

中等专业学校规划教材

矿区控制测量

纪奕君 编

煤炭工业出版社

中等专业学校规划教材

矿区控制测量

纪奕君编

煤炭工业出版社

(京) 新登字042号

内 容 提 要

本书较系统地介绍了矿区控制网的布设、观测和数据处理方法,并简要阐述了矿区控制网的设计和精度估算的基本方法。对较复杂的计算,还附有PC—1500计算机计算程序和算例。

本书取材广泛,叙述详细,以矿区控制测量的野外作业方法和内业数据处理为重点,不求过深的理论,以适应中等专业学校培养实用型人才的需要。

本书为中等专业学校煤矿测量专业教学用书,也可作为生产现场矿山测量人员的工作参考和自学用书。

中等专业学校规划教材

矿区控制测量

纪 奕 君 编

责任编辑:王大彰 洪 钺

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092 \text{mm}^1/16$ 印张 16 $^{2/3}$

字数 400 千字 印数 1—5,365

1993年2月第1版 1993年2月第1次印刷

ISBN 7-5020-0744-X/TD·687

书号 3511 B0103 定价 4.10元

前 言

本书是根据1989年审定的煤炭中等专业学校煤矿测量专业《矿区控制测量》课程教学大纲编写的，教学时数为130学时左右。

本书以控制测量基本理论为依据，紧密结合矿区测绘工作实际和我国现行测量规范，详细地阐述了矿区三、四等平面和高程控制测量的原理及具体作业方法。

本书取材比较广泛，论述详细，结合实例说明原理，力求充分体现培养学生动手能力、专教材特色，文字通俗易懂，插图形象醒目，计算表格简明直观，对较复杂的计算附C—1500电算程序。因此本书也可作为生产现场矿山测量技术人员的工作参考和自学。

本书在编写过程中，徐州煤炭工业学校徐心田高级讲师审阅了书稿，阜新矿务局地测阜新煤炭工业学校许多同志给予了支持和协助，王大彰同志给予了许多具体帮助。在向上述单位和同志表示衷心的感谢。

笔者在编写中虽力求理论联系实际，使内容符合我国矿区建设发展的需要。但因水平，书中错漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1992年6月于阜新煤炭工业学校

目 录

论	1
一章 矿区控制网的布设	4
第一节 国家控制网概述	4
第二节 矿区平面控制网的布设	10
第三节 矿区三角网图上设计和实地选点	14
第四节 三角点的造标和埋石	17
二章 三角网的观测工作	22
第一节 精密光学经纬仪的基本结构和读数方法	22
第二节 经纬仪的三轴误差	34
第三节 经纬仪的检验与校正	39
第四节 水平角观测误差的来源及其影响	49
第五节 方向观测法与测站平差	54
第六节 归心改正及归心元素的测定	61
第七节 垂直角观测	67
三章 精密距离测量	73
第一节 概述	73
第二节 电磁波测距的基本原理	74
第三节 电磁波测距仪的使用方法	77
第四节 电磁波测距的误差分析	87
第五节 电磁波测距仪的检测	91
第六节 电磁波测距的作业要求与成果化算	104
第七节 殷钢尺丈量距离简介	109
四章 矿区高程控制测量	116
第一节 矿区水准网的布设	116
第二节 精密水准仪、水准尺及其检验	118
第三节 精密水准测量的主要误差来源及其影响	130
第四节 水准测量的作业方法	132
第五节 跨越障碍物水准测量	138
第六节 水准测量概算	141
第七节 三角高程测量	145
五章 高斯投影与观测成果化算	153
第一节 参考椭球体的概念	153
第二节 高斯投影的一般概念	157
第三节 椭球面上三角网化算到高斯投影平面的概念	160
第四节 三角网的投影计算	162
第五节 坐标换带计算	174
第六节 高斯投影正、反算及换带的PC—1500计算程序*	179

第六章 三角网的计算	186
第一节 概述	186
第二节 三角网概算	187
第三节 三角网观测质量的评定	194
第四节 三角网最后坐标计算	199
第五节 矿区三角测量的技术总结	213
第六节 三角测量概算PC—1500计算程序*	217
第七章 矿区控制网的精度估算与设计	232
第一节 三角网精度估算的基本方法	232
第二节 三角网边长和坐标方位角的精度估算	235
第三节 高程控制网的精度估算	243
第四节 矿区控制网布设的基本形式	246
第五节 控制网的精度和密度	250
第六节 控制网设计中的几个技术问题	255
第七节 控制网的技术设计	259
参考文献	263

