

回采巷道支护形式 与参数合理选择 专家系统

李效甫 姚建国等 编著

煤炭工业出版社

1235
2076

回采巷道支护形式与 参数合理选择专家系统

李效甫 姚建国 等编著

煤炭工业出版社

(京)新登字042号

在对巷道矿山压力与支护进行大量现场观测试验、国内模拟和数学力学计算的基础上,本书较详细地论述了回采巷道支护形式与参数合理选择应考虑的主要因素和基本原则,系统地总结了国内外巷道矿山压力与支护研究的主要成果和不同矿区回采巷道支护设计、施工的实践经验,介绍了回采巷道支护形式与参数合理选择专家系统建造的详细步骤。

本书主要供从事煤矿生产的工程技术人员和科研、设计人员及矿业院校的师生阅读参考。

回采巷道支护形式与参数合理选择专家系统

李效甫 姚建国 等编著

责任编辑:刘 健

煤炭工业出版社

(北京安定门外和平里北路11号)

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787×1092mm¹/₃₂ 印张9³/₄

字数204千字 印数1—1250

1993年1月第1版 1993年1月第1次印刷

ISBN 7-5020-0737-7/TD·681

书号 3504 G0234 定价 7.00元

序 言

采煤与支护是煤矿矿井生产中的基本生产环节。近年来,随着煤矿生产机械化的发展,巷道支护问题显得越来越突出。进一步发展巷道支护技术,科学合理地选择巷道支护形式与参数,为矿井巷道支护设计提供科学的依据,对于促进我国煤矿综合机械化水平的提高,保证安全生产,降低煤炭生产成本都有着重要意义。

在煤矿生产中存在着大量难以用传统数学方法解决的问题。将其他领域中先进的技术,引入煤矿生产,并用于解决煤炭生产中出现的问題,是我国煤炭科研中一项重要的任务。回采巷道支护形式与参数合理选择专家系统,将人工智能领域中专家系统技术成功地用于煤矿回采巷道支护形式与参数合理选择,为科学的解决巷道支护问题,开辟了一条新的途径。

专家系统技术目前已成功地应用于一些领域,但在煤炭工业生产中用专家系统技术解决以前靠个人经验决策的技术问题还仅仅是开始。专家系统技术在煤矿生产和矿井建设中有着重要的实际意义和广阔的应用前景。

煤炭科学研究总院北京开采所的几位同志,在“七五”期间回采巷道支护形式与参数合理选择研究成果的基础上,写成了“回采巷道支护形式与参数合理选择专家系统”一书。希望此书的出版将对专家系统技术在煤矿生产中的应用起到推动作用。

范维奎

1992年6月

1992/4/15

前 言

回采巷道支护形式与参数的合理选择，是煤矿巷道支护改革的一项重要内容。多年来煤矿巷道支护设计的决策，一直停留在靠设计者个人经验的水平上，缺少科学的依据。支护形式与参数选择不合理，往往是造成巷道维护困难、阻碍井下运输、通风、浪费人工和材料的主要原因。

在“七五”期间，煤炭科学研究总院北京开采所针对上述问题，进行了回采巷道支护形式与参数合理选择的研究，并在中国统配煤矿总公司和全国62个统配矿务局的大力支持下，广泛开展了巷道矿山压力与支护的现场试验工作，汇集了一批现场长期从事巷道支护施工与设计专家的丰富实践经验，进行了室内模拟实验和数学力学分析。在此基础上，开发了适合我国主要矿区地质和生产条件的“回采巷道支护形式与参数合理选择专家系统”。该系统在全国数十个煤矿推广应用后，取得了令人满意的技术和经济效果，受到了广大使用者的欢迎。本书就是在这项科研成果的基础上写成的。

本书由李效甫、姚建国等编著，参加各章编著的作者是：第一章：李效甫；第二章姚建国；第三章杨厚柱、李效甫；第四章姚建国、李效甫；第五章李效甫、林崇德、杨厚柱；第六章姚建国、林崇德；第七章李效甫、姚建国、杨厚柱、唐先锋。

