

中等专业学校教学用书

矿区控制测量

冶金工业出版社

中等专业学校教学用书

矿区控制测量

长沙冶金工业学校 罗世达 主编

*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张 26 字数 618 千字

1980年7月第一版 1980年7月第一次印刷

印数 00,001~5,000 册

统一书号: 15062·3588 定价 2.10 元

前 言

本教材是根据一九七八年冶金工业部中等专业学校教材会议制订的矿山测量专业教学计划和矿区控制测量课程教学大纲编写的。

本书着重讲述矿区控制测量的基本内容，即矿区三、四等三角测量和矿区三、四等水准测量；包括全部内、外业工作并列举了系统而成套的实例。

本书在内容上力求紧密结合生产实际，概念严格准确，如（1）基线测量。鉴于目前用因瓦尺量基线已逐渐为用电磁波测起始边所取代，但是，有些较小矿山由于条件限制还不得不用钢尺量基线，所以，本书编写了钢尺量基线和激光测距，没有编写因瓦尺量基线。

（2）三角测量概算。本书对高斯投影的概念和计算步骤阐述较详。（3）关于平差计算。本书对三角锁、网的条件式分析较详细。而且改变了过去按自由网和非自由网分类的体系。鉴于按固定系数法作典型图形平差的应用日益广泛，本书对这部分有所加强。在高程网平差方面，本书从直接、间接、条件平差理论的基础上对几个常用的平差方法进行了阐述。（4）关于三角高程测量的精度问题。本书作了较为全面的分析，写下了肯定的断语。

总之，在本书中，编者作了些大胆的尝试。毫无疑问，为水平所限，书中缺点错误一定很多，望读者指正。

全书共分十章，由长沙冶金工业学校罗世达（四、五、六、九、十章）、何明生（一、二、七章）、杨伯仪（三、八章）合编，罗世达任主编。

本书初稿完成后，曾请本溪钢铁学校、昆明冶金工业学校、广东冶金工业学校等单位进行了审查，在此表示感谢。

编 者

一九七九年三月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 矿区控制测量概述	1
第二节 矿区控制测量的方法和原理	1
第三节 国家控制网的布设	3
第四节 矿区控制网的布设	8
第二章 矿区控制测量的设计选点和造标埋石	12
第一节 控制网的图上设计	12
第二节 矿区控制网的精度估算	13
第三节 基线网扩大边的精度估算	22
第四节 控制网实地选点	24
第五节 三角点的造标埋石	26
第三章 基线测量	30
第一节 概述	30
第二节 钢尺的检定	31
第三节 钢尺量基线的野外作业	32
第四节 基线长度计算	37
第五节 电磁波测距原理	42
第六节 JCY-2型精密激光测距仪的测距原理	45
第七节 JCY-2型精密激光测距仪的主要部件和电子系统、光学系统	54
第八节 JCY-2型精密激光测距仪的使用方法	60
第九节 激光测距仪的误差分析	74
第四章 角度测量	79
第一节 我国经纬仪的类型及其与国外经纬仪对照	79
第二节 苏州第一光学仪器厂J ₂ 型经纬仪	80
第三节 瑞士WILD厂T ₂ 型光学经纬仪	84
第四节 水平方向观测	88
第五节 水平方向观测的记录和整理	90
第六节 水平方向观测超限成果的重测和处理	93
第七节 垂直角观测及其记录、计算	95
第八节 归心元素的测定	97
第九节 归心计算	99
第十节 根据三角形条件和极条件检查观测质量	102
第十一节 水平方向观测的主要误差来源	107
第十二节 垂直角观测的主要误差来源	115
第十三节 光学经纬仪检验概述	116
第十四节 照准部旋转是否正确的检验	116
第十五节 光学测微器行差的测定	118
第十六节 垂直微动螺旋使用正确性的检验	120

第十七节	照准部旋转时, 仪器底座位移而产生的系统误差的检验	120
第十八节	水平轴不垂直于垂直轴之差的测定	121
第十九节	光学对点器的检验和校正	123
第五章	高斯投影和三角测量概算	125
第一节	概述	125
第二节	参考椭球体和大地坐标系	125
第三节	高斯投影的概念	128
第四节	高斯投影坐标计算	131
第五节	高斯坐标邻带换算	137
第六节	椭球体面上的观测值化算到高斯平面上	142
第七节	三角测量概算示例	147
第六章	三角测量按条件观测平差	154
第一节	三角测量平差计算概述	154
第二节	三角网的条件方程式(原始形式)和条件数	154
第三节	条件方程式的最后形式	162
第四节	方向平差的条件方程式	173
第五节	各种条件的闭合差限值	174
第六节	解算条件方程式的基本原理	175
第七节	法方程式的组成和解算	178
第八节	平差值的计算及观测精度的衡量	190
第九节	线性对称方程组的两个特性	193
第十节	平差值函数的中误差	195
第十一节	三角网按条件观测平差实例	200
第七章	分组平差和典型图形平差	217
第一节	分组平差的基本原理	217
第二节	两组平差的精度评定	223
第三节	两组平差平均分配改化规则	226
第四节	三角网两组平差计算示例	231
第五节	三组平差法作典型图形平差	237
第六节	典型图形按固定系数法平差	247
第八章	三角测量按间接观测平差(坐标平差)	268
第一节	间接观测平差原理	268
第二节	三角网按间接观测平差原理	272
第三节	组成角度误差方程式的实际步骤	275
第四节	法方程式的组成与解算	281
第五节	角改正数的计算及检查	283
第六节	精度评定	285
第七节	交会定点的平差计算	286
第八节	前后方联合交会定点平差算例	289
第九节	坐标平差和条件观测平差的分析比较	295
第九章	高程控制测量	296
第一节	概述	296

