



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



测绘科技专著出版基金资助

CEHUI KEJI ZHUANZHU CHUBAN JIJIN ZIZHU

测量学 实验与实习

CELIANGXUE SHIYAN YU SHIXI

李晓莉 主编

测绘出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
测绘科技专著出版基金资助

测量学实验与实习

李晓莉 主编

测绘出版社

· 北京 ·

内 容 提 要

本书是测量学的配套辅助教材,是测量学课程实践性教学环节重要的、不可缺少的指导性教学资料之一,既可作为测量实验与实习的指导书,也可作为测量实验与实习的课堂教程使用。内容包括6大部分:绪论、测量实验与实习的基本方法、测量误差和数据处理的基本知识、测量实验与实习的基本仪器、测量学基础实验、测量教学实习。另外,在附录三及附录四中的测量实验报告和测量实习技术总结报告可配合测量学基础实验及测量教学实习使用。全书系统地对测量学实验与实习的理论、仪器、方法、数据处理,以及实验与实习的实践性环节进行了较完整的介绍。在内容取舍与章节安排上与多种版本的现用测量学教材相配套,兼顾各类专业(土建、市政规划、道桥、水利、交通、电力、~~农林~~、~~地矿~~、测绘等)和不同层次(本科、专科及职工培训)的教学要求,可作为大专院校测量及相关专业的测量学实验与实习教材,也可作为测量工作人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

测量学实验与实习/李晓莉主编. —北京:测绘出版社,2006.8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 7-5030-1459-8

I. 测... II. 李... III. 测量学—实验—高等学校
—教学参考资料 IV. P2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 099182 号

责任编辑:贾晓林/责任校对:李艳/封面设计:李伟

测 绘 出 版 社 出 版 发 行

地址:北京市西城区复外三里河路 50 号 邮编:100045

电话:(010)68512386 68531558 网址:www.sinomaps.com

三河艺苑印刷厂印刷

新华书店经销

成品尺寸:184mm×260mm 印张:19.25 字数:450千字

2006年8月第1版 2006年8月第1次印刷

印数:0001—4000册

ISBN 7-5030-1459-8/P·436

定价:29.80元

如有印装质量问题,请与我社发行部联系

主 编：李晓莉

副主编：张晓明

参编者：（以下按姓氏笔画为序）

沈诗文 张志慧 张克森 周利利

高 飞 高旭光 彭 程 彭景晶

前 言

测绘科技广泛应用于各个领域。目前,全国数百所大专院校的百余个专业将测量学列为技术基础课程之一,测量学教材也已有多种版本。然而,与之配套的实验与实习类辅助教材却相对匮乏。虽然也有一些为教学工作需要而编写的实验、实习指导资料,但大多内容相对陈旧或覆盖面较窄。许多院校的测量教育工作者都渴望用上通用性强、覆盖面大、内容新颖的高质量的统编测量学辅助教材。

在科学技术日新月异的今天,测量学教材改革和建设的步伐也随之进一步加快,在测量学教学实验与实习中体现新仪器、新理念、新技术,是培养新时期综合性人才的基本要求,也是广大学生所希望的,《测量学实验与实习》正是为了满足这一要求和希望而编写的。

本书既重视新仪器设备及技术的介绍,又兼顾常规仪器设备及技术。这样既能满足对新仪器、新技术的实验、实习需求,又能兼顾到不同院校仪器设备更新的现状,以及生产单位的仪器设备实际使用情况。不同专业在使用本书时,可根据需要有所侧重。

本书在附录中安排了“测量学实验报告”和“实习技术总结报告”,以方便教学。在进行实验与实习时,直接填写相应的报告即可。

本书由合肥工业大学李晓莉老师主编,副主编为安徽建筑工业学院张晓明老师。其中:第一章、第二章、第三章由李晓莉、彭景晶编写;第四章由张志慧、李晓莉编写;第五章由李晓莉编写;第六章由张晓明、李晓莉、高旭光、周利利编写;附录由彭程、高飞、张克森、沈诗文等提供;书中插图由李晓莉、彭程绘制。全书由李晓莉统稿,王依教授进行了审阅。在本书编写的过程中收到全国许多院校同行的建议,在此,谨表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,书中难免不足或欠缺之处,诚挚希望本教材的使用者批评指正,以便改进!