绪 论

一、矿区控制测量的任务和作用

矿区控制测量的任务，是在矿区范围内设置并精确地测定一些点的空间位置，以构成控制网，作为地形测图和工程测量的控制基础，为矿区的开发、建设和整个生产过程提供必要的控制点点位资料。因此，矿区控制测量实质上，就是在矿区地面上，通过建立水平控制网（也称平面控制网）和高程控制网，精确地测定组成控制网的各控制点的平面坐标 (x, y) 和高程 (H) 。

矿区控制网是矿区一项重要的基本建设，是开发矿藏资源不可缺少的重要一环，对于整个矿山的开发和生产都有着非常重要的作用。

1. 矿区控制网是矿区地形测图的控制基础

矿区开发所经历的地质勘探、矿山设计与施工、矿井生产三个阶段，都需要有相应比例尺的地形图作为依据。各个井田范围的地形图必须能互相拼接和利用，同时还要求同一比例尺的地形图的精度应相一致。要达到这样两个目的，就必须在全矿区范围内布设密度均匀和精度统一的矿区控制网，作为矿区地形测图的控制基础。

2. 矿区控制网是进行矿山工程测量的依据

矿区建设和生产过程中，需要进行多种多样的工程测量。如地面上各种建筑物的施工放样，井口和各种钻孔位置的标定，地面和井下的联系测量，矿井之间的地下巷道贯通，地表和岩层沉降及露天矿滑坡观测等等。所有这些测量工作，都必须以具有一定精度的控制点作为起算依据。矿区控制测量工作的好坏，将直接影响到矿山建设的速度和各项工程的质量。例如井巷贯通测量，若使用了精度低劣的控制点作为依据，就会影响贯通质量，甚至造成重大事故。

二、矿区控制测量的内容与作业程序

矿区控制测量的主要内容为：

(1) 建立全矿区统一的控制网——水平控制网和高程控制网，并满足相应的精度指标；

(2) 由于控制点点位是根据相应的边长、角度、高差等元素计算而来的，所以要研究测边、测角、测高的仪器构造和性能，作业方法，以及消除或减小各种误差影响的措施，以保证测量成果的质量；

(3) 研究根据边长、角度、高差等观测成果推算控制点点位的理论和方法，求得各控制点的平面坐标和高程。

矿区三、四等控制测量的工作程序如图0-1所示。

三、我国矿区控制测量的发展状况

控制测量（又称大地测量）始于两千多年以前，是一门具有悠久历史的科学。在封建社会里，受生产和科技水平的限制，测量仪器和测量方法都带有原始性，测量结果的精度也很低。到17至18世纪，由于大工业的出现，生产和科技水平大为提高，随着精密光学仪