第二节	矿区三、四等水准路线的设计、选点和埋石	298
第三节	水准仪和水准尺	300
第四节	三、四等水准测量的野外工作	304
第五节	三、四等水准测量外业成果的整理	310
第六节	水准测量的误差来源及减弱误差影响的方法	314
第七节	水准测量的精度估算	317
第八节	作业期间水准仪和水准尺的检验	318
第九节	三角高程测量的原理和计算高差的实用公式	324
第十节	三角高程测量外业成果的整理	325
第十一节	三角高程测量的误差与精度	328
第十章	高程平差	332
第一节	概述	332
第二节	高程网按直接观测平差	333
第三节	高程网按间接观测平差	340
第四节	高程网按条件观测平差	348
附录 1	30米基线尺倾斜改正数表	359
附录 2	子午线收敛角系数表	372
附录 3	卯酉圈曲率半径(N)、子午圈曲率半径(M)、平均曲率半径 (R)、 纬圈半径(r)的数值及其对数表	373
附录 4	长度归化至某一高程面(大地水准面、海平面、测区平均高程面) 改正数 ΔS_H 的系数K表	377
附录 5	长度投影至高斯平面上的改正数 ΔS 所需用的系数K表	378
附录 6	正弦对数的秒差表(精度估算用)	379
附录 7	$R(=\delta_A^2 + \delta_B^2 + \delta_A \delta_B)$ 值表	380
附录 8	物理测距化算到椭圆柱上用表	384
附录 9	计算球面角超 ϵ'' 、方向改化 δ'' 等所需用的 f 、 $-\frac{1}{3}f$ 、 f' 表	386
附录 10	方向系数表	387
附录 11	典型图形平差点位中误差计算表	394
附录 12	计算正常高改正数的系数A表	396
附录 13	地球曲率和折光差(两差)改正计算用表	398
附录 14	三角高程高差辅助改正用表	400
附录 15	法截线曲率半径计算用表	403

第一章 绪 论

第一节 矿区控制测量概述

在一个矿山进行地质勘探、设计、基建和开采之前，必须建立具有必要精度的测量控制网，作为矿区地形测量和工程测量的基础。建立矿区测量控制网的工作称为矿区控制测量。矿区测量控制网的主要作用是：

(1) 为测绘矿区各种大比例尺地形图以及为矿区各种建设工程的施工放样提供测量的起始数据。在矿山的地质勘探阶段中，必须用大比例尺地形图布置勘探工程和计算矿体储量；在矿山的设计阶段中，必须用地形图作总体规划并在图上设计开采方案；在矿山的开采过程中，必须用地形图布置掘进方案；在矿山的建设过程中，必须依据控制测量数据将各种设计工程标设到实地去。

(2) 控制井巷掘进保证贯通。进行井巷掘进时，不论是单工作面或多工作面掘进，都必须依据测量控制网指示掘进的方向和坡度以保证按设计位置将井巷开通。

(3) 为岩石移动观测提供稳固的测站点。有些矿山由于多年开采，地下采空区扩大，可能发生岩石移动。必须依据测量控制网进行岩移观测，掌握情况及时采取安全措施。

(4) 控制细部测量的误差积累。测量工作中，误差是不可避免的。大量的细部测量工作连续进行下去，误差将越积越多。有了平过差的布置在全矿区的控制网能使大量的细部测量工作分散进行，从而控制误差的积累。

(5) 将大量细部测量工作化整为零。矿山测量工作将分布于全矿区并且将贯穿于矿山的勘探、设计、建设、开采等全过程。因此，矿山测量工作不能不分期分批进行。若要分期分批进行而又不失为一整体，就必须建立控制着全矿区的测量控制网。

综上所述，矿区控制测量是矿山的全局性测量工作，是矿山的一项重要基本建设工作。如果我们在布设矿区控制网时，不充分认识到这一点，由于测量精度不高，造成不必要的重复测量是不允许的。所以，进行矿区控制测量时，既要满足当前生产需要，又要照顾到远景规划，在精度上要留有余地。

第二节 矿区控制测量的方法和原理

矿区控制网主要由水平控制网和高程控制网组成。建立水平控制网主要有三角测量、导线测量和三边测量（目前还不作为建立水平控制网的主要方法），建立高程控制网主要用几何水准测量。下面简要说明其方法和原理。

一、三角测量

在地面上选择并标志出相互通视的点，组成三角形。这些三角形可以组成网形（如图1-1）或锁状。观测三角形内角A、B、C……，同时测量其中的一条边长和方位角。这样就可以按正弦定理求出各边的边长和方位角，计算出各点的平面坐标，这就是三角测量的基本原理和方法。如果测区较大，还得考虑把椭圆体面上的角度、边长投影到平面上的问

