

Kuangshan Celiangxue

矿山测量学

主 编 张国良
副主编 朱家钰 顾和和

张 国 良

中国矿业大学出版社

矿山测量学

主 编 张国良
副主编 朱家钰 顾和和

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是在新修订的数学大纲的基础上,结合现行《煤矿测量规程》的要求,将原来的《矿山测量学》第一分册《生产矿井测量》、第二分册《矿区建设施工测量》和第三分册《露天矿测量》的主要内容统编在一起,称为《矿山测量学》。

《矿山测量学》共分十二章,综合了国内外的先进理论和技术,同时又考虑了我国的国情。本书详细叙述了矿山测量的研究内容及任务;井下平面控制测量;井下高程测量;矿井联系测量;巷道及回采工作面测量;贯通测量;煤矿测绘资料与地质测量信息系统;井下导线测量的精度分析;井下高程测量的误差;矿井定向的精度分析;贯通测量方案的选择与误差预计;立井施工测量和露天矿测量等。

本书除作为高等工科院校测绘工程专业矿山测量方向的教材外,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。对从事地下工程、隧道工程等领域工作的建设者,也是一本极好的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

矿山测量学/张国良主编。—4版。—徐州:中国矿业大学出版社,2017.7

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3479 - 7

I. ①矿… II. ①张… III. ①矿山测量—高等学校—教材 IV. ①TD17

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 055346 号

书 名 矿山测量学

主 编 张国良

责任编辑 褚建萍

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

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

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 21 字数 538 千字

版次印次 2017 年 7 月第 4 版 2017 年 7 月第 1 次印刷

定 价 29.50 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

高等教育的任务是培养具有创新精神和实践能力的高级专门人才,发展科学技术文化,促进社会主义现代化建设。

编写与上述要求和当前科学技术相适应的新教材,是深化教育改革和提高教学质量的重要环节之一。

《矿山测量学》是测绘教材“九五”选题规划教材之一,由全国高等学校测绘类专业教学指导委员会讨论并决定主编人选,然后成立编写组。

过去曾采用的是由中国矿业大学出版社出版的《矿山测量学》,该书由三个分册组成,即第一分册《生产矿井测量》、第二分册《矿区建设施工测量》和第三分册《露天矿测量》。它作为全国高等测绘工程专业矿山测量方向的教材,对提高矿山测量课程的教学质量起到了积极的作用。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,有关规程也进行了修订,同时,随着教育教学改革的深化,课程的内容和设置也有了不小的变化。因此,我们根据“矿山测量学”课程新的教学大纲,在原教材的基础上重新编写了本教材,将原来的三个分册合为一册,统称《矿山测量学》,作为测绘教材“九五”选题规划基本教材之一。

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

本教材由张国良任主编,朱家钰、顾和和任副主编。其中绪论、第三章矿井联系测量、第四章巷道及回采工作面测量、第九章矿井定向的精度分析由张国良教授编写;第一章井下平面控制测量、第五章贯通测量、第七章井下导线测量的精度分析、第十章贯通测量方案的选择与误差预计由朱家钰教授编写;第二章井下高程测量、第六章煤矿测绘资料与地质测量信息系统、第八章井下高程测量的误差、第十一章立井施工测量、第十二章露天矿测量由顾和和副教授编写。

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,敬请读者批评指正!

