通过地面网将两个信关站连接起来，从而建立两个用户间的通信链路。
- 没有星际链路的星座通信系统，只有在地面网的支持下才能实现全球卫星用户之间的通信。
- 这类系统简单、风险低、运营费用低。



## (2) 空间段

---

- 全球星系统采用倾斜轨道星座。星座共48颗卫星，分布在8个轨道平面上。
- 轨道高度1414km，倾角52°。
- 星上采用有源相控天线，形成16个点波束覆盖地面。
- 该星座能覆盖南、北纬70°之间的地区(最小仰角10°)，
- 卫星重量为450kg，星上电源功率为1100W，卫星设计寿命为7.5年，每颗卫星可提供2800条话音信道。
- 用户链路频谱上行为L波段，下行为S波段。馈送链路工作在C波段。
- 系统的多址技术为CDMA，扩频后的信道带宽为1.25MHz。



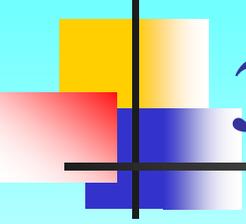
Globalstar 系统卫星瞬时的分布和对地覆盖情况

### (3) 地面段

- 地面信关站具有呼叫处理/信道分配、用户管理(含移动性管理)和与地面网(PSTN和PLMN)接口的功能。
- 全球星系统在我国有3个信关站，分别位于北京、广州和兰州。
- 用户终端有车载台和手持机两种，为了与地面蜂窝网兼容，制造商提供有双模式终端。

除话音、数据终端外，还推出用于寻呼和短信的终端以及用户定位的用户终端。





## 3.7 卫星移动通信系统

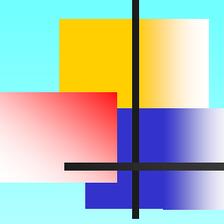
---

3.7.1 引言

3.7.2 频率规划

3.7.3 非静止轨道卫星

**3.7.4 静止轨道移动卫星通信系统**



## 3.7.4 静止轨道卫星移动通信系统

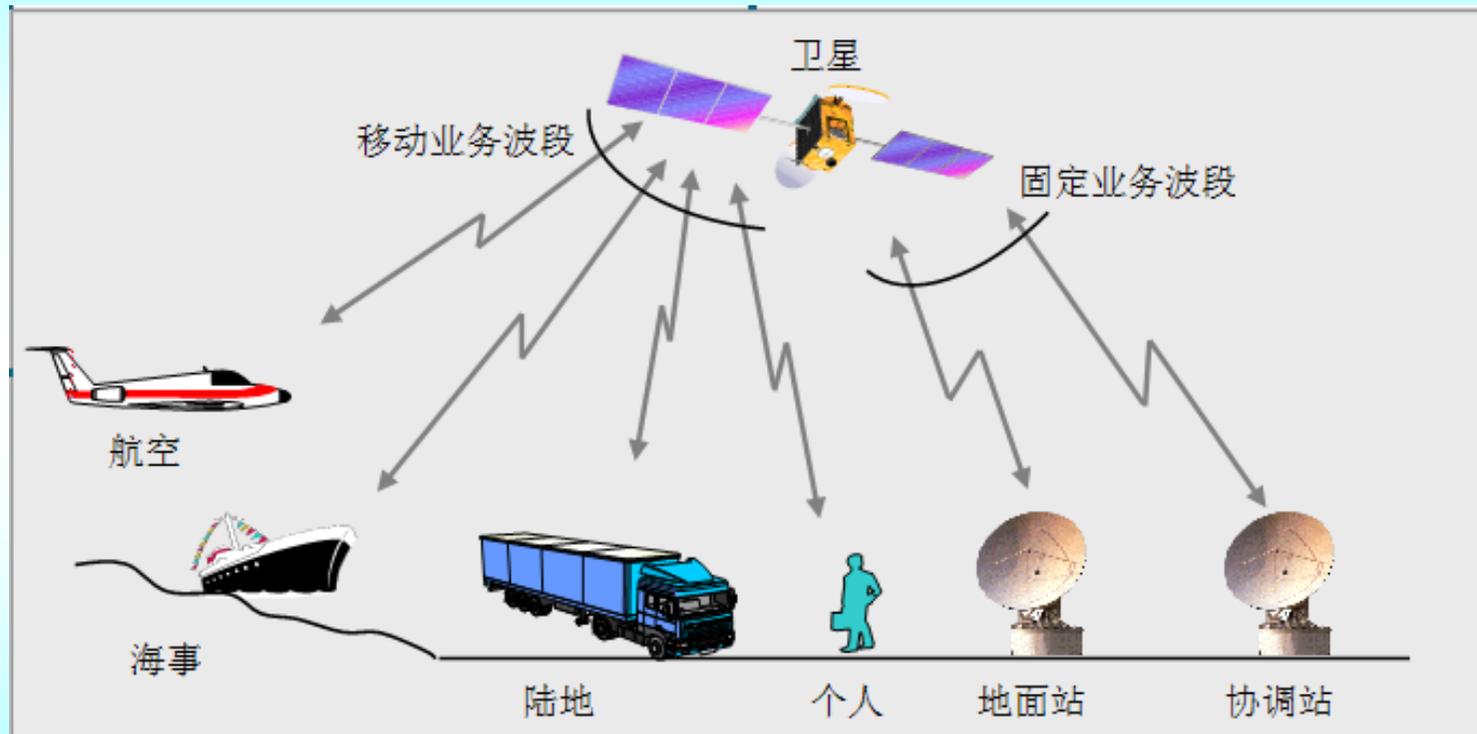
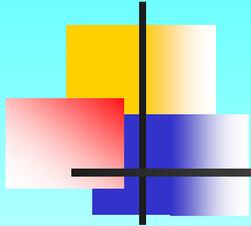
### 1. Inmarsat系统

Inmarsat系统是由国际海事卫星组织（Inmarsat）管理的全球第一个商用卫星移动通信系统，原名为“国际海事卫星通信系统”，现更名为“国际移动卫星通信系统”。

国际海事卫星组织（Inmarsat）目前是一个有79个成员国的国际卫星移动通信组织，约在143个国家拥有4万多台各类卫星通信设备，它已经成为唯一的全球海上、空中和陆地商用及遇险安全卫星移动通信服务的提供者。

中国作为创始成员国之一，由中国交通部和中国交通通信中心分别代表中国参加了该组织。

Inmarsat总部设在伦敦，Inmarsat系统已经发展到第四代。

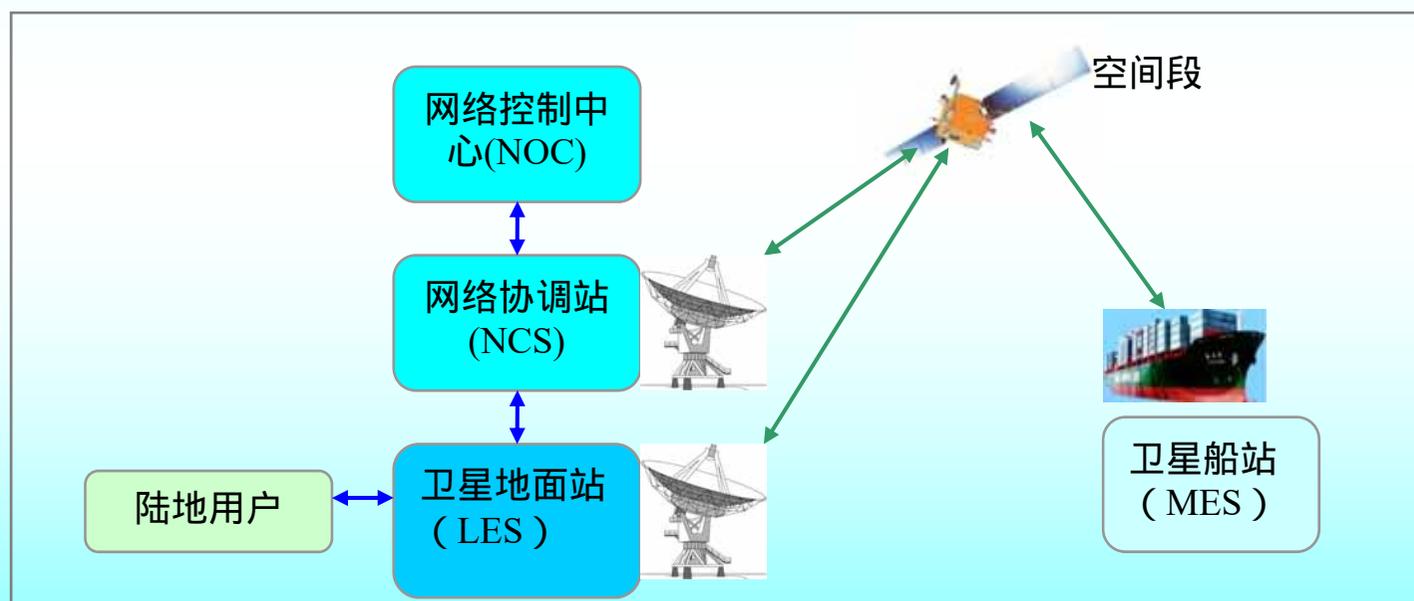


国际海事卫星系统应用框架图

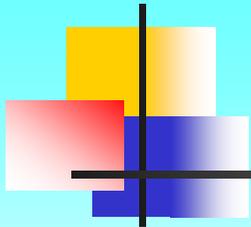
## (1) Inmarsat系统组成



由四部分构成：空间段、网络协调站（Network Coordination Station）、岸站（Land Earth Station）和用户终端（Mobile Earth Station）。



