

导航原理与应用



学习目的（一）

通过本课程的学习，掌握多种定位（导航）系统的基本原理，包括：卫星导航、惯性导航、组合导航的基本原理及其在航空、航天中的应用，为进一步的学习和今后在工作中的应用奠定基础。



西北工业大学

NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY



学习目的（二）

掌握卫星定位(导航)系统的基本原理，包括：卫星定位系统的特点、工作原理、误差特性及其在航空、航天中的应用。



授课内容

1. 常用导航系统的比较、分析
2. 卫星导航系统的发展过程、应用现状
3. 导航系统常用的坐标系、时间体系
4. 卫星的轨道参数及其计算方法
5. GPS系统的信号结构和接收机基本工作原理
6. GPS定位的基本原理和方法
7. GPS系统的误差特性分析
8. 差分GPS原理
9. GPS与其他系统组合应用等



第一章 绪论

基本要求:

了解导航的基本概念和方法, 学习各种导航系统的工作特点, 在此基础上, 进一步了解GPS系统的发展历史, 系统组成及应用领域, 为进一步的学习打下基础。



提 纲

- 1.1 导航的概念、方法和要求
- 1.2 常用导航定位系统简介
- 1.3 GPS系统的组成和特点
- 1.4 其他的卫星导航系统
- 1.5 卫星导航系统工作原理
- 1.6 卫星导航系统的应用



1.1 导航的概念、方法和要求

1.1.1 导航的概念

导航是将航行体从起始点导引到目的地的技术或方法。为航行体提供实时的位置信息是导航系统的基本任务，因此，导航是一种广义的动态定位。能够向航行体的操纵者或控制系统提供航行体的位置、速度、航向等即时运动状态的系统称为导航系统。



1.1.2 常用导航方法

目前广泛使用的导航方法有以下几种：航标方法、航位推算法、天文导航、惯性导航、无线电导航、卫星定位导航等。

往往单独一种导航方式无法完成导航要求，现今越来越趋向于使用组合导航，比如卫星/惯导就是一种应用非常广泛的组合导航。



航标方法

习惯称之为目视方法，这是一种借助于信标或参照物把运动物体从一个地点引导到另外的一个地点的方法。目前，在飞机进场着陆时，这种方法仍在使用。

方法简单，不需要过多的相关设备；
经验性强，受人为因素影响较大。



航位推算法

通过推算一系列测量的速度来确定位置。航位推算导航技术克服了航标方法的缺点，不受天气、地理条件的限制，是一种自主式导航方法，保密性强。

常说的航位推算大都采用方位仪（如磁罗盘）和速度表，利用方位仪将速度表所测的载体速度分解成东向和北向，然后分别积分，计算出各个方向上所经过的距离。

目前，航位推算法仍广泛使用在航海、航空和车辆自动定位系统中。

克服了航标方法依靠经验的缺点，不受天气、地理条件的限制，是一种自主式导航方法，抗干扰性强。随着时间的推移，其位置累积误差会越来越大。



天文导航

1. 通过对天体精确地定时观测来定位的一种方法。
2. 它用（光学）六分仪、星跟踪器等光学传感器测量出视野中天体的方位，再根据当时的时间，确定载体处于空间的某一个圆环上，同时观测两颗或更多天体并进行处理，便可以确定出载体在空间的位置。
3. 目前，天文导航仍广泛用在航海和航天，特别是星际航行中。
4. 缺点：误差累积，受时间和气象条件的限制，定位时间要求长，操作计算比较复杂。



惯性导航

1. 通过积分安装在稳定平台（物理的或数学的）上的加速度计输出来确定载体的位置和速度。
2. 它完全依靠载体上的导航设备自主地完成导航任务，和外界不发生任何光、电联系，是一种自主式导航方法，隐蔽性好，工作不受气象条件的限制。这一独特的优点，使其成为航空、航海和航天领域中一种广泛使用的主要导航方法。
3. 缺点是导航误差随时间累积。
4. 目前，惯性导航系统常常和其他导航系统组合使用。

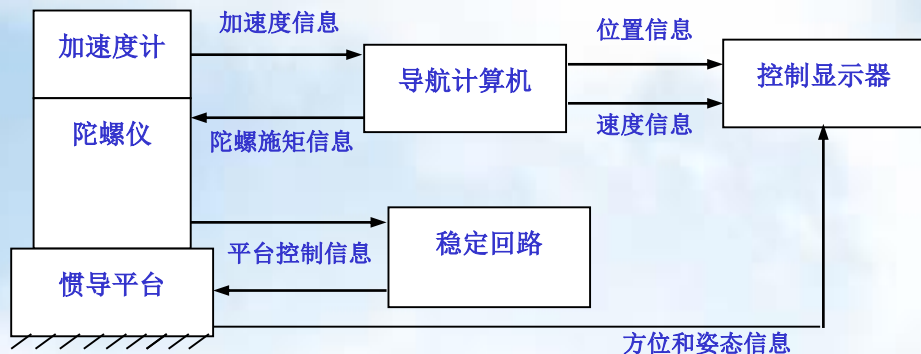


惯性导航系统组成和分类

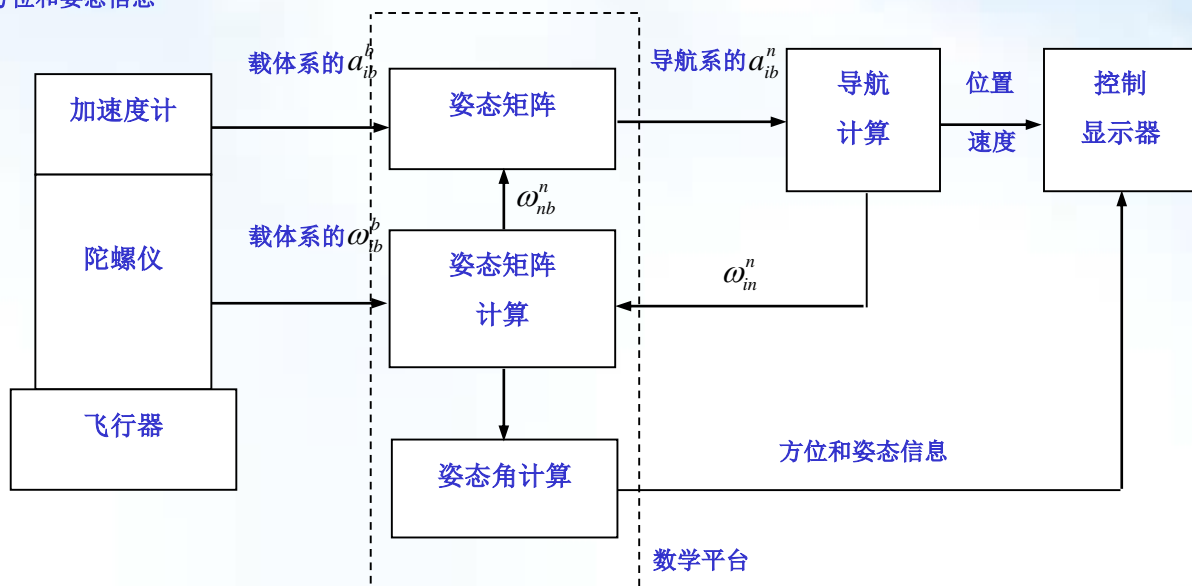
- ✓ 加速度计：用来测量载体运动的加速度；
- ✓ 陀螺与惯导平台（物理的或数学的）：陀螺与平台模拟一个导航坐标系，给加速度计提供测量坐标基准，并给出载体的姿态和方位信息；
- ✓ 导航计算机与导航算法和误差补偿算法：导航计算机及导航算法，完成导航参数和指令值的计算；
- ✓ 控制显示器：给定初始参数及系统需要的其他参数，显示各种导航信息。
 - 从惯性器件的安装和结构分：平台式惯导和捷联式惯导。
 - 按采用的陀螺仪的种类分：挠性、激光、光纤、微机械
 - 按采用的导航坐标系分：当地水平惯导系统(指北方位惯导系统；游动方位惯导系统；自由方位惯导系统)；空间稳定惯导系统；采用ECEF作为导航坐标系的惯导系统。



