

● 葛永慧 余哲 刘志德 著

CEHUIBIANCHENG

JICHU

测绘编程

基础

测绘出版社

CEHUIBIANCHENGJICHU

测绘编程基础

葛永慧 余 哲 刘志德 编著

测绘出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

测绘编程基础/葛永慧, 余哲, 刘志德编著. —北京:
测绘出版社, 2002. 6
ISBN 7-5030-1125-4

I. 测... II. ①葛... ②余... ③刘... III. 测绘 —
应用软件—程序设计 IV. P209

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 033029 号

测绘出版社出版发行

社址: 北京市宣武区白纸坊西街 3 号 邮编: 100054

E-mail: ccph @ public. bta. net. cn

三河市艺苑印刷厂印刷 · 新华书店经销

2002 年 12 月第一版 · 2002 年 12 月第一次印刷

开本: 297×210 · 印张: 12

字数: 362 千字 · 印数: 0001~3000

定价: 32.00 元

前 言

随着计算机科学、空间信息科学的飞速发展,测绘学科正在发生着深刻而巨大的变革。地理信息已成为测绘学的核心内容。在现代信息社会中,空间技术的信息化已引起人们的足够重视。如今,测绘学科在国民经济规划、国防建设、环境和资源管理、城乡建设等领域得到了广泛的应用。随着国家现代化的发展,今后,它将更广泛、深入地应用到社会生活的各个方面。作为合格的测绘工作者,掌握信息处理的基本工具——计算机及相应软件已成为必备的基本知识。许多大型软件还有待不断地改进和开发。为了适应这种需要,作者在十余年从事测量数据处理的研究和软件开发的基础上编著了本书。

本书分两篇十二章。

第一篇(第一到第六章)介绍了控制测量解算程序的设计,包括了平面控制网平差计算与程序设计、高程控制网平差计算与程序设计、坐标换带程序设计。详细叙述了控制网的数据结构和编程算法的选择与优化,结合不同类型控制网平差程序的设计,阐述了结构化程序设计的方法。最后,给出了用C语言表示的测量数据处理程序的主要功能块。

第二篇(第七到第十二章)介绍地形图绘制程序的设计。叙述了在Windows平台上用Microsoft Visual C++开发地形图绘制的基本技巧、原理与方法;建立了地形图绘制系统的框架,以点、直线、折线、矩形、椭圆、曲线的绘制为例介绍了各种图形数据结构体的建立、图形数据的随机储存和读取、图形的绘制、图形单元信息的输入与保存。同时介绍了用Microsoft Visual C++开发地形图绘制软件过程中类的建立、鼠标消息的处理,并以弹出菜单和敏感帮助为例介绍了VC++组件的使用方法和在状态条中显示当前鼠标点的测量坐标等。此外还给出了实现上述功能的主要类的完整代码。在此基础上加入不同的代码即可实现不同用途的绘图软件。

本书由葛永慧主编。书中第二、七、八、九、十、十一章由葛永慧撰写;第三章的3.1、3.2节和第四、五、六、十二章由余哲撰写;第一章和第三章的3.3、3.4节由刘志德撰写。由于作者水平有限,书中难免存在缺点和不足,殷切希望广大读者批评指正。

本书的出版得到了山西省教育委员会的资助。

作 者

2001年12月

目 录

第一篇 测量平差程序设计

第一章 控制网的数据结构·····	(1)
1.1 测量平差程序的特点和控制网数据结构的概念·····	(1)
1.2 图及其数字化·····	(1)
1.3 控制网的数据结构·····	(5)
第二章 平面控制网概算程序的设计·····	(8)
2.1 平面控制网坐标平差数据结构和信息设计·····	(8)
2.2 边长和坐标方位角的计算及角度与弧度的互换·····	(14)
2.3 三角形判断·····	(15)
2.4 待定点坐标计算·····	(19)
2.5 方向、边长的归心和改化及闭合差检验·····	(29)
第三章 平面控制网平差子程序设计方法及技巧·····	(31)
3.1 误差方程式的列立·····	(32)
3.2 方位角条件与边长条件的列立·····	(36)
3.3 法方程式的组成与解算·····	(37)
3.4 精度评定与秩亏自由网的解算·····	(45)
第四章 高程控制网平差、坐标换带、新旧坐标换算程序的设计·····	(49)
4.1 高程控制网间接平差程序设计·····	(49)
4.2 高斯投影坐标换带·····	(54)
4.3 新旧坐标换算·····	(55)
第五章 测量控制网解算系统简介·····	(55)
5.1 平面控制网解算软件说明·····	(55)
5.2 高程控制网解算系统简介·····	(62)
5.3 坐标换带计算与新旧坐标换算·····	(67)
第六章 数据输入程序设计·····	(73)
6.1 数据输入程序基本框架的生成·····	(73)
6.2 数据输入的具体实现·····	(74)
6.3 数据输入程序的相关程序文件及执行结果·····	(78)

第二篇 地形图绘制程序设计

第七章 DrawMap 工程的创建·····	(81)
7.1 DrawMap 工程创建方法·····	(81)
7.2 DrawMap 工程文件·····	(83)
第八章 图形数据的数据结构与坐标系统·····	(84)

8.1	图形数据的存储状态	(84)
8.2	数据文件与图形数据的结构	(84)
8.3	内存索引结构	(86)
8.4	创建一个新类	(86)
8.5	映像方式与坐标系统	(87)
第九章	用鼠标在屏幕上绘制图形	(90)
9.1	增加绘图菜单项	(90)
9.2	用鼠标绘制图形	(91)
9.3	图形数据的保存	(96)
9.4	用文件中的图形数据绘图	(98)
9.5	改变图幅尺寸对话框的建立	(100)
第十章	组件和常用类的成员函数及其应用	(102)
10.1	在对话框中加入敏感帮助	(103)
10.2	弹出菜单	(103)
10.3	在状态条上显示鼠标位置	(108)
10.4	常用类的成员函数及其应用	(110)
10.5	动态连接库的应用	(131)
第十一章	主要类的源代码	(134)
11.1	视类头文件	(134)
11.2	视类实现文件	(137)
11.3	文档类头文件	(148)
11.4	文档类实现文件	(151)
11.5	对话框类头文件	(160)
11.6	对话框类实现文件	(161)
11.7	框架类实现文件	(164)
11.8	主程序类头文件	(167)
11.9	动态连接库 MyDLL 的头文件	(169)
11.10	动态连接库 MyDLL 的实现文件	(170)
11.11	DrawMap 的界面与功能	(172)
第十二章	编程语言及其特点	(172)
12.1	pascal 语言	(172)
12.2	C/C++ 语言	(174)
12.3	Visual Basic 语言	(178)
12.4	Delphi 语言	(180)
12.5	编程语言的选择	(182)
12.6	编程注意事项	(184)
主要参考文献		(186)

第一篇 测量平差程序设计

第一章 控制网的数据结构

1.1 测量平差程序的特点和控制网数据结构的概念

测量平差程序处理的对象是各种类型的测量控制网。这类程序总是同一定的控制网网形相联系，这是平差程序的基本特点。一个具体的工程控制网，通常都是以图形方式直接绘出的，为了用计算机对其进行平差，就需要设法将这种图形转化为一系列计算机所能够识别的数据，建立与图形对应的数据结构，然后才能输入计算机由程序加以处理。这种将网形转变为一系列数据的工作称为网形的数字化（或称信息化），所得到的一组数据可称为数字网形。用计算机的专业术语来说，就是控制网的“数据结构”。

数据结构 如果计算机所处理的数据元素之间存在着某种关系，则称这种关系为结构；称这些带有结构性质的数据元素的集合为数据结构。

数据结构所涉及的范围是广泛的。在每个具体问题中，其数据元素和关系都有特定的含义。对测量平差程序来说，其数据结构就是表达一个控制网（已知数据、观测数据以及网中元素和它们之间的关系）的全部数据的集合。

事实上在程序设计过程中，首先遇到的就是数据结构问题，即程序所用到的全部数据的表达与组织问题。但是对于初学者来说，往往只注重了算法而轻视了数据结构的重要性，这样必然影响程序的适用范围。对于许多简单的数值计算的程序设计而言，由于数据少，结构简单，在数据的表达与组织上不会遇到困难。然而对于复杂的数据处理问题，情况就大不相同。有时必须先解决数据结构问题，然后才能考虑算法。例如法方程组的解算就是如此，若系数矩阵的数据安排发生变化，则算法也随之变化。因此，在平差程序等类似的数据处理程序设计中，必须把数据结构问题提到重要的地位。某些计算机学者认为，程序可用下述公式来表达

$$\text{算法} + \text{数据结构} = \text{程序}$$

由此可见，数据结构与程序设计是密不可分的。

1.2 图及其数字化

控制网的数据结构是网形数字化的结果。如何进行网的数字化，需要用到有关图论的知识。

1.2.1 图的定义

图论是研究事物之间关系的一种数学工具。它用点表示事物，用线段表示事物之间的关系。这些点称为图的顶点，线段称为边。一个控制网如果不考虑其中的几何关系，而只考虑点和点之间的联系，即可用图论进行研究。

图是由点和边构成的，因而可定义为顶点集 V 与边集 E 的集合，记作： $G = (V, E)$ 。例如对于图 1-1 而言，

$$\begin{aligned} G: \quad V &= \{1, 2, 3, 4\} \\ E &= \{(1, 2), (1, 3), (2, 3), (2, 4), (3, 4)\} \end{aligned}$$

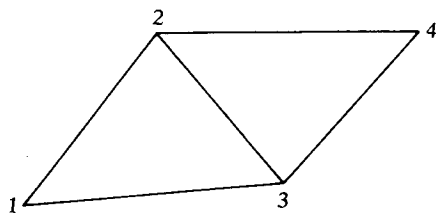


图 1-1

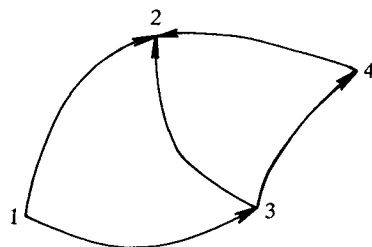


图 1-2

上述边集 E 中的元素 $(1, 2)$ 、 $(1, 3)$ …称为点偶。若点偶中的两个顶点号的顺序可任意，则称这种图为无向图。反之，称之为有向图。

对有向图采用符号 $G = \langle V, E \rangle$ 表示。其中集合 E 中的点偶也采用尖括号表示。以图 1-2 为例 $E = \{ \langle 1, 2 \rangle, \langle 1, 3 \rangle, \langle 3, 2 \rangle, \langle 3, 4 \rangle, \langle 4, 2 \rangle \}$ 。(注意：尖括号中顶点的顺序是不能改变的)

n 个顶点的无向图，边的最大数目是 $C_n^2 = \frac{n(n-1)}{2}$

即 n 个元素中取 2 个的组合。

n 个顶点的有向图，边的最大数目是 $P_n^2 = n(n-1)$

即 n 个元素中取 2 个的排列 (图中可以有双向边，但不考虑自环，即起、终点相同的边)。

若图中的各边 (i, j) 不仅仅表示 i, j 两点的联系，而且用数字注明它们联系的程度，则称这种数字为相应边的权，称这种图为加权图，图 1-3 即表示一个加权图。由于本书不涉及这种图，所以在此不讨论。

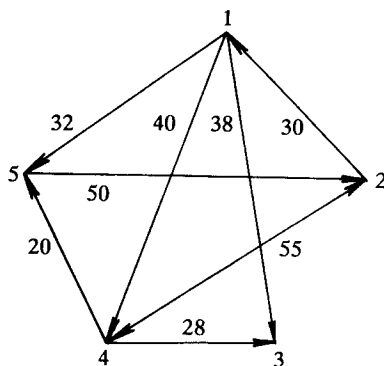


图 1-3

1.2.2 图的数字表示方法

在图论中，对图的数字表示方法有相关矩阵、邻接表和边目录三种。

1. 相关矩阵

(1) 无向图 对于图 1-1 所示的无向图，它的相关矩阵为 4 行 4 列的方阵。如果 i, j 两点有边相连 ($i, j=1, 2, 3, 4$)，则矩阵的第 i 行 j 列上的元素为 1，否则为 0。此外对角线上的元素永远为 0。于是有

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

无向图(图 1-1)的相关矩阵

可见这种相关矩阵是关于对角线上、下对称的，因而只须写出其上（或下）一半即可。

(2) 有向图 对于图 1-4 所示的有向图，它的相关矩阵为

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

有向图(图 1-4)的相关矩阵

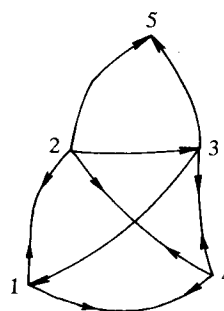


图 1-4

可见，对于有向图来说，相关矩阵通常不是对称的。

2. 邻接表

按照图中的顶点号顺序，将与该点有边相连的另一顶点号（称为可达顶点）排成一行，所有这些行形成表，称为邻接表。以下分别介绍有向图和无向图的邻接表。

(1) 有向图 以图 1-4 的有向图为例，可写出它的邻接表为

2	4		
1	3	4	5
1	4	5	
1	2	3	

此表也可由对应的相关矩阵产生出来。对照图 1-4 的相关矩阵，可知邻接表中第 i 行中的元素就是相关矩阵第 i 行中元素值为 1 的相应列号。

为了节省计算机的存贮空间，通常把邻接表排成一行。这时，为了识别可达顶点所属的行号，需要给出上表中每行所含有的可达顶点数。从而构成可达顶点数表。一般而论，邻接表应包括两部分：可达顶点数表和可达顶点表。现写出图 1-4 的邻接表为

表 1-1 有向图(图 1-4)的邻接表

2	4	3	3	0	←可达顶点数表							
2	4	1	3	4	5	1	4	5	1	2	3	←可达顶点表

(2) 无向图 由于在无向图中，每条边端点号的先后次序可以颠倒，所以存在两种表示方式。为了使每条边只表示一次，可应用最小点号原则，即规定必须把最小点号排在前面。以图 1-1 的无向图为例，它的邻接表为

表 1-2 无向图 (图 1-1) 的邻接表

2	2	1	0	
2	3	3	4	4

同有向图的邻接表类似, 无向图的邻接表也可由图 1-1 对应的相关矩阵的上半部产生出来。

3. 边目录

图由顶点集 V 和边集 E 组成。实际上 V 中的元素都已包括在 E 中, 除非图中存在孤立的点 (即该点没有任何边通过), 而这种情况不可能出现在测量控制网中, 因此也可以只用边集 E 表示图。这种用两端点号表示图中各边所形成的表称为边目录。分别就前述的有向图和无向图列出边目录。

有向图, 即图 1-4 的边目录为

表 1-3 有向图 (图 1-4) 的边目录

1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4
2	4	1	3	4	5	1	4	5	1	2	3

表中的每一列表示一条边, 上下各是一个端点号。

无向图, 与无向图的邻接表类似, 此处也应采用最小点号原则, 以使每条边只表示一次。图 1-1 的边目录为

表 1-4 无向图 (图 1-1) 的边目录

1	1	2	2	3
2	3	3	4	4

如同邻接表可从相关矩阵产生一样, 边目录也可从对应的相关矩阵产生出来, 此处不再赘述。

1.2.3 各种方法的比较

以上三种数字表示方法都能表示出构成图的全部点和边。显然相关矩阵方法包含的元素量最多。因为在它的对角线上都是一些无用的 0 元素, 此外, 在其余的位置上, 对于一个具体的图来说, 也有许多不同数量的 0 元素, 其数量随着顶点数的增加而增加。还应说明的是, 相关矩阵仅能反映出顶点之间的联系而不能反映出各边之间的相邻关系。以图 1-4 为例, 在第 2 点上若将各边按顺时针排列, 则可达顶点顺序应为: 5, 3, 4, 1 (或 1, 5, 3, 4)。但是, 按照图 1-4 相关矩阵的第 2 行中各列的顺序, 则可达顶点排列为 1, 3, 4, 5。这种排列完全不能反映出第 2 点上有关边的相邻关系。这是因为相关矩阵中行、列的顺序是完全按照点号大小排列的, 而与各边的实际相邻次序无关。由于这些原因, 相关矩阵不宜用于计算机存贮。因此下面仅讨论邻接表和边目录两种方法。

对于有向图, 比较表 1-1 和表 1-3 可知, 邻接表要比边目录节省许多元素。这是因为虽然两表中的第 2 行完全相同, 但在第一行中, 对邻接表, 在每个顶点上只须列出一个可达顶点数; 而对边目录, 同一顶点上, 每条边都需列出一个顶点号, 通常每顶点上不止一条边, 所以邻接表要比边目录节省许多元素。于是邻接表更适合表示有向图。

对于无向图, 比较表 1-2 和表 1-4, 可见两者体积相差不多。这是因为, 由于采用最小点号原则, 各边只表示一次, 因而边的数量减少一半, 边目录中需重复列出顶点号的缺点不明显, 而邻接表中的可达顶点数表则需照旧列出。因此对无向图, 邻接表、边目录方式均可采用。

1.2.4 有序邻接表和边目录

为了反映图中同一顶点上各边的邻接关系, 无论是邻接表或边目录, 均应按照顶点序号和每顶点上各边的相邻次序按顺时针或逆时针 (以下均采用前者) 排列可达顶点和边的顺序。如此所形成的邻接表

和边目录称为有序邻接表和有序边目录。显然，在同样容量的数据中，有序的将比无序的包含更多的信息，这在某些情况下（例如纯测边控制网）将更易于满足对数据结构的充分性要求。因此，在实用上它们都应是有序的。然而为了方便，以下仍简称为邻接表和边目录。

1.3 控制网的数据结构

1.3.1 控制网对图的映射

在这种映射中，认为控制网的元素与图的元素之间存在如下的对应关系。

网的控制点——>图的顶点

网中的有向边（方向、高差线路、基线坐标分量等）——>有向图的边

网中的无向边（单向测距边等）——>无向图的边

实际上在上一节的叙述中，我们已默认了这种映射关系。

1.3.2 两种常用的数据结构方式

1. 控制网数据结构的组成部分

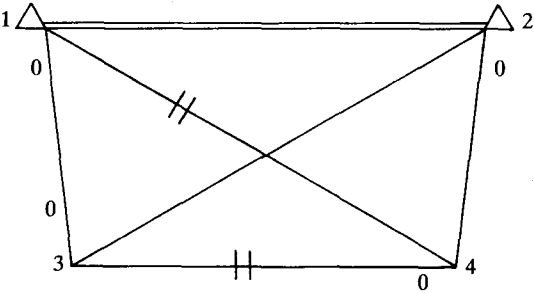
控制网的数据结构包括三部分：已知数据、观测数据和网图数据。其中前两部分是我们所熟知的。至于第三部分，即网图数据，是指表示网中各元素之间关系的数据。根据以上的论述，可视网中边的性质，将它们分别作为有向边或无向边处理。具体地说，可列表如下。

表 1-5

边的性质		数字化方式
有向边	水平方向 高差线路（三角高程、水准） 基线边坐标分量等	邻接表
无向边	测距边（无向）	邻接表 边目录

2. 两种常用的数据结构方式

在控制网的数据结构中，已知数据和观测数据部分不可能有多少变化。在实用上具有多变性的只是在第三部分即网图数据部分。若将这部分数据采用如表 1-5 所示的两种不同的方式进行数字化，可将常用的数据结构分为如下两种。



图中实线表示观测方向、++表示观测边，0表示旁边的方向为测站零方向

图 1-5

混合结构：在网图数据中，对有向边采用邻接表方式，对无向边采用边目录方式。

邻接表结构：在网图数据中，无论对有向边或无向边，一律采用邻接表方式。

现以图 1-5 所示的控制网为例，分别可列出上述两种数据结构。

(1) 图 1-5 的混合结构见表 1-6。

表 1-6

点 号	已知或观测数据	说 明
1	2797315.712	已知点的 x, y 坐标
	426542.485	
2	2793886.799	
	428172.778	
3	0.00000	观 测 方 向
2	222.34515	
4	298.28289	
4	0.00000	
3	29.10021	
1	47.01225	
1	0.00000	
2	24.34327	
4	66.50202	
3	0.00000	
1	51.38124	
2	108.43151	
0104	3308.969	观测边长
0304	3163.669	

表中的点号一栏即为数据结构的网图数据，其余为已知数据和观测数据。填写时应注意使观测方向的照准点号与其方向值对应，有了这种对应关系即可用每站起始方向的 0 方向值作为测站的标志，如此可省去邻接表中的可达方向数表，以满足数据结构的必要性要求。此外，这种形式还有测量上的意义，它们与“水平方向观测记簿”正面表格上的数据相同。

(2) 图 1-5 的邻接表结构见表 1-7。其中已知数据部分与表 1-6 的前一部分相似，表中不再列出。仅列出观测数据与网图数据部分。

表 1-7

1 测站名 P		3 测站点性质 N		0 测站标志			
3	测 站 上 各 照 准 点 名	1	观 测 值 类 型 M	0.00000	测 站 上 各 观 测 值	1.2	各 观 测 值 精 度
2		1		222.34515		1.2	
4		1		298.28289		1.2	
4		2		3308.9690		0.6	

针对表 1-7 需说明如下：

① 表中的文字是对同行左侧数字或变量的说明。

② 表中仅列出第一站上的有关观测数据与网图数据，对其余各站，格式与此相同故不再列出。

③ 为了扩大程序的通用性，以满足不同等级、不同精度的观测值整体平差的需要，表中增加了一些不属于数据结构的附加数据，如测站点性质 N ，观测值精度等。

对表中的 M ， N 两变量作如下规定：

$M=1$ 表示水平方向值

$M=2$ 表示边长观测值

$M=3$ 表示已知边

...

$N=1$ 表示待定点

$N=2$ 表示有先验方差阵的已知点

$N=3$ 表示固定点

④ 由于表 1-7 中第一行右侧以 0 作为测站开始的标志，则每个顶点上的可达顶点数（即观测值个数）可设法求得，因此与混合结构中的方向值类似，邻接表中的可达顶点数表无需列出。

由于这种结构是以网中各测站为单位逐站列出的，所以有关文献称之为“网点”结构。

1.3.3 控制网数据结构应满足的条件

1. 数据结构应满足充分性条件

所谓充分性是指数据结构中应包含足够多的数据，以保证能构成所需的控制网。显然如数据结构不满足这一条件，也就是不能满足算法对数据的要求，因而程序设计将无法进行。数据结构是否满足充分性要求，可用几何作图的方法来验证。图 1-6 是不满足充分性要求的例子。

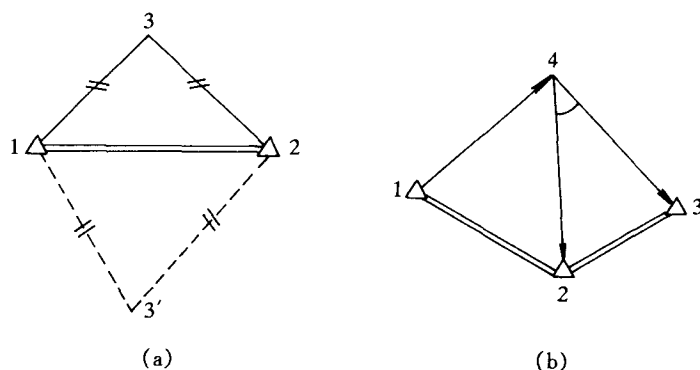


图 1-6

图 1-6 为两个平面控制网，其中小三角形表示已知点。图 1-6 (a) 的 1-3，2-3 为测距边。图 1-6 (b) 中 1-4 方向的方位角和 $\angle 243$ 可由观测方向值推算出来。由几何作图可知，这两种图形中的待定点位置都不是唯一的，以图 1-6 (a) 为例，其中 3 和 3' 点都满足测边交会的要求。因此，对于这种网形，不论采用如前所述的哪种数据结构方式，得出的数据都不满足充分性的要求，而必须增加某些适当的数据，（例如，表示待定点位于 1、2 点的左侧或右侧（可用 +1 或 -1 表示）的信息等）才能满足充分性的要求。

2. 数据结构应满足必要性条件

所谓必要性是指数据结构只包含那些构网所必须的数据，而无冗余的数据。

数据结构是否满足这一要求，主要从数据之间是否相关来判断。例如，对于前述的两种结构，由于

都有数据 0 作为测站开始的标志 (对混合结构仅用于方向测站), 因此在这种情况下, 若数据中还包括有每站上的观测值个数 (即邻接表中的可达顶点数), 则可知这种数据不是独立的, 因而就是不满足必要性的冗余数据。

通常程序设计者不太可能忽视数据结构的充分性, 这是因为, 在这种情况下, 程序的研制将无法获得成功。然而其中许多人却往往忽视了数据结构的必要性, 要求用户输入一些属于冗余的数据, 其目的之一也是为了简化程序设计, 回避一些算法上的难点。例如, 在平面网平差程序中, 要求输入一系列推算坐标线路的点号, 在条件平差程序中, 要求输入产生极条件或图形闭合条件的三角点号等等。然而, 过多的冗余数据, 不仅降低了系统的自动化程度, 而且增加了上机人员的工作负担, 不利于软件的推广应用。

控制网的数据结构只有同时满足充分性和必要性两个条件, 才能同实际的控制网形成一一对应关系, 才能在系统软件设计中完全用唯一的一组数据代替现实的控制网。在这种情况下, 系统的成功与否以及性能优劣的程度, 将完全取决于算法的设计, 而与数据结构无关。

1.3.4 控制网对图的另一种映射

除 1.3.1 所述的那种控制网对图的映射之外, 还可定义其它的映射关系, 例如:

网中的三角形 $\rightarrow$ 图的顶点

网中三角形的相邻 $\rightarrow$ 与无向图的边

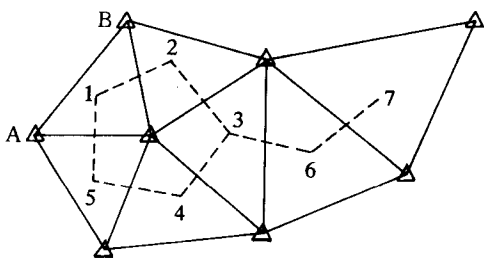


图 1-7

根据这种映射关系, 则对图 1-7 表示的三角网可绘出映射后形成的连通图, 见图 1-7 中虚线所示。图中 1~5 号点构成了一个简单回路, 即表示存在一个极条件。可见用这种方法生成极条件变得很简单。此外, 产生角度附合条件也很容易。可见选取不同的映射关系, 有可能产生一些新的有趣的性质, 并使得编程算法大为简化。

第二章 平面控制网概算程序的设计

平面控制测量概算是平面控制网平差的前

期工作, 计算内容多、工作量大。但是, 控制网概算对于不同的网形其内容基本一致, 所不同的是计算内容有多有少。为便于程序的编写, 使得平面控制网从概算到平差全部由计算机来完成, 必须对给出的控制网的数据结构寻找出算法上的规律性。对传统的数学模型进行改造, 使编制出的程序输入简单、输出齐全、通用性强、适用范围广。本章分节叙述平面控制网平差数据结构和以方向观测值、边长观测值为平差元素的间接观测坐标平差程序的编写方法及技巧。

2.1 平面控制网坐标平差数据结构和信息的设计

2.1.1 平面控制网坐标平差计算步骤

平面控制网坐标平差一般分以下几个步骤:

1. 计算近似坐标 $X = [x_1 \ y_1 \ x_2 \ y_2 \ \dots]^T$ 。
2. 方向和距离的归心和改化。
3. 各种闭合、附合条件的检验。
4. 列出误差方程及条件式。
5. 组成法方程。

6. 解算法方程,求得 $dX = [dx_1 \ dy_1 \ dx_2 \ dy_2 \cdots]^T$ 。

7. 求得平差后的坐标值 $X = X + dX$ 。因为只有 dX 很小时误差方程式、条件式才是严密的,因此当 dX 的值较大时应把 $X = X + dX$ 作为新的近似值重复 4、5、6、7 步,直到 dX 中绝对值最大的一个小于给定的限值为止。

8. 精度评定、输出。

2.1.2 平面控制网坐标平差流程图

下面给出坐标平差程序各个模块之间的运行关系图。

1. 数据输入、待定点坐标计算

这一部分主要是输入起算数据、网图数据及观测数据,并对输入的数据进行分类处理,求出各待定点的近似坐标,提供给下一模块使用。

2. 方向、边长观测值的归心和改化,各类条件检验

该模块是对输入的方向观测值和边长观测值进行归算,并进一步检查这些数据中是否存在粗差,是否满足平差条件。经检查合格后,提交平差模块作进一步平差计算。

3. 平差模块

该模块主要利用最小二乘法原理对观测值的不符值进行处理。最后给出各观测值的最或是值(平差值)并计算控制网的精度。

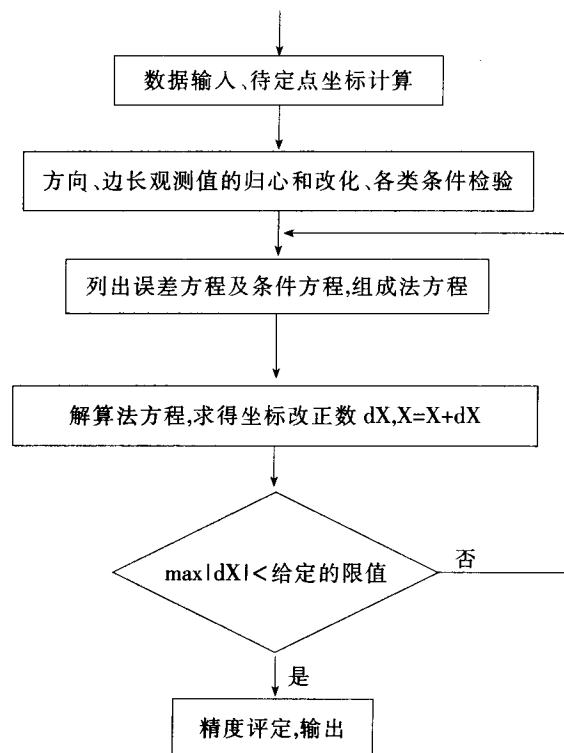


图 2-1

2.1.3 平面控制网坐标平差数据的存贮形式

设平面控制网坐标平差采用混合数据结构方式,即对有向边(方向观测值等)采用邻接表方式;对无向边(边长观测值、固定边条件等)和固定方位角采用边目录方式。为此我们对控制点的编号、简变

及数组作如下约定（以后没有特别说明就以此约定为准）。

1. 控制点的编号

控制点编号的原则是按自然数由小到大排列，不可重复也不可缺少。已知点优先于待定点。已知概略坐标的待定点优先于其它的待定点。靠近已知点或已知概略坐标的待定点的编号要尽量小。

2. 简变（WORD 为无符号整型）

WORD IKP: 已知点点数。

WORD IUP: 未知点点数。

WORD IQ: 总点数。IQ=IKP+IUP。

WORD IUO: 方向观测未设站点点数。

WORD IGL: 已知概略坐标点点数。

WORD IOD: 实测方向值个数。WORD IODUO=IOD+IUO。

WORD IOS: 观测边个数。

WORD IJF: 方位角条件个数。

WORD IJS: 边长条件个数。

WORD IZ: 未知数总个数。IZ=2 * IUP+IJF+IJS。

WORD IJD: 评定精度的点、方位角（包括边长）的个数。

double EM: 验前单位权中误差（观测方向中误差），以秒为单位。

double FM: 测距固定误差，以厘米为单位。

double GM: 测距比例误差，以百万分率 10^{-6} 为单位。

double PI=3.14159265358979。

3. 数组

为了叙述方便，忽略掉一维数组的零单元，因此在说明数组时下标一律加 1。

double DD [IODUO+1] 方向观测值数组。以测站点的编号和测站方向的方向观测顺序依次存放全部方向观测值；未设站点占一单元，存放 0。方向观测值以 DMS 形式表示，即度与分秒之间用小数点来分隔的形式。如 $58^{\circ}23'18''$ 存放形式为 58.2318。

WORD ZDDB [IODUO+1] 是与 DD [IOD+1] 对应的观测方向照准点点号数组，未设站点占一单元，给出照准归心零方向的点号。无照准归心时可为任一值。

double DL [IOS+1] 边长观测值数组。以米为单位，无顺序要求。

WORD ZDSA [IOS+1], ZDSB [IOS+1] 是与 DL [IOS+1] 对应的边长观测值两端点点号数组，ZDSA [IOS+1] 存放测站点点号，ZDSB [IOS+1] 存放照准点点号。

double DF [IJF+1] 方位角条件系数数组，存放形式与方向观测值相同。无顺序要求。

WORD ZDFA [IJF+1], ZDFB [IJF+1] 是与 DF [IJF+1] 对应的方位角两端点点号数组，ZDFA [IJF+1] 存放方位角的起点号，ZDSB [IJF+1] 存放方位角的终点号。注意方位角条件的端点号是有顺序的。

double DS [IJS+1] 边长条件系数数组。以米为单位存放。无顺序要求。

WORD ZDSA [IJS+1], ZDSB [IJS+1] 是与 DS [IJS+1] 对应的边长观测值两端点点号数组，存放规则与数组 ZDSA [IOS+1], ZDSB [IOS+1] 相同。

double X [IQ+1], Y [IQ+1] 点位坐标数组。以点号为序排列，以米为单位。

char Name [IQ+1] [18] 以点号为序存放各点的点名。不得大于 18 个字符。

double RM [IZ * (IZ+1) / 2 + 1], RW [IZ+1] 法方程系数和法方程常数项数组。

WORD NN [IQ+2] 以点的编号为序存放各测站的零方向在 DD [IODUO] 中的位置数组。

DWORD ZJD [IJD+1] 评定精度元素数组，以 XXXXXXXX 方式存放，前四位为一个点号，后

四位为另一个点号（DWORD 为无符号长整型）。

例 2-1：如图 2-2 所示的平面控制网，已知点 4 个，未知点 3 个，未设站点 1 个（大西岭），方向观测值 15 个，边长观测值 2 个，方位角条件 1 个（煤沟——大西岭），边长条件 1 个（煤沟——大西岭），验前方向中误差 1.2"，测距固定误差 0.5cm，测距比例误差 5×10^{-6} 。控制点编号如图所示。则上述各简变的值及网图的数据结构如下：

IKP=4；IUP=3；IUO=1；IJF=1；IJS=1；IQ=7；IOS=2；IOD=15
EM=1.2；FM=0.5；GM=5；IZ=8；IODUO=16；IGL=0；

表 2-1 已知点坐标

编号 I	点名 [I]	X [I]	Y [I]
1	红土巷	5514.424	311.562
2	马家沟	2466.124	765.362
3	延家沟	1000.000	1000.000
4	煤 沟	2013.960	4592.920

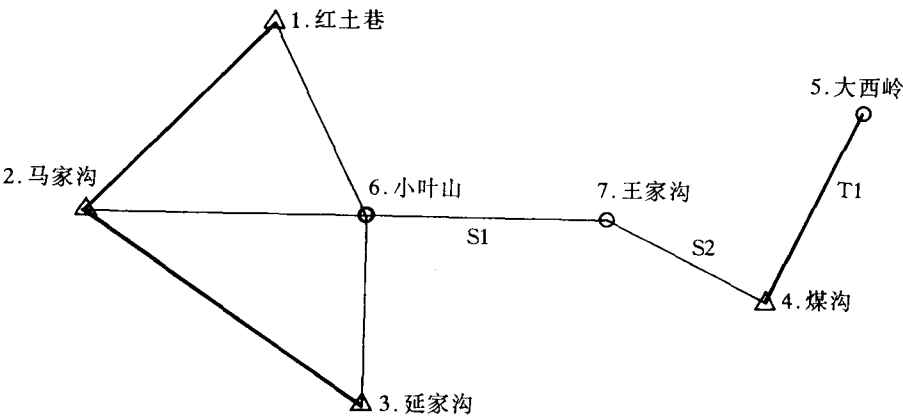


图 2-2

表 2-2 方位角条件

序号 I	点名 1	点名 2	ZDFA [I]	ZDFB [I]	DF [I]
1	煤沟	大西岭	4	5	109.15304

表 2-3 边长条件

序号 I	点名 1	点名 2	ZDSA [I]	ZDSB [I]	DS [I]
1	煤沟	大西岭	4	5	1996.680