

21世纪高等院校教材

GPS原理及应用

李天文 / 编著

4



科学出版社
www.sciencep.com

西北大学“211”工程教学改革研究项目

21 世纪高等院校教材

GPS 原理及应用

李天文 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

该书是作者在多年从事 GPS 卫星测量教学与应用研究的基础上撰写而成的。全书共 13 章,第 1 至第 4 章主要介绍了 GPS 卫星测量的基本原理;第 5 至第 7 章主要介绍了 GPS 卫星测量的误差来源、技术设计和数据处理;第 8 章主要介绍了 GPS 卫星信号接收机的使用与检验;第 9 至第 13 章主要介绍了 GPS 卫星测量技术的应用。本书重点介绍了 GPS 卫星信号接收机的使用与检验,特别是对 GPS 卫星测量技术在有关领域中的应用做了详细论述。

本书既可作为 GIS 专业本科生及研究生教材,同时又可供相关专业师生、研究人员及测绘专业技术人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

GPS 原理及应用/李天文编著. —北京:科学出版社,2003

(21 世纪高等院校教材)

ISBN 7-03-012140-6

I. G… II. 李… III. 全球定位系统(GPS)-高等学校-教材
IV. P228.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 077345 号

责任编辑:杨 红/责任校对:林青梅

责任印制:安春生/封面设计:高海英

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>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003 年 9 月 第 一 版 开本:B5(720×1000)

2003 年 9 月第一次印刷 印张:18 1/4

印数:1—3 000 字数:341 000

定价:28.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

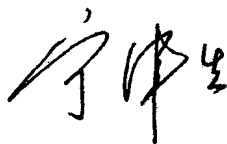
序

由于现代科学技术的成就,导致大地测量学出现重大的技术突破,其具体实现就是以全球定位系统(GPS)、卫星激光测距(SLR)和甚长基线干涉(VLBI)为代表的空间大地测量技术手段。大地测量学中的这些崭新的技术手段使距离和点位测定能在全球任意空间尺度上达到 $10^{-6}\sim 10^{-9}$ 的相对精度,并能以数小时、数分钟甚至数秒钟的高效率确定一个地面点的位置,这就从根本上突破了传统大地测量的时空局限性。现代大地测量已经能够跨越时空和恶劣自然环境的限制,实现无人工干预的自动连续观测和数据预处理的精密技术系统。可提供几乎是任意时刻分辨率的观测序列,并具有检测瞬时地学事件和解决众多与时间相依的科学工程问题的能力。而在大地测量学的这些新技术手段中,又数 GPS 能以高精度、自动化、全天候和高效益运作,同时兼有灵活方便的技术特征,更能实现上述大地测量的新目标。GPS 在监测和描述地球各种动力现象、解决国民经济和国防建设中与各种工程技术和国计民生相关联的定位、导航等方面的问题,正在发挥着巨大的作用。可以说, GPS 已经深入到各个相关的学科领域,其应用范围越来越广。

GPS 的这种彻底的技术革命和巨大的应用潜力,使它在我国的许多相关学科和行业中受到普遍的重视和关注。相应地在我国高校中无论是测绘工程专业还是非测绘类的其他相关专业,都设置了 GPS 方面的专门课程,或者在测量学中增加 GPS 方面的内容。《GPS 原理及应用》一书就是西北大学地理信息系统教研室李天文教授为地理信息系统(GIS)专业 GPS 课程编写的教材。这本教材是李天文教授阅读并参考了近百种国内外有关 GPS 及与 GPS 有关的专著、教材和论文,按照课程大纲的要求,结合他本人长期从事 GPS 教学和科研的心得编写而成。其目的是让 GIS 专业的学生比较全面地了解 GPS 的基本理论、定位原理、实际作业和 GPS 在相关学科、行业中的各种应用。由于本书所参考的是一些在 GPS 方面具有颇多理论成果和丰富实践经验的文献,因此本书的取材较好。从教材的整体结构来看,本教材内容编排有序、脉络清晰,理论、实践和应用三大部分搭配恰当。学生学习之后,会对 GPS

