

现代矿山

施工现场六大工技术操作标准规范

——爆破工



吉林音像出版社

现代矿山施工现场六大工 技术操作标准规范

——爆破工

主编 刘 旭(中国矿业大学教授 博士生导师)

吉林音像出版社

现代矿山施工现场六大工技术操作标准规范

主编:刘 旭

☆

吉林音像出版社

发 行:吉林音像出版社发行部

制 作:华韵影视光盘有限责任公司

出版时间:2004年4月第1版

版 号:ISBN 7-89998-878-6

总 定 价:1280.00元(1CD+配套资料六册)

前 言

矿山安全生产与多方面因素有关,这其中,最重要的因素之一则是从事生产的一线工人水平的提高。活跃在施工现场的施工人員,他们是矿山生产的组织者与实施者,他们的专业和业务背景不尽相同,加强对他们的技术和业务培训,一方面是提高他们的管理水平,再就是提高他们的专业技术素质,使他们真正成为综合素质优的一线技术骨干,这样才能使安全生产得到最为直接的保证。从另一个角度而言,矿山企业要取得效益,最为根本的还是提高产量。生产单位应对施工人员进行岗位“应知、应会”教育,检查活动中应对现场技术人员的培训工作进行重点检查。针对今后保值保量生产,尤其是安全生产,加强施工现场技术人员的培训,提高全体工人的素质,是关键。

为了满足矿山施工现场六大员对技术业务知识的需求,满足各地对这些基层技术人员的培训与考核,我们在深入调查研究的基础上,组织了有关施工、管理方面专家编写了这套丛书。它们是《采矿工》、《掘进工》、《安全工》、《爆破工》、《机电工》、《运输工》,书中主要介绍技术工人的专业技术知识、业务管理和安全操作,以及有关专业的法规、标准和规范等,是一套拿来就能教、能学、能用的实用具书。本书着重反映施工现场技术操作与安全管理的重点环节,体现了矿山生产过程中的关键内容;注重基本知识、基本操作技能的反映,内容选择上本着够用、实用的原则;选取新技术、新材料、新工艺与新设备在工程中的具体应用;在编写上考虑了语言简练、叙述清楚循序渐进的原则,各分册内容体系相对完整,既可作为培训教材使用,也可供一线技术人员自学及作为技术操作工具书使用。

本书内容翔实、单本成册,集实用性和可操作性为一体;突出理论性与实践性紧密结合;内容循序渐进、深入浅出,理论叙述清晰、层次清楚,是矿山生产单位进行安全生产所必不可少的工具书。

本书在编写过程中,得到了许多专家、教授和学者的大力帮助和支持,在此,向他们表示衷心地感谢!

编者
2004年4月

目 录

第一章 岩石的力学性质及其分级	(1)
第一节 岩体结构	(1)
第二节 岩石矿物组分与特征	(13)
第三节 岩石物理力学属性	(23)
第四节 岩石分级	(38)
第二章 爆破的基本理论	(43)
第一节 炸药爆炸基本理论	(43)
第二节 爆破破岩理论与模型	(68)
第三章 爆破器材的使用及检测	(102)
第一节 雷管及其性能	(102)
第二节 导火索及其性能	(111)
第三节 导爆索及其性能	(114)
第四节 导爆管及其性能	(115)
第四章 爆破装药与封泥技术	(117)
第一节 装 药	(117)
第二节 炮泥和封泥	(123)
第五章 爆破联线技术	(126)
第一节 对爆破母线和连接线的要求	(126)
第二节 联线的要求和方法	(127)
第三节 联线方式	(128)
第六章 起爆技术	(131)
第一节 工业炸药的爆炸性能指标	(131)
第二节 火雷管起爆法	(135)
第三节 电雷管起爆法	(137)
第四节 导爆索起爆法	(144)
第五节 导爆管起爆法	(147)
第七章 露天爆破技术	(151)
第一节 钻孔、装药、破岩、装药作业及其监控	(151)
第二节 边坡开挖预裂爆破	(157)

第三节	光面爆破技术	(164)
第四节	露天台阶爆破	(167)
第五节	我国露天深孔爆破技术的发展	(173)
第六节	硐室爆破技术的发展	(174)
第八章	掘进与采矿爆破技术	(176)
第一节	概 述	(176)
第二节	掘进与采矿爆破技术	(181)
第三节	爆破对围岩的损伤和对爆破损伤的控制	(202)
第九章	控制爆破技术	(212)
第一节	微差爆破机理	(212)
第二节	挤压爆破机理	(213)
第三节	光面爆破	(217)
第四节	控制爆破新方法	(228)
第十章	安全爆破技术及爆破事故预防及处理	(255)
第一节	安全爆破技术	(255)
第二节	爆破事故预防及处理	(273)
附录:爆破工技术操作规程		(283)
爆破工		(283)
井下爆炸材料管理工		(289)

