

# 喷射混凝土施工技术规范 YBJ226—91

---

中华人民共和国行业标准

## 喷射混凝土施工技术规范

YBJ226—91

主编部门：冶金工业建筑研究总院

批准部门：中华人民共和国冶金工业部

施行日期：1991 年 10 月 1 日

冶金工业出版社

1991. 北京

## 关于发布行业标准《喷射混凝土

### 施工技术规程》的通知

(91) 冶建字第 241 号

由冶金工业部建筑研究总院主编的《喷射混凝土施工技术规程》，经审查，批准为行业标准 YBJ226—91，现予颁发，并自 1991 年 10 月 1 日起施行。

冶金工业部建筑研究总院为本规程的管理单位。

冶金工业部

1991 年 4 月 25 日

### 编 制 说 明

本规程系根据冶金工业部(87)冶基字第 054 号文和(90)冶建便技字第 1170 号文的要求，由我院主编。

在编制过程中，进行了广泛的调查研究，认真总结了有关经验，纳入了新的科研成果，并征求了有关单位的意见，经多次审查、修改后定稿。

在本规程执行过程中，如有问题和意见，请与冶金工业部建筑研究总院联系，以供今后修订时补充完善。本规程的条文说明仅供参考。

冶金工业部建筑研究总院

## 目 录

### 第一部分 喷射混凝土施工技术规程

第一章 总 则	4
第二章 喷射混凝土施工设备	4
第三章 喷射混凝土原材料与配合比	5
第四章 喷射混凝土施工的一般规定	6
第一节 施工准备	6
第二节 混合料的拌制与运输	7
第三节 喷射作业	8
第四节 钢筋网喷射混凝土施工	9
第五节 钢纤维喷射混凝土施工	10
第六节 喷射混凝土冬期施工	10
第七节 喷射混凝土养护	10
第五章 地下工程喷射混凝土支护施工	11
第一节 喷射混凝土施工设备布置	11
第二节 喷射混凝土施工作业面的准备	11
第三节 喷射混凝土作业	12
第四节 钢架喷射混凝土施工	12
第五节 通风防尘	13
第六章 建筑物修复加固的喷射混凝土施工	14
第七章 边坡工程的喷射混凝土施工	15
第八章 水池及薄壳结构工程的喷射混凝土施工	16
第九章 安全技术	17
第十章 质量检查与工程验收	17
第一节 质量检查	20
第二节 工程验收	20
附录一 常用混凝土喷射机技术性能	21
附录二 喷射混凝土用骨科的技术要求	22
附录三 喷射混凝土抗压强度试块制作方法	23
附录四 喷射混凝土粘结强度试验方法	23
附录五 测定喷射混凝土粉尘的技术要求	24
附录六 本规程用词说明	24

# 第一部分 喷射混凝土施工技术规程

## 第一章 总 则

第 1.0.1 条 为使喷射混凝土施工符合技术先进、经济合理、确保质量与安全的要求，特制订本规程。

第 1.0.2 条 喷射混凝土有干混合料喷射与湿混合料喷射两种施工方法。本规程是根据我国目前广泛采用的干混合料喷射施工法制订的。

第 1.0.3 条 本规程适用于各类地下工程支护，建筑物修复加固、边坡治理以及水池和薄壳结构的喷射混凝土施工。

第 1.0.4 条 喷射混凝土施工应按设计要求进行。施工前应编制施工组织设计，充分做好准备工作，以保证施工顺利进行。

第 1.0.5 条 喷射混凝土施工除应遵守本规程的规定外，还应按国家有关现行标准、规范执行。

## 第二章 喷射混凝土施工设备

第 2.0.1 条 喷射机是喷射混凝土施工的主要设备，其性能应符合下列要求：

- 一、密封性良好；
- 二、输料连续均匀；
- 三、生产能力（干混合料）为  $3\sim 5\text{m}^3/\text{h}$ ；
- 四、允许输送的骨料最大粒径为 25mm；
- 五、输料距离如下：

水平 不小于 100m

垂直向上 不小于 30m

常用喷射机的技术性能见附录一。

第 2.0.2 条 拌制干混合料宜优先采用强制式搅拌机。无条件时，亦可用自落式搅拌机。

第 2.0.3 条 向喷射机上料，它采用带振动筛的 4m 长小型皮带机。采用其他上料设备时，应满足喷射机连续均匀的输料要求。

第 2.0.4 条 施工中需配备专用空气压缩机时，应符合下列要求：

- 一、空气压缩机的排风量不应小于  $9\text{m}^3/\text{min}$ ；
- 二、风压要稳定，其波动值不应大于 0.01MPa；
- 三、压缩空气进入喷射机前，应进行油水分离；
- 四、空气压缩机至喷射机的送风管的耐压强度不应小于 0.8MPa。送风管接头应牢固可靠。

第 2.0.5 条 向喷头供水的设施应满足下列要求：

- 一、供水设施应保证喷头处的水压不小于 0.15MPa；

二、当常用供水系统的水压不能满足喷射要求时，可用水系或压力水箱向喷头供水。水泵应有回水装置。

第 2.0.6 条 输料软管应采用耐磨耐压、内径为 50mm 的胶管，其耐压强度不应小于 0.8MPa。

### 第三章 喷射混凝土原材料与配合比

第 3.0.1 条 喷射混凝土用水泥应符合下列要求：

一、优先采用普通硅酸盐水泥，也可用矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥。当有防腐或其他特殊要求时，应采用特种水泥；

二、水泥标号不得低于 325 号，其性能应符合现行水泥标准；

三、水泥进场时，应有质量证明书，并检查其品种、标号、出厂日期等。

怀疑水泥的质量或出厂超过三个月时，应复查试验，并按试验结果使用。

第 3.0.2 条 喷射混凝土用的骨料应符合下列要求：

一、细骨料应采用坚硬耐久的粗砂或中砂，细度模数不宜小于 2.5，使用时的含水率宜为 5~7%；

二、粗骨料应采用坚硬耐久的卵石或碎石，粒径不宜大于 15mm。当喷射混凝土中掺入碱性速凝剂时，不得使用含有活性二氧化硅的石材，以防发生碱骨料反应，使喷射混凝土胀裂破坏；

三、喷射混凝土用骨料的级配宜满足表 3.0.2 的要求。

喷射混凝土用骨料的技术要求见附录二。

第 3.0.3 条 喷射混凝土用水不应含有影响水泥正常凝结硬化的有害物质，不得使用污水及 PH 值小于 4 的酸性水和含硫酸盐量按  $SO_4$  计算超过水重 1% 的水。

第 3.0.4 条 在地下工程支护施工中，为使喷射混凝土快凝早强，宜在喷射混凝土中加入速凝剂。

骨料通过各筛径的累计重量百分率(%)

表 3.0.2

筛网孔径 (mm)	0.15	0.30	0.60	1.20	2.50	5	10	15
优	5~7	10~15	17~22	23~31	35~43	50~60	73~82	100
良	4~8	5~22	13~31	18~41	26~54	40~70	62~90	100

使用速凝剂应遵守下列规定:

一、速凝剂的质量应符合要求并有出厂合格证。掺入速凝剂的喷射混凝土的性能必须符合设计要求;

二、速凝剂在使用前应按出厂说明书的要求进行水泥净浆试验,其初凝时间不应大于5min,终凝时间不应超过10min;

三、粉状速凝剂在运输和存放中,应保持干燥,防止受潮变质;

四、过期或受潮变质的速凝剂不得使用。

**第3.0.5条** 喷射混凝土配合比的选择,应保证设计要求的强度等级,并有利于节约水泥和减少回弹。在特殊情况下,还应符合抗冻性、抗渗性等要求。

**第3.0.6条** 干混合料的配合比,一般按经验和试喷试验结果确定,并应符合下列规定:

一、水泥与砂石重量比宜为1:4~1:4.5;

二、砂率宜控制在45~55%;

三、水灰比宜为0.4~0.5;

四、速凝剂的掺量以水泥重量的百分比计算,一般为2~6%。最佳掺量应在施工前通过试验确定。

## 第四章 喷射混凝土施工的一般规定

### 第一节 施工准备

第4.1.1条 喷射混凝土施工现场,应作好下列准备工作:

一、拆除喷射混凝土施工作业区的障碍物,对不能拆除者,应采取保护措施,予以保护;

二、当水平喷射高度超过1.5m,或向上喷射高度超过3m时,应搭设工作台架,台架宽度不应小于1.5m,外缘必须设有栏杆;

三、喷射机司机与喷射手不能直接联系时,应配备联络信号装置;

四、喷射作业区应有良好的通风和足够的照明装置。

第4.1.2条 喷射混凝土施工设备的布置应遵守下列规定:

- 一、在条件允许的情况下，应缩短混合料搅拌机与喷射机之间的距离；
- 二、喷射机至喷射混凝土作业面之间的距离不宜大于 60m，以减少喷射作业中的堵管，提高工作效率；
- 三、使用移动式空气压缩机供风时，空压机与喷射机之间的距离不应小于 20m，以减少空气压缩机运转时噪声对喷射机操作的干扰；
- 四、使用压力水箱向喷头供水时，水箱宜置于喷射机司机视线的范围内，以便调节和控制水箱压力。

### 第二节 混合料的拌制与运输

第 4. 2. 1 条 拌制混合料时，称量（按重量计）的允许偏差应符合下列规定：

一、水泥和速凝剂均为 $\pm 2\%$ ；

二、砂、石均为 $\pm 3\%$ 。

**第4.2.2条** 干混合料搅拌时间应遵守下列规定：

一、采用容量小于400 L的强制式搅拌机拌料时，搅拌时间不得少于1min；

二、采用自落式搅拌机拌料时，搅拌时间不得少于2min；

三、采用人工拌料时，搅拌次数不得少于三次，且混合料的颜色应均匀一致；

四、混合料掺有外加剂时，搅拌时间应适当延长。

**第4.2.3条** 干混合料在运输、存放过程中，应严防雨淋、滴水及大块石等杂物混入，装入喷射机前应过筛。

**第4.2.4条** 干混合料宜随拌随用。不掺速凝剂时，存放时间不宜超过2 h；掺速凝剂时，存放时间不应超过20min。

### 第三节 喷射作业

**第4.3.1条** 喷射混凝土施工作业应遵守下列规定：

一、喷射混凝土施工作业应分段分片、自下而上依次进行；

二、分层喷射混凝土施工时，一次喷射的最大厚度不宜大于表4.3.1中的规定值；

一次喷射厚度 (mm)

