

控制测量

KONGZHI CELIANG SHOUC

崔明理 主编

手册

山西科学技术出版社

控制测量手册

崔明理 主编

[北方交通 学]

藏 书

图书馆

山西科学技术出版社

责任编辑 杜湘萍

控制测量手册

崔明理 主编

*

山西科学技术出版社出版(太原并州北路 69 号)

山西省新华书店发行 太原新华印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:43 字数:1019 千字

1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月太原第 1 次印刷

印数:1—1000 册

*

ISBN 7—5377—1493—2

T·283 定价:48.00 元

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与印厂联系调换。

内 容 提 要

《控制测量手册》共分 4 篇 18 章。第一篇 控制测量的基础知识:控制测量概述,工程勘测质量管理,主要测量仪器与检验校正,观测误差与广义传播律,测量平差的数学模型与基本公式;第二篇 工程准备阶段的控制测量工作:已有测绘资料的收集、分析与利用,控制网的精度估算与技术设计,坐标系的选择与坐标换算;第三篇 外业勘测阶段的控制测量工作:距离测量,方位角测量,平面控制测量,高程控制测量,施工控制测量,建(构)筑物的变形测量,测绘资料外业检查验收;第四篇 内业整理阶段的控制测量工作:内业整理,勘测成品校审、岗位职责与资料归档,质量信息与信息反馈。

本手册适用于工程测量二、三、四等(含等外)控制测量和工程建设的规划设计、建筑施工及经营管理各阶段的有关各种控制测量工作,是一本可供初、中、高级工程测量技术人员学习和使用的工具书和参考书,也可供工程测量专业师生在教学中使用参考。

序

随着我国建设事业的发展,尤其改革开放以来,工程测量学科从理论上和技术上获得了迅猛的发展,工程控制测量工作取得了很大的成绩,积累了丰富的实践经验。为了适应测绘学科向自动化、智能化、信息化发展的趋势,执行新的测量规范和标准的需要,满足大规模工程建设对控制测量工作的更高要求,山西省电力勘测设计院结合勘测实际编写了《控制测量手册》一书,这是非常适时的和必要的。它的出版将会对测绘生产、科技发展和测绘人员素质的提高产生重要的作用。

《控制测量手册》一书共分4篇18章,约百万字。手册内容翔实、图文并茂、示例规范、数据准确、文字简练,具有较好的独立科学体系,较强的实用性和可操作性,引进了许多新技术和新理论,是一本可供测绘科技人员及相关科技工作者学习、使用的工具书和参考书。

手册具有自己显著的特点和优点:独立科学体系。全书按照工程控制测量作业程序分篇、分章节叙述,全面系统地阐述了测量基本原理、计算公式、测量方法、测绘仪器、限差要求;理论紧密联系实际,作者收集勘测部门大量控制测量设计方案、平差计算方法、记录格式,进行精选和示例设计、验算,联系规范细则,给出了仪器检验步骤、操作要领、计算程序和表格;反映新技术新理论,包括光电测距及电子测角技术、电算技术、控制网优化设计理论和方法、自由网平差、相关平差、拟稳平差理论等;给出了大量示例,包括记录格式、计算方法、精度评定、平差步骤及用表附录等。

为了编写出高质量的《控制测量手册》,作者不仅总结了自己几十年测量工作实践经验,而且做了大量的调查研究,参阅国内外文献资料,花几年时间精心撰写这本有很大使用价值和较高学术水平的书,付出了辛勤劳动和智慧。我相信手册将成为广大工程测量科技工作者的良师益友。

时代在进步,科技在发展,今天认为是先进的仪器和技术,以及好的测量方法和经验,过些时日也会落后,不再实用,况且现在的手册难免存在缺点和不足,因此希望读者在阅读和使用本手册时,应结合工程具体情况分析对比,灵活地创造性地运用并加以检验,及时提出改进和批评意见,以便今后修订和补充。

于来法

前 言

随着我国社会主义现代化建设的蓬勃发展,测绘事业的面貌日新月异,正面临着一个大的变革时期:

1. 近些年来,由于电子信息技术、光电测距技术、自动化技术等迅速发展,一些微型计算机、电子经纬仪、全站型电子速测仪、新型自动安平水准仪、各种类型和精度的光电测距仪等相继问世,控制测量原有的一些技术标准、作业方法、计算手段等业已过时;