煤炭科学研究总院教授级高级工程师张声涛同志参加了本书的编写工作并审校了全书。

由于作者水平所限，书中缺点错误在所难免，恳请读者批评指正。

作者

1992年5月

目 录

序言

前言

第一章 回采巷道支护技术概述 1

第一节 回采巷道支护在矿井支护中的地位和现状 1

第二节 巷道支护技术的新发展 5

第三节 改善我国回采巷道支护状况的技术途径 8

第二章 专家系统简介 10

第一节 专家系统的基本概念 10

第二节 专家系统的作用和意义 12

第三节 专家系统的基本结构 16

第四节 设计专家系统的一般步骤 33

第三章 回采巷道支护形式与参数合理选择的试验方法和数据整理 37

第一节 回采巷道支护效果的评价 37

第二节 现场试验数据观测与整理 44

第三节 回采巷道支护形式与参数合理选择的模拟试验研究 81

第四节 巷道围岩稳定性的有限元分析 94

第五节 回采巷道支护实践经验的总结 101

第四章 缓倾斜、倾斜煤层回采巷道围岩稳定性分类 105

第一节 围岩稳定性分类方法综述 105

第二节 指标体系的选择 108

第三节 影响回采巷道围岩稳定性因素的分析 109

第四节 分类指标的确定与取值方法 118

第五节	模糊聚类分析方法概述	120
第六节	权值的确定方法	136
第七节	我国缓倾斜、倾斜煤层回采巷道围岩稳定性分类的实施过程及分类结果	143
第八节	巷道类别的预测方法	157
第九节	缓倾斜、倾斜煤层回采巷道围岩稳定性分类程序	164

第五章 回采巷道支护形式与参数合理选择

	专家系统	170
第一节	回采巷道支护形式与参数合理选择的基本原则 ..	170
第二节	国外巷道支护形式与参数选择的依据	171
第三节	我国不同矿区回采巷道支护形式与参数合理选择的经验	182
第四节	回采巷道支护形式与参数合理选择的方法	195
第五节	经济比较	212

第六章 回采巷道支护形式与参数合理选择专家系统

	(“HZES”)的建造	216
第一节	知识库的建立和知识的表达方式	216
第二节	推理机的设计	246

第七章 “HZES”的主要功能及使用方法

第一节	“HZES”的结构、主要功能和适用范围	264
第二节	“HZES”的使用操作	267
第三节	利用“HZES”进行回采巷道支护设计决策的实例及使用效果	272
第四节	巷道断面及支架绘图软件(DRAW)简介	280
第五节	改进和发展	287

参考文献	290
------------	-----

第一章 回采巷道支护技术概述

第一节 回采巷道支护 在矿井支护中的地位和现状

在煤矿井巷中，回采巷道的长度占矿井巷道总长度的60%以上。矿井开拓巷道可布置在较稳定的岩层内，而回采巷道要受到因煤层开采形成的应力集中的影响，因而回采巷道支护的选择和维护就相当困难。

在我国随着矿井开采深度的增加，工作面回采机械化程度提高，要求回采巷道断面积加大，因而使矿压显现更加剧烈，回采巷道的支护问题在煤矿生产中越来越突出。在很多矿井中，由于巷道断面缩小，严重影响工作面运输、通风，常常形成“爬行巷道”，从而威胁井下的安全生产，使得工作面机械生产能力不能充分发挥。而且回采巷道的多次返修还是造成煤炭企业亏损、采掘接替紧张的主要原因之一。

依靠科技进步，改善我国煤矿巷道支护状况，进行以回采巷道支护为重点的巷道支护改革，提高我国煤矿生产的机械化水平，改善井下工人的劳动生产条件，将是煤矿生产和建设中相当长时期内的一项重要任务。

一、我国煤矿回采巷道支护的现状

据1988年统计，我国统配煤矿采准巷道的总长度约为7097km，巷道支护使用的支架类型有如下几种：

(1) 金属支架（包括矿用工字钢、U型钢、废钢轨等各种钢材加工的支架）；

(2) 锚杆及锚杆与其他形式组合的联合支护 (包括锚梁、锚网、锚喷等);

(3) 木支架;

(4) 钢筋混凝土支架;

