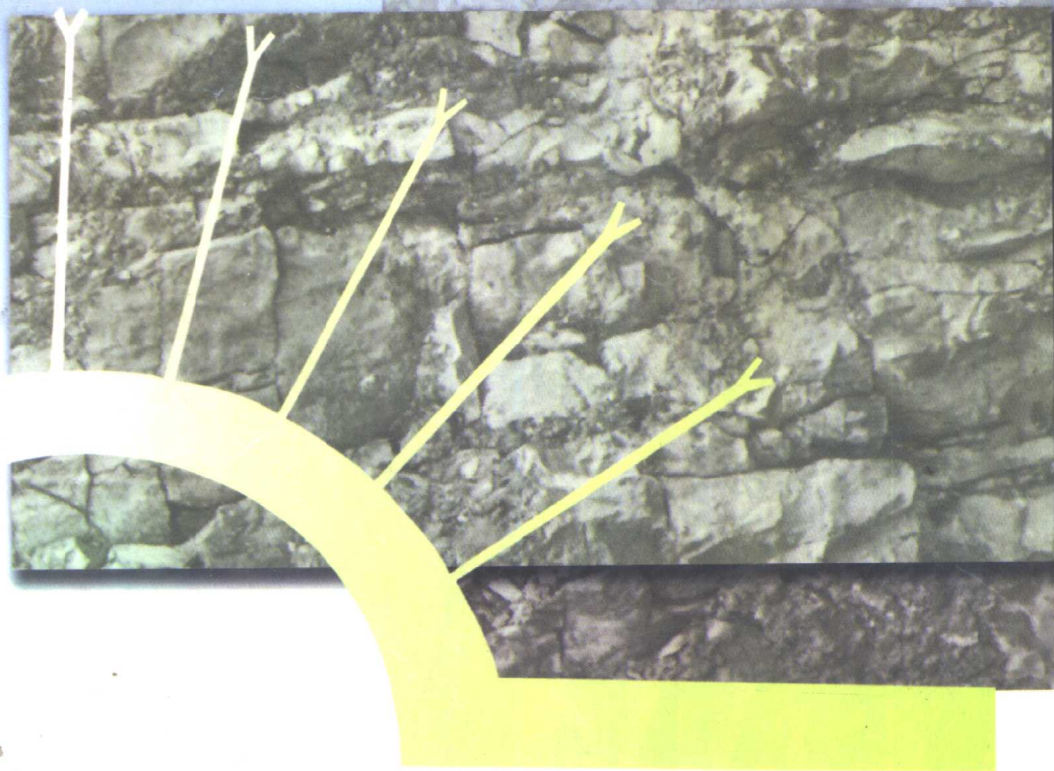


煤矿巷道锚杆支护技术



煤炭工业出版社

TD353
Y-392

煤矿巷道锚杆支护技术

袁和生 主编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书概括总结了我国煤矿40多年来岩巷光爆锚喷支护的经验,收集整理了近年来煤巷锚杆支护技术的基本理论与实践,介绍了锚杆支护技术的科研成果的新技术,列举了许多不同地质条件下岩巷、硐室、采准巷道、工作面、开切眼锚杆支护的实例,推荐了一批锚杆支护施工机具、仪表和材料,图文并茂,通俗适用,是近年来有关煤矿巷道锚杆支护技术较为全面、系统、实用的技术培训教材和专业参考书,对于提高煤矿职工锚杆支护技术的理论和设计、施工技术水平,促进锚杆支护技术的推广和应用将起到积极作用。

本书可供在煤矿生产建设中从事开拓掘进、井巷施工的各级管理机关、企事业单位的工程技术和管理人员、以及科研、设计人员和院校师生参考,也可作为锚杆支护技术培训的主要教材。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿巷道锚喷支护技术/袁和生主编. —北京:煤炭工业出版社,
1997

ISBN 7-5020-1503-5

I. 煤… II. 袁… III. 煤矿—巷道支护:锚喷支护—技术
IV. TD353

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第16351号

煤矿巷道锚杆支护技术

袁和生 主编

责任编辑:田克运

煤炭工业出版社 出版发行

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

开本 787×1092mm^{1/16} 印张 21

字数 494千字 印数 1—5,400

1997年9月第1版 1997年9月第1次印刷

书号 4272 定价 36.00元



编 委 会

主 任：乌荣康

副主任：成家钰

委 员：董方庭 侯朝炯 梁嘉琨 袁和生

王方荣 贾宏文 吕敬民

主 编：袁和生

编 写：袁和生 毛光宁 段振西 刘玉堂

葛仁国 戴长春 阎莫明

审 校：毛光宁 段振西 刘玉堂

ABF 01 / 05

序 言

我国煤矿锚杆支护技术从1956年研究、试验和应用以来，在煤炭工业战线广大工人、干部和技术人员共同努力下，有了很大发展。至1994年末，国有重点煤矿在籍巷道3100万m，锚杆支护（含锚杆和锚喷）的巷道达1100万m，占在籍巷道的35%。近几年来，一大批锚杆支护技术的科研成果及新技术、新产品、新工艺相继出现，使我国煤矿巷道锚杆支护技术，尤其是采准巷道锚杆支护展现出新的发展前景。

