

宋广太 魏锦平 张榜雄 编著

煤巷围岩锚固技术与工程实践

MEIHANG WEIYAN
MAOGU JISHU YU
GONGCHENG SHIJIAN

煤炭工业出版社

煤巷围岩锚固技术与工程实践

宋广太 魏锦平 张榜雄 编著

煤炭工业出版社

·北京·



作者简介

宋广太，男，中共党员，1956年10月出生，研究生毕业，高级工程师。曾任平顶山煤业公司副总经理，河南煤矿安全监察局副局长、党组成员等职；现任义马煤业公司总经理。著有《现代企业管理通论》、《煤巷锚杆支护指南》等著作。主持研究的“实施六高系统工程，使开拓掘进各项工作推向新阶段”，荣获中国煤炭工业企业管理现代化优秀成果三等奖；“平六矿合并采区长走向开采技术的应用”，获河南省星火科技奖。

前 言

在采矿工程中,锚固技术在围岩稳定条件较好的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类巷道中取得了显著的技术经济效益,越来越受到广泛的重视和应用。但是在围岩松软和受采动影响的煤巷中,锚杆支护率只有20.14%,因此在围岩松软和受采动影响的煤巷中推广应用锚杆支护是进一步实行矿井巷道支护改革的重点和难点。就全国整体而言,有为数不少的矿井其煤巷锚杆支护率还很低,特别是国有地方煤矿及乡镇煤矿还有许多空白点。随着煤矿开采深度加大,煤巷围岩锚固技术将面临新的挑战与机遇,因此,及时总结和不断提高煤巷围岩锚固技术就显得尤为重要。为此,在前人研究和实践的基础上,作者结合自己近年来在煤巷围岩锚固技术的工程实践,完成了本书。

全书以煤巷围岩锚固技术工程实践为主体,介绍了煤巷围岩分类和锚固设计方法,并讲述了煤巷围岩锚固技术的施工组织、施工监测及施工经验等工程实践。全书突出实用性,以指导煤巷围岩锚固施工为宗旨,论述了义马煤业集团公司巨厚砾岩特厚煤柱区综放沿空煤巷围岩锚固、陕澠煤田三软煤层煤巷围岩锚固技术研究与实践,以及平煤集团煤巷围岩锚固工程实例。本书可供煤炭系统的煤巷围岩锚固工程设计、施工、管理人员阅读使用,也可供高等院校师生等有关人员参考。

本书由义马煤业(集团)有限责任公司宋广太、张榜雄和河南理工大学魏锦平共同完成;第一章、第六章、第十五章由宋广太完成;第十章、第十一章、第十七章、第十八章由张榜雄完成;全书由魏锦平主审,并完成第二章至第五章、第七章至第九章、第十二章至第十四章、第十六章的内容。

本书在编写过程中参阅了诸多煤矿巷道围岩锚固方面的研究和实践成果,在此谨向相关作者表示由衷的谢意。山东科技大学王同旭教授,义马煤业集团公司常村煤矿苏红伟高级工程师和生产部王丰高级工程师,以及耿村煤矿、观音堂煤矿、曹窑煤矿、石壕煤矿和平顶山煤业集团公司相关领导和技术人员给予本书大量帮助,在此对他们表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中疏漏谬误之处在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

2006年10月

目 录

第一章 煤巷围岩锚固技术发展概况	1
第二章 围岩分类	4
第一节 围岩分类参考因素	4
第二节 普氏岩石分级法	5
第三节 围岩松动圈分类法	6
第四节 煤巷围岩稳定性分类	8
第五节 平顶山矿区煤巷围岩分类	14
第三章 围岩压力与控制原理	16
第一节 围岩与支护的共同作用	16
第二节 地压理论	19
第三节 围岩稳定与控制的基本原则	24
第四章 煤巷围岩锚固机理	27
第一节 锚杆锚固机理	27
第二节 锚杆锚固的其他作用分析	37
第三节 锚杆加固巷道帮、角控制围岩变形的理论	40
第五章 煤巷围岩锚固支护设计方法	42
第一节 工程类比法	42
第二节 回采巷道松动圈锚固设计方法	45
第三节 基于扩容-稳定理论的锚固设计方法	47
第四节 按悬吊作用设计锚杆支护参数	56
第五节 煤巷围岩锚固系统设计法	58
第六章 锚杆的种类及支护形式	71
第一节 锚杆种类	71
第二节 锚杆支护形式	76
第七章 锚固支护材料与构件要求	78
第一节 锚杆杆体材料	78
第二节 锚固剂	79
第三节 托梁	82
第四节 托板	83
第五节 网	85
第八章 煤巷围岩锚固支护组织设计	87
第一节 施工组织设计的基本内容	87
第二节 施工组织设计的贯彻执行	89

