

# GNSS 测量原理与应用

李丽华

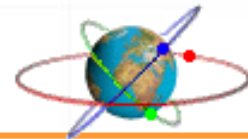
中国地质大学（北京）测量与导航工程系

lihuali@cugb.edu.cn

2020 春

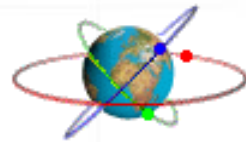


# 第一章 卫星定位技术简介



- 1. 1 空间定位技术的发展
- 1. 2 GPS定位系统
- 1. 3 GLONASS定位系统
- 1. 4 GALILEO定位系统
- 1. 5 BDS定位系统
- 1. 6 GNSS在国民经济建设中的应用





## 1.2 GPS定位系统

1973年12月，美国国防部批准陆海空三军联合研制一种新的军用卫星导航系统——NAVSTAR GPS，其英文全称为 NAVigation by Satellite Timing And Ranging (NAVSTAR) Global Positioning System (GPS) 即全球导航定位系统



# GPS发展

- 1978年2月22日，第一颗GPS实验卫星的发射成功；
- 1989年2月14日，第一颗GPS工作卫星的发射成功；
- 1993年12月8日，GPS整个系统已正式建成并开通使用。



# Father of GPS and Pioneer of satellite Telemetry and timing



- TIMATION provided accurate position and precise time to terrestrial observers, developing the crucial foundation for contemporary Global Positioning Systems.

- Rolger. L. Easton





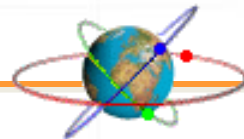


- Roger Easton (center) is presented the NIHF gold medal for his development of TIMed-navigATION (TIMATION) by David Kappos, Director of the U.S. Patent and Trademark Office (left) and Ed Gray, President of the National Inventors Hall of Fame Board of Directors (right).

# GPS系统构成

- GPS卫星星座（空间部分）
- 地面监控系统（地面控制部分）
- GPS信号接收机（用户设备部分）





Peter H. Dana 9/22/98

# GPS卫星星座（空间部分）

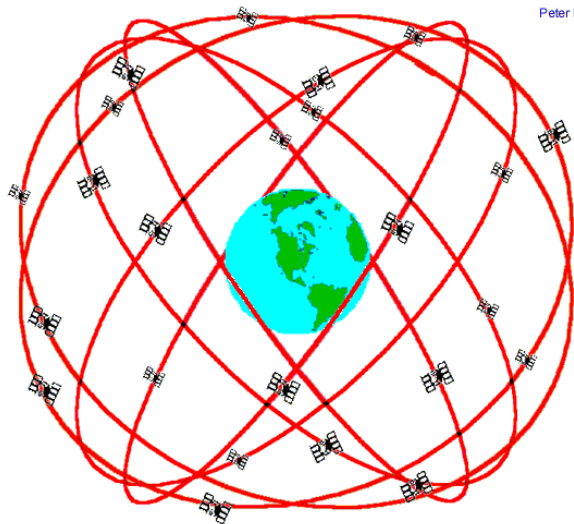
21颗工作卫星+3颗在轨备用卫星

6个轨道平面，倾角约为 $55^\circ$

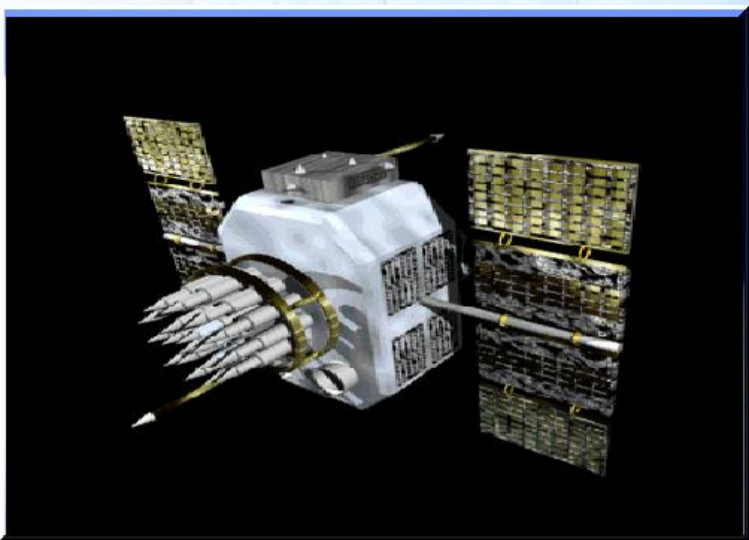
平均高度约为20200km

卫星运行周期为11小时58分。

任何时间、任何地点至少可同时观测到4颗卫星。



GPS Nominal Constellation  
24 Satellites in 6 Orbital Planes  
4 Satellites in each Plane  
20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