编 者

2017年3月

目 录

绪论.....	1
第一章 井下平面控制测量.....	4
第一节 井下平面控制导线的布设与等级.....	4
第二节 井下经纬仪导线角度测量.....	7
第三节 井下经纬仪导线的边长测量	16
第四节 井下经纬仪导线测量外业	30
第五节 井下经纬仪导线测量内业	38
第二章 井下高程测量	46
第一节 概述	46
第二节 井下水准测量	46
第三节 井下三角高程测量	50
第四节 井下高程导线的平差	51
第三章 矿井联系测量	52
第一节 矿井联系测量的目的与任务	52
第二节 矿井定向的种类与要求	52
第三节 地面近井点、井口水准基点及井下定向基点的测设.....	53
第四节 立井几何定向	61
第五节 陀螺经纬仪定向	75
第六节 导入高程.....	104
第四章 巷道及回采工作面测量.....	109
第一节 巷道及回采工作面测量的任务.....	109
第二节 巷道中线的标定工作.....	109
第三节 巷道腰线的标定工作.....	117
第四节 激光指向仪及其应用.....	120
第五节 采区测量.....	122
第六节 金属矿山的采准与采场测量.....	127
第五章 贯通测量.....	134
第一节 概述.....	134
第二节 一井内巷道贯通测量工作.....	138
第三节 两井间的巷道贯通测量工作.....	145

第四节	立井贯通测量	151
第五节	贯通测量的施测	152
第六节	贯通后实际偏差的测定及中腰线的调整	155
第七节	贯通时关于井下导线边长化归到投影水准面和高斯投影面的改正问题	156
第八节	贯通测量数据计算中的一些特例	159
第六章	煤矿测绘资料与地质测量信息系统	163
第一节	基本要求	163
第二节	煤矿基本矿图的种类及其应用	165
第三节	矿图的填绘与计算机辅助绘制矿图	175
第四节	矿井地质测量信息系统	180
第七章	井下导线测量的精度分析	185
第一节	井下测量水平角的误差	185
第二节	井下测量垂直角的误差	198
第三节	井下钢尺量边的误差	200
第四节	光电测距仪测边的误差	210
第五节	经纬仪支导线的误差	215
第六节	方向附和导线的误差	226
第七节	陀螺定向——光电测距导线的误差	229
第八章	井下高程测量的误差	232
第一节	井下水准测量的误差	232
第二节	井下三角高程测量的误差	235
第九章	矿井定向的精度分析	238
第一节	用垂球线投点和投向的误差	238
第二节	三角形连接法的误差和有利形状	241
第三节	两井定向的误差	245
第四节	陀螺经纬仪定向的误差分析及导线平差	249
第十章	贯通测量方案的选择与误差预计	261
第一节	概述	261
第二节	一井内巷道贯通测量的误差预计	263
第三节	两井间巷道贯通测量的误差预计	266
第四节	立井贯通的误差预计	276
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	278
第六节	贯通实测资料的精度分析评定与技术总结	281

第十一章 立井施工测量..... 284

第一节 立井施工测量基础..... 284

第二节 立井井筒施工测量..... 288

第三节 立井提升设备安装施工测量..... 296

第四节 井底车场及硐室施工测量..... 304

第十二章 露天矿测量..... 311

第一节 露天矿控制测量..... 311

第二节 露天矿采剥场测量..... 316

第三节 露天矿排土场测量..... 324

第四节 露天矿边坡滑移动观测..... 326

参考文献..... 328

绪 论

一、矿山测量的研究内容及任务

矿山测量学(Mine Surveying)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。

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。还要与地质人员共同测绘、编制图纸资料和进行储量计算。

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与土地复垦的工作。

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特点,但按其工作性质,可将矿山测量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的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。

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,矿山测量部门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,及时正确地指导,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的发生。

综上可知,矿山测量常被誉为矿山的“眼睛”是有一定道理的。

二、矿山测量发展简史

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。我国春秋战国时代,随着矿业的发展而产生了原始的矿山测量技术。《周礼·地官》记载:“矿人掌金玉锡石之地,……若以时取之,则物其地图而授之”。这说明那时已使用矿山测量图。到了近代,矿山测量技术有了长足发展,1899年,开滦矿区建设第一对矿井——唐山矿时,就设立了测量机构,测绘了井田地形图和采掘工程图。当时各矿均是采用以立井中心为坐标原点,以锁口盘平台为高程零点,以磁北为坐标纵轴的独立坐标系统。1908年,清政府颁布实施的《大清矿务章程》中已经有了矿图绘制程式的要求。