有一个比较完整的认识和了解,并很快掌握这门知识和技术。当前在我国“数字中国”、“数字省区”、“数字工程”等等数字化工程建设事业的发展方兴未艾。由全球定位系统(GPS)、遥感(RS)和地理信息系统(GIS)组成的3S技术在这些数字化工程建设中为构建一个用于集成各类自然、社会、经济、人文、环境等信息的统一的地理空间载体(即地理空间基础框架)而发挥着主干作用,其中GPS主要用于实时、快速地提供目标的空间位置。本教材作为GIS专业的GPS课程教材,用了比较大的篇幅介绍GPS在相关学科行业中的应用。我想这是适应利用3S技术构建地理空间基础框架的需要,并且充分发挥地理信息系统在各行各业的数字化和信息化进程中的作用而安排的,这种安排对GIS专业的学生来说是恰当的。

在这本教材出版之前,我有幸先睹为快,就此写下自己一点读书心得,供作者和读者参考。



中国工程院院士

中国测绘学会教育委员会主任委员

2003年6月26日于武汉大学

前 言

全球定位系统(global positioning system, 简称 GPS)是 20 世纪 70 年代由美国国防部研制的新一代卫星导航定位系统,该系统可向人类提供高精度的导航、定位和授时服务。这标志着 GPS 系统已从最初的取代常规大地测量和工程测量,发展渗入到了精密工程测量、地籍测量、地形测量、航空摄影测量、地质调查、交通管理、地理信息系统、海洋测绘、气象预报、变形监测和地球科学等领域。尤其是差分 GPS(DGPS)和相位差分 GPS(RTK)技术的应用,实现了高精度实时动态导航与定位,在瞬间可获得米级或厘米级精度的测站坐标。由于 GPS 导航与定位技术应用领域的不断拓展,它已成为地理信息系统专业本科生和研究生的一门必修课程。

本书是作者在多年从事 GPS 卫星测量教学与科研的基础上撰写而成的,主要内容包括:卫星定位技术发展过程及 GPS 卫星定位系统的组成;GPS 卫星测量的坐标系统和时间系统;GPS 卫星轨道理论与卫星信号;GPS 卫星测量定位原理与误差来源;GPS 卫星信号接收机与野外观测;GPS 卫星测量数据处理;GPS 卫星测量技术在大地测量、精密工程测量、地球动力学、航空摄影测量、地籍测量、地质调查、海洋测绘、导航、气象等领域的应用。吴琳同志和李晓印同志参加了该书的编写工作,书中的插图由吴琳同志制作。另外,在编写中还得到了西北大学汤国安教授,长安大学金其坤教授、李家权教授的热情帮助,在此一并表示感谢。

本书可作为高等院校地理信息系统专业本科生和研究生学习 GPS 课程的教材,亦可作为高等院校测量专业本科生、研究生、测绘专业技术人员和高等院校有关专业师生的参考书。

本书注重理论与工程实际相结合,反映了当前 GPS 卫星测量发展的最新技术。但由于 GPS 系统发展的日新月异,同时也由于作者水平有限,不足之处在所难免,敬请各位专家和广大读者批评指正。

作 者

2003 年 6 月于西北大学

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	(1)
1.1 卫星定位技术发展概况	(1)
1.1.1 初期的卫星定位技术	(1)
1.1.2 卫星多普勒测量	(1)
1.2 GPS 的特点	(2)
1.2.1 GPS 相对于其他导航定位系统的特点	(2)
1.2.2 GPS 定位技术相对于常规测量技术的特点	(3)
1.3 GPS 系统的组成	(5)
1.3.1 空间星座部分	(5)
1.3.2 地面监控部分	(7)
1.3.3 用户设备部分	(8)
1.4 GPS 的应用	(9)
1.4.1 GPS 系统的应用前景	(9)
1.4.2 我国 GPS 定位技术的应用和发展概况	(9)
习题	(11)
第 2 章 GPS 定位的坐标系统及时间系统	(12)
2.1 协议天球坐标系	(12)
2.1.1 天球的基本概念	(12)
2.1.2 天球坐标系	(13)
2.1.3 岁差与章动的影响	(15)
2.1.4 协议天球坐标系的定义和转换	(16)
2.2 协议地球坐标系	(18)
2.2.1 地球坐标系	(18)
2.2.2 极移与协议地球坐标系	(19)
2.3 协议地球坐标系与协议天球坐标系的转换	(22)
2.4 国家坐标系与地方坐标系	(23)
2.4.1 地球参心坐标系	(23)
2.4.2 站心坐标系	(26)
2.4.3 独立坐标系	(27)