第九章 煤巷锚固支护施工机具	91
第一节 常用锚杆钻机	91
第二节 锚杆的安装器具	104
第十章 煤巷锚固支护的施工	107
第一节 锚杆支护施工的一般要求	107
第二节 锚杆的施工	108
第十一章 煤巷围岩锚固施工监控量测	114
第一节 概述	114
第二节 巷道围岩表面位移观测	114
第三节 锚杆的锚固力检测	116
第四节 巷道顶板离层监测	120
第五节 锚杆载荷观测	125
第十二章 煤巷锚杆支护的施工管理	130
第一节 施工组织管理	130
第二节 施工技术管理	131
第三节 施工质量管理	132
第四节 锚杆支护材料的管理	135
第五节 利用经济杠杆促进锚杆支护的发展	137
第十三章 煤巷锚索支护	139
第一节 煤巷锚索结构	139
第二节 锚索的设计与施工	140
第三节 煤巷锚索施工实例	143
第十四章 煤岩的化学加固技术	148
第一节 煤岩化学加固技术概况	148
第二节 聚氨酯和脲醛树脂加固破碎煤岩	149
第三节 其他材料加固破碎煤岩	157
第十五章 巨厚砾岩特厚煤柱区综放沿空煤巷围岩锚固技术与工程实践	162
第一节 概述	162
第二节 2107 ₂ 综放孤岛面煤柱尺寸优化及两巷掘进位置优化	163
第三节 2107 ₂ 综放孤岛面沿空巷道支护研究	178
第四节 巨厚砾岩特厚煤柱区综放沿空煤巷围岩锚固效益分析	190
第十六章 义煤集团煤巷围岩锚固技术与工程实践	192
第一节 耿村综放工作面开切眼锚固技术实践	192
第二节 煤巷围岩锚固技术在陕沅煤田三软煤层中的应用	203
第十七章 平顶山六矿煤巷围岩锚固技术与工程实践	208
第一节 平顶山六矿煤巷锚杆支护简介	208

第二节	平顶山六矿煤巷锚杆支护技术施工管理措施·····	209
第三节	平顶山六矿煤巷锚杆支护实例·····	213
第四节	平顶山六矿推广煤巷锚杆的经济效益·····	229
第十八章	其他煤矿煤巷围岩锚固工程实践·····	232
参考文献	·····	238

第一章 煤巷围岩锚固技术发展概况

长期以来,煤炭一直是我国的主要能源,也是重要的化工原料,我国的一次性能源结构中煤炭所占的比例一直维持在70%左右,煤炭被誉为工业的食粮。2002~2005年,我国的煤炭年产量从13.8亿t增加到21.9亿t。预计今后随着国民经济的发展,煤炭的产量还将持续增加。我国的煤炭开采多为井工开采,其产量占总产量的95%以上,地下巷道总长约3万km。在煤矿生产矿井中,煤巷(包括煤-岩巷)的数量占巷道总进尺的70%~80%,且大多数是回采巷道。煤巷与岩巷相比,主要的不同点体现在巷道位置一般不容选择,巷道围岩强度较低,巷道断面一般为矩形、梯形或不规则四边形,巷道服务年限短(一般不超过3年),且巷道一般都受到回采工作面的采动影响,矿压显现剧烈。所以,探索正确的煤巷围岩锚固理论、选择安全可靠的锚固支护方法、确定经济合理的锚固参数以及使用高效的施工工艺是煤炭生产技术人员和广大研究人员长期致力解决的重大理论和技术难题。

回采巷道围岩控制技术已经有很长的发展历史,不同形式及内容的实验、实测及研究非常活跃,在巷道布置、巷道保护、巷道卸压以及巷道锚固、支护与监测等各个方面成果颇丰。其中,新奥法促进了人们对巷道围岩矿压显现机理的认识,为锚杆支护技术的提高及使用范围的扩大作出了重大贡献;德国学者提出的大断面预留量可缩性支护方式标志着对回采巷道矿压特征及其控制原理的本质性突破。