第一章 岩石的力学性质及其分级

第一节 岩体结构

一、结构面

在工程地质研究中,把岩体内开裂和易开裂地质界面抽象地称为结构面,被结构面切割的岩块称为结构体。所以,岩体是天然埋藏条件下由结构面和结构体组成的复杂地质体,并经历了漫长的自然地质作用过程,在地应力作用下,其内部保留了各种永久变形地质构造形迹。因此,在岩体中存在着许多隐微裂隙、节理、裂隙、断层、层面、软弱夹层等结构面,使岩体具有不连续和非均质的特性,并且控制着岩体工程中出现的岩石力学问题。

研究坚硬难冒顶板控制问题时,往往是从研究岩体的岩样开始,研究岩石材料的矿物组分、特征和物理力学特性。除此之外,还须研究与岩体破裂相关的各种因素。如,一块具有完整几何形状的小岩样,可以看作是块完整的岩石。但是,当这块岩样的尺寸增加到某一较大数值时,岩样的概念便转换为岩体,结构面的数量也相应的多起来,原岩样的物理力学性质亦随之发生变化。所以,为了满足坚硬难冒顶板控制需要,除了研究岩样之外,还要研究岩体结构。通过对岩体结构的研究,解决控制岩体工程出现的各种因素。

1. 结构面的分类

结构面是在岩体内形成的具有一定方向、一定规模、一定形态和特性的面、缝、层、带状的地质界面。可分为原生结构面和次生结构面。

原生结构面多数是潜伏性的,面与面的接触很紧密,无任何充填物,肉眼很难观察到,仅在岩体破碎过程中才显露出来,如隐微裂隙、节理等。图 1-1 为大同四老沟矿 2[#] 煤层顶板砂砾岩层岩样通过偏光显微镜观察到显微裂隙的发育情况。一般认为完整的岩石,仅具有隐微的裂隙及一些很小的不连续结构面,它们的存在影响着岩石的强度,坚硬岩石中的脆性破裂常常是由于这种显微裂隙存在造成的。

次生结构面通常是以断裂和裂缝的形式显露在外面的缝、层、带。这种结构面并非几何学上的面,而是具有一定厚度,上、下两个面所限制的缝、层、带中间有一定物质充填。如缝是指有充填物,而且具有一定厚度的裂缝;层是指岩层中相对软弱的夹层,不仅由不同物质组成,而且明显存在上、下两个层面;带是指具有一定厚度的构造破碎带、接触破碎带、风化

带等。当然,缝、层、带由一定物质所充填的厚度与相邻的岩块厚度相比还是极小的。

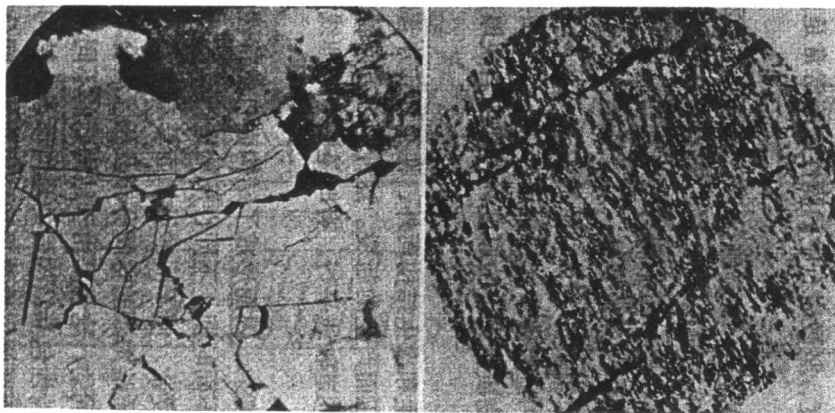


图 1-1 岩石中的显微裂隙(正交偏光显微镜下)

a-长石砂岩中长石颗粒显微裂隙发育;b-垂直石英片麻岩客观存在压方向张性显微裂隙发育

除了地质方面的原生和次生结构面外,在采场和井巷周围还存在由于采动,围岩卸压而产生的断裂。这种断裂方向基本与长壁工作面方向平行或与巷道轴线平行,有时是沿着节理线方向发展。

结构面的成因比较复杂,因而形成了结构面自然特性上的差异,加之后期又经历了不同时期、不同性质构造运动的改造和表生演化,使其特性更加复杂,使不同的结构面具有各自不同的物理、力学属性。各种地质结构面的空间分布及相互组合对顶板岩体控制所起的作用是不同的,这也是由于结构面的不同自然特性决定的。结构面的自然特性包括结构面的几何形态、结构面的组合状态及充填物、结构面两侧岩性差异和结构面的空间分布等。

