

# MEIKUANG 煤矿矿井支护

新技术与支护设计计算及支护  
产品选型、设计、维护实用手册

中国煤炭工业出版社

封面设计 郭云

MEIKUAN GKUANGJING  
ZHIHU XINJISHU YU ZHIHU  
SHEJI JISUAN JI ZHIHU CHANPIN  
XUANXING SHEJI WEIHU  
SHIYONGSHOUCE

ISBN 7-5020-264-36



9 787502 026431 >

ISBN 7-5020-264-36

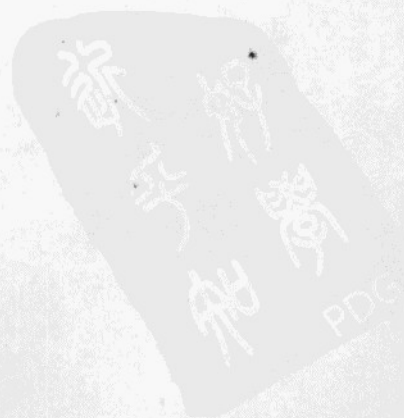
7-5020-264-36

# 煤矿矿井支护新技术与支护 设计计算及支护产品选型、 设计、维护实用手册

主编 顾文卿

(卷一)

中国煤炭工业出版社



# 编 委 会

主 编 顾文卿

编 委 王天维 郭玉志 程会芬 吕大伟  
鲁国庆 林 浩 李春龙 姜玉朋  
耿远泉 袁海滨 郝长青 刘伟国  
张明河 彭 倩 杨成清

# 前 言

煤矿支护是直接关系到井下工作人员生命安全和安全生产的重要技术。随着煤炭工业的发展,煤矿井下支护技术的科技进步与创新也日新月异。而关于支护的设计计算和支护产品选型、设计更是重中之重。

我国有软岩的矿井分布很广,加之矿井开采深度的增加,地应力加大,原来巷道支护不太困难的矿井,也面临支护的难题。我国煤矿许多基层从事实际工作的人员,对软岩巷道支护往往认识不足,没有充分的思想准备,缺乏必要的技术手段和措施,从而造成被动的局面,给煤矿生产带来了巨大的隐患和危害。软岩巷道支护,历来是巷道工程的难题。我国煤矿的支护专家、学者和众多的科技工作者从上世纪80年代起为软岩巷道支护的研究、攻关和实践付出了大量的心血,取得了很多科研成果,为软岩巷道支护指明了方向。但到目前为止,仍然还不能说已经根本解决了问题。

本书全面、系统地介绍了煤矿矿井支护的各种新技术和支护设计计算方法,同时还对支护产品的选型、维护工作进行了阐述。

我们的编辑队伍由多年从事煤矿矿井支护理论研究和经验丰富的企业一线的技术专家组成。书中详细的介绍了各种支护新技术和支护设计计算方法,共有九篇、一百多个章节,内容全面、实用。方便广大读者参考查阅。

本书编撰过程中参考了相关资料,在此谨向相关企业技术专家和资料原作者表示感谢。由于编者水平所限,书中难免有疏漏和不足之处,恳请广大读者批评指正。

本书编委会  
2007年7月

## 目 录

## 第一篇 煤矿支护概论

第一章 岩石与岩体力学 .....	( 3 )
第一节 岩石的物理特性 .....	( 3 )
第二节 岩石的力学特征 .....	( 9 )
第三节 岩体的结构特征与力学特性 .....	(36)
第四节 围岩的稳定性及其分类 .....	(56)
第五节 岩石与岩体物理力学性质的测试 .....	(80)
第二章 采区巷道矿山压力与支护 .....	(94)
第一节 采区巷道矿压显现的一般规律 .....	(94)
第二节 采区巷道的变形与破坏 .....	(104)
第三节 采区巷道支护原理 .....	(110)
第三章 无煤柱护巷 .....	(115)
第一节 无煤柱开采的优点及无煤柱护巷的基本原理 .....	(115)
第二节 沿空掘巷 .....	(117)
第三节 沿空留巷 .....	(122)
第四节 跨采无煤柱护巷 .....	(132)
第五节 采空区内形成巷道 .....	(140)

