工程建设标准全文信息系统

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

2004 北 京

工程建设标准全文信息系统

工程建设标准全文信息系统

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：2004年5月1日

2004 北京

工程建设标准全文信息系统

工程建设标准全文信息系统

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。

工程建设标准全文信息系统

工程建设标准全文信息系统

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

工程建设标准全文信息系统

工程建设标准全文信息系统

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）

工程建设标准全文信息系统

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。

工程建设标准全文信息系统

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;

工程建设标准全文信息系统

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_{c0}——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

φ——轴心受压构件的稳定系数；

α——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。

工程建设标准全文信息系统

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

工程建设标准全文信息系统

工程建设标准全文信息系统

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≥50mm 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 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,尚应有足够的坚实性,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 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;

工程建设标准全文信息系统

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。

工程建设标准全文信息系统

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 ≥13.5dtex；

2 单根纤维拉断力 ≥3.5cN；

3 长度 12～19mm；

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 0.6～0.9kg；

8 可与水泥、粗细骨料一起搅拌，搅拌时间延长 20s。

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∶3.5～4.5；

2 砂率宜为 0.45～0.55；

3 水灰比宜为 0.4～0.5；

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 3.0m³/h；

2 允许输送骨料的最大粒径为 25mm；

3 水平输料距离不宜小于 100m，竖向输料距离不宜小于 30m；

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 9m³/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 0.6MPa；

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 1.2～1.4 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 400L，生产能力为 3～5m³/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。

工程建设标准全文信息系统

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。

工程建设标准全文信息系统

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：

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

式中 N——构件的轴向力设计值；

φ——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；

α——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；

工程建设标准全文信息系统

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：

$$\eta_{pi}=1+\frac{\sum_{j=1}^{n}(\eta_{pij}-1)A_{ij0}}{A_{i0}} \qquad (5.2.2\text{-}1)$$

式中 η_{pi}——面层加固的第 i 楼层抗震能力的增强系数；

η_{pij}——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_{ij0}——第 i 楼层第 j 墙段在 1/2 层高处的净截面面积；