2. 结构面的几何形态

以几何形态分为三大类型,即平直型、波型和曲折型。平直型结构面一般以层面、片理、原生节理以及剪切破裂面为主。波型结构面一般是指具有波状层理的沿走向和倾向呈舒缓波状的压性和压扭性的结构面。曲折型结构面主要是以张性、张扭性的结构面和具有交错层理、龟裂纹的层面。结构面的平直、光滑和粗糙程度直接影响结构面的抗剪强度。粗糙程度越高,结构面抗剪强度中的摩擦系数也就越大。三种几何形态在岩体内并不是单独存在,它们之间可以任意组合成各种网格结构,并制约着顶板控制中出现的各种问题。

国际岩石力学局建议采用 V·门柴尔的断裂系统质量分类。V·门柴尔将岩体内开裂和易开裂地质界面(结构面)抽象地称为断裂系统,并包括了断裂系统基本几何测量方法。它表征了顶板岩体裂隙的几何分布特征及其贯通性。图 1-2 为 V·门柴尔的断裂系统分类,其中 M 型为非断裂岩体,表述岩体内有些为数不多、稀疏分布的裂纹。主要断裂系统类型分为 Y、H、K、S、X、I、O 型,这些断裂系统网格可以任意组合。加上结构面倾角、裂隙间距、裂隙缝张开度和充填材料等,可以严密准确地描述顶板岩体的裂隙特征。如大同矿区砾岩顶板、砂砾岩顶板以及粗砂岩顶板皆属于 M 型和 O 型网格结构,其断裂网络的连贯性差,分布稀疏,顶板悬露面积可达数万平方米以上而不冒落。永定庄矿 11# 层砂岩顶板属于压扭

性的 H 型网格,连通性强,极易冒落。

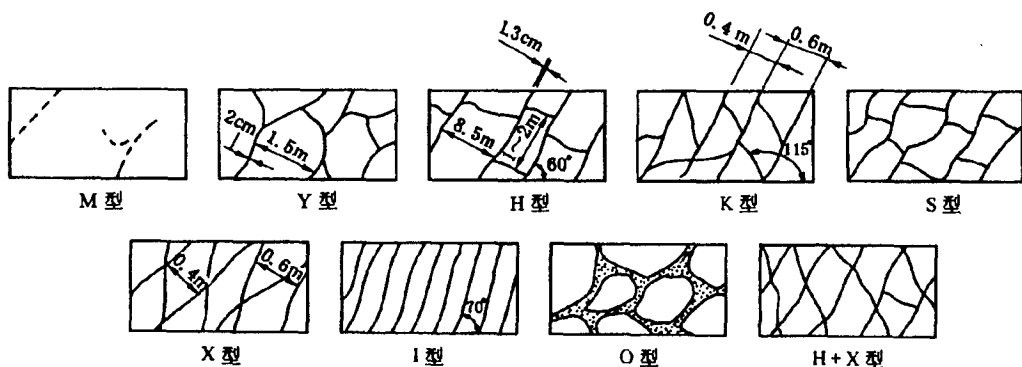


图 1-2 V·门柴尔的断裂系统分类

3. 结构面的结合状态及其充填物

结构面的结合状态、充填物及其厚度是影响结构面结合力和抗剪强度的重要因素。结构面是闭合的,中间无充填物,岩块间为刚性接触。结构面的抗剪强度取决于结构面的结合形态和光滑粗糙程度以及两侧岩体的性质。如果结构面是闭合的,中间有泥质或其它矿物充填薄膜,结构面的抗剪强度不仅取决于结构面的结合形态和两侧的岩性,而且取决于这些充填物质薄膜的矿物类型及其亲水性。亲水性能越强,岩体软化性越大,结构面的抗剪强度越低,这样的顶板岩体更容易弱化。如果结构面是张开的,或有少量的不连续矿物碎屑充填,抗剪强度与结构面的几何形态,充填物的多少以及颗粒级配和组成成分有关,有时可能完全丧失抗剪强度。如果结构面两侧岩块无直接接触,充填物是连续的有一定的厚度,其抗剪强度取决于结构面的起伏差和充填物的厚度、成分及物理状态。当结构面的起伏差大于充填物的厚度时,岩体在剪切滑移过程中的阻力就大;当充填物厚度大于起伏差时,结构面的抗剪强度则取决于充填物的颗粒成分、化学成分及水理性等。

