



CECS 161:2004

中国工程建设标准化协会标准

# 喷射混凝土加固技术规程

Technical specification for structural  
strengthening with sprayed concrete

中国工程建设标准化协会标准

# 喷射混凝土加固技术规程

Technical specification for structural  
strengthening with sprayed concrete

CECS 161:2004

主编单位:国家工业建筑诊断与改造除工程技术研究中心

批准单位:中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会

施行日期:2 0 0 4 年 5 月 1 日

## 前　　言

喷射混凝土技术在我国混凝土结构和砌体结构的强度加固和抗震加固方面得到了广泛应用,在技术上有许多新的发展,也取得了良好的技术经济效果。为了规范喷射混凝土技术在混凝土结构和砌体结构加固设计、施工中的应用,根据中国工程建设标准化协会(97)建标协字第18号文《关于下达1997年第三批推荐性标准编制计划的函》的要求,制定本规程。

本规程是在广泛调查研究,认真总结国内近年来科研、设计和施工单位应用喷射混凝土技术进行结构加固的新成果和工程经验,参考国外相关资料和文献,并进行了工程试点的基础上进行编制的。

本规程的内容以混凝土结构采用喷射混凝土进行加固的技术为主,包括:本规程的适用范围;所用主要材料的技术性能指标;主要机具;主要构件加固设计计算方法和构造要求;施工技术和施工的质量检查和验收,以及相关附录等。

根据国家计委计标[1986]1649号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》要求,现批准协会标准《喷射混凝土加固技术规程》,编号为CECS 161:2004,推荐给设计、施工和使用单位采用。本规程由中国工程建设标准化协会建筑物鉴定与加固专业委员会CECS/TC22归口管理,由国家工业建筑诊断与改造除工程技术研究中心(北京市海淀区西土城路33号中冶集团建筑研究总院内,邮编:100088)负责解释。在使用中如发现需要修改或补充之处,请将意见和资料径寄解释单位。

主 编 单 位：国家工业建筑诊断与改造工程技术研究中心

参 编 单 位：河北省建筑科学研究院

江苏省建筑科学研究院

西安建筑科技大学

武汉钢铁(集团)公司

上海东华大学(原中国纺织大学)

张家港市方大特种纤维制造有限公司

主要起草人：岳清瑞 李 宁 李其廉 顾瑞南

马永欣 董桂波 倪建华 周 文

汤 华 牟宏远 张 辉

中国工程建设标准化协会

2004年4月5日

## 目 次

1 总 则 .....	( 1 )
2 术语、符号 .....	( 2 )
2.1 术语 .....	( 2 )
2.2 符号 .....	( 2 )
3 材 料 .....	( 4 )
3.1 喷射混凝土用原材料 .....	( 4 )
3.2 喷射混凝土用外加剂 .....	( 5 )
3.3 喷射混凝土用短纤维材料 .....	( 6 )
3.4 喷射混凝土配合比设计 .....	( 7 )
4 施工机具 .....	( 8 )
5 喷射混凝土加固设计 .....	( 9 )
5.1 一般规定 .....	( 9 )
5.2 加固计算 .....	( 10 )
5.3 构造要求 .....	( 11 )
6 施工技术 .....	( 18 )
6.1 施工准备 .....	( 18 )
6.2 喷射作业 .....	( 19 )
6.3 安全措施 .....	( 20 )
7 质量检查和验收 .....	( 21 )
7.1 质量检查 .....	( 21 )
7.2 工程验收 .....	( 23 )
附录 A 喷射混凝土抗压强度标准试块制作 .....	( 25 )
本规程用词说明 .....	( 26 )
附:条文说明 .....	( 28 )

# 1 总 则

1.0.1 为在混凝土结构和砌体结构的加固修复设计和施工中正确使用喷射混凝土技术(干喷工艺,以下同),使结构加固工程做到技术先进、经济合理、确保质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于采用喷射混凝土技术对建筑物的混凝土结构和砌体结构进行加固修复的工程设计与施工。

对铁路工程、公路工程、水利水电工程等的混凝土结构和砌体结构采用喷射混凝土技术进行结构加固修复时,亦可参照本规程的有关规定执行。

1.0.3 在采用喷射混凝土技术对建筑物的混凝土结构和砌体结构进行加固修复时,除应遵守本规程外,尚应遵守国家现行有关标准的强制性规定。

对于特殊环境(如腐蚀、高温等)中的混凝土结构和砌体结构,采用喷射混凝土技术进行结构加固修复时,除应遵守本规程外,尚应遵守国家现行专门标准的规定。

## 2 术语及符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 喷射混凝土(干喷工艺)sprayed concrete

采用压缩空气将按一定比例配合的混凝土拌合料,通过管道输送并以高速高压喷射到受喷表面的一种混凝土。

### 2.2 符 号

#### 2.2.1 作用效应和抗力

$N$ ——构件的轴向力设计值;

$N_0$ ——原构件加固前的轴向力设计值(若采用卸载加固时为卸载后值);

$V$ ——剪力设计值;

$M$ ——弯矩设计值;

$M_0$ ——原构件加固前的弯矩设计值(若采用卸载加固时为卸载后值)。

#### 2.2.2 材料性能

$E_c$ ——喷射混凝土弹性模量;

$E_{c0}$ ——原构件混凝土弹性模量实测值;

$E_s$ ——加固钢筋弹性模量;

$E_{s0}$ ——原构件钢筋弹性模量;

$f_{cu}$ ——边长为 150mm 的混凝土立方体抗压强度;

$f_c$ ——喷射混凝土轴心抗压强度设计值;

$f_{c0}$ ——原构件混凝土轴心抗压强度设计值;

$f_t$ ——喷射混凝土抗拉强度设计值;

$f'_y$ ——加固用纵向钢筋抗拉、抗压强度设计值；

$f'_{y0}$ ——原构件纵向钢筋抗拉、抗压强度设计值。

### 2.2.3 几何参数

$A_{s0}$ ——原构件的截面面积；

$A_c$ ——喷射混凝土截面面积；

$A'_{s0}$ ——原构件纵向钢筋截面面积；

$A'_s$ ——加固用纵向钢筋截面面积；

$A_m$ ——砖砌体截面面积。

### 2.2.4 计算系数及其他

$\varphi$ ——轴心受压构件的稳定系数；

$\alpha$ ——加固用混凝土和纵向钢筋的强度利用系数。

其他有关符号参见现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

### 3 材 料

#### 3.1 喷射混凝土用原材料

3.1.1 喷射混凝土的原材料包括水泥、粗骨料、细骨料和拌合水。

3.1.2 喷射混凝土用的水泥品种和性能应符合下列要求：

1 应优先采用硅酸盐或普通硅酸盐水泥，也可采用矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥。当有防腐、耐高温等要求时，应采用特种水泥。

2 水泥强度等级应不低于 32.5，其性能应符合国家现行有关水泥标准的规定。

3.1.3 喷射混凝土用的骨料及其质量除应符合国家现行有关标准的规定外，尚应符合下列要求：

1 细骨料应采用坚硬耐久性好的中粗砂，细度模数不宜小于 2.5，使用时砂子含水率宜控制在 5%~7%。

2 粗骨料应采用坚硬耐久性好的卵石或碎石，粒径不应大于 12mm。当使用短纤维材料时，粗骨料粒径不应大于 10mm。不得使用含有活性二氧化硅石材制成的粗骨料。粗骨料的级配宜采用连续级配，且应满足表 3.1.3-1 的要求。

3 粗骨料的材质应满足表 3.1.3-2 的要求。

表 3.1.3-1 粗骨料通过各筛径的累计重量百分率(%)

筛网孔径 (mm)	0.15	0.3	0.6	1.2	3.5	5.0	10.0	12.0
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

表 3.1.3-2 喷射混凝土用粗骨料的材质要求

项 目	石子		砂子
	碎石	卵石	
强度 岩石试块(边长 $\geq 50\text{mm}$ 的立方体)在饱和状态下的抗压强度与喷射混凝土抗压强度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	
泥土杂质含量(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 $\text{SO}_4^{2-}$ )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 则对混凝土进行强度试验加以复核		
注:1 对有抗冻性能要求的喷射混凝土,所采用的碎石和卵石,除符合上述要求外,尚应有足够的坚韧性,即在硫酸钠溶液中浸泡至饱和又使其干燥,反复循环5次后,其重量损失不得超过10%; 2 石子中不得掺入煅烧过的白云石或石灰石块,碎石中不宜含有石粉,卵石中不得含有石粉,卵石中也不得含有黏土团块或冲洗不掉的黏土薄膜。			

