

煤炭职业教育课程改革规划教材

MEITAN ZHIYE JIAOYU KECHENG GAIGE GUIHUA JIAOCAI

煤矿测量

MEIKUANG CELIANG

● 主 编 邓 波 姬 婧
副主编 马玉晓 冯新顶

煤炭工业出版社

煤炭职业教育课程改革规划教材

煤矿测量

主 编 邓 波 姬 婧

副主编 马玉晓 冯新顶

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿测量/邓波, 姬婧主编. --北京: 煤炭工业出版社, 2010

煤炭职业教育课程改革规划教材

ISBN 978-7-5020-3745-1

I. ①煤… II. ①邓…②姬… III. ①矿山测量-职业教育-教材 IV. ①TD17

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 201531 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

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 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 14¹/₂
字数 342 千字 印数 1—3 000
2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷
社内编号 6555 定价 29.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

前 言

为满足煤炭工业新形势对煤炭职业教育发展的需要,加快煤炭职业教育教材建设步伐,依据培养技术应用型专门人才的要求和煤炭行业的自身特点,在广泛调研和征求意见的基础上,本着科学性、实用性、先进性的编写指导思想,我们组织有关教师编写了本教材。本教材采用模块形式进行编写,在编写过程中注重职业教育的特点,简化了理论体系,以实用、必需、够用为原则,力求使所讲内容尽可能与现场实践相结合。

本书由邓波、姬婧任主编,马玉晓、冯新顶任副主编。具体编写分工如下:河南理工大学高等职业学院冯新顶编写模块一,河南省中纬测绘规划信息工程有限公司邓波编写模块二、模块三及绪论,平顶山工业职业技术学院姬婧编写模块四和模块六,河南城建学院马玉晓编写模块五。全书由姬婧负责统稿。

在本书的编写过程中,吸收和借鉴了同类教材和书籍的精华,在此谨对各位原作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中可能存在错误和不妥之处,恳请有关专家和广大读者提出宝贵意见,以便再版时修改。

编 者

2010年9月

目 次

绪论	1
模块一 井下平面控制测量	3
课题一 井下平面控制导线的布设与等级	3
课题二 井下导线测量	6
任务一 井下导线角度测量	6
任务二 井下导线边长测量	11
任务三 井下导线测量外业	20
任务四 井下导线测量内业	25
课题三 井下导线测量误差	33
模块二 井下高程测量	52
课题一 井下水准测量及三角高程测量	52
任务一 井下水准测量	52
任务二 井下三角高程测量	56
课题二 井下高程测量的误差	58
课题三 井下高程测量的平差	64
模块三 矿井联系测量	67
课题一 地面近井点和井口水准基点的建立	67
课题二 矿井平面联系测量	74
任务一 一井定向	74
任务二 两井定向	83
任务三 陀螺经纬仪定向	89
课题三 矿井高程联系测量	101
课题四 矿井定向误差	104
任务一 矿井几何定向的误差	104
任务二 陀螺经纬仪定向的误差	114
模块四 巷道及回采工作面测量	121
课题一 巷道中线的标定	121
任务一 直线巷道中线的标定	121

任务二 曲线巷道、溜岔及垂直巷道中线的标定	125
课题二 巷道腰线的标定	132
任务一 斜巷腰线的标定	132
任务二 平巷及平、斜巷连接处腰线的标定	136
课题三 激光指向仪及其应用	139
课题四 采区测量	141
任务一 采区联系测量	141
任务二 采区次要巷道及回采工作面测量	143
模块五 贯通测量	149
课题一 贯通测量工作	149
任务一 贯通测量种类及工作步骤	149
任务二 一井内巷道贯通测量	155
任务三 两井间巷道贯通测量	162
任务四 立井贯通测量	168
任务五 贯通测量的施测与检查调整	170
课题二 贯通测量误差预计	176
任务一 井巷贯通测量误差预计	176
任务二 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	190
任务三 贯通实测资料的精度分析评定与技术总结	194
课题三 贯通测量方案设计	197
模块六 矿图	202
课题一 煤矿基本矿图的种类及其应用	202
任务一 采掘工程平面图	203
任务二 其他矿井测量图	211
课题二 矿图填绘与计算机辅助绘制矿图	219
参考文献	225

绪 论

一、煤矿测量的研究内容及任务

煤矿测量学是采矿学科的一个分支学科，是采矿学科的重要组成部分。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的学科。

