



测·绘·科·学·与·技·术 著作系列

# GPS 观测数据 处理与应用

兰孝奇 黄张裕 李森 段兵兵 著



科学出版社

测绘科学与技术著作系列

# GPS 观测数据处理与应用

兰孝奇 黄张裕 李 森 段兵兵 著

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书介绍了作者多年来在 GPS 观测数据处理及应用方面的研究成果。书中重点阐述了大坝 GPS 三维变形监测网的数据处理方法、模型及应用,以及 GPS 数据与地面监测网观测数据联合平差的数学模型、GPS 精密地壳变形监测的数据处理模型的研究及应用;论述了应用 GPS 研究电离层内部特性的相关内容,主要包括区域格网模型的建立,以及利用电离层层析成像技术对区域电离层电子密度分布进行的层析研究;介绍了非差模式的精密单点定位的数学模型及方法;探讨了伪距差分 and 相位差分定位模型。

本书可作为高等院校测绘工程专业高年级本科生和研究生的参考书,也可供该领域专业技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

GPS 观测数据处理与应用/兰孝奇等著. —北京:科学出版社, 2012  
(测绘科学与技术著作系列)  
ISBN 978-7-03-035849-3

I. ①G… II. ①兰… III. ①全球定位系统-数据处理-研究  
IV. ①P228.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 251064 号

责任编辑:童安齐 王 钰/责任校对:耿耘  
责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2012 年 12 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2012 年 12 月第一次印刷 印张: 14 3/4

字数: 284 000

定价: 60.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈双青〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62138978-8212

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

## 前 言

美国全球定位系统 (GPS) 自 20 世纪 70 年代开始研制以来, 已经在世界许多行业中得到广泛的应用, 它正带领着人类进入定位、导航的新纪元。近年来, 国内外出版了不少相当优秀的关于 GPS 的书籍, 深受广大 GPS 专业爱好者的喜爱。与这些书籍不同, 本书加大了 GPS 数据处理这部分的篇幅, 对其的讨论更加系统、深入。

全书共 9 章, 第 1 章和第 2 章介绍 GPS 的一些基础知识, 详细讨论 GPS 定位中常用的坐标系统和时间系统, 为 GPS 定位计算的实现打下理论基础。第 3 章介绍 GPS 定位基本原理, 用广播星历计算卫星轨道坐标, 并探讨其精度; 利用 IGS 提供的精密星历, 研究不同的插值方法所能达到的精度; 介绍根据伪距进行单点定位的数学模型。第 4 章研究了伪距差分 and 相位差分定位模型。第 5 章讨论了非差模式的精密单点定位, 包括 GPS 定位中需要进行的各项误差改正模型。第 6 章和第 7 章主要介绍 GPS 在变形监测中实际应用, 其中第 6 章研究了大坝三维变形监测网的数据处理方法、模型及应用, GPS 数据与地面监测网观测数据联合平差的数学模型; 第 7 章介绍 GPS 精密地壳变形监测的数据处理模型研究, 以及 GAMIT 后处理软件的使用和后处理软件开发及应用。第 8 章和第 9 章是应用 GPS 研究电离层内部特性的相关内容, 主要包括建立区域格网模型, 计算机层析成像技术成功地应用于电离层扰动探测, 即电离层层析成像, 并利用电离层层析成像技术对区域电离层电子密度分布进行层析研究。

本书可作为高等院校测绘工程专业高年级本科生和研究生的参考书, 也可供该行业专业技术人员参考。

本书第 1 章至第 3 章、第 5 章由兰孝奇、段兵兵执笔, 第 4 章由黄张裕执笔, 第 6 章和第 7 章由兰孝奇执笔, 第 8 章和第 9 章由兰孝奇、李森执笔。全书由兰孝奇协调组稿和统稿, 并最后执笔修改定稿。

