

井巷喷射混凝土施工

冯锡壁 黄振宇编

353

煤炭工业出版社

井巷喷射混凝土施工

冯锡壁 黄振宇 编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书以煤矿矿山为重点，总结了各地在井巷工程中推广使用喷射混凝土支护的施工经验。全书共分支护作用原理和结构类型、材料和配合比、施工布置、施工机具与设备、喷射作业、保证质量和降低回弹的措施、防尘、故障预防和处理、几种特殊情况下的喷射方法、劳动组织等十二部分。可供施工现场推广喷射混凝土支护时参考，也可供初中以上文化程度矿建工人自学。

井巷喷射混凝土施工

冯锡壁 黄振宇 编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

燃料化学工业出版社印刷二厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $3\frac{3}{4}$

字数 80 千字 印数 1—18,300

1976 年 3 月第 1 版 1976 年 3 月第 1 次印刷

书号 15035·2019 定价 0.28 元

毛主席语录

人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

前 言

在毛主席革命路线指引下,近几年来井巷锚杆喷浆、喷射混凝土支护(以下简称锚喷支护)有了迅速的发展。锚喷支护是井巷支护的一项重大改革,是开发矿业,大打矿山之仗,加快井巷掘进速度,保证施工安全,减轻工人劳动强度,实现多快好省建设矿井的一项有效的技术措施。

在推广锚喷支护过程中,很多局、矿、工程处已经积累了不少成功的经验,取得了很大的成绩。抚顺龙凤矿过去采用料石或钢筋混凝土碯支护时,大量巷道被压垮,现在各类巷道、大断面硐室基本上都采用了锚喷支护,效果很好。湖南涟邵矿区四个工程处,采用锚喷支护建成了三个立井井筒、大量的斜井井筒、硐室和巷道;青山立井井筒还用锚喷支护顺利地通过了20多米破碎带;桥头河二号井立井井筒组织快速施工,用喷射混凝土支护,于一九七二年七月,创月成井174.82米全国纪录。铜川基建公司三个工程处,在软岩石斜井井筒和大断面巷道中,采用喷射混凝土做永久支护和临时支护,效果好,速度快。辽宁基建局在红阳二号井采用喷射混凝土支护紧跟迎头,取消临时支护,节省了大量木材和钢材。鸡西、鹤岗、鹤壁、新汶等矿务局在采区动压巷道中,大量使用锚杆喷浆支护,也取得了显著成果,节省了坑木,减少了巷道维修工作量。目前,从井筒、马头门、交岔点、主要机电硐室、大巷到各类采区巷道;从稳定、致密、坚硬的岩层到构造较复杂、松软破碎的岩层,锚喷支护都取得了良

好的效果。凡推行锚喷支护的地方，都受到工人的热烈欢迎。

今后应该大力推行锚喷支护跟迎头，提高喷射机械化水平和喷射质量，取消临时支架，积极试验底鼓巷道、流砂和含水地层的锚喷支护，研究降低回弹及粉尘有效措施以及锚喷支护理论。

锚喷支护是井巷施工中新鲜事物，我们一定要以党的基本路线为纲，坚持革新，反对守旧，坚持前进，反对倒退。要放手发动群众，大胆革新，在锚喷支护方面创造更多更好的经验。

为了有助于这项新技术的推广，现将我们搜集到的一些喷射混凝土支护资料，整理编成这本小册子，供施工中参考。由于我们思想和业务水平所限，难免有错误之处，恳请同志们批评指正。

编 者

一九七三年十一月

目 录

前言

一、喷射混凝土支护的作用特点·····	1
二、结构类型和支护厚度的确定·····	13
三、施工机具与设备·····	18
四、材料要求与配合比·····	36
五、施工布置·····	40
六、喷射作业·····	57
七、保证喷射混凝土施工质量的措施和减少回弹率的 方法·····	64
八、防尘·····	71
九、故障的预防、处理和安全注意事项·····	77
十、关于远距离输料中的若干问题·····	87
十一、几种特殊情况下的喷射方法·····	92
十二、劳动组织·····	99
附录：一、红星一型喷射混凝土速凝剂·····	101
二、711型水泥速凝剂·····	110