3.1.4 喷射混凝土拌合用水的水质应与普通混凝土相同,必须符合现行行业标准《混凝土拌合用水标准》JGJ 63 的规定。不得采用污水、pH 值小于 4 的酸性水、硫酸盐按  $\text{SO}_4^{2-}$  含量计大于水重 1% 的水和海水等。

### 3.2 喷射混凝土用外加剂

3.2.1 当喷射混凝土中掺加速凝剂时,应采用无机盐类速凝剂,并应符合下列规定:

1 选择速凝剂时应考虑所用水泥与速凝剂的相容性,且掺入速凝剂的喷射混凝土的性能必须符合设计要求;

2 所采用的速凝剂应有出厂合格证,在使用前应按出厂使用说明书的要求进行水泥凝结时间检验,其初凝时间不应超过5min,终凝时间不应超过10min;

3 粉状速凝剂在运输和存放过程中应保持干燥,防止受潮变质;过期或受潮变质的速凝剂不得使用;

4 速凝剂的掺量宜控制在水泥重量的2%~4%,最佳掺量应在施工前通过试验确定。

**3.2.2** 当喷射混凝土中掺加增黏剂(黏稠剂)时,应符合下列规定:

1 所采用增黏剂(黏稠剂)应有出厂合格证,掺入增黏剂(黏稠剂)的喷射混凝土的性能必须符合设计要求;

2 粉状增黏剂(黏稠剂)在运输和存放过程中应保持干燥,防止受潮变质;过期或受潮变质的增黏剂(黏稠剂)不得使用。

**3.2.3** 当喷射混凝土中掺加膨胀剂时,应符合下列要求:

1 所使用的膨胀剂应有出厂合格证,掺入膨胀剂的喷射混凝土的性能必须符合设计要求;

2 粉状膨胀剂在运输和存放过程中,应保持干燥,防止受潮变质;过期或受潮变质的膨胀剂不得使用;

3 膨胀剂的掺量应按出厂说明书的规定使用,最佳掺量应在施工前通过试验确定。掺入膨胀剂的喷射混凝土的性能应符合设计要求。

### **3.3 喷射混凝土用短纤维材料**

**3.3.1** 当喷射混凝土中掺加钢纤维时应符合下列规定:

1 钢纤维的直径宜为0.25~0.4mm,长度宜为20~25mm,长径比宜控制在50~100;

2 钢纤维的抗拉强度不应低于380MPa;

3 钢纤维不应有锈蚀和油渍,不得含有其他杂物;

4 钢纤维的掺量按体积百分率计,宜为1~1.5;

3.3.2 当喷射混凝土中掺加合成短纤维时,短纤维应符合下列规定:

- 1 纤度  $\geq 13.5 \text{ dtex}$ ;
- 2 单根纤维拉断力  $\geq 3.5 \text{ cN}$ ;
- 3 长度  $12 \sim 19 \text{ mm}$ ;
- 4 具有良好的耐酸、碱性和化学稳定性;
- 5 经改性处理,具有良好的分散性,不结团;
- 6 经抗紫外线、耐老化添加剂处理;
- 7 掺加量宜为每立方米喷射混凝土  $0.6 \sim 0.9 \text{ kg}$ ;
- 8 可与水泥、粗细骨料一起搅拌,搅拌时间延长  $20 \text{ s}$ 。

### 3.4 喷射混凝土配合比设计

3.4.1 喷射混凝土的配合比宜通过试配试喷确定。其强度应符合设计要求,且应满足节约水泥、回弹量少、黏附性好等要求。在特殊情况下,还应满足抗冻性和抗渗性等要求。

3.4.2 喷射混凝土的配合比应符合下列规定:

- 1 胶骨比宜为  $1 : 3.5 \sim 4.5$ ;
- 2 砂率宜为  $0.45 \sim 0.55$ ;
- 3 水灰比宜为  $0.4 \sim 0.5$ ;
- 4 当喷射混凝土掺入外加剂和短纤维时,其掺量和配合比应通过试配试喷确定。

## 4 施工机具

4.0.1 混凝土喷射机的选用应符合下列技术规定：

- 1 生产能力不应小于  $3.0\text{m}^3/\text{h}$ ；
- 2 允许输送骨料的最大粒径为  $25\text{mm}$ ；
- 3 水平输料距离不宜小于  $100\text{m}$ ，竖向输料距离不宜小于  $30\text{m}$ ；
- 4 有良好的密封性和连续均匀输料能力。

4.0.2 空气压缩机的选用应符合下列规定：

- 1 单台供风量不宜小于  $9\text{m}^3/\text{min}$ ；
- 2 压缩空气进入喷射机前，必须进行油水分离；
- 3 应能供给稳定的风压，风压不宜小于  $0.6\text{MPa}$ ；
- 4 当多台喷射机同时工作时，空气压缩机的供风量应为各台喷射机用风量之和的  $1.2\sim1.4$  倍。

4.0.3 搅拌机应选用与混凝土喷射机生产能力相匹配、密封性能好、粉尘小的强制式混凝土搅拌机，且宜选用容量不小于  $400\text{L}$ ，生产能力为  $3\sim5\text{m}^3/\text{h}$  的强制式混凝土搅拌机。

4.0.4 输料管的承压能力不宜小于  $0.8\text{MPa}$ ，管径应满足输送设计最大粒径骨料的要求，并应具有良好的耐磨性能。

4.0.5 供水设施应能保证连续供水，且喷头处的水压宜为  $0.15\sim0.2\text{MPa}$ 。

## 5 喷射混凝土加固设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 当采用喷射混凝土工法进行结构构件加固时,其承载力的计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的基本规定。

5.1.2 采用喷射混凝土加固结构构件的设计,应遵守下列原则:

- 1 结构计算简图应根据结构的实际受力状况确定;
- 2 结构构件的强度计算,应综合考虑结构构件截面在加固前已有的应力、加固截面的应变滞后、加固部分与原结构共同工作的程度;
- 3 喷射混凝土加固设计和施工时,应优先采用卸荷加固方法;
- 4 验算结构承载力时,应综合考虑实际的荷载偏心、结构变形、温度作用等引起的附加内力;
- 5 应根据加固后结构自重增大、构件刚度变化等实际情况,对加固结构及其相关结构和建筑物的地基基础进行验算。

5.1.3 加固和修复采用的喷射混凝土强度等级不应低于 C20,并应较被加固结构的混凝土强度等级高 1~2 级。

5.1.4 喷射混凝土的最小设计厚度应符合下列规定:

- 1 用于结构构件强度加固时,喷射混凝土的设计厚度不应小于 50mm。
- 2 用于结构耐久性修复时,喷射混凝土的设计厚度不宜小于 30mm。

5.1.5 对所加固的结构表面,宜采用涂刷界面剂或栽插锚固筋的方法增强新旧结构层的粘结。

## 5.2 加固计算

### 5.2.1 混凝土结构构件的加固应按下列规定计算：

1 当采用喷射混凝土加固钢筋混凝土轴心受压构件时,其正截面承载力应按下列公式计算:

$$N < [f_{c0} A_{c0} + f'_{y0} A'_{s0} + \alpha (f_c A_c + f'_y A'_s)] \quad (5.2.1-1)$$

式中  $N$ ——构件的轴向力设计值;

$\varphi$ ——构件的稳定系数,以加固后截面为准,按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定采用;

$f_{c0}$ ——原构件混凝土的轴心抗压强度设计值;

$A_{c0}$ ——原构件的截面面积;

$f'_{y0}$ ——原构件纵向钢筋的抗压强度设计值;

$A'_{s0}$ ——原构件纵向钢筋的截面面积;

$A_c$ ——喷射混凝土的截面面积;

$f_c$ ——喷射混凝土的轴心抗压强度设计值;

$f'_y$ ——构件加固用纵向钢筋的抗压强度设计值;

$A'_s$ ——构件加固用纵向钢筋的截面面积;

