

中国矿业学院测量教研室编

矿山测量学

上册

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书分上、下两册，共四篇十九章。上册为生产矿井测量，其内容包括井下平面控制测量、井下经纬仪导线测量的精度分析、井下高程测量、井下导线网与水准网的平差、矿井联系测量、矿井几何定向的精度分析、巷道和回采工作面测量和贯通测量。

下册内容包括建井测量与线路测量、矿图与储量管理和露天矿测量。

本书搜集了较丰富的生产实践经验，介绍了矿山测量新技术，文字叙述通俗易懂。本书除可作为高等学校矿山测量专业教材外，还可作“七·二一”工人大学矿山测量专业的参考教材，以及供广大矿山测量和工程测量工作者参考。

矿 山 测 量 学

上 册

中国矿业学院测量教研室编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

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787×1092¹/₁₆ 印张18³/₄

字数 449 千字 印数1—20,160

1979年1月第1版 1979年1月第1次印刷

书号15035·2173 定价1.95元

前 言

根据毛主席关于教育革命的一系列指示，我们深入生产第一线，向工人、技术人员学习并收集了有关资料，制定了编写细纲。初稿编出后，经我院和其他一些单位试用，收到较好的效果。以后又广泛征求了兄弟院校和现场同志的意见，经过修改，现予以出版。

根据教学和生产的需要，我们力求做到理论联系实际，符合辩证唯物主义观点，并注意循序渐进，多举例题，便于自学，使之既能作为高等学校的教材，又能作为现场工人和技术人员自学的参考书。但由于我们水平不高，书中缺点错误肯定不少，诚恳地希望读者批评指正。

在编写过程中，得到兄弟院校和淮南矿务局、徐州矿务局等现场许多同志的热情帮助，给我们提供了宝贵的经验和资料，在此，谨向这些单位和同志们表示衷心的感谢。

中国矿业学院测量教研室

一九七七年十月

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 生产矿井测量

第一章 井下平面控制测量	3
§ 1-1 概述	3
§ 1-2 井下经纬仪导线的角度测量	6
§ 1-3 井下经纬仪导线的边长测量	13
§ 1-4 电磁波测距	24
§ 1-5 井下经纬仪导线测量外业	38
§ 1-6 井下经纬仪导线测量内业	42
第二章 井下经纬仪导线测量的精度分析	48
§ 2-1 井下测角误差的分析	48
§ 2-2 井下钢尺量边误差的分析	65
§ 2-3 经纬仪支导线的误差	76
§ 2-4 平差后的经纬仪导线的误差	87
§ 2-5 井下导线测量的必要精度和测量设计	94
第三章 井下高程测量	101
§ 3-1 概述	101
§ 3-2 井下水准测量	103
§ 3-3 井下三角高程测量	106
§ 3-4 井下高程测量的误差	107
§ 3-5 井下高程测量的平差	113
第四章 井下导线网与水准网的平差	116
§ 4-1 概述	116
§ 4-2 一个结点的平差法	116
§ 4-3 等权代替法	118
§ 4-4 结点法	120
§ 4-5 多边形法	123
第五章 矿井联系测量	134
§ 5-1 联系测量的作用与任务	134
§ 5-2 矿井定向概述	134
§ 5-3 地面近井点的设立	135
§ 5-4 一井定向	138
§ 5-5 两井定向	153
§ 5-6 陀螺经纬仪定向	159
§ 5-7 导入高程	180

第六章 矿井几何定向的精度分析	188
§ 6-1 概述	188
§ 6-2 用垂球线投点的误差	188
§ 6-3 用垂球线投向的误差	195
§ 6-4 连接三角形法连接的精度分析	196
§ 6-5 两井定向的精度分析	204
第七章 巷道和回采工作面测量	217
§ 7-1 概述	217
§ 7-2 标定巷道中线	220
§ 7-3 标定巷道腰线	228
§ 7-4 磁盆及斜巷连接车场中腰线的标定	236
§ 7-5 激光指向	242
§ 7-6 巷道掘进时的验收丈量	248
§ 7-7 简易联系测量	249
§ 7-8 采区次要巷道和工作面测量	251
§ 7-9 金属矿的采准和采场测量	253
第八章 贯通测量	259
§ 8-1 概述	259
§ 8-2 贯通测量工作和几何要素的计算	261
§ 8-3 贯通测量方案的选择与误差预计	272
§ 8-4 贯通测量的施测与精度分析	288
§ 8-5 贯通后实际偏差的测定	293

绪 论

一、测绘工作在社会主义建设中的作用

测绘是一门应用科学，它也是从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中发生和发展起来的。测绘工作包括大地测量、地形测量、地图制印和工程测量等许多领域。矿山测量是工程测量学的分科，它是专门为矿山建设和生产服务的。

在我国，人民测绘事业是建设社会主义现代化强国的一项重要基础工作。例如建设城镇、工厂，修筑铁路、公路，兴建农田水利，采伐森林，开发地下矿藏，修建国防工程，以及制印各种地图等等，都离不开测绘工作。我国幅员辽阔，资源丰富，建设任务繁重，解放以后，在党的领导下，测绘事业随着社会主义建设的需要得到了迅速的发展。近年来，许多新技术，例如激光测距仪、激光指向仪、陀螺经纬仪的试制成功，以及电子计算机在测量计算中的应用等，必将引起测绘科学进一步的发展和变革。

建国二十八年以来，我国采矿事业有了很大的发展。广大矿山测量工作者，为开发矿业肩负着光荣而艰巨的任务，决心更好地掌握测绘科学技术，为把我国建设成为社会主义的现代化强国多做贡献。

