

292

地质勘探 工程测量

山西省地质局测绘队主编
测 绘 出 版 社



地质勘探工程测量

山西省地质局测绘队主编

测绘出版社

全书共分九章，主要包括三个方面的内容：第二～四章介绍勘探矿区的基本控制测量及加密图根控制测量，外业重点为红外光电测距；内业重点为几种典型图形及线形锁的平差和各种测角交会点的计算工作，并结合算例介绍了 EL—5002 电子计算器的应用。第五～八章介绍各种地质勘探工程测量的原理和作业方法及误差分析，内容力求结合生产实际，并介绍了有关新技术、新方法，如：激光指向、陀螺仪定向及航空摄影测量在地质勘探工程测量中的应用等。第九章介绍地质勘探工程测量有关图件的编绘方法。此外，在书后还编入有关附录供生产中参考使用。

本书章、节排列按生产作业程序编排，故主要作为地质勘探工程测量人员自学及工作中的参考书。也可供有关专业师生在教学及自学中参考。

地质勘探工程测量

山西省地质局测绘队主编

*

测绘出版社出版

冶金第一勘探公司测绘队印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32·印张 11 3/4·插页 6·字数 338.4 千字

1982 年 6 月第一版·1982 年 6 月第一次印刷

印数 1—7,000 册·定价 1.55 元

统一书号：15039·新 183

前 言

本书内容共分九章,主要介绍勘探矿区常用的控制测量及其计算方法;勘探工程测量的各项具体作业方法及精度分析;以及有关的图件编绘等。基本内容以常用仪器的生产作业为主,兼顾新仪器、新技术的采用,并力求与现行规范和手册相配合。

本书读者对象,主要供具有普通测量基本知识的地质勘探工程测量人员参考。

本书由山西省地质局测绘队负责主编工作,由山西省地质局测绘队、陕西省地质局测绘队、山东省地质局测绘队等单位参加组织协作。参加编写工作的有霍宇柱、孙善福、晋耀星、王依、杨峰柏、郑昌元等同志,最后由霍宇柱同志整理定稿。由于编者的水平限制,书中有不足和错误之处,恳请读者指正。

本书在编写过程中,承蒙邵自修、蔡维治、邵永根、张玉昆等同志提供了宝贵的资料,在此特致谢意。

编者 1979年11月.

第一章 绪论	(1)
§ 1 - 1 地质勘探工作的基本概念.....	(1)
§ 1 - 2 地质勘探工程测量的任务和意义.....	(1)
§ 1 - 3 地质勘探工程测量的内容和一般过程.....	(2)
§ 1 - 4 地质勘探工程测量的发展方向.....	(4)
第二章 矿区控制测量	(6)
§ 2 - 1 勘探工程对控制测量的基本要求.....	(6)
§ 2 - 2 矿区平面控制.....	(8)
§ 2 - 3 矿区高程控制.....	(13)
§ 2 - 4 距离测量.....	(17)
第三章 控制测量平差计算	(48)
§ 3 - 1 计算工作的组织和要求.....	(48)
§ 3 - 2 典型图形平差.....	(51)
§ 3 - 3 线形锁严密平差.....	(76)
§ 3 - 4 水准网平差.....	(106)
§ 3 - 5 三角高程网平差.....	(118)
第四章 加密图根控制测量	(124)
§ 4 - 1 测角交会点的计算.....	(126)
§ 4 - 2 图根线形锁的近似平差计算.....	(154)
§ 4 - 3 经纬仪量距(精密视距)导线.....	(163)
§ 4 - 4 加密图根控制点的精度估算.....	(178)
第五章 工程定位测量	(181)
§ 5 - 1 布设工程位置的基本原理.....	(181)
§ 5 - 2 勘探网及其连系测量.....	(186)
§ 5 - 3 地质点测量.....	(190)
§ 5 - 4 钻孔测量.....	(196)

