UDC

中华人民共和国国家标准

P

GB 50702－2011

砌体结构加固设计规范

Code for design of strengthening masonry structures

仅供学习交流

2011－07－26　发布　　2012－08－01　实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局　联合发布

中华人民共和国国家标准

砌体结构加固设计规范

Code for design of strengthening masonry structures

GB 50702－2011

主编部门：四川省住房和城乡建设厅
批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
施行日期：2012年8月1日

仅供学习交流

中国建筑工业出版社

2011 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部
公　　告

第1095号

关于发布国家标准《砌体结构加固设计规范》的公告

现批准《砌体结构加固设计规范》为国家标准，编号为GB 50702－2011，自2012年8月1日起实施。其中，第3.1.9、4.2.3、4.3.6、4.4.3、4.5.2、4.5.3、4.5.5、4.6.1、4.6.2、4.6.3、4.7.5、4.7.7、9.1.7、10.1.4条为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2011年7月26日

仅供学习交流

前　言

本规范是根据原建设部《1989年工程建设专业标准制订修订计划》的要求，由四川省建筑科学研究院会同有关单位编制完成的。

本规范在编制过程中，编制组开展了各种结构加固方法的专题研究；进行了广泛的调查分析和重点项目的验证性试验和工程试用；总结了近20年来我国砌体结构加固设计经验，并与国外先进的标准、规范进行了比较分析和借鉴。在此基础上以多种方式广泛征求了有关单位和社会公众的意见并进行了试设计和对加固效果的评估。据此，还对主要条文进行了反复修改，最后经审查定稿。

本规范共分13章和2个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、材料、钢筋混凝土面层加固法、钢筋网水泥砂浆面层加固法、外包型钢加固法、外加预应力撑杆加固法、粘贴纤维复合材加固法、钢丝绳网-聚合物改性水泥砂浆面层加固法、增设砌体扶壁柱加固法、砌体结构构造性加固法、砌体裂缝修补法。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释；由四川省建筑科学研究院负责具体技术内容的解释。为充实提高规范的质量，请各使用单位在执行本规范过程中，结合工程实践，注意总结经验，积累数据、资料，随时将意见和建议寄交四川省建筑科学研究院（邮编：610081，地址：成都市一环路北三段55号）。

本规范主编单位：四川省建筑科学研究院

中国华西企业有限公司

本规范参编单位：湖南大学
同济大学
哈尔滨工业大学
福州大学
武汉大学
中国建筑西南设计院
上海市民用建筑设计院
重庆市建筑科学研究院
陕西省建筑科学研究院
亨斯迈化工精细材料有限公司
上海安固建筑材料有限公司
厦门中连结构胶有限公司
上海同华加固工程有限公司
南京市凯盛建筑设计研究院有限责任公司

本规范主要起草人：梁　坦　吴　体　梁　爽　王晓波
吴善能　施楚贤　刘新玉　唐岱新
许政谐　林文修　陈大川　雷　波
何英明　张成英　唐超伦　陈友明
张坦贤　刘延年　黄　刚　黎红兵

本规范审查人员：刘西拉　戴宝城　高小旺　弓俊青
李德荣　张书禹　黄兴棣　王庆霖
古天纯　陈　宙

仅供学习交流

目　次

1　总则 …… 1
2　术语和符号 …… 2
2.1　术语 …… 2
2.2　符号 …… 3
3　基本规定 …… 5
3.1　一般规定 …… 5
3.2　设计计算原则 …… 6
3.3　加固方法及配合使用的技术 …… 8
4　材料 …… 10
4.1　砌筑材料 …… 10
4.2　混凝土原材料 …… 10
4.3　钢材及焊接材料 …… 11
4.4　钢丝绳 …… 13
4.5　纤维复合材 …… 14
4.6　结构胶粘剂 …… 16
4.7　聚合物改性水泥砂浆 …… 16
4.8　砌体裂缝修补材料 …… 18
4.9　防裂用短纤维 …… 19
5　钢筋混凝土面层加固法 …… 21
5.1　一般规定 …… 21
5.2　砌体受压加固 …… 22
5.3　砌体抗剪加固 …… 25
5.4　砌体抗震加固 …… 25
5.5　构造规定 …… 26
6　钢筋网水泥砂浆面层加固法 …… 28

仅供学习交流

6.1 一般规定 …… 28
6.2 砌体受压加固 …… 28
6.3 砌体抗剪加固 …… 31
6.4 砌体抗震加固 …… 31
6.5 构造规定 …… 32
7 外包型钢加固法 …… 35
7.1 一般规定 …… 35
7.2 计算方法 …… 35
7.3 构造规定 …… 37
8 外加预应力撑杆加固法 …… 39
8.1 一般规定 …… 39
8.2 计算方法 …… 40
8.3 构造规定 …… 42
9 粘贴纤维复合材加固法 …… 44
9.1 一般规定 …… 44
9.2 砌体抗剪加固 …… 45
9.3 砌体抗震加固 …… 47
9.4 构造规定 …… 47
10 钢丝绳网-聚合物改性水泥砂浆面层加固法 …… 49
10.1 一般规定 …… 49
10.2 砌体抗剪加固 …… 50
10.3 砌体抗震加固 …… 51
10.4 构造规定 …… 52
11 增设砌体扶壁柱加固法 …… 54
11.1 计算方法 …… 54
11.2 构造规定 …… 54
12 砌体结构构造性加固法 …… 57
12.1 增设圈梁加固 …… 57
12.2 增设构造柱加固 …… 59
12.3 增设梁垫加固 …… 60

仅供学习交流

12.4 砌体局部拆砌 …… 60
13 砌体裂缝修补法 …… 62
13.1 一般规定 …… 62
13.2 填缝法 …… 62
13.3 压浆法 …… 63
13.4 外加网片法 …… 65
13.5 置换法 …… 65
附录A 已有建筑物结构荷载标准值的确定 …… 67
附录B 粘结材料粘合加固材与基材的正拉粘结强度试验室测定方法及评定标准 …… 70
本规范用词说明 …… 77
引用标准名录 …… 78
附：条文说明 …… 81

仅供学习交流

Contents

1 General Provisions ····· 1
2 Terms and Symbols ····· 2
2.1 Terms ····· 2
2.2 Symbols ····· 3
3 Basic Requirements ····· 5
3.1 General Requirements ····· 5
3.2 Principles for Calculation of Design ····· 6
3.3 Strengthenting Methods and Technology ····· 8
4 Materials ····· 10
4.1 Masonry Materials ····· 10
4.2 Concrete Original Materials ····· 10
4.3 Steel and Welding Materials ····· 11
4.4 Wire Ropes ····· 13
4.5 Fiber Reinforced Polymer ····· 14
4.6 Structural Adhesives ····· 16
4.7 Polymer Modified Cement Mortar ····· 16
4.8 Materials for Masonry Crack Repairing ····· 18
4.9 Short Fiber for Anticracking ····· 19
5 Structure Member Strengthening with Reinforced Concrete Layer ····· 21
5.1 General Requirements ····· 21
5.2 Masonry Compression Strengthening ····· 22
5.3 Masonry Shear Strengthening ····· 25
5.4 Masonry Seismic Strengthening ····· 25
5.5 Construction Requirements ····· 26

仅供学习交流

6 Structure Member Strengthening with Externally Steel Reinforcement Mesh Mortar Layer ····· 28
6.1 General Requirements ····· 28
6.2 Masonry Compression Strengthening ····· 28
6.3 Masonry Shear Strengthening ····· 31
6.4 Masonry Seismic Strengthening ····· 31
6.5 Construction Requirements ····· 32
7 Structure Member Strengthening with Sectional Steel Frame ····· 35
7.1 General Requirements ····· 35
7.2 Calculation Methods ····· 35
7.3 Construction Requirements ····· 37
8 Structure Member Strengthening with Externally Prestressed Strut ····· 39
8.1 General Requirements ····· 39
8.2 Calculation Methods ····· 40
8.3 Construction Requirements ····· 42
9 Structure Member Strengthening with Externally Bonded Fibre Reinforced Polymer ····· 44
9.1 General Requirements ····· 44
9.2 Masonry Shear Strengthening ····· 45
9.3 Masonry Seismic Strengthening ····· 47
9.4 Construction Requirements ····· 47
10 Structure Member Strengthening with Wire Rope Mesh-Polymer Modified Cement Mortar Layer ····· 49
10.1 General Requirements ····· 49
10.2 Masonry Shear Strengthening ····· 50
10.3 Masonry Seismic Strengthening ····· 51
10.4 Construction Requirements ····· 52
11 Structure Member Strengthening with Adding

仅供学习交流

Masonry Counterfort Column ····· 54
11.1 Calculation Methods ····· 54
11.2 Construction Requirements ····· 54
12 Construction Strengthening of Masonry Structures ····· 57
12.1 Strengthening with Adding Ring Beam ····· 57
12.2 Strengthening with Adding Structural Concrete Column ····· 59
12.3 Strengthening with Adding Concrete Padstone ····· 60
12.4 Disassembling and Bonding Partial Masonry ····· 60
13 Masonry Crack Repairing ····· 62
13.1 General Requirements ····· 62
13.2 Masonry Crack Repairing by Filler ····· 62
13.3 Masonry Crack Repairing by Grout ····· 63
13.4 Masonry Crack Repairing by Externally Mesh ····· 65
13.5 Masonry Crack Repairing by Replacement ····· 65
Appendix A Determination for Load Characteristic Value of Existing Structures ····· 67
Appendix B Specifications for Test and Evaluation of Bonding Tensile Strength between Strengthening Materials and Substrate ····· 70
Explanation of Wording in This Code ····· 77
List of Quoted Standards ····· 78
Addition: Explanation of Provisions ····· 81

仅供学习交流

1 总　　则

1.0.1 为了使砌体结构的加固做到技术可靠、安全适用、经济合理、确保质量，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于房屋和一般构筑物砌体结构的加固设计。

1.0.3 砌体结构加固前，应根据不同建筑类型分别按现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 和《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 等标准的有关规定进行可靠性鉴定。当与抗震加固结合进行时，尚应按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的有关规定进行抗震能力鉴定。

1.0.4 砌体结构的加固设计除应符合本规范的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

仅供学习交流

2 术语和符号

2.1 术　　语

2.1.1 砌体结构加固　strengthening of masonry structures

对可靠性不足或业主要求提高可靠度的砌体结构、构件及其相关部分采取增强、局部更换或调整其内力等措施，使其具有现行设计规范及业主所要求的安全性、耐久性和适用性。

2.1.2 原构件　existing structure member

实施加固前的原有构件。

2.1.3 重要构件　important structure member

其自身失效将影响或危及承重结构体系安全工作的构件。

2.1.4 一般构件　general structure member

重要构件以外的构件。

2.1.5 水泥复合砂浆　composite cement mortar

以水泥和高性能矿物掺合料为主要组分，并掺有外加剂和短细纤维的砂浆。

2.1.6 聚合物改性水泥砂浆　polymer modified cement mortar

掺有改性环氧乳液或其他改性共聚物乳液的高强度水泥砂浆。承重结构用的聚合物改性水泥砂浆应能显著提高其锚固钢筋和粘结混凝土、砌体等基材的能力。

2.1.7 钢筋网　steel reinforcement mesh

用普通热轧带肋钢筋或冷轧带肋钢筋焊接而成的网片。

2.1.8 纤维复合材　fiber reinforced polymer

采用高强度的连续纤维按一定规则排列，经用胶粘剂浸渍、粘结固化后形成的具有纤维增强效应的复合材料，通称纤维复合材。

2.1.9 材料强度利用系数　strength utilization factor of material

考虑加固材料在二次受力条件下其强度得不到充分利用所引入的计算系数。

2.1.10 外加面层加固法 external layer strengthening

通过外加钢筋混凝土面层或钢筋网砂浆面层，以提高原构件承载力和刚度的一种加固法。

2.1.11 外包型钢加固法 sectional steel strengthening

对砌体柱包以型钢肢与缀板焊成的构架，并按各自刚度比例分配所承受外力的加固法，也称为干式外包钢加固法。

2.1.12 外加预应力撑杆加固法 external prestressed strut strengthening

通过收紧横向螺杆装置，对带切口、且有弯折外形的两对角钢撑杆施加预压力，以将砌体柱所承受的荷载卸给撑杆的加固法。

2.1.13 扶壁柱加固法 counterfort masonry column strengthening

沿砌体墙长度方向每隔一定距离将局部墙体加厚形成墙带垛加劲墙体的加固法。

2.1.14 砌体裂缝修补法 masonry crack repairing

为封闭砌体裂缝或恢复开裂砌体整体性所采取的修补或修复法。

2.2 符　　号

2.2.1 材料性能

E_m——原构件砌体弹性模量；

E_a——新增型钢弹性模量；

E_f——新增纤维复合材弹性模量；

f_{m0}、f——分别为原砌体和新增砌体抗压强度设计值；

f_c——新增混凝土轴心抗压强度设计值；

f_y、f'_y——分别为新增钢筋抗拉、抗压强度设计值；

f_f——新增纤维复合材抗拉强度设计值。

仅供学习交流

2.2.2 作用效应及承载力

N——构件加固后的轴向压力设计值；

M——构件加固后弯矩设计值；

V——构件加固后剪力设计值；

σ_s——钢筋受拉应力。

2.2.3 几何参数

A_{m0}——原构件砌体截面面积；

A_c——新增混凝土截面面积；

A_s——新增钢筋截面面积；

A_a——新增型钢（角钢）全截面面积；

h——构件加固后的截面高度；

h_0——构件加固后的截面有效高度；

b——原构件矩形截面宽度；

I_{m0}——原构件截面惯性矩；

I_a——钢构架截面惯性矩；

H_0——构件的计算高度；

h_T——带壁柱墙截面的折算厚度。

2.2.4 计算系数

β——砌体构件高厚比；

α_c——新增混凝土强度利用系数；

α_s——新增钢筋强度利用系数；

α_f——纤维复合材参与工作系数；

α_m——新增砌体强度利用系数；

φ_{com}——轴心受压组合砌体构件稳定系数；

K_m——原砌体刚度降低系数；

η——协同工作系数；

ρ_f——环向围束体积比。

仅供学习交流

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 砌体结构经可靠性鉴定确认需要加固时，应根据鉴定结论和委托方提出的要求，由有资质的专业技术人员按本规范的规定和业主的要求进行加固设计。加固设计的范围，可按整幢建筑物或其中某独立区段确定，也可按指定的结构、构件或连接确定，但均应考虑该结构的整体牢固性，并应综合考虑节约能源与环境保护的要求。

3.1.2 在加固设计中，若发现原砌体结构无圈梁和构造柱，或涉及结构整体牢固性部位无拉结、锚固和必要的支撑，或这些构造措施设置的数量不足，或设置不当，均应在本次的加固设计中，予以补足或加以改造。

3.1.3 加固后砌体结构的安全等级，应根据结构破坏后果的严重性、结构的重要性和加固设计使用年限，由委托方与设计方按实际情况共同商定。

3.1.4 砌体结构的加固设计，应根据结构特点，选择科学、合理的方案，并应与实际施工方法紧密结合，采取有效措施，保证新增构件及部件与原结构连接可靠，新增截面与原截面粘结牢固，形成整体共同工作；并应避免对未加固部分，以及相关的结构、构件和地基基础造成不利的影响。

3.1.5 对高温、高湿、低温、冻融、化学腐蚀、振动、温度应力、地基不均匀沉降等影响因素引起的原结构损坏，应在加固设计中提出有效的防治对策，并按设计规定的顺序进行治理和加固。

3.1.6 砌体结构的加固设计，应综合考虑其技术经济效果，既应避免加固适修性很差的结构，也应避免不必要的拆除或更换。

仅供学习交流

注：适修性很差的结构，指其加固总费用达到新建结构总造价70%以上的结构，但不包括文物建筑和其他有历史价值或艺术价值的建筑。

3.1.7 对加固过程中可能出现倾斜、失稳、过大变形或坍塌的砌体结构，应在加固设计文件中提出有效的临时性安全措施，并明确要求施工单位必须严格执行。

3.1.8 砌体结构的加固设计使用年限，应按下列原则确定：

1 结构加固后的使用年限，应由业主和设计单位共同商定。

2 一般情况下，宜按30年考虑；到期后，若重新进行的可靠性鉴定认为该结构工作正常，仍可继续延长其使用年限。

3 对使用胶粘方法或掺有聚合物加固的结构、构件，尚应定期检查其工作状态。检查的时间间隔可由设计单位确定，但第一次检查时间不应迟于10年。

3.1.9 未经技术鉴定或设计许可，不得改变加固后砌体结构的用途和使用环境。

3.2 设计计算原则

3.2.1 砌体结构加固设计采用的结构分析方法，在一般情况下，应采用线弹性分析方法计算结构的作用效应，并应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003的有关规定。

3.2.2 加固砌体结构时，应按下列规定进行承载能力的设计、验算，并应满足正常使用功能的要求。

1 结构上的作用，应经调查或检测核实，并应按本规范附录A的规定和要求确定其标准值或代表值。

2 被加固结构、构件的作用效应，应按下列要求确定：

1）结构的计算图形，应符合其实际受力和构造状况；

2）作用效应组合和组合值系数以及作用的分项系数，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的有关规定确定，并应考虑由于实际荷载偏心、结构变形、温度作用等造成的附加内力。

3 结构、构件的尺寸，对原有部分应采用实测值；对新增

仅供学习交流

部分，可采用加固设计文件给出的名义值。

4 原结构、构件的砌体强度等级和受力钢筋抗拉强度标准值应按下列规定取值：

1）当原设计文件有效，且不怀疑结构有严重的性能退化时，可采用原设计值；

2）当结构可靠性鉴定认为应重新进行现场检测时，应采用检测结果推定的标准值。

5 加固材料的性能和质量，应符合本规范第 4 章的规定；其性能的标准值应按本规范第 3.2.3 条确定；其性能的设计值应按本规范各相关章节的规定采用。

6 验算结构、构件承载力时，应考虑原结构在加固时的实际受力状况，包括加固部分应变滞后的特点，以及加固部分与原结构共同工作程度。

7 加固后改变传力路线或使结构质量增大时，应对相关结构、构件及建筑物地基基础进行必要的验算。

8 抗震设防区结构、构件的加固，除应满足承载力要求外，尚应复核其抗震能力；不应存在因局部加强或刚度突变而形成的新薄弱部位；同时，还应考虑结构刚度增大而导致地震作用效应增大的影响。

注：本规范的各种加固方法，一般情况下可用于结构的抗震加固，但具体采用时，尚应在设计、计算和构造上执行现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和现行行业标准《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116 的有关规定和要求。

3.2.3 加固材料性能的标准值（f_k），应根据抽样检验结果按下式确定：

$$f_k = m_f - k \cdot s \tag{3.2.3}$$

式中：m_f——按 n 个试件算得的材料强度平均值；

s——按 n 个试件算得的材料强度标准差；

k——与 α、c 和 n 有关的材料强度标准值计算系数，由表 3.2.3 查得；

仅供学习交流

α——正态概率分布的下分位数；根据材料强度标准值所要求的95%保证率，应取$\alpha=0.05$；

c——检测加固材料性能所取的置信水平（置信度），一般对钢材，可取$c=0.90$；对混凝土和木材，可取$c=0.75$；对砌体，可取$c=0.60$；对其他材料，由本规范有关章节作出规定。

表3.2.3　材料强度标准值计算系数k值

n	$\alpha=0.05$时的k值				n	$\alpha=0.05$时的k值			
	$c=0.99$	$c=0.90$	$c=0.75$	$c=0.60$		$c=0.99$	$c=0.90$	$c=0.75$	$c=0.60$
4	—	3.957	2.680	2.102	15	3.102	2.329	1.991	1.790
5	—	3.400	2.463	2.005	20	2.807	2.208	1.933	1.764
6	5.409	3.092	2.336	1.947	25	2.632	2.132	1.895	1.748
7	4.730	2.894	2.250	1.908	30	2.516	2.080	1.869	1.736
10	3.739	2.568	2.103	1.841	50	2.296	1.965	1.811	1.712

3.2.4　为防止结构加固部分意外失效而导致的坍塌，在使用胶粘剂或掺有聚合物的加固方法时，其加固设计除应按本规范的规定进行外，尚应对原结构进行验算。验算时，应要求原结构、构件能承担n倍恒载标准值的作用。当可变荷载（不含地震作用）标准值与永久荷载标准值之比值不大于1时，n取1.2；当该比值等于或大于2时，n取1.5；其间按线性内插法确定。

3.3　加固方法及配合使用的技术

3.3.1　砌体结构的加固可分为直接加固与间接加固两类，设计时，可根据结构特点、实际条件和使用要求选择适宜的加固方法及配合使用的技术。

3.3.2　直接加固宜根据工程的实际情况选用外加面层加固法、外包型钢加固法、粘贴纤维复合材加固法和外加扶壁柱加固法等。

3.3.3 间接加固宜根据工程的实际情况选用外加预应力撑杆加固法和改变结构计算图形的加固方法。

3.3.4 与结构加固方法配合使用的技术应采用符合本规范要求的裂缝修补技术和拉结、锚固技术。

仅供学习交流

4 材　料

4.1 砌筑材料

4.1.1 砌体结构加固用的块体（块材），应采用与原构件同品种块体；块体质量不应低于一等品，其强度等级应按原设计的块体等级确定，且不应低于 MU10。

4.1.2 砌体结构外加面层用的水泥砂浆，若设计为普通水泥砂浆，其强度等级不应低于 M10；若设计为水泥复合砂浆，其强度等级不应低于 M25。

4.1.3 砌体结构加固用的砌筑砂浆，可采用水泥砂浆或水泥石灰混合砂浆；但对防潮层、地下室以及其他潮湿部位，应采用水泥砂浆或水泥复合砂浆。在任何情况下，均不得采用收缩性大的砌筑砂浆。加固用的砌筑砂浆，其抗压强度等级应比原砌体使用的砂浆抗压强度等级提高一级，且不得低于 M10。

4.2 混凝土原材料

4.2.1 砌体结构加固用的水泥，应采用强度等级不低于 32.5 级的硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥；也可采用矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥，但其强度等级不应低于 42.5 级；必要时，还可采用快硬硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥。

注：1　当被加固结构有耐腐蚀、耐高温要求时，应采用相应的特种水泥。

2　配制聚合物改性水泥砂浆和水泥复合砂浆用的水泥，其强度等级不应低于 42.5 级，且应符合其产品说明书的规定。

4.2.2 水泥的性能和质量应分别符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 和《快硬硅酸盐水泥》GB 199 的有关规定。

4.2.3 **砌体结构加固工程中，严禁使用过期水泥、受潮水泥、**

仅供学习交流

品种混杂的水泥以及无出厂合格证和未经进场检验合格的水泥。

4.2.4 配制结构加固用的混凝土，其骨料的品种和质量应符合下列规定：

1 粗骨料应选用坚硬、耐久性好的碎石或卵石。其最大粒径应符合下列规定：

1）对现场拌合混凝土，不宜大于 20mm；

2）对喷射混凝土，不宜大于 12mm；

3）对掺有短纤维的混凝土，不宜大于 10mm；

4）粗骨料的质量应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定；不得使用含有活性二氧化硅石料制成的粗骨料。

2 细骨料应选用中、粗砂，其细度模数不宜小于 2.5；细骨料的质量及含泥量应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定。

4.2.5 混凝土拌合用水应采用饮用水或水质符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 规定的天然洁净水。

4.2.6 砌体结构加固用的混凝土，可使用商品混凝土，但其所掺的粉煤灰应是Ⅰ级灰，且其烧失量不应大于 5%。

4.2.7 当结构加固材料选用聚合物混凝土、微膨胀混凝土、钢纤维混凝土、合成纤维混凝土或喷射混凝土时，应在施工前进行试配，经检验其性能符合设计要求后方可使用。

4.3 钢材及焊接材料

4.3.1 砌体结构加固用的钢筋，其品种、性能和质量应符合下列规定：

1 应采用 HRB335 级和 HRBF335 级的热轧或冷轧带肋钢筋；也可采用 HPB300 级的热轧光圆钢筋。

2 钢筋的质量应分别符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB 1499.1、《钢筋混凝土用钢

第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2 和《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB 13014 的有关规定。

3 钢筋的性能设计值应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定采用。

4 不得使用无出厂合格证、无标志或未经进场检验的钢筋以及再生钢筋。

注：若条件许可，抗震设防区砌体结构加固用的钢筋宜优先选用热轧带肋钢筋。

4.3.2 砌体结构加固用的钢筋网，其质量应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢　第 3 部分：钢筋焊接网》GB 1499.3 的有关规定；其性能设计值应按现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 的有关规定采用。

4.3.3 砌体结构加固用的钢板、型钢、扁钢和钢管，其品种、质量和性能应符合下列规定：

1 应采用 Q235（3 号钢）或 Q345（16Mn 钢）钢材；对重要结构的焊接构件，若采用 Q235 级钢，应选用 Q235-B 级钢。

2 钢材质量应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的有关规定。

3 钢材的性能设计值应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定采用。

4 不得使用无出厂合格证、无标志或未经进场检验的钢材。

4.3.4 当砌体结构锚固件和拉结件采用后锚固的植筋时，应使用热轧带肋钢筋，不得使用光圆钢筋。植筋用的钢筋，其质量应符合本规范第 4.3.1 条的规定。

4.3.5 当锚固件为钢螺杆时，应采用全螺纹的螺杆，不得采用锚入部位无螺纹的螺杆。螺杆的钢材等级应为 Q235 级；其质量应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的有关规定。