二、矿山测量的任务

矿山测量是指矿山建设时期和生产时期的全部测量工作。它的任务大体可归纳为如下几项：

1. 进行矿区地面控制测量和测绘大比例尺地形图；
2. 进行矿区地面与井下各种工程的施工测量和验收测量，以及矿井建设时期的全部测量工作；
3. 测绘各种采掘工程图和各种矿山专用图；
4. 进行矿区岩层和地表移动的观测与研究，为留设保护矿柱和水体下、建筑物下、铁路下的开采，提供资料。

三、《矿山测量学》的内容和学习方法

为了完成上述矿山测量工作任务，矿山测量人员必须学习矿区控制测量、地形测量、矿山测量、大地测量仪器、岩层与地表移动、以及地质和采矿等方面的科学知识。

《矿山测量学》的内容包括：生产矿井测量、建井测量与线路测量、矿图与储量管理、露天矿测量等四篇。凡在地形测量和矿区控制测量课程中学过的基本测量知识，本书就基本上不再阐述。

矿山测量学与地形测量学及大地测量学一样，其理论和方法是很多的，初看起来似乎也很复杂，但实际上它们所研究的基本问题都是一个，就是点位的关系问题。因此，一切测量工作都可归结为确定点的空间位置，也就是确定点的平面位置和高程。要抓住这个实质问题，去研究测量的理论和方法。另外，在《矿山测量学》课程的学习中，除了着重掌握本课程所介绍的一些专门知识外，还应运用过去学过的测量知识，深刻领会测量科学的一般理论，并灵活地运用这些理论来解决生产实践中的各种问题，使测量科学技术更好地为祖国矿山开采事业服务。

第一篇 生产矿井测量

在矿山开发的过程中，首先需要进行地质勘探，然后依据地质勘探资料进行设计，再按设计进行矿井建设；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。在生产矿井中所进行的全部测量工作，就叫作生产矿井测量。

生产矿井测量和地面测量一样，其目的是确定点的空间位置；其任务仍然是放样（标定）与测图；其内容也分平面测量与高程测量；并且，同样是按照高级控制低级、每项测量有检查、测量精度应满足工程需要这三个原则来进行的。因此，一般说来地面测量用的仪器和测角量边方法及基本理论，均能用于井下测量。但是，井下测量也具有与地面测量不同的地方。例如：

1. 工作条件不同。井下黑暗、潮湿、狭窄，行人和车辆运输等都给测量工作带来不利，因而需要采用一些特殊的仪器和方法以适应这种困难的工作条件。

2. 测量对象不同。井下测量的主要对象是各种巷道，因此其施测时间也就是采矿企业存在的整个时期。

3. 考虑精度的出发点不同。大家知道，在地形测量中测量精度是按测图比例尺的大小来考虑的，不同的比例尺有不同的要求，并且在整个图纸上各处的精度大致相同；井下测量的精度主要考虑能满足解决各种一般采矿工程的要求，还由于井下边短等因素，其误差由井田中央向边界迅速增加，因此图纸的精度各处也不一致。此外，为了解决某些重要的特殊工程如贯通等问题时，还必须进行能满足该工程要求的专门测量。

在生产矿井测量工作中，大量的工作是给巷道的掘进方向和测绘各种矿山测量图。为了给向和测图，还必须进行井下控制测量和联系测量。此外，还应进行地表及岩层移动观测、储量管理和参加生产计划的编制，有的矿井还要进行矿山地面控制网的改建、扩建和地形测量以及延深井筒或新井建设等测量工作。本篇主要讲述：井下平面控制测量（第一章）；井下经纬仪导线测量的精度分析（第二章）；井下高程测量（第三章）；井下导线网与水准网的平差（第四章）；矿井联系测量（第五章）；矿井几何定向的精度分析（第六章）；巷道和回采工作面测量（第七章）；贯通测量（第八章）。

第一章 井下平面控制测量

§ 1-1 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即给中线和测图的基础。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是在国家一、二等三角网的基础上建立的，一般也是布设成三角网。根据矿区范围的大小，三角网的等级与作业要求，均按有关的规范规定进行。这些已在《矿区控制测量》中学习过，故不重述。但必须指出，在布设地面控制网时，应注意在井口附近至少设立一个控制点，以便将地面的座标系统传递到井下去，这个点叫做近井点。由近井点经过井筒将地面平面座标系统传到井下后，由于受到井下条件的限制，不能用三角测量或插点的办法，而只能沿井下主要巷道设立经纬仪导线（导线网）作为井下平面测量的基本控制。因此，井下平面控制测量实际上是经纬仪导线测量。

二、井下经纬仪导线的等级

井下经纬仪导线一般是从井底车场内的起始边开始向井田边界分段布设的。起始边的方向及起始点的坐标是经过联系测量确定了的。根据煤炭工业部1975年颁布的《煤矿测量试行规程》（以下简称《试行规程》）规定，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、石门等矿井主要巷道中。基本控制导线分为7秒导线和15秒导线两种，可根据矿井的具体条件选用其中一种作为基本控制。一般是当井田一翼长度或贯通导线长度大于5公里时，宜选用7秒导线作为井下基本的平面控制。采区控制导线的精度较低，是加密控制，一般由主要巷道中的基本控制导线开始，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。采区控制也分为30秒导线和45秒导线两种，可根据采区一翼长度和煤层赋存情况等具体条件选择其中一种作为采区平面控制。