2.4.4	国家大地坐标系	(28)
2.4.5	高斯平面直角坐标系与 UTM 坐标系	(29)
2.5	WGS-84 坐标系	(31)
2.6	时间系统	(32)
2.6.1	时间的概念	(32)
2.6.2	世界时系统	(33)
2.6.3	原子时	(34)
2.6.4	力学时	(35)
2.6.5	协调世界时	(36)
2.6.6	GPS 时间系统	(36)
	习题	(37)
第 3 章	卫星运动及 GPS 卫星信号	(38)
3.1	概述	(38)
3.2	卫星的无摄运动	(39)
3.2.1	二体意义下卫星的运动方程	(39)
3.2.2	开普勒定律	(39)
3.2.3	无摄卫星运动的轨道参数	(42)
3.2.4	真近点角 f_s 的计算	(43)
3.3	卫星的瞬时位置与瞬时速度计算	(46)
3.3.1	卫星的瞬时位置计算	(46)
3.3.2	卫星运动的瞬时速度计算	(48)
3.4	地球人造卫星的受摄运动	(49)
3.4.1	卫星运动的摄动力及受摄运动方程	(49)
3.4.2	地球引力场摄动力对卫星轨道的影响	(51)
3.4.3	日、月引力对卫星轨道摄动影响	(54)
3.4.4	太阳光压对卫星轨道的影响	(55)
3.4.5	其他摄动力对卫星轨道的影响	(56)
3.5	GPS 卫星星历	(56)
3.5.1	预报星历	(56)
3.5.2	GPS 卫星的后处理星历	(57)
3.6	GPS 卫星的伪随机测距码	(57)
3.6.1	码的概念	(57)
3.6.2	伪随机噪声码的产生	(59)
3.6.3	GPS 的测距码信号	(61)
3.7	GPS 导航电文	(62)
3.7.1	导航电文格式	(63)

3.7.2	导航电文的内容	(63)
3.8	伪距测量原理	(66)
3.9	卫星的载波信号及相位测量原理	(69)
3.9.1	GPS 卫星的载波信号	(69)
3.9.2	GPS 卫星信号的调制	(69)
3.9.3	GPS 卫星信号的解调	(71)
3.9.4	载波相位测量原理	(74)
3.10	美国政府关于 GPS 卫星信号的 SA 政策	(76)
3.10.1	GPS 卫星信号的 SA 技术	(76)
3.10.2	SA 技术对定位的影响	(76)
3.10.3	GPS 用户的反限制措施	(77)
	习题	(77)
第 4 章	GPS 定位原理	(79)
4.1	GPS 绝对定位原理	(79)
4.1.1	测码伪距观测方程及其线性化	(80)
4.1.2	测相伪距观测方程及其线性化	(82)
4.1.3	动态绝对定位原理	(84)
4.1.4	静态绝对定位原理	(86)
4.2	观测卫星的几何分布与 GPS 授时	(88)
4.2.1	卫星几何分布精度因子	(88)
4.2.2	GPS 测时	(90)
4.3	GPS 相对定位原理	(91)
4.3.1	相对定位的概念	(91)
4.3.2	静态相对定位的观测方程及其解算	(94)
4.4	差分 GPS 测量原理	(101)
4.4.1	伪距差分原理	(101)
4.4.2	位置差分原理	(102)
4.4.3	载波相位差分原理	(103)
4.5	广域差分 GPS	(105)
4.5.1	单基准站差分 GPS(SRDGPS)	(105)
4.5.2	局部区域差分 GPS 系统(LADGPS)	(106)
4.5.3	广域差分 GPS 系统(WADGPS)	(107)
4.6	整周未知数的确定方法与周跳分析	(109)
4.6.1	整周未知数的静态求解方法	(110)
4.6.2	整周未知数的动态求解方法	(112)
	习题	(114)

