

KUANGJING ZHIHU YU FANGMAODING
ZHONGHEJISHU SHOUC



矿井支护与防冒顶综合 技术手册

主编 范天吉

■ 吉林电子出版社

矿井支护与防冒顶综合技术手册

(第一卷)

吉林电子出版社

矿井支护与防冒顶综合技术手册

编委会

编 委：(排名不分先后)

刘云贺	刘伟刚	付晓丽
杨云	李东生	付蓉
付勇	路世云	张丽
张丽娜	王东生	张国峰
吴晶	李健	李倩倩
雷磊	刘青	褚云霞
周萌	刘学声	崔大勇
庞玉峰	张怀松	刘玉岗
高虹	赵建秋	张俊杰
张绍华	卢代刚	张连发
霍松涛	张璐	刘良
李俊红	李海生	冯靖
马洪芬	杜文胜	李静

前 言

支护在矿产开采中占有极其重要的地位。建国以来,特别是进入 20 世纪 90 年代以来,随着支护和防冒顶技术的深入发展,新技术、新材料、新工艺、新设备的不断使用,矿井支护技术取得了令人瞩目的成就,技术面貌发生了巨大的变化。《矿井支护与防冒顶综合技术手册》正是在较全面总结我国矿产生产建设先进支护技术经验和科研成果基础上编写成的,同时吸收了国外的先进技术。可以认为,它是我国矿井支护理论和实践的总结,具有科学性、先进性和实用性。它对于我国矿井加强顶板管理,防止冒顶事故发生,保障安全生产将起到较大的作用。

本书共分六篇:第一篇 矿山压力与控制;第二篇 巷道支护技术与设备;第三篇 回采工作面单体支护与设备;第四篇 液压支护技术与液压设备;第五篇 矿井其他支护技术与设备第六篇 矿井顶板管理与冒顶危险评价。

全书力求反映目前我国矿井支护技术状况,以指导矿井支护为宗旨,以矿山各级领导、工程技术人员、施工管理人员为主要服务对象。本书可作为培训教材,也可作为大中专院校采矿类专业的教学参考书。

本书在编写过程中,参考了许多专家、学者、科技工作者的科研成果和论文的部分内容及部分矿区支护方面的攻关成果,在此深表谢意。

由于编写准备工作不够充分,时间仓促,编者水平与知识所限,缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

本书编委会

2003 年 10 月

目 录

第一篇 矿山压力与控制

第一章	岩石性质与巷道地压	(3)
第一节	矿山岩石的基本概念	(3)
第二节	岩石的物理性质	(4)
第三节	岩石的变形性质	(11)
第四节	岩石的强度性质及测定方法	(26)
第五节	岩石的破坏机理和强度理论	(36)
第六节	有关岩体的基本概念	(46)
第七节	岩石的工程分级和围岩分类	(67)
第八节	巷道地压	(72)
第二章	矿山岩体内应力的重新分布	(81)
第一节	岩体中的自重应力与构造应力	(81)
第二节	岩体中的弹性变形能	(86)
第三节	“孔”周围的应力分布	(89)
第四节	围岩的极限平衡与支承压力分布	(101)
第五节	支承压力在底板岩层中的传播	(104)
第三章	回采工作面上覆岩层活动规律及其分析	(109)
第一节	概 述	(109)
第二节	老顶岩层的稳定性	(111)
第三节	老顶初次破断时的极限跨距	(116)
第四节	裂隙体梁的平衡	(123)
第五节	直接顶的稳定性	(127)
第六节	回采工作面上覆岩层移动概况	(130)
第七节	回采工作面上覆岩层岩体结构分析	(137)
第八节	老顶岩层破断时在岩体内引起的扰动	(145)

