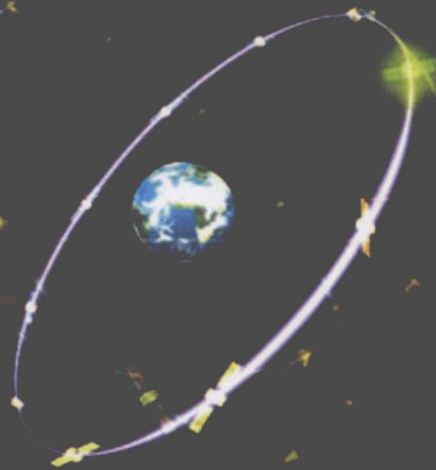


GEO-SPATIAL INFORMATION SCIENCE

● 高等学校测绘工程系列教材

# GPS测量与数据处理实习教程

黄劲松 李英冰 主编



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校测绘工程系列教材

# GPS测量与数据处理实习教程

主编 黄劲松 李英冰

编委 黄劲松 李英冰 朱自勤 李 力  
章 迪 刘万科 魏二虎 王甫红



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

GPS 测量与数据处理实习教程/黄劲松,李英冰主编. —武汉:武汉大学出版社,2010. 1

高等学校测绘工程系列教材

ISBN 978-7-307-07179-7

I. G… II. ①黄… ②李… III. ①全球定位系统(GPS)—测量学—高等学校—教材 ②全球定位系统(GPS)—数据处理—高等学校—教材  
IV. P228.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 104071 号

责任编辑:罗 挺

责任校对:刘 欣

版式设计:詹锦玲

---

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:荆州市鸿盛印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:13.75 字数:337千字

版次:2010年1月第1版 2010年1月第1次印刷

ISBN 978-7-307-07179-7/P·159 定价:24.00元

---

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

# 前 言

GPS 测量与数据处理实习是测绘工程专业学生的一门专业基础实习课，该课程的目的在于培养学生理论联系实际的能力，加深学生对所学专业理论知识的理解，让学生掌握基本的软件和硬件使用方法以及开展 GPS 工程项目的流程。

目前，国外尚未见到正式出版的有关 GPS 实习的教材，国内有关 GPS 实习的正式教材仅有一本，就是由魏二虎等编写的《GPS 测量操作与数据处理》(武汉大学出版社，2004)，该书围绕美国 Trimble 公司的软件和硬件设备，较全面细致地介绍了它们的使用和操作方法。与这本书不同的是，本书以 GPS 实习为主线，通过数个与实际工程项目要求相同的实习，使学生系统地了解 and 掌握 GPS 应用于工程的具体步骤和方法。

本书以测绘工程专业基础课程“GPS 原理及其应用”及专业课程“GPS 测量与数据处理”等理论课为基础，实习项目的设计完全按照实际工程的要求，重点培养学生的设计能力、动手能力和数据处理分析能力。

全书共分四部分：第一部分为 GPS 测量与数据处理基础，第二部分为 GPS 网建立，第三部分为 RPK 测量，第四部分为 RTK 测量。

本书可作为高等院校测绘类专业实验与实习教材，也可作为工程技术人员的参考用书。

作 者

2009 年 9 月

# 目 录

第 1 章 实习介绍及规定	1
1.1 实习介绍	1
1.2 实习规定	2

## 第一部分 基 础

第 2 章 学习 GPS 测量规范	7
2.1 实习纲要	7
2.2 实习指南	7
第 3 章 GPS 接收机的操作	10
3.1 实习纲要	10
3.2 实习指南	10
第 4 章 GPS 数据处理软件的操作	32
4.1 实习纲要	32
4.2 实习指南	32

## 第二部分 GPS 网建立

第 5 章 GPS 控制网技术设计	75
5.1 实习纲要	75
5.2 实习指南	75
第 6 章 GPS 网选点	89
6.1 实习纲要	89
6.2 实习指南	90
第 7 章 GPS 网观测作业计划	98
7.1 实习纲要	98
7.2 实习指南	98