惯性导航系统组成和分类（续）



平台式惯导原理图



捷联式惯导原理图



无线电导航

1. 通过测量无线电波从发射台（导航台）到接收机的传输时间来定位的一种方法，也可以通过测量无线电信号的相位或相位角来定位。
2. 按照发射机或转发器所在的位置，无线电导航可分为地面（陆）基无线电导航和空间（星）基无线电导航。



西北工业大学

NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY



卫星导航

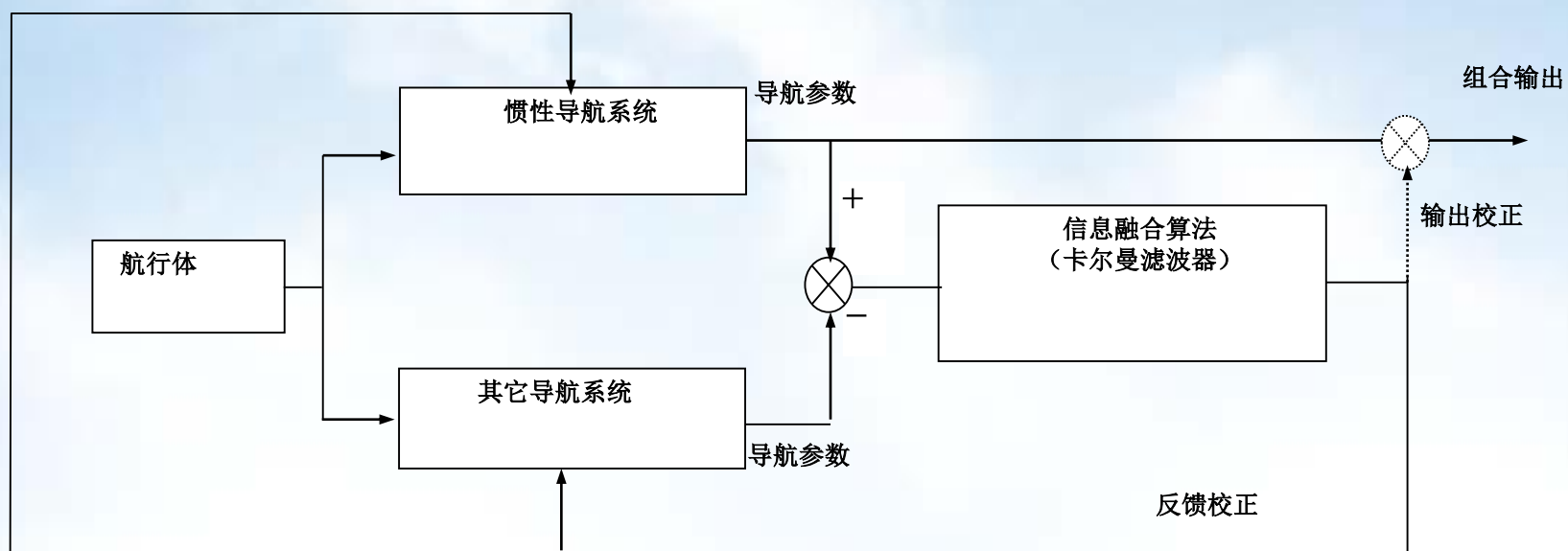
上世纪50年代之后随着人造卫星技术的发展和应用，为卫星导航技术的产生和发展奠定了基础。第一代导航卫星系统是20世纪60年代出现的美国Transit（子午仪）系统和70年代前苏联建立的Cicada系统。

卫星导航技术是以人造卫星作为导航台的星基无线电导航卫星导航在军事和民用领域具有重要而广泛的应用。它可为全球陆、海、空、天的各类军民载体，全天候、24小时提供高精度的三维位置、速度、姿态和精密时间信息。



组合导航

1. 组合导航技术是指使用两种或两种以上的不同导航系统（或设备）对同一信息源作测量，利用不同导航设备性能上的互补特性，从这些测量值的比较值中提取各系统的误差并校正之，以提高整个导航系统性能的方法和手段。
2. 组合导航系统从设备类型上分为无线电导航系统间的组合（如GPS和多普勒导航雷达的组合）和惯性导航系统与无线电导航系统（或天文导航）之间的组合（如GPS/INS组合导航系统）两大类。另外，把多于两种导航设备的组合叫做多传感器组合导航系统。





1.1.3 航行体对导航系统的要求

1. **精度**：导航系统的精度指系统为运载体所提供的位置与运载体当时的真实位置之间的重合度。
2. **可用性与可靠性**：导航系统的可用性是指它为运载体提供可用的导航服务的时间的百分比。导航系统的可靠性是系统在给定的使用条件下在规定的时间内以规定的性能完成其功能的概率。
3. **覆盖范围**：覆盖范围指的是一个面积或立体空间，在这一范围内，导航信号足以使导航设备或操纵人员以规定的精度定出载体的位置。
4. **导航信息更新率**：导航信息更新率是指导航系统在单位时间内提供定位或其他导航数据的次数。



5. **导航信息多值性**: 有些导航系统为运载体给出的位置信息可能有多种解释或位置指示发生了重复, 这便产生了多值性问题。
6. **系统容量**: 系统容量是导航系统提供导航服务的用户数量的多少。
7. **系统完备性**: 当导航系统发生任何故障或误差超出了允许的范围时, 系统及时报警的能力。
8. **导航信息的维数**: 导航信息维数指的是导航系统为用户所提供的状态信息的类别。



1.2 常用导航定位系统简介

第二次世界大战及战后时期形成了以陆基无线电导航系统为主的混合体。60年代以后投入使用的自主式导航系统（特别是惯性导航系统和多普勒导航系统）在军事上对陆基无线电导航作了重要的补充。在20世纪70年代末，以卫星导航系统为核心，把导航覆盖范围、精度和其他性能提高到一个新的高度。

本节对陆基无线电导航系统、卫星定位导航系统和其他典型的导航定位系统进行了简要介绍。



1.2.1 陆基无线电导航系统

陆基无线电导航系统是以无线电技术为基础的导航台建在地球上的导航系统。

常用的典型陆基无线电导航系统有：

- 塔康-TACAN-TACTical Air Navigation
- 测距器 (DME-Distance Measurement Equipment) • 伏尔 (VOR – Very-High-Frequency Omnidirectional Ranging)
- 罗兰 (Loran-Long Range Navigation)
- 奥米伽 (Omega)
- 多普勒导航系统



1.2.2 卫星定位导航系统

随着卫星导航应用的普及，整个世界都在规划和关注未来导航卫星系统的发展。一个美俄联合体，一个包括欧洲、日本及发展中国家参与的世界卫星导航网络将会出现。

以下是几种常用的卫星定位导航系统：

- GPS (Global Positioning System)
- GLONASS (GLObal NAvigation Satellite System)
- 欧洲静止导航覆盖系统 (EGNOS)
- “北斗”双星定位导航通信系统
- Galileo Navigation Satellite System
- INMARSAT系统



1.2.3 其他典型的导航定位系统

随着科学技术的不断进步，军事战略和战术的变化，导航系统技术也在发生日新月异的变化。还有其它一些导航定位系统也在发挥重要作用。

如：

- 惯性导航系统(Inertial Navigation System)
- 组合导航系统(Integrated Navigation System)
- 地形辅助导航系统(Terrain Aided Navigation System)