作 者

2005 年 10 月于合肥

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 测量实验与实习的目的与主要教学环节	(1)
第三节 测量规范简介	(3)
第四节 测量实验与实习须知	(3)
第二章 测量实验与实习的基本方法	(7)
第一节 比较法	(7)
第二节 放大法	(8)
第三节 补偿法	(8)
第四节 模拟法	(9)
第五节 非电量电测法	(10)
第三章 测量误差和数据处理的基本知识	(11)
第一节 测量与测量误差	(11)
第二节 有效数字	(19)
第三节 数据处理方法	(22)
第四章 测量实验与实习的基本仪器	(29)
第一节 水准测量的仪器与工具	(29)
第二节 角度测量的仪器与工具	(40)
第三节 距离测量的仪器与工具	(53)
第四节 全站仪	(60)
第五节 求积仪	(77)
第六节 全球定位系统	(81)
第七节 激光铅垂仪(天顶仪)	(89)
第五章 测量学基础实验	(91)
实验一 微倾式水准仪及自动安平水准仪的认识和使用	(91)
实验二 普通水准测量	(93)
实验三 四等水准测量	(94)
实验四 微倾式水准仪及自动安平水准仪的检验与校正	(96)
实验五 光学及电子经纬仪的认识及使用	(100)
实验六 测回法观测水平角	(104)
实验七 用 DJ2 光学经纬仪按全圆方向法观测水平角	(107)
实验八 竖直角观测与竖盘指标差的检校	(109)
实验九 光学及电子经纬仪的检验与校正	(112)
实验十 钢尺量距与用罗盘仪测定磁方位角	(116)
实验十一 D2000 (D3000) 红外光电测距仪的认识与使用	(118)

实验十二	视距测量	(120)
实验十三	全站仪的认识与使用	(122)
实验十四	GPS 的认识与使用	(129)
实验十五	航片的立体观察、量测与野外判读	(131)
实验十六	经纬仪图根导线测量	(132)
实验十七	线路纵、横断面测量	(135)
实验十八	用数字及机械求积仪量测面积	(137)
实验十九	用全站仪测设水平角、水平距离及坐标	(140)
实验二十	用水准仪进行高程测设	(144)
实验二十一	全站仪的检验与一般性校正	(145)
实验二十二	碎部测量	(149)
实验二十三	地形剖面测量	(151)
实验二十四	用经纬仪或全站仪进行道路圆曲线的测设	(153)
第六章	测量教学实习	(158)
第一节	测量教学实习的特点与实习方案的制定	(158)
第二节	测量教学实习的准备工作	(162)
第三节	图根控制测量	(167)
第四节	地形图测绘	(171)
第五节	建(构)筑物的图上布置及实地测设	(202)
第六节	测量教学实习的技术总结	(204)
参考文献		(206)
附录一	测量图式符号	(207)
附录二	测量仪器主要等级及技术指标	(211)
附录三	测量实验报告	(217)
附录四	测量实习技术总结报告	(277)

第一章 绪 论

第一节 概 述

测量学研究的是对地球表面局部地区进行测绘的基本理论、仪器、方法、技术及应用。测量学的产生和发展是由生产决定的,它是人们认识自然和改造自然的结晶。测量学所提供的研究成果,以及为研究地球上的自然、有关的社会现象、社会的可持续发展所提供的的基础信息,具有极大的普遍性和应用性,在全球科技、经济、社会、政治的建设发展中起着重要的作用,对人类文明的发展有着巨大的影响。

测量实验是人们根据一定的科学研究目的,运用一定的测量仪器和设备,在人为控制或变革客观事物的条件下获得科学事实的方法。测量学从本质上讲是一门实验科学,对对象的研究都以严格的测量观测实验事实为依据,并且不断地加以验证,如牛顿测算出的地球扁率(约为 $1/298.3$)经过 100 多年后的天文测量观测实验被证实后,使该理论得到普遍的承认和广泛的应用。当测量实验结果与测量理论发生矛盾时,还需进行进一步的测量实验观测,以便修正理论。测量实验通常由 3 部分组成:测量实验者(主体),测量实验对象(客体)和测量实验系统(根据测量实验设计而选择的测量仪器、手段等组成的系统)。测量总是在主客体相互作用中进行的。测量系统在与测量实验对象的相互作用中,对来自客体的信息进行“编码”,然后又将经“编码”后的信息传递给测量者。当然,在进行测量实验时也要求:①测量实验的结果可以用某种标准的方法进行重演;②应以正确反映客观事实本质的测量理论为指导;③应使用先进的测量仪器和技术;④要求测量工作者要有严谨的实事求是的作风。只有这样才能保证测量实验的客观性与科学性。