## 第二篇 煤矿巷道支护新技术与支护设计计算

第一章 概 述 .....	(145)
第一节 巷 道 .....	(145)
第二节 缓倾斜、倾斜煤层回采巷道围岩稳定性分类 .....	(159)
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 .....	(169)
第二章 刚性支架 .....	(177)
第一节 刚性金属支架 .....	(177)
第二节 砌碛支架 .....	(179)
第三节 木支架 .....	(201)
第四节 刚性支护的计算 .....	(202)
第三章 装配式钢筋混凝土支架 .....	(223)

第一节 普通钢筋混凝土支架	(223)
第二节 预应力钢筋混凝土支架	(260)
第三节 波兰等国钢筋混凝土预制弧板支架	(269)
<b>第四章 锚杆支护新技术</b>	<b>(280)</b>
第一节 锚杆支护作用原理,锚杆类型与使用范围	(280)
第二节 锚喷支护设计	(292)
第三节 锚喷参数的计算方法	(292)
第四节 锚喷支护施工与检验	(312)
第五节 锚杆支护机具	(323)
第六节 新 奥 法	(349)
<b>第五章 可缩性金属支架</b>	<b>(352)</b>
第一节 支架设计	(352)
第二节 选择支架的步骤和方法	(366)
第三节 可缩性金属支架系列(MT143—86)	(367)
第四节 国外可缩性金属支架	(394)
第五节 支架附件、背板及配套机具	(408)
<b>第六章 交岔点与硐室支护</b>	<b>(425)</b>
第一节 交岔点支护	(425)
第二节 硐室支护	(451)
<b>第七章 沿空巷道的护巷技术</b>	<b>(460)</b>
第一节 沿空巷道与护巷方法分类	(460)
第二节 机械构筑护巷带	(465)
第三节 风力充填构筑凝固材料护巷带	(471)
第四节 泵送充填构筑凝固材料护巷带	(505)
第五节 沿空巷道护巷带参数的选择、计算与观测	(511)
第六节 巷道壁后充填与周边封闭	(516)
<b>第八章 巷道支护试验实例</b>	<b>(526)</b>
第一节 龙口北皂矿工作面顺槽锚喷支护试验	(526)
第二节 淮南谢一矿工作面顺槽封闭式支护试验	(528)
第三节 淮南新庄孜矿四水平北运道联合支护试验	(530)
第四节 徐州权台矿综采顺槽锚-梁-网支护试验	(532)
第五节 平庄红庙矿软岩巷道喷-锚-网-喷支护试验	(534)
第六节 舒兰丰广四井暗斜主井锚-喷-网支护试验	(536)
<b>第三篇 煤矿软岩巷道支护新技术与支护设计计算</b>	
<b>第一章 概 述</b>	<b>(541)</b>
第一节 软岩的概念	(541)

第二节	我国煤矿软岩分布	(541)
第三节	软岩巷道的特征	(543)
第四节	软岩巷道支护困难原因分析	(544)
<b>第二章</b>	<b>软岩分类</b>	<b>(547)</b>
第一节	普氏岩石分级法	(547)
第二节	煤矿锚喷支护围岩分类	(549)
第三节	我国支护专家对煤矿软岩的分类	(550)
第四节	煤巷围岩稳定性分类	(553)
第五节	我国部分矿区的软岩分类	(557)
第六节	生产中软岩巷道界限的确定	(558)
<b>第三章</b>	<b>软岩巷道的支护原理</b>	<b>(563)</b>
第一节	软岩巷道深部围岩力学形态变化	(563)
第二节	软岩巷道支护原理	(564)
第三节	软岩巷道支护的原则	(565)
第四节	软岩巷道锚喷网支护机理	(568)
<b>第四章</b>	<b>软岩巷道支护新技术</b>	<b>(575)</b>
第一节	概 述	(575)
第二节	锚 杆	(576)
第三节	喷射混凝土	(588)
第四节	网	(602)
第五节	可缩性金属支架	(606)
<b>第五章</b>	<b>软岩巷道支护设计计算</b>	<b>(615)</b>
第一节	概 述	(615)
第二节	工程类比方法	(617)
第三节	软岩巷道锚喷网支护设计方法	(620)
第四节	煤巷锚杆支护工程监控设计法	(623)
<b>第六章</b>	<b>软岩巷道底鼓的治理</b>	<b>(630)</b>
第一节	巷道底鼓机理	(630)
第二节	巷道底鼓的综合治理	(636)
<b>第七章</b>	<b>软岩巷道锚索支护</b>	<b>(643)</b>
第一节	概 述	(643)
第二节	锚索的基本概念	(644)
第三节	锚索支护设计	(647)
第四节	锚索施工	(649)
第五节	软岩巷道锚索支护工程实例	(653)
<b>第八章</b>	<b>软岩巷道支护的监控量测技术</b>	<b>(660)</b>
第一节	概 述	(660)
第二节	巷道围岩表面位移观测	(661)



