

高等院校土木工程专业实验实习指导用书

测量实验及实习 指导教程

CELIANG SHIYAN JI SHIXI
ZHIDAO JIAOCHENG

伊廷华 袁永博 主编

中国建筑工业出版社

高等院校土木工程专业实验实习指导用书

测量实验及实习指导教程

伊廷华 袁永博 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

测量实验及实习指导教程/伊廷华, 袁永博主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2009

(高等院校土木工程专业实验实习指导用书)

ISBN 978-7-112-11237-1

I. 测… II. ①伊…②袁… III. 工程测量-高等学校-教学
参考资料 IV. TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 151511 号

测量学是土木工程专业及相关专业必修的一门专业基础课。在测量学课程的教学体系中, 实验与实习教学环节是整个教学过程中必不可少的一部分, 它起着巩固课堂知识, 理论联系实际的作用。本书以非测量专业的测量学教学大纲为基础, 系统介绍了测量学实验和实习中的基本理论知识、实验目的、实验仪器、实验内容、实验步骤、注意事项等, 并给出了用于记录的标准表格。

本书可作为高等学校土建、市政、规划、交通、水利等专业的测量学配套教材, 供课堂教学和实验实习使用, 也可作为相关工程技术人员的参考用书。

* * *

责任编辑: 刘婷婷

责任设计: 崔兰萍

责任校对: 陈晶晶 关 健

高等院校土木工程专业实验实习指导用书

测量实验及实习指导教程

伊廷华 袁永博 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 9 $\frac{3}{4}$ 字数: 244 千字

2009 年 10 月第一版 2009 年 10 月第一次印刷

定价: 22.00 元

ISBN 978-7-112-11237-1

(18517)

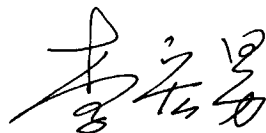
版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

随着测绘科学技术进入信息化发展阶段,测量学的内涵和外延已远远超过了原来意义上的测量和绘图,测量学课程的地位、作用和内容体系的重点都发生了巨大变化。测量仪器已从传统仪器(光学经纬仪、水准仪、平板仪和钢尺等)发展到了现代仪器(电子水准仪、电子经纬仪、电磁波测距仪、全站仪和GPS信号接收机等)。这些现代电子测绘仪器可将高程、角度、距离等三项基本测量工作集中于一体,自动读数、自动记录、自动存储数据,并可借助于电子平板和数字测量软件实现野外一体化测量,通过其与绘图仪的有机连接,可实现绘图仪的自动绘图。为适应信息化发展的需要,并完整地反映测绘科技的最新成果和发展方向,这就要求测量学教材的内容体系相应地更新。但现有的大多数测量学教材对这些内容的介绍十分有限,相对于十几年,甚至几十年来使用的教材,仅作了少量的增补和细枝末节的修改。另一方面,随着土木工程各专业面的不断拓宽,测量学课时不断压缩,教学内容与学时的矛盾日益突出。在测量学实践性教学环节中解决教学内容与计划学时之间的这种矛盾,必须解决教材内容中传统测量仪器、技术为主体与现代测量仪器、现代测量技术之间的矛盾。因此,反映新的教学思想、教学体系和内容的教材编写就显得尤为重要。

《测量实验及实习指导教程》一书,由大连理工大学土木水利学院两位多年从事测量学教学工作的教师编写完成,在书稿即将付梓之际,我有幸先睹为快。该书以使能够既懂得“传统”,又熟悉“现代”为宗旨,内容按照由单项仪器操作的基本技能训练到工程综合实践的顺序进行编排,循序渐进、脉络清晰,组成了一个较为完整的结构体系。值得一提的是,该书对传统测量实践教学的内容进行了重新梳理,舍弃了一些“过时”的东西,充分反映了当代先进的测量仪器和现代化测量技术,对于学生学习新知识,了解测绘科学发展的新动向十分有益。该书叙述简洁规范、通俗易懂,相信非测量专业的学生通过本书的系统学习,亦可掌握各种测量基本技能,为将来从事测绘领域内的有关工作打下良好的基础。



大连理工大学土木水利学院 院长
长江学者特聘教授·博士生导师
2009年8月于大连

前言

测量学是一门理论与实践结合十分紧密的土木工程专业基础课，也是一门实用性很强、应用面较广的科学。实验实践教学是测量学教学体系的重要组成部分，是对学生进行测量科学实验训练、使学生对所学理论知识强化记忆、感性具体吸收、深化理解并使学生获得规范操作技能、提高学生动手能力和培养勇于实践精神的重要环节。此外，通过教学实验中的分工合作以及对实验结果的讨论归纳，可以培养学生的团队协作精神及相互讨论的科学作风。

