

高职高专煤炭专业系列教材

KUANGJING CELIANG JISHU

矿井测量技术

淮南职业技术学院组织编写

主编 程功林 马清利

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高职高专煤炭专业系列教材

矿井测量技术

淮南职业技术学院组织编写

主 编 程功林 马清利
副主编 宋永斌

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是为培养直接从事煤矿生产管理一线的技术应用型人才而组织编写的。本书充分体现职业教育和岗位技能培训的特点,注重培养读者的实践能力。全书共分九章,内容包括:矿区地面控制测量、井下控制测量、矿井联系测量、巷道和工作面测量、贯通测量、地形图测绘、采矿地表移动与“三下”采煤、矿图、建井测量。

本书内容充实,实用性较强,可供高职高专院校矿山测量专业、矿山地质专业、煤矿开采技术专业、矿井建设专业使用,也可作为从事煤矿生产的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

矿井测量技术 / 程功林,马清利主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2010.2

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0391 - 5

I. 矿… II. ①程…②马… III. 生产矿井测量 IV. TD175

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 120286 号

书 名 矿井测量技术

主 编 程功林 马清利

责任编辑 孙建波 史凤萍

责任校对 何晓惠

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 10.25 字数 255 千字

版次印次 2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月第 1 次印刷

定 价 24.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

《矿井测量技术》编写委员会

主 任 袁 亮 程功林

副主任 赵 伟 沈宏毅

委 员	吕 霖	汪敏华	余大有	刘永庆
	吴 桁	徐羽中	沈思良	曹贵昌
	徐 鹰	刘登宪	姚南山	孙兴平
	刘 亮	孔德明	周坚志	杜广生
	朱 文	宋永斌	马清利	

前 言

本书是煤炭高等职业教育矿山测量专业的核心课程教材之一,与《控制测量学》、《地形测量学》、《矿图》、《煤矿地质学》、《矿井应用地质》、《采煤概论》等教材配套使用。

新中国成立以来,尤其是最近几年,由于国际能源供给紧张,煤炭资源开发在我国国民经济建设中显得尤为重要,大力发展煤炭事业迫在眉睫。本书尽量体现培养高素质技能型人才的要求,体现高等职业技术教育的特点,同时也兼顾技师、高级技师、中等职业技术教育和煤炭企业职工安全培训、岗前培训及各种短期培训班的需要。编写人员在该领域具有多年的教学经验,同时也有较强的煤矿现场科研能力,在编写过程中能充分结合煤矿现场实际和近年来涌现出的新理论、新技术、新工艺、新设备,努力体现编写内容的先进性、科学性和系统性。

教材在内容上力求简而精,在理论教学方面深入浅出,前后融会贯通;在实践教学方面,针对近年来煤矿中存在的普遍现象和具有特殊意义的测量工程案例,进行分析剖析;在测绘仪器设备使用方面,列举了近年来煤矿测量常用的新设备,并可利用实验室进行模拟(如全站仪、激光指向仪、自动绘图仪等),既生动形象又通俗易懂。本书体现了以传授基础知识、基本理论和专业技能为主,充实了矿山测量实际应用技术,增强了教材的实用性和灵活性。

教材结合煤矿生产实际,系统介绍了矿山测量的基本理论,以及利用全站仪、GPS等现代化测绘仪器进行矿山测量工作的方法。全书共9章,内容包括矿区地面控制测量、井下控制测量、矿井联系测量、巷道和工作面测量、贯通测量、地形图测绘、采矿地表移动与“三下”采煤、矿图、建井测量等。

本书由淮南矿业集团和淮南职业技术学院合编。本书在编写过程中还得到了安徽理工大学专家、教授的大力帮助,在此表示衷心的感谢。

编写过程中,除了参考新规程、新规范、新标准以外,还吸取了现有的各大、中专院校相关教材的优点,为此,特向各位作者表示感谢!

