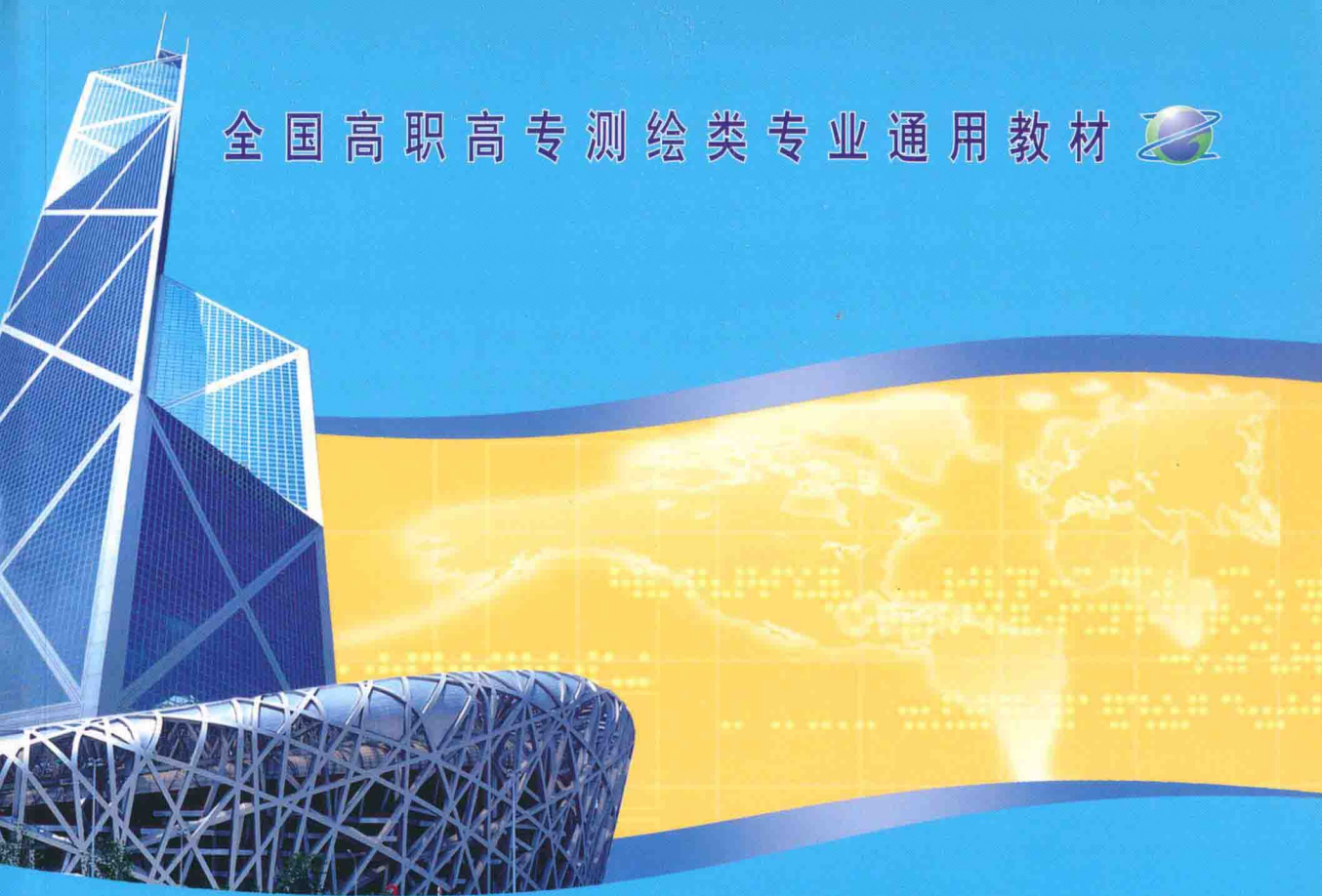


全国高职高专测绘类专业通用教材 



工程测量

ENGINEERING SURVEY

赵国忱 主编



测绘出版社

全国高职高专测绘类专业通用教材

工程测量

Engineering Survey

赵国忱 主编

测绘出版社

·北京·

© 赵国忱 2011

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

内 容 简 介

本书是为了适应高等职业教育教学培养“高级应用型技术人才”,适应生产一线对高职高专学生在基本理论、基本技能方面的基本要求,突出“工学结合”特点而编写的一本测绘类专业通用教材。全书共分9章。首先详细介绍了工程测量的基本方法、工程控制测量网建设和曲线施工测量的基础;然后针对工业与民用建筑工程、线路工程、地质勘探工程、水利工程和矿山建设与生产的要求,在简单介绍工程结构和性质的同时,详细叙述了各种工程中测量工作的具体任务、方法和设计内容;最后介绍了一般建筑变形监测的基本任务和方法。

本书可作为测绘类专业高职高专学生的教材,也可供工程建设单位的测量工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量/赵国忱主编. —北京:测绘出版社,
2011.2

