

KUANGJING ZHIHU YU FANGMAODING
ZHONGHEJISHU SHOUCE



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

(第二卷)

吉林电子出版社

第三章 锚喷支护技术

第一节 喷射混凝土的分类

喷射混凝土是将一定配比的水泥、砂子、石子和速凝剂的拌合物，通过混凝土喷射机，用压缩空气做动力，沿着管路压送到喷嘴处，与水混合后，以较高的速度（30~120m/s）喷射到岩面上凝结硬化的一种新型支护形式。

喷射混凝土，除具有一般混凝土要求外，还应具有特殊的性质，如凝固速度快、吸湿性小、保水性好、早期强度增长快、体积稳定、与围岩表面的粘接力好、回弹率低、粉尘小等。

根据喷射混凝土的不同喷射工艺，分为干式喷射混凝土、潮式喷射混凝土、湿式喷射混凝土以及 SEC 喷射混凝土。

根据喷射混凝土的组分，可分为一般喷射混凝土与纤维增强喷射混凝土。

一、干式喷射混凝土

干式喷射混凝土是指将水泥、粗细骨料和速凝剂，通过人工或机械进行干式拌合均匀后、由干式喷射混凝土喷射机，用压缩空气，从输送管内输送到喷射嘴，在喷射嘴处按规定水灰比，加入压力水，与干料迅速混合，由喷射嘴喷射到井巷围岩壁面上。如果用专用的快凝锚喷水泥，则可不再添加速凝剂。

二、潮式喷射混凝土

潮式喷射混凝土与干式喷射混凝土的区别在于水泥与粗、细骨料的拌合不是干拌，而是采用含水量 10%~12% 的粗、细骨料与水泥拌为含水量为 8%~10% 的潮料。采用相应的混凝土喷射机。用压缩空气输料，潮料在输料过程中介于稀薄流与半稠流状态，输送到喷嘴补充压力水后，由喷嘴喷射到岩面上。速凝剂在料斗或喷嘴处添加。其材料选择与干式不同之点是不能选用早强速凝水泥，一般选不低于 500 号（425 号）的普通硅酸盐水泥。采

用潮式喷射混凝土，可大大降低粉尘浓度。

三、湿式喷射混凝土

湿式喷射混凝土是指按一定配合比将水泥、粗细骨料和水一起搅拌好，然后借助各种类型的湿式喷射机，将拌好的混凝土，通过输料软管输送到喷嘴，并在喷嘴处添加液体速凝剂，用压缩空气补给能量，使混凝土形成料束，从喷嘴喷射到围岩面上。

四、SEC 喷射混凝土

SEC 喷射混凝土是近年来国际上发展起来的一项新技术。其实质是用水泥裹住砂粒、调制混凝土或砂浆，它是稠流态泵压式湿喷与压缩空气输送的干喷式相结合的喷射新工艺。其主要作用是减少粉尘浓度及降低回弹物。

SEC 喷射混凝土，可以在同样的水泥、粗细骨料等喷射材料和相同的配合比条件下，仅仅将常规喷射工艺改变为 SEC 工艺，就可以显著地提高喷射混凝土强度，克服拌料的离析、泌水等缺陷。

其主要特点是粘结性能良好，回弹量少，粉尘量少（一般为 $2\sim 10\text{mg}/\text{ma}$ ）；初期及长期强度高，容易得到高强度混凝土；输送距离长；一次喷厚大（可达 $10\sim 40\text{mm}$ ）；有淋水时易于喷敷。

五、钢纤维喷射混凝土

钢纤维喷射混凝土是近年来国内外发展起来的新型喷射混凝土，在松软、破碎围岩和特殊地下工程中获得愈来愈广泛的应用。

钢纤维喷射混凝土是在普通喷射混凝土中，掺入适量钢纤维后形成的一种新型复合材料，它改变了普通混凝土的脆性弱点，具有高强度、大变形及破坏后仍存在较高残余强度的特点，使喷射混凝土的韧性、冲击阻力、抗弯、抗剪强度、耐用系数和疲劳极限等都得到极大改善。其柔性大大超过了普通混凝土，抗弯强度约增加 $50\%\sim 100\%$ ，抗压强度可提高约 $30\%\sim 50\%$ ，韧性及冲击阻力也比一般喷射混凝土提高数倍。

纤维喷射混凝土的强度，依掺入纤维的种类、形状、规格、数量的变化而不同。在掺量不变时，增强效果随着纤维的长细比的增大而愈佳。纤维喷射混凝土，一般都利用现有喷射混凝土设备和施工工艺，即在上述的干式、潮式、湿式及 SEC 喷射混凝土中，掺入适量的纤维，而形成纤维增强喷射混凝土。