第三节	锚杆施工质量监督	(667)
第四节	巷道喷层量测	(677)
第五节	巷道顶板离层监测	(684)
<b>第九章</b>	<b>新奥法与软岩支护</b>	<b>(692)</b>
第一节	概 述	(692)
第二节	新奥法的基本原理	(693)
第三节	新奥法的设计	(698)
第四节	新奥法的施工	(701)
第五节	新奥法在煤矿软岩巷道支护的应用与发展	(704)
<b>第十章</b>	<b>巷道围岩松动圈支护理论与软岩支护</b>	<b>(706)</b>
第一节	概 述	(706)
第二节	围岩松动圈的概念与性质	(706)
第三节	松动圈的量测与围岩分类	(712)
第四节	巷道围岩松动圈支护理论	(718)
第五节	松动圈理论在软岩巷道支护中应用实践	(726)
 <b>第四篇 煤矿回采工作面单体支护新技术与支护设计计算</b>		
<b>第一章</b>	<b>概 述</b>	<b>(731)</b>
第一节	单体支护的基本要求	(731)
第二节	单体支护特性	(732)
<b>第二章</b>	<b>摩擦式金属支柱</b>	<b>(737)</b>
第一节	HZWA 型金属支柱	(737)
第二节	HZJA 型金属支柱	(751)
第三节	其他型号的摩擦式金属支柱	(760)
第四节	液压升柱器	(764)
第五节	摩擦式金属支柱的修理和维修	(769)
<b>第三章</b>	<b>单体液压支柱</b>	<b>(780)</b>
第一节	单体液压支柱的种类与特性	(780)
第二节	外注式单体液压支柱	(783)
第三节	内注式单体液压支柱	(806)
第四节	单伸缩支柱强度计算	(820)
第五节	单体液压支柱的使用管理和维修	(823)
第六节	支柱验收	(861)
<b>第四章</b>	<b>金属顶梁</b>	<b>(871)</b>
第一节	HDJA 型金属铰接顶梁	(871)
第二节	HDJC 型与 HDJD 型金属铰接顶梁	(877)
第三节	其他型号的金属顶梁	(879)

