

等学校土建类专业“十二五”规划教材

工程测量实践指导教程

杨鹏源 主编 叶凤芬 盖玉杰 副主编

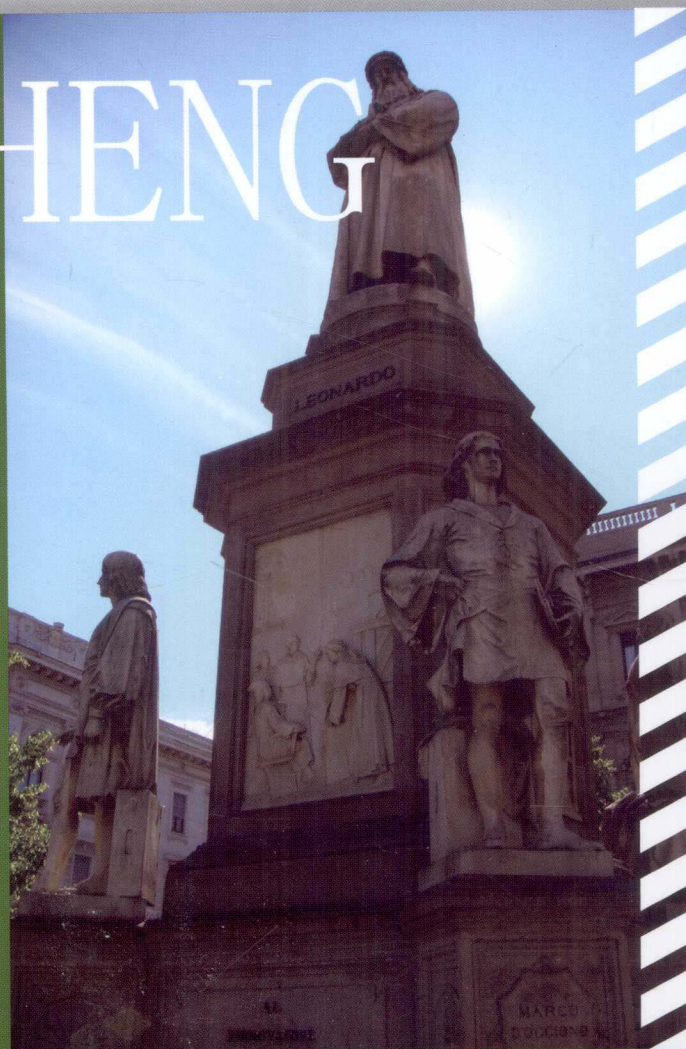
GONGCHENG

CELIANG

SHIJIAN

ZHIDAO

JIAOCHENG



化学工业出版社

高等学校土建类专业“十二五”规划教材

工程测量实践指导教程

杨鹏源 主 编
叶凤芬 盖玉杰 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书为《工程测量》教材的配套实践教学用书。全书共分 16 章,内容包括:工程测量实践环节基本要求、高程测量、角度测量、距离测量、全站仪的使用、直线定向、导线测量、GPS 测量、民用建筑测设、线路工程测量、变形监测、综合性、设计性实验、工程测量实习总则、大比例尺地形图测绘、数字化地形图应用、路桥勘测设计实习以及附录实践环节。

本书根据土木工程类各专业测量实践教学的基本要求编写,突出实用性和实践性,以实践内容为主;将传统测量技术与现代测绘科技相结合,增加了现代测绘技术如 GPS 技术、全站仪技术和数字化测绘技术在工程建设实践中的应用。

本书可作为普通高等学校土木工程类、水利工程类、交通工程类、农林类、建筑学、城市规划、环境工程等专业实践指导教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量实践指导教程/杨鹏源主编. —北京:化学工业出版社, 2012.7

高等学校土建类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-14190-3

I. ①工… II. ①杨… III. ①工程测量-教材 IV. ①TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 087557 号

责任编辑:陶艳玲

装帧设计:杨 北

·责任校对:徐贞珍

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 9 字数 220 千字 2012 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:20.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本书根据土木工程类各专业测量实践教学的基本要求编写而成，编者在总结多年测绘实践经验的基础上，结合当今测绘技术的进展，增加了全站仪、电子水准仪、GPS技术和数字化测绘技术等工程建设实践中的应用内容。本教材可用于土木工程类、水利工程类、环境工程类、交通工程类、建筑学、城市规划、农林类等专业的实践教学指导以及工程技术人员的参考书。