<b>第 8 章 GPS 网观测作业</b> .....	105
8.1 实习纲要 .....	105
8.2 实习指南 .....	105
<b>第 9 章 数据传输及格式转换</b> .....	111
9.1 实习纲要 .....	111
9.2 实习指南 .....	111
<b>第 10 章 GPS 基线解算</b> .....	121
10.1 实习纲要 .....	121
10.2 实习指南 .....	121
<b>第 11 章 GPS 网平差</b> .....	145
11.1 实习纲要 .....	145
11.2 实习指南 .....	145
<b>第 12 章 GPS 控制网技术总结</b> .....	149
12.1 实习纲要 .....	149
12.2 实习指南 .....	149

### 第三部分 PPK 测量

<b>第 13 章 PPK 测量的外业观测</b> .....	153
13.1 实习纲要 .....	153
13.2 实习指南 .....	153
<b>第 14 章 PPK 测量的数据处理</b> .....	160
14.1 实习纲要 .....	160
14.2 实习指南 .....	161

### 第四部分 RTK 测量

<b>第 15 章 RTK 测量</b> .....	171
15.1 实习纲要 .....	171
15.2 实习指南 .....	172
<b>第 16 章 RTK 放样</b> .....	194
16.1 实习纲要 .....	194
16.2 实习指南 .....	195

第 17 章 数字化图形绘制 .....	203
17.1 实习纲要 .....	203
17.2 实习指南 .....	204
参考文献 .....	212

# 第1章 实习介绍及规定

## 1.1 实习介绍

### 1.1.1 概述

全球定位系统 (GPS) 是目前应用最广泛的卫星导航定位系统, 它的应用已从普通的定位、测速和授时, 拓展到了用于解决复杂的工程、技术和科学问题, 对人类社会的影响已远远超出了该系统设计者最初的设想。目前, 在航空、航天、军事、交通、运输、资源勘探、广播、通信、电力、气象、地球空间信息和工程建设等领域中, GPS 都被看作一种非常重要的技术手段, 用来进行导航、定位、定时、反演地球物理和大气物理参数等。

测绘是较早采用 GPS 技术的领域之一, 最初 GPS 主要被应用于高精度大地测量和控制测量, 以建立各种类型和等级的测量控制网。现在, 除了上述方面, GPS 还在测量领域的其他方面 (如测图、施工放样、形变观测、航空摄影测量、海测和地理信息数据的采集等) 得到充分应用。

“GPS 原理及其应用”以及“GPS 测量与数据处理”是测绘工程专业的专业基础课, “GPS 测量与数据处理实习”是与上述两门课程配套的实践课程, 这个课程的主要目的在于:

- (1) 帮助学生加深对课堂理论知识的理解, 掌握开展 GPS 测量项目的方法和技能;
- (2) 提高学生理论联系实际的能力, 培养学生灵活运用所学知识解决实际问题的能力;
- (3) 培养学生吃苦耐劳和团结协作的精神以及良好的职业道德和严谨细致的工作作风。

### 1.1.2 实习分类

在 GPS 测量与数据处理实习中, 包含两种类型的实习:

(1) 基础型实习。此类实习为课间实习项目, 安排在理论课教学期间进行, 实习方式主要为讲授、演示和基本技能练习, 实习的目的在于帮助学生了解 GPS 测量项目的基本技术要求, 掌握软件和硬件的基本操作方法。

(2) 综合型实习。此类实习为集中实习, 实习方式是学生根据实习的目的和要求, 利用理论课和基础实习中所学到的知识和技能完成多项综合性的实习项目, 实习的目的在于培养学生综合运用所学理论知识解决工程实际问题的能力。