本书在编写过程中参阅了数种版本的矿山测量类专业教材和国内外近年来发表的科技文献,取长补短,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中的错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2009年10月

目 录

第一章 矿区地面控制测量	1
第一节 矿区平面控制网的布设.....	1
第二节 全球定位系统(GPS)测量.....	2
第三节 淮南矿区控制网概况.....	6
第二章 井下控制测量	8
第一节 井下控制网的布设.....	8
第二节 井下控制导线的测量.....	10
第三节 井下高程控制的测量.....	18
第四节 井下控制测量计算与成果编制.....	22
第三章 矿井联系测量	34
第一节 联系测量的作用和任务.....	34
第二节 矿井立井联系测量.....	34
第四章 巷道和工作面测量	43
第一节 巷道和工作面测量任务.....	43
第二节 巷道中线的标定.....	43
第三节 巷道腰线的标定.....	53
第四节 激光指向仪的应用.....	58
第五节 硃岔及斜巷连接车场中腰线的标定.....	61
第六节 急倾斜巷道的测量.....	66
第七节 采煤工作面的测量.....	68
第五章 贯通测量	72
第一节 概述.....	72
第二节 一井内的巷道贯通测量.....	77
第三节 两井间的巷道贯通测量.....	83
第四节 立井贯通测量.....	89
第五节 贯通测量的施测.....	91
第六节 贯通后实际偏差的测定及中腰线的调整.....	94
第七节 贯通时关于井下导线边长化归投影水准面和高斯投影面的改正问题.....	95
第八节 贯通测量数据计算中的一些特例.....	98

第六章 地形图测绘	102
第一节 数字测图概述.....	102
第二节 大比例尺数字测图的数据采集.....	104
第三节 地形图的计算机编辑.....	108
第七章 采矿地表移动与“三下”采煤	110
第一节 淮南矿区采矿地表移动研究与“三下”采煤概况.....	110
第二节 地表与岩层移动的观测.....	111
第三节 地表移动的一般规律.....	112
第四节 地表移动与变形预计.....	113
第五节 保护煤柱设计.....	125
第六节 淮南矿区铁路下采煤技术.....	126
第七节 淮南矿区淮河堤下采煤技术.....	126
第八节 淮南矿区建(构)筑物下采煤技术.....	128
第八章 矿图	130
第一节 标高投影基础知识.....	130
第二节 矿图的种类及用途.....	133
第三节 煤矿基本矿图的基本内容.....	135
第四节 矿图编制的技术要求.....	137
第九章 建井测量	140
第一节 新区建设测量概况.....	140
第二节 近井点建立的方法.....	141
第三节 井筒中心的标定与井筒十字中线.....	143
第四节 井筒竖直程度测量.....	146
第五节 井筒装备测量.....	146
第六节 提升设备安装测量.....	149
第七节 装载系统测量方法与要求.....	150
第八节 矿井移交时测量资料的编制.....	151
参考文献	153

第一章 矿区地面控制测量

第一节 矿区平面控制网的布设

一、矿区控制网测量的任务和作用

矿区控制测量的任务是建立密度均匀且精度统一的矿区控制网,采用合理的方法,测定网中控制点的精确位置,作为矿山测量的控制基础。

矿区控制网的作用:是矿区地形图的控制基础,为进行矿山工程测量提供依据。

二、矿区平面控制网的特点及其布设原则

1. 矿区控制网的特点

① 矿区的开发对控制网的需要具有阶段性。在地质勘探、矿井设计施工、矿井生产等不同阶段,相应地对控制网有着不同的要求。这种需要具有明显的阶段性。

② 矿区的开发对控制网的要求具有多样性。在矿区开发的各个阶段,各种工程的性质和任务互不相同,测图所需的比例尺也不相同,它们各自对矿区控制网精度和密度的要求彼此差异很大。

③ 采矿工程对控制网的使用具有经常性。尤其在矿区建设和生产时期,工程项目繁多,经常进行标定放样和施工测量,这些工作都需要矿区控制点作为依据,所以采矿工程对控制网的使用具有经常性。

