

ZUIXIN JIANZHU GONGCHENG KANGLIE DULOU SHIYONG JISHUYU BIAOZHUN GUIFAN SHIWU QUANSHU

最新建筑工程 **抗裂堵漏** 施工技术与标准规范实务全书



◆ 主编：丁艳宾 ◆

吉林人民出版社

最新建筑工程抗裂堵漏施工技术 与标准规范实务全书

(第三卷)

吉林人民出版社

第十二节 地下工程特殊施工法结构防水

一、沉井防水

沉井是地下建筑工程施工中常用的一种方法，沉井的施工方法为：先在地面上制作一个上无盖下无底的井筒状结构，该结构常用钢筋混凝土制成，然后在井筒内不断挖土，井筒借助于自重不断下沉，沉至设计标高，再进行沉井封底，形成地下建筑物。如图 5-1-107 所示。

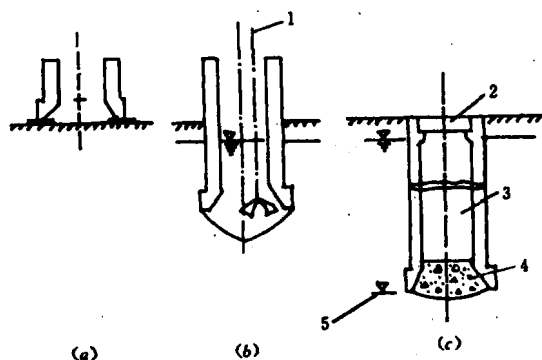


图 5-1-107 沉井制作示意图

1-挖土；2-顶板；3-井孔；4-封底混凝土；5-设计标高

(一) 沉井制作及防水要求

沉井的井壁和底板，应采用防水混凝土制作。沉井的施工应符合下列规定：

1. 沉井井壁宜分节制作。接缝做法同防水混凝土施工缝，并应在井壁迎水面接缝处设置附加防水层。
2. 连续沉井间的接缝，应设置止水带和密封材料填嵌。
3. 固定模板用的螺栓穿过井壁时，必须采取止水措施。

(二) 沉井的下沉

井筒的混凝土强度达到设计强度的 70% 时开始下沉。沉井下沉分排水下沉和不排水下沉。

1. 沉井排水下沉 当土质透水性很低或漏水量不大的较稳定土层，其涌水量每 m^2 沉井面积不超过每小时 1m^3 时，排水不会产生流砂，可采用排水下沉。排水下沉施工简单，易保证工程质量，应尽量优先采用。

排水下沉直接采用水泵或人工降低地下水位方法,将井筒内的地下水排除,然后人工进行挖土,再配以小型机具(台灵架、少先吊及手推车)进行运土。

当沉井较大,为提高施工效率,可采用抓斗挖土机挖土,配以汽车进行运土。但采用挖斗挖土机挖土,沉井周围应有较好路基,否则易发生塌方。用抓斗挖土机挖土,隔墙或井壁周围处不宜挖掘,还要人工进行修整。

采用水枪冲泥和水力吸泥机排泥方法,具有施工速度快、机械化程度高的特点,在大型沉井施工中应用较多,特别是靠近江、河、海岸边的沉井,因其水源近、排泥方便,应用更多。该法对排水下沉或不排水下沉均适用,但采用不排水下沉时,有时需潜水员配合工作。

