



I

高等学校教学用书

矿山测量学

第一分册

生产矿井测量

周立吾 张国良 林家聪 编

中国矿业学院出版社

内 容 提 要

矿山测量学共分三册：第一分册 生产矿井测量；第二分册 矿山建设施工测量；第三分册 露天矿测量。

本分册分三篇共十三章：第一篇为生产矿井测量方法，共五章；第二篇是与第一篇相应的生产矿井测量精度分析，共六章；第三篇是矿图，共二章。

本书除作为高等工科院校矿山测量专业教材外，还可供矿山测量和工程测量工作者以及采矿企业有关技术人员参考。

责任编辑 王火彰

高等学校教学用书

矿山测量学

(第一分册)

生产矿井测量

周立吾 张国良 林家聪 编

中国矿业学院出版社出版

江苏省新华书店发行 中国矿业学院印刷厂印刷
开本787×1092毫米1/16 印张28.75 字数690千字

1987年6月第1版 1987年6月第1次印刷
印份1—6000 册

ISBN*7-81021-006-8/TD·5

统一书号：15443·020 定价：4.75元



前 言

高等工科院校的主要任务，是为我国社会主义建设培养又红又专的高级工程技术人员。现阶段我国高等教育的任务是，“面向现代化、面向世界、面向未来”，为实现“四化”建设培养合格的专门人才。

编写与上述要求和当前科学技术水平相适应的新教材，是进行教育改革和提高教学质量的重要环节之一。

过去曾采用中国矿业学院编写的《矿山测量学》作为全国高等学校矿山测量专业的教材，对提高矿山测量课程的教学质量起了积极的作用。但是，随着现代科学技术的迅速发展，我国矿山测量技术水平又有了新的提高；同时，在课程内容和教学顺序上也有了变化。因此，我们根据煤炭系统高等院校矿山测量专业新的教学大纲要求，在原教材的基础上重新编写了《生产矿井测量》一书，作为新编《矿山测量学》的第一分册。

编写中，对所编内容尽可能作较全面的阐述，以便于学生自学，为教学方法改革创造有利条件。

本分册绪论、第一、六、十章由周立吾编写；第二、三、七、八、九章由张国良编写；第四、五、十一、十二、十三章由林家聪编写。全书初稿经讨论修改后，由周立吾统校定稿。

由于我们的水平有限，虽然做了很大的努力，但仍难免存在一些缺点和错误，敬请读者指正！

编 者

1986年8月

目 录

绪 论

第一节	矿山测量的任务	(1)
第二节	矿山测量的性质与作用	(1)
第三节	矿山测量人员必须具备的理论知识	(2)
第四节	矿山测量的发展	(2)
第五节	生产矿井测量概述	(4)

第一篇 生产矿井测量方法

第一章 井下平面控制测量

第一节	概述	(6)
第二节	井下经纬仪导线的角度测量	(9)
第三节	井下经纬仪导线的边长测量	(17)
第四节	用光电测距仪测量井下导线边长	(27)
第五节	井下经纬仪导线测量外业	(53)
第六节	井下经纬仪导线测量内业	(60)
第七节	陀螺定向-光电测距导线	(70)

第二章 井下高程测量

第一节	概述	(72)
第二节	井下水准测量	(75)
第三节	井下三角高程测量	(78)
第四节	井下单个高程导线的平差	(79)

第三章 矿井联系测量

第一节	联系测量的作用和任务	(82)
第二节	矿井定向的种类与要求	(82)
第三节	地面近井点、井口水准基点及井下定向基点的设置要求	(83)
第四节	地面连测导线的测量	(88)
第五节	一井定向方法	(89)
第六节	两井定向方法	(107)
第七节	陀螺经纬仪的工作原理	(114)
第八节	陀螺经纬仪的定向方法	(135)
第九节	导入高程	(153)

第四章 巷道和回采工作面测量

第一节	巷道和回采工作面测量的任务	(165)
第二节	巷道中线的标定工作	(165)
第三节	巷道腰线的标定工作	(176)

第四节	激光指向仪及其应用	(183)
第五节	磁岔及斜巷连接车场中腰线的标定工作	(190)
第六节	采区联系测量	(197)
第七节	采区次要巷道测量	(200)
第八节	回采工作面测量	(200)
第九节	金属矿山的采准和采场测量	(203)
第五章 贯通测量		
第一节	概述	(213)
第二节	一井内的巷道贯通测量工作	(215)
第三节	两井间的巷道贯通测量工作	(220)
第四节	立井贯通测量工作	(221)
第五节	贯通时关于井下导线边长化归到海平面和高斯投影平面的改正问题	(223)
第六节	贯通测量的施测	(226)
第七节	贯通后实际偏差的测定及中腰线的调整	(228)
第二篇 生产矿井测量精度分析		
第六章 井下导线测量的精度分析		
第一节	井下测水平角的误差	(230)
第二节	井下测量垂直角的误差	(242)
第三节	井下钢尺量边的误差	(243)
第四节	光电测距仪测边的误差	(252)
第五节	经纬仪支导线的误差	(258)
第六节	平差后的经纬仪导线的误差	(269)
第七节	陀螺定向-光电测距导线的误差	(286)
第七章 井下高程测量的误差		
第一节	井下水准测量的误差和按实际资料求误差参数的方法	(291)
第二节	井下三角高程测量的误差	(295)
第八章 井下导线网与水准网的平差		
第一节	概述	(299)
第二节	等权代替法	(299)
第三节	多边形平差法	(301)
第四节	导线网的电算平差	(312)
第九章 矿井定向的精度分析		
第一节	用垂球线投点的误差	(319)
第二节	用垂球线投向的误差	(325)
第三节	三角形连接法的误差及有利形状	(326)
第四节	四边形连接法的误差	(335)
第五节	两井定向的误差	(338)
第六节	陀螺经纬仪定向的精度分析	(352)