从19世纪末期英国北威尔士露天页岩矿首次应用锚杆加固边坡起,锚杆支护方法被逐渐应用于水利、交通、矿山等岩土工程领域。由于锚固技术能够改变围岩的力学性质,获得良好的支护效果,带来传统支护方式无法比拟的技术经济效益,所以在国际上得到了迅速发展和广泛应用。

1912年,德国谢列兹矿最先将锚杆支护技术应用于地下巷道围岩控制。20世纪40年代,锚杆支护技术开始在西方发达国家得到系统的试验研究,20世纪50年代开始在世界许多国家的矿山、交通领域的地下工程中广泛应用。

美国于20世纪50年代初即已大量使用锚杆支护技术,特别是在煤矿巷道的围岩控制中应用尤为广泛。近年来,锚固技术成为煤矿巷道围岩控制的主要形式。法国煤矿巷道围岩控制中,2/3以上采用锚杆支护。前苏联20世纪70年代的煤矿巷道锚杆支护已达巷道总进尺的10%以上。20世纪80年代英国国家煤炭公司则将锚杆支护技术的推广应用作为扭转危机的主要策略之一,只用短短数年时间就使锚杆支护的比例达到80%以上,取得了极大的成功。

我国于20世纪50年代初首先在煤炭、冶金系统的地下工程领域试验锚杆支护技术,以后逐渐发展到铁道、水电、军工系统,取得了很大成就,仅1975~1980年期间,全国煤矿采用锚杆支护的巷道就累计达6018km。

我国煤巷围岩锚固技术研究应用虽然在20世纪50年代就已起步,但由于各种因素的

制约,到20世纪80年代中期煤巷锚杆支护率仍仅在3%~4%徘徊。因此,相关部门将推广煤巷锚杆支护作为巷道支护列入重要的议事日程,并作为重要的科研攻关项目。从20世纪80年代末起,我国煤巷锚杆支护在生产单位、科研院所、高等院校和生产制造厂家的共同努力下,已取得突破性进展。以平顶山煤业集团为例,煤巷锚杆支护率在20世纪80年代末不足5%,到“八五”计划末,煤巷锚杆支护率已达到40%以上,1998年煤巷锚杆支护率达到94%以上,年支护巷道长度多年保持在14km左右,和发达国家的先进水平相当。其他如大同、邢台、龙口、阳泉、西山、潞安、乌达、大雁、扎赉诺尔、铁法、徐州、枣庄、兖州等矿务局(公司)的煤巷锚杆支护率都有大幅度提高。但是我国煤巷锚杆支护总体水平与发达国家相比仍有一定的差距。

目前煤巷围岩的锚杆支护率从全国来讲还比较低。原全国统配煤矿1997年煤巷锚杆支护率也不过20%,地方煤矿、乡镇煤矿煤巷锚杆支护率更低,有不少矿井锚杆支护还是空白,特别是深部开采及松软围岩条件下,煤巷围岩锚固技术仍然任重而道远。

实践充分证明,煤巷围岩锚固支护和传统的棚式支架相比,具有显著的优越性。主要表现在以下10个方面:

- (1) 从根本上改善了支护状况,保证了安全生产。
- (2) 减轻了工人劳动强度,改善了作业环境。
- (3) 减少了支护物料运输,改善了生产矿井辅助运输紧张的状况。
- (4) 提高了掘进单位水平和掘进工效,有利于建设高速、高效掘进队。
- (5) 大幅度节约支护材料,降低支护成本。
- (6) 提高了巷道断面利用率。
- (7) 简化了综采工作面超前支护,加快了回采速度。

(8) 锚杆支护巷道维修量少,服务年限相对延长,为优化矿井开拓布置、合理集中生产创造了条件。

(9) 能可靠支护综采大断面的机、风巷和切眼,为综采工作面设备快速安装创造了条件。

- (10) 有利于节约资源,改善生态环境。

煤巷锚杆支护技术的理论和实践日趋成熟,在Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类围岩的煤巷可大面积推广。Ⅳ类围岩巷道的锚杆支护在许多局矿都取得了成功,如平顶山六矿在Ⅳ类围岩的“三软一大”(即顶、底、煤三软,断面大)综采工作面,机、风巷沿实体煤掘进和沿空掘巷中,独头长距离(200m以上)用锚网支护均已获得成功,并形成自己的支护系列,获得广泛应用;龙口矿务局对三软围岩不断深入试验研究,煤巷锚杆支护率达到了99.15%。Ⅴ类围岩的锚杆支护正在进一步试验推广,并在部分地区获得成功。从提高煤矿生产效率、降低成本、保证生产安全、获得经济效益等方面来看,煤巷围岩锚固支护技术势在必行。