1.3 GPS系统的组成和特点

1.3.1 GPS系统的组成

GPS系统由三大部分组成：空间部分—GPS卫星星座；地面监控部分—运行控制系统；用户部分—GPS信号接收机。下面分别进行介绍。

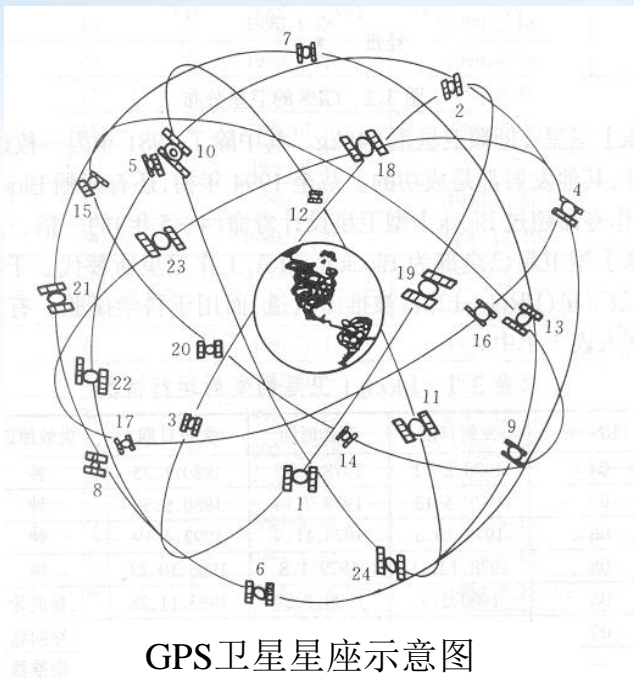


GPS系统的组成

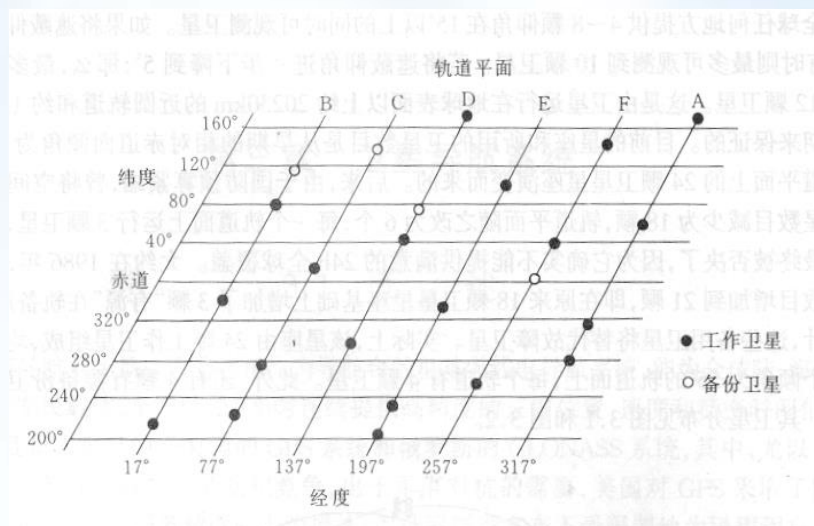


1) 空间部分

空间部分由高度为20230km的21颗工作卫星和3颗在轨热备份卫星组成卫星星座。卫星分布在6个等间隔的、倾角为 55° 的近圆轨道上，运行周期为11h58min。其卫星分布见图。



GPS卫星星座示意图



GPS卫星星座的分布

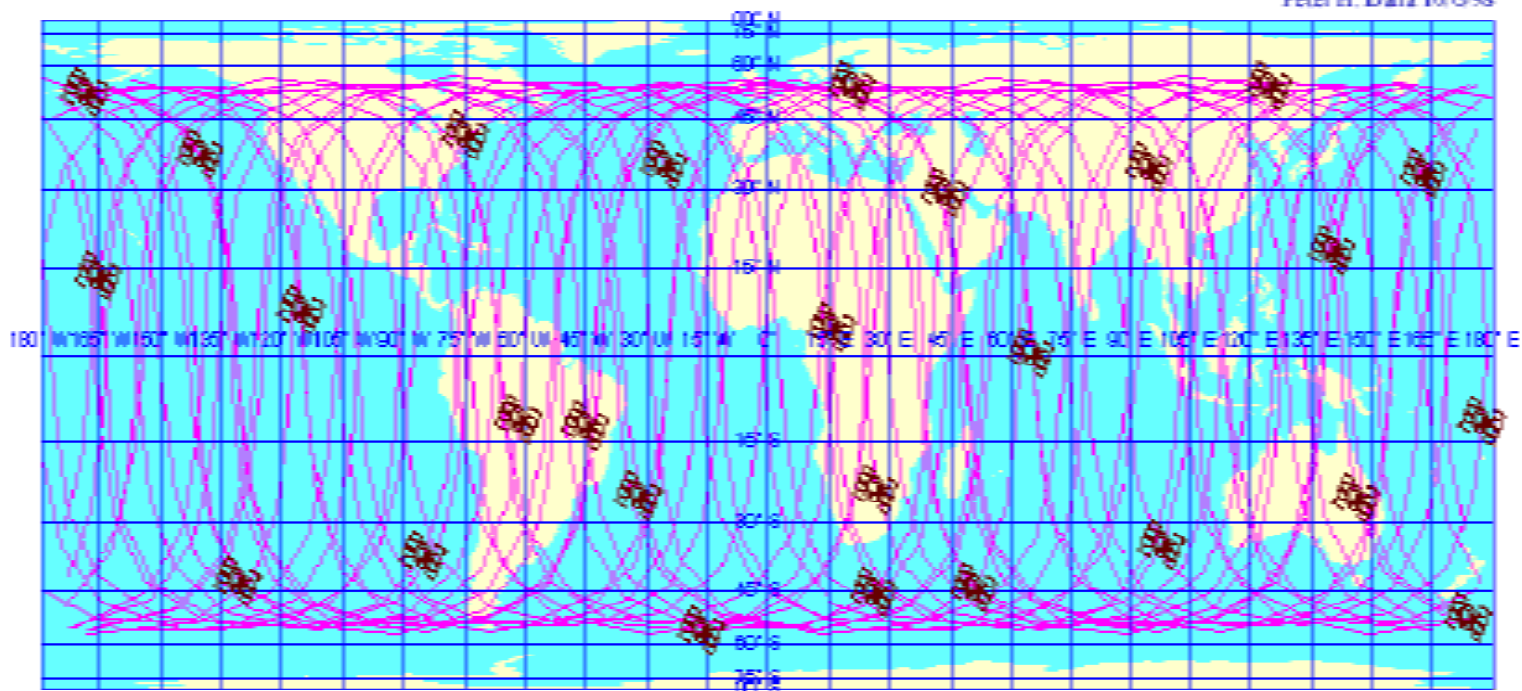


西北工业大学

NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY



Peter H. Dana 10/6/98



Global Positioning System Satellites and Orbits

for 27 Operational Satellites on September 29, 1998

Satellite Positions at 00:00:00 9/29/98 with 24 hours (2 orbits) of Ground Tracks to 00:00:00 9/30/98