第十章 生产矿井测量设计

- 第一节 生产矿井测量设计的一般方法.....(360)
- 第二节 确定矿井主要测量工作精度标准的依据.....(362)
- 第三节 一般采矿工程的生产限差.....(363)
- 第四节 矿井测量工作必要精度的确定方法.....(367)

第十一章 贯通测量方案的选择与误差预计

- 第一节 概述.....(373)
- 第二节 一井内巷道贯通测量的误差预计.....(374)
- 第三节 两井间巷道贯通测量的误差预计.....(378)
- 第四节 立井贯通的误差预计.....(389)
- 第五节 井下导线加测坚强陀螺定向边后巷道贯通测量的误差预计.....(392)
- 第六节 贯通相遇点的最佳位置及任意贯通相遇点的误差预计.....(396)
- 第七节 贯通实测资料的精度分析与技术总结.....(402)

第三篇 矿 图

第十二章 矿井测量图

- 第一节 概述.....(407)
- 第二节 井田区域地形图与工业广场平面图.....(411)
- 第三节 水平主要巷道平面图与井底车场平面图.....(414)
- 第四节 煤层采掘工程投影图.....(418)
- 第五节 井上下对照图.....(425)
- 第六节 矿井地质图简述.....(426)
- 第七节 金属矿矿井测量图.....(430)

第十三章 矿图的绘制与复制

- 第一节 概述.....(433)
- 第二节 聚酯薄膜绘图材料.....(436)
- 第三节 聚酯薄膜绘图.....(438)
- 第四节 矿图的复制.....(440)

绪 论

第一节 矿山测量的任务

矿山测量是开发矿业过程中不可缺少的一项重要的基础技术工作。在勘探、设计、建设、生产各个阶段直到矿井报废为止，都要进行矿山测量工作。

在矿床勘探阶段，要建立勘探区域的地面控制网，测绘1:5000比例尺的地形图；标定设计好的勘探工程，例如钻孔、探槽及探井、探巷等，并将它们测绘到平面图上。与地质人员共同测绘、编制图纸资料 and 进行储量计算。

在矿山设计阶段，需要测绘比例尺为1:1000、1:2000的地形图，供工业广场、建（构）筑物、线路等设计用。还应进行土方量计算等工作。

在矿山建设阶段，主要是进行一系列施工测量。例如标设井筒或露天矿开挖沟道位置，工业与民用建（构）筑物放样，凿井开巷测量，设备安装测量及线路测量等。

在矿山生产阶段，需要进行巷道标定与测绘，储量管理，开采监督，岩层与地表移动观测与研究，露天矿边坡稳定性的观测与研究，参加采矿计划编制和环境保护的工作。

当矿山报废时，还须将全套矿山测量图纸、测量手簿及计算资料转交给有关单位长期保存。

综上所述，尽管煤矿和金属矿，地下开采与露天开采的具体工作任务各有其特点，但按其工作性质，可将矿山测量任务归纳为以下几项：

- 一、建立矿区控制网和测绘大比例尺地形图；
- 二、矿山基本建设中的施工测量；
- 三、测绘各种采掘工程图、矿山专用图及矿体几何图；
- 四、对资源利用及生产情况进行检查和监督；
- 五、观测与研究由于开采所引起地表及岩层移动的基本规律，以及露天矿边坡的稳定性，组织开展“三下”（建筑物下、铁路下、水体下）采矿和矿柱留设、造地复田的实施方案；
- 六、参加编制季度和年度采矿计划及矿区远景规划。

第二节 矿山测量的性质与作用

矿山测量学是采矿科学的一个分支学科，是采矿科学的重要组成部分。它是综合运用测量、地质及采矿等多种学科的知识，来研究和处理矿山地质勘探、建设和采矿过程中由矿体到围岩、从井下到地面在静态和动态下的各种空间几何问题。因此，它是一门边缘学科。它具有下述性质：

首先，矿山测量工作是为采矿生产服务的。因此，它在采矿企业中是一个重要的技术辅助部门。这是由它的服务性决定的。其次，它是在矿山开发各阶段的开始时就要进行的。因此，它具有先行性。再次是它的生产性。因为它本身就是生产的一个重要部门，而

且有直接产品——各种图纸资料。

正如煤炭工业部有关地质、测量若干规定所指出的，矿山测量工作是采矿工程的一项重要基础技术工作，是矿山生产和建设的组成部分。在贯彻执行安全、经济、合理地最大限度采出有用矿物的基本方针中，矿山测量部门通过自己的工作在采矿企业中起下列主要作用：

第一、在均衡进行生产方面起保证作用。在这一方面主要是通过及时提供反映生产状况的各种图纸资料，准确掌握各种工业储量变动情况，参与采矿计划的编制和检查其执行情况来实现的。

第二、在充分开采地下资源和采掘工程质量方面起监督作用。矿山测量人员应依据有关法令和规定，经常检查各种已完成的采掘工程质量，对充分合理地采出有用矿物执行监督，以减少各种浪费、特别是地下资源的浪费。

第三、在安全生产方面起指导作用。充分利用所测绘的各种矿山测量图，发挥较全面地熟悉采掘工程的特点，及时而正确地指导采矿巷道不使掘入危险区内。同时，要尽量准确地预测由于地下采空后所引起的岩层与地表移动的范围，以避免建筑物的破坏和人身安全事故。