全国高职高专测绘类专业通用教材

ISBN 978-7-5030-2226-5

I. ①工… II. ①赵… III. ①工程测量—高等学校:
技术学校—教材 IV. ①TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 016255 号

责任编辑 贾晓林

封面设计 李 伟

责任校对 董玉珍 李 艳

出版发行 测绘出版社

地 址 北京市西城区三里河路 50 号 电 话 010-68531160(营销)

邮政编码 100045 010-68531609(门市)

电子信箱 smp@sinomaps.com 网 址 www.sinomaps.com

印 刷 北京民族印务有限责任公司 经 销 新华书店

成品规格 184mm×260mm

印 张 14.5 字 数 350 千字

版 次 2011 年 2 月第 1 版 印 次 2011 年 2 月第 1 次印刷

印 数 0001-3000 定 价 34.00 元

书 号 ISBN 978-7-5030-2226-5/P·511

本书如有印装质量问题,请与我社联系调换。

全国高职高专测绘类专业通用教材 编委会名单

顾 问：宁津生

主任委员：赵文亮

副主任委员：陈 平

委 员：（按姓氏笔画排列）

王晓春 全志强 杨建光 林玉祥

金 君 周 园 赵国忱 洪 波

聂俊兵 黄华明 薄志毅

参编学校及生产单位

(排名不分先后)

山西交通职业技术学院	成都理工大学
山西建筑职业技术学院	江西环境工程职业学院
天津铁道职业技术学院	沈阳农业大学高等职业技术学院
无锡水文工程地质勘察院	张家口职业技术学院
中国科学院地理所	武汉电力职业技术学院
中国第二冶金建设有限责任公司	郑州测绘学校
甘肃工业职业技术学院	河北工程技术高等专科学校
甘肃林业职业技术学院	河北政法职业学院
石家庄铁道学院	陕西铁路工程职业技术学院
石家庄职业技术学院	徐州市众望装饰装修监理有限公司
本溪市桓仁满族自治县国土资源局	徐州市消费者协会装饰装修质量监督站
包头铁道职业技术学院	徐州建筑职业技术学院
辽宁工程技术大学职业技术学院	胶州市规划局
辽宁地质工程职业学院	浙江水利水电高等专科学校
辽宁林业职业技术学院	黑龙江农业职业技术学院
辽宁省交通高等专科学校	湖北水利水电职业技术学院
辽宁科技学院	新疆工业高等专科学校
扬州环境资源职业技术学院	

序

当今中国正处于国家信息化大潮之中,国家要通过推进信息化,促进现代化,加速我国经济、社会的发展。正是在国家信息化建设的大背景下促使测绘信息化的发展。国民经济建设和社会可持续发展对诸如时间、空间、属性这类地理空间信息或者说广义测绘信息的需求也在迅速增长。测绘学科和行业在国家信息化和现代化建设中发挥着越来越重要的作用。为了适应国家信息化建设的需求,测绘正开始步入信息化测绘新阶段。由此对测绘人才队伍建设提出了更高的要求。

我国的高等职业教育作为高等教育的重要组成部分,近年来得到了迅速发展,初步形成了适应我国社会主义现代化建设的高等职业教育体系,大大提高了服务社会的能力,也为我们测绘行业培养了大量高素质的技能型测绘专门人才。他们在全国测绘生产、企业部门,形成一支强有力的骨干力量。目前,我国的高职高专教育正处于探索和改革的重要阶段,其主要任务是加强内涵建设,提高教育质量,重点在于提高人才培养质量,因此要努力抓好实践教学和基础课两个课程体系建设,并使两个体系相互交融。通过课程体系、教学内容和教学方法的改革,让专业与职业有效结合,提高学生学习专业与市场需求的吻合度,增强就业竞争能力。因此在我国当前的高职高专教育的教学改革中,以工作过程为导向,突出“工学结合”,融“教、学、做”于一体的教学理念逐渐成为主导。

为了更好地配合高职高专教育教学改革,探索、开发与“工学结合”人才培养模式相适应的高职高专教育测绘类专业课程体系,加快培养能够满足生产、建设、服务和管理第一线需要的测绘类高技能实用人才,测绘出版社组织全国30多所高职高专院校中在教学一线工作的骨干教师和生产单位的专家,结合目前测绘技术的最新发展趋势及社会实际生产的技能需求,编写了这一套兼顾通用性与特色、适合高职高专教育测绘类专业的通用教材。

该套教材以高职高专教育教学改革的基本方向和总体要求为指导,从工作岗位和工作任务出发,以培养职业能力为本位,将生产中的实用技术、新技术更多地融入教材内容,很好地使行动导向与理论导向有机地结合,贯彻“工学结合”的编写主旨,表现出体系完整、联系紧密、通用性强、实用性好的特点,既适合高职高专教育测绘类专业教学使用,也可供相关专业工程技术人员学习参考,必将在推动测绘学科建设、促进高职高专教育测绘类专业教学改革和加快测绘类高技能实用人才的培养等诸多方面发挥积极的推动作用。