本书是作者及其科研团队多年来科研成果的总结。在课题的研究及撰写本书的过程中, 参阅了大量的科技文献, 在此对这些文献的作

者表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 概述 .....	1
1.1.1 GPS 的起源 .....	1
1.1.2 GPS 的组成 .....	2
1.2 GPS 的应用 .....	6
1.3 GPS 的现代化 .....	8
<b>第 2 章 坐标与时间系统</b> .....	11
2.1 坐标系统 .....	11
2.1.1 地心惯性坐标系 .....	11
2.1.2 地心地固坐标系 .....	12
2.1.3 1984 世界大地坐标系 .....	12
2.1.4 国际地球参考框架 .....	14
2.1.5 中国常用坐标系 .....	15
2.1.6 GPS 涉及的坐标系 .....	17
2.1.7 坐标转换 .....	18
2.2 时间系统 .....	21
2.2.1 恒星时和太阳时 .....	21
2.2.2 历书时 .....	23
2.2.3 原子时 .....	24
2.2.4 相对论框架下的时间系统 .....	26
2.2.5 时间历元 .....	27
<b>第 3 章 GPS 定位的基本数学模型</b> .....	28
3.1 GPS 卫星定位原理概述 .....	28
3.1.1 GPS 观测量 .....	28
3.1.2 卫星轨道位置计算 .....	32
3.2 IGS 服务机构及其产品 .....	37
3.2.1 IGS 轨道钟差联合产品 .....	37
3.2.2 IGS 轨道产品精度分析 .....	38

3.3	精密轨道的插值方法 .....	45
3.3.1	广义延拓插值 .....	45
3.3.2	切比雪夫多项式拟合 .....	46
3.3.3	算例及计算结果分析 .....	46
3.4	GPS 伪距单点定位 .....	49
3.4.1	伪距定位原理 .....	49
3.4.2	伪距定位算法 .....	49
3.5	GPS 载波相位观测值的周跳探测 .....	52
<b>第 4 章</b>	<b>GPS 差分定位技术与方法 .....</b>	<b>55</b>
4.1	GPS 差分定位概述 .....	55
4.1.1	引言 .....	55
4.1.2	GPS 差分定位改正 .....	55
4.2	GPS 伪距差分定位 .....	58
4.2.1	GPS 伪距差分定位的数学模型 .....	58
4.2.2	GPS 相位平滑伪距差分定位的数学模型 .....	59
4.2.3	精度评定 .....	60
4.2.4	算例分析 .....	61
4.3	GPS 相位差分定位 .....	64
4.3.1	GPS 相位差分定位的数学模型 .....	64
4.3.2	双差载波相位观测的统计模型 .....	69
4.4	整周模糊度空间搜索方法研究 .....	71
4.4.1	模糊度整数最小二乘搜索 .....	71
4.4.2	改进的模糊度搜索算法 .....	73
4.4.3	计算分析 .....	74
4.4.4	结论 .....	78
4.5	GPS 周模糊度解算方法研究 .....	78
4.5.1	模糊度去相关算法 .....	79
4.5.2	改进的白化滤波去相关算法 .....	81
4.5.3	数值模拟分析 .....	83
4.5.4	结论 .....	87
4.6	城市 GPS 地面控制网施测技术 .....	87
4.6.1	城市既有地面控制点现状 .....	88
4.6.2	GPS 控制网网形优化分析 .....	89
4.6.3	地面起算控制点联测分析 .....	91