星下点轨迹



星座特点

同一观测站每天出现的卫星分布图形基本相同，只是每天提前约4分钟。

在地球上任何地点、任何时刻均至少可以同时观测到4颗卫星，最多可达11颗。

个别地区可能在短时间内（如数分钟）观测到的4颗卫星图形结构较差，不能达到定位精度要求，这段时间成为“间隙段”。

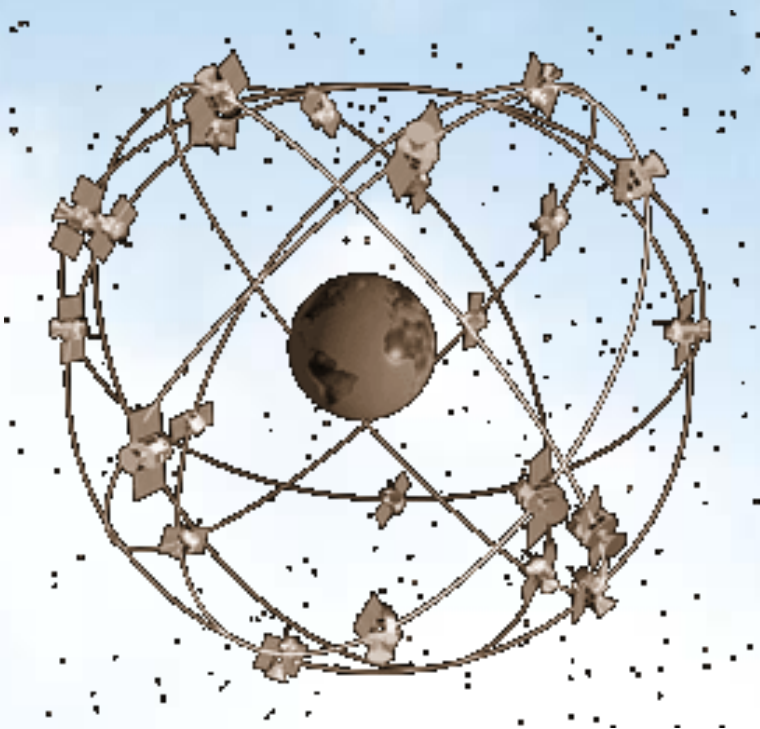
卫星信号传播和接收不受天气影响。



GPS卫星

GPS 卫星主要参数

项 目	参 数
卫星数	24
轨道	近圆形
轨道面	6 个
轨道倾角 I	55°
轨道高 H	20200Km
周期 T	11 小时 58 分
可见卫星数	>4
卫星种类	Block I 、 Block II Block II A、 Block II R



在轨卫星有29颗，其中有5颗BLOCK II卫星，18颗BLOCK IIA卫星，6颗BLOCK IIR卫星。



卫星种类和性能

项 目	第一代	第二代		第三代
	Block I	Block II	Block II A	Block II R
序号 SVN	1~11	13~21	22~40	41~62
卫星数	11	9	19	22
用途	试验性	正式工作	正式工作	改进 GPS 系统
寿命（年）	5	7.3	7.3	7.8
重量（kg）	774	845	845	1075
时标	一台铯钟和二 台铷钟	二台铯钟和二台 铷钟	二台铯钟和二 台铷钟	三台铷钟
SA 能力	无	有	有	有
AS 能力	无	有	有	有
独立操作（天）	14	14	180	180
卫星通讯能力	无	无	有	有
星间通讯能力	无	无	无	有
每天注入次数	3	1	<1	<1



2) 地面监控部分

地面控制部分由一个主控站、三个注入站和五个监测站组成。主要任务是：跟踪所有的卫星以进行轨道和时钟测定、预测修正模型参数、卫星时间同步和为卫星加载导航电文等。

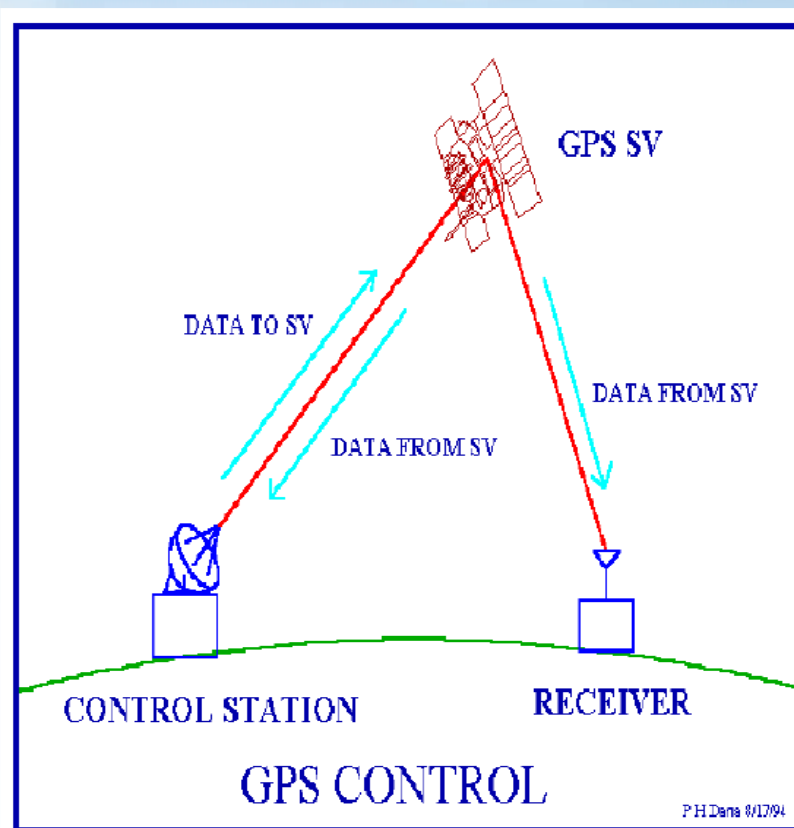


Global Positioning System (GPS) Master Control and Monitor Station Network

部分地面站点



在导航定位中，首先必须知道卫星的位置。而位置是由卫星星历计算出来的。地面监控系统测量和计算每颗卫星的星历，编辑成电文发送给卫星，然后由卫星实时地播送给用户。这就是卫星提供的广播星历。

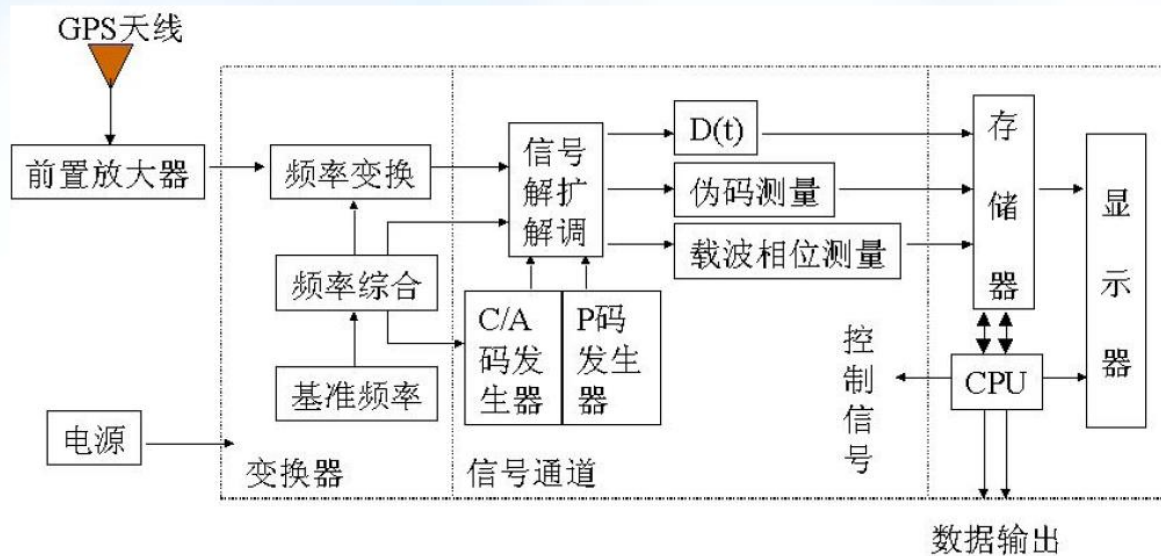


地面监控系统工作流程



3) 用户部分

用户部分主要是各种类型的GPS接收机。接收机的主要功能是：接收卫星发播的信号并利用本机产生的伪随机码取得距离观测值和导航电文；根据导航电文提供的卫星位置和钟差改正信息；计算接收机的位置。其主要结构框架（单频接收机）如图所示。



