

煤巷锚杆支护 施工指南

薛顺勋 宋广太 库明欣 编

煤炭工业出版社

TD353

X-755

煤巷锚杆支护施工指南

薛顺勋 宋广太 库明欣 编

煤炭工业出版社

900937

图书在版编目 (CIP) 数据

煤巷锚杆支护施工指南/薛顺勋等编, —北京: 煤炭工业出版社, 1999. 9

ISBN 7-5020-1751-8

I. 煤… II. 薛… III. 煤矿—锚杆—巷道支护—工程—施工—指南 N. TD353

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 14927 号

煤巷锚杆支护施工指南

薛顺勋 孙金铎 田克运 编

责任编辑: 孙金铎 田克运

煤炭工业出版社 出版

(北京朝阳区霞光里 8 号 100016)

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 787×1092mm^{1/16} 印张 9^{1/2}

字数 216 千字 印数 1—5,255

1999 年 11 月第 1 版 1999 年 11 月第 1 次印刷

书号 4522 定价 16.00 元



版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

前 言

煤巷是实行矿井巷道支护改革，推广应用锚杆支护的重点和难点。虽然近几年来煤矿锚杆支护有了很大发展，1998年国有重点煤矿煤巷锚杆支护率达到20%以上，但就全国整体而言，有为数不少矿井的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。为全面贯彻原煤炭工业部关于推广锚杆支护的决定，巩固已取得的成果，把煤巷锚杆支护提高到一个新的水平，就要不断总结经验、抓好职工培训、全面提高职工队伍的素质。以往各类锚杆支护的书籍或教材中，往往以岩巷为重点，对煤巷锚杆支护讲的很少或不够系统。因此专门编写一本指导煤巷锚杆施工的书就显得尤为重要。为此，我们根据多年来推广煤巷锚杆支护的实践，编写了这本《煤巷锚杆支护施工指南》。

全书以煤巷锚杆支护施工为主体，介绍了煤巷的围岩分类，煤巷锚杆支护机理、支护形式、支护材料与支护结构。系统地介绍了有关煤巷锚杆支护的理论和设计方法。比较全面地讲述了煤巷锚杆支护的施工组织设计、施工方法和步骤、施工管理、施工监测及施工经验。全书力求反映目前煤巷锚杆支护的最新成果，以指导煤巷锚杆施工为宗旨，以生产中各级领导、工程技术人员、施工管理人员为主要服务对象。本书可作为煤巷锚杆支护培训教材，对大中专院校相关专业的教学也有很大的参考价值。

本书在编写的过程中，参考了许多已经出版的锚杆支护技术方面的书籍和煤炭科学研究总院有关科研资料及部分矿区锚杆支护攻关成果，在此深表谢意。

由于编写时间仓促，编者水平与经验所限，缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1999年2月

APF 01/05

目 录

前言

第一章 煤巷锚杆支护概况	1
第二章 围岩分类	3
第一节 概述	3
第二节 普氏岩石分级法	4
第三节 巷道围岩松动圈分类法	5
一、巷道支护围岩松动圈分类法的重大意义	5
二、巷道支护围岩松动圈分类的理论依据	5
三、巷道支护围岩松动圈分类表	6
第四节 煤巷围岩稳定性分类	6
一、分类目的与方法	7
二、分类指标的确定	7
三、分类指标	8
四、煤巷围岩稳定性分类计算机程序	9
第五节 平顶山矿区煤巷围岩分类	10
第三章 锚杆的支护机理	12
一、锚杆的悬吊作用	12
二、锚杆的组合梁作用	12
三、均匀压缩带(拱)作用	13
四、锚杆支护对破裂围岩的加固作用	14
五、锚杆桁架对围岩的作用	14
六、根据状态特征分类阐述锚杆支护机理	15
第四章 锚杆的种类及支护形式	16
第一节 锚杆及其种类	16
一、基本概念	16
二、锚杆的种类	16
第二节 锚杆的结构	17
一、缝管式锚杆	17
二、树脂锚杆	17
三、水泥锚杆	18
四、普通木锚杆	18
五、竹锚杆	19
六、水力膨胀式锚杆	19
七、内注式注浆锚杆	20
第三节 锚杆支护的形式	20
一、锚杆支护形式	20