4.6.4	GPS 控制网外业测量 .....	92
4.6.5	地面起算基准选取及兼容性分析 .....	94
4.6.6	GPS 观测数据后处理 .....	97
<b>第 5 章</b>	<b>GPS 精密单点定位模型 .....</b>	<b>99</b>
5.1	GPS 精密单点定位概述 .....	99
5.2	观测方程的线性组合 .....	101
5.3	GPS 精密单点定位数学模型 .....	102
5.3.1	双频消电离层组合模型 .....	102
5.3.2	观测方程线性化 .....	103
5.4	基本误差改正项 .....	104
5.4.1	卫星星历和钟误差 .....	104
5.4.2	电离层延迟 .....	105
5.4.3	对流层延迟 .....	108
5.4.4	多路径效应 .....	112
5.4.5	相对论效应 .....	113
5.4.6	地球自转改正 .....	116
5.5	特别考虑的误差改正项 .....	117
5.5.1	接收机天线高及相位中心改正 .....	117
5.5.2	卫星天线相位中心改正 .....	117
5.5.3	天线相位缠绕改正 .....	120
5.5.4	固体潮 .....	121
5.5.5	大洋负荷及地球旋转参数 .....	122
5.6	数据处理 .....	123
5.6.1	平滑伪距 .....	123
5.6.2	TEQC 质量检测 .....	124
5.7	程序设计及计算结果 .....	125
5.7.1	程序设计 .....	125
5.7.2	数据准备 .....	126
5.7.3	模糊度收敛分析 .....	127
5.7.4	定位精度分析 .....	128
<b>第 6 章</b>	<b>GPS 大坝三维变形监测网的数据处理 .....</b>	<b>134</b>
6.1	提高 GPS 大坝变形监测网观测精度的措施 .....	134
6.2	基于站心地平坐标系的 GPS 三维变形监测网数据处理模型 .....	135
6.2.1	坐标参考系统 .....	135



6.2.2	GPS 变形监测网拟稳平差的数学模型	136
6.3	基于聚类分析的方法确定拟稳点相对稳定性	137
6.3.1	模糊数学基本概念	137
6.3.2	聚类分析的方法确定拟稳点相对稳定性的数学模型	138
6.4	粗差定位与可靠性指标	139
6.4.1	粗差定位——标准余差法	140
6.4.2	可靠性指标	141
6.5	精度评定	141
6.6	位移显著性检验	143
6.6.1	平均间隙法	143
6.6.2	$t$ 检验法	144
6.7	GPS 大坝三维变形监测网平差软件系统的开发	145
6.8	GPS 大坝变形监测网观测数据处理与结果分析	146
6.8.1	拟稳点的稳定性检验	147
6.8.2	精度指标	149
6.8.3	可靠性指标	151
6.8.4	粗差检验结果	151
6.8.5	点位位移显著性检验	151
6.8.6	结论	152
6.9	GPS 与地面测量数据三维大坝变形监测网联合平差数学模型的研究	152
6.9.1	误差方程	152
6.9.2	各类观测值权的确定	155
<b>第 7 章</b>	<b>精密地壳变形监测数据处理模型及结果分析</b>	<b>157</b>
7.1	概述	157
7.2	精密 GPS 定位定轨软件 GAMIT	158
7.2.1	数据准备部分	160
7.2.2	数据处理流程	160
7.3	GPS 精密地壳形变监测数据处理的综合解算模型的研究	160
7.3.1	法方程重构综合解算模型	161
7.3.2	基线向量的综合解算模型	164
7.4	测段解算结果的精度评定	168
7.4.1	坐标结果的评价	168
7.4.2	基线结果的评价	169

7.5	GAMIT 后处理软件的研究和开发 .....	169
7.6	GPS 精密地壳变形监测数据处理 .....	171
7.6.1	地壳运动网络工程观测数据和基线单天解 .....	171
7.6.2	各测段解算结果的综合解 .....	174
7.6.3	地壳变形监测网的综合解——测站漂移速度及运动分析 .....	177
7.7	某市 GPS 地壳变形监测试验网数据处理及精度分析 .....	182
7.7.1	基线向量单天解的重复率 .....	182
7.7.2	监测点坐标单天解的重复率 .....	183
<b>第 8 章</b>	<b>GPS 的区域电离层延迟改正 .....</b>	<b>185</b>
8.1	概述 .....	185
8.2	电离层对 GPS 信号传播的影响 .....	186
8.2.1	电磁波在电离层中的传播特性 .....	186
8.2.2	GPS 的电离层延迟误差 .....	187
8.3	电离层单层模型及 GPS/VTEC 观测方程 .....	189
8.3.1	电离层单层模型 .....	189
8.3.2	穿刺点、星下点位置的计算 .....	190
8.3.3	GPS/VTEC 观测方程 .....	190
8.4	GPS 信号电离层延迟函数模型 .....	192
8.4.1	Klobuchar 模型 .....	192
8.4.2	IRI 模型 .....	192
8.5	GPS 信号电离层延迟格网模型 .....	193
8.5.1	建立格网电离层模型的基本步骤 .....	193
8.5.2	格网电离层模型值的确定 .....	194
8.5.3	格网模型穿刺点电离层延迟值的确定 .....	194
8.6	区域格网电离层模型的实现 .....	195
8.6.1	江苏省格网电离层模型的建立 .....	195
8.6.2	江苏省格网电离层模型的计算 .....	196
8.7	总结 .....	201
<b>第 9 章</b>	<b>地基 GPS 的电离层层析成像 .....</b>	<b>203</b>
9.1	概述 .....	203
9.2	电离层的基本特性及其异常现象 .....	204
9.3	地基 GPS 的 CIT 原理与算法 .....	206
9.3.1	几何构形 .....	206
9.3.2	三维平行束投影定理的建立 .....	207