煤矿测量是矿产资源开发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，都要进行煤矿测量工作。

在矿床勘探阶段，要建立勘探区域的地面控制网，测绘比例尺为 1:5000 等的地形图，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。还要与地质人员共同测绘、编制图纸资料 and 进行储量计算。

在煤矿设计阶段，需要测绘比例尺为 1:1000、1:2000 的地形图，作为工业广场、建（构）筑物、线路等设计的依据。还应进行土方量计算等工作。

在煤矿建设阶段，主要是进行一系列施工测量。例如，标设井筒的位置，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。

在煤矿生产阶段，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、采矿计划编制和环境保护与土地复垦等工作。

当煤矿报废时，还须将全套煤矿测量图纸、测量手簿及计算资料转交给有关单位长期保存。

综上所述，可将煤矿测量的主要任务归纳为以下几项：

- (1) 建立矿区地面和井下（露天矿）测量控制系统，测绘大比例尺地形图。
- (2) 矿山基本建设中的施工测量。
- (3) 测绘各种采掘工程图、矿山专用图及矿体几何图。
- (4) 对资源利用及生产情况进行检查和监督。
- (5) 观测和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）采矿和矿柱留设的实施方案。
- (6) 进行矿区土地复垦及环境综合治理研究。
- (7) 进行矿区范围内的地籍测量。
- (8) 参与本矿区（矿）月度、季度、年度生产计划和长远发展规划的编制工作。

二、煤矿测量在矿产资源开发中的作用

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的过程中，煤矿测量在矿产资源开发中起下列主要作用：

第一，在均衡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，准确掌握各种工业资源储量变动情况，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。煤矿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。充分利用测绘的各种煤矿测量图，及时正确地进行指导，使采矿巷道不掘入危险区内。同时，要尽量准确地预测由地下开采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的发生。

综上所述，煤矿测量在矿产资源开发中自始至终都起着十分重要的作用，被人们誉为矿山的“眼睛”是有一定道理的。

三、矿井测量工作的特点

煤矿测量与地面测量一样，仍然依照高级控制低级、每项测量有检查、测量精度应满足工程要求这3项原则进行。一般来说，地面测量的仪器、方法及基本理论，均能用于矿井测量。但矿井测量也有自己的特点：

(1) 工作条件不同。在井下黑暗、潮湿、狭窄、行人和运输车辆较多等困难条件下测量，需要采用适宜的仪器和方法。

(2) 测量对象不同。井下测量的主要对象是各种巷道，因受条件限制，平面控制只能采用导线测量方法。

(3) 考虑精度的出发点不同。地面测图的精度，不同的比例尺要求不同，且整个图纸的精度比较均匀。而井下导线因边短和定向误差等影响，其误差由井田中央向边界迅速增大，图纸各处精度均不一致。故《煤矿测量规程》（以下简称《规程》）根据一般采矿工程对导线最远点的精度要求，来制定井下基本控制导线的施测规格。

(4) 测量程序的不同。地形测量是在整体控制的基础上进行的。而井下测量则必须适应采掘工程的特点，一般从高级点起，先设次一级支导线进行控制、给向和测图，再设基本控制导线实行检查，当巷道贯通后逐渐构成闭（附）合导线。这种分段控制、给向和测图的特点，要求测量必须及时、严谨和准确，否则出现差错很难弥补。

四、煤矿测量人员必须具备的理论知识和学习方法

煤矿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，除了要有很好的政治素质和爱岗敬业的精神外，还应具备一定的理论知识和实际经验。根据煤矿测量是测量、地质、采矿及环保边缘学科这一性质，煤矿测量人员必须全面掌握测量方面的知识，具备地质、采矿、遥感与地理信息系统和矿区土地复垦等专业基础知识，同时，还应具有一些基础理论知识，如高等数学、力学、工程制图、计算机技术及外语等。

本书介绍的主要内容包括生产矿井测量方法、生产矿井测量精度分析、贯通测量及误差预计和矿图知识等。理论与方法看起来多而复杂，实质上可归结为平面测量和高程测量、坐标的正算与反算等，研究的基本问题仍然是点的空间位置，解决测图与测设两项主要任务。要抓住这个根本，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理论，在实训中培养熟练的操作技能和解决问题的本领，达到理论与实践相结合。