第四节 金属铰接顶梁强度计算·····	(889)
第五章 液压切顶支柱·····	(896)
第一节 切顶支柱的种类·····	(896)
第二节 QD 型液压切顶支柱·····	(897)
第三节 ZQF 型防倒防滑液压切顶支柱·····	(916)
第四节 ZQS 型双伸缩液压切顶支柱·····	(919)
第五节 其他型号液压切顶支柱·····	(922)
第六节 切顶支柱使用效果实例介绍·····	(927)
第六章 单体支护方式及典型配套·····	(929)
第一节 单体支柱工作面基本支护方式·····	(929)
第二节 单体支柱工作面典型配套·····	(943)
<b>第五篇 煤矿回采工作面液压支架与滑移顶梁支架 支护新技术与支护设计计算</b>	
第一章 概 述·····	(947)
第一节 有关液压支架名词术语·····	(947)
第二节 液压支架组成与工作原理·····	(954)
第三节 液压支架分类及命名·····	(959)
第四节 对液压支架的基本要求·····	(964)
第五节 液压支架的发展方向·····	(966)
第二章 液压支架基本结构形式·····	(967)
第一节 掩护式液压支架·····	(967)
第二节 支撑掩护式液压支架·····	(1035)
第三节 支撑式液压支架·····	(1078)
第四节 特种用途液压支架·····	(1085)
第五节 引进的国外液压支架·····	(1138)
第三章 液压支架的选型与设计·····	(1143)
第一节 支架选型的依据·····	(1143)
第二节 液压支架主要参数设计·····	(1146)
第三节 支架受力分析与计算·····	(1150)
第四节 液压支架承载结构件·····	(1167)
第五节 液压支架辅助装置·····	(1180)
第四章 液压支架及其元部件、乳化液泵的试验·····	(1195)
第一节 概 述·····	(1195)
第二节 液压支架的型式试验·····	(1196)
第三节 液压支架用立柱与千斤顶的试验·····	(1209)
第四节 液压支架用阀类的试验·····	(1214)
第五节 液压支架胶管总成及中间接头组件试验·····	(1229)

第六节 液压支架的验收 .....	(1235)
第七节 煤矿用乳化液泵及泵站主要附件的试验 .....	(1247)
<b>第五章 综采工作面设计和配套设备选择 .....</b>	<b>(1267)</b>
第一节 综采工作面设计 .....	(1267)
第二节 采煤机械 .....	(1270)
第三节 工作面刮板输送机 .....	(1279)
第四节 顺槽转载机 .....	(1285)
第五节 顺槽可伸缩带式输送机 .....	(1285)
第六节 其他附属设备 .....	(1290)
<b>第六章 液压支架使用与维修 .....</b>	<b>(1293)</b>
第一节 液压支架运输、安装与拆除 .....	(1293)
第二节 液压支架的操作和使用 .....	(1298)
第三节 液压支架的维护和检修 .....	(1303)
第四节 液压支架常见故障及处理方法 .....	(1305)
<b>第七章 滑移顶梁支架 .....</b>	<b>(1309)</b>
第一节 滑移顶梁支架结构特征与基本要求 .....	(1309)
第二节 国内外典型滑移顶梁支架 .....	(1310)
第三节 滑移顶梁支架的计算与试验 .....	(1338)
<b>第六篇 煤矿掩护支架与气垛支架支护新技术与 支护设计计算</b>	
<b>第一章 急倾斜煤层掩护支架 .....</b>	<b>(1343)</b>
第一节 掩护支架采煤法与掩护支架 .....	(1343)
第二节 掩护支架分类、结构和使用条件 .....	(1344)
第三节 掩护支架安装、调整与控制 .....	(1379)
第四节 掩护支架设计与计算 .....	(1392)
<b>第二章 气垛支架 .....</b>	<b>(1411)</b>
第一节 气垛支架结构和工作原理 .....	(1411)
第二节 气垛支架性能与技术特征 .....	(1413)
第三节 使用气垛支架的工艺与经济效益 .....	(1418)
<b>第七篇 煤矿支护设计与 CAD</b>	
<b>第一章 概 述 .....</b>	<b>(1427)</b>
<b>第二章 CAD 系统组成 .....</b>	<b>(1431)</b>
第一节 系统的组成形式与工作方式 .....	(1431)
第二节 系统组成 .....	(1433)

第三章 支护设备设计与 CAD .....	(1443)
第一节 支架 CAD 步骤 .....	(1443)
第二节 CV—CAD 系统的若干基本概念和术语 .....	(1446)
第三节 有限元分析 .....	(1452)
第四节 工程详图绘制 .....	(1456)