在测量学的发展中,人类积累了丰富的测量理论和测量方法,设计制造出了各种测量仪器、设备、工具,涉及到地下、地面及空间的信息,这些都极大地充实了测量实验和实习的教学内容。测量实验与实习在测量学的学习中是必修内容,其权重系数超过测量学课程学习的 50%。测量实验与实习既是学生系统学习测量实验知识和技术的开端,也是后续其他课程实验的基础,对培养学生用实验手段去发现、观察、分析、研究、解决问题的能力将起着至关重要的作用。另外,作为一门实践性的学科,测量实验与实习一般需在野外进行,这对培养学生发扬艰苦奋斗的作风、吃苦耐劳的精神,提高学生的克服困难的能力将有着正面和积极的引导作用。

第二节 测量实验与实习的目的与主要教学环节

一、测量实验与实习的目的

测量实验与实习的目的综合起来,体现在如下 3 个方面:

(1)测量实验与实习的目的:一方面是通过测量对象的观测和分析,运用课堂理论解决实验与实习的问题;另一方面是通过实验与实习加深对测量概念的理解,验证和巩固课堂上所学知识,掌握测量仪器的操作、施测计算、绘图等技能,提高学生实践和开展测绘工作的能力。

(2)培养学生从事科学实验的初步能力。这些能力包括:通过阅读教材和资料,能概括出测量实验与实习原理和方法的要点;正确使用基本测量仪器,掌握测量对象的测量方法和实验操作技能;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;自行设计和完成一定难度的综合性实验。

(3)培养学生实事求是的科学态度、严谨踏实的工作作风,勇于探索、坚忍不拔的钻研精神,以及遵守纪律、团结协作、爱护公物的优良品德。

二、测量实验与实习的主要教学环节

为达到测量实验与实习的目的,学生在学习过程中应注意以下3个环节。

(一)测量实验与实习的预习

实验、实习前应积极、仔细地阅读教材及测量技术规范等有关的资料,从中整理出具体测量实验与实习项目的原理、方法、实验条件及注意事项,熟悉观测记录数据的表格以及测量数据处理流程。对于一些综合性或设计性测量实验与实习,还需要自拟测量实验与实习技术方案、设计流程等。因此,课前预习的充分与否是影响测量实验与实习取得主动与成功的关键因素。

(二)测量实验操作

学生在进行测量实验与实习的操作之前,应认真学习测量实验与实习须知,了解测量实验与实习的目的及要求,清楚测量仪器、工具的使用方法。在进行测量实验与实习操作时,应严格要求自己,井井有条地设置仪器、工具,正确操作,注意细心观察测量实验与实习的数据,认真研究和探索实验中的问题。在遇到难点时,做到冷静地分析和处理。测量仪器和工具发生故障时,要在指导教师的指导下学习排除故障的方法。总之,要把实验、实习的重点放在测量实验能力的培养上,而不是测量出了几个数据就以为完成了任务。测量实验与实习是以小组为单位的集体协作活动,在测量实验与实习中每个人都应各司其职,做好自己的工作。另外,不应该将测量实验与实习观测数据,先草记在另外的纸张上再誊写在测量记录表格中,这样极易发生错误,况且这也不是“原始记录”。同时,也不要将所有的计算及检核留在整个测量实验、实习观测完成以后再进行。在测量实验与实习中养成规范操作的习惯,培养良好的严谨的科学实验作风,是造就21世纪高素质、高层次科研及应用型人才的关键之一,在测量实验与实习中应注意强化这方面的意识。测量实验与实习结束后,应做好技术总结工作。

(三)测量实验与实习总结

测量实验与实习观测工作完成后,应对数据进行及时处理。数据处理过程有计算、绘图、精度分析等。计算的理论依据是公式,数据来源应清楚,以便于批改、检查。绘图应遵循作图规则,图线要清晰、规范、美观。数据处理后应给出实验结果,做出实验与实习结论,对实验与实习提出自己的见解和体会。以上要求都应以测量实验或实习技术总结报告的形式给出。