9.3.3 三维原函数重建公式 .....	208
9.4 利用 GPS 获取 TEC 的原理 .....	209
9.4.1 电离层对 GPS 两种观测量的影响 .....	209
9.4.2 利用差分技术测量 TEC .....	210
9.4.3 高精度 TEC 的获取 .....	210
9.5 利用 GPS 实测数据进行 CIT 重建 .....	213
9.5.1 江苏地区层析格网模型的建立 .....	213
9.5.2 江苏地区 CIT 结果计算 .....	214
9.6 总结 .....	220
<b>主要参考文献</b> .....	<b>222</b>

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 概 述

半个世纪以来，大地测量学经历了一场划时代的革命性变革，克服了传统的经典大地测量学的时空局限性，进入以全球定位系统（GPS）测量为主的现代化大地测量的新阶段。GPS 测量所求得的点位精度、地球定向参数（极移、日长变化等）的精度、地球重力场模型的精度和分辨率比以前都有极大的提高。GPS 测量已成为建立和维持地球参考框架、测定地球定向参数、研究地壳形变和各种地球动力学现象、监测地质灾害的重要手段之一，并渗透到人类的生产、生活、科研和各种经济活动中，从而使大地测量处于地球科学多种分支学科的交汇边缘，成为推动地球科学发展的前沿学科之一，加强了大地测量学在地球科学中的战略地位。

GPS 由美国军方开发研制，最初的目的是增强美军的战斗力。自问世以来，GPS 已充分显示了其在导航定位领域中的霸主地位。目前，几乎世界上所有的用户都被 GPS 的高精度、全天候、全球覆盖和方便灵活等优点所吸引。GPS 已经运用于日常生活的各个领域，它可以为位于海、陆、空各个层面的物体进行定位，包括船舶远洋导航和进港引水、汽车自主导航以及飞机航路引导和进场降落等；它可以为电力、邮电和通信等网络系统进行授时和校频；它可以应用于大地测量、地壳运动监测、工程测量、工程变形监测等高精度的测量任务中。随着系统的不断完善，GPS 在民用方面与互联网类似，不断地改变个人和整个社会的日常生活与行为方式，二者对经济和社会发展的巨大贡献远远超过了设计者当初的设想。

### 1.1.1 GPS 的起源

1957 年 10 月，苏联成功发射了世界上第一颗人造地球卫星 Sputnik，揭开了人类利用卫星进行导航定位的序幕。这颗人造卫星构造相当简单，仅仅是一个无线电信号反射器，但在当时却引起世界各国科学家的高度重视。美国约翰霍普金斯大学应用物理实验室的 W. Guier 博士跟踪、监测了该卫星的发射信号，得出卫星信号的多普勒频移曲线图。在无线电信号中也同样如此，如果接收机所在位置的坐标是已知的，那么根据测得的卫星信号的多普勒频移，我们可以推算出卫星的运行轨道。反过来说，如果知道了卫星的运行轨道，那么根据卫星信号的