4.3.6 砌体结构采用的锚栓应为砌体专用的碳素钢锚栓。碳素钢砌体锚栓的钢材抗拉性能指标应符合表 4.3.6 的规定。

表 4.3.6 碳素钢砌体锚栓的钢材抗拉性能指标

性能等级		4.8	5.8
锚栓钢材性能指标	抗拉强度标准值 f_{stk}（MPa）	400	500
	屈服强度标准值 f_{yk} 或 $f_{s,0.2k}$（MPa）	320	400
	伸长率 δ_5（%）	14	10

注：性能等级 4.8 表示：$f_{stk}=400MPa$；$f_{yk}/f_{stk}=0.8$。

4.3.7 砌体结构加固用的焊接材料，其型号和质量应符合下列规定：

1 焊条型号应与被焊接钢材的强度相适应。

2 焊条的质量应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB/T 5117 和《低合金钢焊条》GB/T 5118 的有关规定。

3 焊接工艺应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 或《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81 的有关规定。

4 焊缝连接的设计原则及计算指标应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定。

4.4 钢 丝 绳

4.4.1 采用钢丝绳网-聚合物砂浆面层加固砌体结构、构件时，其钢丝绳的选用应符合下列规定：

1 重要结构或结构处于腐蚀性介质环境、高温环境和露天环境时，应选用不锈钢丝绳制作的网片。

2 处于正常温、湿度环境中的一般结构，可采用低碳钢镀锌钢丝绳制作的网片，但应采取有效的阻锈措施。

4.4.2 制绳用的钢丝应符合下列规定：

1 当采用不锈钢丝时，应采用碳含量不大于 0.15%及硫、磷含量不大于 0.025%的优质不锈钢制丝。

2 当采用镀锌钢丝时，应采用硫、磷含量均不大于 0.03%的优质碳素结构钢制丝；其锌层重量及镀锌质量应符合现行国家

仅供学习交流

标准《钢丝镀锌层》GB/T 15393 对 AB 级的规定。

4.4.3 钢丝绳的强度标准值（f_{rtk}）应按其极限抗拉强度确定，并应具有不小于95%的保证率以及不低于90%的置信度。钢丝绳抗拉强度标准值应符合表4.4.3的规定。

表4.4.3 钢丝绳抗拉强度标准值（MPa）

种类	符号	不锈钢丝绳		镀锌钢丝绳	
		钢丝绳公称直径（mm）	钢丝绳抗拉强度标准值 f_{rtk}	钢丝绳公称直径（mm）	钢丝绳抗拉强度标准值 f_{rtk}
6×7+IWS	ϕ_r	2.4～4.5	1800、1700	2.5～4.5	1650、1560
1×19	ϕ_s	2.5	1560	2.5	1560

4.4.4 砌体结构加固用的钢丝绳内外均不得涂有油脂。

4.5 纤维复合材

4.5.1 纤维复合材用的纤维应为连续纤维，其品种和性能应符合下列规定：

1 承重结构加固用的碳纤维，应选用聚丙烯腈基（PAN基）12K或12K以下的小丝束纤维，严禁使用大丝束纤维；当有可靠工程经验时，允许使用15K碳纤维。

2 承重结构加固用的玻璃纤维，应选用高强度的S玻璃纤维或碱金属氧化物含量低于0.8%的E玻璃纤维，严禁使用高碱的A玻璃纤维或中碱的C玻璃纤维。

3 当被加固结构有防腐蚀要求时，允许用玄武岩纤维替代E玻璃纤维。

4.5.2 结构加固用的碳纤维、玻璃纤维和玄武岩纤维复合材的安全性能指标必须分别符合表4.5.2-1或表4.5.2-2的要求。纤维复合材的抗拉强度标准值应根据置信水平 c 为0.99、保证率为95%的要求确定。

仅供学习交流

表 4.5.2-1　碳纤维复合材安全性能指标

项目 \ 类别		单向织物（布）		条形板
		高强度Ⅱ级	高强度Ⅲ级	高强度Ⅱ级
抗拉强度（MPa）	平均值	≥3500	≥2700	≥2500
	标准值	≥3000	—	≥2000
受拉弹性模量（MPa）		≥2.0×10^5	≥1.8×10^5	≥1.4×10^5
伸长率（%）		≥1.5	≥1.3	≥1.4
弯曲强度（MPa）		≥600	≥500	—
层间剪切强度（MPa）		≥35	≥30	≥40
纤维复合材与砖或砌块的正拉粘结强度（MPa）		≥1.8，且为 MU20 烧结砖或混凝土砌块内聚破坏		

注：15k 碳纤维织物的性能指标按高强度Ⅱ级的规定值采用。

表 4.5.2-2　玻璃纤维、玄武岩纤维单向织物复合材安全性能指标

项目 \ 类别	抗拉强度标准值（MPa）	受拉弹性模量（MPa）	伸长率（%）	弯曲强度（MPa）	纤维复合材与烧结砖或砌块的正拉粘结强度（MPa）	层间剪切强度（MPa）	单位面积质量（g/m^2）
S 玻璃纤维	≥2200	≥1.0×10^5	≥2.5	≥600	≥1.8，且为 MU20 烧结砖或混凝土砌块内聚破坏	≥40	≤450
E 玻璃纤维	≥1500	≥7.2×10^4	≥2.0	≥500		≥35	≤600
玄武岩纤维	≥1700	≥9.0×10^4	≥2.0	≥500		≥35	≤300

注：表中除标有标准值外，其余均为平均值。

4.5.3　对符合本规范第 4.5.2 条安全性能指标要求的纤维复合材，当它的纤维材料与其他改性环氧树脂胶粘剂配套使用时，必须按下列项目重新作适配性检验，且检验结果必须符合本规范表 4.5.2-1 或表 4.5.2-2 的规定。

1　抗拉强度标准值。

2　纤维复合材与烧结砖或混凝土砌块正拉粘结强度。

3　层间剪切强度。

4.5.4　当进行材料性能检验和加固设计时，纤维织物截面面积应按纤维的净截面面积计算。净截面面积取纤维织物的计算厚度

仅供学习交流

乘以宽度。纤维织物的计算厚度应按其单位面积质量除以纤维密度确定。

4.5.5 承重结构的现场粘贴加固，当采用涂刷法施工时，不得使用单位面积质量大于 300g/m² 的碳纤维织物；当采用真空灌注法施工时，不得使用单位面积质量大于 450g/m² 的碳纤维织物；在现场粘贴条件下，尚不得采用预浸法生产的碳纤维织物。

4.6 结构胶粘剂

4.6.1 砌体加固工程用的结构胶粘剂，应采用 B 级胶。使用前，必须进行安全性能检验。检验时，其粘结抗剪强度标准值应根据置信水平 C 为 0.90、保证率为 95%的要求确定。

4.6.2 浸渍、粘结纤维复合材的胶粘剂及粘贴钢板、型钢的胶粘剂必须采用专门配制的改性环氧树脂胶粘剂，其安全性能指标必须符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 规定的对 B 级胶的要求。承重结构加固工程中不得使用不饱和聚酯树脂、醇酸树脂等胶粘剂。

4.6.3 种植后锚固件的胶粘剂，必须采用专门配制的改性环氧树脂胶粘剂，其安全性能指标必须符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的规定。在承重结构的后锚固工程中，不得使用水泥卷及其他水泥基锚固剂。种植锚固件的结构胶粘剂，其填料必须在工厂制胶时添加，严禁在施工现场掺入。

4.7 聚合物改性水泥砂浆

4.7.1 砌体结构用的聚合物改性水泥砂浆及复合水泥砂浆，其品种的选用应符合下列规定：

1 对重要构件，应采用改性环氧类聚合物配制。

2 对一般构件，可采用改性环氧类聚合物、改性丙烯酸酯共聚物乳液、丁苯胶乳或氯丁胶乳配制；复合水泥砂浆应采用高强矿物掺合料配制。

3 不得使用主成分不明的聚合物改性水泥砂浆或复合水泥

砂浆。

4.7.2 砌体结构用的聚合物改性水泥砂浆等级分为Ⅰm级和Ⅱm级，应分别按下列规定采用：

1 柱的加固：均应采用Ⅰm级砂浆；

2 墙的加固：可采用Ⅰm级或Ⅱm级砂浆。

4.7.3 聚合物改性水泥砂浆的安全性能应符合表4.7.3的规定。

表4.7.3 聚合物改性水泥砂浆安全性能指标

检验项目 / 聚合物砂浆等级	劈裂抗拉强度（MPa）	与烧结砖或混凝土小砌块的正拉粘结强度（MPa）	抗折强度（MPa）	抗压强度（MPa）	钢套筒粘结抗剪强度标准值（MPa）
Ⅰm级	≥6.0	≥1.8，且为MU20砖或砌块内聚破坏	≥10	≥55	≥7.5
Ⅱm级	≥4.5		≥8	≥45	≥5.5
试验方法标准	GB 50550	本规范附录B	GB 50550	JGJ 70	GB 50550

注：1 检验应在浇注的试件达到28d养护期时立即在试验室进行，若因故需推迟检验日期，除应征得有关各方同意外，尚不应超过3d；

2 表中的性能指标除标有强度标准值外，均为平均值。

4.7.4 当采用水泥复合砂浆时，其安全性鉴定标准应按表4.7.3Ⅱm级的规定执行。

4.7.5 砌体结构加固用的聚合物砂浆，其粘结剪切性能必须经湿热老化检验合格。湿热老化检验应在50℃温度和95%相对湿度环境条件下，采用钢套筒粘结剪切试件，按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550规定的方法进行；老化试验持续的时间不得少于60d。老化结束后，在常温条件下进行的剪切破坏试验，其平均强度降低的百分率（%）均应符合下列规定：

1 Ⅰm级砂浆不得大于15%。

2 Ⅱm级砂浆不得大于20%。

4.7.6 寒冷地区加固砌体结构使用的聚合物砂浆，应具有耐冻融性能检验合格的证书。冻融环境温度应为－25℃～35℃，循环次

仅供学习交流

数不应少于 50 次；每次循环应为 8h；试验结束后，钢套筒粘结剪切试件在常温条件下测得的平均强度降低百分率均不应大于 10%。

4.7.7 配制聚合物改性水泥砂浆用的聚合物原料，必须进行毒性检验。其完全固化物的检验结果应达到实际无毒的卫生等级。

4.8 砌体裂缝修补材料

4.8.1 砌体裂缝修补胶（注射剂）的安全性能指标应符合表 4.8.1 的规定。

表 4.8.1 砌体裂缝修补胶（注射剂）安全性能指标

检验项目		性能指标	试验方法标准
钢-钢拉伸抗剪强度标准值（MPa）		≥10	GB/T 7124
胶体性能	抗拉强度（MPa）	≥20	GB/T 2568
	受拉弹性模量（MPa）	≥1500	GB/T 2568
	抗压强度（MPa）	≥50	GB/T 2569
	抗弯强度（MPa）	≥30，且不得呈脆性（碎裂状）破坏	GB/T 2570
不挥发物含量（%）		≥99	GB/T 2793
可灌注性		在产品使用说明书规定的压力下能注入宽度为 0.3mm 的裂缝	现场试灌注固化后取芯样检查

4.8.2 砌体裂缝修补用水泥基注浆料的安全性能指标应符合表 4.8.2 的规定。

表 4.8.2 砌体裂缝修补用水泥基注浆料浆体安全性能指标

检验项目	性能或质量指标	试验方法标准
3d 抗压强度（MPa）	≥40	GB/T 2569
28d 劈裂抗拉强度（MPa）	≥5	GB 50550
28d 抗折强度（MPa）	≥10	GB 50550

4.8.3 砌体裂缝修补用改性环氧类注浆料浆液和固化物的安全性能指标应分别符合表 4.8.3-1 和表 4.8.3-2 的规定。

仅供学习交流

表 4.8.3-1 改性环氧类注浆料浆液性能

项目	浆液性能		试验方法标准
	较低黏度型	一般黏度型	
浆液密度（g/cm³）	1.00	1.00	GB/T 13354
初始黏度（mPa·s）	≤800	≤1500	GB/T 2794
适用期（25℃下测定值）（min）	≥40	≥30	GB/T 7123.1

表 4.8.3-2 改性环氧类注浆料固化物性能

项目	28d 固化物性能		试验方法标准
	Ⅰm级	Ⅱm级	
抗压强度（MPa）	≥60	≥40	GB/T 2569
拉伸剪切强度（MPa）	≥7.0	≥5.0	GB/T 7124
抗拉强度（MPa）	≥15	≥10	GB/T 2568
与 MU25 烧结砖或混凝土小砌块正拉粘结强度（MPa）	≥1.8，且为基材内聚破坏		本规范附录 B
抗渗压力（MPa）	≥1.2	≥1.0	GB/T 18445
渗透压力比（%）	≥400	≥300	

4.9 防裂用短纤维

4.9.1 砌体结构加固中用于混凝土或砂浆面层防裂的短纤维，可根据工程的要求，选用钢纤维或合成纤维。

4.9.2 当采用钢纤维时，其质量和性能应符合现行行业标准《钢纤维混凝土》JG/T 3064 的有关规定。

4.9.3 当采用合成纤维时，其单丝的主要参数和性能应符合表 4.9.3 的规定。

表 4.9.3 合成纤维主要参数和性能指标

纤维品种		聚丙烯腈纤维（腈纶）	聚酰胺纤维（尼龙）	改性聚酯纤维（涤纶）	聚丙烯纤维（丙纶）
主要参数	直径（μm）	20～27	23～30	10～15	10～15
	适用长度（mm）	12～20	6～19	6～20	6～20
	纤维形状	单丝、束状或膜裂网状			
	密度（g/cm³）	1.18	1.16	1.0～1.3	0.9

仅供学习交流

续表 4.9.3

纤维品种		聚丙烯腈纤维（腈纶）	聚酰胺纤维（尼龙）	改性聚酯纤维（涤纶）	聚丙烯纤维（丙纶）
单丝性能	抗拉强度（MPa）	≥600	≥600	≥600	≥280
	弹性模量（MPa）	$\geq 1.7\times10^4$	$\geq 5\times10^3$	$\geq 1.4\times10^4$	$\geq 3.7\times10^3$
	伸长率（%）	≥15	≥18	≥20	≥18
	吸水性（%）	<2	<4	<0.4	<0.1
	熔点（℃）	240	220	250	175
再生链烯烃(再生塑料)含量		不允许	不允许	不允许	不允许
毒　性		无	无	无	无

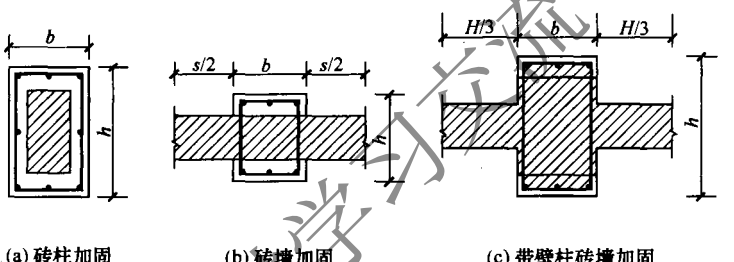
仅供学习交流

5 钢筋混凝土面层加固法

5.1 一 般 规 定

5.1.1 本章规定适用于以外加钢筋混凝土面层加固砌体墙、柱的设计。

5.1.2 采用钢筋混凝土面层加固砖砌体构件时，对柱宜采用围套加固的形式（图 5.1.2a）；对墙和带壁柱墙，宜采用有拉结的双侧加固形式（图 5.1.2b、c）。



(a) 砖柱加固　(b) 砖墙加固　(c) 带壁柱砖墙加固

图 5.1.2 钢筋混凝土外加面层的形式

5.1.3 加固后的砌体柱，其计算截面可按宽度为 b 的矩形截面采用。加固后的砌体墙，其计算截面的宽度取为 $b+s$；b 为新增混凝土的宽度；s 为新增混凝土的间距；加固后的带壁柱砌体墙，其计算截面的宽度取窗间墙宽度；但当窗间墙宽度大于 $b+\frac{2}{3}H$（H 为墙高）时，仍取 $b+\frac{2}{3}H$ 作为计算截面的宽度。

5.1.4 当原砌体与后浇混凝土面层之间的界面处理及其粘结质量符合本规范的要求时，可按整体截面计算。

注：加固构件的界面不允许有尘土、污垢、油渍等的污染，也不允许采取降低承载力的做法来考虑其污染的影响。

5.1.5 采用钢筋混凝土面层加固砌体构件时，其加固后承载力

仅供学习交流

的计算，应遵守现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003、《混凝土结构设计规范》GB 50010 和本规范的有关规定。

5.2 砌体受压加固

5.2.1 采用钢筋混凝土面层加固轴心受压的砌体构件时，其正截面受压承载力应按下式验算：

$$N \leqslant \varphi_{com}(f_{m0}A_{m0} + \alpha_c f_c A_c + \alpha_s f'_y A'_s) \qquad (5.2.1)$$

式中：N——构件加固后的轴心压力设计值；

φ_{com}——轴心受压构件的稳定系数，可根据加固后截面的高厚比及配筋率，按表 5.2.1 采用；

f_{m0}——原构件砌体抗压强度设计值；

A_{m0}——原构件截面面积；

α_c——混凝土强度利用系数，对砖砌体，取 $\alpha_c=0.8$；对混凝土小型空心砌块砌体，取 $\alpha_c=0.7$；

f_c——混凝土轴心抗压强度设计值；

A_c——新增混凝土面层的截面面积；

α_s——钢筋强度利用系数，对砖砌体，取 $\alpha_s=0.85$；对混凝土小型空心砌块砌体，取 $\alpha_s=0.75$；

f'_y——新增竖向钢筋抗压强度设计值；

A'_s——新增受压区竖向钢筋截面面积。

表 5.2.1 轴心受压构件稳定系数 φ_{com}

高厚比 β	配筋率 ρ(%)				
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
8	0.93	0.95	0.97	0.99	1.00
10	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98
12	0.85	0.88	0.91	0.93	0.95
14	0.80	0.83	0.86	0.89	0.92
16	0.75	0.78	0.81	0.84	0.87
18	0.70	0.73	0.76	0.79	0.81
20	0.65	0.68	0.71	0.73	0.75

5.2.2 当采用钢筋混凝土面层加固偏心受压的砌体构件（图5.2.2）时，其正截面承载力应按下列公式计算：

$$N \leqslant f_{m0}A'_m + \alpha_c f_c A'_c + \alpha_s f_y A'_s - \sigma_s A_s \quad (5.2.2\text{-}1)$$

$$N \cdot e_N \leqslant f_{m0}S_{ms} + \alpha_c f_c S_{cs} + \alpha_s f'_y A'_s (h_0 - a') \quad (5.2.2\text{-}2)$$

此时，钢筋 A_s 的应力 σ_s（单位为 MPa，正值为拉应力，负值为压应力），应根据截面受压区相对高度 ξ，按下列规定确定：

当 $\xi > \xi_b$（即小偏心受压）时

$$\sigma_s = 650 - 800\xi \quad (5.2.2\text{-}3)$$

$$-f'_y \leqslant \sigma_s \leqslant f_y \quad (5.2.2\text{-}4)$$

当 $\xi \leqslant \xi_b$（即大偏心受压）时

$$\sigma_s = f_y \quad (5.2.2\text{-}5)$$

$$\xi = x/h_0 \quad (5.2.2\text{-}6)$$

其中截面受压区高度 x，可由下式解得：

$$f_{m0}S_{mN} + \alpha_c f_c S_{cN} + \alpha_s f'_y A'_s e'_N - \sigma_s A_s e_N = 0 \quad (5.2.2\text{-}7)$$

$$e_N = e + e_a + (h/2 - a) \quad (5.2.2\text{-}8)$$

$$e'_N = e + e_a - (h/2 - a') \quad (5.2.2\text{-}9)$$

$$e_a = \frac{\beta^2 h}{2200}(1 - 0.022\beta) \quad (5.2.2\text{-}10)$$

式中：A'_m ——砌体受压区的截面面积；

α_c ——偏心受压构件混凝土强度利用系数，对砖砌体，取 $\alpha_c = 0.9$；对混凝土小型空心砌块砌体，取 $\alpha_c = 0.80$；

A'_c ——混凝土面层受压区的截面面积；

α_s ——偏心受压构件钢筋强度利用系数，对砖砌体，取 $\alpha_s = 1.0$；对混凝土小型空心砌块砌体，取 $\alpha_s = 0.95$；

e_N ——钢筋 A_s 的合力点至轴向力 N 作用点的距离；

S_{ms} ——砌体受压区的截面面积对钢筋 A_s 重心的面积矩；

S_{cs} ——混凝土面层受压区的截面面积对钢筋 A_s 重心的面

仅供学习交流

积矩；

ξ_b——加固后截面受压区相对高度的界限值，对HPB300级钢筋配筋，取0.575；对HRB335和HRBF335级钢筋配筋，取0.550；

S_{mN}——砌体受压区的截面面积对轴向力N作用点的面积矩；

S_{cN}——混凝土外加面层受压区的截面面积对轴向力N作用点的面积矩；

e'_N——钢筋A'_s的重心至轴向力N作用点的距离；

e——轴向力对加固后截面的初始偏心距，按荷载设计值计算，当$e<0.05h$时，取$e=0.05h$；

e_a——加固后的构件在轴向力作用下的附加偏心距；

β——加固后的构件高厚比；

h——加固后的截面高度；

h_0——加固后的截面有效高度；

a和a'——分别为钢筋A_s和A'_s的合力点至截面较近边的距离；

A_s——距轴向力N较远一侧钢筋的截面面积；

A'_s——距轴向力N较近一侧钢筋的截面面积。

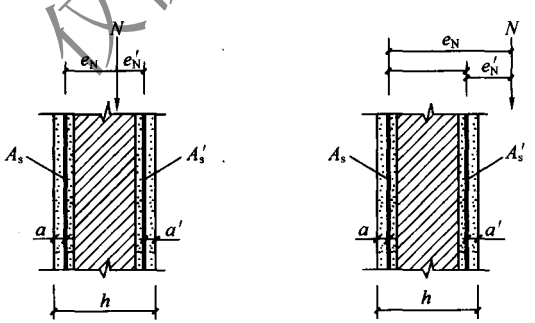


图5.2.2 加固后的偏心受压构件

仅供学术交流

5.3 砌体抗剪加固

5.3.1 钢筋混凝土面层对砌体加固的受剪承载力应符合下列条件：

$$V \leqslant V_m + V_{cs} \tag{5.3.1}$$

式中：V——砌体墙面内剪力设计值；

V_m——原砌体受剪承载力，按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 计算确定；

V_{cs}——采用钢筋混凝土面层加固后提高的受剪承载力。

5.3.2 钢筋混凝土面层加固后提高的受剪承载力 V_{cs} 应按下列规定计算：

$$V_{cs} = 0.44\alpha_c f_t bh + 0.8\alpha_s f_y A_s (h/s) \tag{5.3.2}$$

式中：f_t——混凝土轴心抗拉强度设计值；

α_c——砂浆强度利用系数，对于砖砌体，取 $\alpha_c = 0.8$；对混凝土小型空心砌块，取 $\alpha_c = 0.7$；

α_s——钢筋强度利用系数，取 $\alpha_s = 0.9$；

b——混凝土面层厚度（双面时，取其厚度之和）；

h——墙体水平方向长度；

f_y——水平向钢筋的设计强度值；

A_s——水平向单排钢筋截面面积；

s——水平向钢筋的间距。

5.4 砌体抗震加固

5.4.1 钢筋混凝土面层对砌体结构进行抗震加固，宜采用双面加固形式增强砌体结构的整体性。

5.4.2 钢筋混凝土面层加固砌体墙的抗震受剪承载力应按下列公式计算：

$$V \leqslant V_{ME} + \frac{V_{cs}}{\gamma_{RE}} \tag{5.4.2}$$

式中：V——考虑地震组合的墙体剪力设计值；

V_{ME}——原砌体截面抗震受剪承载力，按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 计算确定；

仅供学习交流

V_{cs}——采用钢筋混凝土面层加固后提高的抗震受剪承载力，按本规范第 5.3.2 条计算；

γ_{RE}——承载力抗震调整系数，取 γ_{RE}为 0.85。

5.5 构 造 规 定

5.5.1 钢筋混凝土面层的截面厚度不应小于 60mm；当用喷射混凝土施工时，不应小于 50mm。

5.5.2 加固用的混凝土，其强度等级应比原构件混凝土高一级，且不应低于 C20 级；当采用 HRB335 级（或 HRBF335 级）钢筋或受有振动作用时，混凝土强度等级尚不应低于 C25 级。在配制墙、柱加固用的混凝土时，不应采用膨胀剂；必要时，可掺入适量减缩剂。

5.5.3 加固用的竖向受力钢筋，宜采用 HRB335 级或 HRBF335 级钢筋。竖向受力钢筋直径不应小于 12mm，其净间距不应小于 30mm。纵向钢筋的上下端均应有可靠的锚固；上端应锚入有配筋的混凝土梁垫、梁、板或牛腿内；下端应锚入基础内。纵向钢筋的接头应为焊接。

5.5.4 当采用围套式的钢筋混凝土面层加固砌体柱时，应采用封闭式箍筋；箍筋直径不应小于 6mm。箍筋的间距不应大于 150mm。柱的两端各 500mm 范围内，箍筋应加密，其间距应取为 100mm。若加固后的构件截面高度 $h \geqslant 500$mm，尚应在截面两侧加设竖向构造钢筋（图 5.5.4），并相应设置拉结钢筋作为箍筋。

