

★ 服务热线: 400-615-1233
★ 配套精品教学资料包
★ www.huatengedu.com.cn

校企合作双元开发新形态教材

建筑工程测量

JIANZHU GONGCHENG CELIANG

建筑
工程
测量

建筑工程测量

JIANZHU GONGCHENG CELIANG

主编 张养安 周波

主审 陈琳 郭宝宇

主编
张养安
周波

北京
邮电
大学
出版社



ISBN 978-7-5635-7349-3



9 787563 573493 >

定价: 59.90元

策划编辑: 骆菲菲
责任编辑: 郝永进
封面设计: 刘文东



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

校企合作双元开发新形态教材

建筑工程测量

JIANZHU GONGCHENG CELIANG

主 编 张养安 周 波

副主编 夏积德 贺 婧 唐桂彬 刘鹏鹏

主 审 陈 琳 郭宝宇



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书以“必需、实用、够用”为内容组织原则,以提高学生的综合素质和实践能力为主要目标,依据最新规范和标准,融入测绘新技术和新设备等方面的内容,力求突出针对性、实践性和应用性,以适应行业发展需求和职业岗位要求。全书共分12个项目,内容包括测绘基础知识、水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、小区域控制测量、地形图的测绘与应用、施工测量的基本方法、民用建筑施工测量、工业建筑施工测量、建筑小区市政工程施工测量、建筑物变形测量、竣工测量与竣工图编绘。各项目由若干个任务组成,附有“项目检测”栏目和“考核评价”表。另外,本书还开发了一系列数字资源,配套了教学资源库和在线开放课程。

本书突出工程实践和应用,具有较强的实用性和通用性,既可供高等职业院校建筑工程技术、智能建造技术、工程造价、建设工程管理、市政工程技术等专业教学使用,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量 / 张养安, 周波主编. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2024. -- ISBN 978-7-5635-7349-3

I. TU198

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 20243SV496 号

策划编辑: 骆菲菲 责任编辑: 郝永进 封面设计: 刘文东

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路10号

邮政编码: 100876

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 三河市龙大印装有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 20.5

字 数: 424千字

版 次: 2024年11月第1版

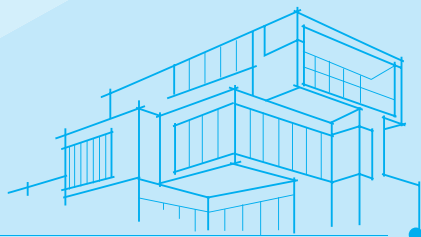
印 次: 2024年11月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-7349-3

定 价: 59.90元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

服务电话:400-615-1233



前言

PREFACE

建筑工程测量是高等职业院校建筑工程技术专业群的一门专业基础课程,以培养学生的工程测量技术技能为目标,旨在加强学生对工程测量技术的基本理论和基本方法的理解,培养学生熟练使用工程测量相关仪器完成建筑工程施工过程中的基本测量任务,以及运用国家现行规范、规程、标准解决建筑工程施工相关问题的能力。

为全面贯彻党的教育方针,落实立德树人根本任务,突显职业教育特点,编者围绕培养适应社会需要、面向施工和管理一线的建筑工程测量高素质技术技能人才的目标,依据《工程测量标准》(GB 50026—2020)、《建筑施工测量标准》(JGJ/T 408—2017)等最新标准,在总结多年教学经验、结合教学研究成果的基础上,融合现代测绘科学技术编写了本书。

本书内容及参考学时安排见下表。

序号	内容	学时	
		理论	实践
1	测绘基础知识	2	0
2	水准测量	6	8
3	角度测量	6	10
4	距离测量与直线定向	4	2
5	小区域控制测量	8	8
6	地形图的测绘与应用	8	8
7	施工测量的基本方法	4	6
8	民用建筑施工测量	4	6
9	工业建筑施工测量	4	6
10	建筑小区市政工程施工测量	4	6
11	建筑物变形测量	2	3
12	竣工测量与竣工图编绘	2	3
合计		54	66
		120	

本书具有以下特色。

1. 校企协同,职业引领

为充分体现教材“以就业为导向”的教育特征,突出教材编写的创新性、实用性和先进性,编者在走访多家企业单位的基础上,联合广州南方测绘科技股份有限公司,对照岗位标准确定了本书的教学目标、知识结构和核心内容,并通过分析实际生产案例,选定契合建筑工程测量员岗位的内容,实现教学内容与岗位标准、教学过程与生产过程的对接。



2. 紧扣实践,强化技能

为突出实践性,本书通过“技能实训”和“项目检测”栏目强化对学生测绘能力的培养,倡导在课堂和实训活动中使学生掌握建筑工程测量的基础知识与基本技能,以培养其在建筑工程测量方面的基本职业能力。

3. 内外结合,立德树人

为落实立德树人根本任务,本书围绕“热爱祖国、忠诚事业、艰苦奋斗、无私奉献”十六字测绘精神,将课程思政目标有机融入素质目标中,通过“素质拓展”栏目使课内外教学显隐结合,实现育人与教学并行。

4. 一体设计,资源丰富

为突出教材建设与课程建设一体设计、同步推进的理念,本书在编写过程中,同步开发了一系列数字资源,建成了配套的教学资源库和在线开放课程(课程网址为 <https://www.xueyinonline.com/detail/241165651>),采用了教育资源相融合的一体化教材新模式。

5. 全新理念,易教易学

本书遵循职业岗位要求,并充分考虑学生的认知规律,组织了12个教学项目。每个项目又设若干个学习任务,一些重点学习任务通过“引导问题”“相关知识”“相关技能”“技能实训”等栏目形成任务学习链条,从而达到理论与实践相统一的教学目的,突出技术技能人才培养的特色和要求。本书还设置了“知识链接”“提示”等栏目来强调重点内容和学习要点,拓宽学生的知识面,引导学生自主学习。

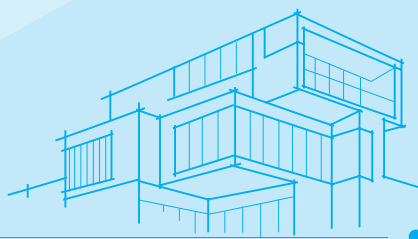
本书由杨凌职业技术学院张养安、周波任主编,杨凌职业技术学院夏积德、贺婧、唐桂彬、刘鹏鹏任副主编,杨凌职业技术学院王法景、曹敏、张鑫、王旻、崔阳、段政明、张小宇,陕西鑫雅图空间信息技术有限公司丁智奇,西安高新区竣策勘测有限公司杨腊梅参与了编写工作。具体编写分工如下:周波编写项目1,张养安编写项目2,唐桂彬编写项目3,王法景编写项目4,夏积德编写项目5,曹敏、丁智奇编写项目6,王旻编写项目7,张鑫、杨腊梅编写项目8,贺婧编写项目9,崔阳、段政明编写项目10,刘鹏鹏编写项目11,张小宇编写项目12。本书由张养安统稿,黄河水利职业技术学院陈琳和广州南方测绘科技股份有限公司郭宝宇主审。