表 4.3.1

部 位	掺速凝剂	不掺速凝剂
水平喷射	100	70
向上喷射	60	40

三、分层喷射时，后一层喷射应在前一层混凝土终凝后进行；若终凝1 h后再进行喷射时，应先用风水清洗喷层表面；

四、喷射中如发现混凝土表面干燥松散、下坠滑移或拉裂时，应及时清除，进行补喷。

**第4.3.2条** 喷射机司机的操作应遵守下列规定：

一、喷射作业开始前，应对喷射机进行检查和试运转；

二、喷射作业开始时，应先送风，后开机，再给料；结束时，应待喷射机和输料管内的料喷完后，再停机关风；



三、喷射机供料应连续均匀；机器正常运转时，料斗内应保持足够的存料；

四、控制适宜的喷射机工作风压。当进风管内径为 50mm 时，喷射机工作风压可参照下列经验公式确定：

1. 水平输料（输料管长度在 200mm 以内）时，喷射机压力约为：

空载压力（MPa）=0.001×输料管长度（m）

工作压力（MPa）=0.1+0.0013×输料管长度（m）

2. 向上垂直输料时，工作风压则比水平输料时大，约每增高 10m，增加 0.02~0.03MPa；

在喷射过程中，喷射机司机应与喷射手密切配合，根据实际情况及时调整喷射机工作风压；

五、喷射作业完毕或因故中断喷射时，必须清除喷射机和输料管内的存料；

六、定期对喷射机检修保养，彻底清除机内积料。

第 4.3.3 条 喷射手的操作应遵守下列规定：

一、喷射作业前，应检查喷头内的水环与输料管及喷嘴联接处是否有胶皮垫圈，连接是否紧密，严禁混合用水从连接部位漏出；

二、喷射作业开始前，应用高压风水冲洗受喷面；对遇水易潮解、泥化的岩层，则用压风清扫岩面；对于土层表面，严禁用高压风水清扫；

三、喷射作业开始时，应先给水后送料；结束时，应待风停后再关水；

四、喷射作业时，料流出口与受喷面应垂直，并保持 0.6~1.0m 的距离；

五、喷射手应控制好水灰比，保持混凝土表面平整，呈湿润光泽，无干斑或滑移流淌现象；

六、喷射时，喷头应按螺旋形轨迹（直径约 300mm）一圈压半圈地移动，以保持喷射面平整；

七、喷射作业中，如因堵管、停风、输料中断或喷射作业完毕后，应立即关闭喷头水阀，并将喷头朝下放置，以防混合用水倒流入输料管中；

八、喷射作业完毕后，喷射手应将喷头内的水环清洗干净，保持水眼畅通。

第 4.3.4 条 喷射混凝土施工时的回弹率，水平喷射时不应大于 15%，向上喷射时不应大于 25%。

### 第四节 钢筋网喷射混凝土施工

第 4.4.1 条 喷射混凝土施工中钢筋网的铺设应遵守下列规定：

一、钢筋使用前应清除污锈；

二、当受喷面为岩面时，钢筋网宜在岩面喷射一层混凝土后铺设；当受喷面为土层时，应将壁面修饰平整后，再铺设钢筋网；

三、钢筋与壁面的间距宜为 15~30mm；钢筋网格的尺寸不宜小于

150mm;

四、钢筋网应与锚杆或其他锚固件联结牢固，喷射时钢筋不得晃动；

五、采用双层钢筋网时，第二层钢筋网应在第一层钢筋网被混凝土覆盖后铺设，其位置应符合设计要求。

第 4.4.2 条 钢筋网喷射混凝土作业除应符合本章有关规定外，还应遵守下列规定：

一、开始喷射时，应减少喷头至受喷面的距离，并调节喷射角度，以保证钢筋与壁面之间混凝土的密实性；

二、钢筋被混凝土覆盖后，应加大喷射距离至规定要求，以保证喷射混凝土表面的平整度；

三、喷射中如有脱落的混凝土被钢筋网架住，应及时清除，再行补喷。

### 第五节 钢纤维喷射混凝土施工

第 4.5.1 条 钢纤维喷射混凝土的原材料除应符合本规程的有关规定外，还应符合下列规定：

一、钢纤维的抗拉强度不得低于 380MPa；

二、钢纤维的直径宜为 0.3~0.5mm，长度宜为 20~25mm；

三、钢纤维不应有明显的锈蚀和油渍，不得含有其他杂物；

四、钢纤维掺量宜为混合料重量的 3~6%；

五、粗骨料粒径不宜大于 10mm。

第 4.5.2 条 钢纤维喷射混凝土施工除应遵守本章有关规定外，还应遵守下列规定：

一、当采用强制式搅拌机拌料时，宜采用钢纤维播料机往搅拌机中添加钢纤维；当无机械播料装置时，亦可通过 20×20mm 网格的筛子，直接往自落式搅拌机的料斗中添加钢纤维，与砂石水泥一起进入搅拌机中搅拌；

二、钢纤维在混合料中应分布均匀，不得成团。

### 第六节 喷射混凝土冬期施工

第 4.6.1 条 喷射混凝土冬期施工温度应遵守下列规定：

一、喷射混凝土作业区的环境气温不应低于+5℃；

二、混合料进入喷射机时的温度不应低于+5℃；

三、喷头处拌和用水的温度不应低于+5℃。

第 4.6.2 条 冬期施工时，喷射混凝土强度在下列数值时，不得受冻：

一、普通硅酸盐水泥配制的喷射混凝土低于设计强度等级的 30%；

二、矿渣硅酸盐水泥配制的喷射混凝土低于设计强度等级的 40%。

### 第七节 喷射混凝土养护

第 4.7.1 条 一般情况下,喷射混凝土终凝后两小时,应开始喷水养护。

第 4.7.2 条 喷射混凝土的养护时间应遵守下列规定:

一、一般工程不得少于 7 昼夜;

二、重要工程不得少于 14 昼夜。

第 4.7.3 条 每昼夜喷水养护的次数,以经常保持喷射混凝土表面具有足够的潮湿状态为度。

第 4.7.4 条 气温低于+5℃时,喷射混凝土不得喷水养护。

第 4.7.5 条 喷射混凝土工程处于相对湿度在 95% 以上的环境中时,可不专门进行养护。

## 第五章 地下工程喷射混凝土支护施工

### 第一节 喷射混凝土施工设备布置

第 5.1.1 条 空气压缩机的布置除应遵守本规程的有关规定外,还应遵守下列规定:

一、对于矿山地下工程,可使用地面空气压缩机站供给压缩空气;

二、对于独立的地下工程,空气压缩机应布置于地面,并配备容积不小于 5m<sup>3</sup> 的贮气罐,以保持喷射机工作压力的稳定。

第 5.1.2 条 搅拌机的布置与混合料的运输除应遵守本规程有关规定外,还应遵守下列规定:

一、对于一般矿山地下工程,搅拌机可布置于地面,通过矿车或溜料管向喷射作业区供送混合料;也可将搅拌机布置于喷射作业区附近的洞室中;

二、对于大型地下工程,搅拌机可布置于喷射作业区附近;

三、使用溜灰管下料时,其直径宜为 100~150mm,混合料宜随用随下,以防存料堵塞溜灰管。

第 5.1.3 条 喷射机的布置除应遵守第 4.1.2 条的有关规定外,还应遵守下列规定:

一、当工作面狭窄时,喷射机可布置在较宽敞的地段,并加长输料管,进行喷射作业;

二、斜井喷射混凝土施工,一般情况下,喷射机可布置于地面或上一水平的巷道中;当条件不允许时,也可布置在专门开挖的洞室中;

三、竖井喷射混凝土施工,喷射机宜放置在地面;喷射机放置于井筒内时,应设置双层吊盘。

### 第二节 喷射混凝土施工作业面的准备

第 5.2.1 条 地下工程喷射混凝土施工现场准备除应遵守第 4.1.1 条的有关规定外,还应作好下列准备工作:

一、检查开挖断面尺寸是否符合设计要求;;

二、清除拱部和两帮的浮石及墙脚处的岩渣等堆积物;

三、埋设控制喷射混凝土厚度的标志，其纵横间距宜为 1.0~1.5m；当设有锚杆时，也可用锚杆露出岩面的长度，作为控制喷层厚度的标志。

第 6.2.2 条 受喷面有淋水、滴水时，喷射作业前，应按下列方法做好治水工作：

- 一、有明显出水点时，可埋设导管排水；
- 二、导水效果不好的含水岩层，可设盲沟排水；
- 三、竖井淋帮水，可设截水圈排水；

四、对于无明显出水点的潮湿岩面，喷射作业时，可在混合料中掺加速凝剂，适当减小水灰比和加大喷射时的风压进行处理。

### 第三节 喷射混凝土作业

第 5.3.1 条 水平巷道与斜井的喷射混凝土施工作业顺序应是先墙后拱，同时尚应遵守下列规定：

一、喷墙时，在划定的区段内，喷射作业应从墙脚开始，自下而上分片进行；

二、喷拱时，在划定的区段内，喷射作业应从拱脚向拱顶分片进行。

第 5.3.2 条 洞室喷射混凝土施工时，喷射作业顺序应遵守下列规定：

一、洞室喷射混凝土施工顺序应与开挖顺序相适应；

二、当全断面开挖洞室时，喷射顺序可遵照第 5.3.1 条的规定；

三、当分部开挖洞室时，在开挖部位内，亦应遵循先墙后拱，自下而上的喷射原则。

第 5.3.3 条 竖井喷射混凝土支护施工应遵守下列规定：

一、竖井喷射混凝土支护施工应与开挖交叉进行，喷射区段高度宜与掘进段高度相同；

二、在每一区段高度内，可分成 1.5~2.0m 高的小段，各小段的喷射作业应由下而上进行。

第 5.3.4 条 喷射混凝土支护紧接开挖工作面施工时，混凝土终凝到下一循环的放炮时间不应小于 3h。

第 5.3.5 条 喷射混凝土支护设计厚度变化处，厚度较大部位的支护应向厚度较小部位延伸 2~3m。

### 第四节 钢架喷射混凝土施工

第 5.4.1 条 架设钢架应遵守下列规定：

一、钢架立柱埋入底板的深度应符合设计要求，并不得置于浮碴上；

二、钢架与壁面之间必须楔紧，相邻钢架之间应连接牢靠。

第 5.4.2 条 采用先架设钢架后敷设钢筋网的钢架喷射混凝土施工时，钢筋网片与壁面之间的间距宜为 30mm。

第 5.4.3 条 钢架喷射混凝土除应遵守本规程有关规定外，还应遵

守下列规定：

- 一、钢架与壁面之间的间隙，必须用喷射混凝土充填密实；
- 二、喷射顺序是先喷射钢架与壁面之间的混凝土，后喷射钢架之间的混凝土；
- 三、除可缩性钢架的可缩节点部位外，钢架应被混凝土覆盖。

### 第五节 通风防尘

第 5.5.1 条 喷射混凝土施工中，宜采用下列方法减小粉尘浓度：

- 一、在保证喷射作业顺利的前提下，增加骨料含水率；
- 二、在距喷头 5m 左右处增加一个水环，采用双水环加水；
- 三、在喷射机或混合料搅拌处，设置集尘器；
- 四、在粉尘浓度较高地段，设置除尘水幕；
- 五、加强喷射混凝土作业区的局部通风。

第 5.5.2 条 喷射混凝土施工作业区的局部通风应遵守下列规定：

- 一、在贯通巷道中，宜采用抽出式通风；
- 二、在独头巷道中，应采用压入式和抽出式联合的通风方式；
- 三、风机距喷射混凝土施工作业面的距离宜为 10~20m。

第 5.5.3 条 喷射混凝土作业区的粉尘浓度不应大于  $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。施工中应定期测定作业区的粉尘浓度。测定次数每 10 个喷射作业班不得少于一次。

测定喷射混凝土施工粉尘的技术要求见附录五。

## 第六章 建筑物修复加固的喷射混凝土施工

第 6.0.1 条 建筑物修复加固的喷射混凝土施工用原材料除应遵守第三章有关规定外，还应符合下列要求：

- 一、优先选用 425 号以上的普通硅酸盐水泥；
- 二、采用坚硬耐久的卵石或碎石和质地纯净的中、粗砂。石子的粒径不宜大于 12mm；
- 三、向上喷射作业时，混合料中宜掺入质量符合要求的速凝剂；
- 四、干混合料中的水泥与砂石重量比宜为 1: 3.5~4.0。