我们伟大的祖国在测绘科学历史上也是有巨大贡献的,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,公元前13世纪,埃及有了按比例缩小绘制的巷道图。公元前1世纪,希腊学者Г.亚历山德里斯基已对地下测量和定向进行了叙述。在1556年出版的德国学者G.阿格里科拉(G. Agricola)的《论矿业和冶金》一书中,论述了用罗盘仪进行井下巷道测量的方法和矿山开采中的某些问题。1742年,俄国学者М. В. 罗蒙诺索夫(М. В. Ломоносов)在《冶金和采矿基础》一书中专门写了一章“矿山测量”,不仅介绍了各种测量仪器,而且还研究了诸如立井和平巷贯通等各种具体测量问题。19世纪中叶,开始由经纬仪取代挂罗盘进行井下测量和用误差理论处理测量数据及精度评估。

19世纪中叶到20世纪初,是矿山测量发展较快的时期,出现了许多优秀学者,如俄国的Г. А. 季梅(Г. А. Тиме)、И. М. 巴胡林(И. М. Бахурин)等,对矿山测量发展作出了突出贡献。1885年,德国建立了矿山测量师协会(Gesellschaft für Markscheider)并出版了世界上第一种矿山测量的定期刊物《矿山测量学通报》(Das Markscheidewesen)。1904年,俄国在托姆斯克工学院成立了世界上第一个培养矿山测量师的矿山测量专业。1921年,苏联召开全俄矿山测量员代表大会,大会决定在各采矿企业建立矿山测量机构。1932年,成立中央矿山测量科学研究所(Центральное Научно-Исследовательское Маркшейдерское Бюро, ЦНИМБ),1945年改为全苏矿山测量科学研究所(Всесоюзный Научно-Исследовательский Маркшейдерский Институт, ВНИМИ),现改为全俄矿山地质力学和矿山测量科学研究所(Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Горной Геомеханики и Маркшейдерского Дела, ВНИМИ)。在国际上,1969年8月在捷克斯洛伐克的布拉格召开了第一届国际矿山测量学术会议(International Symposium for Mine Surveying, ISM)。中国于1979年首次派专家参加了在德国亚琛(Aachen)召开的第Ⅳ届国际矿山测量学术会议。随后还参加了以后各届直到1997年在澳大利亚召开的第Ⅺ届ISM会议。

我国矿山测量的迅速发展始于中华人民共和国成立以后。根据采矿业发展的需要,1953

年,北京矿业学院(即今中国矿业大学)首先设置了矿山测量专业。1954年,燃料工业部全国煤矿管理总局成立测量处(后合并为地质测量处),并于同年12月在唐山市召开了第一次全国煤炭系统矿山测量会议。1956年,唐山煤炭科学研究院建立了中国第一个矿山测量研究机构——矿山测量研究室(即今煤炭科学研究总院唐山分院矿山测量研究所)。与此同时,各大、中型矿山企业相继成立了矿山测量机构,进行矿图改革,对矿区地面控制网进行了全面的改建或重建,统一了矿区坐标系统。1981年,中国煤炭学会矿山测量专业委员会成立,同年召开了第一届矿山测量学术会议。

20世纪50年代以后,电子、激光等新技术的迅速发展,推动了矿山测量仪器的研制工作。在国际上相继出现了陀螺经纬仪、光电测距仪、电子经纬仪等,并将计算机应用到矿山测量工作中,使传统的矿山测量学理论和技术发生了巨大变革。

我国矿山测量科学技术从20世纪70年代初开始进入一个新的发展时期,在一些主要矿区先后将摄影测量、陀螺定向、激光指向和计算机技术用于地面和井下控制测量、地形测量、施工测量和贯通测量工作中,并能有效地解决地质勘探、采矿工程设计与施工、开采沉陷损害与防护等方面的矿山测量问题。不少矿区开发了计算机绘制采掘工程平面图技术,建立了矿山测量数据库及处理系统。部分矿区应用了全站仪和全球定位系统(GPS)。这些都极大地改变了传统的测量方法,并朝着数据采集、存储、计算和绘图自动化的方向发展。