一、喷射混凝土支护的作用特点

喷射混凝土是将一定配合比的水泥、砂、石的拌合料，通过混凝土喷射机，用压缩空气作动力，将拌合料输送到喷枪出口处，以一定的速度层层射捣于岩面上迅速凝结而成。根据拌合料的不同，喷射混凝土可分为干式和湿式两种。

干式喷射混凝土：通过喷射机的拌合料是干拌合料，在喷枪处与水混合后捣射到岩面上。它的特点是生产率高，能有效地利用固体速凝剂，但是作业时产生的粉尘大，如不采取防尘措施，对工人身体健康有一定影响。

湿式喷射混凝土：是将拌合料与水充分搅拌后装入喷射机，因此在作业过程中几乎没有粉尘，但需要使用液体速凝剂，生产率不如干式喷射混凝土高。

我国目前使用的都是干式喷射混凝土，因此本书所介绍的也是干式喷射混凝土施工。

由于喷射混凝土施工工艺的特点，因此与其他支护形式相比，在支护作用上具有以下特点：

1. 支撑作用

喷射混凝土具有一定要求的物理机械性能，其中抗压强度就是主要性能之一，一般其抗压强度可达到170公斤/厘米²以上(表1)，因此它能起着支撑地压的作用。而且经过层层射捣而形成的混凝土，组织致密，抗压和抗剪强度比同样条件下浇灌的混凝土要高。又因喷射施工时，掺入一定数量的速凝剂，使混凝土凝结快、早期强度高，能紧跟掘进工作面起到

表 1 强度试验表

试件 编号	配合比	龄 期	抗压强度 (公斤/厘米 ²)	抗拉强度 (公斤/厘米 ²)	取样 方法	备 注	资料 来源
102	1:2:2	37	167			速凝剂红星 一型, 掺量 3~4% 喷模容重: 2300 公斤/ 米 ³ 切割容重: 2150 公斤/ 米 ³	湖南 第五 工程 处
103	1:2:2	37	167				
201	1:2:2	45	170				
202	1:2:2	45	170				
9.10	1:1.5:2	60	170				
9.15	1:1.5:2.5	60	191				
	1:2:2	33		20.96			
	1:2:2	45		12.1			
	1:1.5:2	60		26.1			
	1:1.5:2.5	60		14.9			
M 1	1:2:2	28	217		喷模	速凝剂: 铜 川建材厂73 型速凝剂, 掺量3~5% 喷模容重: 2273.3公斤 /米 ³ 切割容重: 2176.7公斤 /米 ³	陕西 铜川 第四 工程 处
M 2	1:2:2	28	218		喷模		
M 3	1:2:2	28	198		喷模		
M 4	1:2:2	28		11.6	喷模		
M 5	1:2:2	28		12.7	喷模		
M 6	1:2:2	28		17.5	喷模		
B 1	1:2:2	33	221		切割		
B 2	1:2:2	33	210		切割		
B 3	1:2:2	33	200		切割		
B 4	1:2:2	33		9.87	切割		
B 5	1:2:2	33		8.6	切割		
B 6	1:2:2	33		13.1	切割		

及时支撑围岩的作用，使巷道围岩因掘进爆破而引起的应力松弛带，不致有过大的发展。因此它能迅速有效地承受矿山压力，起着积极的支撑作用。

2. 充填作用

由于干拌合料通过压缩空气的输送，在喷枪出口处具有

很高的速度，能很好地充填围岩的裂隙、节理，能填补凹穴的岩面。而充填到岩缝或裂隙中的混凝土，不仅具有很高的粘结力，而且增加了岩层裂隙间的摩擦力，起到“楔子”的作用，这样使原来分离的岩体能紧密地联结起来组成为一个整体，有效地阻止了岩体之间的相对运动，增强了围岩自身的支撑能力。这种特殊的充填作用，除锚杆喷浆支护外，是其他支护形式所不能起到的。

充填裂隙的深度与裂隙的宽度、喷射混凝土骨料的最大粒度、水灰比、拌合料到达喷射面的速度等因素有关。陕西铜川陈家山二采区主斜井喷射后开帮观察，在井筒285米处混凝土充填裂隙深度达到65~100毫米。见图1。