在井田一翼沿走向长度小于500米的小矿中，可以采用45秒导线作为井下的平面控制。

矿井的主要巷道，一般是由井底车场向井田边界逐步掘进的。在掘进时，需要指示巷道的掘进方向（给中线），因此还需要在大巷中敷设30秒或45秒导线作为给向依据，并及时测出已掘巷道的轮廓，填绘在矿山测量图上。当巷道掘进300~800米，就应测设基本控制导线。这一段基本控制导线的起始边和最末边，应与给向所选用的导线边相重合，借以检查后者的正确性，并保证矿图的必要精度。当巷道继续掘进时，应从基本控制导线最末边开始，用30秒或45秒导线继续给巷道中线。如此循环分段测设，直至井田边界为止。如果是应用激光指向仪给向而不需要测设给向的导线时，则巷道每掘进300~800米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的30秒或45秒导线的关系如图1-1所示。图中实线表示基本控制导线；虚线表示30秒或45秒导线，或激光指向仪的光束。

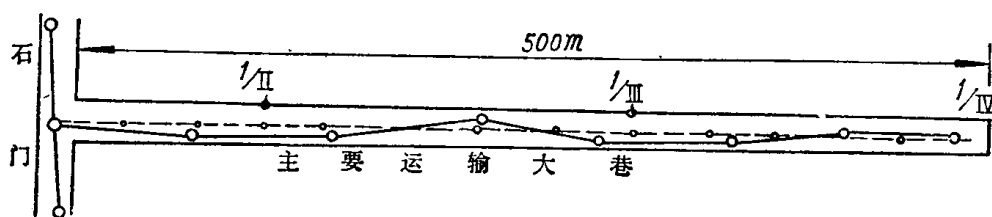


图 1-1

三、井下经纬仪导线的形状

井下经纬仪导线的形状，也和地面一样有附和导线、闭合导线、支导线及导线网等。但是由于井下导线是布设在巷道中的，所以受到巷道掘进和开拓方式的限制。一般说来，基本控制导线在主要巷道掘进时多是支导线形式，但当已掘巷道增多时，则可经两采区石门间的主要运输大巷和煤层运输平巷形成闭合导线(或导线网)，如图1-2a所示；或者是经过两水平的主要上(下)山间的运输大巷形成闭合导线，如图1-2b所示。另外，井下闭合导线，有时是在空间交叉后形成的，即交叉闭合导线。当开采浅部或用多对斜井开拓时，能形成井下附和导线，如图1-3所示。采区控制导线一般附合在基本控制导线上或自成闭合。若为支导线，则不论基本控制和采区控制，都必须往返测量，以便得到检查。

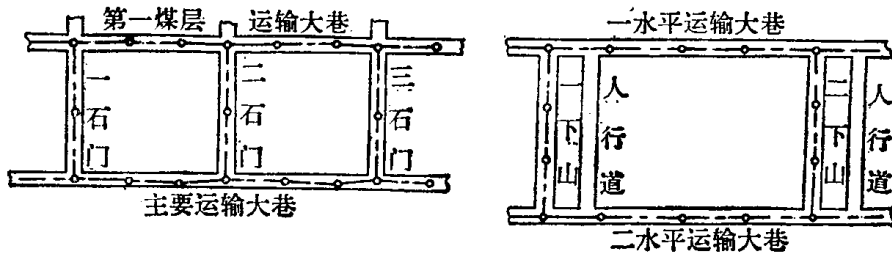


图 1-2

四、井下经纬仪导线点的设置

井下导线点按其使用时间的长短分为永久点与临时点。临时点一般要保存1~3年，永久点则保存时间更长一些。

井下与地面不同，测点可设在巷道底板上，也可设在顶板上。我国绝大多数矿井都是设在顶板上的。因为测点在顶板上具有容易寻找、不易被车辆或行人所破坏等优点；当用垂球对中时，仪器在点下对中比较方便精确。因此，只有当顶板岩石松软有可能移动或在某些特殊情况下，才将永久点设在底板上。临时点一般是设在顶板上的。