A_{j0}——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)。

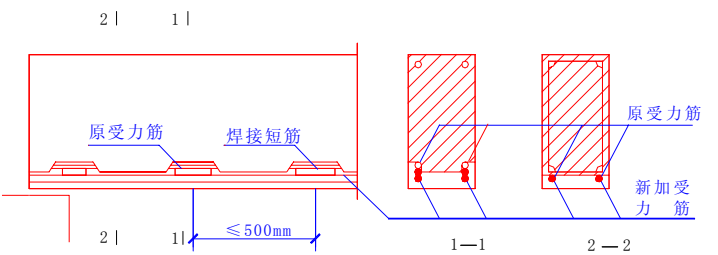


图5.3.2-1 简支梁纵向受力筋焊接短筋锚固

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

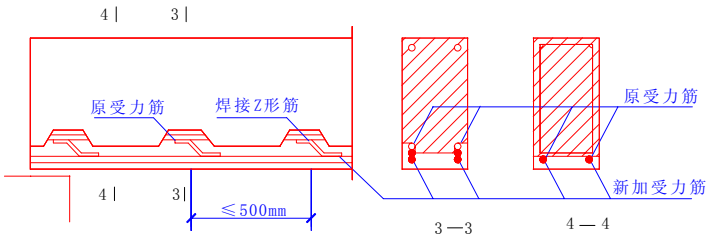


图 5.3.2-2　简支梁纵向受力筋焊接 Z 形筋锚固

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)。

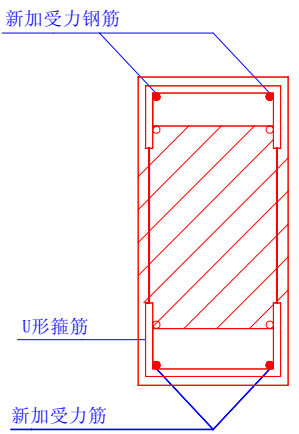


图 5.3.2-3　连续梁焊接 U 形箍筋的构造

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。

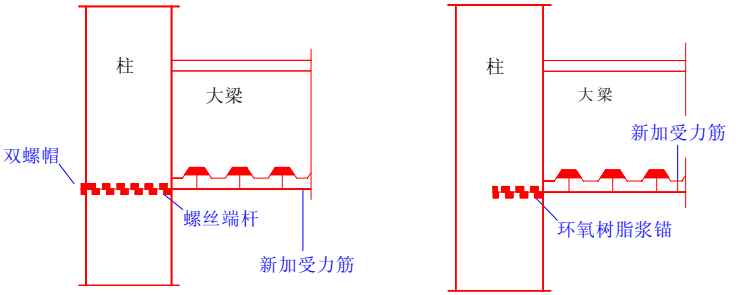


图 5.3.2-4　框架梁新加受力筋的锚固

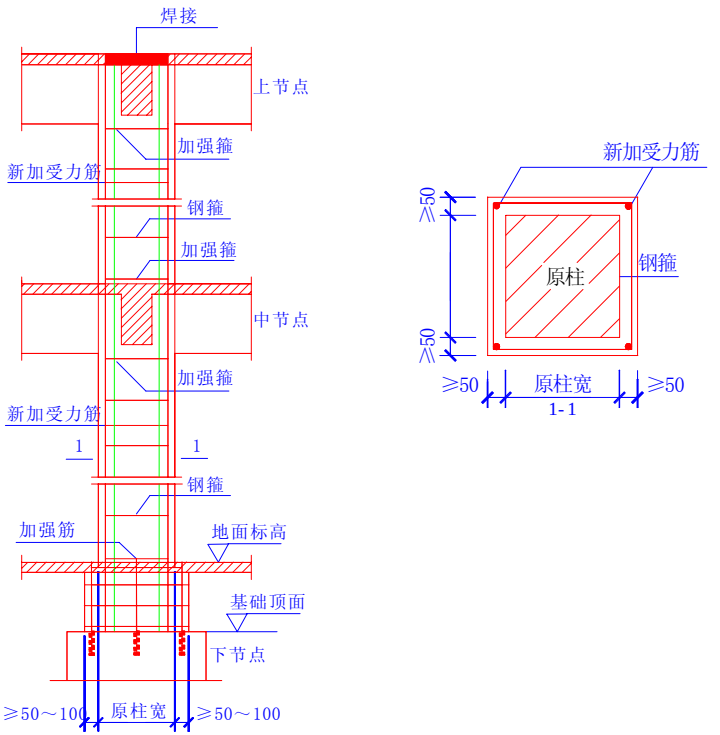


图 5.3.3　柱加固的配筋构造

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)。

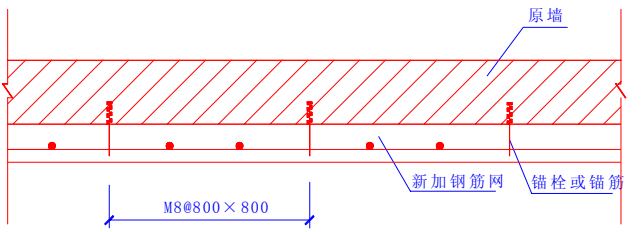


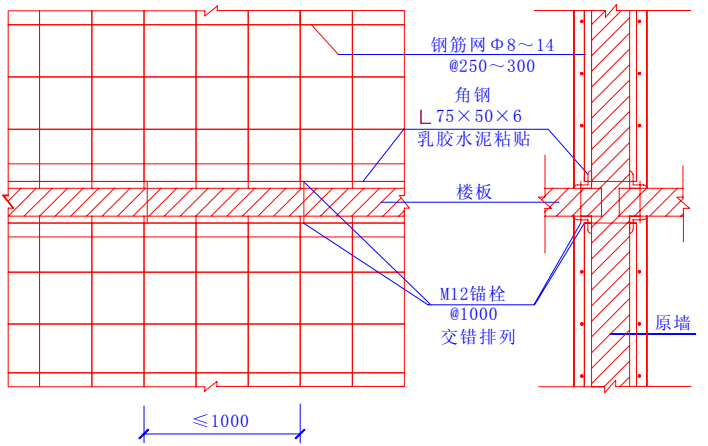
图 5.3.4-1 墙或板加固钢筋网的锚固

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)。

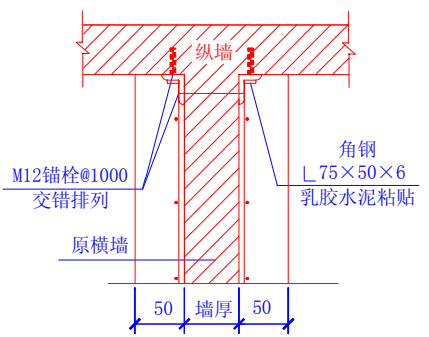
5.3.5 当采用喷射混凝土配筋夹板墙对砖墙进行抗震加固时，其构造应满足下列要求：

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

工程建设标准全文信息系统



(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 ϕ12，横向钢筋直径 ϕ6；

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

工程建设标准全文信息系统

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；

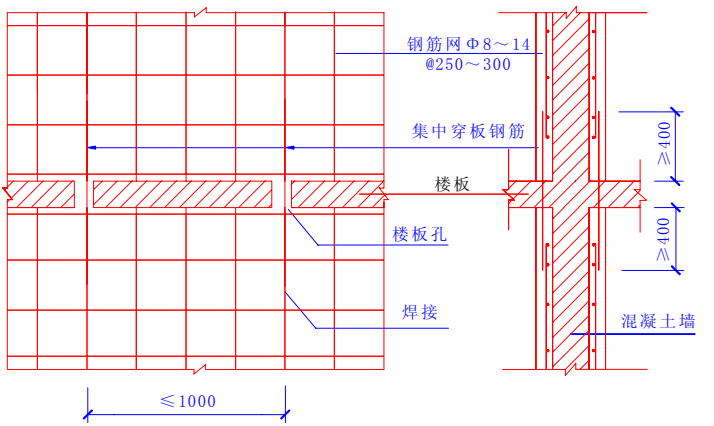


图 5.3.5　夹板墙加固钢筋网过楼板的穿孔集中配筋

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 2ϕ12 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 ϕ8 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。

工程建设标准全文信息系统

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

工程建设标准全文信息系统