④ 采矿生产对控制网的需要具有长期性。一个新建矿井的生产服务年限,一般都在 50 年以上,所以在整个矿区生产期间,都要长期使用矿区的控制点。

2. 矿区控制网的布设原则

① 矿区控制网必须具有同一坐标系统,并与国家坐标系统取得一致。

② 统一规划矿区首级控制,分区分期进行加密控制。

③ 充分考虑矿区地质和开采情况,避免控制点的损失。由于矿区开发对控制点使用的经常性和长期性,要求控制点的点位能够长期保存,因此控制点的布置必须避开塌陷区和其他容易损坏的地方。

三、矿区平面控制网布设方案

1. 逐级布网方案

逐级布网方案是传统的布网方案,它的主要特点是控制网的建立是由整体到局部、由高级到低级逐级布置。逐级布网方案适用于新矿区首次布网和矿区范围较大、井田不够集中的矿区。

2. 全面布网方案

全面布网方案实质上就是边长较短而图形较多的三角形网的整体布置。其特点是:三角网具有整体性,网中有大量的几何条件,可以对观测结果进行全面检核,并在整体平差后

使三角网获得较高的精度。这样就可以简化布网层次,直接布置较低一级的控制网。一般在 $200 \sim 400 \text{ km}^2$ 的矿区范围内,可以直接布置四等网,而免除三等网布设的全部工作。

3. 加密控制网的布设方案

在进行大比例尺地形图测绘和矿山工程测量的时候,必须在首级控制网上进行加密控制。加密控制的方法有插点和插网两种。

插点:就是在几个高等级点之间适当地插入一个点到几个点,在这些高等级点和插点都进行观测而构成一定的独立图形,常用的图形就称为典型图形。

插网:就是在高等级三角网内,一次插入构成网状的许多点。它可分为附合网、附接网及线形锁等不同形式。

四、控制测量的选点与设点

选点工作就是根据图上设计的方案并结合矿区情况,在实地确定点位。具体步骤是:

- ① 先到已知点上检查觇标和标石的完好情况。
- ② 用已知方向线标定三角网设计图的方位,检查周围所有各点与本点通视情况。
- ③ 依设计图到实地选定相邻的其他点位,这样逐点推进,直到全部点位在实地选定为止。

选点完成后,要绘制点之记和选点图。

第二节 全球定位系统(GPS)测量

一、GPS 定位的基本概念

测量工作的直接目的是要确定地面点在空间的位置。早期解决这一问题都是采用天文测量的方法,即通过测定太阳或其他天体的高度角和方位角以及观测时间,进而确定地面点在该时间的经纬度位置和某一方向的方位角。这种方法不仅定位精度低,而且受到了气候条件的制约。

随着空间技术的发展和人造卫星的相继升空,GPS 定位应运而生。在人造卫星上装置有无线电信号发射机,并且在卫星钟的控制下按预定方式发射测距信号。此时若在地面待定点上再安置上信号接收机,则在接收机钟的控制下,可以测定信号到达接收机的时间,进而求出卫星和接收机之间的距离,见式(1-1):

$$S = c \cdot \Delta t + \sum \delta_i \quad (1-1)$$

式中 c ——信号传播的速度;

δ_i ——各项改正数。

事实上,卫星钟和接收钟不会严格同步,假如卫星的钟差为 v_t ,接收机的钟差为 v_T ,则由于卫星钟和接收机不同步对距离的影响为式(1-2):

$$\Delta S = c(v_t - v_T) \quad (1-2)$$

现在欲确定待定点的位置,可以在该处安置 GPS 接收机。如果在某一时刻 t_i 同时测得了 4 颗 GPS 卫星(A,B,C,D)到该处的距离 S_{AP} 、 S_{BP} 、 S_{CP} 、 S_{DP} ,则可列出 4 个观测方程为:

$$S_{AP} = [(x_P - x_A)^2 + (y_P - y_A)^2 + (z_P - z_A)^2]^{1/2} + c(v_{tA} - v_T)$$

$$S_{BP} = [(x_P - x_B)^2 + (y_P - y_B)^2 + (z_P - z_B)^2]^{1/2} + c(v_{tB} - v_T)$$

$$S_{CP} = [(x_P - x_C)^2 + (y_P - y_C)^2 + (z_P - z_C)^2]^{1/2} + c(v_{tC} - v_T)$$

$$S_{DP} = [(x_P - x_D)^2 + (y_P - y_D)^2 + (z_P - z_D)^2]^{1/2} + c(v_{tD} - v_T)$$