测量实验报告的内容包括:实验名称,实验性质,实验日期(包括天气状况,仪器设备号,班级,小组,观测者、记录者),实验目的与要求,实验仪器和工具,实验原理、方法和步骤,实验数据表格及数据处理,实验结论与建议(对一些实验现象或问题提出的见解和体会,实验的收获及建议等),教师批改意见。

测量实习报告的内容包括:测量教学实习方案的制定,测量教学实习的准备工作,图根控制测量(经纬仪导线、红外测距导线、全站仪导线),地形图测绘(经纬仪测绘法,全站仪数字测图法),建(构)筑物的图上布置及实地测设,测量教学实习的技术总结报告。

第三节 测量规范简介

标准是对一定范围内的重复性事物和概念所做的统一规定。它以科学、技术和实践经验的基础,以获得最佳秩序、促进最佳社会效益为目的,经有关方面协商一致,由主管机构批准,以特定形式发布,作为共同遵守的准则和依据。

测量规范是我国测量工作的国家标准,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,促进我国测绘事业的发展具有十分重要的作用。因此,要切实掌握并正确应用测量知识,首先必须具备测量规范的意识。

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。例如:《水准仪系列及其基本参数》(GB 3160—1991)和《经纬仪系列及其基本参数》(GB 3161—1982)中标明了各项参数的名称、单位、用途;《工程测量规范》(GB 50026—1993)中规定了工程测量及其控制网的布设原则、等级、作业要求和数据处理方法;《中、短程光电测距》(GB/T 16818—1997)中指定适用于二等、三等、四等大地测量,城市测量,工程测量(包括施工测量)的各等级、等外级平面控制网,以及地形控制测量等中、短程光电测距工作,主要章节有基本要求、距离测量的条件和准备、距离测量、距离计算、测距资料的整理与上交、测距仪的维护和保养等;《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314—2001)规定了利用全球定位系统按静态定位原理,建立测量控制网的原则、等级划分和作业方法;《国家三角测量规范》(GB/T 17942—2000)规定了三角测量的布设原则、基本精度指标与主要技术要求;《1:500 1:1 000 1:2 000 地形图数字化规范》(GB/T 17160—1997)规定了以1:500、1:1 000、1:2 000地形图为信息源,采用手扶跟踪或图形扫描等手段获取地形图数据的方法和要求;《1:500 000 地形图编绘规范及图式》(CH/T 4011—1999)规定了地形图上表示的各种地物、地貌要素的符号、注记等,以及使用符号的原则、方法和要求。

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。在测量实验与实习的过程中强调对测量规范的学习,不仅是要求每一个同学练就扎实、过硬的测量本领,也是为21世纪培养遵纪守法、德、智、体全面发展的智能性人才提出的需要。

第四节 测量实验与实习须知

测量学是一门实践性很强的技术基础课,测量实验与实习是测量学教学中不可缺少的环节。只有通过对测量仪器的亲手操作,包括仪器安置、观测、记录、计算、填写实验报告、绘

图的全过程,才能真正掌握测量的基本方法和基本技能,并为深入学习测绘专业理论或有关专业知识打下基础。测量学实验与实习是以测量小组为单位共同完成的组织行为。因此,必须对测量实验与实习做出相应的规定。

一、测量实验与实习的一般规定

(1)在实验、实习前,必须复习《测量学》教材的有关章节及本书的相应项目,以明确实验、实习目的,了解实验、实习任务,熟悉实验、实习步骤及有关注意事项。实验时,必须携带本书及所需的文具用品,以便参照、记录有关数据并进行计算。

(2)实验、实习分小组进行,组长负责组织和协调实验、实习工作,办理所用仪器和工具的借领和归还手续。

(3)实验、实习应在规定的时间内进行,不得无故缺席或迟到早退;应在指定的场地进行,不得擅自改变地点或离开现场。

(4)必须遵守实验室的“测量仪器工具的借领使用规则”。听从教师的指导,严格按照实验、实习要求,认真、按时、独立地完成任务。

(5)测量记录与计算均用硬性铅笔(2H或3H)记载。字体应端正清晰,字高应稍大于格子的一半。一旦记录中出现错误,便可在留出的空隙处对错误的数字进行更正。

(6)表格上各项内容应填写齐全,并由观测者和记录者负责签名。

(7)观测记录必须直接填写在规定的表格中,不得用其他纸张记录再行转抄。

(8)观测者读数后,记录者应立即回报读数,经确认后再记录,以免听错、记错。记录数字若发现有错误,不得涂改、擦拭或挖补。发现错误应在错误处用细横线划去,在原数字上方写出正确数字,并在备注栏内说明原因。