综上所述，矿山测量常被誉为矿山的“眼睛”是有一定道理的。

第三节 矿山测量人员必须具备的理论知识

矿山测量人员在采矿企业中要想出色地完成上述各项任务，充分发挥应有的作用，除了要有高度的政治思想水平和认真负责的工作态度外，还应有一定的理论知识和实际经验。根据矿山测量是测量、地质及采矿边缘学科的这一性质，矿山测量人员应具备三个方面的理论知识。

首先，必须掌握测量方面的知识，这是最基本的。这方面的知识有地形图测绘，矿区控制测量，测量误差及其平差，矿山测量及矿图绘制，大地测量仪器学，摄影测量等。这些都有相应的课程讲授。

其次，是地质方面的知识。必须掌握地质基本理论及矿井地质，矿体几何等知识，以便研究矿体的形状、性质及赋存规律和计算储量、损失贫化等问题。

再次，是采矿知识。主要是通过学习采矿方法来了解采矿的全过程，以便更好地参加采矿计划的编制，并进行监督检查和研究岩层与地表移动等问题。

为了学习和掌握上述理论知识和国外矿山测量方面的信息，还必须学习一些基础理论知识，如高等数学（含工程数学）、力学（含工程力学）、投影几何及机械制图和外语等。

第四节 矿山测量的发展

矿山测量是一门应用科学。它是从采矿实践中产生和发展起来的。我国的采矿事业是世界上发展最早的国家，在公元前二千多年的黄帝时代就已开始应用金属如铜等。到了周代（公元前12世纪）金属工具已普遍应用。这说明采矿业已很发达。据《周礼》的记载，在周代已设立了专门的采矿部门，而且在开采时还重视矿体形状，并使用矿产地质图以辨别矿产的分布。这就说明当时我国的矿山测量已经有相当的成就。

我们伟大的祖国在测绘科学历史上也是有巨大贡献的，从1973年长沙马王堆出土的地图就是最有力的例证。该图所表示的内容相当丰富，绘制技术也达到了相当熟练的程度。它是目前世界上发现的最早的一幅地图。我国又是发明指南针的国家。我国在矿山测量的发展上也应该是有很大贡献的。但在这一方面我们还缺乏系统的研究。

在国外，意大利都灵保存有公元前15世纪的金矿巷道图。公元前13世纪埃及有了按比例尺缩小的巷道图。公元前一世纪，希腊学者格罗·亚历山德里斯基已对地下测量和定向进行了叙述。但是，在矿山测量发展过程中，德国和俄国起了很大的作用。

在德国，1556年出版了格·阿格里柯拉的《采矿与冶金》一书。该书第五章专门论述了用罗盘测量井下巷道问题和解决在开采过程中所发生的某些几何问题。在十六世纪后半期，在德国采矿业中开始出现一些专门从事测量井下巷道的工人，称他们为矿山测量员，并把他们为解决不同采矿主的开采边界与地面交点等采矿问题叫作矿山测量术。在德文中，矿山测量术一词为 Markscheidekunst。该词原意是地界 (Mark) 划分 (Scheide) 术 (Kunst)。传入俄国后，虽然许多学者曾建议改为“矿山几何学”使它名副其实，但由于矿山测量一词在俄国采矿业中根深蒂固很难更改。我国在解放初期照搬苏联的一套，故仍袭用矿山测量一词至今。

在俄国，M·B·罗蒙诺索夫的《冶金与采矿的首要基础》一书成稿于1842年，1863年才由科学院出版。该书在“矿井测量”一章中提供了解决采矿主要几何问题的方法。1847年Л·А·奥雷舍夫提出用经纬仪代替挂罗盘和半圆仪测量井下巷道。1904年，在俄国托姆斯克工学院成立了第一个矿山测量专业。1932年举行全苏矿山测量代表大会，建立了“中央矿山测量科学研究局”，后改组成“全苏矿山测量科学研究所”(BHNMN)。

为了交流各国矿山测量的生产、教学及科研方面的经验，探讨矿山测量和采矿工业的发展，在国际采矿学会下设立了矿山测量分会。1969年在捷克首都布拉格召开了第一届国际矿山测量会议 (ISM)。会议决定每三年召开一次。我国于1982年第一次参加了在保加利亚瓦尔纳召开的第五届国际矿山测量会议；又于1985年9月参加了在英国约克郡哈洛格脱召开的第六届国际矿山测量会议和测量仪器展览会。

我国由于长期的封建统治，使采矿业发展缓慢。新中国成立后，矿山测量事业随着采矿工业的发展而得到了迅速的发展。表现在生产上，各矿务局、矿都成立了专门的矿山测量机构，重建或改建了矿区控制网，进行了原图改革，开展了储量管理，损失贫化统计和岩层与地表移动观测等工作。现在，我国有数万人从事矿山测量工作，仅煤炭系统就有一万多；并且已开始应用陀螺仪定向、光电测距及电子计算技术。因此不论是仪器设备还是技术水平，基本上满足了生产的要求。

尤其是人才培养方面，继1953年在中国矿业学院（原北京矿业学院）成立了我国第一个矿山测量专业后，到目前为止，全国已有十一所高等学校和九所中等专业学校设置了矿山测量专业。并有五所高等学校和科研单位已培养硕士研究生，中国矿院还培养博士研究生。