4. 结构面两侧岩性差异

结构面两侧岩性差异决定结构面破裂的性质。如果结构面两侧为坚硬的岩体,当岩体与结构面接触部分存在斜交或平行结构面的细微裂隙时,岩体受力后就有可能沿这些细微裂隙面产生局部破裂,使滑移面呈现波形面出现,这对提高滑移面的阻力,增加岩体抗剪强度是有力的。如果结构面两侧岩性是软岩时,岩体受力后不一定沿结构面破裂,而是在软岩内产生破裂。如果结构面两侧岩体的岩性与结构面充填物软硬相同时,岩体受力后不一定完全沿结构面层滑移,有时产生于层面的软岩附近,或在软岩层中的片理或斜交层面中产生破裂。

5. 结构面的空间分布

结构面的空间分布状况,包括结构面的产状变化、延展性、发育密度及相互组合特征等等,这些直接反映岩体的完整性和结构特性。各种结构面的自然特性和它们之间的相互组合后与岩体工程的依存关系,是我们研究坚硬难冒顶板岩体稳定性的重要课题。把工程地

段岩体结构搞清楚了,不仅能够针对性地采取控制措施,而且还可以利用矿压采煤,提高生产能力。

二、岩体断裂系统

影响岩体强度的主要因素是岩体的断裂系统,包括岩体裂隙度(裂隙间距)、延伸长度、张开度与充填物、分层厚度、界面粗糙度等指标。

1. 岩体裂隙度

根据坚硬难冒顶板控制的需要,地质调查工作除了测定大的断裂构造的地质走向、倾向、倾角之外,对肉眼所能观察到的裂隙亦必须调查清楚。裂隙的表述方法,一般采用岩体裂隙度指数,即岩体裂隙的数量、裂隙的长度或裂隙缝的宽度与被测量岩体的长度、面积或体积的比例关系。随着裂隙密度的增加,岩体强度亦随之变低和变形增加。

裂隙度指数分为线裂隙度指数、面积裂隙度指数和空间裂隙度指数三种。

(1)线裂隙度指数:指在巷道侧壁或钻孔岩芯被测量长度内单位长度的裂隙数。用下式表示:

$$K_{\text{线}} = \frac{\sum N}{L} \quad (1-1)$$

式中 $K_{\text{线}}$ ——线裂隙度指数,条/m

N ——测量长度内裂隙条数,条;

L ——测量的巷道长度或岩芯长度,m。

计算线裂隙度指数时,观测的巷道长度,对细小裂隙取 1~2m,分布稀疏的裂隙取 4~6m。

(2)面积裂隙度指数:指在巷道侧壁岩体单位面积裂隙痕迹的总长度。用下式表示:

$$K_{\text{面}} = \frac{\sum L_1 N}{S} \quad (1-2)$$

式中 $K_{\text{面}}$ ——面积裂隙度指数,m/m²

L_1 ——测量岩体面积内单个裂隙痕迹长度,m;

N ——测量 S 面积内裂隙条数;

S ——观测巷道侧壁的面积,m²。

计算面积裂隙度指数时,观测巷道侧壁面积,细小的裂隙取 1~2m²,分布稀疏的裂隙取 4~6m²。

(3)空间裂隙度指数:表示岩体单位体积裂隙缝的总面积。用下式表示:

$$K_{\text{体}} = \frac{\sum S_1 N}{V} \quad (1-3)$$

式中 $K_{\text{体}}$ ——空间裂隙度指数,m²/m³;

S ——单个裂隙缝的面积,m²;

N ——裂隙缝条数;

V ——被测量岩体的体积,m³。

求空间裂隙度指数时,要求至少测定 2 个相互垂直的侧壁岩体裸露平面的(巷道侧壁与顶板)裂隙长度与宽度。

测量裂隙度指数一般在巷道里进行,测定时只要在巷道侧壁及顶板上划出一定几何形状的面积,统计该面积内肉眼能观察到的原生和次生裂隙痕迹,尽量不要把受采动影响产生的裂隙统计在内。在钻孔岩芯中求得的线裂隙度指数,是评价尚未揭露岩体强度的重要指标,应在每个工作面的顶板探顶钻中取得。

2. 裂隙缝张开度和充填物

裂隙缝张开度和充填物是描述岩体强度的重要指标。波兰学者 A·吉迪宾斯基将岩体裂隙缝张开度划分为三个等级,见表 1-1,并以此将岩体断裂度划分为四级,见表 1-2。

表 1-1 岩体裂隙缝张开度等级

等级	张开度(mm)
I	0~2
II	2~10
III	10 以上

表 1-2 岩体断裂划分

级别	岩体断裂度	说 明
I	非断裂	岩体未显露出张开裂缝,而闭合裂缝存在大于 0.5m 间隔中
II	轻度断裂	岩体有张开裂缝,张开度小于 0.2mm,被裂缝分开的岩块大于 20cm,岩块相互间没有错动
III	严重断裂	岩体有张开裂缝,张开度为 2~10mm,由裂缝分开的岩块为 8~20cm,岩块相互间没有错动
IV	特严重断裂	岩块边长小于 8cm,裂缝张开度在 10mm 以上,岩块相互间能够错动