测量实验应以仪器使用、工程测量、地形图测绘等内容为主，充分发挥学生的主观能动性，因材施教。近年来，随着信息技术、地球观测技术的发展，尤其是由 RS 技术、GPS 技术、GIS 技术组成的 3S 技术的迅猛发展，测量学及其相关科学的知识创新体系正在日益构建，野外数据采集手段、技术发生了革命性的变化，测量仪器已向电子化、数字化、自动化、智能化、实时化和信息化方向发展，新型测绘仪器不断涌现，自动化程度越来越高，功能也越来越全，并且新型测绘仪器在工程建设中已广泛应用，而现有的测量学教材对这些内容的介绍十分有限，难以适应测量学学科的发展需要和用人单位对测量人才提出的新要求。基于此，本书以非测量专业的测量学教学大纲为基础，删除、减少了传统的渐趋消去的测量学内容及仪器介绍，增加了新知识、新理论、新技术等教学内容，如无棱镜全站仪、GPS 定位技术、数字化测图技术等，以适应科学技术发展和专业培养目标的需要。本书在编写过程中，力求内容重点突出、章节编排合理，理论与应用配合适当，文字叙述通俗易懂。全书共分 3 章。第 1 章和第 2 章由伊廷华主编，第 3 章由袁永博主编，全书由袁永博主审。第 1 章为绪论，主要介绍了测量实验与实习课的目的和意义、测量仪器的借用办法及注意事项、测量成果的整理以及常用的一些规范等；第 2 章为测量学基础实验指导，内容包括九大部分（水准测量、经纬仪的认识与使用、距离测量、经纬仪测绘法测绘地形图、全站仪的认识与使用、数字化机助成图、GPS 信号接收机的认识与使用、建筑物轴线测设和高程测设、道路圆曲线测设），在每一部分都给出了基本知识、实验目的、实验仪器、实验内容、实验步骤、注意事项以及记录表格等方面的内容；第 3 章为测量学实习指导，内容包括实习的要求与注意事项、实习的准备工作及进度安排、实习工作的开展、实习仪器的检验与校正以及实习成果的整理与提交五个部分。

本书是作者及合作者多年教学经验的总结，在书的编写过程中，李宏男教授、伊晓东副教授、于清华工程师提供了许多宝贵的资料并给予了許多建设性的意见，硕士生李天华、叶公伟、杨磊、王丽娜、周丹、孙秀丽，以及本科生常婷、韩超、程世杰、都晓、易

圣辉等做了部分资料收集和整理工作，是他们的辛勤劳动才使得本书内容丰富、翔实，在此表示衷心的感谢！

本书的出版得到了中国建筑工业出版社、大学生创新实验计划项目以及大连理工大学教学改革重点项目的大力支持，在此表示衷心感谢！

由于作者水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，衷心希望读者批评指正。

作者

2009 年 8 月于大连理工大学

目 录

第1章 绪论	1
1.1 测量实验与实习课的意义和目的	1
1.2 测量实验与实习课的一般要求	1
1.3 测量仪器的使用及注意事项	2
1.3.1 测量仪器的借用	2
1.3.2 测量仪器的检查	2
1.3.3 测量仪器的架设	3
1.3.4 测量仪器的使用	3
1.3.5 测量仪器的搬迁	3
1.3.6 测量仪器的装箱	3
1.3.7 测量工具的使用	3
1.4 测量成果的记录、整理与提交	4
1.5 测量实验与实习中的常用规范	4
第2章 测量学基础实验指导	5
2.1 水准测量	5
2.1.1 基本知识	5
2.1.2 实验目的	6
2.1.3 实验仪器	6
2.1.4 实验内容	6
2.1.5 实验步骤	7
2.1.6 注意事项	8
2.1.7 记录表格	8
附录1 微倾式水准仪基本构造和功能介绍	9
附录2 自动安平水准仪基本构造和功能介绍	12
附录3 电子水准仪基本构造和功能介绍	13
2.2 角度测量	24
2.2.1 基本知识	24
2.2.2 实验目的	26
2.2.3 实验仪器	26
2.2.4 实验内容	26
2.2.5 实验步骤	26
2.2.6 注意事项	27
2.2.7 记录表格	28
附录4 光学经纬仪基本构造和功能介绍	29