$\alpha$ ——考虑后加固部分应变滞后和新旧混凝土协同工作差异时,加固用喷射混凝土和纵向钢筋的强度利用系数,可近似取  $\alpha=0.8$ 。当采用卸荷加固时,该系数可根据卸荷后原构件的实际应力水平或有关的可靠试验数据适当提高。

2 当采用喷射混凝土加固钢筋混凝土偏心受压构件时,应按整体截面根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中有关公式进行正截面承载力计算。其中,新增加的喷射混凝土和纵向钢筋的强度设计值应按下列规定予以折减:

1)加固后为大偏心受压构件时,受压区新增喷射混凝土和纵向钢筋的抗压强度设计值和受拉区新增纵向钢筋的抗拉强度设计值应乘以折减系数 0.9;

2) 加固后为小偏心受压构件时, 受压区新增喷射混凝土和纵向钢筋的抗压强度设计值乘以折减系数 0.8, 受拉区新增纵向钢筋的抗拉强度设计值应乘以折减系数 0.9。

3) 当采用喷射混凝土加固梁板受弯构件时, 应根据结构的实际情况, 分别在受压区或受拉区采用两种不同的加固形式。对在受压区加固的受弯构件, 其承载力、抗裂度、裂缝宽度及变形计算和验算可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中关于叠合构件的规定执行; 对在受拉区加固的受弯构件, 计算其承载力时, 新增纵向钢筋的抗拉强度设计值应乘以折减系数 0.9。

**5.2.2** 当采用喷射混凝土夹板墙对墙砌体进行抗震加固时, 楼层抗震能力的增强系数可按下列公式计算:

$$\eta_{pi} = 1 + \frac{\sum_{j=1}^n (\eta_{pj} - 1) A_{j0}}{A_{i0}} \quad (5.2.2-1)$$

式中  $\eta_{pi}$  ——面层加固的第  $i$  楼层抗震能力的增强系数;

$\eta_{pj}$  ——第  $i$  层中第  $j$  加固墙段的增强系数, 按表 5.2.2. 采用;

$n$  ——第  $i$  楼层中在验算方向上面层加固的抗震墙道数;

$A_{j0}$  ——第  $i$  楼层第  $j$  墙段在  $1/2$  层高处的净截面面积;

$A_{i0}$  ——第  $i$  楼层中在验算方向上原有抗震墙在  $1/2$  层高处的净截面总面积。

表 5.2.2 墙体加固后的增强系数

原墙体砌筑砂浆的强度等级	加固墙段的增强系数
M2.5	
M5	2.5
M7.5	2.0
M10	1.8

### 5.3 构造要求

**5.3.1** 梁加固时, 纵向受力筋宜采用热轧带肋钢筋, 其直径宜与

梁中原纵向钢筋接近,最小直径不宜小于12mm。沿纵向受力筋宜通长配置加固钢箍。当采用U形加固钢箍时,其强度等级和直径应与原箍筋相同;当采用自封闭加固钢箍时,其直径不宜小于8mm。

### 5.3.2 梁纵向加固钢筋的锚固构造应符合下列规定:

#### 1 对简支梁,应符合下列要求:

1)简支梁的加固纵向受力筋可采用短钢筋或Z形钢筋与梁中原纵向受力筋焊接。Z形筋直径应与被连接钢筋中直径较小的钢筋相同。当采用双面焊时,焊缝长度不应小于5d。靠近支座的三个锚固点间距不应大于500mm(图5.3.2-1、2);

2)加固纵向受力筋的箍筋应采用U形箍筋与原箍筋焊接。焊接时宜采用双面焊,焊缝长度不应小于5d,当采用单面焊时,焊缝长度不应小于10d。

#### 2 对连续梁,应符合下列要求:

1)连续梁正负弯矩区的加固纵向受力筋应采用U形箍筋与原梁箍筋焊接(图5.3.2-3);

2)连续梁端跨端支座的加固纵向受力筋除采用U形箍筋与原箍筋连接外,尚应采用短钢筋或Z形钢筋与梁中原纵向受力筋连接(图5.3.2-2)。

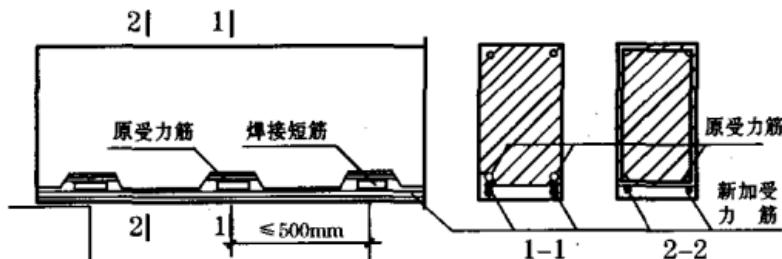


图5.3.2-1 简支梁纵向受力筋焊接短筋锚固

#### 3)对框架梁,应符合下列要求:

框架梁抗正负弯矩的加固纵向受力筋应分别配置。抗正弯矩

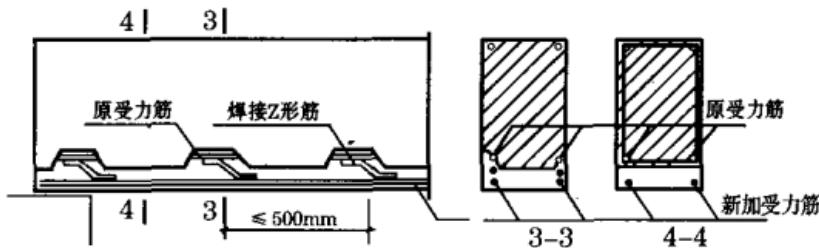


图 5.3.2-2 简支梁纵向受力筋焊接 Z 形筋锚固  
的加固纵向受力筋宜沿梁长配置,除采用 U 形箍筋与框架原箍筋  
连接外,在梁柱节点处加固纵向受力筋尚应采用浆锚方式,或采用  
螺杆端锚方式进行锚固(图 5.3.2-4)。

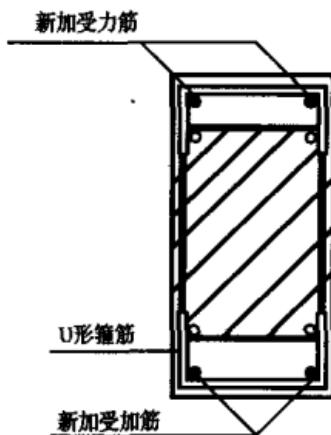


图 5.3.2-3 连续梁焊接 U 形箍筋的构造

5.3.3 加固柱时,纵向受力钢筋宜采用热轧带肋钢筋,其最小直  
径不宜小于 14mm,最大直径不宜大于 25mm;封闭箍筋直径不宜  
小于 8mm,U 形箍筋直径宜与原柱中箍筋直径相同。加固受力钢  
筋与原受力钢筋间的间距不宜小于 20mm。