张开的裂隙缝中一般都夹有不等厚度的泥质软弱夹层(充填物)。如果裂隙缝中夹有软弱物质时,岩体强度将随着软弱夹层厚度增加而降低。如前所述,岩体结构面充填夹层厚度、颗粒成分、化学成分、物理状态、水理性及结构面的几何形态是岩体强度的制约因素。闭合的不含软弱夹层的结构面摩擦系数 f 可达到 1.2~1.4。软弱夹层厚度愈大,其强度降低愈大。如果裂隙缝中夹有高岭土夹层时,其厚度大于 1.0m,摩擦系数 f 值可降至 0.2~0.5,当厚度大于 1.0~2.0mm 时,其强度不再降低,而保持不变。

三、岩体强度

岩体强度系指具有结构面的岩体总强度。通常岩体内闭合的结构面愈少,愈接近于均质的连续体,则岩体强度愈接近于岩块强度。如果岩体内结构面愈发育,充填物质愈厚,则岩体强度愈接近于结构面的强度。但是,直至目前对于结构复杂的岩体工程,如何准确的建立岩体强度表述方程式仍是非常困难的。为了解决工程需要,一是对一些特别重要的岩体工程可以选择试验区,对工程现场岩体强度进行测定。但是,这种测定方法耗费人力、物力

都很大,而且费时较长,所测定的结果并不能全面描述整个岩体工程所需要的岩体强度指标,坚硬难冒顶板控制工程亦无法采用。另一种方法是岩体强度间接确定法。这种方法的基本思路是寻求岩体强度与岩块强度之间的某种关系,然后将岩块强度乘以一定系数,求得岩体强度指标。这种间接确定岩体强度亦称准岩体强度。它的确定方法有体积法和弹性波法。

1. 体积法

根据固体内的结构损伤理论(W·威布尔),可以得出以下关系式:

$$\frac{R_{cm}}{R_{cs}} = \left(\frac{V_s}{V_m} \right)^{1/m} \quad (1-4)$$

式中 R_{cm} ——岩体抗压强度;

R_{cs} ——岩块抗压强度;

V_s ——岩块试件的体积;

V_m ——设计工程范围内的体积

m ——常数,试验测得 $m = 5.2 \sim 5.8$, 平均 5.5。

A·吉迪宾斯基、K·索乌吉斯将上式右侧变为单因次后,得:

$$\frac{R_{cm}}{R_{cs}} = \left(\frac{L_s}{L_m} \right)^{3/m} = K_v \quad (1-5)$$

式中 L_s ——平均裂隙间距, m;

L_m ——设计工程范围最大长度, m;

K_v ——体积裂隙系数。

2. 弹性波法

是一种简便易操作的方法。其原理是通过弹性波穿过有裂隙岩体时,波的传播速度求得。

$$\frac{R_{cm}}{R_{cs}} = \left(\frac{v_m}{v_s} \right)^2 = K \quad (1-6)$$

式中 v_m ——弹性波在岩体中的传播速度;

v_s ——弹性波在岩块中的传播速度;

K ——裂隙系数,见表 1-3。

表 1-3 裂隙系数表

裂隙等级	裂隙系数 K	岩 体 裂 隙 特 征
不发育	> 0.7	有 1~2 组规则的裂隙,间距 10m 以上,裂隙缝闭合,延伸不长
较发育	0.45 ~ 0.75	有 2~3 组较规则的裂隙,呈 X 型,以构造型为主,间距大于 0.4m,裂隙缝多闭合,部分张开,少有充填
发 育	0.45 ~ 0.75	有 3 组以上不规则的裂隙,呈 X 或米字型,以构造型或风化型为主,间距小于 0.4m,裂隙缝张开,部分粘土充填
很发育	< 0.45	有 3 组以上杂乱不规则的裂隙,以构造型或风化型为主,间距小于 0.2m,裂隙缝张开,粘土充填

四、岩体的层理性

煤系地层是属于沉积建造的一种。岩体的成层条件由于沉积环境及变质-混合作用的不同,岩体的单层厚度变化是很大的。层状结构面的多少及结构面的形态性状,直接影响岩体的完整性和不连续性。岩体的分层厚度对于顶板岩体能否自行冒落有明显的制约作用,分层厚度大、整体结构强的顶板岩体一般是难以自行冒落。到目前,在岩体厚度划分上并没有一个统一的标准。有的学者将自然界常见的岩体厚度划分为六个等级,见表 1-4。