题。由图 1-1 得：

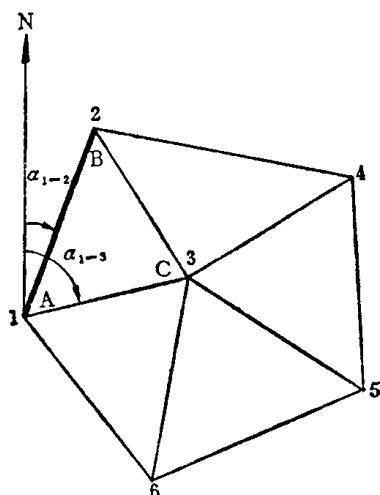


图 1-1 一种简单的三角网

$$s_{1,3} = s_{1,2} \frac{\sin B}{\sin C}$$

$$\alpha_{1,3} = \alpha_{1,2} + A$$

$$\Delta x_{1,3} = s_{1,3} \cos \alpha_{1,3}$$

$$\Delta y_{1,3} = s_{1,3} \sin \alpha_{1,3}$$

$$x_3 = x_1 + \Delta x_{1,3}$$

$$y_3 = y_1 + \Delta y_{1,3}$$

由以上可知，在三角网中已知 $s_{1,2}$, $\alpha_{1,2}$, x_1 , y_1 (这些称为起始数据)，观测了三角形内角便可以推算三角网中其他点的坐标。这就是三角测量的基本方法和原理。

二、导线测量

导线测量的方法和原理是在地面上选定相互通视的点，构成折线形或多边形导线网，丈量导线的边长和观测其折角，根据一点坐标和一边方位角推算所有点的坐标。

导线测量由于每个点只要求与它前后点通视，所以在隐蔽地区布设导线比较有利，近年来由于物理测距技术的发展，使用精密导线组成水平控制网的方法已趋重要。但导线测量由于角度缺少检核，推算方位角误差较大，控制范围狭窄，无论在精度方面，和经济方面，都还不如三角测量有利。所以建立水平控制网除特殊困难地区外，一般都采用三角测量。

三、高程控制测量

1. 几何水准测量

几何水准测量是在平坦地区（如沿公路、铁路、河流）布设水准路线，组成水准网，传递点的高程。这种方法组成的高程控制网，精度较高。从我国近海的水准原点向我国内陆边远地区施测水准，高程传递的累积误差可以控制在一米以内。

2. 三角高程测量

三角高程测量是布设高程控制网的一种辅助方法。对于一些用几何水准测量不易达到的三角点和导线点，采用这种方法比较有利。

四、矿区控制测量的起算数据

1. 边长的起算数据

当测区已有国家三角网时，若其精度能满足矿区控制测量的要求，则可用国家三角网的边长作为起算边长。当已有成果精度不能满足要求时，应直接或间接测定一条边长，作为起算边长。

2. 方位角的起算数据

当测区有已知边时，则可利用已知边传递方位角。如没有已知边，则可用天文测量方法测定一条边的方位角作为起算方位角。个别情况下也可用磁方位角定向。

3. 坐标的起算数据

当测区附近或测区内已有国家三角点或其他单位施测的三角点时，则可由已知的三角点传递坐标。如测区没有已知点可利用，这时可在一个三角点上测定经纬度，再换算成平

面直角坐标，作为起算坐标。有些偏僻地区，测区范围又小，或者是保密工程，也可以假定一点的坐标作为起算坐标。

4. 高程的起算数据

当测区附近或者测区内已有水准点时，应尽量利用它作为高程控制的起始点。只有在特殊困难的情况下，才允许假定一个点的高程作为起算高程。但假定起点的高程时，不要使测区内出现负的高程。

第三节 国家控制网的布设

为了满足我国经济建设、国防建设和科研工作的需要，必须在全国范围内建立国家控制网，这是一项规模巨大的测量工作，也是一项基本建设。为了搞好这项工作，国家测绘总局先后在1958年和1959年颁发了《大地测量法式（草案）》、《一、二、三、四等三角测量细则》和《一、二、三、四等水准测量细则》。经过十多年的实践总结，于1974年又重新修订和颁发了《国家三角测量和精密导线测量规范》、《国家水准测量规范》。这些规范、细则的颁发，使我国国家控制网的建立更加完善。现就国家控制网布设情况简介如下。

一、国家控制网的布设原则

1. 分级布网

由于我国疆土辽阔，地形复杂，不可能用高精度控制网一次布满。必须采用由整体到局部，由高级到低级，分级建网，逐级扩展的原则，形成统一的骨干网和全面补充网，以满足国民经济建设的需要。

2. 必须有足够的精度

国家控制网的精度一定要保证大比例尺测图的需要。一般要求首级图根点相对于起算三角点的点位中误差反映在图上时，不超过 ± 0.1 毫米，即在地面上不超过 $\pm 0.1 \text{毫米} \times M$ 。其中 M 为测图比例尺的分母。例如对于1:5000比例尺测图，图上0.1毫米相当于地面上 ± 0.5 米。而相邻起算三角点的相对点位中误差，应小于上述图根点点位中误差的三分之一，即小于 $0.03 \text{毫米} \times M$ 。根据这一原则，各种比例尺测图时，三角点点位应达到下表（表1-1）的精度。