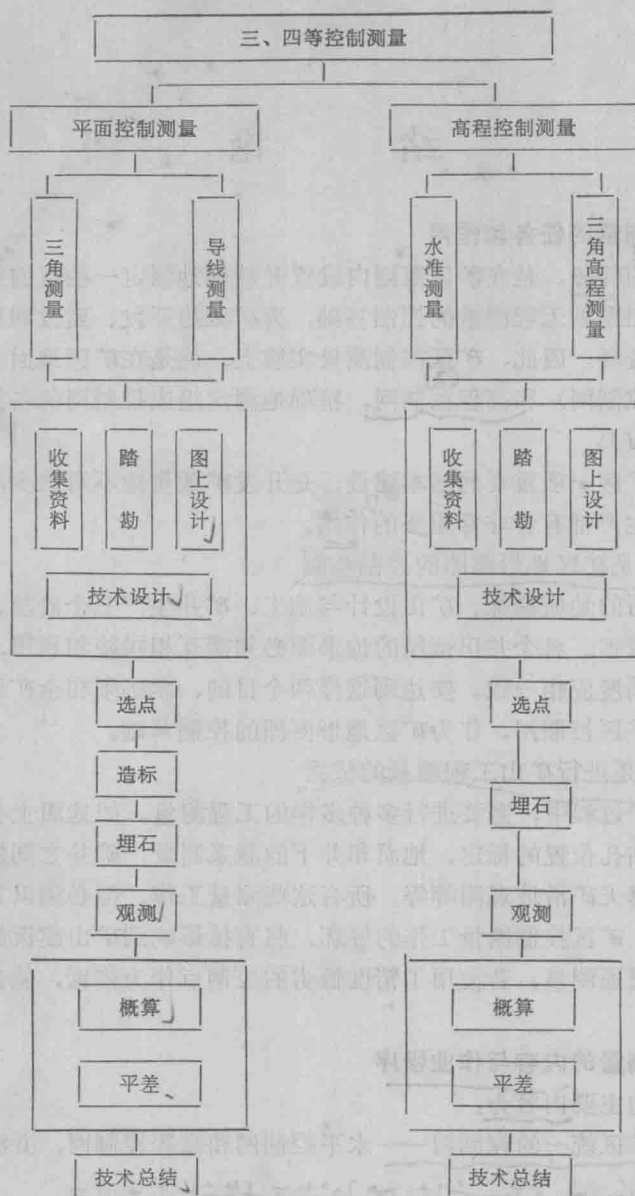


图 0-1

器研制与发展,促使测量方法趋于完善,于是控制测量有了长足的发展。从19世纪末到20世纪中叶,生产和科技水平达到了新的高度,控制测量的理论、技术和仪器等也得到了飞速发展,其中有些一直沿用到今天。

解放前,我国矿产资源为帝国主义和官僚资产阶级所占有,他们只顾牟取暴利,进行掠夺式开采,根本不考虑矿区的合理开发,对矿区测量工作更是不予重视。致使测量工作发展缓慢,水平很低,除个别几个较大煤矿以外,多数矿山根本就没有矿山测量专职机构。因而各矿山的测量控制系统极为混乱,测量精度很低,测量资料残缺不全。

解放后,我国的测绘事业有了很大的发展。精密光学经纬仪、精密水准仪、电磁波测

距仪和电子计算机等新型测绘仪器和工具不断涌现,测绘方法也得到改善。矿区控制测量的发展,有力地支持了矿区的发展与建设。

近年来,发展最快的是各种新型的电磁波测距仪,正向着高效、轻巧、多功能和数字化、自动化方向迈进。尤其是各种新技术被广泛应用,测绘仪器的自动化程度越来越高。有些仪器已能将测角、测距、测高和距离计算等作业,在同一台仪器上实现。在内业计算方面日益广泛地使用了电子计算机。不仅如此,目前有的仪器,可将观测数据用电子手簿记录下来,直接输入电子计算机,从而计算出待定点的平面坐标和高程。这对提高作业效率、减轻劳动强度取得了很好的成效。此外,最近几年来,伴随着计算机软件开发工程的发展,在某些大型矿区已经建成了矿区控制测量数据库,这无疑对矿区控制测量成果的管理又开辟了新的领域。

目前,我国的矿区控制测量在矿区开发、建设以及矿山生产上正发挥着越来越大的作用。我国地域辽阔,矿产资源丰富,开发矿业的任务十分艰巨,作为煤矿先行的矿区控制测量应当而且一定能够得到更大的发展。

第一章 矿区控制网的布设

矿区控制网是建立在国家控制网基础上的,是地区性的控制网,是矿区范围内一切测量的基础。矿区控制网的精度和布设情况,关系着矿区工程建设的质量和安全生产,对矿区的开发和建设具有深远意义。

矿区控制网在布设方法方面虽有其自身的特点,但它的平面坐标系统和高程系统与国家控制网应保持一致。因此,可以说矿区控制网是国家控制网的补充。为了学习和掌握矿区控制网建立的方法,需要对国家控制网有一个基本的了解。

第一节 国家控制网概述

一、国家控制网点位的确定方法

控制测量的最终目的是精确地确定地面点的空间位置。必须指出,由于地球的自然表面是一个高低起伏的不规则曲面,因此在地面上所测得的成果(长度、角度值)就无法在这样的曲面上进行数据处理。这就需要选择一个非常接近地球形状的、具有代表性的、能用数学公式进行计算的表面,作为地球的基准面。测量成果就是在这样的面上进行处理的。关于这方面的知识将在第五章中介绍。

(一) 控制点水平位置测定的方法

1. 天文测量方法

天文测量是根据天体运行规律,在测点上通过观测某天体(如北极星、太阳等)的高度和方位,并记录观测瞬间的时刻,从而确定该地面点的地理位置。这种方法是在各点上独立进行的,彼此之间没有任何依赖关系。因此,它具有组织工作简单和观测误差不积累等优点。但由于天文测量方法测定点位的精度不高,一般不用它来直接测定点位。

2. 大地测量方法

大地测量方法是以地面上已有的点(已知点)作为起始点,借助于在地面上所测得的水平距离和水平角值,来推算待求点坐标的一种方法。这种方法所测得的各点间要相互联系而构成网络,因此测量组织工作比较复杂,而且随着网的延展,观测误差还会不断积累。但它是利用图形几何关系推算各点坐标的,能达到较高的精度,所以它是测定点位建立水平控制网的主要方法。大地测量方法,按其观测元素和几何图形的不同,又可分为以下几种形式:特设的测量网,导线测量,但精度较三角网低。