### 1.1.3 实习内容

基础型实习的内容有三个，分别为：

- (1) 学习 GPS 测量规范；
- (2) GPS 接收机的操作；
- (3) GPS 数据处理软件的操作。

综合型实习则根据 GPS 在测量中的三种主要应用分为三部分，内容分别为：

- (1) GPS 网的建立；
- (2) PPK 测量；
- (3) RTK 测量。

在“GPS 网的建立”这部分内容中，将 GPS 控制网建立过程中所涉及的内容按工作顺序分解为前后依存 8 个实习项目：

- (1) GPS 控制网技术设计；
- (2) GPS 网选点；
- (3) GPS 网观测作业计划；
- (4) GPS 网观测作业；
- (5) 数据传输及格式转换；
- (6) GPS 基线解算；
- (7) GPS 网平差；
- (8) GPS 控制网技术总结。

在“PPK 测量”这部分内容中，包括如下实习项目：

- (1) PPK 测量的外业观测；
- (2) PPK 测量的数据处理。

在“RTK 测量”这部分内容中，包括如下实习项目：

- (1) RTK 测量；
- (2) RTK 放样；
- (3) 数字化图形绘制。

在这里需要说明的是，上述对综合型实习的分解仅是从逻辑上进行划分的，各个实习项目实际上是前后连贯的一个整体。

### 1.1.4 教程的编排

在本书中，每个实习项目分为两节来叙述：第一节为实习纲要，内容包括实习的目的、内容、安排、条件和成果；第二节为实习指南，介绍完成实习项目所涉及的技术、方法和过程。

## 1.2 实习规定

### 1.2.1 总则

- (1) 在实习期间，应严格遵守实习纪律，按照实习任务书的要求，认真、积极地完

成实习项目，不得无故缺席或迟到早退。

(2) 在集中实习前，应按要求组建实习小队，每小队划分为若干实习小组，每小队任命队长一名，每小组任命组长一名。队长的职责是负责各小组之间的协调，组长负责组内的协调。队长和各组组长应切实负责，合理安排小组和组内各成员的工作，应使每一项工作都由小组成员轮流担任，使每人都有练习的机会。实习中应加强团结，小组内、各小组之间、各小队之间都应团结协作，以保证实习任务顺利完成。

(3) 在实习前，应复习教材中的有关内容，认真仔细地阅读实习任务书和指导书，明确实习的目的和要求、方法和步骤及注意事项，以保证按时完成实习项目中的规定任务。

(4) 在实习期间，应确保人身安全和仪器安全，在进行外业观测期间，仪器应安排人员全程守护。

(5) 如果在外业观测期间发生由他人引起的事故而造成人身伤害或仪器设备损坏，应留置肇事人并注意保护现场，及时向有关部门和实习指导老师汇报，等待处理。

(6) 实习结束时，应按要求提交实习报告和实习记录，并参加实习考核。

### 1.2.2 测量仪器的使用

#### 1. 仪器的开箱和装箱

(1) 开箱时，应将仪器箱放在地面或平稳的表面上，严禁将仪器箱托在手上或抱在怀里开箱，避免仪器箱倾覆而摔坏仪器。

(2) 开箱后，应记住仪器设备在仪器箱中放置的位置和方向，以免用完装箱时，因放置不正确而造成仪器损伤。

(3) 观测结束后，从三脚架上取下仪器时，应一手握住仪器基座或支架，一手拧松连接螺旋，从架头上取下仪器装箱。

(4) 按照仪器放置在仪器箱中的位置和方向进行装箱，使仪器在箱内正确就位后，关箱扣紧。

#### 2. 仪器的安装

(1) 安放仪器的三脚架必须稳固可靠，特别要注意稳固伸缩式脚架。伸缩式脚架三条腿抽出后要把固定螺旋拧紧（不可用力过猛，防止造成螺旋滑丝），防止因螺旋未拧紧而脚架自行收缩导致摔坏仪器。

(2) 架设三脚架时，三条腿拉出的长度要适中，三条腿分开的跨度要适中，三脚架腿分开的跨度太小容易被碰倒，分开的跨度太大容易滑开。在光滑地面上架设仪器或在大风天进行观测时，要采取适当的安全措施，防止由于脚架滑动或倾倒而摔坏仪器。

(3) 从仪器箱取出仪器时，应该用双手握住仪器支架或基座，放到三脚架上时，一手握住仪器，一手立即拧紧仪器和脚架间的中心螺旋，避免因忘记拧上连接螺旋或拧得不紧而摔坏仪器。