编者在编写本书的过程中得到了杨凌职业技术学院^①、广州南方测绘科技股份有限公司、陕西鑫雅图空间信息技术有限公司、西安高新区竣策勘测有限公司等单位的大力支持,杨凌职业技术学院工程测量教研室全体成员对本书的编写提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。同时,在编写本书的过程中,编者引用了大量的规范、专业文献和其他相关资料,在此向有关作者表示衷心的感谢,也对关心和支持本书出版的所有人员表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请广大读者提出宝贵意见,以帮助我们改进,使本书日臻完善。

编者

^① 基金项目:杨凌职业技术学院基金项目(JG2021002)。



目录

CONTENTS

项目 1 测绘基础知识

任务 1.1	建筑工程测量概述	2
任务 1.2	地面点位的确定	4
任务 1.3	测量工作概述	12
任务 1.4	测量误差的基本内容	14
	项目检测	17
	考核评价	18

项目 2 水准测量

任务 2.1	水准测量的基础知识	20
任务 2.2	水准测量的器具及其使用	23
任务 2.3	普通水准测量	34
任务 2.4	微倾式水准仪的检验与校正	44
任务 2.5	水准测量误差	48
	项目检测	50
	考核评价	53

项目 3 角度测量

任务 3.1	角度测量的基本原理	55
任务 3.2	角度测量的器具及其使用	56
任务 3.3	水平角观测	65
任务 3.4	竖直角观测	74
任务 3.5	全站仪的检验与校正	79
任务 3.6	角度测量误差及注意事项	81
	项目检测	83
	考核评价	85



项目 4 距离测量与直线定向

任务 4.1 钢尺量距	87
任务 4.2 光电测距	92
任务 4.3 直线定向	95
任务 4.4 坐标方位角的推算及点位坐标的计算	98
项目检测	101
考核评价	103

项目 5 小区域控制测量

任务 5.1 控制测量的基础知识	105
任务 5.2 导线测量	109
任务 5.3 交会测量	122
任务 5.4 高程控制测量	125
项目检测	136
考核评价	138

项目 6 地形图的测绘与应用

任务 6.1 地形图的基础知识	140
任务 6.2 大比例尺地形图的测绘	148
任务 6.3 地形图的基本应用	167
项目检测	179
考核评价	181

项目 7 施工测量的基本方法

任务 7.1 施工测量概述	183
任务 7.2 放样的基本工作	185
任务 7.3 建筑工程控制网的布设	202
项目检测	206
考核评价	208



项目 8 民用建筑施工测量

任务 8.1	民用建筑施工测量的准备工作	210
任务 8.2	建筑物的定位与放线	212
任务 8.3	基础施工测量	219
任务 8.4	墙体施工测量	220
任务 8.5	高层建筑物施工测量	223
	项目检测	233
	考核评价	234

项目 9 工业建筑施工测量

任务 9.1	工业建筑控制网测设	236
任务 9.2	厂房柱列轴线测设与基础施工测量	238
任务 9.3	厂房结构安装测量	242
任务 9.4	特殊形状工程施工测量	248
	项目检测	250
	考核评价	251

项目 10 建筑小区市政工程施工测量

任务 10.1	建筑小区道路工程测量	253
任务 10.2	建筑小区管线工程测量	279
任务 10.3	绿化工程施工测量	285
	项目检测	291
	考核评价	294

项目 11 建筑物变形测量

任务 11.1	建筑物沉降观测	296
任务 11.2	建筑物倾斜观测	301
任务 11.3	建筑物水平位移观测	304
任务 11.4	建筑物裂缝观测	306



建筑工程测量

项目检测	307
考核评价	308

项目 12 竣工测量与竣工图编绘

任务 12.1 建筑物竣工测量	310
任务 12.2 地下管线竣工测量	311
任务 12.3 竣工总平面图的编绘	315
项目检测	318
考核评价	319

参考文献 320



项目

测绘基础知识



项目说明

本项目介绍测绘学的基本概念和分类,并讨论建筑工程测量的任务与作用;围绕地面点位的确定,讨论测量工作的基准面和基准线,明确地面点位的确定方法,并讨论用水平面代替大地水准面对测量工作的影响;明确测量工作的基本原则,并简单介绍测量误差的基本知识。本项目的重点内容是掌握测量工作的基准面和基准线,明确地面点位的确定。本项目的难点内容是地面点位的确定。



教学目标

1. 知识目标

- (1) 了解测绘学的基本概念、建筑工程测量的任务与作用,以及测量误差的基本内容。
- (2) 熟悉测量误差的来源和分类,以及用水平面代替大地水准面对距离测量、角度测量和高程测量的影响。
- (3) 掌握测量的基准面和基准线的含义、确定地面点位的方法、测量的基本工作和测量工作的基本原则,以及相对误差的计算。

2. 能力目标

- (1) 能够根据已知高程求解高差,并根据高差判断地面点的高低情况。
- (2) 能够根据测区范围的大小判断是否能用水平面代替大地水准面。
- (3) 能够在后续技能训练中始终遵循测量工作的基本原则。
- (4) 能够进行相对误差的计算。

3. 素质目标

提高科学素养,增强民族自豪感。

任务 1.1 建筑工程测量概述



引导问题

- (1) 测绘学的研究对象是什么?
- (2) 在工程建设中,建筑工程测量主要有哪些任务?



相关知识

知识点 1: 测绘学及其分类

测绘学是研究地球的形状和大小,地球表面点的位置,以及如何将地球表面的地形、地貌及其他地理信息测绘成图的科学。测绘学的研究对象是地球。我们知道,物体的几何形状和大小都是由组成该物体的一些特定点的位置所决定的,因此,测绘学的实质是确定地球表面点的位置。

由于测绘学所涉及的研究对象、方式、手段各有不同,因而测绘学在自身的发展中形成了特色各异的其他测绘分支学科,这些分支学科有大地测量学、地形测量学、摄影测量与遥感学、工程测量学、海洋测量学与地图学等。

1. 大地测量学

大地测量学是研究和确定地球形状、大小、整体与局部运动和地表面点的几何位置,以及其形变理论和技术的学科。按照测量手段的不同,大地测量学又分为常规大地测量学、卫星大地测量学及物理大地测量学等。



知识拓展:
测绘学的发展、
任务和作用



2. 地形测量学

地形测量学是研究小区域内测绘地形图的基本理论、技术和方法的学科。它基本上可以不考虑地球曲率的影响,而把小区域内的地球表面当作水平面对待。

3. 摄影测量与遥感学

摄影测量与遥感学是研究利用摄影相片来测定物体的形状、大小和空间位置的学科。根据获得影像的方式及遥感距离的不同,本学科又分为地面摄影测量学、航空摄影测量学和航天遥感测量学等。

4. 工程测量学

工程测量学是研究工程、工业和城市建设及自然资源开发中,在规划、勘测设计、施工与管理各个阶段进行测量工作的理论、方法与技术的学科。工程测量学是测绘科学技术在国民经济和国防建设中的直接应用。

5. 海洋测量学

海洋测量学是研究以海洋水体和海底为研究对象的测绘理论与技术的学科。

6. 地图学

地图学是研究模拟地图和数字地图的基础理论、设计、测绘、复制的技术方法及其应用的学科。地图学是研究地理信息的表达、处理和传输的理论和方法,以地理信息可视化为核心,探讨地图的制作技术和使用方法。