锚杆支护对巷道围岩提供主动支护，明显地改善了巷道支护状况，有利于降低巷道支护和维修费用，有利于降低材料消耗和减少支护材料运输量，有利于安全快速的掘进和回采。因此，锚杆支护技术一出现就受到广大科学工作者、工程技术人员和各级领导的重视，使之不断得到发展和提高，锚杆支护获得了广泛应用。但是也应当看到，锚杆支护技术的推广应用受到习惯势力的影响，发展不平衡，主要表现一是岩巷推广应用多，煤巷推广应用少；二是国有重点煤矿推广应用多，地方国有煤矿和乡镇煤矿推广应用少；三是地质条件相似的矿井，有的就推广早，应用多，而有的至今还未推广应用或应用甚少。这种不平衡在一定程度上影响了煤炭企业经济效益的提高，也影响了采掘关系和高产高效矿井建设。因此，煤炭部将巷道锚杆支护作为“九五”期间五项重大技术攻关项目之一，规划到2000年，国有重点煤矿巷道的锚杆支护率要达到50%，其中煤巷锚杆支护率达到30%，半煤岩巷锚杆支护率达到60%，岩巷的锚杆支护率达到80%，地方国有煤矿和乡镇煤矿也要大力推广锚杆支护技术，务使我国煤矿巷道支护技术实现彻底变革，赶上世界先进水平。

《煤矿巷道锚杆支护技术》一书总结了我国煤矿几十年来在岩巷光爆锚喷工作中取得的成功经验和具有世界水平的研究成果，收集和整理了近几年来广大科技工作者关于煤巷锚杆支护的基本理论和实践，介绍了许多不同地质条件的采准巷道、工作面切眼和大断面井巷工程应用锚杆支护的成功实例，推荐了一批比较适合中国国情的锚杆支护施工机具、材料和检测仪表。它的出版发行，为全国煤矿提供了一本较为系统、全面，适合我国条件的锚杆支护技术教材，必将有助于全面提高全国煤炭系统职工的锚杆支护技术知识水平，有助于造就一批锚杆支护工程技术人员，从而进一步推动全国煤矿巷道锚杆支护技术的推广和应用。

乌荣康

1997年7月

编 者 的 话

煤巷锚杆支护技术是煤矿目前最先进的巷道支护技术。它的全面推广和应用，将实现煤矿巷道支护史上的根本变革。我国与世界先进采煤国家相比，差距较大。为迅速普及锚杆支护知识，全面提高国内锚杆支护技术水平，促进锚杆支护技术的推广、应用和发展，编者受煤炭工业部生产协调司委托，收集了近几年国内外锚杆支护的最具代表性的科研成果和应用实例，整理编写了这本书。在编写过程中，吸取了过去几种教材的精华，广泛介绍了近年来的新技术、新工艺、新机具、新材料，力求比较全面地总结和介绍我国锚杆支护技术的全貌和最新发展动态。但由于锚杆支护技术发展迅速，新成果不断涌现；由于编写时间紧迫和编者水平所限；书中不当和遗漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

本书在历时一年多的编写过程中，得到许多单位和专家的关心和支持，提供了很多有价值的资料，在此，编者表示衷心的感谢。

编 者

1997年7月

目 录

| | |
|------------------|---|
| 绪论 巷道锚杆支护技术现状与展望 | 1 |
|------------------|---|

第1篇 岩巷锚杆支护

| | |
|-------------------|-----|
| 第1章 光面爆破 | 8 |
| 第1节 光爆原理 | 9 |
| 第2节 光爆参数的选择 | 13 |
| 第3节 光爆施工 | 21 |
| 第2章 巷道围岩分类 | 32 |
| 第1节 巷道围岩分类现状 | 32 |
| 第2节 锚杆支护巷道的围岩分类 | 32 |
| 第3节 巷道围岩分类新理论 | 37 |
| 第3章 锚杆支理论 | 44 |
| 第1节 锚杆支理论概述 | 45 |
| 第2节 锚杆支护设计专家系统 | 46 |
| 第4章 锚杆支护 | 49 |
| 第1节 锚杆支护现状 | 49 |
| 第2节 锚杆种类和技术特征 | 50 |
| 第3节 锚杆支护技术参数的确定 | 58 |
| 第4节 锚杆支护施工 | 61 |
| 第5章 预应力锚索支护 | 64 |
| 第1节 锚索类型 | 64 |
| 第2节 锚索结构 | 65 |
| 第3节 锚索材料 | 67 |
| 第4节 锚索支护设计原则 | 68 |
| 第5节 锚索支护施工工序与配套机具 | 68 |
| 第6节 锚索支护应用实例 | 70 |
| 第6章 喷射混凝土支护 | 80 |
| 第1节 喷射混凝土的原材料及其配比 | 81 |
| 第2节 喷射混凝土的主要工艺参数 | 84 |
| 第3节 喷射混凝土支护结构 | 86 |
| 第4节 钢纤维喷射混凝土 | 87 |
| 第5节 喷射混凝土支护施工工艺 | 91 |
| 第6节 降低粉尘和减少回弹技术 | 94 |
| 第7节 喷射混凝土支护实例 | 99 |
| 第7章 软岩巷道锚杆支护 | 103 |
| 第1节 静压巷道锚杆支护 | 103 |

| | | |
|------------|------------------------------|------------|
| 第2节 | 动压巷道锚杆支护 | 104 |
| 第3节 | 松软膨胀岩体的锚杆支护 | 111 |
| 第4节 | 破碎围岩中的锚杆支护 | 116 |
| 第5节 | 巷道锚杆支护施工中的防治水技术 | 118 |
| 第6节 | 软岩巷道锚杆支护实例 | 119 |
| 第8章 | “三小”光爆锚喷岩巷掘进作业线 | 123 |
| 第1节 | “三小”理论基础 | 124 |
| 第2节 | “三小”光爆锚喷岩巷掘进作业线实例 | 130 |
| 第9章 | 工程质量检验及评定方法 | 149 |
| 第1节 | 工程质量检验及评定方法的现状 | 149 |
| 第2节 | 工程质量检测和工程量测的应用 | 150 |
| 第3节 | 工程质量评定方法 | 151 |
| 第4节 | 工程质量检验评定标准 | 152 |