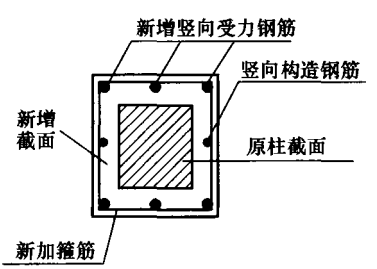


图 5.5.4 围套式面层的构造

仅供学习交流

5.5.5 当采用两对面增设钢筋混凝土面层加固带壁柱墙或窗间墙（图 5.5.5）时，应沿砌体高度每隔 250mm 交替设置不等肢 U 形箍和等肢 U 形箍。不等肢 U 形箍在穿过墙上预钻孔后，应弯折成封闭式箍筋，并在封口处焊牢。U 形筋直径为 6mm；预钻孔的直径可取 U 形筋直径的 2 倍；穿筋时应采用植筋专用的结构胶将孔洞填实。对带壁柱墙，尚应在其拐角部位增设竖向构造钢筋与 U 形箍筋焊牢。

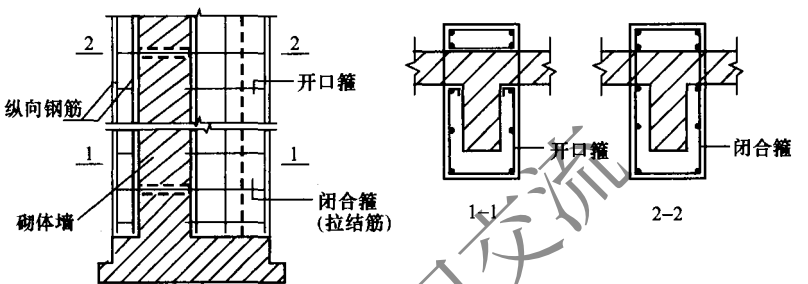


图 5.5.5-1 带壁柱墙的加固构造

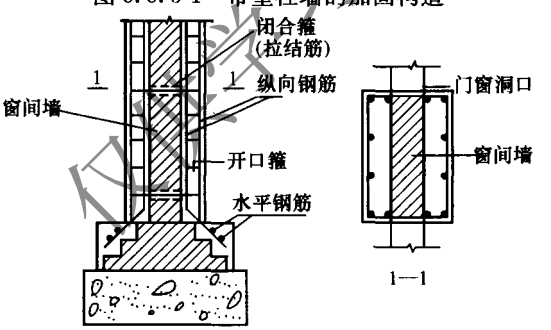


图 5.5.5-2 窗间墙的加固构造

5.5.6 当砌体构件截面任一边的竖向钢筋多于 3 根时，应通过预钻孔增设复合箍筋或拉结钢筋，并采用植筋专用结构胶将孔洞填实。

5.5.7 钢筋混凝土面层的构造，除应符合本节的规定外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定（包括抗震设计要求）。

仅供学习交流

6 钢筋网水泥砂浆面层加固法

6.1 一 般 规 定

6.1.1 钢筋网水泥砂浆面层加固法应适用于各类砌体墙、柱的加固。

6.1.2 当采用钢筋网水泥砂浆面层加固法加固砌体构件时，其原砌体的砌筑砂浆强度等级应符合下列规定：

1 受压构件：原砌筑砂浆的强度等级不应低于 M2.5；

2 受剪构件：对砖砌体，其原砌筑砂浆强度等级不宜低于 M1；但若为低层建筑，允许不低于 M0.4。对砌块砌体，其原砌筑砂浆强度等级不应低于 M2.5。

6.1.3 块材严重风化（酥碱）的砌体，不应采用钢筋网水泥砂浆面层进行加固。

6.2 砌体受压加固

6.2.1 采用钢筋网水泥砂浆面层加固轴心受压砌体构件时，其加固后正截面承载力应按下式计算：

$$N \leqslant \varphi_{com}(f_{m0}A_{m0} + \alpha_c f_c A_c + \alpha_s f'_s A'_s) \qquad (6.2.1)$$

式中：N——构件加固后的轴心压力设计值；

φ——轴心受压构件的稳定系数，可根据加固后截面的高厚比及配筋率，按本规范表 5.2.1 采用；

f_{m0}——原构件砌体抗压强度设计值；

A_{m0}——原构件截面面积；

α_c——砂浆强度利用系数，对砖砌体，取 $\alpha_c = 0.75$；对混凝土小型空心砌块，取 $\alpha_c = 0.65$；

f_c——砂浆轴心抗压强度设计值，应按表 6.2.1 采用；

A_c——新增砂浆面层的截面面积；

仅供学习交流

α_s——钢筋强度利用系数，对砖砌体，取 $\alpha_s=0.8$；对混凝土小型空心砌块，取 $\alpha_s=0.7$；

f'_s——新增纵向钢筋抗压强度设计值；

A'_s——新增纵向钢筋截面面积。

表 6.2.1　砂浆轴心抗压强度设计值（MPa）

砂浆品种及施工方法		砂浆强度等级					
		M10	M15	M30	M35	M40	M45
普通水泥砂浆	喷射法	3.8	5.6	—	—	—	—
	手工抹压法	3.4	5.0	—	—	—	—
聚合物砂浆或水泥复合砂浆	喷射法	—	—	14.3	16.7	19.1	21.1
	手工抹压法	—	—	10.0	11.6	13.3	14.7

6.2.2　当采用钢筋网水泥砂浆面层加固偏心受压砌体构件时，其加固后正截面承载力应按下列公式计算：

$$N \leqslant f_{m0}A'_m + \alpha_c f_c A'_c + \alpha_s f_y A'_s - \sigma_s A_s \quad (6.2.2\text{-}1)$$

$$N \cdot e_N \leqslant f_{m0}S_{ms} + \alpha_c f_c S_{cs} + \alpha_s f'_y A'_s (h_0 - a') \quad (6.2.2\text{-}2)$$

此时，钢筋 A_s 的应力 σ_s 应根据截面受压区相对高度 ξ，按下列公式计算：

当 $\xi > \xi_b$（即小偏心受压）时

$$\sigma_s = 650 - 800\xi \quad (6.2.2\text{-}3)$$

$$-f'_y \leqslant \sigma_s \leqslant f_y \quad (6.2.2\text{-}4)$$

当 $\xi \leqslant \xi_b$（即大偏心受压）时

$$\sigma_s = f_y \quad (6.2.2\text{-}5)$$

$$\xi = x/h_0 \quad (6.2.2\text{-}6)$$

其中混凝土受压区高度，应按下列公式计算：

$$f_{m0}S_{mN} + \alpha_c f_c S_{cN} + \alpha_s f'_y A'_s e'_N - \sigma_s A_s e_N = 0 \quad (6.2.2\text{-}7)$$

$$e_N = e + e_a + (h/2 - a) \quad (6.2.2\text{-}8)$$

$$e'_N = e + e_a - (h/2 - a') \quad (6.2.2\text{-}9)$$

仅供学习交流

$$e_a = \frac{\beta^2 h}{2200}(1-0.022\beta) \qquad (6.2.2\text{-}10)$$

注：钢筋 A_s 的应力 σ_s 单位为 MPa，正值为拉应力，负值为压应力。

式中：A'_m——砌体受压区的截面面积；

α_c——偏心受压构件混凝土强度利用系数，对砖砌体，取 $\alpha_c=0.85$；对混凝土小型空心砌块砌体，取 $\alpha_c=0.75$；

A'_c——混凝土面层受压区的截面面积；

α_s——偏心受压构件钢筋强度利用系数，对砖砌体，取 $\alpha_s=0.90$；对混凝土小型空心砌块砌体，取 $\alpha_s=0.80$；

e_N——钢筋 A_s 的重心至轴向力 N 作用点的距离；

S_{ms}——砌体受压区的截面面积对钢筋 A_s 重心的面积矩；

S_{cs}——混凝土面层受压区的截面面积对钢筋 A_s 重心的面积矩；

ξ_b——加固后截面受压区相对高度的界限值，对 HPB300 级钢筋配筋，取 0.475；对 HRB335 和 HRBF335 级钢筋配筋，取 0.437；

S_{mN}——砌体受压区的截面面积对轴向力 N 作用点的面积矩；

S_{cN}——混凝土面层受压区的截面面积对轴向力 N 作用点的面积矩；

e'_N——钢筋 A'_s 的重心至轴向力 N 作用点的距离；

e——轴向力对加固后截面的初始偏心距；按荷载设计值计算；当 $e<0.05h$ 时，取 $e=0.05h$；

e_a——加固后的构件在轴向力作用下的附加偏心距；

β——加固后的构件高厚比；

h——加固后的截面高度；

h_0——加固后的截面有效高度；

a 和 a'——分别为钢筋 A_s 和 A'_s 的截面重心至截面较近边的

仅供学习交流

距离；

A_s——距轴向力 N 较远一侧钢筋的截面面积；

A'_s——距轴向力 N 较近一侧钢筋的截面面积。

6.2.3 根据加固计算结果确定的钢筋网水泥浆面层厚度大于50mm时，宜改用钢筋混凝土面层，并重新进行设计。

6.3 砌体抗剪加固

6.3.1 钢筋网水泥砂浆面层对砌体加固的受剪承载力应符合下式条件：

$$V \leqslant V_M + V_{sj} \tag{6.3.1}$$

式中：V——砌体墙面内剪力设计值；

V_M——原砌体受剪承载力，按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 计算确定；

V_{sj}——采用钢筋网水泥砂浆面层加固后提高的受剪承载力，按第 6.3.2 条确定。

6.3.2 采用手工抹压施工的钢筋网水泥砂浆面层加固后提高的受剪承载力 V_{sj} 应按（6.3.2）式计算；对压注或喷射成型的钢筋网水泥砂浆面层，其加固后提高的抗剪承载力 V_{sj} 可按（6.3.2）式的计算结果乘以 1.5 的增大系数采用：

$$V_{sj} = 0.02fbh + 0.2f_yA_s(h/s) \tag{6.3.2}$$

式中：f——砂浆轴心抗压强度设计值，按表 6.2.1 采用；

b——砂浆面层厚度（双面时，取其厚度之和）；

h——墙体水平方向长度；

f_y——水平向钢筋的设计强度值；

A_s——水平向单排钢筋截面面积；

s——水平向钢筋的间距。

6.4 砌体抗震加固

6.4.1 钢筋网水泥砂浆面层对砌体结构进行抗震加固，宜采用双面加固形式增强砌体结构的整体性。

仅供学习交流

6.4.2 钢筋网水泥砂浆面层加固砌体墙的抗震受剪承载力应符合下式的要求：

$$V \leqslant V_{ME} + \frac{V_{sj}}{\gamma_{RE}} \tag{6.4.2}$$

式中：V——考虑地震组合的墙体剪力设计值；

V_{ME}——原砌体抗震受剪承载力，按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的有关规定计算确定；

V_{sj}——采用钢筋网水泥砂浆面层加固后提高的抗震受剪承载力，按本规范第 6.3.2 条计算；

γ_{RE}——承载力抗震调整系数，取 γ_{RE} 为 0.9。

6.5 构造规定

6.5.1 当采用钢筋网水泥砂浆面层加固砌体承重构件时，其面层厚度，对室内正常湿度环境，应为 35mm～45mm；对于露天或潮湿环境，应为 45mm～50mm。

6.5.2 钢筋网水泥砂浆面层加固砌体承重构件的构造应符合下列规定：

1 加固受压构件用的水泥砂浆，其强度等级不应低于 M15；加固受剪构件用的水泥砂浆，其强度等级不应低于 M10。

2 受力钢筋的砂浆保护层厚度，不应小于表 6.5.2 中的规定。受力钢筋距砌体表面的距离不应小于 5mm。

表 6.5.2 钢筋网水泥砂浆保护层最小厚度（mm）

环境条件 / 构件类别	室内正常环境	露天或室内潮湿环境
墙	15	25
柱	25	35

6.5.3 结构加固用的钢筋，宜采用 HRB335 级钢筋或 HRBF335 级钢筋，也可采用 HPB300 级钢筋。

6.5.4 当加固柱和墙的壁柱时，其构造应符合下列规定：

仅供学习交流

1 竖向受力钢筋直径不应小于 10mm，其净间距不应小于 30mm；受压钢筋一侧的配筋率不应小于 0.2%；受拉钢筋的配筋率不应小于 0.15%。

2 柱的箍筋应采用封闭式，其直径不宜小于 6mm，间距不应大于 150mm。柱的两端各 500mm 范围内，箍筋应加密，其间距应取为 100mm。

3 在墙的壁柱中，应设两种箍筋；一种为不穿墙的 U 形筋，但应焊在墙柱角隅处的竖向构造筋上，其间距与柱的箍筋相同；另一种为穿墙箍筋，加工时宜先做成不等肢 U 形箍，待穿墙后再弯成封闭式箍，其直径宜为 8mm～10mm，每隔 600mm 替换一支不穿墙的 U 形箍筋。

4 箍筋与竖向钢筋的连接应为焊接。

6.5.5 加固墙体时，宜采用点焊方格钢筋网，网中竖向受力钢筋直径不应小于 8mm；水平分布钢筋的直径宜为 6mm；网格尺寸不应大于 300mm。当采用双面钢筋网水泥砂浆时，钢筋网应采用穿通墙体的 S 形或 Z 形钢筋拉结，拉结钢筋宜成梅花状布置，其竖向间距和水平间距均不应大于 500mm（图 6.5.5）。

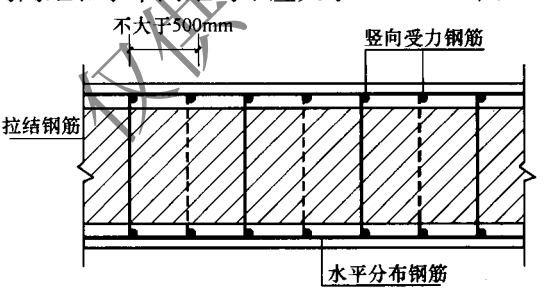


图 6.5.5 钢筋网砂浆面层

6.5.6 钢筋网四周应与楼板、大梁、柱或墙体可靠连接。墙、柱加固增设的竖向受力钢筋，其上端应锚固在楼层构件、圈梁或配筋的混凝土垫块中；其伸入地下一端应锚固在基础内。锚固可采用植筋方式。

6.5.7 当原构件为多孔砖砌体或混凝土小砌块砌体时，应采用

专门的机具和结构胶埋设穿墙的拉结筋。混凝土小砌块砌体不得采用单侧外加面层。

6.5.8 受力钢筋的搭接长度和锚固长度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定确定。

6.5.9 钢筋网的横向钢筋遇有门窗洞时，对单面加固情形，宜将钢筋弯入洞口侧面并沿周边锚固；对双面加固情形，宜将两侧的横向钢筋在洞口处闭合，且尚应在钢筋网折角处设置竖向构造钢筋；此外，在门窗转角处，尚应设置附加的斜向钢筋。

仅供学习交流

7 外包型钢加固法

7.1 一 般 规 定

7.1.1 本章规定适用于以外包型钢加固砌体柱的设计。

7.1.2 当采用外包型钢加固矩形截面砌体柱时，宜设计成以角钢为组合构件四肢，以钢缀板围束砌体的钢构架加固方式（图7.1.2），并考虑二次受力的影响。

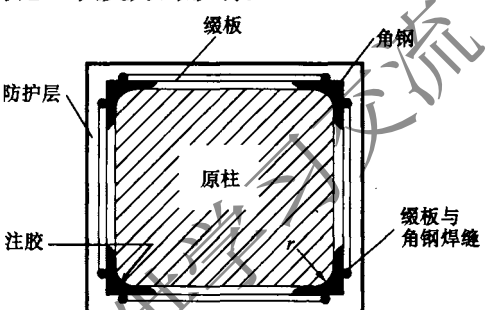


图 7.1.2 外包型钢加固

仅供学习交流

7.2 计 算 方 法

7.2.1 当采用外包角钢（或其他型钢）加固砌体承重柱时，其加固后承受的轴向压力设计值 N 和弯矩设计值 M，应按刚度比分配给原柱和钢构架，并应符合下列规定：

1 原柱承受的轴向力设计值 N_m 和弯矩设计值 M_m 应按下列公式进行计算：

$$N_m = \frac{k_m E_{m0} A_{m0}}{k_m E_{m0} A_{m0} + E_a A_a} N \qquad (7.2.1\text{-}1)$$

$$M_m = \frac{k_m E_{m0} I_{m0}}{k_m E_{m0} I_{m0} + \eta E_a I_a} M \qquad (7.2.1\text{-}2)$$

2 钢构架承受的轴向力设计值 N_a 和弯矩设计值 M_a 应按下列公式进行计算：

$$N_a = N - N_m \tag{7.2.1-3}$$

$$M_a = M - M_m \tag{7.2.1-4}$$

式中：k_m——原砌体刚度降低系数，对完好原柱，取 $k_m=0.9$；对基本完好原柱，取 $k_m=0.8$；对已有腐蚀迹象的原柱，经剔除腐蚀层并修补后，取 $k_m=0.65$。若原柱有竖向裂缝，或有其他严重缺陷，则取 $k_m=0$，即不考虑原柱的作用；全部荷载由角钢（或其他型钢）组成的钢构架承担；

E_{m0} 和 E_a——分别为原砌体和新增型钢的弹性模量；

A_{m0} 和 A_a——分别为原砌体截面面积和新增型钢的全截面面积；

I_{m0}——原砌体截面的惯性矩；

I_a——钢构架的截面惯性矩；计算时，可忽略各分肢角钢自身截面的惯性矩，即：$I_a=0.5A_a \cdot a^2$（a 为计算方向两侧型钢截面形心间的距离）；

η——协同工作系数，可取 $\eta=0.9$。

7.2.2 当采用外包型钢加固轴心受压砌体构件时，其加固后原柱和外增钢构架的承载力应按下列规定验算：

1 原柱的承载力，应根据其所承受的轴向压力值 N_m，按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的有关规定验算。验算时，其砌体抗压强度设计值，应根据可靠性鉴定结果确定。若验算结果不符合使用要求，应加大钢构架截面，并重新进行外力分配和截面验算。

2 钢构架的承载力，应根据其所承受的轴向压力设计值 N_a，按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定进行设计计算。计算钢构架承载力时，型钢的抗压强度设计值，对仅承受静力荷载或间接承受动力作用的结构，应分别乘以强度折减系数 0.95 和 0.90。对直接承受动力荷载或振动作用的结构，应乘以强度折减系数 0.85。

3　外包型钢砌体加固后的承载力为钢构架承载力和原柱承载力之和。不论角钢肢与砌体柱接触面处涂布或灌注任何粘结材料，均不考虑其粘结作用对计算承载力的提高。

7.2.3　当采用外包型钢加固偏心受压砌体构件时，可依据本规范第 7.2.1 条及第 7.2.2 条的规定，分别按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 和《钢结构设计规范》GB 50017 进行原柱和钢构架的承载力验算。

7.3　构 造 规 定

7.3.1　当采用外包型钢加固砌体承重柱时，钢构架应采用 Q235 钢（3 号钢）制作；钢构架中的受力角钢和钢缀板的最小截面尺寸应分别为∟ 60mm×60mm×6mm 和 60mm×6mm。

7.3.2　钢构架的四肢角钢，应采用封闭式缀板作为横向连接件，以焊接固定。缀板的间距不应大于 500mm。

7.3.3　为使角钢及其缀板紧贴砌体柱表面，应采用水泥砂浆填塞角钢及缀板，也可采用灌浆料进行压注。

7.3.4　钢构架两端应有可靠的连接和锚固（图 7.3.4）；其下端应锚固于基础内；上端应抵紧在该加固柱上部（上层）构件的底

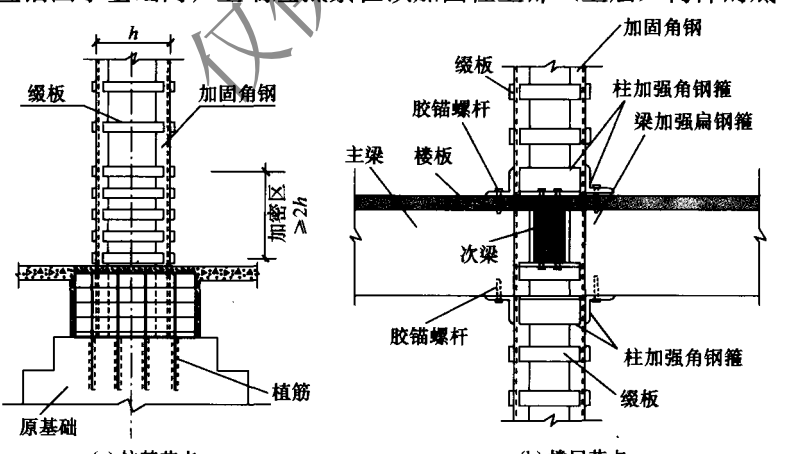


图 7.3.4　钢构架构造

仅供学习交流

面，并与锚固于梁、板、柱帽或梁垫的短角钢相焊接。在钢构架（从地面标高向上量起）的 $2h$ 和上端的 $1.5h$（h 为原柱截面高度）节点区内，缀板的间距不应大于 250mm。与此同时，还应在柱顶部位设置角钢箍予以加强。

7.3.5 在多层砌体结构中，若不止一层承重柱需增设钢构架加固，其角钢应通过开洞连续穿过各层现浇楼板；若为预制楼板，宜局部改为现浇，使角钢保持通长。

7.3.6 采用外包型钢加固砌体柱时，型钢表面宜包裹钢丝网并抹厚度不小于 25mm 的 1∶3 水泥砂浆作防护层。否则，应对型钢进行防锈处理。

仅供学习交流

8 外加预应力撑杆加固法

8.1 一 般 规 定

8.1.1 本章规定仅适用于烧结普通砖柱外加预应力撑杆加固的设计。

8.1.2 当采用外加预应力撑杆加固法时，应符合下列规定：

1 仅适用于6度及6度以下抗震设防区的烧结普通砖柱的加固；

2 被加固砖柱应无裂缝、腐蚀和老化；

3 被加固柱的上部结构应为钢筋混凝土现浇梁板；且能与撑杆上端的传力角钢可靠锚固；

4 应有可靠的施加预应力的施工经验；

5 本方法仅适用于温度不大于60℃的正常环境中。

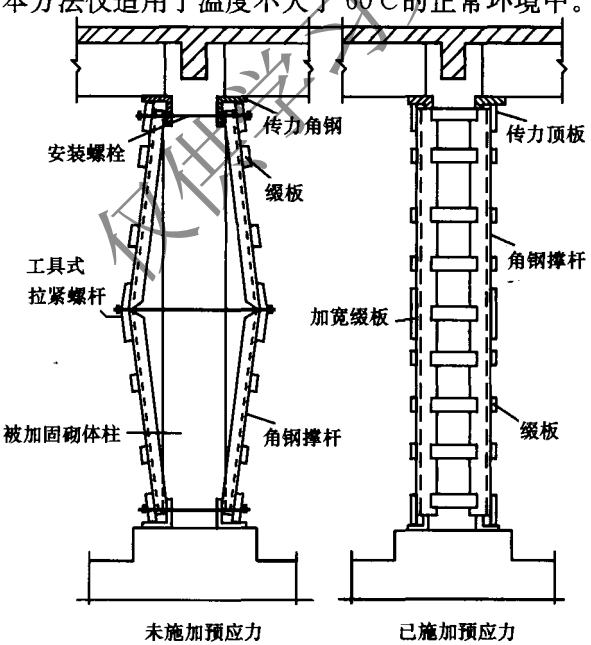


图 8.1.3 预应力撑杆加固方式

仅供学术交流

8.1.3 当采用外加预应力撑杆加固砖柱时，宜选用两对角钢组成的双侧预应力撑杆的加固方式（图 8.1.3）；不得采用单侧预应力撑杆的加固方式。

8.1.4 当按本规范的要求施加预应力时，可不考虑原柱应力水平对加固效果的影响。

8.2 计 算 方 法

8.2.1 当采用预应力撑杆加固轴心受压砖柱时，应按下列步骤进行设计计算：

1 内力计算应按下列步骤进行：

1）确定砖柱加固后需承受的轴向压力设计值 N；

2）根据原柱可靠性鉴定结果确定其轴心受压承载力 N_m；

3）计算需由撑杆承受的轴向压力设计值 N_1，并应按下式进行计算：

$$N_1 = N - N_m \tag{8.2.1-1}$$

2 预应力撑杆的总截面面积应按下式进行计算：

$$N_1 \leqslant \varphi_a f'_{py} A'_p \tag{8.2.1-2}$$

式中：φ_a——撑杆钢构架的稳定系数，按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 格构式截面确定；

f'_{py}——撑杆角钢的抗压强度设计值；

A'_p——撑杆的总截面面积。

3 预应力撑杆加固后的砌体柱轴心受压承载力 N 可符合下式的要求：

$$N \leqslant \varphi_0 (A_{m0} f_{m0} + A'_p f'_{py}) \tag{8.2.1-3}$$

式中：φ_0——原柱轴心受压的稳定系数，应按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定值采用；

A_{m0}——原柱的砌体截面面积；

f_{m0}——原砌体抗压强度设计值。

注：若验算结果不满足设计要求，可加大撑杆截面面积，再重新验算。

4 缀板可按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的

有关规定进行计算；其尺寸和间距尚应保证在施工期间受压肢（单根角钢）不致失稳。

5 施工时的预加压应力值 σ'_p 应按下列公式确定：

$$\sigma'_p \leqslant \varphi_1 f'_{py} \tag{8.2.1-4}$$

$$0.4 f'_{py} \leqslant \sigma'_p \leqslant 0.7 f'_{py} \tag{8.2.1-5}$$

式中：φ_1——用横向张拉法时，压杆肢的稳定系数，其计算长度取压杆肢全长的 1/2。

6 当采用工具式拉紧螺杆以横向张拉法安装撑杆（图 8.2.1）时，其横向张拉控制量 ΔH，可按下式确定：

$$\Delta H = 0.5L\sqrt{2\sigma'_p/\eta E_a} + \delta \tag{8.2.1-6}$$

式中：L——撑杆的竖向全长；

η——经验系数，取 $\eta = 0.9$；

E_a——撑杆钢材的弹性模量；

δ——撑杆端顶板与上部混凝土构件间的压缩量，一般取 δ 为 5mm～7mm。实际弯折撑杆肢时，取撑杆肢矢高为 ΔH＋(3～5)mm，但施工中只收紧 ΔH，以使撑杆处于预压状态。