知识点 2: 建筑工程测量的任务

建筑工程测量是工程测量学的一个重要分支。它是研究建筑工程在勘测设计、施工和运营管理阶段所进行的各种测量工作的理论、技术和方法的一门学科。建筑工程测量的任务主要包括布设施工控制网、测绘大比例尺地形图、施工测量、变形监测和竣工测量。

1. 布设施工控制网

施工测量要求的精度高,需要建立专门的控制网。布设施工控制网的方法主要有导线网、三角网、建筑基线、建筑方格网和全球卫星导航系统施工网。



知识链接

全球卫星导航系统也称全球导航卫星系统(global navigation satellite system, GNSS),是能在地球表面或近地空间的任何地点为用户提供全天候的三维坐标和速度以及时间信息的空基无线电导航定位系统,包括一个或多个卫星星座及其支持特定工作所需的增强系统。全球卫星导航系统国际委员会公布了全球4大卫星导航系统供应商,包括中国的北斗卫星导航系统BDS,美国的全球定位系统GPS、俄罗斯的格洛纳斯卫星导航系统Glonass和欧盟的伽利略卫星导航系统Galileo。

2. 测绘大比例尺地形图

测绘地形图是通过测量仪器和一定的测绘方法,按一定比例尺将测区内的地物和地貌测定在图纸上的工作。地形图是建筑设计的底图。地形图的测绘一般为数字测图,主要有全站仪野外数字测图、实时动态(real time kinematic, RTK)野外数字测图和数字摄影测量测图三种方式,数字测图速度快、精度高,所测绘的地形图可以是数字形式的,也可以是纸质的。



知识链接

RTK 测量技术是全球卫星导航定位技术与数据通信技术相结合的载波相位实时动态差分定位技术,它能够实时地提供测站点在指定坐标系中的三维定位结果。

3. 施工测量

建筑工程施工测量的主要工作是按照设计图对建筑物进行放样,也包括对建筑结构或特殊工业结构的安装测量。建筑物放样的主要内容有建筑物定位、基础桩位放样、基础放线、各施工层的放线、轴线竖向投测和标高传递等。传统的放样方法是使用经纬仪、水准仪和钢尺放样,目前在建筑工程施工中更多地是使用全站仪和 GNSS、RTK 技术进行放样。由于建筑结构对安装精度要求较高,因此一般采用高精度的全站仪进行测量工作。

4. 变形监测

变形监测是在建筑工程施工和运营管理阶段所进行的一项观测工作,包括沉降观测、倾斜观测、位移观测和裂缝观测等内容。

5. 竣工测量

竣工测量能全面检核工程建筑与设计图的符合情况,为工程验收及改扩建提供必要而翔实的数据和资料。

建筑工程测量工作贯穿整个工程建设的始终,建筑工程的勘测、设计、施工和运营阶段都离不开建筑工程测量工作。只要存在建筑工程,就一定需要建筑工程测量。

素质拓展

收集相关资料,了解近十年来我国在测量技术和设备领域有哪些改进和提升,在我国的建设成就中发挥了怎样的作用。

任务 1.2 地面点位的确定



引导问题

- (1) 确定地面点位的依据是什么?
- (2) 如何确定地面点的位置?
- (3) 基准面、大地水准面、水平面分别指什么?



相关知识

知识点 1: 测量工作的基准面和基准线

地面点位的确定是指以某种技术确定地面点的位置。测量工作的本质任务是地面点位的确定,因为地球表面上的地物和地貌的形状即使再复杂,也可以认为是由点、线、面构成的,其中点是最基本的单元,合理选择一些点进行测量,就可以准确地表示出地物和地貌的

位置、形状和大小。

为了确定地面点位,应有相应的基准面和基准线作为依据,而基准面和基准线与地球的形状和大小密切相关。

地球表面是极其不规则的,有高山、丘陵、平原、盆地、山地等不同地形,形成不同的起伏变化,其中,珠穆朗玛峰的海拔为 8 848.86 m,而位于北太平洋西部的马里亚纳海沟最深处深约为 11 000 m。但它们与地球的尺度相比还是很小,就整个地球而言,考虑到海洋几乎占地球表面的 71%,可以把地球想象成一个处于静止状态的海水面延伸并穿过陆地所包围的形体,这个处于静止状态的海水面就是水准面,这个形体基本上代表了地球。但由于水位时高时低,因此水准面有无数个。在高度不同的水准面中选择一个高度适中的水准面作为平均海水面,这个没有风浪、没有潮汐的平均海水面就称为大地水准面(见图 1-1)。不同的国家或地区,通过验潮站观测潮汐变化来确定平均海水面,以作为该国家或地区的大地水准面。由大地水准面包围的形体称为大地体,大地体就代表了地球的形状和大小。

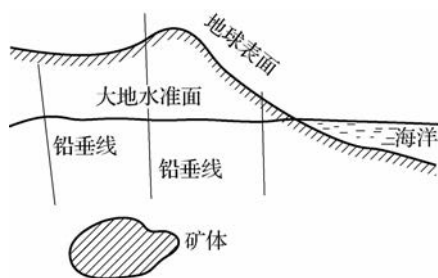


图 1-1 大地水准面

地球上的任何物体都受到地球自转所产生的离心力和地球引力的作用,这两个力的合力称为重力。重力的作用线常称为铅垂线,其具有处处与大地水准面垂直的特性。测量工作是通过安置测量仪器观测数据,并沿着铅垂线方向将这些数据投影到大地水准面上的,因此,大地水准面是测量工作的基准面,铅垂线是测量工作的基准线。

由于地球内部质量分布不均匀会导致铅垂线在方向上的不规则变动,进而使得大地水准面成为一个不规则、复杂的曲面,不便于计算与制图。因此,人们就用一个既可以用数学公式表示又很接近大地水准面的椭球面来代替大地水准面,这个椭球面称为参考椭球面(见图 1-2)。

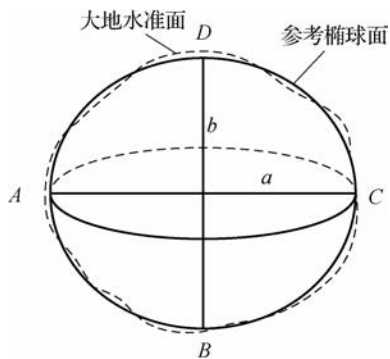


图 1-2 参考椭球面



参考椭球面所包围的形体叫作参考椭球体。参考椭球体是由椭圆 ABCD 绕其短轴 DB 旋转而成的,其形状和大小由椭圆长半轴 a 和短半轴 b 或扁率 α 决定。自 1980 年开始,我国基于 1975 年国际椭球建立了新的国家大地坐标系。2008 年 7 月 1 日,我国正式启用“2000 国家大地坐标系”,其采用的地球椭球参数是:长半轴 $a=6\ 378\ 137\ \text{m}$,短半轴 $b=6\ 356\ 752.314\ \text{m}$,扁

$$\text{率 } \alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.257\ 222\ 101}。$$

参考椭球面与大地水准面不完全一致。对精密测量工作来说,必须考虑两者的差异,要通过计算进行数据转换;对普通测量来说,由于精度要求不高,当测量范围不大时可不考虑两者间的差异,同时,由于扁率很小,为方便计算,可以将地球看成圆球体进行处理,经计算其半径约为 $6\ 371\ \text{km}$ 。