多普勒频移，也可以得出接收机位置的坐标。

随着这一思想的建立和研究的深入，1958 年美国海军在此基础上研究、开发了基于多普勒频移的海军导航卫星系统（NNSS，又称子午卫星系统），并于 1960 年 4 月发射了该系统的第一颗导航卫星。子午卫星系统为世界上第一个成功运行的卫星导航系统。该系统可以提供精度较低的二维定位，每次定位时间最长可达 110min。1996 年，子午卫星系统宣告停止使用，但此时卫星导航系统已经引起全世界的关注。1973 年，美国国防部（DoD）通过了 GPS 研究的总体架构方案，它是一个基于人造卫星、面向全球的全天候无线定位、定时系统，旨在加强美国军方的实力，此时还没有对公众开放的计划。

GPS 的开发可以分为三个阶段：第一阶段为可行性研究，其主要工作是对用户设备的测试，通过安装在地面上的模拟信号发射器代替卫星，通过大量的实验，证实了 GPS 接收机在该系统中可以获得很高的定位精度。之后 1978 年 2 月第一颗卫星发射升空。第二阶段为开发试用阶段，主要从 1979 年开始对一些授权用户提供全球 GPS 二维定位功能。第三阶段为开发生产阶段，1995 年宣告系统正式运行，美国国防部降低了提供给民用用户的精度，将 GPS 服务分成两个部分，即一个是标准定位服务（SPS），为民用；一个是精密定位服务（PPS），为授权用户。系统的授权功能由密码技术加以控制，这一特征称为抗欺骗（AS）。民用信号在投入使用的初期引入人为误差使 SPS 信号弱化，将民用信号精度限制在 100m，这就是常说的可用性选择（SA）。在 2000 年 5 月 2 日，美国政府中止了 SA 政策，此时可实现的位置误差为 10m，速度误差为 0.1m/s，时间误差为 100ns。

### 1.1.2 GPS 的组成

GPS 由三个独立的部分组成：空间星座部分、地面监控部分和用户设备部分。首先，空间星座部分向地面发射信号；其次，地面监控部分接收卫星信号，从而确定卫星的运行轨道，并将轨道信息发射给卫星，卫星再将该信息一并发射给用户。最后，用户设备接收、测量各颗卫星的信号，获取其轨道信息，进而进行接收机自身的定位。

这三个独立的组成部分清楚地表明 GPS 三个组成部分之间的信号传递关系，如图 1.1 所示。特别强调的是，空间星座部分与用户设备部分有联系，但这种联系是单向的，信号、信息只从空间星座部分向用户设备部分传递。

#### 1. 空间星座部分

GPS 空间星座部分由 24 颗卫星构成，但目前处于正常运行状态的实际卫星数目为 32 颗左右。如图 1.2 所示，这 24 颗卫星分布于 6 个轨道平面内（A，B，

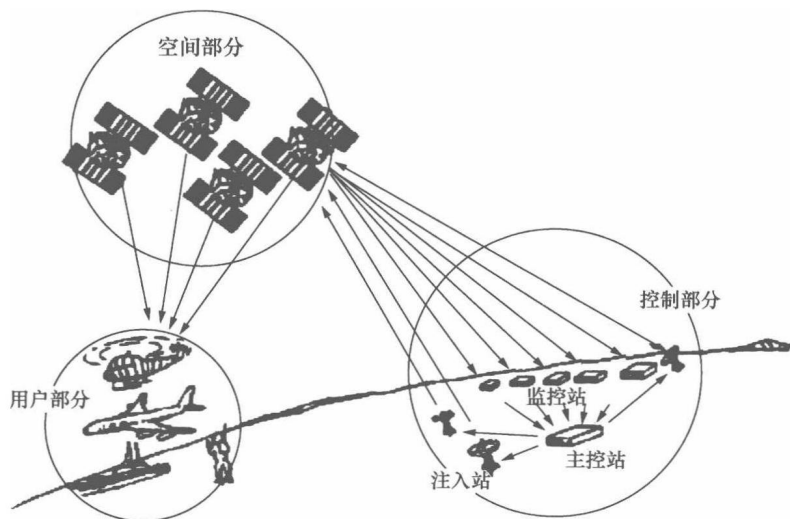


图 1.1 GPS 的三个组成部分

C, D, E, F), 每个轨道面与地球赤道面的夹角为  $55^\circ$ , 相邻两轨道面的交升点赤经相差  $60^\circ$ , 轨道半径约为  $26\,560\text{km}$ , 轨道运行周期为  $11\text{h } 58\text{min}$ 。由于地球自转速度的不均匀, 地面轨迹约每隔  $23\text{h } 56\text{min}$  重复一次, 也可认为是每个恒星日重复一次。



