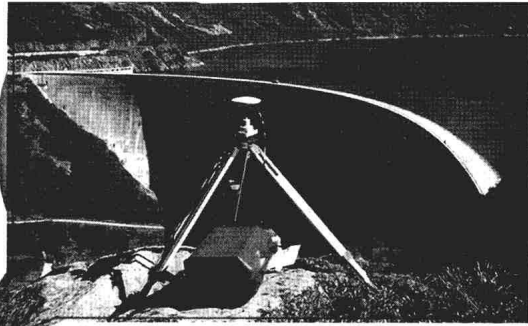


全国高职高专教育建筑工程技术专业新理念教材

建筑施工测量

主编 李峰 赵雪云 主审 覃辉



全国高职高专教育建筑工程技术专业新理念教材

建筑施工测量

主编 李峰 赵雪云 主审 覃一辉

中国水利水电出版社
CHINA WATER & ELECTRICITY PRESS

内 容 提 要

本书是高等职业教育建筑工程技术专业按照基于工作过程开发课程的基本要求开发的新理念系列教材之一。根据高职高专建筑工程技术专业人才培养目标与规格要求,本书按照由浅入深、相对独立、典型项目的原则,对建筑施工测量技术进行了编排。全书共4个单元,分别为必要的测量学基本概念与任务、测量的基本技能、施工测量、变形测量与竣工测量。其中施工测量单元安排了基础工程、低层砌筑工程、高层钢筋混凝土结构工程和单层钢结构工程四个典型的具体工程,分别用不同的典型的施工测量方法完成施工测量任务。每个单元之后,布置有相应的思考题、习题和实训案例。

本书为高职高专建筑工程技术专业教材,也可供土建类其他专业选择使用,同时可作为成人教育和相关职业岗位培训教材以及有关工程技术人员的参考或自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工测量/李峰,赵雪云主编.--上海:同济大学出版社,
2010.2

全国高职高专教育建筑工程技术专业新理念教材
ISBN 978-7-5608-4218-9

I. ①建… II. ①李…②赵… III. ①建筑测量—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 225006 号

全国高职高专教育建筑工程技术专业新理念教材

建筑施工测量

主编 李 峰 赵雪云 主审 覃 辉

责任编辑 马继兰 责任校对 杨江淮 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 11

字 数 274 000

印 数 1—4 100

版 次 2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-4218-9

定 价 22.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

编委会

顾问 杜国城

主任 张建荣

副主任 杨力彬 胡兴福

委员 (按姓氏笔画排序)

王 戎	王延该	王陵茜	冯占红	白 锋
孙玉红	刘晓平	刘晓勤	任雪丹	牟培超
杜 军	张 伟	李 进	李 峰	肖先波
宋岩丽	张 磊	张建荣	杨太生	孟小鸣
杨力彬	季荣华	赵 研	赵琼梅	胡兴福
徐 淳	曾跃飞			

序

“十一五”期间,中央财政投入 100 亿元专项资金支持职业技术教育发展,其中包括建设 100 所示范性高职院校计划,各省市也纷纷实施省级示范性高职院校建设计划,极大地改善了办学条件,有力地促进了高等职业教育由规模扩张向内涵提升的转变。

但是,我国高等职业教育的办学水平和教学质量尚待迅速提高。课程、教材、师资等“软件”建设明显滞后于校园、设备、场地等“硬件”建设。课程建设与教学改革是提高教学质量的核心,也是专业建设的重点和难点。在我国现有办学条件下,教材是保证教学质量的重要环节。用什么样的教材来配合学校的专业建设、来引导教师的教学行为是当前大多数院校翘首以盼需要解决的课题。

同济大学出版社依托同济大学在土木建筑学科教学、科研的雄厚实力,借助同济大学在职业教育领域研究的领先优势,组织了强有力的编辑服务团队,着力打造高品质的土建类高等职业教育教材。他们按照教育部教高[2006]16 号文件精神,在全国高职高专土建施工类专业教学指导分委员会的指导下,组织全国土建专业特色鲜明的高职院校的专业带头人和骨干教师,分别于 2008 年 7 月和 10 月召开了“高职高专土建类专业新理念教材”研讨会,在广泛交流和充分讨论的基础上,确立了教材编写的指导思想。具体主要体现在以下四个方面:

一、体系上顺应基于工作过程系统的课程改革方向

我国高等职业教育课程改革正处于由传统的学科型课程体系向工作过程系统化课程体系转变的过程中,为了既顺应这一改革发展方向又便于各个学校选用,这套教材又分为两个系列,分别称之为“传统教材”和“新体系教材”。“传统教材”系列的书名与传统培养方案中的课程设置一致,教材内容的选定完全符合传统培养方案的课程要求,仅在内容先后顺序的编排上会按照教学方法改革的要求有所调整。“新体系教材”则基于建设类高职教育三阶段培养模式的特点,对第一阶段的教学内容进行了梳理和整合,形成了《建筑构造与识图》、《建筑结构与力学》等新的课程名称,或在原有的课程名称下对课程内容进行了调整。针对第二阶段提高学生综合职业能力的教学要求编写了系列综合实训教材。

二、内容上对应行业标准和职业岗位的能力要求

建筑工程技术专业所对应的职业岗位主要有施工员、造价员、质量员、安全员、资料员等,课程大纲制定的依据是职业岗位对知

识和技能的要求,即相关职业资格标准。教材内容组织注重体现建筑施工领域的新技术、新工艺、新材料、新设备。表达方式上紧密结合现行规范、规程等行业标准,忠实于规范、规程的条文内容,但避免对条文进行简单罗列。另外在每章的开始,列出本章所涉及的关键词的中、英文对照,以方便学生对专业英语的了解和学习。

三、结构上适应以职业行动为导向的教学法实施

职业教育的目的不是向学生灌输知识,而是培养学生的职业能力,这就要求教师以职业行动为导向开展教学活动。本套教材在结构安排上努力考虑到教学双方对教材的这一要求,采用了项目、单元、任务的层次结构。以实际工程作为理论知识的载体,按施工过程排序教学内容,用项目案例作为教学素材,根据劳动分工或工作阶段划分学习单元,通过完成任务实现教学目标。目的是让学生得到涉及整个施工过程的、与施工技术直接相关的、与施工操作步骤和技术管理规章一致的、体现团队工作精神的一体化教育,也便于教师运用行动导向教学法,融“教、学、做”为一体的方法开展教学活动。

四、形式上呼应高职学生的学习心理诉求,接应现代教育媒体技术

针对高职学生的心智特点,本套教材在表现形式上作了较大的调整。大幅增加图说的成分,充分体现图说的优势;版式编排形式新颖;装帧精美、大方、实用,以提高学生的学习兴趣,改善教学效果。同时,利用现代教育媒体技术的表现手法,开发了与教材配套的教学课件可供下载。利用视频动画解释理论原理,展现实际工程中的施工过程,克服了传统纸质教材的不足。

在同济大学出版社同仁和全体作者的共同努力下,“高职高专土建施工类专业新理念教材”正在努力实践着上述理念。我们有理由相信该套教材的出版和使用将有益于高职学生良好学习习惯的形成,有助于教师先进教学方法的实施,有利于学校课程改革和专业建设的推进,并最终有效地促进学生职业能力和综合素质的提高。我们也深信,随着在教学实践过程中不断改进和完善,这套教材会成为我国高职土建施工类专业的精品教材,成为我国高等职业教育内涵建设的样板教材,为我国土建施工类专业人才的培养作出贡献。

**高职高专教育土建类专业教学指导委员会
土建施工类专业指导分委员会
2009年7月**

前言

近些年,为了不断适应社会对人才的需求,我国高等职业教育迅猛发展,教育教学改革硕果累累。本书就是利用高等职业教育、建筑施工测量课程教学改革最新成果,按照基于工作过程开发课程的基本要求开发的新体系系列教材之一,直接为相关专业的教育教学服务。

“建筑施工测量”是建筑工程技术专业的一门核心课程,本书重点介绍了测量学的基本知识,测量的基本技能,施工测量,变形测量与竣工测量等。其中施工测量单元安排了基础工程、低层砌体工程、高层钢筋混凝土结构工程和单层钢结构工程4个典型的具体工程,分别用不同的典型施工测量方法完成施工测量任务。

本书根据高职教育建筑工程技术专业人才培养目标与规格要求,对建筑施工测量技术按照由浅入深、相对独立、典型项目的原则进行了编排;基于工作过程开发课程,以能力为本位,有利于加强学生测量技能训练,培养学生独立思考问题和解决问题的能力,突出综合职业能力;适合项目教学法;应用测量新技术、新标准和新规范等。