在科学技术研究方面，1956年在唐山煤炭科学研究所成立了矿山测量研究室（1982年改为唐山煤炭科学研究分院矿山测量研究所）。该室自成立以来，大力开展了岩层移动和“三下”开采的研究，以及新的矿山测量仪器的研制，都取得了一定的成果。自1960年中国矿业学院研制成功精度为1'的第一台矿用陀螺经纬仪以来，目前已生产了精度为15"的矿用陀螺仪。

当前科学技术发展非常迅速。为了实现到本世纪末我国的工农业总产值翻两番的战略

目标,作为主要能源的煤炭产量将要翻一番,其它采矿业也将会有很大的发展。尽管解放后我国的矿山测量事业已有很大的发展,然而面对这种新形势,还要进行艰苦的努力才能完成自己的任务,起到应有的作用。当前我国矿山测量的发展应着重在以下几个方面:首先是在矿山测量的任务方面,除了前述六项任务外,应特别加强对地下资源开采的监督,同时还应积极开展造地复田等矿业环境保护工作和矿山的信息管理。其次,在科学研究上,除了继续推广陀螺定向、光电测距及电子计算机等新技术、进行岩移及三下开采研究外,需要积极对计算机技术在矿山测量的应用,其中包括测算绘图自动化及矿山资源信息管理等进行大力的研究。特别是在人才培养上,应对现有专业教育进行改革,加强基础理论,增添企业管理、信息技术等新内容以拓宽专业知识面,培养开拓型人才;同时应增加中等技术学校矿山测量专业的招生人数,培养更多的中级人才。

第五节 生产矿井测量概述

矿山测量工作就是为了分析与解决矿山中各种几何、采矿技术及其它问题,它是编绘各种采矿图纸资料所必需的测量和计算工作的总称。开采地下有用矿物的方法有地下(井工)开采和露天开采两种。由于开采方法不同,矿山测量的方法自然也不一样。在矿山建设时期的施工测量方法,也具有一些特点。因此,我们将矿山测量工作分为生产矿井测量、矿山建设施工测量和露天矿测量三个部分。本教材所编内容就是其中的第一部分,即生产矿井测量。

在矿山开发过程中,首先需要进行地质勘探。在决定采取地下开采方式之后,便可依据地质勘探资料进行矿井设计,再按设计进行建设。在矿井建设完毕、投入生产之后,便成为生产矿井。在上述各阶段中,都需要进行测量工作。生产矿井测量,就是在生产矿井中所进行的全部测量和计算绘图工作的总称。

生产矿井测量的对象主要是采矿巷道。井下巷道通常在时间上和空间上都是连续掘进的,也就是说它是不断变化的。因此,测量工作必须在矿井存在的时间内经常地进行。先要把巷道的位置在实地标出,并经常指示巷道掘进的方向,然后及时地把新掘的巷道填在图上,以保证采矿工作安全合理地进行。其次是矿体埋藏要素及其特征点的测定。它包括矿体的走向、倾角、厚度、顶底板面、断层要素、取样地点及井下钻孔孔口位置等。这些资料只是在被采矿巷道揭露时才能获得。它们是研究矿体形状、性质及绘制矿体几何图所必需的。当发现断层等地质破坏时,应及时测绘到平面图上,以便选择合理的方法探寻断失部分并加以开采。

生产矿井测量也和地面测量一样,其目的是测定点的空间位置,其任务是放样(标定)与测图,其内容也分平面测量和高程测量。通常生产矿井测量进行的顺序是,从地面控制网引测至井口,进行联系测量,即通过井筒把地面的平面坐标及高程传递到井下,然后沿巷道进行井下控制测量,最后进行各种碎部测量。除联系测量外,其它各项测量工作与地面相似。

井下测量必须遵守下列基本原则:

1. 测量顺序必须是高级控制低级。这样可以控制测量误差的积累以提高测量的精度。
2. 一切测量工作都应 与采矿所必需的精度相适应。精度过高是不必要的,而过低却是不能允许的。一般可按有关规范执行。对某些特殊工程的必要精度,应进行专门的测量

设计，并预计其精度能否满足该工程的要求。当满足要求时，则可按设计进行施测。

3. 对每项测量工作的正确性必须进行检查。测量是一种细致而繁重的工作。任何一点微小差错，都有可能导致巨大的工程浪费，甚至重大的安全事故。但是，由于测量过程中包括大量的操作、记录和计算，以致经常有可能产生一些差错。为此，除要求测量人员严肃认真细心地工作外，还应进行检查以便及时发现错误，加以改正。对单个测量要素，如角度、边长及高差等，应在野外按规定的要求当场进行检查。对整项测量工作的质量，还必须通过室内计算加以检查。例如导线测量，可用角度闭合差和坐标增量闭合差或两次测量较差来进行检查。

井下测量和地面测量相比，也有一些不同的地方。首先是井下测量的条件比地面差。在井下测量黑暗、狭窄，行人和运输繁忙，给测量造成一定的困难。其次是井下测量的对象经常在变化，因此在采矿的全过程需要连续地进行测量。此外，井下测量为了解决某些重要的矿山几何问题，还必须专门设计并按设计进行高精度的测量。

在生产矿井测量中，大量的工作是巷道掘进给向和填图测量。为了给向和测图，就必须进行联系测量和井下控制测量。这些就是本书所要研讨的主要内容。并将这些内容分为三篇：第一篇是生产矿井测量方法；第二篇为生产矿井测量精度分析；第三篇是矿图。当然，在生产矿井中还要进行地表及岩层移动观测，储量管理和参加采矿计划的编制等。有的矿井还要进行地面控制网的改建、扩建或重建、地形测量、以及延深井筒或新井建设等测量工作。这些工作都有专门的课程讲授。