第二节 喷射混凝土的支护特点和作用原理

一、喷射混凝土的支护特点

如图 3-1 所示,是目前较为普遍使用的喷射混凝土的工艺流程。

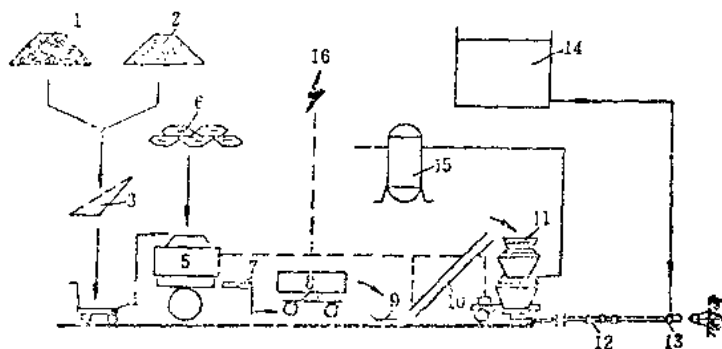


图 3-1 喷射混凝土工艺流程

- 1—石子；2—砂子；3—筛子；4—磅秤；5—搅拌机；6—水泥；
7—筛子；8—运料小车；9—料盘；10—上料机；11—喷射机；
12—异颈葫芦管；13—喷头；14—水箱；15—风包；16—电源

先将砂石过筛,按配合比和水泥一同送入搅拌机内搅拌,然后用矿车或其它运输工具运送到工作面,经上料机进入压缩空气为动力的喷射机,再经输料管,异颈葫芦管到喷头和水混合,并喷向围岩表面。与普通混凝土相比,喷射混凝土在物理力学性能和围岩支护特性方面具有以下特点:

(1) 混凝土以较高的速度从喷头喷向岩面,使水泥颗粒受到重复碰撞冲击,混凝土层得到连续冲实和压密;同时喷射工艺又允许采用较小的水灰比(约 0.45 左右),因此喷射混凝土层具有良好的物理力学特性。

(2) 喷射混凝土能随着巷道掘进及时施工,且加入速凝剂后它的早期强度成倍增长,能控制围岩的过度放松与松弛。

(3) 喷射混凝土层较薄,具有较好的柔性,可以同围岩一起共同变形,产生一定量的径向位移。

喷射混凝土的主要力学指标见表 3-1。

表 3-1 喷射混凝土的主要力学指标

项 目	指标 (MPa)	备 注
抗压强度	20~30	采用 500 号普通硅酸盐水泥 配合比为 1:2:2 或 1:2.5:2 潮 湿养护 28~45d, 再自然养护 150d
抗拉强度	1.4~3.5	
抗折强度	4.0~6.0	
抗 渗	1.0~2.0	
与岩石的粘接力	1.5~2.0	
与钢筋的粘接力	4.5~4.5	
弹性模数	$(2.2\sim3.0) \times 10^5$	
收缩率	$(8\sim6) \times 10^{-4} (\%)$	

喷射混凝土在技术上和经济上均比普通混凝土优越得多, 概括起来, 主要有以下几方面:

(1) 由于喷射混凝土能提高井巷围岩的自身稳定性和承载能力, 并与岩层构成共同承载的整体, 支护厚度可减薄一半, 并巷掘进断面亦可相应减少 10%~20%。

(2) 喷射混凝土支护使混凝土的运输、浇灌、捣固等工序合为一条作业线, 免除了立模、拆模等繁琐工序, 施工工艺大为简化。而且喷射混凝土还可以用管道进行长距离输送。

(3) 和砌碇相比, 可以节约木材和钢材约 40% 左右, 施工速度可提高 2~3 倍, 成本可降低 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$, 工效提高 3~4 倍, 工时减少 75%~80%。

二、喷射混凝土的作用原理

1. 支撑作用

由于喷射混凝土(或喷浆)具有良好的物理力学性能, 特别是抗压强度较高, 可达 20MPa, 因此能起到支撑地压的作用。又因其中掺有速凝剂, 使混凝土凝结快, 早期强度高, 紧跟掘进工作面作业, 起到及时支撑围岩的作用, 有效地控制了围岩的变形和破坏。