二、锚杆支护形式的选择	21
第五章 锚杆支护材料与构件要求	22
第一节 锚杆杆体材料	22
一、杆体材料种类	22
二、常用锚杆杆体材料的性能	22
第二节 锚固剂	23
一、树脂锚固剂	23
二、水泥锚固剂	25
三、两种锚固剂的比较	25
第三节 托梁	26
第四节 托板	27
第五节 网	28
一、对金属网的要求	28
二、网的种类	28
三、网的规格及适用条件	29
第六章 煤巷锚杆支护理论	30
第一节 巷道围岩松动圈支护理论	30
一、巷道围岩松动圈理论	30
二、松动圈回采巷道锚杆支护机理	32
第二节 锚杆支护的“关键承载圈”及“扩容—稳定”理论	34
一、关键承载圈理论	34
二、扩容—稳定理论	35
三、钢带支护作用	35
四、沿空掘巷与沿空留巷	35
第三节 加固巷道帮、角控制围岩变形的理论	36
第七章 煤巷锚杆支护设计方法	37
第一节 工程类比方法	37
一、类比的基本条件	37
二、应用要领	38
三、支护形式及参数选择	39
第二节 松动圈回采巷道锚杆支护设计	40
一、支护设计思想与设计步骤	40
二、设计示例	40
第三节 锚杆支护的扩容—稳定理论设计方法	42
一、设计过程及原则	42
二、调研设计准备	42
三、初始设计步骤	43
四、矿压观测	43
五、矿压观测数据反馈及修正初始设计	44
六、煤巷锚杆支护设计软件	44
七、设计示例	44
第四节 按悬吊作用设计锚杆支护参数	50

一、按悬吊原则锚杆支护设计方法	50
二、按悬吊作用理论锚杆支护参数的计算	50
三、按悬吊原则的计算机设计锚杆参数	52
第八章 煤巷锚杆支护施工组织设计	53
第一节 施工组织设计的基本内容	53
一、巷道施工组织设计的编制依据	53
二、巷道施工组织设计编制内容	53
三、矿压观测说明书	54
第二节 施工组织设计的贯彻执行	55
一、施工组织设计的审批	55
二、施工组织设计的贯彻	55
三、施工组织设计的落实和检查	55
四、施工组织设计的修改和补充	55
第九章 煤巷锚杆支护施工机具	57
第一节 概述	57
第二节 煤巷常用的锚杆钻机	57
一、QYM30A 型液压锚杆钻机	57
二、MDS3 型电动锚杆钻机	59
三、HMD15 型、HMD22 型电动锚杆钻机	62
四、QYM 系列轻型液压锚杆钻机	64
五、气动旋转式单体锚杆机	68
第三节 锚杆的安装器具	70
一、简易的锚杆安装器具	70
二、树脂锚杆快速安装器	71
第十章 煤巷锚杆支护的施工	73
第一节 锚杆支护施工的一般要求	73
一、巷道宽度的控制	73
二、临时支护	73
三、锚杆孔施工应遵守的规定	73
第二节 煤巷锚杆支护施工工艺流程	73
第三节 锚杆的施工	74
一、树脂锚杆的施工	74
二、缝管式锚杆施工	75
三、快硬水泥锚杆施工	76
四、竹、木锚杆施工	78
第十一章 施工监控量测	80
第一节 概述	80
一、监控量测的目的	80
二、监控量测的内容	80
第二节 巷道围岩表面位移观测	80
一、测点布置	80
二、测点安设	81

三、观测方法	81
四、观测频度	81
五、绘制收敛变形与时间的曲线	82
第三节 锚杆的锚固力检测	82
一、锚杆锚固力检测要求	82
二、锚固力检测仪器	83
第四节 巷道顶板离层监测	86
一、顶板离层指示仪	86
二、巷道顶板离层监测要求	90
第五节 锚杆载荷观测	91
一、MJY-1型无损锚杆测力计	91
二、CH-20型锚杆测力计	93
第十二章 煤巷锚杆支护的施工管理	95
第一节 概述	95
第二节 施工组织管理	95
第三节 施工技术管理	96
第四节 施工质量管理	97
一、质量管理及技术要求	97
二、锚杆支护出现异常状况下的补救	98
三、锚杆支护巷道质量标准	98
第五节 锚杆支护材料的管理	100
一、锚杆支护材料的选择	100
二、对锚杆支护材料的质量监督管理	101
第六节 利用经济杠杆促进锚杆支护的发展	102
一、锚杆支护延米材料费补助标准	102
二、锚杆支护化达标矿奖励办法	102
三、锚杆支护巷道的经济奖惩办法	103
第十三章 煤巷锚索支护	104
第一节 概述	104
第二节 煤巷锚索结构	104
一、锚索组成与类型	104
二、锚索材料与制做	105
第三节 锚索的设计与施工	105
一、锚索参数设计	105
二、锚索施工工艺	106
三、锚索施工安全技术措施	108
第四节 煤巷锚索施工实例	108
一、地质概况	109
二、支护形式的选择	110
三、支护效果	110
四、锚杆—锚索支护设计的修改	112
第十四章 全国煤巷锚杆支护先进矿经验介绍	113