附录 5 电子经纬仪基本构造和功能介绍	32
2.3 距离测量	39
2.3.1 基本知识	39
2.3.2 实验目的	41
2.3.3 实验仪器	41
2.3.4 实验内容	41
2.3.5 实验步骤	41
2.3.6 注意事项	42
2.3.7 记录表格	42
2.4 经纬仪测绘法测绘地形图	43
2.4.1 基本知识	43
2.4.2 实验目的	43
2.4.3 实验仪器	43
2.4.4 实验内容	43
2.4.5 实验步骤	44
2.4.6 注意事项	44
2.4.7 记录表格	45
2.5 全站仪的认识与坐标测量	46
2.5.1 基本知识	46
2.5.2 实验目的	47
2.5.3 实验仪器	47
2.5.4 实验内容	47
2.5.5 实验步骤	47
2.5.6 注意事项	48
2.5.7 记录表格	48
附录 6 南方 NTS-660 全站仪基本构造和功能介绍	49
附录 7 苏一光 RTS-600 全站仪基本构造和功能介绍	57
附录 8 科力达 KTS-550 全站仪基本构造和功能介绍	66
2.6 数字化机助成图	75
2.6.1 基础知识	75
2.6.2 实验目的	76
2.6.3 实验仪器	76
2.6.4 实验内容	76
2.6.5 实验步骤	77
2.6.6 注意事项	80
2.7 GPS 信号接收机的认识和使用	80
2.7.1 基本知识	80
2.7.2 实验目的	81
2.7.3 实验仪器	81
2.7.4 实验内容	81
2.7.5 实验步骤	81
2.7.6 注意事项	81
2.7.7 记录表格	82

附录 9 Trimble 5700 RTK 基本操作流程	82
2.8 建筑物基线、轴线测设和高程测设	89
2.8.1 基本知识	89
2.8.2 实验目的	90
2.8.3 实验仪器	90
2.8.4 实验内容	90
2.8.5 实验步骤	90
2.8.6 注意事项	91
2.8.7 记录表格	91
2.9 圆曲线测设	92
2.9.1 基本知识	92
2.9.2 实验目的	93
2.9.3 实验仪器	94
2.9.4 实验内容	94
2.9.5 实验步骤	94
2.9.6 注意事项	95
2.9.7 记录表格	95
第 3 章 测量学实习指导	99
3.1 实习的要求与注意事项	99
3.1.1 实习基本要求及注意事项	99
3.1.2 实习的技术要求	99
3.2 实习的准备工作及进度安排	103
3.2.1 实习小组及场地的划分	103
3.2.2 实习仪器的准备	103
3.2.3 实习进度的安排	104
3.3 实习工作的展开	104
3.3.1 控制测量	104
3.3.2 碎部测量	108
3.3.3 数字化成图	113
3.3.4 工程放样	114
3.4 实验仪器的检验与校正	117
3.4.1 水准仪的检验与校正	117
3.4.2 经纬仪的检验与校正	120
3.5 实习成果的整理与提交	124
3.5.1 成果整理及实习报告编写	124
3.5.2 需要上交的资料	124
3.5.3 实习考核及成绩评定方法	125
附录 10 SV300 数字成图基本操作流程	126
附录 11 CASS2008 数字成图基本操作流程	133
附录 12 常用的计量单位及其换算	144
附录 13 地形图常用符号列表	145
参考文献	148

1.1 测量实验与实习课的意义和目的

“测量学”是一门实践性很强的学科，测量实验与实习课是测量学教学中重要的、必不可少的组成部分，它不仅是学生掌握工程测量基本技能的必要训练手段，也是培养学生动手能力和解决实际工程问题能力的有效途径。加强测量实验和实习的教学，将有助于加深学生对理论知识的理解、消化、巩固和提高，只有通过实验和对测量仪器的亲自操作，进行安置、观测、记录、计算、写实验报告等，才能真正掌握测量的基本方法和基本技能；也只有通过这种实践环节，才可以使学生将理论知识和实践有机结合起来，完成知识的升华。