2. 充填作用

由于混凝土的喷射速度很高, 能很好地充填围岩的裂隙、节理和凹穴的岩面。大大提高了围岩的强度。

3. 隔绝作用

喷射混凝土层封闭了围岩表面, 完全隔绝了空气、水与围岩的接触, 有

效地防止了风化潮解引起的围岩破坏与剥落。同时,由于围岩裂缝中充填了混凝土,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使得原充填物流失,使围岩得以保持原有的稳定和强度。

4. 转化作用

高速喷射到岩面上形成混凝土层,具有很高的粘结力和较高强度,混凝土层与围岩紧密结合,能在接合面上传递各种应力,再加上充填、隔绝作用的结果,提高了围岩的稳定性和自身的支撑能力,因而使混凝土层与围岩形成了一个共同工作的力学统一体,具有把岩石载荷转化为岩石承载结构的作用。

喷射混凝土支护作用原理的这几个方面,并非彼此独立,孤立存在,而是互为补充,相互联系、共同作用的。

第三节 喷射混凝土材料

一、喷射混凝土的材料

1. 水泥

喷射混凝土要求凝结快、早期强度高。应优先选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥等。矿渣水泥、火山灰水泥不宜用来做喷射混凝土的材料。喷射混凝土使用水泥标号一般不应低于 425 号,过期、受潮结块或混合的水泥不得使用。

近年来,为适应喷射混凝土的发展,改善施工工艺,研制出超早强水泥、煤矸石速凝早强水泥和喷射水泥等,都具有明显的速凝、快硬、早强、高强和微膨胀等优良性能。使用这些水泥进行喷射混凝土时,不再需要添加速凝剂。速凝早强喷射水泥的性能见表 3-2。

表 3-2 速凝早强喷射水泥性能表

试样名称	凝结时间		抗压强度 (MPa)				
	初凝	终凝	R_{4h}	R_{1d}	R_{3d}	R_{7d}	R_{28d}
鹤壁超早强水泥	10'~15'	15'~20'	9.5~29.5	33.5~43.2	36.5~58	39.3~58.8	47~63.5
石鼓煤矸石水泥	12'7"	15'2"		19.6	42.4		61
淮南喷射水泥	56"	1'24"		16.44	26.7	28.7	31
	1'57"	2'27"		7.7	23.1	24.5	
	2'23"	3'29"		2.8	13.1	27.5	

2. 砂

一般用中砂或粗中砂混合的石英砂为最好。细砂会增加水泥用量, 增加混凝土的收缩和降低混凝土的强度。过细的粉砂中含小于 $5\mu\text{m}$ 的颗粒, 飞扬于空气中会影响工人健康, 不宜使用。喷射混凝土用砂的技术要求见表 3-3。砂子使用前应过筛, 含泥量超过 3% 时, 要用水冲洗。

3. 石子

表 3-3 喷射混凝土用砂技术要求

颗粒级配	筛孔尺寸 (mm)	0.15	0.3	1.2	5.0
	累计筛余 (以重量 % 计)	95~100	70~95	20~55	0~10
泥土质含量 (用冲洗试验) 按重量计不大于 (%)		3			
硫化物和硫酸盐含量 (折算为 SO_4) 按重量计不大于 (%)		1			
有机质含量 (用比色法试验)		颜色不深于标准色, 如深于标准色, 则以混凝土进行强度对比试验加以复核。			
含水率		<6%			

可采用坚硬的河卵石或碎石。卵石本身强度高, 表面光滑, 有利于在管道中输送, 可以减少堵管现象。碎石表面粗糙、多棱角, 虽然在喷射时容易嵌入塑性的砂浆层内而减少回弹量, 混凝土的强度也较高, 但对输料管的磨损较严重, 也较易产生堵管现象。故在条件许可范围内, 应优先采用河卵石作粗骨料。石子使用前应筛洗。河卵石粒径不应大于 20mm, 级配要适中。喷射混凝土用石的技术要求见表 3-4。

表 3-4 喷射混凝土用石的技术要求

颗粒级配	筛孔尺寸 (mm)	5	10	20
	累计筛余 (以重量 % 计)	90~100	30~60	0~5
品 种		碎石		卵石
强度	以岩石试块 (边长 $\geq 50\text{mm}$ 的立方体) 在水饱和状态下的抗压极限强度与混凝土设计标号之比 (%)	≥ 200		
软弱颗粒含量 (按重量计) (%)				≤ 5
针状、片状颗粒含量 (按重量计) (%)		≤ 15		≤ 15
泥质杂物含量 (用冲洗法试验) (%)				≤ 1
硫化物和硫酸盐含量 (折算为 SO_4 , 按重量计) (%)		≤ 1		≤ 1