模块一 井下平面控制测量

井下平面控制测量的目的是建立井下平面测量的控制，作为测绘和标定井下巷道、硐室、回采工作面等平面位置的基础，也能满足一般贯通测量的要求。由于受井下巷道线状空间的限制，井下平面控制不能像地面控制那样可以有测角网、测边网、GPS网和交会法等多种可能方案，它只能以导线的形式沿巷道敷设。因而，井下平面控制测量实际上是导线测量。

课题一 井下平面控制导线的布设与等级

知识点

- ◇ 知道井下平面控制导线的类型、等级及布设形式；
- ◇ 熟知井下导线的等级要求、井下导线点的选设方法。

能力点

- ◇ 能够正确陈述井下平面控制导线的类型、等级及布设形式；
- ◇ 能够正确进行井下导线等级的选择及井下导线点的选设。

任务描述

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，作为一名合格的煤矿测量人员，需要知道井下平面控制导线的类型、等级及布设形式，熟知井下导线的等级要求及井下导线点的选设方法，能够正确进行井下导线等级的选择及井下导线点的选设。

相关知识

一、井下导线的等级

井下导线的布设，按照“高级控制低级”的原则进行。《规程》规定，井下平面控制分为基本控制和采区控制两类，这两类控制都应敷设成闭（附）合导线或复测支导线。其主要技术指标见表1-1。

基本控制导线按测角精度分为 $\pm 7''$ 和 $\pm 15''$ 两级，是井下的首级平面控制。它一般从井底车场的起始边开始，沿矿井主要巷道（井底车场、水平大巷、集中上下山等）敷设。在大巷中，通常每隔1.5~2.0 km应加测陀螺定向边，以提供检核和方位平差条件。

采区控制导线按测角精度分为 $\pm 15''$ 和 $\pm 30''$ 两级，是矿井的加密控制。它是以基本控制导线为基础，沿采区上下山、中间巷道或片盘运输巷道及其他次要巷道敷设。

表 1-1 井下控制导线的主要技术指标

导线类型	适用条件/km		测角中误差/($''$)	一般边长/m	导线全长相对闭合差	
					闭（附）合导线	复测支导线
基本控制	井田—翼长度	≥ 5	± 7	60 ~ 200	1/8000	1/6000
		< 5	± 15	40 ~ 140	1/6000	1/4000
采区控制	采区—翼长度	≥ 1	± 15	30 ~ 90	1/4000	1/3000
		< 1	± 30	—	1/3000	1/2000

注：30"级导线可作为小矿井的基本控制导线。

二、按所使用的仪器来划分导线类型

根据测量时所使用仪器的不同，井下导线可以分为经纬仪导线、光电测距导线、全站仪导线、陀螺定向—光电测距导线。导线测量中若用经纬仪测角，钢尺量边，这种导线称为经纬仪—钢尺导线，简称经纬仪导线；若用经纬仪测角，光电测距仪测量边长，这种导线称为光电测距导线；用全站仪测量角度与边长（或直接测定坐标）的导线称为全站仪导线；另外还有用陀螺经纬仪测定每条边的方位角，用测距仪测量导线边长的导线，即陀螺定向—光电测距导线。

三、井下导线的发展与形式

井下导线不是一次全面布网，而是随井下巷道掘进而逐步敷设的。当掘进矿井的主要巷道时，一般是随巷道掘进而先敷设低等级的 $\pm 15''$ 级或 $\pm 30''$ 级导线（图 1-1 中虚线），用以控制巷道中线的标定和矿图测绘，随巷道掘进每 30 ~ 100 m 延长一次。当巷道掘进到 300 ~ 500 m 时，再敷设 $\pm 7''$ 或 $\pm 15''$ 级基本控制导线，用来检查前面已敷设的低等级采区控制导线是否正确，所以其起始边（点）和最终边（点）一般应与低等级控制导线边（点）重合。当巷道继续向前掘进时，以基本控制导线所测设的最终边为基础，向前敷设低等级控制导线和给中线。当巷道又掘进 300 ~ 500 m 时，再延长基本控制导线。这样不断分段重复，直到形成闭（附）合导线和导线网，如图 1-2 和图 1-3 所示。