学习本课程时，应充分利用已经学到的测绘知识，联系井下实际情况，掌握生产矿井测量、计算及绘图的基本知识和基本理论。同时对较熟练地操作仪器等基本技能，应给予足够的重视。

第一篇 生产矿井测量方法

第一章 井下平面控制测量

第一节 概 述

在井下测量中，平面控制测量是标定井下巷道掘进方向和测图的基础。因此需要了解井下平面控制测量的布设，使用的仪器工具、测量方法及要求等。

一、井下平面控制测量的特点

矿区地面平面控制网通常是在国家一、二等三角网的基础上建立的，一般布设成三角网。目前，由于激光测距仪的广泛应用，故可将矿区控制网布设成三边网、边角网或导线网。关于控制网的等级，是按矿区范围的大小来决定的。各等级网的作业方法及要求，均按国家有关规范执行。这些在《矿区控制测量》课程中学习。但应该注意的是，在布设矿区控制网时，应在每个井口附近至少设立一个控制点，以便将地面的坐标系统传递到井下去。这个点就叫作近井点。由近井点经井筒把地面坐标及方位角传到井底车场内的固定边上。以这个边作为起始边来布设井下平面控制网。但由于是在井下巷道中测量，故不可能象地面那样布设成三角或三边网、边角网，只能设立导线或导线网作为井下平面测量控制。由此可知，井下平面控制测量实际上是导线测量。

二、井下导线的等级

井下导线一般是从井底车场内的起始边开始，向井田边界分段测设的；而起始边的数据是由定向测量确定了的。根据煤炭工业部1975年颁发的《煤矿测量试行规程》（以下简称《试行规程》）的规定，井下平面控制分为基本控制导线和采区控制导线两级。基本控制导线精度较高，是井下的首级平面控制，一般敷设在斜井、暗斜井、平峒、水平（阶段）运输巷道、矿井总回风道、主要的采区上下山、石门等主要巷道中。基本控制导线又分为7"和15"两种，可根据每个矿井的具体条件选用其中一种作为井下测量的首级控制。一般是当井田一翼长度大于5 km时，宜选用7"导线作基本控制导线。

采区控制导线的精度较低，是井下的加密控制，一般由主要巷道中的基本控制导线点开始，沿采区上下山、中间巷道或片盘运输巷道以及其它次要巷道敷设。采区控制导线分为30"和45"两种，可根据采区一翼长度和煤层赋存情况等具体条件，选取其中一种作为采区控制。但应指出，对较大的综采区由于一翼较长（可达一公里多），而且对工作面的机运巷与回风巷之间的平行度要求又较高，因此上述采区的控制导线的精度很难满足它的要求，需要根据具体情况另行确定。

在井田一翼长度小于1 km的矿井中,可以采用45"导线作为首级控制。

通常矿井的主要巷道是由井底车场向井田边界逐步掘进的。在掘进时,需要指示巷道在平面内的掘进方向和竖直面内的坡度。一般把指示平面内的方向叫作给中线,指示巷道的坡度叫给腰线。为了给中线,还需要在大巷中敷设30"或45"导线,并依此及时测出已掘巷道的轮廓填绘到矿图上。当巷道掘进300~800m时,便要测设基本控制导线。这一段基本导线的起边和终边应与上面选定的给向导线边相重合,借以检查后者的正确性和保证矿图的必需精度。当巷道继续掘进时,应以基本导线所测得终边的数据为依据,继续用给向导线给巷道中线。当再掘进300~800m时,又延测基本导线。如此分段测设,直至井田边界为止。当用激光指向仪给向时,则巷道每掘进300~800m时,即测设基本控制导线以检查指向仪所指方向的正确性,并用检查后的指向仪的方向指示下一段巷道的掘进方向。

主要巷道中基本控制导线和给向导线的关系如图1-1示。图中的虚线表示给向导线或激光束,实线表示基本控制导线。

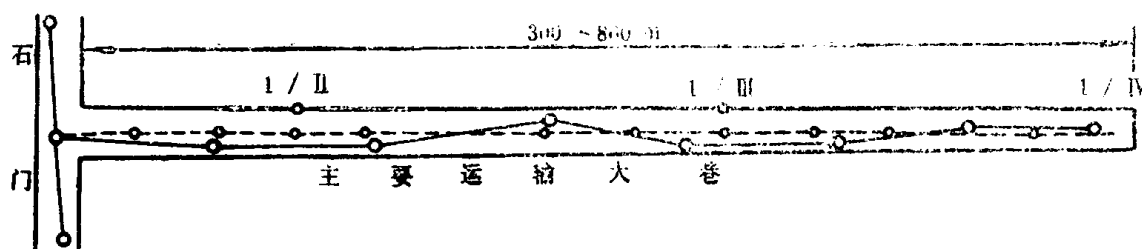


图1-1

对其它非煤矿的矿井的井下导线等级,应按有关部门的规范执行。例如黑色冶金矿山,应按冶金工业部颁发的、冶金工业出版社1981年出版的《黑色冶金矿山测量技术规范》执行。尽管规定的等级不同,但其测设过程基本相同,故不重述。

三、井下导线的类型

井下导线布设在巷道中,受到巷道掘进和开拓方式的限制,大多成支导线形式。但当已掘巷道增多时,也可形成闭合导线或导线网,如图1-2所示。当开采浅部或用多对斜井开拓时,能形成附合导线,如图1-3所示。由此可知,井下导线也和地面一样有支导线、附合导线、闭合导线及导线网等类型。但由于井下测量的某些特点,有在空间相交后形成的闭合导线,叫作交叉闭合导线,如图1-4a所示;坐标附合导线,即两锤球线坐标为已知的两井定向的井下导线,也就是地面测量中的“无定向导线”,如图1-4b所示;带陀螺定向边的方向附合导线,如图1-4c所示。