教育部高等学校测绘学科教学指导委员会主任

中国测绘学会测绘教育工作委员会主任

中国工程院院士

2009年6月

前 言

本书是根据教育部《关于全面提高高等职业教育质量的若干意见》(教高[2006]16号)的文件精神,为配合高职高专教育教学改革,探索、开发与“工学结合”人才培养模式相适应的高职高专教育测绘类专业课程体系,组织全国30多所高职高专院校骨干教师和生产一线的专家所编写的全国高职高专教育测绘类专业通用教材之一。

工程测量是为工程建设服务的,在各种工程建设过程中都有大量的测量工作作为工程建设的基础和保障。高等职业教育培养的是生产建设一线的应用型高级技术人才。掌握一定的基本理论,强化实践技能的培养,是高等职业教育的目标。结合培养目标,编写适应高职教育特色的专用教材是本教材编写的主要目的。

工程测量技术是应用技术,随着测绘学科的发展,测绘仪器的更新,计算机技术在测绘行业的应用,测量方法、要求也在不断变化。本书在介绍传统理论、方法的同时,也介绍新仪器、新设备在各种工程测量中的应用。全书共分9章,主要有工程放样的基本方法及精度分析和方法预计,建设工程控制测量、建筑工程施工测量、线路工程测量、地质勘探工程测量、水利工程测量、矿山测量和建筑变形监测。

本书在编写过程中参阅了大量文献资料,引用了同类书刊中的部分内容,在此谨向有关作者表示衷心感谢!

本书由辽宁工程技术大学职业技术学院赵国忱担任主编,甘肃林业职业技术学院裴俊华担任副主编。参编人员及分工如下:第1章第1节由赵国忱编写,第1章第2至6节由郝海森编写;第2、7章由裴俊华编写;第3章由郑敏编写;第4、5章由李志鹏编写;第6章由杨国强编写;第8、9章由赵国忱编写。全书由赵国忱统稿。重庆工程职业技术学院焦亨余老师审阅本书大纲及全部书稿,提出了很多建设性意见和建议,在此表示衷心的感谢!同时,特别感谢张家口职业技术学院杨建光老师对本书大纲提出的宝贵意见。

由于作者的水平有限、时间紧张,加之测量技术更新比较快、新技术应用比较多,虽然进行了很大努力,做了大量的工作,但是书中不妥及错误之处仍然在所难免,敬请读者批评指正,以便进一步修订和完善。

编 者

2010年12月

目 录

第 1 章 绪论及工程放样的基本方法	1
§ 1.1 绪论	1
§ 1.2 工程放样基本方法概述	3
§ 1.3 角度放样	3
§ 1.4 长度放样	6
§ 1.5 平面点位放样	8
§ 1.6 高程放样	12
第 2 章 建筑工程控制测量	16
§ 2.1 建筑施工平面控制网的建立	16
§ 2.2 平面矩形控制网布设	18
§ 2.3 高程控制网的建立	21
第 3 章 建筑工程施工测量	23
§ 3.1 概述	23
§ 3.2 建筑场地平整测量	25
§ 3.3 建筑物轴线放样	31
§ 3.4 基础施工测量	37
§ 3.5 工业厂房结构及机械设备安装测量	44
§ 3.6 高层及高耸建筑物施工测量	48
第 4 章 曲线放样	57
§ 4.1 概述	57
§ 4.2 平面圆曲线的放样	58
§ 4.3 平面综合曲线的放样	62
§ 4.4 复曲线与回头曲线的放样	67
§ 4.5 竖曲线的放样	74
第 5 章 线路工程测量	79
§ 5.1 概述	79
§ 5.2 公路线路施工测量	79
§ 5.3 铁路线路施工测量	83
§ 5.4 桥梁施工测量	94
§ 5.5 隧道施工测量	99

§ 5.6 管道施工测量	105
第 6 章 地质勘探工程测量	111
§ 6.1 概述	111
§ 6.2 勘探控制测量	112
§ 6.3 地质点、探槽、探井测量	116
§ 6.4 勘探线剖面测量	119
第 7 章 水利工程测量	126
§ 7.1 概述	126
§ 7.2 水工建筑物测量	130
§ 7.3 水工构件安装测量	142
§ 7.4 河道测量	148
第 8 章 地下工程测量	155
§ 8.1 概述	155
§ 8.2 地下控制测量	156
§ 8.3 建井工程测量	165
§ 8.4 联系测量	173
§ 8.5 巷道施工测量	185
§ 8.6 贯通测量	196
第 9 章 建筑物变形监测	205
§ 9.1 概述	205
§ 9.2 建筑物沉降变形观测	206
§ 9.3 建筑物其他变形观测	215
参考文献	221

第1章 绪论及工程放样的基本方法

§ 1.1 绪 论

工程测量学是测绘学科的一个重要分支,其研究的内容是测绘科学技术在工程建设中具体应用的理论、技术与方法。测绘工作贯穿于工程建设的始终,任何工程建设的设计、施工、运营管理都离不开测量工作。在工程建设的勘察设计、施工放样、运营管理的各个阶段所进行的测量工作,统称为工程测量。