#### 3. 仪器的使用

(1) 借领仪器时，应当场清查主机及辅助设备是否齐全，外观是否良好，脚架与基座是否相配，若发现问题，应立即报告实验室管理员进行补领或更换。

(2) 仪器安装在三脚架上之后，无论是否观测，必须安排专人守护，避免仪器被车辆或行人碰撞，不得出现仪器无人看管的情况。

(3) 在进行外业测量时,若发现仪器出现不明故障,应立即停止使用,并向实习指导老师汇报,按照实习指导老师的要求进行处理,绝对禁止擅自拆卸仪器设备。

(4) 在操作过程中,不允许过度弯折或用力拉拽电缆。在插拔电缆接头时,应注意接头的方向,避免因弄错方向而造成接头的损坏;若接头具有方向性,则在插拔时不能旋转。

(5) 在观测过程中,应采取必要的措施来防止除接收机天线以外的部件被日晒雨淋。受潮的仪器要设法吹干,在未干燥前不得装箱。

(6) 在使用数据存储卡时,应注意存储卡的插入方向,避免损坏存储卡或读卡器。

#### 4. 仪器的搬迁

(1) 搬运仪器时,应将仪器装入箱内,注意检查仪器箱是否扣紧、锁好,检查拉手和背带是否牢固,并注意轻拿轻放。

(2) 每次迁站前,应对仪器设备进行清点,避免部件遗失。

#### 1.2.3 观测记录

(1) 观测记录必须直接填写在规定的表格上,不得转抄。

(2) 所有记录均用绘图铅笔(2H或3H)记载,字体应端正清晰,大小只应稍大于格子的一半,留出空隙以便对错误进行更正。

(3) 观测者读数后,记录者应立即回报读数,经确认后再记录,以防听错、记错。

(4) 记录和计算错误时,应将错误的数字画去并将正确的数字写在原数字的上方,不得用橡皮擦去,不得在原数字上涂改。

(5) 数据运算应根据所取的数字,按“四舍六入,五前单进、双舍”的规则进行数字凑整。

# 第一部分

---

## 基 础



## 第2章 学习GPS测量规范

### 2.1 实习纲要

#### 2.1.1 目的

全面了解《全球定位系统（GPS）测量规范》(GB/T 18314-2001)的基本内容，掌握其中的关键条款。

#### 2.1.2 内容

阅读学习《全球定位系统（GPS）测量规范》(GB/T 18314-2001)。

#### 2.1.3 安排

类型：基础。

方式：个人自学。

时数：2个学时（课后）。

#### 2.1.4 条件

场地：学生自定。

硬件：无。

软件：无。

其他：《全球定位系统（GPS）测量规范》(GB/T 18314-2001)，国家质量技术监督局，2001年3月5日发布，2001年9月1日开始实施。

#### 2.1.5 成果

每人提交一份阅读学习《全球定位系统（GPS）测量规范》的读书报告，对《全球定位系统（GPS）测量规范》进行概括总结。

### 2.2 实习指南

#### 2.2.1 GPS测量规范的作用

GPS测量规范是开展GPS测量工程项目的指导性文件和主要技术依据，详细规定了在GPS测量工作中质量控制的方法和指标及应遵循的准则。GPS测量工作应遵照规范的

要求进行，成果质量应满足规范的规定。

### 2.2.2 常用的 GPS 测量规范

目前，我国已颁布了国家级的 GPS 测量规范——《全球定位系统（GPS）测量规范》（GB/T 18314-2001），该规范由国家质量技术监督局作为国家标准于 2001 年 3 月 15 日颁布，于 2001 年 9 月 1 日起开始实施。除了 GPS 测量的国家标准外，还有一些部门与行业级的 GPS 测量规范，如由建设部于 1997 年发布的行业标准《全球定位系统城市测量技术规程》（CJJ 73-97）等。