第2篇 煤巷锚杆支护

| | | |
|------------|---|------------|
| 第1章 | 锚杆支护的基本作用 | 155 |
| 第2章 | 煤巷围岩稳定性分类 | 157 |
| 第1节 | 分类的依据 | 157 |
| 第2节 | 分类方法与巷道类别的预测 | 161 |
| 第3节 | 分类的具体操作 | 164 |
| 附录 | 煤巷围岩稳定性分类源程序文本 | 167 |
| 第3章 | 煤巷锚杆支护设计 | 173 |
| 第1节 | 有关设计的几个问题 | 173 |
| 第2节 | 锚杆支护设计的基础资料 | 181 |
| 第3节 | 锚杆支护基本形式与主要参数选择 | 182 |
| 第4节 | 锚杆支护参数设计 | 183 |
| 第4章 | 煤巷锚杆支护的施工 | 200 |
| 第1节 | 锚杆的安装 | 200 |
| 第2节 | 对施工质量的要求 | 201 |
| 第5章 | 巷道日常安全监测 | 203 |
| 第1节 | 仪器设置数量与监测 | 203 |
| 第2节 | 顶板离层达到临界值的处理 | 203 |
| 第6章 | 煤巷锚杆支护应用实例 | 205 |
| 第1节 | 新汶矿务局协庄矿 1212 东综采工作面运输巷锚杆支护 | 205 |
| 第2节 | 峰峰矿务局薛村矿 92104 综采工作面开切眼锚杆支护 | 207 |
| 第3节 | 邯郸矿务局郭二庄矿 22514 运输顺槽锚杆桁架支护 | 209 |
| 第4节 | 龙口矿务局梁家矿 V 类巷道锚杆支护 | 214 |
| 第5节 | 铁法矿务局大隆矿锚杆支护在综采工作面切眼掘进与综采设备回撤中的应用 | 218 |
| 第7章 | 国外锚杆支护技术简介 | 222 |
| 第1节 | 锚杆支护理论 | 222 |
| 第2节 | 地应力 | 223 |
| 第3节 | 锚杆支护设计 | 225 |

| | | |
|-----|------|-----|
| 第4节 | 日常监测 | 227 |
| 第5节 | 支护材料 | 228 |
| 第6节 | 锚杆钻机 | 229 |

第3篇 锚喷机具、材料、检测仪表

| | | |
|---------------|----------------------|-----|
| 第1章 | 锚杆钻机 | 231 |
| 第1节 | 锚杆钻机分类 | 231 |
| 第2节 | 单体锚杆钻机 | 235 |
| 第2章 | 喷射混凝土设备 | 264 |
| 第1节 | 混凝土喷射机分类 | 265 |
| 第2节 | 国内外混凝土喷射机技术特征 | 268 |
| 第3节 | 常用混凝土喷射机 | 271 |
| 第4节 | 锚喷机械化作业线及配套设备 | 277 |
| 第3章 | 锚杆(喷射混凝土)检测仪表 | 288 |
| 第1节 | 锚杆拉力计 | 288 |
| 第2节 | 锚杆探测仪 | 298 |
| 第3节 | 喷射混凝土强度检测仪 | 304 |
| 第4节 | 收敛计、位移计、顶板离层指示仪 | 310 |
| 第5节 | 巷道规格尺寸量测仪 | 318 |
| 第4章 | 材料 | 320 |
| 第1节 | 锚杆材料 | 320 |
| 第2节 | 喷射混凝土材料 | 321 |
| 主要参考文献 | | 324 |

绪论 巷道锚杆支护技术现状与展望

1. 岩巷光爆锚喷技术的现状

我国煤矿采用光爆锚喷支护技术已有 40 年的历史。

从 1956 年开始研究应用光爆锚喷支护技术, 经过长时间的试验、摸索, 光爆锚喷支护技术渐趋完善, 已从木锚杆、钢丝绳锚杆发展到金属锚杆, 从喷砂浆发展到喷射混凝土, 从自由爆破发展到光面爆破。与此同时, 光爆锚喷的施工工艺取得了很大进步, 施工机具填补了国内空白, 逐渐形成机械化作业线。目前, 岩巷锚喷支护技术已基本完善, 除部分 V 类围岩巷道外, 岩巷的锚喷支护技术已经基本过关。

1975 年煤炭部将锚喷支护确定为井巷支护技术改革的发展方向, 并作为重大技术项目, 首先在全国煤矿岩巷掘进中推广应用。同时, 加大推广、科研力度, 多次组织光爆锚喷专业会议, 组织工艺和机具的科研攻关, 培训各级行政及技术领导干部, 组织传播队到现场表演教学, 有力地促进了光爆锚喷技术的推广应用。1978 年, 国务院以国发 42 号文件转发了国家计委关于重点新技术推广项目的报告, 将光爆锚喷列为国家级新技术推广重点项目之一, 并确定煤炭部为归口单位。接着, 国家建委、煤炭部在淮北煤炭建设指挥部召开了全国光爆锚喷技术经验交流会, 更加有效地促进了光爆锚喷技术的推广应用。