因此，测量实验课与实习课决非是简单的有关书本所学内容的直观显示或重复，它的开设一般有以下几个目的：

(1) 通过阅读教材和相关资料，概括出测量实验与实习原理和方法的要点，并自行设计和完成一定难度的综合性实验，从而培养学生从事科学实验的初步能力。

(2) 通过动手操作各种观测仪器，使学生掌握测量仪器的原理、构造、性能、操作方法、操作步骤、检验、校正的方法，提高学生的实验操作技能和工程实践能力。

(3) 通过运用所学知识解决测量实验和实习课中所遇到的实际问题，加深学生对测量概念的理解，培养其严谨认真的态度和独立思考的能力。

(4) 通过正确记录和处理测量实验与实习的观测数据、分析测量实验与实习结果、撰写实验与实习报告，培养学生实事求是的科学态度、严谨踏实的工作作风。

(5) 通过分组进行野外测量实验与实习工作，培养学生吃苦耐劳、遵守纪律、团结协作、爱护公物的优良品德。

1.2 测量实验与实习课的一般要求

为了熟悉和掌握精密现代测量仪器及各种测量技术，提高实验效果，应该做到：

(1) 测量实验与实习课前，必须复习教材中的有关内容，认真仔细地预习本书，以明确目的，了解任务，熟悉实验步骤和内容，掌握仪器的使用方法和步骤，注意有关事项，并准备好所需的文具用品。

(2) 实验课时所有同学必须准时到达仪器室领取实验仪器，应遵守课堂纪律，不得无故缺席、早退或迟到。

(3) 测量实验与实习课是以小组为单位的集体协作活动，由组长负责组织协调工作，办理所用仪器工具的借领和归还手续，副组长负责仪器的保管工作。每次领取仪器的时候

要按班、组的顺序进行,对于组员无故缺席的小组,实验室将不发放实验仪器。

(4) 实验和实习过程中,小组成员应服从老师的指导,每个人都要轮流操作仪器,严格按照本书的要求,按时、认真地完成任务。

(5) 在实验和实习过程中,每个小组应在指定的场地进行工作,不得擅自改变地点或离开现场,要爱护现场的花草、树木和农作物,爱护周围的各种公共设施,任意砍折、践踏或破坏者应予以赔偿。

(6) 每次实验都应取得合格的成果,提交书写工整、规范的实验报告或实验记录,经指导老师审阅同意后,方可交还实验仪器,结束工作。

1.3 测量仪器的使用及注意事项

测量仪器属于精密贵重设备,是完成教学任务必不可少的工具。正确使用和维护测量仪器,对于保证教学进度、测量精度、提高工作效率、防止仪器损坏、延长仪器使用年限都有着重要作用。损坏或丢失仪器器材,不但造成国家财产和个人经济上的损失,而且也会影响教学和测量工作的正常进行。因此,对测量仪器工具的正常使用、精心爱护和科学保养,是每个测量人员应该掌握的技能 and 必备的素质。

1.3.1 测量仪器的借用

(1) 以小组为单位借用测量仪器,由组长负责签字,领用仪器时要按小组顺序进行,听从指挥,未经允许不得混领仪器,严禁代替他人领用仪器。

(2) 领到仪器后,应当场清点检查:实物与清单是否相符,仪器工具及附件是否齐全,背带及提手是否牢固,脚架是否完好等;如有缺损,应立即向实验室老师汇报,进行更换。

(3) 离开借领地点之前,必须锁好仪器并捆扎好各种工具,搬运仪器时,必须轻取轻放,避免剧烈振动。

(4) 实验过程中,未经指导老师同意,不得与其他小组擅自调换仪器或转借他人使用。

(5) 实验结束后,应及时收装仪器工具,送还借领处检查验收,办理归还手续,如有遗失或损坏,应写出书面报告说明情况,并按有关规定给予赔偿。

1.3.2 测量仪器的检查

(1) 打开仪器箱前,首先要检查仪器箱是否有裂缝,背带及把手是否完好,然后将箱子平放在地面上打开;打开箱子盖后,应注意观察仪器及附件在箱子中的位置,以便使用完后将各部件稳妥地放回原处。

(2) 仪器从箱子取出后,应立即将箱子盖关好,以防止尘土进入或零件丢失;箱子应放在仪器附近,仪器箱多为薄型材料制成,不能承重,因此严禁蹬、坐在仪器箱上。

(3) 仔细检查仪器的表面有无碰伤划痕,部件是否完整,部件之间是否结合良好,仪器的制动螺旋、微动螺旋和连接螺旋是否运行良好,仪器水平方向、竖直方向是否转动灵活,望远镜调焦螺旋是否运行平稳,是否可以调出清晰的十字丝与目标像,读数窗口是否清晰。