第四章	回采工作面矿山压力显现基本规律	(154)
第一节	概 述.....	(154)
第二节	老顶的初次来压.....	(155)
第三节	老顶的周期来压.....	(158)
第四节	顶板压力的估算.....	(161)
第五节	老顶来压的预测预报.....	(164)
第六节	回采工作面前后支承压力的分布.....	(167)
第七节	影响回采工作面矿山压力显现的主要因素.....	(168)
第五章	采区巷道矿压显现及其控制	(181)
第一节	采区巷道变形与破坏.....	(181)
第二节	采区巷道矿压显现基本规律.....	(184)
第三节	采区巷道矿压控制原理.....	(194)
第四节	采区巷道保护基本措施.....	(200)
第五节	采区巷道支护.....	(214)
第六章	采区巷道矿山压力与支护	(242)
第一节	采区巷道矿压显现的一般规律.....	(242)
第二节	采区巷道的变形与破坏.....	(252)
第三节	采区巷道支护原理.....	(258)
第七章	无煤柱护巷	(263)
第一节	无煤柱开采的优点.....	(263)
第二节	无煤柱护巷的基本原理.....	(264)
第三节	沿空掘巷.....	(265)
第四节	沿空留巷.....	(270)
第五节	跨采无煤柱护巷.....	(279)
第六节	采空区内形成巷道.....	(287)
第八章	煤矿动压现象及其控制	(291)
第一节	冲击矿压.....	(291)
第二节	顶板大面积来压.....	(314)
第九章	回采工作面和采区巷道矿山压力研究	(325)
第一节	矿压现场观测工作概述.....	(325)
第二节	矿山压力现场观测方法.....	(327)
第三节	矿山压力实验室研究方法.....	(353)
第四节	矿山压力观测数据整理与分析.....	(361)

第二篇 巷道支护技术与设备

第一章 概 述	(389)
第一节 巷 道	(389)
第二节 缓倾斜、倾斜煤层回采巷道围岩稳定性分类	(404)
第三节 回采巷道支护形式与参数合理选择的计算机咨询 专家系统	(416)
第二章 锚杆支护技术	(422)
第一节 锚杆的作用原理	(423)
第二节 锚杆的种类与结构	(426)
第三节 锚杆选择原则	(433)
第四节 锚杆的质量检验	(434)
第五节 锚杆杆体材料	(437)
第六节 钻孔中锚固锚杆的速凝胶结材料	(441)
第七节 支撑元件和背板的材料	(456)
第八节 金属锚锁锚杆	(457)
第九节 无锚锁金属锚杆	(460)
第十节 木锚杆	(463)
第十一节 钢筋混凝土锚杆	(467)
第十二节 加筋聚酯锚杆	(471)
第十三节 锚杆支护的计算	(477)
第三章 锚喷支护技术	(493)
第一节 喷射混凝土的分类	(493)
第二节 喷射混凝土的支护特点和作用原理	(495)
第三节 喷射混凝土材料	(497)
第四节 喷射混凝土的主要工艺参数	(500)
第五节 光爆锚喷施工	(502)
第六节 锚喷支护的结构与应用	(523)
第七节 锚喷施工及质量检查的规定	(541)
第八节 锚喷机具和测试仪器	(547)
第四章 交岔点与硐室支护技术	(598)
第一节 交岔点支护	(598)

第二节	硐室支护·····	(616)
第五章	沿空巷道的护巷技术·····	(631)
第一节	沿空巷道与护巷方法分类·····	(631)
第二节	机械构筑护巷带·····	(636)
第三节	风力充填构筑凝固材料护巷带·····	(643)
第四节	泵送充填构筑凝固材料护巷带·····	(675)
第五节	沿空巷道护巷带参数的选择、计算与观测·····	(688)
第六节	巷道壁后充填与周边封闭·····	(693)
第六章	软岩巷道的支护技术·····	(704)
第一节	软岩巷道深部围岩力学形态变化·····	(704)
第二节	软岩巷道支护原理·····	(705)
第三节	软岩巷道支护的原则·····	(707)
第四节	软岩巷道锚喷网支护机理·····	(710)
第五节	软岩巷道支护设计方法·····	(717)
第六节	新奥法与软岩支护·····	(732)
第七节	巷道围岩松动圈支护理论与软岩支护·····	(747)
第八节	软岩巷道支护·····	(769)
第七章	刚性支架·····	(810)
第一节	刚性金属支架·····	(810)
第二节	砌碛支架·····	(812)
第三节	木支架·····	(825)
第四节	刚性支护的计算·····	(826)
第八章	装配式钢筋混凝土支架·····	(844)
第一节	普通钢筋混凝土支架·····	(844)
第二节	预应力钢筋混凝土支架·····	(849)
第九章	可缩性金属支架·····	(855)
第一节	选择支架的步骤和方法·····	(855)
第二节	支架附件、背板及配套机具·····	(856)