实践表明,做好以下工作是搞好煤巷、煤-岩巷围岩锚固支护的基础:一是提高认识,积极实践,讲究科学,从本矿区、本矿井的实际出发,探索合理科学的锚固技术形式和技术参数;二是积极组织锚固支护技术培训,全面提高施工队伍素质,义马、平顶山等单位的实践证明,特别要注重对掘进区队长、技术员、班组长的培训,转变观念,从技术上全面提高;三是加强锚固支护的技术管理,严把施工质量关,施工质量直接关系到安全

生产和锚杆支护的成败；四是制定有利于锚杆支护的经济政策，利用经济杠杆，调动职工应用锚杆支护的积极性，保证煤巷围岩锚固支护的施工质量和支护效果。

我国在 2000m 深度以内的煤炭资源总量为 5.56 万亿 t（1000m 以内为 2.86 万亿 t），随着煤矿开采的延深，深部开采的高应力给巷道围岩控制带来了新的难题，所以应及时总结与提高目前煤巷锚固技术，以迎接煤巷围岩锚固支护技术即将面临的机遇与挑战。

第二章 围 岩 分 类

第一节 围岩分类参考因素

巷道支护的对象是巷道周围的岩体（简称围岩）。为了给巷道支护设计、施工与管理提供科学的依据，必须对围岩的稳定性作出正确的评价。针对不同类型工程的特点，根据影响岩体稳定性的各种地质条件和岩体的物理力学特征，将围岩分成若干个等级或类别，以采取相应的支护措施是非常必要的。

围岩分类是指按不同工程的围岩条件进行科学的概括并适当地定量分类。进行围岩分类时应考虑下列因素。

一、岩体的地质特征

岩体的地质特征包括岩层的赋存状态和岩体结构。岩体内部的构造特征、构造性质及其分布称为岩体结构。岩体稳定性直接受到岩体结构的影响。例如岩体结构面发育程度，结构面产状、性质、充填物，以及结构几何要素、分布等，它们反映了岩体的完整性，又直接影响岩体的稳定性。

二、岩体的力学特征

岩体是天然埋藏条件下由大小不等的岩块组成的复杂地质体，或者是由岩石物质及结构上的不连续面所组成的现场岩石。岩体经历了漫长的自然地质作用过程，并在地应力的长期作用下，在其内部保留了各种永久变形的形象和各种各样的地质构造形迹。由于各种弱面的存在，岩体的强度远低于岩块的强度，岩体也较岩块容易变形，岩体的力学性质和岩块的力学性质存在着显著的差别。岩体的力学特征包括岩体的强度特征和变形特征。

三、地应力

地应力是指岩体的原始应力，包括垂直应力和水平应力，它与岩体力学性质同等重要。从大量实测资料中发现，实测地应力垂直分量与上覆岩层重力基本一致，而水平应力在不同地区和不同地层条件下变化很大。特别是在受到构造应力等其他因素作用下，水平应力的变化范围很广，可能小于垂直应力，也可能大于垂直应力，甚至达到后者的数倍，给围岩稳定性带来巨大影响。