1.1.1 工程测量工作的任务

工程测量在国民经济各个部门的应用十分广泛,而且也十分重要。工程测量按工作对象可分为:工程建筑控制测量、工业与民用建筑工程测量、路线工程测量、水利工程测量、地质勘探工程测量、矿山工程测量等。按工程建设的先后顺序可分为:①勘察设计阶段的测量工作。主要是根据工程建设的需要,布设基础测量控制网,测绘不同比例尺地形图及各种图件。②施工放样阶段的测量工作。主要是建立施工控制网,进行各种建(构)筑物的放样工作和建设时期的变形监测。③运营管理阶段的测量工作。主要是进行工程竣工后的竣工验收测量和建(构)筑物的变形监测。并通过对变形观测资料的整理与分析,预测变形规律,为建(构)筑物的安全使用提供保障,为研究维护方法、采取加固措施、研究设计理论、改进施工设计方法提供有益的资料。

1.1.2 工程测量与其他学科的关系

工程测量与其他学科关系十分密切。在勘察设计阶段,主要是建立基础测量控制网、测绘大比例尺地形图,完成这些工作必须掌握测量学基础、控制测量学,测量平差等有关理论和方法,了解测量工作所用仪器的构造及使用方法。在施工放样阶段,主要是各种工程点位的放样,除正确掌握各种仪器的使用外,工程放样的基本理论、工程放样基本方法、放样工作的归化与改正以及工程放样的精度估算也必须熟知。如何根据工程放样的要求,采取不同的放样方法满足工程需要,则是工程施工放样阶段需要研究的重要问题。在运营管理阶段,主要是研究建(构)筑物变形观测的基本理论和方法,必须掌握基准点和观测点的布设、观测方法以及观测资料的整理,并分析变形原因、总结变形规律、分析变形趋势,以便提出安全措施,改进建(构)筑物的设计理论及方法。

此外,工程测量工作者还必须学习建设工程设计与施工的有关知识,了解测量工作的服务对象。如工程测量工作者应该具备识图、绘图和校核图纸的能力,以便在工作中验证工程图纸的正确性,计算出测量工作所需的有关要素,保证工程的进度和质量。

1.1.3 工程测量工作的特点

工程测量的显著特点是与工程的设计、施工和运营管理紧密结合。工程测量的基本理论、

方法是共同的,但是工程测量是为具体的建设工程服务的,依附于工程勘察设计和施工程序,测量的精度取决于建筑工程的质量要求。因此,工程测量的具体方法受工程施工方法、条件的影响,只有采用合理的工程放样方法,才能快速、准确地完成工程测量工作任务。因此,学习本课程还需掌握大量的其他学科知识,把测量工作与所服务的建设工程紧密结合起来,才能胜任工程测量工作。

1.1.4 新技术的应用与发展

近年来,我国的工程测量理论与技术发展日新月异,各种测量理论、方法和仪器在工程测量中发挥了巨大作用,打破了传统测绘观念对测量工作的束缚,使得工程测量工作更加科学化、自动化。

在勘察设计阶段,可以采用全站仪、GPS 进行控制网布设、地形图测绘;在施工放样阶段,既可以用普通光学经纬仪、水准仪,也可以采用激光铅垂仪、激光准直仪、电子经纬仪、全站仪和 GPS 等现代化设备和方法进行点、线、高的放样和检查验收;在运营管理阶段,可以用各种仪器对建筑物进行变形监测。

总之,随着测绘工程理论和测绘仪器设备的发展,各种先进仪器、设备在工程测量中得到了广泛的应用,使得工程测量的工作效率和精度大大提高,同时也减轻了测量工作者的体力劳动。同时,各种先进仪器的应用也为工程测量技术的新发展开创了广阔的前景。

1.1.5 本书的主要内容

本书详细叙述了各种建设工程的测量理论和方法。共分 9 章,具体内容如下:

第 1 章绪论及工程放样的基本方法。详细地叙述了工程放样的基本工作内容,介绍了采用各种测绘仪器进行角度、长度、平面点位和高程放样的方法及方法预计和精度分析。

第 2 章建筑工程控制测量。主要讲述的是建筑工程控制网的建立,详细地介绍了平面施工控制网的精度要求、布设方法,并对高程控制网建立进行了简单的介绍。

第 3 章建筑工程施工测量。主要介绍了民用与工业建筑在各个施工建设阶段的测量工作与方法,对于工业建筑物着重介绍了工业厂房结构和机械设备安装的施工测量。

第 4 章曲线放样。讨论了平面圆曲线、综合曲线及其他各种曲线放样的原理和一般方法,并且讨论了全站仪在曲线放样中的应用。

第 5 章线路工程测量。叙述了公路、铁路在勘察、初测、定测、施工测量等建设环节中的测量工作,对线路纵横断面测量、土方量计算、桥隧工程的测量工作也进行了介绍,并对地上、下管道工程测量工作进行了讨论。