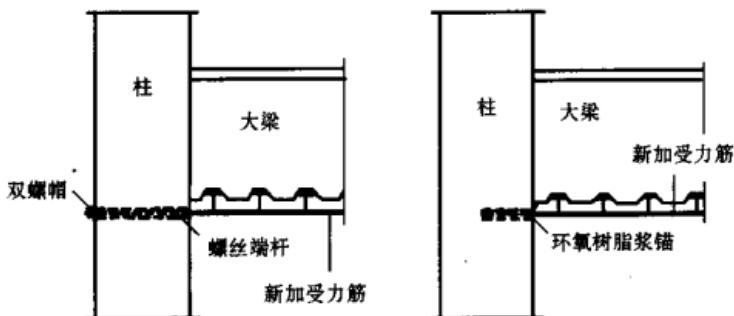


图 5.3.2-4 框架梁新加受力筋的锚固

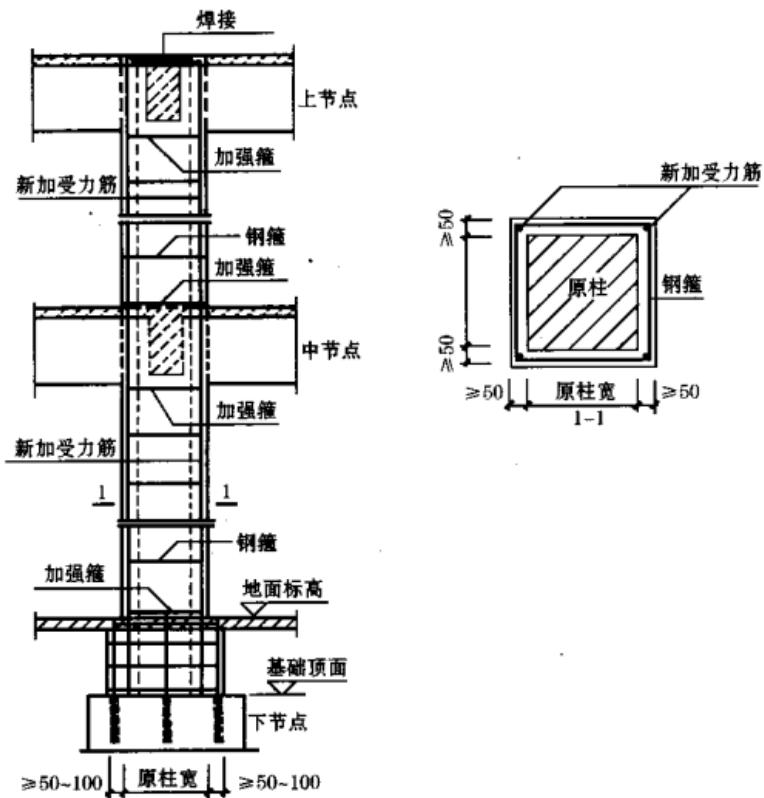


图 5.3.3 柱加固的配筋构造

对于采用喷射混凝土围套的加固柱,新加纵向受力钢筋可采用焊接封闭箍筋进行连接(图 5.3.3)。

对于框架柱,加固受力钢筋应通长设置,即下端应伸至基础顶面并锚于基础内,中间应穿过各楼层,上端应伸入加固层楼板或屋面板内,并环抱梁且与梁中主梁相互搭焊。在上节点和中节点处(图 5.3.3),应在梁高范围内,附加膨胀螺栓与柱锚固,并在楼层梁上下面柱的主筋上各加设一道加强箍。从室内地坪至基础顶面,应增加 50~100mm 厚的钢筋混凝土围套锚固(图 5.3.3 下节点)。

#### 5.3.4 墙和板加固时,其配筋构造应符合下列规定:

1 板加固时,受力钢筋直径不宜小于 6mm;墙加固时,受力钢筋直径不宜小于 8mm。

2 对于单面采用钢筋网混凝土夹板加固的混凝土墙或板,可通过设置于墙或板中的锚栓或锚筋与钢筋网焊接(图 5.3.4-1)。

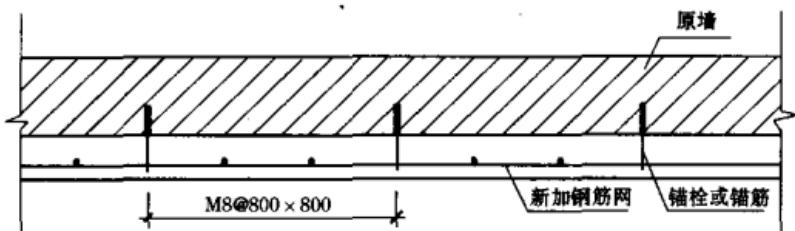
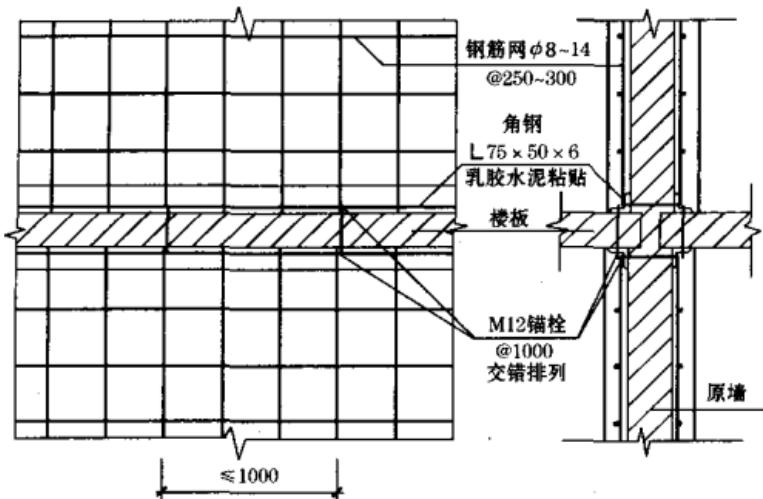


图 5.3.4-1 墙或板加固钢筋网的锚固

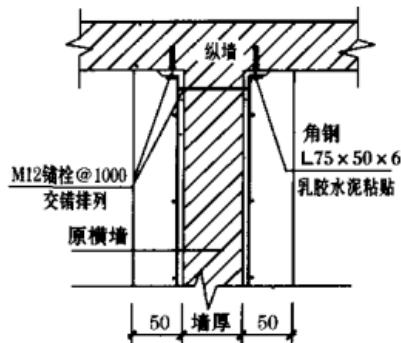
3 在夹板墙加固钢筋网穿墙、过楼板处,可采用锚栓锚固角钢,然后将钢筋网与角钢焊接连接。焊缝长度不应小于 50mm(图 5.3.4-2)。

#### 5.3.5 当采用喷射混凝土配筋夹板墙对砖墙进行抗震加固时,其构造应满足下列要求:

1 喷射混凝土的强度等级应不低于 C20,夹板墙每一侧喷射混凝土的厚度不应小于 60mm,喷射混凝土墙面应采用单排钢筋



(a) 楼板节点



(b) 墙节点

图 5.3.4-2 夹板墙加固钢筋网过楼板、墙与角钢焊接连接网片, 其竖向钢筋直径  $\phi 12$ , 横向钢筋直径  $\phi 6$ ;

2 对由多层夹板墙加固的墙体, 竖向加固钢筋穿过楼板时可采用间隔等截面集中配置短钢筋的连接构造(图 5.3.5)。集中配置短钢筋截面总面积不得小于钢筋网同方向钢筋的截面总面积, 穿过楼板集中配置短钢筋的间距, 可取钢筋网同方向钢筋间距的

3~4 倍,且不宜大于 1000mm,短钢筋两端在墙内的锚固长度,不应小于 40 倍短钢筋直径;

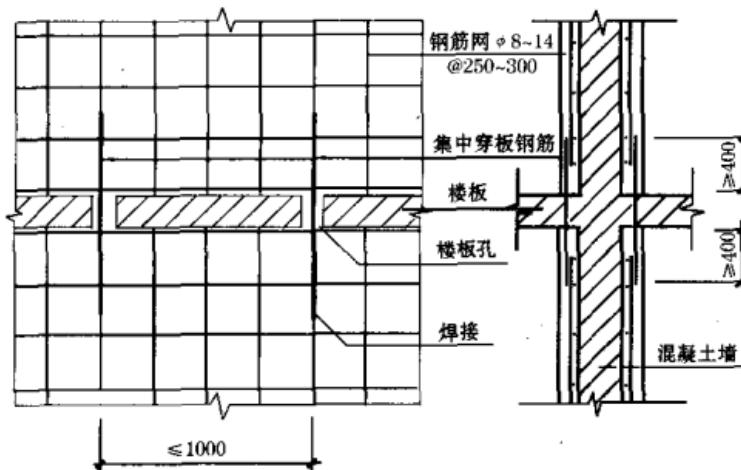


图 5.3.5 夹板墙加固钢筋网过楼板的穿孔集中配筋

3 对由多层夹板墙加固的墙体,横向分布钢筋沿高度每隔 0.7~1.0m 应另设  $2\phi 12$  的拉结筋与两端的原墙体连接,其一端锚入夹板墙的长度不应小于 0.5m,并与横向分布钢筋连接,另一端应锚固在端部的原墙体内;

4 夹板墙钢筋网宜采用直径为  $\phi 8$  的 L 形锚筋或 S 形穿墙筋与原墙体连接,其间距应为同方向钢筋间距的 3~4 倍,且不宜大于 1000mm,并宜呈梅花状布置。L 形锚筋在墙内的锚固长度不应小于 120mm;