四、地下水

地下水对围岩稳定性有很大的影响。对于软岩，地下水可引起岩石膨胀和崩解；对于结构面，地下水可以对充填物起到冲蚀和软化的作用，增大对结构面岩壁的压力。总之，

地下水通常使岩体强度降低,促使岩石风化,减少结构面抗剪强度等,对围岩稳定产生不良影响。

五、巷道特征与使用条件

巷道特征包括巷道断面的形状、尺寸,巷道的位置、方向、倾角,与邻近巷道的关系和间距,以及煤柱尺寸,巷道的服务年限等。

六、巷道施工影响

施工工艺及施工设备等对围岩的稳定性有很大影响。例如掘进机掘进优于爆破掘进,光面爆破优于普通爆破。此外,不同的开挖顺序也可能极大地影响巷道围岩的稳定性。

依据正确的围岩分类,就可以按巷道所处的不同岩层类别,确定不同的支护形式和支护参数,并指导工程施工。

国内外围岩分类方法很多,本章主要介绍对煤巷掘进与支护有较大指导作用的几种围岩分类方法。

第二节 普氏岩石分级法

最早对岩石进行系统分级的是俄国学者 M. M. 普罗托季亚科诺夫,他于 1907 年提出普氏岩石分级法。该法的特点是运用了岩石坚固性系数 f ,即普氏系数。新中国成立初期,我国引进了普氏岩石分级法,并进行了大量试验和推广应用。在 20 世纪 50~60 年代,我国各地下工程部门,包括各类矿山,基本上按坚固性系数进行岩石分级。这种岩石分级法还被推广到其他一些国家,而且延续了相当长的时间。

坚固性系数就是不同岩石间相对的坚固性在数量上的表现,其特点在于不考虑岩石所受是何种抗力以及这种抗力是如何引起的,直接定量的表现岩石的坚固性,从而给予了不同岩石进行坚固性比较的可能性。经过大量的整理和归纳,普氏利用不同的 f 值将各种岩石进行了工程分级,见表 2-1。

表 2-1 普氏岩石分级表

级 别	坚固性程度	岩 石	坚固性系数 f
I	最坚固的岩石	最坚固、最致密的石英岩及玄武岩;其他最坚固的岩石	20
II	很坚固的岩石	很坚固的花岗岩类;石英斑岩,很坚固的花岗岩,硅质片岩;坚固程度较 I 级岩石稍差的石英岩;最坚固的砂岩及石灰岩	15
III	坚固的岩石	花岗岩(致密的)及花岗岩类岩石;很坚固的砂岩及石灰岩;石英质矿脉,坚固的砾岩;很坚固的铁矿石	10
III _a	坚固的岩石	坚固的石灰岩;不坚固的花岗岩;坚固的砂岩;坚固的大理岩;白云岩;黄铁矿	3
IV	相当坚固的岩石	一般的砂岩;铁矿石	6

续表

级 别	坚固性程度	岩 石	坚固性系数 f
IV _a	相当坚固的岩石	砂质页岩；泥质砂岩	3
V	坚固性中等的岩石	坚固的页岩；不坚固的砂岩及石灰岩；软的砾岩	4
V _a	坚固性中等的岩石	各种（不坚固的）页岩；致密的泥灰岩	3
VI	相当软的岩石	软的页岩；很软的石灰岩；岩盐；石膏；冻土；无烟煤；普通泥灰岩；破碎的砂岩；胶结的卵石及粗砂砾；多石块的土	2
VI _a	相当软的岩石	碎石土；破碎的页岩；结块的卵石及碎石；坚硬的烟煤；硬化的粘土	1.5
VII	软 土	粘土（致密的）；软的烟煤；坚固的表土层，粘土质土壤	1.0
VII _a	软 土	轻砂质粘土（黄土、细砾石）	0.8
VIII	壤土状土	腐殖土；泥炭；轻亚粘土；湿砂	0.6
IX	松散土	砂；小的细砾石；填方土；已采下的煤	0.5
X	流动性土	流砂；沼泽土；含水黄土及其他含水土壤	0.3

注：1. 将每一种岩石划分到这种或那种等级时，不仅仅单独地按照其名称，而且必须按照岩石的物理状态，并根据它的坚固性与分级表中列出的诸岩石进行比较。风化的、破碎的、打碎成个体的、经断层挤压过的、接近于地表的岩石，一般说来，应当把它划分到比处于完整状态的同种岩石稍低的等级中。

2. 上述岩石坚固性系数可以认为是对所有各种不同方面岩石相对坚固性的表征，它在采矿中的意义在于：手工开采时的采掘性；浅眼以及深孔的凿眼性；应用炸药时的爆破性；在冒落时的稳定性；作用于支架上的压力等。
3. 在分级表中指出的数值是对某一类岩石中所有岩石而言的（例如：页岩类，石英岩类，石灰岩类等），而不是对此类个别岩石而言的。因而，在特定情况下确定 f 值时，必须十分慎重，并且这一 f 值在不同的情况下是不一样的。