(9)每一测站观测完成后,必须立即进行计算和检核,确认无误后,方可迁站。

(10)根据观测结果,应当场作必要的计算和检核,以决定观测成果是否合格、是否需要进行重测(返工)。并当场写好应该完成的实验报告。

(11)实验结束时,应把观测记录和实验报告交给指导教师审阅。经教师认可后,方可收拾仪器和工具,做必要的清洁工作,向实验室归还仪器和工具,办理退还手续。

二、测量仪器使用规则和注意事项

测量仪器属于比较贵重的设备,目前正向精密光学、机械化、电子化方向发展,其功能也日益先进,代价也更为昂贵。对测量仪器的正确使用、精心爱护和科学保养,是从事测量工作的人员必须具备的素质和应该掌握的技能,也是保证测量成果的质量、提高测量工作效率、发挥仪器性能和延长其使用年限的必要条件。为此,在测量实验、实习中应严格遵守测量仪器使用规则和注意事项。

(一)仪器和工具的借用规则

(1)以实验、实习小组为单位借用测量仪器和工具,按小组编号在指定地点凭学生证向实验室人员领取实验仪器和工具并办理借用手续。

(2)借用时,按本次实验的仪器工具清单当场清点检查,检查实物与清单是否相符,仪器、工具和附件是否完好、齐全,背带及提手是否牢固。

(3)搬运前,应检查仪器箱是否锁好;搬运时,应轻拿轻放,避免剧烈震动和碰撞。

(4)实验、实习结束后,应及时清点、收装仪器及工具,清除接触土地部件(脚架,尺垫等)上的泥土,送还借用处检查验收。如有遗失或损坏,应写出书面报告说明情况,进行登记,并按有关规定赔偿。

(二)仪器的架设

(1)先将仪器的三脚架在地面安置稳妥,架头大致水平,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。

(2)开箱取仪器。仪器从箱中取出之前,应看清仪器在箱中的正确安放位置,以避免装箱时发生困难。取仪器时,应先松开制动螺旋,用双手握住支架或基座,轻轻安放到三脚架头上,一手握住仪器,一手拧连接螺旋,最后拧紧连接螺旋,使仪器与三脚架连接牢固。

(3)架设好仪器以后,随即关闭仪器箱盖,防止灰尘等进入箱内,严禁坐在仪器箱上。

(三)仪器的使用

(1)仪器架设在三脚架上之后,不论是否操作,都必须有人守护,禁止无关人员拨弄,避免路过行人或车辆碰撞。

(2)仪器镜头上的灰尘,应该用仪器箱中的软毛刷拂去或用镜头纸轻轻擦去,严禁用手指或手帕等擦拭,以免损坏镜头上的药膜。观测结束后,应及时套上物镜盖。

(3)在阳光下观测,应撑伞遮阳,雨天应禁止观测。对于电子测量仪器,在任何情况下均应撑伞防护。

(4)转动仪器时,应先松开制动螺旋,然后平稳转动。使用微动螺旋时,应先旋紧制动螺旋(但切不可拧得过紧)。微动螺旋不要旋到顶端,即应使用中间的一段螺纹,以免损伤螺纹。

(5)仪器在使用过程中发生故障时,应及时向指导教师或实验室工作人员报告,不得擅自处理。

(四)仪器的搬迁

(1)在行走不便的地段搬迁测站或远距离迁站时,必须将仪器装箱后再搬。

(2)近距离迁站时,可以将仪器连同三脚架一起搬迁。先检查连接螺旋是否旋紧,松开各制动螺旋,均匀收拢各三脚架腿,一手托住仪器的支架或基座,一手抱住脚架,稳步行走。严禁斜扛仪器,以防碰撞。

(3)迁站时,应带走仪器所有附件及工具,防止遗失。

(五)仪器的装箱

(1)实验、实习结束,仪器使用完毕后,应清除仪器上的灰尘及脚架上的泥土,套上物镜盖,松开各制动螺旋,将脚螺旋调至中段并使大致同高。一手握住仪器支架或基座,一手旋松连接螺旋使其与脚架脱离,双手从脚架头上取下仪器。