第 5 章 GPS 测量的误差来源	(116)
5.1 GPS 测量误差的分类	(116)
5.2 与 GPS 卫星有关的误差	(117)
5.2.1 GPS 卫星星历误差	(117)
5.2.2 卫星钟误差	(119)
5.2.3 相对论效应	(120)
5.3 与卫星信号传播有关的误差	(121)
5.3.1 电离层折射误差	(121)
5.3.2 对流层折射误差	(125)
5.3.3 多路径效应	(127)
5.4 与接收机有关的误差	(128)
5.4.1 观测误差	(128)
5.4.2 接收机钟误差	(129)
5.4.3 载波相位观测的整周未知数	(129)
5.4.4 天线相位中心位置偏差	(130)
5.5 其他误差来源	(130)
5.5.1 地球自转的影响	(130)
5.5.2 地球潮汐改正	(131)
习题	(132)
第 6 章 GPS 测量技术与外业施测	(133)
6.1 GPS 测量的技术设计	(133)
6.1.1 GPS 控制网技术设计的依据	(133)
6.1.2 GPS 控制网的精度、密度设计	(134)
6.1.3 GPS 控制网的基准设计	(135)
6.1.4 GPS 控制网图形构成的基本概念和网的特征条件	(136)
6.2 GPS 控制网的图形设计及设计原则	(138)
6.2.1 GPS 网的图形设计	(138)
6.2.2 GPS 网的图形设计原则	(141)
6.3 GPS 控制网的优化设计	(142)
6.3.1 GPS 控制网基准的优化设计	(142)
6.3.2 GPS 网的精度设计	(144)
6.4 GPS 测前准备及技术设计书的编写	(147)
6.4.1 测区踏勘及收集资料	(147)
6.4.2 器材准备及人员组织	(148)
6.4.3 外业观测计划的拟定	(148)
6.4.4 技术设计书编写	(150)

6.5	GPS 测量外业实施	(150)
6.5.1	GPS 控制点的选择	(151)
6.5.2	外业观测	(152)
6.5.3	数据预处理	(155)
6.5.4	观测成果外业检核	(157)
6.5.5	野外返工	(158)
6.5.6	GPS 网平差处理	(159)
6.6	技术总结与上交资料	(159)
6.6.1	技术总结	(159)
6.6.2	上交资料	(160)
	习题	(160)
第 7 章	GPS 测量数据处理	(161)
7.1	概述	(161)
7.1.1	数据预处理	(161)
7.1.2	基线向量的解算	(162)
7.2	GPS 基线向量的解算	(163)
7.2.1	双差基线模型	(164)
7.2.2	基线解算	(165)
7.2.3	精度评定	(167)
7.2.4	基线向量解算结果分析	(167)
7.2.5	基线解算中的几个问题	(168)
7.3	GPS 控制网的三维平差	(169)
7.3.1	三维无约束平差	(169)
7.3.2	三维约束平差	(171)
7.3.3	GPS 网与地面网的三维联合平差	(174)
7.3.4	GPS 控制网三维平差的主要流程	(175)
7.4	GPS 基线向量网的二维平差	(176)
7.4.1	基线向量网的二维投影变换	(176)
7.4.2	基线向量网的二维平差	(179)
7.5	GPS 高程	(181)
7.5.1	高程系统	(181)
7.5.2	GPS 水准高程	(183)
7.5.3	GPS 重力高程	(185)
7.5.4	GPS 高程精度	(187)
	习题	(187)
第 8 章	GPS 卫星信号接收机	(189)