续 表

颗粒级配	筛孔尺寸 (mm)	5	10	20
	累计筛余 (以重量%计)	90~100	30~60	0~5
石粉含量 (按重量计) (%)		≤ 2		
有机质含量 (用比色法试验)		色不应深于标准色, 如果深于标准色, 则以混凝土强度进行对比试验加以复核		

注: 1. 有抗冻性要求的混凝土所用碎石, 除应符合上述要求外, 应具有足够的坚硬性, 在硫酸钠溶液中浸饱至饱和, 又使其干燥, 循环试验五次后, 其重量损失不得超过 10%。

2. 碎石、卵石应保持洁净, 不得混进含有粘土团块和有机质等。

4. 水

水质要洁净, 不应含有杂质。污水、pH 值大于 4 的酸性水和硫酸盐含量按 SO_4 计超过水重 1% 的水都不许使用。

5. 速凝剂

目前国内使用的粉状速凝剂有: 红星一型 (鸡西速凝剂厂生产)、711 型 (上海硅酸盐制品厂)、尧山型 (蒲白矿务局水泥厂产)、73 牌 (铜川基建公司水泥厂产) 及阳泉一型 (阳泉市建筑公司预制厂产) 等 5 种。

速凝剂的使用效果与水泥品种有着密切关系, 不同的速凝剂对于不同品种的水泥的适应性是有差异的, 因此使用前应根据所用水泥的性能、施工温度等条件按速凝剂出厂说明书的要求进行水泥净浆凝结试验, 决定最佳掺量。

掺量一般为水泥重量的 2.5%~4%。要求 3~5 min 初凝。表 3-5 列举了两种速凝剂不同掺量对水泥速凝效果的影响。

速凝剂掺量必须严格进行控制, 而且在喷射前的最短时间内加入, 尽量做到随搅随喷, 否则, 对速凝效果和混凝土质量都有不良影响。据实验资料, 掺速凝剂后, 混凝土后期强度会降低约 20%~30%。当速凝剂掺量达到 7% 时, 会产生一种水泥急凝现象, 不仅达不到速凝效果, 而且会大大降低喷射混凝土强度, 故应慎重使用。另外速凝剂的吸湿性强, 应妥善保管, 受湿后对速凝效果有显著影响。

表 3-5 速凝剂掺量对水泥速凝效果的影响

掺量 (%)	红星一型		711 型	
	初凝	终凝	凝初	终凝
0	6:00	8:00	6:00	8:00
1	>1:00	>2:00	1:00	>2:00
2	1'30"	>1:00	2'00"	7'30"
3	1'30"	11'00"	1'15"	2'30"
4	1'30"	2'54"	1'30"	3'00"
5	2'00"	3'15"	2'30"	3'00"
7	(2'11")	(5'00")	4'30"	7'00"
8	(2'54")	(8'29")		

注：本试验系使用上海水泥厂 500# 普通硅酸盐水泥。括号中数据系使用唐山东方红水泥厂 500# 普通硅酸盐水泥。

二、喷射混凝土的配合比

配合比的合理与否对喷射混凝土的效果关系极大，应根据不同的用途和喷射部位来确定。合适的配合比应使喷射混凝土层有足够的抗压、抗拉和粘结强度，以及收缩变形值小，回弹率低。总结我国喷射混凝土的实践经验，井巷支护中喷射混凝土的重量配合比可参照表 3-6 选用。

表 3-6 喷射混凝土的配合比 (重量比)

喷射部位	配合比	
	水泥:粗中混合砂子:石子	水泥:细沙:石子
侧墙	1: (2.0~2.5) : (2.0~2.5)	1:2.0: (2.0~2.5)
顶拱	1:2.0: (1.5~2.0)	1: (1.5~2.0) : (1.5~2.0)

第四节 喷射混凝土的主要工艺参数

一、喷射机的工作风压

根据经验得知：当输料长度 10~15m，喷头距受喷面 1~1.2m，混凝土的配合比为 1:2:2 时，WG-25 型喷射机的风压一般为 0.09~0.12MPa；

LHP-701 型喷射机为 $0.15 \sim 0.13 \text{ MPa}$ 。其它条件不变时, 工作风压随水平输料管长度增加而增大的关系基本上是线性关系。我国建筑科学研究院经研究得出如下公式:

空载压力 = $0.001 \times \text{输料管长度 (m)} \text{ MPa}$

工作压力 = $0.1 + 0.0013 \times \text{输料管长度 (m)} \text{ MPa}$

二、水压

水压应比风压大 0.1 MPa 左右, 以利于从水环射出的水能充分湿润瞬间通过喷头的混合料。一般喷头供水压力为 0.25 MPa 。

三、水灰比

水灰比是一个重要参数。根据试验, 最适宜的水灰比介于 $0.4 \sim 0.5$ 之间, 在这个范围内, 喷射混凝土的强度高而回弹率低。但因喷射工艺无法定量加水来控制水灰比, 只能依靠喷射手根据施工经验操作水阀控制给水量。一般来说, 给水量不足时, 喷层表面出现干斑, 回弹率增大, 粉尘飞扬, 混凝土不密实; 若水量过大, 则混凝土产生滑移以致流淌。合适的水灰比应使刚喷射过的混凝土表面有一层水亮光泽, 粘塑性好, 一次喷射厚度较大。

四、喷头与喷射面的距离及倾角

工作风压一定时, 若喷头距受喷面太近, 会使灰浆四溅, 回弹率剧增; 若此距离太远则会造成料束分散、捣固无力、骨料大量坠落。因此, 因合理调整喷头与受喷面的距离。一般此距离在 $0.4 \sim 1.0 \text{ m}$ 之间为宜。

实践证明, 喷头喷射方向与受喷面垂直时, 回弹最小, 当喷头与受喷面斜交时, 必然出现一个平行于受喷面的喷射分力, 这个分力不利于喷射混凝土和岩面粘着, 增加了回弹量。喷头与受喷面夹角愈小, 回弹愈多, 因此, 除了喷岩帮侧墙下部时, 喷头的喷射角可下俯 $10^\circ \sim 15^\circ$, 其它方向始终要求喷头的喷射方向垂直于受喷面。

五、一次喷射厚度

一次连续喷射混凝土的厚度应当适宜。若一次喷射厚度过大, 在重力作用下, 混凝土颗粒之间的凝聚力被克服, 混凝土就要发生坠落, 造成回弹率的急剧增大。但一次喷射厚度也不能太小, 否则石子无法嵌入灰浆层中, 也会造成回弹率增加。参考全国先进生产矿井的情况, 确定一次喷射厚度的最

佳值为：喷墙，70~80mm，喷拱顶部位，30~40mm。

六、喷层之间的间歇时间

间歇时间需视水泥品种、施工时的温度和速凝剂的掺量等因素而定。常温（15℃~20℃）下使用掺有速凝剂的普通硅酸盐水泥时，多层喷射混凝土的喷射间歇时间为15~30min；不加速凝剂时应隔4h左右。温度较低或采用凝结慢的水泥时，间隔时间还应适当延长。

七、拌合料的静放时间

搅拌好的喷射混凝土干料，应严格控制静放时间，否则会使喷层结构疏松，强度降低，回弹率增大。掺有速凝剂时，静放时间不得超过15min；不掺速凝剂时不得超过2h。尽量做到随拌随用。

第五节 光爆锚喷施工

光爆锚喷施工主要包括三大工序，即光面爆破施工、锚杆施工和喷射混凝土施工。

光面爆破是锚喷支护的前提和基础。成形规整、表面光滑、符合巷道设计轮廓的地下光爆巷道，围岩裂隙小、强度大、稳定性高，有利于巷道的维护，便于实施锚喷支护。因此，实行锚喷支护的巷道，在掘进中必须严格执行光面爆破。