(4) 全站仪要检查操作键盘各功能键是否好用,功能是否正常;液晶显示屏各种符号显示是否清晰、完整、对比度适当;数据输出接口以及外接电源接口是否完好等。

1.3.3 测量仪器的架设

先将仪器的三脚架在地面安置稳妥,若为泥土地面,应将脚尖踩入土中,若为坚实地面,应防止脚尖有滑动的可能性。

(1) 三脚架的三条腿抽出后,要把固定螺旋拧紧,但不可用力过猛而造成螺旋滑扣,也要防止因螺旋未拧紧,造成三脚架架腿自行收缩而摔坏仪器;三脚架高度一般约1.2m左右,三条腿分开的跨度要适中,三脚脚尖成等边三角形,三脚架腿与地面成 60° 左右,太靠拢容易碰到,分得太开,容易滑开。若在斜坡上架设仪器,应使两条腿在坡下,一条腿在坡上;若在光滑地面上架设仪器,要采取安全措施(如用细绳将脚架三条腿连接起来),防止脚架滑动摔坏仪器。

(2) 在三脚架安置稳妥之后,通过调整脚架架腿的长短,使架头保持大致水平;安装仪器时,松开仪器的制动螺旋,双手紧握住仪器支架或底座,轻放置于三脚架上,一手紧握仪器,一手拧紧连接螺旋,以防仪器掉落。

1.3.4 测量仪器的使用

(1) 仪器安置好后,不管是否使用,都必须有人看护,以防止无关人员搬弄或行人、车辆的碰撞。

(2) 作业前仔细全面检查仪器,确定其各项指标、初始设置等是否符合要求,再进行作业。

(3) 镜头上的灰尘,应该使用仪器箱中的软毛刷轻轻拂去,或者使用专用镜头纸轻轻擦去,严禁用手指等擦拭,以免损坏镜头的镀膜。仪器用完后应及时套好镜头盖。

(4) 在野外工作时,应该撑伞,防止日晒雨淋。若仪器不慎被雨水淋湿后,切勿通电开机,应用干净软布擦干并在通风处放置一段时间,待完全干燥后再开机。

(5) 测距仪、电子经纬仪、电子水准仪、全站仪、GPS信号接收机等电子测量仪器,在野外更换电池时,应先关闭仪器的电源;装箱之前,也必须先关闭电源,才能装箱。

(6) 转动仪器时,应先松开制动螺旋,再平稳转动;使用微动螺旋时,应先旋紧制动螺旋。制动螺旋应松紧适度,微动螺旋和脚螺旋不要旋到顶端,使用各种螺旋都应均匀用力,要有“轻重感”,以免损伤螺纹。

(7) 在使用中仪器若发生故障,应及时向指导老师汇报,由老师找专业人员进行维修,不可擅自拆卸仪器。

1.3.5 测量仪器的搬迁

(1) 在行走不便的地区迁站或者远距离迁站时,必须将仪器装箱后再搬迁。

(2) 短距离迁站时,可将仪器连同脚架一起搬迁;取下垂球,检查并旋紧仪器的连接螺旋,松开各制动螺旋使仪器保持初始位置(经纬仪望远镜物镜对向度盘中心,水准仪的水准器向上),收拢三脚架,左手握住仪器的基座或支架放在胸前,右手抱住脚架放在肋下,稳步行走。严禁斜扛仪器,以防碰摔。

(3) 迁站时,小组其他人员应协助观测员带走仪器箱和有关测量工具。

1.3.6 测量仪器的装箱

(1) 拆卸仪器时,应先将脚螺旋调至大致同高的位置,再一手扶住仪器,一手松开连接螺旋,双手取下仪器。

(2) 仪器装箱前,应先将仪器上的灰尘及脚架上的泥土擦拭干净。

(3) 仪器装箱时,松开各制动螺旋,按照取仪器时仪器的位置放好,再拧紧仪器各制动螺旋,然后清点所有附件和工具,若无缺失则将箱盖盖上,扣好搭扣、上锁。若合不上箱口,应打开检查,不可强行关闭。