8.1	GPS 卫星信号接收机的分类	(189)
8.1.1	按接收机工作原理分类	(189)
8.1.2	按接收机的用途分类	(189)
8.1.3	按接收机接收的载波频率分	(190)
8.1.4	按接收机的通道数分	(191)
8.2	GPS 接收机的组成及工作原理	(191)
8.2.1	GPS 接收机天线	(192)
8.2.2	GPS 接收机工作原理	(193)
8.3	几种常见 GPS 卫星信号接收机	(196)
8.3.1	Ashtech 系列 GPS 接收机	(196)
8.3.2	天宝系列 GPS 接收机	(198)
8.3.3	法国泰雷兹 (THALES) 公司产品	(199)
8.3.4	Leica Wild GPS 接收机产品	(200)
8.4	GPS 卫星信号接收机的选用与检验	(201)
8.4.1	GPS 接收机的选用	(201)
8.4.2	GPS 接收机检验	(201)
8.4.3	GPS 接收机的维护	(202)
	习题	(203)
第 9 章	GPS 测量技术在控制测量、精密工程测量及变形监测中的应用	(204)
9.1	概述	(204)
9.2	GPS 在控制测量中的应用	(204)
9.2.1	全球或全国性的 GPS 网	(205)
9.2.2	区域性 GPS 大地控制网	(206)
9.3	GPS 在精密工程测量中的作用	(207)
9.3.1	GPS 建立精密工程控制网的可行性	(207)
9.3.2	GPS 在工程测量中应用示例	(208)
9.4	GPS 在工程变形监测中的应用	(210)
9.4.1	GPS 用于工程变形监测的可行性	(211)
9.4.2	GPS 在工程变形监测中应用示例	(212)
	习题	(214)
第 10 章	GPS 测量技术在航空遥感中的应用	(215)
10.1	概述	(215)
10.2	常规空中三角测量	(216)
10.3	GPS 用于空中三角测量的可行性	(217)
10.3.1	精度分析	(217)

10.3.2	机载 GPS 天线相位中心位置的确定	(217)
10.4	机载 GPS 天线与摄影机偏心测量	(219)
10.5	GPS 辅助空中三角测量	(220)
10.5.1	GPS 辅助空中三角测量联合平差	(220)
10.5.2	GPS 辅助空中三角测量结果分析	(221)
	习题	(223)
第 11 章	GPS 测量技术在土地资源调查中的应用	(224)
11.1	土地资源调查的目的与任务	(224)
11.1.1	土地资源调查的目的	(224)
11.1.2	土地资源调查的任务	(225)
11.2	土地资源调查的内容与方法	(226)
11.2.1	土地资源调查内容	(226)
11.2.2	土地资源调查的基本方法	(226)
11.3	实时动态测量系统	(229)
11.3.1	RTK GPS 测量方法概述	(229)
11.3.2	RTK GPS 测量系统的设备	(229)
11.3.3	RTK GPS 测量作业模式及应用	(231)
11.4	GPS 测量技术在土地资源调查中的应用	(232)
11.4.1	RTK 技术在图根控制测量中的应用	(232)
11.4.2	RTK 技术在碎部测量中的应用	(232)
	习题	(233)
第 12 章	GPS 在地质调查、地形测量、地籍测量及深水测量中的应用 ..	(234)
12.1	概述	(234)
12.2	GPS 在地质调查中的应用	(234)
12.2.1	地质图的作用	(234)
12.2.2	传统地质填图步骤	(235)
12.2.3	RTK 技术在地质填图中的应用	(235)
12.3	GPS 在地形测量中的应用	(235)
12.3.1	RTK 技术在地形控制测量中的应用	(235)
12.3.2	RTK 技术在地形测绘中的应用	(236)
12.4	RTK 技术在地籍测量中的应用	(236)
12.4.1	地籍测量	(236)
12.4.2	RTK 在地籍、房产测量中的应用	(236)
12.5	差分 GPS 在水深测量中的应用	(237)
12.5.1	测前准备	(239)
12.5.2	测量作业	(244)