我国开采沉陷损害与防护的研究工作始于20世纪50年代,对地下开采引起的地表移动和变形的计算问题,我国学者进行了大量的分析研究工作,建立了适合我国情况的地表移动计算方法。

当前我国矿山测量的发展应把重点放在以下几个方面:首先是在矿山测量的任务方面,除了前述的任务外,还应特别加强对地下资源开采的监督和积极开展矿区环境监测和土地复垦研究。其次,在测量方法、仪器等开发与应用研究方面,要推广摄影测量技术,尤其是大比例尺图的绘制,缩短成图周期,加快矿图更新,实现矿图绘制自动化;要研究用于井下的矿用轻便经纬仪和自动跟踪、数字显示的防爆陀螺经纬仪等;要建立矿区测绘数据库和处理系统,并建立信息网络系统。在人才培养上,要进一步加强基础理论,拓宽专业知识面,培养开拓型人才。

三、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,除了要有很好的政治素质和爱岗敬业的精神外,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、采矿及环保边缘学科这一性质,矿山测量人员应具备以下几方面的理论知识。

第一,必须全方面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、矿区控制测量及GPS卫星定位技术、测量误差及平差、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。

第二,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、损失贫化及确定合理的回采率等。

第三,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。

第四,遥感与地理信息系统和矿区土地复垦知识。以便对采矿引起的环境问题进行监测,对开采沉陷造成的生态环境问题进行综合治理。

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、计算机技术、外语及机械制图等。

第一章 井下平面控制测量

由于受井下巷道条件的限制,井下平面控制均以导线的形式沿巷道布设,而不能像地面控制网那样可以有测角网、测边网、GPS 网和交会法等多种可能方案。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、回采工作面等的平面位置的基础,也能满足一般贯通测量的要求。

第一节 井下平面控制导线的布设与等级

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。我国《煤矿测量规程》规定,井下平面控制分为基本控制(表 1-1)和采区控制(表 1-2)两类,这两类又都应敷设成闭(附)合导线或复测支导线。

表 1-1 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	±7	60~200	1/8000	1/6000
<5	±15	40~140	1/6000	1/4000

表 1-2 采区控制导线的主要技术指标

采区一翼长度 /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	±15	30~90	1/4000	1/3000
<1	±30	—	1/3000	1/2000

注: 30″导线可作为小矿井的基本控制导线。

基本控制导线按照测角精度分为±7″和±15″两级,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,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。

采区控制导线也按测角精度分为±15″和±30″两级,沿采区上、下山、中间巷道或片盘运输巷道以及其他次要巷道敷设。

二、井下导线的发展与形式

井下导线往往不是一次全面布网,而是随井下巷道掘进而逐步敷设。如图 1-1,当由石门处拉门开始掘进主要运输大巷时,随巷道掘进而先敷设低等级的±15″或±30″导线(如图 1-1 中虚线所示),用以控制巷道中线的标定和及时填绘矿图,随巷道掘进每 30~100 m 延长一

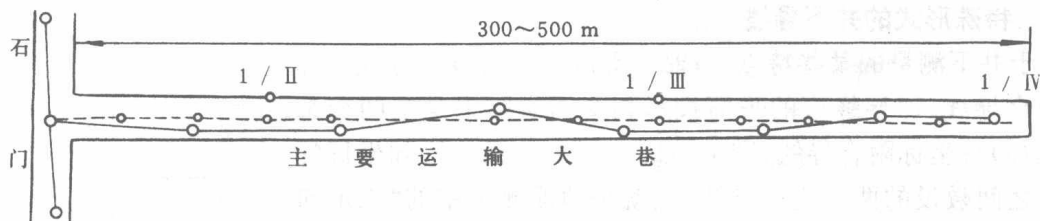


图 1-1 井下导线的发展

次。当巷道掘进到 300~500 m 时,再敷设 $\pm 7''$ 级或 $\pm 15''$ 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)相重合。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。