第 6 章地质勘探工程测量。主要探讨了勘探工程(探槽、探井、钻孔)的布设和勘探线的剖面测量。

第 7 章水利工程测量。简单叙述了水利工程的概况,并详细讨论了水利枢纽工程、水利建筑工程的测量工作。

第 8 章地下工程测量。介绍了矿山建设、生产,以及贯通工程测量工作。

第 9 章建筑物变形监测。针对建筑物在施工、使用过程中的变形类型,重点介绍了沉降观测和平面位移观测的方法和一般数据处理,并对其他变形观测进行了简单的叙述。

工程测量技术是测绘学科各个专业必须学习的应用技术,在测绘学科中占有重要的地位。

学好这门技术,必须要有一定的测量专业知识,如测量学基础、控制测量、测量平差,同时对各种测量仪器的结构、性能和应用要有一定的了解,才能根据工程精度要求进行测量工作技术设计和施工组织设计。

考虑到本教材的应用对象,一般是针对具体工作岗位,因此在安排章节内容时,将基本放样方法安排在第一章,介绍具体工作内容时,一般只说明采用的方法,不做具体方法介绍。

§ 1.2 工程放样基本方法概述

工程建(构)筑物放样是工程测量的主要工作之一。当施工控制网建立后,即可按照施工需要将图上已设计的建(构)筑物的位置、形状、大小,以一定的精度要求在实地标定出来,并设置标志,作为施工的依据,这一过程我们称为放样或测设。放样工作中的任何一点差错,都将影响施工的进度和质量,为此施工测量人员应当具备高度的责任心。每位施工测量人员都应熟悉建(构)筑物总体布置图和细部结构设计图,熟悉主要轴线和细部轴线间的几何关系,结合现场条件、控制点分布情况以及现有仪器,合理地选择放样方法。

常用的平面点位放样方法有极坐标法、直角坐标法、方向线交会法、前方交会法、后方交会法、全站仪坐标法放样等。高程放样可采用水准高程放样和三角高程放样。总体来说,施工放样的基本工作可归结为角度、距离和高程放样,放样数据的计算就是求出放样所需要的长度、角度和高程或放样点位的坐标。

§ 1.3 角度放样

1.3.1 放样方法

1. 直接放样

直接放样是根据已知点和放样点之间的几何关系在实地直接放出放样数据的方法,无须多余观测。当精度要求不高时,放样水平角可用盘左、盘右取平均值的方法。如图 1.1 所示,设地面上已有 OA 方向,放样水平角 $\angle AOC$ 等于已知角 β 。首先将经纬仪安置在 O 点,用盘左位置照准 A 点,读取度盘读数为 L ,松开水平制动螺旋,顺时针旋转照准部,当度盘度数增加到 $L+\beta$ 时,在视线方向上定出 C' 点。然后用盘右位置照准 A 点,重复上述步骤,测设角得另一点 C'' ,取 C' 和 C'' 两点连线的中点为 C ,则 $\angle AOC$ 就是要放样的 β 角, OC 方向线就是所要测设的方向。这种放样角度的方法通常称为正倒镜分中法。若是反时针放样角度应注意水平度盘是向减小的方向变化。

2. 归化法放样

归化法放样的思想是先用直接放样法确定一过渡点,再测定过渡点和已知点之间的关系,计算出过渡点与设计点的差值,最后在实地将过渡点改正到设计点位。

当放样水平角的精度要求较高时,采用归化法放样。如图 1.2 所示,在 O 点安置经纬仪,先用直接放样方法放出 β 值,在地面上定出 C' 点。再用测回法观测 $\angle AOC'$ 多个测回(测回数由精度要求或按有关规范规定),取各测回平均值为 β_1 ,即 $\angle AOC' = \beta_1$ 。当 β 和 β_1 的差值 $\Delta\beta$ 超过限差($\pm 10''$)时,需进行归化改正。根据 $\Delta\beta$ 和 OC' 的长度计算出改正值 CC' ,即

$$CC' = OC' \cdot \tan \Delta\beta = OC' \cdot \frac{\Delta\beta}{\rho} \quad (1.1)$$

式中, $\rho = 206\,265''$, 余同。

最后过 C' 点做 OC' 的垂线, 再以 C' 点沿垂线方向量取 CC' , 定出 C 点。若 $\angle AOC'$ 小于 β , 应从 OC' 的垂线方向向外改正; 反之, 应向内改正。

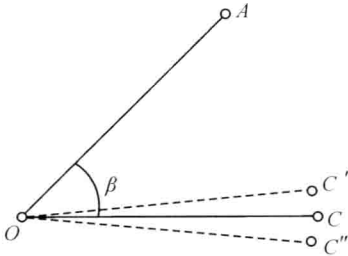


图 1.1 直接放样水平角

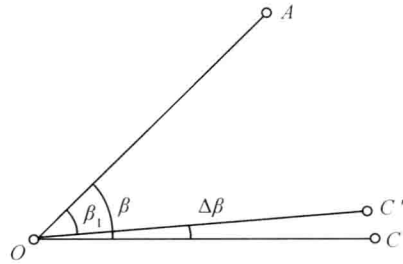


图 1.2 归化法放样水平角

1.3.2 角度放样精度

与测图工作不同, 尽管两者所使用的仪器相同, 但测量和放样产生的影响不同。水平角测量是直接测定地面两方向间的夹角, 而放样水平角实际是根据角顶点和角的一边, 在地面定出角的第二条边方向, 使得此角等于设计角值。对于归化法放样, 其最后精度取决于实测的精度。