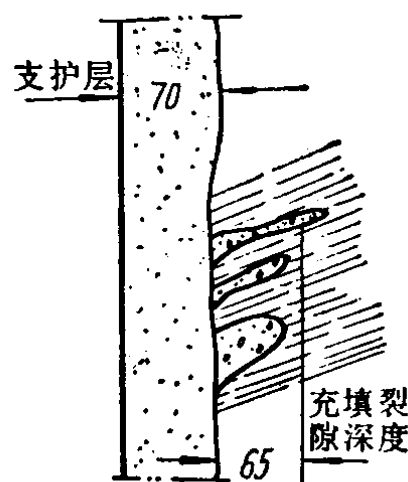


图1 混凝土充填围岩裂隙的情况

3. 隔绝作用

喷射混凝土直接紧密地粘结在岩面上，因此能完全隔绝空气、水与围岩的接触，可以避免因风化潮解而引起的围岩片帮和冒顶；同时由于围岩的裂隙中充填的混凝土，使裂隙深处原有的充填物不致因风化作用而降低强度，也不致因水的作用而造成充填物流失。因此由于隔绝作用的结果，使围岩保持了原有的稳定性和强度。

4. 转化作用

高速喷射到岩面上形成的混凝土层，具有很高的粘结力和较高的强度，混凝土层与围岩紧密结合，能在结合面上传递各种应力由于隔绝作用和充填作用的结果，提高了围岩的稳定性和自身支撑能力，因而使喷射混凝土层与围岩形成一个



喷射前



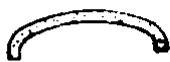
喷射后

图 2 喷射混凝土巷道实况

共同工作的力学统一体，具有把岩石荷载转化为岩石承载结构的作用。从根本上改变了过去各种支护消极承压的弱点。根据中国科学院工程力学研究所和冶金建筑研究院等单位所作的模拟试验资料表明：厚度为 10 厘米的纯喷射混凝土拱，在集中荷载作用下出现裂缝时的荷载 分别为 1.57 和 2.08 吨，

破坏荷载分别为 6.25 和 7.63 吨，当它和模拟的不稳定岩层拱组成组合拱（模拟的不稳定岩层拱在外力作用下，岩块极易滑动，几乎无承载能力）后，出现裂缝时的荷载为 8.32 吨，破坏荷载分别为 30.20 和 33.28 吨，平均承载能力比单一的喷射混凝土拱提高 3.6 倍。它与模拟的稳定岩层拱所组成的组合拱，其破坏荷载分别为 42.73 和 47.25 吨，平均承载能力比单一的喷射混凝土拱提高 5.5 倍。

表 2 模拟试验不同类型拱的承载能力

结 构 类 型	图 例	断面尺寸 宽 × 高(毫米)	出现裂缝 荷载(吨)	破坏荷载 (吨)	平均破坏 荷载(吨)
纯喷射混凝土拱		300 × 100	1.57 2.08	6.25 7.63	6.94
模拟不稳定岩层拱		300 × 300			
模拟稳定岩层拱		300 × 300	11.5	24.4	24.4
模拟不稳定岩层和喷射混凝土组合拱		300 × 400 (其中100为喷射混凝土厚度)	8.32 8.32	30.2 33.28	31.74
模拟稳定岩层和喷射混凝土组合拱		300 × 400 (其中100为喷射混凝土厚度)	8.0 10.9	47.25 42.73	44.99

由于喷射混凝土支护具有上述作用特点，因此与其他支护形式相比，具有以下优点：

(1) 施工工艺简单：机械化程度高，有利于减轻体力劳动强度和提高工效。涟邵青山立井统计，用料石砌井，每班砌 2 米井下需 13~14 人，每人需搬运料石 6.5 吨，劳动强

度大，而采用喷射混凝土支护，每班井下只需 5~6 人，从事较轻的劳动即可完成，工效提高一倍以上；湖南第一工程处在平巷和斜井中喷射混凝土测定的工效列于表 3；铜川陈家山二采区主斜井喷射混凝土实际工效为：2.02 米²/工。