## 第八篇 煤矿支护产品选型与维护

第一章 单体液压支柱 .....	(1461)
第一节 概 述 .....	(1461)
第二节 单体液压支柱的结构及技术参数 .....	(1462)
第三节 单体液压支柱三用阀及主要零部件 .....	(1483)
第四节 液切顶顶支柱及单体液压支柱辅助设备 .....	(1502)
第五节 单体液压支柱维修设备 .....	(1513)
第六节 单体液压支柱的镀层 .....	(1522)
第七节 单体液压支柱用户验收细则 .....	(1526)
第八节 单体液压支柱、三用阀全国生产状况 .....	(1537)
第二章 摩擦式金属支柱 .....	(1549)
第一节 摩擦式金属支柱的适用范围及技术特征 .....	(1549)
第二节 摩擦式金属支柱零部件 .....	(1551)
第三节 摩擦式金属支柱的辅助工具 .....	(1555)
第三章 金属顶梁 .....	(1559)
第一节 DJA 型金属铰接顶梁 .....	(1559)
第二节 DJB 型金属铰接顶梁 .....	(1568)
第三节 其他型式金属顶梁 .....	(1573)
第四章 锚杆及锚杆施工机具 .....	(1576)
第一节 锚 杆 .....	(1576)
第二节 锚杆的综合应用 .....	(1581)
第三节 锚杆施工机具 .....	(1582)
第五章 液压支架 .....	(1591)
第一节 概 述 .....	(1591)
第二节 掩护式液压支架 .....	(1594)
第三节 支撑掩护式液压支架 .....	(1600)
第四节 滑移、悬移顶梁支架 .....	(1606)

## 第九篇 煤矿支护相关技术标准



# 第一篇

## 煤矿支护概论

第一集

水滸傳支古款

# 第一章 岩石与岩体力学

## 第一节 岩石的物理特性

### 一、广义岩石物理性质分类(表 1-1)

表 1-1 广义岩石物理性质分类

类别	组别	量的名称	量的符号	单位
物理 密度 性质	重力特性	比重 容重	$d$ $\gamma$	$\text{kN/m}^3$
	结构特性	密度 孔隙率 渗透率	$\rho$ $n$ $k$	$\text{kg/m}^3$ % Darcy
力学 性质	强度特性	抗压强度 拉伸强度 抗剪强度 粘聚力 摩擦角	$\sigma_c$ $\sigma_t$ $\tau$ $c$ $\phi$	MPa MPa MPa MPa rad
	变形特性	弹性模量(杨氏模量) 泊松比 剪切模量(刚度模量)	$E$ $\nu$ $G$	MPa MPa
	声学特性	声音刚度 母体中的纵波速度 吸收系数	$Q$ $v_{\text{PM}^2\text{S}}$	$\text{kg/m}^2 \cdot \text{S}$ $\text{m/S}$ $\text{m}^{-1}$
热* 学 性质	状态特性	导热系数 导温性 比热 线性膨胀温度系数	$\lambda$ $a$ $c$ $a$	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{k})$ $\text{m}^2/\text{S}$ $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{k})$ $1/\text{k}$

类别	组别	量的名称	量的符号	单位
电* 磁 性 质	电学特性	体积电阻系数 电容率 电容损失角的正切 绝缘强度	$\rho_v$ $\epsilon$ $\operatorname{tg}\delta$ $E_{np}$	$\Omega \cdot m$ $V/m$
	磁学特性	磁化率 导磁性 残余磁化强度 矫顽磁力	$k$ $\mu$ $I_r$ $H_c$	$A \cdot m_2$ $A/m$
放* 射 性		天然放射性	$A$	$1/S$
		$\gamma$ 射线线性吸收系数	$k$	$m^{-1}$
		中子俘获有效截面 中子散射有效截面	$\Sigma_n$ $\Sigma_p$	$m^2$ $m^2$

