

中华人民共和国工程建设地方标准

DBJ

DBJ52/T125-2026

备案号：J****-2026

机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结
构技术规程

Technical specification for strengthening masonry structures
with manufactured sand engineered cementitious composites

2026-09-29 发布

2027-01-01 实施

贵州省住房和城乡建设厅

发布

中华人民共和国工程建设地方标准

机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构技术规程

Technical specification for strengthening masonry structures
with manufactured sand engineered cementitious composites

DBJ52/T125-2026

主编单位 贵州中建建筑科研设计院有限公司

批准部门 贵州省住房和城乡建设厅

施行日期 2027 年 01 月 01 日

2026 贵阳

前 言

根据贵州省住房和城乡建设厅《关于下达贵州省工程建设地方标准〈山砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构技术规程〉编制任务的通知》的要求，编制组对机制砂高韧性水泥基复合材料加固技术与应用情况进行广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国家、行业及贵州省相关标准规定，并在广泛征求意见的基础上制定本规程。

本规程共分8章，主要技术内容包括：1总则；2术语和符号；3材料；4配合比设计；5加固设计；6构造；7施工；8质量验收。

本规程由贵州省住房和城乡建设厅负责管理，由贵州中建建筑科研设计院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请邮寄至贵州中建建筑科研设计院有限公司（地址：贵州省贵阳市南明区甘荫塘甘平路4号，邮编：550006）。

本规程主编单位： 贵州中建建筑科研设计院有限公司

西安建筑科技大学

本规程参编单位： 贵州中建建筑科研设计院特种工程有限公司

贵州省建筑科学研究检测中心

贵州省建设工程造价管理总站

中国建筑第四工程局有限公司

贵阳职业技术学院

西安五和新材料科技集团股份有限公司

贵州轻工职业大学

黔南州住房和城乡建设局

贵阳信息科技学院

贵州交通职业大学

中建八局广西建设有限公司

中交一公局集团建筑工程有限公司

贵州正和天筑科技有限公司

贵州省建设工程质量安全中心

本规程主要起草人：陈尚伟 邓明科 杨春燕 陈 波

涂开胜 漆贵海 曾爱平 朱国良

朱焰煌 帅海乐 卜新星 方 超

徐立斌 张启奎 刘汉语 何信周

张县云 宋树林 池汇海 刘 涛

汪守淳 张广智 廖 昶 赵小东

赵丽娟 李 丹 许二猛 缙文平

丁银仙 吴文武 李瑞修 李 玮

文韵娇 吴松华 李 江 叶建周

本规程主要审查人：刘宗琼 董 云 陈昌礼 孙立群

孔德文

贵州省住房和城乡建设厅信息公开
浏览专用

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	3
3 材料	4
3.1 一般规定	4
3.2 原材料性能	4
3.3 拌合物工作性能	4
3.4 力学性能	4
3.5 耐久性能	5
4 配合比设计	6
4.1 一般规定	6
4.2 配合比设计	6
5 加固设计	7
5.1 一般规定	7
5.2 抗压加固	7
5.3 抗剪加固	9
5.4 抗震加固	10
6 构造	13
6.1 一般规定	13
6.2 机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固	13
6.3 配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固	15
6.4 机制砂高韧性水泥基复合材料条带加固	16
7 施工	22
7.1 一般规定	22
7.2 材料进场	22
7.3 施工准备	22
7.4 施工要点	22
8 质量验收	24
8.1 一般规定	24
8.2 主控项目	24
8.3 一般项目	25
附 录 A 机制砂高韧性水泥基复合材料弯曲试验方法	27
附 录 B 机制砂高韧性水泥基复合材料力学性能快速检验方法	29
附 录 C 质量验收记录表	30
本规程用词说明	31
引用标准名录	32
条文说明	34

Contents

1 General provisions.....	1
2 Terms and symbols.....	2
2.1 Terms.....	2
2.2 Symbols.....	3
3 Materials.....	4
3.1 General requirements.....	4
3.2 Raw materials performance.....	4
3.3 Mixing properties.....	4
3.4 Mechanical properties.....	4
3.5 Durability.....	5
4 Design of mix proportion.....	6
4.1 General requirements.....	6
4.2 Mix design.....	6
5 Strengthening design.....	7
5.1 General requirement.....	7
5.2 Compression strengthening.....	7
5.3 Shear strengthening.....	10
5.4 Seismic strengthening.....	10
6 Detailing.....	13
6.1 General requirements.....	13
6.2 Structural member strengthening with manufactured sand engineered cementitious composites layer.....	13
6.3 Structural member strengthening with strengthening manufactured sand engineered cementitious composites layer.....	14
6.4 Strip strengthening with strengthening manufactured sand engineered cementitious composites.....	16
7 Construction.....	22
7.1 General requirements.....	22
7.2 Material approach.....	22
7.3 Construction preparation.....	22
7.4 Main points of construction.....	22
8 Quality Acceptance.....	24
8.1 General requirements.....	24
8.2 Main Control Items.....	24
8.3 General Items.....	26
Appendix A Test method for flexural strength of manufactured sand engineered cementitious composites.....	27
Appendix B Rapid inspection method for mechanical properties of manufactured sand engineered cementitious composites.....	29
Appendix C Quality acceptance record	30
Explanation of wording in this specification.....	31