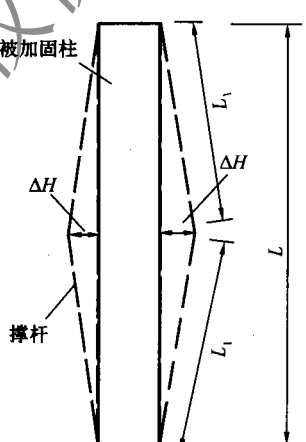


图 8.2.1 预应力撑杆肢横向张拉量

仅供学习交流

8.2.2 当采用预应力撑杆加固偏心受压组合砌体柱时，应按下列步骤进行设计计算：

1 偏心受压荷载计算：

1） 确定该柱加固后需承受的最大偏心荷载——轴向压力 N 和弯矩 M 的设计值；

2） 确定撑杆肢承载力，可先试用两根较小的角钢作撑杆肢，其有效承载力取为 $0.9A'_{pl}f'_{pyl}$（其中 A'_{pl} 为受压一侧角钢的总截面面积）；

3） 根据静力平衡条件，原组合砌体柱一侧加固后需承受的偏心受压荷载为：

$$N_{01} = N - 0.9f'_{py}A'_{pl} \qquad (8.2.2\text{-}1)$$

$$M_{01} = M - 0.9f'_{py}A'_{pl}a/2 \qquad (8.2.2\text{-}2)$$

式中：a 为两侧角钢形心之间的距离。

2 偏心受压柱加固后承载力，应按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定验算原组合砌体柱在 N_{01} 和 M_{01} 作用下的承载力。当原砌体柱的承载力不满足上述验算要求时，可加大角钢截面面积，并重新进行验算。

3 缀板计算应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的要求，并应保证撑杆肢的角钢在施工中不致失稳。

4 施工时预加压应力值 σ'_p，宜取为 $50N/mm^2 \sim 80N/mm^2$。

5 横向张拉量 ΔH，应按本规范公式（8.2.1-6）计算确定。

6 按受压荷载较大一侧计算出需要的角钢截面后，柱的另一侧也用同规格角钢组成压杆肢，使撑杆的两侧的截面对称。

8.2.3 角钢撑杆的预顶力应控制在柱各阶段所受竖向恒荷载标准值的 90%以内。

8.3 构 造 规 定

8.3.1 预应力撑杆用的角钢，其截面尺寸不应小于 L60mm×60mm×6mm。压杆肢的两根角钢应用钢缀板连接，形成槽形截

面，缀板截面尺寸不应小于 80mm×6mm。缀板间距应保证单肢角钢的长细比不大于 40。

8.3.2 撑杆肢上端的传力构造及预应力撑杆横向张拉的构造，可参照现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 进行设计，且传力角钢应与上部钢筋混凝土梁（或其他承重构件）可靠锚固。

仅供学习交流

9 粘贴纤维复合材加固法

9.1 一 般 规 定

9.1.1 本方法仅适用于烧结普通砖墙（以下简称砖墙）平面内受剪加固和抗震加固。

9.1.2 被加固的砖墙，其现场实测的砖强度等级不得低于MU7.5；砂浆强度等级不得低于M2.5；现已开裂、腐蚀、老化的砖墙不得采用本方法进行加固。

9.1.3 采用本方法加固的纤维材料及其配套的结构胶粘剂，其安全性能应符合本规范第4章的要求。

9.1.4 外贴纤维复合材加固砖墙时，应将纤维受力方式设计成仅承受拉应力作用。

9.1.5 粘贴在砖砌构件表面上的纤维复合材，其表面应进行防护处理。表面防护材料应对纤维及胶粘剂无害。

9.1.6 采用本方法加固的砖墙结构，其长期使用的环境温度不应高于60℃；处于特殊环境的砖砌结构采用本方法加固时，除应按国家现行有关标准的规定采取相应的防护措施外，尚应采用耐环境因素作用的胶粘剂，并按专门的工艺要求施工。

9.1.7 碳纤维和玻璃纤维复合材的设计指标必须分别按表9.1.7-1及表9.1.7-2的规定值采用。

表9.1.7-1 碳纤维复合材设计指标

性能项目		单向织物(布)		条形板
		高强度Ⅱ级	高强度Ⅲ级	高强度Ⅱ级
抗拉强度设计值 f_f (MPa)	重要结构	1400	—	1000
	一般结构	2000	1200	1400

续表 9.1.7-1

性能项目		单向织物(布)		条形板
		高强度Ⅱ级	高强度Ⅲ级	高强度Ⅱ级
弹性模量设计值 E_f (MPa)	所有结构	2.0×10^5	1.8×10^5	1.4×10^5
拉应变设计值 ε_f	重要结构	0.007	—	0.007
	一般结构	0.01	—	0.01

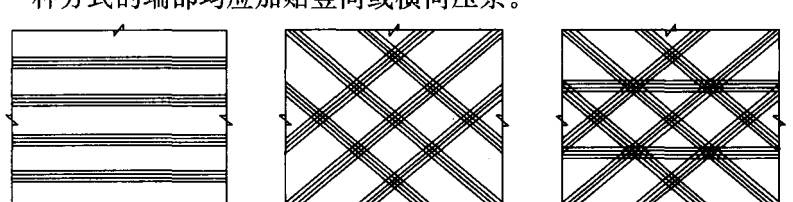
表 9.1.7-2 玻璃纤维复合材设计指标

项目 / 类别	抗拉强度设计值 f_f(MPa)		弹性模量设计值 E_f(MPa)		拉应变设计值 ε_f	
	重要结构	一般结构	重要结构	一般结构	重要结构	一般结构
S 玻璃纤维	500	700	7.0×10^4		0.007	0.01
E 玻璃纤维	350	500	5.0×10^4		0.007	0.01

9.1.8 当被加固构件的表面有防火要求时，应按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 规定的耐火等级及耐火极限要求，对胶层和纤维复合材进行防护。

9.2 砌体抗剪加固

9.2.1 粘贴纤维复合材提高砌体墙平面内受剪承载力的加固方式，可根据工程实际情况选用：水平粘贴方式、交叉粘贴方式、平叉粘贴方式或双叉粘贴方式等（图 9.2.1-1 及图 9.2.1-2）。每一种方式的端部均应加贴竖向或横向压条。



(a) 水平粘贴方式　(b) 交叉粘贴方式　(c) 平叉粘贴方式

图 9.2.1-1 纤维复合材（布）粘贴方式示例

仅供学习交流

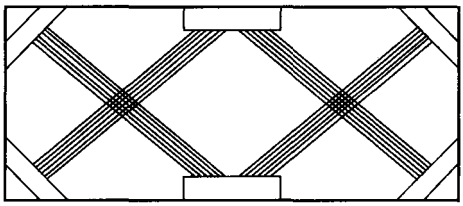


图 9.2.1-2　纤维复合材（条形板）粘贴方式示例

9.2.2　粘贴纤维复合材对砌体墙平面内受剪加固的受剪承载力应符合下列条件：

$$V \leqslant V_m + V_F \tag{9.2.2-1}$$

$$V \leqslant 1.4\alpha_v V_m \tag{9.2.2-2}$$

式中：V——砌体墙平面内剪力设计值；

V_m——原砌体受剪承载力，按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定计算确定；

V_F——采用纤维复合材加固后提高的受剪承载力；

α_v——厚砌体压应力影响系数，对一般情况，取 α_v为 1.0；对原砌体砂浆强度等级不低于 M5，且原构件轴压比不小于 0.5 的情况，取 α_v为 0.9。

9.2.3　粘贴纤维复合材后提高的受剪承载力 V_F应按下列规定计算：

$$V_F = \alpha_f f_f \sum_{i=1}^{n} A_{fi} \cos a_i \tag{9.2.3}$$

式中：α_f——纤维复合材参与工作系数，对水平粘贴方式和交叉方式分别按表 9.2.3-1 及表 9.2.3-2 取值；

f_f——受剪加固采用的纤维复合材抗拉强度设计值，按本规范第 9.1.7 条规定的抗拉强度设计值乘以调整系数 0.28 确定；

A_{fi}——穿过计算斜截面的第 i 个纤维复合材条带的截面面积；

a_i——第 i 个纤维复合材条带纤维方向与水平方向的夹角；

仅供学习交流

n——穿过计算斜截面的纤维复合材条带数。当纤维复合材在条带端部构造不满足本规范第 9.4.3 条锚固要求时，不应考虑其对受剪承载力的贡献。

注：对平斜粘贴方式，应按水平粘贴方式和交叉方式分别用式（9.2.3）计算后叠加而得。

表 9.2.3-1　水平粘贴方式纤维复合材参与工作系数 α_f

墙体高宽比	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
参与工作系数 α_f	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65

表 9.2.3-2　交叉粘贴方式纤维复合材参与工作系数 α_f

穿过计算斜截面纤维布条带数 n	1	2	3	4
参与工作系数 α_f	1	0.85	0.70	0.60

9.3　砌体抗震加固

9.3.1　粘贴纤维布对砖墙进行抗震加固时，应采用连续粘贴形式，以增强墙体的整体性能。

9.3.2　粘贴纤维布加固砌体墙的抗震受剪承载力应按下列公式计算：

$$V \leqslant V_{ME} + V_F \qquad (9.3.2\text{-}1)$$

$$V \leqslant 1.4\alpha_v V_{ME} \qquad (9.3.2\text{-}2)$$

式中：V——考虑地震组合的墙体剪力设计值；

V_{ME}——原砌体抗震受剪承载力，按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的有关规定计算确定；

V_F——采用纤维复合材加固后提高的抗震受剪承载力，按本规范第 9.2.3 条计算，但应除承载力抗震调整系数 γ_{RE}，一般取 γ_E 为 1.0；若原柱为组合砌体，取 γ_{RE} 为 0.85；

α_v——原砌体压应力影响系数，按本规范第 9.2.2 条的规定确定。

9.4　构 造 规 定

9.4.1　纤维布条带在全墙面上宜等间距均匀布置，条带宽度不

仅供学习交流

宜小于 100mm，条带的最大净间距不宜大于三皮砖块的高度，也不宜大于 200mm。

9.4.2 沿纤维布条带方向应有可靠的锚固措施（图 9.4.2）。

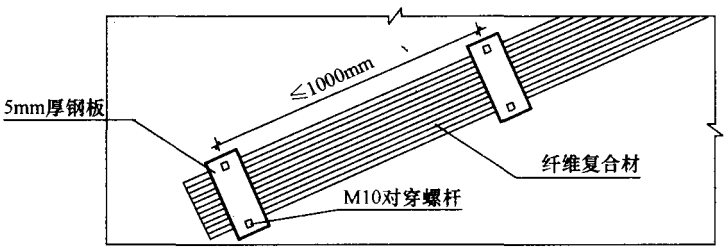
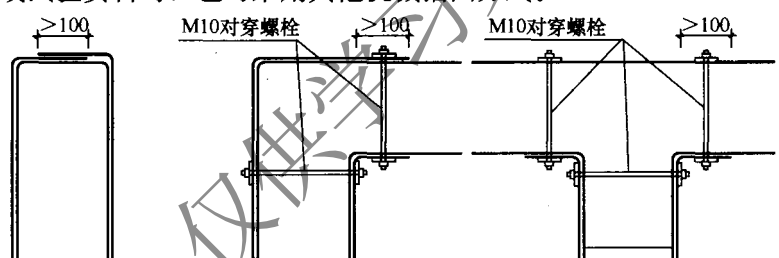


图 9.4.2 沿纤维布条带方向设置拉结构造

9.4.3 纤维布条带端部的锚固构造措施，可根据墙体端部情况，采用对穿螺栓垫板压牢（图 9.4.3）。当纤维布条带需绕过阳角时，阳角转角处曲率半径不应小于 20mm。当有可靠的工程经验或试验资料时，也可采用其他机械锚固方式。



(a) 一字形墙端　　(b) L形墙端　　(c) T形墙端

图 9.4.3 纤维布条带端部的锚固构造

9.4.4 当采用搭接的方式接长纤维布条带时，搭接长度不应小于 200mm，且应在搭接长度中部设置一道锚栓锚固。

9.4.5 当砖墙采用纤维复合材加固时，其墙、柱表面应先做水泥砂浆抹平层；层厚不应小于 15mm 且应平整；水泥砂浆强度等级应不低于 M10；粘贴纤维复合材应待抹平层硬化、干燥后方可进行。

仅供学习交流

10 钢丝绳网-聚合物改性水泥砂浆面层加固法

10.1 一 般 规 定

10.1.1 本方法仅适用于以钢丝绳网-聚合物改性水泥砂浆面层对烧结普通砖墙进行的平面内受剪加固和抗震加固。

注：单股钢丝绳也称钢绞线。

10.1.2 采用本方法时，原砌体构件按现场检测结果推定的块体强度等级不应低于 MU7.5 级；砂浆强度等级不应低于 M1.0；块体表面与结构胶粘结的正拉粘结强度不应低于 1.5MPa。

严重腐蚀、粉化的砌体构件不得采用本方法加固。

10.1.3 采用本方法加固的砌体结构，其长期使用的环境温度不应高于 60℃；处于特殊环境的砌体结构采用本方法加固时，除应按国家现行有关标准的规定采取相应的防护措施外，尚应采用耐环境因素作用的聚合物改性水泥砂浆，并按专门的工艺要求施工。

10.1.4 钢丝绳的强度设计值应按表 10.1.4 采用。

表 10.1.4 钢丝绳抗拉强度设计值（MPa）

种 类	符号	不锈钢丝绳		镀锌钢丝绳	
		钢丝绳公称直径（mm）	抗拉强度设计值 f_{rw}	钢丝绳公称直径（mm）	抗拉强度设计值 f_{rw}
6×7+IWS	ϕ_r	2.4～4.0	1100	2.5～4.5	1050
			1050		1000
1×19	ϕ_s	2.5	1050	2.5	1100

10.1.5 不锈钢丝绳和镀锌钢丝绳的弹性模量设计值及拉应变设计值应按表 10.1.5 采用。

仅供学习交流

表 10.1.5　钢丝绳弹性模量及拉应变设计值

类　别	弹性模量设计值 E_{rw}	拉应变设计值 ε_{rw}
不锈钢丝绳	1.05×10^5MPa	0.01
镀锌钢丝绳	1.30×10^5MPa	0.008

10.1.6　钢丝绳计算用的截面面积及其参考重量，可按表10.1.6的规定值采用。

表 10.1.6　钢丝绳计算用截面面积及参考重量

种　类	钢丝绳公称直径（mm）	钢丝直径（mm）	计算用截面面积（mm^2）	参考重量（kg/100m）
6×7+IWS	2.4	(0.27)	2.81	2.40
	2.5	0.28	3.02	2.73
	3.0	0.32	3.94	3.36
	3.05	(0.34)	4.45	3.83
	3.2	0.35	4.71	4.21
	3.6	0.40	6.16	6.20
	4.0	(0.44)	7.45	6.70
	4.2	0.45	7.79	7.05
	4.5	0.50	9.62	8.70
1×19	2.5	0.50	3.73	3.10

注：括号内的钢丝直径为建筑结构加固非常用的直径。

10.1.7　当被加固构件的表面有防火要求时，应按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016规定的耐火等级及耐火极限要求，对钢丝绳网-聚合物砂浆面层进行防护。

10.1.8　采用本方法加固时，应采取措施卸除或大部分卸除作用在结构上的活荷载。

10.2　砌体抗剪加固

10.2.1　钢丝绳网-聚合物砂浆面层对砌体墙面内受剪加固的受

仅供学习交流

剪承载力应符合下列条件：

$$V \leqslant V_M + V_{rw} \qquad (10.2.1\text{-}1)$$

$$V \leqslant 1.4V_M \qquad (10.2.1\text{-}2)$$

式中：V——砌体墙面内剪力设计值；

V_M——原砌体受剪承载力，按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 计算确定；

V_{rw}——采用钢丝绳网-聚合物砂浆面层加固后提高的受剪承载力。

10.2.2 钢丝绳网-聚合物砂浆面层加固后提高的受剪承载力 V_{rw} 应按下列规定计算：

$$V_{rw} = \alpha_{rw} f_{rw} \sum_{i=1}^{n} A_{rwi} \qquad (10.2.2)$$

式中：α_{rw}——钢丝绳网参与工作系数，按表 10.2.2 采用；

f_{rw}——受剪加固采用的钢丝绳网抗拉强度设计值，按本规范第 10.1.4 条规定的抗拉强度设计值乘以调整系数 0.28 确定；

A_{rwi}——穿过计算斜截面的第 i 个水平向钢丝绳的截面面积；

n——穿过计算斜截面的水平向钢丝绳根数。

10.2.2 水平向钢丝绳网参与工作系数 α_{rw}

墙体高宽比	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
参与工作系数 α_{rw}	0.40	0.50	0.55	0.60	0.60

10.3 砌体抗震加固

10.3.1 钢丝绳网-聚合物砂浆面层对砌体结构进行抗震加固，宜采用双面加固形式增强砌体结构的整体性。

10.3.2 钢丝绳网-聚合物砂浆面层加固砌体墙的抗震受剪承载力应按下列公式计算：

$$V \leqslant V_{ME} + \frac{V_{rw}}{\gamma_{RE}} \qquad (10.3.2\text{-}1)$$

仅供学习交流

$$V \leqslant 1.4V_{ME} \qquad (10.3.2\text{-}2)$$

式中：V——考虑地震组合的墙体剪力设计值；

V_{ME}——原砌体抗震受剪承载力，按国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003－2001 第 10.2.1 条和第 10.2.3 条计算确定；

V_{rw}——采用钢丝绳网-聚合物砂浆面层加固后提高的抗震受剪承载力，按本规范 10.2.2 条计算；

γ_{RE}——承载力抗震调整系数，取 γ_{RE} 为 0.9。

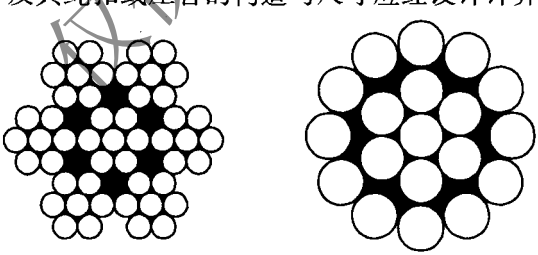
10.4 构 造 规 定

10.4.1 钢丝绳网的设计与制作应符合下列规定：

1 网片应采用小直径不松散的高强度钢丝绳制作；绳的直径宜在 2.5mm～4.5mm 范围内；当采用航空用高强度钢丝绳时，也可使用规格为 2.4mm 的高强度钢丝绳。

2 绳的结构形式（图 10.4.1-1）应为 6×7+IWS 金属股芯右交互捻钢丝绳或 1×19 单股左捻钢丝绳（钢绞线）。

3 网的主绳与横向绳（即分布绳）的交点处，应采用钢材制作的绳扣束紧；主绳的端部应采用带套环的绳扣通过加固锚固；套环及其绳扣或压管的构造与尺寸应经设计计算确定。



（a）6×7+IWS 钢丝绳　　（b）1×19 钢绞线（单股钢丝绳）

图 10.4.1-1　钢丝绳的结构形式

4 网中受拉主绳的间距应经计算确定，但不应小于 20mm，也不应大于 40mm。

5 采用钢丝绳网加固墙体时，网中横向绳的布置示例如图10.4.1-2所示。

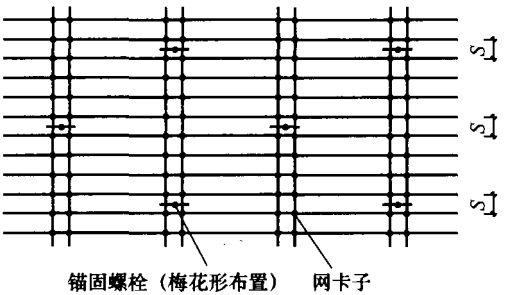


图 10.4.1-2 水平钢丝绳网布置

10.4.2 水平钢丝绳（主绳）网在墙体端部的锚固，宜锚在预设于墙体交接处的角钢或钢板上（图 10.4.2）。角钢和钢板应按绳距预先钻孔；钢丝绳穿过孔后，套上钢套管，通过压扁套管进行锚固，也可采用其他方法进行锚固。

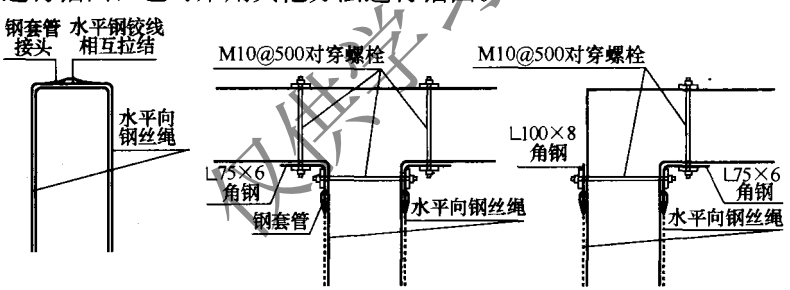


图 10.4.2 水平钢丝绳的锚固构造

设计学习交流

11 增设砌体扶壁柱加固法

11.1 计 算 方 法

11.1.1 本章规定仅适用于抗震设防烈度为6度及以下地区的砌体墙加固设计。

11.1.2 增设砌体扶壁柱加固墙体时，其承载力和高厚比的验算应按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003的规定进行。当扶壁柱的构造及其与原墙的连接符合本规范规定时，可按整体截面计算。

11.1.3 当增设砌体扶壁柱用以提高墙体的稳定性时，其高厚比可按下式计算：

$$\beta = H_0 / h_T \tag{11.1.3}$$

式中：H_0——墙体的计算高度；

h_T——带壁柱墙截面的折算厚度，按加固后的截面计算。

11.1.4 当增设砌体扶壁柱加固受压构件时，其承载力应满足下式的要求：

$$N \leqslant \varphi(f_{m0}A_{m0} + \alpha_m f_m A_m) \tag{11.1.4}$$

式中：N——构件加固后由荷载设计值产生的轴向力；

φ——高厚比β和轴向力的偏心距对受压构件承载力的影响系数，采用加固后的截面，按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003的规定确定；

f_{m0}和f_m——分别为原砌体和新增砌体的抗压强度设计值；

A_{m0}——原构件的截面面积；

A_m——构件新增砌体的截面面积；

α_m——扶壁柱砌体的强度利用系数，取$\alpha_m = 0.8$。

11.2 构 造 规 定

11.2.1 新增设扶壁柱的截面宽度不应小于240mm，其厚度不应小

于 120mm（图 11.2.1）。当用角钢-螺栓拉结时，应沿墙的全高和内外的周边，增设水泥砂浆或细石混凝土防护层（图 11.2.3）。

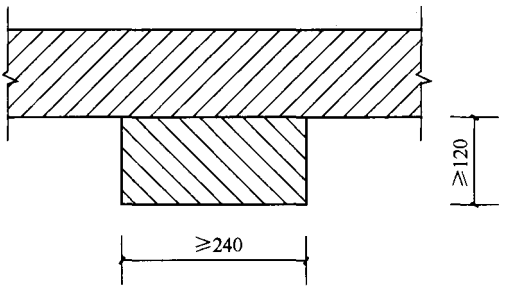


图 11.2.1　增设扶壁柱的截面尺寸（mm）

当增设扶壁柱以提高受压构件的承载力时，应沿墙体两侧增设扶壁柱。

11.2.2　加固用的块材强度等级应比原结构的设计块材强度等级提高一级，不得低于 MU15；并应选用整砖（砌块）砌筑。加固用的砂浆强度等级，不应低于原结构设计的砂浆强度等级，且不应低于 M5。

11.2.3　增设扶壁柱处，沿墙高应设置以 2ϕ12mm 带螺纹、螺帽的钢筋与双角钢组成的套箍，将扶壁柱与原墙拉结；套箍的间距不应大于 500mm（图 11.2.3）。

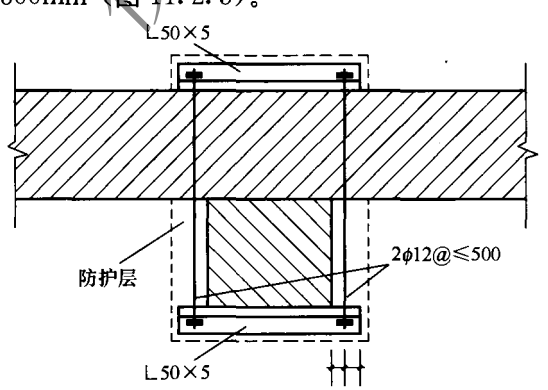


图 11.2.3　砌体墙与扶壁柱间的套箍拉结（mm）

仅供学习交流

11.2.4 在原墙体需增设扶壁柱的部位，应沿墙高，每隔300mm凿去一皮砖块，形成水平槽口（图11.2.4）。砌筑扶壁柱时，槽口处的原墙体与新增扶壁柱之间，应上下错缝，内外搭砌。砖砌体接槎时，必须将接槎处的表面清理干净，浇水湿润，用干捻砂浆将灰缝填实。