第 6.0.2 条 喷射面的处理应遵守下列规定：

- 一、清除喷射面上的所有污物及其它积聚物；
- 二、应铲除建筑物表面的抹灰层，并对混凝土表面凿毛处理；
- 三、凿除建筑物表面酥松层和碳化严重的混凝土层；
- 四、将建筑物表面的裂缝和孔洞部位凿成“V”形缺口，开口向外；
- 五、建筑物表面有渗、漏水时，应事先做好治防水工作；
- 六、对锈蚀较严重的结构钢筋，喷射混凝土前应做好除锈防锈处理。

第 6.0.3 条 钢筋的铺设除应符合本规程有关要求外，尚应遵守

下列规定：

- 一、钢筋搭接、绑扎应符合有关国家现行规范的要求；
- 二、新设钢筋应与原结构钢筋焊接；
- 三、墙面铺设的单面钢筋网，应采用锚固件固定于墙体或焊接在原有钢筋上，当墙体两面均设有钢筋网时，可用对穿钢筋将网片固定。每平方米墙面至少应有一个固定点。

第 6. 0. 4 条 梁、柱等构件棱角处支设模板应符合下列规定：

- 一、模板尺寸应符合设计要求，内表面应光滑平整，还应涂刷脱模剂；
- 二、模板支设应牢固，喷射混凝土施工作业时不得晃动；
- 三、模板露出构件表面的宽度应为喷射混凝土的厚度。

第 6. 0. 5 条 喷射混凝土施工作业除应符合本规程有关要求外，还应遵守下列规定：

- 一、喷射作业前，应检查喷射面的凿除和模板支设是否符合要求；
- 二、喷射前，应将喷射面上的粉尘、浮碴等物冲洗干净，并保持表面湿润状态；
- 三、喷射墙面和柱子时，应自下而上顺序进行；
- 四、对有较大蜂窝、孔洞的结构，喷射作业时应先喷孔洞和凹穴处，然后再喷其它部位。

第 6. 0. 6 条 喷射混凝土表面的修整应在混凝土初凝以后进行。修整时不得扰动新鲜混凝土的内部结构及其与结构面的粘结。

第 6. 0. 7 条 喷射混凝土厚度的控制可采用下列措施：

- 一、梁、柱结构可用模板露出结构面的宽度作为控制混凝土厚度的标志；
- 二、墙、板等大面积喷射作业，应在受喷面上埋设控制混凝土厚度的标志，其纵横间距为 1.0~1.5m；
- 三、喷射作业中亦可用针探法随时进行检测，发现厚度不够应及时补喷。

## 第七章 边坡工程的喷射混凝土施工

第 7. 0. 1 条 岩石边坡表面处理应遵守下列规定：

- 一、新开挖的岩石边坡宜采用预裂或光面爆破，以减少对边坡岩石的损伤和获得较平整的喷射面；
- 二、自然边坡应将基岩面整平，并将表面活石、浮碴等覆盖物清除干净；
- 三、清除坡脚处的岩渣等堆积物。

第 7. 0. 2 条 土层边坡表面处理应遵守下列规定：

- 一、新开挖的土层边坡，其坡度应符合设计要求；
- 二、自然边坡应清除坡面浮土、杂草等松散物并将坡面压实。

第 7.0.3 条 边坡工程喷射混凝土施工应做好下列准备工作:

- 一、按设计要求做好边坡的排水沟;
- 二、岩石边坡,喷射前应用高压风水冲洗岩面,对遇水易解、泥化的岩层则应用高压风吹除岩面上的浮渣和灰尘;
- 三、埋设控制混凝土厚度的标志及设计规定的泄水孔;
- 四、边坡表面喷射前应保持湿润。

第 7.0.4 条 边坡工程喷射混凝土施工除应遵守本规程有关规定外,尚应遵守下列规定:

- 一、喷射作业应从坡底开始自下而上分段分片依次进行;
- 二、喷射较平缓的坡面时,应防止喷射混凝土中的回弹物积于坡面产生夹层;
- 三、严禁在冻土和松散土面上喷射混凝土;
- 四、当遇到下列情况时,应暂时停止喷射作业:
  1. 大风阻碍喷射作业时;
  2. 气温达到冬期施工温度,而又无防寒措施时;
  3. 雨水会冲刷新喷混凝土时。

## 第八章 水池及薄壳结构工程的喷射混凝土施工

第 8.0.1 条 水池池壁喷射混凝土施工用原材料,除应符合本规程有关规定外,尚应遵守下列规定:

- 一、水泥标号不宜低于 425 号。在受冻融和侵蚀性介质作用时,应优先选用普通硅酸盐水泥,而不宜采用火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥;
- 二、石子吸水率不得大于 1.5%;
- 三、干混合料中的灰砂比应为 1:1.5~1:2.5。

第 8.0.2 条 水池池壁喷射混凝土施工应遵守下列规定:

- 一、喷射混凝土直接与岩石或土层接触时,喷射面的处理应遵照本规程第七章的有关规定;
- 二、在砖砌池壁上制作喷射混凝土内衬时,喷射前应将砌体表面清理干净并用水充分湿润;
- 三、当池壁配有钢筋时,钢筋网应与喷射面固定牢固。当配有双层钢筋网时,第二层钢筋网应在第一层钢筋网被混凝土覆盖后铺设;
- 四、水池底板为浇筑混凝土时,池壁施工缝应留在高出底板上表面不小于 200mm 的墙体上,并留成斜坡状;
- 五、池壁喷射混凝土前,应将接缝处松散混凝土清除干净。

第 8.0.3 条 薄壳结构喷射混凝土施工的模板及其支架应符合下列规定:

- 一、保证薄壳结构形状、尺寸和相互位置的正确性;

二、具有足够的强度、刚度和稳定性，能可靠地承受喷射混凝土的重量及施工过程中所产生的荷载；

三、模板接缝应严密，不得漏浆；

四、模板表面应涂隔离剂，妨碍装饰工程的隔离剂不宜使用。

第 8.0.4 条 薄壳结构铺设钢筋网应遵守下列规定：

一、钢筋网的制作与安装应符合设计要求；

二、为保证混凝土保护层的厚度，应在钢筋下设置水泥砂浆垫块或塑料卡；

三、铺设双层钢筋时，应采用短钢筋将两层钢筋网焊接固定，短钢筋的纵横间距为 1.0~1.5m。

第 8.0.5 条 薄壳结构喷射混凝土施工除应符合本规程第四章有关要求外，尚应遵守以下规定：

一、筒形薄壳，应沿其长度方向自拱脚向拱顶对称分段进行喷射作业；

二、球形薄壳，应自壳体底部向壳顶呈螺旋状绕壳体喷射；

三、扁壳结构，应从四角开始分别对称地向壳顶进行喷射作业；

四、多跨连续薄壳，可自中央跨开始或自两边跨向中央对称逐跨喷射，每跨按单跨程序施工；

五、在喷射混凝土施工过程中，应用压风及时将待喷面上的回弹物吹除干净。

第 8.0.6 条 薄壳结构施工，应按以下方法严格控制喷射混凝土的厚度：

一、用与壳体相同强度等级和同等厚度的混凝土块固定在模板上，其每平方米面积不应少于一个点；

二、在模板上按不同部位的混凝土厚度安设标柱，其纵横间距为 1~2m；

三、在喷射混凝土施工过程中，用钢制探针随时检查喷射混凝土的厚度是否符合设计要求。

## 第九章 安全技术

第 9.0.1 条 喷射混凝土施工前，应认真检查和处理喷射混凝土作业区的危石和其它危险物件。

第 9.0.2 条 施工机具应布置于安全地带，严禁放置在危石地段或不坚实的地面及可能坍塌的边坡上。

第 9.0.3 条 不良围岩地下工程喷射混凝土支护施工，应遵守下列规定：

一、喷射混凝土支护必须紧跟开挖工作面；

二、应先喷后锚，喷射混凝土厚度不应小于 50mm，含水岩层中不应小于 80mm。锚杆施工应在喷射混凝土终凝后 3h 进行；



三、喷射作业中，应设专人随时观察围岩变化情况。

第 9.0.4 条 施工中，应定期检查电源线路和设备的电器部分，确保用电安全。

第 9.0.5 条 喷射机、水箱、风包等设备应进行密封性能和耐压试验，合格后方可使用。

第 9.0.6 条 喷射混凝土施工作业中，应经常检查出料弯头，辅料管和管路接头等有无磨薄、击穿或松脱现象，发现问题及时处理。

第 9.0.7 条 设备外露的传动部分必须设置保护罩。

第 9.0.8 条 处理机械故障时，必须断电、停风，向设备送电、送风前，应通知有关人员。

第 9.0.9 条 喷射混凝土施工中处理堵管时，应遵守下列规定：

- 一、发现堵管时，应立即停风关机；
- 二、先锤击胶管堵塞部位，使堵塞的混合料松散，并尽可能拉直胶管；
- 三、用压风疏通管路时，工作压力不得超过 0.4MPa。喷射手应紧按喷头，其前方严禁站人。

第 9.0.10 条 喷射混凝土施工用的工作台架，必须牢固，并应设置安全栏杆。

第 9.0.11 条 喷射混凝土施工作业人员工作时，必须佩戴安全帽、防尘口罩等劳保用品。

第 9.0.12 条 施工操作人员的皮肤应避免与速凝剂等刺激性物质直接接触。

第 9.0.13 条 钢纤维喷射混凝土施工中，应采取措施，防止钢纤维扎伤操作人员。

第 9.0.14 条 非施工作业人员不得进入正进行喷射混凝土施工的作业区。

## 第十章 质量检查与工程验收

### 第一节 质量检查

第 10.1.1 条 喷射混凝土的原材料与混合料的检查应遵守下列规定：

- 一、每批材料到达工地后，应进行质量检查与验收；
- 二、混合料的配合比及称量偏差，每班至少检查一次，条件变化时，应及时检查；
- 三、混合料搅拌的均匀性，每班至少检查两次。

第 10.1.2 条 检查喷射混凝土的抗压强度应遵守下列规定：

一、喷射混凝土必须做抗压强度试验；当设计有其他要求时，还应增做相应性能的试验；

二、检查喷射混凝土抗压强度所需试块应在工程施工中制取。试块数量，每喷射 50~100m<sup>3</sup>混合料或小于 50m<sup>3</sup>混合料的独立工程不得少于一组，每组

试块不应少于三个;当材料或配合比变更时,应另作一组;

三、喷射混凝土抗压强度系指在一定规格的喷射混凝土板件上,切割制取边长为 100mm 的立方体试块,在标准养护条件下养护 28 天,用标准试验方法测得的极限抗压强度乘以 0.95 的系数。喷射混凝土抗压强度标准试块的制作方法见附录三;

四、喷射混凝土同组立方体试块应在同一个喷射混凝土板件上制作。对有明显缺陷的试块应予舍弃;

五、抗压强度试验时,加荷方向应与试块喷射成型方向垂直。

第 10.1.3 条 喷射混凝土每组(三块)试块的抗压强度代表值应按下列规定确定:

一、取三个试块试验结果的平均值作为该组试块强度的代表值,其单位为兆帕;

二、当三个试块中的最大或最小的强度值与中间值相比超过15%时，以中间值代表该组混凝土试块的强度值；当三个试块中的最大或最小值与中间值之差均超过中间值的15%时，该组试块的强度值不应作为评定的依据。