实现光面爆破必须有一套科学的管理方法，必须精心设计、认真操作、严格管理。

（一）精心设计光面爆破图表

优化钻爆参数，设计切合实际的光面爆破图表，编制贯彻好作业规程。

（1）施工前，技术员应根据施工图和光爆参数选择的原则，精心设计合理的光爆图表，并在施工中及时根据岩性变化，不断的修改完善光面爆破图表。

（2）设计的光爆图表中要明确规定炮眼位置、角度、装药量、装药结构、联线方式及起爆顺序。

图3-2为肥城矿务局查庄矿-350水平轨道石门的光面爆破图表。图3-3为炮眼装药结构。表3-7为爆破说明书。

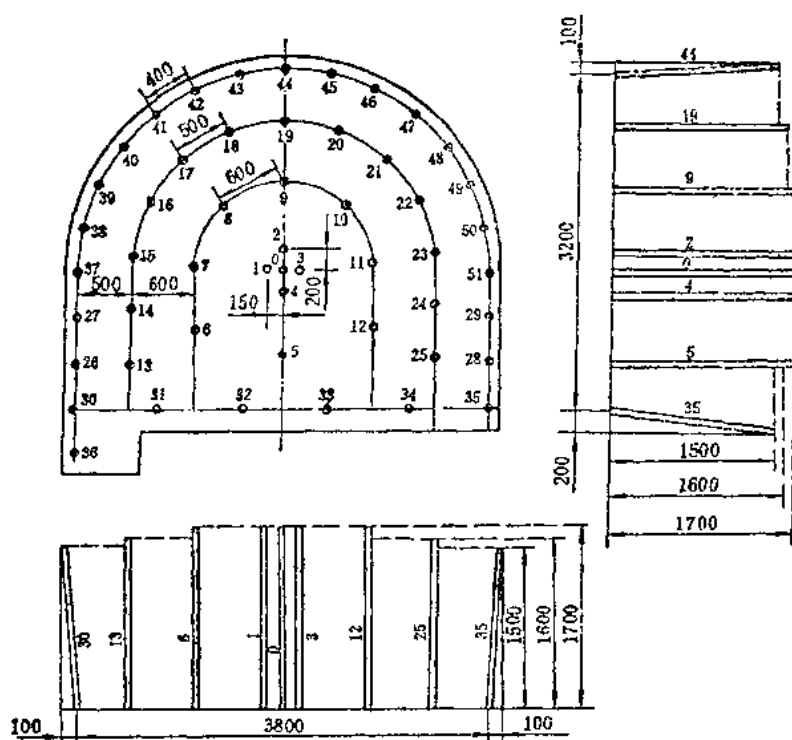


图 3-2 肥城矿务局查庄矿—350 水平轨道石门炮眼布置图

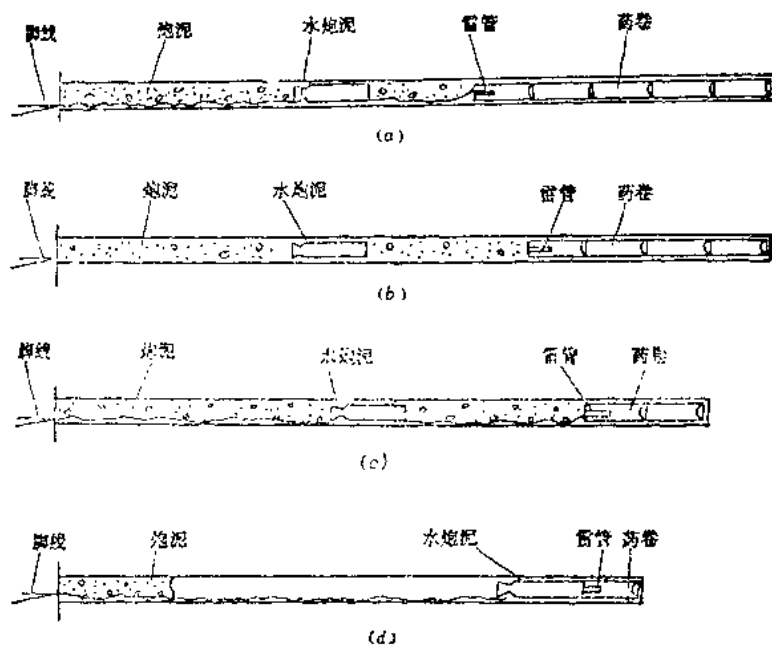


图 3-3 炮眼装药结构图

a—掏槽眼装药结构；b—辅助眼装药结构；c—帮眼装药结构；d—周边眼装药结构

表 3-7 查庄煤矿—350 石门爆破说明书

爆 破 条 件										
爆破断面	11.4m ²			煤尘爆炸指数		37%~43%				
岩 性	全岩			炸药类型		2 号硝铵岩石炸药				
岩石硬度系数	f=4~6			雷管类型		段发及瞬发雷管				
工作面瓦斯情况	低沼气			引爆方式		防爆型起爆器引爆				
炮 眼 装 药 量										
炮眼名称	炮眼 编号	炮眼方向		总装 药量 (kg)	每孔装药量		炮眼 长度 (m)	封泥 长度 (m)	联线 方式	起爆 顺序
		垂直 (°)	水平 (°)		(块 /孔)	(kg /孔)				
空心眼	0	90	90				1.7			
掏槽眼	1~4	90	90	3.0	5	0.75	1.7	满	串	1
辅助眼	5~12	90	90	4.8	4	0.6	1.7	满	串	2
二圈眼	13~25	90	90	5.85	3	0.45	1.6	满	串	3
帮 眼	26~29	90	87	1.2	2	0.3	1.5	满	串	4
底 眼	30~35	83	90	4.5	5	0.75	1.5	满	串	5
水沟眼	36	83	87	0.75	5	0.75	1.5	满	串	5
周边眼	37~51	87	87	2.25	1	0.15	1.5	封孔 ≥0.3	瞬发	二次