地面接收机结构框图



1.4 其他的卫星导航系统

GLONASS 系统

GLONASS是由前苏联研制后由俄罗斯继续完善的全球导航卫星系统。从1982年10月12日发射第一颗卫星开始，历经13年，于1996年1月18日实现满星座24颗卫星正常播发信号。建成之初，GLONASS可以实现全球、全天候、连续实时地为用户提供三维位置、三维速度和时间信息。

但是，GLONASS系统需要大约每年3900万美元来保证其基本功能。由于经济原因，俄罗斯难以维持GLONASS的正常运行费用，在轨卫星数目在逐渐减少。目前仅存数颗在轨可用卫星。



Galileo 系统

Galileo 系统的建设于 2002 年 3 月 26 日证实启动。初步设计卫星星座倾向于由 30 颗距地面 23000km、分布在倾角为 $55^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 的 3 个轨道面上的卫星系统组成。系统信号设计充分考虑与其他卫星导航系统的兼容性。系统建成后提供多种服务模式：一般目的服务（免费）；商业服务（付费增值服务，密码控制）；公共事业服务（高度安全、高度完好和有保障的服务等）。

Galileo 计划分三个阶段实施：2001~2005 年为研究开发与在轨验证阶段；2006~2007 年为星座部署阶段；2008 年后投入使用。



双静止卫星定位系统

利用两颗地球同步卫星作信号中转站；用户收发机接收一颗卫星（主星）转发的地面中心站测距信号，并向两颗卫星同时发射信号作应答；地面中心站根据两颗卫星转发的用户的同一个应答信号以及其他数据计算用户位置，然后把计算的位置和其他信息通过一颗卫星转发至用户；用户收发机接收到卫星转发的信息，实现定位和导航。

典型的双星定位系统有美国的GEOSTAR、欧洲的LOCSTAR和我国的“北斗-1”系统。

我国的“北斗”系统兼有报文通信和授时定时功能，是一种新型、全天候、高精度、区域性的卫星导航定位系统。



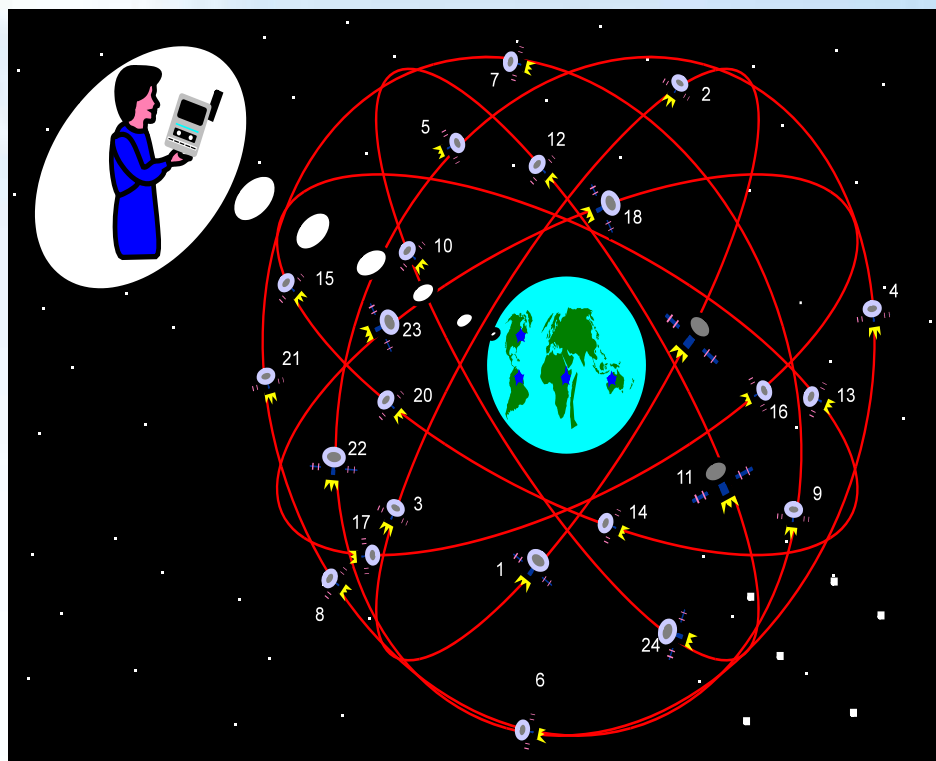
GPS、GLONASS参数比较

参 数	GLONASS	GPS
卫星数 (颗)	24+3	24+3
轨道平面数 (个)	3	6
轨道倾角 (度)	64.8	55
轨道高度 (km)	19100	20230
轨道周期	11h15m	11h58m
星历数据表示方法	卫星在地心坐标系运动的 9 个参数	卫星轨道的开普勒根数
大地坐标系	PE-90	WGS-84
卫星信号分隔法	频分	码分
L1 波段频率 (MHz)	1602.5625~1615.5	1575.42
L2 波段频率 (MHz)	1246.4375~1256.5	1227.6
码元数 (位)	511	1023
码元率 (MHz)	0.511	1.023



卫星导航系统的特点

1. 全球覆盖
2. 全天候
3. 高精度
4. 多用途





卫星导航系统的优点

(1) 使得全天候、远距离快速作战成为可能，提高了战斗人员和武器载体的生存能力

- 不受气象条件的影响（光学、天文导航受影响）；
- 定位精度不随距离和时间而漂移（惯导漂移大）；
- 导航方式不受地理地貌改变的影响（地形匹配导航受影响）

(2) 卫星导航技术的应用使得武器的打击精度大大提高，换取了弹药武器重量的减轻，使得载体可以同时携带多枚武器攻击更远更多的目标。



卫星导航的弱点——易受干扰

1. 采用无线电定位，其致命弱点就是容易遭受电磁波干扰。
2. 卫星的信号发射功率电平较低，到达地面以后信号强度非常弱，小功率的电磁波干扰即可对卫星导航接收机构成足够的威胁。



1.5 GPS系统的定位原理

GPS系统定位的代数原理是：用户接收机与卫星之间的距离为

$$R = \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2} \quad (1-1)$$

式中， R 为卫星与接收机之间的距离； x_1, y_1, z_1 表示卫星位置的三维坐标值； x, y, z 表示用户（接收机）位置的三维坐标值；其中 R, x_1, y_1, z_1 是已知量， x, y, z 是未知量。

如果接收机能测出距三颗卫星的距离，便有三个这样的方程式，把这三个方程式联立起来，便能解出接收机的 x, y 和 z 这三个未知数，从而定出用户（接收机）的位置。



实际上，用户接收机一般不可能有十分准确的时钟，它们也不与卫星钟准确同步，计算得到的距离也不是用户接收机和卫星之间的真实距离，这种距离叫做伪距。假设用户接收机在接收卫星信号的瞬间，接收机的时钟与卫星导航系统所用时钟的时间差为，则公式 (1-1) 将改写成

$$R = \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2} + c \cdot \Delta t \quad (1-2)$$

式中， c 是电波传播速度（光速）；

只要接收机能测出距四颗卫星的伪距，便有四个这样的方程，把它们联立起来，便可以解出四个未知量 x 、 y 、 z 和，即能求出接收机的位置和时间。



1.6 GPS应用综述

1.6.1 在民用航空中的应用

民用航空是卫星导航最重要的民用用户，GPS在民航各方面的应用研究和试验几乎与卫星导航系统本身的发展在同步进行着。美国联邦航空局（FAA）1992年公布的卫星导航计划中明确表示：

“支持所有民航需要的海洋、航路、终端、非精密进场、精密进场、自动着陆、离场和机场表面导航的运行使用，开发和试验各种卫星导航技术与增强技术的可行性，同时支持和制定运行程序与标准去满足所有飞行阶段的要求”。