多年来大量实践证明, 光爆锚喷技术先进、安全可靠、经济合理, 有利于加快掘进速度, 降低工程造价。推广锚喷技术不仅是支护技术上的革命, 也是提高单进、单产, 多快好省地发展煤炭工业的一项极为重要和有效的技术措施。

光爆锚喷技术突破了一切旧的支护形式和支护理论, 不是消极被动地去支护已经松动、破坏的围岩, 而是积极主动地、最大限度地保持围岩的完整性、稳定性, 控制围岩变形、位移和裂隙发展, 充分发挥围岩自身的支承作用, 把围岩从荷载变为承载体, 变被动支护为主动支护。这是锚喷支护的最大特点, 也是比其他被动支护形式优越的主要原因。

光爆锚喷技术的突出优势, 主要为:

(1) 进度快, 效率高。光面爆破提高了爆破效率, 减少了开挖, 不仅可以少出矸石, “找掉”的工作量也大大减少。以锚喷支护取代金属支架、木支架、料石碛、混凝土碛支护, 不仅工作量明显减少, 而且可以广泛应用机械化作业, 减轻了繁重的手工劳动, 可加快掘进和支护进度。同时, 由于光爆锚喷简化了工序, 减少了辅助作业, 能充分利用工时, 发挥机械化施工优势, 因而, 效率普遍提高, 与砌碛相比工效可提高 2~3 倍。铜川基建公司等单位 11 次创造斜井快速掘进纪录, 湖南五处创造的立井月进 174.82m 的最高纪录, 以及近年来所有井巷快速掘进新纪录, 几乎都是采用光爆锚喷支护技术。目前, 徐州建井工程处保持的岩巷月进 260.7m 纪录, 铜川史家河一队保持的炮掘岩巷 642.2m 纪录, 枣庄山家林五一队保持的岩石下山 551.7 的纪录以及邢台东宠矿保持的岩石上山 151.8m 的纪录都是采用锚喷支护。马脊梁矿新高山大断面主斜井最高月成井 376.2m, 平均月成井 275.2m, 相当于国内平均水平的 6.9 倍, 直接工效率达 4.03m³/工, 工程质量全优, 主要靠的是光面爆破、锚喷支护和机械化配套等。锚喷支护省掉了砌碛支护必需的立模、拆模工序, 还可

以紧跟工作面作业，操作简便而省力，因而比采用其他支护更有利于加快施工速度。

(2) 强度高，质量好。光面爆破技术不仅能使巷道成形好，而且能将爆破对围岩的破坏降低到最小限度，充分保持围岩岩体固有的稳定性。此外，掘进出的巷道岩壁平整光滑，能有效地减少支护和充填材料。锚喷支护可以及时封闭围岩，防止围岩表面风化变形，并能使喷层、锚杆和围岩紧密地结合成一个整体，共同承载，围岩应力。因此，这类巷道稳定性明显提高，巷道维修量大幅度减少。鹤壁四矿二水平车场曾采用几种支护形式，一年中混凝土棚子折断 90% 以上，砌碛巷道大部分被压坏，而锚喷支护的巷道除个别地方喷层剥落后，基本完好。开滦马家沟矿八水平东翼运输大巷过断层破碎带，采用光爆锚喷技术施工，为进行对比试验，中间 19m 采用了料石碛支护。结果 19m 料石碛有半数被压坏，有的料石碛砌后 32 小时就变形开裂，而两端长 500m 的锚喷支护巷道并未发现有明显损坏现象。

(3) 既安全，又可靠。在应用实践中，光面爆破能有效地缩小围岩松动范围，最大限度地保持围岩岩体的完整性。锚喷能紧跟工作面，及时封闭围岩表面，充填裂缝，调整应力分布状况，限制围岩变形，防止围岩离层位移。尤其是在软岩巷道支护中，可伸长锚杆和柔性喷层相结合，与围岩变形位移相适应，能有效地支护，维持巷道的稳定性。淮南新庄孜矿采用几种可伸长锚杆和柔性喷层联合支护，几年来支护效果良好，因此，只要根据现场巷道围岩的实际情况，按规范设计，按规程施工，锚喷支护是十分可靠的，对于安全作业也是有保证的。尽管也发生过一些因锚喷支护质量差，工作面冒顶等事故，但实际上主要是设计不周和施工质量不好，没有按规定的要求安装锚杆、喷射混凝土，或没有真正实行光面爆破，而不是光爆锚喷技术本身理论上和实践上的问题。

(4) 省材料，成本低。煤矿历来是木材消耗大户。使用锚杆支护后，木材消耗明显下降。全国国有重点煤矿木材万吨消耗率从 1962 年的 260m³ 降低到 1987 年的 60.5m³，这是在掘进巷道中推广锚杆支护和锚喷支护的重要原因之一。一般情况下，采用锚杆支护基本上不用坑木。与砌碛相比，掘进断面减少 10%~20%，喷层厚度只有砌碛厚度的 50% 左右，巷道成本降低 30% 以上。据鹤壁、抚顺、通化矿务局统计，在 83925m 锚喷支护巷道中，共节约坑木 24920m³，节约资金 1208 万元，平均每米巷道比用木支架节省 140 元。用锚喷维修损坏的巷道，处理冒顶、片帮，既省钱、又省事，效果很好。铜川王石凹矿采用锚喷支护翻修巷道 1200m，比用支架节省了资金 60 万元。