(5) 少量的不支护巷道。

上述各类支架在全国统配煤矿采准巷道中占的比例见表 1-1。

表 1-1 全国统配煤矿采准巷道各类支架使用情况

支 架 类 型	本类支架支护巷道的 总长度(m)	本类支架使用的比例 (%)
拱形可缩性支架	688471	9.7
梯形可缩性支架	44638	0.63
梯形工字钢支架	2620824	36.93
单纯锚杆支架	87658	1.24
锚网、锚喷支护	1510651	21.29
封闭式支架	26621	0.38
木支架	1508267	21.25
不支护巷道	28201	0.4
其他支护形式	581232	8.18

表中数字与1984年全国统配煤矿统计资料相比,木支架的比例由50%下降到21%,U型钢拱形可缩性支架由4%提高到9.7%,矿用工字钢梯形支架由15%提高到36.9%,锚网、锚喷支护由15%提高到21%。这充分说明,近年来我国煤矿在降低坑木消耗,以钢代木,在条件适宜的矿区推广锚杆支护,提高支护技术水平,保证煤矿机械化水平提高和煤炭产量增长方面取得了成效。

在回采巷道中,梯形和矩形断面巷道占70%~80%,这些巷道的断面积一般小于10m²。我国目前不同断面积回采巷道的支护形式见表1-2。

表 1-2 我国不同断面面积回采巷道的支护形式

支护形式	支架材料	平均断面 积(m ²)	最大断面 积(m ²)	最小断面 积(m ²)
拱形可缩性支架	U型钢	7.5	14.4	4.36
梯形支架	工字钢	5.74	12.4	3.2
	工字钢梁、U型钢腿	7.7	11.4	4.0
	木材	4.9	8.1	3.1
封闭式支架	U型钢	6.65	12.0	4.0
锚杆支架	金属锚杆	6.01	14.4	3.5

注：表中巷道的断面面积为净断面面积。

采用不同支护类型回采巷道支架的使用效果，可用如下简单的定性标准进行评价：

(1) 良好。巷道在整个服务期间内维修量很少或基本不需要维修，回采过程中巷道断面面积能满足生产要求，支架折损、失效极少。

(2) 满足要求。巷道在整个服务年限内，维修量主要集中在受工作面回采影响引起应力集中范围内。巷道的断面面积显著缩小，但仍能满足生产的要求，不需要重新扩大巷道断面。支架折损、失效率小于20%。

(3) 差。巷道在整个服务年限内维修量大，巷道断面面积不能满足生产要求，需要重新扩大巷道断面。巷道支架折损、失效严重。

按照上述标准对我国统配煤矿目前使用各种支护形式支护的回采巷道状况进行统计，其结果见表1-3。

从调查结果可清楚的看出，拱形可缩性支架、梯形可缩性支架、锚杆支架和封闭式支架在我国部分矿区已得到较好的使用。刚性支架在使用中还占有相当大的比例，其使用效

表 1-3 我国不同类型巷道支架使用效果统计

支护形式	使 用 效 果		
	良好 (%)	满足要求 (%)	差 (%)
拱形可缩性支架	47.5	49.1	3.3
梯形可缩性支架	73.3	20	6.7
梯形刚性支架	33	55.7	11.3
木支架	5.8	61.6	32.6
封闭式支架	38.5	61.5	
锚杆支护	35.4	60.8	3.8

果较差。

二、回采巷道支护存在的问题

我国煤矿回采巷道支护存在的主要问题是：

(1) 相当一批巷道的支护形式与围岩的变形特性不相适应，巷道支护的参数选择不合理。这就造成巷道支架折损失效严重，维护困难，严重影响着煤矿的生产和安全。例如，徐州矿区东部1层和3层煤的某些回采巷道，围岩移近量达1500~2500mm，断面缩小率为70%~80%。在选用非封闭巷道支架时，需卧底3~5次，仍不能满足生产需要，在掘进过程中往往是前掘后修，造成生产被动。邯郸矿务局郭二庄矿在籍巷道47802m中，失修巷道的长度约10266m，失修率达21.4%。其中严重失修巷道的长度达4905m，占全矿巷道总长度的10.3%。在失修巷道中，绝大多数是采用梯形刚性支架支护的回采巷道。在井下掘进队中从事巷道维修的工人，占掘进队人数的50%。由于巷道维护困难，常常是掘进一段巷道后，就要停止掘进，进行维修后才能保持继续掘进所需要的断面。因此全矿煤巷掘进速度平均只有70m/月。