12.5.3	内业处理	(246)
习题	(248)
第 13 章	GPS 测量技术在其他领域中的应用	(249)
13.1	GPS 测量技术在地球动力学及地震监测中的应用	(249)
13.1.1	首都圈 GPS 地壳形变监测网	(249)
13.1.2	青藏高原地球动力学监测网	(250)
13.1.3	龙门山 GPS 地壳形变监测网	(250)
13.2	GPS 测量技术在城市规划中的应用	(251)
13.2.1	城市规划的任务	(251)
13.2.2	GPS 技术在城市规划中的应用	(252)
13.3	GPS 在气象信息测量中的应用	(252)
13.3.1	GPS 气象学简介	(252)
13.3.2	GPS 气象学分类	(253)
13.3.3	GPS 气象学的原理	(253)
13.3.4	GPS/MET 的应用前景	(255)
13.4	GPS 在公安、交通系统中的应用	(256)
13.4.1	GPS 车辆定位管理系统	(256)
13.4.2	差分 GPS 在车辆管理系统中的应用	(257)
13.4.3	应用前景	(259)
13.5	GPS 测量技术在航海导航中的应用	(260)
13.5.1	差分 GPS 在船舶进出港口中的应用	(260)
13.5.2	差分 GPS 在船舶机动性能测定中的应用	(262)
13.6	GPS 测量技术在航空导航中的应用	(265)
13.7	GPS 在海洋测绘中的应用	(269)
13.7.1	概述	(269)
13.7.2	利用 GPS 定位技术进行精密海洋定位	(269)
13.7.3	我国沿海 RBN/DGPS 系统	(270)
13.7.4	利用 GPS 建立海洋大地控制网	(270)
13.7.5	GPS 定位技术在海洋地形测绘中的应用	(271)
13.8	GPS 定位技术在其他领域中的应用	(272)
13.8.1	GPS 在农业中的应用	(272)
13.8.2	GPS 在林业管理方面的应用	(273)
13.8.3	GPS 在旅游及野外考察中的应用	(274)
13.8.4	GPS 在考古中的应用	(274)
习题	(275)
参考文献	(276)

第1章 绪 论

GPS 是全球定位系统(global positioning system)的英文缩写,它是随着现代化科学技术的发展而建立的新一代精密卫星定位系统。本章主要介绍 GPS 卫星定位系统发展的概况、特点、组成以及 GPS 定位技术应用。

1.1 卫星定位技术发展概况

1957 年 10 月,世界上第一颗人造地球卫星的发射成功,标志着空间科学技术的发展跨入了一个崭新的时代。随着人造地球卫星的不断发射,利用卫星进行定位测量已成为现实。

1.1.1 初期的卫星定位技术

卫星定位技术是指人类利用人造地球卫星确定测站点位置的技术。最初,人造地球卫星仅仅作作为一种空间观测目标,由地面的观测站对卫星的瞬间位置进行摄影测量,测定测站点至卫星的方向,建立卫星三角网。同时也可利用激光技术测定观测站至卫星的距离,建立卫星测距网。用上述两种观测方法,均可以实现大陆同海岛的联测定位,解决了常规大地测量难以实现的远距离联测定位问题。

1966~1972 年期间,美国国家大地测量局在英国和联邦德国测绘部门的协作下,用上述方法测设了一个具有 45 个测站点的全球三角网,获得了 $\pm 5\text{m}$ 的点位精度。然而,这种观测和成果换算需耗费大量的时间,同时定位精度较低,并且不能得到点位的地心坐标。因此,这种卫星测量方法很快就被卫星多普勒定位技术所取代。这种取代使卫星定位技术从仅仅把卫星作为空间测量目标的初级阶段,发展到了把卫星作为动态已知点的高级阶段。

1.1.2 卫星多普勒测量

1958 年 12 月,美国海军和詹斯·霍普金斯(Johns Hopkins)大学物理实验室为了给北极核潜艇提供全球导航,开始研制一种卫星导航系统,称之为美国海军导航卫星系统,简称 NNSS(navy navigation satellite system)系统。在该系统中,由于卫星轨道通过地极,因此被称为“子午(transit)卫星系统”。1959 年 9 月美国发射了第一颗试验性卫星,经过几年试验,1964 年该系统建成并投入使用。1967 年美国