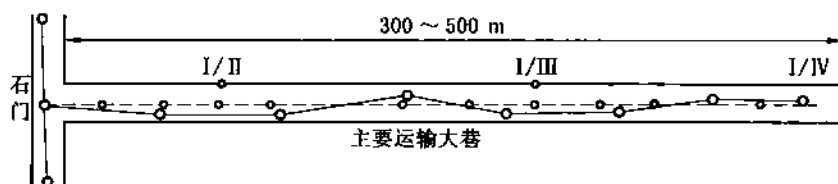


图 1-1 井下导线的发展

另外，由于井下测量的某些特点，有时会形成一些特殊形式的导线。常见的有交叉闭合导线、坐标附合导线、方向附合导线等（图 1-4）。

四、井下导线点的设置

井下导线点按其使用时间长短和重要性分为永久点和临时点。永久导线点应设在硐顶或巷道顶底板的稳定岩石中，在主要巷道中，一般每隔300~500 m 埋设一组（一般为3个）永久点，并用测角来检查其是否移动。永久点的结构应以坚固耐用和使用方便为原则，用作顶板点标志的铁芯最好焊上一段铜头（图1-5a）；设于巷道底板的永久点是将一段直径25 mm的钢筋用混凝土埋设于巷道底板（图1-5b），钢筋的顶端磨成半球面，并钻一中心小孔作为测点中心。临时导线点可设在巷道顶底板岩石中或牢固的棚梁上。