本书由李峰、赵雪云等主编,其中第2单元项目2.1、第3单元项目3.4由山西建筑职业技术学院李峰编写,第1单元、第2单元项目2.4由山西建筑职业技术学院赵雪云编写,第2单元项目2.2、项目2.3由山西建筑职业技术学院胡海斌编写,第3单元项目3.1由大连水产学院职业技术学院王照雯编写,第3单元项目3.2由山西建筑职业技术学院杨静编写,第3单元项目3.3由深圳市宝安区土地管理局汪善华编写,第4单元由广西建设职业技术学院周海峰编写。全书由山西建筑职业技术学院李峰、赵雪云统稿,覃辉教授任主审。

在本书编写过程中,参考了部分相关学科教材等文献(见书后“参考文献”),在此向文献作者表示感谢;在本书编写过程中得到了有关方面的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

主审覃辉教授对本书进行了严谨、认真的审稿,并提出了许多宝贵的意见,在此向他表示诚挚的感谢。

由于编者水平和时间有限,书中难免有欠妥和不足之处,恳请广大读者及同仁批评指正,以便再版时修订。

编者

2009年7月

目 录

序

前言

单元 1 基础知识	1
1.1 建筑施工测量的任务	2
1.2 测量学的基本概念	2
1.2.1 测量学概述	3
1.2.2 测量的实质	3
1.2.3 测量工作概述	4
1.2.4 测量基本工作与技能	6
1.3 测量误差的基础知识	7
1.3.1 测量误差概述	7
1.3.2 误差计算	8
思考与训练	11
单元 2 测量的基本技能	13
2.1 高程测量与测设	14
2.1.1 水准测量	15
2.1.2 高程测设	28
2.2 水平角测量与测设	31
2.2.1 水平角测量	31
2.2.2 已知水平角测设	42
2.3 水平距离测量与测设	44
2.3.1 水平距离测量	44
2.3.2 水平距离测设	54
2.4 坐标测量与测设	56
2.4.1 导线测量	56
2.4.2 地面点的坐标测设	77
思考与训练	84

单元3 施工测量	89
3.1 地基与基础工程施工测量	90
3.1.1 基础知识	91
3.1.2 施工测量方案	100
3.1.3 提交资料与工作评价	107
3.2 砌体结构工程施工测量	112
3.2.1 基础知识	112
3.2.2 施工测量方案	114
3.2.3 提交资料与工作评价	121
3.3 混凝土结构工程施工测量	125
3.3.1 基础知识	125
3.3.2 施工测量方案	127
3.3.3 提交资料与工作评价	130
3.4 钢结构工程施工测量	133
3.4.1 基础知识	133
3.4.2 施工测量的程序和方法	134
3.4.3 厂房预制构件安装测量	136
思考与训练	139
单元4 变形测量与竣工测量	141
4.1 沉降观测	142
4.1.1 基础知识	142
4.1.2 沉降观测的实施	147
4.1.3 实习实训建议	151
4.2 倾斜观测	153
4.2.1 一般要求	153
4.2.2 矩形建筑的观测	154
4.2.3 圆形建(构)筑的倾斜观测	154
4.2.4 倾斜观测的其他方法	155
4.3 裂缝观测	155
4.4 竣工测量	156
4.4.1 基本知识	156
4.4.2 竣工总图的实施	157
4.4.3 实习实训建议	162
思考与训练	163
参考文献	165

单元 1

基础知识

- 1.1 建筑施工测量的任务
 - 1.2 测量学的基本概念
 - 1.3 测量误差的基础知识
- 思考与训练

单元概述:本单元在明确建筑施工测量任务的基础上,介绍了测量学的基本概念和基础知识,主要内容包括建筑施工测量的任务、测量学的基本概念、测量的实质、测量工作概述、测量的三项基本工作以及测量误差的基本知识等。

学习目标:

- (1) 熟悉建筑施工测量的任务。
- (2) 掌握测量学的基本概念、基本原则等基础知识。
- (3) 掌握测量误差的基本知识。
- (4) 通过本单元的学习,为完成建筑施工测量任务打下必要的基础,同时达到增强学生学习兴趣、学习动力的目的。

学习重点:

- (1) 建筑施工测量的任务。
- (2) 测量学的基本概念、基本原则和程序。
- (3) 测量误差的基本知识。

教学建议:

(1) 任务驱动从“建筑施工测量任务”这个大概概念开始,建议充分利用多媒体信息量大的特点与优势展开教学,注意发挥“建筑工程测量”各级精品课程优质教学资源的应用。有条件时可安排学生去施工现场认识与感受“施工测量任务”。

(2) 项目 1.4“测量误差的基本知识”建议放在单元 2 结束或与单元 2 内容穿插同时进行,因为测量误差脱离实际测量工作将会变得空洞、抽象,令初学者难以接受和应用。

关键词:建筑施工测量(construction surveying);测量学(surveying);水准面(level surface);地理坐标(geographic graticule);高程(height);测量误差(survey error)

1.1 建筑施工测量的任务

建筑施工测量(construction surveying)是工程测量学的一个组成部分,它是应用测量学(surveying)的知识与技能解决建筑工程在施工和运营管理阶段测量问题的技术和方法。其主要任务包括:

(1) 建筑施工场地控制测量。属于施工准备工作范畴,利用较高精度的测量方法,根据施工测量的总体要求在施工现场合理布设控制网(线),为下一步的施工测量提供依据。

(2) 建筑施工测量。把图纸上已设计好的建(构)筑物的平面位置和高程(height),按设计要求在地面上标定出来,作为施工的依据;配合建筑施工,进行各种施工标志的测设工作,确保施工质量;施测竣工图,为工程验收、日后扩建和维修提供资料。

(3) 建筑物的变形观测。在建(构)筑物的施工和运营期间,为了确保施工质量和建(构)筑物的使用安全,需要进行变形观测。

1.2 测量学的基本概念

建筑施工测量是保证建筑物平面定位正确,保证建筑物竖向标高和垂直度、构件安装精度的必要技术措施。如何保证测量精度达到建设工程的施工要求将是施工的关键。

总之,测量工作贯穿于建筑工程施工的整个过程,这就要求从事建筑施工的人员,必须掌握必要的测量知识、技能和方法,为建筑施工服务。

掌握测量学基本知识,为建筑施工测量工作打好基础。

1.2.1 测量学概述

测量学是研究地球的形状、大小以及确定地面点位关系的学科。其主要任务是为工程建设和科学研究服务。对工程建设而言,其基本任务包括测定和测设两个方面:测定是指使用测量仪器和工具,按照测量的有关原理和方法,将地球表面的地物和地貌绘制成地形图,为经济建设、国防建设和科学研究等服务;测设是将图纸上规划设计好的建(构)筑物的平面位置和高程在实地标定出来,作为施工的依据。

在科学研究方面,例如研究地壳的升降、海岸线的变迁、地震预报以及地极周期性运动等,都要用到测绘资料。

根据研究对象、应用范围和测量手段等的不同,测量学可分为大地测量学、普通测量学、摄影测量学、工程测量学等分支学科,各分支学科既自成体系,又密切联系、相互渗透。

大地测量学是以地球表面上一个较大的区域,甚至整个地球为研究对象,研究在地球表面广大区域内建立国家大地控制网,测定地球的形状、大小和研究地球重力场的理论、技术和方法的学科,为测量学的其他分支学科提供最基础的测量数据和资料。

普通测量学是研究地球表面局部区域(忽略地球曲率的影响,将该小区域内的投影球面直接作为平面看待)内测绘工作的基本理论、技术和方法的学科,主要是指用地面作业方法,将地球表面局部区域的地物和地貌绘成地形图,或利用普通测量仪器、方法进行一般工程的施工放样。

摄影测量学是研究如何利用摄影像片来测定地物的形状、大小、位置并获取其他信息的学科,是目前我国测绘国家基本地形图的主要方法,多用于测绘城市基本地形图和大规模地形复杂地区的地形图。

工程测量学是研究各种工程建设中测量方法和理论的一门学科。主要研究在各种工程、工业和城市建设以及资源开发各个阶段进行地形和有关信息的采集、处理、施工放样、变形监测、分析和预报的理论和技術,以及与研究对象有关的信息管理和使用,为工程建设提供测绘保障。

1.2.2 测量的实质

地球表面上的点称为地面点。测量工作的实质就是确定地面点的位置。由于地球表面高低起伏不平,因此,地面点为三维空间点,其位置须由三个量来确定,这三个量分别表示地面点的平面位置和高程。