从表 2-1 可以看出，普氏岩石分级法将岩石分为 10 级，其中的 III，IV，V 又分为两级。由于级别太多，实际使用中并不方便，因此为了使用方便我国煤炭部门多将各种岩石分为 $f \leq 1.5$ ， $f = 2 \sim 3$ ， $f = 4 \sim 6$ ， $f = 8 \sim 10$ ， $f = 12 \sim 14$ ， $f = 15 \sim 20$ 这 6 级。在一般设计文件或计算书中，只引用 f 值的大小，而不再引用 I ~ X 的分级制。

普氏岩石分级法来自实践，所提出的岩石坚固性系数 f 值简单明确，也容易获得，到目前仍有一定的使用价值。但由于该法只考虑岩石的抗压强度，而不能全面反映岩石的力学属性，更不能反映井巷围岩的属性与类型，因此常常发生 f 值大的围岩因地压的增加或构造应力的存在而支护困难的状况。

第三节 围岩松动圈分类法

一、围岩松动圈分类法的意义

围岩稳定程度不仅取决于岩体强度，还取决于巷道所处位置地应力的大小，以及两者共同作用后的结果。然而，众多围岩分级或分类方法，虽然不同程度地考虑了岩体的强度

和岩体结构的完整程度,有的还从不同角度考虑影响围岩稳定性的其他因素,但在实际处理、量化围岩强度和地应力参数时都不同程度地遇到了难题。尤其是地应力因素未能充分或准确考虑时,将造成分类的不全面。如同样的砂岩($f=4\sim6$),在低应力场中支护容易,到了高应力区支护就困难了。此外,即使围岩强度和地应力参数定量问题可以解决,但要正确定量描述两者与支护难度的相关关系也还有相当大的困难。

通过对围岩松动圈进行研究,中国矿业大学董方庭教授于1982年首先提出了巷道支护的围岩松动圈分类方法。

围岩松动圈分类方法是建立在对巷道围岩实测的基础上的,它选择绕过地应力这一难题的研究路线,几乎不作任何假设,用现场实测和模拟试验研究围岩状态,找出围岩松动圈这一综合指标,用作围岩分类的依据。这一研究方法简单,直感性强,易于掌握,一般现场都能实施,受到众多煤矿巷道设计人员与施工人员的欢迎。

二、围岩松动圈分类的理论依据

围岩松动圈是由于围岩中集中应力超过围岩强度而在巷道周边围岩中形成的破碎带。理论分析表明,松动圈的大小 L_p 是地应力 p 与围岩强度 R_c 相互作用的结果,即有函数式

$$L_p = f(p, R_c)$$

在实验室模拟条件下,改变围岩强度和地应力的大小,可以产生不同大小的围岩松动圈。相似模型试验研究了 R_c 、 p 和 D (巷道跨度或直径)与 L_p 的关系, R_c 、 p 对 L_p 的影响显著,而 D 在模拟范围3~7m内对松动圈的大小变化影响很小。

支护对松动圈的影响程度,是关系到这支护一方法能否实用的一个关键问题。实验室相似模型试验证明,在相同材料的有锚喷支护或无支护模型巷道中,在同样载荷 p 作用下松动圈数值基本相同。在软岩巷道支护实践过程中,实测了不同支护条件下的围岩松动圈,结果证明支护能有效地控制围岩碎胀变形,但不能明显地阻止围岩松动圈的发展。因此,从工程角度来讲,支护对松动圈的影响可以忽略不计,这就为用松动圈这一综合指标对围岩进行分类奠定了可靠的基础。

三、围岩松动圈分类表

经过大量的现场松动圈测试及其与巷道支护难易程度的相关关系的调查之后,结合锚喷支护机理,依松动圈的大小将围岩分为小松动圈(0~40cm)、中松动圈(40~150cm)和大松动圈(>150cm)3大类6个小类,见表2-2。该分类表以综合性指标为分类依据,它随围岩强度和地应力两个参数的变化而变化,围岩强度等被抽象的用松动圈大小表示,因此,表中无具体的地层岩石名称,也无地应力数值。

