

东华理工大学重点教材建设项目

江西省高等学校教学改革研究省级课题项目 (编号: JXJG-14-6-21) 等联合资助

国家自然科学基金项目 (编号: 41161069、41206078)

江西省自然科学基金项目 (编号: 20142BAB217025)

# GPS 测量与数据处理 实习指导书

GPS CELIANG YU SHUJU CHULI SHIXI ZHIDAOSHU

肖根如 许宝华 王真祥 等著



中国地质大学出版社  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

东华理工大学重点教材建设项目

江西省高等学校教学改革研究省级课题项目(编号:JXJG-14-6-21)

国家自然科学基金项目(编号:41161069、41206078)

江西省自然科学基金项目(编号:20142BAB217025)

等联合资助

# GPS 测量与数据处理 实习指导书

GPS Celiang Yu Shujuchuli Shixizhidaoshu

肖根如 许宝华 王真祥 等著



中国地质大学出版社

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

## 图书在版编目(CIP)数据

GPS 测量与数据处理实习指导书/肖根如,许宝华,王真祥等著. —武汉:中国地质大学出版社,2015.3

ISBN 978-7-5625-3602-4

I. ①G…

II. ①肖…②许…③王…

III. ①全球定位系统-测量学②全球定位系统-数据处理

IV. ①P228.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 041333 号



GPS 测量与数据处理实习指导书

肖根如 许宝华 王真祥 等著

责任编辑:姜 梅

责任校对:张咏梅

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传 真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cug.edu.cn>

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

字数:260 千字 印张:10.125

版次:2015 年 3 月第 1 版

印次:2015 年 3 月第 1 次印刷

印刷:武汉市籍缘印刷厂

印数:1—500 册

ISBN 978-7-5625-3602-4

定价:35.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

# 前 言

GPS 测量与数据处理是测绘工程专业一门最具综合性的学科,是测绘类各门课程的应用基础。GPS 测量与数据处理教学的重要环节就是实践教学,实践教学环节在相关课程理论教学中不可或缺,是理论联系实际的重要部分,可以培养学生的动手能力,增加学生对 GPS 测量仪器操作、GPS 测量实施以及 GPS 数据处理的感性认识。它在培养学生严谨的治学态度、活跃的创新意识、理论联系实际和适应科技发展的综合应用能力等方面具有不可替代的作用。本实习指导书的编写目的在于培养学生的 GPS 基本测量技能,提高学生的动手能力,使学生初步掌握 GPS 测量工作的实际操作和施工方法;培养学生的科学思维和创新意识,使学生掌握实验研究的基本方法,提高学生的分析能力和创新能力。

本实习指导书的编写是在作者及团队多年从事 GPS 测量与数据处理教学与科研实践的基础上编著而成。全书按照实践教学环节的需要,逐个实验进行编写,包含了 GPS 测量与数据处理教学中所涉及到的绝大部分实验操作。各个实验可以单独进行,也可以组合进行。本书可以作为本科、专科测绘工程及相关专业 GPS 测量与数据处理或者相近课程的实践教学用书与实践参考用书,也可以作为工程人员的实际参考手册。本书共分为 GPS 测量实习须知、GPS 测量与数据采集、GPS 数据处理 3 个部分,其中野外测量部分为第一至第四章,数据处理部分为第五到第八章。长江水利委员会水文局长江口水文资源勘测局许宝华、王真祥编写第一至第四章;东华理工大学肖根如编写第五至第八章。东华理工大学陈晓勇、臧德彦、吴良才、王胜平、刘向铜、王建强、朱煜峰、鲁铁定、陈本富、吴华玲等参与编写本书部分章节。全书由肖根如负责统稿,许宝华、王真祥负责审校。

本书在编写过程中得到上海华测导航技术股份有限公司等多家仪器公司的大力支持。同时得到了东华理工大学重点教材建设项目、江西省高等学校教学改革

研究省级课题项目(编号:JXJG-14-6-21)、国家自然科学基金项目(编号:41161069、41206078)、江西省自然科学基金项目(编号:20142BAB217025)、江西省教育厅科技计划(编号:GJJ13441)和江西省数字国土重点实验室开放研究基金项目(DLLJ20413)的资助。在此一并表示感谢!