5 夹板墙应有基础,且应与原墙基础连接。

## 6 施工技术

### 6.1 施工准备

6.1.1 喷射混凝土加固修复工程施工前应编制施工技术方案,其内容包括:

- 1 施工范围和结构部位;
- 2 施工技术要点、原材料质量要求等;
- 3 施工场地布置(原材料堆放、机具、配管布置等);
- 4 脚手架搭设方案;
- 5 施工安全和环保措施。

6.1.2 加固修复结构构件的表面,应按下列方法处理:

1 混凝土结构的表面必须清除装饰层,露出原结构层后进行凿毛处理,再用压缩空气和水交替冲洗干净;

2 对砌体结构表面,除清除装饰层外,还应对受浸蚀砌体或疏松灰缝进行处理。灰缝的处理深度宜为 10mm。

6.1.3 当结构加固部位的配筋有锈蚀现象时,钢筋表面应除锈;当结构中钢筋锈蚀造成的截面面积削弱达原截面的 1/12 以上时,应补配钢筋。

6.1.4 喷射混凝土前应支设边框模板。边框模板应牢固。在大面积加固时应设置喷射厚度标志,其间距宜为 1000~1500mm。

6.1.5 喷射混凝土前应对空压机、喷射机进行试运转。经检验运转正常后,应对混凝土拌合料输送管道进行送风试验、对水管进行通水试验,不得出现漏风、漏水情况。

6.1.6 在喷射作业前,应检查结构加固配筋与锚固件的连接是否牢固可靠。

6.1.7 当喷射机司机与喷射手不能直接联系时,应配备联络

装置。

#### 6.1.8 作业区应有良好的通风和照明。

### 6.2 喷射作业

6.2.1 在喷射作业前应对受喷表面进行喷水湿润。喷射作业应按施工技术方案要求分片、分段进行,且应按先侧面后顶面的喷射顺序自下而上施工。

6.2.2 当设计的加固修复层厚度大于 70mm 时,可分层喷射。一次喷射厚度可按表 6.2.2 的规定选用。

表 6.2.2 一次喷射厚度(mm)

部位 配比成分	不掺速凝剂	掺速凝剂
侧立面	50	70
顶面	30	50

6.2.3 当分层喷射时,前后两层喷射的时间间隔不应少于混凝土的终凝时间。当在混凝土终凝 1h 后再进行喷射时,应先喷水湿润前一层混凝土的表面。当在间隔时间内,前层混凝土表面有污染时,应采用风、水清洗干净。

6.2.4 混凝土喷射操作应遵守下列规定:

- 1 混凝土喷射手必须经过专业培训方可上岗;
- 2 应保持喷头具有良好的工作性能;
- 3 喷头与受喷面应基本垂直,喷射距离宜保持 0.6~1.0m;
- 4 喷射时,喷射手应控制好水灰比,保持喷射混凝土表面平整,湿润光泽,无干块滑移、流淌现象;
- 5 应控制喷射混凝土作业的回弹率,墙面不宜大于 20%,楼板(向上喷射)或拱面不宜大于 30%。落地的回弹料宜及时收集并打碎,防止结块。回弹料应过筛分类,其粒径满足本规程第 3.1.3 条第 2 款要求的可再利用,已污染的回弹料不得再用于结构加固。

### 6.2.5 喷射混凝土的养护应遵守下列规定：

1 喷射混凝土厚度达到设计要求后，应刮抹修平。修平应在混凝土初凝后及时进行。修平时不得扰动新鲜混凝土的内部结构及其与基层的粘结；

2 待最后一层喷射混凝土终凝2h后，应淋水养护。养护时间不应少于14d；

3 当气温低于+5℃时，不宜喷水养护，应采取保水养护。

### 6.2.6 短纤维混凝土的喷射作业除材料应满足本规程第3.3节的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 所用短纤维长度应基本一致，并不得含有杂质、不得受污染；

2 纤维在混合料中应分布均匀，不得成团。

## 6.3 安全措施

### 6.3.1 用于喷射混凝土作业的台架，必须牢固可靠，并应设置安全护栏。

6.3.2 施工中应经常检查输料管、接头和出料弯头的磨损情况。当有磨薄、击穿或松脱等现象时应及时处理。

6.3.3 应定期检查电源线路、设备的电器部位，确保用电安全。

6.3.4 施工中检修机械或设备故障时，必须在断电、停风条件下进行。检修完毕，向机械设备送电送风前应先通知有关人员。

6.3.5 当采用加大风压处理堵管故障时，应先停风关机将输料软管顺直，并锤击管路堵塞部位，使堵塞料松散；加大风压清除堵塞料时，操作人员必须紧按喷头。喷头前方不得有人，疏通管道的风压不得超过0.4MPa。

6.3.6 喷射加固作业区的粉尘浓度不应大于10mg/m<sup>3</sup>，作业人员应配戴防尘口罩、防尘帽等防护用具。

6.3.7 喷射作业区应有良好的通风和有效的降低粉尘量措施。

## 7 质量检查和验收

### 7.1 质量检查

#### 7.1.1 喷射混凝土的原材料检验应遵守下列规定：

1 每批材料均应进行质量检查,合格后方可使用。

1) 水泥进场时必须有质量合格证明书,并应对其品种、级别、包装或散装仓号、出厂日期等进行检查。当发现问题时应进行复验,并按其复验结果使用;

2) 每批进场的粗、细骨料应有质量合格证明或按批进行现场检验,当符合本规程第3.1.3条规定的质量要求时方可使用;

3) 当喷射混凝土施工使用非饮用水时,应对水质进行检验,其中的pH值和水中硫酸盐按 $\text{SO}_4^{2-}$ 的含量计,应符合本规程第3.1.4条的要求,并不得采用污水和海水;

4) 外加剂的质量应符合现行国家标准的要求,外加剂的品种和掺量应根据对喷射混凝土性能的要求、施工和气候条件、喷射混凝土所采用的原材料及其配合比等因素,根据本规程第3.2节的规定确定。

2 喷射混凝土的混合料的配合比及拌合的均匀性,每工作班的检查次数不宜少于两次,条件变化时,应及时检查。

#### 7.1.2 喷射混凝土加固层厚度的检验方法及允许偏差应符合下列规定:

1 喷射混凝土施工时,可用测针、预埋短钢筋和砂浆饼厚度标志等方法控制喷射层厚度。当无厚度检控标志时,应在喷射施工结束后8h以内钻孔检查喷射加固层厚度;

2 喷射混凝土加固层厚度的检查部位,应根据不同构件的加固面确定。检查点间距不得大于2m,单个构件每一加固面的检查

点不宜少于 3 个；

3 喷射混凝土加固层厚度的允许偏差值为：+8mm 或-5mm。当设计有特殊规定时，应符合其规定的值，但设计规定的允许偏差值，不得大于本规程的规定值。

#### 7.1.3 喷射混凝土强度的检验应遵守下列规定：

1 喷射混凝土必须做抗压强度试验，当设计有特殊要求时，应增做相应性能要求的试验。

2 采用同材料、同配合比、同喷射工艺的喷射混凝土可划分为一个验收批，在同一验收批中，每一工作班的每 50m<sup>3</sup> 或小于 50m<sup>3</sup> 混凝土应至少制取一组(3 块)用于检验混凝土强度的试块。

3 用于检验喷射混凝土抗压强度的试块，应在喷射现场随机制取。

4 喷射混凝土抗压强度是指在与实际工程相同的条件下，向规定尺寸的模具中喷筑混凝土板件，并在标准养护条件下养护 28d 后，切割成边长 100mm 的立方体试块或钻取成  $\phi 100 \times 100$ mm 的芯样试块，用标准试验方法测得的极限抗压强度(附录 A)。

