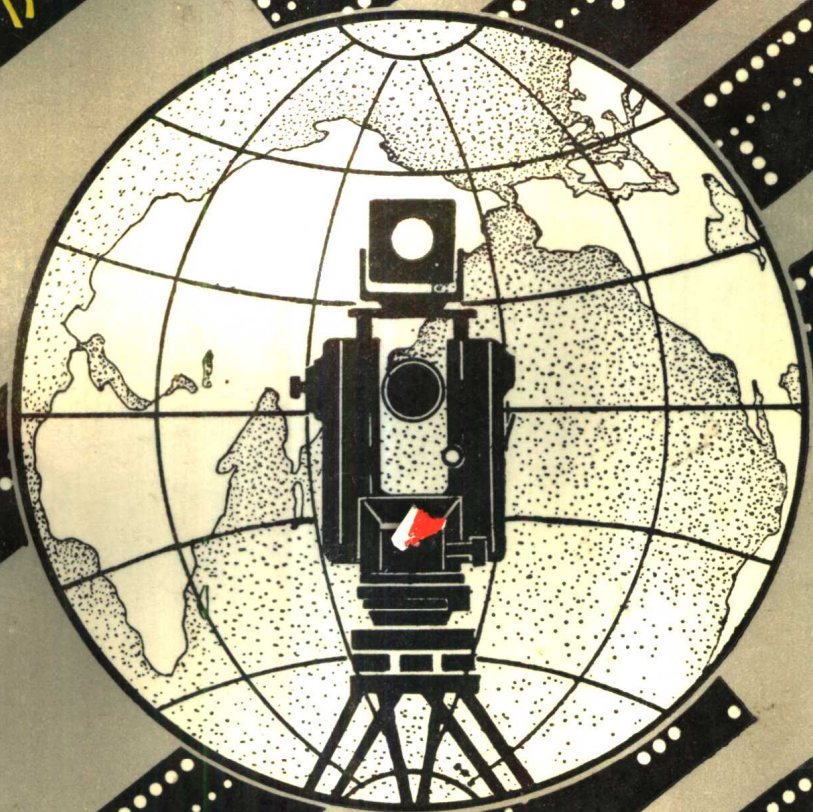


Di Ji Ce liang Guan li Ji Qi Zi Dong Hua

地籍测量管理及其自动化

作者：王家璋 樊炳奎 黄明智



成都地图出版社

地籍测量管理及其自动化

作 者 王家瑄 樊炳奎 黄明智

成都地图出版社

1989·4

前 言

本书可作为地籍测量、地籍管理和机助制图的参考书。书中较详细地介绍了国内外在地籍测量和管理方面的技术、方法和经验,并论述了机助制图的方法和一部分研究成果。

全书的编写工作由王家璋同志主持。第一、二、三、四章由王家璋同志编写,第五、六、七、八章由樊炳奎同志编写,第九、十、十一章由黄明智同志编写。余若凡和许新苗同志参加了部分编写工作。最后,由樊炳奎同志对全书进行了统一的修改和校阅。

本书在编写过程中,得到了四川省测绘局邓俊高级工程师的大力支持和关怀,在此向他表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中的错误和不当之处在所难免,恳请读者不吝批评指正。

编 者

1989.4.28.

地籍测量管理及其自动化

成都地图出版社出版发行

印刷:成都印刷二厂

开本 787×1092mm 1/16 23印张

字数 388千字

1989年4月第1版 1989年4月第1次印刷

印数 1—6000册

ISBN7-80544-39-5/P·1

定价:6.50

目 录

第一章 地籍工作概述

- § 1.1 地籍含义、内容和作用… (1)
- § 1.2 我国地籍工作的各个发展阶段… (2)

第二章 地籍测量控制网的布设

- § 2.1 地籍测量概述… (3)
- § 2.2 地籍测量的一般规定… (3)
- § 2.3 地籍测量基本控制网的布设… (5)
- § 2.4 水平角观测… (9)
- § 2.5 光电测距及成果整理… (18)
- § 2.6 观测成果的限差… (23)
- § 2.7 高斯—克吕格投影… (25)
- § 2.8 地籍测量基本控制网的平差计算… (28)
- § 2.9 导线测量… (35)
- § 2.10 地籍测量的图根控制… (44)

第三章 地籍碎部测量

- § 3.1 地籍碎部测量概述… (55)
- § 3.2 用摄影测量方法采集数据… (56)
- § 3.3 用全站型经纬仪采集数据… (66)
- § 3.4 从现有地图上采集数据… (77)
- § 3.5 经典法的数据采集… (81)
- § 3.6 地籍测量外业调绘… (84)
- § 3.7 面积量测… (87)
- § 3.8 土地的划分… (91)
- § 3.9 土地等面积调整… (93)

第四章 地籍图的编绘

- § 4.1 概述… (96)

- § 4.2 地图的符号与注记… (96)
- § 4.3 制图综合… (98)
- § 4.4 地籍图的分幅、编号… (102)
- § 4.5 地图数学基础的建立… (105)
- § 4.6 地图内容的转绘… (107)
- § 4.7 地图的编制工作… (109)
- § 4.8 土地利用现状图的编制… (111)
- § 4.9 地籍图的编制… (113)

第五章 土地管理

- § 5.1 土地概述… (115)
- § 5.2 土地管理的任务与内容… (116)
- § 5.3 土地管理的法律基础… (117)
- § 5.4 土地估价… (118)
- § 5.5 地产价格的评定… (121)

第六章 地籍管理

- § 6.1 地籍管理的概念… (125)
- § 6.2 国外地籍管理的发展概况… (125)
- § 6.3 地籍管理的任务和原则… (129)
- § 6.4 地籍调查的任务和方法… (130)
- § 6.5 土地登记与变更登记… (131)
- § 6.6 土地统计… (133)
- § 6.7 地籍管理与地产市场… (134)

第七章 地籍管理的自动化

- § 7.1 概述… (136)
- § 7.2 地籍管理自动化的国外经验… (137)
- § 7.3 地产数据库的建立方法… (141)
- § 7.4 土地信息系统… (147)

第八章 土地整理与地籍技术

- § 8.1 概述…………… (151)
- § 8.2 土地规划的任务和程序… (152)
- § 8.3 土地规划的特性…………… (153)
- § 8.4 土地规划与其它规划的区别…………… (154)
- § 8.5 联邦德国土地整理概况… (154)
- § 8.6 土地整理的最优化…………… (167)