表 1-4 岩体分层厚度表

分类名称	分层厚度	分类名称	分层厚度
极薄层	0.1	厚层	0.5~1.0
薄层	0.1~0.3	极厚层	1.0~1.5
中层	0.3~0.5	块状	1.5以上

这种人为的、机械的岩体分层厚度分类,说质是没有任何物理力学意义。然而在坚硬难冒顶板控制方面,岩体分层厚度对于顶板岩体在重力场作用下能否自行冒落却很重要。一般说来,分层厚度小的顶板岩体,如页岩顶板容易自行冒落。而分层厚度超过 4m 以上,整体性强,结构致密的粉砂岩、中粒砂岩、粗砂岩、含粒粗砂岩、砾岩等顶板岩体则难以自行冒落。

坚硬难冒顶板岩体不仅岩体本身厚度大,而且岩体内部分层厚度也很大,一般均大于 0.5m 以上。

除此之外,岩体内还存有层理的分组性,层组间有很强的粘结力。组与组之间存在粘结力较弱的夹层,顶板的变形破坏往往是从这些软弱夹层开始离层、拉断。因此,造成岩体一次冒落的厚度大,碎胀系数小。如大同云岗矿 2*煤层顶板为 K_{21} 砾岩,岩体厚度 8.31~12.5m,岩体内分层厚度大于 1.0m,软弱夹层间距一般为 5.0m 左右。在 K_{21} 之上为中粗砂岩,厚度为 16~19.m,岩体内分层厚度为 0.5m,软弱夹层间距 3.5m。表 1-5 为大同云岗矿 2*煤层 8305 作面,通过钻孔电视观测的砾岩、中粗砂岩柄板一次冒落厚度表。

表 1-5 大同云岗矿 2*煤层顶板一次冒落厚度表

钻孔编号	岩石名称	冒落高度 (m)	岩堆高度 (m)	空顶高度 (m)
I	中粗砂岩	3.16	4.29	0.84
	砾岩	2.35	2.49	0.7
	砾岩	5.05	5.07	0.75
II	中粗砂岩	1.92	2.78	1.75
	中粗砂岩	7.75	8.85	1.0
	砾岩	2.41	3.0	0.51
	砾岩	6.01	6.84	0.43

钻孔 编号	岩石名称	冒落高度 (m)	岩堆高度 (m)	空顶高度 (m)
Ⅲ	中粗砂岩	4.23	5.89	1.1
	中粗砂岩	2.67	-	-
	中粗砂岩	1.62	5.22	0.71
	砾 岩	3.21	2.24	1.25
平均	中粗砂岩	3.63	4.5	
	砾 岩	5.8	5.39	

分层厚度大、结构致密、整体性强的难冒顶板岩体,岩样的单轴抗压强度并不是很大,而高位顶板岩体的初次冒落步距却很大。如印度煤炭公司所属东南煤炭公司恰察西矿(CHURCHAWEST),煤层顶板为5.4m的灰褐色细砂岩,再上为50m的中-粗砂岩,结构致密、整体性强,岩块的单轴抗压强度 $R_c = 20.3 - 22.6 \text{ MPa}$, $RQD = 71.3\% \sim 92\%$ (图1-3)综采工作面长度150m(顶板净跨度159m),高位顶板岩体初次冒落距离182m以上。

评价顶板岩体层理性时,可用钻孔岩芯的完好程度判断。即通过计算 RQD 指数来确定:

$$RQD = \frac{\sum L_p}{L_t} \times 100\%$$

式中 L_p ——长度超过0.1m的岩芯累计长度;

L_t ——钻探岩体的钻孔长度。

美国学者用 RQD 值描述岩体质量时,将其分为五类,见表1-6。一般来说,岩体分层厚度大,整体性强,结构致密的顶板岩体 RQD 值都大于50%以上,高位顶板岩体初次冒落步距一般都在50m以上,对采场支架冲击载荷作用亦强。

表1-6 岩石质量指标分类

分 类	优质的	良好的	好 的	差 的	很差的
RQD	> 90	70 ~ 90	50 ~ 70	25 ~ 50	< 25

大同矿区坚硬难冒顶板,砾岩、含砾粗砂岩、粗砂岩、中粗砂岩岩体,分层厚度大,为3.5~25m,岩块单轴抗压强度一般较高,主要有北东、北西两组呈X型或M型构造裂隙,线裂隙度指数0~0.14条/m,属于不发育裂隙等级。因此,从总体来看岩体结构致密,整体性强,岩体强度高,煤层采动后顶板悬空面积一般为3000~7000m²,最大可达到孤8000~12000m²。