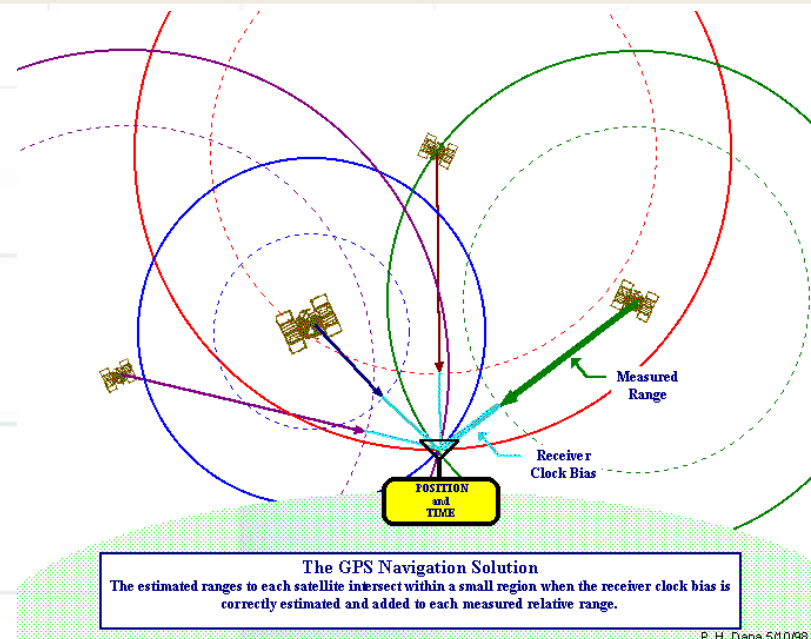






# GPS卫星的基本功能


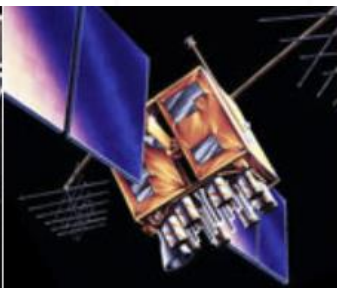
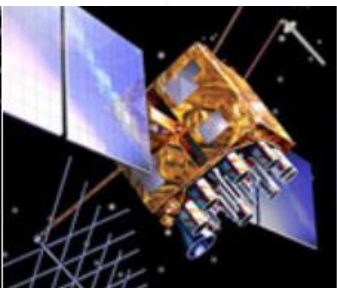
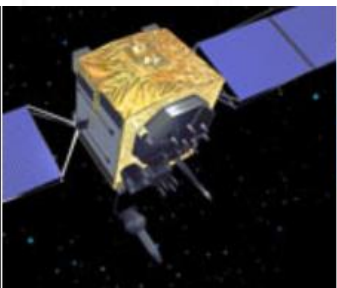
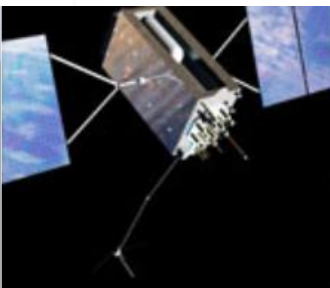
- 1、接收和储存由地面监控站发来的导航信息，接收并执行监控站的控制指令；
- 2、通过星载的高精度铯钟和铷钟提供精密的时间标准；
- 3、即时向用户发送定位信息；
- 4、在地面监控站的指令下，通过推进器调整卫星姿态和启用备用卫星；
- 5、卫星上设有微处理机，进行部分必要的数据处理工作。



## GPS CONSTELLATION STATUS, 08.02.20

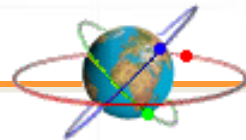
Total satellites in constellation	33 SC
Operational	31 SC
In commissioning phase	-
In maintenance	1 SC
In decommissioning phase	1 SC