放样角度的误差与角度放样的方法有关, 角度放样常用于点位的极坐标放样和角度交会法放样。如图 1.3 所示, 角度放样的精度可利用在放样方向 AP 上距角顶点 A 相距为 D 的 P

点所发生的偏移量 PP' 来表示。设放样角度 β 时的中误差为 m_β , PP' 是放样角度后的真误差 $\Delta\beta$ 对 P 点点位影响所产生的偏移量, 即

$$PP' = D \cdot \frac{\Delta\beta}{\rho} \quad (1.2)$$

设角度放样对 P 点点位的影响 PP' 的中误差为 M_2 , 则有

$$M_2^2 = \frac{D^2}{\rho^2} \cdot m_\beta^2 \quad (1.3)$$

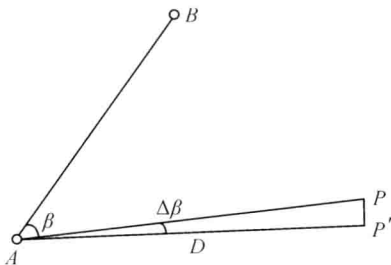


图 1.3 角度放样精度分析

1.3.3 角度放样误差分析

从式(1.2)分析可知, 角度放样对点位的影响主要与放样角度精度和放样点到已知测站点的水平距离有关。角度放样的误差来源包括以下几个方面。

1. 仪器误差 m_i

仪器误差主要包括视准轴误差、横轴误差、竖轴不竖直、度盘偏心等误差。在放样角度之前应对仪器仔细检验和校正, 在观测时利用对称观测, 必要时加改正数等方法来抵消或减小仪器误差对放样角度精度的影响。

2. 仪器的对中误差 e 的影响 m_e

如图 1.4 所示, A 为测站点, AO 为定向方向, 两点间的距离为 D_2 , 放样角为 β , 放样点 P

与点 A 的距离为 D_1 。由于对中误差 e 的存在使角顶点由 A 移至 A' ， $A'O$ 成为定向边，放样角度后得到 $A'P'$ 方向， $\angle OA'P' = \beta$ 。此时，放样点 P 由正确位置移动到 P' 点位置。 PP' 就是对中误差 e 产生的对放样点位的影响。 PP' 可视为 PP'' 和 $P''P'$ 的矢量合成。 $P''P'$ 是由于 m_e 在 y 坐标轴的分量 e_y 引起的。当放样某一角度时，放样点位距仪器越远，对中误差对放样点位的误差影响越大。

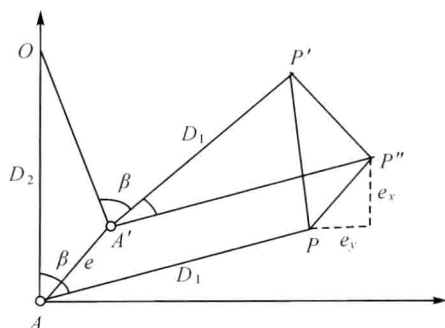


图 1.4 对中误差对角度放样的影响

3. 目标偏心误差的影响 m_e

如图 1.5 所示， O 点为测站点， OA 为已知定向方向，放样角度 β 。由于目标偏心的影响，当仪器照准 OA 方向时，目标偏心 e_1 使 OA' 成为定向方向。放样角度 β 时，拨角后实际照准 OB' 方向， BB' 就是由于目标偏心所产生放样点位偏差 e_2 。

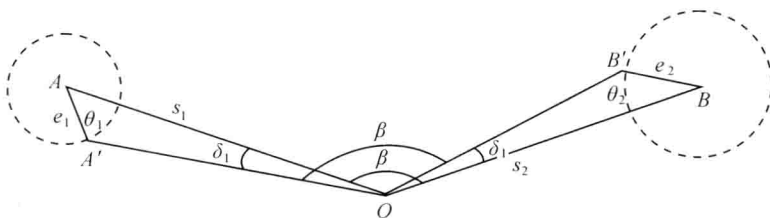


图 1.5 目标偏心误差对角度放样的影响

目标偏心误差与仪器对中误差一样，在放样角度时都影响仪器的定向。但是测站与放样点越近，目标偏心误差的影响越大。瞄准目标时尽量照准目标底部。

4. 观测误差的影响 m_u

观测误差主要包括照准误差和读数误差。影响照准误差的因素有望远镜的放大率、目标与照准标志的形状以及人眼的判别能力、目标影像的亮度和清晰度等。如果只考虑望远镜的放大率，照准误差大小与仪器的等级有关。读数误差主要取决于仪器的读数设备，其大小也与仪器的等级有关。

5. 外界条件的影响 m_b

外界条件的影响主要有旁折光、温度、风和空气浑浊等因素影响。为避免外界条件对放样的影响，应使视线远离地物、斜坡，避免仪器直接受日光照射，选择天气条件稳定的工作时间施测。