由于作者水平有限,书中难免有不足之处,敬请读者谅解并提出宝贵意见。

著 者

2015年1月于江西

# 目 录

## 第一部分 GPS 测量实习须知

## 第二部分 GPS 测量与数据采集

第一章 GPS 接收机认识与使用 .....	(4)
第一节 接收机分类 .....	(4)
第二节 测地型接收机 .....	(6)
第二章 静态 GPS 控制测量 .....	(9)
第一节 测前准备 .....	(9)
第二节 测量实施 .....	(16)
第三节 静态 GPS 观测 .....	(18)
第三章 动态 RTK 测量与放样 .....	(39)
第一节 RTK 概述 .....	(39)
第二节 GPS RTK 测量原理 .....	(39)
第三节 GPS RTK 测量系统组成 .....	(40)
第四节 南方 RTK 观测 .....	(40)
第五节 华测 RTK 观测 .....	(44)
第六节 中海达 RTK 观测 .....	(51)
第四章 CORS 测量 .....	(57)
第一节 CORS 测量操作 .....	(57)
第二节 南方 CORS 观测 .....	(58)
第三节 华测 CORS 观测 .....	(59)
第四节 中海达 CORS 观测 .....	(60)

### 第三部分 GPS 数据处理

第五章 GPS 数据及星历 .....	(65)
第一节 RINEX 简介 .....	(65)
第二节 星历简介 .....	(69)
第六章 GPS 数据预处理 .....	(73)
第一节 GPS 数据下载 .....	(73)
第二节 GPS 数据转换 .....	(82)
第三节 GPS 数据编辑 .....	(86)
第四节 GPS 数据质量检查 .....	(90)
第七章 商用随机 GPS 软件数据处理 .....	(94)
第一节 南方 GPS 数据处理 .....	(94)
第二节 华测 GPS 数据处理 .....	(106)
第三节 中海达 GPS 数据处理 .....	(121)
第八章 高精度 GPS 数据处理 .....	(131)
第一节 GIPSY 数据处理 .....	(131)
第二节 GIPSY 数据处理举例 .....	(138)
附录一 控制测量实施与总结报告 .....	(146)
附录二 GPS 野外观测手簿 .....	(147)
附录三 GPS 观测站点之记 .....	(149)
附录四 GPS 仪器检验观测手簿 .....	(151)
附录五 内部 GPS 点位点之记 .....	(153)
附录六 计算年积日相关 .....	(154)
主要参考文献 .....	(155)

# 第一部分

## GPS 测量实习须知

### 一、实习目的

- (1)理解和消化《GPS 测量原理与应用》课堂教学的内容,巩固和加深课堂所学理论知识。
- (2)熟练掌握 GPS 接收机的使用方法,学会使用 GPS 进行控制测量的基本方法,培养学生的实际动手能力。
- (3)培养学生 GPS 数据内业处理能力。
- (4)培养学生 GPS 控制测量的组织能力、独立分析问题和解决问题的能力。
- (5)培养学生的团队协作、吃苦耐劳的精神,养成严格按照测量规范进行测量作业的工作作风。

### 二、实习任务

每个作业小组按要求完成 4~6 个点的 E 级 GPS 控制网的选点、组网、观测及数据处理的测量工作(表 0-1)。

表 0-1 实习任务及安排

序号	名称	内容	学时
1	GPS 接收机认识	天宝、徠卡、南方、华测仪器认识	2
2	GPS 接收机检验	天线相位中心检测	2
3	GPS 静态测量	静态测量	2
4	GPS 动态测量	RTK 测量、CORS 测量	4
5	GPS 内业商用软件数据处理	STC、CGO、HGO 软件使用	2
6	GPS 商精度数据处理	Bernese、Trip、GIPSY 软件使用	2
7	GPS 控制网	综合性	4