				
BLOCK IIA	BLOCK IIR	BLOCK IIR-M	BLOCK IIF	GPS III/IIIF
0 operational	11 operational	7 operational	12 operational	1 operational
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Coarse Acquisition (C/A) code on L1 frequency for civil users</li> <li>■ Precise P(Y) code on L1 &amp; L2 frequencies for military users</li> <li>■ 7.5-year design lifespan</li> <li>■ Launched in 1990-1997</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ C/A code on L1</li> <li>■ P(Y) code on L1 &amp; L2</li> <li>■ On-board clock monitoring</li> <li>■ 7.5-year design lifespan</li> <li>■ Launched in 1997-2004</li> </ul> <p><a href="#">LEARN MORE ABOUT GPS IIR AT AF.MIL</a> ➔</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ All legacy signals</li> <li>■ 2nd civil signal on L2 (L2C) <a href="#">LEARN MORE</a> ➔</li> <li>■ New military M code signals for enhanced jam resistance</li> <li>■ Flexible power levels for military signals</li> <li>■ 7.5-year design lifespan</li> <li>■ Launched in 2005-2009</li> </ul> <p><a href="#">LEARN MORE ABOUT GPS IIR-M AT AF.MIL</a> ➔</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ All Block IIR-M signals</li> <li>■ 3rd civil signal on L5 frequency (L5) <a href="#">LEARN MORE</a> ➔</li> <li>■ Advanced atomic clocks</li> <li>■ Improved accuracy, signal strength, and quality</li> <li>■ 12-year design lifespan</li> <li>■ Launched in 2010-2016</li> </ul> <p><a href="#">LEARN MORE ABOUT GPS IIF AT AF.MIL</a> ➔</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ All Block IIF signals</li> <li>■ 4th civil signal on L1 (L1C) <a href="#">LEARN MORE</a> ➔</li> <li>■ Enhanced signal reliability, accuracy, and integrity</li> <li>■ No Selective Availability <a href="#">LEARN MORE</a> ➔</li> <li>■ 15-year design lifespan</li> <li>■ IIIF: laser reflectors; search &amp; rescue payload</li> <li>■ First launch in 2018</li> </ul> <p><a href="#">LEARN MORE ABOUT</a></p>

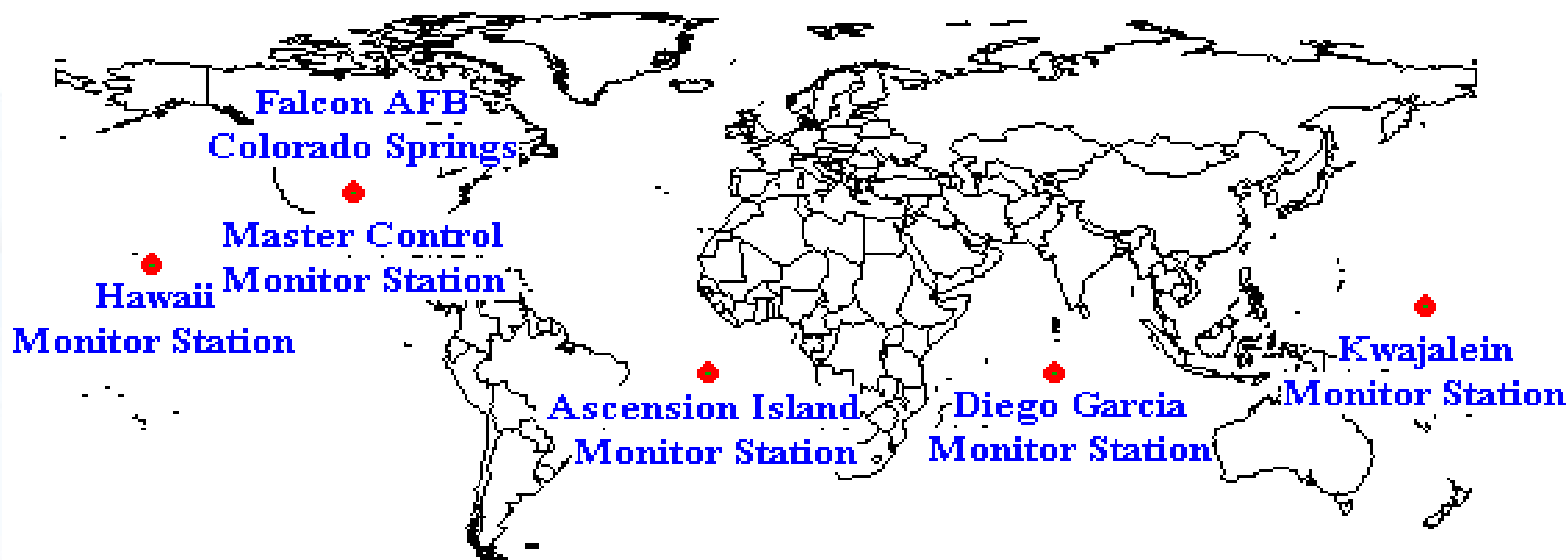


# 地面监控系统（地面控制部分）



有在全球的5个地面站组成，其中包括卫星监测站、主控站和信息注入站。

Peter H. Dana 5/27/95



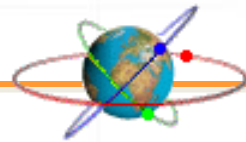
Global Positioning System (GPS) Master Control and Monitor Station Network