1.3.4 水平角放样方法设计

如图 1.3 所示，假设水平角放样设计所容许的位移 PP' 的极限值为 M ，则设计水平角度的极限误差为

$$\Delta\beta = \frac{M}{D} \cdot \rho \quad (1.4)$$

假定取三倍角度放样中误差 m_β 为容许误差，可求得设计水平角度的中误差为

$$m_\beta = \frac{M}{3 \cdot D} \cdot \rho \quad (1.5)$$

求得角度放样中误差 m_β 后，可根据 m_β 利用现有仪器设备合理设计放样方法。角度放样

中误差 m_β 是在观测中各项误差的积累,包括仪器误差 m_i 、对中误差 m_c 、目标偏心误差 m_e 、观测误差 m_u 、外界条件的影 响 m_b 等。对于一个方向而言,它的误差为

$$m_r = \pm \sqrt{m_i^2 + m_c^2 + m_e^2 + m_u^2 + m_b^2}$$

若放样角度误差是两方向之差,角度放样误差则为

$$m_\beta = \pm \sqrt{2} m_r \quad (1.6)$$

在设计水平角观测方法时,按照“等影响原则”,假定以上五项误差对同一个方向的影响相同,令其值为 m ,则有

$$\begin{aligned} m_r &= \pm \sqrt{5} m \\ m_\beta &= \pm \sqrt{10} m \end{aligned}$$

由此可得

$$m = \pm \frac{m_\beta}{\sqrt{10}} \quad (1.7)$$

确定 m 值后,可根据它来规定仪器对中误差和目标偏心的限制,也可根据现有仪器确定出其照准误差和读数误差,进而确定测回法的测回数。

§ 1.4 长度放样

1.4.1 测距仪放样长度

目前,电磁波测距仪测设水平距离精度可靠,方便快捷,尤其适合长距离测设。如图 1.6 所示,首先在 A 点安置测距仪,瞄准 AB 方向。其次根据测距仪测得的倾斜距离调整装在对中杆上的棱镜的前后位置,使仪器显示值略大于放样的距离,定出 B' 点。然后在 B' 点安置棱镜,测出竖直角 α 及斜距 L (必要时需加气象改正),并计算水平距离 D' 。

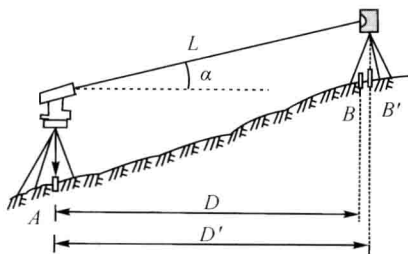


图 1.6 测距仪测设水平距离

最后求出 D' 与应测设的水平距离 D 之差 $\Delta D = D - D'$,根据 ΔD 的符号在实地用钢尺沿 AB' 方向将 B' 改正至 B 点,并在木桩顶标定其点位。为了检核,应将反光镜安置于 B 点,再实测 AB 距离, ΔD 应在限差之内,否则应再次进行改正,直至符合限差为止。

若用全站仪测设,可直接利用仪器显示水平距离,调节反光镜在已知方向上前后移动,直到仪器显示值等于测设距离并标定点位。

1.4.2 钢尺直接放样长度

利用钢尺直接放样长度的步骤是:首先根据设计图纸求出所要放样线段的水平距离 D_0 ,根据尺长方程式和线段两端点间的高差计算放样长度 L_0 ,然后从线段已知端点开始沿给定方向量出 L_0 长度,确定线段另一端点的地面位置。其中 L_0 计算方法如下

$$L_0 = D_0 - \frac{\Delta l}{l_0} \cdot L_0' - \alpha \cdot L_0' \cdot (t - t_0) + \frac{h^2}{2L_0'} \quad (1.8)$$

式中, Δl 为钢尺尺长改正数, L'_0 为初始放样的斜距, l_0 为钢尺的名义长度, α 为钢尺膨胀系数, t 为放样时的温度, t_0 为钢尺检定时尺子的温度, h 为线段两端的高差。

当放样的长度较长时, 需要进行直线定线, 将该线段分成若干段, 分别丈量。直线定线方法的选择与实际工作要求和放样精度有关, 可分为标杆目估定线和经纬仪定线。

1.4.3 钢尺归化法放样长度

假设 A 点为已知起始点, 沿 AB 方向要放样的距离为 D 。先利用直接长度放样设置一个过渡点 B' , 选用适当的丈量仪器及测回数精确丈量 AB' 的距离, 加上各项改正数后可得 AB' 的精确长度 D' 。令 $\Delta D = D - D'$, 当 $\Delta D > 0$ 时, 从 B' 点向前修正 ΔD 值; 当 $\Delta D < 0$ 时, 向后修正 ΔD 值。这样就得到所求之 B 点, AB 即是要精确放样的设计距离 D 。