知识点 2:确定地面点位的方法

在测量工作中,一个地面点的位置通常用该点在参考椭球面上的铅垂投影位置和该点沿投影方向到大地水准面的距离来确定。其中前者由两个量构成,称为坐标;后者由一个量构成,称为高程。也就是说,地面点的位置是用坐标和高程来表示的。

1. 地面点的坐标

1) 地理坐标系

地理坐标系采用经纬度来表示地面点的投影位置。它能表示出物体在地面上的位置,明确显示出地物的方位(经线与南北方向相应,纬线与东西方向相应);同时,基于地球的自然特性,可以利用经度差表示时差,利用纬度表示地理现象所处的地理带,研究气候、土壤、植被等的空间分布规律。

我国位于东半球和北半球,所以各地的地理坐标都是东经和北纬,如北京某地的地理坐标为东经 $116^{\circ}28'$ 、北纬 $39^{\circ}54'$ 。

2) 高斯平面直角坐标系

(1)高斯投影原理。地理坐标是球面坐标,若直接将其用于工程建设规划、设计、施工,会给计算和测量带来很多不便。因此,须将球面坐标按一定的数学法则归算到平面上,即测量工作中所称的投影。在测量工作中常用的是高斯投影,如图 1-3 所示。

高斯投影是设想将一个平面卷成一个空心圆柱,把它横着套在地球椭球外面,使空心圆柱的中心轴线位于赤道面内并通过球心,使地球椭球上某个投影范围内的中央子午线(经线)与圆柱面相切,使椭球面上的图形投影到圆柱面上后保持角度不变,如图 1-3(a)所示。将某区域全部投影到圆柱上后,再将圆柱沿着通过南北极的母线切开并展成平面,在该平面上定义平面直角坐标系,如图 1-3(b)所示。

由于在参考椭球面上,中央子午线与赤道相互垂直,因此经等角投影后的中央子午线与赤道也相互垂直。以中央子午线为坐标纵轴(x 轴,向北为正)、赤道为坐标横轴(y 轴,向东为正)、中央子午线与赤道的交点为坐标原点 O 组成的平面直角坐标系称为高斯平面直角坐标系。

(2)高斯投影带。为了控制变形,高斯投影采用分带投影的方法,常用的是 6° 带投影和 3° 带投影。

① 6° 带投影。 6° 带投影是把地球按 6° 的经差分成 60 个带,从首子午线开始自西向东编



知识拓展:
高斯平面直角
坐标系分析

号,东经 $0^{\circ}\sim 6^{\circ}$ 为 1 带, $6^{\circ}\sim 12^{\circ}$ 为 2 带,以此类推,如图 1-4 所示。位于各分带中央的子午线称为中央子午线,设其经度为 λ_0 ,则在东半球 N 带中央子午线的经度可按式(1-1)计算;如果已知地面任意一点的经度 λ ,可按式(1-2)计算该点所在的统一 6° 带编号。

$$\lambda_0 = (6N - 3)^{\circ} \quad (1-1)$$

$$N = \text{Int}\left(\frac{\lambda}{6} + 1\right) \quad (1-2)$$

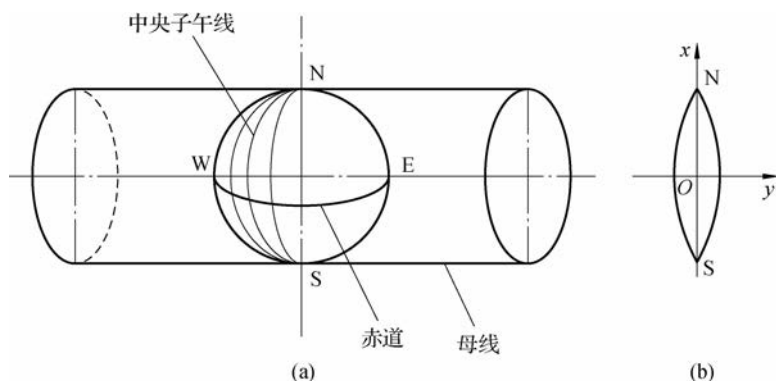


图 1-3 高斯投影

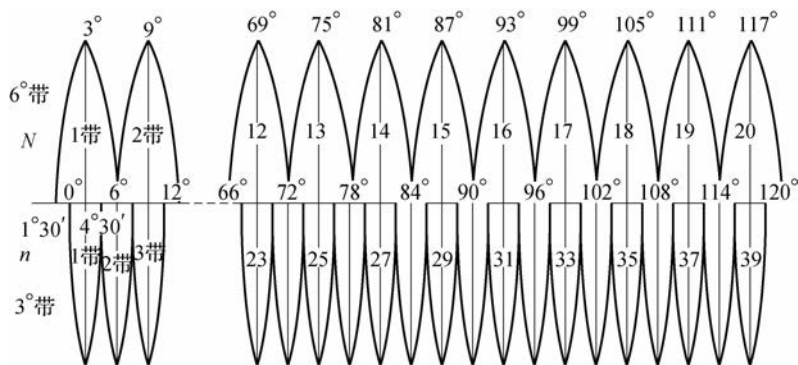


图 1-4 高斯投影分带

② 3° 带投影。投影中,除中央子午线和赤道均为直线外,其余各纬线和经线均为曲线,且距中央子午线距离越大,投影变形越大,因此为了控制变形,可以选择统一 3° 带投影。 3° 带投影是从东经 $1^{\circ}30'$ 起,每隔经差 3° 划带,将整个地球分成 120 个带(见图 1-4)。式(1-3)表示了 3° 带中央子午线经度 λ'_0 与带号 n 的关系。如果已知地面任意一点的经度 λ ,可按式(1-4)计算该点所在的统一 3° 带编号。

$$\lambda'_0 = 3n^{\circ} \quad (1-3)$$

$$n = \text{Int}\left(\frac{\lambda}{3} + 0.5\right) \quad (1-4)$$

3) 独立平面直角坐标系

若测区范围较小(半径小于 10 km),可将该测区的大地水准面看成平面,直接将地面点沿铅垂方向投影到水平面上,用平面直角坐标系表示该点的位置,这种测区平面直角坐标系



即独立平面直角坐标系。如图 1-5 所示,测量上使用的平面直角坐标系与数学上的笛卡儿坐标系有所不同,测量上将南北方向的坐标轴定为 x 轴(纵轴),自原点向北为正,向南为负;将东西方向的坐标轴定为 y 轴(横轴),自原点向东为正,向西为负;象限按顺时针方向编号,并规定所有直线的方向都是以纵坐标轴北端为准按顺时针方向度量。这样,数学中的平面三角公式均可直接使用,同时便于测量过程中方向和坐标的计算。在实际测量工作中,通常将独立平面直角坐标系的原点选在测区的西南角,以使测区内的点的坐标均为正值。