1) 三角测量 在地面上选定一些相互通视的点,构成许多三角形,这些三角形毗连组成网状或锁状,故称为三角网(锁)。如图1-1所示,若已知1点的平面坐标、1点至2点的边长和坐标方位角,然后通过观测三角网中所有三角形的内角(如A、B、C角),就可以依次解算出三角网中所有的边长,推算出各边的方位角,进而求出三角网中各点的平面坐标,即确定各点的点位。

2) 导线测量 在地面上选定一系列相互通视的测点(导线点),由这些测点相接而构成的折线,称为导线。若已知导线中一点的坐标和一条边的方位角,通过测定导线的

各转折角和边长，则可以依次推算出其它各点的坐标，确定出各点的位置。

3) 三边测量 在三角网中不测各三角形的内角，而直接测定各条边长，使用这三条边长值求出三角形的内角，进而求出各点坐标的方法称为三边测量。

比较上述三种方法可以看出：三角测量的控制面积大，几何条件多，图形结构强，作业中便于检查角度观测质量，精度也较高。但是网中除起始边外，各边均是推算出来的，因而各边长的精度不均匀，其精度随着至起始边距离的增大而降低。

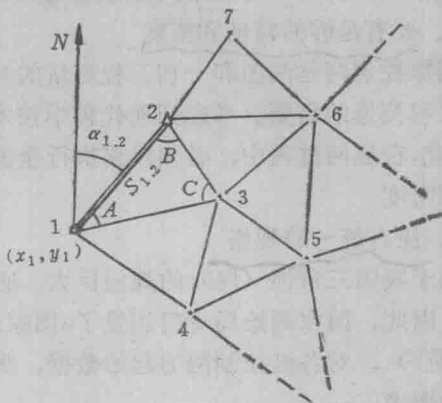


图 1-1

导线测量各边长都是直接量得的，因而边长的精度均匀，导线布设灵活，在隐蔽地区容易克服地形障碍。但是，导线测量控制的面积小，缺乏有效和可靠的检核方法，精度上不如三角测量有保证，而且在外业中，既要测角又要量边，组织工作比较复杂。

由于过去测距受仪器和精度的限制，三边测量在布设中很少被采用。随着电磁波测距仪向高精度及小型化发展，三边测量将会日益增多。这种方法几何条件较少，在测角网中加测部分边长，将是测定控制点点位的发展方向。

随着科学技术的发展，特别是人造地球卫星的发射和利用，大地测量从地面发展到空间。目前已经出现了许多测定地面点点位的新方法，在此不再一一赘述。

(二) 测定控制点高程位置的方法

1. 几何水准测量

几何水准测量，是利用水准仪直接测定两点间高差的一种方法。此法适用于在平坦地区布设水准路线，组成水准网。用水准网传递高程精度较高，它是目前建立高程控制网的主要方法。

2. 三角高程测量

三角高程测量，是测定两点间的距离和垂直角，通过计算得到两点间高差的一种方法。它适用于几何水准测量不易达到的三角点和导线点的高程传递，但由于精度较低，只能作为布设高程控制网的辅助方法。

二、国家一、二等三角网的布设方案

(一) 国家平面控制网的布设原则

我国领域辽阔，地形复杂，不可能用高精度、大密度的控制网一次覆盖全国。因为这样建网规模巨大，任务繁重，作业分散。因此，为了满足科研和生产的需要，必须遵循以下建网原则：

1. 分级布网、逐级控制

建立国家平面控制网的目的，除提供科学研究的数据外，主要是为在全国范围内的地形测图和工程测量提供统一的控制基础。这样各地区的地形图才能相互拼接。为此，我国采用了由高级到低级，由整体到局部的分级布网，逐级控制，依次加密的原则。即先以高精度而稀疏的一等三角锁，沿经纬线方向纵横交叉地布满全国，构成坐标统一的骨干大地

控制网, 然后, 在一等锁环内逐级加密二、三、四等平面控制网。

2. 要有足够的精度和密度

国家控制网是测图和一切工程测量的基础, 所以控制点的精度和密度必须满足测图和其它工程测量的需要。考虑到现代科学技术的发展, 对测定地面点位不断提出更高的要求。为此, 在建网过程中, 必须严格执行全国统一的测量法式和测量规范, 以确保控制网的精度和密度。

3. 应有统一的规格

用于我国三角锁(网)的规模巨大, 必须有大量的测量单位和作业人员分区同时进行作业。因此, 国家测绘局专门颁发了《国家三角测量和精密导线测量规范》。(以下简称《规范》), 对各级控制网的起始数据、观测数据的精度和网中的图形结构等, 均提出了明确的要求。