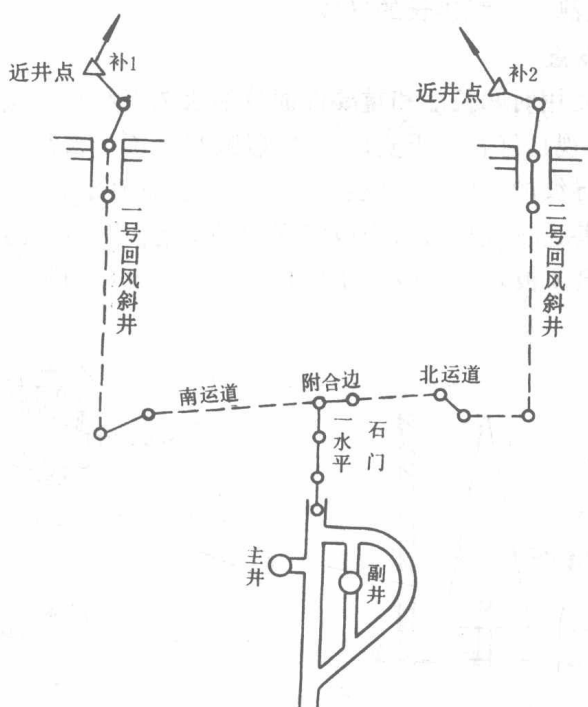


图 1-2 附合导线

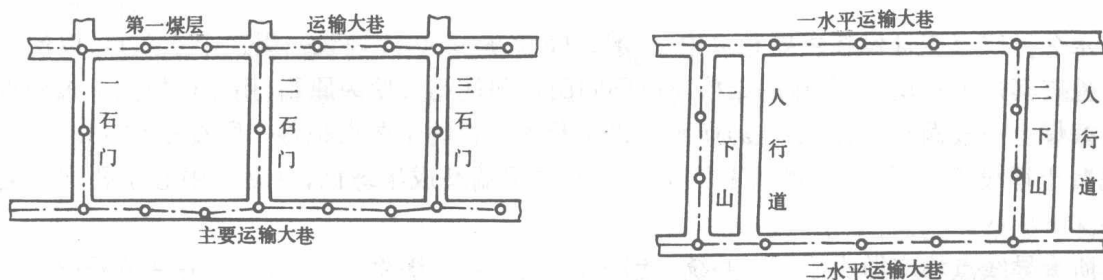


图 1-3 闭合导线和导线网

三、特殊形式的井下导线

由于井下测量的某些特点,有时会形成一些特殊的导线。如交叉闭合导线,即导线边的平面投影相交而实际上是空间交叉(图 1-4(a));坐标附和导线(图 1-4(b)),例如在两个已知坐标的垂球线之间敷设的两井定向导线,也就是地面测量中的“无定向导线”;以及带陀螺定向边的方向附和导线(图 1-4(c))等。

四、按所使用的仪器来划分导线类型

以前井下导线多用经纬仪测角,钢尺量边,这种导线可称之为“经纬仪—钢尺导线”。随着测量仪器的不断发展完善,现在逐步有了“光电测距导线”,即用光电测距仪测量边长的导线;“全站仪导线”,即用全站仪测量角度与边长(或直接测定坐标)的导线;另外还有“陀螺定向—光电测距导线”,是指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。

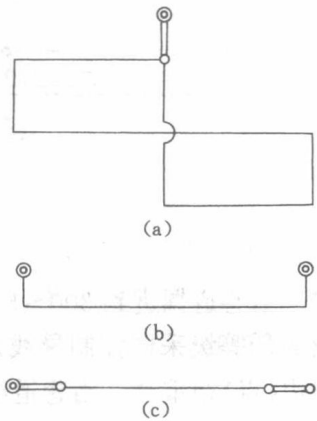


图 1-4 特殊形式的井下导线

五、井下导线点的设置

井下导线点按照其使用时间长短和重要性而分为永久点和临时点两种。导线点应当选择在巷道顶(底)板稳固、通视良好且易于安设仪器观测、尽量不受来往矿车影响的地方。导线点之间的距离按相应等级导线的规定边长(表 1-1 及表 1-2)来确定。