**第10.1.4条** 喷射混凝土抗压强度验收评定应符合下列规定：

一、原材料和配合比基本一致的喷射混凝土才能组成同一验收批。同一验收批的喷射混凝土强度应以同批内全部标准试块的强度代表值来评定；

二、重要工程的喷射混凝土，应用数理统计方法按下述条件评定：

$$1. mf_{Cu} - \lambda_1 S f_{Cu} \geq 0.9 f_{Cu, K} \quad (10.1.4-1)$$

$$2. f_{Cu, min} \geq \lambda_2 f_{Cu, K} \quad (10.1.4-2)$$

式中  $mf_{Cu}$ ——同一验收批混凝土试块强度的平均值 (MPa)；

$f_{Cu, K}$ ——喷射混凝土设计抗压强度 (MPa)；

$\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ——合格判定系数，按表10.1.4取值；

合格判定系数值

表 10.1.4

试块组数	10~14	15~24	$\geq 25$
$\lambda_1$	1.70	1.65	1.60
$\lambda_2$	0.9	0.85	

$S f_{Cu}$ ——同一验收批混凝土试块强度的标准差 (MPa)；

$f_{Cu, min}$ ——同一验收批混凝土试块强度中最小一组值 (MPa)。

当同批试块的组数大于10时，可按  $mf_{Cu} \geq 1.15 f_{Cu, K}$  及  $f_{Cu, min} \geq 0.95 f_{Cu, K}$  验收评定。

三、一般工程的喷射混凝土评定条件为：

$$1. mf_{Cu} \geq f_{Cu, K} \quad (10.1.4-3)$$

$$2. mf_{Cu, min} \geq 0.85 f_{Cu, K} \quad (10.1.4-4)$$

**第10.1.5条** 喷射混凝土厚度宜通过在受喷面上埋设标桩或其他标志控制，也可在喷射混凝土凝结前用针探法检查，必要时，可用钻孔法或钻芯法按下列规定检查喷射混凝土的厚度：

一、地下工程支护检查喷层厚度的断面数量，按表10.1.5确定。但每个独立工程检查数量不得少于一个断面；每一个断面的检查点应从拱部中线起，每2~3m设一个，但一个断面上拱部不应少于3个点，总计不应少于5个点。

**地下工程喷射混凝土支护厚度检查断面间距**      **表 10.1.5**

巷道或隧洞跨度 (m)	间距 (m)	竖井直径 (m)	间距 (m)
<5	30~40	<5	20~30
5~10	20~30	5~8	10~20
>10	10~15		

二、边坡加固工程喷射混凝土厚度按每150~200m<sup>2</sup>面积，随机取点不少于10个进行检查。喷射面积小于150m<sup>2</sup>的独立工程不得少于一组（10个点）；

三、合格评定条件是每个断面上或每组（10个点）60%检查孔处的喷层厚度不应小于设计厚度，最小值不应小于设计厚度的50%；同时，检查孔处喷射混凝土厚度的平均值不应小于设计厚度。

**第10.1.6条** 喷射混凝土的外观应符合下列规定：

- 一、地下工程的断面尺寸应符合设计要求；
- 二、喷层不再扩展或危及使用安全的裂缝；
- 三、无漏喷和离鼓现象；
- 四、有防水要求的工程不得漏水。

## 第二节 工程验收

**第10.2.1条** 工程验收时应提供下列资料：

- 一、原材料出厂（场）合格证，工地材料试验报告和代用材

附录一 常用混凝土喷射机技术性能

指 标	单 位	转 盘 式			转 子 式		双 罐 式
		SP-2	HP2-30B	ZP-IV	PH <sub>30</sub> -74	HP-III	
生产能力	m <sup>3</sup> /h	4~5	3~5	4~5	2~6	4~5	4
工作压力	MPa	0.3~0.5	0.1~0.6	0.12~0.4	0.1~0.5	0.1~0.6	0.1~0.6
耗风量	m <sup>3</sup> /min	5~10	10	5~8	10	10	7~8
骨料最大粒径	mm	25	30	19	30	30	25
输料管内径	mm	50	50	50	50	50	50
电机容量	kW	4	4	3	7.5	5.15	2.8
最大水平输送距离	m	200	200	200	250	250	200
最大向上垂直输送距离	m	60	80	50	100	100	70
自重	kg	650	700	510	800	900	1100
外型尺寸 (长×宽×高)	mm	1250×750×1435	1430×868×1375	1026×754×1167	1500×1000×1600	1500×800×1740	1600×850×1630
研制或生产单位		长沙矿山研究院	常德机械厂	江西省煤矿机械厂	扬州机械厂	上海水工机械厂	冶金工业部建筑研究院

## 附录二 喷射混凝土用骨料的技术要求

项	目	子		
		碎石	卵石	砂子
强度	以岩石试块（边长 $\geq 5\text{cm}$ 的立方体）在饱和状态下的抗压强度与喷射混凝土设计强度之比不小于（%）	200		
	软弱颗粒含量按重量计不大于（%）		5	
	针状，片状颗粒含量按重量计不大于（%）	15	15	
	泥土杂物含量（用冲洗法试验）按重量计不大于（%）		1	3
	硫化物和硫酸盐含量（折算 $\text{SO}_3$ ）按重量计，不大于（%）	1	1	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，则以喷射混凝土进行强度试验加以复核。		

注：1. 有抗冻性要求的喷射混凝土所用的碎石和卵石，除符合上述要求外应有足够的坚实性，在硫酸钠溶液中浸至饱和又使其干燥循环，试验5次后，其重量损失不得超过10%；

2. 石子中不得混进被磨过的白云石或石灰石块。碎石中不宜含有石粉，卵石中也不得含有粘土团块或冲洗不掉的粘土薄膜。

料试验报告；

二、喷射混凝土施工记录；

三、喷射混凝土强度、厚度、外观尺寸等的检查和试验报告；

- 四、地下工程与边坡工程施工期间的地质素描图；
- 五、隐蔽工程验收记录；
- 六、设计变更报告及重大问题处理文件；
- 七、竣工图。

### 附录三 喷射混凝土抗压强度试块制作方法

在施工现场中，先将混凝土喷制成大板，然后用此板切割成边长为 100mm 的立方体试块。具体步骤和要求如下：

一、制作长、宽、高分别为 450、350、120mm 的木模，其中一小边为敞开状，以利回弹物溅落；

二、将木模敞开一边朝下，以 80 度（与水平夹角）左右立于墙脚，放置牢靠；

三、先在木模附近的墙上喷射，待喷嘴出料正常，水灰比适宜后，将喷嘴移至木模处，由下而上逐层向木模内喷满混凝土；

四、将喷满混凝土的木模小心移至安全地方，用抹刀轻轻将混凝土表面刮平；

五、在现场潮湿环境（冬天不得受冻）养护一昼夜后脱膜，将混凝土大板移至试验室，在标准条件下养护 7 天后，用带有金刚石圆盘锯片的切割机，切去大板周边（宽约 50mm 左右），并将余下部分加工成边长为 100mm 的立方体试块。每个大板可加工立方体试块 6 个；

六、将切割成的立方体试块继续在标准条件下养护至 28 天龄期，进行抗压强度试验。

### 附录四 喷射混凝土粘结强度试验方法

#### 一、喷射混凝土与岩石表面粘结强度试验

在  $450 \times 350 \times 100\text{mm}$  的木模内，放置厚度为 50mm 左右的岩石板。岩石板与喷射混凝土接触面的粗糙度应和实际工程岩面相似。喷射前用水将岩板表面冲洗干净，然后用喷制抗压强度大板的相同方法，向岩板表面喷射混凝土直至将木模喷满后，连同木模一起在与实际结构物相同条件下，养护 21d 后，用切割法加工成边长为 100mm 的立方体试块，待试块达到 28d 龄期时，用劈裂法求得喷射混凝土与岩面的粘结强度。

#### 二、喷射混凝土与旧混凝土表面的粘结强度试验

试块制作和试验方法基本上同于喷射混凝土与岩石表面粘结强度的试验。旧混凝土用尺寸为  $450 \times 350 \times 50\text{mm}$  的现浇混凝土小板，其受喷面的状况与实际混凝土结构表面相同，喷射前混凝土板面要充分湿润。

## 附录五 测定喷射混凝土粉尘的技术要求

### 一、测尘仪器

测尘采用滤膜称量法。采样器宜使用DCH型轻便式电动测尘仪。

### 二、采样点的位置

采样点的位置及取样数量的要求见附表5.1；

喷射混凝土粉尘采样点及位置		附表 5.1
采样地点	位 置	采样数 (个)
喷头附近	距喷头5m，离底板1.5m处，下风向设点	3
喷射机附近	距喷射机1m，离底板1.5m处，下风向设点	3
洞内拌料处	距拌料处2m，离底板1.5m处，下风向设点	3
喷射作业区	巷道（隧洞）中间，离底板 1.5m 处，作业区下风向设点	3

### 三、采样时间

粉尘采样应在喷射混凝土作业正常，粉尘浓度稳定（正常喷射约15~30min）后进行。每个试样测取粉尘的时间，不得少于3min。

### 四、粉尘浓度合格标准

占总数80%测点试样的粉尘浓度应达到本规程的要求，其他试样不应超过20mg/m<sup>3</sup>。

## 附录六 本规程用词说明

本规程的条文中，要求严格程度的用词说明如下，以便在执行时区别对待。

一、表示很严格、非这样作不可的用词：正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

二、表示严格，在正常情况下均应这样作的词：正面词采用“应”，反



面词采用“不应”或“不得”。

三、对表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样作的用词：正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”。

# 喷射混凝土施工技术规范

YBJ 226-91

## 条文说明

### 目 录

第一章 总 则	27
第二章 喷射混凝土施工设备	28
第三章 喷射混凝土原材料与配合比	29
第四章 喷射混凝土施工的一般规定	30
第一节 施工准备	30
第二节 混合料的拌制与运输	30
第三节 喷射作业	31
第四节 钢筋网喷射混凝土施工	32
第五节 钢纤维喷射混凝土施工	33
第六节 喷射混凝土冬期施工	34
第七节 喷射混凝土养护	34
第五章 地下工程喷射混凝土支护施工	34
第一节 喷射混凝土施工设备布置	34
第二节 喷射混凝土施工作业面的准备	35
第三节 喷射混凝土作业	35
第四节 钢架喷射混凝土施工	36
第五节 通风防尘	37
第六章 建筑物修复加固的喷射混凝土施工	38
第七章 边坡工程的喷射混凝土施工	40
第八章 水池及薄壳结构喷射混凝土施工	41
第九章 安全技术	42
第十章 质量检查与工程验收	43
第一节 质量检查	43
第二节 工程验收	44
本规程主编单位和主要编写人名单	

## 第一章 总 则

第 1.0.2 条 喷射混凝土有干混合料喷射与湿混合料喷射两种施工方法,简称干喷法与湿喷法。我国自 60 年代初研究成功干喷法施工工艺后,在工程建设,特别是地下工程支护施工中得到了迅速广泛的应用。适用于该法的各类喷射机和速凝剂相继问世,并以定型产品的形式供给用户。为了克服干喷法施工中回弹较多,粉尘较大的缺点,70 年代初,国内一些单位开始研究试用湿喷法,但因湿混合料在管路中输送距离短、设备和工艺较复杂,添加速凝剂困难,不适合在含水表面上喷射等缺点,未能在施工中广泛应用。鉴于上述情况,本规程是根据我国目前广泛采用的干喷法施工的要求制订的。

第 1.0.3 条 喷射混凝土施工技术在我国首先是从地下工程开始应用的,随着该项技术的发展和人们对其特点的进一步认识,它的使用领域也不断扩大。除大量用于地下工程支护施工外,近十多年来,还广泛用于砖石和混凝土建筑物、结构物的修复与结构补强、水池和薄壳结构施工以及边坡治理和深基坑护壁等。本规程是总结了喷射混凝土施工技术在上述各类工程中应用情况和经验的基础上编制的,因此它适用于各类地下工程支护,建筑物的修复加固、边坡治理、深基坑护壁及水池和薄壁结构的喷射混凝土施工。