本书突出实用性和实践性，以实践内容为主；将传统测量技术与现代测绘科技相结合，增加了现代测绘技术如GPS技术、全站仪技术和数字化测绘技术在工程建设实践中的应用。

参加本教材编写的作者及分工如下：

杨鹏源（兰州理工大学），第1章、第2章、第7章、第13章、第14章。

盖玉杰（东北林业大学），第4章、第5章、第16章。

叶凤芬（云南农业大学），第9章、第11章。

魏玉明（兰州理工大学），第12章、第15章。

杨育丽（兰州理工大学），第6章。

孔令杰（兰州理工大学），第8章。

于 坤（东北林业大学），第10章。

张秀霞（兰州理工大学），第3章、附录。

本书由杨鹏源担任主编，盖玉杰、叶凤芬担任副主编，全书由杨鹏源组织、统稿和校对；党星海教授主审，在此致以诚挚的谢意。

感谢化学工业出版社为本书出版付出的辛勤劳动，本书的部分图表和内容取自所列的参考文献，谨向有关作者表示感谢。

由于编者水平有限，书中可能存在谬误之处，敬请读者批评指正，并将意见和建议发至yangpy@lut.cn，以便编者修订完善。

编 者
2012年3月

目 录

第一部分 工程测量实践基本知识

第1章 工程测量实践环节基本要求	1
1.1 工程测量实验的目的、要求和成绩评定	1
1.1.1 工程测量实验的目的	1
1.1.2 工程测量实验要求	1
1.1.3 测量实验成绩评定	2
1.2 工程测量实验仪器、工具的借领和使用规则	2
1.2.1 测量仪器、工具的借领、检查与返还	2
1.2.2 测量仪器、工具的使用和维护	3
1.3 测量资料的记录要求	5
1.4 测量成果的整理、计算要求	6
第2章 高程测量	7
2.1 水准测量原理	7
2.2 DS_3 微倾式水准仪的使用	8
2.3 普通水准测量	9
2.3.1 水准测量的施测	9
2.3.2 测站检核	10
2.3.3 成果检核	12
2.3.4 水准测量成果计算	12
2.4 三、四等水准测量	14
2.5 水准仪的检验与校正	16
2.5.1 圆水准器轴平行于仪器竖轴的检验校正	16
2.5.2 十字丝横丝应垂直于仪器竖轴的检验与校正	17
2.5.3 视准轴平行于水准管轴的检验校正	17
2.6 水准测量误差分析及消减误差的方法	19
2.6.1 仪器误差	19
2.6.2 观测误差	19
2.6.3 外界条件的影响	19
2.7 三角高程测量原理	20
2.8 三角高程测量实施	20
第3章 角度测量	23
3.1 角度测量原理	23
3.1.1 水平角测量原理	23
3.1.2 竖直角测量原理	23
3.2 光学经纬仪的结构及使用	24
3.2.1 光学经纬仪构造	24
3.2.2 读数装置及读数方法	26
3.2.3 光学经纬仪的使用	28
3.3 水平角测量	30
3.3.1 测回法测水平角	30
3.3.2 方向观测法测水平角	31
3.4 竖直角测量	32
3.5 经纬仪的检验与校正	33
3.5.1 经纬仪主要轴线应该满足的几何关系	33
3.5.2 照准部水准管轴垂直于竖轴的检验与校正	33
3.5.3 视准轴垂直于横轴的检验与校正	33
3.5.4 横轴垂直于竖轴的检验	34
3.5.5 望远镜十字丝竖丝垂直于横轴的检验与校正	34
3.5.6 竖盘指标差的检验与校正	35
3.5.7 光学对中器的检验与校正	35
3.6 角度测量误差分析及注意事项	35
3.6.1 仪器误差	35
3.6.2 观测误差	36
3.6.3 外界条件影响	37
第4章 距离测量	38
4.1 距离测量概述	38
4.2 钢尺一般量距	38
4.2.1 直线定线	38
4.2.2 测量方法	39
4.3 钢尺精密量距	40

4.3.1 精密量距方法	40	8.4.1 概述	68
4.3.2 精密量距成果整理	41	8.4.2 GPS RTK 定位系统的组成	69
4.4 钢尺量距误差分析与注意事项	42	8.4.3 GPS RTK 测量基本原理	69
4.5 视距测量原理	42	8.5 GPS 测量的误差分析及注意事项	71
4.6 视距测量实施	43	第 9 章 民用建筑测设	72
4.7 测距仪的使用	44	9.1 点的平面位置的测设	72
4.8 光电测距误差分析及注意事项	45	9.1.1 直角坐标法	72
4.8.1 光电测距的误差来源	45	9.1.2 极坐标法	72
4.8.2 光电测距的注意事项	46	9.1.3 角度交会	73
第 5 章 全站仪的使用	47	9.1.4 距离交会法	73
5.1 全站仪的结构原理	47	9.1.5 全站仪坐标法	73
5.2 NTS-660 全站仪的基本操作与设置	48	9.1.6 自由设站放样法	74
5.3 NTS-660 全站仪的菜单操作	51	9.1.7 GPS (RTK) 放样法	74
5.3.1 角度测量	51	9.2 点的高程的测设	75
5.3.2 距离测量	51	9.3 民用建筑基线测设	77
5.3.3 坐标测量	52	9.3.1 建筑基线的图上设计及 数据准备	77
5.4 程序模式	53	9.3.2 建筑基线的测设方法	77
第 6 章 直线定向	54	9.4 民用建筑物轴线测设	77
6.1 直线定向概述	54	第 10 章 线路工程测量	79
6.1.1 直线定向的概念	54	10.1 线路工程中线测量	79
6.1.2 直线定向的标准方向	54	10.1.1 交点和转点的测设	79
6.2 直线定向的方法	54	10.1.2 路线转角的测定	81
6.2.1 方位角	54	10.1.3 里程桩的设置	81
6.2.2 象限角	55	10.1.4 中线测量	83
6.3 罗盘仪测定直线的磁方位角	56	10.2 线路工程纵、横断面测绘	89
6.3.1 罗盘仪的构造	56	10.2.1 纵断面测量	89
6.3.2 用罗盘仪测定直线磁方位角的 方法	56	10.2.2 横断面测量	93
第 7 章 导线测量	57	第 11 章 变形监测	96
7.1 导线测量概述	57	11.1 变形监测的特点	96
7.1.1 导线测量的布设的基本形式	57	11.2 变形监测的内容	97
7.1.2 导线测量的主要技术要求	58	11.3 垂直位移监测	97
7.2 导线测量外业实施	59	11.3.1 水准基点及沉降观测点的布设	98
7.3 导线测量内业计算	61	11.3.2 沉降观测的实施	98
7.3.1 导线坐标计算基本公式	61	11.3.3 沉降观测的成果整理	99
7.3.2 导线坐标计算步骤	61	11.4 水平位移监测	101
第 8 章 GPS 测量	64	11.4.1 水平位移监测点的布设	101
8.1 GPS 测量概述	64	11.4.2 水平位移监测的实施	101
8.2 GPS 接收机的认识和使用	65	11.4.3 水平位移观测的成果整理	103
8.3 GPS 静态测量及数据处理	65	11.5 建(构)筑物倾斜观测	103
8.3.1 测量实施	66	11.5.1 倾斜观测点的布设	103
8.3.2 数据处理	67	11.5.2 倾斜观测的实施	104
8.4 GPS-RTK 实时动态测量	68	11.5.3 倾斜观测的成果整理	106
		11.6 建(构)筑物裂缝观测	106