1. 测量的基准面和基准线

(1) 水准面(level surface):地球上自由静止的水面。

(2) 大地水准面:地球表面呈高低起伏,测量学设想静止的平均海水面延伸穿过陆地与岛屿,形成的一个封闭的椭球体曲面。

(3) 水平面:与水准面相切的平面。

(4) 铅垂线:地球表面物体的重力方向线。

2. 地面点平面位置的确定

地面点的平面位置可用地理坐标(geographic graticule)或平面直角坐标表示。地理坐标又可以分为天文地理坐标和大地地理坐标两种,通常所说的“1954 北京坐标系”、“1980 西安坐标系”即为我国使用的大地地理坐标系。平面直角坐标又有高斯平面直角坐标和独立平面直角坐标两种。在小地区的工程测量中,可将这个小区域(一般半径不大于 10km 的范围内)的水准面近似看作水平面,并在该面上建立独立平面直角坐标系,用平面直角坐标来表示地面点的平面位置。

如图 1-1 所示,测量上选用的独立平面直角坐标系,规定南北方向为纵坐标轴,记作 x 轴, x 轴向北为正,向南为负;以东西方向为横坐标轴,记作 y 轴,规定向东为正,向西为负。纵、横坐标轴的交点为坐标系的原点,记作 O 点。由于测量坐标系 x 轴、 y 轴的位置正好与数学坐标系相反,为了使数学中的计算公式能够在测量上直接应用,测量坐标系的象限编号顺序也与数学坐标系相反,即从北东方向开始,按顺时针方向编号。为了避免坐标值出现负值,坐标原点 O 一般选在测区的西南角。

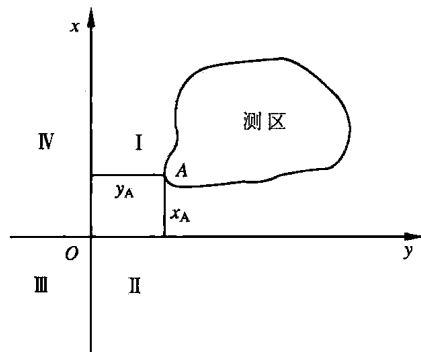


图 1-1 平面直角坐标系

3. 地面点高程的确定

地面点到大地水准面的铅垂距离,称为该点的绝对高程(elevation),用 H 表示。如图 1-2 所示, H_A, H_B 分别为地面点 A, B 的绝对高程。

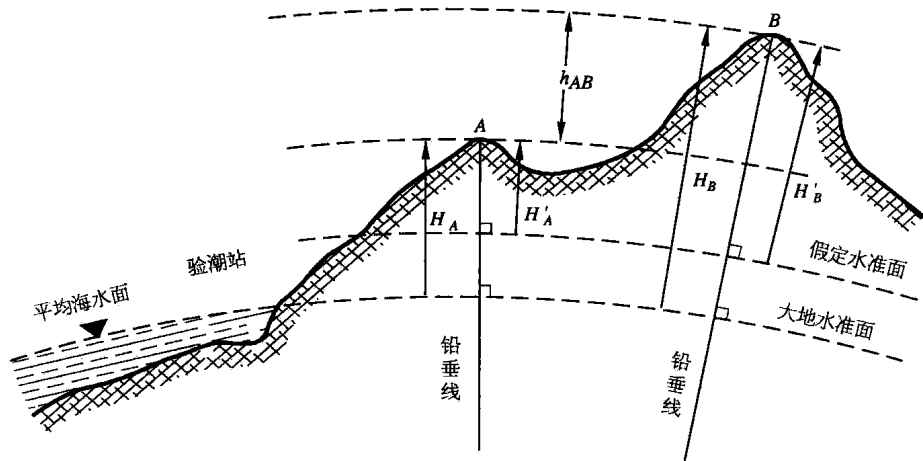


图 1-2 高程和高差

目前,我国采用的是“1985 国家高程基准”,是以 1952—1979 年青岛验潮站观测资料确定的黄海平均海水面,作为绝对高程基准面,并在青岛建立了国家水准原点,其高程为 72.260m。

当采用绝对高程有困难或不方便时,可以假定一个水准面作为高程基准面。地面点到假定水准面的铅垂距离,称为该点的相对高程,用 H' 表示。如图 1-2 所示, H'_A, H'_B 分别为地面点 A, B 的相对高程。

两个地面点之间的高程之差,称为高差,用 h 表示,图 1-2 中, A, B 两点之间的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1-1)$$