第三篇 回采工作面单体支护与设备

第一章	概 述·····	(877)
第一节	单体支护的基本要求·····	(877)

第二节	单体支护特性	(878)
第三节	单体支柱的发展	(881)
第二章	摩擦式金属支柱	(884)
第一节	HZWA 型金属支柱	(884)
第二节	HZJA 型金属支柱	(901)
第三节	其他型号的摩擦式金属支柱	(911)
第四节	液压升柱器	(915)
第五节	摩擦式金属支柱的修理和维修	(919)
第三章	单体液压支柱	(934)
第一节	单体液压支柱的种类与特性	(934)
第二节	外注式单体液压支柱	(937)
第三节	内注式单体液压支柱	(966)
第四节	单伸缩支柱强度计算	(977)
第五节	单体液压支柱的使用管理和维修	(982)
第六节	支柱验收	(1023)
第四章	金属顶梁	(1033)
第一节	HDJA 型金属铰接顶梁	(1033)
第二节	HDJC 型与 HDJD 型金属铰接顶梁	(1040)
第三节	其他型号的金属顶梁	(1042)
第四节	金属铰接顶梁强度计算	(1053)
第五章	液压切顶支柱	(1063)
第一节	切顶支柱的种类	(1063)
第二节	QD 型液压切顶支柱	(1065)
第三节	ZQF 型防倒防滑液压切顶支柱	(1084)
第四节	ZQS 型双伸缩液压切顶支柱	(1087)
第五节	其他型号液压切顶支柱	(1090)

第四篇 液压支护技术与液压设备

第一章	概 述	(1099)
第一节	名词术语	(1099)
第二节	液压支架组成与工作原理	(1107)
第三节	液压支架分类及命名	(1113)

第四节	对液压支架的基本要求和发展方向	(1119)
第二章	液压支架基本结构形式	(1124)
第一节	掩护式液压支架	(1124)
第二节	支撑掩护式液压支架	(1193)
第三节	支撑式液压支架	(1234)
第四节	特种用途液压支架	(1246)
第三章	液压支架的选型	(1300)
第一节	矿山地质条件	(1300)
第二节	生产技术条件	(1303)
第三节	经济条件	(1303)
第四章	液压元件及管路系统	(1305)
第一节	液压支架的液压系统	(1305)
第二节	液压立柱	(1312)
第三节	液压千斤顶	(1340)
第四节	液控单向阀	(1350)
第五节	安全阀	(1361)
第六节	操纵阀	(1370)
第七节	液压胶管与胶管总成	(1373)
第八节	管接头	(1379)
第九节	其他元件	(1380)
第五章	乳化液泵站	(1392)
第一节	概 述	(1392)
第二节	泵站液压系统	(1397)
第三节	乳化液泵	(1400)
第四节	乳化液箱	(1415)
第五节	乳化液泵站的元部件	(1423)
第六章	液压支架及其元部件、乳化液泵的试验	(1443)
第一节	概 述	(1443)
第二节	液压支架的型式试验	(1444)
第三节	液压支架用立柱与千斤顶的试验	(1456)
第四节	液压支架用阀类的试验	(1460)
第五节	液压支架胶管总成及中间接头组件试验	(1476)
第七章	液压支架使用与维修	(1483)

第一节	液压支架运输、安装与拆除·····	(1483)
第二节	液压支架的操作和使用·····	(1488)
第三节	液压支架的维护和检修·····	(1496)
第四节	液压支架常见故障及处理方法·····	(1499)

第五篇 矿井其他支护技术与设备

第一章	滑移顶梁支架·····	(1507)
第一节	滑移顶梁支架结构特征与基本要求·····	(1507)
第二节	国内外典型滑移顶梁支架·····	(1509)
第三节	滑移顶梁支架的计算与试验·····	(1540)
第二章	掩护支架·····	(1543)
第一节	概 述·····	(1543)
第二节	掩护支架分类、结构和使用条件·····	(1545)
第三节	掩护支架安装、调整与控制·····	(1583)
第四节	掩护支架设计与计算·····	(1599)
第三章	气垛支架·····	(1623)
第一节	气垛支架结构和工作原理·····	(1623)
第二节	气垛支架性能与技术特征·····	(1625)
第三节	使用气垛支架的工艺与经济效益·····	(1632)