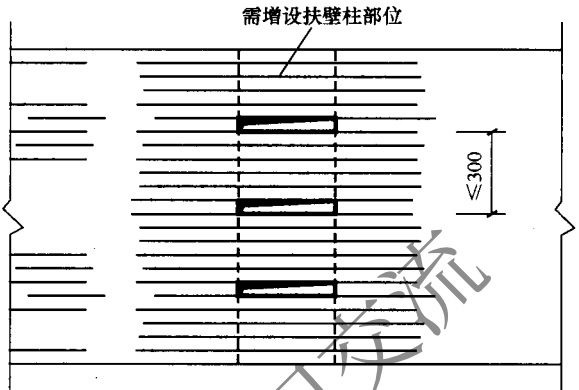


图11.2.4 水平槽口（mm）

11.2.5 扶壁柱应设基础，其埋深应与原墙基础相同。

仅供学习交流

12 砌体结构构造性加固法

12.1 增设圈梁加固

12.1.1 当无圈梁或圈梁设置不符合现行设计规范要求，或纵横墙交接处咬槎有明显缺陷，或房屋的整体性较差时，应增设圈梁进行加固。

12.1.2 外加圈梁，宜采用现浇钢筋混凝土圈梁或钢筋网水泥复合砂浆砌体组合圈梁，在特殊情况下，亦可采用型钢圈梁。对内墙圈梁还可用钢拉杆代替。钢拉杆设置间距应适当加密，且应贯通房屋横墙（或纵墙）的全部宽度，并应设在有横墙（或纵墙）处，同时应锚固在纵墙（或横墙）上。

12.1.3 外加圈梁应靠近楼（屋）盖设置。钢拉杆应靠近楼（屋）盖和墙面。外加圈梁应在同一水平标高交圈闭合。变形缝处两侧的圈梁应分别闭合，如遇开口墙，应采取加固措施使圈梁闭合。

12.1.4 采用外加钢筋混凝土圈梁时，应符合下列规定：

1 外加钢筋混凝土圈梁的截面高度不应小于 180mm、宽度不应小于 120mm。纵向钢筋的直径不应小于 10mm；其数量不应少于 4 根。箍筋宜采用直径为 6mm 的钢筋，箍筋间距宜为 200mm；当圈梁与外加柱相连接时，在柱边两侧各 500mm 长度区段内，箍筋间距应加密至 100mm。

2 外加钢筋混凝土圈梁的混凝土强度等级不应低于 C20，圈梁在转角处应设 2 根直径为 12mm 的斜筋。

钢筋混凝土外加圈梁的顶面应做泛水，底面应做滴水沟。

3 外加钢筋混凝土圈梁的钢筋外保护层厚度不应小于 20mm，受力钢筋接头位置应相互错开，其搭接长度为 $40d$（d 为纵向钢筋直径）。任一搭接区段内，有搭接接头的钢筋截面面

仅供学习交流

积不应大于总面积的25%；有焊接接头的纵向钢筋截面面积不应大于同一截面钢筋总面积的50%。

12.1.5 采用钢筋网水泥复合砂浆砌体组合圈梁时，应符合下列规定：

1 梁顶平楼（屋）面板底，梁高不应小于300mm。

2 穿墙拉结钢筋宜呈梅花状布置，穿墙筋位置应在丁砖上（对单面组合圈梁）或丁砖缝（对双面组合圈梁）。

3 面层材料和构造应符合下列规定：

1）面层砂浆强度等级：水泥砂浆不应低于M10，水泥复合砂浆不应低于M20；

2）钢筋网水泥复合砂浆面层厚度宜为30mm～45mm；

3）钢筋网的钢筋直径宜为6mm或8mm，网格尺寸宜为120mm×120mm；

4）单面组合圈梁的钢筋网，应采用直径为6mm的L形锚筋；双面组合圈梁的钢筋网，应采用直径为6mm的Z形或S形穿墙筋连接；L形锚筋间距宜为240mm×240mm；Z形或S形锚筋间距宜为360mm×360mm；

5）钢筋网的水平钢筋遇有门窗洞时，单面圈梁宜将水平钢筋弯入洞口侧面锚固，双面圈梁宜将两侧水平钢筋在洞口闭合；

6）对承重墙，不宜采用单面组合圈梁。

12.1.6 采用钢拉杆代替内墙圈梁时，应符合下列规定：

1 横墙承重房屋的内墙，可用两根钢拉杆代替圈梁；纵墙承重和纵横墙承重的房屋，钢拉杆宜在横墙两侧各设一根。钢拉杆直径应根据房屋进深尺寸和加固要求等条件确定，但不应小于14mm，其方形垫板尺寸宜为200mm×200mm×15mm。

2 无横墙的开间可不设钢拉杆，但外加圈梁应与进深方向梁或现浇钢筋混凝土楼盖可靠连接。

3 每道内纵墙均应用单根拉杆与外山墙拉结，钢拉杆直径

可视墙厚、房屋进深和加固要求等条件确定，但不应小于16mm，钢拉杆长度不应小于两个开间。

12.1.7 外加钢筋混凝土圈梁与砖墙的连接，应符合下列规定：

1 宜选用结构胶锚筋，亦可选用化学锚栓或钢筋混凝土销键。

2 当采用化学植筋或化学锚栓时，砌体的块材强度等级不应低于MU7.5，原砌体砖的强度等级不应低于MU7.5，其他要求按压浆锚筋确定。

3 压浆锚筋仅适用于实心砖砌体与外加钢筋混凝土圈梁之间的连接，原砌体砖的强度等级不应低于MU7.5，原砂浆的强度等级不应低于M2.5。

4 压浆锚筋与钢拉杆的间距宜为300mm；锚筋之间的距离宜为500mm～1000mm。

12.1.8 钢拉杆与外加钢筋混凝土圈梁可采用下列方法之一进行连接：

1 钢拉杆埋入圈梁，埋入长度为$30d$（d为钢拉杆直径），端头应做弯钩。

2 钢拉杆通过钢管穿过圈梁，应用螺栓拧紧。

3 钢拉杆端头焊接垫板埋入圈梁，垫板与墙面之间的间隙不应小于80mm。

12.1.9 角钢圈梁的规格不应小于∟80mm×6mm或∟75mm×6mm，并应每隔1m～1.5m，与墙体用普通螺栓拉结，螺杆直径不应小于12mm。

12.2 增设构造柱加固

12.2.1 当无构造柱或构造柱设置不符合现行设计规范要求时，应增设现浇钢筋混凝土构造柱或钢筋网水泥复合砂浆组合砌体构造柱。

12.2.2 构造柱的材料、构造、设置部位应符合现行设计规范要求。

仅供学习交流

12.2.3 增设的构造柱应与墙体圈梁、拉杆连接成整体，若所在位置与圈梁连接不便，也应采取措施与现浇混凝土楼（屋）盖可靠连接。

12.2.4 采用钢筋网水泥复合砂浆砌体组合构造柱时，应符合下列要求：

1 组合构造柱截面宽度不应小于500mm。

2 穿墙拉结钢筋宜呈梅花状布置，其位置应在丁砖缝上。

3 面层材料和构造应符合下列规定：

1）面层砂浆强度等级：水泥砂浆不应低于M10，水泥复合砂浆不应低于M20；

2）钢筋网水泥复合砂浆面层厚度宜为30mm～45mm；

3）钢筋网的钢筋直径宜为6mm或8mm，网格尺寸宜为120mm×120mm；

4）构造柱的钢筋网应采用直径为6mm的Z形或S形锚筋，Z形或S形锚筋间距宜为360mm×360mm。

12.3 增设梁垫加固

12.3.1 当大梁下砌体被局部压碎或在大梁下墙体出现局部竖向或斜向裂缝时，应增设梁垫进行加固。

12.3.2 新增设的梁垫，其混凝土强度等级，现浇时不应低于C20；预制时不应低于C25。梁垫尺寸应按现行设计规范的要求，经计算确定，但梁垫厚度不应小于180mm；梁垫的配筋应按抗弯条件计算配置。当按构造配筋时，其用量不应少于梁垫体积的0.5%。

12.3.3 增设梁垫应采用“托梁换柱”的方法进行施工。

12.4 砌体局部拆砌

12.4.1 当墙体局部破裂但在查清其破裂原因后尚未影响承重及安全时，可将破裂墙体局部拆除，并按提高一级砂浆强度等级用整砖填砌。

12.4.2 分段拆砌墙体时，应先砌部分留槎，并埋设水平钢筋与后砌部分拉结。

12.4.3 局部拆砌墙体时，新旧墙交接处不得凿水平槎或直槎，应做成踏步槎接缝，缝间设置拉结钢筋以增强新旧的整体性。

仅供学习交流

13 砌体裂缝修补法

13.1 一 般 规 定

13.1.1 本章的规定适用于修补影响砌体结构、构件正常使用性的裂缝，对承载能力不足引起的裂缝，尚应按本规范规定的方法进行加固。

13.1.2 砌体结构裂缝的修补应根据其种类、性质及出现的部位进行设计，选择适宜的修补材料、修补方法和修补时间。

13.1.3 常用的裂缝修补方法应有填缝法、压浆法、外加网片法和置换法等。根据工程的需要，这些方法尚可组合使用。

13.1.4 砌体裂缝修补后，其墙面抹灰的做法应符合现行国家标准《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210 的有关规定。在抹灰层砂浆或细石混凝土中加入短纤维可进一步减少和限制裂缝的出现。

13.2 填 缝 法

13.2.1 填缝法适用于处理砌体中宽度大于 0.5mm 的裂缝。

13.2.2 修补裂缝前，首先应剔凿干净裂缝表面的抹灰层，然后沿裂缝开凿 U 形槽。对凿槽的深度和宽度，并应符合下列规定：

1 当为静止裂缝时，槽深不宜小于 15mm，槽宽不宜小于 20mm。

2 当为活动裂缝时，槽深宜适当加大，且应凿成光滑的平底，以利于铺设隔离层；槽宽宜按裂缝预计张开量 t 加以放大，通常可取为（15+5t）mm。另外，槽内两侧壁应凿毛。

3 当为钢筋锈蚀引起的裂缝时，应凿至钢筋锈蚀部分完全露出为止，钢筋底部混凝土凿除的深度，以能使除锈工作彻底进行。

13.2.3 对静止裂缝，可采用改性环氧砂浆、改性氨基甲酸乙酯胶泥或改性环氧胶泥等进行充填（图 13.2.3a）。对活动裂缝，可采用丙烯酸树脂、氨基甲酸乙酯、氯化橡胶或可挠性环氧树脂等为填充材料，并可采用聚乙烯片、蜡纸或油毡片等为隔离层（图 13.2.3b）。

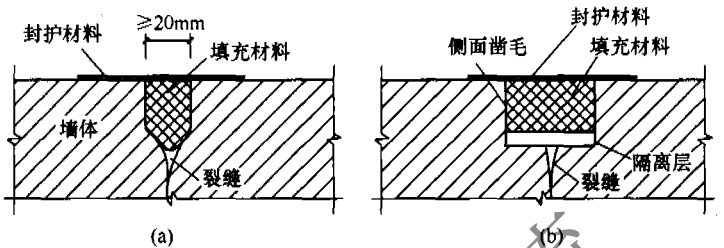


图 13.2.3 填缝法裂缝补图

13.2.4 对锈蚀裂缝，应在已除锈的钢筋表面上，先涂刷防锈液或防锈涂料，待干燥后再充填封闭裂缝材料。对活动裂缝，其隔离层应干铺，不得与槽底有任何粘结。其弹性密封材料的充填，应先在槽内两侧表面上涂刷一层胶粘剂，以使充填材料能起到既密封又能适应变形的作用。

13.2.5 修补裂缝应符合下列规定：

1 充填封闭裂缝材料前，应先将槽内两侧凿毛的表面浮尘清除干净。

2 采用水泥基修补材料填补裂缝，应先将裂缝及周边砌体表面润湿。

3 采用有机材料不得湿润砌体表面，应先将槽内两侧面上涂刷一层树脂基液。

4 充填封闭材料应采用搓压的方法填入裂缝中，并应修复平整。

13.3 压 浆 法

13.3.1 压浆法即压力灌浆法，适用于处理裂缝宽度大于

0.5mm 且深度较深的裂缝。

13.3.2 压浆的材料可采用无收缩水泥基灌浆料、环氧基灌浆料等。

13.3.3 压浆工艺应按规定的流程（图 13.3.3）进行。

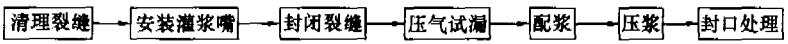


图 13.3.3 压浆工艺流程

13.3.4 压浆法的操作应符合下列规定：

1 清理裂缝时，应在砌体裂缝两侧不少于 100mm 范围内，将抹灰层剔除。若有油污也应清除干净；然后用钢丝刷、毛刷等工具，清除裂缝表面的灰土、浮渣及松软层等污物；用压缩空气清除缝隙中的颗粒和灰尘。

2 灌浆嘴安装应符合下列规定：

1）当裂缝宽度在 2mm 以内时，灌浆嘴间距可取 200mm～250mm；当裂缝宽度在 2mm～5mm 时，可取 350mm；当裂缝宽度大于 5mm 时，可取 450mm，且应设在裂缝端部和裂缝较大处。

2）应按标示位置钻深度 30mm～40mm 的孔眼，孔径宜略大于灌浆嘴的外径。钻好后应清除孔中的粉屑。

3）灌浆嘴应在孔眼用水冲洗干净后进行固定。固定前先涂刷一道水泥浆，然后用环氧胶泥或环氧树脂砂浆将灌浆嘴固定，裂缝较细或墙厚超过 240mm 时，应在墙的两侧均安放灌浆嘴。

3 封闭裂缝时，应在已清理干净的裂缝两侧，先用水浇湿砌体表面，再用纯水泥浆涂刷一道，然后用 M10 水泥砂浆封闭，封闭宽度约为 200mm。

4 试漏应在水泥砂浆达到一定强度后进行，并采用涂抹皂液等方法压气试漏。对封闭不严的漏气处应进行修补。

5 配浆应根据灌浆料产品说明书的规定及浆液的凝固时间，确定每次配浆数量。浆液稠度过大，或者出现初凝情况，应停止

仅供学习交流

使用。

6 压浆应符合下列要求：

1）压浆前应先灌水。

2）空气压缩机的压力宜控制在 0.2MPa～0.3MPa。

3）将配好的浆液倒入储浆罐，打开喷枪阀门灌浆，直至邻近灌浆嘴（或排气嘴）溢浆为止。

4）压浆顺序应自下而上，边灌边用塞子堵住已灌浆的嘴，灌浆完毕且已初凝后，即可拆除灌浆嘴，并用砂浆抹平孔眼。

13.3.5 压浆时应严格控制压力，防止损坏边角部位和小截面的砌体，必要时，应作临时性支护。

13.4 外加网片法

13.4.1 外加网片法适用于增强砌体抗裂性能，限制裂缝开展，修复风化、剥蚀砌体。

13.4.2 外加网片所用的材料应包括钢筋网、钢丝网、复合纤维织物网等。当采用钢筋网时，其钢筋直径不宜大于 4mm。当采用无纺布替代纤维复合材料修补裂缝时，仅允许用于非承重构件的静止细裂缝的封闭性修补上。

13.4.3 网片覆盖面积除应按裂缝或风化、剥蚀部分的面积确定外，尚应考虑网片的锚固长度。网片短边尺寸不宜小于 500mm。网片的层数：对钢筋和钢丝网片，宜为单层；对复合纤维材料，宜为 1 层～2 层；设计时可根据实际情况确定。

13.5 置 换 法

13.5.1 置换法适用于砌体受力不大，砌体块材和砂浆强度不高的开裂部位，以及局部风化、剥蚀部位的加固（图 13.5.1）。

13.5.2 置换用的砌体块材可以是原砌体材料，也可以是其他材料，如配筋混凝土实心砌块等。

13.5.3 置换砌体时应符合下列规定要求：

仅供学习交流

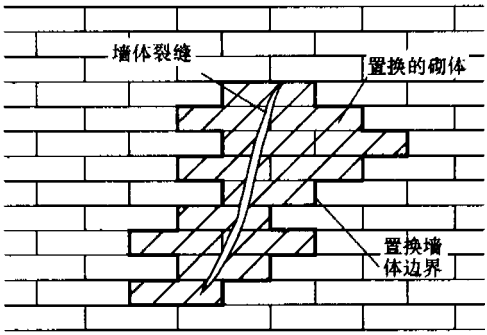


图 13.5.1　置换法处理裂缝图

1　把需要置换部分及周边砌体表面抹灰层剔除，然后沿着灰缝将被置换砌体凿掉。在凿打过程中，应避免扰动不置换部分的砌体。

2　仔细把粘在砌体上的砂浆剔除干净，清除浮尘后充分润湿墙体。

3　修复过程中应保证填补砌体材料与原有砌体可靠嵌固。

4　砌体修补完成后，再做抹灰层。

仅供学习交流

附录 A　已有建筑物结构荷载标准值的确定

A.0.1　对已有结构上的荷载标准值取值，除应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定外，尚应遵守本附录的规定。

A.0.2　结构和构件自重的标准值，应根据构件和连接的实测尺寸，按材料或构件单位自重的标准值计算确定。对难以实测的某些连接构造的尺寸，允许按结构详图估算。

A.0.3　常用材料和构件的单位自重标准值，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用。当该规范的规定值有上、下限时，应按下列规定采用：

1　当荷载效应对结构不利时，取上限值。

2　当荷载效应对结构有利（如验算倾覆、抗滑移、抗浮起等）时，取下限值。

A.0.4　当遇到下列情况之一时，材料和构件的自重标准值应按现场抽样称量确定：

1　现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 尚无规定；

2　自重变异较大的材料或构件，如现场制作的保温材料、混凝土薄壁构件等；

3　有理由怀疑材料或构件自重的原设计采用值与实际情况有显著出入。

A.0.5　现场抽样检测材料或构件自重的试样数量，不应少于 5 个。当按检测的结果确定材料或构件自重的标准值时，应按下列规定进行计算：

1　当其效应对结构不利时，应按下式进行计算：

仅供学习交流

$$g_{k,sup} = m_g + \frac{t}{\sqrt{n}} s_g \qquad \text{(A. 0. 5-1)}$$

式中：$g_{k,sup}$——材料或构件自重的标准值；

m_g——试样称量结果的平均值；

s_g——试样称量结果的标准差；

n——试样数量；

t——考虑抽样数量影响的计算系数，按表 A. 0. 5 采用。

2 当其效应对结构有利时，应按下式进行计算：

$$g_{k,sup} = m_g - \frac{t}{\sqrt{n}} s_g \qquad \text{(A. 0. 5-2)}$$

表 A. 0. 5 计算系数 t 值

n	t 值	n	t 值	n	t 值	n	t 值
5	2. 13	8	1. 89	15	1. 76	30	1. 70
6	2. 02	9	1. 86	20	1. 73	40	1. 68
7	1. 94	10	1. 80	25	1. 71	≥60	1. 67

A. 0. 6 对非结构的构、配件，或对支座沉降有影响的构件，若其自重效应对结构有利时，应取其自重标准值 $g_{k,sup}$ 等于 0。

A. 0. 7 当房屋结构进行加固验算时，对不上人的屋面，应计入加固工程的施工荷载，其取值应符合下列规定：

1 当估算的荷载低于现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 规定的屋面均布活荷载或集中荷载时，应按该规范采用。

2 当估算的荷载高于现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定值时，应按实际估算值采用。

当施工荷载过大时，宜采取措施予以降低。

A. 0. 8 对加固改造设计的验算，其基本雪压值、基本风压值和楼面活荷载的标准值，除应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用外，尚应按下一目标使用年限，乘以

仅供学习交流

本附录表 A.0.8 的修正系数 ψ_a 予以修正。下一目标使用年限，应由委托方和鉴定方共同商定。

表 A.0.8　基本雪压、基本风压及楼面活荷载的修正系数 ψ_a

下一目标使用年限	10a	20a	30a～50a
雪荷载或风荷载	0.85	0.95	1.0
楼面活荷载	0.85	0.90	1.0

注：1　对表中未列出的中间值，可按线性内插法确定，当下一目标使用年限小于 10a，应按 10a 取 ψ_a 值；

2　符号 a 为年。

仅供学习交流

附录 B　粘结材料粘合加固材与基材的正拉粘结强度试验室测定方法及评定标准

B.1　适 用 范 围

B.1.1　本方法适用于试验室条件下以结构胶粘剂或聚合物改性水泥砂浆为粘结材料粘合下列加固材料与基材，在均匀拉应力作用下发生内聚、粘附或混合破坏的正拉粘结强度测定：

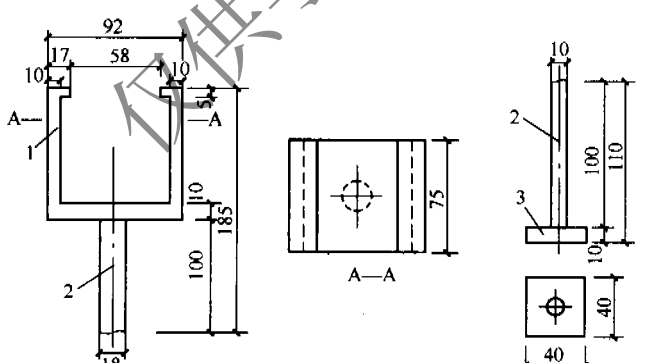
1　纤维复合材与基材烧结普通砖；

2　钢板与基材烧结普通砖；

3　结构用聚合物改性水泥砂浆层与基材烧结普通砖。

B.2　试 验 设 备

B.2.1　拉力试验机的力值量程选择，应使试样的破坏荷载发生在该机标定的满负荷的 20%～80%之间；力值的示值误差不得



(a) 带拉杆钢夹具　　(b) 带螺杆钢标准块

图 B.2.3　试件夹具及钢标准块尺寸

1—钢夹具；2－螺杆；3—标准块

注：图中尺寸为 mm

仅供学习交流

大于1%。

B.2.2 试验机夹持器的构造应能使试件垂直对中固定，不产生偏心和扭转的作用。

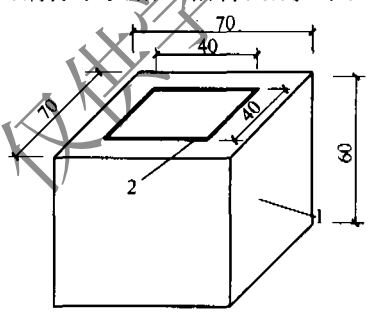
B.2.3 试件夹具应由带拉杆的钢夹套与带螺杆的钢标准块构成，且应以45号碳钢制作；其形状及主要尺寸如图B.2.3所示。

B.3 试　　件

B.3.1 试验室条件下测定正拉粘结强度应采用组合式试件，其构造应符合下列规定：

1 以胶粘剂为粘结材料的试件应由砖试块（图B.3.1-1）、胶粘剂、加固材料（如纤维复合材或钢板等）及钢标准块相互粘合而成（图B.3.1-2a）。

2 以结构用聚合物改性水泥砂浆为粘结材料的试件应由砖试块（图B.3.1-1）、结构界面胶（剂）涂布层、现浇的聚合物改性水泥砂浆层及钢标准块相互粘合而成（图B.3.1-2b）。



图B.3.1-1　砖试块形式及尺寸

1—砖试块；2—预切缝

注：图中尺寸为mm

B.3.2 试样组成部分的制备应符合下列规定：

1 受检粘接材料应按产品使用说明书规定的工艺要求进行配制和使用。

仅供学习交流

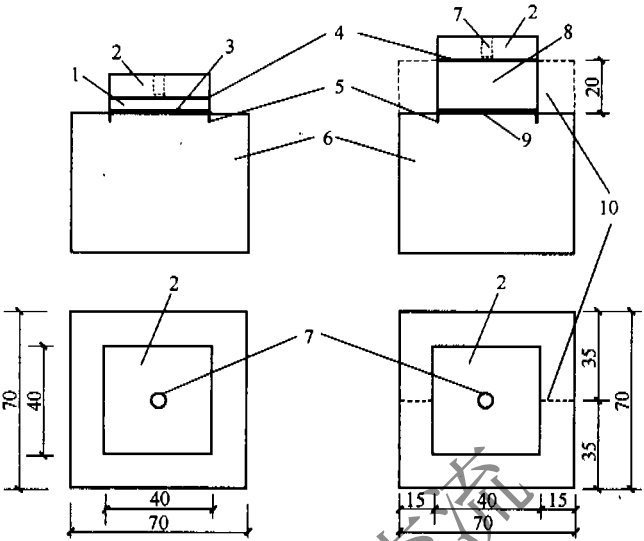


图 B.3.1-2　正拉粘结强度试验的试件

1—加固材料；2—钢标准块；3—受检胶的胶缝；4—粘贴标准块的快固胶；5—预切缝；6—混凝土试块；7—ϕ10 螺孔；8—现浇聚合物改性水泥砂浆层；9—结构界面胶（剂）；10—虚线部分表示浇注砂浆用可拆卸模具的安装位置

注：图中尺寸为 mm

2　普通烧结砖试块的尺寸应为 70mm×70mm×60mm，其块体强度等级应为 MU20；试块使用前，应以专用的机械切出深度为 4mm～5mm 的预切缝，缝宽约 2mm，如图 B.3.1-1 所示。预切缝围成的方形平面，其净尺寸应为 40mm×40mm，并应位于试块的中心。混凝土试块的粘贴面（方形平面）应作打毛处理。打毛深度应达骨料断面，且手感粗糙，无尖锐突起。试块打毛后应清理洁净，不得有松动的骨料和粉尘。