可见,高差的大小与起算水准面无关,但有正负之分。

综上所述,只要知道地面点的三个量,即 x, y, H ,就可确定地面点的空间位置。

1.2.3 测量工作概述

1.2.3.1 测量工作的基本程序与原则

1. “从整体到局部,先控制后碎部”的工作程序

无论是测绘地形图还是施工放样,在测量过程中,为了减少误差的累积,保证测区内所测点的必要精度,首先应在测区内选择若干对整体具有控制作用的点,组成控制网,采用高精度的测量仪器和精密的测量方法,确定控制点的位置,然后以控制点为测站进行碎部测量。这样,不仅可以很好地限

制误差的积累,而且可以通过控制测量将测区划分为若干个小区,同时展开几个工作面施测碎部点,加快测量进度,如图 1-3 所示。

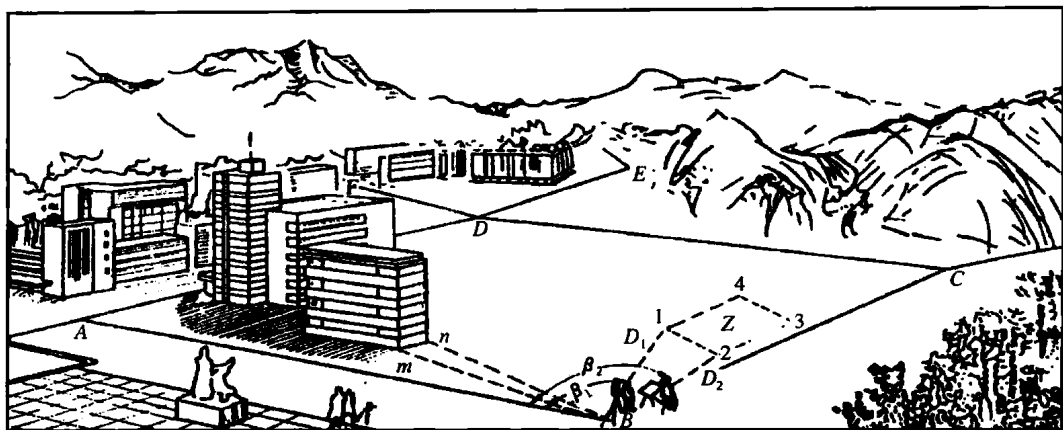


图 1-3 测量工作的基本程序示意图

2. “步步检核”的原则

测量工作有内业和外业之分。为了确定地面点的位置,利用测量仪器和工具在现场进行测角、量距和测高差等测量工作,称为外业工作。将外业观测数据、资料在室内进行整理、计算和绘图等工作,称为内业工作。测量成果的质量取决于外业,但外业又要通过内业才能得出成果。为了防止出现错误,不论外业或内业,都必须坚持“边工作边检核”的原则,这样才能保证测量成果的质量和较高的工作效率。

1.2.3.2 测量工作的基本要求

1. 严肃认真的工作态度

测量工作是一项严谨细致的工作,可谓“失之毫厘,差之千里”,施工测量的精度,会直接影响到施工的质量;施工测量的错误,将会直接给施工带来不可弥补的损失,甚至导致重大质量事故。因此,测量人员必须在测量工作中严肃认真、小心谨慎,坚持“步步检核”的原则。

2. 保持测量成果的真实、客观和原始性

测量工作的科学性,要求我们在测量工作中必须实事求是,尊重客观事实,严格遵守测量规则与规范,而不得似是而非、随心所欲,更要杜绝弄虚作假、伪造成果之举。同时,为了随时检查与使用测量成果,应长期保存测量原始记录与成果。

3. 爱护测量仪器和工具

测量仪器精密贵重,是测量人员的必备武器,任何仪器的损坏、丢失,不但造成较大的经济损失,而且会直接影响到工程建设的质量和进度,因此,爱护测量仪器和工具是每个测量人员应有的品德。要求对测量仪器和工具轻拿轻放,规范操作,妥善保管;操作仪器要手轻心细,各制动螺旋不可拧得太紧;仪器一经架设,不得离人等。