2. 近几年来,应用微型和小型计算机开发测绘行业的CAD(计算机辅助设计)技术在不断拓宽。诸如地形图(平面图、地籍图)、断面图的绘制以及文笔工作等,正在从比较落后的工艺中解放出来,受到广大测绘工作者的欢迎;

3. GPS(全球定位系统)技术已进入工程控制测量领域,由于它无与伦比的优越性和(静态相对定位)高精度,不仅引起测绘行业的关注,而且获得了广泛的应用;

4. 应用“全面质量管理”(TQC),并实施GB/T19000—ISO9000系列国家标准的现代企业管理方法,为保证和提高测绘产品质量,进入测绘市场,与国际接轨创造了条件;

5. 1980年西安坐标系的启用,由于采用1975年国际椭球,需要相应地编制一些新的数表和实用公式。

本《手册》就是基于测绘方面这些新的变化,为适应当前的需要而编写的。在编写中我们注意到:

1. 遵循实事求是的科学态度,以当前测绘工作为基础,广泛调研,博采众长,内容符合我国当前的测绘基础条件,适用性较强;

2. 手册中的技术标准符合国家、城市及工程测量现行技术规范要求;

3. 手册中的篇章内容顺序均按工程阶段编排,便于查阅应用;

4. 手册中优选的适用公式、作业方法、计算程序等,均与简要说明、应用实例融为一体,力求简明实用;

5. 应用微机解算控制网已日趋广泛,暂以《控制网微机解算系统》(详见附录1简介)的输出实例供应用参考。同时,鉴于袖珍机在中小型工程测量中仍有应用,我们也选择了几个PC—1500机的程序为例,来阐述电算的过程。随着微机的普及,特别是便携机的投入,为普遍采用微机系列来进行控制网的数据处理创造了条件;

6. 对于尚未普遍应用,但有发展前途的控制测量新技术新理论书中也作了适当介绍;

7. 所选内容新老兼容,顾及不同设备条件时的应用。

本书由我院《控制测量手册》编写组集体编写,崔明理任主编,朱富华、俞保国、杨立华等人参编。

在编写中承蒙解放军测绘学院大地测量系于来法教授等人精心审阅和校订,提出了许多宝贵意见,同时得到了院各级领导及兄弟院的关心和支持,谨此一并表示感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,书中内容难免存有不足之处,恳请读者批评指正。

《控制测量手册》编写组

目 录

第一篇 控制测量的基础知识

第一章 控制测量概述	(2)
§ 1.1 控制测量概述	(2)
一、控制测量的研究对象及其基本内容	(2)
二、控制测量在工程建设中的应用	(2)
三、各种工程建设对控制测量的要求	(2)
四、控制测量在工程建设各阶段的基本任务	(3)
五、测量工作的特点	(4)
§ 1.2 现代工程控制测量的发展	(4)
一、地面测量的仪器和方法向自动化发展	(4)
二、控制网的优化设计	(5)
三、控制网的数据处理向自动化方向发展	(5)
四、全球定位系统(GPS)在控制测量中的应用	(6)
五、建立工程测量数据库	(6)
§ 1.3 计算中数值的凑整与取位	(7)
一、凑整规则	(7)
二、计算中数值的凑整与取位	(7)
三、内业计算中的数字取值精度的要求	(8)
第二章 工程勘测质量管理	(9)
§ 2.1 工程勘测全面质量管理	(9)
一、全面质量管理的意义	(9)
二、全面质量管理的特点	(9)
三、全面质量管理的基础与工作方法.....	(10)
四、目标管理.....	(10)
五、质量保证体系.....	(11)
六、质量管理小组活动.....	(12)
七、质量信息反馈.....	(12)
八、工程勘测全面质量管理的主要内容.....	(12)
§ 2.2 测量工程工序质量控制与三环管理.....	(14)
一、工序质量控制.....	(14)
二、三环管理.....	(14)
§ 2.3 质量管理和质量保证系列标准概述.....	(21)