3　受检加固材料的取样应符合下列规定：

1）纤维复合材应按规定的抽样规则取样；从纤维复合材

仅供学习交流

中间部位裁剪出尺寸为 40mm×40mm 的试件；试件外观应无划痕和折痕；粘合面应洁净，无油脂、粉尘等影响胶粘的污染物。

2）钢板应从施工现场取样，并切割成 40mm×40mm 的试件，其板面及周边应加工平整，且应经除氧化膜、锈皮、油污和糙化处理；粘合前，尚应用工业丙酮擦洗干净。

3）聚合物砂浆应从一次性进场的批量中随机抽取其各组分，然后在试验室进行配制和浇注。

4 钢标准块（图 B.2.3b）宜用 45 号碳钢制作；其中心应车有安装 ϕ10 螺杆用的螺孔。标准块与加固材料粘合的表面应经喷砂或其他机械方法的糙化处理；糙化程度应以喷砂效果为准。标准块可重复使用，但重复使用前应完全清除粘合面上的粘结材料层和污迹，并重新进行表面处理。

B.3.3 试件的粘合、浇注与养护应符合下列规定：

1 应先在砖试块的中心位置，按规定的粘合工艺粘贴加固材料（如纤维复合材或薄钢板），若为多层粘贴，应在胶层指干时立即粘贴下一层。

2 当检验聚合物改性水泥砂浆时，应在试块上先安装模具，再浇注砂浆层；若产品使用说明书规定需涂刷结构界面胶（剂）时，还应在砖试块上先刷上界面胶（剂），再浇注砂浆层。

3 试件粘贴或浇注时，应采取措施防止胶液或砂浆流入预切缝。

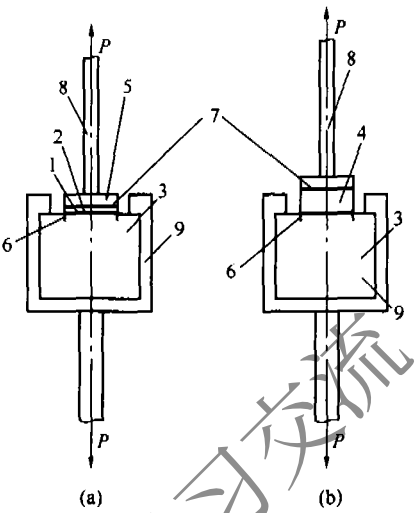
4 粘贴或浇注完毕后，应按产品使用说明书规定的工艺要求进行加压、养护；分别经 7d 固化（胶粘剂）或 28d 硬化（聚合物砂浆）后，用快固化的高强胶粘剂将钢标准块粘贴在试件表面。每一道作业均应检查各层之间的对中情况。

注：对结构胶粘剂的加压、养护，若工期紧，且征得有关各方同意，允许采用以下快速固化、养护制度：

1 在 50℃条件下烘 24h；烘烤过程中仅允许有 2℃的正偏差；

2　自然冷却至23℃后，再静置16h，即可贴上标准块。

B.3.4　试件应安装在钢夹具（图B.3.4）内并拧上传力螺杆。安装完成后各组成部分的对中标志线应在同一轴线上。



图B.3.4　试件组装

1—受检胶粘剂；2—被粘合的纤维复合材或钢板；3—混凝土试块；4—聚合物砂浆层；5—钢标准块；6—混凝土试块预切缝；7—快固化高强胶粘剂的胶缝；8—传力螺杆；9—钢夹具

B.3.5　常规试验的试样数量每组不应少于5个；仲裁试验的试样数量应加倍。

B.4　试 验 环 境

B.4.1　试验环境应保持在温度（23±2)℃、相对湿度（50±5)%～（65±10)%。

注：仲裁性试验的实验室相对湿度应控制在45%～55%。

B.4.2　若试样系在异地制备后送检，应在试验标准环境条件下放置24h后才进行试验，且应作异地制备的记载于检验报告上。

仅供学习交流

B.5 试 验 步 骤

B.5.1 将安装在夹具内的试件（图 B.3.4）置于试验机上下夹持器之间，并调整至对中状态后夹紧。

B.5.2 以 3mm/min 的均匀速率加荷直至破坏。记录试样破坏时的荷载值，并观测其破坏形式。

B.6 试 验 结 果

B.6.1 正拉粘结强度应按下式进行计算：

$$f_{ti} = P_i / A_{ai} \tag{B.6.1}$$

式中：f_{ti}——试样 i 的正拉粘结强度（MPa）；

P_i——试样 i 破坏时的荷载值（N）；

A_{ai}——金属标准块 i 的粘合面面积（mm^2）。

B.6.2 试样破坏形式及其正常性判别：

1 试样破坏形式应按下列规定划分：

1）内聚破坏：应分为基材普通烧结砖内聚破坏和受检粘结材料的内聚破坏；后者可见于使用低性能、低质量的胶粘剂（或聚合物砂浆）的场合；

2）粘附破坏（层间破坏）：应分为胶层或砂浆层与基材之间的界面破坏及胶层与纤维复合材或钢板之间的界面破坏；

3）混合破坏：粘合面出现两种或两种以上的破坏形式。

2 破坏形式正常性判别，应符合下列规定：

1）当破坏形式为基材普通烧结砖内聚破坏，或虽出现两种或两种以上的混合破坏形式，但基材内聚破坏形式的破坏面积占粘合面面积 70%以上，均可判为正常破坏；

2）当破坏形式为粘附破坏、粘结材料内聚破坏或基材内聚破坏面积少于 70%的混合破坏，均应判为不正常破坏。

注：钢标准块与检验用高强、快固化胶粘剂之间的界面破坏，属检验技术问题，应重新粘贴；不参与破坏形式正常性评定。

仅供学习交流

B.7 试验结果的合格评定

B.7.1 组试验结果的合格评定，应符合下列规定：

1 当一组内每一试件的破坏形式均属正常时，应舍去组内最大值和最小值，而以中间三个值的平均值作为该组试验结果的正拉粘结强度推定值；若该推定值不低于规定的相应指标，则可评该组试件正拉粘结强度检验结果合格。

2 当一组内仅有一个试件的破坏形式不正常，允许以加倍试件重做一组试验。若试验结果全数达到上述要求，则仍可评该组为试验合格组。

B.7.2 检验批试验结果的合格评定应符合下列规定：

1 若一检验批的每一组均为试验合格组，则应评该批粘结材料的正拉粘结性能符合安全使用的要求。

2 若一检验批中有一组或一组以上为不合格组，则应评该批粘结材料的正拉粘结性能不符合安全使用要求。

3 若检验批由不少于20组试件组成，且仅有一组被评为试验不合格组，则仍可评该批粘结材料的正拉粘结性能符合使用要求。

B.7.3 试验报告应包括下列内容：

1 受检胶粘剂或聚合物砂浆的品种、型号和批号。

2 抽样规则及抽样数量。

3 试件制备方法及养护条件。

4 试件的编号和尺寸。

5 试验环境的温度和相对湿度。

6 仪器设备的型号、量程和检定日期。

7 加荷方式及加荷速度。

8 试件的破坏荷载及破坏形式。

9 试验结果整理和计算。

10 取样、测试、校核人员及测试日期。

仅供学习交流

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指定应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

仅供学习交流

引用标准名录

1 《砌体结构设计规范》GB 50003

2 《建筑结构荷载规范》GB 50009

3 《混凝土结构设计规范》GB 50010

4 《建筑抗震设计规范》GB 50011

5 《建筑设计防火规范》GB 50016

6 《钢结构设计规范》GB 50017

7 《建筑抗震鉴定标准》GB 50023

8 《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144

9 《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210

10 《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292

11 《混凝土结构加固设计规范》GB 50367

12 《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550

13 《通用硅酸盐水泥》GB 175

14 《快硬硅酸盐水泥》GB 199

15 《碳素结构钢》GB/T 700

16 《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》GB 1499.1

17 《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2

18 《钢筋混凝土用钢 第3部分：钢筋焊接网》GB 1499.3

19 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591

20 《碳钢焊条》GB/T 5117

21 《低合金钢焊条》GB/T 5118

22 《增强制品试验方法 第3部分：单位面积质量的测

定》GB/T 9914.3

23 《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB 13014

24 《钢丝镀锌层》GB/T 15393

25 《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18

26 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52

27 《混凝土用水标准》JGJ 63

28 《建筑砂浆基本性能试验方法》JGJ 70

29 《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81

30 《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114

31 《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116

32 《钢纤维混凝土》JG/T 3064

仅供学习交流

中华人民共和国国家标准

砌体结构加固设计规范

GB 50702－2011

条 文 说 明

仅供学习交流

制 定 说 明

本规范是根据原建设部《1989 年工程建设专业标准制订修订计划》的要求，由四川省建筑科学研究院和中国华西企业有限公司共同编制而成。

为便于大家在使用本规范时能正确理解和执行条文的规定，编制组根据《工程建设标准编写规定》的要求，按照章、节、条的顺序，编制了《砌体结构加固设计规范》条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。规范执行中如发现条文说明有欠妥之处，请将意见或建议寄交四川省建筑科学研究院。

仅供学习交流

目　次

1　总则 …… 86
2　术语和符号 …… 87
2.1　术语 …… 87
2.2　符号 …… 87
3　基本规定 …… 88
3.1　一般规定 …… 88
3.2　设计计算原则 …… 91
3.3　加固方法及配合使用的技术 …… 92
4　材料 …… 93
4.1　砌筑材料 …… 93
4.2　混凝土原材料 …… 93
4.3　钢材及焊接材料 …… 94
4.4　钢丝绳 …… 95
4.5　纤维复合材 …… 95
4.6　结构胶粘剂 …… 98
4.7　聚合物改性水泥砂浆 …… 100
4.8　砌体裂缝修补材料 …… 102
4.9　防裂用短纤维 …… 102
5　钢筋混凝土面层加固法 …… 103
5.1　一般规定 …… 103
5.2　砌体受压加固 …… 103
5.3　砌体抗剪加固 …… 105
5.4　砌体抗震加固 …… 105
5.5　构造规定 …… 105
6　钢筋网水泥砂浆面层加固法 …… 107

仅供学习交流

6.1 一般规定 …… 107
6.2 砌体受压加固 …… 107
6.3 砌体抗剪加固 …… 107
6.4 砌体抗震加固 …… 108
6.5 构造规定 …… 108
7 外包型钢加固法 …… 109
7.1 一般规定 …… 109
7.2 计算方法 …… 109
7.3 构造规定 …… 110
8 外加预应力撑杆加固法 …… 112
8.1 一般规定 …… 112
8.2 计算方法 …… 112
8.3 构造规定 …… 112
9 粘贴纤维复合材加固法 …… 113
9.1 一般规定 …… 113
9.2 砌体抗剪加固 …… 114
9.3 砌体抗震加固 …… 114
9.4 构造规定 …… 115
10 钢丝绳网-聚合物改性水泥砂浆面层加固法 …… 116
10.1 一般规定 …… 116
10.2 砌体抗剪加固 …… 117
10.3 砌体抗震加固 …… 117
10.4 构造规定 …… 117
11 增设砌体扶壁柱加固法 …… 118
11.1 计算方法 …… 118
11.2 构造规定 …… 118
12 砌体结构构造性加固法 …… 119
12.1 增设圈梁加固 …… 119
12.2 增设构造柱加固 …… 120
12.3 增设梁垫加固 …… 122

仅供学习交流

12.4 砌体局部拆砌 …… 122
13 砌体裂缝修补法 …… 124
13.1 一般规定 …… 124
13.2 填缝法 …… 124
13.3 压浆法 …… 124
13.4 外加网片法 …… 125
13.5 置换法 …… 125

仅供学习交流

1 总　　则

1.0.1　本条规定了制定本规范的目的和要求，这里应说明的是，本规范作为砌体结构加固通用的国家标准，主要是针对为保障安全、质量、卫生、环保和维护公共利益所必需达到的最低指标和要求作出统一的规定。至于以更高质量要求和更能满足社会生产、生活需求的标准，则应由其他层次的标准规范，如专业性很强的行业标准、以新技术应用为主的推荐性标准和企业标准等在国家标准基础上进行充实和提高。然而，在前一段时间里，这一最基本的标准化关系，由于种种原因而没有得到遵循，出现了有些标准对安全、质量的要求反而低于国家标准的不正常情况。为此，在实施本规范过程中，若遇到上述情况，一定要从国家标准是保证加固结构安全的最低标准这一基点出发，按照《中华人民共和国标准化法》和建设部第25号部令的规定来实施本规范，做好砌体结构的加固设计工作，以避免在加固工程中留下安全隐患。

1.0.2　本条规定了本规范的适用范围。它与现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003及《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116（部分章节）相衔接，以便于配套使用。

1.0.3、1.0.4　这两条主要是对本规范在实施中与其他相关标准配套使用的关系作出规定。但应指出的是，由于结构加固是一个新领域，其标准规范体系中尚有不少缺口，一时还很难完成配套工作。在这种情况下，当遇到困难时，应及时向住房和城乡建设部建筑物鉴定与加固规范管理委员会反映，以取得该委员会的具体帮助。

仅供学习交流

2 术语和符号

2.1 术　　语

2.1.1～2.1.14 本规范采用的术语及其涵义，是根据下列原则确定的：

1 凡现行工程建设国家标准已作规定的，一律加以引用，不再另行给出定义；

2 凡现行工程建设国家标准尚未规定的，由本规范参照国际标准和国外先进标准给出其定义；

3 当现行工程建设国家标准虽已有该术语，但定义不准确或概括的内容不全时，由本规范完善其定义。

2.2 符　　号

2.2.1～2.2.4 本规范采用的符号及其意义，尽可能与现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 及《混凝土结构设计规范》GB 50010 相一致，以便于在加固设计、计算中引用其公式，只有在遇到公式中必须给出加固设计专用的符号时，才另行制定，即使这样，在制定过程中仍然遵循了下列原则：

1 对主体符号及其上、下标的选取，应符合现行国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》GBJ 132 的符号用字及其构成规则；

2 当必须采用通用符号，但又必须与新建工程使用的该符号有所区别时，可在符号的释义中加上定语。

仅供学习交流

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 砌体结构是否需要加固，应经结构可靠性鉴定确认。我国已发布的现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 和《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292，是通过实测、验算并辅以专家评估才作出可靠性鉴定的结论，因而可以作为砌体结构加固设计的基本依据；但须指出的是砌体结构加固设计所面临的不确定因素远比新建工程多而复杂，况且还要考虑业主的种种要求；因而本条作出了："应由有资质的专业技术人员按本规范的规定和业主的要求进行加固设计"的规定。

同时，众多的工程实践经验还表明，承重结构的加固效果，除了与其所采用的方法有关外，还与该建筑物现状有着密切的关系。一般而言，结构经局部加固后，虽然能提高被加固构件的安全性，但这并不意味着该承重结构的整体承载便一定是安全的。因为就整个结构而言，其安全性还取决于原结构方案及其布置是否合理，构件之间的连接是否可靠，其原有的构造措施是否得当与有效等；而这些就是结构整体牢固性（robustness）的内涵；其所起到的综合作用就是使结构具有足够的延性和冗余度，不致发生与其原因不相称的严重破坏后果，如局部破坏引起的大范围连续倒塌等。因此，本规范要求专业技术人员在承担结构加固设计时，应对该承重结构的整体性进行检查与评估，以确定是否需作相应的加强。另外，还应关注节能与环保等要求是否得到应有的执行。

3.1.2 不同类型的结构，在整体牢固性上有着显著的差别；即使同样满足承载力安全度的要求，砌体结构的整体安全性仍然很难与钢筋混凝土结构和钢结构相比拟；以致在遭遇不测事件时，

往往会发生连续倒塌。然而一旦采取了有效的构造措施，则情况将大为不同。不少砖混结构在各种灾害后，之所以能够幸存、可修，就是因为设计单位在结构整体牢固性的考虑上，采取了正确的构造措施。这对砌体结构的加固设计而言，更显得重要。因为对已有砌体结构普遍存在的、影响整体性的缺陷，倘若不在加固的同时加以整治，则再好的局部性加固，也抵御不了不测事件的破坏作用。为此，本规范作出规定：应对所发现的此类问题一一进行整治。

3.1.3 被加固的混凝土结构、构件，其加固前的服役时间各不相同，其加固后的结构功能又有所改变，因此不能直接沿用其新建时的安全等级作为加固后的安全等级，而应根据业主对该结构下一目标使用期的要求，以及该房屋加固后的用途和重要性重新进行定位，故有必要由业主与设计单位共同商定。

3.1.4 本条主要强调两点：一是应从设计与施工两方面共同采取措施，以保证新旧两部分能形成整体共同工作；二是应避免对未加固部分以及相关的结构、构件和地基基础造成不利的影响。这是两个常识性的基本要求，之所以需要强调，是因为在当前的结构加固设计领域中，经验不足的设计人员占较大比重，致使加固工程出现“顾此失彼”的失误案例时有发生，故有必要加以提示。

3.1.5 由高温、高湿、冻融、冷脆、腐蚀、振动、温度应力、收缩应力、地基不均匀沉降等原因造成的结构损坏，在加固时，应采取有效的治理对策，从源头上消除或限制其有害的作用。与此同时，尚应正确把握处理的时机，使之不致对加固后的结构重新造成损坏。就一般概念而言，通常应先治理后加固，但也有一些防治措施可能需在加固后采取。因此，在加固设计时，应合理地安排好治理与加固的工作顺序，以使这些有害因素不至于复萌。这样才能保证加固后结构的安全和正常使用。

3.1.8 结构加固工作反馈的信息表明，业主和设计单位普遍要求本规范给出结构加固后预期的正常使用年限。这个要求无可厚

非，也很必要，但问题在于大多数加固技术在实际工程中已经使用的年数都不长，很难据以判断一种加固方法，其使用年限是否能与新建的工程一样长。为了解决这个问题，规范编制组对国内外有关情况进行了调查。其主要结果如下：

1 国外有关结构加固的指南普遍认为：基于现有房屋结构的修复经验，以30年作为正常使用与维护条件下结构加固的设计使用年限是相当适宜的。倘若能引进桥梁定期检查与维护制度，则不仅更能保证安全，而且在到达设计年限时，继续延长其使用期的可能性将明显增大。这一点对使用聚合物材料的加固方法尤为重要。

2 国外保险业对房屋结构在正常使用和维护条件下的最高保用年限也定为30年。因为其所作的评估认为：这个年数较能为有关各方共同接受。

3 我国档案材料的统计数据表明，一般公用建筑投入使用后，其前30年的检查、维护周期一般为6～12年；其30年后的检查、修缮时间的间隔显著缩短，甚至很快便进入大修期。

由上述可见，对正常使用、正常维护的房屋结构而言，30年是一个可以接受的标志性年限。为此，国家标准《混凝土结构加固设计规范》编制组会同本规范编制组在调查基础上，又组织专家进行了论证，其主要结论如下：

1 以30年为加固设计的使用年限，较为符合当前加固技术发展的水平和近20年来所积累的经验；况且到了30年也并不意味着该房屋结构寿命的终结，而只是需要进行一次系统的检查，以作出是否可以继续安全使用的结论。这对已使用30年的房屋而言，也确有此必要。

2 对使用胶粘剂或其他聚合物的加固方法，不论厂商如何标榜其产品的优良性能，使用者必须清醒地意识到这些人工合成的材料，不可避免地存在着老化问题，只是程度不同而已，况且在工程施工的现场，还很容易因错用劣质材料或所使用的工艺不当，而过早地发生破坏。为了防范这类隐患，即使在发达的国家

也同样要求加强检查（如房屋）或监测（如桥梁），但检查时间的间隔可由设计单位作出规定，不过第一次检查时间宜定为投入使用后的6～8年，且至迟不应晚于10年。

此外，专家也指出，对房屋建筑的修复，还应首先听取业主的意见。若业主认为其房屋极具保存价值，而加固费用也不成问题，则可商定一个较长的设计使用年限；譬如，可参照历史建筑的修复，定一个较长的使用年限，这在技术上都是能够做到的，但毕竟很费财力，不应在业主无特殊要求的情况下，误导他们这么做。

基于以上所做的工作，制定了本条的三项处理原则。

3.1.9 砌体结构的加固设计，系以委托方提供的结构用途、使用条件和使用环境为依据进行的。倘若加固后任意改变其用途、使用条件或使用环境，将显著影响结构加固部分的安全性及耐久性。因此，改变前必须经技术鉴定或设计许可，否则后果的严重性将很难预料。本条为强制性条文，必须严格执行。

3.2 设计计算原则

3.2.1 考虑到线弹性分析方法是最成熟的结构分析方法，迄今为国外结构加固设计规范和指南所广泛采用。因此，本规范作出了“在一般情况下，应采用线弹性分析方法计算被加固结构作用效应”的规定。

3.2.2 本规定对砌体结构的加固验算作了详细而明确的规定。这里仅指出一点，即：其中部分计算参数已在该结构加固前的可靠性鉴定中通过实测或验算予以确定。因此，在进行结构加固设计时，宜尽可能加以引用，这样不仅可以节约时间和费用，而且在被加固结构日后万一出现问题时，也便于分清责任。

3.2.3 本条是根据现行国家标准《正态分布完全样本可靠度单侧置信下限》GB 4885制定的。采用这一方法确定的加固材料强度标准值，由于考虑了样本容量和置信水平的影响，不仅将比过去滥用“1.645”这个系数值，更能实现设计所要求的95%保证

率，而且与当前国际标准、欧洲标准、ACI 标准等检验材料强度标准值所采用的方法，在概念上也是一致的。

3.2.4 为防止使用胶粘剂或其他聚合物的结构加固部分意外失效（如火灾或人为破坏等）而导致的建筑物坍塌，国外有关的设计规程和指南，如 ACI 440 2R-02 和英国混凝土协会 55 号设计指南等均要求设计者对原结构、构件提供附加的安全保护。一般是要求原结构、构件必须具有一定的承载能力，以便在结构加固部分意外失效时能继续承受永久荷载和少量可变荷载的作用。为此，规范编制组提出了按可变荷载标准值与永久荷载标准值之比值的大小，验算原结构、构件承载力的要求。至于 n 值取 1.2 和 1.5，系参照上述国外资料和国内设计经验确定的。

3.3 加固方法及配合使用的技术

3.3.1 根据结构加固方法的受力特点，本规范参照国内外有关文献将加固方法分为两类。就一般情况而言，直接加固法较为灵活，便于处理各类加固问题，间接加固法较为简便、可靠，且便于日后的拆卸、更换，因此还可用于有可逆性要求的历史、文物建筑的抢险加固。设计时，可根据实际条件和使用要求进行选择。

3.3.2、3.3.3 本规范共列入八种加固方法和一种结构加固所需配合使用的技术。基本上满足了当前砌体结构加固工程的需要。这里应指出的是，每种方法均有其适用范围和应用条件；在选用时，若无充分的科学试验和论证依据，切勿随意扩大其适用范围，或忽视其应用条件，以免因考虑不周而酿成安全质量事故。

4 材　料

4.1 砌筑材料

4.1.1 砌体结构加固用的块体（块材），主要用于原材料受损块体的置换，其品种与原构件相同时，较易处理一些问题，故规定：一般应采用与原构件同品种的块体。至于外加的砌体扶壁柱，只要其外观能被业主接受，也可采用不同品种的块体砌筑。

4.1.2 砌体结构外加面层的砂浆是要参与承载的，因而应对其强度等级提出要求。当喷抹的是普通水泥砂浆时，其强度等级不应低于M10；这是根据本规范和《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116编制组所做的工作确定的；当喷抹的是水泥复合砂浆时，其强度等级不应低于M25；这是根据湖南大学试验研究结果确定的。

4.1.3 地面以上部分的砌体结构，其砌筑砂浆，过去一直以“宜采用水泥石灰混合砂浆”予以推荐；其理由有二：一是可以节约水泥；二是在用砂量较大的条件下可以改善砂浆的和易性和保水性。但随着我国经济的发展，水泥已成为比石灰更容易获得的建筑材料，况且掺有外加剂的水泥砂浆，其性能也比混合砂浆为好。在这种情况下，根据有关专家的建议，将水泥石灰混合砂浆的用词，由“宜采用”改为“可采用”，以便于设计人员作出选择。

4.2 混凝土原材料

4.2.1 本条的规定是根据国内外混凝土结构加固工程使用水泥的经验制定的。其中需说明的是，对火山灰质和矿渣质硅酸盐水泥的使用，之所以强调应有工程实践经验，是因为其所配制的混凝土，容易出现泌水现象，且早期强度偏低，需要的养护时间较

长，容易受到意外因素的干扰；但若有使用经验，则可通过采取相应的技术措施予以防备。

4.2.3 本条指出的五种水泥，若用于结构加固工程上，将严重影响被加固结构的安全，因而列为强制性条文，要求严格执行。

4.2.6 早期的加固规范规定："加固用的混凝土中不应掺入粉煤灰"，因而经常受到质询，纷纷要求规范采取积极措施解决粉煤灰的应用问题。为此，GB 50367 规范编制组对该规定的背景情况进行了调查；从中了解到主要是因为 20 世纪 80 年代工程用的粉煤灰，其烧失量过大，致使掺有粉煤灰的混凝土收缩率很大，从而影响了结构加固的质量。据此，该编制组开展了专题研究，其结论表明：只要使用Ⅰ级灰，且限制其烧失量不超过 5%，便不致对加固后的结构产生明显的不良影响。据此，本规范也作出了相应的规定。