归化法放样距离 D 的误差 m_D 由两部分组成: 测量 D' 的误差 $m_{D'}$ 和归化 ΔD 的误差 $m_{\Delta D}$, 即 $m_D^2 = m_{D'}^2 + m_{\Delta D}^2$ 。与放样距离 D 比较, 归化值 ΔD 较小, 因此归化误差比测量误差小很多, 可忽略不计。归化法放样的精度只取决于测量的精度, 一般情况下测量的精度比直接放样的精度高一些, 故归化法放样的精度较直接放样精度更高。

为了在 B 点埋设永久性标石时不影响过渡点 B' 的桩位, 在放样过渡点时特意留下较大的 ΔD 值, 待该永久性标石稳定后, 再将点位从 B' 归化到永久性标石顶部。

1.4.4 长度放样的精度分析及方法设计

1. 长度放样的误差来源

钢尺长度放样的误差来源主要有:

(1) 定线误差产生的误差 Δl_e 。其对于放样长度的影响是在一个方向产生的, 总是使得所放样的直线长度比设计长度短, 具有系统性。

(2) 温度测量产生的误差 Δl_t 。主要是指空气温度测量误差致使温度改变产生误差。

(3) 拉力误差 Δl_p , 当用弹簧秤来控制拉力时, 此误差具有偶然特性。

(4) 地面高差测量误差引起的误差 Δl_h 。

(5) 钢尺垂曲误差 Δl_f 。这项误差对放样长度的影响也是系统性的。

(6) 标定误差 Δl_λ 。这项误差为偶然误差。

(7) 尺长误差 Δl_k 。此项误差是由于钢尺名义长度和实际长度不符造成的一项系统误差, 可利用改正数的方式抵消此项误差对放样长度的影响。

测距仪放样距离的误差来源主要包括:

(1) 仪器对中误差影响。

(2) 照准误差。

(3) 仪器固定误差和比例误差对放样长度的影响。

(4) 标定误差。

(5) 外界环境。主要包括温度、气压对放样精度的影响。

2. 长度放样的方法设计

一般在工程建设的设计任务书或有关规范中都规定设计尺寸放样到实地后应有的精度。我们可利用这些精度指标进行长度放样的方法设计, 估算以上各项误差的限差。

以钢尺放样为例, 上述各项误差中定线误差和尺子垂曲误差影响可认为是系统误差, 其余

各项误差经加改正数后的残差均可认为是偶然误差。这样,将系统误差归并为一组,则有

$$\Delta l_s = \Delta l_\epsilon + \Delta l_f$$

放样长度的总误差为

$$\Delta l = \Delta l_s + \Delta l_k + \Delta l_t + \Delta l_h + \Delta l_\lambda + \Delta l_p \quad (1.9)$$

换算为中误差形式,得

$$m_l^2 = m_s^2 + m_k^2 + m_t^2 + m_h^2 + m_\lambda^2 + m_p^2 \quad (1.10)$$

采用等影响原则,假设式(1.10)中各项误差对放样直线长度产生的影响相同,均为 m ,则有

$$m_l^2 = (2m)^2 + m^2 + m^2 + m^2 + m^2 + m^2 \quad (1.11)$$

此时,假设放样直线长度的极限相对误差为 $1/K$,取容许的相对误差是极限相对误差的 $1/3$,则有

$$\frac{m_l}{l} = \frac{1}{3K} \quad (1.12)$$

可得

$$\frac{m}{l} \leq \frac{1}{9K} \quad (1.13)$$

它表示每一项误差对放样直线总长的影响应小于的数值。

若研究在放样直线长度时,每丈量一尺长的各项误差就必须分别考虑系统误差和偶然误差的限差。对于每尺段系统误差而言,符号和大小相等,均为 Δl ,其中 l 为一尺段长。根据式(1.12),对于偶然误差而言,应按平方求其和,将 m 代入式(1.13),可得

$$\begin{aligned} \frac{\Delta l}{l} &\leq \frac{1}{9K} \\ m &= \sqrt{\frac{L}{l}} \cdot \Delta l \\ \frac{\Delta l}{l} &\leq \frac{1}{9K} \sqrt{\frac{L}{l}} \end{aligned}$$

依据以上两式,根据放样时所有钢尺的长度和设计所规定的精度,即可计算每一尺段各项误差的限差,进行长度放样设计。

§ 1.5 平面点位放样

1.5.1 极坐标法放样

1. 极坐标放样方法

如图 1.7 所示,极坐标法是利用一控制点 A 及一已知方向 AB ,先放样一水平角度 β ,定出方向,然后在此方向放样一段长度 D_{AP} ,进而确定点 P 的平面位置。具体步骤如下:

(1) 计算放样数据 β 和 D_{AP} 。通过坐标反算求得 AB 、 AP 两方向的坐标方位角,两角之差求得 β 。利用两点间距离公式求得 D_{AP} 。

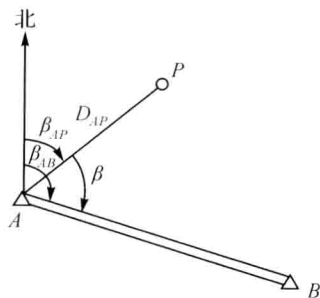


图 1.7 极坐标放样