采用水枪冲泥和水力吸泥机排泥方法示意图见图 5-1-108。

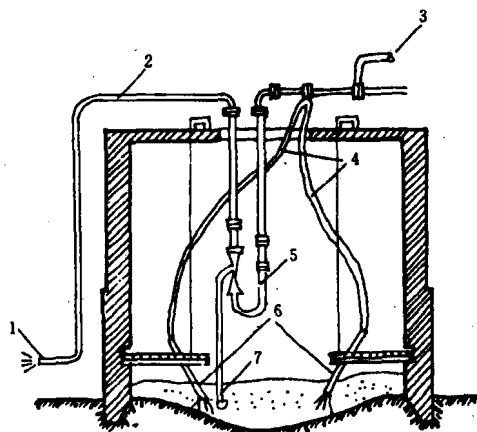


图 5-1-108 水枪冲泥和水力吸泥机排泥示意图

1-排泥口; 2-泥水管; 3-接高压水; 4-高压水管; 5-吸泥器; 6-水枪; 7-吸泥头

2. 沉井不排水下沉

当沉井需穿过较厚的,且含水量较大的($W > 30\% \sim 40\%$)砂土或粉砂层时,采用排水下沉,容易产生流砂现象,这时宜采用不排水下沉。

采用不排水下沉,为避免流砂现象,井内水位须高出井外水位 1~2m,以防止流砂涌入井内。

不排水下沉,土方也可由抓斗挖土机挖土。抓斗挖土机将中间土挖成锅底形时,沉井在自重作用下会自动切土,沉井逐渐下沉。

若采用高压水枪冲土,为使井筒下沉均匀,高压水枪宜沿井壁四周均匀布置,每个水枪均应设置阀门,以便沉井下沉不均匀时,进行调整。水枪布置图见图 5-1-109。

水枪直径一般为 63~100mm,喷嘴直径为 10~12mm。高压水枪压力随土的性质而定,详见表 5-1-97。

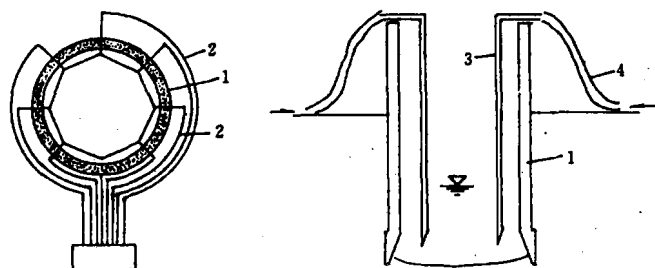


图 5-1-109 水枪布置图

1-井筒；2-水管；3-水枪；4-胶管

表 5-1-97

高压水枪压力与土质关系

土质	水压 (N/mm ²)	土质	水压 (N/mm ²)
松散细砂	0.25 ~ 0.45	中等密实粘土	0.6 ~ 0.75
软质粘土	0.25 ~ 0.45	砾石	0.85 ~ 0.9
密实腐植土或原状细砂	0.5	密实粘土	0.75 ~ 1.25
松散中砂	0.45 ~ 0.55	中等颗粒砾石	1.0 ~ 1.25
黄土	0.6 ~ 0.65	硬粘土	1.25 ~ 1.5
原状中砂	0.6 ~ 0.7	原状粗砾石	1.35 ~ 1.5

沉井下沉时，每次不宜超过 50cm，即进行清土校正，然后继续进行。沉井下沉至设计标高 50cm 时，应放慢下沉速度。当采用排水法施工时，条件许可，可在设计标高刃脚处放置混凝土块，使沉井最后落实到混凝土块上。当采用不排水法施工时，可向井内适当注水，增加水对沉井的浮力，避免下沉过快和超沉。

沉井下沉完毕还会下沉一定深度，为保证符合结构使用要求，一般下沉深度应有 3 ~ 5cm 至 5 ~ 10cm 的预留量。

(三) 沉井封底

沉井封底是一个重要工序，用沉井施工法施工的建筑物，必须做好沉井封底工作，保证不渗不漏。

沉井封底分为平封底和湿封底两种。

采用排水下沉的沉井、其基层处于不透水的粘土层中或基底虽有涌水、翻砂、但数量不大时，尽量采用平封底，平封底能保证混凝土的浇筑质量，而且节约材料。

采用平封底时，为便于施工应将地下水位降低于底平面 500mm 以下，并对基础进行处理。处理方法是：当沉井沉到设计标高且基本稳定后（表现在 8h 内下沉量不大于 10mm），用煤渣将超挖部分填充夯实。刃脚四周填以毛石，有时尚须铺设 10 ~ 30cm 厚的砂垫层，然后再用素混凝土封底。见图 5-1-110。

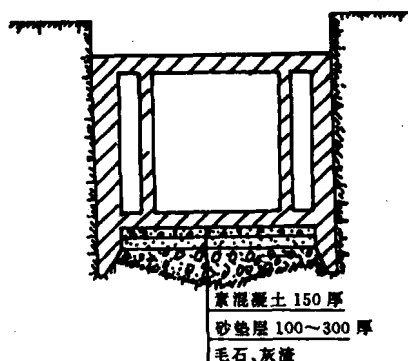


图 5-1-110 沉井基础处理、封底示意图

用素混凝土封底前，应将井壁与底板连接部分凿毛并清洗干净，再将井底和残渣除净。浇素混凝土时，应采取分格、对称、均匀浇筑的方法，先沿刃脚四周浇筑，再逐步向锅底中心推移。浇筑时为保证混凝土浇筑质量，应分层浇筑并振捣密实，分层厚度以 30~50cm 为宜。

若在含水地层，井底应铺设 40~50cm 碎石和细石作为倒滤层，其中碎石和细石部分应夯实，并在井底部设 2~3 个集水井不断抽水。抽水作业需待封底混凝土强度达到设计要求后方可停止，再将集水井封堵。

封堵集水井时，先将集水井内水抽干，在套管内迅速用微膨胀混凝土堵塞，然后用带胶圈法兰盖严，并用螺栓拧紧；或用钢盖板封焊，最后在盖板上浇筑混凝土抹平。见图 5-1-111。