- **监测站**是在主控站直接控制下的数据自动采集中心
- **组成：**有双频GPS接收机、高精度原子钟、计算机各一台和若干台环境数据传感器。
- **任务：**接收机对GPS卫星进行连续观测，以采集数据和监测卫星的工作状况。所有观测资料由计算机进行初步处理，并存储和传送到主控站，用以确定卫星的轨道。





# 主控站工作及任务

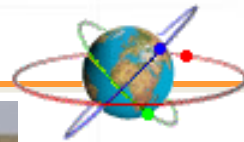
1. 协调和管理所有地面监控系统的工作
2. 根据本站和其它监测站的所有观测资料，推算编制各卫星的星历、卫星钟差和大气层的修正参数等，并把这些数据传送到注入站；
3. 提供全球定位系统的时间基准；
4. 调整偏离轨道的卫星
5. 启用备用卫星以代替失效的工作卫星。



- **注入站**的主要任务是
- ◆ 在**主控站**的控制下，将**主控站**推算和编制的**卫星星历、钟差、导航电文**和其它控制指令等，注入到相应卫星的**存储系统**
- ◆ **监测注入信息的正确性。**



# 用户设备部分—GPS接收机



Trimble  
R8  
GPS接收机



Trimble  
4600LS  
4700  
GPS接收机



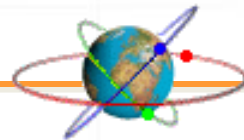
徕卡  
GPS接收机



手持机







## 用户设备部分

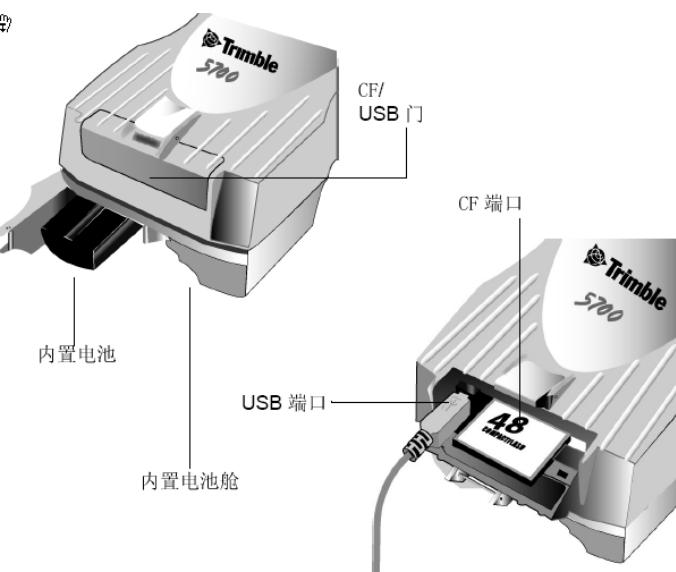
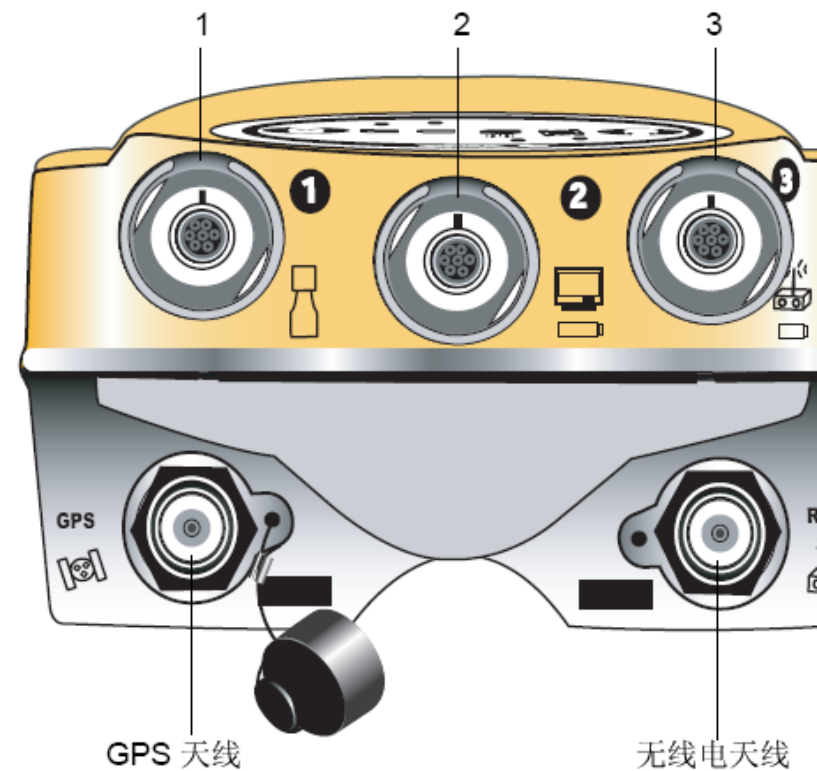
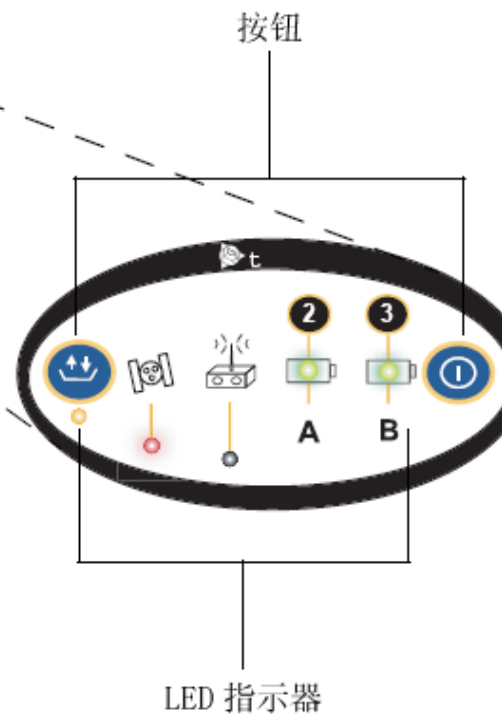
GPS接收机的硬件，一般包括主机、天线和电源。