五、岩体结构要素的采集与测试

煤矿井工开采顶板岩体结构要素数据的采集、测试是随着巷道的掘进同时进行,是一项细致、繁杂而又艰苦的工作。采集、测试的内容有:煤、岩层产状、断层产状、招曲轴方位、节理裂隙度、裂隙缝开合度、裂隙缝充填物、结构面粗糙度、结构面强度、渗流情况、顶板的垂直或水平钻孔扫描等。

井下采集、测试煤、岩体结构要素使用的仪器主要有矿山地质罗盘、组构罗盘、立体摄影仪和钻孔电视等。

应用矿山地质罗盘测量和采集井下结构面产状、断层及褶皱产状要素等数据是煤矿地质工作的传统方法,测得的结构要素绝大多数是面状要素。测量时先测量结构面要素的走向与倾向,再利用罗盘中的倾角刻度与指针测量结构面要素倾角,而且每次测量都要等指针基本稳定之后方可读数,工作效率比较低。

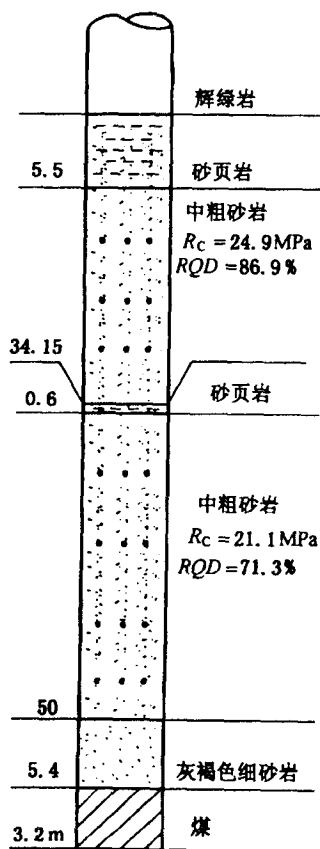


图 1-3 印度恰察西矿综采工作面顶板柱状

应用组构罗盘测量结构面要素,可以通过一次测量同时量取结构面要素的走向与倾角两个数据,因而提高了工作效率。目前我国生产的 HQ-1 型工程罗盘就是一种组构罗盘,但是这种组构罗盘的指针与刻度之间容易被煤粉充填,影响指针灵活转动,而且极易造成指针的弯曲变形,损坏罗盘。

现代化矿井中,由于金属物体(轨道、管路、支架、掘进机组等机械设备)对罗盘指针的影响,采用罗盘测量方法会出现较大的方位角测量误差。因此,采用非磁定向法确定结构面的空间方位较为适宜。

井下立体摄影方法是采集井下结构要素的有效方法,这种方法具有快速、安全、精确,而

且不受轨道、管路及机械设备等金属物体干扰等优点,提高了工作效率,降低了劳动强度,是一种较为先进、可靠的方法。德国鲁尔矿区应用 Zeiss(蔡氏)公司制造的 SKM120 型立体摄影机采集井下结构要素。这种机型的新一代产品为 SNKS.5/0808/120 型,技术特征:两相机之间水平距离 1200mm,镜头焦距 56mm,对焦距离约 8m。整个装置可放在三角架上,照相机可调整仰、俯角度。鲁尔矿区应用的另一种立体摄影设备也是德国 Zeiss(蔡氏)公司生产的 SMK40 型立体摄影机,新一代产品型号为 SMK5.5/0808/40 型,两相机之间水平距离 400mm,焦距 56mm,对焦距离约 4m。在生产中应用较方便的是 SMK5.5/0808/40 型。

结构要素测定之前要先划定范围,在所划定的范围之内进行,并要注意以下几个问题:

(1)应在新揭露的巷道断面和两壁上测量构造节理、裂隙,避免由于非构造因素造成的煤、岩层破裂面(如采动裂隙)对解析工作的干扰;

(2)测点所在的范围内煤、岩体内部物质组成,物理力学性质和结构要素排列要一致;

(3)测点应远离掘进机组、金属支架等磁场影响体,减少它们给测量值带来的误差;

(4)测点间距视地质构造情况而定。布置原则是根据构造发育的简单与复杂关系而定,可以近百米设一个点,也可以数十米设一个测点;

(5)在每个测点范围内,包括巷道两壁及掘进头断面上数十平方米左、右的面积,如能在较小的面积上测量到足够数量的结构要素数据,则应尽量缩小测点包含的面积;

(6)每个测点测量节理、裂隙数量至少一百个,如果确实收集不到一百条节理、裂隙,也可以少于一百个。不同规模节理、裂隙和发育在煤、岩体中的节理、裂隙应按照具体规定分别记录整理;