第 12 章 综合性、设计性实验	107	12.3 全站仪法遇障碍物直线测设	107
12.1 综合性、设计性实验	107	12.4 任意测站的建立及坐标计算	108
12.2 测设已知坡度线	107	12.5 高处某点的高程测量	108

第二部分 工程测量综合实践指导

第 13 章 工程测量实习总则	109	14.4.1 全站仪测图技术要求	123
13.1 工程测量实习的目的、组织方式和 基本过程	109	14.4.2 CASS7.0 数字化绘图 作业步骤	124
13.1.1 实习目的	109	14.4.3 数字化测图注意事项	127
13.1.2 实习组织方式	109	第 15 章 数字化地形图应用	130
13.1.3 实习基本过程	109	15.1 数字地形图应用	130
13.2 工程测量实习的要求和注意事项	110	15.2 提取图上点的坐标值	130
13.2.1 工程测量实习的要求	110	15.3 查询两点距离及方位	130
13.2.2 内、外业工作注意事项	110	15.4 计算表面积	130
13.3 工程测量实习的成果整理与上交	111	15.5 道路断面法土方计算	131
13.4 工程测量实习考核	111	15.6 公路曲线设计	131
第 14 章 大比例尺地形图测绘	112	第 16 章 路桥勘测设计实习	132
14.1 导线测量	112	16.1 路桥勘测设计实习的目的和内容	132
14.1.1 导线测量的主要技术要求	112	16.1.1 实习的目的	132
14.1.2 导线网布设	112	16.1.2 实习的方式与组织	132
14.1.3 水平角观测	113	16.1.3 实习的内容	132
14.1.4 距离测量	114	16.2 路桥勘测设计实习的要求和注意 事项	133
14.1.5 导线测量数据精度评定	114	16.2.1 实习的要求	133
14.1.6 平差计算	115	16.2.2 实习的注意事项	133
14.1.7 高程控制测量	116	16.3 路桥勘测设计实习的成果整理 与上交	134
14.2 图根控制测量	118	16.4 路桥勘测设计实习考核	134
14.2.1 一般规定	118	附录	135
14.2.2 图根平面控制测量	118	附录 1 测量常用计量单位及其换算	135
14.2.3 图根高程控制测量	119	附录 2 大比例尺地形图测绘的内容 与取舍	135
14.3 经纬仪测绘法测绘地形图	120	参考文献	138
14.3.1 测图前的准备工作	120		
14.3.2 碎部测量	120		
14.3.3 碎部测量注意事项	122		
14.4 数字化地形图测绘	123		

第一部分 工程测量实践基本知识

第1章 工程测量实践环节基本要求

工程测量是土木工程类专业主要的专业课程之一。工程测量的理论教学、实验教学和实习教学是本课程的三个重要的教学环节。坚持理论与实践的紧密结合,认真进行测量仪器的操作应用和测量实践训练,才能真正掌握工程测量的基本原理和基本技术方法。

工程测量实验是工程测量课程的重要组成部分。通过实验,全面了解测量仪器的构成和原理,熟练掌握测量仪器的操作方法,进一步深入理解和掌握工程测量的基本理论、基本方法和基本要求,为工程实际测量工作打下坚实基础。通过实验,培养、锻炼学生的组织能力、实验设计能力及分工协作和创新精神。

1.1 工程测量实验的目的、要求和成绩评定

1.1.1 工程测量实验的目的

(1) 培养和提高学生的工程测量技能。全面掌握水准仪、经纬仪、全站仪等测量仪器的使用;熟练掌握高程测量、角度测量、距离丈量等测量方法和要求;熟练掌握测量数据处理方法和测量成果的评定方法,能够对测量成果进行误差分析。

(2) 培养与提高学生的科学实验能力。能够自行阅读实验指导书及有关资料,并能正确理解实验原理,明确实验步骤;能够认真、严谨地按实验步骤进行实验操作;能够自行设计并完成一定的实验项目。

(3) 培养与提高学生的科学实验素质。要求学生具备理论联系实际和实事求是的科学作风,严肃认真的工作态度,主动探索精神和遵守纪律、爱护公物的良好品德。

(4) 通过实验训练,提高学生自我管理、独立学习和工作的能力。

1.1.2 工程测量实验要求

(1) 实验前要认真学习实验指导书和参考教材与课堂笔记等有关资料,认真地做好预习,并提交预习报告,将实验的步骤、操作方法、记录、计算及注意事项等弄清楚,以使实验顺利进行。设计性实验项目须提交实验方案,经指导教师审阅批准后方可开始实验。

(2) 上实验课时,学生应先认真听取教师对该次实验的方法与具体要求的讲解和布置,再以实验小组为单位到实验室填写仪器领用清单,领用时应检验仪器、工具是否完好。实验过程中严格按仪器使用要求进行操作,爱护仪器,轻拿轻放;初次接触仪器,未经教师讲解,不得擅自架设仪器进行操作,以免损坏仪器。如仪器发生异常,应立即向指导教师报告,严禁私自处理,注意保管仪器,注意仪器及人身安全,防止事故发生;实验时要爱护校园内各种设施和花草树木。