7.1.4 每组 3 个试块应在由同一批混凝土喷筑的同一块板件上制取，对有明显缺陷的试块应予舍弃。每组试块的喷射混凝土强度代表值应按下列规定确定：

1 取 3 个试块抗压强度的平均值；

2 当 3 个试块抗压强度的最大值或最小值之一与中间值之差超过中间值的 15% 时，取中间值；

3 当 3 个试块抗压强度的最大值和最小值与中间值之差均超过中间值的 15% 时，该组试块不应该作为强度评定的依据。

7.1.5 喷射混凝土强度的合格判定应按承重构件和非承重构件分别进行。

1 承重构件加固用喷射混凝土的强度，当同时满足下列公式的要求时，该批混凝土的质量应判为合格：

当同批试块组数  $n \geq 10$  时，

$$m_{fcu} - \lambda_1 s_{fcu} \geq 0.9 f_{cu,k} \quad (7.1.5-1)$$

$$f_{cu,min} \geq \lambda_2 f_{cu,k} \quad (7.1.5-2)$$

式中  $m_{fcu}$  ——同一验收批喷射混凝土强度代表值的平均值(N/mm<sup>2</sup>);

$s_{fcu}$  ——同一验收批喷射混凝土强度代表值的标准差(N/mm<sup>2</sup>);

$f_{cu,k}$  ——设计的喷射混凝土强度标准值(N/mm<sup>2</sup>);

$f_{cu,min}$  ——同一验收批喷射混凝土强度的最小值(N/mm<sup>2</sup>);

$\lambda_1, \lambda_2$  ——合格判定系数,按表 7.1.5 取用。

表 7.1.5 合格判定系数

试件组数	10~14	15~24	≥25
$\lambda_1$	1.70	1.65	1.6
$\lambda_2$	0.90	0.85	

当同批试块组数  $n < 10$  时,

$$m_{fcu} \geq 1.15 f_{cu,k} \quad (7.1.5-3)$$

$$f_{cu,min} \geq 0.95 f_{cu,k} \quad (7.1.5-4)$$

2 非承重构件加固用喷射混凝土的强度,当同时满足下列公式的要求时,该批混凝土的质量应判定为合格:

$$m_{fcu} \geq f_{cu,k} \quad (7.1.5-5)$$

$$f_{cu,min} \geq 0.85 f_{cu,k} \quad (7.1.5-6)$$

7.1.6 当对喷射混凝土试块强度的代表性有怀疑时,可采用直接从喷射混凝土构件上钻取芯样的方法,对受检构件喷射混凝土的强度进行推定。

## 7.2 工程验收

7.2.1 结构加固修复工程竣工后,应按设计要求和质量合格条件进行分项工程验收。

7.2.2 结构加固修复工程验收时,应具备下列文件资料,并经检查符合本规程的规定和设计要求:

- (1)原材料出厂(场)合格证,材料复检试验报告;
- (2)喷射混凝土强度和外观尺寸等的检查和试验报告;
- (3)隐蔽工程检查验收记录;
- (4)喷射混凝土加固修复工程的施工记录;
- (5)变更设计的文件和记录;
- (6)工程重大问题处理文件;
- (7)加固结构的竣工图。

**7.2.3** 对设计要求进行监控量测的工程项目,验收时应同时提交相应的报告。

## 附录 A 喷射混凝土抗压强度标准试块制作

标准试块采用的原材料、配合比、喷射条件应与实际工程相同。标准试块应从现场喷射的混凝土板件中切割或钻取成形。

大板切割法的模具尺寸为 450mm×350mm×120mm(长×宽×高);钻取芯样法的模具尺寸为 500mm×400mm×120mm(长×宽×高);高度方向的一面敞开为喷筑面。

试块制作与加工的步骤如下:

1 在喷射作业现场,将模具喷筑面朝下倾斜,与水平面夹角约 80°,置于墙角。

2 先在模具外试喷,待操作正常后,将喷头移至模具位置,由下而上,逐层向模具内喷射混凝土。

3 将喷射满混凝土的模具移置安全可靠的地方,用三角抹具刮平混凝土表面。

4 将混凝土大板移到试验室,一昼夜后脱模。在标准条件下养护 7d 且混凝土强度等级达 C10 以上时进行切割或钻取。采取大板切割法时,用切割机去掉周边和上表面(底面可不切割)后,加工成边长为 100mm 的立方体试块。立方体试块的允许偏差:边长不大于±1mm,直角不大于 2°。采取取芯法时,用芯机钻取 φ100mm 的芯样,将芯样端面切割并磨平,端面不平整度为每 100mm 长度不大于 0.05mm,垂直度不大于 2°。

5 继续在标准条件下养护至 28d 龄期,然后进行抗压强度试验。

## 本规程用词说明

一、为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

2 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

3 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”;

反面词采用“不宜”。

二、条文中指明应按其他有关标准执行时,写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。非必须按所指定的标准执行时,写法为“可参照……执行”。

中国工程建设标准化协会标准

喷射混凝土加固技术规程

CECS 161: 2004

条 文 说 明

## 目 次

1	总 则	.....	(31)
3	材 料	.....	(33)
4	施工机具	.....	(36)
5	喷射混凝土加固设计	.....	(37)
6	施工技术	.....	(40)
7	质量检查和验收	.....	(42)

# 1 总 则

1.0.1 采用喷射混凝土这种有效的特种混凝土施工技术(本规程中采用干喷工艺),对受损伤或承载力不足的混凝土结构进行加固,是一种十分理想的方法。由于这种方法具有工艺简单、施工方便、加固质量可靠和费用低等优点,因此,国内外常用于以下几个方面:

- 1 耐久性的受损或受破坏的混凝土结构和砌体结构的加固;
- 2 因受地震、火灾、腐蚀介质等影响,而需要加固的混凝土结构;
- 3 因使用功能改变造成承载力不足而需加固的混凝土结构;
- 4 因抗震设防措施不能满足现行国家标准的规定而需进行抗震加固的混凝土结构和砌体结构。

尽管目前国内外喷射混凝土的使用量很大,但由于这项技术在世界上只有几十年的历史,适用于喷射混凝土的新技术仍在不断发展,特别是喷射混凝土用于结构加固时,必须充分考虑加固结构二次受力的特征,必须充分保证加固结构新、老混凝土的粘结,必须从结构设计计算和构造上充分考虑加固结构新、老混凝土尽早受力和共同工作。近几年来,我国在将喷射混凝土技术广泛应用于混凝土结构和砌体结构加固的基础上,对加固理论和技术又有了新的发展,主要在以下几个方面:

- 1 在加固机理方面,提高和改善了加固结构二次组合界面的粘结性能及整体共同工作性能;
- 2 在施工技术方面,发展了以化学自应力为主的喷射混凝土新工艺,以混凝土产生的化学膨胀来补偿混凝土的收缩,克服施工过程中混凝土无法致密到位等问题;

3 在新材料方面,发展了喷射合成纤维混凝土新技术;

4 进行了用喷射混凝土加固混凝土结构的二次受力性能试验,分析了应力水平等因素对构件受力性能的影响。

为了在混凝土结构和砌体结构加固设计和施工中正确地应用喷射混凝土技术,保证工程质量,编制本规程是十分有意义的。

**1.0.2** 本规程主要是为在工业与民用建(构)筑物的混凝土结构和砌体结构加固修复工程中采用喷射混凝土技术而编制的。本规程的内容,包括对材料、施工机具,加固计算和构造、施工技术以及施工质量检查和验收的规定,都是围绕喷射混凝土设计和施工的关键技术环节。

对混凝土桥梁、港口工程和特种结构工程的加固和修复,采用喷射混凝土技术,基本原理相同,故可参照本规程的规定进行设计与施工。

**1.0.3** 本规程的所有规定都是针对常规条件的,没有考虑腐蚀环境(有气相、液相腐蚀介质存在的环境)和高温等环境,故当遇到这类特殊环境时,所加固的结构构件还必须满足与环境条件相适应的其他专门标准的规定。

### 3 材 料

#### 3.1 喷射混凝土用原材料

- 3.1.1 指明了喷射混凝土采用的基本原材料。
- 3.1.2 本条根据喷射混凝土工法的特点,对水泥品种,最低水泥强度等级和水泥质量要求作出了规定。
- 3.1.3 本条根据喷射混凝土管道输送压力和喷射成型的特点,对粗骨料的最大粒径和级配,细骨粒的细度模量和含水率作出了规定。
- 3.1.4 本条对喷射混凝土拌合用水的质量规定,与普通混凝土相同。