### 三、实习组织

实习组织工作由任课教师全面负责,每班配备 2 名教师担任实习指导工作。每班按每组 4~6 人分组,小组设组长 1 人,组长负责组内的实习分工和仪器管理。



#### 四、实习地点

在校区本部及校区附近的学校实习基地进行。

#### 五、仪器设备

每组所需要仪器及附件清单如下：

(1) 双频 GPS 接收机(南方 S86、华测 T5、中海达 V8)1 套, 含主机 1 台、天线 2 根、基座 1 个、电池 2 块、天线电缆 1 根、供电电缆 1 根、天线连接杆 1 个。

(2) 三脚架 1 副。

(3) 2m 钢卷尺 1 把。

(4) 工具箱 1 个。

(5) 记录手簿, 点之记表格若干。

#### 六、实习注意事项

(1) 实习期间应严格遵守学校有关的实习规定, 遵守实习纪律, 未经指导老师同意, 不得缺勤, 不得私自外出和游泳。

(2) 实习中, 各小组长应切实负责, 合理安排小组工作。实习的各项工作每人都应有机会参与, 以得到锻炼。

(3) 小组内、小组之间、班级之间应团结协作, 提高工作效率, 保证实习的顺利完成。

(4) 实习中要特别注意仪器设备的安全, 各小组要指定专人负责保管。每次出工和收工应清点仪器和工具, 发现问题应及时向指导老师报告。

#### 七、实习内容

(1) 编写《E 级 GPS 控制网技术设计书》。

(2) 实地踏勘、选点、埋桩。

(3) GPS 野外数据采集。

(4) GPS 数据处理。

(5) 编写《GPS-E 级控制网实习总结报告》。

#### 八、编写实习总结

实习结束时, 每个学生应完成 1 份《GPS-E 级控制网实习总结报告》, 总结应反映出学生本人在实习中的收获。

#### 九、提交实习成果

(1) 《GPS-E 级控制网技术设计书》1 份。

(2) 《GPS-E 级控制网实习总结》1 份。

(3) GPS-E 级控制点成果表 1 份。

(4) GPS-E 级控制点展点及通视图。

(5) GPS 点点之记。

(6)GPS 野外观测原始数据及平差计算资料。

(7)GPS 野外测量作业调度表。

(8)GPS 外业观测记录手簿。

## 十、实习成绩评定

实习成绩评定依据:实习中学生的表现、仪器操作的熟练程度、数据处理时分析问题和解决问题的能力、仪器设备是否完好无损、所提交 GPS 控制网成果资料的质量、《GPS 控制网技术设计书》和《GPS 控制网实习总结》的编写水平等。

实习成绩评定等级:根据以上实习成绩评定依据,实习成绩分为优、良、中、及格和不及格 5 个等级,其中凡违反实习纪律、缺勤 3 次以上、实习中发生打架事件、发生重大仪器事故、未提交成果资料和实习总结等,成绩均记为不及格。

# 第二部分

## GPS 测量与数据采集

---

### 第一章 GPS 接收机认识与使用

目前市场上 GPS 接收机种类很多,根据用途分为导航型、测地型、授时型,根据载波频率分为单频接收机、双频接收机,根据接收机通道数分为多通道接收机、序贯通道接收机、多路多用通道接收机,还可以按接收机工作原理等分类。

#### 第一节 接收机分类

##### 一、按接收机的用途分类

###### (一)导航型接收机

导航型接收机主要用于像车辆、船舶、飞机、卫星等运动载体的导航,它可以实时给出载体的位置和速度。这类接收机一般采用 C/A 码伪距测量方式,单点实时定位精度较低,一般为  $\pm 10\text{m}$ ,当有选择可用性政策 (Selective Availability, 简称 SA) 影响时,精度迅速降为  $100\sim 150\text{m}$ 。这类接收机价格便宜,应用广泛。根据所用领域不同,它还可以进一步划分为:

(1)车载式——用于车辆导航定位。

(2)航海式——用于船舶导航定位。

(3)航空式——用于飞机导航定位。由于飞机飞行速度快,因此要求机载接收机能适应高速运动。

(4)星载式——用于卫星导航定位。由于卫星的速度高达  $7\text{km/s}$  以上,因此对接收机的性能要求更高。

###### (二)测地型接收机

测地型接收机主要用于精密大地测量和精密工程测量。这类仪器主要采用载波相位观测值进行相对定位。其定位精度高,但仪器结构复杂,价格较贵。根据接收机的适用状态及精度

要求分为静态接收机和动态接收机。

### (三)授时型接收机

这类接收机主要利用 GPS 卫星提供的高精度时间标准进行授时,常用于天文台及无线电通信中时间同步。

## 二、按接收机的载波频率分类

### (一)单频接收机

单频接收机只能接受  $L_1$  载波信号,测定载波相位观测值进行定位。由于不能有效消除电离层延迟影响,单频接收机只适用于短基线( $<20\text{km}$ )的精密定位。目前测绘类作业工作或工程已经较少采用单频接收机。

### (二)双频接收机

双频接收机可以同时接收  $L_1$ 、 $L_2$  载波信号。利用双频对电离层延迟量不同,可以消除电离层对电磁波信号延迟的影响,因此双频接收机可用于长达几千千米的精密定位。

## 三、按接收机通道数分类

GPS 接收机能同时接收多颗 GPS 卫星的信号,为了分离接收到不同卫星的信号,以实现跟踪、处理和测量,具有这样功能的器件称为天线信号通道。根据接收机所具有的通道种类可分为多通道接收机、序贯通道接收机、多路多用通道接收机。

### (一)多通道接收机

多通道接收机具有 4 个及 4 个以上的信号通道,并且每个通道只连接跟踪一个卫星。优点:能够不间断地跟踪每个卫星信号,实现连续观测卫星的测距码和载波相位观测量;具有较好的信噪比。缺点:各通道间存在信号延时偏差,需要进行比对和改正;通道数多,结构复杂,不利于减轻接收机的质量和体积。

### (二)序贯通道接收机

序贯通道接收机是指在软件控制下对进入通道的卫星信号按时序进行跟踪和测量,其对所测卫星信号量测一个循环,需要时间大约数秒钟到数分钟。优点:硬件通道少,结构简单,有利于减小接收机的质量和体积;采用单通道,各卫星信号在通道中延迟相同,不存在信号间的路径偏差,弥补了多通道接收机的不足。缺点:不能同时接收卫星导航电文;通道的控制软件较为复杂;难以确保载波相位信号的连续跟踪;对  $L_1$ 、 $L_2$  载波信号测量不同步,从而降低了电离层折射改正的精度。

### (三)多路多用通道接收机

与序贯通道相似,多路多用通道是指在软件控制下对进入通道的卫星信号按时序进行跟踪和测量,但其对所测卫星信号量测一遍的时间在  $20\text{ms}$  之内。由于时间短,多路多用通道接收机能够在不同卫星之间、不同频率之间进行高速运转,转换速率与导航电文的比特率( $20\text{ms}$ )同步。优点:能够同时获得跟踪卫星的导航电文,也能连续跟踪载波信号,实现对载波相位的连续测量。缺点:信噪比低于多通道接收机,通道的控制软件也比较复杂。

## 四、按接收机工作原理分类

### (一) 码相关型接收机

码相关型接收机是利用码相关技术得到伪距观测值。

### (二) 平方型接收机

平方型接收机是利用载波信号的平方技术去掉调制信号来恢复完整的载波信号;通过相位计测定接收机内产生的载波信号与接收到的载波信号之间的相位差,测定伪距观测值。

### (三) 混合型接收机

混合型接收机综合了码相关型接收机和平方型接收机的优点,既可以得到码相位伪距,也可以得到载波相位观测值。

### (四) 干涉型接收机

干涉型接收机是将 GPS 卫星作为射电源,采用干涉测量的方法,测定两个测站之间的距离。

## 第二节 测地型接收机

目前,在 GPS 技术开发和实际应用方面,国际上较为知名的生产厂商有美国天宝(Trimble)导航公司、瑞士徕卡测量系统(Leica Geosystems)、日本拓普康(TOPCON)公司、美国麦哲伦(Magellan)公司(原泰雷兹导航),国内有南方测绘、中海达、上海华测等。随着俄罗斯全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System,简称 GLONASS)的发展,欧盟伽利略(Galileo)系统的建设和我国北斗导航系统(Compass)的继续完备,更多具有兼容性的接收机已投入使用。