List of quoted standards.....	32
Addition: Explanation of provisions.....	33

贵州省住房和城乡建设厅信息公开
浏览专用

1 总则

1.0.1 为规范机制砂高韧性水泥基复合材料在砌体结构加固工程中的应用,确保工程质量,做到技术先进、安全适用、经济合理,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于抗震设防烈度为 7 度及 7 度以下地区使用机制砂高韧性水泥基复合材料加固房屋建筑和一般构筑物中的砖和普通混凝土小型空心砌块砌体结构及构件的设计、施工和质量验收。

1.0.3 机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构工程的设计、施工及验收除应符合本规程的规定外,尚应符合国家、行业及贵州省现行有关标准的规定。

贵州省住房和城乡建设厅信息公开
浏览专用

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 机制砂高韧性水泥基复合材料 manufactured sand engineered cementitious composites

由胶凝材料、机制砂、外加剂和合成纤维等原材料组成,按一定比例加水搅拌、成型并标准养护 60d 后,立方体抗压强度标准值不小于 50.0N/mm^2 ,在四点弯曲荷载作用下等效弯曲韧性不小于 80.0kJ/m^3 ,等效弯曲强度不小于 9.0N/mm^2 ,且具有高韧性、高抗裂性能和高耐损伤性能的纤维增强水泥基复合材料。

2.1.2 机制砂 manufactured sand

以岩石、卵石、矿山废石和尾矿等为原料,经除土处理,由机械破碎、整形、筛分、粉控等工艺制成的,级配、粒形和石粉含量满足要求且粒径小于 4.75mm 的颗粒。

注:机制砂不包含软质、风化的颗粒。

2.1.3 等效弯曲强度 equivalent flexural strength

弯曲试验时,将荷载-挠度曲线按图形面积相等原则确定等效弯曲荷载,由等效弯曲荷载计算得到的试件跨中最大拉应力。

2.1.4 等效弯曲韧性 equivalent flexural toughness

弯曲试验时,试件抵抗变形时的耗能能力。

2.1.5 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而引入的计算系数。

2.1.6 机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固 structural member strengthening with manufactured sand engineered cementitious composites layer

在原结构构件表面按要求增设不小于 10mm 厚的机制砂高韧性水泥基复合材料,用于提高构件承载力、延性,改善结构整体性能的加固方法。

2.1.7 配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固 structural member strengthening with reinforced manufactured sand engineered cementitious composites layer

在机制砂高韧性水泥基复合材料面层内设置钢筋网片的加固方法。

2.1.8 机制砂高韧性水泥基复合材料条带加固 strip strengthening with reinforced manufactured sand engineered cementitious composites

在结构关键部位增设一定宽度和厚度的机制砂高韧性水泥基复合材料条带,用于提高结构整体性、构件承载力和抗震能力的加固方法。

2.2 符号

2.2.1 材料性能

f_{dc} ——机制砂高韧性水泥基复合材料立方体抗压强度设计值；

f_{dt} ——机制砂高韧性水泥基复合材料轴心抗拉强度设计值；

E_d ——机制砂高韧性水泥基复合材料的受压弹性模量；

f_{m0} ——原构件砌体抗压强度设计值；

f_{eq}^u ——等效弯曲强度。

2.2.2 作用和作用效应

V ——墙体剪力设计值；

V_m ——原墙体受剪承载力；

V_d ——采用机制砂高韧性水泥基复合材料加固后构件提高的受剪承载力；

V_s ——墙体采用配筋面层加固后，水平方向钢筋承担的剪力；

V_E ——地震组合下墙体的剪力设计值；

V_{ME} ——原墙体抗震受剪承载力；

V_{dE} ——采用机制砂高韧性水泥基复合材料加固后提高的抗震受剪承载力。

2.2.3 计算系数

φ_{com} ——轴心受压构件的稳定系数；

α_{dc} ——砌体构件受压加固时，机制砂高韧性水泥基复合材料的强度利用系数；

α_{dv} ——砌体构件受剪和抗震加固时，机制砂高韧性水泥基复合材料的强度利用系数；

η_0 ——机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固的基准增强系数；

η_{k0} ——机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固时墙体侧向刚度的基准提高系数。

3 材料

3.1 一般规定

- 3.1.1 机制砂高韧性水泥基复合材料除合成纤维外的原材料应在工厂预拌成干混成品料。
- 3.1.2 机制砂高韧性水泥基复合材料应按产品说明书要求的用水量在施工现场进行配制。