1.3.7 测量工具的使用

(1) 钢尺的使用:应防止扭曲、打折和折断,防止行人踩踏或车辆碾压,尽量避免尺

身着水；携尺前进时，应将尺身提起，不得沿地面拖行，以防损坏刻画；用完钢尺应擦净、涂油，以防生锈。

(2) 皮尺的使用：应均匀用力拉伸，用后及时收尺，避免着水、车压；如果皮尺受潮，应及时晾干。

(3) 各种标尺、花杆的使用：应注意防水、防潮，防止横向受压，不能磨损尺面刻画的漆皮，不得将水准尺和花杆斜靠在墙上或电线杆上，以防倒下摔断。

(4) 绘图板的使用：应注意保护板面清洁完好，不得乱写乱扎，不能施以重压。

(5) 小件工具如垂球、测杆、尺垫等的使用：应用完即收，防止遗失。

(6) 任何测量工具都应保持清洁，专人保管搬运，不能随意放置，更不能作为捆扎、抬、担等工具。

1.4 测量成果的记录、整理与提交

现场观测数据的准确性和真实性是内业数据处理的依据，因此在实验、实习中，要求学生必须按照操作规程进行正确的观测和记录，确保数据的准确和真实，为了保证测量成果的严肃性、可靠性，应该做到：

(1) 在记录测量数据之前，先应该记录表头的仪器型号、日期、天气、测站、观测者记录者等信息。

(2) 测量数据的记录与计算均用 2H 或 3H 铅笔进行，字迹清晰、字体端正、步骤清晰，字体大小约占记录格的一半，留出空隙更改错误。

(3) 实验记录必须填写在规定的表格内，随测随记，不得凭记忆转抄，记录者应“回报”读数，以免听错记错。

(4) 记录簿上禁止擦拭涂改与挖补数据，如记错需要改正时，应以横线或斜线划去，不得使原字模糊不清，正确的数字应写在原字的上方；已改过的数字又发现错误时，不准再改，应将该部分成果作废重测。

(5) 要及时运用理论知识正确处理误差允许范围内的观测数据，对误差超限和错误的发现要及时发现、及时重测，避免出现误测、误记、漏记的现象，更不允许伪造数据。

(6) 记录表格上规定的内容及项目必须填写，不得留有空白。

1.5 测量实验与实习中的常用规范

测量规范是测量工作的标准，它的发布与实施对加强测量管理，规范测量行为，提高测绘工作的现代化水平，促进测绘事业的发展具有十分重要的作用。在测量实验与实习中，所采用的技术标准是以测量规范为依据的。测量规范是指导测量各项工作以及测量实验与实习的指南，每一位进行测量实验和实习的同学都应认真学习有关测量规范，熟悉测量规范，严格遵守测量规范。常用的规范包括：

(1) 《工程测量规范》(GB 50026—2007)

(2) 《全球定位系统 (GPS) 测量规范》(GB/T 18314—2009)

(3) 《1:500 1:1000 1:2000 地形图数字化规范》(GB/T 17160—2008)

(4) 《数字测绘产品检查验收规定和质量评定》(GB/T 18316—2008)

(5) 《测绘技术总结编写规定》(CH/T 1001—2005)

本章根据非测量学专业教学大纲的要求,对部分实验内容进行了删减,将部分实验内容合并,共列出9项实验。每项实验的教学一般为4个学时,每个实验小组可分为3~5人,但应根据实验的具体内容以及实验设备条件灵活安排,以保证每个成员都能进行观测、记录及辅助工作等实践。

每项实验的记录表格均列在每次实验的后面,在实验中应做到随时观测、随时记录、随时计算检核,实验完成后,应将填写完整的观测记录表格裁剪下来,上交指导教师。

2.1 水准测量

2.1.1 基本知识

测量地面上各点高程的工作,称为高程测量。高程测量根据所使用的仪器和施测方法的不同分为水准测量、三角高程测量、气压高程测量和GPS高程测量等,其中水准测量是高程测量中最基本的和精度较高的一种测量方法。

水准测量就是利用一条水平视线,并借助水准尺,来测定地面两点间的高差,进而由已知点的高程推算出未知点高程的方法。如图2.1-1所示,设在地面A、B两点上竖立水准尺,在A和B两点间安置水准仪,利用水准仪提供一条水平视线,分别截取A、B两点视距尺上的读数 a 、 b ,可以得到