第九章 机助制图的设备与微型计算机的应用

- § 9.1 计算机制图的软硬件设备…………… (170)
- § 9.2 IBM-PC微型计算机的一般介绍…………… (172)
- § 9.3 MS-DOS操作系统…………… (177)
- § 9.4 行编辑程序 EDLIN…………… (182)
- § 9.5 IBM-PC机的BASIC语言 (184)
- § 9.6 IBM-PC机的FORTRAN语言…………… (189)
- § 9.7 IBM-PC机的汉字信息处理…………… (192)
- § 9.8 IBM-PC机的软件简介… (196)

第十章 交互式数字图形处理

- § 10.1 交互式图形处理和数字

地图编辑…………… (199)

- § 10.2 交互式图形功能程序… (200)
- § 10.3 交互式图形处理的原理和程序…………… (206)
- § 10.4 微机数字地图编辑的数据结构…………… (208)
- § 10.5 交互语言的设计…………… (214)
- § 10.6 交互信息的输入输出… (216)
- § 10.7 编辑范围变换…………… (219)
- § 10.8 点、线的定位检索…………… (222)
- § 10.9 图形编辑…………… (223)
- § 10.10 IGES软件的总体介绍 (228)
- § 10.11 IGES源程序清单…………… (234)

第十一章 画线式绘图仪图形绘制

- § 11.1 基本绘图程序…………… (268)
- § 11.2 点状符号绘制…………… (271)
- § 11.3 曲线光滑和图形剪裁… (277)
- § 11.4 线状符号绘制…………… (283)
- § 11.5 工程图绘制软件DRMAP (288)
- § 11.6 面状符号配置和图面注记 (290)
- § 11.7 绘图源程序清单…………… (296)

附录一 地籍图图式…………… (329)

附录二 参考文献…………… (335)

第一章 地籍工作概述

§ 1.1 地籍含义、内容和作用

地籍最初是为了征税而建立的一种有关土地的簿册，是土地的档案，它由地籍册簿和地籍图所组成。早期的地籍内容简单，偏重于土地的隶属关系和土地的赋税资料。随着时代的进步，地籍的内容也在逐渐增加，目前已发展成为多用途地籍。

我们知道，土地对于人类是至关重要的。人类不能离开土地生存，而地球上的人口在逐年增长，土地面积却有限。为了在面积有限的土地上生活得更好，人们必须在查清土地资源的基础上，科学地、因地制宜地使用土地，以获取经济、社会、生态等方面的最大效益。因此，地籍的概念应该从土地权属和赋税的概念中解脱出来，使地籍资料还具有土地利用与规划的功能。事实上，土地与人口、土地与生产建设、土地与环境、土地与生态等等，它们之间的关系都集中反映了土地问题在整个国民经济建设中所占有的重要地位。因此，地籍应该是土地诸要素的隶属关系综合成统一体的总称，地籍应包含着土地及其附属物的权属、位置、面积、质量、利用现状、利用性质等多方面的要素。地籍资料应该为国家经济建设的多种用途服务。

地籍管理包括土地测量、土地登记和土地统计三部分内容，它的最终结果是完成质量较高的土地登记和土地统计。地籍管理的手段是地籍调查和地籍测量。地籍管理的目的是为土地利用、监测和土地规划提供可靠的依据。

地籍测量和地籍调查的目的是为土地登记提供准确的数据，土地调查是调查土地的质量、分布、利用、界限。地籍测量的任务是确定土地的境界和面积，以及编制地籍图、册。由此可见，地籍测量（伴之以地籍调查）是土地登记与土地统计的保证与前提。

地籍测量所获取的资料，在通过颁发土地证以后，具有法律效力。

此外，地籍测量不应局限于这些用途，还应充分发挥地籍测量资料的经济效益和多用途的性能，为建立土地信息系统打下基础。

土地登记的核心是登记土地的权属问题。其内容包括土地的权属单位、土地类别、土地面积以及土地权属的变更等。土地登记的主要程序是：1. 地籍测量及土地调查；2. 填发土地登记通知单；3. 申请土地登记；4. 颁发土地证。土地登记是一项政策性、法律性、技术性很强的工作，必须按照国家的有关规定严肃认真办理。

土地统计是将土地调查、土地测量等手段所得到的土地数据加以系统的记载、整理和统计汇编，在此基础上进行研究分析，以便使国家能够及时掌握土地资源的数量、质量、分布、利用以及其动态变化，从而为进行土地利用的监测和土地规划提供可靠的依据。

土地统计所依据的资料是土地登记中的内容，它所形成的文件没有法律意义，它是社会经济统计的一个组成部分，因此具有实用意义。

地籍工作在我国四个现代化建设事业中将起着重要的作用。首先，它是土地整理、土地规划、土地监测的主要依据；其次，土地及其附属物权属的合理确定，是社会安定的一个重要因素；同时，土地使用税的征收不但可以解决一部分建设资金问题，而且在城乡建设中起着利用经济手段发展经济的一个杠杆作用。

现在很多学科都与土地有关，土地资料已成为当今信息社会不可缺少的基础信息资源。在此信息瞬息万变的时代，各经济规划部门越来越要求加快提供当前最新的地籍资料。因此，如何使用计算机管理地籍资料，如何运用计算机辅助制作地籍图已成为当前地籍工作研讨的重要课题之一。考虑到我国实际情况，目前要建立一个完整的土地信息系统是有困难的。但是，尽快建立一些小型的、专用的房地产信息系统，以提高地籍管理工作的效率是完全需要的，也是能够做到的。

§ 1.2 我国地籍工作的各个发展阶段

我国的地籍工作有着悠久的历史。早在两三千年的殷周时代，即实施了一种称之为“井田”法的地籍管理制度，并进行了相应的地籍测量工作。所谓“井田”，是指把土地划分为“井”字形，即把一块方形的土地分为九块，每块为100亩，八户农民各耕一块的土地称为私田，当中的一块称为公田，由八户农民共同耕种。当时的地籍测量配合了这种管理制度。测量的单位是，六尺为一步，一百步为一亩。土地与赋税以户籍为单位，地籍册附于户籍册中。

到了公元前220年，（秦始皇统一中国后第二年）曾进行过大规模清查户籍和地籍的工作。命令土地占有者向政府申报占有土地的数量，并在法律上给予承认对土地的私人占有权。

在秦、汉时期，统治者不仅在全国范围内建立了户籍制度，而且还进行了土地调查，这就为地籍管理打下了良好的基础。

在南北朝时期，南朝的地籍管理基本上与秦、汉时期相同，而北朝的地籍管理有了较大的发展。公元485年，北魏孝文帝实行了均田制。均田制的主要内容是，将土地进行分类，并将田地分配给农民，分得田地的农民必须向政府交纳税金。同时，也将田地分配给官吏，作为俸禄。官吏们可将分得的田地出租，但土地所有权仍归国家所有。

从汉朝到唐朝的一个较长历史时期内，人口、土地、赋税的记录全部登记在一个户籍册内，并以户籍登记为主，而地籍是附设在户籍册中。到明朝中叶以后，地籍逐渐成为征税的主要依据。

宋、元两朝的地籍管理均处于混乱状态。公元1371年，明朝朱元璋为了改变宋、元两朝所遗留下来的混乱局面，曾下令进行全国性的土地清查，并编制全国土地总登记簿，称之为鱼鳞图册。其目的是要清查全国田地的占有和使用状况，以巩固封建皇朝对土地的占有制。鱼鳞图册的实质就是地籍登记册，它登记的项目和内容比较齐全，这是我国在地籍管理史上的一个重要发展。

在我国历史上，对土地权属的管理，也曾有过重要的发展，这就是明清时期实行的土地使用权与所有权分离的永佃制。永佃权（或称田面权）是指永久租种田地的权利，也即当今所谓的使用权。地主出卖或转让土地的田底权（或称所有权），不影响使用权。具有使用权的农民可长期使用土地，同时也有出卖、抵押使用权的自由。

到了民国时期，地籍管理是通过土地立法和地籍整理来进行的。地籍整理的内容包括地籍测量、土地登记、土地统计和土地使用调查。在土地立法方面，1930年公布了第一部土地法，1946年又修订和公布了新的土地法。同时还先后制订了“地价调查估计规则”、“土地建筑改良物估价规则”、“土地重划办法”和“公有土地管理办法”等有关土地执法的法规。在这一时期，土地登记是地籍管理的一项主要内容。但是，由于当时未进行地籍测量，所登记的土地面积，仅凭土地所有者自报，因此，这种登记是无实效的。

目前，我国已进入四化建设的新的历史时期，由于工农业的现代化生产，要求地籍管理面对全国土地资源的统一管理。近代的地籍管理应为不断提高土地利用的经济效益和生态效益创造最佳的土地组织条件。为此，当前我国的地籍管理正处在一个新的发展时期。

第二章 地籍测量控制网的布设

§ 2.1 地籍测量概述

地籍测量是为土地和房产管理及其开发利用而进行的测量工作。它是按测量的原则、地籍工作的要求和技术规定而进行的一种特殊测量作业。其主要任务是确立并保证地产的权属境界,以及地籍的补测、修测与更新,为地籍管理提供各种基础资料 and 依据。

地籍资料是指地籍测量和调查中按规定和要求所形成的具有法律效力的文件。它主要包括各种地籍图、地产登记簿、册、卡等,其中地籍图是地籍测量的重要成果。

地籍图由与地籍内容有关的地形要素和地籍要素构成。其中地形要素为通常地形图所表达的内容,地籍要素为地块境界线(包括行政区划的分界线)、土地权属、类别、等级、利用状况、界址点及地块编号等。一般来说,地籍图上不表示地面高程。

地籍登记簿、卡是土地所有者(或使用人)地籍登记表的集合,表内记有土地所有者(或使用人)的姓名、住址、代号、地块编号、四址、用地面积,主要内容是登记地产的权属、典押和契约等。地籍册具有法律效力。

地籍图比例尺一般采用以下几种:

- 在城镇地区采用 1:500 ~ 1:2000
- 在市郊地区采用 1:2000 ~ 1:5000
- 在农村地区采用 1:2000 ~ 1:10000
- 在边远地区采用 1:10000 ~ 1:50000

早期的地籍资料,主要用于税收和土地权属的管理,今天很多国家已发展成为多目的性的综合资料。它具有以下几个功能:

1. 是征收土地税的依据 土地税是国家财政收入的主要来源。地籍图册早已习惯地成为征收土地税的依据。

2. 是制定经济建设计划的重要基础资料 土地状况是正确编制国家经济建设计划、区域规划及制定有关政策的基本依据之一。它的可靠性取决于地籍资料的完备、准确与现势性。

3. 是土地管理的重要文件 土地管理泛指对土地利用现状的调查、土地评价、土地整理等,这些工作的具体实施和成效,同地籍资料密切相关。

4. 能增加土地管理的法律效能 地籍图的主要内容之一,是正确反映权属界线。权属界线的确定,必须依据当时有关的法律文件。

5. 地籍资料是开展有关科研必备的参考资料 科学的发展增强了各学科相互的渗透性。因此,各学科对地籍资料的要求也相应增多。

地籍资料的这些功能对地籍测量提出了较高的要求。所测定的地产权属境界必须满足规定的精度,因为界址点的正确与否,涉及到个人和单位的权益,而且地籍资料应不断更新,及时反映最新的地籍情况。

控制点精度要求 表 2-1

序 号	地籍图 比例尺	相邻基本控制点的 相对点位中误差	地籍图根控制点相对于邻 近基本控制点的点位中误差
		m	m
	1:10000	±0.500	±1.000
	1:5000	±0.250	±0.500
	1:2000	±0.100	±0.200
	1:1000	±0.050	±0.100
	1:500	±0.025	±0.050

§ 2.2 地籍测量的一般规定

根据我国“地籍测量规范”(以下简称规范)的规定,地籍控制测量包括基本控制测量和地籍图根控制测量两个部分。基本控制网包括各级国家平面控制网、城市地籍控制网以及一、二级小三角或导线网。以上各等级控制点(除二级外)根据测区范围的大小均可作为地籍测量的首级控制。

地籍测量控制点的精度要求见表 2-1,每幅

埋石点数目要求 表 2—2

序号	地籍图比例尺	埋石点最小密度
		点 / 幅
1	1:10000	4
2	1:5000	4
3	1:2000	4
4	1:1000	3
5	1:500	2

图埋石点的数目要求见表 2—2。

农村地籍控制测量以国家平面控制网的各等级大地控制点为基本控制点，若大地控制点的密度不能满足要求，则可加密一、二级地籍测量控制点，城市地籍测量控制网的建立视城市已有控制网是否满足地籍测量控制网的要求而定。

城市地籍测量控制网可依次划分为二、三、四 3 个等级，可以采用测角或测边方法建成测角网、测边网、边角网或导线网。测角网、测边网和电磁

测角网的主要技术规定

表 2—3

序号	等级	测角中误差 "	起始边边长	最弱边边长	平均边长	水平角测回数		三角形闭合差限值 "
			相对中误差	相对中误差	km	DJ ₁	DJ ₂	
1	二	±1	1:300000	1:120000	9	12		±3.5
2	三	±1.8	1:200000 (首级)	1:80000	5	6	9	±7.0
			1:120000 (加密)					
2	四	±2.5	1:120000 (首级)	1:45000	2	4	6	±9.0
			1:80000 (加密)					

波测距导线网的主要技术规定，参阅表 2—3、表 2—4、表 2—5。

一、二级地籍控制测量分一级小三角测量和一、二级导线测量两种，它实际上是一个介于国家基本控制测量和图根控制测量之间的一个过渡控制网。根据国家规范，国家四等三角网的边长为 2—6 公里，城镇地籍测量四等三角网的边长为 2 公里，在此基础上布设一、二级地籍测量控制网，对于以后布设地籍测图控制就显得特别方便。

一级小三角的布设是以国家

测边网的主要技术规定 表 2—4

序号	等级	平均边长 km	测距相对中误差	往返较差限值 mm
1	二	9	1:300000	±80
2	三	5	1:160000	±80
3	四	2	1:120000	±40

电磁波测距导线网的主要技术规定 表 2—5

序 号	等 级	平 均	附 合	边 长	测 角	测 站	圆 角	水 平	角 度	方 位
		边 长	总 长 度	测 中 误 差	中 误 差	周 合	闭 差	测 回	数	角 闭 合 差
		km	km	mm	"	"	DJ ₁ DJ ₂		"	
1	三	3.0	15	±18	±1.5	±3.5	8	12	±3	√n
2	四	1.6	1	±18	±2.5	±5.0	4	6	±5	√n

一级小三角测量技术要求

表 2—6

等级	平均边长 km	测角中误差 "	起始边边长	最弱边边长	测回数		三角形闭合差 "
			相对中误差	相对中误差	DJ ₂	DJ ₆	
一	1—0.5	±5	1:45000	1:20000	2	6	±15

平面控制网或城市地籍测量控制网为基础，采用插网、插点等形式。一级小三角测量的技术要求应符合表 2—6 的规定。

一、二级地籍测量控制点的布置应考虑到使用的方便，为了精度均匀，三角形最好为等边，

在选点困难地区，也应尽量使三角形的角度不大于 120°，不小于 30°。为了避免选点过分困难以及有利于多组同时进行观测，也可架设觇标。这种控制的边长较短，寻常锥标即可。

一、二级地籍测量控制网具有一定的精度要求，因此在地区较小时，也可作为独立的首级控制网。

有时一级地籍测量控制网虽与地籍测量基本控制网连测，但测区较大时，为了增加一级地籍测量控制网的强度，也要加测一些基线。

一、二级地籍测量控制网最常用的形式是三角锁、中点多边形、四边形和线形锁，以及由这些基本图形

组成的混合网。

一、二级地籍测量控制网可以采用近似平差法。

§ 2.3 地籍测量基本控制网的布设

2.3.1 三角测量的精度估算

如上节所述，地籍测量基本控制网具有严格的精度规定，因此在控制网技术设计阶段，必须对所设计的网进行精度估算，以便对所设计的方案进行评价。

一、单三角形推算边的精度估算

估算边长相对中误差的公式为

$$\frac{m_s}{S} = \frac{m''}{\rho''} \sqrt{\frac{2}{3} (\operatorname{ctg}^2 A + \operatorname{ctg}^2 B + \operatorname{ctg} A \operatorname{ctg} B)} \quad (2-1)$$

式中 m'' ——角度观测中误差

若已知的是方向中误差 r'' ，则估算式为：

$$\frac{m_s}{S} = \frac{r''}{\rho''} \sqrt{\frac{4}{3} (\operatorname{ctg}^2 A + \operatorname{ctg}^2 B + \operatorname{ctg} A \operatorname{ctg} B)} \quad (2-2)$$

或用

$$m_{1/s} = r'' \sqrt{\frac{4}{3} (\delta_A^2 + \delta_B^2 + \delta_A \delta_B)} = r'' \sqrt{\frac{4}{3} R} \quad (2-3)$$

推算边长的权导数为

$$\frac{1}{P_{1/s}} = \frac{4}{3} (\delta_A^2 + \delta_B^2 + \delta_A \delta_B) = \frac{4}{3} R \quad (2-4)$$

式中 R — A 、 B 的函数，因此可制表，使用时以 A 、 B 之角值查取。

在使用上式时，要牢记下列的关系，以便对数与真数之间的换算：

$$m_{1/s} = \mu \frac{m_s}{S} 10^6 \quad (2-5)$$

二、大地四边形推算边的精度估算

在使用方向观测中误差时，一般采用以下公式估算四边形的精度，

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{P_{\text{四}}} &= \Sigma R \\ m_{1/s} &= r'' \sqrt{\Sigma R} \end{aligned} \right\} \quad (2-6)$$

就是说四边形推算边的权倒数等于两个单三角形求出的 R 之和。由于四边形可以由两条不同的路线推算，因此可以算出两个 ΣR ，应取用 ΣR 值较小的那条推算路线，该线路又称最佳推算路线。

三、中点多边形的精度估算

和大地四边形一样，可以使用

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{P_{\text{中}}} &= \Sigma R \\ m_{1/s_{\text{中}}} &= r'' \sqrt{\Sigma R} \end{aligned} \right\} \quad (2-7)$$

从起始边到推算边，也有两条推算路线，取其中 ΣR 值较小的一条，作为最佳路线。

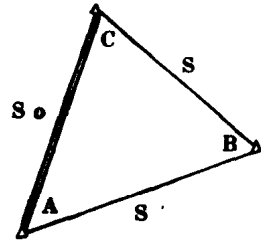


图 2-1

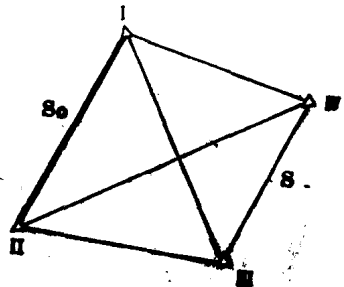


图 2-2

$$R = \delta_A^2 + \delta_B^2 + \delta_{AB}$$

(对数第六位为单位)

表 2-7

	140°	138°	136°	134°	132°	130°	128°	126°	124°	122°	120°	118°	116°	114°	112°	110°	108°	106°	104°	102°	100°	98°	96°	94°	92°	90°	88°	86°	84°	82°	80°	
20°	100.4	25.2	25.4	25.5	25.5	25.1	25.4	26.7	27.0	27.3	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	
22	98.5	24.4	24.6	24.7	24.8	24.4	24.7	25.0	25.3	25.6	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	
24	96.5	23.6	23.8	23.9	24.0	23.6	23.9	24.2	24.5	24.8	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	
26	94.5	22.8	23.0	23.1	23.2	22.8	23.1	23.4	23.7	24.0	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	
28	92.5	22.0	22.2	22.3	22.4	22.0	22.3	22.6	22.9	23.2	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	
30°	90.5	21.2	21.4	21.5	21.6	21.2	21.5	21.8	22.1	22.4	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6	
32	88.5	20.4	20.6	20.7	20.8	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	
34	86.5	19.6	19.8	19.9	20.0	19.6	19.9	20.2	20.5	20.8	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	
36	84.5	18.8	19.0	19.1	19.2	18.8	19.1	19.4	19.7	20.0	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2
38	82.5	18.0	18.2	18.3	18.4	18.0	18.3	18.6	18.9	19.2	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4
40°	80.5	17.2	17.4	17.5	17.6	17.2	17.5	17.8	18.1	18.4	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6
42	78.5	16.4	16.6	16.7	16.8	16.4	16.7	17.0	17.3	17.6	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8
44	76.5	15.6	15.8	15.9	16.0	15.6	15.9	16.2	16.5	16.8	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
46	74.5	14.8	15.0	15.1	15.2	14.8	15.1	15.4	15.7	16.0	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2
48	72.5	14.0	14.2	14.3	14.4	14.0	14.3	14.6	14.9	15.2	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4
50°	70.5	13.2	13.4	13.5	13.6	13.2	13.5	13.8	14.1	14.4	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6
52	68.5	12.4	12.6	12.7	12.8	12.4	12.7	13.0	13.3	13.6	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8
54	66.5	11.6	11.8	11.9	12.0	11.6	11.9	12.2	12.5	12.8	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
56	64.5	10.8	11.0	11.1	11.2	10.8	11.1	11.4	11.7	12.0	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2
58	62.5	10.0	10.2	10.3	10.4	10.0	10.3	10.6	10.9	11.2	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4
60°	60.5	9.2	9.4	9.5	9.6	9.2	9.5	9.8	10.1	10.4	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
62	58.5	8.4	8.6	8.7	8.8	8.4	8.7	9.0	9.3	9.6	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8
64	56.5	7.6	7.8	7.9	8.0	7.6	7.9	8.2	8.5	8.8	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
66	54.5	6.8	7.0	7.1	7.2	6.8	7.1	7.4	7.7	8.0	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
68	52.5	6.0	6.2	6.3	6.4	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
70°	50.5	5.2	5.4	5.5	5.6	5.2	5.5	5.8	6.1	6.4	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
72	48.5	4.4	4.6	4.7	4.8	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
74	46.5	3.6	3.8	3.9	4.0	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
76	44.5	2.8	3.0	3.1	3.2	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
78	42.5	2.0	2.2	2.3	2.4	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
80°	40.5	1.2	1.4	1.5	1.6	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6

四、三角形单锁推算边精度估算

使用公式：

$$\frac{m_s}{S} = \frac{r''}{\rho''} \sqrt{\frac{4}{3} \sum_1^i (\text{ctg}^2 A_i + \text{ctg}^2 B_i + \text{ctg} A_i \text{ctg} B_i)}$$

或 $m_{l_s} = r'' \sqrt{\frac{4}{3} \sum_1^i (R)}$ (2-8)

五、混合锁段推算边精度估算

应用以下公式：

三角形：

$$\frac{1}{P_{\text{三}}} = \frac{4}{3} \sum R$$
 (2-9)

大地四边形：

$$\frac{1}{P_{\text{四}}} = \sum R$$
 (2-10)

中点多边形：

$$\frac{1}{P_{\text{中}}} = \sum R \quad (2-11)$$

如图2-3所示，该锁段由三角锁、大地四边形和中点多边形所组成。估算时，先按上列各式分别计算各图形的权倒数，然后取锁段推算路线上各图形权倒数之和，即为推算边S的图形权倒数：

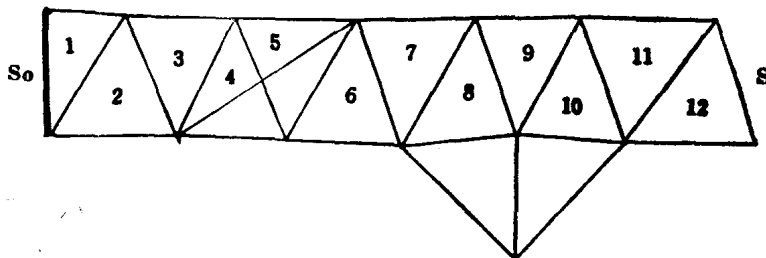


图2-3

$$\frac{1}{P_{l_s}} = \frac{4}{3} \left(\sum_1^3 R + \sum_6^7 R + \sum_{11}^{12} R \right) + \sum_4^5 R + \sum_8^9 R + \sum_{10}^{11} R$$
 (2-12)

六、两端有起算边的三角锁最弱边边长的精度估算

估算公式为

$$m_{l_{gs}}^2 = \frac{1}{2} m_{l_{gs}}'^2 = \frac{1}{2} m_{l_{gs}}''^2$$
 (2-13)

式中 $m_{l_{gs}}'$ 、 $m_{l_{gs}}''$ 分别为由起始边和最后边推算的中间边的中误差。中间边即最弱边。

就是说从锁的一端计算出中间边的中误差 $m_{l_{gs}}'$ (或 $m_{l_{gs}}''$) 平方之后除2再开方即为所求锁段的最弱边的中误差。

七、三角形单锁推算方位角的中误差

若以测角中误差 m'' 为单位权中误差，则使用公式：

$$m_{\alpha_i}'' = m'' \sqrt{\frac{2}{3} i}$$
 (2-14)

若已知方向观测值中误差 r'' ，则使用公式：

$$m_{\alpha_i}'' = r'' \sqrt{\frac{4}{3} i}$$
 (2-15)

式中 i 为推算路线上三角形的数目。

八、三角网的精度

三角网的形状复杂，要写出一个简便的估算公式是困难的，但是以权倒数的基本公式

$$\frac{1}{P_F} = [ff] - \frac{[af]^2}{[aa]} - \dots - \frac{[rf \cdot (r-1)]^2}{[rr \cdot (r-1)]} \quad (2-16)$$

来说, 每增加一个条件, 权倒数 $\frac{1}{P}$ 即随之得到一些减少, 因此, 一般而论, 条件越多, 其精度越高。三角网, 除极简单的图形外, 一般条件都多于三角锁、中点多边形网以及四边形网。因此一般三角网的精度比这些简单图形的精度要高。

在结束这一问题时必须指出, 在布设较低级控制网时, 往往在高级控制网的基础上采用插点或插网的形式。一般而论, 如果图形结构合理, 则插网的精度较插点为高, 而且插网可以越级布设。例如在几个二等三角点上, 可以直接用四等插网进行加密, 这样对于提高点位精度以及减少作业费用都是有利的。

2.3.2 三边网精度概述

典型测边锁的图形结构有: (1) 正三角形测边锁 (图 2-4); (2) 矩形大地四边形测边锁 (图 2-5); (3) 正六边中点多边形测边锁 (图 2-6)。这些图形中, 各边的边长都用电磁波测距仪测定, 角度不观测。令锁段纵向位移的权倒数为 $\frac{1}{P_t}$, 横向位移的权倒数为 $\frac{1}{P_s}$, 锁段两端相对点位位移的权倒数为 $\frac{1}{P_M}$, 下面直接给出这些权倒数的计算公式。

对正三角形测边锁而言:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{P_t} &= n \\ \frac{1}{P_s} &= 0.89n^3 - 0.33n^2 + 1.44n \\ \frac{1}{P_M} &= 0.89n^3 - 0.33n^2 + 2.44n \end{aligned} \right\} \quad (2-17)$$

式中 n —锁段中正三角形的个数。

对矩形大地四边形测边锁而言:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{P_t} &= 0.90n \\ \frac{1}{P_s} &= 0.67n(n^2 - 1) \\ \frac{1}{P_M} &= 0.67n^3 + 0.23n \end{aligned} \right\} \quad (2-18)$$

对正六边中点多边形测边锁而言:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{P_t} &= 0.33n + 1.16 \\ \frac{1}{P_s} &= 0.22n^3 + n^2 - 1.22n \\ \frac{1}{P_M} &= 0.22n^3 + n^2 - 0.89n + 1.16 \end{aligned} \right\} \quad (2-19)$$

为了进一步探讨这三种测边锁的误差传播, 以 n 为引数, 按 (2-17) 式, (2-18) 式和 (2-19) 式计算了相应的 $\frac{1}{P_t}$, $\frac{1}{P_s}$ 和 $\frac{1}{P_M}$, 参阅图 2-7、图 2-8 和图 2-9。

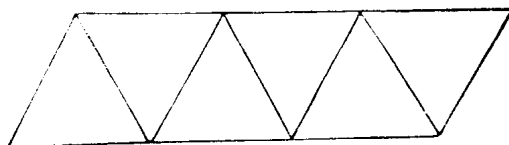


图 2-4

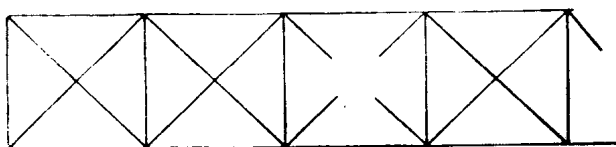


图 2-5

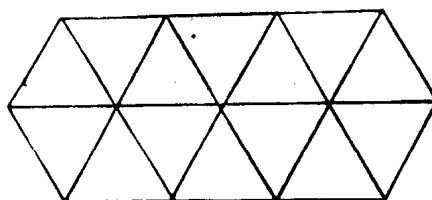


图 2-6

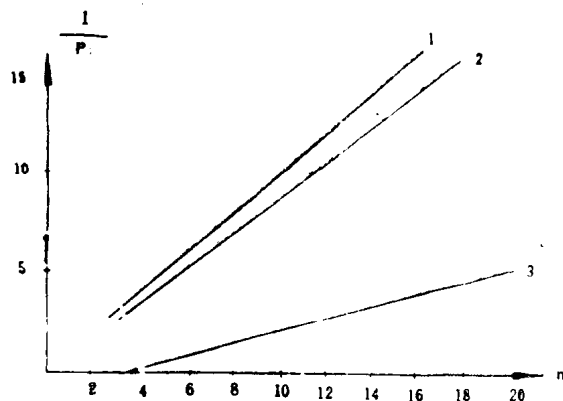


图 2—7

1 — 正三角形测边锁 2 — 矩形大地四边形测边锁 3 — 正六边中点多边形测边锁

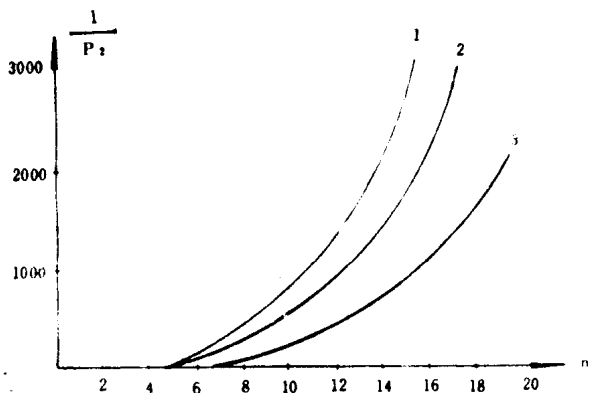


图 2—8

1 — 正三角形测边锁 2 — 矩形大地四边形测边锁 3 — 正六边中点多边形测边锁

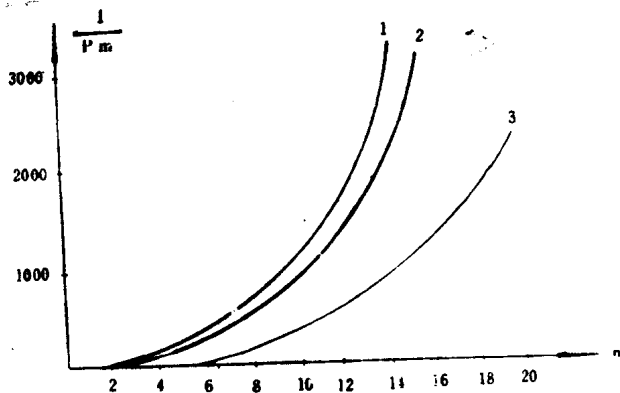


图 2—9

1 — 正多边形测边锁 2 — 矩形大地四边形测边锁 3 — 正六边中点多边形测边锁

对图 2—7、图 2—8 和图 2—9 进行分析比较, 可知

(1) 各类测边锁的横向误差显著地大于纵向误差;

(2) 这三种测边锁的精度, 以正六边中点多边形测边锁为最高, 其次为矩形大地四边形测边锁, 再次为正三角形测边锁。若从技术经济指标综合考虑, 则以布设矩形大地四边形测边锁为宜。

2.3.3 边角网的布设问题

为了研究边角网中测边与测角的精度、比例关系, 我们引进测边、测角精度比例系数 k 这一概念:

$$K = \frac{m_s}{S} / \frac{m''}{\rho} \quad (2-20)$$

式中 m''_r — 方向观测中误差, $\frac{m_s}{S}$ 为边长测量相对中误差。

根据一些典型网形进行分析, 可以得到下列结论:

1. 当 k 值约为 0.3 时, 边角网的精度大致等于测边网的精度, 但高于测角网的精度。

2. 当 k 值大于 0.5 时, 边角网的精度可高于测边网或测角网的精度。

由此可知, 在边角网中, 当 k 值大于 0.5 时, 对提高网的精度方才有利。

§ 2.4 水平角观测

2.4.1 经纬仪的检验

水平角观测中所使用的经纬仪, 必须依照规范的规定定期进行检验, 下面讨论几个主要的检验项目。

一、光学测微器隙动差的测定

用测微螺旋进和旋出两个方向分别使对径分划线的象重合，设测微器中的读数分别为 a 和 b ，则隙动差 d 为

$$d = a - b \quad (2-21)$$

若在度盘不同位置测定 n 次，则可得光学测微器的平均隙动差 d_0 ：

$$d_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a - b) \quad (2-22)$$

规范规定隙动差对于DJ₁型仪器应小于1″，对于DJ₂型仪器应小于2″。

二、光学测微器的行差测定

1. 行差的计算公式

行差改正的计算公式为

$$\delta_r = \frac{2r''c}{i} \quad (2-23)$$

式中 c —测角时测微器的读数；

r —测微分划盘 n_0 个分格的总行差；

i —度盘一个分格之值。

2. 行差的测定

如图2—10所示。行差测定按以下步骤进行：

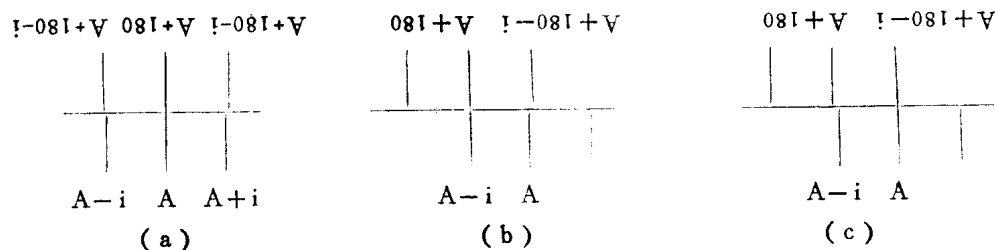


图 2—10

(1) 将测微分划盘置于零分划线附近，转动照准部，并利用照准部水平微动螺旋使分划线 A 与 $(A + 180^\circ)$ 重合，再使用测微螺旋使分划线 A 与 $(A + 180^\circ)$ 精密重合，如图2—10(a)所示。在测微器中读数 a ， a 应极接近于零分划线。

(2) 以分划线 $(A + 180^\circ)$ 为指标，转动测微螺旋使分划线 $(A + 180^\circ)$ 与 $(A - i)$ 精密重合，如图2—10(b)，在测微器中读数为 b ，此时测微器已转至最末分划线附近，对T₃经纬仪来说， b 读数在注记60的分划附近。 $(b - a)$ 就是度盘分划线平移半个分格，即测微盘实际转动的格数 $n_{正} = b - a$ 。

(3) 再使分划线 A 与 $(A + 180^\circ - i)$ 精密重合，测微器中读数为 c ，显然 c 读数也在最末分划线附近，如图2—10(c)。 $(c - a)$ 也是度盘分划线平移半个分格，即测微盘实际转动的格数 $n_{倒} = (c - a)$ 。

由此得行差 r 的测算公式为：

$$\left. \begin{aligned} r''_{正} &= (a - b) \mu_0 + \frac{i}{2} \\ r''_{倒} &= (a - c) \mu_0 + \frac{i}{2} \end{aligned} \right\} \quad (2-24)$$

式中 μ_0 —测微器的分格值。

为了减少读数的偶然误差和度盘分划误差对行差的影响，测定行差时，应均匀地在水平度盘几个位置

上进行,最后取结果的中数 r'' 正(中)和 r'' 倒(中)即

$$r = \frac{1}{2} (r''_{\text{正(中)}} + r''_{\text{倒(中)}}) \quad (2-25)$$

《规范》规定,行差 r 和分划线正、倒象行差的差数 Δr 对于DJ₁型仪器应小于1",对于DJ₂型仪器应小于2",若超过这个限差,则应在观测结果中加入改正数。

例如,T₃光学经纬仪的行差 $r = -0.8''$,某方向观测值为 $64^\circ 21' 30''$,则行差改正数 δ_r 根据式(2-23)为:

$$\delta_r = \frac{2(-0.8'')}{4'} \times 1' 30'' = \frac{-0.8''}{120''} \times 90'' = -0''.6$$

故改正后的方向观测值为:

$$64^\circ 21' 30'' - 0''.6 = 64^\circ 21' 29''.4$$

行差测定的示例如表2-8所示。

水平度盘光学测微器行差的测定

表2-8

仪器:威特T₃No. 41206

度盘位置	a	b	c	a-b	a-c	度盘位置	a	b	c	a-b	a-c
0 00	0.0	-0.1	0.0			192 32	0.0	+0.1	-0.1		
	-0.1	-0.2	+0.1				+0.1	-0.1	0.0		
	-0.1	-0.3	+0.1	+0.2	-0.2		+0.1	0.0	-0.1	+0.1	+0.2
24 04	-0.1	-0.3	-0.4			216 36	-0.1	-0.2	-0.2		
	-0.1	-0.4	-0.4				-0.2	-0.2	-0.3		
	-0.2	-0.7	-0.8	+0.5	+0.6		-0.3	-0.4	-0.5	+0.1	+0.2
43 08	0.0	0.0	+0.2			240 40	0.0	0.0	0.0		
	+0.1	0.0	+0.3				0.0	0.0	0.0		
	+0.1	0.0	+0.5	+0.1	-0.4		0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
72 12	-0.1	0.0	-0.3			264 44	-0.1	-0.2	-0.4		
	0.0	-0.2	-0.4				0.0	-0.2	-0.4		
	-0.1	-0.2	-0.7	+0.1	+0.6		-0.1	-0.4	-0.8	+0.3	+0.7
96 16	-0.2	-0.2	-0.4			288 84	0.0	-0.3	-0.3		
	-0.3	-0.3	-0.5				0.0	-0.3	-0.4		
	-0.5	-0.5	-0.9	0.0	+0.4		0.0	-0.6	-0.7	+0.6	+0.7
120 20	0.0	+0.1	0.0			312 52	-0.2	0.0	+0.1		
	-0.1	-0.2	0.0				-0.1	0.0	-0.1		
	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1		-0.3	0.0	0.0	-0.3	-0.3
144 24	0.0	0.0	-0.1			336 56	0.0	+0.1	-0.1		
	0.0	-0.1	-0.3				-0.1	-0.1	0.0		
	0.0	-0.1	-0.4	+0.1	+0.4		-0.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0
168 28	+0.1	-0.2	-0.1								
	+0.1	-0.1	-0.1								
	+0.2	-0.3	-0.2	+0.5	+0.4						

中数 $+0''.15 + 0''.21$

$$\gamma = +0''.18 \quad \gamma_{\text{正}} - \gamma_{\text{倒}} = -0''.06$$

三、经纬仪三轴误差的影响及其检校

1. 视准轴误差

我们知道,经纬仪的视准轴应该与水平轴垂直,如果这个条件不满足,则将产生视准轴误差。今以 c 、 α 和 Δc 分别表示视准轴误差、观测目标的高度角和由视准轴误差引起的水平方向误差。它们之间的关系为:

$$\Delta c = c / \cos \alpha \quad (2-26)$$

设以 L_0 、 R_0 分别表示瞄准某目标时的盘左、盘右应该观测的读数,以 L 、 R 表示实际观测的读数,则有

$$L_0 = L - \Delta c \quad (2-27)$$

$$R_0 = R + \Delta c \quad (2-28)$$

$$L - R = 2\Delta c \quad (2-29)$$

在控制测量中,观测目标的垂直角 α 一般较小,所以 $\cos \alpha \approx 1$,由公式(2-26)可知 $\Delta c \approx c$,故

$$L - R = 2c \quad (2-30)$$

由此可见,如测站上各方向的垂直角相等或垂直角均很小,则由各方向所得的 $2c$ 值均应相等,但实际上由于存在观测误差,因此,一般 $2c$ 的值总不相等。所以说在一个测回中各方向 $2c$ 互差的大小,在一定程度上反映了观测成果的质量。因此规范规定一测回中各方向 $2c$ 值的互差对于DJ₁型仪器不得超过9",对于DJ₂型仪器不得超过13"。

视准轴误差对于水平方向观测值的影响虽然可以在盘左和盘右的读数平均值中得到抵消,但 $2c$ 值过大也不便于计算,所以《规范》规定: $2c$ 绝对值对于DJ₁型仪器应小于20";对于DJ₂型仪器应小于30",否则应进行校正。校正方法在一般的测量学书中都有详细的论述,这里就不再重复了。

2. 水平轴的倾斜误差

水平轴倾斜对水平方向值的影响为

$$\Delta i = i \tan \alpha \quad (2-31)$$

式中 i 为水平轴倾斜的角度, α 为观测目标的高度角。

现仍用式(2-27)、(2-28)、(2-29)中的符号,可以写出:

$$L_0 = L - \Delta i$$

$$R_0 = R + \Delta i$$

$$L - R = 2\Delta i \quad (2-32)$$

(2-32)式是设想无视准轴误差时的公式,实际上在观测时,视准轴误差和水平轴倾斜误差往往是同时存在的。它们的影响同时反映在盘左盘右的读数差中,即

$$L - R = 2\Delta c + 2\Delta i$$

顾及到式(2-26)及式(2-31)得

$$L - R = 2 \frac{c}{\cos \alpha} + 2i \tan \alpha \quad (2-33)$$

根据上式可知:当 $\alpha=0$ 时, $L-R=2c$,随着 α 角增大,式(2-33)右端第一项变化较慢,而第二项则逐渐增大。现设 $2c=30''$; $2i=30''$,由下表可以看出:当 α 角增大时,式(2-33)中等号右端第二项对于第一项来说,有较显著的变化。

可见,比较各方向的 $2c$ 互差时不可忽略 $2i \tan \alpha$ 的影响。如果个别方向的垂直角 α 比较大,则受水平轴倾斜误差的影响也较大。若将垂直角 α 较大方

表 2-9

α°	$2C \frac{1}{\cos \alpha}$	$2i \tan \alpha$
0	30.00	0.00
3	30.04	1.56
6	30.15	3.00
11	30.60	5.80