(3) 实验过程中组长要认真负责,合理安排,做到轮流操作,使每人都有练习机会,不

要单独追求进度；同学之间要提倡团结互助，相互学习。

(4) 每个同学应认真负责，服从指导教师及组长的领导，小组成员间应密切配合、团结协作，以确保实验任务顺利完成。

(5) 严格遵守纪律，按规定的时间和地点进行实验，不得无故缺席、迟到和早退，不得擅自离开现场，事、病假须经指导教师同意。

① 事假应提交书面申请；

② 病假应有医院诊断书；

③ 无故缺席者按旷课处理；

④ 请假时间达到或者超过 $1/3$ 实验时间者，实验成绩按 0 分记；

⑤ 严重损坏仪器者，实验成绩按 0 分记。

(6) 实验记录是实验成果的重要凭据（在实际工程勘测中是一项重要原始资料），务必按要求做好实验记录，一律使用 3H 硬铅笔，观测数据应随即直接记入指定的表格内，记录者应将记入的数据当即向观测者复诵一遍，以免读错、听错和记错。

(7) 记录字体一律用正楷书写，不得潦草，字迹要工整清晰。记错时用笔划去，并在其上方写上正确数据。记录数据不准转抄、涂改或用橡皮揩擦，绝不能伪造数据。

(8) 记录数据应准确表示观测精度，能读出毫米的应记到毫米位数，能读出秒值的应记到秒位数。

(9) 实验结果不能满足精度要求，应重新实验。

(10) 实验结果经指导教师检查合格后，实验方可结束。实验结束后，要认真清点仪器，将仪器清理干净，并将其正确放置到仪器箱中，注意取仪器前应观察仪器在仪器箱中的放置方法；做好仪器使用记录，若有遗失或损坏，应按规定赔偿。

1.1.3 测量实验成绩评定

测量实验中单项实验成绩主要由实验预习（设计性实验的实验方案）、实验表现、实验报告三部分组成，其中实验预习 10%（设计性实验的实验方案占 20%），实验表现占 40%（设计性实验占 30%），实验报告占 50%，全部单项实验成绩的平均值为平时成绩。

测量实验最终成绩主要由平时成绩和全部实验结束后的实验考核成绩组成，平时成绩占 70%，实验考核成绩占 30%。

(1) 实验表现。是否服从教师指导、组长领导；是否有丢失、损坏仪器情况发生；出勤情况；是否积极主动参与共同完成实验任务；实验过程中的熟练程度以及在小组中所起的作用。

(2) 实验报告。内容是否完整，质量如何。

(3) 实验考核。以实际操作为主，辅以简单的答辩。

1.2 工程测量实验仪器、工具的借领和使用规则

测量仪器是贵重的精密光学、电子仪器，对其必须正确使用、精心爱护和科学保养，这是测量工作者应具备的素质和技能，也是保证测量成果质量、提高工作效率和延长仪器设备寿命的必备条件。

1.2.1 测量仪器、工具的借领、检查与返还

(1) 测量仪器、工具的借领。以实验小组为单位向测量实验室办理借领仪器、工具手

续,填写测量实验仪器领用单,见表1.1。借领时,一定按照测量实验指导书的要求清点检查仪器、工具的数量是否符合,仪器的附件是否齐全,如有缺损应及时进行补领或更换。

表 1.1 工程测量实验仪器领用单

班级		姓名			
实验名称					
仪 器 目 录					
序号	仪器名称	型号	编号	数量	备注
1					
2					
3					
4					
领用时间	年 月 日 时			组长签字	
归还时间	年 月 日 时			组长签字	

(2) 测量仪器、工具的一般性检查

① 仪器表面有无碰伤、划痕、脱漆和锈蚀,仪器与三脚架连接稳固无松动;

② 仪器转动灵活、平稳;

③ 仪器制动螺旋运转灵敏、有效,微动螺旋运转平稳;

④ 目镜调焦螺旋运转平稳有效,十字丝成像清晰;

⑤ 物镜调焦螺旋运转平稳有效,目标成像清晰;

⑥ 读数窗成像清晰,测微轮运转平稳有效;

⑦ 自动安平水准仪补偿器工作正常;

⑧ 电子经纬仪、全站仪等除进行上述检查外还必须检查:电池电量是否充足;操作键盘各按键功能正常,反应灵敏;液晶显示屏显示各种符号清晰、完整,对比度适当;测角、测距及测坐标性能良好;配套的工具数量齐全、连接可靠;

⑨ 三脚架伸缩灵活自如,固定螺旋牢固可靠;

(3) 测量仪器、工具的返还。实验结束后,应及时收装清点仪器、工具,送归测量实验室检查验收;并办理退还手续。若收装清点时发现仪器设备有泥污的地方,需进行擦洗干净;特别是钢尺,必须擦净涂油,以防生锈。若有丢损仪器设备,应写书面报告说明情况,由指导教师签署意见,并按相关规定进行赔偿。

1.2.2 测量仪器、工具的使用和维护

1.2.2.1 测量仪器的领取与检查

(1) 仪器搬运前应检查仪器箱是否关妥、背带和提手是否牢固;搬运仪器工具时,应轻拿轻放,避免剧烈振动和碰撞。

(2) 运送仪器必须轻取轻放,仪器不可直接放在自行车上运送,以免剧烈振动。

(3) 检查脚架和仪器是否相配,脚架各部分是否完好,要防止因脚架不牢而摔坏仪器,或因脚架不稳而影响作业生产。

1.2.2.2 测量仪器的开箱和装箱

(1) 仪器箱应平放在地面上或其它台子上才能开箱,严禁托在手上或抱在怀里开箱,以

免将仪器摔坏；开箱后在未取出仪器前，应注意仪器安放在仪器箱中的位置和方向，以免用毕装箱时，因安放不正确而损伤仪器。

(2) 不论何种仪器，在取出前一定先松开制动螺旋，以免取出仪器时因强行扭转而损坏制、微动装置，甚至损坏轴系，取出仪器前应先牢固地安放好三角架，仪器自箱内取出后不宜用手久抱，应立即固定在脚架上，自箱内取出仪器时，应一手握住照准部支架，另一手扶住基座部分，轻拿轻放，不要一只手抓仪器；测量仪器使用完毕，应及时清除仪器及箱子上的灰尘和三脚架上的泥土。