(二) 认真做好施工准备工作

(1) 打眼前先进行敲帮问顶，敲掉活石，架设好前探支架，刷齐工作面。若工作面已支护好，可不架设前探支架。

(2) 看线定点。看准中线，量准腰线，定出拱部的圆心点。在使用激光指向仪定向掘进时，按设计方位、坡度安好定向仪后，根据拱基线圆心点距指向仪光心的距离定出圆心点。

(3) 量尺画眼位。根据光面爆破图表规定的各类炮眼的圈距及间距在工作面画出各炮眼的轮廓线，并在相应的轮廓线上标定出各类炮眼的位置。

(4) 在钎子上标定出眼深的位置。为保证同类型的眼深一致，保证爆破效果，打眼前必须在钎子上标定出各类眼深的标记。

(5) 检查凿眼机的完好情况。打眼前必须检查凿眼机的风水管是否完好、畅通，其接头是否牢固，凿眼机的零部件是否齐全，螺丝是否紧固，

并注油试运转。若达不到上述完好要求,必须先进行处理,处理好后方可打眼。

(三) 精心钻眼

钻出的眼孔要做到准、平、直、齐。

准:各炮眼准确打在点好的眼位上,上下左右的误差要控制在 20mm 以内。周边眼的误差应尽量减小。

平:要求周边眼、二圈眼、掏槽眼(当采用直眼掏槽时),要互相平行。为防止巷道的超欠挖、帮眼、周边眼的外插和上爬不得超过 3 度。不得向内插和下载。

直:要求上述各炮眼的方向,尤其是周边眼的方向与巷道轴线的方向平行一致。

齐:同一类型的炮眼深度要基本一致,眼底要基本位于平行于井巷断面的同一水平上,误差要控制在 50mm 以内。

(1) 打眼。为保证打出的眼孔准、平、直、齐,打眼时点眼工必须将钎子放在所标定的眼位上,扶钎工必须严格按爆破图表规定的各类炮眼的角度以及在钎子上标定的深度进行打眼。打周边眼时,若岩石较硬,周边眼则布置在轮廓线上,反之则布置在轮廓线内侧,向内不超过 50mm。

(2) 扫孔。打完眼后,必须用高压风进行扫孔,将岩粉积水排净之后方可装药放炮。

(3) 现场施工中在围岩稳定正常的情况下,按爆破图表规定的爆破参数进行施工。当围岩发生变化时,要根据现场情况对爆破图表的爆破参数适当进行调整。

(4) 炮眼检查。打完炮眼后要根据爆破图表规定的眼位、眼间距、角度、深度进行检查。凡是眼位、间距、角度不合格的炮眼要重新打眼。深度不合格的炮眼,若炮眼深度大于设计要求,眼内要垫炮泥,直到与设计同类眼深一致。眼深小子设计要求的,要重新打眼至设计深度。

(5) 为保证钻孔符合要求,应采取以下措施:

①坚持先打出高质量的导向孔,并插上钎子或炮棍,作为其它各眼的导向。

②坚持“五定”。即一定钻工,二定钻,三定眼,四定位,五定责。

③为减少两茬炮之间的接茬台阶,打周边眼的钎子应适当加长 500mm 左右,并可将风钻偏转使用,可将接茬距控制在 30mm 左右。

④大断面上部炮眼应采取蹬渣打眼,使用“马腿”、脚手架等,以保证

钻眼质量。

⑤坚持施工过程中的“五不”制度。即没有爆破图表不定眼位，无定眼位不开钻，钻孔不合格不装药，装药不正确不起爆，爆破质量不合格不验收。

(四) 装药、联线、放炮

(1) 必须严格按照爆破图表规定的装药结构、各类炮眼的炮药量、封泥长度的要求进行装药、定炮、联线。在正向装药时先将被动药卷依次装入眼内，然后装入起爆药，所有药卷和雷管的聚能穴一致朝向眼底。装入2~3块炮泥后再装入水炮泥，然后再用炮泥填满整个眼孔。反向装药时，先将起爆药装入眼底，然后再装入被动药包，最后再装填炮泥、水炮泥，并要求雷管和所有药卷的聚能穴一致朝向眼口。装药时要用竹质或木质炮棍将药卷轻轻推入眼内，不得冲撞或捣实，各药卷必须彼此密实，炮泥要封至眼口。定炮联线后要检查线路有无断路、短路、接地，检查无误后方可放炮。