所有导线点均应作明显标志并统一编号，用红漆或白漆将点位圈出来，系上测绳，并将编号醒目地标记在导线点处的巷道帮上，以便于寻找。

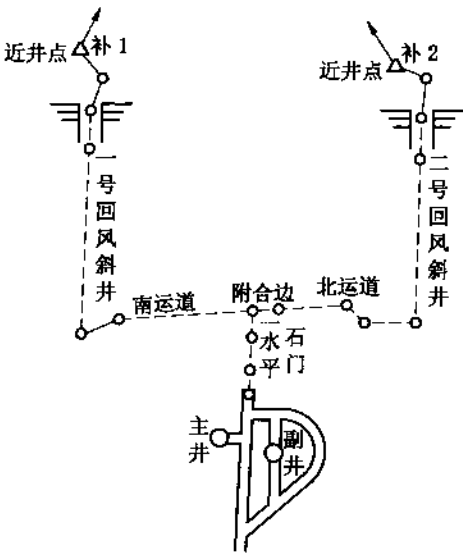


图1-2 附和导线

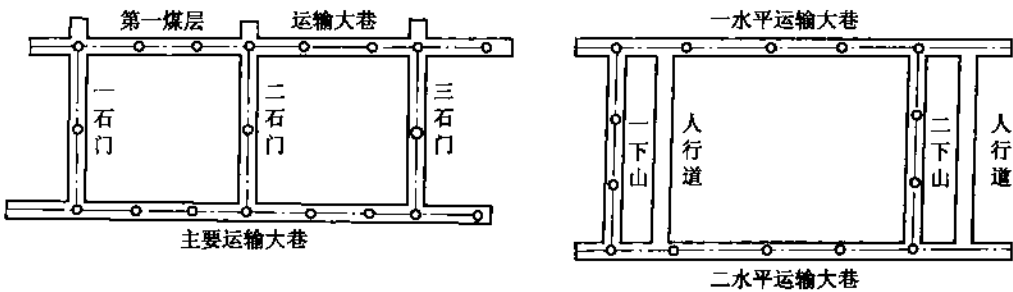


图1-3 闭合导线和导线网

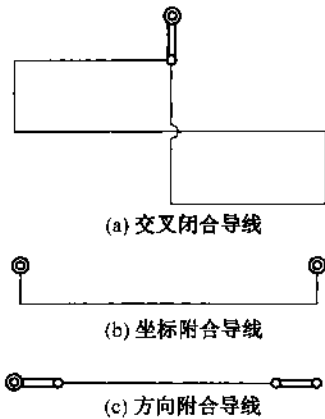


图1-4 特殊形式的井下导线

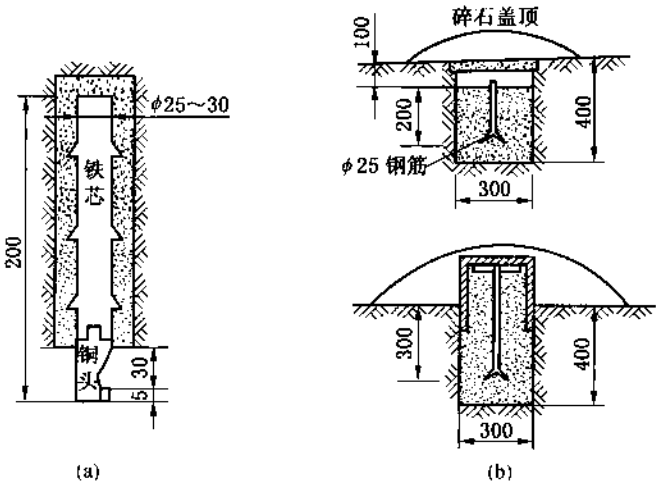


图1-5 永久导线点构造

任务实施

教师带领学生去矿井开采仿真实训室分组参观现代化矿井巷道布置模型，在熟悉井下巷道布置方式及巷道名称的基础上，根据教师给定的矿井基本情况（井田大小、采区一翼长度、巷道长度等数值），让学生确定每条巷道应布设的导线等级、导线点个数及导线点在巷道中的位置等，要求每人提交实训报告一份。实训报告内容包括模拟矿井基本情况、巷道布置示意图、每条巷道名称和布设的导线等级、个数及位置。

课题二 井下导线测量

任务一 井下导线角度测量

知识点

- ◇ 知道经纬仪检验与校正步骤及方法；
- ◇ 知道井下测角与地面测角的不同点；
- ◇ 熟知用测回法测量水平角及竖直角的方法及限差要求。

能力点

- ◇ 能够进行经纬仪检验与校正；
- ◇ 能够叙述测回法测量水平角及竖直角的方法；
- ◇ 能够用测回法正确进行水平角及竖直角的测量。

任务描述

角度测量是测量的基本工作之一，也是导线测量的基本内容之一。由于井下的特殊环境条件，而使井下测角与地面测角具有不同点。因此，应知道井下测角与地面测角的不同点，熟知井下用测回法测量水平角及竖直角的观测、计算方法及限差要求，能够用测回法测量水平角及竖直角。

相关知识

一、井下角度测量与地面测角的不同点

井下导线测量和地面导线测量的工作内容基本一样，角度测量所使用的仪器也是经纬仪（全站仪），但观测条件的不同，也就导致经纬仪（全站仪）的构造、安置、观测方法等方面的差异。

（1）仪器对中方法不同。在地面测角时，经纬仪在测点上方，是点上对中；而井下测点多设于巷道顶板上，经纬仪要在测点下对中（图1-6）。点下对中时，要求经纬仪望远镜筒上刻有仪器中心，即镜上中心（图1-7）。经纬仪在测点下对中时，要整平仪器，并令望远镜水平，由测点上悬挂下垂球，移动经纬仪使镜上中心对准垂球尖。对中用的垂

球尖最好是可伸缩的，以利于微调，如图 1-8 所示。为利于在顶板测点下对中，最好在望远镜筒上安装点下对中器或利用专门的点下光学对中器。由于井下导线边较短，风流较大，所以应注意经纬仪及觇标对中精度，以减少其对测角精度的影响。

(2) 在倾角很大的急倾斜巷道中测角时，望远镜视线有可能被水平度盘挡住，因此，要求望远镜镜筒要短。另外，仪器竖轴倾斜对水平角测量精度的影响随仪器视线倾角的增大而增大，所以在倾角较大的巷道中测角时，要严格整平仪器。

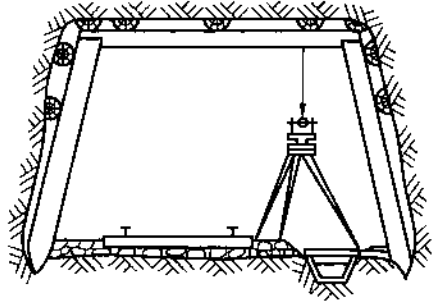


图 1-6 经纬仪对中

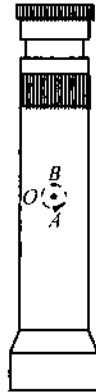


图 1-7 镜上中心

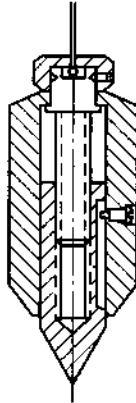


图 1-8 活动垂球

(3) 井下黑暗潮湿，并有瓦斯及煤尘，因此仪器及觇标均需照明，同时，仪器要有较好的密封性及防爆性能。

二、矿用经纬仪的检校与维护

(一) 矿用经纬仪的检校

目前我国大多数矿井均采用 DJ_2 和 DJ_6 型经纬仪， DJ_2 型经纬仪主要用于井下基本控制导线和其他精密测量， DJ_6 型经纬仪主要用于采区控制导线测量及日常标定中、腰线等。全站仪、电子经纬仪在井下也得到广泛的使用。矿用经纬仪的检验与校正方法与一般经纬仪基本相同，下面仅就某些特殊的检验项目作一简要介绍。