(7)对测点内发育的多组节理,应根据其代表性按发育比例测量。

新开盘区除了随巷道掘进采集、测试煤、岩体结构要素外,当工作面圈出以后还要在工作面上、下顺槽和开切限内布置顶板钻、采集顶板钻孔岩芯、统计节理、裂隙度指数和做岩块强度试验。顶板钻孔间距可在每 100m 之内布置一个钻孔,孔深可根据邻近采区开采过程中顶板高位岩层活动情况而定,一般为 40~60m

井下结构要素观测记录可参照表 1-7 建立记录手簿。也可以根据需要自行设计。

表 1-7 井下裂隙观测记录表

矿		盘区		工作面		巷道	
观测点编号:							
矿井统一编号:				观测人: 年 月 日			
编号	走向	倾向	倾角	间距	张开度	充填物	渗水情况
煤、岩层产状:				断层产状:			

对井下采集到的结构要素首要的工作是分析编录、绘制表征顶板裂隙性态留或裂隙玫瑰图。这是分析顶板岩体结构要素的基本图件,是用于控制顶板过程的基础资料。

六、裂隙的图示法

裂隙观测成果的资料整理常用方法有三种。一种是直接把主要裂隙的产状按观测点的位置绘制在工程平面图上,如图 1-4 所示。为了反映裂隙的不同成因类型、发育程度及水文等情况,可用不同颜色、长度或粗、细的裂隙符号表示。这种表示方法直观,一目了然,工程上比较适用。多用于裂隙组数少,规律明显的地区。

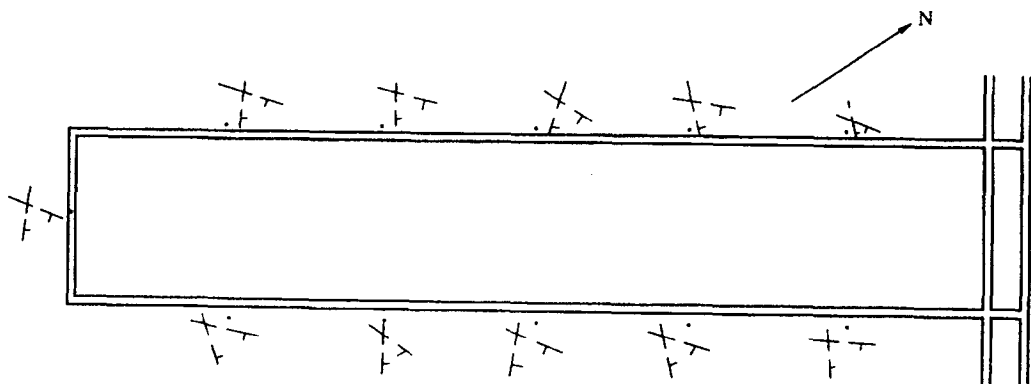


图 1-4 裂隙在井巷平面图上的表示方法

另一种表征顶板裂隙性态的方法是用裂隙玫瑰图表示。裂隙玫瑰图是以单位面积内某一方位裂隙出现的条数为半径所做的同心圆与该裂隙方位线的交点,连结各交点构成的形似玫瑰花的图形。在这种图上,方位相近的裂隙为一组,同组内平均裂隙条数为该组裂隙的线密度。能清楚的反映有关各类方位角中被测定结构面走向方位角、倾角以及断裂出现的频率曲线图。它可以按倾向、倾角和走向分别绘制倾向、倾角和走向玫瑰图。在实际应用中,通常把倾向和倾角玫瑰图画在一起,也可以在走向玫瑰图上用文字标出倾向与倾角。走向玫瑰图在实际工作中应用较多。

裂隙走向玫瑰图的测定与绘制:绘制裂隙走向玫瑰图之前,要在工作面进、回风巷道和开切眼中各选择有代表性的五个测点,在每个测点上观测 1m^2 范围内各方位出现的裂隙条数、倾向和倾角。走向玫瑰图的绘制通常只画上半圆(也可以画整圆),因为上、下两个半圆的内容是相同的。首先,把每个测点的裂隙按走向每 10° 分组,为使所有裂隙都能在上半圆表示出来,要把南东、南西走向的裂隙各加 180° ,统计各组裂隙数和平均走向。然后在绘图纸上画一个半圆,按北东、北西方向的圆弧分别代表 $0^\circ \sim 90^\circ$ 和 $270^\circ \sim 360^\circ$ 方位,并各分为九个等分,每个等分代表 10° 的方位角。最后画一系列半径,使它们的方位角各等于各组裂隙的平均方位角,而它们的长度则各等于该组裂隙数(按比例截取),联结各半径的端点,即得裂隙走向玫瑰图。