(2)仪器放入箱内时,使之正确就位,试关箱盖,确认放妥后(若箱盖合不上口,说明仪器位置未放置正确,应重放,切不可强压箱盖,以免损坏仪器),再拧紧仪器各制动螺旋,然后关箱、搭扣、上锁。

(3)清点仪器附件和工具。

(六)测量工具的使用

(1)钢尺的使用。使用钢尺时,应使尺面平铺在地面上,防止扭转、打圈,防止行人踩踏或车轮碾压,尽量避免尺身沾水。当继续向前丈量时,必须将尺身提起离地,携尺前进,不得

沿地面拖尺,以免磨损尺面刻划甚至折断钢尺。钢尺用毕,应将其擦净并涂油防锈。

(2)皮尺的使用。皮尺的使用方法基本上与钢尺的使用方法相同,但量距时使用的拉力应小于钢尺。皮尺沾水的危害比钢尺更严重,皮尺如果受潮,应晾干后再卷入盒内,卷皮尺时切忌扭转。

(3)各种水准尺和标杆的使用。使用时,应注意防水、防潮,防止受横向压力,防止竖立时倒下,防止尺面分划受磨损。标杆更不能当做棍棒使用。

(4)小件工具(如垂球、测钎、尺垫等)的使用。用完即收,防止遗失。

第二章 测量实验与实习的基本方法

测量泛指以测量理论为依据,以特定的测量仪器、及工具和测量实验技术为手段进行实地观测的过程。待测量的内容非常广泛,它包括一系列物理量,如长度、角度、相位、频谱和温度等。对于同一对象,通常有多种测量方法。测量方法的分类繁多,如按测量数据获得的方式来分,可分为直接测量、间接测量和组合测量;按测量方式来分,可分为直读法、比较法、替代法和差值法;按测量内容来分,可分为电量测量和非电量测量;按被测量与时间的关系来分,可分为静态测量、动态测量、积算测量等。本章将对测量实验与实习中最常用的几种基本测量方法作简单的介绍。

第一节 比较法

比较法是将相同类型的待测量与标准量直接或间接地进行比较,测出其大小的测量方法。比较法可分为直接比较法和间接比较法两种。

一、直接比较法

将被测量直接与已知其值的同类量进行比较,测出其大小的测量方法,称为直接比较测量法。它所使用的测量仪器、工具,通常是直读式设备,它所测量的物理量一般为基本量。例如用钢卷尺、螺旋测微器测量长度;用温度计测量温度;用水平、竖直度盘量取角度;用水准仪在水准尺上进行读数等。测量仪器设备的刻度预先用标准设备进行分划和校准,在测量过程中,指示读数的标志在设备上相应的刻度值就表示出被测量的大小。这种方法由于测量过程简单方便,在测量中的应用较为广泛。

二、间接比较法

当一些待测量难以用直接比较法测量时,可以利用测量值之间的函数关系将被测量与同类标准量进行间接比较测出其值。图 2-1-1 是在高程测设中,将所测设的高程点与一个可调整的高程进行间接比较的测量示意图。当已知水准点 A 的高程,水准仪仪器高 H_i 保持不变,调节 B 处水准尺的高低位置,当读数 b 满足 $b = H_i - H_B$ 时,则测设高程 H_B 与 B 处水准尺零点高程 H_0 满足

$$H_B = H_0 = H_A + a - b \quad (2-1-1)$$

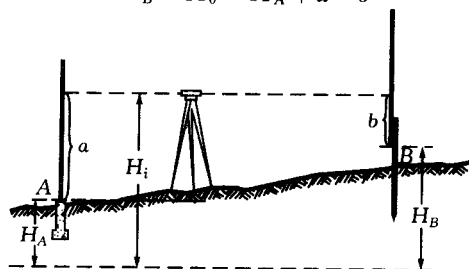


图 2-1-1 间接比较法测设高程

第二节 放大法

测量实验与实习中常遇到一些微小量的测量。为提高测量精度,常需要采用合适的放大方法,选用相应的测量装置将被测量进行放大后再进行测量。常用的放大法有机械放大法、光学放大法、电子放大法等。