政府宣布该系统解密并提供民用。在美国子午卫星系统建立的同时,原苏联于1965年也建立了一个卫星导航系统,叫做CICADA,该系统有12颗卫星。

虽然子午卫星系统对导航定位技术的发展具有划时代的意义,但由于该系统卫星数目较少(6颗工作卫星),运行高度较低(平均约1000km),从地面站观测到卫星的时间间隔也较长(平均约1.5小时),因而不能进行三维连续导航。加之获得一次导航解所需的时间较长,所以难以充分满足军事导航的需求。从大地测量学来看,由于它的定位速度慢(测站平均观测1~2天),精度较低(单点定位精度3~5m,相对定位精度约为1m),因此,该系统在大地测量学和地球动力学研究方面受到了极大的限制。

为了满足军事及民用部门对连续实时三维导航的需求,1973年美国国防部开始研究建立新一代卫星导航系统,即为目前的“授时与测距导航系统/全球定位系统”(navigation system timing and ranging / global positioning system——NAVSTAR / GPS),通常称之为全球定位系统(GPS)。

1.2 GPS 的特点

为了使GPS具有高精度的连续实时三维导航性能及良好的抗干扰性能,在卫星的设计上采取了若干重大改进措施。GPS与NNSS的主要特征比较见表1-1。

表 1-1 GPS 与 NNSS 的主要特征

系统特征	NNSS	GPS
载波频率/GHz	0.15, 0.40	1.23, 1.58
卫星平均高度/km	约1000	约20200
卫星数目/颗	5~6	27(3颗备用)
卫星运行周期/min	107	718
卫星钟稳定度	10^{-11}	10^{-12}

1.2.1 GPS 相对于其他导航定位系统的特点

从1978年发射第一颗GPS试验卫星至今,人们利用该系统进行了大量的定位研究,其主要特点如下:

1. 功能多、用途广

GPS系统不仅可用于测量、导航,还可用于测速、测时。测速的精度可达0.1m/s,测时的精度可达几十毫微秒。其应用领域不断扩大。

2. 定位精度高

GPS 可为各类用户连续提供动态目标的三维位置、三维速度及时间信息,其精度如表 1-2。随着 GPS 定位技术及数据处理技术的发展,其精度还将进一步提高。

表 1-2 GPS 实时定位、测速与测时精度

采用的测距码	P 码	C/A 码
单点定位/m	5~10	20~40
差分定位/m	1	3~5
测速/(m/s)	0.1	0.3
测时/ns	100	500

3. 实时定位

利用全球定位系统进行导航,即可实时确定运动目标的三维位置和速度,由此可实时保障运动载体沿预定航线运行,亦可选择最佳航线。特别是对军事上动态目标的导航,具有十分重要的意义。

1.2.2 GPS 定位技术相对于常规测量技术的特点

目前, GPS 定位技术已高度自动化,是其所达到的定位精度及潜力(图 1-1)使广大测量工作者产生了极大的兴趣。尤其从 1982 年第一代测量型无码 GPS 接收机 Macrometer V-1000 投入市场以来,在应用基础的研究、应用领域的开拓、硬件

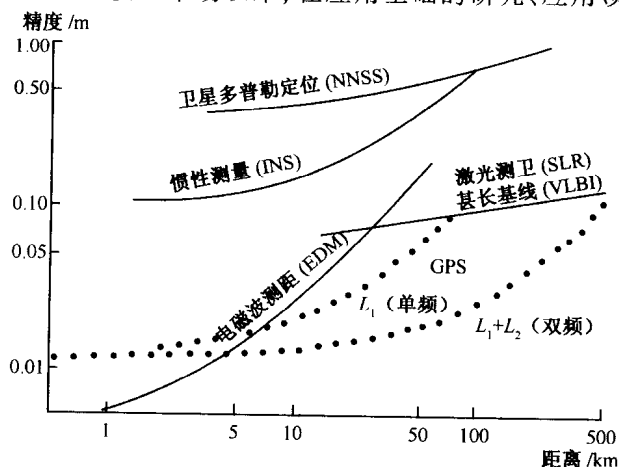


图 1-1 几种定位方法的精度比较