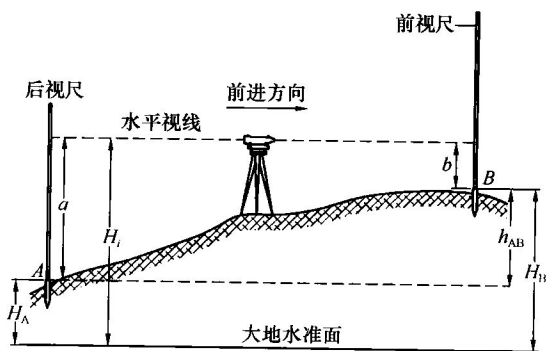


图 2.1-1 水准测量原理

$$H_A + a = H_B + b \quad (2.1-1)$$

式中, A点水准尺读数 a 称为后视读数, B点水准尺读数 b 为前视读数。

A、B两点的高差 h_{AB} 也可以写为

$$h_{AB} = a - b \quad (2.1-2)$$

若A点高程 H_A 已知,则由式(2.1-1)和式(2.1-2)可求出B点高程为

$$H_B = H_A + (a - b) = H_A + h_{AB} \quad (2.1-3)$$

如果A、B两点距离较远、高差较大或遇到障碍物使视线受阻,仅安置一站仪器不能完成观测任务时,可采取分段、连续设站的方法施测,在线路中间设置一些转点TP(临

时高程传递点,须放置尺垫)来完成测量工作。水准路线可分为闭合水准路线、附和水准路线和支水准路线三种。

如图 2.1-2 所示,可容易得到高程计算公式为

$$\begin{cases} h_i = a_i - b_i & (i = 1, 2, \dots, n) \\ h_{AB} = \sum h = \sum a - \sum b \\ H_B = H_A + h_{AB} \end{cases} \quad (2.1-4)$$

或

$$\begin{cases} \text{TP}_1 \text{ 高程: } H_1 = H_A + h_1 \\ \text{TP}_2 \text{ 高程: } H_2 = H_1 + h_2 \\ \vdots \\ \text{点 B 高程: } H_B = H_{n-1} + h_n \end{cases} \quad (2.1-5)$$

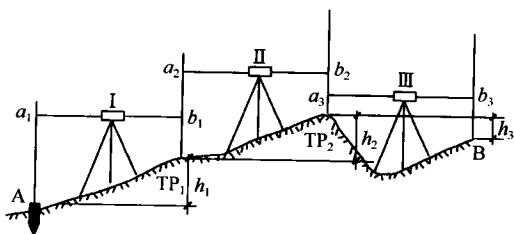


图 2.1-2 水准线路测量

水准测量的工具是水准仪,它主要由望远镜、水准器、基座三部分组成。按仪器精度分,有 DS₀₅、DS₁、DS₃、DS₁₀ 四种型号的仪器。D 和 S 分别为“大地测量”和“水准仪”的汉语拼音第一个字母;数字 05、1、3、10 表示每千米该仪器往返测量平均值的中误差,单位为毫米 (mm)。DS₀₅、DS₁ 型适用于精密水准测量,DS₃、DS₁₀ 型

适用于普通水准测量。按结构分为微倾水准仪、自动安平水准仪和激光水准仪。

(1) 微倾水准仪:借助微倾螺旋获得水平视线。其管水准器分划值小、灵敏度高。望远镜与管水准器联成一体。凭借微倾螺旋使管水准器在竖直面内微做俯仰,符合水准器居中,视线水平。

(2) 自动安平水准仪:借助自动安平补偿器获得水平视线。当望远镜视线有微量倾斜时,补偿器在重力作用下对望远镜做相对移动,从而迅速获得视线水平时的标尺读数。这种仪器较微倾水准仪工效高、精度稳定。

(3) 电子水准仪:利用激光束代替人工读数。将激光器发出的激光束导入望远镜筒内使其沿视准轴方向射出水平激光束。在水准标尺上配备能自动跟踪的光电接收靶,即可进行水准测量。

2.1.2 实验目的

- (1) 熟悉水准仪的基本构造及主要部件的名称和作用;
- (2) 了解三脚架的构造和作用,熟悉水准尺的刻划、标注规律,尺垫的作用;
- (3) 掌握水准仪测量高差的基本步骤;
- (4) 掌握水准测量的闭合差检核与调整方法。

2.1.3 实验仪器

- (1) 实验室配备:水准仪 1 台,三脚架 1 个,水准尺 1 把,尺垫 1 个,记录板 1 块。
- (2) 自备:计算器 1 个,铅笔 1 支,橡皮 1 块,小刀 1 把。

2.1.4 实验内容

熟悉水准仪各部件的名称和作用,练习从安置水准仪、粗略整平、瞄准水准尺、精平

与读数整个操作流程,学习消除视差的方法,掌握闭合差的计算与调整步骤,每组完成1次闭合水准路线或附合水准路线的测量,要求转点不少于4个,精度符合要求。

2.1.5 实验步骤

1. 安置仪器,熟悉水准仪的基本构造、各部件名称和作用

(1) 选择坚固、平坦、空阔的地方打开三脚架,使三脚架的三条腿近似等距,架设高度应该适中,架头应该大致水平,架腿制动螺旋应该固紧;