Inmarsat系统构成

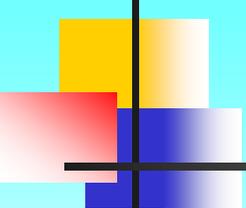


## ■空间段

**Inmarsat系统（第三代）的空间段**由四颗GEO卫星构成，分别覆盖太平洋( $178^{\circ}\text{E}$ )，印度洋( $65^{\circ}\text{E}$ )，大西洋东区( $16^{\circ}\text{W}$ )和大西洋西区( $54^{\circ}\text{W}$ )。

## ■系统的网控中心（NOC）

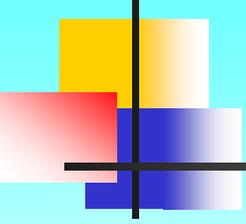
设在伦敦Inmarsat（国际移动卫星组织）总部，负责监测、协调和控制网络内所有卫星的操作运行，包括对卫星姿态、燃料消耗情况、星上工作环境参数和设备工作状态的监测，同时对各地球站（岸站）的运行情况进行监督，并协助网络协调站对有关运行事务进行协调。



## ■岸站

- Inmarsat系统在各大洋区的海岸附近有一些地球站（习惯上称为岸站），并至少有一个网络协调站（NCS）。
- 岸站分属Inmarsat签字国主管部门所有，它既是与地面公用网的接口，也是卫星系统的控制和接入中心，其功能有：
  - 响应用户（来自船站或陆地用户）呼叫；
  - 对船站识别码进行鉴别，分配和建立信道；
  - 登记呼叫并产生计费信息；
  - 对信道状态进行监视和管理；
  - 海难信息监收；
  - 卫星转发器频率偏差的补偿；
  - 通过卫星的自环测试和对船站的基本测试等，并可通过接口接入地面公用网。

典型的岸站天线直径**1m ~ 13m**。



## ■网络协调站

---

- 对整个洋区的信道进行管理和协调，对岸站调用电话电路的要求进行(卫星电路的)分配与控制；
- 监视和管理信道使用状况，并在紧急情况下强行插入正在通话的话路，发出呼救信号。
- 大西洋区的NCS设在美国的Southbury，太平洋区的NCS设在日本的Ibaraki，印度洋区的NCS设在日本的Namaguchi。

## ■ Inmarsat终端

### ■ 标准型船站

- A, B型：分别为模拟和数字电话(含传真，高速数据)终端，C型：低速数据终端；
- D型：全球短信息地面终端；
- E型：卫星应急无线电示位标终端，是全球海上遇险告警专用设备；
- M型：小型的数字电话(4.8Kb/s)、传真和数据(2.4Kb/s)终端机；
- 航空终端：用于飞机之间和飞机与地面之间的通信。



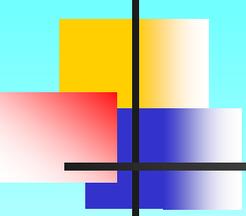
F 站



BGAN 站



C 站



## (2) Inmarsat系统概况

---

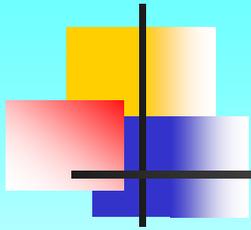
Inmarsat系统从投入运行至今约三十年的发展中，逐步推出A、B、C、Mini-M、F、FB各个系统，在各个不同的历史阶段，满足海上用户的不同日常和安全通信的需要。

目前渔业用户主要使用国际海事卫星的C、F、Mini-M和FB系统，这四个系统分别满足了渔业用户遇险通信和日常通信的需要。

为渔业用户提供的服务功能主要分为日常通信和遇险通信两类。

**遇险通信：主要包括遇险报警和遇险级别通信，**

**日常通信：主要包括语音、船站、数据和视频等满足船岸间日常通信的手段。**



Inmarsat 系统中**基本信道类型**：

电话、电报、呼叫申请（船至岸）和呼叫分配（岸至船）。

Inmarsat **系统频段规定**：

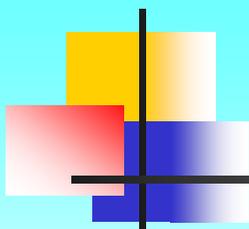
船站与卫星之间采用L频段

岸站与卫星采用双重频段（L,C）

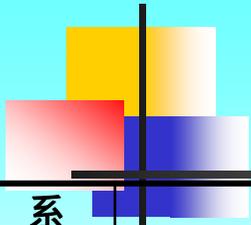
对于C频段来说，船站至卫星的L频段信号必须在卫星上变为C频段信号再转发至岸站，反之亦然。

**覆盖范围**：

全球南北纬75度范围内的通信覆盖。

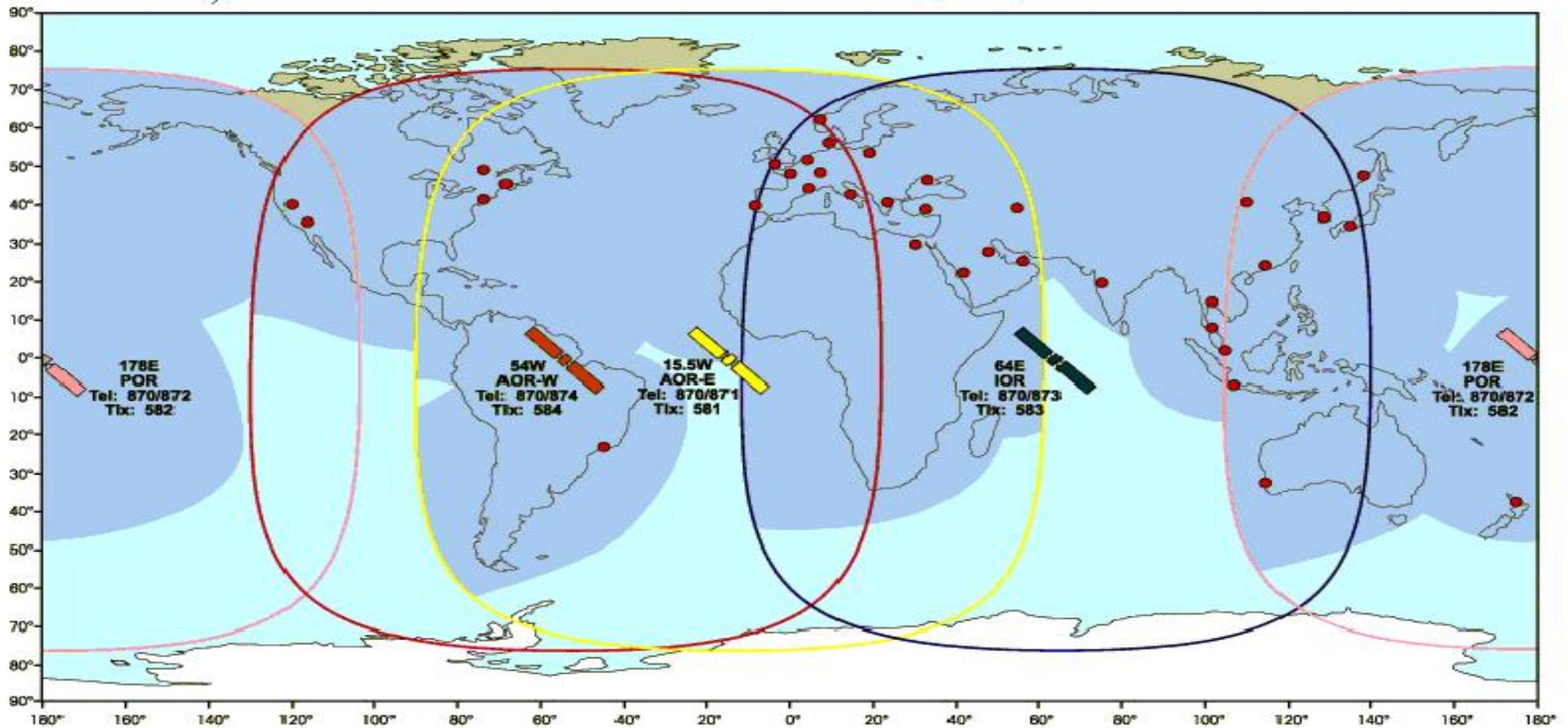


系统	功 能
C	存储转发报文、遇险呼叫、增强型组呼、数据报告和 询呼
F	话音、传真、高速数据、视频
Mini-M	话音、传真、数据
FB	话音、传真、海上宽带数据、视频、手机短信