在建立“××矿××水平围岩分类表”时,在已确定的水平可认为地应力是一个固定值,这时可将岩石名称填于表中,以方便使用;同时应选择有代表性的地层(一般5~6种),在已开巷道中测定其松动圈数值并填入表中,作为新开巷道在该层位中的松动圈数值,并据此进行支护设计。此外,表中还应将采动与非采动、矩(梯)形与拱形巷道区分开来,在相似的巷道中类推,以消除诸如断面形状、采动以及水等因素的影响,使分类更为明确、可靠。

表 2-2 巷道支护围岩松动圈分类表

围岩类别		分类名称	围岩松动圈 L_p/cm	支护机理及方式	备 注
小松动圈	I	稳定围岩	0 ~ 40	喷混凝土支护	围岩整体性好, 不易风化的可不支护
	II	较稳定围岩	40 ~ 100	锚杆悬吊理论 喷层局部支护	
中松动圈	III	一般围岩	100 ~ 150	锚杆悬吊理论 喷层局部支护	刚性支护有局部破坏
	IV	一般不稳定围岩 (软岩)	150 ~ 200	锚杆组合拱理论 喷层金属网局部支护	刚性支护大面积破坏, 采用可缩性支护
大松动圈	V	不稳定围岩 (较软围岩)	200 ~ 300	锚杆组合拱理论 喷层金属网局部支护	围岩变形有稳定期
	VI	极不稳定围岩 (极软围岩)	> 300	待 定	围岩变形一般在支护下无稳定期

第四节 煤巷围岩稳定性分类

为了给煤巷支护设计与施工提供科学依据, 原煤炭工业部曾组织制定了我国回采巷道围岩稳定性分类方案, 对煤巷围岩稳定性分类作了明确的规定。

一、分类目的与方法

煤巷采用锚固支护技术时, 首先应对巷道围岩稳定性进行分类, 为巷道围岩锚固技术设计、施工与管理提供依据。

分类采用模糊聚类分析法, 可将分类指标输入计算机中, 执行相应程序, 由此得到分类结果。

煤巷的围岩稳定性分为 5 类, 即:

- I 类 非常稳定;
- II 类 稳定;
- III 类 中等稳定;
- IV 类 不稳定;
- V 类 极不稳定。

二、分类指标的确定

选取分类指标遵循的原则是, 分类指标是影响巷道围岩稳定性的主要因素, 能定量表示; 在煤矿现场能容易测取, 便于现场使用和分类方案的推广。因此, 所选择的分类指标应具有科学性和实用性。

本分类选择了 7 个指标, 其中表示围岩强度的指标是顶板强度 ($\sigma_{顶}$)、煤层强度 ($\sigma_{煤}$) 和底板强度 ($\sigma_{底}$); 表示自重应力的指标是深度 (H); 表示岩体结构和构造 (即岩体完整性指数 D) 的指标是直接顶初次垮落步距 (L); 表示开采影响的指标是直接顶

厚度与采高比值 (N) 及护巷煤柱宽度 (X)。

1.3 个围岩强度指标 ($\sigma_{\text{顶}}$ 、 $\sigma_{\text{煤}}$ 、 $\sigma_{\text{底}}$)

围岩强度是指围岩的单向抗压强度, 单位为 MPa。顶板强度取相当于 1.5 倍巷道宽度的顶板范围内的各岩层强度的加权平均值, 底板强度取 1 倍巷道宽度的底板范围内各岩层强度的加权平均值。分层开采时上分层巷道的底板强度就是煤层强度。

2. 埋藏深度 (H)

巷道埋藏深度是指巷道所在位置距地表的深度, 单位为 m。

3. 岩体完整性指数 D

岩体完整性指数 D 以直接顶初次垮落步距 (L) 表示, 单位为 m。

对生产矿井, L 取值可参考同一煤层其他工作面直接顶初次垮落步距值; 对于未开采煤层和新建矿井, L 值可按岩性与强度特征确定。

4. 直接顶厚度与采高比值 (N)

直接顶厚度可以从地质柱状图直接量取, 但应注意根据具体条件分析直接顶的范围。直接顶是直接位于煤层 (或伪顶) 之上, 强度小于 60 ~ 80 MPa, 一般随回柱冒落的岩层。当 $M > 4$ 时, N 取 4, N 值为无量纲。

5. 护巷煤柱宽度 (X)

护巷煤柱宽度 (X) 是指工作面巷道一侧的实际煤柱宽度, 单位为 m。当巷道两侧为实体煤时, 取 $X = 100\text{m}$; 当无煤柱护巷时, 取 $X = 0$ 。