Trimble 5700 分体机

Trimble R8 GNSS 系统是一种将多通道多频率 GPS 接收机、天线和数据链无线电台完美地组合到一个小型机壳中的产品。它还支持 GLONASS。





Trimble 5700  
接收机  
天线



# GPS系统的组成

空间部分：

21颗工作卫星  
；三颗备用卫星。

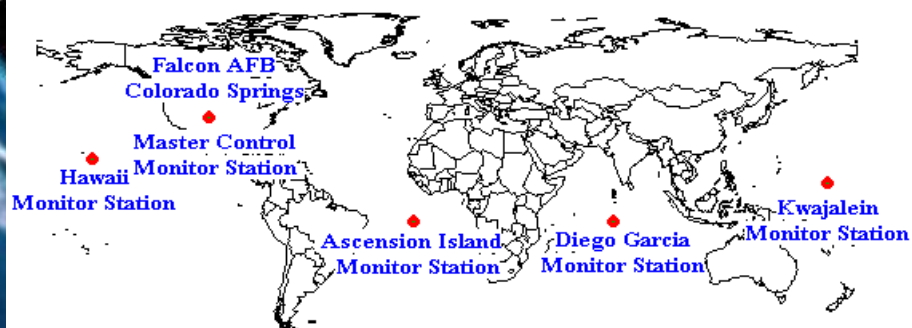


用户部分：  
GPS信号接收  
机



监控站：

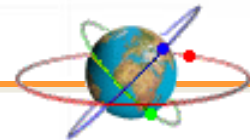
科罗拉多  
卡瓦加兰  
狄哥-伽西亚  
阿松森岛  
夏威夷



Peter H. Dana 5/27/95

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

# GPS现代化



1998年美国副总统戈尔提出了GPS现代化这一概念，其实质是要加强GPS对美军现代化战争的支撑和保持全球民用导航领域中的领导地位。

GPS现代化包括军事和民用两部分。





- GPS现代化的民用部分
- 将SA信号强度降为零；
- 在L2频道上增加第二民用码（即C/A码）
- 增加L5民用频率



# GPS系统发展

## ■ 现代化阶段:

实质是要加强GPS对美军现代化战争中的支撑和保持GPS在全球民用导航领域中的霸主地位，目标是改善抗干扰能力并增强安全性。

- 增加新的GPS信号。2005-2008年发射8颗改进的导航卫星Block IIR-M，在卫星上播发新的军码和第二民码，同时在2006-2010年发射的导航卫星Block IIF上增设第三民码。
- 研发新一代军用GPS接收机，提高GPS的抗干扰能力。
- 实施GPS III计划,信号发射功率将提高100倍，信号抗干扰能力提高1000倍以上，授时精度将达到1纳秒，定位精度提高到0.63米。



# GPS系统发展总览