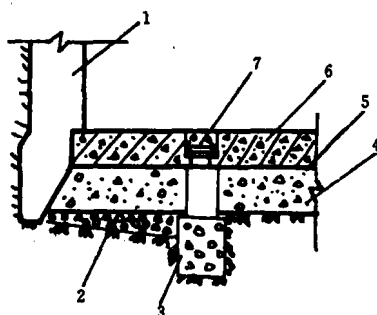


图 5-1-111 沉井封底排水构造

1-刃脚；2-盲沟，填粒径 15~75mm 砾石；3-集水井，带孔钢管；

4-封底混凝土；5-防水层；6-钢筋混凝土底板；

7- $\phi 300\text{mm} \times 4\text{mm}$ 滤水钢管，带法兰、垫圈、螺栓

封底混凝土达到设计强度后，铺设油毡防水层，浇筑底板钢筋混凝土。

采用不排水下沉的沉井，封底一般采用湿封底。封底前应将浮泥清除干净并铺碎石

垫层,然后采用导管法进行水下浇灌混凝土。

导管法水下浇灌混凝土,导口下口距基底保持 40cm 为宜。导管直径一般为 250 ~ 300mm (至少为最大骨料的 8 倍),每节长 3m,用法兰密封连接,顶部有漏斗。导管使用前一定要进行水密、拔力试验,保证使用时不漏不裂。

混凝土浇筑前,导管下口先用木球塞住隔水,然后向导管内灌筑一定数量的混凝土,灌筑数量应通过计算确定,以使混凝土在自重作用下能迅速排出木球进入水中,并将导管底部包围。

混凝土浇筑过程中要连续供料,多根导管同时浇筑时,混凝土面应匀速上升,上升速度不应小于 0.25m/h;随着混凝土面的不断上升,要及时起拔导管。导管埋入混凝土中的深度不宜小于 1m,也不宜大于 3m。埋得太浅,新浇混凝土容易冲破面层混凝土而与泥浆掺混形成泥浆夹层,埋得太深,出料困难,起拔导管也困难。

水下封底混凝土应在沉井全部底面积上连续浇筑,浇筑间歇时间不应超过 30min,混凝土的水泥用量宜为 350 ~ 400kg/m³,砂率为 45% ~ 50%,砂宜用中粗砂,水灰比不宜大于 0.6,骨料粒径以 5 ~ 40mm 为宜。为节约水泥,提高混凝土的和易性和扩散性,可掺适量木钙减水剂,使混凝土能依靠重力和流态达到密实。

水下混凝土达到设计强度后,方可从井内抽水,抽水后应检查封底混凝土质量。浇筑钢筋混凝土底板前,应进行止水或导水,并凿去表层浮浆。

二、喷混凝土支护防水

在地下建筑中,采用锚杆、喷混凝土、钢筋网喷混凝土、锚杆喷混凝土和锚杆钢筋网喷混凝土等,来加固洞室围岩的支护方式,统称为锚喷支护结构或喷锚支护结构。

采用喷锚支护的洞室,开挖时一般应采用光面爆破。喷混凝土和加锚杆工作也应在洞室开挖后尽快进行。对于地质较差,在围岩开挖之后应立即喷上混凝土 (3 ~ 5cm) 作为临时支护。随后再加锚杆或钢筋网,加喷混凝土至设计厚度作为永久性支护;对于地质较好围岩,可先打锚杆或钢筋网,直接将混凝土喷至设计厚度。本节只介绍喷混凝土支护防水。

(一) 喷混凝土原材料

1. 水泥 喷混凝土所用水泥标号,应根据结构使用要求,水泥凝结硬化状况以及对各种速凝剂的反应而定。基本要求是掺入速凝剂后的混凝土凝结快、保水性好,早期强度增长快、收缩小。水泥一般采用大于 425 号的普通硅酸盐水泥。火山灰质水泥粘着性好,对减少回弹有利,但凝结硬化慢、吸湿性大、早期强度低,体积膨胀大,干缩后容易收缩裂纹,使用效果不如普通硅酸盐水泥。矿渣硅酸盐水泥,保水性差,凝结硬化慢,在地下工程中应用不多。矾土水泥不能用于喷混凝土,因为速凝剂 (如红星一型) 中的碱性碳酸盐与矾土水泥中的水化铝酸钙作用后会起混凝土膨胀破坏。

2. 砂 砂一般采用中砂或粗中混合砂较好 (细度模数 $M = 30$, 平均粒径 $D = 0.35 \sim 0.5\text{mm}$)。砂子太粗易产生回弹。细砂 ($M < 0.2$, $D = 0.2 \sim 0.35\text{mm}$) 不能用,因砂

子太细会增加混凝土的收缩,降低混凝土的强度。

砂的含水量对喷射混凝土的工艺影响较大,含水率过低($<4\%$),混合料在管路中易分离而堵管,喷射时粉尘也大;含水率过高,混合料在喷射机罐内积料严重。工程实践证明,中砂或中粗砂含水率以 $6\% \sim 8\%$ 左右为好。喷射混凝土用砂要求见表5-1-98。