§ 5 - 5	探槽、浅井测量	(202)
第六章	勘探线剖面测量	(207)
§ 6 - 1	概述	(207)
§ 6 - 2	剖面定线与点位埋设	(209)
§ 6 - 3	剖面线上的控制测量	(214)
§ 6 - 4	剖面测量方法	(217)
§ 6 - 5	用地形图切绘剖面图的方法	(227)
第七章	坑道测量	(230)
§ 7 - 1	坑道测量的一般概念	(230)
§ 7 - 2	近井点和坑口位置点测量	(232)
§ 7 - 3	坑道定线	(233)
§ 7 - 4	坑道内经纬仪导线测量	(243)
§ 7 - 5	坑道内高程测量	(248)
§ 7 - 6	通过竖井的平面连系测量	(252)
§ 7 - 7	贯通测量	(268)
§ 7 - 8	贯通测量的误差预计	(275)
第八章	物探测量	(282)
§ 8 - 1	物探测量的任务和内容	(282)
§ 8 - 2	物探测网的基本要求和布设方法	(285)
§ 8 - 3	物探测网的连测和精度估算	(301)
第九章	地质勘探工程测量有关图件编绘	(304)
§ 9 - 1	有关测量图件编绘的种类	(304)
§ 9 - 2	图件编绘的准备工作	(304)
§ 9 - 3	各种图件的编绘方法	(310)
附 录		(327)
一	地质勘探工程测量技术设计书编写规定	(327)
二	地质勘探工程测量技术总结编写规定	(331)
三	高斯投影之正、反算	(339)
四	边长投影改化表一、二	(346)
五	解析法新、旧坐标系换算	(350)

六	日本EL-5002电子计算器使用说明.....	(352)
七	等差级数标尺分划值表.....	(368)
八	极坐标法布设测线角度及距离表.....	(369)

第一章 绪 论

§ 1 - 1 地质勘探工作的基本概念

地质勘探，通常是指包括普查，详查和勘探在内的全部地质勘探工作而言。目的是探寻有用矿物，确定矿体的位置，产状、品位和储量等，为矿山设计和开采提供正确的地质矿产资源的勘探报告。

普查(详查)阶段，是根据所发现的矿点线索，初步查明矿产的品种，矿体的规模形态和产状，确定矿石的品位和储量等等，并对矿区有无进一步勘探的价值作出评价。在普查阶段，应配合以地表揭露工程及少量钻探工程等手段进行地质观察，并填绘中、小比例尺地形地质图。

勘探阶段，是对矿区进行更详细的勘查，以获得矿区地质构造、矿体产状、矿石品位、物质组分及储量等更可靠的地质资料，作为矿山建设和矿产开采的依据。随着矿产的种类、产状、水文地质条件等对勘探结果要求的精确程度不同，运用的勘探方法也不同。勘探过程中除仍采用地质观察，包括：地质点观察，地表揭露工程(剥土、槽探、井探等)外，并通过大量的钻探工程，以及物理探矿和化学探矿等方法，必要时还需作一定数量的坑道探矿工程，以进一步解决深部地下矿体埋藏的规模、产状和品位变化等情况。通过上述各种勘探方法的探查和地质科学的综合研究，最后编制矿区大比例尺地形地质图(通常为1:1000~1:5000)，以及绘制供研究矿体产状、品位和储量等的专用图纸，并对勘探结果提出综合地质报告。

§ 1 - 2 地质勘探工程测量的任务和意义

地质勘探工程测量，是工程测量学的一个分支。它通过大地、地形等基本测量工作及各种专门的勘探工程测量工作，为地质勘探事业服务。

前节所述矿产普查和地质勘探的全部生产过程中,都需要测量工作紧密配合。如在矿区内应首先布设基本测量控制网(根据矿区大小及基本比例尺地形图的精度要求确定相应的等级),在此基础上,进行加密图根控制测量,以及地质勘探工作从设计、施工到提交报告所需的矿区各种比例尺地形图(矿区最大比例尺地形图称为基本比例尺地形图)测量。然后按地质勘探工作的进程,进行地质勘探工程测量。地质勘探工程测量的各项作业,均在加密图根控制和矿区基本比例尺地形图的基础上进行。