第一节 平顶山六矿煤巷锚杆支护简介	113
第二节 平顶山六矿煤巷锚杆支护技术施工管理措施	114
一、生产地质条件与锚杆支护结构、参数选择	114
二、施工工艺及要求	115
三、施工管理要求	115
四、质量要求	116
五、经济奖惩措施	116
六、安全技术措施	117
第三节 平顶山六矿煤巷锚杆支护实例	117
一、“三软”煤层锚网支护实例	117
二、“三软”煤层沿空掘巷锚网支护实例	120
三、锚网支护在倾斜巷道施工中应用实例	125
四、组合锚杆支护在开双切眼中应用实例	127
五、锚杆支护在大硐室的应用实例	129
第四节 平顶山六矿推广煤巷锚杆的经济效益	134
第五节 其它煤矿煤巷锚杆支护实例	137
一、龙口梁家煤矿 2 号煤层下顺槽	137
二、淮南谢桥矿综采工作面顺槽	138
三、邢台显德汪矿 1 号煤层顺槽	139
四、邢台东庞煤矿 2 号煤层综采面上巷	140
五、平顶山八矿丁 ₅ - ₆ 煤层 11100 机巷	140
主要参考资料	142

第一章 煤巷锚杆支护概况

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有：

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；

巷道一般都受到回采工作面采动影响，地压显现剧烈。

我国煤巷锚杆支护虽然在 20 世纪 50 年代就已起步，但由于各种因素的制约，到 80 年代中期煤巷锚杆支护率仍在 3%~4% 徘徊。因此，原煤炭工业部将推广煤巷锚杆支护作为巷道支护的改革列入重要的议事日程，并作为“八五”、“九五”的科研攻关项目。从 80 年代末起，我国煤巷锚杆支护在生产单位、科研院所、大专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 80 年代末不足 5%，到“八五”计划末，煤巷锚杆支护率已发展到 40% 以上。1998 年煤巷锚杆支护率达到 64%，年支护巷道长度在 100km 以上，在全国处于先进水平。平顶山六矿煤巷锚杆支护率达到 94% 以上，年支护巷道长度多年在 14km 左右，和发达国家的先进水平相当。其它如大同、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、来宾等矿务局（公司）的煤巷锚杆支护率都达到 30% 以上。

实践充分证明，在煤巷中应用锚杆支护，和传统的棚式支架相比，具有显著的优越性。主要表现在以下几个方面。

(1) 从根本上改善了支护状况，保证了安全生产。平顶山煤业集团近年来已推广锚杆支护 450km，做到安全无事故。

(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，改善了生产矿中辅助运输紧张状况。

(4) 提高了掘进单进水平和掘进工效，有利于高速、高效掘进队的建设。

(5) 大幅度节约支护材料，降低支护成本。如平顶山煤业集团，6 年间锚杆支护巷道 420km，节省支护钢材 8.84 万 t，节约支护材料费 3.53 亿元。

(6) 提高了巷道断面利率。

(7) 简化了综采工作面超前支护，加快了回采速度。如平顶山六矿，在回采期间用锚杆支护，不需要替棚，使采煤平均单产提高 40%~50%，创出历史最高纪录，矿井年产量由 1992 年的 147 万 t，到 1996 年达到 268.6 万 t。

(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。如平顶山六矿，将丁组二水平四个采区合并为一个采区，合并后采区一翼的走向长度由原来的 700~900m，扩大为 1800~2600m。