4.3 钢材及焊接材料

4.3.1～4.3.5 本规范对结构加固用钢材的选择，主要基于以下三点的考虑：

1 在二次受力条件下，具有较高的强度利用率，能较充分地发挥被加固构件新增部分的材料潜力；

2 具有良好的可焊性，在钢筋、钢板和型钢之间焊接的可靠性能得到保证；

3 高强钢材仅推荐用于预应力加固及锚栓连接。

4.3.6 砌体结构、构件是以砂浆砌筑块材而成，其整体性远不如混凝土，一般锚栓嵌入其中起不到应有的锚固作用。因此，必须采用按其材性和构造专门设计的锚栓。与此同时，其锚栓原材料的性能等级，也不是越高越好，而是有其适宜的选材范围。为此，从现行国家标准《紧固件机械性能——螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 中选择了 4.8 和 5.8 两个性能等级的碳素钢作为砌体专门锚栓的用钢，并相应给出了其性能指标。本条为强制性条文，必须严格执行。

仅供学习交流

4.3.7 工程上有关焊接信息的反馈情况表明，在砌体结构加固工程中，一般对钢筋焊接较为熟悉，提出的问题很少；而对钢板、扁钢、角钢等的焊接，仍有很多设计人员对现行钢结构设计规范理解不深，以致在施工图中，对焊缝质量所提出的要求，往往与施工人员有争执。但应指出的是：国家标准《钢结构设计规范》GB 50017－2003 已基本上解决了这个问题，因此，在砌体结构加固设计中，当涉及角钢、钢板焊接问题时，应先熟悉该规范第 7.1.1 条的规定以及该条的条文说明，将有助于做好钢材焊缝的设计。

4.4 钢 丝 绳

4.4.1、4.4.2 考虑到我国目前小直径钢丝绳，采用不锈钢丝制作的产品价格昂贵，因此，根据国内试验、试用的结果，引入了镀锌的钢丝绳；在区分环境介质和采取阻锈措施的条件下，将两类钢丝绳分别用于重要构件和一般构件，从而可以收到降低造价和合理利用材料的效果。

4.4.3 本条是根据现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 的要求制定的。制定时，考虑到仅规定保证率，而无保证其实现的措施仍然无法执行。为此，以现行国家标准《正态分布完全样本可靠度单侧置信下限》GB 4885 为依据，引入了置信水平概念，使保证率与试样数量挂钩，以提高其实现的概率，并在此基础上，参照欧洲标准给出了置信水平的具体取值，弥补了统一标准的缺陷，以确保实际工程的设计质量。本条为强制性条文，必须严格执行。

4.4.4 涂有油脂的钢丝绳，它与聚合物砂浆之间的粘结力将严重下降，故作出本规定。

4.5 纤维复合材

4.5.1 对本条的规定需说明以下三点：

1 碳纤维按其主原料分为三类，即聚丙烯腈（PAN）基碳

纤维、沥青（PITCH）基碳纤维和粘胶（RAYON）基碳纤维。从结构加固性能要求来考量，只有PAN基碳纤维最符合承重结构的安全性和耐久性要求；粘胶基碳纤维的性能和质量差，不能用于承重结构的加固；沥青基碳纤维只有中、高模量的长丝，可用于需要高刚性材料的加固场合，但在通常的建筑结构加固中很少遇到这类用途，况且在国内尚无实际使用经验，因此，本规范规定：应选用聚丙烯腈基（PAN基）碳纤维。另外，应指出的是最近市场新推出的玄武岩纤维，由于其强度和弹性模量很低，不能用于承重结构加固。因此，在选材时，切勿听信不实的宣传。

2 当采用聚丙烯腈基碳纤维时，还必须采用12K或12K以下的小丝束纤维；严禁使用大丝束纤维；其所以作出这样严格的规定，主要是因为小丝束的抗拉强度十分稳定，离散性很小，其变异系数均在5%以下，容易在生产和使用过程中，对其性能和质量进行有效的控制；而大丝束则不然，其变异系数高达18%以上，且在试验和试用中所表现出的可靠性很差，故不能作为承重结构加固材料使用。

另外，应指出的是，近来日本等国开始使用15K碳纤维。据报道使用效果甚好。我国所做的材性试验也表明：其性能介于I级和II级之间。因此，作出“当有可靠工程经验时，允许使用15K碳纤维”的规定。

3 对玻璃纤维在结构加固工程中的应用，必须选用高强度的S玻璃纤维或含碱金属氧化物含量低于0.8%的E玻璃纤维。至于A玻璃纤维和C玻璃纤维，由于其含碱量（K、Na）高，强度低，尤其是在湿态环境中强度下降更为严重，因而应严禁在结构加固中使用。

4.5.2 对本条文的制定，需说明以下三点：

1 纤维复合材虽然是工程结构加固的好材料，但在工程上使用时，除了应对纤维和胶粘剂的品种、型号、规格、性能和质量作出严格规定外，尚须对纤维与胶粘剂的“配伍”问题进行安

全性与适配性的检验与合格评定。否则容易因材料“配伍”失误，而导致结构加固工程失败。

2 随着碳纤维生产技术的日益发展，高强度级碳纤维的基本性能和质量也越来越得到改善。为了更好地利用这类材料，国外有关规程和指南几乎都增加了“超高强”一级。正在修订的GB 50367规范根据目前国内市场供应的不同型号碳纤维的性能和质量的差异情况，也将结构加固使用的碳纤维分为“高强度Ⅰ级”、“高强度Ⅱ级”和“高强度Ⅲ级”三档，但对砌体结构加固，本规范仅推荐使用Ⅱ级和Ⅲ级纤维。另外，我国之所以不用“超高强”作为分级的冠名，主要是因为这个定语过于夸张，无助于技术的不断向前发展。

3 表4.5.2-1和表4.5.2-2的安全性能指标，是根据住房和城乡建设部建筑物鉴定与加固规范管理委员会几年来对进入我国建设工程市场各种品牌和型号碳纤维及玻璃纤维织物和板材的抽检结果，并参照国外有关规程和指南制定的。工程试用结果表明，按该表规定的指标接收产品较能保证结构安全所要求的质量。

本条为强制性条文，必须严格执行。

4.5.3 对符合本规范第4.5.2条安全性能指标要求的纤维复合材，当它与其他牌号结构胶配套使用时，之所以必须重做适配性检验，是因为一种纤维与一种牌号胶粘剂的配伍通过了安全性及适配性的检验，并不等于它与其他牌号胶粘剂的配伍，也具有同等的安全性及适配性。故必须重新做检验，但检验项目可以适当减少。本条为强制性条文，必须严格执行。

4.5.5 对本条需说明两点：

1 目前国内外生产的供工程结构粘贴纤维复合材使用的胶粘剂，是以常温固化和现场涂刷施工为前提，因此，其浸润性、渗透性和垂流度均仅适用于单位面积质量在300g/m^{2}及其以下的碳纤维织物。若用于大于300g/m^2，胶粘剂将很难浸透，致使碳纤维层内和层间因缺胶而使得所形成的复合材的整体性受到严重

仅供学习交流

影响，达不到设计所要求的粘结强度。因此，在GB 50367规范2006年版本中，作出了“严禁使用单位面积质量大于300g/m²的碳纤维织物”的规定；但这几年来，为了解决这个工艺问题，国外厂家通过大量试验研究，推出了适合现场条件使用的真空灌注法，解决了300g/m²～450g/m²的碳纤维织物在工程现场的注胶问题。这一新工艺经我国验证和使用表明：确能较饱满地完成厚型织物的注胶工艺。因此，这次制定本条时，补充了这项新工艺，并具体规定了其适用范围。但应指出的是：以450g/m²作为现场使用真空灌注法的界限值，是根据国内外共识界定的，不可听信有些厂商的不实宣传，而任意扩大厚型布适用范围。

2 预浸法生产的碳纤维织物，由于存储期短，且要求低温冷藏，在现场加固施工条件下很难做到，常常因此而导致预浸料发生粘连、变质。若勉强加以利用，将严重影响结构加固的安全和质量，故作出严禁使用这种材料的规定。为此，还需要指出的是：预浸料只能在工厂条件下采用中、高温（125℃～180℃）固化工艺，以低黏度的专用胶粘剂制作纤维复合材。但一些不法厂商为了赚取高利润，有意隐瞒这些事实，大量地将这类材料推销给建设工程使用，而一些业主和施工单位也为了有利可图而加以接受。在这种情况下，一旦发生事故将很难分清设计、施工、监理、业主和材料供应商的责任。故提请设计、监理和检验单位必须严加提防。

本条为强制性条文，必须严格执行。

4.6 结构胶粘剂

4.6.1 砌体结构加固工程用的结构胶粘剂，虽经国内外专家论证认为：可以使用B级胶，但为了确保工程的安全，仍然必须要求胶粘剂的粘结抗剪强度标准值应具有足够高的强度保证率及其较高的可能实现的概率（即置信水平）。本规范采用的95%保证率，系根据现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068确定的；其置信水平是参照国内外同类标准如

ACI455.2、CIB-W18、GB 4885（与 ISO 国际标准等效），以及我国标准化工作应用概率统计方法的经验确定的，即取置信水平 $C=0.90$，与美国和欧洲标准相一致。

这里必须指出的是：迄今在国内，仍有为数不少的科研、设计人员在强度标准值的概述和算法上，还存在着一个误区，即简单地认为：强度标准值所要求的 95%保证率，就是将试验得到的强度平均值减去 1.645 倍标准差。其实这只有当试样数量 n 足够大时，例如当 $n\geqslant 3000$ 时，才接近于 1.645 这个值。若 n 的数量有限，例如 $n=5$ 与 $n=50$，倘若其试验结果的平均值仍然还是都只减去 1.645 倍标准值，那么，它们的强度保证率是否也都达到了 95%呢？答案显然是否定的。因为它忽略了试样数量这一重要的影响因素。概率统计计算表明：若置信水平为 0.90，则当 $n=5$ 与 $n=50$ 时，应分别减去 3.4 倍和 1.965 倍标准差，才能同样具有 95%的保证率。因此，显然不能只规定强度保证率，而不规定其所必需考虑的可能实现的概率（即置信水平）；也正因此，在本规范第 3.2.3 条中给出了强度标准值的正确算法，以供检验和设计人员使用。

4.6.2 经过数十年的实践，目前国际上已公认专门研制的改性环氧树脂胶为混凝土结构加固首选的胶粘剂。不论从抗剥离性能、耐环境作用、耐应力长期作用等各方面来考察，都是迄今其他建筑用胶所无法比拟的；但需要提请使用单位注意的是：这些良好的胶粘性能并非环氧树脂胶所固有的，而是通过改性消除了第一代环氧树脂胶脆性等一系列缺陷后才获得的。因此，在使用前必须通过安全性能检验，确认其改性效果后，才能保证被加固结构承载的安全可靠性。至于不饱和聚酯树脂以及所谓的醇酸树脂，由于其耐潮湿和耐老化性能差，因而不允许用作承重结构加固的胶粘剂。本条文为强制性条文，必须严格执行。

4.6.3 种植后锚固件（植筋、锚栓及拉结筋等）的胶粘剂，之所以必须使用专门配制的改性环氧树脂胶，其理由如同上条所述，这里需要补充说明的是：在砌体结构的锚固用胶中，仍然有

不少使用了乙二胺（包括以乙二胺为主成分的 T-31）作固化剂。这在现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 中是严禁使用的。因此，对本规范而言，该规定也同样有效。因为本条规定砌体结构锚固用胶必须符合该规范对 B 级胶的安全性能要求。另外，应指出的是：水泥卷及其他水泥基锚固剂，由于韧性差以及其中所含的膨胀剂对上部结构的负面影响，是不应该用于承重结构的，但受当前加固市场不规范的影响，不少厂商和设计单位仍以各种臆造的理由来推销这类产品，故必须在强制性条文中予以澄清。

4.7 聚合物改性水泥砂浆

4.7.1 目前市场上聚合物乳液的品种很多，但绝大多数都是不能用于配制承重结构加固用的聚合物改性水泥砂浆。为此，根据规范编制组通过验证性试验的筛选结果，经专家讨论后作出了本规定，以供加固设计单位在选材时使用。

4.7.2 根据本规范编制组所进行的调查研究表明，国外对结构加固用的聚合物改性水泥砂浆的研制是分档进行的。不同档次的聚合物改性水泥砂浆，其所用的聚合物品种、含量和性能有着显著的差别，必须在加固设计选材时予以区分。前一段时间，有些进口产品的代理商在国内推销时，只推销低档次的产品，而且选择在原构件混凝土强度很低的场合演示其使用效果。一旦得到设计单位和当地建设主管部门认可后，便不分场合到处推广使用。这是一种必须制止的危险做法。因为采用低档次聚合物配制的砂浆，与强度等级在 C25 以上的基材混凝土的粘结，其效果是很不好的，会给承重结构加固工程留下严重的安全隐患；故设计、监理单位和业主务必注意。

4.7.3 表 4.7.3 的检验项目及合格指标，是参照现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 对混凝土结构用聚合物改性水泥砂浆所作的规定，并参考福建厦门和湖南长沙两地产品在砌体结构中应用的检验数据制定的；与此同时，还根据各地反馈

的意见进行了调整。因此，不论对进口产品或国内产品，均能进行较有效的控制，以保证其性能和质量能够满足砌体结构安全使用的要求。

4.7.4 对水泥复合砂浆，其安全性鉴定之所以应按 II_{m} 级聚合物改性水泥砂浆的规定执行，是因为目前市场上的产品，即使其抗压强度很高，但它的综合性能水平仍然处于 II_{m} 级聚合物改性水泥砂浆的档次上，在这种情况下，如果一种水泥复合砂浆的安全性鉴定结果还不合格，只能说明该产品的粘结抗剪能力不足，还需要通过更有效的改性予以提高，才能满足承重结构安全使用的要求。

4.7.5 聚合物改性水泥砂浆一般作为承重结构的加固面层使用。因此，其粘结性能就显得很重要，不仅要有足够的粘结抗剪强度，而且其使用后期的粘结能力必须得到保证。针对这一使用要求，必须采用对劣质聚合物检出能力很强的湿热老化检验法来检测其耐老化性能，才能作出正确判断。因为聚合物粘结剪切长期性能的优劣在很大程度上决定了这类砂浆面层的耐老化性能。本条为强制性条文，必须严格执行。

4.7.6 以聚合物为改性剂的水泥砂浆，其抗压试件的强度和抗冻性能都有显著的提高，但这方面提高并不意味着其粘结剪切的抗冻性也会相应提高。因为两者的破坏模式不同，况且聚合物改性水泥砂浆的应用上最关注的也是粘结剪切的抗冻性。在这种情况下，编制组决定采用剪切试件直接检验粘结抗剪工作的抗冻性，并参照结构胶的检验标准，给出了冻融循环次数和可接受的强度降低百分率。

4.7.7 关于配制改性水泥砂浆用的聚合物原料的毒性检验规定，在很多国家均纳入其有关法规。因为它与人体健康和环境卫生密切相关，必须保证其使用的安全。为此，本规范也参照国内外有关标准进行制定，并列为强制性条文，以保证严格执行。另外，应指出的是，就目前所使用的聚合物而言，在完全固化后要达到“实际无毒”的卫生等级，是完全可以做到的。之所以还需要对

毒性检验进行强制，是为了防止新开发的其他品种聚合物忽视这个问题，也为了防范劣质有毒的产品混入市场。

4.8 砌体裂缝修补材料

4.8.1、4.8.3 砌体裂缝修补胶的应用效果，取决于其工艺性能和低黏度胶液的可灌注性以及其完全固化后所能达到的粘结强度。若裂缝的修补目的只是为了封闭，可仅做外观质量检验；但若裂缝的修补有补强、恢复构件整体性或防渗的要求，则应按现行检验标准取芯样做劈裂抗拉强度试验，并要求其破坏面不在粘合裂缝的界面上，但这在砌体构件中，不一定都能做到。在竖向灰缝质量很差的情况下，只能达到基本上恢复部分整体性的要求。

4.8.2 注浆修补裂缝，主要是为了恢复构件的整体性，并消除其渗漏的隐患。因此，应通过各种探测手段对混凝土灌浆前的内部情况进行检查和分析。本条的规定只是供现场复验注浆料的性能和质量使用。

4.9 防裂用短纤维

4.9.1 用于砌体结构外加面层防止收缩裂缝的纤维，可根据工程实际条件和防裂要求，选用钢纤维或合成纤维。当采用合成纤维时，其抗拉强度不宜低于 280MPa。

4.9.3 砌体结构加固工程选用合成纤维时，宜通过试验确定各项参数和性能指标。若无试验资料可供使用时，可按表 4.9.3 进行确定。

仅供学习交流

5 钢筋混凝土面层加固法

5.1 一 般 规 定

5.1.1 钢筋混凝土面层加固方法属于复合截面加固法的一种。其优点是施工工艺简单、适应性强，受力可靠、加固费用低廉，砌体加固后承载力有较大提高，并具有成熟的设计和施工经验，适用于柱、墙和带壁柱墙的加固；其缺点是现场施工的湿作业时间长，养护期长，对生产和生活有一定的影响，且加固后的建筑物净空有一定的减小。本条给出了柱、墙和带壁柱墙加固设计常用的钢筋混凝土面层加固方法。

5.1.2 本条规定的加固后砖砌体柱和砖砌体墙的计算截面宽度取值，如图 5.1.2（a）、（b）易于理解，无需说明；对加固后的带壁柱砌体墙计算截面的宽度取值，是参照现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的相关规定制定的。

5.1.3 外加钢筋混凝土面层加固砌体结构应严格要求做好界面处理，并采取措施保证粘结质量，以使原构件与新增部分的结合面能可靠地传力、协同工作。只有界面处理和粘结质量合格，方可采用按整体截面进行计算的假定。

5.1.4 外加钢筋混凝土面层加固方法，由于受原砌体构件应力、应变水平的影响，虽然不能简单地按现行设计规范《砌体结构设计规范》GB 50003、《混凝土结构设计规范》GB 50010 进行计算，但该规范的基本假定具有普遍意义，仍应在加固计算中得到遵守。

5.2 砌体受压加固

5.2.1 在满足构造要求情况下，外加钢筋混凝土面层加固后的结构可看成砌体与钢筋混凝土面层的组合砌体构件。因此可以利

用《砌体结构设计规范》GB 50003 中组合砌体构件轴心受压构件承载力计算公式推出加固后结构轴心受压计算公式。考虑到加固结构中的原有砌体加固前已经承受荷载，其应力水平一般都比较高，而加固新增的钢筋混凝土面层还不能立即工作，需待新加荷载后（第二次受力）才开始受力。此时，新增钢筋混凝土面层的应变滞后于原砌体的应变，原砌体的应变高于新增钢筋混凝土面层的应变；也就是说，当原砌体达到极限状态时，新增钢筋混凝土面层还没有达到其极限状态，其承载力不能得到充分发挥。因此，计算加固后构件的承载力，应考虑新增钢筋混凝土面层与原砌体承受应变起点不同，新增钢筋混凝土面层存在应变滞后现象的实际情况，即使完全卸载时，加固后构件的工作虽属一次受力，但由于受二次施工的影响，其截面工作仍然不如一次施工的构件，其承载力仍有所降低。因此，计算加固后构件的承载力时，引入后加材料的强度利用系数，对《砌体结构设计规范》GB 50003 组合砌体构件承载力的计算公式进行修正，从而得到加固后构件的承载力计算公式。根据实际工程和试验结果，新增混凝土的强度利用系数，对砖砌体，取 $\alpha_c=0.8$；对混凝土小型空心砌块砌体，取 $\alpha_c=0.7$。新增钢筋的强度利用系数，对砖砌体，取 $\alpha_s=0.85$；对混凝土小型空心砌块砌体，取 $\alpha_s=0.75$。

表 5.2.1 的稳定系数 φ_{com} 来源于《砌体结构设计规范》GB 50003 中砌体和钢筋混凝土面层的组合砌体构件的稳定系数。

5.2.2 钢筋混凝土面层加固偏心受压砌体构件正截面承载力计算公式系由《砌体结构设计规范》GB 50003 组合砌体构件偏心受压承载力计算公式经修正得到的。根据试验结果和参照《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的模式，偏心受压构件新增混凝土的强度利用系数，对砖砌体，取 $\alpha_c=0.9$；对混凝土小型空心砌块砌体，取 $\alpha_c=0.8$。偏心受压构件新增钢筋的强度利用系数，对砖砌体，取 $\alpha_s=1.0$；对混凝土小型空心砌块砌体，取 $\alpha_s=0.95$。

5.3 砌体抗剪加固

5.3.1 外加钢筋混凝土面层对砌体墙面抗剪承载力的加固，可简化为原砌体的抗剪承载力加上钢筋混凝土面层的贡献。

5.3.2 公式（5.3.2）中的 $0.44\alpha_c f_t bh$ 相当于《混凝土结构设计规范》GB 50010－2010 公式（6.3.4-4）中的混凝土受剪承载力 $\frac{1.75}{\lambda+1}\alpha_c f_t bh_0$。为了简化计算和稳健取值，统一取剪跨比 $\lambda=3.0$，得到 $\frac{1.75}{\lambda+1}=0.44$。另外，对混凝土和钢筋引进了强度利用系数 α_c 和 α_s。

5.4 砌体抗震加固

5.4.2 原砌体的抗震承载力计算与现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 规定相同；而钢筋混凝土面层的贡献，根据现行《建筑抗震设计规范》GB 50011 在截面抗震验算中所建立的概念，可以简单地认为其抗震承载力与非抗震下的抗剪承载力相同，仅需将后者除以承载力抗震调整系数即可。这是一种偏于安全的处理方法。

仅供学术交流

5.5 构 造 规 定

5.5.1 本条规定主要是为保证加固施工时后浇混凝土的灌注质量，以及必需的混凝土保护层厚度而作出的。调查和施工经验均表明，如果后浇混凝土的截面厚度小于 60mm，则浇捣比较困难且不易密实；当采用喷射混凝土法施工时，其质量易控制，故厚度可适当减小。

5.5.2 结构加固用的混凝土，其强度等级不应低于 C20（或 C25），主要是为了保证新浇混凝土与原砖砌体构件界面以及它与新加受力钢筋或其他加固材料之间能有足够的粘结强度，使之能达到整体共同受力。上条已提及，因加固所需的后浇混凝土，

其厚度一般较小，浇灌空间有限，施工条件较差。调查和试验均表明，在小空间模板内浇灌的混凝土均匀性较差，其现场取芯确定的混凝土抗压强度可能要比正常浇灌的混凝土低10%左右，因此有必要适当提高其强度等级。

应指出的是，目前使用的膨胀剂均存在着回缩的问题，不能起到应有的作用。这将直接涉及加固结构的安全，故作此规定。

5.5.3～5.5.6 主要是根据结构加固工程的实践经验和有关的研究资料作出的规定，其目的是保证原构件与新增混凝土的可靠连接，使之能够协同工作，以保证力的可靠传递，从而收到良好的加固效果。

仅供学习交流

6 钢筋网水泥砂浆面层加固法

6.1 一 般 规 定

6.1.1、6.1.2 这两条明确规定了钢筋网水泥砂浆面层加固法的适用范围及加固墙体的基本要求。为了使钢筋网水泥砂浆面层加固法加固有效，除了应注意提高砌体受压承载力外，还应要求原砌体构件的砌筑砂浆强度等级不宜低于 M2.5；当加固墙体受剪承载力时，除应要求原砌体构件的砌筑砂浆强度等级不应低于 M1 外，还在第 6.5 节的构造规定中强调了以下几点：①钢筋网与墙面应有间隙及锚固；②钢筋网应与原构件周边牢固连接；③砂浆面层厚度不应大于 50mm。工程实践经验表明，只有采取了这些措施，才能保证加固工程的安全。

6.1.3 块材严重风化（酥碱）的砌体，因表层损失严重及刚度退化加剧，面层加固法很难形成协同工作，其加固效果甚微。故此，本条规定了不应采用钢筋网水泥砂浆面层进行加固。

6.2 砌体受压加固

6.2.1、6.2.2 这两条的设计概念和计算方法，与本规范第 5 章 5.2 节完全一致，只是根据砂浆面层的特性，调整了砂浆强度利用系数和钢筋强度利用系数。

6.2.3 试验表明，当砂浆面层大于 50mm 后，增加其厚度对加固效果提高不大，故作出了应改用钢筋混凝土面层的规定。

6.3 砌体抗剪加固

6.3.1 本规范采用了以下假定，即：钢筋网水泥砂浆面层加固后的砌体墙平面内抗剪承载力，可以近似地用原砌体的抗剪承载力加上钢筋网片砂浆面层的贡献来描述。据此，给出了具体计算

仅供学习交流

公式。

6.3.2 钢筋网水泥砂浆面层的受剪承载力计算，是参照已有的钢筋网水泥砂浆面层对砖墙加固作用的科研成果来制定的。这些成果一般认为钢筋应力较小，约为其设计强度的20%～30%。

6.4 砌体抗震加固

6.4.1 原砌体的抗震受剪承载力计算与国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003－2001规定相同。至于钢筋网水泥砂浆面层的贡献，可以简单地认为其抗震受剪承载力与非抗震下的受剪承载力相同（参见5.4.2条文说明）。这样的处理是偏于安全的。

6.5 构 造 规 定

6.5.1～6.5.9 这几条规定了钢筋网水泥砂浆面层加固法对砂浆强度等级、钢筋的强度等级及钢筋的构造要求。为保证加固发挥最大效果，规定了受压构件加固用的砂浆强度等级不应低于M15和受剪构件加固用的砂浆强度等级不应低于M10。与此同时，还强调了以下几点：

1 钢筋的保护层厚度和距离墙面的间隙；

2 钢筋与墙面的锚固；

3 钢筋与周边构件的连接。

试验及实际工程检测表明，钢筋网竖筋紧靠墙面会导致钢筋与墙面无粘结，从而造成加固失效。试验表明，采用5mm的间隙，两者可有较强的粘结。钢筋网的保护层厚度应满足规定，以保护钢筋，提高面层加固的耐久性。