西北工业大学

NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY



国际民航组织 (ICAO) 未来航行系统 (FANS) 委员会已确定了卫星导航系统的地位，并制定了分阶段实施的目标和任务，卫星导航系统将作为海洋航路、大陆航路和终端的单一导航手段，其增强的系统或组合系统也将作为机场表面引导和精密进场的手段，并逐步撤离其他陆基无线电导航设施。欧洲一些政府和研究机构则准备对GPS系统和精度进行测试，目标是建立一个21世纪的全球导航卫星系统，用于取代微波着陆系统。



西北工业大学

NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY



卫星导航的全球、全时、全天候、精密、实时、近于连续的特点，使它具有其他系统无法比拟的优点，并且改变了传统的概念和方式。它可对民航飞机提供导航—着陆一体化服务，从地面到高空的一体化服务。用于航路导航，作为空中交通管制的一部分，可以改变航路上交通拥挤状况，改善高度分层，对飞机全程监视。用于进场着陆，不仅着陆设备简单，还可实现可变下滑道，曲线进场，多跑道同时工作。用于机场场面监控，可代替场面雷达管理机动车辆和飞机。



西北工业大学

NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY



国外用于航空导航的设备已经成熟，并且已在包括波音-747这样的大飞机上进行了多次试验，GPS组合系统用于进场着陆的首飞也早在1989年就已完成。我国通用飞机用GPS导航已有多年的历史；原航空工业部某研究所的GPS/惯导组合完成了试飞；某研究所试飞院和某高等学校共同完成的GPS着陆工程阶段试验也通过了部级鉴定。这表明国内的应用在技术上正在达到成熟。



1.6.2 在航天中的应用

卫星定位系统是航天飞机最理想的制导、导航系统。它能提供航天飞机的位置、速度和姿态参数，可以为航天飞机的起飞、在轨运行、再入过程及进场着陆连续服务。美国已在这方面作过多次试验。航天飞机是载人的再入式航天器，其导航系统要求有很高的精度和可靠性，因此，需要多余度的测量装置，进行多余度复合及组合工作。采用GPS后，可以大大简化原有系统。



卫星定位还可用于低轨卫星和空间站的定轨，用差分GPS和相对GPS完成飞船的交会和对接，其优点为：

- (1) 减少和简化地球观测站，降低费用。
- (2) 近乎实时地作轨道修正，消除星地间信息往返延迟，省去地面数据处理，提高卫星工作效率。
- (3) 减少传统测控系统的种种误差，例如，电波传播误差，地球自转、极移、重力场、测站位置等。
- (4) GPS卫星轨道高，对中、低轨用户观测几何关系好，跟踪时间长。



美国曾在Landsat-4、Landsat-5、航天飞机以及海军的两颗军用卫星上试飞了一种两通道“GPSPAC”接收机。国际空间站已选定GPS为其导航、制导子系统之一。目前还在研究用于卫星定轨的双差分GPS、干涉仪法和GPS/INS/星光组合导航等。这些努力不仅可以提高定轨精度，而且可以用于各种从中、低轨用户到静止轨道的用户，并更多地用于低成本的小卫星。

我国对GPS在航天领域的应用的跟踪研究从80年代初就已开始，主要活动集中在航天研究院和几所航空、航天院校，包括方案探讨、算法研究、仿真及硬件设备的改进等工作。可以肯定，利用国内外现有设备对航天器制导、定轨及测控等，可以获得其他设备无法达到的精度和方便程度。



1.6.3 在航海和海洋工程中的应用

海洋是卫星导航系统最有应用前景的领域之一。在军事上，除了对各类舰艇导航以外，还可完成海上巡逻、舰队调动与会合，海上军事演习和协同作战，武器发射，航空母舰的导航和对舰载飞机的导引等。在民用方面，可以进行船只定位、海洋测量、石油勘探、海洋捕鱼、浮标设立、管道铺设、浅滩测量、暗礁定位、海港领航和水上交通管理等。



GPS在航海方面拥有最早，也是目前最多的用户，从1980年以来，世界各国就已进行了大量试验，估计目前已有10万艘船舶靠GPS导航，而且该市场还在急剧扩大。我国沿海渔民也有上万台GPS接收机在工作。

国际海事组织安全委员会成立了：“特别工作小组”，1984年以来已召开多次会议，评价GPS系统的应用。在航海方面，还没有比GPS更先进的系统，因此，其开发和应用受到了极大重视，除了一般应用外，GPS的各种精密定位方法将用于港口船舶监控，狭窄航道的船舶导航，海洋地球物理勘探，海上平台定位，航标、浮标的设立以及与声纳系统一起为水下物体定位。



1.6.4 在大地测量中的应用

利用卫星定位在一个点上长时间观测或多点联测或事后处理，可以达到厘米级甚至毫米级的观测精度，因而为研究地球动力学、地壳运动、地球自转和极移、大地测量和地震监测等提供了新的观测手段。在这里，用到一些特殊的处理方法，如卫星源射电干涉法、多次差分法、载波相位观测、双频接收机、平滑与滤波技术等，为大地测量，特别是公路、铁路、桥梁等设计施工提供了准确而又简便的手段。



西北工业大学

NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY



GPS在我国大地测量方面的应用最为广泛和成熟，不仅进行了大量试验，还建成了全国测控网。中科院某研究所的报告中介绍，1989年引入美国Ashtech接收机后完成了长江三峡库区GPS形变监测网的建立。陕西省某航测大队已利用GPS进行了陕西、山东某地的航测。

利用GPS监测地震，已在美国、日本等国进行了实验和应用。我国也已开始并取得了可喜的成绩。国家地震局某地形变监测中心在华北地区布置了42个观测点，用Ashtech-MDX型双频GPS接收机，用长时段和多时段昼夜连续观测，较好地消除了气象因素变化和卫星星座变化的系统误差，取得了高精度的观测结果。



西北工业大学

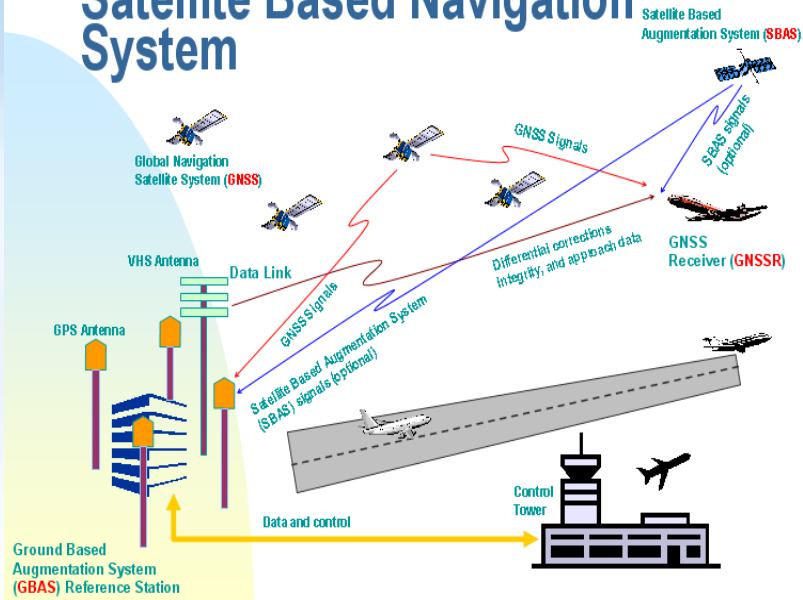
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY



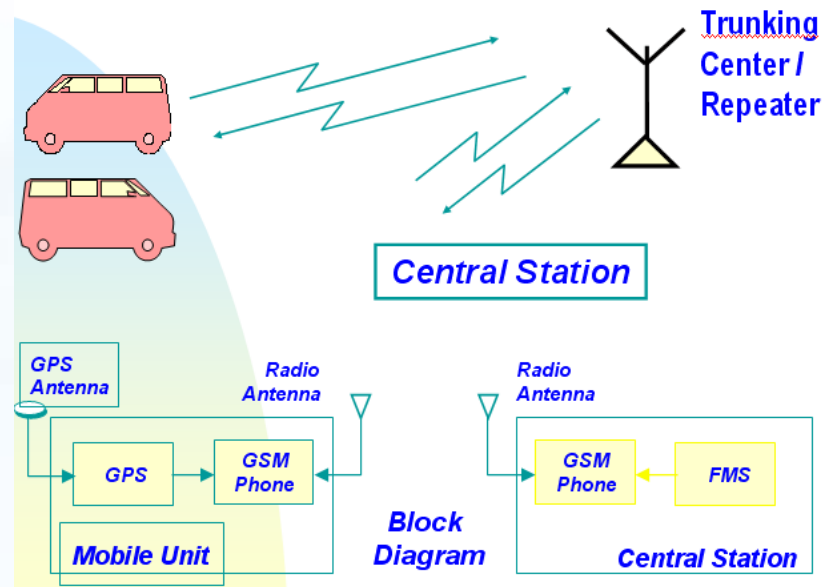
目前GPS技术已经广泛应用于航海、航空、航天、测绘、车辆导航/调度、大地测量、灾害监测、石油勘探等众多民用领域，与人类的生活息息相关，对全球经济和科学技术的发展都产生了深远的影响。



Satellite Based Navigation System



Typical Fleet Management Scenario





1.6.5 在陆地导航中的应用

陆地导航也是GPS进行的最早的定位试验。陆地导航对卫星系统的要求最低，低动态、单或双通道接收机时序处理即可，二维定位，甚至是一维（如列车，具有固定的轨迹），只需2~3颗工作卫星，因而对卫星系统的完善性要求低，可利用地标、地形随时修正，可利用航位推算和速度计附加信息等。近几年随GPS接收机价格下降，GPS的陆地用户大幅度增加。陆地导航将是卫星系统最多的用户。



陆地导航应用在如下方面：

- (1) 汽车定位，配以电子数字地图，可给驾驶员提供各种道路、服务网点、安全系统等的位置。
- (2) 行业车辆管理，如出租车、公安、急救、消防等，既可为单车定位，又可为指挥管理部门提供车辆运行信息。
- (3) 列车监控，利用GPS对列车统一调度和交通管理，可保证安全，缩短行车间隔，增加车流量。
- (4) 野外作业，如沙漠、深山、森林等陌生地带对车辆和人员导航。
- (5) 陆军移动定位，如车辆、坦克、装甲车、火炮、野战部队等。

GPS用于车辆定位具有非常好的前景。但是一些具体技术问题仍需解决，例如城市的电磁干扰、信号反射、楼房遮挡、树木对信号的衰减，以及车辆定位导航系统的价格等。



1.6.6 在军事上的应用

目前主要的卫星导航系统如GPS和GLONASS都是军方的产物。例如，GPS是美国国防部门影响最深远的计划之一，它可能对战略战术产生革新影响。而民用只是其“副产品”。GPS从它的孕育到整个发展过程都是为军方服务的。GPS在还未完成系统布置的情况下就已用于实战了。在海湾战争中，双方都使用了GPS。伊拉克曾用于“飞毛腿”导弹的移动发射架定位。多国部队除了在各种车辆、特种部队和野战军的连以上单位配有GPS接收机外，在约20多种型号飞机上使用了GPS。在这期间美国军方紧急征购了5.7万台GPS接收机，其中包括400余台AN/WRN-6(V)接收机用于航空母舰和潜艇。



图1-9 发射JDAM的F-16战斗机



空间防务一直是美国军方最为关注的问题。建立在一定的时间范围内对空间飞行器测控的基础上的“星球大战”计划，曾计划利用GPS作为空间拦截器“时空位置信息”系统。GPS能为战场管理、C3I系统以及共用时分多址系统提供准确的坐标和时间同步。

导弹和运载火箭的弹道测量和靶场监测是美国军方GPS系统设计功能之一，已进行了多次试验，并已研制了多种型号的弹载GPS接收机。

GPS用于弹道测量和靶场监测，其原理简单，使用方便，精度高，受气象环境影响小，设备、人员省，数据处理速度快，特别对于远程弹可连续全程监测，并可提供方位信息和时间同步信息，这是其他系统无法比拟的。



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY



GPS已经成为美国全球战略防御体系的重要组成部分；



西北工业大学

NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY



GPS已经广泛应用于美国及其盟国陆、海、空各级战斗单元和武器装备。



GPS 已经广泛应用于美国及其盟国陆、海、空各级战斗单元和武器装备。



西北工业大学

NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY



AGM-86C CALCM系列 空射巡航导弹

该导弹加装了GPS高精度制导装置，打击精度由原来的30~60米提高到了3米。

由B-52H战略轰炸机投放，射程1200km。





1. 美英伊拉克战争大量使用精确制导武器；
2. 美英联军在空袭中总共投放了29199枚弹药，其中精确制导弹药为19948枚，非制导弹药为9251枚。精确制导弹药占总投弹量的68%。（相比之下，在1991年的海湾战争中使用的精确制导弹药大约只占8%，科索沃战争中上升到29.8%，阿富汗战争时达到了60%）



GPS 干扰技术

最近的美伊战争中，GPS干扰引起了全世界的关注。伊军使用俄制GPS干扰机对付美国的GPS，使美军精确制导武器受到威胁，一些精确制导武器大大偏离了预定目标。据报道，美英联军至少有8~10枚“战斧”巡航导弹落入沙特阿拉伯和土耳其境内。

但由于未能合理地分布布网使用，使干扰机未能充分发挥作用，而且美军利用反辐射导弹很快摧毁了伊军的GPS干扰机。



阻塞式干扰

通过发射干扰信号使GPS接收机射前端产生饱和性阻塞，无法正常接收卫星信号定位，达到干扰的目的。阻塞式干扰对C/A码和P(Y)码都能有效进行干扰。也是国外GPS干扰机最常采用的一种干扰手段，它可以采取多种干扰样式。



欺骗式干扰

1. 欺骗式干扰采用发射与GPS信号具有相同参数（载有虚假导航信号）或者增加GPS信号传播时延再进行转发的方法，使GPS接收机因接收到虚假信号而产生定位误差。根据所发送欺骗信号的来源，相应可以有“产生式”或“转发式”两种干扰体制。
2. 由于很难突破P(Y)码破译技术，无法采用“产生式”欺骗干扰；同时，美国已在其重要的军用GPS接收机中加进电子欺骗信号检测与否决欺骗信号的功能，可能导致采用“转发式”欺骗干扰方式的效果不甚明显。