图 1.2 GPS 卫星星座

地面上一观测点处可见卫星的数目及其分布状况随时间和地点的不同而异, 一般说来少则 4 颗, 多则可达 11 颗。GPS 卫星星座之所以设计成如上所述的构

架,其目的—是使地面上的任一点在任一时刻都能同时观测到足够数量的卫星以供定位之用;二是如果某一轨道面上的一颗卫星因发生故障而失效,那么由于相邻轨道面上邻近卫星的存在,GPS 的卫星信号覆盖性能和定位性能不至于遭到剧烈破坏而大幅度下降。

作为导航卫星,GPS 卫星的硬件主要包括无线电收发装置、原子钟、计算机、太阳能板和推进系统。至今,GPS 卫星的设计一般可分为以下四代。

第一代(Block I),共发射 11 颗,主要用于验证 GPS 的可行性,该代卫星的设计寿命为 5 年,GPS 星座中的所有这款卫星自 1995 年起已经全部废止。

第二代(Block II 和 Block II A),从 1989 年 4 月起共发射 28 颗,卫星两侧设有太阳能板,能自动对日定向,以保证卫星的正常工作供电。卫星的设计寿命为 7.5 年,目前多数第二代卫星的实际工作寿命已超过设计寿命 6~7 年。

第三代(Block II R 和 Block II R-M),从 1997 年 7 月起开始发射,性能比前两代卫星有很大的提高,目前第三代卫星正逐步地替代第二代卫星。

第四代(Block II F),目前正处于研制和试运行状态,这代卫星的功能将进一步得到增强,包括运算速度更快的处理器、容量更大的存储器以及延长至 12 年的卫星设计寿命。

GPS 卫星具有不同的类型,为了区别各卫星实体,每颗卫星均有一个相互不同的空间飞行器编号(SVN)。在任一时刻,不同工作卫星发射的信号中又含有一个互不相同的伪随机噪声码(PRN)。注意,不同的卫星有可能发射相同的 PRN,如当一颗旧卫星淘汰后,另一颗卫星接替,则这两颗 SVN 不同的卫星就可能发射相同的 PRN 信号。美国海军天文台(USNO)和美国海岸警卫队(USCG)会在其各自的网站上及时公布、更新当前 GPS 星座中各卫星的运行情况。表 1.1 列出在截至 2010 年 8 月 27 日的卫星星座中各颗运行卫星运行情况。

表 1.1 GPS 星座中各颗运行卫星的状况

SVN	PRN	代号	轨道编号	频率标准	发射时间(年.月.日)
49	01	II R-M	F6	Cs	2009.03.26
61	02	II R-B	D7	Rb	2004.11.06
33	03	II A	C2	Cs	1996.03.28
34	04	II A	D4	Rb	1993.10.26
50	05	II R-M	B4	Rb	2009.08.17
36	06	II A	C1	Rb	1994.03.10
48	07	II R-M	C4	Rb	2008.03.15
38	08	II A	A3	Cs	1997.11.06
39	09	II A	A1	Cs	1993.06.26