第 1.0.5 条 除本规程的规定外,喷射混凝土施工还会涉及普通钢筋混凝土工程施工、地下工程开挖以及边坡稳定等技术领域,因此,本条规定喷射混凝土施工除应遵守本规程外,尚应执行国家现行的有关规范或规程。

## 第二章 喷射混凝土施工设备

第 2.0.1 条 喷射机是实现喷射混凝土工艺全过程的主要设备。目前国内已有多种定型产品。如冶建 65 型双罐式喷射机;PH30—74 型转子式喷射机;SP—2、SP—3 型转盘式喷射机;HPH—6B 型、CP—1 型喷射机等。这些不同型号的喷射机,各有其特点,可根据施工需要,选择使用。本条规定的对选用喷射机性能的五点要求就是为了:

- 一、减少喷射混凝土施工中的回弹率;
- 二、降低喷射作业面空气中的粉尘浓度;
- 三、提高喷射混凝土施工作业效率;
- 四、提高喷射混凝土工程质量,降低工程造价。

第 2.0.2 条 喷射混凝土施工实践表明,良好的干混合料拌和质量,是保证喷射机向输料管均匀连续送料、混合料送到喷头处与水混合均匀、减少回弹和粉尘、提高喷射混凝土质量的重要一环。本条规定干混合料的拌和应优先使用强制式搅拌机,就是为了避免干混合料搅拌时的粉尘飞扬

和水泥散失，保证喷射混凝土质量。

当没有强制式搅拌机时，也可以在通风良好的场地使用自落式搅拌机。此时，在保证顺利喷射的情况下，可适当加大砂石含水率，以减少搅拌时的水泥飞扬和散失。

第 2.0.3 条 本条规定采用小型机械上料的目的是：

- 一、保证往喷射机供料连续均匀；
- 二、上料设备带振动筛，以防止大颗粒骨料或杂物进入喷射机中；
- 三、减轻上料工人的劳动强度。

当然，在没有上料机械的情况下，也可以采用人工上料，但必须做到：干混合料通过筛网进入喷射机；供料连续均匀。

第 2.0.4 条 喷射混凝土施工中当需要配置专用空气压缩机时，其排风量不能小于  $9\text{m}^3/\text{min}$ ，这是由喷射机的输送能力所决定的。同时，风压也应该满足喷射混凝土施工要求。实践表明，风压和风量不足，易产生堵管，影响喷射作业的顺利进行，也会减弱料流的冲击捣实力，混凝土的密实性就差。

喷射混凝土施工过程中，工作风压波动过大，势必造成料流在输料管路中的速度时大时小，这种料流送到喷头处遇水也难以混合均匀，喷射手也难以调节水灰比，使得新鲜混凝土干湿不均，质量除劣。因此，本款规定，喷射机工作时，空气压缩机的风压要尽量保持稳定，其波动值不宜大于  $0.01\text{MPa}$ 。这在空气压缩机站集中供风的情况下，因有大型贮存气罐进行调节，是不成问题的。但在使用专用空气压缩机供风的情况下，这一条是绝不能忽视的。

压缩空气中有少量的油水混合物。如果不将其分离出去，势必影响混凝土质量和施工的顺利进行。因此，本款规定，压风进入喷射机前必须进行油水分离。

第 2.0.5 条 喷头供水压力适宜，是保证干混合料与水混合均匀的重要条件。实践和理论分析表明。混合水的最低压力应比喷头处料流的压力大  $0.05\text{MPa}$  左右，以保证压力水穿透料流与混合料混合均匀。喷头料流的压力，一般在  $0.1\text{MPa}$  左右。为此，本条规定喷头处的水压不应小于  $0.15\text{MPa}$ 。

### 第三章 喷射混凝土原材料与配合比

第 3.0.1 条 由于普通硅酸盐水泥较其他常用水泥的凝结时间快，早期强度高，且与各种类型的速凝剂有良好的相溶性，因此本条规定喷射混凝土施工应优先选用普通硅酸盐水泥。当地下水或环境水中含有硫酸盐腐蚀介质或工程的设计有其他特殊要求时，可采用特种水泥。

第 3.0.2 条 采用中粗砂及细度模数大于 2.5 的规定不仅为了保证混凝土的质量，也是为了减少施工中的粉尘和喷射混凝土的硬化收缩；砂

子的含水率控制在 5~7%，主要是为了减少材料搅拌时水泥的飞扬，降低粉尘，也有利于在喷嘴加水能与材料均匀混合，提高喷射混凝土的施工质量。

尽管目前常用喷射机均可使用最大粒径为 25mm 的粗骨料，但是为了减少回弹和管路堵塞，采用粒径较小的粗骨料更为有利。因此，本条规定骨料的粒径不宜大于 15mm。

在地下工程进行喷射混凝土支护或向上进行喷射混凝土施工时，为使混凝土快凝早强，常需在喷射混凝土中掺入速凝剂。目前使用的速凝剂均具有较强的碱性，若采用含有活性二氧化硅的石材。如蛋白石、玉髓、燧石、硅质石灰石、流纹石、安山凝灰岩等作为粗骨料，就容易产生碱骨料反应，使喷射混凝土出现胀裂破坏。

第 3.0.4 条 在地下工程喷射混凝土支护施工中，为了尽快获得支护抗力，控制围岩的变形发展，防止岩块的掉落与塌方以及增大一次喷射厚度，缩短分次喷射的间歇时间，宜在喷射混凝土中掺入速凝剂，以加速喷射混凝土的凝结、硬化速度，提高早期强度。

掺入速凝剂虽然可使喷射混凝土达到快凝早强的要求，但也会使喷射混凝土的 28 天强度有所降低。与不掺速凝剂的情况相比，降低幅度为 10~30%，因此在某些情况下，建议尽量不掺速凝剂。

第 3.0.5 条 目前我国市场上出售的速凝剂型号主要有 711 型、红星 I 型、782 型和高效 782 型等，此外还有一些单位自己生产的各种型号的速凝剂。从工程设计和施工要求来讲，它们应该使喷射混凝土快凝早强，后期强度损失少，对钢筋不产生腐蚀，对大多数常用水泥相容性好，对环境温度变化不太敏感，对人体接触无多大腐蚀性等。因此规定速凝剂的质量应符合要求并有出厂合格证。

速凝剂的使用效果与水泥的品种标号、新鲜程度、施工温度以及速凝剂的类型和掺量等因素有关。因此当选定一种速凝剂后，在使用前应根据施工中所用的水泥和气温，按照该速凝剂使用说明书的要求进行水泥净浆试验。在满足初凝时间不大于 5 分钟，终凝不超过 10 分钟的要求下，确定速凝剂的适宜掺量，以达到既节省材料，又符合施工要求的良好效果。

目前常用的粉状速凝剂极易吸湿变质。速凝剂受潮变质后，会降低其使用效果，甚至完全失效。为此本条规定，粉状速凝剂在运输和存放中应保持干燥，并不得损坏包装，以防受潮变质。

第 3.0.7 条 由于喷射混凝土施工过程中存在回弹这一特殊现象，致使最终形成的混凝土中各材料的比例与干混合料配合比不一样。而这种差别的大小又往往受喷头操作者的人为因素所制约。因此目前干混合料的配合比还无法进行理论设计。实际施工中只能按一般经验和试喷试验确定干混合料的配合比。为此，本条规定给出了一般情况下水泥与骨料的重量比和砂率范围。水灰比的大小是由操作喷头者，根据喷射情况和混凝土表面状态凭经验来控制的。当喷射时粉尘和回弹较少，喷射混凝土表面平整，呈

水亮光泽，无干斑和滑移流淌现象时，经测定，此时混凝土的水灰比为0.4~0.5。

## 第四章 喷射混凝土施工的一般规定

### 第一节 施工准备

第4.1.1条 本条第一款拆除喷射作业面的障碍物是指照明电线、动力电缆及妨碍喷射作业的手脚手架等，此规定主要是保证喷射作业的顺利进行及喷射混凝土的质量。

本条第二款的规定是从施工实践中总结出来的，按照这个规定搭设工作台架，就能保证喷射混凝土施工质量和作业人员的安全。

本条第三款的规定，一是为了保证进行正常的喷射作业；二是为了保证在紧急情况下（如发生堵管等）能及时处理。

本条第四款规定在喷射作业面应设有良好的照明装置是为保证喷射手能看清工作面的状况，从而保证喷射混凝土质量；作业面通风良好，对降低喷射作业粉尘浓度至关重要。因此，本款特别强调了喷射作业面要有良好的通风。

第4.1.2条 本条第一款在条件允许的情况下，尽量缩短搅拌机与喷射机之间的距离是基于尽量减小混合料的停放时间，保证干混合料在新鲜的情况下进行喷射作业。试验表明，在不掺速凝剂的情况下，混合料停放2h，28天龄期混凝土抗压强度降低10~13%；停放8h，降低35~40%。在掺速凝剂的情况下，混合料停放30min，28天抗压强度降低用30%左右；停放8h，抗压强度降低50%左右。因此，混合料搅拌后应及时喷射。

施工实践表明，喷射作业中的堵管次数，随着输料管长度的加大而增加。输料距离越长，混合料在管路中的阻力越大，堵塞的机率就越大，处理时难度也加大。因此，施工中应尽可能采用短距离喷射作业，以减少堵管现象发生，提高工作效率。

### 第二节 混合料的拌制与运输

第4.2.3条 干混合料如被雨水、滴水淋湿，则其中的水泥就会在喷射作业前发生预水化，使得喷射混凝土凝结时间延长，强度降低。大块石等杂物混入混合料中，喷射过程中极易堵管，严重影响施工效率。因此，本条对这些问题都作了相应的规定。

第4.2.4条 由于喷射混凝土施工工艺要求砂石有一定的含水量，掺入速凝剂的混合料，停放时间较长时，部分水泥就会发生预水化，这不仅会影响混凝土的速凝效果，使回弹率加大，而且将导致喷射混凝土后期强度明显降低。试验表明，混合料在掺速凝剂后，停放时间超过20min，喷射混凝土早期强度与后期强度均有显著降低。因此，在喷射混凝土施工中应尽量作到干混合料随拌随用。

## 第三节 喷射作业

第 4.3.1 条 接划定区段进行喷射混凝土作业,有利于控制喷层厚度,减少回弹,提高混凝土强度。喷射顺序自下而上,是为了避免松散的回弹物料粘结在尚未喷射的壁面上;同时,下部已经施作好的喷层可对上部喷层起着支托的作用,从而减少回弹率以防止喷层的拉裂与坠落。

大量的工程实践表明,只有当壁面上形成 10mm 左右厚的塑性层后,粗骨料才能嵌入。因此,为了减少物料的回弹损失,一次喷射的混凝土厚度不宜过薄。但是,一次喷射的厚度也不宜过大,否则,会因混凝土自重过大而使喷层拉裂或脱落。因此,喷射混凝土施工中,应按本规范表 4.3.1 中的要求,控制一次喷射的最大厚度。

本条第三款的规定,是防止分层喷射时,因间隔时间过长,喷射混凝土层表面粘有回弹物料等污秽物而影响两层混凝土之间的粘结力。

喷射混凝土施工中如不及时清除下坠滑移拉裂或表面干燥松散的混凝土,并重新喷射,就会给整个混凝土结构埋下隐患,将极大地影响混凝土结构的承载能力。因此,本款规定,施工中如发现喷射混凝土表面干燥松散、下坠滑移或拉裂时,应及时清除,进行补喷。