表 5-1-98 喷射混凝土用砂技术要求

颗粒级配	筛孔尺寸 (mm)	0.16	0.315	1.25	5
	累计筛余 (%)	95 ~ 100	70 ~ 95	20 ~ 55	0 ~ 10
泥土杂质含量 (用冲洗法试验) 按质量计, 不大于 (%)		3			
硫化物和硫酸盐含量 (折算为 SO_3) 按质量计, 不大于 (%)		1			
有机物含量 (用比色法试验)		颜色不应深于标准色。否则, 须以混凝土强度对比试验加以复核			

3. 粗骨料 碎石、卵石都可以作为粗骨料,但以卵石为好。卵石表面光滑易输送,可减少堵管现象;碎石粗糙、喷射时易嵌入灰浆层,减少回弹,混凝土强度也高,但碎石对管道摩阻较大,也易发生堵管现象。按国内喷射机性能要求,卵石粒径一般不大于25mm,碎石粒径不大于20mm,石子级配按表5-1-99选择。

表 5-1-99 喷射混凝土石料的颗粒级配

粒径 (mm)	5 ~ 7	7 ~ 15	15 ~ 25
百分率 (%)	25 ~ 35	45 ~ 55	< 20

将大于15mm颗粒控制在20%以下,既可以减少回弹,又不易堵塞管道。喷射混凝土用石子技术要求见表5-1-100。

4. 速凝剂 喷射混凝土时为加速混凝土的凝结硬化,可在混凝土内适当掺一些速凝剂。

掺速凝剂的混凝土不仅可提高早期强度,减少回弹,而且还可增强其在潮湿岩面或轻微含水岩层中的适应性,缩短喷射层之间的间歇时间。

速凝剂的掺量,应在使用前作速凝效果试验,以确定最佳掺量。一般喷射顶拱时为水泥用量的 $3\% \sim 4\%$;喷射侧壁时为水泥用量的 $2.5\% \sim 3\%$ 。若掺量为水泥用量 3% 时,初凝时间多在 $2.5 \sim 7\text{min}$ 之间。速凝剂掺量不宜太多,否则对混凝土后期强度影响较大。

表 5-1-100 喷射混凝土用石子的技术要求

颗料级配	筛孔尺寸 (mm)	5	10	20
	累计筛余 (%)	90~100	30~60	0~5
强度	以岩石试块 (5cm × 5cm × 5cm) 在水饱和状态下的极限抗压强度 与混凝土设计强度之比, 不小于 (%)	150		
软弱颗粒含量, 按质量计, 不大于 (%)		5		
针、片状颗粒含量, 按质量计, 不大于 (%)		15		
泥土、杂质含量 (用冲洗法试验), 不大于 (%)		1		
硫化物和硫酸盐含量 (折算为 SO ₃), 按质量计, 不大于 (%)		1		
有机物质含量 (用比色法试验)		颜色不深于标准色。否则, 则以 混凝土强度对比试验加以复核		

注: 1. 有抗冻要求的混凝土用碎石, 除应符合上述要求外, 尚应有足够的坚实性, 碎石在硫酸盐溶液中浸泡至饱和, 又使其干燥, 循环 5 次后, 其质量损失不超过 10%。

2. 碎石、卵石在运输中应保持干净, 不得混有粘土块或有机杂质, 更不得混入煅烧过的白云石或石灰石等, 碎石中也不宜含有石粉。

3. 喷射混凝土中需掺速凝剂时, 不得用含有活性 SiO₂ 的岩石作骨料。

表 5-1-101 常用速凝剂的种类、掺量及技术性能

种类	主要成分	常用掺量 (占水泥重的%)	技术性能	生产单位
红星一型	铝氧熟料 碳酸钠 生石灰	2.5~4	3min 内初凝 10min 内终凝	黑龙江鸡西 水泥速凝剂厂
711 型	矾土 纯碱 石灰 无水石膏	2.5~3.5	3min 内初凝 10min 内终凝	上海硅酸盐制品厂
782 型	矾泥 铝氧熟料 石灰	6~7	3min 内初凝 10min 内终凝	上海硅酸盐制品厂
尧山型	铝矾土 土碱 石灰石	3.5	3min 内初凝 10min 内终凝	陕西蒲白矿 务局水泥厂

常见速凝剂的种类、掺量及技术性能见表 5-1-101。

5. 水 喷射混凝土用水与普通混凝土用水相同。不可用地下洞室的混浊水和一切含有酸、碱的侵蚀水。

(二) 喷射混凝土配合比

1. 配合比设计基本要求 喷射混凝土配合比设计要求与普通混凝土基本相同。所不同的是喷射混凝土要考虑其工艺要求和施工的特性, 为保证喷射混凝土施工质量, 确定喷射混凝土配合比时, 应满足以下要求:

- (1) 喷射混凝土的抗渗等级不小于 0.8MPa;
- (2) 能得到所需要的强度;
- (3) 粘附性好, 能得到密实混凝土;
- (4) 回弹量小、粉尘小。

2. 喷射混凝土配合比设计 喷射混凝土配合比设计可按下列步骤进行:

(1) 确定骨料最大粒径和砂率:

1) 骨料最大粒径。若采用碎石时, 骨料粒径不大于 20mm; 采用卵石时, 骨料粒径不大于 25mm。不论采用碎石或卵石, 骨料最大粒径均不得大于喷射系统输送管道最小断面直径 $1/3 \sim 2/5$, 也不宜大于一次喷射混凝土厚度的 $1/3$ 。

2) 砂率。砂率对混凝土喷射物的稠度及粘聚性影响较大, 对喷射混凝土强度也有一定影响, 为减少回弹, 喷射混凝土砂率比普通现浇混凝土为高。但砂率也不能过高, 砂率过高会加大混凝土收缩, 降低喷射混凝土强度, 也会使混凝土的和易性变差。砂率对喷射混凝土性能和力学性能影响见表 5-1-102。

表 5-1-102 砂率对喷射混凝土性能影响

性能	砂率 (%)			性能	砂率 (%)		
	< 45	> 55	45 ~ 55		< 45	> 55	45 ~ 55
回弹率	大	较小	较小	混凝土强度	高	低	较高
管路堵塞	易	不易	不易	混凝土收缩	较小	大	较小

施工时一般选用的砂率为 45% ~ 55%。

(2) 确定水泥及细粉掺料用量。水泥及细粉掺料量总称为细粉料。在混凝土中掺入细粉掺料 (如粉煤灰、火山灰等) 后, 可改善混凝土的流动性和粘聚性。细粉料用量应随粗骨料最大粒径减小而增加, 见表 5-1-103。

若需提高喷射物的稠度和粘聚性或提高混凝土的密实性, 细粉料用量可按表 5-1-103 提高 7% ~ 10%。

表 5-1-103

喷射混凝土细粉料用量表

骨料最大粒径 (mm) $D_{\max}$	10	15	20	25	30
细粉料用量 (kg/m ³)	453	411	382	364	357

对不同的水泥品种, 细粉料掺量可按下列公式计算:

(1) 普通硅酸盐水泥, 硅酸盐水泥

$$c' = \frac{k(R_s - R'_s)}{k(R_s - R'_s) + R'_s + 5} \times [c]$$

(2) 矿渣硅酸盐水泥, 火山灰质硅酸盐水泥

$$c' = \frac{k(R_s - R'_s)}{k(R_s - R'_s) + R'_s + 22} \times [c]$$

式中 $[c]$ 、 c' ——1m³ 混凝土喷射物中细粉料、细粉掺料的用料 (kg/m³);

R_s 、 R'_s ——水泥软练标号、掺细粉掺料后的水泥软练标号;

k ——系数, 可按下式计算:

$$k = \frac{G'_B}{G_B} \times \frac{1 + B_s}{1 + B'_c}$$

G_B 、 G'_B ——未掺细粉料前水泥标准稠度净浆堆密度、掺细粉掺合料的水泥标准稠度净浆堆密度 (kg/m³);

B_s 、 B'_c ——未掺细粉掺料前水泥净浆标准稠度需水量、掺细粉掺合料水泥净浆标准稠度需水量的百分值。

细粉料掺量确定后, 水泥用量按下式计算:

$$c = [c] - c'$$

c ——1m³ 混凝土中的水泥用量 (kg/m³)。

工程实践证明, 每立方米喷射混凝土中, 水泥用量以 375 ~ 400kg (即水泥与集料之比为 1:4 ~ 1:4.5) 为好。

(3) 确定水灰比和用水量。水灰比是影响喷射混凝土强度和其他物理性能的重要指标, 水灰比过大, 喷射面出现流淌或滑移现象; 水灰比过小, 喷射面出现干斑、回弹增多、粉尘大。水灰比适宜时, 喷射面出现轻亮光泽、回弹、粉尘均小。水灰比与砂率之间的关系见表 5-1-104, 可供湿法喷射时参考。

表 5-1-104

水灰比与砂率之间关系

砂率 (%)	35	40	45	50	55	60	65	70	75
水灰比 ($\frac{W}{c}$)	0.41	0.43	0.45	0.47	0.49	0.52	0.54	0.56	0.58