### 一、徕卡 GPS 接收机

徕卡测量系统是全球著名的专业测量公司,其不仅在全站仪、相机方面对行业产生了很大的影响,而且在测量型 GPS 的研发及 GPS 的应用上也作出了极大的贡献,是快速静态、动态 RTK 技术的先驱。其 GPS1200 系统中的接收机包括 4 种型号:GX1230GG/ATX1230GG、GX1230/ATX1230、GX1220 和 GX1210。其中,GX1230GG/ATX1230GG 为 72 通道双频 RTK 测量接收机,接收机集成电台、GSM、GPRS 和 CDMA 模块,具有连续检核功能,可防水(水下 1m)、防尘、防沙。动态精度为水平 $\pm(10\text{mm}+1\times 10^{-6}D)$ ,垂直 $\pm(10\text{mm}+0.5\times 10^{-6}D)$ 。它在 20Hz 时的 RTK 距离能够达到 30km,甚至更长,并且可保证厘米级的测量精度,基线在 30km 时的可靠度是 99.99%。

### 二、南方 GPS 接收机

南方测绘的 GPS 接收机产品主要有 RTK S82、S86 等。其中 S82 采用一体化设计,集成 GPS 天线、UHF 数据链、OEM 主板、蓝牙通信模块、锂电池。其中 RTK 定位精度为平面

±(10mm+1×10<sup>-6</sup>D),垂直±(20mm+1×10<sup>-6</sup>D);静态后处理精度为平面±(5mm+1×10<sup>-6</sup>D),垂直±(10mm+1×10<sup>-6</sup>D);单机定位精度为1.5m(CEP);码差分定位精度为0.45m(CEP)。

### 三、华测 GPS 接收机

华测导航的 GPS 接收机产品主要有 X60CORS、X20 单频接收机、X90 一体化 RTK、X60 双频接收机等,是国内通过中华人民共和国制造计量器许可证获得的精度最高的产品,其中, X90 为 28 通道双频 GPS 接收机,集成双频 GPS 接收机、双频测量型 GPS 天线、UHF 无线电、进口蓝牙模块和电池。其动态精度为水平±(10mm+1×10<sup>-6</sup>D),垂直±(20mm+1×10<sup>-6</sup>D);静态精度为水平±(5mm+1×10<sup>-6</sup>D),垂直±(10mm+1×10<sup>-6</sup>D);能达到 10~30km 的作用范围(因实际地域情况有所差别),既可以承受从 3m 高空跌落至坚硬的地面,也可以浸入水下 1m 深处进行测量。X90 具有静态、快速静态、RTK、PPK、码差分等多种测量模式,精度范围为毫米级到亚米级,而且可与天宝、徕卡等主流品牌联合作业。

### 四、中海达 GPS 接收机

中海达测绘公司的 GPS 接收机产品包括静态一体化接收机 HD-8200G 和 GD-8200X,其中 HD-8200G 配备无线遥控器,可远距离查看卫星状况等关键信息;GD-8200X 具有语音导航功能,可通过面板直接设置经验采集关键参数——卫星高度角和采样间隔。RTK 产品主要有珠峰 HD-5800、V8 CORS RTK、V8 GNSS RTK。RTK 作业精度:静态后处理精度为平面±(2.5mm+1×10<sup>-6</sup>D),高程±(5mm+1×10<sup>-6</sup>D);RTK 定位精度为平面±(10mm+1×10<sup>-6</sup>D),高程±(20mm+1×10<sup>-6</sup>D);码差分定位精度为 0.45m(CEP),单机定位精度为 1.5m(CEP)。

