

测量平差算例

张炎烈 编著

青海人民出版社

测量平差算例

张炎烈 编著

青海人民出版社

测量平差算例

张炎烈编著

青海人民出版社出版 青海省新华书店发行
中国科学院印刷厂制版 青海新华印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米1/16 印张: 38 插页: 6 字数: 900,000

1981年6月第一版 1981年6月第一次印刷

印数: 1—3,250

统一书号: 15097·75 定价: 4.50元

内 容 简 介

本书着重介绍三、四等三角、导线、水准；小三角、图根等平面和高程控制测量平差计算方法和实例。编写过程中，力求理论结合实际，由浅入深，同时对某些算例还采用了多种平差计算方法。供测量专业、地质勘探、矿山建设、国防工程、农田水利、森林勘察及从事其他测量工作者参考。

本书先后经陕西省地质局测绘队、青海省地质局测绘队戚庆云工程师和青海省测绘局李义存工程师审修过。

前 言

测量工作是国民经济建设中的尖兵,是按照一定的规范、细则和技术设计要求进行的。努力为科研和社会主义建设提供准确的成果成图,力争实现优质、高产、低消耗。

随着四化建设的需要,参加该项工作的新同志逐年增加,而有关测量方面的书刊很少。根据本人工作实践,结合我国的具体情况,收集了国内、外有关资料编著了本书,力争对广大读者有所助益,争取为四化多做贡献。

书中的计算与限差,都按有关规定执行。这本算例,选有百余个例题,分为两篇。

第一篇叙述平面控制测量平差,内容包括:计算工作中的组织和进行;高斯平面直角坐标计算;控制测量精度估算;小三角网(锁)基线测量平差;三角测量概算;基线网平差;三、四等三角网(锁)平差;典型图形平差;用固定系数表作典型图形平差;小三角网(锁)平差;线形锁平差;加密三角网(锁)简易平差;交会点坐标计算;三、四等导线平差;图根(经纬仪)导线平差。

第二篇叙述高程控制测量平差,内容包括:三、四等水准网平差;等外(图根)水准网平差;三角高程平差;经纬仪高程平差。

平差原理是根据最小二乘法的原理,在 $[vv]$ 或 $[pvv] = \text{最小}$ 的情况下进行。

除正文叙述外,在平差中常用到的一些附表、常数项等,都以附录的形式列于书后,以便查用。

本书原稿于一九七二年一月完成,经我队组织初审后,函寄地质出版社,得到了地质出版社的大力支持和热情帮助。地质出版社又将原稿转请陕西省地质局测绘队进行了审核,对书稿提出了极其宝贵的意见。

一九七五年本书第三次修订稿转青海人民出版社,得到了青海人民出版社的大力支持和帮助。第三次修订稿我省地质局请测绘队戚庆云工程师进行了审查。根据意见又进行了修改补充。又请青海省测绘局李义存工程师复核。

书中图是请傅淑珍、刘彩霞、孙淑琴同志绘制。

对于上述单位和同志们的大力支持和帮助,本人在此表示衷心的感谢。

根据许多单位和同志提出的宝贵意见,在修改中参考了一九五九年陕西省地质局测量队内部编印的《测量工作手册》;一九七二年冶金工业部勘察总公司编印的《控制测量计算手册》和修订本;一九七三年广西地质局测绘队内部编印的《控制测量平差计算实例》。

由于本人水平有限,在编写过程中难免有错误之处,请批评、指正,以便今后改正。

作 者

一九七九年一月

目 录

第一篇 平面控制测量平差计算	(1)
第一章 计算工作中的组织和进行	(2)
第一节 计算前的准备工作	(2)
第二节 计算中的检查	(2)
第三节 计算中数值运算凑整	(3)
第四节 计算员的基本要求	(5)
第五节 资料整理与装订	(6)
第二章 高斯平面直角坐标计算	(7)
第一节 高斯投影几何概念	(7)
第二节 高斯投影分带法	(11)
第三节 将天文经纬度、方位角换算为高斯平面直角坐标和坐标方位角	(13)
第四节 高斯平面直角坐标换带计算	(16)
第五节 局部三角网坐标换算	(23)
第三章 控制测量精度估算	(28)
第一节 精度估算意义及其一般推算方法	(28)
第二节 基线网图形权倒数的估算	(31)
第三节 三角网(锁)边长和方位角中误差的估算	(35)
第四节 单三角锁纵、横误差的估算	(41)
第五节 线形锁的精度估算	(44)
第六节 交会点的精度估算	(49)
第七节 导线测量的精度估算	(51)
第八节 水准测量最远点高程中误差的估算	(55)
第四章 基线测量平差计算	(58)
第一节 图根(小三角网、锁)基线测量改正数的计算	(58)
第二节 图根(小三角网、锁)基线测量精度估计	(60)
第三节 图根(小三角网、锁)基线测量平差举例	(62)
第四节 视差基线测量平差	(65)
第五章 三角测量概算	(72)
第一节 外业资料的检查与整理	(73)
第二节 编制起算数据表及三角网(锁)略图	(73)
第三节 水平方向观测记簿	(73)
第四节 三角形近似边长及球面角超计算	(75)
第五节 归心改正数计算	(76)

第六节	测站平差	(80)
第七节	三角形不符值的计算及测角精度衡量	(83)
第八节	近似坐标计算	(85)
第九节	距离归化和方向归化改正数计算	(85)
第十节	将球面三角形化算为高斯平面三角形之计算及其校核	(88)
第十一节	编制水平方向表	(89)
第六章	三角网(锁)按条件观测平差计算	(91)
第一节	三角网(锁)条件观测平差概述	(91)
第二节	三角网(锁)条件观测平差内容	(91)
第三节	条件方程式的种类、自由项的计算及其允许值	(92)
第四节	条件方程式的选择和确定	(98)
第五节	克吕格分组平差法原理	(105)
第六节	法方程式的组成及解算	(112)
第七节	逐一分组法平差原理	(114)
第七章	基线网平差计算	(117)
第一节	基线网(大地四边形)按角度分组平差	(117)
第二节	单菱形基线网按方向一次平差	(124)
第三节	单菱形基线网(方向平差)按逐一分组法平差	(135)
第四节	双菱形基线网按方向一次平差	(138)
第五节	双菱形基线网(方向平差)按逐一分组法平差	(143)
第八章	三角网(锁)平差计算举例	(152)
第一节	中心形网平差	(152)
1.	中心形网分三组平差	(152)
2.	中心形网分两组平差	(157)
3.	中心形网一次平差	(163)
4.	中心形网按方向平差	(168)
第二节	单三角锁平差	(172)
1.	单三角锁(加入坐标条件)分两组平差	(173)
2.	单三角锁(未加坐标条件)分两组平差	(181)
3.	单三角锁一次平差	(188)
4.	中间有起始边、起始方位角的三角锁分组平差	(192)
第三节	三角网分组平差	(201)
1.	三角网(自由网)分组平差	(203)
2.	三角网(非自由网)分组平差	(211)
3.	三角网(环形网)分组平差	(220)
4.	三角网(分区)按逐一分组法平差	(231)
第九章	典型图形平差计算	(243)
第一节	严密线形锁分组平差	(243)
第二节	一个固定角中插入一点平差	(248)
第三节	一个固定角中插入两点平差	(252)

第四节	一个固定角中插入 N 点平差	(256)
第五节	两个固定角中插入一点平差	(259)
第六节	三角形中插入一点平差	(263)
第七节	四边形中插入一点平差	(268)
第八节	完全四边形平差	(273)
第九节	相邻两三角形内插入两点平差	(276)
第十节	交会定点平差	(284)
1.	前方交会间接观测角平差	(284)
2.	前方交会条件观测平差	(286)
3.	后方交会间接观测角平差	(289)
第十章	用固定系数表作典型图形平差计算	(293)
第一节	三角形内插入一点平差	(299)
第二节	三角形外插入一点平差	(302)
第三节	三角形内、外各插入两点平差	(306)
第四节	菱形、大地四边形平差	(312)
第五节	扇形平差	(315)
第六节	固定角中插入1—7点和中点1—8边形平差	(318)
第七节	一个固定角内、外各插入一点平差	(324)
第八节	一个三角形内插入一点、外插入三点平差	(326)
第九节	一个三角形内插入一点、外插入两点平差	(341)
第十节	一个三角形内插入一点、外插入一点平差	(348)
第十一节	一个固定角中插入两个四边形平差	(353)
第十二节	偏菱形平差	(362)
第十一章	三角网(锁)间接观测平差计算	(366)
第一节	间接观测方向平差	(366)
第二节	间接观测角平差	(371)
第三节	间接观测角平差步骤	(372)
第四节	概算	(372)
第五节	编制概略坐标与最后坐标表,进行概略边长及方位角之反算	(374)
第六节	绘制及编算误差方程式图	(375)
第七节	法方程式之组成及解算	(380)
第八节	角度改正数 V 及平差检查之计算	(388)
第九节	最后坐标计算及边长方位角反算	(389)
第十节	精度估计和精度统计	(390)
第十一节	三角网(按角度)间接观测平差举例	(392)
第十二章	图根控制测量平差计算	(403)
第一节	小三角网(锁)分组平差	(403)
1.	中心形网分组平差	(403)
2.	单三角锁分组平差	(406)

3. 中心形网按逐一分组法平差	(407)
第二节 内定向线形锁近似平差	(411)
1. 一般形线形锁平差	(411)
2. 弓形(U形)线形锁平差	(422)
3. 交叉形(S形)线形锁平差	(422)
第三节 外定向线形锁近似平差	(422)
1. 同侧外定向线形锁平差	(423)
2. 异侧外定向线形锁平差	(425)
第四节 加密线形锁平差	(427)
1. 两固定点间不通视线形锁平差	(427)
2. 尾数凑整线形锁平差	(427)
3. 舍去某个方向观测值线形锁平差	(435)
第五节 较典型线形锁平差	(440)
1. 半交叉形内定向线形锁平差	(440)
2. 一般折形内定向线形锁平差	(440)
3. 弓形折形内定向线形锁平差	(441)
4. 不规则形(一)内定向线形锁平差	(441)
5. 不规则形(二)内定向线形锁平差	(441)
6. 人字形内定向线形锁平差	(452)
第六节 加密控制三角网(锁)简易平差	(458)
1. 中心形网平差	(458)
2. 扇形网平差	(462)
3. 单三角锁平差	(463)
4. 四边形(菱形)平差	(464)
第七节 交会点坐标计算	(467)
1. 独立点(三角形点)之计算	(467)
2. 前方交会之计算	(467)
3. 侧方交会之计算	(468)
4. 后方交会之计算	(468)
5. 双点交会之计算	(471)
第十三章 导线测量平差计算	(474)
第一节 三、四等导线测量平差	(474)
1. 单一结点导线网平差	(474)
2. 用逐渐趋近法作多结点导线网平差	(481)
3. 用等权代替法作多结点导线网平差	(487)
第二节 图根(经纬仪)导线平差	(492)
1. 附和导线平差	(492)
2. 闭合导线平差	(497)
第二篇 高程控制测量平差计算	(499)
第一章 三、四等水准测量平差计算	(500)
第一节 三、四等水准测量概算	(500)

第二节	三、四等水准测量平差	(504)
第三节	单一水准路线平差	(504)
第四节	单一结点水准网平差	(505)
第五节	用逐渐趋近法作多结点水准网平差	(508)
第六节	用等权代替法作多结点水准网平差	(513)
第七节	用多边形法作多结点水准网平差	(517)
第八节	水准网条件观测平差	(521)
1.	自由水准网平差	(521)
2.	非自由水准网平差	(523)
第九节	编制三、四等水准测量成果表	(527)
第二章	等外(图根)水准测量平差计算	(529)
第一节	单一水准路线的近似平差	(529)
第二节	单一结点水准网的近似平差	(529)
第三节	多结点水准网的近似平差	(531)
第三章	三角高程测量平差计算	(533)
第一节	独立点三角高程计算	(533)
第二节	单一附和三角高程路线平差	(534)
第三节	单一结点三角高程网平差	(536)
第四节	经纬仪高程平差	(538)
附录	一、正弦对数秒差表(供精度估算用)	(539)
	二、 $R(=\delta A^2 + \delta B^2 + \delta A\delta B)$ 值表	(540)
	三、30米基线尺倾斜改正数用表	(543)
	四、50米基线尺倾斜改正数用表	(556)
	五、曲率半径计算用表	(569)
	六、归心原素的测定	(572)
	七、 $\lg f, f, f'$ 表	(573)
	八、 a, b 系数计算用表	(574)
	九、交会点方向检验最大限差表	(590)
	十、正高改正数之系数 A 表	(591)
	十一、地球曲率和折光差改正数用表	(592)
	十二、各种测量主要限差表	(595)
	十三、三角测量计算之取位表	(596)
	十四、希腊字母表	(597)
	十五、测量计量单位名称表	(597)

第一篇 平面控制测量平差计算

平面控制测量是在地球表面上建立许多个地面标志,此标志称为控制点。用天文定位测量(有关该项内容本书从略),三角测量和导线测量等方法确定标志相对的位置,这种方法称为平面控制测量。这些点的建立对社会主义建设是十分重要的。从整体讲为研究地球形状和大小,地壳的变化等提供科学数据。从局部讲是测绘地形图的依据,为国防工程,农业、工业建设和科学研究等工作提供地面点的精确位置。

精确地形图的测制是地球表面地物、地貌的真实描绘。用平面控制点确定相对位置,高程确定地貌,因此平面控制的好坏直接影响地形图的质量。

建立平面控制网的基本原则:

一、国家三角网(或精密导线网)必须有足够的密度。

三角网(或导线网)是测图的基本控制,一般要求每幅图内有一定数量的大地点。如对 1:5000 比例尺地形测图,平均 15—20² km 内应有一个大地点;1:2000 比例尺地形测图,平均 4—6² km 内应有一个大地控制点等。

二、国家三角网(或导线网)应有足够的精度。

建立国家三角网(或导线网)的精度,是根据地形图比例尺的大小和施工性质而定。如在三、四等三角测量中要求三角形闭合差分别不大于 $\pm 7''$ 和 $\pm 9''$,测角中误差不超过 $\pm 1.8''$ 和 $\pm 2.5''$,三角网(锁)的起算边长相对中误差不低于 1:150000 及 1:80000,最弱边相对中误差不低于 1:80000 及 1:50000 等。

三、国家三角网(或导线网)从整体到局部,从高级到低级。

我国领土广阔,不能按同一的精度全面布设足够密度的大地控制网(点)。而是首先在全国布设精度较高而密度较稀的骨干控制网,在此基础上逐级加密,使精度逐级放宽而密度则逐级增大到满足测图及工程设施的需要。我们国家的三角网(或导线网)分为一、二、三、四等。一等三角锁一般是沿经纬度布设的,称为骨干网。在一等锁围成的锁环中再布设二等全面三角网。在一、二等控制的基础上,根据需要再加密三、四等三角网(锁)或点。只有这样,在我国辽阔的土地上,各作业单位既能按分区独立工作,又能使测制的地形图互相拼接为一个整体。既避免遗漏和分裂,又不会重复。

平面控制测量中,三角测量是最基本最主要的方法之一。它是在地面上建立许多个互相连接的三角形组成三角网(锁),每一三角形的顶点称为三角点或大地点,用规定的标志把这些点固定在地面上。测定网中三角形内的各角和三角形的一条边(或几条边)长度,用这些测定的成果根据三角学公式顺序地从一个三角形推算到另一个三角形,从而求出网中所有三角形的边长。如已知三角形某一顶点(或几个顶点)的坐标和一条边(或几条边)上的坐标方位角,按顺序就可以求出所有网中三角形顶点的坐标。

困难地区,同等三角网可以用同等导线网代替。

第一章 计算工作中的组织和进行

测量中的平差计算是很重要的一个环节,从始至终总是同公式和数字运算打交道,它涉及到成果成图质量,也涉及到多快好省与少慢差费,工作中一旦疏忽大意,将会导致计算工作的返工,造成严重浪费,而且也影响下步工作的开展。

第一节 计算前的准备工作

计算工作开始前必须做好下列工作:

1. 工作的合理安排(包括分工和工作量);
2. 工作开始前所用的起算数据、外业资料的收集(包括观测手簿的检查,归心原素的测定,质量的评述等)应齐全;
3. 领取必须的用具和材料(包括计算机,算盘,对数表,各种计算表格,计算用纸等);
4. 领取有关技术指示书或规范等;
5. 根据工作需要领取或准备其他有关资料或物资。

第二节 计算中的检查

测量平差很繁杂,各环节之间存在着密切联系,倘若某一环节出了差错,会影响到整个计算工作的返工。因此领导要组织有关人员对前者的计算进行全面检查或抽查部分资料,方法如下:

1. 对算

对算是由两名计算员用相同或不同的方法对同一个控制网、点进行解算。采用同一方法往往出现相同的错误,此时不易发觉,最好采用不同方法进行。

如中心形网平差可分两组、三组,还可以按逐一分组法等进行解算。在分工计算前,首先确定那种方法为主,那种为副,计算结果主、副之间的差异必须在允许范围内,方可采用主者的成果,副者作检查用。以角度改正数为例,主、副之间的误差,三等不能超过 $\pm 0.2''$,四等不能超过 $\pm 0.3''$ 。否则说明计算有误,两人应同时进行检查,或互相抽查。直至成果一致或在允许的范围内为止。

2. 检查

所谓检查,就是组织力量对计算结果进行全面的或局部的核对,并作出成果评价。要求最好由认真负责,业务熟练,经验丰富的同志担任。

3. 图解法

上面介绍的是计算中最常用最基本的检查方法。根据需要,对较简单的计算还可以采用图解法进行校对。所谓图解法,是根据已知条件,用作图的方法,解答一些简单的算例。

在计算或检查中,如发现错误,无论数值多么微小,都应该进行修改。如用对数计算边长时尾数差1,角度改正数尾数差0."01,法方程式联系数尾数差0.0001等,都应该修正。修正办法一般是用刀片削去、红墨水划去、或用小纸片贴去误的,填上改正后的数值。

第三节 计算中数值运算凑整

计算中有时遇到无理循环小数,或舍去部分尾数,都需要凑整,其方法必须统一规定。这样做可减轻计算工作量,精度仍能满足预定要求。

1. 四舍五入规则

四舍五入是为了消除或避免计算过程中数字误差的迅速积累,其原则与数学书中的“四舍五入”基本相同。

(1) 数值中被舍去的数字大于5时,尾数加1。

例: 8.123501 取三位小数,得 8.124;

9.99266 取四位小数,得 9.9927。

(2) 数值中被舍去的数字小于5时,尾数不变。

例: 5.2239499 取四位小数,得 5.2239。

(3) 数值中被舍去的数字正好是5时,视保留数奇进偶舍的原则。

例: 0.7875 取三位小数,得 0.788;

0.87225 取四位小数,得 0.8722。

2. 运算中数字的凑整

(1) 加减法数字运算凑整规则: 加、减或加减混合运算中,凑整原则以最少位数为标准,所得结果比它多取一位数字。这多取一位的保留数字称为“安全”数字,它不因数字凑整而影响计算成果质量。

例: $8.1 + 2.34 + 2.5566 + 0.4287163 = 13.43$

$9.56 \text{ 米} - 1.23456 \text{ 米} - 0.1111 \text{ 米} = 8.214 \text{ 米}$

$8.1 + 2.34 + 2.5566 + 0.4287163 - 0.1111 - 1.23456 = 12.08$

(2) 乘法、除法、乘方、开方运算规则: 运算中各因子具有不同个数的有效数字时,则应以各因子中“数字”个数(位数)最少的一个为标准,其余各因子及乘积(包括商数)均凑整止比标准项多一位数字,它与小数点位置无关。

例一: $21.32 \times 0.11 = 2.3452$, 凑整得 2.35

例二: 求 $\frac{111.11 \times 0.11}{8.001} = ?$

依上述规则得 $\frac{111.11 \times 0.11}{8.005} = 1.53$

例三: 求 $333^2 = ?$

依上述规则得 $333^2 = 1109 \times 10^2$

例四: 求 $\sqrt{1253} = ?$

依上述规则得 $\sqrt{1253} = 35.398$

(3) 对数运算中选用位数的规定: 对数位数的选择应与真数相适应。对于含有 n 个

数字的数值,应采用 n 位对数表。

如加密图根点的坐标计算,一般边长在几百米之内,小数点前是三位数,小数后边一般取两位数,共五位,采用五位对数表即可。三、四等三角网(点)坐标计算,一般边长在几千米之内,小数点前是四位数,小数后一般取三位数,共七位数字,采用七位对数表为宜。

(4) 计算角度改正数时,选用函数表位数的规定:因为在编制六位三角函数表时,本身的凑整误差最大为 0.5×10^{-6} ,所以除了正弦接近 90° ,余弦接近 0° 以外,比真数凑整止 $1''$ 时引起的误差为小,故当真数凑整后取 $1''$ 时,用六位函数表;当角度取 $0''1$ 时,用七位函数表;当角度取 $0''01$ 时,用八位函数表,以此类推。但这也不是固定不变的,根据工作需要可灵活掌握。采用函数对数表时,也可按此进行。

(5) 根据精度要求,决定小数位的取舍方法:今有一系列真误差 $\Delta_1 = 2''12$, $\Delta_2 = 2''31$, $\Delta_3 = 0''70$, $\Delta_4 = 2''85$, 由公式 $m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}}$ 计算中误差,并要求 m 有两位有效数字,试求 m 值等于多少。

解:依题意

$$\Delta_1^2 = 2.12^2 = 4.49$$

$$\Delta_2^2 = 2.31^2 = 5.34$$

$$\Delta_3^2 = 0.70^2 = 0.49$$

$$\Delta_4^2 = 2.85^2 = 8.12$$

$$[\Delta\Delta] = 18.44 \approx 18.4$$

$$m = \pm \sqrt{\frac{18.4}{4}} = \pm \sqrt{4.60} = \pm 2''1$$

按常规方法则:

$$\Delta_1^2 = 2.12^2 = 4.4944$$

$$\Delta_2^2 = 2.31^2 = 5.3361$$

$$\Delta_3^2 = 0.70^2 = 0.4900$$

$$\Delta_4^2 = 2.85^2 = 8.1225$$

$$[\Delta\Delta] = 18.4430$$

$$m = \pm \sqrt{\frac{18.4430}{4}} = \pm \sqrt{4.61075} = \pm 2''1$$

后者 Δ^2 值有 5 位数, $[\Delta\Delta]$ 的和有 6 位数,但要求只取两位有效数字仍是 $2''1$ 。而前者的计算方法就避免了不必要的繁琐。

(6) 满足某些条件时,改正数的凑整方法:当改正数需满足一定条件时,凑整方法应考虑到对以后其它条件的误差影响最小为准则。

设某一三角形的观测值如表 1-1, 角度改正数为 $-\frac{-1''}{3} = +0''33\dots$, 平差结果要

求小数后保留一位有效数字,则凑整后得 $+0''3$, 此改正数分别加在三个角上后,并不能满足三角形的图形条件 180° , 这是因为有剩余值 $+0''1$ 的缘故。必须把 $0''1$ 加一凑整,再配赋给某一个角上后才能满足三角形的图形条件。而某一个角的改正数必是 $+0''4$ 。

表 1-1

角 顶	观 测 值	改 正 数	平 差 角
A	70° 11' 25."3	+0."4	70° 11' 25."7
B	50 18 17.6	+0.3	50 18 17.9
C	59 30 16.1	+0.3	59 30 16.4
Σ	179 59 59.0	+1.0	180 00 00.0

但此角精度最低,这是由于 $+0."4$ 对 $-\frac{-1}{3} = +0."3$ 有较大的过剩值。这个过剩值应改正在最大角上,因为大角近于直角,正弦对数近于直角时秒差变化最小,所以在以后的三角形解算中,对于边长改正数误差的凑整影响也最小。

其它像水平角、方位角、极、基线条件方程式的系数等的凑整,也按上述方法进行。

上述数字运算规则,仅是平差中最简单的一部分,所举之例未必全面恰当,仅供参考。

第四节 计算员的基本要求

平差计算能否早日圆满的完成上级交给的任务,必须作到下列几点:

1. 开始前和有关领导一起拟订周密的工作计划,确定平差方案。
2. 对某些计算工作感到生疏时,事先向业务水平高的同志和有丰富经验的老工人学习,拜他们为师,或找一些有关书籍参考。
3. 日常工作中,为实现四个现代化刻苦学习科学技术。熟记规范、细则中有关的限差、工作方法。

4. 善于利用简便的方法进行一些较简单的计算:

- (1) 数字很少时,养成心算习惯;
- (2) 常用公式要熟记,计算中可以直接套用,避免用时翻阅书籍,浪费时间;
- (3) 算盘、计算机是平差中不可缺少的工具,学会使用很有必要;
- (4) 常用的数据、辅助用表,开始前应准备好,缺时有的可以自己编制。

5. 计算前可把工作量分成若干部分,完成一部分后立即进行检查,这样分段计算分段检查,可避免较大返工。如对中心形网分三组平差,第一步先解算图形条件,然后检查所有图形条件的内角和是否都等于 180° ;接着解算第二组水平条件,并检查中心点周围各角之和是否等于 360° ;最后解算第三组极条件方程式等。

6. 计算者要善于发现错误,并且能够迅速找出错误的原因,及时修正。这就要求工作中大胆、细心、谦虚、谨慎。

7. 计算中应注意的事项:

(1) 计算成果字体要书写端正,保持清洁。书写多位数字时,中间应留有空隙,如 9.999 8732;

(2) 计算中如发现错误,修改办法同第三节中的有关部分;

(3) 测绘成果一般不许誊写,在极特殊的情况下必须誊写时,誊写后的成果要经三人次分别进行核对;

(4) 计算成果,不但自己看了后容易明了,而且要使检查人员、使用单位看了后也一

目了然。这样做的目的,一方面便于检查人员检查,另一方面便于使用单位了解成果的精度要求(技术标准)。如起算数据的来源、等级;采用何种方法平差;参考了那些规范、细则、书刊;成果精度估算是否齐全;何人何时参加了该项工作的平差计算等,都应在平差的相应位置显示出来,免得用的单位再进行推敲验证;

(5) 计算中一般应用统一表格,倘若使用自行设计的时,应该注意成果的装订,特别是使用双面计算用纸尤其是这样。

8. 工作结束后,要认真总结经验,发扬成绩,纠正错误,为今后工作打下良好基础。

第五节 资料整理与装订

资料整理与装订,是指平差结束后进行分类整理(把每一个测区、或矿区、或某项工程)和装订,以便归档。装订之前,应保证资料完整无误,力求美观大方整齐。一个测区的资料整理一般包括下列内容:

1. 各级控制测量的勘选略图和造埋工作情况;
2. 各级控制测量水平角(或方向)、天顶距(或垂直角)观测记录;
3. 外业基线测量(包括轴杆头水准测量);
4. 内业基线平差;
5. 各级控制测量的概算及平差(精算);
6. 各级水准测量的外业观测记录;
7. 各级水准测量的平差;
8. 各级控制点成果表;
9. 各种辅助和补充计算资料。

除成果表、外业记录外,其它各种平差资料都应分区分类装订成册,每册应有封底和封面。封面上应写:

1. 资料名称;
2. 所属地区名称;
3. 工作单位;
4. 工作时间。

每册前应有目录,以示该册包括的内容及计算成果的页数。目录后应附有说明。该说明应简单扼要,并能说明问题,一般包括下列各项:

1. 起算数据来源、等级、精度及一般情况简介;
2. 工作进行时间,采用方法(包括内业计算);
3. 依据何种规范、细则进行工作;
4. 如采用新的计算方法时,应说明此法的来源及根据;
5. 质量的简单评价(包括三角网、锁的测角中误差;最大、最小、平均的三角形闭合差;最弱边相对误差等)。对外业资料的评价应力争简明扼要;
6. 资料装订按先后次序排列。如目录后边排选点、造埋略图;接着排基线测量平差;三角测量概算、平差计算等,以示明目;
7. 两个人对算时,可分正副两本分别装订。

第二章 高斯平面直角坐标计算

这里叙述的测量工作是在地球表面上进行的。地球是个近似球形的旋转椭圆,假设把它一片片切开,展为平面,必有褶皱,使用极为不便。因此可以把它设法投影到某一个特定的平面上,这个平面测量学中称为高斯投影。

第一节 高斯投影几何概念

1. 地球上的坐标系与平面直角坐标系

地球上某一点的位置,可用某一系统中的坐标值来表示。实用的有地理坐标系和平面直角坐标系两种,如图 2-1 中的 A 点。

地理坐标系又可区分为天文坐标和大地坐标。天文坐标是利用天文观测的方法确定某点的位置,以经度 λ 和纬度 φ 表示,称为天文点。它的测定是借助于仪器的水准轴水平为准。实际上天文坐标是通过某测站点的铅垂线投影到大地水准面上的位置,即是以大地水准面为依据;而大地坐标,以经度 L 和纬度 B 表示,是利用三角测量的成果,在椭圆体面上进行计算后获得的。它是以旋转椭圆体为依据,两者不能混淆。大地水准面与旋转椭圆体面并不吻合,所以该点上的铅垂线与法线同样也不相重合,两者之间所成的夹角称为垂线偏差。由于垂线偏差的影响,就产生了天文坐标与大地坐标的差异。工作中常遇到天文点的坐标是少数,而大地点的坐标则是多数的、普遍的。

测区内如有大地控制点时(即起始数据)可以直接联测,否则用天文观测方法确定。

大地坐标是一个严谨的坐标系,可以扩展到椭圆体(地球上)面上的整个部分。利用它可以解决测量和制图中一系列的科学研究及实际应用问题,又是换算其它坐标的依据。

但是,当逐级地扩展大地控制网时,点的密度大大增加,计算大地坐标的工作量就越重,同时在测图、设计及实用中采用大地坐标也有不方便之处。因此,就必须有一种既便于计算和应用,而又能在广阔的地区共用的坐标系。

平面直角坐标便能满足上述要求。这种方法可以用解析几何的原理进行计算。测量上采用的是高斯平面直角坐标系,以纵坐标 X 和横坐标 Y 表示(见本节 4)。

2. 地球椭圆体上的主线和主面

(1) 地球的形状和大小(如图 2-

1):

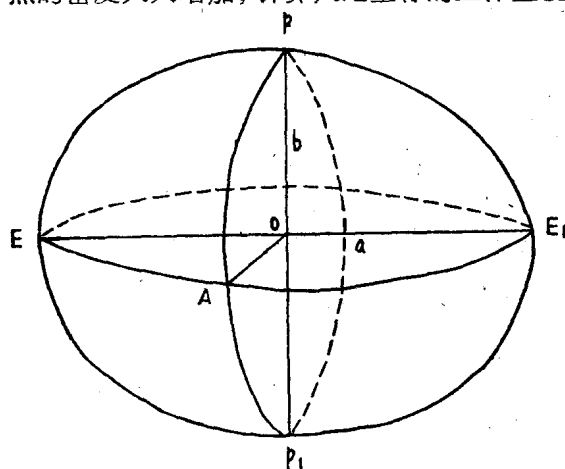


图 2-1