3.2 原材料性能

3.2.1 机制砂高韧性水泥基复合材料使用的合成纤维宜采用超高分子量聚乙烯纤维,纤维应符合现行国家标准《国家纺织产品基本安全技术规范》GB 18401 中 C 类的基本安全技术要求和《超高分子量聚乙烯纤维》GB/T 29554 中物理性能要求。

表 3.2.1 超高分子量聚乙烯纤维的规格

外形	公称长度 (mm)	当量直径 (μm)
单丝纤维	4~15	12~50

3.2.2 水泥宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,并应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定。

3.2.3 机制砂应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的有关规定,并应采用细砂,最大公称粒径不宜大于 1.18mm。

3.2.4 外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB/T 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定。

3.2.5 粉煤灰和粒化高炉矿渣粉应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 和《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的有关规定;粉煤灰应为 F 类,等级不应低于 II 级。

3.2.6 拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

3.3 拌合物工作性能

3.3.1 机制砂高韧性水泥基复合材料拌合物不应离析、泌水,纤维应分散均匀、无结团,并应满足设计和施工要求。

3.3.2 机制砂高韧性水泥基复合材料拌合物的稠度宜为 25mm~50mm,拌合物稠度的测试方法应符合现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 的有关规定。

3.4 力学性能

3.4.1 用于砌体结构加固的机制砂高韧性水泥基复合材料主要力学性能,应符合表 3.4.1 的要求。

表 3.4.1 机制砂高韧性水泥基复合材料的主要力学性能指标

指标类别	检验方法	试件尺寸	标准养护龄期	性能指标		
				I 类	II 类	III 类
等效弯曲韧性 (kJ/m^3)	本规程附录 A	40mm×40mm×160mm	60d	≥160.0	≥120.0	≥80.0
等效弯曲强度 (N/mm^2)			60d	≥11.0	≥10.0	≥9.0
抗折强度 (N/mm^2)	《水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法)》GB/T 17671	40mm×40mm×160mm	60d	≥12.0		

指标类别	检验方法	试件尺寸	标准养护龄期	性能指标		
				I 类	II类	III类
立方体抗压强度 (N/mm ²)	《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081	100mm×100mm×100mm	60d	≥50.0		

注 1：表中性能指标除立方体抗压强度为标准值外，其他性能指标均指试验结果的代表值；

2：立方体抗压强度不进行尺寸换算系数折减。

3.4.2 机制砂高韧性水泥基复合材料与砖的正拉粘结强度不应小于 0.6MPa，普通混凝土小型空心砌块墙体非灰缝处正拉粘结强度不应小于 0.4MPa 或破坏形式为基材内聚破坏。正拉粘结强度的测试方法应符合现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 附录 E 规定。

3.5 耐久性能

3.5.1 设计应根据加固构件部位及其所处环境确定机制砂高韧性水泥基复合材料的耐久性能要求，相应的耐久性能除应满足表 3.5.1 的要求外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的有关规定。

表 3.5.1 机制砂高韧性水泥基复合材料的主要耐久性能指标

指标类别	检验方法	性能指标
抗冻性能（快冻法）	《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082	≥F100
抗水渗透性能（逐级加压法）		≥P12
抗氯离子渗透性能—氯离子迁移系数 D_{RCM} ($\times 10^{-12}m^2/s$)		$D_{RCM} < 2.5$
抗硫酸盐侵蚀性能		≥KS90
抗碳化性能-碳化深度（mm）		$d \leq 2.0$

3.5.2 机制砂高韧性水泥基复合材料的耐久性能应在试件标准养护 60d 龄期后开始测试，并按现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 的有关规定进行等级评定。