临时导线点可设在巷道顶底板岩石中或牢固的棚梁上。图 1-5(a)所示是钉入木棚梁的临时点;图 1-5(b)是在巷道顶板岩石中打入木楔再设置的临时点;图 1-5(c)是用混凝土或水玻璃粘在顶板上的临时点。

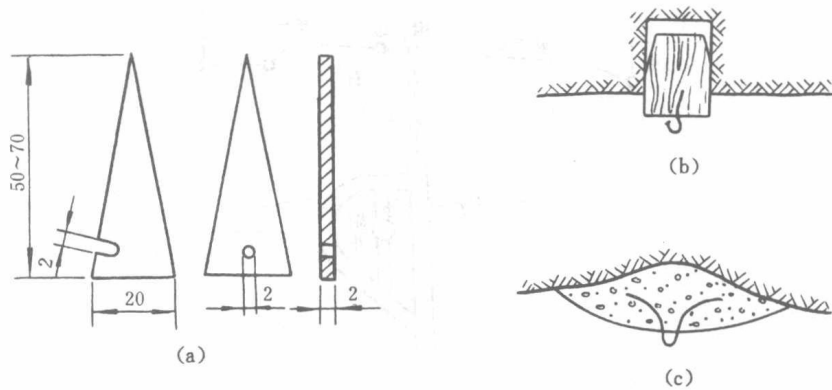


图 1-5 临时点构造图

永久导线点应埋设在主要巷道中,一般每隔 300~500 m 埋设一组三个永久点,以使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,用作顶板点标志的点芯铁最好焊上一段铜头,如图 1-6(a)所示。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(如图 1-6(b)),钢筋的顶端磨成半球面,并钻一中心小孔作为测点中心。

所有导线点均应做明显标志并统一编号,用红漆或白漆将点位圈出来,并将编号醒目地涂写在设点处的巷道帮上,以便于寻找。

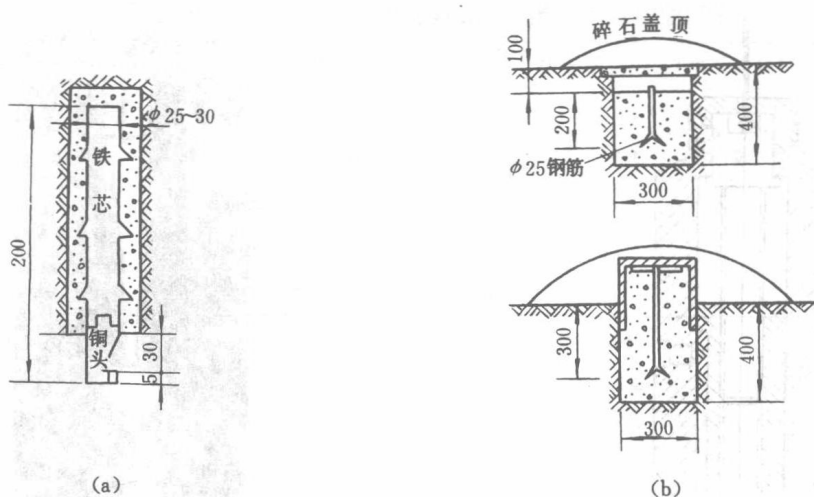


图 1-6 永久导线点构造图

第二节 井下经纬仪导线角度测量

一、井下测角与地面测角的不同点

由于井下的特殊环境条件,而使井下测角与地面测角具有以下不同点。

(1) 井下测点多设于巷道顶板上,因此经纬仪要在测点下对中(图 1-7),经纬仪望远镜筒上应当刻有仪器中心,即镜上中心(图 1-10)。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(图 1-8(a))。如果井下巷道中风大,可将作觇标用的垂球加重,放入水桶中稳定,或加挡风布。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(图 1-9(a)),或利用专门的点下光学对中器,图 1-9(b)所示为煤炭科学研究总院唐山分院研制的 GC—2 型光学投点仪,可作上、下投点,但主要用于井下导线测量时使经纬仪和觇标在顶板测点下对中。由于井下导线边较短,风流较大,所以要十分注意经纬仪及觇标对中,以减少其对测角精度的不良影响。