式中 $(x_A, y_A, z_A), (x_B, y_B, z_B), (x_C, y_C, z_C), (x_D, y_D, z_D)$ 分别为卫星(A, B, C, D)在 t_i 时刻的空间直角坐标; $v_{tA}, v_{tB}, v_{tC}, v_{tD}$ 分别为 t_i 时刻4卫星的钟差,它们均可以由卫星所广播的卫星星历来提供。

求解上列方程,即得待定点的空间直角坐标 x_P, y_P, z_P 。

由此可见, GPS定位的实质就是根据高速运动的卫星瞬间位置作为已知的起算数据,采用空间距离后方交会的方法,确定待定点的空间位置。

GPS系统的空间部分由21颗工作卫星及3颗备用卫星组成,它们均匀分布在6个相对于赤道的倾角为 55° 的近似圆形轨道上,每个轨道上有4颗卫星运行,它们距地面的平均高度为20 200 km,运行周期为12恒星时。GPS卫星星座均匀覆盖着地球,可以保证地球上所有地点在任何时候都能看到至少4颗卫星。

GPS定位技术自从应用于测量工程,就以其特有的自动化、全天候、高精度的显著优势令经典大地测量刮目相看,具体表现为:

① 选点灵活,无需通视。在经典大地测量中,既要求点位之间有良好的通视条件,又要求点位形成良好的图形结构,这是长期困扰选点工作的难题。而GPS定位既不要求点之间通视,又对点位图形结构没有过高要求,使点位选择极为灵活,大大便利了点位的应用。

② 精度高,耗费低。实践表明,在1 000 km的距离上,相对定位精度可以达到 10^{-8} ;在100~500 km的距离上,相对定位精度可以达到 $10^{-6} \sim 10^{-7}$;在小于50 km的距离上,相对定位精度可以达到 10^{-6} 。而另一方面,无需建造造价昂贵而又极易遭受破坏的测量觇标。它们的优越性是经典大地测量工作所无法相比的。

③ 操作简便,效益增加。GPS定位的自动化程度很高,作业人员只需要安置仪器、开关仪器、量取仪器高和监视工作状态,其他如卫星捕获、跟踪观测、数据采集等均由仪器自动完成,加之仪器本身质量轻、体积小,携带方便,大大降低了作业难度,提高了工效。另外, GPS定位的结果,可以直接提供点的三维坐标,不仅可以精确确定点平面位置,也为研究大地水准面的形状和确定地面点的高程开辟了新途径。

④ 全天候作业,变被动为主动。GPS定位不受天气条件制约,可以在任何时间、任何地点从事作业,加之观测时间缩短、速度加快,便利了人们对测量工程的统筹安排,使工程计划具有较大的可行性,为准确快速提供测绘成果提供了可能性。

二、GPS卫星定位网的布测

1. GPS测量精度分级

GPS测量按其精度划分为A、B、C、D、E五级。各级GPS网相邻点间弦长精度用式(1-3)表示,各级别精度要求见表1-1。

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bd)^2} \quad (1-3)$$

式中 σ ——标准差, mm;

a ——固定误差, mm;

b ——比例误差系数, mm;