水灰比一般控制在 0.4 ~ 0.5 之间为好, 偏离这一范围, 喷射混凝土强度降低 (见图 5-1-112) 回弹性增大 (见图 5-1-113)。

水灰比确定后,喷射混凝土的用水量可由下式计算:

$$W = \frac{W}{C} \times [C]$$

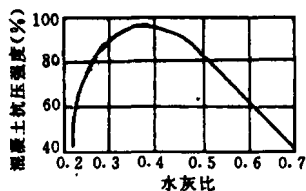


图 5-1-112 水灰比对混凝土强度影响

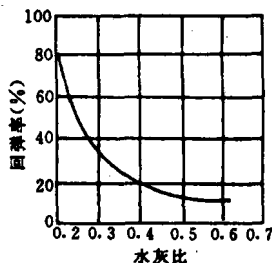


图 5-1-113 水灰比对混凝土回弹影响

(4) 确定砂、石用量。砂、石用量可按绝对体积法计算。按绝对体积法原理可列出下式:

$$\frac{W}{\gamma_w} + \frac{C}{\gamma_c} + \frac{Q \cdot C}{\gamma_Q} + \frac{S_a}{\gamma_a} + \frac{S_b}{\gamma_b} = 1000$$

式中 W 、 C 、 Q 、 C 、 S_a 、 S_b —— 1m^3 (1000l) 喷射物中水、水泥、速凝剂、砂、石用量 (kg), Q 为水泥用量百分数;

γ_w 、 γ_c 、 γ_Q 、 γ_a 、 γ_b ——水、水泥、速凝剂的比密度和砂、石的表观密度 (g/m^3)

又: $\gamma = \frac{S_a}{S_a + S_b}$ 得 $S_b = \frac{1-\gamma}{\gamma} \cdot S_a$ (γ —砂率)

所以:
$$\begin{cases} S_a = \frac{1000 - (\frac{1}{\gamma_c} + \frac{1}{\gamma_Q} + \frac{w}{c}) \times c}{\frac{1}{\gamma_a} + \frac{1}{\gamma_b} \times \frac{1-\gamma}{\gamma}} \\ S_b = \frac{1-\gamma}{\gamma} \cdot S_a \end{cases}$$

3. 喷射混凝土的最佳参考配合比

(1) 干式喷射混凝土最佳参考配合比。采用干式喷射混凝土施工方法, 常采用经验配合比, 并以试配法确定其最佳配合比。为减少回弹, 干混合料每 m^3 水泥用量一般为 $250 \sim 400 \text{kg}/\text{m}^3$, 含砂率为 $45\% \sim 60\%$ 。干式喷射混凝土最佳配合比见表 5-1-105。

表 5-1-105 干式喷射混凝土最佳参考配合比

项目	配合比		
	使回弹率最小的配合比	使 28d 强度最大配合比	综合最佳配合比
水泥用量 (kg)	350	300	350
砂率 (%)	70	50	60
水灰比 ($\frac{W}{C}$)	0.60	0.40	0.50
速凝剂掺量 (%)	2	2	2
粗骨料种类	碎石	卵石	碎石
喷射面角度	90°	90°	90°
喷射距离 (cm)	70	70	70
平均回弹率 (%)	23.6 ± 6.2	47.3 ± 6.3	32.1 ± 6.3
28d 龄期平均抗压强度 (MPa)	12.23 ± 0.99	18.19 ± 0.99	12.51 ± 0.99

(2) 湿式喷射混凝土最佳参考配合比。湿式喷射混凝土一般采用水泥用量 $340 \text{kg}/\text{m}^3$, 砂率 60%, 水灰比 0.42 ~ 0.47 为最好。湿式喷射混凝土最佳参考配合比见表 5-1-106。

表 5-1-106 湿式喷射混凝土最佳参考配合比

项目	配合比			
	使回弹率最小的配合比	使 28d 强度最大配合比	使粉度最小配合比	综合最佳配合比
水泥用量 (kg/mm^3)	340	340	340	340
砂率 (%)	50	50	60	60
水灰比 ($\frac{W}{C}$)	0.47	0.42	0.47	0.42 ~ 0.47
速凝剂掺量 (%)	5	1	1.5	顶拱: 5, 侧壁: 1
缓凝剂掺量 (%)	0.2	0	0.4	0.4
砂细度模数 M_k	3.0	3.0	2.0	2.5
喷射面角度	90°	45°	90°	—

(三) 喷射混凝土的施工机具

喷射混凝土主要使用的机械有混凝土喷射机、干料拌合机、上料机、空气压缩机、油水分离器等。

1. 混凝土喷射机 混凝土喷射机按喷射方式又分为干式喷射和湿式喷射两种, 国内目前大多数采用干式喷射机。干式混凝土喷射机按其构造和工作原理, 大体分为双罐式、转子式和螺旋式三种类型, 其性能和特点如下:

(1) 双罐式混凝土喷射机。这类机械构造简单, 性能良好, 经久耐用, 能保证混凝土具有较好的匀质性和密实性。但操作比较繁杂和费力, 体积大而笨重。

(2) 转子式混凝土喷射机。这类机械操作简单, 体积小, 重量轻, 性能良好。但橡胶结合板容易磨损, 需经常更换。

(3) 螺旋式混凝土喷射机。这种机械结构简单, 体积小、重量轻, 制造容易, 成本低。

但螺旋和锥管易破损, 粉尘大。

国产喷射机的主要类型及技术性能见表 5-1-107。

表 5-1-107 国产喷射机主要类型及技术性能

项 目	单位	双 罐 式		转 子 式		螺 旋 式		
		WG-25	冶建-65	HP ₃₀ -74	SP-3	HPZ-30B	SP-2	ZPG-2
生产能力	m ³ /h	4	4	2~6	2~5	3~5	4~5	3~7
工作风压	MPa	0.12~0.60	0.12~0.60	0.1~0.5	0.1~0.5	0.1~0.6	0.3~0.5	0.3~0.5
耗风量	m ³ /min	6~8	7~8	10	6~10	7~10	5~10	7~8
集料最大料径	mm	25	25	30	25	30	25	25
输料管内径	mm	50	50	50	50	50	50	50
输送距离	水平	200	200	250	200	200	200	200
	垂直	70	70	100	60	80	60	60
电动机功率	kW	5.5	3	7.5	4	4	4	5.5
外形尺寸	长	1600	1600	1500	1390	1430	1250	1352
	宽	850	850	1000	890	868	750	774
	高	1630	1630	1600	952	1375	1435	1160
重量	kg	1100	1100	800	700	700	650	920
研制单位		焦作矿冶学院实习工厂	冶金部建筑研究总院	扬州机械厂	长沙矿冶研究院	长沙建筑机械研究所	长沙矿冶研究院	煤炭部萍乡矿务局高坑矿

2. 搅拌机 在干式喷射法中, 由于混合料为干料, 极易产生粉尘, 为减少粉尘, 施工时宜采用涡浆式强制搅拌机 (JW-375 型)。这种搅拌机密封性能好, 粉尘小, 搅拌时间短 (仅 3s 钟), 其主要性能见表 5-1-108。

表 5-1-108 JW-375 型搅拌机技术性能

项 目	单 位	指 标	项 目	单 位	指 标
投料容量	1/次	375	搅拌集料粒径	mm	40/60 (碎石/卵石)
出料容量	1/次	250	电机功率	kW	10
最大台时产量	m ³ /h	12.50	运行速度	km/h	小于 20

3. 喷射混凝土机械手 为减轻工人劳动强度和改善工作条件, 提高施工效率, 目前均采用机械手代替人工操作。机械手有 HJ-1 型简易机械手、KW-II 型液压机械手、PS-8 型机械手和 QPS-II 型汽车式机械手, 其技术性能见表 5-1-109。

表 5-1-109 喷射混凝土机械手技术性能

项 目		机 型			
		HJ-1	KM-II	PS-8	QPS-II
适应条件	喷射高度	最大 4.2m	3.6~18m ² 断面	最大 8m	最大 10.7m
	喷射宽度	最大 3~4m		最大 6.5m	最大 7m
外形尺寸 (mm)	工作	3600×750×1280	4500×2400×2700	8700×1200×2300	13950×5260×9630
	行走		4000×820×1150		9950×1600×3230
重量 (t)		0.26	0.7	5.5	8 (包括汽车)

除此之外, 还有上海水工机械厂生产的 QPS-I 型机械手, 铁道部科研单位生产的 TP-865 型机械手, 瑞典生产的罗伯特干式喷射机手等。其中 QPS-I 和 QPS-II 型机械手是安装在汽车上的一种喷射混凝土机械手, 适用于大断面水工地下洞室; 罗伯特干式喷射机, 是目前较好的一种形式, 它有一根带喷嘴的臂杆和臂杆支撑架及工人操作台, 臂杆可上下升降, 左右回转, 可延伸到相当高的距离。

4. 空气压缩机 空气压缩机是输送混合料和生产高压水的动力, 一台喷射机需配备一台不小于 9m³/min 空压机, 为保证喷射混凝土的质量, 要求空压机风量足, 风压稳定, 风压中不含有冷凝水和油类物质。

5. 油水分离器 油水分离器的主要作用是分离出压缩空气中带进的油和水, 避免油分进入拌合料内与水泥混合, 粘结在机体内或弯管处引起堵塞现象。混凝土中有油分存在也影响混凝土质量。

6. 上料装置 一般用小型皮带机或斗式上料机上料为好。

(四) 喷射混凝土施工

1. 围岩渗漏水处理 喷射混凝土之前, 应视围岩裂隙及渗漏水情况, 预先采用引排或注浆堵水。

围岩的渗漏水必须进行处理, 否则不仅会影响喷混凝土的施工作业和混凝土与围岩的粘结力, 而且还会影响工程结构的正常使用。

围岩漏水应根据不同的漏水状况, 采用不同的引排方法。

(1) 围岩大面积渗漏水引排。当围岩大面积渗漏水较多时, 采用喷射掺有速凝剂的砂浆和混凝土, 厚度 3cm, 喷射时先堵塞岩石次裂隙, 使水从主裂隙流出, 然后钻一个深 1~1.5m 的孔用于埋设引水管, 将水引到排水沟内。