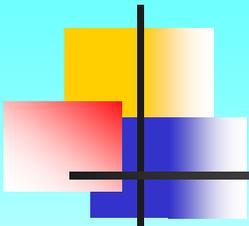


系统	功 能
A	满足GMDSS要求的遇险电传和遇险电话呼叫 提供电话业务\传真数据业务\电传业务功能\缩位拨号业务 拨号上网，使用Rydex高速数据通信系统进行高速Email通信
B	16kb/s数字电话业务\9.6kb/s G3传真业务\9.6kb/s数据业务\64kb/s 高速数据业务\ 50波特率电传业务
C	存储转发消息\海事遇险告警\陆地移动告警\轮询和数据报告\增强性群呼（EGC）\ 陆地告警
F	共享64K包交换数据业务，并按数据流量计费 标准ISDN业务，支持宽带数据传输（或大数据量传输 全球波束覆盖的4.8k语音\9.6kbit/s G3传真\64k ISDN数据\9.6kbit/s数据和传真
Mini-M	4.8Kbps语音电话业务\2.4Kbps传真业务\2.4Kbps数据传输\缩位拨号功能\拨号上网
FB	语音，4kbps AMBE+2，3.1kHz音频\传真，3.1kHz音频信道G3传真\手机短信，标 准文本短信，每条最多160字符\数据, 电路交换,标准IP和Streaming IP\ 多连接同时在线，语音和数据、传真和数据、数据和数据、短信和数据

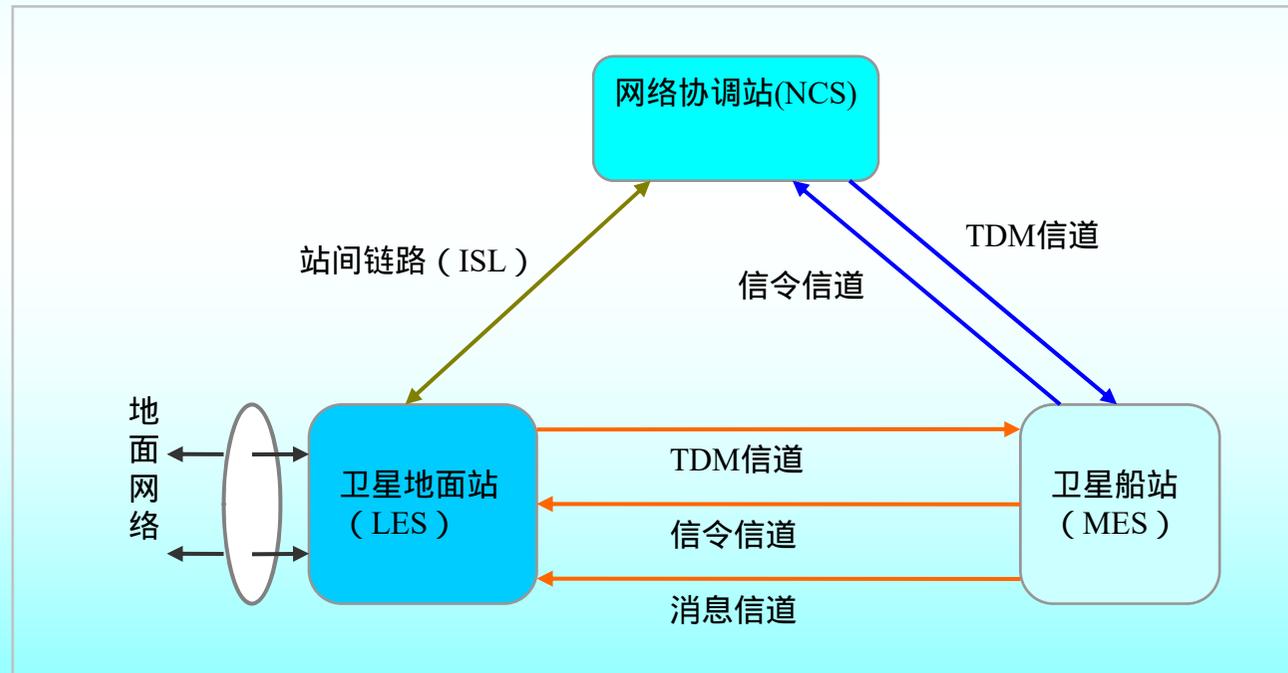
### (3) INMARSAT C 系统



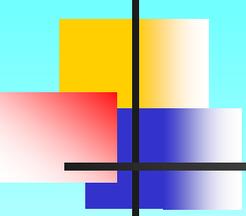
Inmarsat C系统网络覆盖图



渔业使用的海事卫星通信系统FB、C、F和Mini-M系统，各系统的组成和工作原理大同小异。



INMARSAT-C 系统信道组成



**Inmarsat-C系统是一种低速率、双向全球卫星移动数据通信的系统，通信速率1200bit/s，主要业务包括存储转发报文、遇险呼叫、增强型组呼、数据报告和询呼。**

**Inmarsat-C系统在远洋船舶和渔船监控等领域得到了大范围应用。**

**2003年12月起，Inmarsat新发展的Mini - C系统投入使用。Mini - C用于车船等移动体的定位、跟踪、短信服务，有多种灵活应用和接口，中国渔业船舶监测指挥系统也是利用该系统建成的。**



## (4) Inmarsat Mini-M系统

使用第三代卫星，采用点波束技术，终端小，重量轻，携带方便，使用灵活。采用数字技术、清晰的通话质量、最短的接通时间、可以忽略的时延和高度的保密性。



Inmarsat Mini-M业务包括：4.8Kbps语音电话业务，2.4Kbps传真业务，2.4Kbps数据传输，缩位拨号和拨号上网等，还可以利用该终端实现使用Rydex高效数据信息通信系统。

## (5) Inmarsat-F系统



是一种增强型的海用全球区域网络，是mini-M的发展。使用增强型新一代信令系统，以确保兼容Inmarsat第4代卫星以及新型呼叫优先级划分计划，改善遇险呼叫处理功能。

Inmarsat-F系统使用改善后的卫星连接插线、更先进的EIRP控制和点波束选择，可以在海事环境下实现更高的通信安全性和效率。

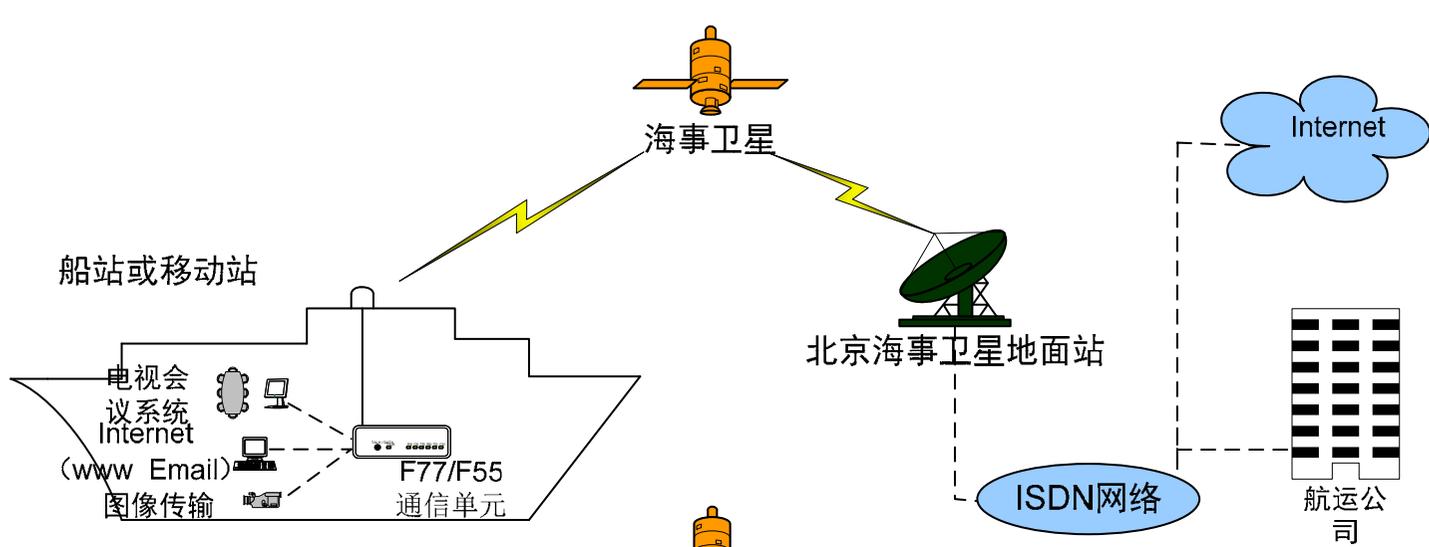
### F系统功能：

导航、船到船通信、G4传真、电报、船员呼叫、电视会议、收发电子邮件和GPS校正等日常工作。

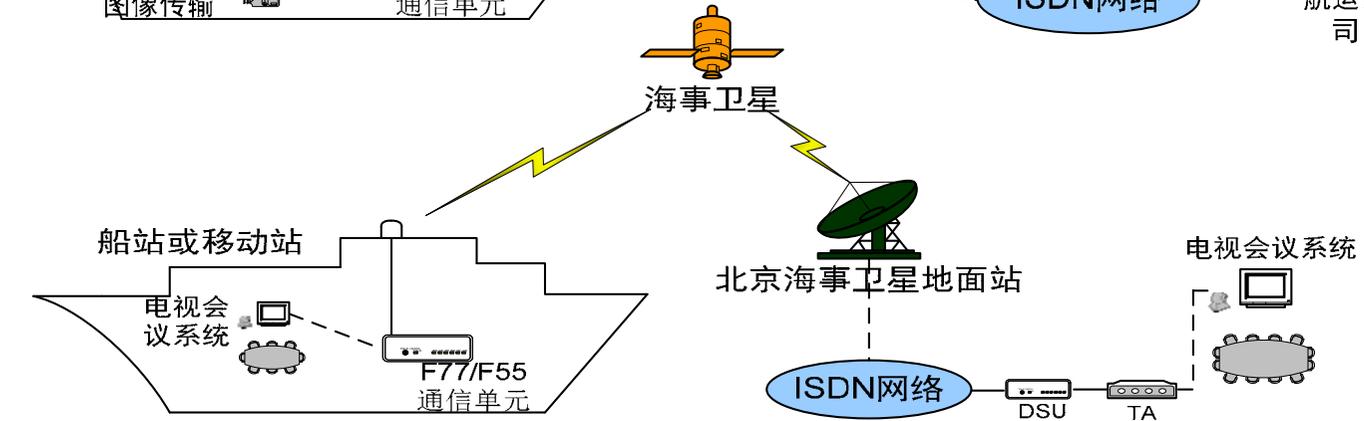
同时该系统可用作导航海图更新、天气预报、万维网接入、货物/船舶遥测、NetMeeting、文件传送、远程参与、远程教育和语音和数据复用等扩展应用，也可以是满足安全、遇难、MRCC、海岸警备队通信等船舶安全通信的需要。



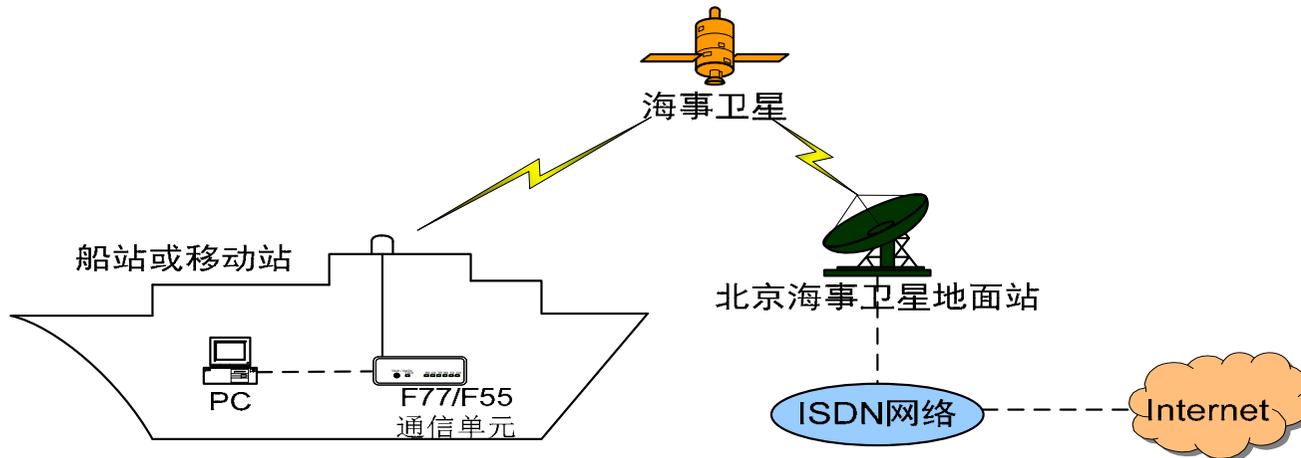
## 高速数据业务



## 视频会议



## 互联网连接



## (6) Inmarsat FB系统

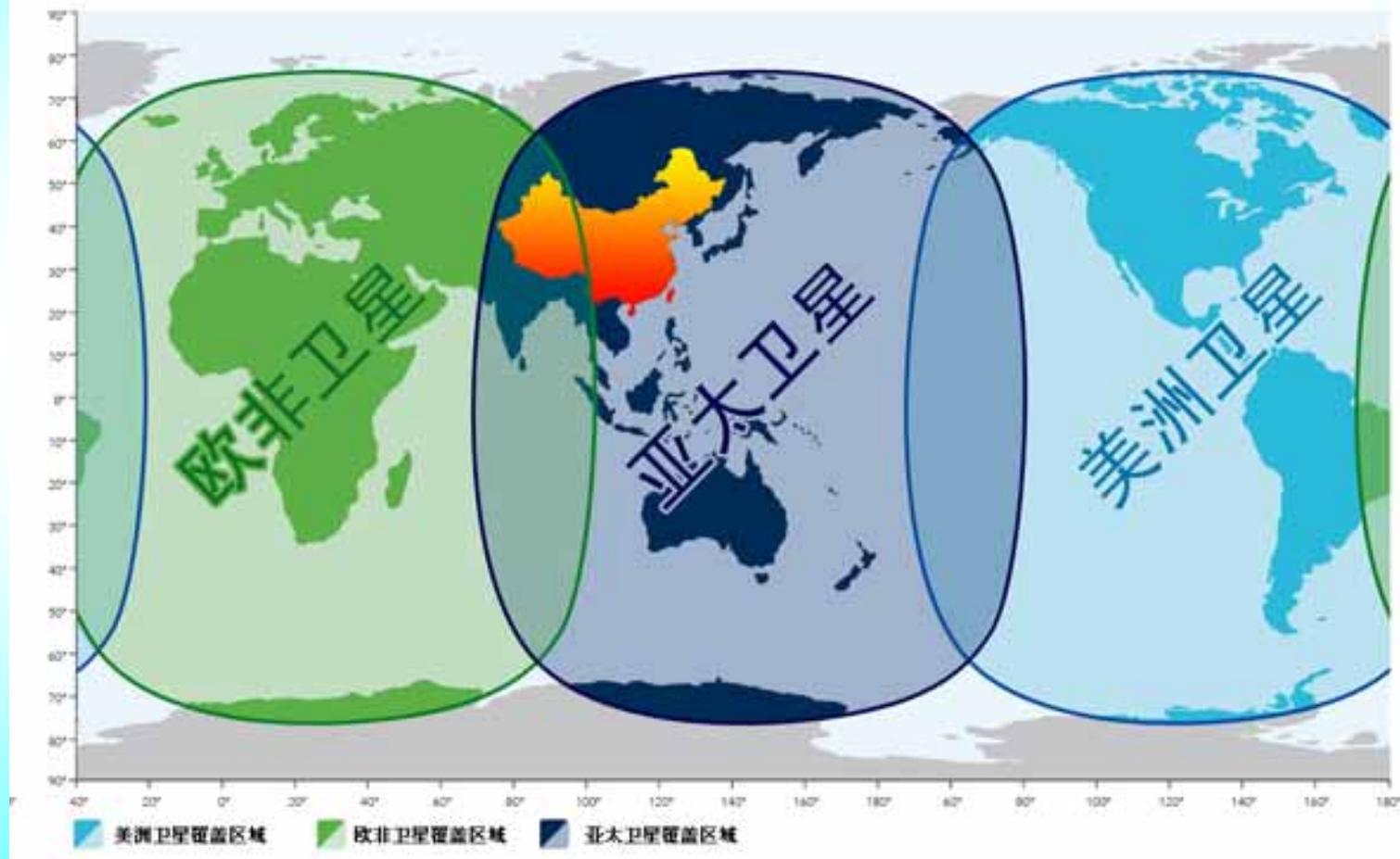
工作在第四代海事卫星上的最新一代船岸卫星通信系统，可为船舶提供语音电话、按数据流量计费的最高可达432Kbps的标准IP数据通信、最高可达256Kbps的Streaming IP数据通信和64K ISDN、标准3G文本短信等多种船岸通信功能，真正实现了全球宽带覆盖和船舶24小时多业务同时在线。

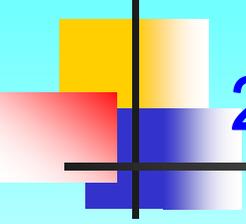


Inmarsat - 4  
地球同步轨道卫星



## Inmarsat第四代卫星调整后全球卫星覆盖区域图

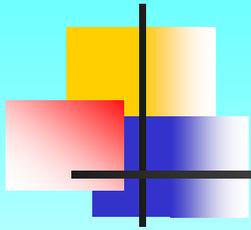




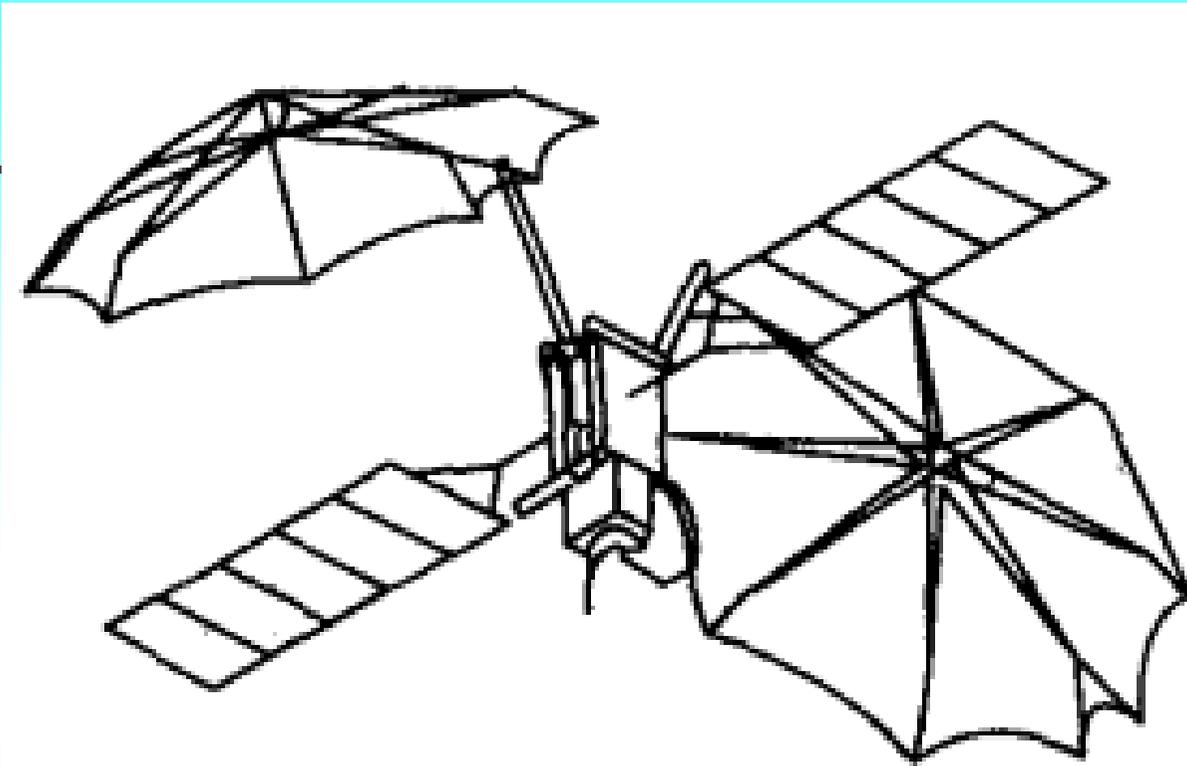
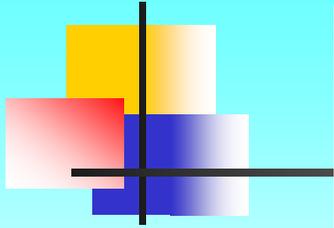
## 2 区域性GEO系统

---

- **早期建立**：北美MSAT，澳大利亚Mobilesat  
**当前**：不少地区(东南亚、中东等)建立了GEO区域性系统
- **目标**：
  - 为有限的区域提供移动通信服务，包括支持手持机通信；
- **在区域性系统中利用低成本的固定终端来满足广大稀业务地区用户的基本通信需求。这对于发展中国家具有特殊意义。**
- **地面手持机(包括低成本的半固定终端)的天线增益低(1—3dBi)，发射功率小(小于1W)。**
- **支持手持终端的GEO系统的显著特点是大的卫星天线；**

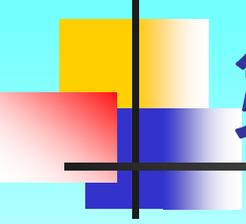


- **以支持手持机为目标的GEO区域性蜂窝系统代表**
  - 东南亚的亚洲蜂窝卫星AceS
  - 亚非卫星通信ASC
  - 美国的蜂窝卫星CELSAT
- **AceS系统**：覆盖从巴基斯坦到日本、包含中国南部地区和整个东南亚国家，覆盖区内包含140个点波束(蜂窝)，该系统由洛克菲·马丁公司承建。
- **CELSAT系统**：以118个点波束覆盖美国本土，蜂窝直径约320km。



**图** AceS 卫星及天线示意图

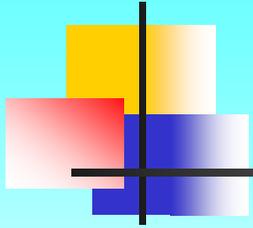
较大反射面天线：用于发射(下行，1.5GHz)  
较小反射面天线：用于接收(上行，1.6GHz)  
天线直径约12-13m



# 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**



## 3.8 卫星定位系统

---

3.8.1 **GPS系统**

3.8.2 **GLOASS系统**

3.8.3 **伽利略系统**

3.8.4 **北斗系统**

## 3.8.1 GPS系统

全球定位系统（Global Positioning System, GPS）是20世纪70年代美国陆海空三军联合研制的新一代空间卫星导航定位系统。

主要目的是为陆海空三大领域提供实时、全天候和全球性的导航服务，并用于情报收集、核爆监测和应急通讯等一些军事目的，经过20余年的研究实验，耗资300亿美元，到1994年3月，24颗GPS卫星星座布设完成，覆盖全球98%区域。

GPS可提供全球范围内从地面到9000公里高空任一载体的高精度三维位置、速度和精确时间信息。

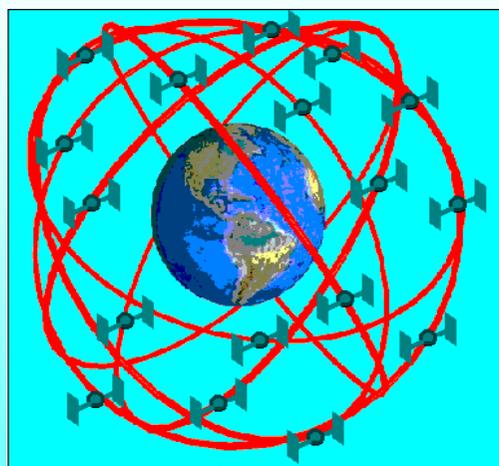


# 1 GPS组成

## 1) 空间部分

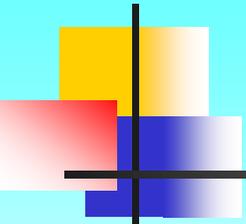
由24颗卫星组成（21颗工作卫星，3颗备用卫星），位于距地表20200km的上空，均匀分布在6个轨道面上（每个轨道面4颗），轨道倾角为 $55^\circ$ ，轨道夹角 $60^\circ$ ，卫星的运行周期约为12恒星时。卫星的分布使得在全球任何地方、任何时间都可观测到4颗以上的卫星。

每颗卫星不断地向地面发送导航电文。



GPS空间星座





## 2) 地面控制系统

---

### 地面控制系统功能：

收集卫星传回的信息，计算卫星星历、相对距离，大气校正等数据。

### 地面控制部分组成：

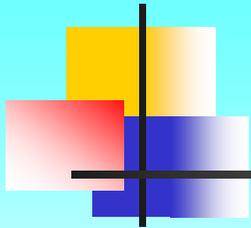
由分布在全球的若干个跟踪站组成的监控系统构成，根据其作用不同，这些跟踪站又被分为主控站、监控站和注入站。

**主控制站** 位于美国科罗拉多州春田市 Falcon空军基地。

**作用：**根据各监控站对GPS的观测数据，计算卫星星历和卫星钟的改正参数等，并将这些数据通过注入站注入到卫星中去；

对卫星进行控制，向卫星发布指令，当工作卫星出现故障时，调度备用卫星，替代失效的工作卫星工作；

另外主控站也具有监控站的功能。



## 监控站：

有五个，除了主控站外，其余四个分别位于夏威夷、阿松森群岛，迭哥伽西亚、卡瓦加兰。

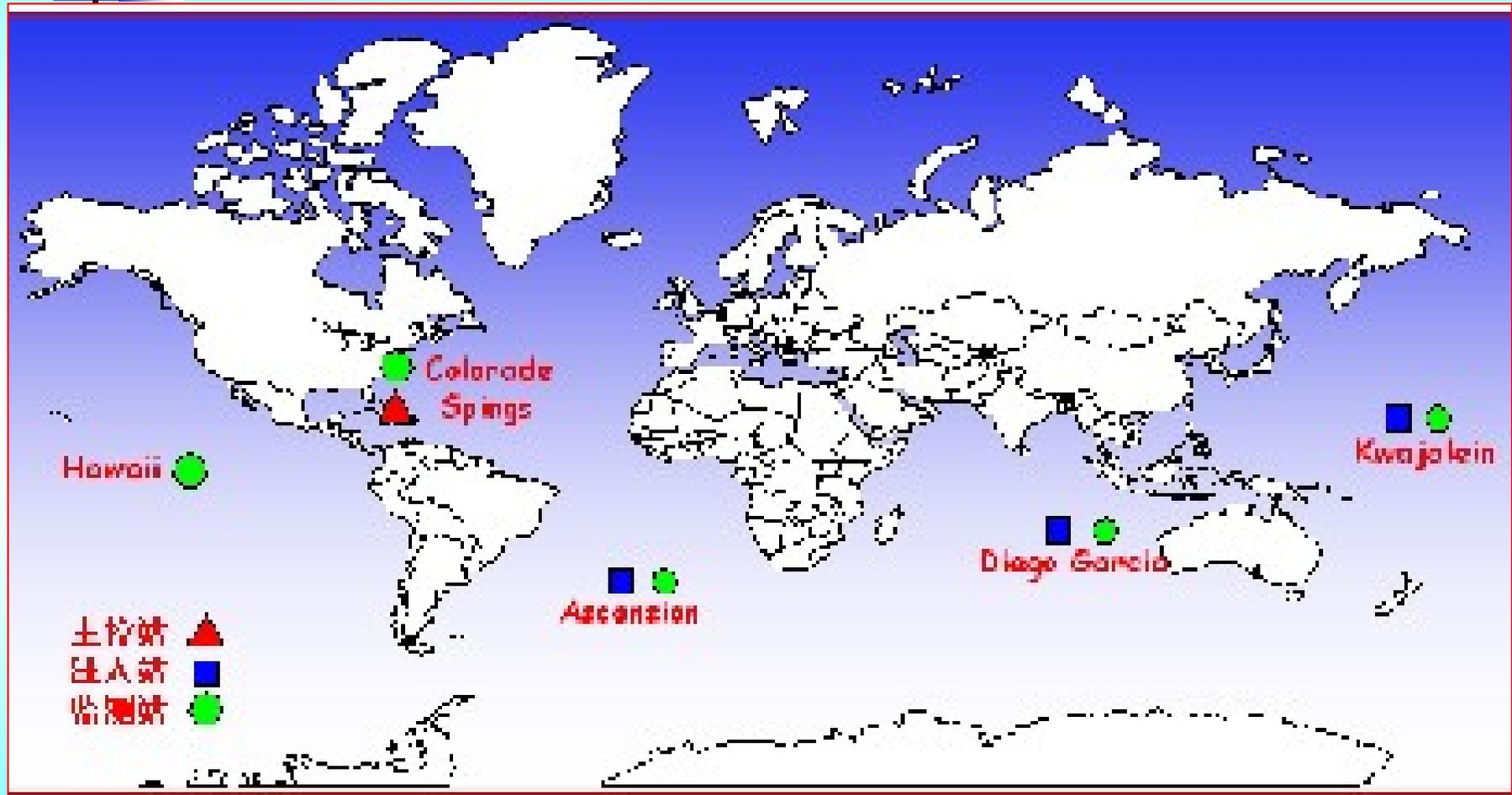
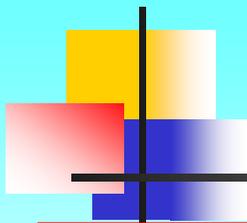
**监控站作用：**接收卫星信号，监测卫星工作状态，并将这些数据传送至主控站。

## 注入站：

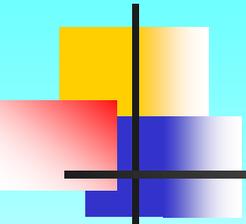
有三个，在阿松森群岛，迭哥伽西亚、卡瓦加兰。

**注入站作用：**将主控站计算的卫星星历和卫星钟的改正参数等注入到卫星中去。

这种注入对每颗GPS卫星每天进行一次，并在卫星离开注入站作用范围之前进行最后的注入。



GPS地面监控站分布



### 3 ) 用户部分

---

即**GPS 信号接收机**，其主要功能：

能够捕获到卫星，并跟踪这些卫星的运行。当接收机捕获到跟踪的卫星信号后，测量出接收天线至卫星的伪距离和距离的变化率，解调出卫星轨道参数等数据。

根据这些数据，接收机中的微计算机就按定位解算方法进行定位计算，计算出用户所在地理位置的经纬度、高度、速度、时间等信息。

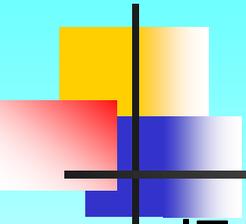
接收机硬件、机内软件及GPS 数据的后处理软件包构成完整的GPS 用户设备。

## 2 GPS的主要功能

1.导航 2.测量 3.授时

具备GPS终端、传输网络和监控平台的GPS可以提供车辆定位、防盗、反劫、行驶路线监控及呼叫指挥等功能。



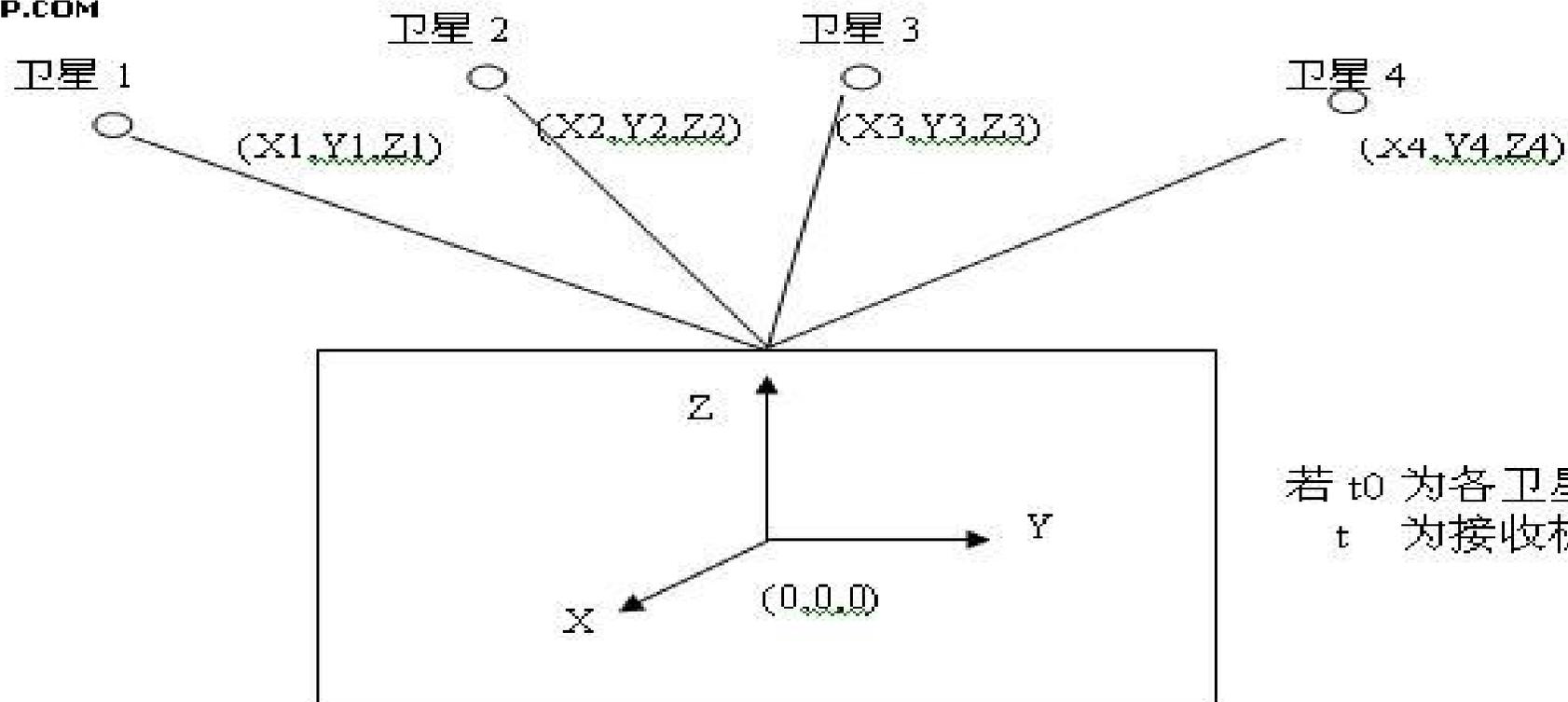


## 3 GPS定位基本原理

---

根据高速运动的卫星瞬间位置作为已知的起算数据，采用空间距离后方交会的方法，确定待测点的位置。

假设 $t$ 时刻在地面待测点上安置GPS接收机，可以测定GPS信号到达接收机的时间  $t$ ，加上接收机所接收到的卫星星历等其它数据可以确定四个方程式，最后求解出  $(x,y,z,t)$ 。



$$(X_1 - X)^2 + (Y_1 - Y)^2 + (Z_1 - Z)^2 + C^2 * (t - t_{01})^2 = d_1^2$$

$$(X_2 - X)^2 + (Y_2 - Y)^2 + (Z_2 - Z)^2 + C^2 * (t - t_{02})^2 = d_2^2$$

$$(X_3 - X)^2 + (Y_3 - Y)^2 + (Z_3 - Z)^2 + C^2 * (t - t_{03})^2 = d_3^2$$

$$(X_4 - X)^2 + (Y_4 - Y)^2 + (Z_4 - Z)^2 + C^2 * (t - t_{04})^2 = d_4^2$$

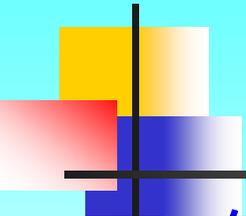
求解未知数

$$(\underline{X}, \underline{Y}, \underline{Z}, t)$$

定位

定时

图 1 GPS 定位计算原理



## 4 GPS导航系统基本原理

---

### GPS信号：

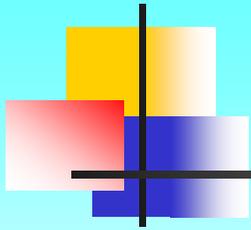
GPS卫星发射两种频率的载波，L1载波1575.42MHz，L2载波1227.60MHz，分别是基本频率10.23MHz的154倍和120倍。当GPS卫星正常工作时，不断地用1和0二进制码元组成的伪随机码（简称伪码）发射导航电文。

### GPS系统使用的伪码：

**C/A码**：又称粗捕获码，调制在L1上，频率1.023MHz，周期1毫秒，码长1023位，每颗卫星的C/A码都不一样，C/A码是普通用户定位采用的码。

**P码**：又称精码，调制在L1和L2上，频率10.23MHz，周期7天。

**Y码**：实施AS（Anti-Spoofing）时P码与W码模2加生成保密的Y码，一般用户无法用P码定位。

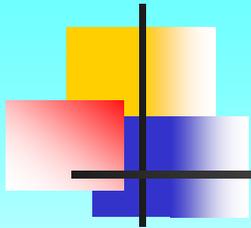


## 导航电文：

导航电文内容包括：卫星星历、工作状况、时钟改正、电离层时延修正、大气折射修正等信息。其中最重要的是星历数据。

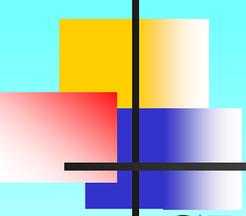
**电文详细信息**：用于授时的准确至纳秒级的时间信息；用于预报未来几个月内卫星所处概略位置的预报星历；用于计算定位时所需卫星坐标的广播星历，精度为几米至几十米（各个卫星不同，随时变化）；以及GPS系统信息，如卫星状况等。

一般用户利用导航信息来计算某一时刻GPS卫星在地球轨道上的位置，导航信息也被称为**广播星历**。



## 用户计算位置、速度信息：

- ◆ 用户接收导航电文后，提取卫星时间并与自己的时钟做对比，可得知卫星与用户的距离信息。
- ◆ 根据电文中的卫星星历数据推算出卫星发射电文时所处位置，从而可得知用户在WGS-84大地坐标系中的位置、速度等信息。
- ◆ 由于用户接收机时钟与卫星星载时钟不可能总是同步，所以除了用户三维坐标 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 外，还引进一个 $\Delta t$ 即卫星与接收机之间的时间差作为未知数，然后用4个方程将这4个未知数解出来。
- ◆ 故要获得位置信息，至少要能接收到4个卫星的信号。



## 伪距

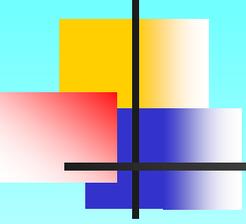
---

GPS接收机对码的量测就可得到卫星到接收机的距离，由于含有接收机卫星钟的误差及大气传播误差，故称为**伪距**。

**C/A码伪距精度约20米，P码伪距精度约2米。**

在GPS观测量中包含了卫星和接收机的时钟差、大气传播延迟、多路径效应等误差，在定位计算时还受到卫星广播星历误差的影响，在进行相对定位时大部分公共误差被抵消或削弱，因此定位精度将大大提高。

**双频接收机**：可以同时接收L1，L2载波信号，可以根据两个频率的观测量抵消大气中电离层误差的主要部分，提高测距精度。



## 5 系统服务

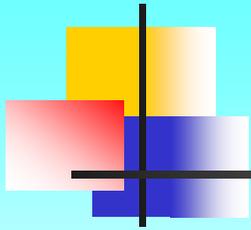
---

◆ **标准定位服务(SPS–Standard Positioning Service)**：

由标准定位子系统提供，主要面向全世界的民用用户。

◆ **精密定位服务(PPS–Precision Positioning Service)**：

由精密定位子系统提供，主要面向美国及其盟国的军事部门以及民用的特许用户。

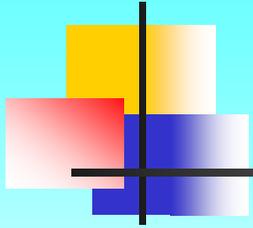


## SA (Selective availability)

美国政府从其国家利益出发，通过降低广播星历精度技术、在GPS基准信号中加入高频抖动（技术）等方法，人为降低普通用户利用GPS进行导航定位时的精度。（C/A码定位精度从20m降100m）

2000年5月1日，美国总统克林顿却突然宣布，从当天子夜开始（格林威治时间）终止降低民用GPS接收机精度的作法。据报道，在95%的时段内，全球各地民用接收机的定位精度可从过去的100米提高到12米；在50%的时段内，甚至能提高到6米。

刺激了相关产业的发展，成为美国经济发展的动力之一。



## 3.8 卫星定位系统

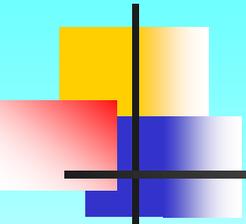
---

3.8.1 GPS系统

3.8.2 GLOASS系统

3.8.3 伽利略系统

3.8.4 北斗系统



# 1 GLONASS 概述

“GLONASS”是俄语“全球卫星导航系统”的缩写。GLONASS是苏联1976年启动的项目，俄罗斯于1993年开始独自建立本国的全球卫星导航系统，21世纪初随着俄罗斯经济的好转，格洛纳斯也开始恢复元气，推出了格洛纳斯-M和更现代化的格洛纳斯-K卫星更新星座。