注:带“\*”号者,因与本手册关系不密切,下面将不作介绍。

## 二、岩石的物理(密度)性质

### 1. 岩石物理性质主要指标的物理意义及其相互关系(表 1-2)

表 1-2 岩石物理性质主要指标的物理意义及其相互关系

类别	指标名称	物理意义	计算公式	符号说明	试验方法
比 重	比 重	单缸体积岩石(不包括空隙)重量与同体积水重(一个大气压及 4℃时)之比值	$d = \frac{G_d}{V_c \cdot \gamma_w}$	$d$ —岩石比重 $G_d$ —绝对干燥时岩石实体体积的重力, $kN$ $V_c$ —岩石团体部分实体积, $m^3$ $\gamma_w$ —众的容重, $kN/m^3$	比重瓶法(煤炭工业部标准 MT39—80)
	容 重	单位体积(包括空隙)岩石的重力	$\gamma = \frac{G}{V}$	$\gamma$ —岩石容重, $kN/m^3$ $\gamma_d$ —岩石干容重, $kN/m^3$ $\gamma_{sat}$ —岩石饱和容重, $kN/m^3$ $\gamma_n$ —岩石天然容重, $kN/m^3$ $\gamma_b$ —岩石松散容重, $kN/m^3$ $G$ —岩石重力, $kN$ $V$ —干燥岩石重力, $kN$ $G_{sat}$ —水饱和和岩石重力, $kN$ $\gamma_n$ —天然含水状态岩石重力, $kN$ $V$ —岩石处于整体状态下的体积, $m^3$ $k_p$ —岩石碎胀系数	蜡封法或量积法(煤炭工业部标准 MT40—80)
	干容重	岩石在绝对干燥下的容重	$\gamma_d = \frac{G_d}{V}$		
	饱和容重	岩石在吸水饱和状态下的容重	$\gamma_{sat} = \frac{G_{sat}}{V}$		
	天然容重	岩石在天然含水状态下的容重	$\gamma_n = \frac{G_n}{V}$		
松散容重	岩石天然容重与岩石碎胀系数之比	$\gamma_b = \frac{\gamma_n}{k_p}$			



第一章 岩石与岩体力学

类别	指标名称	物理意义	计算公式	符号说明	试验方法
孔隙性	孔隙率	岩石的孔隙体积与岩石总体积之比	$n = \left(1 - \frac{\gamma_d}{d}\right) \times 100\%$	$n$ —岩石的孔隙率 $\gamma_d$ —岩石的孔隙率 $e$ —孔隙比	(煤炭工业部标准 MT41—80)
	孔隙比	岩石中各种孔隙和裂隙体积的总和与岩石内固体部分的实体积之比	$e = \frac{n}{1-n}$		
碎胀性	碎胀系数	破碎松散状态下的岩石体积与整体状态下的岩石体积比	$k_p = \frac{V'}{V}$	$k_p$ —碎胀系数 $V'$ —岩石破碎膨胀后的体积	
	初始碎胀系数	岩石初始破碎时的碎胀系数	$k_{p1} = \frac{V_1}{V}$	$k_{p1}$ —初始碎胀系数 $V_1$ —岩石初始破碎膨胀后体积	
	残余碎胀系数	岩石破碎后,在其自重和外加荷载作用下逐渐压实后的体积与破碎前原始体积之比	$k_{p2} = \frac{V_2}{V}$	$k_{p2}$ —残余碎胀系数 $V_2$ —岩石破碎压实后的膨胀体积	
吸水性	含水率	岩石在天然状态下所含水分的重量与岩石烘干后重量之比	$W = \frac{g_1 - g_2}{g_2} \times 100\%$	$W$ —岩石的天然含水率 $g_1$ —保持天然水分的试件重量 $g_2$ —烘干到恒重的试件重量	(煤炭工业部标准 MT4a—80)
	自然吸水率	试件在大气压作用下吸入水分的重量与试件的烘干重量之比	$W_2 = \left(\frac{g_1}{g} - 1\right) \times 100\%$	$W_q$ —岩石的自然吸水率 $g_1$ —试件自然饱和含水后重量 $g$ —试件烘干后的重量	(煤炭工业部标准 MT42—80)
	强制吸水率(饱和吸水率)	试件在真空或加压条件下吸入水分的重量与试件烘干重量之比	$W_q = \left(\frac{g_3}{g} - 1\right) \times 100\%$	$W_q$ —岩石的强制吸水率 $g_3$ —试件强制饱和含水后的重量	(煤炭工业部标准 MT42—80)
	饱水系数	自然吸水率和饱和吸水率之比	$k_w = \frac{W_z}{W_q}$	$k_w$ —岩石的饱水系数 $W_z$ —岩石的自然吸水率 $W_q$ —岩石的强制吸水率	