#### 3.2 喷射混凝土用外加剂

- 3.2.1 在喷射混凝土中掺入速凝剂的主要作用是使喷射到结构构件表面的混凝土尽快达到一定的强度,并增强与结构表面的结合力,提高施工速度。但也要避免速凝剂对混凝土强度产生不利的影响。故本条规定,掺入喷射混凝土的速凝剂与所用水泥必须相容,并根据工艺要求对速凝剂的凝结时间和掺量做了相应的规定。
- 3.2.2 当未凝结的混凝土拌合料在压力作用下喷射到坚硬的结构表面时,部分骨料产生回弹是不可避免的。这将造成喷射混凝土配合比发生变化而影响混凝土质量。为减少喷射施工的回弹量可采取添加增粘剂(粘稠剂)的措施,本条对增粘剂的质量及其掺量作了相应的规定,其技术参数可参照表1应用。

表1 增黏剂(黏稠剂)的技术参数

项目	粘稠剂形态		
	液剂	粉剂	
		普通型	复合(快凝)型
外观	棕褐色	深灰色	浅灰色
残渣沉淀物(%)	<1	—	—
细度(0.08筛孔水筛筛余%)		<15	<15
pH值(5%浓度溶液)	9±2		
氯离子含量(水泥重%)	<1		
使用掺量(水泥重%)	1~1.5	2~3	4~6
掺入方式	搅匀投入	与水泥同时投入	与石子同时投入
水泥浆中黏度( $N \times S-11$ 黏度值, MPa·s, 20℃)	$\geq 1500 \times 10^{-3}$		

3.2.3 在喷射混凝土中添加膨胀剂是喷射自应力混凝土结构加固技术的新发展。采用这一技术,不仅能提高加固的喷射混凝土与原结构构件混凝土表面的粘结力,而且还可通过环箍的约束提供对原构件混凝土的挤压,使其横向受力,从而提高了原构件混凝土的抗压能力。这种工艺多用于柱子加固,本条对膨胀剂的选择和掺量作了规定。

### 3.3 喷射混凝土用短纤维材料

3.3.1 根据施工工艺的要求,对在喷射混凝土中掺入钢纤维的规格、强度、掺量等作出了规定。

3.3.2 在喷射混凝土中掺入合成聚丙烯短纤维,主要是为了改变混凝土的性能,提高与基层混凝土的粘结强度,提高抗渗、抗冻融性及耐久性。条文中给出了一般的掺量范围及工艺要求。目前,喷射混凝土加固修复工程中常用的合成短纤维是改性聚丙烯(PP)短纤维,对其主要质量要求如下:

纤度	10~15dtex
拉断力	≥3.8cN/dtex
异形度	≥28%
长度	8~19mm
亲水性	>0.1%

经过抗紫外线、耐老化的添加剂处理,这种短纤维具有良好的分散性和抗紫外线性。改性聚丙烯(PP)纤维还具有良好的耐酸、碱性和耐化学稳定性。此外,还有高强高模聚乙烯(PE)、高强高模聚乙烯醇(维伦PVA)、碳短纤维切丝、耐碱性玻璃纤维。

注:1 纤度单位 dtex 是表示纤维的粗细程度,即单根纤维每万米长度的重量(g),纤度小,则纤维细。

2 cN—厘牛( $\frac{1}{100}$ N),用作单根纤维拉断力的单位。

### 3.4 喷射混凝土配合比设计

**3.4.1** 本条阐明了喷射混凝土配合比设计的原则与方法。

**3.4.2** 本条阐明了喷射混凝土配合比设计的基本要求。

## 4 施工机具

- 4.0.1 本条对喷射机的基本技术性能、生产能力、允许输送骨料的最大粒径、水平与垂直输料距离等作了规定。
- 4.0.2 本条对不同工艺条件下喷射混凝土施工所用空压机的基本性能作了规定。
- 4.0.3 本条对强制式搅拌机的技术条件作了规定。
- 4.0.4 由于喷射混凝土施工是在一定压力条件下的管道输送,本条对输送管道的耐压性、耐磨性和管径作了规定。
- 4.0.5 根据施工要求,本条对供水的连续性和供水压力作了规定。

## 5 喷射混凝土加固设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 喷射混凝土加固工程设计应遵循现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的基本假定,但必须考虑加固结构的二次受力特点。加固前的原结构已经受力,而结构加固部分并不立即受力,只是在继续加载情况下才开始受力。因此,加固结构的承载力与新旧两部分混凝土作为整体共同工作的可靠性有密切关系。整体共同工作的可靠性取决于施工方法和新旧结构结合面的构造处理。如果采取卸荷加固,且加固时采取配置一定数量的贯穿结合面的剪力筋等构造措施,并涂刷界面处理剂等,则可提高结合面的传力性能,提高截面整体共同工作的可靠性。

5.1.2 本条对以喷射混凝土工法用结构构件增大截面法加固的设计,提出了应遵循的原则。其中,考虑到结构二次受力的特点、实际荷载作用的位置、结构自重增大带来的次要影响等因素。

5.1.3 本条规定了结构加固常用的混凝土强度等级。

5.1.4 本条从提高加固结构的耐久性考虑,对加固修复面的最小厚度作出了规定。

5.1.5 本条从提高加固构件新老部分共同工作性能的角度,对新老材料结合面上应采取的措施作出了规定。

### 5.2 加固计算

5.2.1 本条给出了轴心受压、偏心受压、受弯构件采用喷射混凝土加固的基本设计方法,并指出了在设计时应充分考虑卸荷加固的影响。

公式中考虑了加固截面二次应变滞后和新旧混凝土协同工作

时加固用喷射混凝土和纵向钢筋的利用系数  $\alpha$ 。这一系数与加固时原构件的应力水平、受力特征(受压或受拉)等因素有关。因此,在结构构件加固时应尽量卸荷,以充分发挥加固材料的作用。在本节中,针对受力特征不同分别给出了不同的  $\alpha$  系数值。

1 对轴心受压混凝土构件,本规程只规定利用系数  $\alpha$  值为 0.8,但当采用卸荷加固时,可根据卸荷后的实际应力水平和可靠的试验数据适当提高取值。

按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的基本假定,加固构件混凝土的应力应变关系见图 E5.2.1:

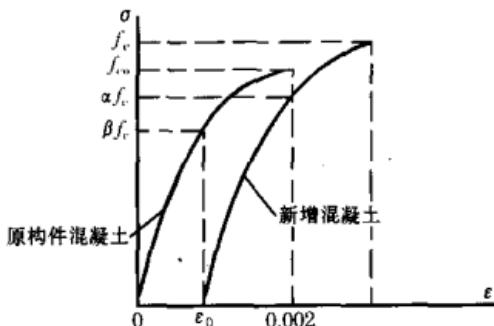


图 1 轴心受压构件混凝土的应力应变关系

图中  $\beta f_c$  值为原构件混凝土的应力水平值,而  $\alpha$  值为加固后旧混凝土达到极限应变  $\epsilon = 0.002$  时,新混凝土中的应力与其强度设计值  $f_c$  的比值,称为利用系数。本规程中轴心受压构件的  $\alpha$  是以  $\beta$  值为 0.75(轴压比)确定的。 $\alpha$  值的确定方法可参见中国工程建设标准化协会标准《混凝土结构加固技术规程》CECS25:90。

从图 E5.2.1 中可以看出,利用系数  $\alpha$  值(受力钢筋与混凝土的利用系数相同)随  $\beta$  值的增大而降低,因此,对二次受力的加固构件,采用卸荷加固方法对新增混凝土(与钢筋)的有效利用有实际意义。

2 对于偏心受压构件,受压区的新增混凝土和钢筋的强度利用系数  $\alpha$  仍取 0.8,而受拉钢筋的强度利用系数  $\alpha$  可取 0.9。

3 受弯构件加固时一般都卸掉了活荷载,故增大截面位于受压区时,可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中叠合构件的有关规定进行计算。当在受拉区进行加固时,考虑到了应力应变滞后,故新增受拉钢筋的抗拉强度设计值乘以折减系数0.9。

5.2.2 本条给出的用现浇钢筋混凝土夹板墙对砌体房屋进行抗震加固的计算方法引自《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116。考虑到混凝土与砌体的弹性模量相差比较大,且板墙厚度不小于 $2 \times 60\text{mm}$ ,因此混凝土强度等级选用较低值(C20、C30)。试验表明,加固后墙体的增强系数与原墙体砌筑砂浆的强度等级有关,砂浆强度等级为M2.5、M5.0时,增强系数取2.5;M7.5时,取2.0;M10时,取1.8。