d ——相邻点间距离, km。

表 1-1

GPS 测量各级别精度要求

级别	固定误差 a/mm	比例误差 b/mm
A	≤ 5	≤ 0.1
B	≤ 8	≤ 1
C	≤ 10	≤ 5
D	≤ 10	≤ 10
E	≤ 10	≤ 20

2. GPS 布网原则

① GPS 网的布设应视其目的、作业时卫星的状况、预期达到的精度、成果可靠性以及效率综合考虑,按照优化设计原则进行。

② GPS 网一般应由一个或若干个独立观测环构成,也可采用附合线路形式。

③ GPS 网中两相邻点间距离应根据精度等级而定,一般须满足表 1-2 的要求。

④ GPS 网的点与点不要求通视,但需注意利用常规测量方法加密时的应用。

⑤ 当有条件时,新布设的 GPS 网应与附近已有的 GPS 点进行联测。

⑥ 布设 GPS 网时,应与附近的地面控制网点联测,联测点的总数不得少于三个。

⑦ GPS 网中的点,除所利用旧点已有水准联测高程外,应根据需要适当进行高程联测。

表 1-2

GPS 网上两相邻点间距离精度等级

项 目 \ 级 别	B	C	D	E
相邻点最小距离/m	15	5	2	1
相邻点最大距离/m	250	40	15	10
相邻点平均距离/m	70	15~10	10~5	5~2

3. GPS 选点

(1) 选点准备

选点前应收集有关布网任务与测区的资料,包括测区地形图及已有的各类控制点资料等。选点人员应充分了解和研究测区情况,特别是交通条件及已知点等情况。

(2) GPS 点位基本要求

① 周围应便于安置接收设备和操作,视野开阔,点位视场内高度角 15° 以上且不得有障碍物。

② 点位应远离大功率无线电发射源(如电视台、微波站等)400 m 以上,远离高压线 200 m 以上。

③ 附近不应有强烈干扰卫星信号接收的物体,应尽量避免大面积水域。

④ 交通方便,有利于其他测量手段扩展和联测。

⑤ 地面基础稳定,易于点的保存。

三、GPS 观测

GPS 外业观测是利用接收机接收来自 GPS 卫星的无线电信号,它是外业阶段的核心工

作,包括准备工作、天线设置、接收机操作、气象数据观测、测站记簿等内容。

1. 接收机及其检验

接收机是完成测量任务的关键设备。GPS 接收机的选用可根据表 1-3 的规定执行。

表 1-3 GPS 接收机的检验项目

级别	A	B	C	D、E
单频/双频	双频	双频	双频或单频	双频或单频
标称精度	$5\text{ mm}+0.5\times 10^{-6}$	$5\text{ mm}+1\times 10^{-6}$	$10\text{ mm}+2\times 10^{-6}$	$10\text{ mm}+3\times 10^{-6}$
观测量	载波相位	载波相位	载波相位	载波相位
同步观测机数	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 2

GPS 接收机应按规定进行全面检验,合格后方能参加作业。GPS 接收机的检验项目包括:

① 一般检测:接收机天线的外观是否良好,各种部件及其附件是否齐全、完好,需紧固的部件是否松动和脱落,使用手册等是否齐全。

② 通电检验:通电后有关信号灯、按键、显示系统及仪表工作是否正常,利用自测试命令进行测试。

③ 试测检验:应在不同长度的标准基线上或专设的 GPS 测量检验场上进行。

除上述三项检验以外,天线底座的圆水准器和光学对点器也都要在每年出测前进行检验和校正。

2. 制订实测方案

GPS 卫星定位网的技术是在室内完成的,实测方案则是依据接收机的台数和点位的分布特点,充分考虑测区交通和地理环境,精心安排多台接收机进行的同步观测计划。

3. 选择观测时段

GPS 卫星的观测,是待 GPS 卫星升离地平线一定的角度才开始的,这个角度就是卫星高度截止角。高度越小,越有利于减少三维位置图形强度因子(PDOP),从而延长最佳观测时间;但是卫星高度越小,对流层影响越显著,测量误差随之增大。在精密定位测量时卫星高度截止角选定在 15° 左右。