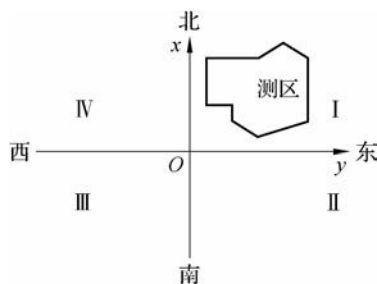


图 1-5 独立平面直角坐标系

4)地心坐标系

地心坐标系是以地球质心为原点建立的空间直角坐标系,或以球心与地球质心重合的地球椭球面为基准面而建立的大地坐标系。地心坐标系通常分为地心空间直角坐标系(以 x 、 y 、 z 为坐标元素)和地心大地坐标系(以地心纬度 B 、地心经度 L 、高程 H 为坐标元素)。我国在使用的地心坐标系主要有美国的全球定位系统采用的 WGS-84 坐标系和 2000 国家大地坐标系(CGCS 2000),如图 1-6 所示。图中,BIH(bureau international de l'Heure)指国际时间局,CTP(conventional terrestrial pole)指协议地极方向,IERS(international earth rotation and reference systems service)指国际地球自转和参考系服务。

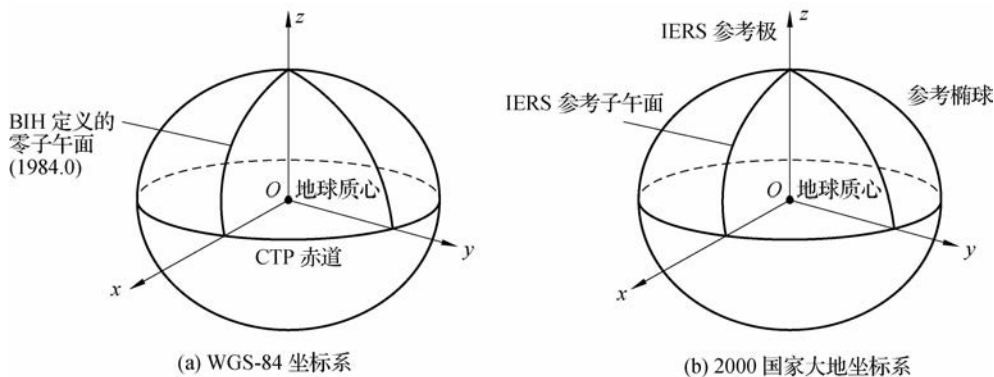


图 1-6 常见的地心坐标系

2. 地面点的高程

1)绝对高程

由于大地水准面包围形成的大地体与整个地球最为接近,因此在一般测量工作中都以大地水准面作为高程基准面。地面点沿铅垂线到大地水准面的距离称为该点的绝对高程或

海拔,简称高程,通常用 H 表示。图 1-7 所示 A 、 B 两点的高程分别表示为 H_A 、 H_B 。大地水准面上的高程恒为零。

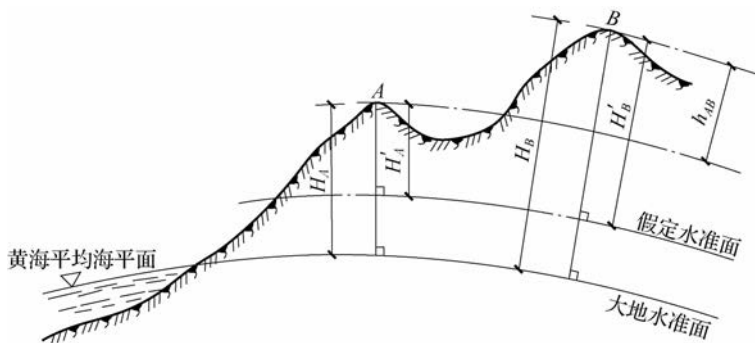


图 1-7 地面点的高程

在我国境内所测定的高程点以青岛验潮站历年观测的黄海平均海水面为基准面,水准原点位于青岛市观象山。1956年,我国以青岛验潮站1950—1956年的潮汐记录资料推算出的大地水准面为基准引测出水准原点的高程为72.289 m,以这个大地水准面为高程基准建立的高程系称为“1956年黄海高程系”。20世纪80年代,我国又以青岛验潮站1953—1977年的潮汐记录资料推算出的大地水准面为基准引测出水准原点的高程为72.260 m,以这个大地水准面为高程基准建立的高程系统称为“1985国家高程基准”。



职业院校技能
大赛赛题演练

2) 相对高程

当个别地区采用绝对高程有困难时,可以假定一个水准面作为高程起算基准面,这个水准面称为假定水准面。地面点到假定水准面的铅垂距离称为该点的相对高程或假定高程,通常用 H' 表示。图 1-7 所示 A 、 B 两点的相对高程分别表示为 H'_A 、 H'_B 。

3) 高差

地面两点间的绝对高程或相对高程之差称为高差,用 h 表示。图 1-7 所示 A 、 B 两点的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1-5)$$

由此可见,地面两点间的高差与采用的高程系统无关。

高差值有正有负。当 $h_{AB} > 0$ 时,表明 B 点高于 A 点;反之, B 点低于 A 点。当 $h_{AB} = 0$ 时,表明 B 点和 A 点的高程相等。

A 点相对于 B 点的高差与 B 点相对于 A 点的高差绝对值相等,但符号相反,即

$$h_{AB} = -h_{BA} \quad (1-6)$$

知识点 3: 确定地面点位的基本测量工作

在实际测量工作中,地面点的坐标和高程一般不能直接测出,而是通过观测坐标和高程已知的点与坐标和高程未知的点之间的几何位置关系,计算出待定点的坐标和高程。

如图 1-8 所示,设 A 、 B 两点为坐标、高程已知的点, C 为待定点。在 $\triangle ABC$ 中, AB 边的边长是已知的,只要测量出一条未知边(AC 或 BC)的边长 D_1 或 D_2 和一个水平角(α 或 β),就可以推算出 C 点的坐标。可见,测定地面点坐标的主要工作是测量水平角和水平距离。



欲求 C 点的高程, 先要测量出高差 h_{AC} 或 h_{BC} , 然后推算出 C 点的高程, 所以测定地面点的高程主要工作是测量高差。

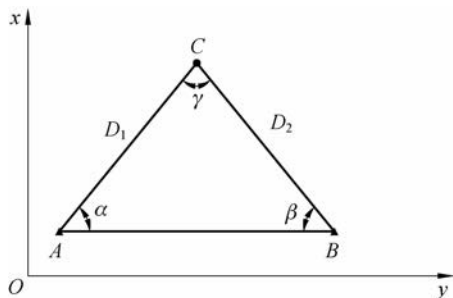


图 1-8 确定地面点位的测量工作

综上所述, 距离、角度、高差是确定地面点位置的三个基本要素, 因此把距离测量、角度测量和高差测量称为确定地面点位的三项基本测量工作。

知识点 4: 用水平面代替大地水准面的影响

小范围测量时允许把该测区的大地水准面看成水平面, 但随着测区范围的增大, 由此产生的误差也会增大。下面分析当测区范围究竟为多大时, 用水平面代替大地水准面所产生的距离、角度、高程变形才不会超过测图误差的允许范围。