(3) 测量仪器装箱时，应先松开各制动螺旋，将基座上的脚螺旋旋至中段大致等高的地方，一手握住照准部支架或水准仪基座，另一手将中心连接螺旋旋开，双手将仪器取下装入箱中，有些仪器装箱时要拧开各制动螺旋，只有当放置妥当后再轻轻旋紧制动螺旋，然后关上箱盖并立即扣上门扣或上锁，防止在运输过程中仪器在箱内活动。

(4) 要检查箱内的小工具或附件是否都已固定，防止在运输过程中因没有固定好的工具或附件在箱内活动砸坏仪器。

1.2.2.3 测量仪器的安装：

(1) 伸缩式脚架三条腿抽出后要把固定螺旋拧紧，亦不可用力过猛而造成螺旋滑丝，防止因螺旋未拧紧使脚架自行收缩而摔坏仪器，三条腿拉出的长度要适中。

(2) 架设三脚架时，三条腿分开的跨度要适中，并得太拢容易被碰倒，分得太开容易滑开，都会造成事故。若在斜坡地上架设仪器，应使两条腿在坡下（可稍放长），一条腿在坡上（可稍放短），这样架设比较稳当；如在光滑地面上架设仪器，要用绳子拉住，采取安全措施，防止脚架滑动，摔坏仪器。

(3) 在脚架安放稳妥并将仪器放到脚架头上后，要立即旋紧仪器和脚架间的中心螺旋，预防因忘记拧上连接螺旋或拧得不紧而摔坏仪器。

(4) 仪器安置之后，不论是否操作，必须有人看护，以防止仪器被人或车碰撞。

(5) 自仪器箱内取出仪器后，要随即将仪器箱盖好，以免沙土杂草进入箱内；还要防止搬动仪器时丢失附件。

(6) 仪器箱是保护仪器安全的主要设备，多为薄木板、薄铁皮或塑料制成，不能承重。因此，不允许蹬、坐仪器箱，以免使仪器箱受到损害。

(7) 在室外使用仪器时，应当遮阳、避雨，严防仪器日晒雨淋。

1.2.2.4 测量仪器的使用

(1) 使用仪器时，避免触摸仪器的物镜和目镜。如果镜头有灰尘，应用仪器箱中的软毛刷拂去或用镜头纸轻轻擦拭。严禁用手帕或纸张等物擦拭，以免损坏镜头上的药膜。

(2) 转动仪器时，应先松开制动螺旋，然后平稳转动。若仪器旋转手感有阻力时，不要使劲扳动，应查明原因。

(3) 制动时，制动螺旋不能拧得太紧；使用微动螺旋时，应先旋紧制动螺旋，且松紧要适度，微动螺旋切勿旋至尽头，防止失灵；使用各种螺旋都应均匀用力，以免损伤螺纹。

(4) 在任何时候，仪器旁必须有人看管，做到“人不离仪”，防止其他无关人员摆弄以及行人、车辆等碰撞仪器。在阳光或细雨下使用仪器时，必须撑伞，特别注意不得使仪器受潮。

(5) 实验中如出现仪器故障，应及时向指导教师报告，不得随意自行处理；如有仪器、工具损坏或遗失，要先进行登记，查明原因后，视情节轻重，按学校有关规定给予适当赔偿。

与处理。

(6) 仪器用毕,装箱前,可用软毛刷轻拂仪器表面的尘土。有物镜盖的要将其盖上,仪器箱内如有尘土、草叶应用毛刷刷干净,观测结束后必须将望远镜物镜的镜头盖盖好。任何时候都不应将望远镜瞄准太阳,以免灼坏眼睛。

1.2.2.5 测量仪器的迁站

(1) 在长距离搬站或通过行走不便的地区时,应将仪器装入箱内搬迁,搬迁时切勿跑步,防止摔坏仪器。

(2) 近距离且平坦地区迁站时,可将仪器连同三脚架一同搬迁。方法是:先检查一下连接螺旋是否旋紧,取下垂球;然后松开各制动螺旋,若为经纬仪或全站仪应使望远镜物镜对着度盘中心,若为水准仪物镜应向后;最后收拢三脚架,一手握住仪器的基座或支架放在胸前,一手握住三脚架放在肋下,使仪器和三脚架在保持近乎垂直状态下稳步行走。严禁斜扛仪器,以防碰碎。

(3) 在迁站搬动仪器前,对仪器各部的制动螺旋都要稍为上紧,但又不能过分固定。

(4) 每次迁站都要清点所有仪器、附件、器材,防止丢失。

1.2.2.6 其它仪器、器材的使用和维护

(1) 全站仪等测量仪器是一种光、机、电相结合的电子仪器,对防震要求较高,在运输过程中必须有防震措施,最好用原来的包装。仪器及其附件要经常保持清洁、干燥;棱镜、透镜不得用手接触或用手巾等物擦拭(必要时可用试纸擦拭)。受潮的仪器要设法吹干,在未干燥前不得装箱,在使用过程中,不允许将仪器全部安装在三脚架上搬迁。

(2) 电池,电缆线插头要对准插进,用力不能过猛,以免折断,在强烈的阳光下,要用伞遮住仪器,因温度太高会降低发射管的功效,从而影响测程,决不可把照准头直接对向太阳,这会毁坏二极管。