(2) 成股裂隙水和明显点漏水引排。当围岩有成股裂隙水时, 在岩石表面和喷混凝土之间填以麻丝、塑料管等, 形成一个空腔排水带, 将水排至边沟中, 见图 5-1-114。

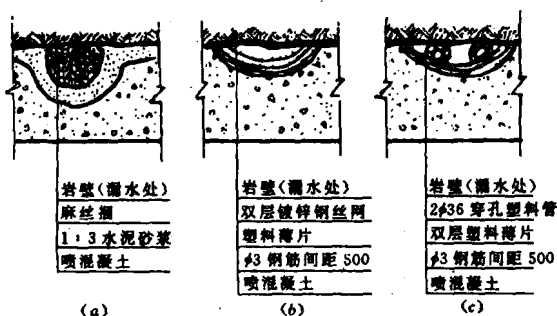


图 5-1-114 空腔排水带做法

(a) 用麻丝捆; (b) 用铅丝捆; (c) 用穿孔塑料管

当起伏不平的围岩裂隙漏水时, 可采用弹簧圈导水管排水或嵌槽排水。

弹簧导水管是由 12~18 号铁丝绕成直径 5cm 的圆柱形弹簧, 外包塑料布和铁窗纱, 具有一定弹性, 便于在裂隙中布置。布置时用快凝水泥浆将弹簧导水管固定在围岩裂隙处, 将水引至排水沟内, 见图 5-1-115。

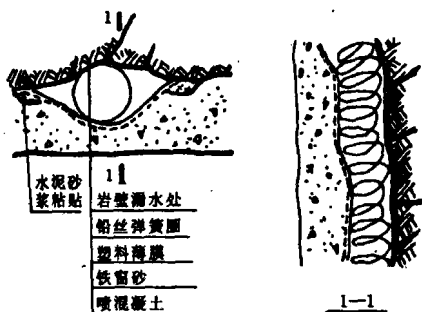


图 5-1-115 弹簧导水管示意图

采用嵌槽排水时,应先在岩石面上凿出深为 10cm 的凹槽,然后用快凝水泥浆将半圆软管固定和封严,防止喷射混凝土时水泥浆进入管内堵塞水流,见图 5-1-116。

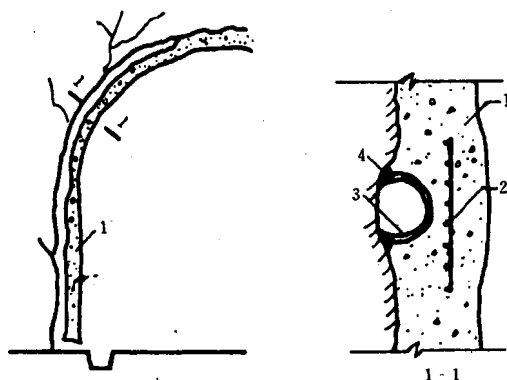


图 5-1-116 嵌槽排水示意图

1-喷射混凝土;2-加强钢筋网;3-导水管;4-快凝净浆

当围岩有明显漏水点时,可在围岩漏水处钻孔或凿槽,将水集中起来,埋入导管浆水引出,见图 5-1-117。

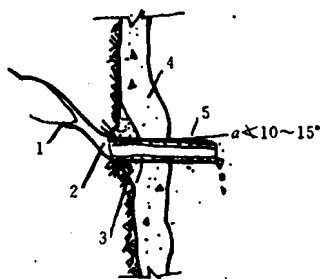


图 5-1-117 导管集中引排

1-裂隙;2-水源;3-速凝水泥浆;4-喷射混凝土;5-导水管

当涌水为集中流量较大的有压水,可采用注浆堵水和法兰管导流或二者相结合的方法,将水堵住或引入排水沟内。

2. 喷射混凝土施工方法 喷射混凝土施工有干式喷射和湿式喷射两种方法。干式喷射是将水泥、砂、石、速凝剂按一定比例干拌均匀,用微量水湿润后再用压缩空气送至喷嘴,在喷嘴处与适当水混合后喷到岩石表面。

湿式喷射工艺流程与干式喷射不同,它是将原材料湿拌均匀后再装入混凝土喷射机,然后输送到喷嘴,在喷嘴处将液体速凝剂添加进去,并用压缩空气补给能量,再喷射到岩石表面。

干式喷射和湿式喷射的工艺流程见图 5-1-118 和图 5-1-119。干式喷射混凝土的粘结力比较高,但粉尘比较大。湿式喷射主要解决喷射时粉尘较大的缺点。