1. 用水平面代替大地水准面对水平距离的影响

如图 1-9 所示, 设地球是半径为 R 的圆球, P 为大地水准面, P' 为该地区中心点的水平面, 地面点 A, B 在大地水准面上的投影分别为 a, b , 在水平面上的投影分别是 a', b' , D, D' 分别为地面两点在大地水准面上和在水平面上的投影距离, 据此可推导出用水平面代替大地水准面对水平距离的影响值, 即

$$\Delta D = D' - D \approx \frac{D^3}{3R^2} \quad (1-7)$$

式中, ΔD 为距离误差 (mm)。

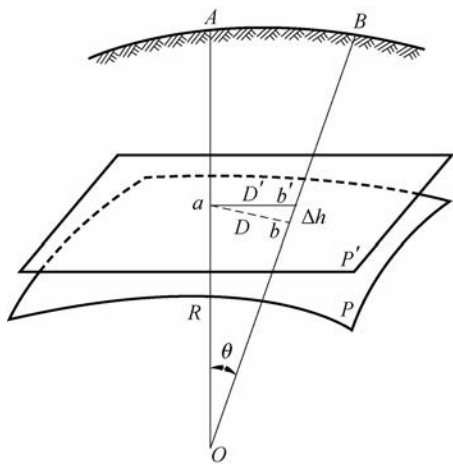


图 1-9 用水平面代替大地水准面

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2} \quad (1-8)$$

式中, $\frac{\Delta D}{D}$ 为相对误差。

当取地球半径 $R=6\,371\text{ km}$ 时, ΔD 及 $\frac{\Delta D}{D}$ 的值见表 1-1。

表 1-1 用水平面代替大地水准面的距离误差和相对误差

D/km	5	10	25	50	100
$\Delta D/\text{mm}$	1.0	8.2	128	1 026	8 212
$\frac{\Delta D}{D}$	1/5 000 000	1/1 200 000	1/195 000	1/48 000	1/12 000

从表 1-1 可以看出, 当距离 $D=10\text{ km}$ 时, 产生的距离相对误差为 1/1 200 000, 这样小的误差, 即使是精密量距, 也是允许的。因此, 在以 10 km 为半径的圆面积之内进行距离测量时, 可以用水平面代替大地水准面, 而不必考虑地球曲率对距离的影响。

2. 用水平面代替大地水准面对水平角度的影响

从球面三角学可知, 同一空间多边形在球面上投影的各内角和比在平面上投影的各内角和大一个球面角超值 ϵ (水平角误差), 其值为

$$\epsilon = \rho \frac{S}{R^2} \quad (1-9)$$

式中, ϵ 为球面角超值 ($''$); S 为球面多边形的面积 (km^2); R 为地球半径 (km); ρ 为 1 弧度的秒值, $\rho=206\,265''$ 。将不同的面积 S 代入式(1-9)可求出球面角超值, 见表 1-2。

表 1-2 用水平面代替大地水准面的水平角误差

球面多边形面积 S/km^2	球面角超值 $\epsilon/('')$
10	0.05
50	0.25
100	0.51
300	1.52

由表 1-2 可以看出, 当面积 $S=100\text{ km}^2$ 时, 用水平面代替大地水准面所产生的角度误差仅为 $0.51''$, 所以, 在测量工作中用水平面代替大地水准面引起的水平角误差可以忽略不计。

3. 用水平面代替大地水准面对高程的影响

如图 1-9 所示, 可以推导出用水平面代替大地水准面对高程的影响值为

$$\Delta h = bB - b'B \approx \frac{D^2}{2R} \quad (1-10)$$

式中, Δh 为高差误差 (mm)。

当取地球半径 $R=6\,371\text{ km}$ 时, Δh 值见表 1-3。

表 1-3 用水平面代替大地水准面的高差误差

D/km	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1
$\Delta h/\text{mm}$	0.8	3.1	13	28	50	78



Δh 是随距离平方的增加而增加的。当距离 $D=200\text{ m}$ 时,就有 3.1 mm 的高差误差,这是不允许的。因此,在进行高程测量时,即使距离很近,也要考虑地球曲率对高程的影响。

任务 1.3 测量工作概述



引导问题

- (1) 测量工作的基本原则有哪些? 为什么要遵循这些原则?
- (2) 测量常用的计量单位有哪些?
- (3) 在记录测量结果时应注意哪些问题?



相关知识

知识点 1: 测量工作的基本原则

进行测量工作时,需要测定(或测设)许多特征点的坐标和高程。如果从一个特征点开始到下一个特征点逐点进行施测,虽然可以得到各点的位置,但由于测量中不可避免地存在误差,会导致前一点的误差传递到下一点,这样累加起来可能会使点位误差达到不可容许的程度;另外,逐点传递的测量方法的效率也很低。因此,测量工作必须按照一定的原则进行。

(1)“从整体到局部,先控制后碎部,由高级到低级”是测量工作应遵循的基本原则。也就是先在测区内选择一些控制点,把它们的坐标和高程精确地测定出来,然后分别以这些控制点为基准,测定出附近碎部点的位置。这种方法不但可以减少碎部点测量误差的累积,而且可以同时在各个控制点上进行碎部测量,提高工作效率。

(2)在控制测量或碎部测量工作中都有可能发生错误,小错误会影响成果质量,严重的错误则会造成返工浪费,甚至造成不可挽回的损失。因此,为了避免出错,测量工作必须遵循“前一步工作未做检核,不进行下一步工作”的原则。

知识点 2: 测量常用的计量单位

在测量中,常用的计量单位有长度、面积和角度三种。

(1)长度单位。国际通用长度单位为米(m),我国规定采用米制。

$$1\text{ m}=100\text{ cm}=1\ 000\text{ mm}$$

$$1\ 000\text{ m}=1\text{ km}$$

(2)面积单位。面积单位为平方米(m^2),计量较大面积用平方千米(km^2)。

(3)角度单位。角度单位有 60 进位制的度、100 进位制的新度和弧度三种。

①60 进位制的度。

$$1\text{ 圆周角}=360^\circ$$

$$1^\circ=60'$$

$$1'=60''$$

②100 进位制的新度。

$$1\text{ 圆周角}=400\text{ g(新度)}$$



知识拓展:测量工作的基本要求

$$1 \text{ g(新度)} = 100 \text{ c(新分)}$$

$$1 \text{ c(新分)} = 100 \text{ cc(新秒)}$$

③弧度。角度按弧度计算时等于弧长与半径之比。将与半径相等的一段弧长所对的圆心角作为度量角度的单位,称为1弧度,用 ρ 表示。按度、分、秒分别表示的1弧度为

$$\rho = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57.3^\circ$$

$$\rho = \frac{180^\circ}{\pi} \times 60' = 3\,438'$$

$$\rho = \frac{180^\circ}{\pi} \times 3\,600'' = 206\,265''$$

知识点 3: 测量资料的记录要求

测量资料是测量成果的原始数据,十分重要。测量资料的记录要求如下。

(1)测量数据必须直接填写在规定的表格中,不得转抄,更不得用零散纸张记录后再进行转抄。

(2)所有观测成果均应使用硬性(2H或3H)铅笔记录。字体应端正清晰、数字齐全、数位对齐,字脚靠近底线,字体大小一般应稍大于格子的一半,以便留出空隙做错误的更正。

(3)凡记录表格上规定应填写的项目不得空白。

(4)淘汰整个部分的测量数据时可以用斜线划去,但不得使原数据模糊不清。修改局部错误时,先将局部数据用斜线划去,然后将正确的数据写在原数据的上方。

(5)对所有记录的修改和观测结果的淘汰,必须在备注栏内注明原因。

(6)禁止连环更改数字。如已改了平均数,则计算平均数的所有原始读数都不能更改;如改正任意一个原始读数,则不准修改其平均数。若原始读数和其平均数都有错误,则应重测重记。