4 配合比设计

4.1 一般规定

4.1.1 机制砂高韧性水泥基复合材料配合比设计应同时满足试配强度和韧性的要求, 并应满足拌合物工作性能、力学性能和耐久性能的设计要求。

4.1.2 机制砂高韧性水泥基复合材料配合比设计采用的原材料, 需要满足本规程第 3.2 条的要求。

4.1.3 机制砂高韧性水泥基复合材料中纤维的体积率不宜小于 0.5%, 具体用量应以试验结果为准。

4.2 配合比设计

4.2.1 机制砂高韧性水泥基复合材料配合比应经试验确定。在缺乏试验依据的情况下, 配合比设计宜符合下列要求:

- 1 机制砂高韧性水泥基复合材料的水胶比不宜大于 0.50, 砂胶比不宜大于 0.80。
- 2 水泥用量可按表 4.2.1 选取, 并应经试配确定。

表 4.2.1 机制砂高韧性水泥基复合材料的最小水泥用量

最大水胶比	0.50	0.45	0.40	≤ 0.35
最小水泥用量 (kg/m^3)	300	320	340	360

- 3 水泥用量不宜大于 $450\text{kg}/\text{m}^3$ 。

4 外加剂和矿物掺合料的品种、掺量应经过试配确定; 矿物掺合料掺量宜为拌合物总质量的 20%~40%。

4.2.2 机制砂高韧性水泥基复合材料设计配合比确定后, 应进行生产适应性验证。

5 加固设计

5.1 一般规定

5.1.1 机制砂高韧性水泥基复合材料的拌合物性能、力学性能、耐久性能应符合本规程相关要求，同时满足设计要求。正常使用环境温度不应超过 90℃，当正常使用环境温度超过 90℃ 时，应采取适当的隔热措施。

5.1.2 机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构及构件应符合下列规定：

1 砌体结构加固前，应按照现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的有关规定进行建筑结构检测。对于工业建筑应按照现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 的有关规定进行可靠性鉴定；对于民用建筑应按照现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 的有关规定进行可靠性鉴定；对于农村住房应按照行业标准《农村住房危险性鉴定标准》JGJ/T 363 和贵州省地方标准《贵州省房屋安全性鉴定技术管理标准》T/GZCEQIA001-2024 的有关规定进行可靠性鉴定。当与抗震加固结合进行时，尚应按照现行国家标准《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021、《建筑抗震鉴定标准》GB 50023、《构筑物抗震鉴定标准》GB 50117 和《贵州省农村住房抗震排查技术导则》的有关规定进行抗震鉴定。

2 加固设计应根据检测鉴定结果由有相应资质的设计单位按本规程的规定和建设单位委托的要求进行加固设计；加固施工应由具备相应资质的施工单位进行。

3 对加固过程中可能出现倾斜、失稳、过大变形或坍塌的结构，加固设计文件中应提出相应的临时性安全措施；对已经出现倾斜、失稳或过大变形的结构，应采取必要的处理措施。

4 采用配筋机制砂高韧性水泥基复合材料加固时，受力钢筋的保护层厚度应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。

5 未经技术鉴定或设计许可，不得改变加固后结构的用途和使用环境。

5.1.3 砌体结构采用机制砂高韧性水泥基复合材料加固后的设计工作年限应符合现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702 的有关规定。抗震加固后，其设计工作年限尚应符合现行国家标准《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021 的有关规定。

5.1.4 机制砂高韧性水泥基复合材料的主要力学性能指标设计值应按表 5.1.4 取值。

表 5.1.4 机制砂高韧性水泥基复合材料的主要力学性能指标设计值

分类	轴心抗压强度设计值 f_{dc} (N/mm ²)	轴心抗拉强度设计值 f_{dt} (N/mm ²)	受压弹性模量 E_d (N/mm ²)
设计指标	27.6	3.8	2.20×10^4

5.1.5 用于砌体结构加固的机制砂高韧性水泥基复合材料应符合表 5.1.5 的规定。

表 5.1.5 机制砂高韧性水泥基复合材料力学性能选用表

机制砂高韧性水泥基复合材料力学性能指标	适用条件
I 类	乙类设防或抗震设防烈度为 7 度且层数为三层及三层以上的砌体结构
不低于 II 类	丙类设防或抗震设防烈度为 6 度和 7 度且层数为二层及以下的砌体结构
不低于 III 类	丁类设防的砌体结构