4. 天线安置

为了避免严重的重影及多路径现象干扰信号接收,确保观测成果质量,必须妥善安置天线。天线要尽量利用脚架安置,直接在点上对中。天线底座的圆水准器气泡必须居中。天线安置后,应在每时段观测前后各量取天线高一次。

5. 观测作业

观测作业的主要任务是捕获 GPS 卫星信号,并对其进行跟踪、处理和测量,以获得所需要的定位信息和数据。

安置接收机,接通接收机至电源、天线、控制器的连接电缆,并经过预热和静置,即可启动接收机进行观测。接收机开始记录数据后,观测员可使用专用设备,查看测站信息、接收卫星数量、各通道信噪比、相位残差、实时定位的结果及其变化、存储介质记录情况等。观测员要细心操作,静置和观测期间防止接收设备震动,防止人员和其他物体碰触天线和阻挡

信号。

利用接收机进行作业的具体步骤,因接收机的类型不同而异。对于目前常见的接收机,其操作自动化程度较高。一般只需按若干功能键就能进行测量。对某种具体接收机的操作方法,用户应按随机的操作手册进行。

6. 外业记录

观测记录由接收机设备自动完成,均记录在存储介质上,记录项目主要有:载波相位观测及其相应的 GPS 时间;GPS 卫星星历参数;测站和接收机初始信息(测站名、测站号、时段号、近似坐标及高程、天线及接收机编号、天线高)。GPS 观测记录格式见表 1-4。

表 1-4 GPS 观测记录格式

点号		点名		图幅编号	
观测员		记录员		观测日期	
接收机名称及编号		天线类型及其编号		存储介质编号数据文件名	
近似纬度		近似经度		近似高程	
预热时间		开始时间		结束时间	
站时段号		日时段号		点位略图	
天线高测定		测定方法及略图			
测前: 测后: 测定值 _____ _____ m 修正值 _____ _____ m 天线高 _____ _____ m 平均值 _____ _____ m					
时间(UTC)	跟踪卫星号(PRN)		天气状况	纬度	经度

第三节 淮南矿区控制网概况

1970 年,淮南矿务局测量队以 1959 年的国家资用二等点苏武村—白鹇山为起算边对淮河以南老区三角网重新施测,共测二等点 9 个,四等点 23 个,采用插网和插点加密,成果属 1954 年北京坐标系,1956 年黄海高程系。

1985 年,矿务局地质测量处采用 1954 年北京坐标系,利用国家二等三角点白鹇山和罗山的资用坐标,使用瑞士 WILDDI20 型红外线测距仪,采用测边的方法,对淮河以南、罗山以西的控制网进行改造,共完成测边网三等点 12 个,四等点 5 个。编制了淮南煤矿望峰岗—孔集测区三角点成果表。

1983 年,矿务局地质测量处利用国家二等水准点淮凤界和蔡机厂,按照 1974 年《国家水准测量规范》,使用瑞士 WILDN3 水准仪观测,对淮河以南矿区水准进行重新测量,共测

设三等水准 60 km, 四等水准 100 km。

2001 年, 淮南矿业集团测绘队采用 1985 年国家高程系, 依据 1992 年《国家三、四等水准测量规范》, 起始点采用中国人民解放军第三测绘大队于 1976 年施测的信阳—怀远国家一等水准路线中的信怀 69 和信怀 80 两个水准点。对淮河以北的潘集—谢桥矿区进行了三等水准网控制测量, 水准路线为环线布置, 共测设三等水准 243 km, 完成三等水准点 53 个。编制了潘谢矿区三等水准点成果及点之记。