一、ISO9000、GB/T19000 系列标准的产生	(21)
二、实施 GB/T19000—ISO9000 系列标准的意义	(21)
三、GB/T19000—ISO9000 系列标准概述	(22)
§ 2.4 全面质量管理与 GB/T19000—ISO9000 系列标准	(27)
第三章 主要测量仪器与检验校正	(28)
§ 3.1 经纬仪的主要技术参数	(28)
§ 3.2 经纬仪的一般校验和校正	(33)
一、经纬仪各轴线间的关系	(33)
二、照准部长水准器的检验和校正	(33)
三、园水准器的校正	(33)
四、十字丝竖丝的检验和校正	(33)
五、望远镜视准轴垂直于横轴的检验和校正	(34)
六、横轴垂直于竖轴的校验和校正	(35)
七、垂直度盘指标差的检验和校正	(36)
八、光学对点器的检验和校正	(37)
九、经纬仪各轴线间几何关系检验、校正项目限差 要求一览表	(37)
§ 3.3 高精度光学经纬仪的读数方法和检验	(39)
一、读数方法	(39)
二、检验	(39)
§ 3.4 电子经纬仪的检验	(44)
一、概述	(44)
二、T2000 电子经纬仪的检验和调整	(45)
§ 3.5 水准仪的主要技术参数	(50)
§ 3.6 精密水准仪的读数方法及水准仪的检验和校正	(54)
一、几种常用的精密水准仪的读数方法	(54)
二、水准仪的检验和校正	(55)
§ 3.7 水准标尺及其检验	(61)
一、水准标尺	(61)
二、精密水准标尺的检验	(61)
§ 3.8 光电测距仪简介	(63)
§ 3.9 光电测距仪的检验	(69)
一、光电测距仪的误差和性质	(69)
二、光电测距仪检验的内容和方法	(69)
三、测距仪附件的使用和检验	(88)
§ 3.10 陀螺经纬仪	(89)
一、国内外各种陀螺经纬仪的技术规格	(89)

二、陀螺经纬仪的检校.....	(91)
§ 3.11 测量仪器的检视、维修和保养.....	(95)
一、光学测量仪器的检视.....	(96)
二、电子测量仪器的检视.....	(97)
三、经纬仪常见故障的排除.....	(97)
四、水准仪常见故障的排除.....	(98)
五、测距仪的故障判别及处理.....	(99)
六、转运时的注意事项.....	(99)
七、使用时的注意事项.....	(99)
八、保管时的注意事项.....	(100)
第四章 观测误差与广义传播律.....	(101)
§ 4.1 观测误差.....	(101)
一、观测条件与观测误差.....	(101)
二、观测误差的分类及其处理方法.....	(101)
三、测量平差的两大任务.....	(102)
§ 4.2 偶然误差的统计特性.....	(103)
一、偶然误差的统计特性的例子.....	(103)
二、用直方图表示偶然误差的分布情况.....	(104)
三、偶然误差的统计特性.....	(105)
§ 4.3 精度指标.....	(106)
一、观测条件与观测精度.....	(106)
二、常用的精度指标.....	(107)
三、观测值方差的估算方法.....	(109)
四、相对精度指标——权与协因数.....	(111)
五、精度与准确度.....	(113)
§ 4.4 方差——协方差阵、协因数阵与权阵.....	(114)
一、方差——协方差阵.....	(114)
二、协因数阵.....	(118)
三、权阵.....	(119)
§ 4.5 广义传播律.....	(123)
一、协方差传播律.....	(123)
二、协因数传播律.....	(126)
三、非线性函数的广义传播律.....	(129)
§ 4.6 广义传播律在测量中的应用.....	(134)
一、测量中常用的定权方法.....	(134)
二、利用观测值函数的直误差估求观测值方差的几个例子.....	(138)