4. 培养团队精神

测量工作是一项实践性很强的集体性工作,任何个人很难单独完成。因此,在测量工作中必须发扬团队精神,各成员之间互学互助,默契配合。

5. 测量工作中关于记录的基本要求

如表 1-1 所示,记录后要回读复核;记录手簿不允许使用橡皮,改正数据时将原数据用删除线标记

(应仍能辨清原数据),将改正后数据记在原数据上面,以便将来检查复核,并做必要的备注说明;观测成果不能连环涂改;记录数据(包括观测、计算数据)要注意有效数字取值适当,必须满足精度要求。

表 1-1 测量记录的基本要求

测站	竖盘位置	目标	水平度盘读数	半测回角值	一测回角值	备注
			(° ' ")	(° ' ")	(° ' ")	
第一测回 O	左	A	0 01 30 0 02 30	98 19 18	98 19 24	正确
		B	98 20 48			
	右	A	180 01 42 180 01 42	作废重测		
		B				
	右	A	180 01 42	98 19 30		
		B	278 21 12			
第二测回 O	左	A	90 01 06 90 01 06 90 01 06	98 19 30	98 19 36	错误 (连环涂改) (涂黑涂改)
		B	188 20 36			
		A	270 00 54 ■■■■■■■■			
	右	B	8 20 36			

1.2.3.3 测量实训的组织

每次测量实训,将学生分为若干小组,为保证实训效果,原则上每个小组 5 人,最多不得超过 6 人。每组设组长 1 人,负责本组实训的领导组织工作,负责领借和归还仪器等,要求组长认真负责,有一定的领导组织才能和威信。原则上每 5 个小组配备 1 名指导教师,最多不得超过 8 个小组,在学生实训期间,指导教师必须到位,认真履行实训指导职责。

1.2.4 测量基本工作与技能

如前所述,地面点的空间位置是以地面点在投影平面上的坐标(x, y)和高程(H)决定的。但在实际测量工作中, x, y, H 的值不能直接测定,而是通过观测未知点与已知点之间相互位置关系的基本要素,利用已知点的坐标和高程,用公式推算未知点的坐标和高程。

如图 1-4 所示, A, B 为地面上两已知点,其坐标(x_A, y_A), (x_B, y_B)和高程 H_A, H_B 均为已知,欲确定点 1 的位置,即点 1 的坐标(x_1, y_1)和高程 H_1 ,若观测了 B 点和点 1 之间的水平距离 D_{B1} ,高差 h_{B1} 和未知方向与已知方向之间的水平角 β_1 ,则可利用

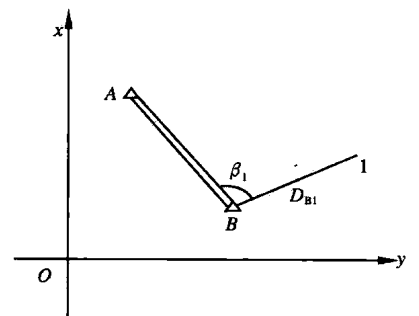


图 1-4 测量基本工作示意图

公式推算出点 1 的坐标 (x_1, y_1) 和高程 H_1 。

由此可见,确定地面点位的三个基本要素是水平角、水平距离和高差。所以,测量的三项基本工作是水平角测量、水平距离测量和高差测量,需要掌握相应的测量技能来完成。

1.3 测量误差的基础知识

测量误差(survey error)是不可避免的,所以测量精度是测量成果不可或缺的重要组成部分。因此,要求测量工作者必须认识误差,分析误差,在外业测量工作中注意控制,设法减小误差,并能通过误差计算,评定测量成果的精度。

1.3.1 测量误差概述

1.3.1.1 测量误差的概念

在一定的外界条件下进行观测,观测值总会存在一定的误差。任何一个观测量,在客观上总存在着一个能代表其真正大小的数值,这个数值称为真值,一般用 x 表示。对未知量进行测量的过程,称为观测,测量所获得的数值称为观测值,用 l_i 表示。进行观测时,观测值与真值之间的差异,称为测量误差或观测误差,用 Δ_i 表示。

$$\Delta_i = l_i - x \quad (1-2)$$

1.3.1.2 测量误差的来源

引起测量误差的原因很多,概括起来主要有以下三个方面:

(1) 测量仪器、工具的误差。由于测量仪器、工具制造工艺上的局限性,即使经过检验与校正,残余误差仍然存在。这些误差使测量结果不可避免地受到了影响,导致了测量误差。当然,不同类型的仪器有着不同的精度,使用不同精度的仪器引起误差的大小也不相同。