(7)不准更改原始观测值的尾部读数,而应将该部分观测结果废去重测。对测量数据不许更改的部位和应废去重测的范围见表1-4。

表 1-4 对测量数据不许更改的部位和应废去重测的范围

测量数据	不许更改的部位	应废去重测的范围
水平角	分及秒的读数	一测回
竖直角	分及秒的读数	一测回
量距	厘米及毫米的读数	一尺段
高差	厘米及毫米的读数	一测站

(8)对记录的测量数据应写齐规定的位数,具体要求见表1-5。

表 1-5 对记录的测量数据的位数要求

测量数据	数据的单位	记录的位数
高差	毫米	四位
角度的分	分	两位
角度的秒	秒	两位



职业院校技能
大赛赛题演练



(9)各项数据的记录、计算要按相关规范规定取位。

任务 1.4 测量误差的基本内容



引导问题

- (1)测量一段距离时,每次测量的结果并不完全相同,为什么会出现这样的情况?
- (2)测量误差是可以完全消除的吗?



相关知识

知识点 1:测量误差概述

1. 测量误差的概念及对测量人员的要求

测量工作是由观测者使用一定的测量仪器和工具,采用一定的测量方法和程序,在一定的观测环境中进行的。对某一个未知量进行测定的过程,称为观测。对某个量进行重复观测时就会发现,这些观测值之间往往存在一些差异。例如,对某一段距离丈量若干次,量得的长度通常互有差异。另一种情况是,即使已经知道某几个量之间应该满足某一理论关系,但当对这几个量进行观测后发现实际观测结果往往不能满足应有的理论关系。例如,从几何关系上知道一个平面三角形的三个内角之和应等于 180° ,但如果对这个三角形进行观测,则三个内角的观测值之和常常不等于 180° 。

大量实践表明,在测量工作中,当对某一未知量进行多次观测时,无论测量仪器多么精密,观测进行得多么仔细,观测值之间总是存在着差异。这种差异实质上表现为各次测量所得的数值与未知量的真实值之间的差值,即测量误差。

测量误差是不可避免的,为了确保测量成果具有较高的质量,使产生的误差不超过一定限度,测量人员必须充分了解影响测量结果的误差的来源和性质,以便采取适当的措施限制或减小误差的产生;同时要掌握处理误差的理论和方法,以便合理消除偏差并取得合理的数值。优秀的测量员不仅要能进行熟练的测量,还应具有对误差情况进行综合分析,能恰当地选择和应用与作业目的要求相适应的测量方法的能力。

2. 测量误差产生的原因

测量误差产生的原因很多,概括起来有以下三方面。

(1)仪器误差。精度上的限制和结构上的缺陷,或校正不完善而引起的误差,称为仪器误差。如水准仪的水准管轴不平行于视准轴,不论校正工作做得多么仔细,视准轴总是不完全水平,这样在观测时就必然会由此而产生误差。

(2)周围环境的影响。观测时,受周围环境条件,如温度、湿度、风、雾、照明、大气折光等的影响会产生测量误差。例如,温度不仅会给钢尺丈量带来误差,也会给水平角观测和水准测量带来误差。周围环境条件复杂多变,难以准确地掌握其规律。

(3)观测者的影响。由于观测者的感觉器官的鉴别能力有限,因此在进行仪器的安置、照准、读数等操作时都会产生误差。

通常将这三方面因素总称为观测条件。观测条件好,测量误差就小,观测质量就高;反

之,观测条件差,测量误差就大,观测质量就差。测量工作中,在观测条件基本相同的情况下,认为其观测质量也基本上是一致的,称为等精度观测;在不同观测条件下进行的各项观测,则认为其观测质量是不一致的,称为非等精度观测。

3. 测量误差的分类

按测量误差产生的规律,测量误差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进行一系列的观测,如果误差在大小、符号上表现出一定的规律变化,那么这种误差就称为系统误差。

(1)系统误差的产生。系统误差的产生原因很多,主要是使用的仪器不够完善及外界条件的影响。例如,量距时所用钢尺的长度比标准尺略长或略短,则每量一整尺均存在尺长误差,它的大小和正负号是一定的,量的整尺数越多,误差就越大。因此,必须尽可能地全部地或部分地消除系统误差的影响。

(2)系统误差的消除。系统误差具有积累性,对测量结果的影响很大,但是又具有一定的规律,可以用以下方法进行处理。

①用计算的方法加以改正。例如,在量距前将所用钢尺与标准长度比较得出差数,进行尺长改正。

②用一定的观测方法加以消除。例如:进行水准测量时,将仪器安置在离两把水准尺大致相等的地方,可以消除水准仪视准轴不平行于水准管轴的误差;在经纬仪测角中,用盘左、盘右观测值取中数的方法可以消除视准轴误差、横轴误差和竖盘指标差等的影响。

③将系统误差限制在允许范围内。有的系统误差既不便于计算改正,又不能采用一定的观测方法加以消除,如经纬仪照准部管水准器轴不垂直于仪器竖轴的误差对水平角的影响。对于这类系统误差,只能按规定的要求对仪器进行精确检校,并在观测中仔细整平,将其影响减小到允许的范围。

2) 偶然误差

在相同的观测条件下做一系列的观测,如果误差在大小和符号上都表现出偶然性,即误差的大小不等,符号不同,那么这种误差就称为偶然误差。

偶然误差是由于人的感觉器官和仪器的性能受到一定的限制,以及观测时受到外界条件的影响等原因所造成的。例如,用望远镜照准目标时,由于观测者眼睛的分辨能力和望远镜的放大倍数有一定的限度,观测时受光线强弱的影响,照准目标不会绝对正确,可能偏左一些,也可能偏右一些。无法通过一定的方法消除偶然误差,只能合理地处理观测结果,以减少偶然误差对测量结果的影响。



知识拓展:偶然误差的特性

4. 多余观测

为了提高观测成果的质量,同时也为了发现和消除错误,在测量工作中,一般都要进行多余观测。例如,测量一个平面三角形的内角值,只需要测得其中的任意两个内角值即可确定其形状,但实际上也应测出第三个内角值,以便检校内角和,从而判断观测结果是否正确。

5. 粗差

在观测结果中,有时还会出现错误,如读错、记错或测错等,这些统称为粗差。粗差在观测结果中是不允许出现的。为了杜绝粗差,除认真仔细作业外,还必须采取必要的检核措施。例如,对距离进行往、返测量,对角度进行重复观测,对几何图形进行必要的多余观测,用一定的几何条件进行检核等。



知识点 2: 评定精度的标准

在一定观测条件下进行一组观测,必然对应着一种偶然误差分布。若分布较为密集,则表示该组观测质量较好,即观测精度较高;若分布较为离散,则表示该组观测质量较差,即观测精度较低。精度是指偶然误差分布密集或离散的程度。

在相同的观测条件下所进行的一组观测,由于它对应着同一种误差分布,故这一组中的每个观测值均称为等精度观测值。若两组观测成果的误差分布相同,则这两组观测成果的精度相等;反之,则精度不等。