2002 年, 为破产重组孔李公司和谢李公司, 淮南矿业集团与安徽理工大学合作分别对八公山地区和谢家集地区进行了并矿工程 GPS 控制网测量。

2003~2004 年, 为新井建设, 淮南矿业集团与安徽理工大学合作分别对丁集、顾桥、张北、潘北等新矿区建立 GPS 控制网。

第二章 井下控制测量

第一节 井下控制网的布设

一、井下控制网的特点

井下控制网是在通过矿井地面近井点进行定向测量和导入高程测量,建立了井下起始边和起始点以及井下的水准基点之后,逐步形成的。它分为平面控制和高程控制两类。

1. 井下平面控制网

井下平面控制网主要布设在井下的巷道中,因受矿井客观条件的限制,不可能像地面那样,可以布设成三角、三角网、三边网,只能布设成导线或导线网的形式。所以说井下平面控制网实质上就是导线控制网。它是从设置在井底车场内的起始边开始,向矿井井田的一翼或两翼施测导线而逐步形成的。它主要有支导线、方向附和导线、附和导线、闭合导线和多边形网等形式。

支导线指的是从一条起始边开始,经过若干个导线点而形成的导线,多为复测支导线。

方向附和导线是指从一条起始边开始,经过若干个导线点后,并且方向附和到一条陀螺定向边的导线。

附和导线是指从一条起始边开始,经过若干个导线点后,附和到另一条已知边的导线。

闭合导线是指从一条起始边开始,经过若干个导线点后,又回到同一条已知边的导线。

多边形网一般来说由若干个相邻的闭合导线组成。

2. 井下高程控制网

井下高程控制网是由设置在井下的水准基点开始,沿巷道进行水准测量和三角高程测量而逐步形成的。井下水准网主要由水准支线和水准闭合环组成。而三角高程网则主要是随着井下基本控制导线的敷设而同时进行的,形式上多为支线和闭合环。

淮南矿区主要为水准和三角高程的混合网。

二、井下控制网的等级

1. 井下平面控制的等级

井下平面控制分为基本控制导线和采区控制导线两类。基本控制导线按测角精度分为 $\pm 7''$ 和 $\pm 15''$ 两级,采区控制导线分为 $\pm 15''$ 和 $\pm 30''$ 两级。在选择井下首级控制等级时,应根据各生产矿井的实际情况,遵循“高级控制低级;既要满足生产、工程的需要,又适当留有余地”的原则,合理进行选择。具体可参照能源部颁布的从1989年1月开始执行的《煤矿测量规程》第75条中的有关规定。

① 基本控制导线的主要技术指标见表2-1。

表 2-1 基本控制导线的主要技术指标

井田一翼长度/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
≥ 5	$\pm 7''$	60~200	1/8 000	1/6 000
< 5	$\pm 15''$	40~140	1/6 000	1/4 000

② 采区控制导线的主要技术指标见表 2-2。

表 2-2 采区控制导线的主要技术指标

井田一翼长度/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
≥ 1	$\pm 15''$	30~90	1/4 000	1/3 000
< 1	$\pm 30''$	—	1/3 000	1/2 000

淮南矿区新区(如张集、谢桥矿等)的井田走向较长,且多采用综采采煤;老区(如新庄孜、谢一矿等)的地质条件较为复杂,又为多水平同时生产,对巷道的相互位置要求较严,因而多选择 $\pm 7''$ 导线作为井下的基本控制导线。

基本控制导线一般沿矿井的主要巷道(如斜井,暗斜井,井底车场,水平或阶段的运输巷道,总回风道,集中上、下山,集中运输石门)敷设。采区控制导线一般沿采区的上、下山,中间巷道,上风巷,下平巷以及其他次要巷道敷设。基本控制导线和采区控制导线相应关系为: $\pm 7''$ 相对应于 $\pm 15''$; $\pm 15''$ 相对应于 $\pm 30''$ 。为有效减少因测角误差而引起的方向误差,井下基本控制导线每隔 1.5~2 km 应加测一条陀螺定向边。 $\pm 7''$ 级基本控制导线的陀螺经纬仪定向精度应不低于 $\pm 10''$ 。