(3) 各种标尺的完好与否,直接影响测量工作的进行。扶尺人员要与观测人员紧密配合,才能使工作更顺利地进行,要特别注意保持尺子的分划面及尺子底部。立尺时要用双手扶好,严禁脱开双手。在观测间隙中,不要将尺子随便往树上、墙上立靠,这样容易滑倒摔坏或磨伤尺面。尺子如放在平地上,应注意不得有碎石、硬土块等尖锐物体磨伤尺面,更不能坐在尺子上。水准尺从尺垫上取下后,要防止底面粘上沙土,影响测量精度。

(4) 钢卷尺性脆易断,使用时要倍加小心,拉出钢卷尺时,不要在地面上拖拽,防止尺面刻划磨损。钢卷尺注意不要浸入水、泥里,拉伸在地面上时,严禁脚踩和各种车辆从上面压过,用毕后,应擦去灰沙,涂油防锈,一人收卷,另一人拉持尺环,顺序卷入,防止绞结、扭断。

(5) 测图板使用时,应注意保护板面,不准乱戳乱画,不能施以重压。

1.3 测量资料的记录要求

测量资料记录是测量成果的原始数据,十分重要。为保证测量数据的绝对可靠,实验、实习时即应养成良好的职业习惯,记录的要求如下:

(1) 实验、实习记录应和正式作业一样必须直接填写在规定的表格上,不得转抄,更不得用零散纸张记录,再行转抄。

(2) 观测者读出数据后,记录者必须将所记数据复诵一遍,以防听错、记错;记录数据

要完整,例如测角时的秒级、水准测量时的毫米级、钢尺量距时的毫米级等,不可将零尾数省略。

(3) 所有记录与计算均用绘图铅笔(2H或3H)记载。字体应端正清晰,只应稍大于格子的一半,以便留出空隙作错误的更正,在观测之前,应先将使用仪器型号、编号、日期、天气、记录者、观测者和测站已知数据等一一填写齐全。

(4) 禁止擦拭、涂改和挖补,发现错误应在错误处用横线划去;淘汰某整个部分时可用斜线划去,不得使原字模糊不清;修改局部错误时,则将局部数字划去,将正确数字写在原数上方。

(5) 所有记录之修改及观测结果之淘汰,必须在备注栏内注明原因。

(6) 对作废的观测记录,应以单线划去,并注明重测原因及重测结果记于何处;重测记录须加注“重测”二字。

(7) 原始观测之尾部读数不准更改,如角度读数度、分、秒,而秒读数不准涂改,应将该部分观测结果废去重测。

1.4 测量成果的整理、计算要求

(1) 测量成果的整理与计算应用规定的印刷表格或事先画好的计算表格进行。

(2) 内业计算用钢笔书写,如计算数字有错误,可将错字划去另写。

(3) 数据的运算中,按“4舍6入,5前单进双舍”的规则进行凑整。如1.4244m、1.4236m、1.4245m、1.4235m等这些数若要取至毫米位,则均可记为1.424m。

(4) 上交计算成果应是原始计算表格,所有计算均不许另行抄录。

(5) 成果的记录、计算的小数取位要按规定执行。各等级的三角测量、精密导线测量和水准测量的记录和计算的小数位分别列表于表1.2~表1.4。

表 1.2 三角测量记录、计算的小数取位

项目	等级	读数/($''$)	一测回数/($''$)	记簿计算/($''$)
水平角	一、二等	0.1	0.01	0.01
	三、四等	1	0.1	0.1
垂直角		1	1	

表 1.3 精密导线测量记录、计算的小数取位

等级	观测方向及各项改正数/($''$)	边长观测值及改正数/m	边长与坐标/m	方位角/($''$)
二等	0.01	0.0001	0.001	0.01
三、四等	0.1	0.001	0.001	0.01

表 1.4 水准测量记录、计算的小数取位

等 级	往(返)测距离和 /km	往(返)测距离数 /km	各测站高差 /mm	往返测高差和 /mm	往返测高差中数 /mm	高差 /mm
二等	0.01	0.1	0.01	0.01	0.1	0.1
三等	0.01	0.1	0.1	1.0	1.0	1.0
四等	0.01	0.1	0.1	1.0	1.0	1.0

第2章 高程测量

在水准测量中，提供水平视线的仪器称为水准仪，与之配合使用的工具有水准尺和尺垫。

水准仪按仪器的精度可分为 DS_{05} 、 DS_1 、 DS_3 、 DS_{10} 等等级。“D”和“S”分别为“大地测量”和“水准仪”汉语拼音的第一个字母；下标数字表示该仪器的精度，即每公里往返测高差中数的偶然中误差分别为 $\pm 0.5\text{mm}$ 、 $\pm 1\text{mm}$ 、 $\pm 3\text{mm}$ 、 $\pm 10\text{mm}$ 。 DS_{05} 和 DS_1 为精密水准仪，适用于精密水准测量。在土木工程测量中，最常用的是 DS_3 型普通水准仪。