各种比例尺测图对三角点的精度要求

表 1-1

测 图 比 例 尺	1 : 50000	1 : 25000	1 : 10000	1 : 5000	1 : 2000
图根点对三角点的点位中误差	$\pm 5 \text{ m}$	$\pm 2.5 \text{ m}$	$\pm 1.0 \text{ m}$	$\pm 0.5 \text{ m}$	$\pm 0.2 \text{ m}$
相邻三角点点位中误差	$\pm 1.7 \text{ m}$	$\pm 0.83 \text{ m}$	$\pm 0.33 \text{ m}$	$\pm 0.17 \text{ m}$	$\pm 0.07 \text{ m}$

国家高程控制网的精度，规范规定每公里线路往返测高差中数的全中误差，三等为 ± 6 毫米四等为 ± 10 毫米。如果它们的附和路线最大长度分别为200公里和80公里，那么其中最弱点相对于高等级水准点的全中误差则为 ± 42.4 毫米和 ± 45.0 毫米，这一精度引测到图根点，高程中误差为1/10等高距，对于大比例尺测图已足够。

3. 必须有足够的密度

三角点的密度，主要根据测图方法和测图比例尺的大小而定，用航测法成图时，点的密度见表1-2。

各种比例尺航测成图时对平面控制点的密度要求

表 1-2

测 图 比 例 尺	每幅图要求点数	每个三角点控制面积 (平方公里)	三角网平均边长 (公里)	等 级
1:50000	3	约 150	13	二 等
1:25000	2~3	约 50	8	三 等
1:10000	1	约 20	2~6	四 等

由表1-2可知, 测绘1:10000的地形图, 要求每幅图有一个控制点, 而一幅1:10000地形图的面积约25平方公里。因此, 每一个控制点应控制的面积约20平方公里。

现在讨论三角网边长与控制面积的关系。如图1-2所示, 设三角网由等边三角形组成, 边长为 s , 三角点 A、B、C 分别各自控制一个面积为 Q 的正六边形, 因为在 $\triangle Amn$ 中

$$Am = mn = An = R$$

$$AO = BO = \frac{s}{2}$$

$$\text{因 } \frac{AO}{R} = \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$R = \frac{AO}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{s}{2} \times \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{s}{\sqrt{3}}$$

设正三角形 Amn 的面积为 Δ ;

$$\text{则 } \Delta = \frac{1}{2} R \cdot AO = \frac{1}{2} \times \frac{s}{\sqrt{3}} \times \frac{s}{2} = \frac{\sqrt{3}}{12} s^2$$

所以正六边形面积 Q 为:

$$Q = 6 \times \Delta = 6 \times \frac{\sqrt{3}}{12} s^2 = \frac{\sqrt{3}}{2} s^2 = 0.87 s^2$$

则三角形边长为:

$$s = 1.07 \sqrt{Q} \quad (1-1)$$

将表1-2中每个三角点控制的面积 Q 代入式 (1-1), 则可求出相应三角网的平均边长 s 。例如

$$s_{\text{I}} = 1.07 \sqrt{150} = 13, \text{ 公里}$$

$$s_{\text{II}} = 1.07 \sqrt{50} = 8, \text{ 公里}$$

$$s_{\text{IV}} = 1.07 \sqrt{20} = 5, \text{ 公里}$$

1:2000和1:1000比例尺测图时, 对三角网的密度要求是: 平均边长在 1 公里至 2 公里较为适宜。

4. 应有统一的方案和规范

我国幅员辽阔, 建立控制网是一项艰巨而繁重的工作, 必须有较多的测绘部门共同完成, 在这种情况下, 各个作业单位必须在布网方案、精度要求、作业细则等方面有共同的规定, 以便使控制网能最后构成一个整体。

二、国家水平控制网的布设方案

国家水平控制网，根据分级布网的原则，分为一、二、三、四等四个等级。建立的方法以三角测量为主，其布设方案简述如下：

1. 一等三角测量

一等三角测量是国家水平控制网的骨干。其主要作用是控制二等以下各级三角测量，并为研究地球形状和大小提供资料。一等三角测量是沿着经纬线方向用三角形布设成纵横交叉的方格网，如图 1-3。方格的边叫锁段，长度不大于 200 公里。纵横交叉处丈量起算边，在其两端点测定经纬度和天文方位角。锁段内三角形个数一般为 16~20 个。三角形边长为 25 公里左右，按一锁段三角形闭合差计算的测角中误差应小于 ± 0.7 秒。

2. 二等三角测量

二等三角测量布设在一等三角锁环内，构成全面的三角网，如图 1-4 所示。二等三角网的边长一般在 13 公里左右。在二等三角网的中部应当布设一条二等起算边，一等锁环过大时须适当增加起算边，二等三角网的测角中误差不超过 ± 1 秒。