(2) 起爆顺序。放炮定炮后的起爆顺序是：掏槽眼为1号，辅助眼为2号，二圈眼为3号、三圈眼为4号，帮眼、底眼为5号。周边眼必须在以上各类炮眼放完后二次装药放炮，做到周边眼单装单放。光面爆破实际上是控制周边眼爆破。周边眼的爆破效果直接影响光爆的效果，周边眼的爆破是巷道成形的关键。因此装药定炮时周边眼必须采用瞬发雷管或同极的毫秒雷管。周边眼采取眼底集中空气柱放炮。周边眼装药时装入起爆药卷后即可装入水炮泥，然后用炮泥封口，封泥长度为0.3m，联线后检查无误后即可放炮。

(3) 放炮后的检查。放炮后要认真检查有无瞎炮、残爆。发现有瞎炮、残爆的炮眼必须严格按《煤矿安全规程》的有关要求，及时进行处理。扒装后还要对巷道断面按设计尺寸进行检查验收，凡有欠挖部位都要进行处理。

二、锚杆施工

(一) 锚杆的施工要求

(1) 锚杆的布置在断面图上是放射形，展成平面图为矩形或菱形。

(2) 锚杆方向。按作业规程规定的锚杆布置形式和间排距，首先点好眼位。打眼时一定注意，在整体岩层中，锚杆应垂直巷道轮廓线，在层状岩石中锚杆应垂直岩层层面，凡角度小于70度的锚杆为不合格锚杆。

(3) 锚杆眼深度。不管使用何种锚杆，锚杆眼深度都必须一致。因为眼深不一致，使用集中类锚杆时无法保证托板紧贴岩面。另外，锚杆长短不

齐，每个锚杆作用范围有时能连到一起，有时连不到一起。即使两个锚杆作用范围刚好连到一起，但共同作用的范围仅限于一点，这样在邻近锚杆的挤压作用时，反而易于在搭界的地方出现应力集中而破坏巷道，或出现掉矸伤人事故。

(4) 锚杆眼吹洗。不管使用何种锚杆，锚杆眼打好后必须用高压风吹洗眼内的岩粉、碎块、积水。

(5) 保证锚杆具有实际锚固力。集中类锚杆锚固段一般只有 200mm 左右，虽然锚固段具有良好的抗拔拉力，但锚杆这时并非具有真正的锚固力，只有托板紧贴岩面，并拧紧螺母或打紧楔子时（实际是给锚杆施加预应力），锚杆才具有实际锚固力。

(二) 钻锚杆眼

(1) 钻锚杆眼前必须先敲帮问顶，敲掉活石，使好前探支架。

(2) 看线量边，检查有无欠挖部位。钻锚杆眼前，必须看好中腰线，根据巷道的设计断面，检查是否符合设计要求，有无欠挖部位，有欠挖部位时，要先处理好后再钻锚杆眼。

(3) 标定锚杆眼的位置。根据巷道的中线和腰线与设计的锚杆排间距，在岩面上标定出锚杆眼的位置，并认真找平锚杆眼周围的接触面。

(4) 在钎子上标定出锚杆眼深度的位置，为保证锚杆眼深度和锚杆长度相吻合，防止出现锚杆眼过深或过浅，打眼前，必须根据设计的锚固深度，在钎子上标定出眼深的位置。

(5) 锚杆钻眼机的操作。

①操作前要详细检查钻眼机各部件，传动系统、绳具松紧、导轨等是否齐全好用，如有异常应予排除。确无故障时，将引自泵站的进油管和回油管通过快速接头与操纵架联好，然后再接通电源和水源。

②各系统接通后，开动电动机，检查并校正泵站的输出油压，使压力表指示在 11MPa 上，再检查已通油管有无损坏漏油现象。

③检查并校正操作架中支撑缸的减压阀出口压力，使压力表指示在 5MPa，并仔细观察有无漏油的管头与接点，一切正常时方可试钻。

④操作时，将钻机运到钻孔地点，把主油管和水管通过快速接头与主机连接好，启动泵站接通水源。

⑤竖起主机，找好钻位，手推主控阀，支撑缸伸出将主机升起，直至顶紧在巷道中，准备钻孔。

⑥手持遥控阀离开主机 2 m 以外，“手推”遥控阀手柄，则油马达旋转，