第 4.3.2 条 本条第二款的规定是为了避免混合料的积聚而造成堵管。

本条第三款的规定是为了保证喷射机连续均匀地出料,不致造成喷头处混合料的水灰比忽大忽小,影响喷射混凝土的匀质性。

大量工程实践表明,喷射料流的速度是影响喷射混凝土质量和回弹率大小的重要因素之一,本款确定的喷射机空载压力和工作压力的经验公式,是从实践中总结出来的。实践表明,喷射机工作时风压控制在这种情况下,喷射混凝土回弹率较小,强度较高,粉尘浓度较低。当风压过小,即喷射料流速度太小时,则由于喷射冲击力小,粗骨料不容易嵌入新鲜混凝土层之中,回弹率大,混凝土强度也低。当风压过大,即喷射冲击力太大时,回弹率增大,也会使粉尘浓度增加。因此,风压应控制在一个适当的值。

干混合料是由水泥砂石混合而成。砂中一般要求有 5~7% 的含水量。如果这种混合料在喷射机和输料管内停留的时间过长,就会形成结块,影响喷射机正常使用;同时,喷射机工作过程中的振动也可能会使粘结在喷射机中的水泥块脱落,造成堵管。因此,要求在每班喷射作业结束后,将喷射机中的积料清除干净是十分必要的。

第 4.3.3 条 本条要求在混凝土喷射作业中,喷射手应经常保持喷头具有良好的工作状态,保持水环出水眼的畅通和喷头各部件之间密封良好,使之不漏水,从而保证干混合料在喷头处与水得到均匀地混合。如果部分水从混合室和喷嘴联接部位漏出,就会使水与混合料不能均匀拌合,影响混凝土的质量。因此,本款对喷头各部件的连接方式和要求作了严格的规定。

本条第二款的规定就是为了保证喷射混凝土与原结构表面粘结牢固，形成良好的共同工作能力。

本条第三款规定喷射作业开始时先给水后送料，一是减少粉尘飞扬；二是干混合料通过喷头时一开始就能与水混合均匀。又规定喷射作业结束时，应待风停后再关水，是防止压风将输料软管中的残留水泥吹出时粉尘飞扬。

当喷头与受喷面垂直，料流出口与受喷面的距离保持在 0.6~1.0m 的情况下进行喷射时，粗骨料容易嵌入塑性喷层之中。料流冲击力适宜，可使回弹率降低，粉尘减少，喷层表面平整。但是，目前不少单位对这个问题往往不够重视，因此，本款对此特别作了规定。

喷射混凝土水灰比是在喷射作业过程中由喷射手凭经验控制的。若达到规定中的要求，其水灰比一般在 0.45 左右，这对保证喷射混凝土强度，减少粉尘及回弹都是有利的。

本条第七款的规定是防止混合用水倒流入输料软管中，尤其是在堵管突然停风或料流中断的情况下，混合用水倒流入输料软管中，将使管路堵塞加剧，难以疏通，甚至将管路堵死。

第 4.3.4 条 喷射混凝土中的回弹率，与喷射混凝土材料和水灰比、混合料喷射速度、料流出口至受喷面的距离、喷射角度及喷射手技术熟练程度等因素密切相关。而回弹率的高低对喷射混凝土质量、材料消耗、施工效率等都有重大影响。工程实践表明，当按本规程有关规定施工时，水平喷射的回弹率不大于 15%，向上喷射的回弹率不大于 25% 的指标是能够达到的。

#### 第四节 钢筋网喷射混凝土施工

第 4.4.1 条 钢筋使用前如果不清除污锈，钢筋与混凝土的握裹力就要降低，就会影响到钢筋混凝土工程的质量。

本条第二款的规定是使钢筋网沿壁面均匀铺设，不致使钢筋至壁面的距离太大；同时，也改善了喷射混凝土施工条件。

钢筋至壁面的距离过大，喷射混凝土施工时钢筋背面难以喷射密实，形成空洞的可能性大。这除了从喷射混凝土施工时采取措施（如近距离喷射）补救外，将钢筋至壁面的距离控制在一个适宜范围也是必要的。钢筋网格最小尺寸的控制是为了减小回弹，保证喷射混凝土的密实性。

钢筋网与锚固件连结牢靠，一是与原结构整体性好，喷射混凝土施工后，共同工作性能好；二是喷射混凝土施工时不致因钢筋晃动而扰动刚喷射的混凝土的内部结构。

本条第五款的规定主要是保证喷射混凝土的密实性。如果双层钢筋网片全部铺设好后再喷射混凝土，一是纵横交错的钢筋阻挡料流进入钢筋背面，从而在钢筋背面形成大量空隙；二是在双层钢筋网片上进行喷射作业，会大大增加物料的回弹损失。



第 4.4.2 条 本条各款的规定主要是为了保证钢筋喷射混凝土的密实性及表面的平整度。开始向钢筋网施作喷射混凝土时,适当减少料流出口至受喷面的距离,提高喷射混凝土料流的冲击力,以保证钢筋被混凝土完全包裹和喷层的密实性。当喷射面层混凝土时,可将喷射距离适当加大,以使喷层厚度均匀,表面平整。

### 第五节 钢纤维喷射混凝土施工

第 4.5.1 条 规定钢纤维抗拉强度最低值,是为确保钢纤维对混凝土各项性能的增强效果。试验表明,普通钢纤维喷射混凝土的破坏,通常不是纤维被拉断,而是钢纤维从混凝土基体中被拔出,也就是说,钢纤维的增强效果,主要是由钢纤维和混凝土基体的握裹力来决定的。因此,普通碳素钢纤维就能满足钢纤维喷射混凝土的增强要求。

当钢纤维的掺量一定时,纤维直径增大,单位重量内的纤维总根数随之减小,则纤维在混凝土中的排列间距也随之加大;反之,纤维直径减小,纤维排列间距也随之减小。纤维增强理论(纤维间隔说)表明,纤维间距越小,对混凝土裂缝扩展的约束能力也就越强,混凝土的各项性能更能得到强化。但从施工实践来说,纤维直径过小,会使钢纤维混合料的搅拌及喷射混凝土施工发生困难。因此,从以上两个因素综合考虑,钢纤维的直径以 0.3~0.5mm 为宜。

钢纤维的长度和掺量主要是由喷射混凝土施工工艺决定的。实践表明,纤维长度大于 25mm,掺量超过混合料重量的 6%时,喷射施工中就会发生困难。主要表现为混合料拌和时纤维容易结团,混合料在喷射机中不能均匀送出,并使下料发生困难。因此,规定钢纤维的长度不宜超过 25mm,掺量不宜大于干混合料重量的 6%。

根据试验结果及理论分析,石子的粒径以不大于 10mm 为宜。石子粒径过大,使纤维在混凝土基体中的排列间距加大,不利于混凝土增强效果的提高。但石子粒径过小,会增加水泥用量,因此,石子粒径以控制在 5~10mm 为宜。

第 4.5.2 条 拌制钢纤维喷射混凝土混合料可使用强制式搅拌机或自落式搅拌机。

使用强制式搅拌机搅拌干混合料,必须配合使用钢纤维播料机。播料机目前主要有电磁振动播料机和振动筛式播料机两种。播料机的作用是将钢纤维均匀掺加到强制式搅拌机中与砂石水泥混合,边搅拌边加入钢纤维,以保证钢纤维在混合料中分布均匀。

使用自落式搅拌机搅拌干混合料时,可将钢纤维过筛后(一般通过 20mm 孔径的筛子)连同砂石水泥一起放进上料斗进入搅拌机进行搅拌。

不论使用哪种方法,都要求钢纤维在混合料中分布均匀,不得有成团现象。

## 第六节 喷射混凝土冬期施工

第 4.6.1 条 在低温下进行喷射混凝土作业，混凝土凝结时间显著延长，使一次喷射厚度减小，回弹率增加；同时，混凝土在低温条件下，强度增长缓慢，且容易早期受冻。为了保证喷射混凝土施工作业的良好条件与工程质量，因此本条规定喷射作业区的环境气温、混合料的温度和拌和用水的温度均不应低于+5℃。

第 4.6.2 条 本条规定的喷射混凝土能够经受冻融的强度要求与《钢筋混凝土施工及验收规范》的规定相同。这是因为喷射混凝土在达到本条所规定的强度指标时，喷射混凝土就不会因冻胀而破坏，并能使后期强度正常增长。

## 第七节 喷射混凝土养护

第 4.7.1 条 本条规定喷射混凝土终凝后两小时应开始喷水养护，是因为养护开始时间过早有可能将水泥冲掉；养护时间过迟，会因水分的大量损失而不利于水泥水化作用的正常进行。

第 4.7.2~4.7.3 条 对喷射混凝土加强养护是非常必要的。养护的目的是保证喷射混凝土强度的正常增长和减小收缩开裂。因为喷射混凝土厚度较小，水分更容易丧失，当所需水化水不能得到及时补充时，将使混凝土强度不能正常增长，收缩变形大为增加。因此，喷射混凝土施工后必须加强养护。一般情况下湿养护的时间不能少于 7d，重要工程不能少于 14d。

# 第五章 地下工程喷射混凝土支护施工

## 第一节 喷射混凝土施工设备布置

第 5.1.1 条 本条规定是基于保持喷射机工作压力稳定，以便使混合料在管路中保持均匀的输送速度，从而在喷头加水拌和后喷出的料流均匀，回弹少，强度高。在地下工程施工中，由于压缩空气的输送距离长，因此，必须配备相当容积的贮气罐，以确保喷射机工作时风压的稳定。

第 5.1.2 条 对矿山井巷等地下工程的喷射混凝土施工来说，干混合料的运输一直是个难题，主要是由于干混合料运输距离长，贮存时间一般都难于达到规定要求，因而本条第一款规定，搅拌机也可布置于喷射作业区附近的洞室中，以缩短干混合料的运输距离和贮存时间。

本条第三款规定主要是提高干混合料下料效率和避免混合料堵塞下料管。当下料管直径小于规定值时，下料效率低，混合料堵塞下料管次数增加。

第 5.1.3 条 本条第一、第二款的规定是为了尽量缩短输料管路的长度，以减少堵管次数，提高工作效率，保证喷射混凝土作业的顺利进行。工程实践表明，尽可能创造条件采用一根或两根输料管的短距离喷射方式，

这不但减少了输料管的损耗，而且大大地提高作业效率。

### 第二节 喷射混凝土施工作业面的准备

第 5.2.1 条 喷射作业前，应认真清除墙脚的岩碴和回弹物料，以防边墙喷层出现失脚现象（即墙脚岩面未喷上混凝土）。喷层失脚，对穿过遇水膨胀或易潮解岩层中的工程，将产生严重的不良后果。有的会因岩层膨胀使喷层开裂脱落，支护结构逐步破坏。因此，喷射作业前，必须将墙脚的浮石、岩碴和其他堆积物清除干净。

喷层厚度是评价喷射混凝土支护工程质量的主要指标之一。实际工程中，往往发生因喷层过薄而引起混凝土开裂、离鼓和剥落现象。因此，施工中必须控制好喷层厚度。一般可利用外露于洞壁的锚杆尾端或埋设标桩等方法来控制喷层厚度，也可在喷射施工时用插杆子的办法随时检查喷层厚度。

第 5.2.2 条 本条规定的几种治水措施，在施工实践中都是行之有效的。当地下水集中，有明显的出水眼时，采用在出水点埋导水管或导水槽的方法，将水引离岩面，然后施作喷射混凝土。当出水点不明显时，应先在渗漏集中的区域，钻深度不小于 1m 的集水孔，然后制作由矿渣棉或无纺纤维布等材料做成的盲沟，将水集中后引入巷道底板的排水沟中。为了保证喷射混凝土和岩层有足够的粘结面积，排水盲沟的最大宽度不宜超过 500mm。