巷道维护困难，掘进速度慢还是造成矿井生产“采掘失调”，矿井不能保持均衡生产的主要原因。

(2) 巷道支护用的装备和机具不配套。与支护材料，新型支架形式相比，支架安装、加工、维修技术的发展还不配套。有些机具虽已生产，但质量不过关，影响巷道支护的质量和速度，如U型钢支架的加工、回收设备，锚杆钻机等。

(3) 与新材料、新工艺和新设备配套的技术措施，规程、规范等基础工作没有跟上，严重影响新技术、新工艺的推广使用和技术效果。

第二节 巷道支护技术的新发展

长期以来国内外的采矿专家和现场工程技术人员，为了改善矿井巷道支护的状况，保证安全生产，提高经济效益，在巷道支护方面进行了大量的科学研究工作，取得了一批科研成果，推动了巷道支护技术的进步和发展。近年来有关回采巷道支护技术的研究及取得的进展主要有如下几个方面：

一、影响回采巷道支护形式与参数选择的主要因素

根据大量现场矿压观测和实验室研究表明，影响回采巷道矿压显现规律与支护形式和参数选择的主要因素有：

(1) 地质因素：开采深度、煤体和围岩强度、岩体的工程地质特征、水的影响和原岩应力状态。

(2) 生产技术因素：采煤方法、护巷矿柱的宽度、巷旁人工充填墙体的质量和尺寸、巷道断面积的大小、掘进方法、采高等。

上述各因素在矿区的回采巷道中，对围岩稳定性所起的作用不同。应根据各矿区的具体情况，采用现场矿压观测和

实验的方法，找出该矿区影响巷道围岩稳定性的主要因素和矿压显现规律，提出合理的支护方案和施工工艺。

二、回采巷道支护形式与参数合理选择的依据和方法

目前回采巷道支护形式与参数合理选择的依据和方法主要有：

(1) 对巷道围岩的稳定性进行分类，根据巷道围岩稳定性的类别和各种支架的特性，选择合理的支架形式与参数。如1987年煤炭科学研究总院北京开采所与中国矿业大学采矿系共同完成的“缓倾斜、倾斜煤层回采巷道围岩稳定性分类”，就是利用模糊聚类的方法，对影响回采巷道围岩稳定性的主要因素进行聚类分析，得出表示巷道围岩稳定程度不同的5个类别。为巷道支护形式与参数的选择提供了科学依据。

(2) 集中采矿领域中专家群体的实践经验和国内外巷道支护技术科学研究的成果，与人工智能技术相结合，建造了回采巷道支护形式与参数合理选择专家系统。用该系统对巷道支护方案进行科学决策。

(3) 对巷道围岩变形的状况进行预计。根据对巷道围岩移近率预计值的大小，决策支护的形式和参数。如德国埃森采矿研究中心在大量现场矿压观测、力学计算和模拟研究的基础上，用数理统计的方法得出巷道围岩移近率的预计公式。利用该公式对巷道围岩的移近率进行预计，并以此实行巷道支护设计和施工。在苏联及其他国家也有类似的方法。

(4) 将巷道围岩的物理力学性质和生产技术影响因素综合成一个与围岩稳定性有关的指标。根据该指标的值决定巷道应选择的支护形式与参数。例如，波兰采矿研究院采用

围岩稳定性指数 S_g ，来设计巷道支护形式与参数。

三、支护材料研究的进展

我国金属支架的材料主要是U型钢和矿用工字钢，目前已形成系列，满足了煤矿生产的需要。矿用工字钢定型的产品有9号、11号、12号3种。U型钢定型的产品有18kg/m、25kg/m、29kg/m、36kg/m四种。1989年新轧制的高强度25kg/mU型钢，采用加入微量合金元素的方法，使U型钢的屈服强度较普通U型钢提高48%，接近国际先进水平。采用调质处理的方法提高U型钢强度，在我国部分矿务局使用中，已取得了较好的效果。

四、适用于不同地质条件 and 生产条件新型支架的发展

近年来随着矿用工字钢和U型钢的推广应用，生产现场、科研单位和设计单位，设计、研制了一批新型的金属支架形式。经现场和实验室试验，已取得成效的支架形式有，拱形、梯形、多铰曲腿形、圆形、马蹄形、斜梯形和方环形可缩性支架。采用工字钢制造的梯形可缩性支架，经井下试验也取得了较好的效果。常用巷道金属支架已形成标准系列，由原煤炭工业部颁布在全国煤矿实行。