(2) 观测者的影响。由于观测者的感觉器官鉴别能力有一定的局限性,使得在安置仪器、照准、读数等方面都会产生误差。同时,观测者的技术水平、熟练程度和工作态度也会直接影响到观测成果的质量。

(3) 外界条件的影响。观测时所处的外界条件,如温度、湿度、风力、气压等因素的影响,必然使观测结果产生误差。

测量仪器、观测人员和外界条件这三方面的因素综合起来称为观测条件。观测条件与观测结果的精度有着密切的关系,在较好的观测条件下进行观测所得的观测结果的精度就会高一些;反之,观测结果的精度就会低一些。

1.3.1.3 研究测量误差的目的

分析测量误差产生的原因和性质,正确处理观测结果,求出最可靠值;评定测量结果的精度;通过研究误差发生的规律,为选择合理的测量方法提供理论依据。

1.3.1.4 测量误差的分类

根据测量误差的来源和对观测结果的影响性质不同,测量误差可分为系统误差和偶然误差两类。

1. 系统误差

在相同的观测条件下对某量进行一系列观测,如果误差的大小、符号表现出一定的规律性,这种误差称为系统误差。

系统误差是由仪器制造或校正不完善、观测人员操作习惯和测量时外界条件等原因引起的。如量距中用名义长度为 30m 而经检定后实际长度为 30.002m 的钢尺,每量一尺段就有 0.002m 的误

差,量距越长误差积累越大。又如某些观测者在照准目标时,总习惯于把望远镜十字丝对准于目标的某一侧,也会使观测结果带有系统误差。

系统误差对观测结果的影响具有累积性,对测量成果的影响也就特别显著。所以在实际测量工作时,必须设法减弱或消除,常用的方法有:对仪器、工具进行严格检校;采用适当的观测方法;对测量结果加改正数。例如,在水准测量中采用前后视距离相等的方法来消除视准轴与水准管轴不平行所带来的误差;在水平角观测中采用盘左、盘右观测来消除视准轴误差等。

2. 偶然误差

在相同的观测条件下对某量进行一系列观测,如果误差的大小和符号都具有不确定性,但总体又服从于一定的统计规律性,这种误差称为偶然误差,也叫随机误差。

产生偶然误差的原因很多,如观测者感官能力的因素,望远镜的放大倍数和分辨力等因素。常见的偶然误差有估读误差、照准误差等。

偶然误差通常采用增加观测次数来减少其误差,从而提高观测成果的质量。消除或减少了系统误差后,观测结果中偶然误差占据了主要地位,主要是偶然误差影响了观测结果的精确性,所以在测量误差理论中研究对象主要是偶然误差。

1.3.1.5 偶然误差的特性

偶然误差从表面上看似乎没有规律性,即从单个或少数几个误差的大小和符号的出现上呈偶然性,但从整体上对偶然误差加以归纳统计,则显示出一种统计规律,而且观测次数越多,这种规律性表现得越明显。

偶然误差具有如下特性:

- (1) 有限性。在一定观测条件下,偶然误差的绝对值不超过一定的限度。
- (2) 聚中性。绝对值小的误差比绝对值大的误差出现的机会多。
- (3) 对称性。绝对值相等的正、负误差出现的机会大致相等。
- (4) 抵消性。当观测次数无限增多时,偶然误差的算术平均值趋近于零。即:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\Delta]}{n} = 0 \quad (1-3)$$

式中, $[\Delta] = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \dots + \Delta_n$ 。

特性(1)说明误差出现的范围;特性(2)说明误差绝对值大小的规律;特性(3)说明误差符号出现的规律;特性(4)可由特性(3)导出,说明偶然误差具有抵消性。实践证明,偶然误差不能用计算改正或用一定的观测方法简单地加以消除,只能根据偶然误差的特性来改进观测方法,并采取合理的数据处理方法,以减小偶然误差对观测成果的影响。

1.3.2 误差计算

1.3.2.1 衡量精度的指标

在测量工作中,为了衡量观测精度的高低,以便确定其是否符合要求,需要建立衡量精度的统一标准。

测量中常用的评定精度的指标有中误差、相对误差和极限误差(允许误差)等。

1. 中误差

在相同的观测条件下,对某量进行了 n 次观测,其观测值为 l_1, l_2, \dots, l_n , 相应的真误差为 $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$, 则各个真误差平方和的平均值的平方根,称为中误差,通常用 m 表示,即: