



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 00 4 年 5 月 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 单宏远 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

#### 2.0.1 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;

$N_a$ ——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;

$M_a$ ——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.— 喷射混凝土弹性模量；

E——原构件混凝土弹性模量实测值；

E.— 加固钢筋弹性模量；

E-- 原构件钢筋弹性模量；

f— 边长为150mm 的混凝土立方体抗压强度；

. — 喷射混凝土轴心抗压强度设计值；

f—— 原构件混凝土轴心抗压强度设计值；

f<sub>t</sub>——喷射混凝土抗拉强度设计值；

$f$ —— 加固用纵向钢筋抗拉、抗压强度设计值；

$f_u$ ——原构件纵向钢筋抗拉、抗压强度设计值。

### 2.2.3 几何参数

A。—— 原构件的截面面积；

A。——喷射混凝土截面面积；

A'—— 原构件纵向钢筋截面面积；

A<sub>s</sub>—— 加固用纵向钢筋截面面积；

A<sub>m</sub>—— 砖砌体截面面积。

### 2.2.4 计算系数及其他

$\phi$ ——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~	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 $\text{SO}_2$ )按重量计不大于(%)		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		
<p>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, 尚应有足够的坚实性, 即在硫酸钠海液中没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%;</p> <p>2石子中不得排入煨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。</p>				

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 $1.2\sim 1.4$ 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 $3\sim 5\text{m}^3/\text{h}$ 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0.8MPa,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0.15~0.2MPa。

## 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：

$$N < [f_c A + f_{0c} A + a(f_{sc} A_s + f_{sc}' A_s')] (5.2.1-1)$$

式中  $N$ ——构件的轴向力设计值；

——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；

$f_{0c}$ ——原构件混凝土的轴心抗压强度设计值；

$A$ ——原构件的截面面积；

$f_{sc}$ ——原构件纵向钢筋的抗压强度设计值；

$A_s$ ——原构件纵向钢筋的截面面积；

$A_s'$ ——喷射混凝土的截面面积；

$f_{sc}'$ ——喷射混凝土的轴心抗压强度设计值；

$f_{sc}$ ——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；

$a$ ——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 $a=0.8$ 。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:

$$\eta_{wi} = 1 + \frac{\sum_{j=1}^n (\eta_{wvj} - 1) A_{vj0}}{A_{i0}} \quad (5.2.2-1)$$

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

——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;

$A_{vj0}$ ——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 MS	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）。

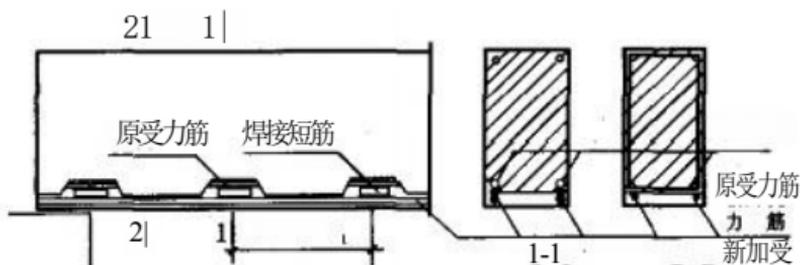


图5.3.2-1 简支梁纵向受力筋焊接短筋锚固

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

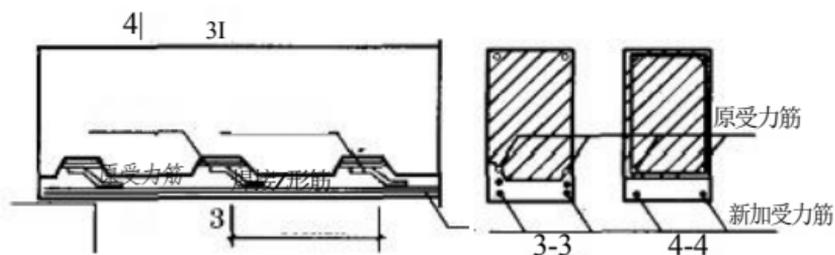


图5.3.2-2 简支梁纵向受力筋焊接Z形筋锚固

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)。

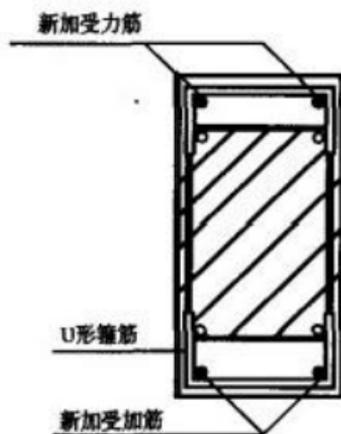


图5.3.2-3 连续梁焊接U形箍筋的构造

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。

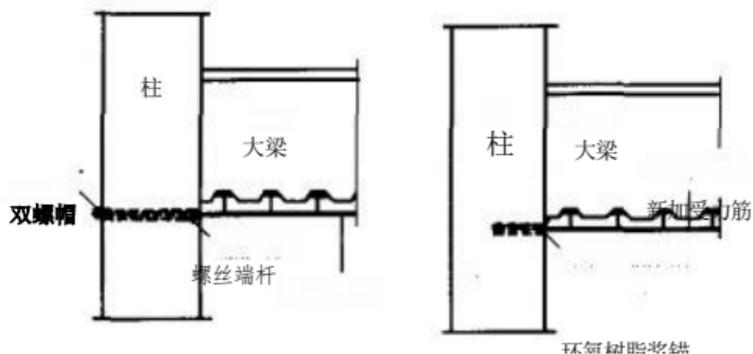
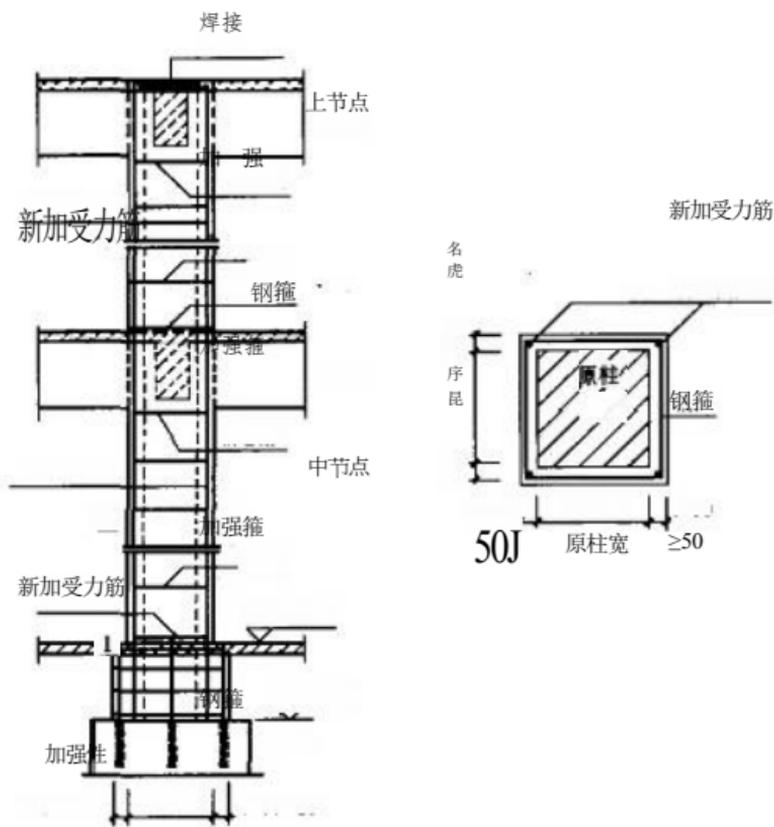


图5.3.2-4 框架梁新加受力筋的锚固



地面标高

基础顶面

下节点

250-100 原柱宽=50~100

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)。

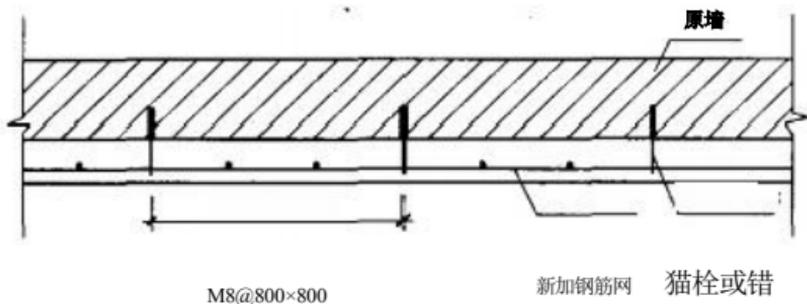


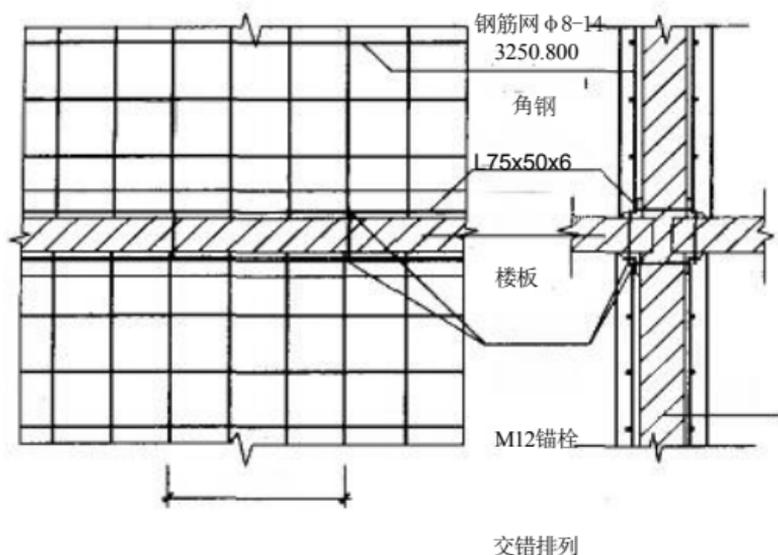
图5.3.4-1 墙或板加固钢筋网的锚固

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

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请

访问:

<https://d.book118.com/455303014123012003>