(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都已比较成熟，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（2000m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，并在部分地区取得成功。这一切都说明，煤巷锚杆支护已不是可行与不可行的事。从提高煤矿生产效率、降低成本、保证生产安全获得高额经济效益，在煤巷中推广锚杆支护都是势在必行。

但是，我们应当看到，目前煤巷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，有不少矿井还是空白，这说明在煤巷推广锚杆支护还任重而道远。

为全面贯彻落实原煤炭工业部关于推广锚杆支护的决定，积极组织推广以煤巷、煤—岩巷锚杆支护为重点，是煤矿巷道支护的又一次改革。为此，应着重解决好以下问题：

各局、矿领导要解放思想，提高认识，要积极试验，不怕反复，不怕失败，坚持到底，搞出成效；

要讲究科学，从本矿区、本矿井的实际出发，探索科学、合理的锚杆支护形式和支护参数，严禁盲目蛮干；

积极组织锚杆支护技术培训，全面提高施工队伍素质。特别要注重对掘进区队长，技术员，班组长的培训，使他们思想上有质的转变，技术上达到全面提高，工作上一丝不苟；

加强锚杆支护的技术管理，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；

加强与科研院所、大专院校锚杆支护专家的联系，请他们帮助解决煤巷锚杆支护的难题，避免走弯路；

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；

学习外地的先进经验，及时总结本地区、本单位的经验，并进行现场交流，促进锚杆支护的发展。

煤巷锚杆支护技术近年来发展迅速，到本世纪末和下世纪初必将形成更大的高潮。

第二章 围岩分类

第一节 概 述

巷道支护的对象是其周围的岩体（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，必须正确地对围岩的质量和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石体的物理力学特性，将围岩分成若干个等级或类别，是非常必要的。

围岩分类就是把不同工程的围岩条件，作科学地概括，并适当地定量分类。因围岩分类涉及到许多复杂的因素，我们认为，围岩分类应考虑下列基础条件内容。

1. 岩体的地质特征

包括岩层的赋存状态、岩体结构。我们称岩体内部的构造特征、构造性质及其分布为岩体结构。显然，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，以及结构体几何要素、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。

2. 岩体的力学特征

包括岩体的强度特征和变形特征，它是控制岩体稳定性的最重要因素。岩石抗压、抗剪强度，岩石的内摩擦角 φ 、粘结力 C 等固然都很重要，但岩石的力学特征与岩体的力学特征存在明显的差异，这是需要认真对待的。

3. 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量基本一致。而水平应力在不同地区和不同地层条件下变化很大，特别在受到构造应力等其它因素作用下，它的大小变化范围很广，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。

4. 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冲蚀和软化作用，增大对结构面岩壁压力。总之，地下水通常造成岩体强度降低，促进岩石风化，减少结构面抗剪强度等，对围岩稳定产生不良影响。

5. 巷道特征与使用条件

包括巷道的断面形状与尺寸，巷道位置、方向、倾角，与邻近巷道的关系，间距大小及煤柱尺寸。巷道的服务年限，动压影响及矿压显现特征等都会对巷道稳定造成不同的影响。

6. 巷道施工影响

施工工艺及施工设备等对围岩的稳定性也有很大影响,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,本章主要介绍目前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

最早给岩石进行系统性分级的是俄国学者M·M·普罗托季亚科诺夫于1907年提出

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
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;白垩,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	腐植土;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. 上述的岩石坚固性系数,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。

来的,简称普氏分级法。该法用岩石坚固性系数 f 来对围岩分类, f 值等于岩石的单向抗压强度除以 10, f 也称为普氏系数。建国初期,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 50~60 年代,我国各地下工程部门,包括各类矿山,基本上按坚固性进行岩石分级。这种岩石分级法还推广到其他一些国家,而且延续了相当长的时间。

坚固性系数就是岩石间相对的坚固性在数量上的表现,它最重要的性质在于不论是何种抗力,以及这种抗力是如何引起的,而给予岩石相互之间进行比较的可能性。经过了大量的整理和归纳,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。

从表 2-1 可以看出,普氏岩石分级法将岩石分为 X 级,其中的 III、IV、V 还要再分为两级,由于级数太多,实际难以使用。为了简化,我国煤炭部门制定的定额,多将各种岩石分为 $f \leq 1.5$ 、 $f=2\sim 3$ 、 $f=4\sim 6$ 、 $f=8\sim 10$ 、 $f=12\sim 14$ 、 $f=15\sim 20$ 等六级。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 的级制。