一、机械放大法

螺旋测微放大法是一种典型的机械放大法。水准仪、经纬仪、全站仪等内调光光学仪器的望远镜、读数显微镜等的测量系统的机械部分都是采用螺旋测微装置进行测量的。如常用的读数显微镜的测微丝杆的螺距是 1 mm,当螺旋转动一圈时,目镜就沿轴向前或后退 1 mm;测量仪器上的脚螺旋每旋转一圈,就会沿轴向方向上、下位移一定量;机械求积仪计数器的测轮每转动一周,计数盘变化一格,这些都是测量实验与实习中使用的机械放大法的典型例子。

二、光学放大法

常用的光学放大法有两种,一种是使被测物通过光学装置放大视角形成放大像,便于观察判别,从而提高测量精度,例如望远镜、显微镜等;另一种是使用光学装置将待测微小量进行间接放大,通过测量放大的物理量来获得微小物理量,例如测量微小长度和微小角度变化的光学测微器装置,就是一种常用的光学放大法。

三、电子放大法

在测量实验中往往需要测量具有微弱变化的光、电信号(光波的相位、电脉冲等),或者利用微弱的电信号去控制某些测量实验系统的动作,必须用电子放大器将微弱电信号放大后才能有效地进行观察、控制和测量。电子放大作用一般是用集成电路中的三极管完成的。

第三节 补偿法

补偿测量法是通过调整一个或几个与被测量有已知平衡关系(或已知其值)的同类标准量,去抵消(或补偿)被测量的作用,使系统处于补偿(或平衡)状态。处于补偿状态的测量系统中,被测量与标准量具有确定的关系,由此可测得被测量值,这种测量方法称为补偿法,也称为平衡测量法。

如图 2-3-1 是一种自动安平水准仪的补偿器原理图,它是采用使水平视线折射补偿的原理。该补偿器的主要零件是由两个直角棱镜 1、2 和一个屋脊棱镜 3 构成(图中虚线框内的部分)。屋脊棱镜固定在调焦透镜和十字丝分划板之间的望远镜筒内,在屋脊棱镜的下方,用交叉的金属吊丝悬挂着两个直角棱镜,它可在重力的作用下,与望远镜做相对偏转,达到视线自动补偿的目的。

图 2-3-1(a)是仪器处于水平状态时的情形。此时视准轴水平,水平光线经过补偿器 5 次折射后,仍然沿水平方向通过十字丝中心 Z。图 2-3-1(b)是望远镜视准轴倾斜微小的 α

角度时的情形。如果两个直角棱镜随着望远镜一起倾斜一个角 α ，则原来的水平光线经两个直角棱镜反射后，并不通过十字丝中心 Z ，而通过 A 点，所以无法读出视线水平时的读数 L_0 。此时通过十字丝中心的读数为 L_0' ，它不是水平视线的读数。但是，实际上悬挂的两直角棱镜在重力作用下，并不随望远镜倾斜，而是相对于望远镜的倾斜方向做反向偏转，直角棱镜也相对偏转了 α 角，使得经过物镜光心的水平光线经偏转过后的直角棱镜反射后，仍通过十字丝中心 Z ，所以仍能读到视线水平时的读数 L_0 ，如图 2-3-1(c) 所示，从而达到补偿的目的。这是测量实验仪器中所采用的一种典型的补偿法。