既然精度是指一组误差分布的密集或离散的程度,那么分布越密集,就表示在该组误差中绝对值较小的误差的个数就越多。在此情况下,该组误差的平均值就反映了该组观测精度的高低。为对观测值的精度做出科学的评定,常用中误差、极限误差、相对误差作为评定精度的标准。

1. 中误差

在相同的观测条件下,对某一未知量进行一系列的观测,其观测值的真误差(真值与观测值之差)分别为 $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ 。则,中误差定义为

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} \quad (1-11)$$

式中, $[\Delta\Delta] = \Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2$; n 为观测数。

中误差是反映一组观测数据质量高低的一个统计指标,由式(1-11)可以看出中误差与真误差的关系。中误差的大小能反映观测值精度的高低,通常将中误差放在观测值后面表示观测值的精度,如角 $\alpha = 56^\circ 12' 36'' \pm 6''$,表示该角的中误差为 $\pm 6''$ 。

【例 1-1】 设有甲、乙两组观测值,其真误差如下。

甲组: $-4'', -2'', 0'', -4'', +3''$

乙组: $+6'', -5'', 0'', +1'', -1''$

试分别求出两组观测值的中误差,并判定这两组观测结构哪组精度高。

【解】 甲、乙两组观测值的中误差分别为

$$m_{\text{甲}} = \pm \sqrt{\frac{16 + 4 + 0 + 16 + 9}{5}} = \pm 3.0''$$

$$m_{\text{乙}} = \pm \sqrt{\frac{36 + 25 + 0 + 1 + 1}{5}} = \pm 3.5''$$

比较 $m_{\text{甲}}$ 和 $m_{\text{乙}}$,因为 $m_{\text{甲}} < m_{\text{乙}}$,所以甲组观测值的精度比乙组观测值的精度高。

必须指出的是,中误差 m 是表示一组观测值的精度。例如, $m_{\text{甲}}$ 是表示甲组观测值中每一个观测值的精度,而不能用每次观测所得的真误差(如 $-4'', -2'', 0'', -4'', +3''$)与中误差($\pm 3.0''$)相比较来说明一组中哪一次的精度高或低。

2. 极限误差

判定观测误差必须有一个标准,超过这个标准的误差就列入错误,相应的观测值应予剔除或返工重测,这个标准就是极限误差。所谓极限误差就是所允许的最大误差。由偶然误差的特性可知,在一定条件下,偶然误差不会超过一个界值,这个界值就是所说的极限误差。根据误差理论可知,在等精度观测的一组误差中,误差落在区间 $(-\sigma, +\sigma)$ 、 $(-2\sigma, +2\sigma)$ 、 $(-3\sigma, +3\sigma)$ 的概率分别为

$$\begin{aligned}
 P(-\sigma < \Delta < +\sigma) &\approx 68.3\% \\
 P(-2\sigma < \Delta < +2\sigma) &\approx 95.4\% \\
 P(-3\sigma < \Delta < +3\sigma) &\approx 99.7\%
 \end{aligned}
 \tag{1-12}$$

式(1-12)说明,绝对值大于两倍中误差的误差出现的概率约为 4.6%,而绝对值大于三倍中误差的误差出现的概率约为 0.3%,已经是概率接近于零的小概率事件,或者说是不可能事件。在《工程测量通用规范》(GB 55018—2021)中,为确保观测成果的质量,规定以两倍中误差为偶然误差的极限误差。当某观测值的误差超过了允许的两倍中误差时,将认为该观测值含有粗差,而应舍去不用或返工重测。

3. 相对误差

以上所介绍的中误差和极限误差都是带有测量单位的数值,在测量上称为绝对误差。在某些测量工作中,绝对误差不能完全反映出观测的质量。例如,分别丈量了 1 000 m 及 50 m 两段距离,其中误差均为 ± 0.1 m,显然不能认为这两段距离的精度相同。这时为了更客观地反映实际情况,引进了一个新的评定精度标准,即相对误差。

相对误差等于误差的绝对值与相应观测值的比值,常用分子为 1 的分数形式来表示。显然,相对误差没有量纲,即

$$\text{相对误差} = \frac{\text{误差的绝对值}}{\text{观测值}} = \frac{1}{T}
 \tag{1-13}$$

常用的相对误差有相对真误差、相对中误差和相对极限误差,它们分别是真误差、中误差和极限误差与其观测值之比。例如,分别丈量了 1 000 m 及 50 m 两段距离,其中误差均为 ± 0.1 m,前者的相对中误差为 $\frac{0.1}{1\,000} = \frac{1}{10\,000}$,后者的相对中误差为 $\frac{0.1}{50} = \frac{1}{500}$,由比值可知,前者的丈量精度高。

项目检测

一、知识检测

1. 名词解释:水准面、大地水准面、绝对高程、相对高程、高差。
2. 测量工作的基准面和基准线是什么?
3. 确定地面点位的基本测量工作是什么?
4. 进行测量工作应遵守什么原则? 为什么?
5. 研究测量误差的目的是什么?
6. 系统误差与偶然误差有什么区别? 在测量工作中,对这两种误差应如何进行处理?
7. 通常用什么标准来衡量一组观测结果的精度?

二、技能检测

1. 已知 $H_A = 2\,934.231$ m, $H_B = 2\,954.531$ m,试求 h_{AB} 和 h_{BA} 。
2. 甲组丈量 A、B 两点间的距离,往测为 158.260 m,返测为 158.270 m。乙组丈量 C、D 两点间的距离,往测为 202.840 m,返测为 202.828 m。计算两组丈量结果,并比较其精度高低。



考核评价

项目 1 任务考核评价见表 1-6。

表 1-6 任务考核评价表

姓名:		学号:		所在小组/班级:		日期:	
素质目标考核评价							
评价项目	评价要求				经验值	获得经验值	
内容	讨论内容紧扣主题,见解独到深刻,积极向上,对其他同学有启发或触动作用				5		
态度	积极主动				2		
表达	声音洪亮,口齿清晰,语速适当,举止得体				2		
	结构严谨,论据充足,语言流畅,字迹工整						
考勤	能够按时上下课,完成线上线下学习任务				1		
知识与能力目标考核评价							
评价项目	评价要求				经验值	获得经验值	
建筑工程 测量概述	理论知识	了解测绘学的基本概念及建筑工程测量的任务与作用			2		
	应用能力	能够区分建筑工程测量的任务			3		
地面点位的 确定	理论知识	熟悉用水平面代替大地水准面对距离测量、高程测量和角度测量的影响			2		
		掌握测量的基准面和基准线的含义			3		
		掌握确定地面点位的方法			5		
	应用能力	能够根据已知高程求解高差,并根据高差判断地面的高低情况			3		
能够根据测区范围的大小判断是否能用水平面代替大地水准面			2				
测量工作概述	理论知识	掌握测量工作的基本原则			3		
		掌握测量常用的计量单位和记录要求			3		
	应用能力	能够在后续技能训练中始终遵循测量工作的基本原则			4		
测量误差的 基本内容	理论知识	了解测量误差的基本内容			3		
		熟悉测量误差的来源和分类			2		
		掌握相对误差的计算			2		
	应用能力	能够进行相对误差的计算			3		