**GLONASS于2011年1月1日在全球正式运行。**

根据俄罗斯联邦太空署信息中心提供的数据(2012.10.10)，目前有24颗卫星正常工作、3颗维修中、3颗备用、1颗测试中。



GLONASS卫星发射



## 2 系统组成

由卫星星座、地面监测控制站和用户设备三部分组成。

### GLONASS星座

由27颗工作星和3颗备份星组成，27颗星均匀地分布在3个近圆形的轨道平面上，这三个轨道平面两两相隔120度，每个轨道面有8颗卫星，同平面内的卫星之间相隔45度，轨道高度2.36万公里，运行周期11小时15分，轨道倾角56度。

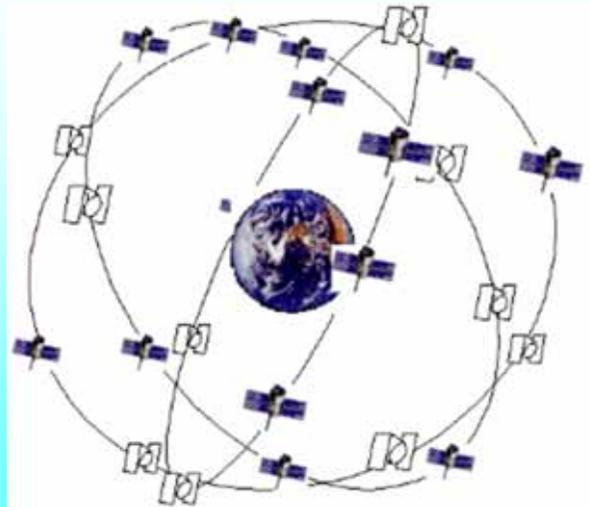
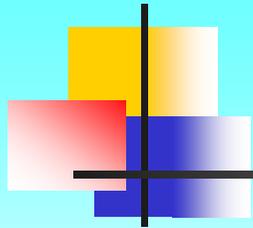
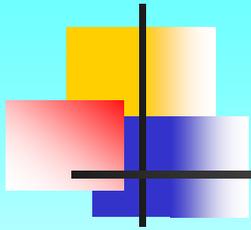


图 GLONASS卫星星座



## 地面支持系统

由系统控制中心、中央同步器、遥测遥控站（含激光跟踪站）和外场导航控制设备组成。地面支持系统的功能由前苏联境内的许多场地来完成。随着苏联的解体，GLONASS系统由俄罗斯航天局管理，地面支持段已经减少到只有俄罗斯境内的场地了，系统控制中心和中央同步处理器位于莫斯科，遥测遥控站位于圣彼得堡、捷尔诺波尔、埃尼谢斯克和共青城。

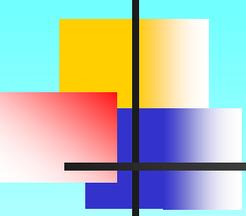


## 采用两种频率信号

格洛纳斯系统使用频分多址(FDMA)的方式，每颗格洛纳斯卫星广播两种信号，L1和L2信号。

$$L1=1602+0.5625*k(\text{MHz})$$

$L2=1246+0.4375*k(\text{MHz})$ ，其中  $k$  为1 ~ 24为每颗卫星的频率编号，同一颗卫星满足 $L1/L2=9/7$ 。



## 3 GLONASS与GPS不同之处

---

### ■ 卫星发射频率不同。

GPS的卫星信号采用码分多址体制，每颗卫星的信号频率和调制方式相同，不同卫星的信号靠不同的伪码区分。

GLONASS采用频分多址体制，卫星靠频率不同来区分，每组频率的伪随机码相同。由于各卫星发射的载波频率不同，所以可防止整个卫星导航系统同时被敌方干扰，因而具有更强的抗干扰能力。

### ■ 坐标系不同。

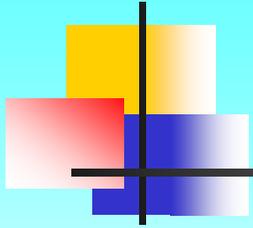
GPS使用世界大地坐标系（WGS-84）

GLONASS使用前苏联地心坐标系（PE-90）

### ■ 时间标准不同。

GPS系统时与世界协调时相关联

GLONASS则与莫斯科标准时相关联



## 3.8 卫星定位系统

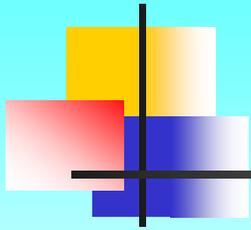
---

3.8.1 GPS系统

3.8.2 GLOASS系统

3.8.3 伽利略系统

3.8.4 北斗系统



## 概述



伽利略定位系统（Galileo），是欧盟一个正在建造中的卫星定位系统，有“欧洲版GPS”之称，也是继美国GPS、俄罗斯GLONASS系统及中国的北斗卫星导航系统外，第四个可供民用的定位系统。

## 空间段

卫星

数量：30颗

离地面高度：23,222公里 (MEO)

三条轨道， $56^\circ$  倾角 (每条轨道将有九颗卫星运作，最后一颗作后备)，轨道升交点在赤道上相隔 $120^\circ$ ，

卫星运行周期为14h

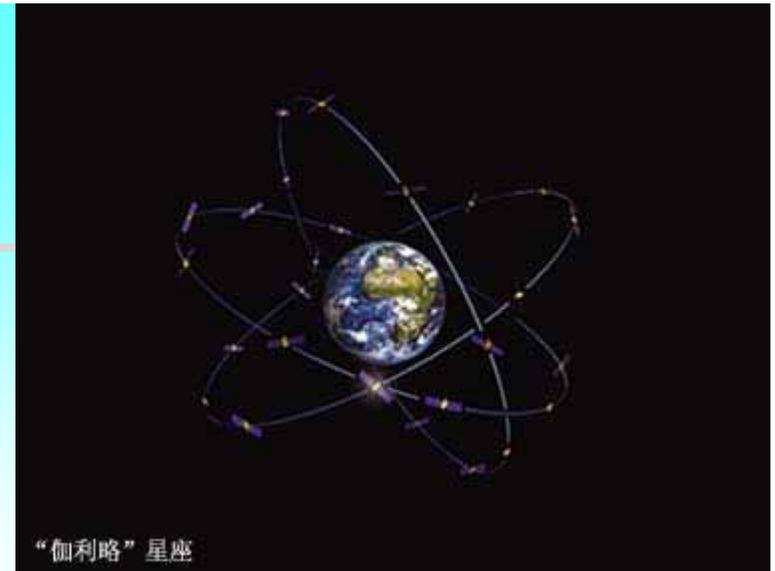
卫星寿命：12年以上

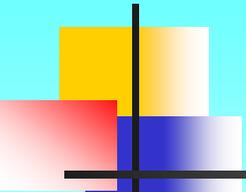
卫星重量：每颗675公斤

卫星尺寸：2.7m x 1.2m x 1.1m

太阳能集光板宽度：18.7m

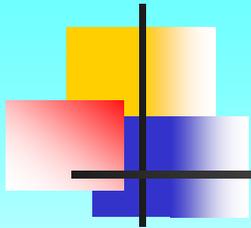
太阳能集光板功率：1500W





## 地面段

- 地面段包括全球地面控制段、全球地面任务段、全球域网、导航管理中心、地面支持设施、地面管理机构。
- 地面段由完好性监控系统、轨道测控系统、时间同步系统和系统管理中心组成。
- 伽利略系统的地面段主要由2个位于欧洲的伽利略控制中心（GCC）和29个分布于全球的伽利略传感器站（GSS）组成，另外还有分布于全球的5个S波段上行站和10个C波段上行站，用于控制中心与卫星之间的数据交换。
- 控制中心与传感器站之间通过冗余通信网络相连。
- 全球地面部分还提供与服务中心的接口、增值商业服务以及与“科斯帕斯 - 萨尔萨特”（COSPAS - SARSAT）的地面部分一起提供搜救服务。



# 服务

---

## 基本服务

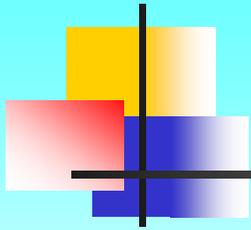
导航、定位、授时。

## 特殊服务

搜索与救援(SAR功能)。

## 扩展服务

GNS在飞机导航和着陆系统中的应用铁路安全运行调度、海上运输系统、陆地车队运输调度、精准农业。



## 卫星发射

---

- 2011年“伽利略”卫星首发成功
- 2012年10月，第三、四颗卫星发射升空
- 首批22颗“全面运行能力”卫星目前正在德国建造，德国还将负责平台和最终卫星的集成。
- 英国萨里卫星技术有限公司负责建造有效载荷。
- 欧盟希望在2019年完成全部30颗卫星的发射，从而对全球卫星导航市场进行重新洗牌。