2.1 水准测量原理

水准测量的原理是利用水准仪提供的水平视线，读取竖立于两个点上的水准尺上的读数，来测定两点间的高差，再根据已知点高程计算待定点高程。

如图 2.1 所示，在地面上有 A、B 两点，设 A 点的高程 H_A 为已知、为求 B 点的高程 H_B ，在 A、B 两点之间安置水准仪，A、B 两点上各竖立一把水准尺，通过水准仪的望远镜读取水平视线分别在 A、B 两点水准尺上截取的读数为 a 和 b ，可以求出 A 点至 B 点的高差为：

$$h_{AB} = a - b \quad (2.1)$$

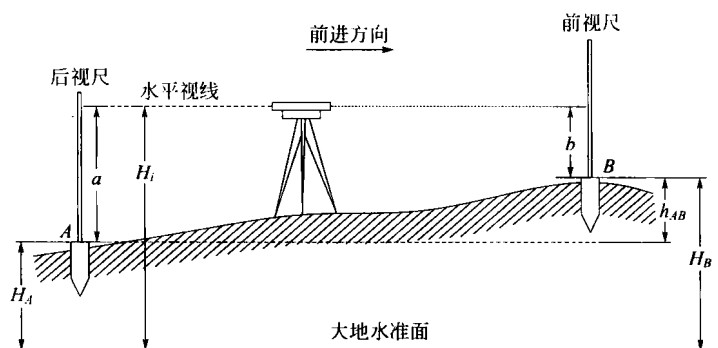


图 2.1 水准测量原理

设水准测量的前进方向为 A 点至 B 点，则称 A 点为后视点，其水准尺读数 a 为后视读数；称 B 点为前视点，其水准尺读数 b 为前视读数。因此，两点间的高差等于：

$$h_{AB} = \text{后视读数} - \text{前视读数}$$

此计算高差顺序不能颠倒，否则将与实际地形高低情况不符，如果后视读数大于前视读数，则高差为正，表示 B 点比 A 点高， $h_{AB} > 0$ ；如果后视读数小于前视读数，则高差为负，表示从 B 点比 A 点低， $h_{AB} < 0$ 。

如果 A、B 两点相距不远，且高差不大，则安置一次水准仪，就可以测得高差 h_{AB} 。此时 B 点高程的计算公式为：

$$H_B = H_A + h_{AB} \quad (2.2)$$

B 点高程也可以通过水准仪的视线高程 H_i 计算, 即:

$$H_i = H_A + a \quad (2.3)$$

$$H_B = H_i - b \quad (2.4)$$

当架设一次水准仪需要测量出多个前视点 $B_1, B_2, \dots, B_n$ 点的高程时, 采用视线高程计算这些点的高程非常方便。设水准仪对竖立在 $B_1, B_2, \dots, B_n$ 点上的水准尺读取的读数分别为 $b_1, b_2, \dots, b_n$ 时, 则有高程计算公式为:

$$\left. \begin{aligned} H_i &= H_A + a \\ H_{B_1} &= H_i - b_1 \\ H_{B_2} &= H_i - b_2 \\ &\dots\dots \\ H_{B_n} &= H_i - b_n \end{aligned} \right\} \quad (2.5)$$

2.2 DS₃ 微倾式水准仪的使用

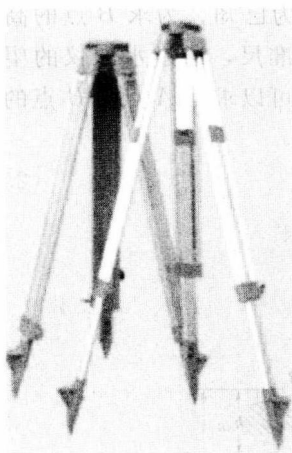


图 2.2 三角架

DS₃ 微倾式水准仪的使用包括: 安置仪器、粗略整平、瞄准标尺、精确整平和读数五个步骤。

(1) 安置仪器 根据水准测量的要求, 应选择合适的地方安置仪器。首先, 松开三角架腿的伸缩螺旋, 见图 2.2, 将架头提升到合适的高度, 然后拧紧伸缩螺旋。再张开三角架, 目估使架头大致放平, 最后用中心螺旋将水准仪安置在三脚架头上。安置时应用手握紧仪器基座以防仪器从架头上滑落。

(2) 粗略整平 粗平是通过调节脚螺旋的高低使圆水准器气泡居中, 从而使仪器竖轴大致铅垂, 视准轴粗略水平。操作方法是: 先固定两个架腿, 略提起另一个架腿左右摆动和前后移动, 使圆气泡大致居中, 然后将该架腿踩实, 再调节脚螺旋使圆气泡准确居中, 其调节方法如图 2.3 所示。调节时应注

意, 脚螺旋顺时针方向旋转, 脚螺旋升高, 则气泡向该脚螺旋方向移动。

(3) 瞄准标尺

① 目镜调焦 — 将望远镜对着明亮的背景或物镜调焦至无穷远, 旋转目镜调焦螺旋, 使十字丝成像清晰。

② 粗略瞄准 — 转动望远镜, 使照门和准星的连线对准水准尺, 旋紧制动螺旋。

③ 精确瞄准 — 在目镜前观察目标, 同时旋转物镜调焦螺旋, 使水准尺成像清晰。然后转动水平微动螺旋, 使十字丝纵丝对准水准尺中央或稍偏一点。

④ 消除视差 — 精确瞄准后, 眼睛在目镜前上下微动, 若发现十字丝横丝在水准尺上的位置也随之移动, 这种现象称为视差。产生视差的原因是水准尺通过物镜组所成的影像与十字丝平面不重合。视差的存在将会影响读数的准确性, 应予以消除。消除视差的方法是再仔细地进行物镜调焦、目镜调焦, 直到眼睛上下移动时读数不变为止。