第六篇 矿井顶板管理与冒顶危险评价

第一章	概 述·····	(1641)
第一节	安全的基本概念·····	(1641)
第二节	安全、事故与隐患的关系·····	(1649)
第三节	事故的基本概念·····	(1652)
第四节	隐患的基本概念·····	(1656)
第五节	重大事故隐患的概念·····	(1660)
第六节	重大事故隐患确认与评估·····	(1661)
第二章	顶板和采掘工作面安全管理·····	(1670)
第一节	矿山压力基本知识·····	(1670)
第二节	煤矿顶板安全管理·····	(1673)

第三节	采煤工作面安全管理	(1674)
第四节	矿井冒顶危险性评价	(1677)
第三章	回采和掘进工作面的日常安全评估	(1686)
第一节	普通采煤工作面与掘进工作面的日常安全评估	(1686)
第二节	普采与掘进工作面日常安全评价	(1689)
第三节	单体液压支柱采煤工作面日常安全评价	(1697)
第四节	单体液压支柱采煤工作面日常安全	(1705)
第四章	矿井冒顶事故分析	(1714)
第一节	回采工作面冒顶伤害事故的事故树分析	(1714)
第二节	掘进巷道冒顶伤害事故原因分析及预防	(1723)

附录 常用最新标准规范

水泥锚杆 杆体	(1731)
煤矿锚杆钻机用回转钻杆	(1741)
焊接结构软岩钻杆与钻头	(1748)
煤矿用电动锚杆钻机电动机	(1756)
树脂锚杆锚固剂	(1765)
水泥锚杆卷式锚固剂	(1774)
树脂锚杆 金属杆体及其附件	(1785)
煤矿预应力锚固施工技术规范	(1791)
煤矿用乳化液泵站 过滤器技术条件	(1799)
煤矿用乳化液泵站 乳化液泵	(1811)
煤矿安全规程	(1832)

矿山压力与控制



第一篇

第一章 岩石性质与巷道地压

第一节 矿山岩石的基本概念

岩石是组成地壳的基本物质，它由各种造岩矿物或岩屑在地质作用下按一定规律（通过结晶联结或借助于胶结物粘结）组合而成。

自然状态下的岩石，按其固体矿物颗粒之间的结合特征，可以分为固结性岩石、粘结性岩石、散粒状岩石、流动性岩石（如流砂）等。所谓固结性岩石是指造岩矿物的固体颗粒之间成刚性联系，破碎后可以保持其一定形状的岩石。在煤矿中遇到的大多是固结性岩石，常见的有砂岩、石灰岩、砂质页岩、泥质页岩、泥岩、粉砂岩等，比较少见的有砾岩、泥灰岩等。所以对于采矿工程，重点是研究固结性岩石的有关性质。

按照岩石的力学强度和坚实性，常把矿山岩石分为坚硬岩石和松软岩石。一般将饱水状态下单向抗压强度大于 5MPa 的岩石叫做坚硬岩石，而把低于该值的胶结岩石（如泥岩，泥质页岩，泥灰岩，硅化粘土等）称为松软岩石（实践中又往往把单向抗压强度小于 10MPa 的岩石看作是松软岩石）。松软岩石具有结构疏松，视密度小，孔隙率大，强度低，遇水易于膨胀及有明显流变性等特点。从矿压控制的角度来看，这类岩石往往会给采掘工作造成很大困难。

按照岩石的构成特征，可以区分出岩石的结构和岩石的构造这两个概念。

岩石的结构是指决定岩石组织的各种特征的总合，通常是指岩石中矿物颗粒的结晶程度，矿物或岩石碎屑颗粒的形状和大小，颗粒之间相互连结的状况，以及胶结物的胶结类型等特征。

组成岩石的物质颗粒大小差异程度，决定着岩石的非均质性。颗粒愈均匀，岩石的力学性质也愈均匀。颗粒大小也影响到岩石的力学性质，一般来说，组成岩石的物质颗粒愈小，则该岩石的强度愈大。