2. 井下高程控制

《煤矿测量规程》第 98 条规定:井下高程点和经纬仪导线的高程,在主要巷道中,应用水准测量方法确定;在其他巷道中可根据具体情况采用水准测量或三角测量方法确定;水准测量应使用精度不低于 DS10 级的水准仪和普通水准尺进行。淮南矿区的各个生产矿都已装备了 S3 的水准仪和普通水准尺,因此,只需进行水准测量即可满足生产对高程的要求。在配置了标称精度为 $(2\pm 2)\times 10^{-6}$, $(3\pm 2)\times 10^{-6}$ 和 $(5\pm 5)\times 10^{-6}$ 光电测距仪的矿井,亦可在主要巷道用基本控制导线点的三角高程替代水准高程点。

3. 控制点的设置

(1) 导线点的设置

井下导线点有永久导线点和临时导线点两种。永久导线点一般用铁桩或带有一段铜头的铁桩制成,设置在顶板上或巷道顶底板的稳定岩石中。临时导线点则使用专用(或自制)的测钉,可设置在顶板岩石或牢固的棚梁上。

永久导线点一般每隔 300~500 m 设置一组,每组至少应有三个相邻点。考虑到顶板压力和便于使用,淮南矿区的各矿多采取每组设四个以上的相邻点,并将其设在井底车场、水平(或阶段)主要巷道和主要石门附近。有条件时,也可以在主要巷道中全部埋设永久导线点。

选择井下导线点的位置时,测点应避开电缆和淋水;便于安置仪器;测点间通视良好。基本控制导线的边长应尽可能不小于 30 m,而以 90~130 m 为宜。采区控制导线的边长一般应不小于 15 m。在巷道交叉处和拐弯处必须设点时,在选定该点前 2~3 个测点的时候就应注意调整边长,尽量避免出现短边。

(2) 高程点的设置

井下高程点一般用钉帽上刻有十字的水泥钉或专用测钉设在井底车场附近硐体的两帮、主要巷道的顶底板上、稳定的岩石中、交岔点的牛鼻子以及永久固定的大型机电设备基础上,永久导线点也可用来作为井下高程点。高程点应成组设置,每组至少由三个高程点组成,两个高程点间距离以 30~80 m 为宜。

井下导线点和高程点都采取统一编号,并用红漆或红色的广告色(通常也叫红灰)在点附近的顶板或两帮明显地标注出来。

第二节 井下控制导线的测量

一、角度测量

1. 仪器的要求

井下控制导线常用的经纬仪有 J2 和 J6 两种。任何使用的仪器都必须经过计量鉴定,合格后方能使用。它包括:望远镜光学性能检验;安平水准器检校;望远镜十字丝检校;望远镜横轴检校;竖盘指标差检校;对点器检校;垂直微动效用正确性检校;照准部旋转时仪器底座位移产生的系统误差检验;照准部旋转是否正确的检验;光学测微器隙动差测定;光学测微器行差测定;光学测微器分划误差检验;水平度盘对径分划线重合一次中误差测定及复测机构作用正确性检验。

日常检校一般只进行水准管轴与竖轴垂直、视准轴垂直于水平轴(通常称 2C)和竖盘指标差(通常称 i 值)三项的检校。现将这三项检校具体方法分别做简要叙述。

(1) 水准管轴的检校

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,则符合要求,反之则需校正。

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。反复进行多次,直至气泡偏离量小于半格为止。

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

(2) 2C 值的检校

检验:安平经纬仪后,用正镜(盘左)瞄准远处大致与仪器同高的任一目标点,取水平度盘读数 a_1 ;倒镜(盘右)再瞄准该点,取读数 a_2 。若 a_1 与 a_2 之差正好等于 180° ,说明视准轴垂直于水平轴,差值 $\geq \pm 20''$ 时就应该进行校正。

校正:微动照准部,使水平度盘上的读数为 $a_0 = (a_1 + a_2 \pm 180^\circ)/2$,这时十字丝的交点偏离目标,取下十字丝的护罩,先松开上下两个校正螺丝,再用左右两个校正螺丝移动分划板,使十字丝的交点与目标点重合。反复多次校正,直至 2C 值小于 $\pm 20''$ 为止,并将上下两个校正螺丝拧紧,安好护罩。

(3) i 值的检校