在勘探工程施工前,应由测量人员按地质设计将各类勘探工程(槽、井、坑口、钻孔)布设于实地(俗称放样),施工中则按设计要求(方向、坡度等)指导施工。工程完工后应测定其最终坐标和高程,为编写地质报告和储量计算提供有关测绘资料。总之,为地质勘探工程的设计、施工及综合分析研究而进行的各种专门测量工作,统称为地质勘探工程测量。

从上面的叙述可以知道,地质勘探工程测量是地质勘探工作的一个重要组成部分,它的任务是:

- 1 按地质勘探工作的需要,提供勘探矿区的控制测量和各种比例尺的地形图等基本测绘资料;
- 2 根据地质勘探工程的设计,在实地定点、定线,提供工程的施工位置和方向,指导地质勘探工程的施工;
- 3 及时准确地测定已施工的工程的坐标和高程,为编写地质报告和储量计算提供必要的测绘数据和资料。

综上所述,地质勘探工程测量是地质勘探工作的一项重要的基础工作,它贯穿在地质勘探工作的全过程中,成为地质勘探工作不可分割的一部分。它的工作进度的快慢,作业成果和成图质量的优劣,都直接影响着地质勘探工作的速度和地质成果的质量。

§ 1 - 3 地质勘探工程测量的内容和一般过程

地质勘探工程测量的内容可分为基础测量工作和工程测量两部份。前者包括矿区测量控制网及其加密,以及各种比例尺地形测量。

后者包括各种勘探工程位置及物、化探测网的布设，及其完工后最终位置(坐标和高程)的测定(俗称定测)，以及某些特定工程的布设及施测，如：勘探线剖面测量及勘探坑道测量和特殊工程测量等，它们是在布设点位，线段方向和坡度的基础上，同时进行的施工测量。其它如地质观察点、地表矿体露头或采样点的测定，则相当于地形测图中地物点的测量。而重力测量中重力点的高程测量，则水准测量和三角高程测量，因其与地质勘探工作有关，亦统称为地质勘探工程测量。

在一个矿区进行地质勘探工程测量的一般过程是：

首先在矿区建立测量控制网，它不仅是矿区地形测量的基本控制，而且是矿区各项勘探工程测量的基础。勘探矿区的平面和高程控制网及其加密图根控制，应根据勘探矿区的大小、基本地形图比例尺、地形条件及各种勘探工程对控制网的精度要求等因素合理布置。具体布网方法、应注意的问题、精度指标等在第二章中摘要叙述。

矿区测量控制网建立后，即可进行矿区地形测量，系为地质勘探工程的设计、地形地质图的编绘，提供地形底图。其比例尺大小，随勘探矿区的矿种和矿床类型，以及对矿体储量计算要求的精度不同而定。具体作业方法限于专业性质及本书的篇幅，本书不予阐述。

根据矿区各级测量控制点(包括图根控制点)，布设和定测各种勘探工程，布设和施测勘探线剖面、勘探坑道、测定地质观察点位置等，随着地质勘探工作的进展，贯穿在整个地质勘探过程中。一般先进行地质测量及部分勘探线剖面测量和勘探网的定位连系测量，然后按地质设计进行工程布设及施工测量，最后定测工程坐标及施测所有为储量计算及编绘图件所需的勘探线剖面。