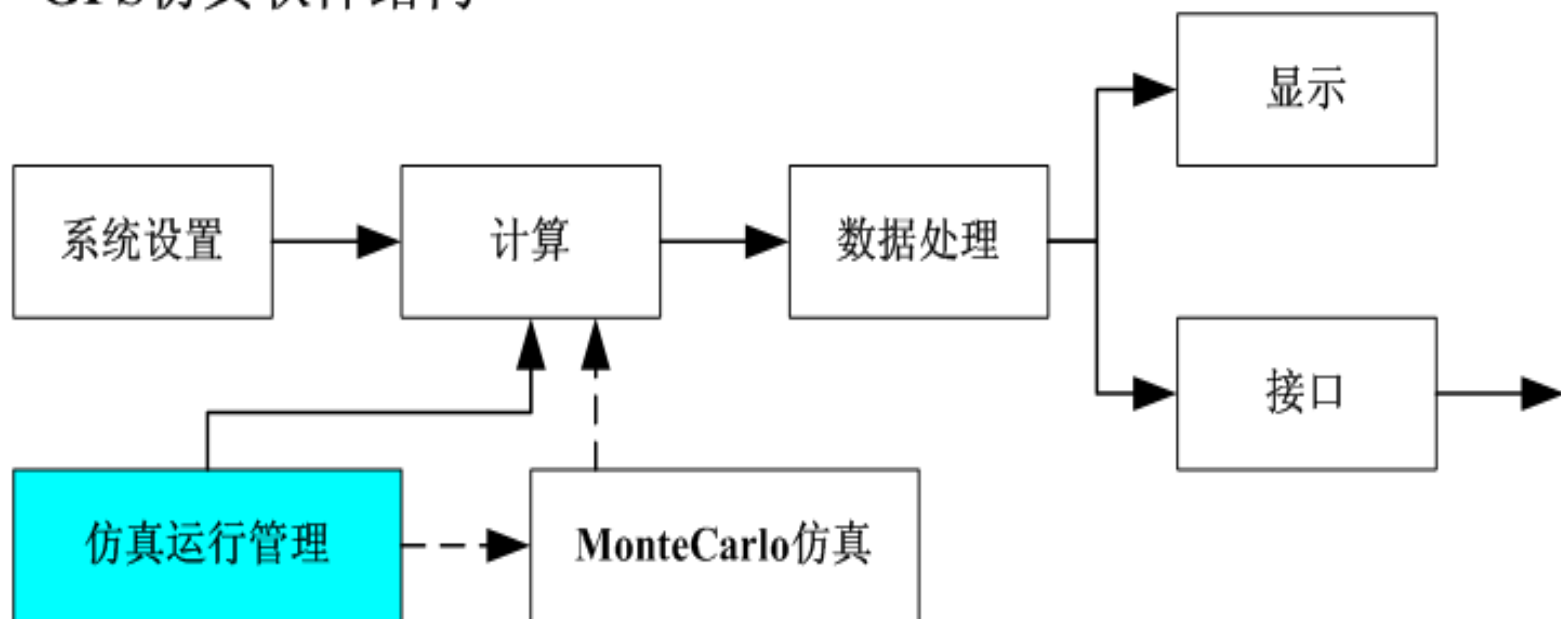
分布式GPS干扰技术

1. GPS干扰机单独使用易被抗干扰型GPS自适应调零天线抑制而造成干扰失效；单台大功率干扰源容易被检测出来而遭到敌方反辐射武器攻击。
2. 分布式干扰就是将多个体积小、重量轻的小功率干扰机分散布设，组成覆盖一定区域的干扰网，对特定的军事目标进行保护。



GPS 仿真系统 – SimuGPS

GPS仿真软件结构





GPS仿真系统基本功能

1. 模拟GPS系统，产生GPS导航卫星的星历数据；
2. 模拟GPS接收机功能，根据接收到的导航电文，进行选星、误差计算、解算用户位置和速度等状态；
3. 根据要求，向用户提供高动态运动信息；
4. 能向用户提供其他辅助信息或显示GPS系统运行状态，如显示GPS系统星下点运行轨迹图、GPS系统可见星天顶图、几何精度因子等；
5. 可对串口RS232进行配置，与接收机硬件直接相连；
6. 通过RS232串口输出GPS定位信息。



GPS仿真系统显示界面

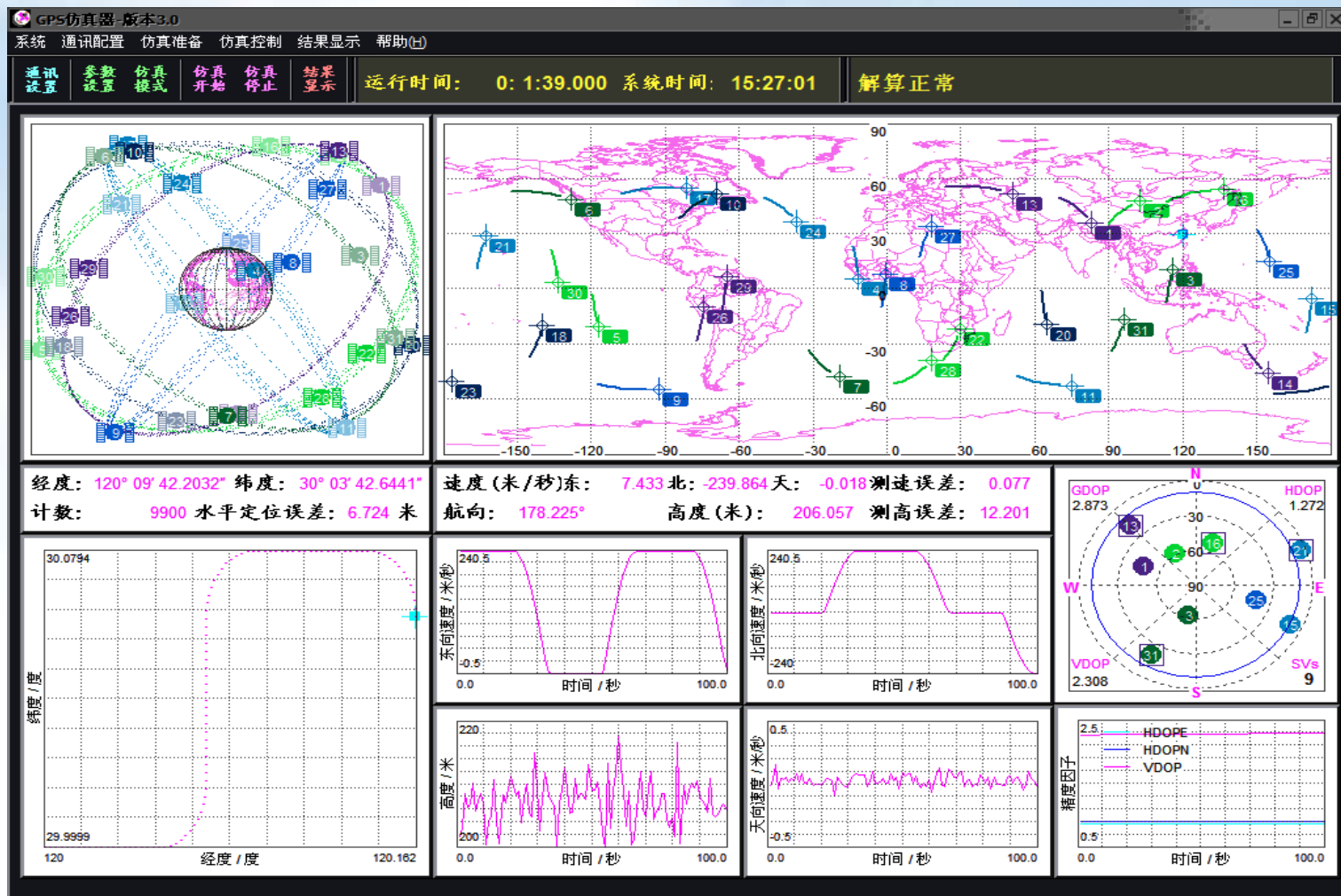
1. GPS系统的运行轨道
2. GPS系统的星下点轨迹
3. GPS接收机定位的天顶图
4. GPS接收机定位的GDOP
5. GPS接收机定位的位置及误差
6. GPS接收机定位的速度及误差



西北工业大学

NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

GPS仿真系统软件界面





GPS 仿真软件菜单功能

GPS 仿真软件菜单功能

主菜单	子菜单	功能
系统	退出	从软件中退出
通讯配置		对串口 RS232 进行配置
仿真准备	参数设置	对系统仿真参数进行设置
	仿真模式	对系统仿真模式进行设置
仿真控制	启动	启动仿真（仅用于单机实时仿真和单机联系仿真模式）
	停止	停止仿真（仅用于单机实时仿真和单机联系仿真模式）
结果显示		显示仿真结果
帮助		帮助信息



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