我国平面控制网的主要布设规格见表1-1。

表 1-1 国家平面控制网布设规格

等级	平均边长 km	图形强度限制(°)				测角中 误差 (")	三角形最 大闭合差 (")	起算元素精度		最弱边相 对中误差
		单三角形 任意角	中点多边 形任意角	大地四边 形任意角	个别最 小角			起算边长	天文观测	
一	20~25	40°	30°	30°		±0.7	±2.5	1:350000	$\angle \alpha \leq \pm 0.5''$ $\angle \lambda \leq \pm 0.3''$ $\angle \varphi \leq \pm 0.3''$	1:150000
二	13	30	30		25	±1.0	±3.5	1:350000	同一等	1:150000
三	8	30	30		25	±1.8	±7.0			1:80000
四	2~6	30	30		25	±2.5	±9.0			1:40000

(二) 一等三角锁的布设方案

由三角形或大地四边形连接起来构成向一个方向推进的锁形, 称为三角锁。我国一等控制网就是采用这种形式布设的。

一等三角锁是国家控制网的骨干。一般沿经纬线布成纵横交叉的锁系, 如图1-2所示。锁系两交叉处之间的一段称为锁段, 其长度大约为200km。一等三角锁的主要作用是作为二等及其以下各级三角测量的基础和为科学研究提供资料, 一般不直接服务于工程或地形测量。所以, 一等锁着重考虑的问题是精度而不是密度。

一等锁由近似于等边的三角形构成, 锁段中三角形的边长约为20~25km, 三角形的任一角不得小于40°, 三角形的个数约为16~20个。在地形比较复杂的地区, 可在单锁中插入一些大地四边形和中点多边形, 其求距角应不小于30°。一等锁各锁段中, 由三角形闭合差所算得的测角中误差不应大于±0.7"。