五、在采准巷道推广应用锚杆支护

随着锚杆支护技术的发展，在受采动影响的采准巷道中，锚杆、锚杆金属网、锚杆板梁和锚杆桁架支护在部分矿区已试用成功并开始在条件适宜的矿区推广使用。这充分说明锚杆支护技术在煤矿的应用已达到一个新的水平。

“七五”期间在徐州矿务局权台矿顶板、煤层和底板松软的条件下，采用的锚杆加板梁和塑料网联合支护大断面巷道取得了成功，具体参数如图1-1所示。

在新汶矿务局华丰矿回采巷道中进行的可延伸锚杆金属

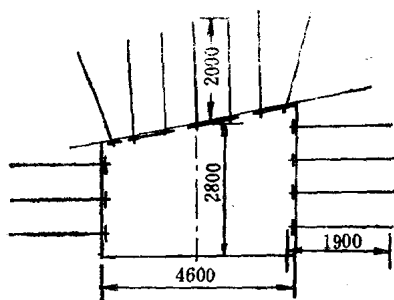


图 1-1 徐州矿务局权台矿 3131
巷道锚梁网联合支护断面图

网联合支护如图
1-2所示。

另外，在淮南
矿务局谢一矿进行
的回采巷道锚杆桁
架支护试验，也都
为在回采巷道推广
锚杆支护提供了新
经验。

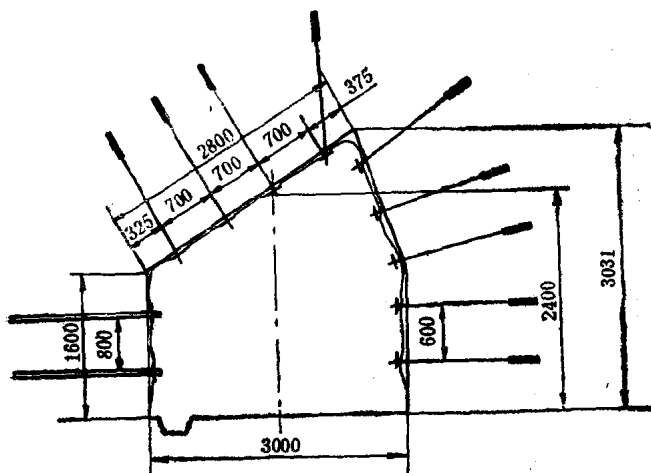


图 1-2 新汶矿务局华丰矿回采巷道延伸锚杆金属网
联合支护断面图

第三节 改善我国回采巷道支护状况 的技术途径

进一步改善我国煤矿回采巷道支护的状况，是缓解煤炭
生产中长期以来存在的采煤与掘进不协调矛盾，加快巷道掘

进速度，促进工作面采煤机械化发展的重要途径。

今后巷道支护工作的重点是：继续抓紧新型掘进机具，新型支护材料及配套设备的研制、生产和推广工作，进一步完善其性能，提高可靠性。这是改善我国巷道支护状况的物质基础，可以称为“硬件”。生产的实践证明，要解决巷道支护问题除解决上述“硬件”外，还应有相应的“软件”系统支持。

这套“软件”系统的主要内容具体包括：

- (1) 巷道支护设计，施工方案科学决策系统；
- (2) 巷道施工、设计及维修等规范、规程；
- (3) 与新工艺、新技术、新机具相配套的经济法规和管理条例；
- (4) 对巷道工程环境、矿山压力显现规律的深入研究；
- (5) 不同支架形式的工作特性及所适应地质条件和生产条件的研究。

巷道支护状况的改善应从巷道支护方案和施工方案的决策开始。充分认识井下巷道的工程环境和矿压显现规律，在巷道新开工之前就对巷道围岩稳定性状况和巷道在服务期间内矿压显现的规律进行预计。在选择巷道支护方案和施工方案时预先采取相应的措施，是改善巷道支护状况，保证安全，降低成本，变被动为主动的最有效的措施。回采巷道支护形式与参数合理选择的专家系统正是为达到上述目的而开发建造的。