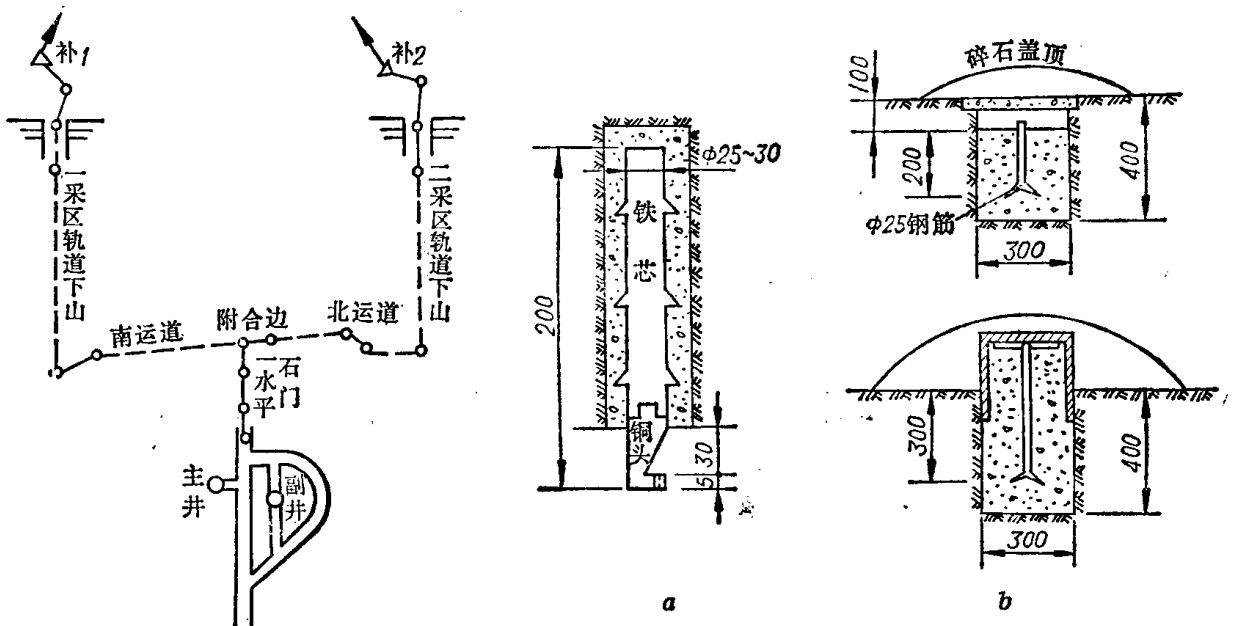


图 1-3

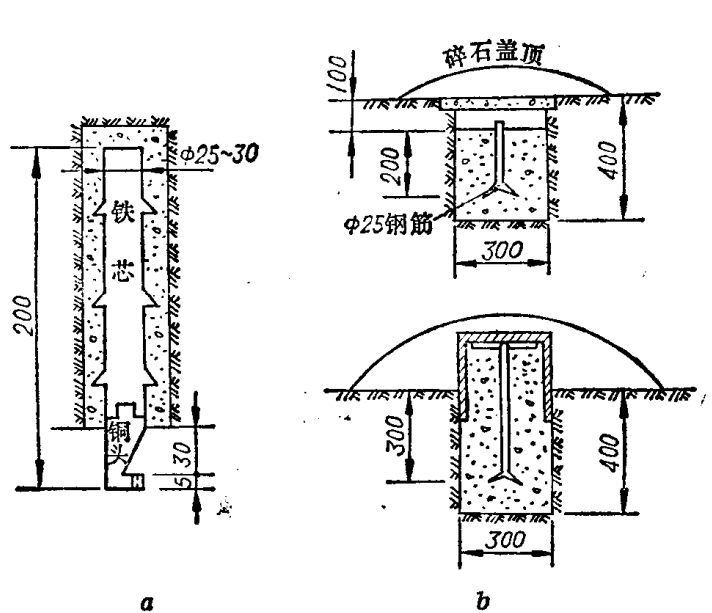


图 1-4

根据设置地点不同,永久点的结构也不同,如图1-4所示。图中 a 为设在顶板上的; b 为设在底板上的。永久点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,这样既节约又便于使用。用水泥浇灌的永久点,应在施测前一昼夜设好,以便使混凝土凝固。在顶板点上挂垂球线时,由于标志中心孔小很难穿挂,因此可采取如图1-5所示的对中环。这种对中环构造简单,但要求在环内所焊的圆锥形尖针应与穿线绳的小孔在一条铅垂线上。事先在小环上拴好垂球线。作业时,只要把小环的圆锥形尖针往标志中心孔内一插,环上的垂球线便通过标志中心而自动对中了。很明显,在埋设标志杆时应尽量竖直,即使中心孔面尽量水平,以保证尖针插入小孔后能与垂球线在同一铅直线上。

至于临时点,可根据具体条件采用如图1-6所示的形式。图中 a 为设在棚梁上的; b 为用木楔打入顶板钻孔内的; c 为用水泥或水玻璃粘在顶板上的。

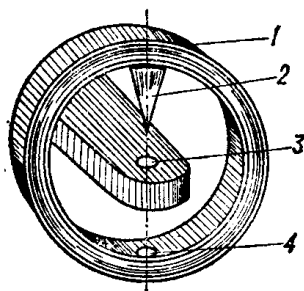


图 1-5

1—对中环; 2—锥形尖针;
3—标志中心孔; 4—穿线孔

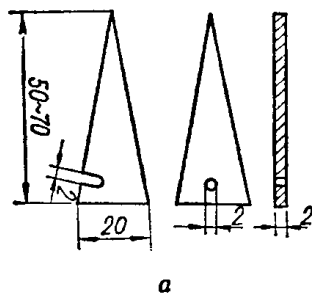
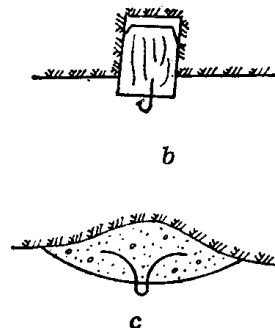


图 1-6



§ 1-2 井下经纬仪导线的角度测量

一、矿用经纬仪及其养护

地面所用的经纬仪均可用于井下测角。但由于井下测量环境与地面不同,所以对矿用经纬仪也应具有某些特殊结构以适应井下的需要。例如:

1. 井下测点大多数设在顶板上,因此仪器必须在点下对中,这就要求经纬仪望远镜上应刻有仪器中心即镜上中心。地面所用的经纬仪一般都有,但也有一些没有镜上中心的。同时由于井下风大,最好能将镜上中心做成光学对点器,这样既节省时间又提高了对中精度。

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,并具有目镜棱镜或曲筒目镜,最好是有偏心望远镜等附件,即在中心望远镜水平轴的一端再安装一个偏心望远镜,另一端安装一个平衡锤。

3. 为了适应精度要求不高而工作条件困难的井下次要巷道的测量,最好能将经纬仪悬挂起来即所谓悬挂经纬仪。

此外,由于井下潮湿和矿尘大,因而要求仪器密封性能要好;由于井下黑暗,最好能有防爆的电器照明设备等。

我国《经纬仪系列型谱》中列有供矿山专用的型号如DJK₀和DJK-30等。这两种矿山经纬仪均设有向上对点器和防爆照明设备。DJK-30是可以悬挂的。上海第三光学仪器厂

过去已成批生产了矿山经纬仪DJK₆和KJ-120。DJK₆型是J₆级光学经纬仪(图1-7),其读数设备为带尺显微镜,直读1';取消了竖盘指标水准管而代之以自动补偿器。它可用于井下导线测量,也可用于地面地形测量及其他工程测量。