对于煤矿中常见的碎屑沉积岩来说，根据岩石结构可分为以下几种：

(1) 砾状结构——指由粒径大于 2mm 的岩石碎屑胶结而成的碎屑结构

类型，如砾岩；

(2) 砂质结构——指粒径变化在 $2 \sim 0.05\text{mm}$ 之间的碎屑结构类型，如砂岩；

(3) 粉砂质结构——指粒径变化在 $0.05 \sim 0.005\text{mm}$ 之间的碎屑结构类型，如粉砂岩、页岩等；

(4) 泥质结构——指粒径小于 0.005mm 的碎屑结构类型，如泥岩、粘土岩等。

岩石的构造是指岩石中矿物颗粒集合体之间，以及它与其他组成部分之间的排列方式和充填方式。从矿山岩石力学观点来看，最重要的是以下几种构造：

(1) 整体构造——岩石的颗粒互相严密地紧贴在一起，没有固定的排列方向；

(2) 多孔状构造——岩石颗粒彼此相接并不严密，颗粒之间有许多小空隙（微孔）；

(3) 层状构造——岩石颗粒互相交替，表现出层次叠置现象（层理）。

岩石的构造特征对其力学性质有明显影响，如层理的存在常使岩石具有明显的各向异性。在垂直于层理面的方向上，岩石承受拉力的性能很差，沿层理面的抗剪能力也很弱。受压时，则随加载方向与层理面交角的不同，强度有较大差别。

在大多数岩石力学文献中，所谓岩石一般是指小块岩石，有时称之为岩块，以表示区别于自然状态下的岩体。所以，岩块是指从岩体中取出的、尺寸不大的岩石，如实验室试验过程中所用的岩石试件就属于岩块。

第二节 岩石的物理性质

一、岩石的密度

岩石的（真）密度是指单位体积的岩石（不包括空隙）的质量，可表示为：

$$\rho = \frac{M_{\text{实}}}{V} \quad (1-1)$$

式中 ρ ——岩石的密度， kg/m^3 ；

$M_{\text{实}}$ ——岩石实体的质量， kg ；

V ——岩石实体的体积, m^3 。

岩石密度的大小取决于组成岩石的矿物密度, 而与岩石的空隙和吸水多少无关。一般来说, 岩石的密度接近于岩石矿物成分的密度。例如, 硅质胶结的石英砂岩的密度接近于石英(SiO_2)的密度, 而石灰岩的密度接近于方解石(CaCO_3)的密度。所以矿物的密度愈大, 则岩石的密度也愈大。岩石的密度一般在 $2.7 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 左右, 煤矿中常见岩石的密度见表 1-1。

表 1-1 煤矿中常见岩石的密度和视密度

岩石种类	密度 (kg/m^3)	视密度 (kg/m^3)
砂 岩	$(2.6 \sim 2.75) \times 10^3$	$(2 \sim 2.6) \times 10^3$
页 岩	$(2.57 \sim 2.77) \times 10^3$	$(2 \sim 2.4) \times 10^3$
石灰岩	$(2.48 \sim 2.85) \times 10^3$	$(2.2 \sim 2.6) \times 10^3$
煤		$(1.2 \sim 1.4) \times 10^3$
一般		$(1.3 \sim 1.35) \times 10^3$

二、岩石的视密度

岩石的视密度是指单位体积的岩石 (包括空隙) 的质量, 可表示为:

$$\rho' = \frac{M}{V} \quad (1-2)$$

式中 ρ' ——岩石的视密度, kg/m^3 ;

M ——岩石的质量, kg ;

V ——岩石的体积, m^3 。

岩石的视密度除与组成岩石的矿物密度有关外, 还与岩石的空隙和吸水多少有关。根据岩石试样含水状态的不同, 岩石的视密度可分为三种: 天然视密度是指岩石在天然含水状态下的视密度; 干视密度 (ρ'_d) 是指岩石在 $105 \sim 110^\circ\text{C}$ 温度下干燥 24h 后的视密度; 饱和视密度 (ρ'_{sat}) 是指岩石在吸水饱和状态下的视密度。当岩石中能进入水的空隙不多时, 岩石的三种视密度之间差值很小。实验室测定一般只提供干视密度指标, 而且如果不说明含水状态时, 通常即指干视密度。对于遇水易于膨胀的某些松软岩石, 区分干视密度和饱和视密度有重要意义。

岩石的视密度是研究矿压问题常用的指标, 根据岩石的密度和视密度, 可计算出岩石的孔隙度和孔隙比。煤矿常见岩石的视密度如表 1-1 所示。

应当指出, 长期以来, 在岩石力学文献中广泛地应用了岩石的容重这个