表 3 湖南煤炭第一工程处喷射混凝土工效

项 目	单 位	平 巷	斜 井
断 面	米 ²	5~13	5~8
喷 射 厚 度	毫米	50~100	50~100
进 度 最 高	米/班	30	25
平 均		8.0	6.4
工 效 最 高	米/工	1.9	1.6
平 均		0.5	0.4

(2) 施工速度快，为组织快速施工，实现掘进与支护平行作业一次成巷创造了有利条件。以WG-25 型喷射机为例，每小时生产能力为 4~5 米³，如果在断面为 8~10 米² 的双轨巷道中，喷射厚度 150 毫米，每昼夜净工作时间按 10 小时计算，即可支护巷道 30 米(回弹率平均按 20%考虑)。如果用料石砌碛，一般每昼夜成碛仅 3 米左右。同时，喷射混凝土支护的施工组织较为简单，又能实现远距离管道输料，为各类断面的井巷实现掘、喷平行作业一次成巷创造有利条件。

(3) 经层层射捣形成的混凝土层，不仅组织致密强度高，而且与围岩形成共同工作的力学体系，因此支护厚度可比料石(混凝土)砌碛减少1/3~1/2，从而可以减少井巷的掘进、支护工程量，节省大量建设资金。同时喷射混凝土施工不需模板，取消立模、拆模工序，并节省大量钢材、木材。

以创造月成井 174.82 米纪录的涟邵桥头河二号井立井为例，井筒净直径 5.5 米，井深 294 米，除锁口外全部采用喷射混凝土支护，按施工定额，全井节省木材 387.6 米³，钢材 24.5 吨。南京钟山煤矿井下电机车硐室采用喷射混凝土支护后，仅支护费用节约 2154.4 元(表 4)。兖州南屯立井岩石上山采用锚杆喷射混凝土支护，每米成本比砌碛降低 34.85% (表 5)。

表 4 南京钟山煤矿支护费用对比

项 目	名 称	单 位	单 价 (元)	料 石 砌 碛		喷 射 混 凝 土	
				定 额 耗	金 额 (元)	实 际 耗	金 额 (元)
材 料	水 泥	吨	50.00	8	400.00	11	550.00
	砂	米 ³	20.00	21	420.00	16	320
	料 石	块	0.41	5200	2132.00		
	石 子	米 ³	14.00			12	168.00
	速 凝 剂	公斤	0.45			330	148.50
人工			2.29	340	718.60	144	329.76
合计					3670.60		1516.26

(4) 质量可靠、施工安全。由于喷射混凝土支护是与围岩紧密接触，只要保证喷射厚度和配合比，在质量上就不会出现砌碛那样由于壁后充填不严实而造成片帮冒顶所产生的冲击集中荷载；也不会出现砌碛那样由于干缝、重缝、瞎缝而影响砌体强度的现象。而且喷射混凝土支护能紧跟掘进工作面，能及时控制围岩的松动，即使在岩石破碎带，它与锚杆、钢丝网等配合使用，也能保证施工安全。抚顺龙凤

表 5 南屯立井岩石上山每米巷道成本分析

8

巷道支护形式	支护厚度 (毫米)	断面积 (米 ²)		掘进费用			砌碛费用 (元/米 ³)						砌碛每米巷道费用 (元/米)	每米成巷费用 (元/米)	
							净	掘	进	墙					拱
		每米巷道体积 (米 ³)	单 价	每米巷道掘进费用 (元/米)	每米巷道体积 (米 ³)	单 价				每米巷道费用 (元/米)	每米巷道体积 (米 ³)	单 价			每米巷道费用 (元/米)
砌碛	300	6.1	8.33	8.33	18.8	156.7	0.72	58.45	42.1	1.41	62.63	88.4	130.5	287.2	
钢丝绳锚杆 喷射混凝土	100	6.1	6.78	6.78	18.8	127.4	人 工 (元)		材 料 (元)	费 用 (元)	机 械 折 旧 (元)	每米巷道费用 (元)		187.1	
							8	41.7				10	59.7		