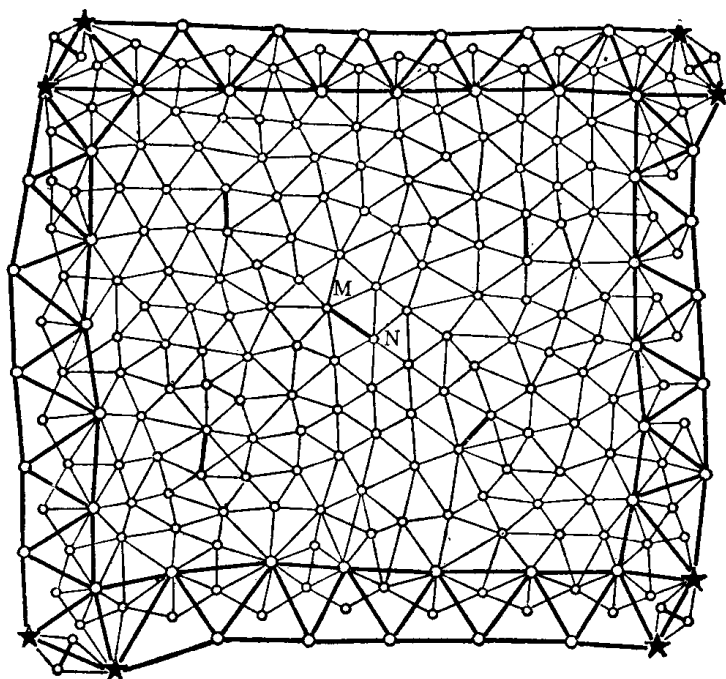


图 1-4 二等三角网

4. 国家三角网的精度指标

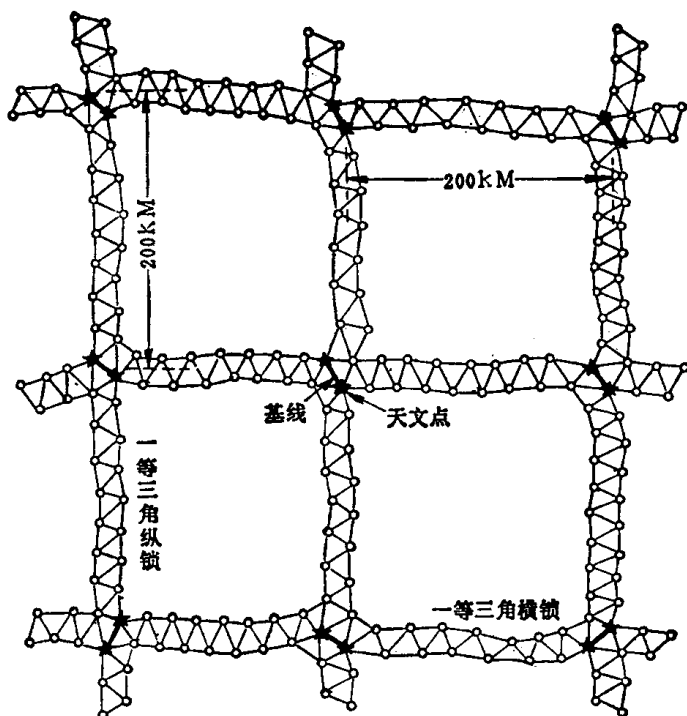


图 1-3 一等三角网

3. 三、四等三角测量

三、四等三角测量是在一、二等三角测量的基础上进行扩展的，主要是满足大比例尺测图和工程测量需要。三、四等三角测量尽可能采用插网或插点方法布设。

三等三角网平均边长为 8 公里，四等三角网平均边长在 2~6 公里范围内变通。由 20 个以上三角形闭合差计算的测角中误差，三等不得大于 ± 1.8 秒；四等不得大于 ± 2.5 秒。