1. 望远镜镜上中心位置的检校

望远镜镜上中心位置应正确，即当望远镜水平时，镜上中心应位于仪器竖轴上。

检验方法：在室内悬挂一垂球线，在其下方安置经纬仪，使望远镜水平，仪器精确整平对中，即镜上中心与垂球尖对准。然后徐徐转动照准部，观察垂球尖是否离开镜上中心，如果始终不离开，说明镜上中心位置正确，否则就需校正。

校正方法：如图 1-7 所示，由于原镜上中心不在竖轴中心 O 上，因此当照准部旋转一周时，垂球尖的投影轨迹将是一个小圆。设照准部旋转 180° 后垂球尖对在 B 点上，则

A 、 B 连线的中点 O 便是正确的镜上中心位置。以 O 作为新的镜上中心重新精确对中整平经纬仪，再重复上述检查，直到没有偏差为止。最后重新刻出正确的镜上中心 O 以取代原来的 A 。

2. 光学对中器的视准轴与竖轴是否重合的检校

检验方法分为以下 3 种情况：

(1) 光学对中器安装在望远镜上。在室内天花板上贴一张白纸，在其下方安置经纬仪并整平，使望远镜水平，将对中器的中心 A 投影于白纸上；然后将照准部旋转 180° ，同法在白纸上投影出对中器中心 B 。若 A 与 B 两点重合，说明光学对中器的视准轴与经纬仪的竖轴相重合，否则需校正。

(2) 光学对中器安装在照准部上（点上对中）。精确整平经纬仪，在三脚架下方地面上平铺一张白纸，将对中器的中心 A 在白纸上标出；然后将照准部旋转 180° ，同法在白纸上标出对中器中心 B 。若 A 与 B 两点重合，说明已满足要求，否则需校正。

(3) 光学对中器安装在经纬仪基座上（点上对中）。将仪器水平横卧在稳定的平台边缘，固定照准部，使基座连同对中器绕竖轴旋转（注意此时竖轴处于近似水平位置）。在距离基座 $1 \sim 2\text{ m}$ 的墙上贴一张白纸，将光学对中器的中心 A 投影于白纸上；然后保持照准部不动，将基座绕竖轴旋转 180° ，同法在墙上的白纸上标出光学对中器中心 B 。如果 A 与 B 重合，不需校正，否则，需校正。

校正方法：调整光学对中器的校正螺丝，使光学对中器的中心对准 A 、 B 两点连线的中点。这项检验与校正应当变更经纬仪至投影白纸的距离后再进行一次，直到 A 、 B 两点之间的距离小于 0.5 mm 为止。

(二) 矿用经纬仪的维护

经纬仪是精密贵重的测量仪器，应当对其精心爱护。针对井下特殊的环境条件，在安置仪器和进行观测时，应当注意以下几点：

(1) 在井下安置仪器之前，应对巷道两帮及顶板进行仔细检查，即“敲帮问顶”，确认无浮石、无冒顶和片帮危险后，再安置仪器。

(2) 井下黑暗，巷道中过往矿车及行人很多，因此，在安置好经纬仪之后，必须有专人看护，不得离人。

(3) 冬季地面与井下温度相差较大时，在由地面到达井下观测地点之后，打开仪器箱，待仪器温度与环境温度接近后再进行仪器安置。如有水珠凝结在仪器表面上，切忌用手或毛巾擦拭物镜和目镜，应当用专门的擦镜头纸轻轻擦去水珠和水雾。