### 五、其他品牌接收机

#### (一)天宝接收机

美国天宝的 GPS 接收机产品主要有 SPS751、SPS851、SPS781、SPS881、R8、R8GNSS、R7、R6 及 5800、5700 等。其作为美国军方控股企业,是世界上最早研究与生产 GPS 的企业之一,其中,SPS881 和 R8GNSS 为 72 通道 GPS/WAAS/EGNOS 接收机,其将三频 GPS 接收机、GPS 天线、UHF 无线电和电源组合在一个袖珍单元中,具有内置 Trimble Maxwell 5 芯片的超跟踪技术。即使在 II 类的电磁环境中,仍然能用小于 2.5W 功率对卫星提供有效的追踪。同时,为扩大作业覆盖范围和全面减小误差,可以同频率、多基准站的方式工作。此外,它还与天宝虚拟参考站(Trimble Virtual Reference Station,简称 Trimble VRS)网络技术完全兼容,其内置的 WAAS 和 EGNOS 功能提供了无基准站的实时差分定位。SPS751、SPS851、SPS551 还具有接收星站差分改正信息的功能,最高单机定位精度可达±5cm。

#### (二)拓普康接收机

日本拓普康公司生产的 GPS 接收机中有 GR-3、GB-1000、Hiper 系列、Net-G3 等。其中 GR-3 大地测量型接收机可 100%兼容三大卫星系统(GPS、GLONASS、Galileo)的所有可用信号,它不仅是世界上最早研发出能同时接受美国的 GPS 与俄罗斯 GLONASS 两种卫星

信号的双星技术的厂家,也是现今世界上唯一可以同时接收所有 GNSS 卫星的接收机,有 72 个超级跟踪频道,每个通道都可独立追踪 3 种卫星信号,采用抗 2m 摔落坚固设计,支持蓝牙通信,内置 GSM/GPRS 模块(可选)。静态、快速静态的精度为水平 $\pm(3\text{mm}+0.5\times 10^{-6}D)$ ,垂直 $\pm(5\text{mm}+0.5\times 10^{-6}D)$ ;RTK 精度为水平 $\pm(10\text{mm}+1\times 10^{-6}D)$ ,垂直 $\pm(15\text{mm}+1\times 10^{-6}D)$ ;DGPS 精度优于 25mm。

### (三) 际上空间 Rock 接收机

武汉际上空间 Rock 系列产品是际上空间专门针对 CORS 参考站和形变监测等系统应用而设计的专业测量型接收机。它采用最新型高精度 GNSS OEM 主板,兼容单频和双频模式。可以通过 RS232 接口、有线网络、GPRS 无线通信网络进行实时数据传输,同时借助于高性能的内置处理器,可以实现高达 20Hz 的数据采样率。

产品支持主流 GNSS 信号的接收,包括现有的美国 GPS 信号和俄罗斯 GLONASS 信号、欧洲 Galileo 信号和美国 WAAS 等 SBAS 信号。Rock 专业型参考站接收机配备多个并行接收通道,可以最大限度地跟踪和观测所有可见 GNSS 卫星信号,从而提高测量精度和实时 RTK 测量的性能。

### (四) 司南导航接收机

上海司南导航接收机采用自主知识产权 BDS+GPS 双星五频 GNSS 模块,紧跟国际卫星定位发展的步伐,为 GNSS 产业革命性产品,特别是其在变形监测中的应用,可增加跟踪卫星数量,使在高遮挡地区进行变形监测成为可能,特别是随着北斗卫星导航系统组网卫星的不断增多,其可用性与可靠性不断加强;北斗卫星导航定位系统的独有功能,5 颗地球同步卫星,可大大降低接收机跟踪卫星的 PDOP,提高解算精度。

## 第二章 静态 GPS 控制测量

GPS 测量与常规测量相类似,在实际工作中也可划分为测前准备、外业测量实施及内业数据处理 3 个阶段,并遵循“满足质量要求的前提下,所花费用最少”的最优化原则。本章主要介绍 GPS 静态测量的 3 个阶段的工作,包括以下 9 项内容。

- (1) 研究任务合同书。
- (2) 测量技术设计及编写设计书。
- (3) 测区踏勘及收集资料。
- (4) 观测器材准备及人员组织安排。
- (5) 外业观测成果的外业检核。
- (6) 选点、埋标、观测。
- (7) 数据预处理。
- (8) GPS 网平差。
- (9) 技术总结与上交资料。