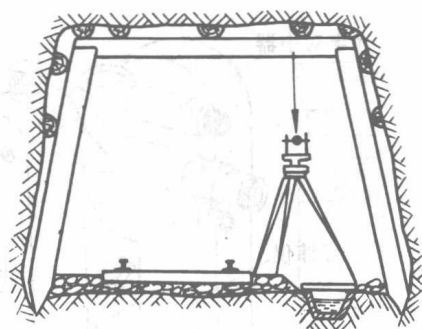
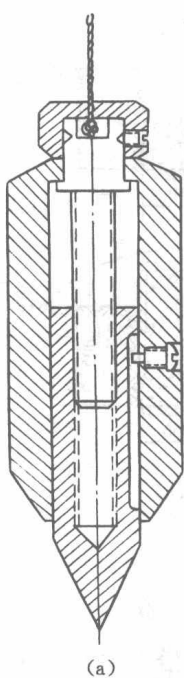


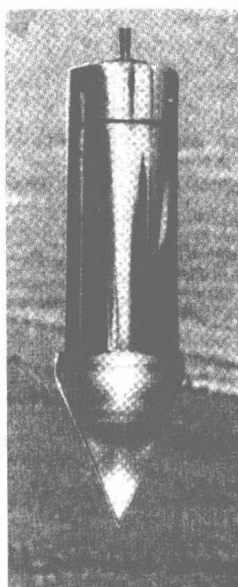
图 1-7 经纬仪在顶板测点下对中

(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,要求望远镜筒要短,最好有目镜棱镜、弯管目镜或偏心望远镜。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,要注意严格整平经纬仪。

(3) 井下黑暗潮湿,并有瓦斯及煤尘,因此要求仪器有较好的密封性,经纬仪及觇标均需照明,最好有防爆照明设备。如果用垂球线作为觇标时,可将矿灯置于垂球线的后侧面,并在矿灯上蒙一层白纸或毛面薄膜,使垂球线清晰地呈现在柔和的光亮背景上。原中南工业大学发明的发光垂球(图 1-8(b)),内置电池和照明灯泡,并通过了防爆检验,可在有瓦斯的煤矿井下使用。



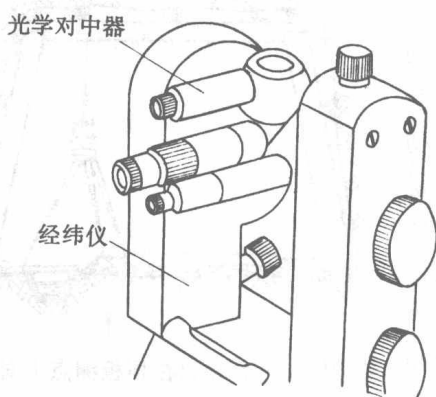
(a)



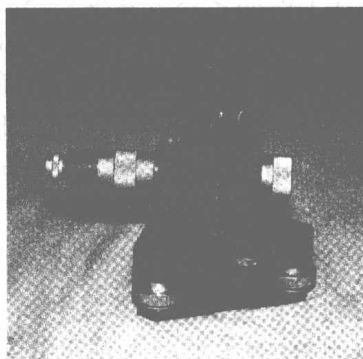
(b)

图 1-8 活动垂球及发光垂球

(a) 活动垂球; (b) 发光垂球



(a)



(b)