KJ-120型悬挂经纬仪(图1-8)适用于井下次要巷道测量。它分为上中下三部分:上部是仪器的竖轴,其上端成球形,与吊架上的球窝连接套连接,可用固定螺旋固定。中部是水平度盘和游标盘,其刻划均显露在外侧表面上,便于读整度数,分数是用测微鼓读取的。下部是望远镜竖盘和支架。望远镜是内对光的。仪器悬挂在吊架上,也可安在三脚架上。在安置仪器时,可将吊架先抱在测点处的棚梁上,然后将仪器的连接套套在吊架的悬臂上,移动仪器使球轴上的中心对准测点所挂的垂球尖,并使水准气泡居中,最后用固定螺旋将仪器固定。当安在三脚架上时,与一般经纬仪相同,但应注意固定螺旋应适当拧紧,否则仪器容易倾倒而被摔坏。并且在水平盘读数时,还应注意度数是逆时针记的这个特点。有关该仪器的技术规格如下:

望远镜放大倍数	16 ^x
视场角	2°10'
最短明视距离	1米
水平度盘直径	90毫米
竖直度盘直径	70毫米
度盘最小格值	1°
测微鼓最小格值	1'
圆水准器	8'/2毫米

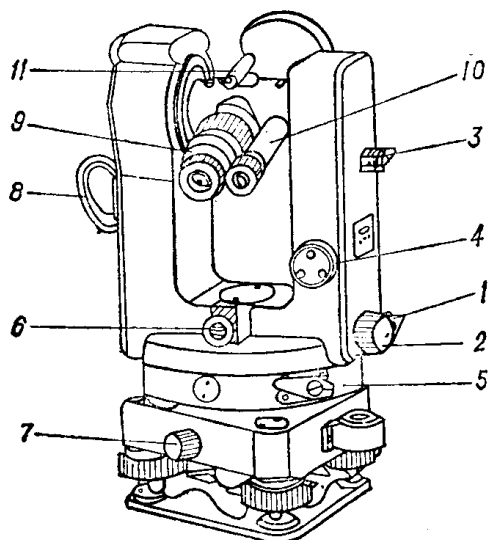


图 1-7

1—照准部制动扳手; 2—照准部微动螺旋; 3—望远镜制动扳手; 4—望远镜微动螺旋; 5—复测钮; 6—光学对中器; 7—三角基座固定螺丝; 8—读数反光镜; 9—望远镜; 10—读数显微镜; 11—望远镜光学瞄准器

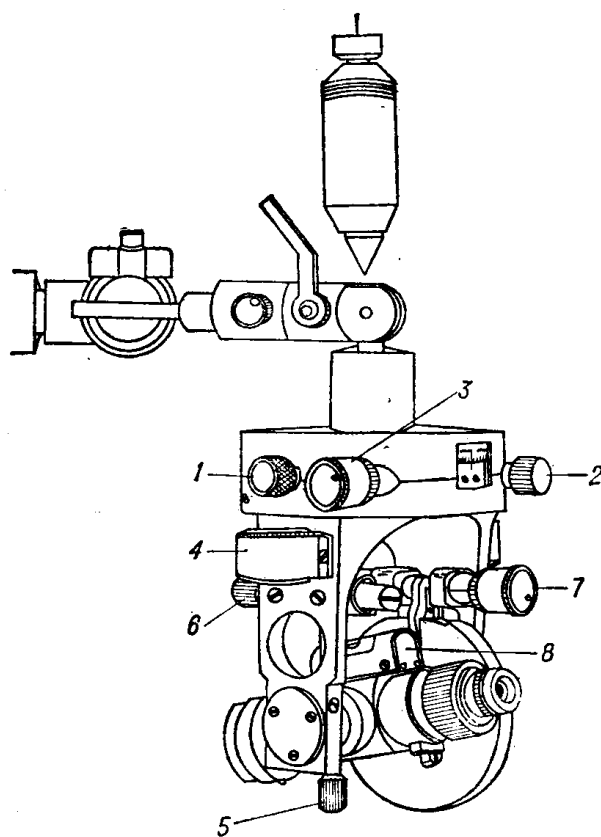


图 1-8

1—照准部制动螺旋; 2—照准部微动螺旋; 3—水平度盘读数测微螺旋; 4—圆水准器; 5—望远镜制动螺旋; 6—望远镜微动螺旋; 7—竖盘读数测微螺旋; 8—望远镜水准器

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。现将主要的检校方法简述于下。

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，利用这一对脚螺旋使气泡居中。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脚螺旋改正，另一半用水准管的校正螺丝改正。应反复进行几次，直到气泡偏离量小于半格为止。

可利用上述校正好了的水准管，拨动圆水准器的校正螺丝来校正圆水准器。

2. 望远镜十字丝板应处在正确位置

检验：离仪器10米左右挂一根垂球线，整平仪器后瞄准垂球线，如果十字丝的纵丝与垂球线重合，则无需校正；若偏离垂球线即纵丝歪斜，则应校正。

校正：从望远镜目镜端拧下十字丝分划板的护罩，松动目镜座与镜管连接的四个分划板的校正螺丝，转动目镜座使分划板纵丝与垂球线重合或平行。对矿山使用较多的DJ₆-1型经纬仪来说，当拧下望远镜目镜与调焦螺旋之间的十字丝分划板的护罩后，便可见如图1-9所示之形状。如纵丝歪斜不大时，则可用小木棒朝需要校正的方向轻轻敲打分划板的校正螺丝1；若歪斜较大时，则用改锥将四个连接螺丝2拧松，转动分划板将十字丝歪斜校正过来，然后拧紧螺丝2并拧好护罩。

3. 望远镜视准轴应垂直于水平轴

检验：将经纬仪安平后，用正镜瞄准远处任一目标点（此点应尽可能与仪器同高，以避免水平轴不垂直于竖轴的影响），在水平度盘上取读数 a_1 ；再倒镜瞄准该点，取读数 a_2 。若 a_1 与 a_2 之差恰好等于 180° ，则视准轴垂直于水平轴，否则应校正。