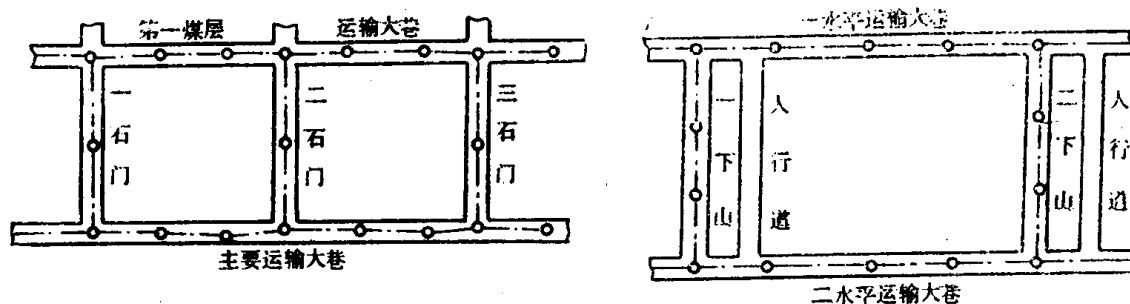


图1-2 闭合导线和导线网

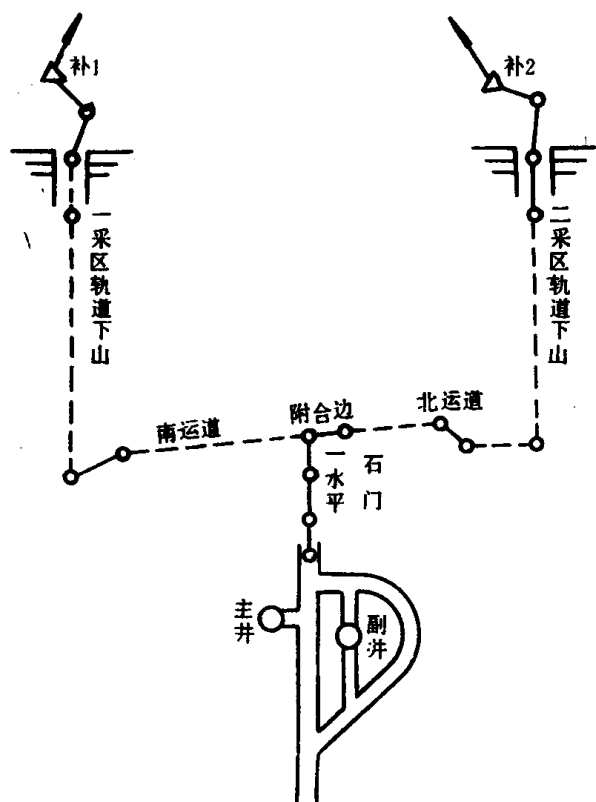


图1-3 附和导线

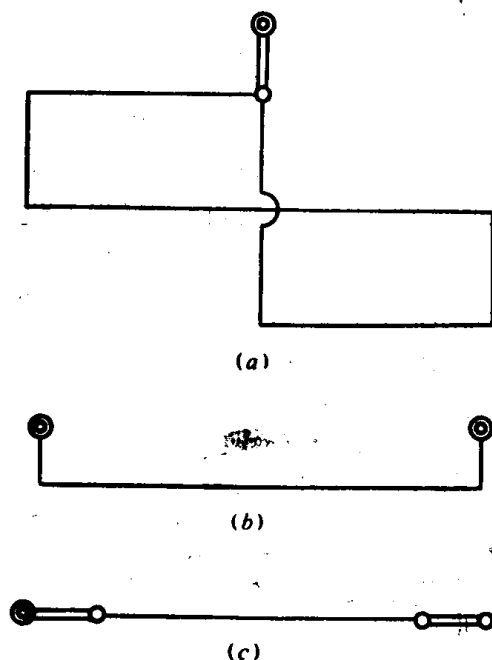


图1-4

上面是根据井下导线的形状和已知边（点）的连接方式来划分类型的。若以测量所用仪器为标准，井下导线又可分为经纬仪导线和陀螺定向-光电测距导线两类。经纬仪导线是因为用经纬仪测量导线两相邻方向间的水平夹角而得名，它的边长一般是用钢尺丈量的。陀螺定向-光电测距导线则是用陀螺仪测定导线每个边的方位角，而不用传统的经纬仪测量水平角；它的边长是用光电测距仪测量的。这种导线多用于井下某些精度要求较高的测量中。

四、井下导线点的设置

井下导线点按其使用时间的长短分为永久点和临时点。临时点通常要保存1~3a，永久点则保存时间更长些。

井下与地面不同的是，测点大多设在巷道顶板上。这是因为测点在顶板上具有容易寻找、不易被行人或车辆破坏等优点。同时，当用垂球对中时，仪器在点下对中比较方便、精确。只有当顶板岩层松软有可能移动或在某些特殊情况下，才将测点设在巷道底板上。

根据设置地点不同，永久点的结构也不同，如图1-5a为设在巷道顶板上的；b为设在底板上的。永久点的结构应以坚固耐用和使用方便为原则。因此，作为顶板点标志的铁芯最好接上一段铜头，这样既耐久又便于使用。用水泥浇灌的永久点，应在施测前一昼夜埋好，使混凝土凝固。