第五章 测量平差的数学模型与基本公式	(143)
§ 5.1 数学模型	(143)
一、数学模型	(143)
二、测量平差中几种常用的函数模型	(145)
§ 5.2 条件式的线性化	(158)
一、附有限制条件的条件平差法的线性函数模型	(158)
二、条件平差法的线性函数模型	(160)
三、附有参数的条件平差法的线性函数模型	(160)
四、间接平差法的线性函数模型	(161)
五、附有限制条件的间接平差法的线性函数模型	(161)
六、混合平差法的线性函数模型	(161)
§ 5.3 最小二乘准则	(171)
§ 5.4 附有限制条件的条件平差公式	(174)
一、平差计算公式	(174)
二、精度评定公式	(177)
§ 5.5 附有限制条件的间接平差公式	(193)
一、平差计算公式	(193)
二、精度评定公式	(194)
§ 5.6 间接平差公式	(204)
一、平差计算公式	(204)
二、精度评定公式	(204)
§ 5.7 附有未知参数的条件平差公式	(208)
一、平差计算公式	(208)
二、精度评定公式	(209)
§ 5.8 条件平差公式	(215)
一、平差计算公式	(215)
二、精度评定公式	(216)
§ 5.9 混合平差公式	(219)
一、平差计算公式	(219)
二、精度评定公式	(223)
§ 5.10 广义测量平差概述	(229)
§ 5.11 相关条件平差	(230)
§ 5.12 相关间接平差	(234)
§ 5.13 最小二乘滤波与推估	(235)
一、数学模型	(235)
二、信号 X 和 X' 的估算公式	(236)
三、信号估值的方差	(237)

§ 5.14 最小二乘配置	(238)
一、数学模型	(239)
二、Y 和 Z 的估值公式	(239)
三、估值 Y、Z 的方差公式	(240)
§ 5.15 秩亏自由网平差	(244)
一、概述	(244)
二、加权秩亏网平差	(245)
三、秩亏网平差	(250)
四、拟稳平差	(354)
五、附加 G 的确定	(257)

第二篇 工程准备阶段的控制测量工作

第六章 已有测绘资料的收集、分析与利用	(262)
§ 6.1 已有资料的收集	(262)
一、三角(导线)、水准资料的收集	(262)
二、地图资料的收集	(262)
§ 6.2 已有资料的分析与利用	(262)
一、如何评价已有高级控制资料	(262)
二、如何利用已有高级平控资料	(263)
第七章 控制网的精度估算与技术设计	(265)
§ 7.1 精度估算的意义	(265)
§ 7.2 三角网的精度估算	(265)
一、三角形推算边长、方位角和点位的中误差	(265)
二、单三角锁、四边形及中心多边形	(267)
三、两基线间的单三角锁	(268)
四、全面三角网	(269)
五、线形三角锁	(272)
§ 7.3 三边网(锁)的精度估算	(273)
一、测边中点多边形	(273)
二、三边锁	(273)
三、测边矩形锁	(276)
四、测边正六边中点多边形锁	(277)
§ 7.4 交会点的精度估算	(277)
一、测角交会点的精度估算	(277)
二、测边交会点的精度估算	(280)
§ 7.5 导线网的精度估算	(280)
一、导线边长的精度估算	(280)

二、支导线的精度估算	(281)
三、附合直伸导线的精度估算	(282)
四、导线网的精度估算	(283)
§ 7.6 水准网及三角高程测量的精度估算	(286)
一、水准网的精度估算	(286)
二、三角高程测量的精度估算	(291)
§ 7.7 用电算模拟法进行各种控制网的精度估算	(292)
一、电算模拟法	(292)
二、“JDGJ”控制网精度估算通用程序	(292)
§ 7.8 控制测量的技术设计	(311)
一、技术设计的一般规定	(311)
二、审批程序	(312)
三、项目设计书的内容	(312)
四、专业设计书的内容	(313)
五、技术设计书的相关内容及其图表	(315)
§ 7.9 控制网优化设计	(318)
一、控制网优化设计现状	(318)
二、机助法优化设计原理	(319)
三、CAENDS 简介	(326)
四、电算模拟法优化设计	(327)
第八章 坐标系的选择与坐标换算	(332)
§ 8.1 用水平面代替水准面的限度	(332)
一、水准面的曲率对水平距离的影响	(332)
二、水准面的曲率对水平角度的影响	(332)
三、用水平面代替水准面的限度	(332)
§ 8.2 大地坐标系	(333)
§ 8.3 高斯正形投影平面直角坐标系	(333)
一、高斯正形投影的概念	(334)
二、投影带的划分	(334)
三、高斯平面坐标	(335)
四、国家统一坐标系	(335)
§ 8.4 1954 年北京坐标系与 1980 年西安坐标系	(335)
一、1954 年北京坐标系	(335)
二、1980 年西安坐标系	(335)
§ 8.5 独立坐标系	(336)
§ 8.6 其它坐标系	(336)
一、假定坐标系	(336)

二、建筑坐标系	(336)
§ 8.7 坐标系的选择	(336)
一、工程建设坐标系的选择	(336)
二、城市测量坐标系的选择	(337)
§ 8.8 大地坐标、高斯平面坐标的换算与高斯平面坐标换带	(337)
一、正算的适用公式	(338)
二、反算的适用公式	(338)
三、高斯平面坐标换带	(342)
§ 8.9 平面坐标换算	(342)
一、平面坐标换算的一般方法	(342)
二、应用最小二乘法进行平面坐标换算	(343)
§ 8.10 综合坐标换算程序	(345)
一、功能	(345)
二、变量表	(345)
三、使用说明及示例	(345)
四、源程序(PC-1500)	(349)
§ 8.11 高斯平面坐标与独立坐标换算公式	(352)
一、由高斯平面坐标换算投影高程面上的独立坐标	(352)
二、由投影高程面上的独立坐标换算高斯平面坐标	(353)
三、公式适用范围	(353)
四、应用实例	(354)

第三篇 外业勘测阶段的控制测量工作

第九章 距离测量	(357)
§ 9.1 因瓦基线尺及其量距方法	(357)
一、因瓦线尺分划的形式	(357)
二、因瓦线尺的量距方法及长度计算	(357)
三、因瓦带尺的量距方法	(369)
§ 9.2 普通钢尺量距	(370)
一、普通钢尺量距时的限差估算	(370)
二、不同长度零尺段的拉力计算	(371)
三、悬空丈量检定的钢尺用于沿地面丈量时的改正数计算	(372)
四、普通钢尺量距的长度计算及精度评定	(372)
五、普通钢尺的检定	(373)
六、普通钢尺的量距方法	(373)
七、量距注意事项	(375)

§ 9.3	光电测距仪测距	(376)
	一、测距注意事项	(376)
	二、各项修正值的计算	(376)
	三、斜距的归算	(378)
	四、精度评定	(379)
第十章	方位角测量	(381)
§ 10.1	天文方位角测量	(381)
	一、用图解法求近似经纬度	(381)
	二、太阳高度法测定天文方位角	(381)
	三、北极星任意时角法测定天文方位角	(384)
§ 10.2	磁方位角测量	(386)
§ 10.3	坐标方位角、天文方位角、大地方位角的换算与子午线收敛角的计算	(386)
	一、大地方位角与坐标方位角的关系	(386)
	二、坐标方位角与天文方位角的关系	(387)
	三、大地方位角与天文方位角的关系	(387)
	四、子午线收敛角的计算	(387)
第十一章	平面控制测量	(389)
§ 11.1	概述	(389)
§ 11.2	国家、城市平控的主要技术要求	(389)
	一、国家平控的主要技术要求	(389)
	二、城市平控的主要技术要求	(391)
§ 11.3	工程测量平控的主要技术要求	(392)
	一、平控等级与首级平控	(392)
	二、平控的主要技术要求	(393)
§ 11.4	平控网的布设形式	(394)
	一、三角网的布设	(394)
	二、导线网的布设	(398)
§ 11.5	选点、埋石、造标	(399)
	一、选点、埋石	(399)
	二、造标	(400)
§ 11.6	水平角观测	(401)
	一、一个测站上水平角观测顺序	(401)
	二、方向观测法	(401)
	三、全园方向法	(402)
	四、左右角观测法	(404)
	五、复测法	(404)

六、注意事项	(404)
七、水平角观测限差	(405)
§ 11.7 归心元素测定	(408)
一、图解法	(408)
二、直接测定法	(409)
三、注意事项	(409)
§ 11.8 测站平差	(409)
一、全圆方向法(或方向法)观测的测站平差	(409)
二、两组方向观测的测站平差	(410)
三、在固定角中间所观测方向的测站平差	(413)
§ 11.9 观测方向的改正、改化计算及水平方向表的编制	(413)
一、三角网概算	(413)
二、归心改正计算	(415)
三、方向改化计算	(417)
四、水平方向表的编制	(418)
§ 11.10 边长归算	(419)
一、测边归算至椭球面上	(419)
二、测边归算至大地水准面上	(419)
三、测边归算至测区平均高程面上	(419)
四、边长归算至高斯平面上	(419)
§ 11.11 平差计算的一般规则和要求	(420)
§ 11.12 三角网平差计算	(420)
一、三角网概述	(420)
二、三角网平差计算准备工作	(421)
三、三角网平差计算程序一般应具备的功能	(422)
四、平差程序与算例	(422)
§ 11.13 三边网平差计算	(435)
一、三边网概述	(435)
二、三边网的条件式	(436)
三、三边网平差计算的准备工作	(440)
四、平差程序与算例	(447)
§ 11.14 边角网平差计算	(447)
一、边角网概述	(447)
二、边角网的主要技术要求	(451)
三、平差计算的准备工作	(451)
四、边角网平差计算程序应具有的功能	(451)
五、平差程序与算例	(452)
§ 11.15 导线网的平差计算	(452)

一、导线网概述	(452)
二、导线网平差计算的准备工作	(452)
三、导线网平差计算程序一般应具备的功能	(453)
四、光电测距导线网平差程序与算例	(453)
§ 11.16 图根控制测量	(462)
一、概述	(462)
二、图根控制的主要技术要求	(463)
三、附合导线的概略平差计算	(464)
四、闭合导线的概略平差计算	(465)
五、图根三角锁的概略平差计算	(465)
六、几种交会点的计算	(468)
七、图根控制的电算	(479)
第十二章 高程控制测量	(481)
§ 12.1 概述	(481)
一、高程控制测量的基本方法及等级	(481)
二、高程系统	(481)
§ 12.2 高程控制的主要技术要求与观测规格	(483)
一、国家高程控制的主要技术要求与观测规格	(483)
二、城市高程控制的主要技术要求与观测规格	(485)
三、工程测量高程控制的主要技术要求与观测规格	(487)
§ 12.3 水准测量	(490)
一、水准网的布设形式与理石规格	(490)
二、水准测量的观测	(491)
三、跨河水准测量	(497)
四、水准测量的系统误差影响及消除方法	(498)
五、正常高改正	(499)
六、平差计算的准备工作	(500)
七、附合水准路线的平差计算	(501)
八、单一结点水准网平差计算	(503)
九、两个结点水准网平差计算	(506)
十、高程控制网平差程序应具备的功能	(509)
十一、水准网平差程序与算例	(510)
§ 12.4 三角高程测量	(516)
一、概述	(516)
二、天顶距、垂直角、指标差的计算公式	(516)
三、三角高程的施测	(517)
四、三角高程测量的计算公式	(520)

五、三角高程测量高差的权及观测精度	(521)
六、三角高程测量平差计算的准备工作	(522)
七、附和三角高程路线的平差	(522)
八、结点平差	(524)
九、三角高程网平差程序与算例	(527)
§ 12.5 视距高程测量	(532)
一、视距高差计算公式	(532)
二、视距高程施测	(532)
第十三章 施工控制测量	(534)
§ 13.1 概述	(534)
§ 13.2 建设方格网的设计	(534)
一、施工平面控制的精度分类及精度估算	(534)
二、设计的准备	(535)
三、建筑方格网的设计原则	(535)
四、建筑方格网设计步骤	(536)
§ 13.3 建筑方格网的测设	(536)
一、主轴线的放样和纠正	(536)
二、主轴线测距及主轴线上的点位纠正	(537)
三、横轴线的放样和纠正	(538)
四、方格网的放样	(538)
§ 13.4 方格网点坐标的测定	(540)
一、方格网测量的主要技术要求与观测规格	(540)
二、方格网点坐标的测量方法	(540)
§ 13.5 方格网点的归化、固定和检测	(545)
一、方格网点的归化	(545)
二、方格网点的固定	(546)
三、方格网的检测	(547)
§ 13.6 建筑物控制网的精度及其测设	(548)
一、建筑物控制网的精度	(549)
二、建筑物控制网的测设	(549)
§ 13.7 地下建筑物施工控制测量	(550)
一、隧道贯通测量的精度要求	(550)
二、地面控制网的精度估算与布设	(551)
三、地下导线测量	(552)
四、地下水准测量	(553)
五、竖井联系测量	(554)
六、陀螺经纬仪在定向测量中的应用	(555)