校正：微动照准部，使水平度盘对在两次读数的平均值 $a_0 = \frac{a_1 + a_2 \pm 180^\circ}{2}$ 上。这时望远镜十字丝交点必然偏离了所瞄准的目标点，然后取下十字丝分划板的护罩，先微松上下两个校正螺丝，然后用一对水平校正螺丝移动分划板，使十字丝交点瞄准在目标点上。这一检校需反复进行，直到满足要求为止。

视准轴不垂直于水平轴的误差叫作视轴差。视轴差虽然可用正、倒镜观测来消除，但太大会影响仪器的使用，故应有一定的限度要求。这种要求，对J₆级光学经纬仪来说不应超过 $10''$ ；对游标经纬仪来说则不应大于游标的最小读数。

4. 水平轴应与竖轴垂直

检验：整平仪器，正镜瞄准一倾角大于 30° 的高目标，固定照准部，向下转动望远镜，使它瞄准安设在高目标附近地面的毫米标尺上，取读数 a_1 ；毫米标尺应水平放置并垂直于望远镜视线。倒镜再瞄准此高目标，同样取标尺读数 a_2 。若 $a_1 = a_2$ ，则水平轴垂直于竖轴；若 $a_1 \neq a_2$ ，则须校正。

校正：微动照准部，使望远镜十字丝交点瞄准在平均读数 $a_0 = \frac{a_1 + a_2}{2}$ 上，然后固定照准部，使望远镜向上转动，则十字丝交点必偏离此高目标；用水平轴的校正螺丝将它的一端升高或降低，使十字丝交点与高目标重合。

本检校应重复进行几次，直到瞄准此高目标后十字丝的交点在标尺上正、倒镜的读数相同为止。水平轴与竖轴的不垂直度，对于J₆级经纬仪来说不应超过 $10''$ 。

各类仪器校正水平轴倾斜的具体作法不同，例如DJ₆-1型经纬仪是利用转动水平轴右

端的偏心轴承来进行的。当打开水平轴右端支架盖板,便可看见偏心轴承2(图1-10),松开三个固定螺丝1,即可用起子顺(或逆)时针拨动偏心轴承以改变水平轴右端的高低。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。

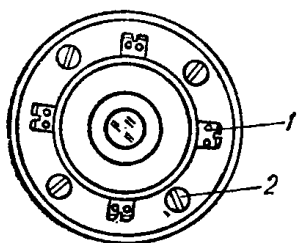


图 1-9

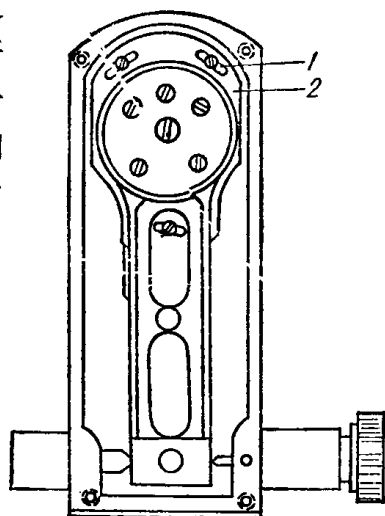


图 1-10

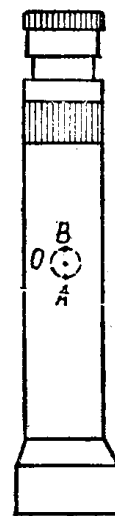


图 1-11

5. 竖盘位置应正确

根据竖盘的结构原理,要求当望远镜水平时,竖盘水准管气泡应居中,竖盘的读数应为 0° 或 90° 。若比此读数大了或小了一个*i*角值(*i*角称为竖盘的指标差),则使一个镜位(正镜或倒镜)测得的倾角相差一个*i*角值。本检校的目的是要消除竖盘的指标差。

检验:安平仪器后,正镜瞄准一目标,测得该点的倾角为 $\delta_{左}$;倒镜再测得该点的倾角为 $\delta_{右}$ 。当 $\delta_{左} = \delta_{右}$ 时,表示无指标差,不需校正;对*J₆*级仪器来说,当指标差*i*超过 $15''$ 时,则应校正。

校正:因为正倒镜测得同一点的倾角的平均值可消除指标差,故正确的倾角 δ 和指标差*i*应为:

$$\delta = \frac{\delta_{左} + \delta_{右}}{2} \quad i = \frac{\delta_{左} - \delta_{右}}{2}$$

校正时,瞄准该点后固定仪器,旋转竖盘指标微动螺旋,使竖盘指标线对在正确倾角的读数上,此时竖盘指标水准管气泡必不居中,可取下指标水准管护帽,拨动该水准管的校正螺丝使气泡居中。

这项检校也要反复进行,直到符合上述要求为止。

6. 镜上中心的位置应正确

检验:在室内或野外挂一垂球线。在其下安设经纬仪,令望远镜视准轴水平,精确地整平对中。然后松开照准部并徐徐转动,并注意垂球尖是否离开镜上中心。如果垂球尖始终对准镜上中心,则说明镜上中心是正确的。如果发生偏离,则应进行校正。

校正:如图1-11所示。由于原镜上中心A偏离竖轴,因此将照准部旋转一周后,垂球尖的轨迹将为一圆。设照准部旋转 180° 后,垂球尖对在B点上,则AB连线的中点O便是正确的镜上中心位置。重新将垂球尖对准O点,再重复上述检查,直到偏离量小于0.5毫米为止。最后才在望远镜上重新刻出正确的中心O,将原中心涂掉。