至于临时点，可根据具体条件采用图1-6所示的形式。图中a所示为在巷道棚梁上设点；b所示为在打入钻孔内的木楔上设点；c为将点用水泥或水玻璃粘在顶板上。

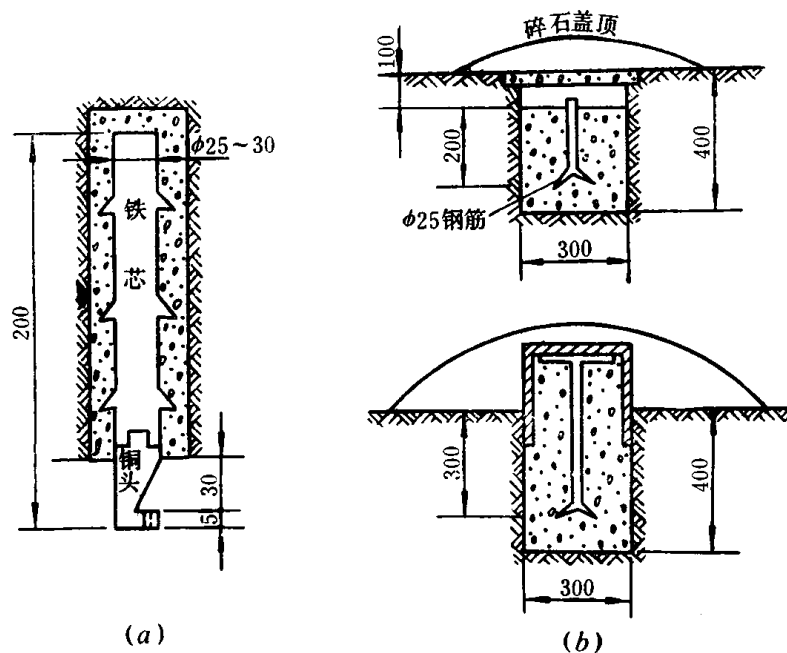


图1-5 永久点构造图

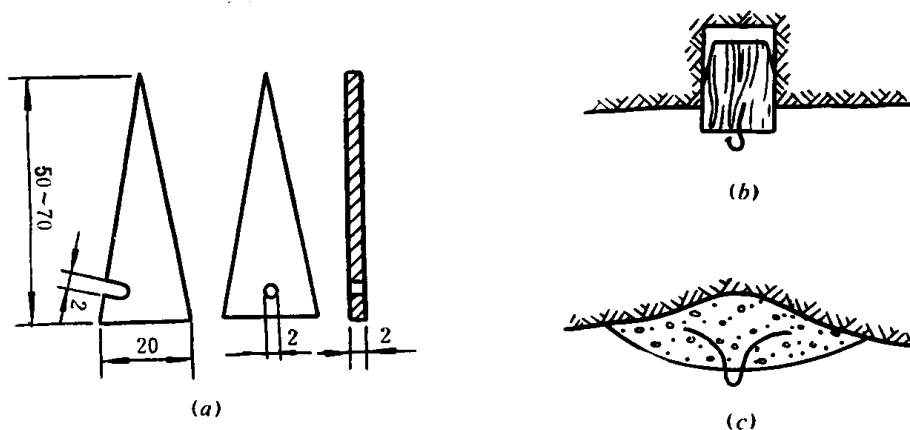


图1-6 临时点构造图

第二节 井下经纬仪导线的角度测量

一、矿用经纬仪及其检校与养护

由于井下测量条件与地面不同，所以对矿用经纬仪也应具有某些特殊结构以适应井下需要。这些要求是：

1. 井下测点大都设在巷道顶板上，因此仪器要在点下对中，这就要求经纬仪望远镜上刻有仪器中心，即镜上中心。地面所用仪器一般都有镜上中心，但也有一些没有镜上中心的，这就需要自己动手刻制。同时，由于井下风大，最好在镜上中心上安装光学对中器，这样既便于点下对中，又提高了对中精度。

2. 在倾角很大的急倾斜巷道中测角时，由于望远镜视线有时被水平度盘挡住，因此要求望远镜筒要短并具有目镜棱镜或弯管目镜、或物镜棱镜。最好是具有偏心望远镜，即在中心望远镜水平轴的一端再安装一个偏心望远镜，而在另一端配上平衡重。民主德国弗赖

伯格厂生产过的 veb Th 3 型矿用游标经纬仪就是这样的仪器。

3. 为了适应精度要求不高而工作条件又比较困难的井下次要巷道测量, 最好能将经纬仪悬挂在吊架上(固定于支架梁柱上), 而不是安装在三脚架上。上海红星仪器厂(上海第三光学仪器厂)生产的 KJ—120 型悬挂经纬仪就是这样的仪器。该仪器亦可安装在三脚架上。

此外, 井下阴暗潮湿, 有瓦斯和矿尘, 因此, 要求仪器有较好的密封性, 同时应有防爆的照明设备。由于井下导线边一般较短, 所以, 最好有供三架法测量的设备。

上海第三光学仪器厂曾批量生产了 DJK-6 和 DJK-30 型等矿用经纬仪。这两种型号的仪器均有向上对点器和防爆照明设备。

我国原第一机械工业部 1977 年公布的《经纬仪系列标准》是制造经纬仪的指导性文件。现将其要求的精度和主要用途列于表 1-1 中。

表 1-1

我国经纬仪系列标准摘要

型 号	DJ _{0.7}	DJ ₁	DJ ₂	DJ ₆	DJ ₁₅	DJ ₆₀
室内一测回水平 方向中误差 不超过	±0.6"	±0.9"	±1.6"	±4"	±8"	±40"
主要用途	国家一等 三角测量	国家二等三角 测量及精密 工程测量	国家三、四等 三角测量及 精密工程测量	大比例尺地形 测量及一般 工程测量	矿山测量及 一般工程测量	一般工程测量 及简易测量