三、四等三角测量的图形（插点插网的图形很多，这里仅介绍几种典型图形）如下：

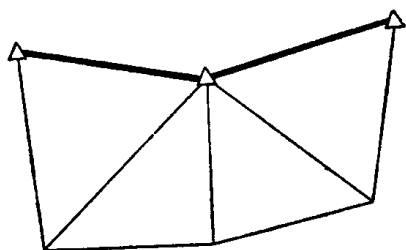


图 1-5 固定角插网

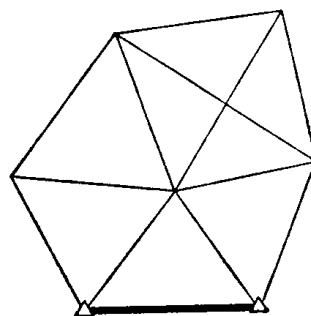


图 1-6 独立网

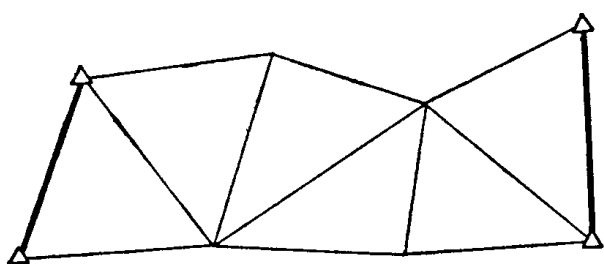


图 1-7 固定边间插锁

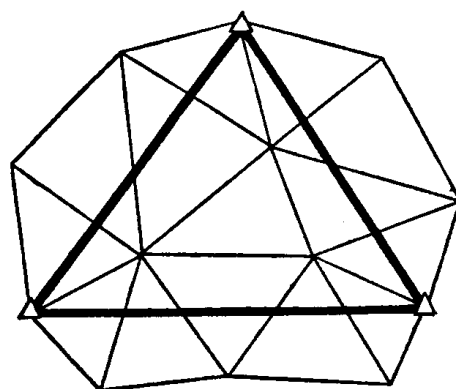


图 1-8 三角形插网

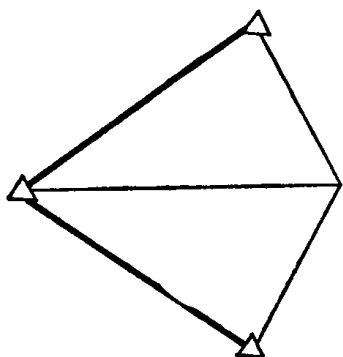


图 1-9 固定角插一点

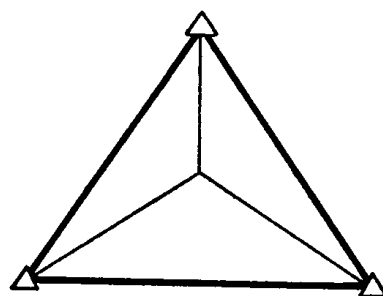


图 1-10 三角形内插一点

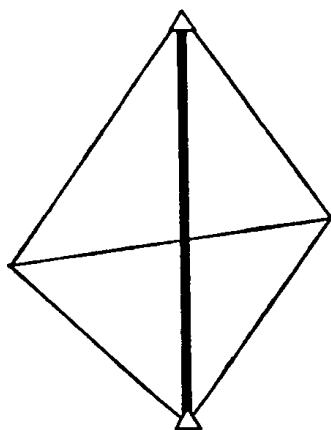


图 1-11 独立四边形

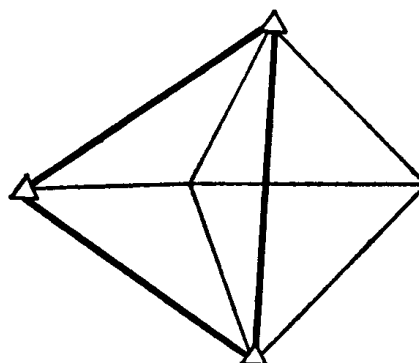


图 1-12 三角形内外各插一点

国家三角网的精度指标，根据《大地测量法式》和《国家三角测量和精密导线测量规范》列表（表1-3）如下。但要指出的是这些推算元素的精度是在最不利情况下的最低指标，只要我们对技术精益求精，一丝不苟，是可以取得高质量成果的。

国家三角网(镇)布设规格及其精度 表 1-3

等 级	边 长		图形强度限制				测角中三角形		起算元素精度			最弱边相对中误差 $\frac{m_s}{s}$	相 对 点 位 中 误 差 (米)
	边长范围 (公里)	平均边长 (公里)	单三角锁任意角	中点多边形任意角	大地四边形任意角	个别最小角	最 大 误 差	闭合差	基线测量相对中误差	起算边长相对中误差	天文观测		
一	15~45	平原20 山区25	40°	30°	30°		±0.7"	2.5"	1:1000000	1:350000	$m_a \leq \pm 0.5''$ $m_\lambda \leq \pm 0.02''$ $m_\varphi \leq \pm 0.3''$	1:165000	±0.16
二	10~15	13	30°	30°		25°	±1.0"	3.5"	1:1000000	1:350000	与一等同	1:140000	±0.11
三		8	30°	30°		25°	±1.8"	7.0"		1:150000		1:80000	
四	2~6		30°	30°		25°	±2.5"	9.0"		1:80000		1:50000	

三、国家高程控制网的布设

国家高程控制网的布设，也采用分级布网原则。按其施测精度分为一、二、三、四等四个等级。

一等水准测量是国家高程控制的骨干，同时也是研究地壳垂直运动的主要依据。一等水准路线构成网状，在平原和丘陵地区环线长度应在1000~1500公里之间。每隔25年左右重复观测一次。

二等水准测量布设在一等水准环内，组成网形。在平原和丘陵地区环线长度应在500公里之内。

三、四等水准测量是地形测图和各种工程测量的高程控制。三等水准测量是在高级水准网内加密，线路应尽可能互相交叉成网状。单独附和路线不应超过200公里。四等水准测量也布设于高级水准点之间，其附和路线长度不应超过80公里。三、四等水准测量，根据居民点和工程需要，每隔2~6公里埋设普通水准标石一座。《国家水准测量规范》对于各等级水准测量的精度指标规定（见表1-4）如下：

国家水准网精度指标 表 1-4

等 级	每公里高差中数的偶然中误差 (毫米)	每公里高差中数的全中误差 (毫米)
一	$\leq \pm 0.5$	$\leq \pm 1.0$
二	$\leq \pm 1.0$	$\leq \pm 2.0$
三	$\leq \pm 3.0$	$\leq \pm 6.0$
四	$\leq \pm 5.0$	$\leq \pm 10.0$

第四节 矿区控制网的布设

一、矿区控制网的布网原则

矿区控制网是为矿山设计、矿山建设、矿山生产等各个阶段服务的。它的布设原则是：

(1) 根据分级布网，逐级扩展的原则，首先在全矿区布设一个统一的精度较高的首级控制网（包括水平和高程控制网），把全矿区各种测量成果连成一个整体，然后再分别轻重缓急，分区分期有计划地进行加密。

(2) 矿区控制网的精度和点的密度要能满足1:5000~1:500大比例尺地形测图需要，同时也要满足矿山建设和生产阶段（如地面和井下施工放样、岩层移动观测以及指示井巷掘进和井巷贯通等）的需要。因此，矿区控制网和国家控制网比较，边长要短些，精度要高些。特别是高程控制网，水准点布设间距一般在一公里左右。