### 5.3 构造要求

5.3.1 本条根据喷射混凝土加固工程的经验,规定了梁加固的配筋构造。

5.3.2 本条给出了简支梁、连续梁、框架梁加固时纵向受力筋的锚固构造要求。

5.3.3 本条根据喷射混凝土加固工程的经验,规定了在柱加固时的配筋构造。

5.3.4 本条根据喷射混凝土加固工程的经验,规定了墙和板加固的配筋构造。

5.3.5 本条重点给出砖砌体墙抗震加固时为保证夹板墙与原墙体、楼板等构件的可靠连接而采用的配筋构造措施。本条的规定主要引自行业标准《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116。

## 6 施工技术

### 6.1 施工准备

6.1.1 喷射混凝土加固无论工程规模大小均属单项工程,因此,在施工前应根据加固工程的具体情况和工艺配置,编制施工技术方案。本条规定了施工技术方案的主要内容。

6.1.2 为增强加固构件新老混凝土结合面的粘结力,必须对原有构件的表面进行处理。本条对混凝土构件和砌体的表面处理作了规定。

6.1.3 本条对被加固构件原配筋发生锈蚀后的处理作了与《工业厂房可靠性鉴定标准》GBJ 144—90相对应的规定。

6.1.4 本条规定了边框模板和厚度标志,以确保喷射加固层的尺寸。

6.1.5 本条规定,开始喷射混凝土前应对搅拌机、空压机进行试运转,对水管、输料配管进行送水送风试验,以保证施工时正常运行。

6.1.6 本条规定,在喷射前对新配置的钢筋进行检查,以保证质量。

6.1.7 本条规定了喷射司机与喷射手的联络方法。

6.1.8 本条对喷射作业面的通风与照明提出了要求。

### 6.2 喷射作业

6.2.1 本条规定了喷射混凝土的施工顺序。

6.2.2 本条对喷射混凝土施工的分层厚度作了规定,主要为了保证加固混凝土的整体性。

6.2.3 本条规定了分层喷射的间隔时间。

6.2.4 本条为混凝土喷射操作的有关技术规定。由于喷射手是关键作业人员,技术要求较高,故应经过专业培训。

6.2.5 本条对喷射混凝土养护作出了规定。

6.2.6 本条对掺入短纤维的喷射混凝土作出了技术规定,以保证均质性。

### 6.3 安全措施

6.3.1 本条对确保喷射作业台架的安全作出了规定。

6.3.2 由于喷射混凝土采用管道压力输送,若发生击穿、松脱等情况会出现危险,故本条对防止此类问题的发生作了规定。

6.3.3 本条是对安全用电的规定。

6.3.4 本条对检修时的安全用电作了规定。

6.3.5 本条对处理堵管故障的安全操作作了规定。

6.3.6 本条对作业的卫生条件及作业人员的劳动防护作了规定。

6.3.7 本条对改善作业区卫生条件的措施作了规定。

## 7 质量检查和验收

### 7.1 质量检查

7.1.1 为了保证喷射混凝土的质量,首先要对原材料的质量进行检查。检查对象为:水泥、石子、砂子、水和外加剂。水泥必须有出厂合格证或进场试验报告,其品种、强度等级、包装或散装仓号、出厂日期等均应符合规定。石子的最大粒径和级配,砂子的细度和级配都必须符合国家现行标准对普通混凝土粗、细骨料质量的规定和喷射混凝土的要求。喷射混凝土拌合应采用生活用水,不得使用污水、海水、酸碱度过高的水。

目前国内外混凝土用外加剂的品种很多,喷射混凝土所用外加剂的质量应符合现行国家标准的要求,其品种和掺量必须根据对喷射混凝土性能、施工条件的要求,和所采用原材料及配合比等因素经试验确定。

原材料准确称量,混合料均匀拌合均直接影响喷射混凝土的质量。要求第一工作班至少目测检查两次。施工中若遇气候变化、喷射机具故障等情况时,应及时对使用的原材料和混合料进行检查。

7.1.2 检查喷射混凝土厚度,施工时可用测针、预埋短钢筋,有条件时还可支侧模板加以控制。喷射施工结束后8h以内,可用电钻、风钻钻孔检查喷射混凝土的加固层厚度,若发现喷层厚度不够,应及时补喷。当施工时已用预埋短钢筋控制喷层厚度,且控制点数量和检查部位均符合要求时,可不再钻孔检查。

梁、柱、板等构件加固的厚度,依据现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的规定,即允许偏差为+8mm和-5mm。

对非承重构件和围护结构,加固时喷射混凝土的厚度也应进行适当的控制与检查。

**7.1.3** 抗压强度是喷射混凝土的主要性能指标,质量检查时一般只要求做抗压强度试验。如果设计对防渗、防腐、耐高温等有特殊要求时,还应做相应性能指标的检查试验。

按《混凝土工程施工质量验收规范》GB 50204—2002 中对混凝土强度检查的规定,并根据喷射混凝土的特点,取同材料、同配合比、同喷射工艺的混凝土作为一个验收批,并要求每一工作班内,每  $50m^3$  或小于  $50m^3$  工程量制取一组强度检验试块,每组试块不得少于 3 块。当材料、配合比、喷射工艺等条件变化时应另分验收批。

由于喷射混凝土施工工艺与现浇混凝土不同,因此,其抗压强度检验也有所区别,主要体现在试块的制取上。目前大板切割法和钻取芯样法能够比较准确地反映喷射混凝土的实际抗压强度,所以本标准采用这两种方法。

试块的制取要求,应遵守有关标准的规定。

考虑喷射混凝土所用骨料的最大粒径不大于  $15mm$ ,所以试块尺寸采用边长为  $100mm$  的立方体或  $\phi 100 \times 100mm$  的圆柱体。

由 CECS 03 : 88 可知,根据国内外的有关试验结果,标准立方体试块强度与  $\phi 100 \times 100mm$  的芯样强度之比的平均值为 1.03。从结构安全考虑并为了计算方便,可将芯样(高径比为 1 : 1)试块的强度值直接作为标准立方体试块的强度。

**7.1.4** 从现场喷筑的混凝土板件上切割或钻取的混凝土试块,应没有明显裂缝和缺损,并符合有关标准对其平整度、垂直度等的要求。否则应舍弃并另行取样。

每组喷射混凝土试块的抗压强度试压值不应离散性太大,否则容易发生误判。

**7.1.5** 喷射混凝土强度判定的合格条件,按承重构件和非承重构件分别对待。承重构件加固用喷射混凝土强度判定合格条件的保

证率为 95% 以上。

当抽样组数  $n \geq 10$  时, 采用公式  $m_{fcu} - \lambda_1 s_{fcu} \geq 0.9 f_{cu,k}$  考虑的主要因素有:

1 根据喷射混凝土的施工特点, 不可能保证生产条件在较长长时间内保持一致, 喷射混凝土的强度容易波动, 所以, 采用母体标准差未知时的判定公式。

2 检查时不可能抽取很多试块, 一般属于小容量样本, 根据数据统计理论分析, 样本服从中心  $t$  分布。

3  $\lambda_1$  值是根据中心  $t$  分布的单侧 0.05 百分位点确定的。

4 公式右端  $0.9 f_{cu,k}$  为必须保证的喷射混凝土强度等级。

公式  $f_{cu,min} \geq \lambda_1 f_{cu,k}$  的主要作用是控制喷射混凝土强度分布中过低强度出现的可能性。

用于非承重构件和围护结构等的喷射混凝土强度等级的保证率为 50% 左右。

当抽检样本的统计数据满足条文规定的二项要求时, 则认为该批喷射混凝土的强度合格。

7.1.6 检查结构中喷射混凝土强度的方法有钻取芯样法、拉拔法、回弹法等。考虑到各种方法的准确性有差异, 当对喷射混凝土试块强度的代表性有怀疑时, 本规程建议采用钻芯法进行现场检查。

## 7.2 工程验收

7.2.1 本条规定采用喷射混凝土加固修复的工程应按分项工程验收。

7.2.2 本条规定, 加固修复工程验收时应核查的技术文件和资料。

7.2.3 本条是对加固修复工程有特别设计要求时的规定。