### 第三节 喷射混凝土作业

第 5.3.1~5.3.2 条 对水平巷道、斜井和洞室的喷射混凝土施工作业顺序是基于：

一、喷射作业按一定顺序有规律地进行，有利于提高喷射混凝土施工效率，保证喷层设计厚度；

二、喷射边墙时，应先将划定区段内的墙脚喷射到设计厚度，以免回弹物料堆积于墙脚，使边墙产生失脚现象；

三、按规定顺序进行喷射作业，可减少回弹，增加一次喷射厚度。

第 5.3.3 条 大家知道，竖井从开挖到支护及其他各项作业都在垂直方向上进行的，上面层次的任何作业都会影响到下面层次作业的进行。因此，竖井中的各项作业只能交叉进行，喷射混凝土作业和岩石开挖也必须遵循这一原则。

喷射区段高度与掘进段高度相同，以减少围岩暴露时间，保持井壁的稳定。

将分段高度定为 1.5~2.0m，这就保证在人工操纵喷头的条件下，不必频繁挪动吊盘就能将这一高度的井壁全部喷好，从而有利于喷射混凝土作业效率的提高。

第 5.3.4 条 在松软、破碎等稳定性差的岩层中掘进巷道时，由于

暴露的岩层自稳时间短，因此，必须随着掘进工作面的推进，紧跟着施作喷射混凝土支护。为了使喷射混凝土支护能够承受岩石爆破荷载而不破坏，经过现场的反复试验表明，喷射混凝土终凝后 3 小时就可以进行下一循环的爆破作业，而不会危及巷道的安全。

第 5.3.5 条 由于围岩稳定性的不同，设计的喷层厚度也不一样，在喷层设计厚度变化处，厚度较大部位的支护应向厚度较小部位延伸一段长度，以保证不同稳定性的围岩交接处压力的传递。

#### **第四节 钢架喷射混凝土施工**

第 5.4.1 条 架设钢架的关键是保证其稳定性。钢架立柱埋入底板的深度应符合设计要求，并不得置于浮碴上是为了防止钢架受荷叶立柱倾覆或过度下沉。

钢架与壁面之间必须楔紧，相邻钢架之间应连接牢靠的规定是为了保证钢架的纵向和横向稳定性，以承受来自各方向的荷载与压力。

第 5.4.2 条 采用先架设钢架后铺设钢筋网的钢架喷射混凝土时，为了保证钢筋网背面混凝土的密实性，并使喷层紧贴岩面，要求钢筋网不但与钢架连接牢固，而且与壁面的间隙不能太大，因此，本条规定其间隙宜为 30mm。

第 5.4.3 条 钢架喷射混凝土施工时，先喷钢架与壁面之间的混凝土，以保证钢架背面完全被混凝土充填密实；后喷钢架之间的混凝土，使钢架完全被混凝土包裹，形成一个整体，共同承受荷载。

可缩性钢架的可缩性节点部位不要被喷射混凝土覆盖,以保证钢架在外力作用下节点处能自由变形。如果钢架可缩性节点全部被喷层覆盖,钢架在允许范围内产生变形时,节点部位的喷层就会产生破坏。

## 第五节 通风防尘

**第5.5.1条** 喷射混凝土施工粉尘主要是指喷射机周围的粉尘和喷射作业面处的粉尘。在一般情况下,喷射作业面处的粉尘是主要的。喷射混凝土施工中的粉尘很大程度上影响着作业人员的健康,甚至危及喷射混凝土的推广应用。本条所列减少粉尘的几种措施都是经过实践证明是行之有效的。

**第5.5.3条** 国内容许的最高粉尘浓度( $\text{mg}/\text{m}^3$ )如表5.5.3-1:

国内容许的最高粉尘浓度 表 5.5.3-1

游离二氧化硅含量 (%)	煤炭矿山	冶金矿山	工业企业卫生标准 (TJ 36-79)
>10	2	2	2
<10	10	10	6 <sup>①</sup> 10 <sup>②</sup>

①为水泥粉尘;②为粉煤尘。

国外容许的最高粉尘浓度( $\text{mg}/\text{m}^3$ )如表5.5.3-2:

国外容许的最高粉尘浓度 表 5.5.3-2

游离二氧化硅含量 (%)	美国	瑞典	苏联	日本	法国	英国	朝鲜
>10	2	2	2	2	2.4~0.66	2	2~5
<10	10 <sup>①</sup>	5 10 <sup>②</sup>	4	5 10	8	5 8 <sup>②</sup>	

①为水泥粉尘;②为粉煤尘。

调查和实验表明,喷射混凝土施工中产生的粉尘主要是水泥粉尘,砂石骨料中虽有细颗粒,但含量很少。经测定,喷射混凝土粉尘中游离二氧化硅含量一般在10%以下。因此,根据表5.5.3-1和表5.5.3-2的国内外有关规定,条文规定喷射混凝土施工时粉尘浓度不应大于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

## 第六章 建筑物修复加固的喷射混凝土施工

第 6.0.1 条 本条对喷射混凝土施工用原材料有四项规定：

第一项，建筑物采用喷射混凝土补强加固一般要求混凝土的强度高，早期强度增长快。因此本款规定优先选用 425 号以上的普通硅酸盐水泥，这是由于普通硅酸盐水泥含有较多的  $C_3A$  和  $C_3S$  凝结时间较快，特别是当混凝土中掺有速凝剂时，普通硅酸盐水泥与速凝剂有良好的相容性。

第二项，采用粒径不大于 12mm 的骨料，不仅为了保证喷射混凝土的强度，也是为了减少喷射作业中的回弹率。

建筑物补强加固的特点是喷射混凝土厚度薄（一般为 30~60mm），如果采用较大粒径的骨料，会增加喷射作业中的回弹率，从而造成材料的浪费，成本增加。因此对骨料粒径的要求比地下工程支护施工时为小。

第三项，对梁、板结构的加固，一般都是向上喷射，施工难度大、回弹率高。为了加速喷射混凝土的凝结、硬化，提高早期强度，减少回弹率，增加一次喷射厚度，因此，需在混凝土中加入速凝剂，速凝剂对不同品种的水泥，其作用效果并不相同，因此，在使用前应作速凝剂与水泥的相容性试验。试验主要目的是确定速凝剂的最佳参量。

第四项，本款规定水泥与骨料之重量比为 1:3.5~4.0。这主要考虑既满足喷射混凝土强度较高的要求，又可适当的减少喷射作业时的回弹损失。

第 6.0.2 条 采用喷射混凝土对裂损建筑物补强加固时，为保证喷射混凝土的良好粘结，要求对被加固的建筑物的表面认真进行处理。

一、清除建筑物表面污物和其它积聚物，指的是对已有旧建筑物表面的处理，这些建筑物，在长期使用中，表面会粘有灰尘等污物，如不加清除，会严重影响新旧混凝土的粘结，降低新旧混凝土的整体受力性能；

二、当建筑物表面有抹灰层时，在加固之前也必须彻底铲除，对混凝土表面还应进行凿毛处理，也是为了增加喷射混凝土与原结构面的粘结强度；

三、被火灾烧伤以及使用多年的建筑物，加固之前对表面疏松层和碳化层都要加以清除，并露出坚硬混凝土层；

四、对建筑物表面的蜂窝、孔洞处应凿成“V”字形的缺口，开口向外，确保孔洞内部喷射混凝土密实。否则可能形成内空外密的假象；

五、被加固的结构物表面有渗漏水，会影响喷射质量。渗漏严重时，混凝土会被水冲刷掉。因此，凡有渗漏水的结构、在喷射混凝土施工之前均要做好防治水处理。严重渗漏部位可埋设导水管或截水槽等将水引出。渗漏轻微的可用掺有速凝剂的混凝土强行喷射，也会取得较好效果；

六、对于锈蚀严重的结构钢筋，在加固中要根据加固设计要求进行处理，一般处理方法可用钢刷将表面浮锈刷掉，然后再用钢筋除锈剂进行处理，以确保钢筋的良好受力性能和与混凝土的握裹力。

第 6.0.3 条 建筑物的补强加固一般均需增设钢筋网；钢筋网的铺

设是根据建筑物的破损情况，用途和使用年限等因素计算确定的，但从喷射混凝土施工要求来讲，钢筋的间距一般不宜小于 150mm，否则会增加喷射混凝土的回弹率，造成原材料的浪费。

对子梁、柱构件采用喷射混凝土补强加固时，为了使构件的棱角规整，在喷射混凝土施工之前均应支设模板，对于大面积为墙板结构也需在边角和门洞口处支设模板。

一、钢筋的搭接、绑扎，在加固设计中有明确规定的应按设计要求进行，如无明确要求的，应按本规程和有关规范执行。

二、本款规定，新设钢筋应与原结构钢筋焊接，目的在于确保钢筋联接牢固，充分发挥新旧钢筋共同受力作用。

三、当墙体单面铺设钢筋网时，应采用锚固件与墙体固定，或焊在原有钢筋上，防止钢筋铺设不牢，喷射混凝土施工时弹动，使混凝土离鼓甚至大面积脱落。

当墙体双面均设有钢筋网时，可用对穿钢筋将网片固定或将原结构混凝土保护层凿除，露出原有钢筋与新增设钢筋加筋点焊固定。新设的钢筋网与原结构应留有一定间隙，以确保钢筋被混凝土良好握裹。

**第 6. 0. 4 条** 本条对模板支设有三项要求：

一、建筑物需补强加固的构件，如梁、柱等断面尺寸较严格，为了保证加固后的构件尺寸，模板支设必须符合设计要求，尺寸应准确，而且内表面要光滑平整；

二、本款要求模板支设应牢固可靠，以避免在喷射混凝土施工中，由于模板支设不牢，在料流的冲击下晃动，影响喷射作业的顺利进行和加固质量；

三、建筑物用喷射混凝土加固的厚度均较薄，一般在 30~60mm 范围内，为了能较准确地控制喷射混凝土的厚度，一般可采用外露于构件表面的模板宽度作为控制混凝土厚度的标志，实践表明这种控制混凝土厚度的方法是切实可行的。

**第 6. 0. 5 条** 本条对施工作业有四项规定：

一、建筑物表面的凿除是否符合要求，直接影响喷射混凝土与旧混凝土的粘结力和整体强度。这是极为重要的一道工序。因此，规定在喷射混凝土施工前，应对结构物表面凿除情况认真检查；

二、被凿除的结构表面会有一些碎碴和灰尘，如不清除将会影响新旧混凝土之间的好粘结。因此，施工前将受喷面上的碎碴及粉尘吹洗干净，并使结构物表面保持湿润状态。

三、喷射墙面和柱子时，应自下而上顺序进行，这样可避免松散的回弹物粘结在尚未喷射的壁面上。同时自下而上喷射，由于下部喷层的支托可减少或防止喷层的松脱和坠落；

四、本款规定对有较大蜂窝、孔洞的结构，喷射作业时应先喷孔洞和凹穴。这是因为，对于这类工程表面，如按常规自下而上喷射作业，会使

回弹物溅落在孔洞和凹穴处而形成松散层，严重的影响新老混凝土的良好粘结。

第 6.0.6 条 本款规定修整表面应在喷射混凝土初凝后进行，主要考虑如在喷射后马上进行修整会破坏混凝土的内部结构及其与原结构的粘结，而当时间过长，混凝土达到终凝后再进行修整，则会给修整工作造成困难，又会破坏混凝土的强度。