(3) 矿区控制网的布网方案，应根据矿床类型，开采方法、矿山的远景规划和地面地形条件决定。有些矿区随着采矿工程的不断推进，地表会发生移动和塌陷等现象，因此，在布设控制网时，应避免将点位布设在这些地方。

(4) 有时一个矿区内或矿区附近，往往会发生几个单位先后进行测量工作的情况，为了使测绘资料能够互相利用，在布网时要尽量使矿区控制网与国家控制网联接。

三角网（镇）主要技术要求

表 1-5

等级	不同比例尺平均边长(公里)	测角中误差(秒)	三角形最大闭合差(秒)	起算元素精度		最弱边相对中误差	测回数		
				基线测量相对中误差	扩大边或起始边相对中误差		J_1	J_2	J_3
三	5~8	± 1.8	7.0	1:350000	1:150000	1:80000	9	12	
四	2~5	± 2.5	9.0	1:200000	1:80000	1:50000	6	9	
5秒小三角	0.8~2	± 5.0	15	1:60000	1:40000	1:20000		3	6
10秒小三角	1公里以下	± 10.0	30	1:30000	1:20000	1:10000			3

水准测量主要技术要求

表 1-6

等级	闭合环线周长与高级点间线长(公里)	结点间线长(公里)	支线长(公里)	单独布设的面积(公里) ²	往返高差允许闭合差		路线或环线允许闭合差(毫米)
					一般地区	山区	
三	60	35	15	100以上	$12\sqrt{R}$	$15\sqrt{R}$	$10\sqrt{L}$
四	25	15	10	100以下	$20\sqrt{R}$	$25\sqrt{R}$	$20\sqrt{L}$ (一般地区)
							$25\sqrt{L}$ (山区)
等外	10	6	4		$35\sqrt{R}$	$50\sqrt{R}$	$35\sqrt{L}$ (一般地区)
							$50\sqrt{L}$ (山区)

注：R为相邻两水准点的线长，L为路线或环线的长度，均以公里为单位。

工程测量技术规范中三角网主要技术要求

表 1-7

等 级	平均边长 (公里)	测 角 中误差 (秒)	三角形 最大闭 合 差 (秒)	起算元素精度		最弱边相 对中误差	测 回 数		
				基 线 测 量 相对中误差	扩大边或起算 边相对中误差		J_1	J_2	J_3
二	9	± 1.0	3.5		1:250000	1:120000	12		
三	4.5	± 1.8	7.0	1:350000	1:150000(首级) 1:120000(加密)	1:70000	6	9	
四	2	± 2.5	9.0	1:200000	1:100000(首级) 1:70000(加密)	1:40000	4	6	
一 级 小三角	1	± 5.0	15	1:100000	1:40000	1:20000		2	6
二 级 小三角	0.5	± 10.0	30		1:20000	1:10000		1	2

水准测量主要技术要求

表 1-8

等 级	每公里高差 中 误 差 (毫米)	附和路线长度 (公里)	观 测 次 数		往返较差、附和或环线闭合差	
			与已知点联测的	附和或环线的	平 地 (毫米)	山 地 (毫米)
二	2		往返各一次	往返各一次	$4\sqrt{L}$	
三	6	50	往返各一次	往返各一次	$12\sqrt{L}$	$4\sqrt{n}$
四	10	16	往返各一次	往 返 一 次	$20\sqrt{L}$	$12\sqrt{n}$

注：L为水准路线长，以公里为单位。n为测站数。

(5) 布设控制网应遵循统一的规范。目前冶金矿山使用的测量规范有两种，一种是地质勘探专业使用的1:1000、1:2000、1:5000比例尺《地形测量规范》；一种是冶金勘察部门使用的《工程测量技术规范》。究竟采用哪种规范，应在布设控制网时会同有关单位首先决定。现将这两种规范中的主要技术要求列表如下：

《地形测量规范》主要技术要求（见表1-5和表1-6）

《工程测量技术规范》主要技术要求（见表1-7和表1-8）

二、矿区控制网布网实例

1. 矿区控制网布设

该矿远景为60平方公里，工业区为14平方公里。整个矿区为斜长方形，地形比较开阔。在矿区范围内，东北有一个“国家旧二等网点”观山三角点，在矿区外围有与观山相联系的龙山、霞岭两个旧二等网三角点。所谓旧二等网，主要是指我国早期按照苏联1943年三角测量细则布设的二等三角网。布网的方法是在一等锁环内布二等基本锁。其测角中误差为 ± 1.5 秒。一等与二等基本锁之间布二等补充网，其测角中误差为 ± 2.5 秒，凡是这种精度的控制网统称旧二网，其精度只能满足1:10000比例尺测图的要求。在矿区北边有“国家三等水准点”BM53-49。该矿区控制测量的目的，是为了施测1:2000比例尺地形图和矿山工程测量。