正是由于光爆锚喷技术的独特优点，受到了现场的好评，促进了该项技术的推广应用，每年应用锚杆支护的巷长达 1000km 以上。1994 年，全国重点煤矿在籍巷道长度 31000km，其中锚杆支护巷道为 11000km，占在籍巷道总长度的 35% 左右。1996 年全国统配煤矿掘进巷道 5412km，锚喷进尺 1574km。其中，岩巷锚杆支护占 57.34%，半煤岩巷占 31.87%，煤巷占 15.68%。锚杆支护率在 50% 以上的有龙口、平顶山、乌达、永荣、大同、兖州、阳泉、枣庄、西山、鸡西和邢台等 11 个矿务局。有 50 个矿务局锚杆支护率在 20% 以上，其中，煤巷锚杆支护率较高的有龙口 (99.93%)、大同 (73.45%)、平顶山 (43.21%)、大雁 (47.4%)、西山 (63.57%)、苍村 (54.33%) 乌达 (59.55%)，邢台 (54.19%)、来宾 (36.91%)，新汶 (25.90%)、徐州 (21.75%)、兖州 (27.77%)、鸡西 (20.08%)、阳泉 (30.36%)、枣庄 (53.54%) 等 14 个矿务局。

随着光爆锚喷技术的推广应用和发展，光爆锚喷施工工艺日趋完善。光爆技术从浅孔

光爆发展到中深孔光爆,从巷道光爆发展到立井、斜井深孔光爆,眼痕率一般可达到50%左右。光爆器材,包括毫秒雷管、各种高威力炸药、光爆专用小药卷炸药、防水炸药等相继投产。锚喷技术在施工工艺和机具方面也有很大发展。各种结构和材质的锚杆,各种锚杆打眼安装机,各种干喷、潮喷、湿喷的混凝土喷射机,新型喷嘴,各种上料搅拌机等,先后研制成功。水泥、树脂锚固剂以及其他降尘、降弹的机具也陆续研究成功,初步实现了锚杆喷射混凝土支护机械化配套,为今后全面推广应用光爆锚喷新技术创造了条件。

2. 煤巷锚杆支护技术现状

在岩巷推广光爆锚喷的同时,我国大专院校、科研院所、矿务局的支护专家和领导对煤巷和半煤巷锚杆支护技术进行了研究和探索。进入80年代,随着科研力量的加强和科研资金投入的增加,煤巷、半煤巷锚杆支护技术得到发展,大批受采动影响的巷道,如采区上、下山,回采工作面上、下顺槽,瓦斯尾巷,工作面切眼和工作面支架回撤时采面顶板支护都采用了锚杆支护。支护方式也从单一的锚杆群支护发展到能适应不同地质条件的组合锚杆支护,如锚网、锚梁、锚梁网、锚网喷、桁架锚杆等。支护范围也从Ⅰ、Ⅱ类巷道扩展到Ⅲ、Ⅳ类和部分Ⅴ类巷道。可以预料,“九五”期间,煤巷、半煤巷的锚杆支护将会得到更大的发展,它与岩巷光爆锚喷支护技术相比,在更大程度上改变了巷道的支护方式,实现了支护史上的根本变革。

以煤巷和半煤巷为主的采准巷道,其断面一般为矩形,梯形或近似梯形的四边形,不能形成近似自然冒落拱的支撑体系。它一般均要承受工作面采动影响,巷道位置一般不能选择,巷道围岩强度低,顶板岩石一般呈层状特征,历史上一直使用棚式支护,用各种棚子来支承各种围岩压力。由于种种原因,棚式支护不可能紧贴围岩,或不能全部紧贴围岩,往往形成所谓“等来劲”。只有当围岩破碎、离层后才能发挥棚子的支撑作用,也即所谓的被动支护。锚杆支护是完全不同的一种崭新的支护方式。它利用锚固剂、锚杆、托板及各种构件,或喷层,给围岩一定的支护强度,与围岩共同组成支护体系,承受各种围岩应力和采动应力达到支护目的,即所谓的主动支护。它与传统的棚式支护相比具有十分明显的优势:

(1) 从根本上改善采准巷道的支护状况,保证了安全生产。锚杆支护能及时加固围岩,从而减少围岩变形,防止顶板早期离层和片帮,顶板下沉量和两帮位移量明显小于架棚巷道,减少了巷道维修量。平顶山矿务局近五年完成锚杆支护进尺350km,未发生一起冒顶事故。新汶矿务局使用锚杆支护以来,巷道失修率逐年下降,从1975年的10%和1985年的7.1%,下降到1994年的3.14%。西山矿务局自从使用树脂锚固剂后,“八五”期间杜绝了掘进顶板事故。兖州南屯煤矿使用锚杆支护后,断面利用率提高了10%~17%。邢台东庞煤矿使用锚杆支护后,顶底板及两帮移近量分别减少22%和39.6%。龙口矿务局梁家煤矿使用外锚内注式锚杆后,巷道围岩得到加强,用其支护的回采巷道,无需维修即可保证工作面安全回采。

(2) 简化了综采工作面上、下顺槽的超前支护,加快了回采速度,提高了工作面单产,有利于高产高效矿井建设。综采工作面上、下顺槽采用棚式支护时,必须提前进行替棚。因工作面采动影响,撤棚、替棚工作十分复杂,用工多、速度慢,严重影响综采工作面推进速度。锚杆支护可以有效减少回采超前压力对巷道的破坏,省掉替棚工序,超前支护也大大简化,从而提高综采工作面推进速度。邢台东庞煤矿采用锚杆支护后,单产从8.5万t提

高到 14.8 万 t, 增长 74%; 西山矿务局从 1990 年的 2.67 万 t 提高到 1995 年的 5.35 万 t, 提高了 100%。现在, 凡是建设高产高效的矿井, 无不将上、下顺槽、切眼的锚杆支护作为一项极为重要的工作来抓。