7 外包型钢加固法

7.1 一般规定

7.1.1 外包型钢加固法常用角钢约束砌体砖柱，并在卡具卡紧的条件下，将缀板与角钢焊接连成整体。该法属于传统加固方法，其优点是施工简便、现场工作量和湿作业少，受力十分可靠，适用于不允许增大原构件截面尺寸，却又要求大幅度提高截面承载力的砌体柱的加固；其缺点为加固费用较高，并需采用类似钢结构的防护措施。试验研究表明，外包钢加固砖砌体短柱，不仅可以提高强度，而且可延迟裂缝的出现和发展，具有很好的塑性。但角钢与砌体间应贴紧，角钢上顶大梁，下抵基础，缀板间距不宜过大，以保证角钢有效地承担分配的荷载，且使砌体强度得以提高。本条给出了柱加固设计常用的外包型钢加固方式。

7.2 计算方法

7.2.1 试验表明，外包型钢对原柱的横向变形有约束作用，使原柱处于三向受压状态，从而间接地提高了原柱的承载力。由于约束作用与钢构架的构造及施工质量有很大关系，受力机理复杂，研究不够充分，因此计算中不考虑约束作用对承载力的提高，仅将其作为安全储备。

外包型钢加固法可分为干式和湿式两种。干式外包型钢加固法是型钢直接外包于被加固构件四周，型钢与构件间无任何连接。这种加固法不考虑结合面传递剪力。湿式加固法又分成两种：一种是用改性环氧树脂胶压注的方法，将角钢粘贴在砌体构件上；另一种是角钢与被加固构件之间留有一定的间距，中间压注灌浆料，实际上是一种外包型钢和外包混凝土相结合的复合加固法。由于砌体强度等级偏低，整体性差，其界面即使采用结构

胶粘结，也难以有效地传递剪力。从试验破坏情况来看，角钢多是在两缀板间弯扭屈曲破坏；这也说明角钢与砌体不能形成整体截面共同工作。因此无论是干式还是湿式，不论角钢与砌体柱接触面处涂布或灌注任何粘结材料，计算中均不能考虑其粘结作用。由于以上原因，计算加固后构件承载力时，外包型钢与原构件所承受的外力按各自的刚度比例进行分配，然后分别计算。

对已有腐蚀、裂缝或其他严重缺陷的原柱，原柱强度和刚度均受到削弱，因此引入刚度降低系数。同时，应先剔除腐蚀层并修补后再进行加固，并根据缺陷情况选取原砌体的刚度降低系数 k_m。考虑到外包型钢与原构件的协同工作条件较差，因此弯矩分配时引入协同工作系数 $\eta=0.9$。

本条采用的是截面刚度近似计算公式，与精确计算公式相比，仅略去型钢绕自身轴的惯性矩，其所引起的计算误差很小，完全可以不计。

7.2.2 角钢在轴向力和砖砌体侧向压力作用下，两缀板间角钢产生压弯应力，砌体侧向压应力一般不是太大，且主要由缀板承受，对角钢来说可以忽略不计。对角钢影响较大的有两个因素：一者，四肢角钢加工不可能绝对均匀，在试验中虽然精心制作仍有误差，试验中四肢角钢的应变值不一致充分说明了这点，一般可根据施工精度和承受荷载的特点取 0.85～0.95 钢材强度折减系数；二者，从试验破坏情况来看，角钢多是在两缀板间弯扭屈曲破坏，说明缀板间的单肢验算不可忽略。

7.3 构 造 规 定

7.3.1 钢材屈服强度越大，其强度利用系数就会越小。所以加固时不宜选用强度等级较高的钢材。

7.3.2、7.3.3 尽管从试验和实践中已得到充分证明，外包型钢加固砌体可以大幅度提高砌体的承载力。但其加固效果仍与构造是否恰当，施工是否符合要求有很大关系。为加强角钢肢之间的联系，沿柱轴线每隔一定距离设置与角钢焊接的封闭式缀板作为

横向连接件，以提高钢构架的整体性与共同工作能力；为此，应采用工具式卡具勒紧、聚合物改性水泥砂浆粘贴或灌浆料压注等方法使角钢肢紧贴于砌体表面，以消除过大间隙引起的变形。

7.3.4 为保证力的可靠传递，消除间隙引起的变形不协调，使角钢有效分担砖柱的荷载，角钢的上下两端应与结构顶层构件和下部基础可靠地锚固。

7.3.5 为保证力的可靠传递，角钢必须通长、连续设置，中间不得断开。若角钢长度受限制，应通过焊接方法接长。

7.3.6 加固完成后，之所以还需在型钢表面喷抹高强度水泥砂浆保护层，主要为了防腐蚀和防火，但若型钢表面积较大，很可能难以保证抹灰质量。此时，可在构件表面先加设钢丝网或用胶粘方法分散洒布一层豆石，然后再抹灰，便不会发生脱落和开裂。

仅供学习交流

8 外加预应力撑杆加固法

8.1 一 般 规 定

8.1.1、8.1.2 预应力加固法在钢筋混凝土结构中的应用虽然很好，但对变形敏感的砌体结构却不尽然。因此，作出这两条规定予以必要的限制。另外，还需要注意以下两点：

一是在采用预顶力方法加固时，对原结构局压区应进行校核，防止局压破坏。

二是采用外加预顶力撑杆对砖柱进行加固，虽能较大幅度提高柱的承载能力，但不应用于温度在60℃以上的环境中。

8.2 计 算 方 法

8.2.1 采用预应力撑杆加固轴心受压砌体柱的设计步骤较为简单明确。撑杆中的预顶力主要是以保证撑杆与被加固柱能较好地共同工作为度。故施加的预应力值 σ_l 不宜过高，且应在施工过程中严加控制为妥。

8.2.2 基于砌体柱的抗拉能力弱，对偏心受压情况，仅允许组合砌体柱用预应力撑杆加固方法。

8.3 构 造 规 定

8.3.1、8.3.2 预顶力撑杆适宜用横向张拉法施工。其建立的预顶力值也比较可靠。这种方法在原苏联采用较多，也有许多工程实践经验表明该法简便可行。因此，可参考 Н. М. ОНУФРИЕВ 所著的《工业房屋钢筋混凝土结构简易补强法》（中译本）一书。

9 粘贴纤维复合材加固法

9.1 一 般 规 定

9.1.1 根据粘贴纤维增强复合材的受力特性，本条规定了这种方法仅适用于砖墙平面内抗剪加固和抗震加固。当有可靠依据时，粘贴纤维复合材也可用于其他形式的砌体结构加固，如墙体平面外受弯加固等。

这里需要指出的是，在混凝土结构加固设计规范中之所以规定了粘贴纤维复合材的加固方法不适用于素混凝土构件的加固，是因为在结构设计计算中，混凝土是不考虑其抗拉作用的，故认为全部拉应力由外粘纤维复合材来承受不够可靠；而在墙体的抗剪加固中，即使原墙体的砌筑砂浆抗压强度仅为0.4MPa，也并不是全部剪力是由外粘纤维复合材来承受的，因此认为粘贴纤维复合材对无筋砌体的加固来说还是可行的，但墙体不应有裂缝存在。

9.1.2 考虑到纤维复合材与砌体的粘结性能及其适用的条件，规定了现场实测的砖强度等级不得低于MU7.5，砂浆强度等级不得低于M2.5，并且要求原墙体表面不得有裂缝、腐蚀和风化。否则，建议采用其他合适的方法进行加固。

9.1.4 本条强调了纤维复合材不能设计为承受压力，而只能将纤维受力方式设计为承受拉应力作用。

9.1.5 本条规定粘贴在砌体表面的纤维复合材不得直接暴露于阳光或有害介质中。为此，其表面应进行防护处理，以防止长期受阳光照射或介质腐蚀，从而起到延缓材料老化、延长使用寿命的作用。

9.1.6 本条规定了采用这种方法加固的结构，其长期使用的环境温度不应高于60℃。但应当指出的是，这是按常温条件下，

使用普通型结构胶粘剂的性能确定的。当采用耐高温胶粘剂粘结时，可不受此规定限制。另外，对其他特殊环境（如高温高湿、介质侵蚀、放射等）采用粘贴纤维复合材加固时，除应遵守相应的国家现行有关标准的规定采取专门的粘贴工艺和相应的防护措施外，尚应采用耐环境因素作用的结构胶粘剂。

9.1.7 为了确保被加固结构的安全，本规范统一制定了纤维复合材的设计计算指标。这对设计人员而言，不仅较为方便，而且还不至于因各自取值的差异，而引发争议；也不至于因厂商炒作的影响，贸然采用过高的计算指标而导致结构加固出问题。本条为强制性条文，必须严格执行。

9.1.8 粘贴纤维复合材的胶粘剂一般是可燃的，故应按照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 规定的耐火等级和耐火极限要求，对纤维复合材进行防护。

9.2 砌体抗剪加固

9.2.1 为了说明纤维复合材对砌体墙面内受剪加固的方法，推荐了几种粘贴纤维复合材的方式。

9.2.2、9.2.3 对采用纤维复合材加固后的砌体墙，其平面内受剪承载力的确定，可简化为原砌体的受剪承载力加上纤维复合材的贡献。另外规定了其受剪承载力的提高幅度不应超过 40%，目的是保证即使加固作用失效，在静力荷载下也不至于破坏或倒塌。碳纤维强度的取值是按照混凝土构件抗剪加固的碳纤维取值的一半确定。

9.3 砌体抗震加固

9.3.2 原砌体的抗震受剪承载力计算与现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 规定相同，而碳纤维的贡献可以简单地认为其抗震受剪承载力与非受震下的受剪承载力相同（参见 5.4.2 条文说明）。这样处理是偏于安全的。

9.4 构造规定

9.4.1 为了避免出现薄弱部位，规定了纤维带的间距。

9.4.2～9.4.5 本规范推荐了纤维复合材端部及中部的锚固方式，锚固的可靠性，是决定加固是否成功的关键；当有可靠经验时，也可以采取其他锚固方式。

仅供学习交流

10 钢丝绳网-聚合物改性水泥砂浆面层加固法

10.1 一 般 规 定

10.1.1 根据钢丝绳网-聚合物砂浆的受力特性，从严格控制其应用范围的审查意见出发，本条规定了这种方法仅适用于砖墙平面内受剪加固和抗震加固。

10.1.2 考虑到聚合物改性水泥砂浆与砌体的粘结性能，规定现场实测的原构件砖强度等级不得低于 MU7.5，砂浆强度等级不得低于 M1.0，并且墙体表面不得有裂缝、腐蚀和风化。否则，建议采用其他合适的方法进行加固。

10.1.3 本条规定了采用这种方法加固的结构，其长期使用的环境温度不应高于 60℃。当采用耐高温聚合物改性水泥砂浆时，可不受此规定限制。另外，对其他特殊环境（如高温高湿、介质侵蚀、放射等），除应遵守相应的国家现行有关标准的规定采取专门的工艺和相应的防护措施外，尚应采用耐环境因素作用的聚合物改性水泥砂浆。

10.1.4 为了确保被加固结构的安全，本规范统一制定了不锈钢钢丝绳和镀锌钢丝绳的强度设计计算指标。这对设计人员而言，不仅较为方便，而且还不至于因各自取值的差异，而引发争议；也不至于因厂商炒作的影响，贸然采用过高的计算指标而导致结构加固出问题。本条为强制性条文，必须严格执行。

10.1.5 钢丝绳网-聚合物改性水泥砂浆在高温下材料强度退化明显，故应按照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 规定的耐火等级和耐火极限要求，对钢丝绳网-聚合物砂浆面层进行防护。

10.1.6 采取措施卸除或大部分卸除作用在结构上的活荷载，目

的是减少二次受力的影响，尽量使得钢丝绳网的强度能够较充分发挥。

10.2 砌体抗剪加固

10.2.1、10.2.2 对采用钢丝绳网-聚合物砂浆加固后的砌体墙，其平面内受剪承载力的确定，可简化为原砌体的受剪承载力加上钢丝绳网-聚合物砂浆的贡献。另外规定了其受剪承载力的提高幅度不应超过40%，目的是保证即使加固作用失效，在静力荷载下也不至于破坏或倒塌。

10.3 砌体抗震加固

10.3.2 原砌体的抗震受剪承载力计算与现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003规定相同，而钢丝绳网-聚合物砂浆的贡献可以简单地认为其抗震受剪承载力与非抗震下的受剪承载力相同（参见5.4.2条文说明）。这样的处理是偏于安全的。

10.4 构 造 规 定

10.4.1、10.4.2 本规范规定了水平钢丝绳网的布置方式及其端部的锚固方式，但应理解为：是对设计的最低要求。考虑到锚固的可靠性是决定加固是否成功的关键，因此，当有可靠经验时，鼓励采取其他更好的锚固方式。

仅供学习交流

11 增设砌体扶壁柱加固法

11.1 计 算 方 法

11.1.1 考虑到后砌扶壁柱存在着应力应变滞后现象，在计算加固砖墙承载力时，后砌扶壁柱的抗压强度设计值 f 应乘以强度利用系数 0.8 予以降低。

11.2 构 造 规 定

11.2.1 对新增扶壁柱最小截面尺寸提出要求，以确保新增扶壁柱的稳定性和协同工作。当用角钢-螺栓拉结时，为避免钢构件锈蚀，应采取防护措施以增强其耐久性。

11.2.2 考虑结构的耐久性和安全性以及新老构件可靠连接，对加固用的块体和砂浆的强度等级提出了要求。

11.2.5 增设扶壁柱后，墙体承载力和稳定性有所提高，扶壁柱应新增基础或在原墙体基础上加固；使扶壁柱基础深度与原墙基础深度相同，以避免对原墙基础的不利影响。

仅供学习交流

12　砌体结构构造性加固法

12.1　增设圈梁加固

12.1.2～12.1.5　本规范引入钢筋网水泥复合砂浆砌体组合圈梁（图1）加固法。根据湖南大学等单位关于钢筋水泥复合砂浆加固砌体的相关研究，钢筋网水泥复合砂浆砌体组合圈梁加固法可以很好的提高结构的承载力、刚度以及对墙体的约束能力，且施工简单，工程造价低。

1　试验研究表明，钢筋网水泥复合砂浆加固后的砌体，其强度可提高50%以上。

2　计算表明，本规范规定的组合圈梁，其刚度较一般钢筋混凝土圈梁的刚度有较大幅度提高。

3　由于钢筋网水泥复合砂浆加固后的圈梁的强度和刚度得到提高，且构造柱和圈梁彼此相连，形成“弱框架”，砌体受到约束，增强了墙体的整体受力性能。

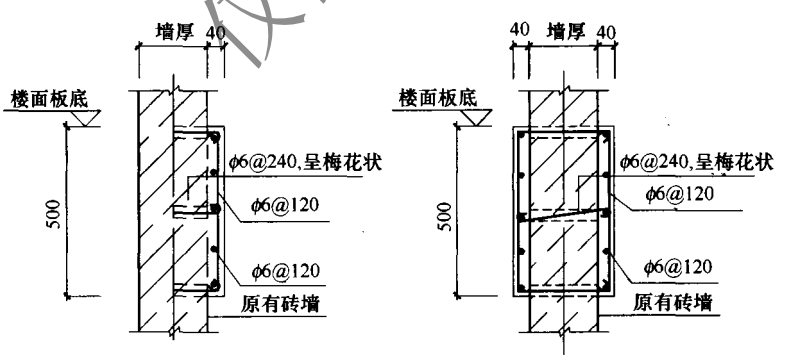


图1　钢筋网水泥复合砂浆砌体组合圈梁示例

注：图中尺寸单位为mm

仅供学习交流

12.1.6 根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011，引入钢拉杆加固的构造要求。

12.1.7 砂浆锚筋的直径不应小于16mm；压浆锚筋的直径不应小于12mm；锚筋的根部应有弯钩，弯钩长度应大于$2.5d$，锚筋埋深$L_s \geqslant 10d$，且不应小于120mm。锚筋孔采用电钻成孔，孔径$D=2.5d$，孔深L取L_s加10mm。

水泥基砂浆堵塞前，应用压力水冲洗孔道，使孔道砌体充分湿润，并保证砂浆夯填密实。树脂基砂浆堵塞前，其孔洞应干燥，且应按产品说明书的规定进行清孔。

当外加钢筋混凝土圈梁用普通锚栓与墙体连接时，锚栓的一端应作直角弯钩埋入圈梁，埋入长度为$30d$（d为锚栓的直径），另一端用螺母拧紧。锚栓的直径与间距可按本规范第12.1.9条确定。

当外加钢筋混凝土圈梁采用钢筋混凝土销键与墙体连接时，销键高度与圈梁相同，宽度为120mm，入墙深度不应小于180mm，配筋不应少于4根直径为8mm的钢筋，间距宜为1m～2m，外墙圈梁的销键宜设置在洞口两侧。

12.1.8、12.1.9 圈梁与墙面之间的间隙可用干硬性水泥砂浆塞严。型钢圈梁的接头应为焊接。钢拉杆和型钢圈梁均应除锈。

12.2 增设构造柱加固

12.2.1 按本规范设置的组合构造柱，其刚度较一般钢筋混凝土构造柱刚度亦有较大幅度提高，其说明可参见12.1.2条文说明。

12.2.2 现行设计规范是指《砌体结构设计规范》GB 50003和《建筑抗震设计规范》GB 50011。

12.2.4 采用组合构造与楼板可靠连接时，凿孔穿通楼板不得伤及板内钢筋，砂浆填实。

组合构造柱应与相关构件可靠连接，其构造示例如图2所示。

仅供学习交流

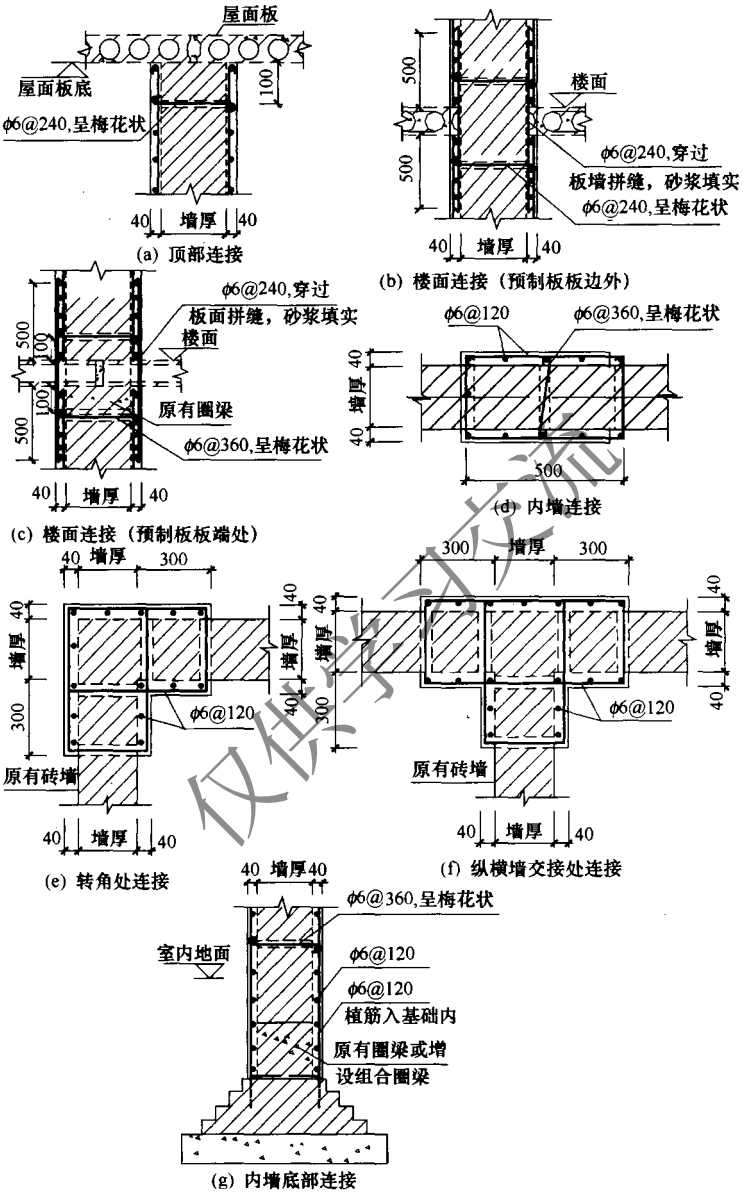


图 2　钢筋网水泥复合砂浆砌体组合构造柱连接示例

注：图中尺寸单位为 mm

仅供学习交流

12.3 增设梁垫加固

12.3.1、12.3.2 当梁下砌体局部受压承载力不足时，在梁端设置钢筋混凝土垫块，可增大砌体局部受压面积，是提高梁端砌体局部受压承载力的有效方法。为确保垫块有效传递梁端压力和良好的受力性能，对垫块厚度和配筋提出了要求。

12.3.3 “托梁”支顶牢固后，按梁垫尺寸要求拆除梁下被压碎或有局部竖向或斜向裂缝的砌体，并提高一级砂浆强度等级用整砖补砌完整后，浇注或安置梁垫，待梁垫混凝土达到设计要求强度后，方能拆除托梁柱或支撑。

拆除梁下砌体时，应轻敲细打，逐块拆除，不得影响不拆除砌体的整体性强度，拆除完毕后，应清除碎渣和清洗浮灰，并待砌体充分湿润后，再坐浆安设梁垫。当安装预制钢筋混凝土梁垫时，应先铺设 10mm 厚不低于 M10 的水泥砂浆，并与大梁紧密接触。如梁垫安装后与大梁底未达到紧密接触时，可用钢板填塞密实。

托梁柱或支撑的支撑处应牢固。当支承在地面上时，应采取措施分布所承担的荷载，以防止支承点沉降；当支承在楼面上时，应逐层支顶和采取分步荷载措施，以防止造成楼面的破坏和局部损伤。

12.4 砌体局部拆砌

12.4.1 当墙砌体可局部拆除时，为加强墙体的整体性，要求被拆除的砌体将砂浆强度等级提高一级并用整砖填筑。拆砌墙体时，应根据墙体破裂情况分段进行，拆砌前应对支承在墙体上的楼（屋）盖进行可靠的支顶。

12.4.2 可采用每五皮砖设 3 根直径为 4mm 的拉结钢筋，钢筋长度 1.2m，每端压入 600mm。

12.4.3 当采用钢筋扒钉进行拉结时，扒钉可用直径为 6mm 的钢筋弯成，长度应超过接（槎）缝两侧各 240mm，两端弯成长

仅供学习交流

100mm 的直弯钩，并钉入砖缝，扒钉间距可取 300mm。

遇拆砌墙体位于转角处或纵横墙交接处时，应采取相应的可靠措施进行拉结锚固。

拆砌的最后一皮砖与上面的原砖墙相接处的水平灰缝，应用高强砂浆或细石混凝土堵塞密实，以确保墙体能均匀传递荷载。

局部拆砌墙体时，在新旧墙或先后接缝处，应将接槎剔干净，用水充分湿润，且砌筑时灰缝应饱满。

仅供学习交流

13 砌体裂缝修补法

13.1 一 般 规 定

13.1.1 本条主要明确本章的适用范围为影响砌体结构、构件正常使用性的裂缝。对于承载力原因引起的，需要先针对性加固，消除原因，然后再修补。

13.1.2 明确各类裂缝处理原则。

13.1.3 列出目前较成熟的材料和修补方法。

13.1.4 对墙面抹灰工程的验收方法。掺加短纤维是提高砂浆或细石混凝土整体性，减少裂缝的有效方法之一。

13.2 填 缝 法

13.2.1 填缝法一般用于较浅的宽裂缝封闭处理。一般深度为20mm～30mm的表层裂缝常用填缝法。

13.2.2 对于活动裂缝，一般深度应加大至20mm～30mm，或根据实际情况决定加大的具体深度。

13.2.3、13.2.4 填充材料的选用标准，应该严格执行本规范第4章有关规定。厂家必须出具对成品库质量负责的独立机构检测报告；禁止使用仅对来样负责的任何检测报告。

侧壁涂刷结构界面胶（剂）是为了进一步提高两者间的粘结强度，增强其整体工作性能。

13.3 压 浆 法

13.3.1 压浆法一般用于较深的裂缝封闭处理。一般深度大于20mm～30mm时，多采用压浆法。如果有恢复结构刚性要求时，应采用压浆法。

13.3.2 压浆材料的选用标准，应该严格执行本规范第4章有关

规定。禁止使用通过掺加膨胀剂达到无收缩的水泥基灌浆料。厂家必须出具对成品库质量负责的独立机构检测报告；禁止使用仅对来样负责的任何检测报告。

13.3.3～13.3.5 浮浆及灰土等的清理尤为关键。另外，压浆的压力不宜过大，一般应控制在0.2MPa～0.3MPa。若此压力下无法灌浆，应检查注浆通道是否畅通，如果是由于胶液的黏度原因，不允许添加溶剂以降低黏度，而应该更换固体含量＞99%的低黏度胶液。

13.4 外加网片法

13.4.2 外加网片所涉及材料必须符合本规范相关规定。注意无纺布的使用范围，仅允许用于非承重构件，且静止的细裂缝的封闭性修补，一般裂缝宽度不大于0.3mm。

13.4.3 必须考虑网片的可靠锚固和新旧界面结合的问题。关于界面胶的要求，可参照现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367和《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定。

13.5 置 换 法

13.5.1 判断使用置换法的前提是受力不大的部位，在这种情况下，针对砌体块材和砂浆强度不高的开裂部位，或局部风化、剥蚀部位进行置换加固。

13.5.2、13.5.3 置换的材料原则上应与原砌体的材料品种一致为好。

仅供学习交流