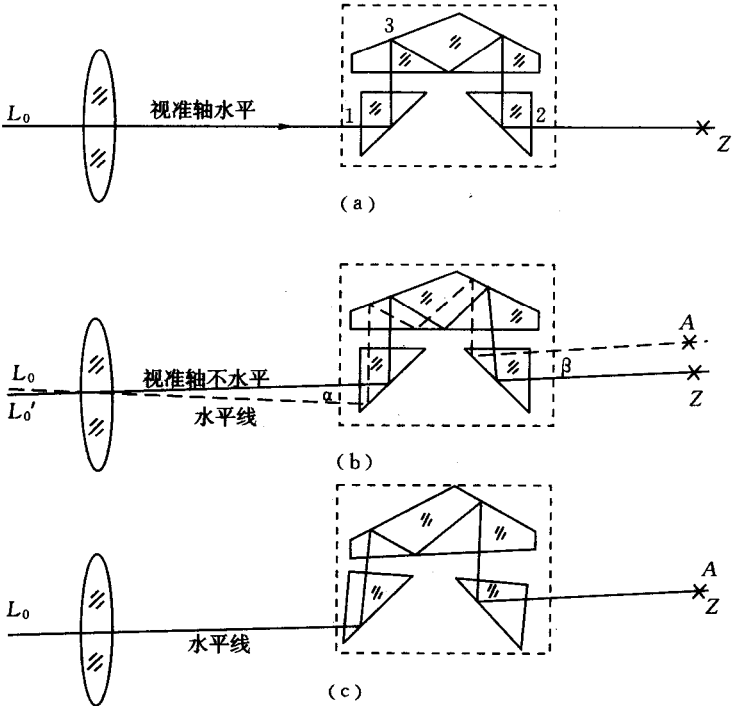


图 2-3-1 自动安平水准仪的补偿原理

第四节 模拟法

对于一些测量实验而言，顾及内外部环境因素的影响十分重要。例如在气温、气压、湿度、照明、气流、磁、电等因素影响的情况下，对测量对象难以进行直接研究和实地测量。于是人们以相似理论为基础模仿实验情况，制造一个与研究对象的物理现象或过程相似的模型使现象重现，从而进行研究和测量，这种方法称为模拟法。模拟法可分为物理模拟法和数学模拟法两类。

一、物理模拟法

物理模拟就是重现与实际研究或测量对象相同本质的测量现象或过程的模拟方法。如在物理测距时，测定测距时的温度、气压、湿度等，在计算过程中重现它们的影响后，加入气温、气压、湿度等的改正数，便可方便地在较短的时间内以较小的代价取得可靠的测量数据。

二、数学模拟法

数学模拟是指在测量中把两个物理本质完全不同,但具有相同的数学形式的物理现象或过程进行模拟的模拟方法。例如在水准测量中地球曲率对读数的影响 C 与大气折光对读数的影响 r 规律相同,具有相似的数学形式

$$C = \frac{D^2}{2R} \quad (2-4-1)$$

因此,我们可以用

$$r = K \frac{D^2}{2R} \quad (2-4-2)$$

来模拟大气折光对读数的影响 r 。式中, D 为水准仪与水准尺间的距离; R 为地球的半径; 系数 $K=1/7$ 。

把上述两种模拟法很好地配合使用,成效更佳。随着计算机的不断发展和广泛应用,用计算机进行模拟实验更为方便,并能将两者很好地结合起来。

第五节 非电量电测法

在科学研究、工农业生产、国防建设和日常生活中,人们得到的信息绝大多数是非电量信息。这些信息许多难以精确测量,即使能被检测出来,也难以放大、处理和传输。为此,需要有一种特殊功能的装置来灵敏、精确地检测有关信息并把这些信息变成便于处理的物理量。由于电信号易于放大、处理、存储和远距离传输,所以目前大多是将被测的非电量信息转换为电量信息进行测量,形成非电量电测技术。

由于非电量电测技术具有测量精度高,反应速度快,能自动、连续地进行测量,便于远距离测量等优点,所以在现代科学技术的各个部门都得到了广泛的应用。非电量电测系统一般包括传感器(信息的获得)、测量电路、放大器(信息的转换)、指示器、记录仪(信息的显示)等部分。

传感器是一种能以一定的精度把被测量转换为与之有确定对应关系的、便于应用和处理的某种物理量(主要是电量,如电流、电压、电阻、电容、频率和阻抗等)的装置。其功能是检测被测物体固有的某一被测量,这一被测量可能是物理量也可能是其他形式的量,但是经过传感器的转换,便得到某种物理量的输出结果,这种量便于传输、处理和显示。

传感器种类繁多,在测量实验与实习中接触到的有用于线位移测量的电感测微仪传感器;用于动态位移检测的电容式传感器;用于光栅度盘的光栅传感器;用于数字水准仪及全自动全站仪的电荷耦合——固态图像传感器等等。

如图 2-5-1 所示,传感器一般由敏感元件、转换元件、转换电路组成。敏感元件直接接受被测量的输入,然后把接受的信号传输给转换元件,转换元件再把输入量转换成电量信息,同时将其输出给转换电路,经过处理后,输出电信号信息。

除以上所介绍的测量实验与实习的基本方法外,测量实验中还有其他一些方法,如干涉

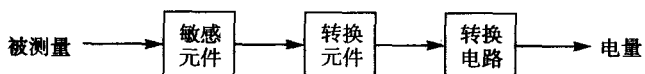


图 2-5-1 传感器结构框图

法等等,限于篇幅和实际应用的关系,此章不再叙述,如有需要可查阅相关参考书。