三、分类指标

煤巷围岩稳定性分类以缓倾斜、倾斜薄及中厚煤层 (厚煤层倾斜分层第一分层) 回采巷道分类指标为基本分类指标, 其他条件下分类指标根据不同情况进行相应替代。煤层大巷分类指标与回采巷道分类指标相同。

缓倾斜、倾斜薄及中厚煤层回采巷道分类指标见表 2-3, 直接顶初次垮落步距参考数据见表 2-4, 急倾斜煤层回采巷道分类指标的代换方法见表 2-5, 煤层上、下山分类指标见表 2-6, 厚煤层倾斜分层二分层及以下分层回采巷道分类指标见表 2-7。

表 2-3 缓倾斜、倾斜薄及中厚煤层回采巷道 (基本) 分类指标

分 类 指 标	说 明
顶板强度 $\sigma'_{\text{顶}}$	取巷道宽度 1.5 倍范围内顶板强度的加权平均值
煤层强度 $\sigma'_{\text{煤}}$	巷道高度范围内煤层的单轴抗压强度
底板强度 $\sigma'_{\text{底}}$	取巷道所在位置范围内底板强度的加权平均值
巷道埋深 H/m	巷道所在位置至地表的垂直距离
护巷煤柱宽度 X/m	一侧煤柱的实际宽度, 其中, 沿空掘巷 (无煤柱) 时, $X = 0$; 巷道两侧均为实体煤时, $X = 100$
采动影响系数 N	指因工作面回采引起的超前支承压力的影响, $N = \text{直接顶厚度}/\text{采高}$ (当 $N > 4$ 时, 取 $N = 4$)
围岩完整性指数 D	指围岩节理裂隙, 层理的影响程度, 以直接顶初次垮落步距代替 (表 2-4)

表 2-4 直接顶初次垮落步距参考数据

岩性及强度特征	直接顶初次垮落步距 L/m	备 注
页岩及低强度粉砂岩	8 ~ 10	
一般砂质页岩	12 ~ 15	开滦、淮南
层理不发育厚层砂页岩或厚层砂岩	15 ~ 20	开滦、阳泉
厚度 4 ~ 5m 细粒及中粒砂岩	25 ~ 30	大 同
厚度 > 8 ~ 10m 的砂岩	50 ~ 60	北 京
高强度的硅质砂岩	60 ~ 70	

表 2-5 急倾斜煤层回采巷道分类等量代换指标

分类指标	说明与代换方法
$\sigma'_{\text{顶}}$	计算 1-2, 1'-2' 范围内岩层强度加权平均值 (图 2-1)
$\sigma'_{\text{煤}}$	计算 2-5, 3-6, 2'-5', 3'-6' 范围内岩层强度加权平均值 (图 2-1)
$\sigma'_{\text{底}}$	计算 3-4, 3'-4' 范围内岩层强度加权平均值 (图 2-1)
H'	上巷 $H' = 0.6H$; 下巷 $H' = 0.4H$
X	说明同表 2-3
N	说明同表 2-3
D	说明同表 2-3

表 2-6 煤层上、下山分类指标

分类指标	说明与代换方法	分类指标	说明与代换方法
$\sigma'_{\text{顶}}$	说明同表 2-3	X	说明同表 2-3
$\sigma'_{\text{煤}}$	说明同表 2-3	N	$N' = W \cdot N$ W 为煤柱影响系数, $W = 1 - \frac{X}{L}$
$\sigma'_{\text{底}}$	说明同表 2-3		
H	取上、下山两端埋深的平均值	D	说明同表 2-3

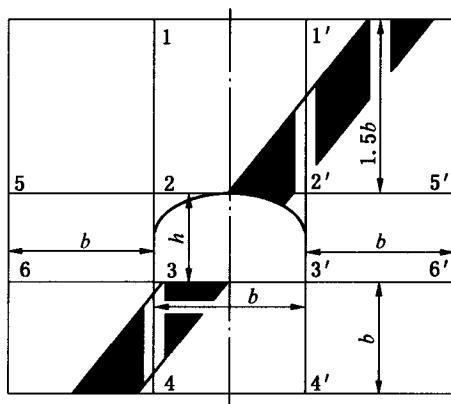


图 2-1 急倾斜煤层巷道围岩强度计算图