矿用经纬仪应定期、特别是在进行重要测量工作之前,进行上述各项检校,以保证野外观测的质量。

经纬仪是一种贵重的仪器,又是测角的重要工具。因此我们一定要很好地保养与爱护

它，以便延长它的使用期限和保证测量工作的质量。关于经纬仪的养护事项，除在地面测量中讲述的以外，结合井下条件补充如下：

1. 在井下安置仪器之前，应对两帮和顶板进行检查，如有浮石就应敲掉，以免砸坏仪器并保证人身安全。

2. 由于井下黑暗，来往行人及车辆又多，因此安置仪器后必须有专人看守。同时仪器箱上不准坐人。

3. 背着仪器行走、坐车和上下罐时，应注意不要砸坏仪器。由于井下潮湿，上井后必须擦净晾干后再装入箱内。

二、测角方法

1. 安置仪器

为了测量经纬仪导线各点上的角度，首先需要将经纬仪安置在测点上。关于导线点设在底板上的安置仪器的方法与地面相同，这里只着重介绍测点在顶板上的安置仪器的方法。在点下安置仪器的方法仍然包括对中和整平两个方面。先在点上挂下垂球(图1-12)，将三脚架安在下面，并调节架腿使架头大致水平和大致对中，踩固脚架。然后把垂球放在一旁或缩短。将仪器安置在脚架上，调节脚螺旋使竖轴竖直，还应将望远镜视准轴调节到水平位置。再放下垂球进行对中，使垂球尖对准镜上中心。由于整平和对中是相互影响的，因此需要反复进行，直到垂球尖精确对准镜上中心为止。因此应注意：

1) 在对中时应前后左右移动而不应转动仪器。因为架头只大致水平，若转动仪器则脚螺旋在架头上的相对位置便被破坏，又需大移动仪器才能重新整平。

2) 在点下进行对中整平时，应特别注意点上所挂的垂球不要砸坏仪器特别是望远镜片和水准管。因此在仪器安好后，应将垂球取下。

由上可知，在点下安置仪器时，需要经常调整垂球尖的高度，上海第三光学仪器厂生产了一种活动垂球(图1-13)。它的螺杆和旋转帽用固定螺丝连接，利用旋转帽可以使活动螺母杆(垂球尖)上下伸缩，使用非常方便^①。另外，井下导线边长由于受巷道限制，往往很短。因此对中不精确会使测角误差增大很多。巷道内的风流会使垂球产生摆动，影响对中的速度和精度。为此现场多采取挡风布和挡风筒等挡风措施，特别是在比较精确的导线测量中更是如此。

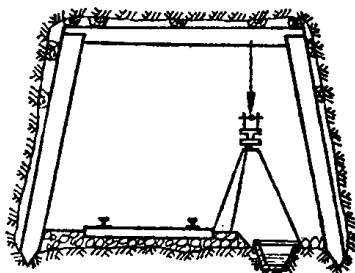


图 1-12

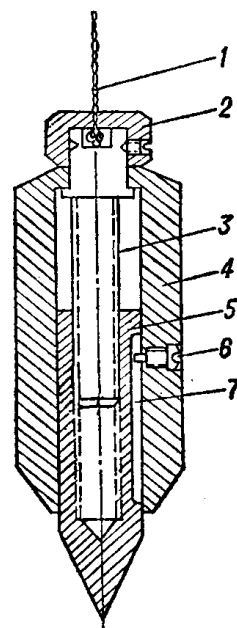


图 1-13

1—线绳；2—垂球帽；3—螺杆；4—垂球体；5—活动螺母杆；6—螺钉销；7—滑槽

① 根据实践证明，这种活动垂球使用方便，但由于螺杆经常伸缩，可能出现垂球尖不在线绳的延长线上的情况，因此应经常进行检查。检查方法是，将垂球自由悬挂，从互成 90° 角的两个方向，用经纬仪观察线绳和垂球尖是否都在十字丝纵丝上，如果不在则应进行修理。这种检查应在垂球尖最高和最低位置即活动螺杆伸出量最短和最长时进行。

上面所叙述的是采用垂球对中的方法。显然，在井下条件下采用光学对中比重球对重要迅速而且精确些。但由于目前具有光学对中的地面经纬仪都只能作点上对中，因此，当某些矿井在风流特大而对测角精度要求又很高的情况下，只好将测点设在底板上，以便将在点下进行光学对中的经纬仪用于井下以提高对中精度。

此外，还有所谓自动对中即强制归心的方法。这是用于井下对中的一种最好的方法，但必须有一套专门的设备。这种所谓自动对中方法如图1-14所示。在前视点上，利用专门的觇标在三脚架C上进行对中整平；测完该角后便可将仪器从三脚架B上的基座中拔出插入前视点C三脚架上的基座中，将后视点上的觇标a插入原仪器基座中仍作后视，而将后视点上的三脚架A与前视点上的觇标c又在新的前视点上进行对中整平，如此继续进行。不难看出，除测起始和终了两个角度外，每测一角只需对中一次。这种方法的缺点是设备多，携带不便，但精度高、速度快，当一次要测量很多点时，其优越性很大。特别是当由某一固定边将方向传递到另一固定边而中间不需保留测点时，用这种方法测量是非常合适的。这就是三架法（或称省点法）测量。在三架法测量中要特别注意，如果中间某一点上发生错误，则全部测量成果将发生错误而不能应用。