(4) 仪器在下井、上井搬运时，要防止剧烈震动，必要时可把仪器抱在怀中，切忌坐着仪器箱乘坐罐笼或人车。

(5) 由于井下阴暗潮湿、煤岩尘较多，有的巷道有淋水，仪器上井后必须擦净晾干后再放入仪器箱内。

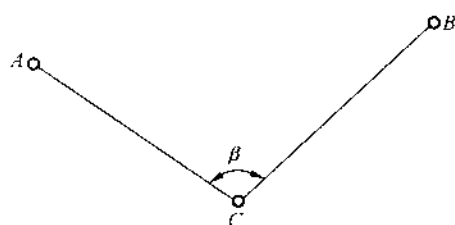


图 1-9 测回法测角

三、井下测角方法与限差规定

井下测角一般采用测回法（图 1-9），测量角度 $\beta = \angle ACB$ 时，在 C 点安置经纬仪，整平对

中，在后视点 A 和前视点 B 悬挂垂球线作为觇标，并将矿灯蒙上白纸或毛面薄膜，置于垂球线的后侧面，使垂球线清晰地呈现在柔和的光亮背景上。瞄准时，应先用望远镜筒外的准星大致照准觇标处的灯光，再调焦对光，并用矿灯照明十字丝和读数窗，才能精确瞄准和读数。井下巷道中灯光较多，为了避免找错目标，常用“灯语”与前、后视点处的人员进行联系。

井下导线测量中，同时测量水平角和竖直角步骤如下：

(1) 正镜瞄准后视点 A ，使水平度盘起始读数置于略大于 0° 位置，读取水平度盘读数 a_1 ，并使十字丝水平中丝照准垂球线上的标志，使竖盘指标水准器的气泡居中后（经纬仪没有竖盘补偿装置时），读取竖盘读数 L_A 。

(2) 正镜顺时针方向旋转照准部，瞄准前视点 B ，读取水平度盘读数 b_1 和竖盘读数 L_B 。得上半测回水平角 $\beta_{左} = b_1 - a_1$ 。

(3) 倒镜后逆时针旋转照准部，照准前视点 B ，读取水平度盘读数 b_2 和竖盘读数 R_B 。

(4) 倒镜逆时针旋转照准部，照准后视点 A ，读取水平度盘读数 a_2 ，得下半测回水平角 $\beta_{右} = b_2 - a_2$ 。

(5) 计算一测回所测水平角，即

$$\beta = \frac{1}{2}(\beta_{左} + \beta_{右}) \tag{1-1}$$

竖直角 δ 的计算公式随经纬仪竖盘刻划方法的不同而异。若竖盘以全圆顺时针方向注记，且当望远镜水平时竖盘读数为 90° （正镜）和 270° （倒镜），则竖直角 δ 的计算公式为

$$\begin{cases} \delta_A = \frac{1}{2}(R_A - L_A - 180^\circ) \\ \delta_B = \frac{1}{2}(R_B - L_B - 180^\circ) \end{cases} \tag{1-2}$$

井下各级导线水平角观测所采用的仪器及作业要求见表 1-2。

表 1-2 井下各级导线水平角观测所采用的仪器及作业要求

导线类别	使用仪器	观测方法	按导线边长分（水平边长）					
			$\leq 15\text{ m}$		15 ~ 30 m		$\geq 30\text{ m}$	
			对中次数	测回数	对中次数	测回数	对中次数	测回数
7"导线	DJ ₂	测回法	3	3	2	2	1	2
15"导线	DJ ₆	测回法或复测法	2	2	1	2	1	2
30"导线	DJ ₆	测回法或复测法	1	1	1	1	1	1

注：1. 如不用表中所列的仪器，可根据仪器级别和测角精度要求适当增减测回数。
 2. 由一个测回转到下一个测回观测前，应将度盘位置变换 $180^\circ/n$ （ n 为测回数）。
 3. 多次对中时，每次对中测一个测回，若用固定在基座上的光学对中器进行点上对中，每次对中应将基座旋转 $360^\circ/n$ 。

在倾角小于 30° 的井巷中，导线的水平角观测限差见表 1-3。在倾角大于 30° 的井巷中，各项限差可放宽为表中的 1.5 倍。

表 1-3 井下导线水平角观测限差

仪器级别	同一测回中半测回互差/ (")	两测回间互差/ (")	两次对中测回间互差/ (")
DJ ₂	20	12	30
DJ ₆	40	30	60

四、全站仪测角

由于全站仪既可测角又可量边,对于导线来说,是非常方便的。不同型号的全站仪,其具体操作方法会有较大的差异,但全站仪的基本操作与使用方法大致相同。下面以南方 NTS-662 型全站仪为例,简要介绍全站仪的测角方法(图 1-10)。