(3) 减轻了工人劳动强度, 减少了支护材料的运输。采用锚杆支护后, 不需要运输大量的支护型钢和其它辅助材料, 改善了上、下顺槽工作环境, 从根本上减轻了工人的劳动强度, 解放了生产力, 加快了循环进度。平顶山矿务局单进从 200m 提高到 300m~400m, 减少掘进工 5000 余人; 新汶矿务局从 116.3m 提高到 138m; 西山矿务局从 160.71m 提高到 186.54m, 煤巷掘进从 218.98m 提高到 239.3m, 工效也随之提高。随着锚杆机具的提高与掘进机配套性能的完善, 配套材料, 如钻头、钎杆性能的提高, 以及一大批锚杆支护材料的应用, 掘进单进还可进一步提高。

(4) 大幅度节约支护材料, 降低支护成本, 有利于节约自然资源, 改善生态环境。平顶山矿务局 1991~1994 年共节约型钢 6 万 t, 价值 2.4 亿元; 西山矿务局节省坑木 4.7 万 m³, 金属支架少投入 3.5 万架, 五年节省 4535 万元; 潞安矿务局每年节省支护材料费 516 万元; 淮南潘三矿每年节省 3790 余万元, 支护成本下降 34.3%; 新汶矿务局坑木消耗降低 46%; 甘肃华亭煤矿锚杆支护巷道 12347m, 共节省坑木 6230m³; 龙口梁家煤矿支护直接费用节省 30%。全国每年 1500km 左右的锚杆支护巷道, 所节省的坑木数量是非常巨大。

煤巷、半煤巷锚杆支护的优势, 使之成为越来越重要的支护方法。我国科技工作者和企业领导者投入了更大的力量研究、探索和推广煤、半煤巷道为主的采准巷道锚杆支护, 使我国采准巷道锚杆支护呈现蓬勃发展的势头。

目前, 科研工作者已形成了各自的支理论论和设计方法, 可以接受各类围岩的煤巷锚杆支护设计和软岩支护设计, 从而实现了三大转变: 从探索转变为推广; 从科研立项获得资金转变为与煤矿合作, 帮助煤矿从改革支护方式、扭亏增盈中获得经济效益; 从单纯的学术研究转变为为社会服务, 为企业服务。

3. 当前锚喷支护存在的主要问题

经过几十年努力, 我国巷道锚杆支护技术有了可喜进展, 岩巷光爆锚喷技术已经过关, 煤巷、半煤巷锚杆支护技术也有了长足进步, 但与国外先进水平和我国生产实际需要相比, 还有较大差距。主要表现在:

(1) 发展不平衡。

①岩巷发展快, 煤巷、半煤巷发展慢。我国研究锚杆支护技术是从岩巷开始的, 因而在推广应用中岩石巷道锚杆支护的研究推广早, 技术也比较成熟, 锚杆支护率高。煤巷、半煤巷的研究滞后, 锚杆支护率也较低进尺较少。以 1996 年为例, 全国重点煤矿锚杆支护巷道进尺 1574km, 其中岩巷 648.5km, 半煤巷 500.5km, 煤巷 425km; 锚杆支护率为 29.09%, 其中岩巷为 57.34%, 半煤巷为 31.87%, 煤巷为 15.68%。显然, 煤巷和半煤巷是推广锚杆支护的重点, 而煤巷是重中之重。②矿务局(矿)之间发展不平衡。从 1996 年施工情况分析, 全国 102 个井工矿务局, 锚杆支护比例达到 30% 的仅有 21 个矿务局(矿), 甚至还有个别矿务局没有开展煤巷、半煤巷锚杆支护工作。③国有重点煤矿、地方煤矿和乡镇煤矿发展不平衡。所有的乡镇煤矿的锚杆支护率几乎为零, 国有地方煤矿的锚杆支护率也大大低于国有重点煤矿。

(2) 科学研究与生产结合不紧密。

我国众多的锚杆支护科学研究人员，在几十年的探索和研究中，大量的实验室工作，在此基础上，才在生产现场进行了试验，并大多获得成功或进展，形成了各自的锚杆支护理论、体系和设计方法。这些方法目前仍存在两个问题：其一是没有组织有关科研人员仔细研究和探讨；二是没有普遍向生产现场的广大技术人员交底，形成了封闭式理论，各学派难以取长补短，形成共同的、为所有科研人员所接受的理论，也就难以形成为大家接受的、统一的煤巷锚杆支护技术规范。

(3) 对锚喷支护的宣传不够、普及教育差、施工人员素质不高。

巷道锚杆支护技术是支护技术史上的一项根本变革，要在全中国推广；必须从根本上打破原有的旧习惯、旧势力，必须加大宣传教育力度。然而我国地域宽辽阔，矿井数量众多，交通不便，资金不足，要做到这一点有一定困难。因此，要下大力气，进行宣传，普及锚杆支护技术教育。

(4) 锚杆支护机具、材料和仪器仪表还不配套。

我国的岩巷锚杆支护及喷浆喷射混凝土机具基本过关。煤巷锚杆支护用的旋转式锚杆钻机、钻头、钻杆品种和型号虽比较多，但与国外先进水平相比，在可靠性上还有较大差距，尤其是钻孔速度慢，寿命短，既影响单进进一步提高，又增加了吨煤掘进成本，给推广工作带来一定难度。在支护材料上还没有一套完整的规范，锚杆杆体、锚固剂、托盘、螺母等构件尚未合理匹配，往往因陋就简，容易造成事故。我国的护表构件材料实际上已具备世界一流水平，具有大批量生产钢筋网背板、钢板菱形网及 W 型钢带的能力，但销售渠道不畅，未能运用已有科研成果为煤矿锚杆支护服务。