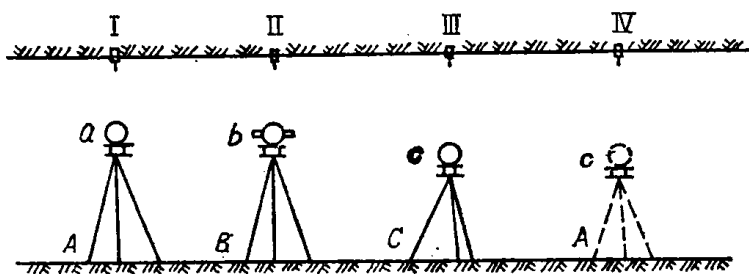


图 1-14

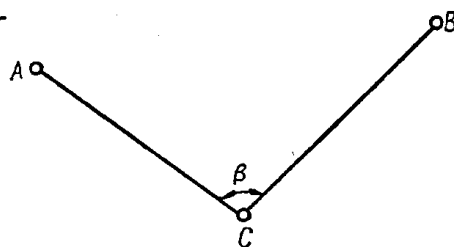


图 1-15

2. 测量角度

井下测角时，除了按上述方法在测点下安置仪器外，还要在与测点相邻的前后视点上挂垂球作为瞄准的标志。由于井下黑暗，所以前后视点必须照明。其方法是将矿灯放在垂球线后面以照亮垂球线，并且要在矿灯玻璃上盖一张透明纸或抹上白粉笔灰，这样能使望远镜得到垂球线的清晰影像。为了减少风流对垂球线的影响，除采用1~2公斤重的垂球外，还可将垂球放在小水桶内或采用挡风布挡风，并且望远镜应尽量瞄准垂球线的上部。

瞄准时，应先用望远镜筒上的照准器大致瞄准照亮垂球线的灯光，再行对光，才容易在视场内找到垂球线。因井下巷道中灯光很多，为了避免找错目标，通常是用“灯语”和前后视进行联系的。还要用灯光照亮十字丝和度盘，才能精确地瞄准和读数。

井下用经纬仪测角也和地面一样，可采用复测法和测回法。

复测法是利用复测经纬仪进行的。其步骤是：

- 1) 设欲测角度ABC（图1-15），则在测站C上安平对中仪器后将度盘对在 0° 附近；
- 2) 用复测钮将度盘和照准部扣紧，旋转照准部瞄准后视点A，取起始读数 a ；
- 3) 松开复测钮，放下度盘，顺时针方向旋转照准部，瞄准前视点B并取检验读数 b_1 ；

- 4) 算出检验角 $\beta_1 = b_1 - a$, 倒转望远镜;
- 5) 扣紧复测钮, 瞄准后视点 A;
- 6) 松开复测钮, 顺时针方向旋转照准部瞄准前视点 B, 取最终读数 b 。

以上操作便是一个复测。由此可得欲测角 ABC 的值 $\beta = \frac{b-a}{2}$ 。

当用 n 个复测测角时, 与一个复测的步骤相同, 只是在取检验读数 b_1 之后不倒镜, 重复 2、3 两步 $(n-1)$ 次, 但不读数; 然后倒镜重复 5、6 两步 n 次, 仍然只取一次最终读数 b , 这样 $\beta = \frac{b-a+k \cdot 360^\circ}{2n}$ 。式中 k 为照准部指标经过度盘 0° 的次数, 即 $k = \frac{2n\beta_1}{360^\circ}$ 。

(只取整数)。

测回法是用方向经纬仪进行的。测量的步骤是:

- 1) 将仪器瞄准起始点方向 (通称零方向), 拨动度盘, 使照准部指标对在 0° 附近;
- 2) 顺时针方向旋转照准部 1~2 周 (J_6 级以下的仪器不需这样做) 后, 再精确瞄准零方向并取读数;
- 3) 顺时针方向旋转照准部, 精确瞄准第 2 方向点并取读数; 顺时针方向旋转照准部依次进行 3、4……等方向的观测, 最后闭合至零方向 (当观测方向数 ≤ 3 时, 可不闭合至零方向);

4) 倒镜逆时针方向旋转照准部 1~2 周后, 精确瞄准零方向并读数;

5) 逆时针方向旋转照准部, 按上半测回观测的相反次序, 依次观测至零方向。

前三项称为上半测回, 后两项称为下半测回, 完成上、下半测回便是一个测回。

用两个或两个以上测回观测时, 则应变动度盘的起始读数, 以消除度盘的分划误差。

设用 n 个测回观测, 则起始读数的变动值, 对 J_2 级仪器应为 $\frac{180^\circ}{n} + 10'$; 对 J_6 级仪器为

$\frac{180^\circ}{n}$ 。根据各测回所测得的方向平均值便可求得任意两方向间的角值。当只有两个观测方向时, 通常是取上下半测回所测角度的平均值做为该测回的角值, 然后取各测回的平均值作为最终角值。

上述各种观测方法所观测的成果是否合格, 对不同精度的仪器和观测条件, 都有不同的检查方法和要求 (限差)。这些规定将结合井下测角的条件, 在后面的井下经纬仪导线测量外业一节中给出。

现结合井下条件对复测法和测回法进行分析比较, 以便得出井下应采用的合理方法。大家回忆一下: 一个复测虽要读三次数, 但只有开始和末尾两个读数参与计算, 因此必需读数是 2 次, 而瞄准则有 4 次; n 个复测时, 必需读数仍为 2 次, 瞄准则为 $4n$ 次。一个测回读数和瞄准均为 4 次, n 个测回读数和瞄准则均为 $4n$ 次。可见复测法读数比测回法少, n 愈大, 相差也愈显著。在井下测角时, 读数是很难的, 因此复测法读数次数少是其优点。并且游标仪器读数时可以转动仪器而人可以不走动, 这非常适合在井下的狭窄巷道内测量。同时, 由误差理论可知, 每次瞄准与读数均带有误差, 对测角的精度有影响。复测法比测回法读数次数少, 因此读数误差对测角的精度影响比测回法小, 所以测角的精度也比较高。但是复测法测角的精度高是有条件的。首先必须是复测经纬仪。其次, 当读数设