我国大多数矿井, 特别是大型煤矿均用 DJ₂ 型经纬仪测量井下首级平面控制及其它精密测量, 而用 DJ₆ 型经纬仪测基本控制, 加密控制及次要巷道测量, 至于 DJ₁₅ 型经纬仪几乎没有应用。据了解, 目前我国各矿井所用的 J₂ 级经纬仪大多数是进口的, 而 J₆ 级经纬仪, 使用进口的不多, 大都是国产的。其牌号繁多, 不胜枚举。

上述各类仪器的机械结构、光学系统及技术性能等, 将在《大地测量仪器学》中讲授。

关于矿山经纬仪的检验和校正方法, 基本上与一般经纬仪相同。为便于复习和查阅起见, 现将 J₆ 级经纬仪的主要检校方法简述于下:

1. 照准部水准管轴应与竖轴垂直

检验: 大致安平仪器, 将照准部的水准管安置在平行于一对脚螺旋的方向上, 利用这一对螺旋使气泡居中。然后将照准部旋转 180°, 如气泡仍居中, 则合乎要求; 若不居中则需校正。

校正: 将气泡偏离量的一半用水准管校正螺丝改正, 另一半用脚螺旋调平。应反复进行几次, 直至气泡偏离量小于半格为止。

最后, 利用上述校正好了的水准管, 拨动圆水准器的校正螺丝, 使圆水准器的气泡居中。

2. 望远镜十字丝板应处于正确位置

检验：离仪器10m左右挂一根垂球线。整平仪器后瞄准此垂球线，如果十字丝的纵丝与垂球线重合，则无须校正；否则，应校正。

校正：拧下望远镜目镜端十字丝分划板的护罩，松动目镜座与镜管连接的四个校正螺丝，使分划板纵丝与垂球线重合或平行。对矿山使用比较多的DJ6-1型经纬仪来说，当拧下十字丝分划板的护罩后，便可见到如图1-7所示的形状。如纵丝歪斜很小，则可用小木棒朝需要改正的方向轻轻敲打分划板的校正螺丝1，使纵丝与垂球线重合或平行；若歪斜较大时，就要用螺丝刀拧松四个连接螺丝2，转动分划板将歪斜的十字丝校正过来，然后拧紧螺丝2和拧上护罩。校正后再检验一次，直到无明显歪斜为止。

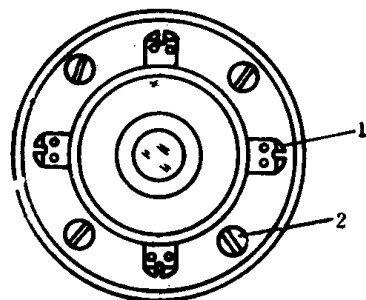


图1-7

3. 望远镜视准轴应垂直于水平轴

检验：安平经纬仪后，用正镜（盘左位置）瞄准远处大致与仪器同高的任一目标点，取水平度盘上读数 a_1 ；倒镜（盘右位置）再瞄准此点，取读数 a_2 。若 a_1 与 a_2 之差恰好等于 180° ，则视准轴垂直于水轴，否则应校正。

校正：微动照准部，使水平度盘对准在两次读数的平均值 $a_0 = (a_1 + a_2 \pm 180^\circ)/2$ 上。这时十字丝交点必然偏离所照准的目标点。然后取下十字丝板护罩，先松开上下两个校正螺丝（参看图1-7），再用一对水平校正螺丝移动分划板，使十字丝交点与目标点重合。

这个检校需反复进行，直到满足下述要求为止：

视准轴不垂直于水平轴的误差叫作视轴差，通常用 C 表示。视轴差虽可用正倒两个镜位观测来消除，但太大会影响仪器的使用，故应有一定的限度要求。一般认为 C 的绝对值不应超过 $10''$ 。

4. 横轴应与竖轴垂直

检验：安平仪器后正镜瞄准一倾角大于 30° 的高目标，固定照准部。在高目标下附近的地面上水平安放一根带毫米刻划的标尺。然后向下转动望远镜瞄准标尺并读数 a_1 ；倒镜瞄准高目标后同样在标尺上取读数 a_2 。若两读数相等，则横轴与竖轴垂直；不等，则须校正。

校正：微动照准部使望远镜十字丝交点瞄准标尺上的平均读数 $a_0 = \frac{1}{2}(a_1 + a_2)$ 点。再向上转动望远镜，则十字丝交点必偏离原来的高目标。用横轴的校正螺丝将轴的一端升高或降低，使十字丝交点与此高目标重合。

应该指出的是，各类仪器校正横轴倾斜的具体方法是不同的。DJ6-1型经纬仪是利用转动横轴右端的偏心轴承来校正的。当打开水平轴右端支架盖板后，便可看到偏心轴承2（图1-8）。松开三个固定螺丝1，就可用螺丝刀顺（或逆）时针拨动偏心轴承以改变横轴右端的高低。若倒镜读数 a_2 位于正镜读数 a_1 的左边，则顺时针方向拨动偏心轴承；反之，则逆时针方向拨动。

本校正应反复进行，直到横轴与竖轴的不垂直度不超过 $20''$ 为止。不垂直度即横轴倾