4. 2000 年锚杆支护率目标与有利条件

巷道锚杆支护是煤炭工业部“九五”期间五项重大技术攻关项目之一。部规划至 2000 年国有重点煤矿的锚杆支护率要达到 50%，锚杆支护巷道进尺每年要达到 300 万 m。其中煤巷锚杆支护率达到 30%，半煤岩巷锚杆支护率达到 60%，岩巷的锚杆（喷射混凝土）支护率要达到 80%。地方国有煤矿和乡镇煤矿也要大力推广锚杆支护。实现这一规划。困难和希望并存，只要全行业努力工作，是能够实现这一目标的。实现这一目标的有利条件主要有：

(1) 各省（市、自治区）、煤管局（厅）、各矿务局（矿）的领导逐渐认识了巷道锚杆支护，尤其是煤巷锚杆支护的重要性、迫切性、经济性，积极性空前高涨。全国煤矿企业、包括边远地区煤矿已行动起来，积极落实煤炭部下达的巷道锚杆支护规划指标，落实推广应用锚杆支护的组织机构，明确各级负责人，许多单位的主要领导亲自挂帅，积极组织煤巷锚杆支护试验和推广，使一批率先进行试验的单位更上一层楼，达到了一个新水平，如平顶山、邢台、阳泉、西山、新汶、枣庄、龙口、兖州等矿务局。涌现出一大批推广锚杆支护技术的新典型，如汾西、徐州、芙蓉、铜川、铁法等矿务局，使煤巷锚杆支护技术工作得到落实。

(2) 我国是世界上拥有锚杆支护专家最多的国家，也是进行锚杆支护最早的国家之一。经过多年探索和研究，各大专院校、科研院所的专家形成了各自比较成熟的支护理论和设计方法，可以进行各类围岩的煤巷锚杆支护设计和软岩支护设计，并开始实施三个转变。各矿务局（矿）也积极引进科学技术，服务于生产，积极与科研院所的支护专家共同完成煤巷锚杆支护研究和推广工作。这种科研与生产相结合，必将使锚杆支护技术获得迅速推广。

(3) 我国锚杆支护机具、检测仪器、仪表、锚杆支护构件及材料, 经过近 2 年的标准化、规范化管理, 已经提高到了一个水平。锚杆钻机、钻头、钻杆、小直径树脂锚固剂、高强度托板、高强度锚杆、螺母、钢筋网、菱形网、W 型钢带、气动扳手、顶板离层指示仪、锚杆无损检测仪等, 有的已全部过关, 达到国际先进水平, 有的已能初步满足煤矿需要, 可以替代进口产品。

5. 应做好的几项工作

锚杆支护是我国煤矿井下支护改革的重要内容。1982 年煤炭部在技术政策中提出了多做煤巷、少掘岩巷、加大巷道断面、提高巷道利用率、降低掘进率的要求。最近, 煤炭部又把煤巷锚杆支护列为“九五”期间 5 项重大攻关技术之一。这对于平衡采掘关系, 加快高产高效矿井建设, 提高煤矿经济效益和安全作业将产生深远影响。为实现煤炭部提出在 2000 年, 煤矿锚喷支护巷道进尺应达到巷道总进尺的 50%, 其中采煤巷道锚杆支护率达 60% 以上, 煤巷支护率达 30%, 争取在几年内攻克煤巷锚杆支护难关的要求, 在研究、推广锚喷、锚杆支护方面应做好下列几项工作:

(1) 各级领导重视, 为锚喷支护稳步发展提供保证。在推广应用过程中, 曾出现巷道成形差, 锚杆拉力不足, 喷层厚度不均等支护质量和粉尘多、回弹率高等技术问题。但在各级领导, 特别是局、矿两级领导, 从组织、管理、技术方面加强领导, 采取得力措施, 从人力、物力、财力上予以支持, 使这些问题得到初步解决, 有力地促进了新技术的推广。西山、淮北、平顶山、徐州、新汶矿务局的局、矿两级都配有专职人员对锚喷工作进行组织和管理。河北、河南、山东等省厅多次组织现场会、技术交流会促进推广新技术应用。实践证明, 继续全面推广光爆锚喷技术, 特别是煤巷、半煤岩巷锚杆支护, 关键是各级领导要大力支持、精心组织和加强管理。

(2) 加快锚喷理论、设计方法的研究。在现有基础上, 深入开展锚喷机理和设计方法的研究, 逐步形成一套适合我国具体情况并被大家所公认的锚喷支理论论和科学设计方法。煤炭部已拟定与英国锚杆支护研究中心合作, 在我国进行锚杆支护演示。通过演示、消化、吸收国外先进的锚杆支理论论和设计、施工、监测技术, 尽早研究出我国独特的煤巷支理论论和设计方法, 用来指导锚喷支护的推广应用工作, 争取尽早出台《锚杆支护技术规范》。