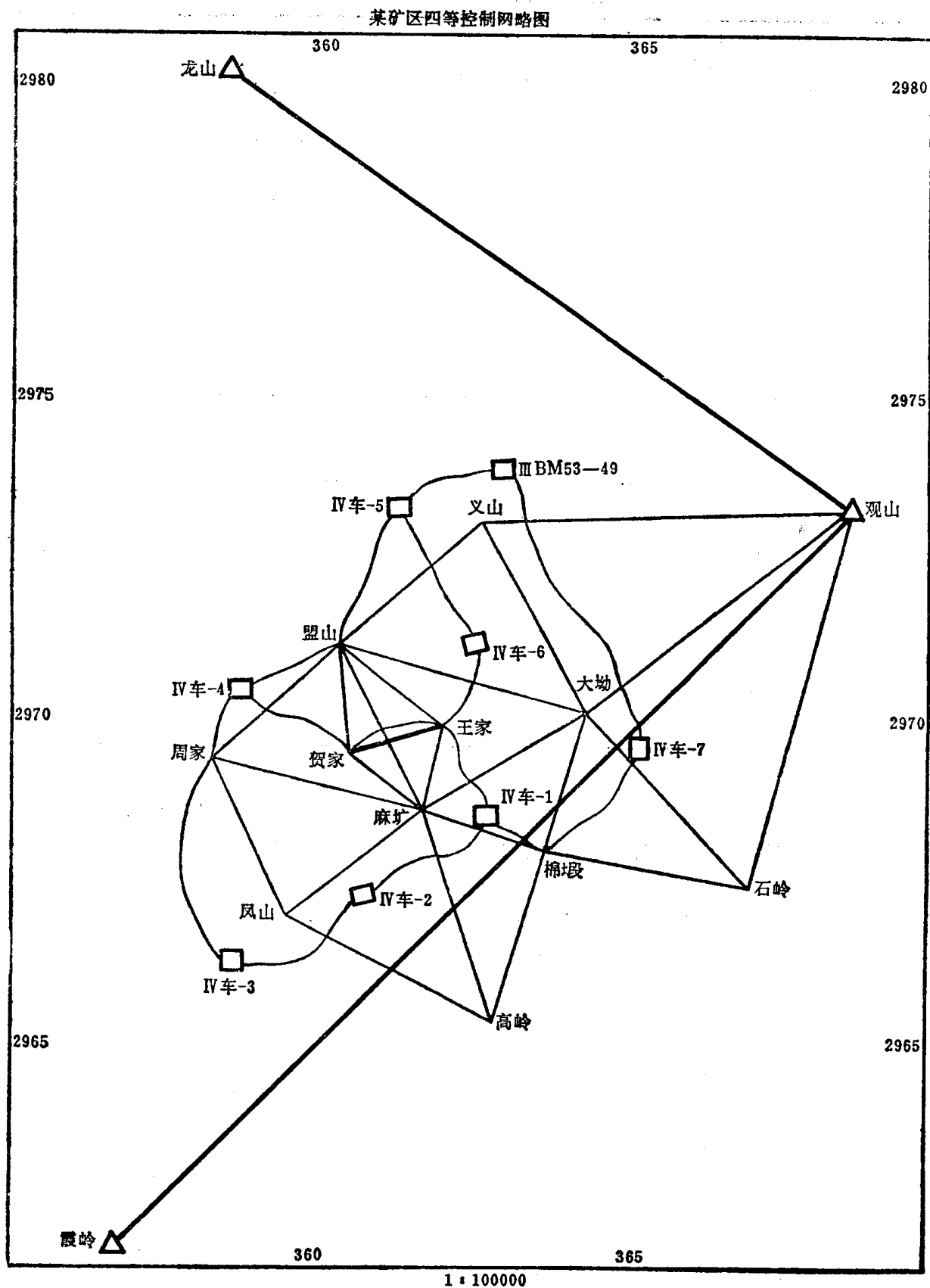


图 1-13 矿区控制网布网实例

(1) 起算数据的确定 测制1:2000比例尺的地形图时,一般还应考虑今后将要测制1:1000比例尺地形图。对于矿区工程测量,应考虑到今后贯通测量对控制点的精度要求。因此,用旧二等网的边长作为起算边,精度是不够的,必须自量起算边或基线。但为了今后成果成图统一利用,应该用观山点的坐标,和观山至龙山的方位角作为起算坐标和起算方位角。

(2) 布网等级的确定 根据规范规定,测区面积,一般地区10~60平方公里,工业厂区3~20平方公里,应布设四等三角网作为首级平面控制。高程控制同时和平面控制相适应。该矿区符合上述要求,因此,应布设四等三角网和四等水准网。

(3) 控制网图形的确定 该矿区是一个开阔的长方形,根据地形的实际情况,布设了具有两个中心点的三角网。由于要自己测定起算边,所以确定丈量一条基线,用单菱形一次扩大。高程控制则组成了三个闭合环(如图1-13所示)。

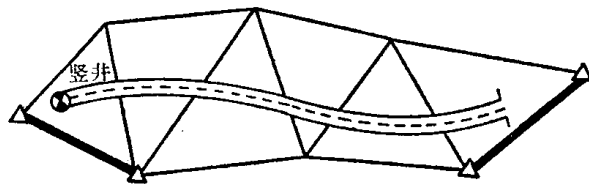


图 1-14 专用控制网实例

2. 专用控制网

某矿区为了加快地下工程进展,进行竖井与平巷相向掘进,全长约三公里,由于矿区原测量控制网精度偏低,无法满足这项工程需要,为了保证测量成果具有足够的精度,使工程掘进顺利贯通,决定布设一个两端都有起算边的四等三角锁,作为贯通专用控制网如图1-14所示。