### 第一节 测前准备

GPS 测量的测前准备包括技术设计和人员、工具的准备等,其中技术设计是进行 GPS 定位的最基本工作,它是依据国家有关规范(或规程)及 GPS 网的用途和用户的要求等对测量工作的网形、精度及基准等的具体设计。

#### 一、明确任务

作为一项 GPS 测量工程项目,由工程出资方(甲方)提出任务,由测量单位(乙方)负责具体实施,双方需要明确以下要求,并签署合同书。

- (1) 测区位置及其范围。测区的地理位置、范围,控制网的控制面积。
- (2) 用途和精度等级。控制网将用于何种目的,其精度要求是多少,要求达到何种等级。
- (3) 点位分布及点的数量。控制网的点位分布、点的数量及密度要求,对点位分布是否有特殊要求的区域。
- (4) 提交成果的内容:甲方需要提交哪些成果,所提交的坐标成果分别属于哪些坐标系,所提交的高程成果分别属于哪些高程系统,除了提交最终的结果外,是否还需要几条原始数据或中间数据等。
- (5) 时限要求。对提交成果的时限要求,即提交成果的最后期限。
- (6) 投资经费。对工程投入经费的具体额度。



## 二、技术设计

技术设计是进行 GPS 定位的最基本的工作,包括 GPS 测量技术的设计依据、GPS 控制网的精度、密度设计、基准设计、图形设计等。

### (一)GPS 测量技术的设计依据

GPS 测量技术的设计依据是 GPS 测量规范(或规程)和测量任务书(或测量合同)。

(1)GPS 测量规范(或规程)是国家测绘管理部门或行业部门制定的技术法规,目前 GPS 网设计依据的规范(或规程)有:①2009 年国家质量监督局发布的《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314—2009),以下简称《规范》;②2010 年国家住房和城乡建设部发布的行业标准《卫星定位城市测量技术规范》(GJJ/T 73—2010),以下简称《城市规范》;③各部委根据本部门 GPS 工作的实际情况制定的其他 GPS 测量规程或细则。

(2)测量任务书(或测量合同)是测量施工单位上级主管部门或合同中甲方下达的技术要求文件。这种技术文件是指令性的,它规定了测量任务的范围、目的、精度和密度要求,提交成果资料的项目和时间,完成的经济指标等。

在 GPS 方案设计时,一般首先依据测量任务书(或测量合同)提出的 GPS 网的精度、密度和经济指标,再结合测量规范(或规程)规定,并现场踏勘,具体确定各点间的连接方法、各点设站观测的次数、时段长短等布网观测方案。

### (二)GPS 网的精度、密度设计

#### 1. GPS 网精度设计标准及分类(表 2-1~表 2-3)

各类 GPS 网的精度设计主要取决于 GPS 网的用途。设计精度时,根据任务要求和具体的服务对象以满足工程要求为前提。工程及城市的 GPS 控制网可根据相邻点的平均距离和精度进行设计。

表 2-1 GPS 测量精度分级(一)

级别	坐标年变化率中误差(mm/a)		相对精度	地心坐标各分量年平均中误差(mm)	主要用途
	水平分量	垂直分量			
A	2	3	$1 \times 10^{-8}$	0.5	建立国家一等大地控制网,进行全球性的地球动力学研究、地壳形变测量和精度定轨等

各等级 GPS 相邻点间弦长精度用下式表示:

$$\delta = \sqrt{a^2 + (b \cdot D)^2} \quad (2-1)$$

式中: $\delta$  为 GPS 基线向量的弦长中误差(mm);即等效距离误差; $a$  为 GPS 接收机标称精度中的固定误差(mm); $b$  为 GPS 接收机标称精度中的比例误差系数( $\times 10^{-6}$ ); $D$  为 GPS 网中相邻点间的距离(km)。

#### 2. GPS 网密度设计(表 2-4~表 2-5)

各种不同的任务要求和服务对象,对 GPS 点的分布要求也不同。相邻点间的最小距离可为平均距离的  $1/3 \sim 1/2$ ,相邻点间的最大距离可为平均距离的  $2 \sim 3$  倍。