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)

配比成分 / 部位	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。

工程建设标准全文信息系统

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^3，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。

工程建设标准全文信息系统

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 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

工程建设标准全文信息系统

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 $50m^3$ 或小于 $50m^3$ 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$\phi100\times100$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 $n\geqslant10$ 时，

工程建设标准全文信息系统

$$m_{fcu}-\lambda_1 s_{fcu}\geqslant 0.9 f_{cu,k} \qquad (7.1.5\text{-}1)$$

$$f_{cu,min}\geqslant \lambda_2 f_{cu,k} \qquad (7.1.5\text{-}2)$$

式中 m_{fcu}——同一验收批喷射混凝土强度代表值的平均值(N/mm²)；

s_{fcu}——同一验收批喷射混凝土强度代表值的标准差(N/mm²)；

$f_{cu,k}$——设计的喷射混凝土强度标准值(N/mm²)；

$f_{cu,min}$——同一验收批喷射混凝土强度的最小值(N/mm²)；

λ_1、λ_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
λ_1	1.70	1.65	1.6
λ_2	0.90	0.85	

当同批试块组数 $n<10$ 时，

$$m_{fcu}\geqslant 1.15 f_{cu,k} \qquad (7.1.5\text{-}3)$$

$$f_{cu,min}\geqslant 0.95 f_{cu,k} \qquad (7.1.5\text{-}4)$$

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：

$$m_{fcu}\geqslant f_{cu,k} \qquad (7.1.5\text{-}5)$$

$$f_{cu,min}\geqslant 0.85 f_{cu,k} \qquad (7.1.5\text{-}6)$$

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。

工程建设标准全文信息系统

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”。

工程建设标准全文信息系统