(3) 大力推广成熟的新技术、新工艺、新设备。在光爆锚喷推广应用中, 对于实践证明成熟的、行之有效的新技术、新工艺、新设备应首先大力推广, 如大断面岩巷深孔光面爆破技术, 综采和高档普采工作面切眼采用锚梁网支护, 钢筋网背板和 W 钢带联合支护, 软岩 U 型钢架浇注混凝土和卸压爆破支护技术等新技术; “三小” 工艺及机具, 上、下顺槽采用非金属锚杆加固煤壁工艺, 螺纹钢锚杆及杆体滚丝工艺等新工艺; 顶板锚杆使用的树脂锚固剂, 弹性料杯、铬钼铁合金衬板转子型喷射机, RZZ 型软岩钻杆等新材料、新设备等, 这样做可以取得事半功倍、立竿见影的效果。在这一基础上再逐步组织实现工艺、装备配套, 施工机械化作业线, 进一步达到高产高效。

(4) 依靠科技进步, 加快科研、推广步伐。在锚喷机具技术攻关上, 要采用引进与国产化、引进与改进相结合, 重点解决锚喷机具、仪表的研制问题。攻关研制内容包括: 分体式电动、气动、液压锚杆钻机的性能, 硬质合金钻头的型式设计、现有转子型喷浆机改进, 干、潮、湿式多用途喷浆机和活塞式湿喷机研制, 锚固剂可靠性研究, 冷轧螺纹钢锚

杆、专用锚杆和锚索，以及声波伸长仪、测力锚杆、双高度显示仪等。

在锚杆支护技术攻关上要软岩条件下，深井高地压、沿空留巷、高产高效工作面等四个方面的锚杆、锚喷支护进行攻关，扩大锚杆、锚喷支护的应用范围，为安全、高产、高效提供有利条件。

(5) 积极培养人才，提高光爆锚喷队伍的素质。科学技术不断地进步，我们的技术、知识也要不断地更新、充实。光爆锚喷技术涉及生产回采、采准巷道开拓掘进、井巷施工，以及有关机具、仪表。新技术大面积推广要求有一支高素质、高水平的技术队伍。因此应该培养、造就一支专业队伍。具体做法可以是：在实践中提高才干，增长智能，积累经验，不断创新；组织培训，学习专业技术，扩大知识面，掌握基础技术，为技术业务提高打下基础；派出去、请进来，组团出国考察、培训、观摩，请国外、国内专家现场指导、讲课、演示，从而扩大眼界，提高技术水平。

我们相信，经过多方面的工作，煤炭部规定的锚喷支护 2000 年的目标一定能实现。

第1篇 岩巷锚杆支护

第1章 光面爆破

目前我国井巷施工中普遍采用的是钻爆法。钻爆法分为两种：一种是原有的普通爆破，另一种是50年代发展起来的控制爆破新技术——光面爆破技术，简称光爆。

光爆是合理选择爆破参数的控制爆破技术。它是通过合理选择爆破参数，使爆破后的巷道成形规整，减少了超挖和欠挖，最大限度地保持了围岩的自身强度，从而增强了围岩的自承能力，有利于安全施工和永久支护的安全使用，为井巷工程推广锚杆喷射混凝土支护技术创造了有利条件。

光爆是随着推广应用锚喷支护相应地发展起来的，是搞好锚喷支护的前提和基础。它与锚喷紧密有机的结合，构成了光爆锚喷支护。

煤炭工业部在《光爆锚喷试行规程》中对光爆规定了以下三项指标：

①眼痕率不小于50%。眼痕率是指光爆后，可见眼痕的炮眼个数与不包括底板的周边眼总数之比。当炮眼眼痕长度大于炮眼长度的70%时，即算一个可见炮眼的眼痕。眼痕率是检验光爆质量的主要指标之一。

②超挖尺寸不大于150mm，欠挖尺寸不超过质量标准的要求。超、欠挖尺寸是爆破后巷道断面尺寸与设计断面尺寸相比而论，应挂中、腰线，按《煤矿井巷工程质量检验评定标准》附录A表A·2的规定选检查点，实测掘进分项工程的巷道规格尺寸。

③岩面上不留有明显的炮震裂隙。这是指光爆后，用肉眼观察表面围岩无明显的炮震裂隙。

从爆破方法来分，光爆可分为三类：

①轮廓线钻眼法（见图1-1-1）。这种方法是沿巷道轮廓线钻一排紧密相邻的眼，不装炸药，利用这排密集眼形成一个易于破裂的薄弱面。然后在轮廓线以里打眼、装药、放炮，开挖巷道。这是最原始的光爆方法。该法可获得较好的光爆效果，

但钻眼量大，费用高，目前井巷施工中很少采用。

②预裂爆破法。这种方法也是在轮廓线上打相互平行的密眼，首先起爆。当炮眼间距和装药量合适时，爆破后各炮眼间形成贯穿裂隙，将周边岩石沿轮廓线裂隙切割开。然后再起爆其它炮眼，把巷道开挖出来。该法打眼较多，难度大，除超深孔光爆采用外，目前很小采用。

③修边爆破法。这种方法与预裂爆破法的爆破顺序恰好相反，与普通爆破相同。首先掏槽，再由里向外一圈一圈地爆破。最后，通过合理选择周边眼爆破参数，轻轻地将周边岩石沿轮廓线切割下来，达到保护围岩和光面爆破的目的。该法打眼较少，光爆效果好。目

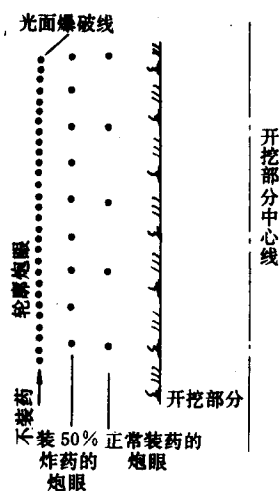


图1-1-1 轮廓线钻眼法