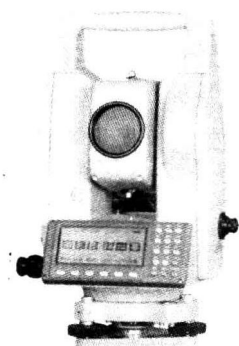


图 1-10 南方 NTS-662 型全站仪

(1) 在测点上安置全站仪,前、后视点下安置反光镜,将仪器及觇标精确整平对中。然后打开电源开关,显示主菜单图标,按 F2(测量)键,进入角度测量模式。

(2) 如图 1-9 所示,欲测量 β 角的大小,在角度测量模式下,盘左照准第一个目标 A,按 F4(置零)键后,目标 A 方向水平度盘读数(HR)为 $0^{\circ}00'00''$,再按 F6(设置)键后,A 方向值已设置为零。

(3) 顺时针方向转动照准部,瞄准前视点 B,此时显示屏上显示 HR 及 V,读取显示屏上 HR 值就是 B 方向水平度盘读数,V 值即为 B 方向的竖盘读数。

以上便完成了上半测回的角度观测。下半测回的观测方法同上半测回。

在测量水平角不止一个测回时,则需要进行水平度盘读数的设置。可在角度测量模式下,盘左照准目标点 A,按 F6(P1↓)键,进入第二页显示功能,再按 F2(置盘)键,输入所需的度盘读数(HR),例如 $90^{\circ}00'00''$,输入为 90.0000,按 ENT 键后,返回到正常的角度测量。

任务实施

在模拟巷道的顶板上,根据已埋设好的导线点和点号(3个),要求学生将中间一点作为测站点安置仪器,其余两点分别作为前后视觇标点,进行经纬仪井下对中整平及测回法测量水平角的训练。

1. 仪器安置

(1) 悬挂垂球。在测点上系一段线绳,长度适中,下端系一个固定环。垂球线通过固定环悬挂起来,高度适中,悬挂垂球时应打成活结便于操作。

(2) 架三脚架。因为井下环境比较复杂,根据环境条件把三脚架架在一定高度,使三脚架上面大致水平,并且架孔中心和从测点悬挂下的垂球尖大致重合。

(3) 整置仪器。升高垂球一定高度,架上仪器,大致整平,并使望远镜处于水平状

态,且让垂球尖基本接触望远镜的粗瞄装置。略微松动三脚架连接螺旋,前后、左右移动仪器,让镜上中心和垂球尖正对,旋紧连接螺旋,重新整平仪器并反复进行,直至仪器对中整平。取下垂球,可以开始观测。

2. 水平角观测与记录计算

井下经纬仪导线测回法测量水平角的观测、记录、计算过程和地面观测基本相同,不同之处在于操作仪器的同学需用“灯语”与前后视觐标处的同学进行联系,前后视点处的同学需将矿灯蒙上透明纸,置于垂球线的后侧面对目标进行照明。

记录人员必须及时、准确、清晰地记录数据并进行计算。一测回结束后,上、下半测回互差不得超过 $\pm 40''$,若符合要求,小组成员内部交换工作继续观测,否则,应重测直至满足要求。

任务二 井下导线边长测量

知识点

- ◇ 知道井下钢尺量边的方法、钢尺量边改正的项目;
- ◇ 熟知钢尺量边改正的方法、测距仪(全站仪)的测距方法。

能力点

- ◇ 能够用钢尺悬空丈量边长;
- ◇ 会计算钢尺量边的改正数;
- ◇ 会使用测距仪(全站仪)测距。

任务描述

距离测量是测量的基本工作之一,也是导线测量的基本内容之一。井下经纬仪导线过去多用钢尺丈量边长,近年来,随着测距仪(全站仪)的出现和普及,许多矿井使用测距仪(全站仪)进行距离测量。因此,应熟知钢尺丈量距离及改正数计算方法、测距仪(全站仪)测距方法,并能够用钢尺丈量距离及进行边长改正计算,会使用测距仪(全站仪)测量距离。

相关知识

一、钢尺量边

(一) 钢尺量边工具

井下用钢尺量边的工具包括钢尺、拉力计(弹簧秤)和温度计。钢尺长度宜采用30 m或50 m的,并且整尺全长均有毫米刻划。由于巷道内泥泞潮湿,钢尺最好卷在尺架上而不放在尺盒内。钢尺每次用完之后应立即擦净并上油以免生锈,拉力计是为了在精确量边时对钢尺施加钢尺鉴定拉力,从而使所测边长不需要进行拉力改正,温度计则是用来测定量边时钢尺的温度。

(二) 钢尺量边方法