一等三角锁的起算元素, 应在锁段交叉处精密地测定, 即测定锁段交叉处的边长, 作为起始边, 在起始边两端测定天文经纬度和大地方位角。

(三) 二等三角网的布设方案

二等三角网是在一等三角锁的控制下布设的, 它是国家三角网的全面基础。因此必须兼顾精度和密度两个方面的要求。

二等三角网是以连续三角形的形式, 布设在一等锁环围成的地区内, 作为进一步加密三、四等控制点的坚强基础。它的四周与一等锁接边, 一等锁两侧的二等网也应连接成

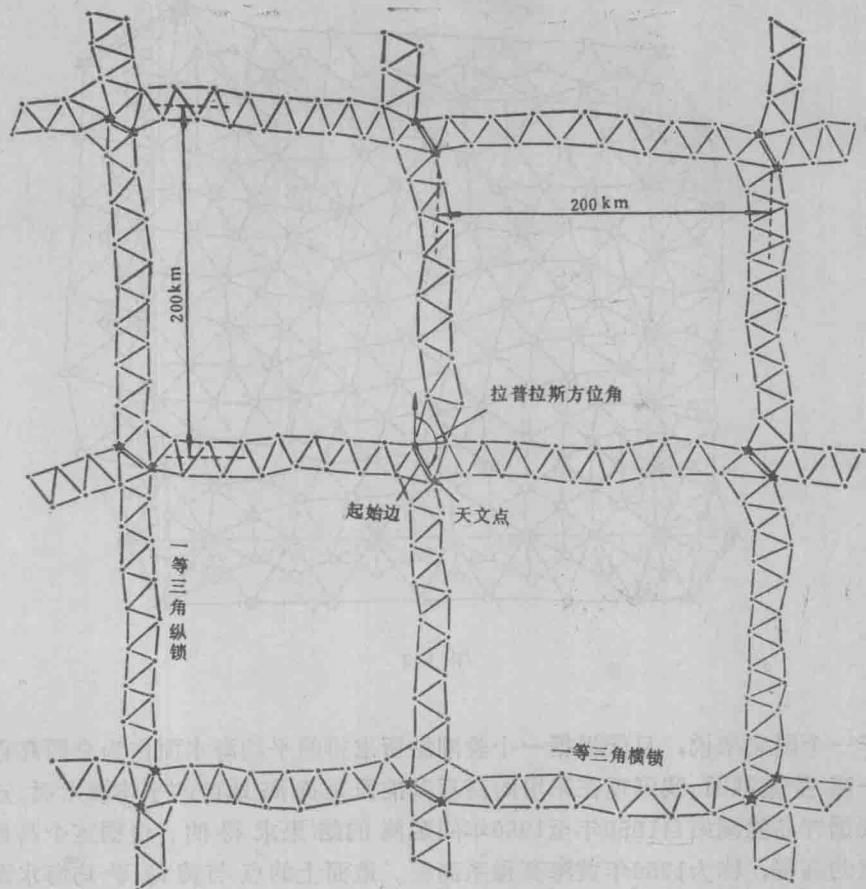


图 1-2

为连续的三角网，如图1-3所示。

二等三角网的平均边长为13km，这样的边长所对应的点位密度基本上能满足1:5万比例尺地形图的要求。为了保证和提高精度，控制误差的传播，一般要在二等网的中央测定起始边及其两端点的天文经纬度和方位角。当二等网面积过大时，还要在适当位置加测几条起始边，使任一条二等边至最远起始边的距离不超过12个三角形，或距最近的一等边不超过7个三角形。此外，网中三角形的角度要在 30° 以上，最好在 60° 左右。由三角形闭合差计算的测角中误差不得超过 $\pm 1.0''$ 。

三、国家高程控制网的布设方案

(一) 高程基准面与水准原点

高程基准面就是地面点高程的统一起算面。由于大地水准面所形成的形体——大地体是与整个地球最为接近的形体，因此通常采用大地水准面作为高程基准面。

大地水准面是假想海洋处于静平衡状态，并延伸到大陆地面所形成的封闭曲面。事实上，海洋受着潮汐，风力等外力影响，永远不会达到静平衡状态。因此，在海洋的任何一点上，总是存在着升降运动。人们只能在海洋近岸处设立验潮站(观测点)，利用固定的标尺，经过长期观测求出海水面的平均位置。大地水准面就是通过该点的平均海面。

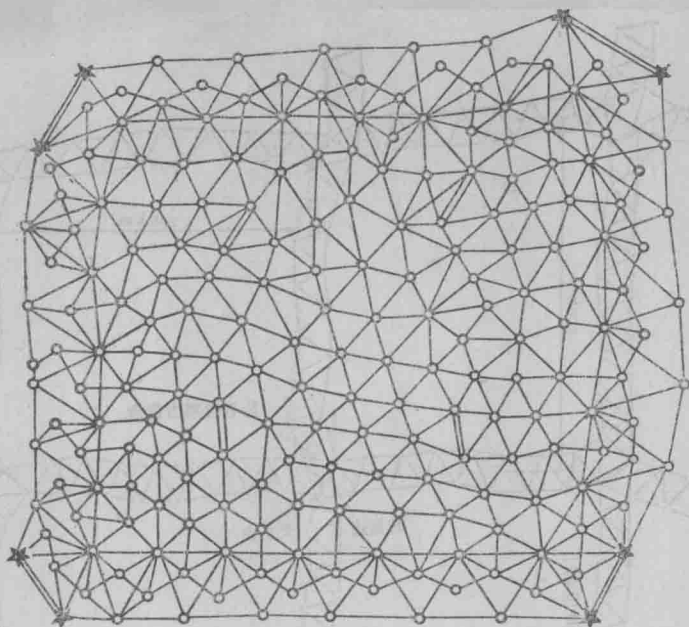


图 1-3

对于一个国家来说，只能根据一个验潮站所求得平均海面作为全国高程的统一起算面——高程基准面。我国现在采用的高程基准面是黄海地区的平均海面。这个平均海面是根据青岛验潮站自1950年至1956年间观测的结果求得的。根据这个高程基准面推算出各点的高程，称为1956年黄海高程系高程。地面上的点与黄海平均海面的比高，通常称为绝对高程或海拔高程，简称为标高或高程。

为了长期而牢固地确定出高程基准面的具体位置，以作为高程的起算点，必须建立一个与平均海平面相联系的水准点，这个水准点叫做水准原点。

我国的水准原点设在青岛附近。由一个原点和五个附点构成一个水准原点网。用精密水准测量对它们与验潮站的水位标尺进行联测，求得水准原点高出黄海平均海面的高度，此高度即为国家高程网的起始高程。

(二) 国家高程控制网布设的概念

国家高程控制网的任务是在全国范围内建立统一的高程控制系统，精确地测定一系列地面点的高程。其主要作用一方面作为全国性的地形测图和工程测量的高程控制基础，另一方面为研究地壳垂直运动，平均海面变化等科学技术问题提供精确的高程资料。国家高程控制网一般都使用精度较高的几何水准测量的方法来建立，所以国家高程控制网也称为国家水准网。

与布设国家平面控制网一样，若要在全国范围内用高精度的水准测量一次布设相当稠密的高程控制网，是很难办到的。所以，国家水准网的布设原则，也是采用由高级到低级，从整体到局部的办法分四个等级，逐级控制，逐级加密。同时各级水准测量都要采用相同的高程系统，做到精度一致，密度均匀。