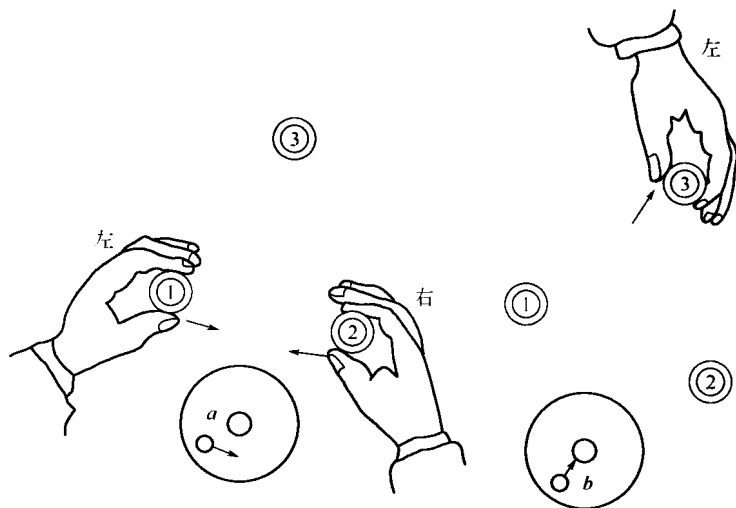


图 2.3 调节圆水准气泡居中

(4) 精确整平和读数 通过望远镜左边的符合水准器观察窗观察气泡影像，同时用右手转动微倾螺旋，使符合气泡吻合（见图 2.4）。一旦吻合，则立刻从望远镜内读取中丝在水准尺上的读数。米、分米和厘米可直接读出，但一定要弄清注记与刻划的对应关系，否则会出现读数错误；毫米为估读值。图 2.5 中，中丝读数为 1.536；为了避免读听错误，报读数时，一般不带小数点，即读做“1536”。

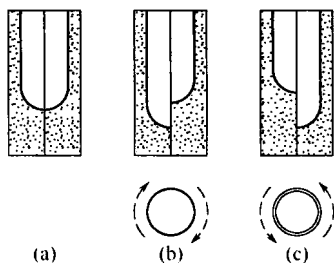


图 2.4 水准管气泡吻合

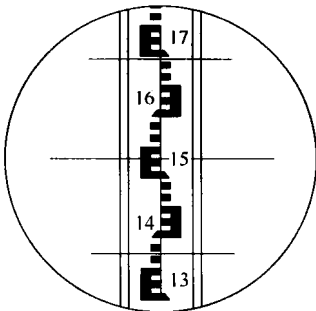


图 2.5 水准尺读数

2.3 普通水准测量

2.3.1 水准测量的施测

当欲测的高程点距水准点较远或高差很大时，就需要连续多次安置仪器以测出两点的高差。如图 2.6 所示，水准点 A 的高程为 27.354m，现拟测量 B 点的高程，其观测步骤如下：
在离 A 点和转点 1 距离大致相等的地方 I 处安置水准仪，在 A、1 两点上分别立水准尺。用圆水准器将仪器粗略整平后，后视 A 点上的水准尺，精平后读数得 a_1 为 1467，记入表 2.1 观测点 A 的后视读数栏内。旋转望远镜，瞄准前视点 1 上的水准尺，同法读取读数为 b_1 为 1124，记入点 1 的前视读数栏内。后视读数减去前视读数得到高差 h_1 为 +0.343，记入高差栏内。此为一个测站上的工作。点 1 上的水准尺不动，把 A 点上的水准尺移到点

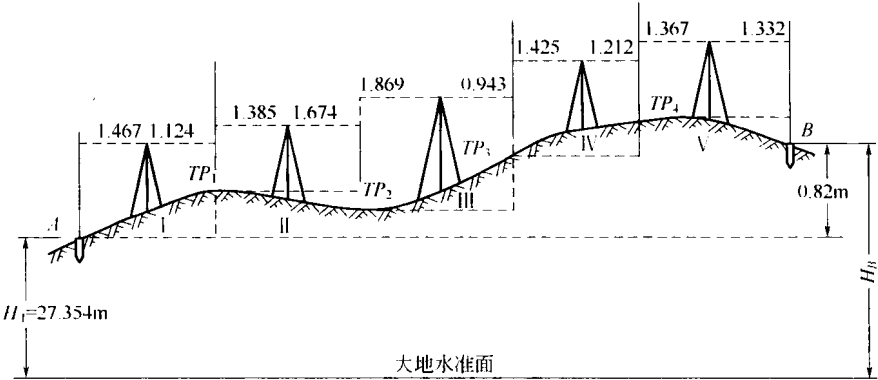


图 2.6 水准测量的施测

2. 仪器安置在点 1 和点 2 之间的Ⅱ处，同法进行观测和计算，依次测到 B 点。

表 2.1 水准测量手簿

测站	测点	水准尺读数		高差/m		高程/m	备注
		后视(a)	前视(b)	+	-		
I	BM _A TP ₁	1 467	1 124	0.343		27.354	
II	TP ₁ TP ₂	1 385	1 674		0.289		
III	TP ₂ TP ₃	1 869	0 943	0.926			
IV	TP ₃ TP ₄	1 425	1 212	0.213			
V	TP ₄ BM _B	1 367	1 732		0.365	28.182	
计算检核		$\sum a = 7.513$	$\sum b = 6.685$	$\sum + 1.482$	$\sum - 0.615$	28.182	
		- 6.685				27.354	
		+ 0.828		$\sum h = +0.828$		+ 0.828	

显然，每安置一次仪器，便可测得一个高差，即：

$$h_1=a_1-b_1 \quad h_2=a_2-b_2 \quad h_3=a_3-b_3 \quad h_4=a_4-b_4 \quad h_5=a_5-b_5$$

将各式相加，得：
$$\sum h=\sum a-\sum b$$

则 B 点的高程为：
$$H_B=H_A+\sum h \tag{2.6}$$

2.3.2 测站检核

为了检核测站测量数据的正确性，提高测量精度，测站检核通常采用变动仪器高法或双面尺法。

(1) 变动仪器高法（两次仪高法） 是在同一个测站上用两次不同的仪器高度，测得两次高差以相互比较进行检核。即测得第一次高差后，改变仪器高度（应大于 10cm）重新安置，再测一次高差，观测过程如图 2.7 所示。两次所测高差之差不超过容许值（例如等外水准容许值为 6mm），则认为符合要求，取其平均值作为最后结果（记录、计算列于表 2.2 中），否则必须重测。