第 6.0.7 条 本条规定的几种控制喷射混凝土厚度的措施。在实践中都是行之有效的。当喷梁、柱结构时，采用模板的外露宽度作为控制混凝土厚度的标志，简便适用。对于大面积墙、板结构喷射混凝土厚度的控制最好在施工过程中采用针探法测定既方便又灵活，不受任何条件限制。

## 第七章 边坡工程的喷射混凝土施工

第 7.0.1 条 本条对岩石边坡表面处理有三项规定：

一、本款规定新开挖的岩石边坡应采用光面或预裂爆破，其目的在于获得较平整的开挖面，更好地发挥喷射混凝土受力性能，还可减少原材料的消耗；

二、自然岩石边坡表面覆盖有浮石、泥土、杂草等物，在喷射混凝土施工之前必须将其清除干净，以增加喷射混凝土与基岩面的粘结力，保证喷射混凝土和岩层的良好工作；

三、无论是自然边坡和新开挖的岩石边坡，坡脚处堆积的岩渣和其它堆积物等如不清除，在喷射混凝土施工过程中会造成失脚现象。

第 7.0.2 条 本条二、三款规定土层边坡开挖后应压实，自然边坡应清除浮土和杂草等松散物，目的在于使喷射混凝土与土层表面能紧密接触，粘结牢固。

第 7.0.3 条 本条对边坡工程喷射混凝土施工应做好三项准备工作：

一、本款规定，喷射作业前应用高压风水（对遇水易泥化的岩面只能用压风）清洗受喷面，是为了喷射混凝土与岩面粘结牢固，保证喷射混凝土与岩层具有良好的受力性能；

二、一般边坡工程均先做排水沟，以防止雨水浸入边坡，影响喷射混凝土施工的顺利进行；

三、喷射厚度是评价喷射混凝土工程质量的主要项目之一，实际工程中往往发生喷层过薄而引起混凝土开裂、离鼓和剥落现象。因此，施工中必须控制好喷层厚度。一般可采用埋设标桩或施工中用针探法及时检查喷层厚度。

第 7.0.4 条 本条第一款规定对于大面积岩石边坡，按规定划分区段进行喷射作业，有利于保证喷射混凝土质量，并便于施工管理。喷射顺序自下而上以免松散的回弹物料粘在尚未喷射的表面上，同时下部喷层对上部喷层的支托，可减少或防止喷层的松脱与坠落，有利于工程质量。



本条第二款规定喷射较平缓的坡面时，应防止喷射混凝土中的回弹物积于坡面，产生夹层。在施工中一般采取用压风吹除的办法，即在空压机处接出一专用风管，在喷射混凝土施工过程中进喷射边用压风将积存在坡面上的回弹物吹除干净。

本条第三款规定不能在冻土上喷射混凝土，是由于土层解冻后会在混凝土层背面形成疏松层，造成不良后果。

本条第四款规定是因为在大风天气施工会使拌合料中的部分水泥被吹散掉；下雨天气喷射混凝土会使喷层被雨水冲刷掉；冬期施工无防寒设施会使混凝土受冻，严重影响喷射混凝土施工质量，所以当遇到上述情况时，应停止喷射施工作业。

## 第八章 水池及薄壳结构喷射混凝土施工

第 8.0.1 条 水池喷射混凝土应符合设计的抗渗要求。工程实践表明，喷射混凝土掺抗性能的好坏不仅在于骨料的级配，更主要取决于混凝土的密实度。混凝土是非均质材料，它的渗水是通过孔隙和裂缝进行的，提高混凝土的抗渗性就要提高其密实性，抑制孔隙。理论研究表明，孔隙的形成和孔隙大小与水灰比值、水泥用量和砂率密切相关，喷射混凝土的水灰比值较小，这有利于提高其密实性。为了保证喷射混凝土中砂浆的数量和质量，减少和改变孔隙的分布，提高密实度，控制适当的水泥用量和砂率也是非常必要的，喷射混凝土的水泥用量一般均在  $450\text{Kg} / \text{m}^3$  以上，为提高其抗渗性，本条规定了喷射混凝土干混合料中的灰砂比为  $1:1.5\sim 2.5$ 。

第 8.0.2 条 在砖砌池壁上喷射混凝土时，为防止砌体将喷射混凝土中供水泥水化作用的水大量吸走，保证混凝土的正常凝结硬化，提高喷射混凝土与砖砌体表面的粘结强度。因此，规定在喷射前，应将砖砌体表面清理干净并用水充分湿润。

水池底板在浇筑混凝土时，为了避免在池壁与底板的连接处产生漏水薄弱环节，同时为了减少接缝处水的渗透压力，浇筑混凝土与池壁喷射混凝土的接茬部位应在高出底板上表面不小于  $200\text{mm}$  的墙面上。为使喷射混凝土与浇筑混凝土良好粘结，保证接茬处混凝土的密实度，施工缝应留成斜坡状，并在喷射混凝土前将接缝处松散的混凝土清除干净。

第 8.0.3 条 薄壳结构用喷射法施工具有简化工艺、节省模板、经济合理、质量可靠等特点。目前国内用喷射法施工的薄壳结构逐渐增加，都取得良好效果。

一、薄壳结构种类较多，形状各异，但无论哪种薄壳其共同特点是形状和厚度要求较严格，因此，在支设模板时一定要按设计要求确保各部位结构尺寸和相互位置的正确；

二、薄壳结构用喷射法施工只需支设底模。本款规定模板必须具有足

够的强度、刚度和稳定性，以防止在施工过程中因模板支设不牢而下沉；影响工程质量；

三、由于薄壳结构的厚度一般均较薄，为了便于脱模，避免在拆除模板中破坏结构，因此，本款规定模板表面应涂刷隔离剂，而涂隔离剂时，一定要均匀，一般刷 2~3 遍为宜。

第 8.0.4 条 为确保在施工过程中钢筋的间距、形状以及混凝土保护层厚度，本条规定的几项措施经工程实践证明都是有效的，当采用短钢筋固定钢筋网时，其两端露出的长度也可作为控制喷射混凝土厚度的标志。

第 8.0.5 条 本条根据薄壳结构不同形状，规定其不同的施工作业顺序是为了保证施工荷载的均匀性，不使模板发生异常变形，但无论哪种形状的壳体，本条均规定自下而上，即从壳体底都向顶部推进，采用这种喷射作业顺序可以避免由于施工作业人员对已绑扎好的钢筋网的损坏。同时，在施工中应特别注意作好回弹物的清除工作。

第 8.0.6 条 薄壳结构厚度一般都是变化的，在喷射作业中控制好壳体不同部位的厚度十分重要，本条规定几种控制喷射混凝土厚度的方法，是薄壳结构施工中常用的方法。这种方法都能较准确的控制好喷射混凝土的厚度，尤其是用针探法随时检查喷射混凝土厚度更是灵活方便的。

## 第九章 安全技术

第 9.0.1 条 地下工程喷射混凝土施工前，认真检查和处理作业区内的危石是特别重要的。经验表明，由于危石清除不彻底而发生工伤事故的情况时有发生，因此本条作了明确的规定。

第 9.0.3 条 不良岩层地下工程在岩石开挖后，围岩自稳时间短，易发生塌方冒顶事故，因此规定喷射混凝土支护施工应紧跟开挖工作面，即在放炮或出碴后，应尽快向围岩表面喷射厚度不少于 50mm 的混凝土，以控制围岩的变形发展，防止岩块的掉落。

此外，当地下工程采用锚杆和喷射混凝土联合支护时，为了保证锚杆施工作业的安全，防止钻锚杆眼时震落岩块伤人，本条规定应先喷一层混凝土，并在喷射混凝土终凝后三小时，再开始锚杆施工。

第 9.0.6 条 喷射机的出料弯头，输料管及其接头，在喷射作业中，由于受干混合料的高速冲击，磨损，其壁厚逐渐变薄，到一定程度将不能承受输料压力而击穿，因此在施工中应经常检查，发现问题及时处理。

第 9.0.9 条 喷射作业中，处理管路堵塞时应特别注意安全，决不能草率行事。在发生堵管时，应首先停机关风，检查出堵塞位置后，应尽可能采用敲击法疏通。当用高压风吹通时，喷射机处的风压不应超过 0.4MPa，并尽可能将输料软管拉直，喷射手紧接喷头，以防管路疏通，堵塞物通过喷嘴时，使喷头剧烈甩动伤人。

第 9.0.13 条 钢纤维喷射混凝土施工中所用的钢纤维直径为

0.3~0.5mm，因此在于混合料搅拌、上料、喷射和清理回弹物时，应采取措施，防止钢纤维扎伤操作人员。

## 第十章 质量检查与工程验收

### 第一节 质量检查

第 10.1.2 条 抗压强度是喷射混凝土强度的主要指标，一般它能反映其他物理力学性能的优劣，因此，检查时通常只作抗压强度试验即可。但对某些重要工程，如水工隧洞、大型洞室还要增作喷射混凝土的抗拉强度，抗渗性能以及与岩面的粘结强度等试验。在建筑物的修复加固工程中，应增作喷射混凝土与原结构混凝土表面的粘结强度试验。在水池池壁施工中，还应增作抗渗试验。

考虑到喷射混凝土施工工艺的特点，在试块制作中，为了避免回弹物对试块质量不利影响，采用先喷射足够尺寸的混凝土大板，然后再切割成小的标准试块的方法是比较符合实际施工情况的。

喷射混凝土标准试块的尺寸，考虑到所用骨料的最大粒径不宜大于 15mm，本规程规定为 100mm 边长的立方体。同时为了与现行的浇注混凝土施工规范相一致，规定喷射混凝土 28 天的极限抗压强度值应乘以 0.95 的系数。

第 10.1.3 条 喷射混凝土抗压强度验收的合格条件，分为一般工程和重要工程两种情况。当强度统计数据同时满足条文中约两项要求时，则认为喷射混凝土的强度是合格的。

对于一般工程的规定，设计强度等级的保证率仅为 50%。对于重要工程的规定  $m f_{cu} - \lambda \cdot S f_{cu} \geq 0.9 f_{cu,k}$  是主要指标，设计强度的保证率达到 95% 左右。

第 10.1.5 条 在施工阶段，检查喷射混凝土厚度主要采用在受喷面上预先埋设标桩或其他标志的方法，标桩露出受喷面的长应即为设计的喷层厚度，当标桩全部被喷射混凝土覆盖时，喷层厚度就达到了设计要求，标桩的纵横间距为 1.0~1.5m，同时也可用带有刻度的钢针插入未凝固的混凝土中，检查喷层是否达到设计厚度。

当喷射混凝土凝结硬化或在交工验收时，喷层厚度的检查可用钻取小直径芯样的方法或凿孔法。在地下工程中，规定的检查断面间距，当设计厚度为 100mm，与留取强度检查试块的相应工程量接近。若工程对喷层厚度有较严格要求时，检查断面和测点数量可适当增加。

在地下工程中喷层厚度的合格条件，考虑到岩面本身有起伏，喷层是紧贴岩面的，其厚度很难达到处处均匀，并根据一些开挖成形较好的工程实测结果统计，60% 达到设计厚度，其余不小于设计厚度的二分之一的要求并不低。此时，设计厚度的保证率为 60%，要达到这个要求，需配合采用光面爆破，加强管理。

## 第二节 工程验收

第 10.2.1 条 本条规定了在工程验收时应提供的七方面资料。一方面通过这些资料可以较全面地分析、了解施工过程中控制工程质量的情况，并对其作出相应的评价，另一方面这些资料作为技术档案，以备在工程使用中一旦出现问题，可从有关资料中查找原因，提出处理措施。

本规程主编单位和主要编写人名单

主编单位：冶金工业部建筑研究总院

主要编写人：苏自约 邹贵文 史永忠