国家一、二等水准测量路线组成高程控制网的骨干，然后再用三、四等水准测量路线

进行加密。国家一等水准网主要用来解决与高程有关的科学研究问题；二等水准网是国家高程控制的全面基础；三、四等水准测量则是直接为地形测图和各种工程建设提供高程控制资料。

(三) 国家水准网的布设方案及其精度

一等水准路线应沿着地质构造稳定、路面坡度平缓，交通不太繁忙的交通路线布设，并构成网状。环线周长在平原和丘陵地区应为1000~1500km，一般山区可放宽到2000km左右。

二等水准网应布设在一等水准环内，主要沿公路、铁路及河流布设，以保证较好的观测条件。二等水准网的环线周长，在平原和丘陵地区应为500~750km，山区和困难地区可适当放宽。

三等水准路线一般可根据需要在高等级水准网内加密，布设成附和路线，并尽可能互相交叉，构成闭合环。单独的附和路线，长度应不超过200km，环线周长应不超过300km。

四等水准路线，一般以附和路线布设于高等水准点之间，附和路线的长度应不超过80km。

各个等级的水准路线上，每隔一定距离应埋设稳固的水准标石，以便于长久保存和使用。国家水准点标石，分为基岩水准标石，基本水准标石和普通水准标石三种类型。其中，基岩水准标石埋设在一等水准路线上，每隔500km左右埋设一座；基本水准标石埋设在一、二等水准路线上，每隔60km左右埋设一座；普通水准标石埋设在各等水准路线上，每隔2~6km埋设一座。

国家水准网的布设，除了具有必要的密度外，还必须有足够的精度。《国家水准测量规范》规定，每条水准路线必须用测段往返测高差不符值计算每公里水准测量高差中数的偶然中误差 M_{Δ} ，如构成水准网的水准环数超过20个时，还需按闭合差计算每公里水准高差中数的全中误差 M_w （即为偶然误差和系统误差的综合影响）。

各等水准测量的 M_{Δ} 及 M_w 不得大于表1-2规定的数值。

表 1-2 各级水准测量精度表 单位：mm

水准测量等级	一等	二等	三等	四等
M_{Δ} 的限差	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 3.0	≤ 5.0
M_w 的限差	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 6.0	≤ 10.0

M_{Δ} 与 M_w 的计算公式如下：
 Δ km: M_w 另高差中数偶然中误差

$$M_{\Delta} = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{R} \right]}$$

(1-1)

$$M_w = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{F} \right]}$$

(1-2)

式中 Δ ——测段往返测高差不符值，mm；
 R ——测段长，km；
 n ——测段数；

W ——水准环闭合差, mm;

F ——水准环线周长, km;

N ——水准环数。 $N > 20$

第二节 矿区平面控制网的布设

一、矿区平面控制网的特点和布设原则

(一) 矿区平面控制网的特点

矿区平面控制网的主要任务, 是为矿区开发和生产各个阶段的地形测图和各项采矿工程测量服务, 因此, 它的布设就应该适应于采矿生产的需要和采矿生产的特定条件。具体地说, 矿区平面控制网应该具备以下四个特点:

1. 矿区的开发对控制网的要求具有明显的阶段性

矿区的地下资源经过地质勘探, 查明其确有开采价值后, 便在国家的统一计划下, 按所划分的井田组织进行矿井设计和施工, 然后投入生产。随着矿井建设的逐步发展, 在井田勘探、设计、施工和矿井生产等不同阶段, 对矿区控制网的要求是不同的。因此, 矿区三角网在布设时, 一定要有长期计划, 同时又要有近期安排。

2. 矿区开发对控制网的精度要求具有多样性

矿区开发的各个阶段, 工程种类繁多, 其性质和任务又不尽相同, 它们对矿区三角网的精度和密度的要求彼此差异很大。比如地形测图, 在地质勘探时期需要1:5000~1:10000各种比例尺的地形图; 矿井设计和矿井生产阶段则需要1:500~1:5000各种比例尺的地形图。所以, 矿区三角网应能满足1:500~1:10000各种比例尺地形图测绘的需要, 因此最低级控制点的相对位置误差应不大于 $\pm 5 \sim 100$ cm。至于矿区开发各个阶段的各项工程的要求更为复杂, 如贯通测量, 要想保证其偏差不大于 $\pm 30 \sim 50$ cm, 一般要求控制点的相对位置误差不应大于 $\pm 5 \sim 10$ cm。由此可见, 矿区开发过程中对控制网精度的要求具有多样性。