续表

SVN	PRN	代 号	轨道编号	频率标准	发射时间(年.月.日)
40	10	Ⅱ A	E3	Cs	1996.07.16
46	11	Ⅱ R-A	D2	Rb	1999.10.07
58	12	Ⅱ R-M	B2	Rb	2006.11.17
43	13	Ⅱ R-A	F3	Rb	1997.07.23
41	14	Ⅱ R-A	F1	Rb	2000.11.10
55	15	Ⅱ R-M	D5	Cs	2007.10.17
56	16	Ⅱ R-A	B1	Rb	2003.01.29
53	17	Ⅱ R-M	C2	Rb	2005.09.26
54	18	Ⅱ R-A	E4	Rb	2001.01.30
59	19	Ⅱ R-B	C3	Rb	2004.03.20
51	20	Ⅱ R-A	E1	Rb	2000.05.11
45	21	Ⅱ R-A	D3	Rb	2003.03.31
47	22	Ⅱ R-B	E2	Rb	2003.12.21
60	23	Ⅱ R-B	F4	Rb	2004.06.23
24	24	Ⅱ A	D1	Cs	1991.07.04
62	25	Ⅱ F	A2	Cs	2010.05.28
26	26	Ⅱ A	F2	Rb	1992.02.23
27	27	Ⅱ A	A4	Cs	1992.09.09
44	28	Ⅱ R-A	B3	Rb	2000.07.16
57	29	Ⅱ R-M	F5	Rb	2007.12.20
30	30	Ⅱ A	B2	Rb	1996.09.12
52	31	Ⅱ R-M	C5	Cs	2006.09.25
23	32	Ⅱ A	—	Rb	2006.12.02

## 2. 地面监控部分

地面监控部分主要由分布在全球的1个主控站、4个注入站和6个监测站组成,如图1.3所示。监测站是在主控站控制下的一个数据自动采集中心,主要任务是通过接收机对GPS卫星进行连续观测和数据采集,同时通过环境传感器采集有关当地的气象数据,监测站将所有测量数据略作处理后再传给主控站。主控站的主要任务是监视所有卫星的运行轨道,计算卫星钟差和星历参数,计算大气



延迟的各个修正参数，发送轨道调整信息，监视卫星运行状态是否正常。

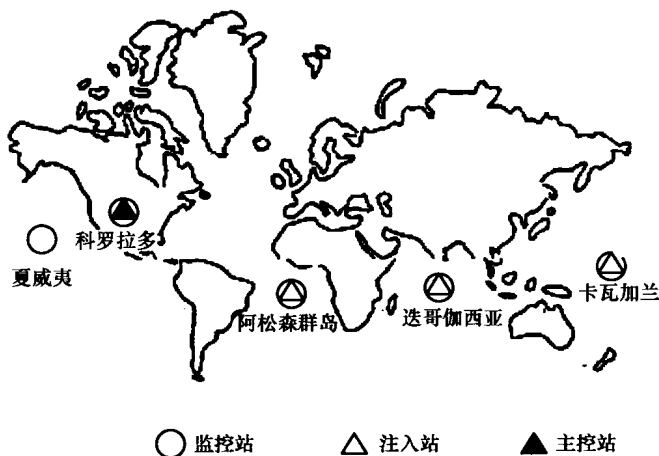


图 1.3 地面监测站的分布

### 3. 用户设备部分

用户设备即平常所说的 GPS 接收机，由接收机硬件、数据处理软件、微处理机和终端设备组成。用户设备主要任务是跟踪可见 GPS 卫星，对接收到的卫星信号经过数据处理后获得定位所需的测量值和导航信息。

## 1.2 GPS 的应用

GPS 自问世以来，已充分显示了其在导航、定位领域中的霸主地位，其对于军事的用途是不言而喻的。在 GPS 帮助下，不但各种导弹的目标命中率得到大幅度提高，而且作战人员可以被精确投放和快速收回。GPS 系统的核心技术就是准确的授时和精确的定位，从技术角度讲 GPS 可用于与精密定位、精确导航、准确授时有关的所有应用。它既能给出精确的空间位置、速度、距离信息，用于卫星、飞机、车船等所有在空中、海洋和陆地上移动物体的导航，实施导弹、高速飞行体的精密制导，又能向全球播授高稳定度的时间基准，提供高精度的频率信号。通信行业用 GPS 做时间同步测控，电力、城市管网采用 GPS 布线，交通、运输、公安、银行、医疗、消防部门用 GPS 营建监控指挥、紧急救援及报警系统；电子商务用 GPS 进行客户管理和物流配送；电脑商、通讯商正在推动通讯、电脑、GPS 一体化的各类移动信息终端应用，它是继移动通讯和互联网后的第三大高新应用技术。