锚杆喷射混凝土比砌碛节省 100.1

表 6 立井工程喷射混凝土支护使用情况

使用单位	工程名称	井筒净直径(米)	地质条件	支护结构型式	施工时间	使用情况	备 注
湖南省涟邵矿区	青山立井	5.2	长兴灰岩, 岩层倾角 47° 至 48° , 岩石较坚硬且稳定, 但性脆, 节理、层理发育, 局部折曲及小断层多。	采用喷射混凝土加金属锚杆支护, 每隔十米筑一道混凝土环加固。喷射厚度 $100 \sim 150$ 毫米。	1969年	良好	施工完毕后于 1971 年井筒被淹, 1972 年排水, 井壁无变化。
	黄港立井	5.5	大冶灰岩及长兴灰岩, 多半呈薄层状, 节理较发育, 涌水量较小。	采用喷射混凝土支护, 厚度 $100 \sim 150$ 毫米。	1970年	良好	采取随掘随喷单行作业。
	桥头二井立井	5.5	大冶灰岩 $f=8$ 。	采用喷射混凝土支护, 厚度 $100 \sim 150$ 毫米。	1973年	经验收质量优良。	施工中随掘随喷, 在工作面喷射。经受爆破震动无变化。
河南省平顶山局	八矿	3.2	井筒穿过火成岩, 中等硬度, 有断层和裂隙, 遇到破碎带, 岩层很不稳定, 掘进时片帮严重, $f=6$ 。	喷射混凝土。	1969年		
梅山铁矿	主井	5.5	石英安山岩, 岩石坚硬致密, 裂隙一般不甚发育, $f>8$ 。	采用喷射混凝土支护, 厚度 $100 \sim 150$ 毫米, 局部地段用钢筋砂浆锚杆加固。	1967年	良好	用喷射混凝土支护 80 M, 其余为捣制混凝土支护。
	措施井	3.2	高岭土化安山岩, 上部岩层强风化, 裂隙发育, 下部裂隙中等发育, 易风化。遇水后膨胀, 强度低 $f=3 \sim 4$ 。	采用喷射混凝土支护, 其厚度为 $50 \sim 100$ 毫米。	1969年	基本良好	井深 120 余米, 全部采用喷射混凝土支护。
红透铜矿	混合井	5.5	黑云母片麻岩, 岩石较致密稳定。	采用喷射混凝土支护, 厚度 $100 \sim 150$ 毫米。	1969年	良好	采用光面爆破, 井筒深 220 米。

续表

使用单位	工程名称	井筒净直径(米)	地质条件	支护结构型式	施工时间	使用情况	备 注
香介铅锌矿	方井	断面 2.16 × 3.3	岩石为花岗岩, 节理中等, $f=10$ 。	采用喷射混凝土支护, 厚度 30~50 毫米, 局部采用金属锚杆加金属网联合支护。	1970年	良好	喷射混凝土井深154米。
招远金矿	方井	断面 2.5 × 3.3	石英岩, 花岗岩, 岩层比较稳定。	采用喷射混凝土支护, 厚度 30~50 毫米。	1970年	良好	井深 50 米, 全部为喷射混凝土支护。

矿在一个通过膨胀性凝灰岩的大跨度交叉点使用喷射混凝土支护效果良好；他们还在跨度为 7 米、断面为 60 米²，岩石很破碎的-635 马头门使用锚杆、喷射混凝土支护，效果也很好，另一个岩石情况都相似的-520 马头门，用 800 毫米厚的钢筋混凝土碇支护，壁后还有间距为 800 毫米的 35~43 公斤/米的钢轨支架，由于受到相邻巷道放炮动压的影响而被破坏。鸡西穆陵矿三井绞车硐室，原采用料石砌碇，但由于发生冒顶，硐室的高度由设计的 3.8 米冒落成为 5 米，砌碇不易处理，后改为喷射混凝土支护，效果很好。

(5) 适用范围广。喷射混凝土不仅能作为永久支护，而且也能用于掘进工作面的临时支护，有些单位也用于处理工程事故。

因此喷射混凝土支护是符合多快好省社会主义总路线精神的，文化大革命以来，在煤矿各类巷道中或是国民经济其他部门的地下工程中都得到了迅速的推广。