3. 采矿工程对三角网的需要具有经常性

在矿区建设和生产时期, 工程项目繁多, 要经常地进行测图和施工测量, 这些测量工作都需要以矿区控制点作依据。所以, 采矿工程对三角网的需要具有经常性。

4. 采矿生产对控制网的需要具有长期性。

一个年产90万吨的矿井, 生产年限大约为50年, 一个矿区可能有许多矿井同时生产或先后投入生产, 所以整个矿区的生产就要持续相当长的时期。因此, 建立矿区控制网应本着“百年大计”的精神, 保证质量, 以适应采矿生产的长期需要。

(二) 矿区平面控制网的布设原则

1. 按照统一规划布设、进行分区分期加密

根据分级布网, 逐级扩展的原则, 首先在全矿区内布设一个有统一精度的矿区基本控制网(或称首级控制网)。然后, 根据井田开发的先后和生产发展的程序, 按轻重缓急、分区分期进行加密。

2. 矿区内采用同一坐标系统, 并与国家坐标系统相统一

通常是根据地下资源埋藏情况, 并考虑到开采技术上的可能性和经济上的合理性, 将矿区范围的矿田划分为若干个井田。而各个井田位置邻近, 常常是开采同一矿层, 生产上有着相同的问题和密切的联系; 同时, 为查明地下资源的埋藏情况, 保证采矿生产能合理、

安全地进行,必须了解相邻井田的工程建设与生产动态。为此,要求矿区控制网应具有同一坐标系统,使各个井田的测量成果能相互参照,互相利用。

3. 精度上从远期着眼:密度上从近期着手

为了布设能适应矿区生产特点的控制网,必须统筹规划,既要满足当前的需要,又要考虑到矿区的发展和远景规划。在精度上力求能满足日后矿区发展的需要,在密度上则应从当前要求出发。例如,在勘探时期要求控制点的精度和密度均不高,因此在建网初期,在密度上能满足测绘勘探用图的需要即可,否则会增加工作量,影响工程完成期限。而在精度上,则应着眼于未来的矿区生产和建设的需要。这样,到那时只需在原网的基础上加密即可,毋需重新建立控制网。

4. 建立控制点时要充分考虑地质和开采情况,使其毁坏数最小

由于矿区控制网要服务于整个采矿生产的全过程,这就要求控制点的点位能长期保存。由于地表受开采的影响,往往有一部分控制点要产生位移或遭受破坏。因此,在布设矿区三角点时,必须充分收集和利用矿区的地质和采矿资料,把一些三角点,特别是首级三角点,尽可能设立在不受开采影响的地区,如老采空区、永久性煤柱,井田分界线等区域的上方,使发生位移和遭受破坏的控制点点数为最少。

二、矿区三角网的布设

矿区首级三角网应从实际需要出发,根据测区面积,测图比例尺及矿区发展远景,因地制宜地选择布网方案。矿区三角网一般分为:三、四等三角网和一、二级小三角四个等级。

我国矿区首级三角网的等级,一般是根据矿区范围和测图比例尺而定。例如:为了测绘1:2000比例尺的地形图,矿区面积在200~1500km²时,可以选择三等三角网为矿区首级控制网;当矿区面积在20~200km²时,可以选择四等三角网为矿区首级控制网;当矿区面积在20km²以下时,可选择5"小三角为矿区首级控制网。

新中国成立以来,各个矿区进行了大量的控制测量工作,积累了丰富的经验。近十几年,各有关部门又先后制定了《1:1000、1:2000及1:5000比例尺地形地质勘探工程测量规范》(1978年)、《工程测量规范》(1979年)、《城市测量规范》(1985年)等规范。这些规范是已往生产实践和科学实验所得经验的概括和总结,对于指导今后矿区控制测量工作具有重要的意义。

由于各种工程对控制网的要求不同,所以各规范中的条款规定也不尽相同。现将《城市测量规范》中规定的各等级三角网的主要技术指标列入表1-3。

三角网中三角形的每个角度一般应不小于30°,如受地形限制,或为了避免建造高标,允许小至25°。

三、矿区精密导线(网)的布设(城市工程平面控制网)

随着电磁波测距技术的发展,导线测量作为矿区平面控制的一种形式正在得到广泛的应用。特别是在已经建成的矿区,村镇稠密的平原地区,用导线测量方法加密平面控制和建立贯通等工程测量控制,往往比三角测量更为有利。

(一) 矿区导线的布设规格与形式

1. 矿区导线的布设规格

矿区的平面控制可以采用国家三、四等导线测量的方法来建立。对于四等以下的四