矿区物、化探测量，一般在勘探之前，按普查或详查做为单独的工序与物、化探工作同时进行。通常先布设测网基线，再测设测线，最后进行测网的定位连测。

各项观测数据及计算资料经检查无误后，应按地质需要编制各种与测量有关的底图。

上述各项作业内容，应按照作业程序及项目，参照有关“规范”、“细则”，结合矿区自然地理和地形条件，编写矿区地质勘探工程测量

技术设计书，呈报主管部门审批后，做为施工依据。整个矿区工程测量结束后，应按“技术设计书”的要求，进行技术检查和成果验收工作，并编写“技术总结报告”。

“技术设计书”和“技术总结报告”应与成果、成图一并上交。“技术设计书”和“技术总结报告”的内容和编写方法见附录一及附录二。

§ 1 - 4 地质勘探工程测量的发展方向

我国地质勘探工程测量，是随着地质勘探工作的发展而逐渐发展起来的。

近些年来，随着科学技术的不断发展，在地质勘探工程测量中也应用了摄影测量(包括陆地摄影测量、航空摄影测量、航天(卫星)摄影测量)、电磁波测距和电子计算机等技术，大大地提高了测量工作的效率和质量，减轻了作业人员的劳动强度。例如：陆地摄影测量除可绘制小面积较大比例尺地形图外，在地质工作中可用于露天开采矿山的勘探、设计及开采等阶段的有关工作，还可用于形变观测，研究断层、滑坡及冰川等地质现象。利用航摄照片进行野外地质填图及地物地貌调绘后直接绘制成地形地质图(地形地质一次成图)。在物探测量中，将设计的测网用仪器转绘(刺)在航摄照片上后，可拿到野外判读直接布设测点。在重力测量中，利用航摄照片，通过仪器读取地面有关点的高程，即可进行地形改正计算等。近年来出现了影象地图，它既有地物、地貌的直观形象，又有比例尺、坐标、高程等数量概念。利用影象地图进行上述各项实地判读定点和图上量算作业，则比航摄照片更加方便了。此外，航空(天)摄影测量在地质工作中引用后，还逐步发展起了一门独立的崭新的学科——遥感地质学。

在激光的应用方面，短程光电测距仪(1 ~ 2公里)对地质勘探工程测量最为有利，可用来进行各种地质勘探工程的布设和定测。激光指向仪及激光准直仪等则可用于坑道定向及竖井投影等工程测量工作中。

电子计算器及电子计算机，除可用于各种测量结果的计算工作，提高运算速度及运算结果的可靠性外，还可以和有关仪器配伍，提高

作业的自动化程度。

总之，随着我国社会主义建设的发展和四个现代化的实现，新技术和新方法将日益在地质勘探工程测量中引用。地质勘探工程测量为地质勘探事业服务的内容和范围将更加广泛，并将发挥更大的作用。

第二章 矿区控制测量

§ 2 - 1 勘探工程对控制测量的基本要求

矿区的测量控制网,是勘探工程测量的控制基础。矿区平面控制网和高程控制网应根据矿区的大小、地形条件以及各种勘探工程对控制网的精度要求合理布设。

进行勘探工程的目的是在于查明矿体的分布范围及储量,为此,必须根据勘探工程测量结果绘制成各种地质图件,以供推断地质构造时应用。为保证地质资料的连贯性和一致性(即各种图件应能按一定的精度梯度互相套合),这就要求,勘探工程测量控制网应与测绘地形地质图的测量控制网在坐标系、高程系、投影带的使用等方面都应当是一致的。地质勘探专业的测量规范规定,地形测图平面控制网和勘探工程测量的平面控制网,应采取国家统一坐标系统,即高斯正形投影平面直角坐标系,并将控制成果投影到参考椭球体面或大地水准面上。高程控制网应采用黄海高程系。这样地形地质图与国家基本图的套合,地形地质图与矿区其它地质图件的对照和套合都是有利的。

当利用国家三角网的成果,作为矿区控制网的起算数据时,应考虑最大比例尺(如 1:1000)地形测图时由投影引起的长度变形(将实地长度化算到投影面后的长度之差与长度之比),不致影响到地形测图。当采用 3° 带投影时,在中纬度地区(纬度为 40° 左右),边缘部分的边长变形约为 1/4500,即图上 1000 毫米的边长将有 0.2 毫米的差数,这对于地质制图是允许的。所以,地质勘探工程测量的平面控制网均应采用 3° 带中的成果。若勘探工程测量有更高的精度要求时,亦可采用 1.5° 带或任意轴子午线投影带(以测区中部的子午线为投影带的中央子午线),边长投影的高程面也可选在测区平均高程面上。

由于国家三角点坐标成果一般都是 6° 带中的成果,而且边长投影在大地水准面上,因此在利用矿区周围国家三角点的成果时,应进行

必要的换带计算,将该点在 6° 带的坐标成果换算成 3° 带的成果,以及视利用国家点成果的不同情况而进行的子午线收敛角计算及边长投影改化计算等。利用国家点成果的不同情况及其换算和改化的要求如下:

1 利用一组国家三角点坐标成果作为起算数据时:

由于 3° 带中央子午线的一半与 6° 带中央子午线重合,而另一半与 6° 带的分带子午线重合。所以,当三角点在 6° 带中央子午线东或西 1.5° 范围以内时,其坐标不需换算,只需改变一下带号。只有当三角点在 6° 带中央子午线以东(西) 1.5° 以上时,才需要换算。因为需要换算的点数不多,通常可利用《高斯、克吕格投影计算表》*,先将国家三角点的高斯平面坐标反算为大地坐标,再将反算的大地坐标按所在 3° 带中央子午线为准换算为 3° 带的高斯平面坐标。计算方法见附录三。

2 只利用一个三角点坐标及一条边的边长和坐标方位角时:

当三角点位于 6° 带中央子午线东(西) 1.5° 范围以内,而且边长投影的高程面仍采用大地水准面时,已知点坐标,边长及坐标方位角均不需改算。否则,应将其改算为所采用 3° 带(或 1.5° 带及任意轴子午线投影带)内的坐标、边长及坐标方位角。为此,除需按上法换算该点在新投影带的坐标外,尚需进行边长改化及子午线收敛角计算,将已知边长及方位角改算为新投影带的边长及方位角。

如边长投影面采用测区平均高程面时,尚需将大地水准面的长度投影到测区平均高程面上后再投影到新的高斯平面上。

边长投影改化及其用表见附录四,子午线收敛角计算及其用表见附录五。

此外,勘探工程测量控制网的精度应能满足勘探工程位置布设及定测的需要。为此,矿区测量控制网在建立时,应考虑测量资料的连贯性和系统性。即除满足基本比例尺地形测图的要求外,还应考虑地质勘探、矿山设计及矿山开采各阶段的需要。《地形、地质勘探工程测量规范》规定,勘探工程测量控制网等级和精度要求与地形地质图测图阶段的控制网是相同的,同时与国家相应等级控制网的精度指标也是

* 测量计算用表编算组编,测绘出版社1975年出版。

完全一致的。这样就为控制网的建立和相互利用提供了有利条件。

需要指出，在地质勘探阶段填绘大比例尺地形地质图时，其比例尺与矿区基本比例尺地形图是一致的，而不象填绘中、小比例尺地质图那样采用比例尺大一倍的地形图做底图。如果盲目追求过高的精度，强求比例尺大一倍的地形图做为矿区基本比例尺地形图，则控制测量及地形测量的工作量将成数倍的增加，从而造成人力和物力的浪费。对于勘探阶段所进行的勘探线剖面测量，其比例尺通常比地质图大一倍。基于上述原则，其有关精度要求应符合在矿区基本比例尺地形图上，而不必对原测图控制更新和提高精度。

另外，勘探工程测量控制网的点位及点的密度，与地形测量控制网有某些不同的要求。据此，除矿区地形测量阶段的等级控制点及图根控制点都可以作为勘探工程测量的依据外，根据需要可在原等级控制网的基础上加密 5" 小三角控制网，其下再布设两级加密图根控制点，以供勘探工程测量的需要。

当普查阶段或因勘探工程急需，在矿区布设了独立的勘探工程控制网，其后又另外建立测图控制网时，应对原勘探工程控制网进行必要的连测，并将原有工程坐标换算为新坐标系的坐标。新、旧坐标系的换算见附录六。

§ 2 - 2 矿区平面控制

一 矿区平面控制等级划分及精度指标

矿区平面控制网的等级划分及其加密层次见表 2 - 1：

表 2 - 1

基 本	控 制	图 根 控 制
首级控制	加密控制	
三等三角	四等三角	两级图根
	小三角	两级图根
四等三角	小三角	两级图根
5"10"小三角		两级图根

矿区各等级平面控制网的精度要求及边长范围见表 2 - 2:

表 2 - 2

等级	边长 (km)	测角 中误差 "	基线测量 相对中误差	扩大边或 起始边相 对中误差	最弱边相 对中误差	附注
Ⅲ等	5 ~ 8	±1.8	$\frac{1}{350000}$	$\frac{1}{150000}$	$\frac{1}{70000}$	
Ⅳ等	2 ~ 5	±2.5	$\frac{1}{200000}$	$\frac{1}{70000}$	$\frac{1}{40000}$	
5"	0.8 ~ 3.0	±5.0	$\frac{1}{60000}$	$\frac{1}{40000}$	$\frac{1}{20000}$	
10"	0.5 ~ 1.0	±10.0	$\frac{1}{30000}$	$\frac{1}{20000}$	$\frac{1}{10000}$	

矿区平面控制网划分成四个等级,是为了加密控制网的方便。当利用高级控制的长边加密低级控制网时,可以逐级加密,也可以越级加密。

上表中各级控制网的边长只规定了变动范围,未规定平均边长,这对于在测区不同情况下布网时,选择边长比较灵活。各等级间边长精度梯度的衔接关系是:高级网的最弱边精度相当于低级网的起始边精度。

二 平面控制网的布设方法

矿区平面控制网的布设,要根据该地区已有控制点的分布情况、地形情况、地质要求和现有的技术条件等因素,进行综合考虑后决定布网方案。在国家已知控制点较密的情况下,应采取插点或插网加密的方法,而在国家已知控制点较少的地区,则通常布设只具有必要起算数据的独立控制网。控制网的形状决定于矿床形状和分布范围,在狭长地区应布设三角锁,在块状地区则以布设三角网为宜。

当采用加密的方法布设控制网时,可以在国家已有控制网的基础上逐级加密,也可以越级加密。如在国家Ⅱ等控制网的基础上,以较大的边长缩小率直接布设Ⅳ等控制网,或在Ⅲ等控制网基础上直接布

设 5" 控制网。这样布设控制网不但可以减少层次、减少人力物力的消耗，而且还可以降低对观测仪器的要求。因此，越级布网法是一个比较经济的布网方法。由于加密网的观测量大，已知控制条件多，平差计算复杂，适用于电子计算机解算。如图 2-1，是在国家已有控制网基础上布设的有直接起算边的全面插网。网中： AB 、 CD 、 EF 为已知边。

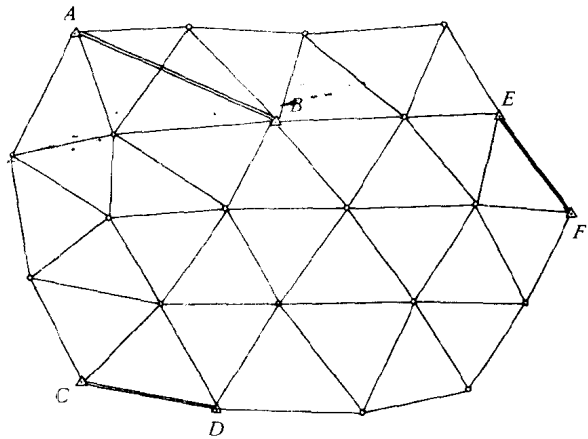


图 2-1

上述全面插网适用于已知点较多的大面积布网，当测区已知点较多而面积较小时，适宜用典型图形进行插点加密，然后再进行下一级加密。如在Ⅲ等控制基础上插入Ⅳ等点，再用 5" 小三角加密。如图 2-2， AB 为已知Ⅲ等点， CD 为用大地四边形插入的Ⅳ等点， Aab 、 cdD 及 $CefghD$ 等

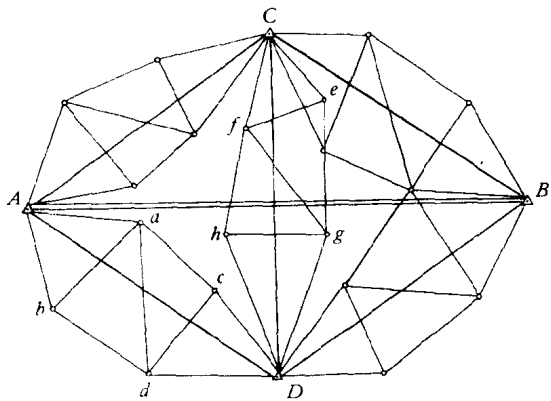


图 2-2