图 1-9 光学对中器及投点仪

(a) 望远镜上的点下光学对中器; (b) GC-2 型光学投点仪

专用于井下的经纬仪有上海第三光学仪器厂生产的 DJK—6 和 DJK—30 型矿用经纬仪, 带有用于点下对中的向上光学对点器及防爆照明设备, 用以照明读数窗及望远镜十字丝。对于精度要求不高且工作条件十分困难的次要巷道测量, 也可以用悬挂经纬仪进行测角, 如上海第三光学仪器厂生产的 KJ—120 型经纬仪, 其仪器头可以安装在吊架上, 吊架固定在巷道支架的横梁或柱上。

二、矿用经纬仪的检验与维护

井下各级经纬仪导线水平角观测所采用的仪器和作业要求, 见表 1-3。

表 1-3 井下各级经纬仪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)					
			15 m 以下		15~30 m		30 m 以上	
			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 $360^\circ/n$ 。

(一) 矿用经纬仪的检验

目前我国大多数矿井均采用 DJ₂ 型经纬仪测量井下基本控制导线和进行其他精密测量，而用 DJ₆ 型经纬仪测量采区控制导线及次要巷道、日常给中线等。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. 望远镜的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，使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，则说明镜上中心位置正确，否则就需校正。

校正方法：如图 1-10 所示，由于原镜上中心 A 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整平对中经纬仪，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应与竖轴重合

检验方法：分为以下三种情况：

(1) 光学对中器安装在望远镜上(图 1-9(a))

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，则说明光学对中器的视准轴与经纬仪的竖轴相重合，无需校正。否则需校正。

(2) 光学对中器安装在照准部上(点上对中)

安平经纬仪，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，然后将照准部连同对中器旋转 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，不需校正，否则需校正。

(3) 光学对中器安装在经纬仪基座上(点上对中)

将仪器头从三脚架上取下，水平横卧在稳定的平台边缘，固定照准部，而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 1~2 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，将基座连同对中器绕竖轴旋转

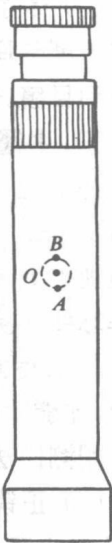


图 1-10

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,需要进行校正。

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。

采用上述(2)、(3)两种光学对中器进行点上对中时,正确的操作步骤应当是:先利用旋转脚螺旋的方法对中,再伸缩三脚架腿以整平,最后松开三脚架头的中心螺旋精确对中和用脚螺旋精确整平。

(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) 由于井下潮湿,有的巷道有淋水,上井后必须擦干仪器,或将仪器置于通风处晾干后再装入仪器箱内。

(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) 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,要稍等片刻,待仪器温度与周围巷道内温度接近后再开箱。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,而应当用专门的擦镜头纸轻轻擦去水珠和水雾。

三、井下测角方法与限差规定

井下测角一般用测回法,如图 1-11,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,并用矿灯蒙上白纸照明垂球线。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。

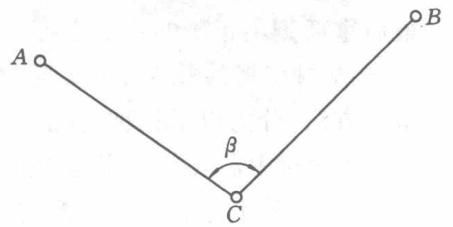


图 1-11 测回法

用测回法同时测量水平角和竖直角步骤如下:

(1) 正镜瞄准后视点 A ,使水平度盘读数大致对于 0° ,读取水平度盘读数 a_1 ,并使十字丝的水平中丝照准垂球线上的标志(通常是用大头针或小钉插入垂球线的适当位置作为测量竖直角及丈量觇标高的标志),使竖盘指标水准器的气泡居中后,读取竖盘读数 L_A ;

(2) 正镜顺时针方向旋转照准部,照准前视点 B ,读取水平度盘读数 b_1 和竖盘读数 L_B ;

(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 和竖盘读数 R_A ;

(5) 最后计算一测回所测水平角为:

$$\beta = \angle ACB = \frac{1}{2}(b_1 - a_1 + b_2 - a_2) \quad (1-1)$$