由于普氏岩石分级法来自实践,并且有抽象概括的程序可取,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。由于该法只考虑岩石的抗压强度,而常常发生 f 值大的围岩因地压的增加或构造应力的存在变得支护困难。因此,普氏分级法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。

第三节 巷道围岩松动圈分类法

一、巷道支护围岩松动圈分类法的重大意义

围岩稳定程度,不仅取决于岩体强度,而且还取决于巷道所处位置地应力的大小,以及两者作用后的结果。

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它因素。但在实际处理、量化围岩强度和地应力参数时都不同地遇到了难题,尤其是地应力因素未能确切地或者未予考虑,造成分类上的不全面。如同样的砂岩 ($f=4\sim 6$),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,要正确定量两者与支护难度的相关关系,也还有相当大的困难。因此,虽然分类方法很多,这个问题仍没有被很好解决。通过对围岩松动圈深入的研究之后,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。

巷道围岩松动圈分类方法,是建立在对巷道围岩实测的基础上,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,用来作为围岩分类的依据。这一分类方法简单、直感性强、易于掌握,一般工程现场都能实施,受到众多煤矿巷道设计与施工人员的欢迎。

二、巷道支护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_s 的相互作用的结果,即有函数式 $L_p = f(P, R_s)$ 。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_s 、 P 和 D (巷道跨度或直径) 与 L_p 的关系, R_s 、

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，有锚喷支护或无支护在相同材料的模型巷道，在同样荷载 P 作用下松动圈数值基本相同；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分类围岩奠定了可靠的基础。

三、巷道支护围岩松动圈分类表

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) 三大类六个小类 (表 2-2)。

分类表的应用说明：

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变化而变化，围岩强度等被抽象于松动圈大小之中，因此表中无具体的地层岩石名称，亦无地应力数值。当具体到某矿某水平之后，可以认为地应力水平相当，是一个比较固定的值，这时可将岩石名称填于表中，以方便使用。在建立“×××矿×××水平围岩分类表”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，可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，原煤炭工业部就积极组织制定我国回采巷道围岩稳定性分类方案，将要出台的“煤巷锚杆支护技术规范”对煤巷围岩稳定性分类，作

了明确的规定，现作简要的介绍。

一、分类目的与方法

煤巷采用锚杆支护技术，首先应对巷道围岩稳定性进行分类，为巷道锚杆支护设计、施工与管理提供依据。

分类采用模糊聚类分析法。分类时，将分类指标输入到计算机中，执行相应程序，便可得到分类结果。

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。

本分类选择了以下 7 个指标。这些指标是，表示围岩强度的指标是顶板强度 ($\sigma_{顶}$)、煤层强度 ($\sigma_{煤}$)、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)。

分类指标取值的方法：

1. 三个围岩强度指标 ($\sigma_{顶}$, $\sigma_{煤}$, $\sigma_{底}$)

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 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)

可以从地质柱状图中直接量取直接顶厚度，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 60~80MPa，一般随回柱冒落的岩层。当 $M > 4$ 时，取 $N = 4$ ， N 值为无量纲。

5. 护巷煤柱宽度 (X)

护巷煤柱宽度 (X) 是指顺槽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、倾斜薄与中厚煤层（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。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 σ_{cr} (指单向抗压强度, MPa 下同)	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 σ_{cc}	取巷帮煤层岩层强度加权平均值
底板强度 σ_{cf}	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 (m)	备注
页岩及低强度粉砂岩	<8~10	
一般砂质页岩	12~15	
层理不发育厚层砂页岩或厚层砂岩	15~20	开滦、淮南
厚度 4~5m 细粒及中粒砂岩	25~30	开滦、阳泉
厚度 >8~10m 的砂岩	50~60	大同
高强度的砂质砂岩	60~70	北京

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
σ_{cr}	计算 1-2, 1'-2' 范围内岩层强度加权平均值 (图 2-1)
σ_{cc}	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)
σ_{cf}	计算 3-4, 3'-4' 范围内岩层强度加权平均值 (图 2-1)
H'	上巷 $H'=0.6H$; $H'=0.4H$
X	说明同表 2-3
N	说明同表 2-3
D	说明同表 2-3