本书所有实习项目以《全球定位系统（GPS）测量规范》（GB/T 18314-2001）为准。

### 2.2.3 GPS 测量规范（GB/T 18314-2001）的要点

《全球定位系统（GPS）测量规范》（GB/T 18314-2001）的全文分为前言、正文（共 13 章）和附录（共 6 个）三大部分，下面对各部分的内容进行简要介绍。

#### 前言

前言简要介绍了以下内容：（1）制订规范的目的；（2）规范所涉及的 GPS 测量模式；（3）附录类型说明；（4）规范的管理单位；（5）规范的主要起草人；（6）负责对规范进行解释的部门。

#### 正文

正文中共有 13 章，分别为：

##### 1. 范围

介绍了规范所规定的事项和适用范围。

##### 2. 引用标准

介绍了通过引用而成为本标准条文的标准。

##### 3. 术语

介绍了在 GPS 测量中常用的标准术语。

##### 4. 坐标系和时间系统

简要介绍了在 GPS 测量中与坐标系和时间系统有关的问题和规定。

##### 5. 精度分级

主要内容为：（1）GPS 网的精度分级；（2）各级 GPS 网的用途；（3）各级 GPS 网的基本精度指标，包括相邻点间基线长度精度、大地高差精度、AA 级和 A 级网点位精度、基线长度年变化率精度等指标。

##### 6. GPS 网的技术设计

主要内容为：（1）GPS 网技术设计的基本要求；（2）技术设计的准备；（3）技术设计的原则；（4）技术设计完成后应上交的资料。

##### 7. 选点

主要内容为：（1）选点准备；（2）点位基本要求；（3）辅助点与方位点；（4）选点工作；（5）选点结束后应上交的资料。

##### 8. 埋石

主要内容为：（1）标石类型；（2）埋石作业；（3）标石外部整饰；（4）埋石结束后应上交的资料。

### 9. 仪器

主要内容为：(1) 接收机选用；(2) 接收设备检验；(3) 接收设备维护；(4) 辅助设备检验。

### 10. 观测

主要内容为：(1) 测区的划分；(2) 观测计划；(3) 基本技术规定；(4) 观测准备；(5) 观测作业的要求。

### 11. 外业成果记录

主要内容为：(1) 记录类型；(2) 记录内容；(3) 记录要求。

### 12. 数据处理

主要内容为：(1) 基线向量解算；(2) 外业数据质量检核；(3) AA、A、B 级基线精处理结果质量检核；(4) 重测和补测；(5) GPS 网平差；(6) 数据处理成果整理和编写技术总结。

### 13. 成果验收与上交资料

主要内容为：(1) 成果验收；(2) 上交资料。

### 附录

在规范中共有 6 个附录，分别为：

1. 附录 A：大地坐标系的有关说明
2. 附录 B：选点与埋石资料及其说明
3. 附录 C：气象仪器的主要技术要求
4. 附录 D：测量手簿记录及有关要求
5. 附录 E：同步观测环检核
6. 附录 F：归心元素测定与计算



# 第3章 GPS接收机的操作

## 3.1 实习纲要

### 3.1.1 目的

- (1) 了解 GPS 接收机的基本结构。
- (2) 掌握 GPS 接收机的一般操作方法。

### 3.1.2 内容

- (1) 了解 GPS 接收机的外观及主要构成单元。
- (2) 学习 GPS 接收机的安装及静态测量的操作方法。
- (3) 了解 GPS 接收机工作时的基本状态信息。

### 3.1.3 安排

性质：基础。

方式：教师讲解示范与学生分组练习。

时间：2 个学时。

### 3.1.4 条件

场所：室外适宜的场地。

硬件：GPS 接收机及其附属设备。

软件：无。

### 3.1.5 成果

无。

## 3.2 实习指南

### 3.2.1 GPS 接收机简介

#### 1. GPS 测量设备

在 GPS 测量中，核心仪器设备为测量型 GPS 接收机（Trimble 5700 或 Leica 1230），另外还有一些辅助设备，包括电池、基座、脚架和量高尺等（如图 3-1 和图 3-2 所示）。