(2) 打开仪器箱,双手取出水准仪,将仪器小心地安置到三脚架顶面上,用一只手握住仪器,另一只手松开三脚架中心连接螺旋,将仪器固定在三脚架上;

(3) 对照教材,观察仪器的各个部件的构造,熟悉各螺旋的名称和作用,试着旋拧各个螺旋以了解其功能。

2. 学习水准仪粗略整平、瞄准水准尺、精平与读数的操作流程

(1) 粗略整平

粗略整平是借助圆水准器的气泡居中,使仪器竖轴大致铅直,从而使视准轴粗略水平。如图 2.1-3 (a) 所示,气泡未居中而位于 a 处;则先按箭头所指方向,用双手相对转动脚螺旋①和②,使气泡移动到 b 的位置 [图 2.1-3 (b)];再左手转动脚螺旋③,即可使气泡居中。注意:在整平的过程中,气泡移动的方向与左手大拇指运动的方向一致。

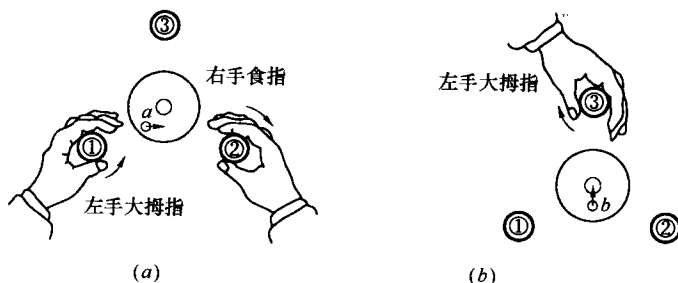


图 2.1-3 粗略整平方法

(a) 两个脚螺旋转动方向; (b) 第三个脚螺旋转动方向

(2) 瞄准水准尺

①将望远镜对着明亮的背景,转动目镜螺旋,使十字丝清晰;

②松开制动螺旋,转动望远镜,采用望远镜镜筒上面的照门和准星瞄准水准尺,然后拧紧制动螺旋;

③从望远镜中观察,转动物镜螺旋进行对光,使目标清晰,再转动微动螺旋,使竖丝对准水准尺;

④眼睛在目镜端上下微微移动,若十字丝与目标影像有相对移动,则应重新仔细地进行物镜对光,直到读数不变为止。

(3) 精平

眼睛通过位于目镜左方的符合气泡观察窗看水准管气泡,右手转动微倾螺旋,使气泡两端的像吻合,即表示水准仪的视准轴已精确水平。

(4) 读数

观察十字丝的中丝在水准尺上的分划位置,读取读数。

3. 进行闭合或附合水准路线测量

(1) 选定一条闭合或附合水准路线，长度以安置 4~6 个测站为宜，确定起始点及水准路线的前进方向；

(2) 在起始点和第一个待定点分别立水准尺，在距该两点大致等距处安置仪器，按照粗略整平、瞄准水准尺、精平与读数的操作流程，分别观测后视读数和前视读数，计算高差 h_1 ，然后将仪器搬至第 1 和第 2 点的中间设站观测，得到 h_2 ，依次推进测出 h_3 、 h_4 、…；

(3) 根据已知点高程及各观测站的观测高差，计算水准路线的高差闭合差，并检查是否超限，如果超限，则应重新观测；如没有超限，则对闭合差进行分配，进而推算出各待测点的高程。

2.1.6 注意事项

- (1) 立尺时应站在水准尺后面，双手扶尺，使尺身保持竖直；
- (2) 前后视距可先由步数概量，使前、后视距大致相等；
- (3) 读取读数前，应仔细对光以消除视差；
- (4) 观测过程中不应进行粗平，若圆水准器气泡发生偏离，应整平仪器后重新观测，每次读数时都应进行精平；
- (5) 测量完毕后，应立刻检核，一旦误差超限，应立即重测；
- (6) 实验中严禁专门化作业，小组成员应轮换操作每一项工作。

2.1.7 记录表格

基 本 信 息

班 级		同组成员	
小 组		测站点号	
姓 名		天气状况	
学 号		观测时间	

实 验 记 录

测 站	点 号	后视读数 (m)	前视读数 (m)	高 差 (m)	
				+	-
1	BM1				
	TP1				
2	TP1				
	TP2				
3	TP2				
	TP3				
4	TP3				
	TP4				
5	TP4				
	TP5				