5.2 抗压加固

I 机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固

5.2.1 采用机制砂高韧性水泥基复合材料面层对轴心受压构件进行受压加固时，其正截面受压承载力应按下式验算：

$$N \leq \varphi_{com}(f_{m0}A_{m0} + \alpha_{dc}f_{dc}A_d)$$

式中：N——构件轴向压力设计值（N）；

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，按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定取值；

f_{m0} ——原构件砌体抗压强度设计值 (N/mm^2)；

A_{m0} ——原构件截面面积 (mm^2)；

α_{dc} ——机制砂高韧性水泥基复合材料强度利用系数，取 $\alpha_{dc}=0.15$ ；

f_{dc} ——机制砂高韧性水泥基复合材料轴心抗压强度设计值 (N/mm^2)，按本规程表 5.1.4 取值；

A_d ——新增机制砂高韧性水泥基复合材料面层的截面面积 (mm^2)。

II 配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固

5.2.2 采用配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层对轴心受压构件进行受压加固时，其正截面受压承载力应按下列公式验算：

$$N \leq \varphi_{com}(f_{m0}A_{m0} + \alpha_{dc}f_{dc}A_d + \alpha_s f'_y A'_s)$$

式中： α_{dc} ——机制砂高韧性水泥基复合材料强度利用系数，取 $\alpha_{dc}=0.15$ ；

α_s ——钢筋强度利用系数，对砌体取 $\alpha_s=0.80$ ；

φ_{com} ——可根据加固后截面的高厚比及配筋率，按现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702 的规定取值；

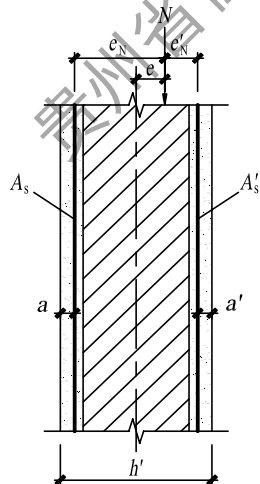
f'_y ——新增竖向钢筋抗压强度设计值 (N/mm^2)；

A'_s ——新增受压区竖向钢筋截面面积 (mm^2)。

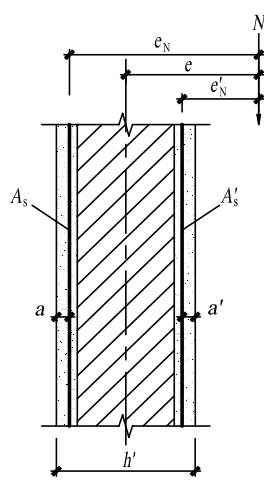
5.2.3 偏心受压构件应采用双面配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层进行受压加固(图 5.2.3)，构件加固后正截面受压承载力应按下列公式验算：

$$N \leq f_{m0}A'_m + \alpha_{dc}f_{dc}A'_d + \alpha_s f'_y A'_s - \sigma_s A_s$$

$$N e_N \leq f_{m0}S_{ms} + \alpha_{dc}f_{dc}S_{ds} + \alpha_s f'_y A'_s (h_0 - a')$$



(a) 小偏心受压



(b) 大偏心受压

图 5.2.3 加固后的偏心受压构件

1 当 $\xi > \xi_b$ (即小偏心受压) 时，钢筋的应力 σ_s 应按下列公式计算：

$$\sigma_s = 650 - 800\xi$$

$$-f'_y \leq \sigma_s \leq f_y$$

2 当 $\xi \leq \xi_b$ 即（大偏心受压）时，钢筋的应力 σ_s 应按下列公式计算：

$$\sigma_s = f_y$$

$$\xi = x/h_0$$

3 截面受压区高度 x ，可根据下列公式计算：

$$f_{m0} S_{mN} + \alpha_{dc} f_{dc} S_{dN} + \alpha_s f'_y A'_s e'_N - \sigma_s A_s e_N = 0$$

$$e_N = e + e_a + (h'/2 - a)$$

$$e'_N = e + e_a - (h'/2 - a')$$

$$e_a = \frac{\beta^2 h'}{2200} (1 - 0.022 \beta)$$

式中： A'_m ——砌体受压区的截面面积（ mm^2 ）；

α_{dc} ——机制砂高韧性水泥基复合材料强度利用系数，取 $\alpha_{dc}=0.15$ ；

A'_d ——机制砂高韧性水泥基复合材料面层受压区的截面面积（ mm^2 ）；

α_s ——偏心受压构件钢筋强度利用系数，对砌体取 $\alpha_s=0.90$ ；

e_N ——离轴向力 N 作用点较远一侧钢筋的合力点至轴向力 N 作用点的距离（ mm ）；

S_{mN} ——砌体受压区的截面面积对钢筋 A_s 重心的面积矩（ mm^3 ）；

S_{dN} ——机制砂高韧性水泥基复合材料面层受压区的截面面积对钢筋 A_s 重心的面积矩（ mm^3 ）；

ξ_b ——加固后截面受压区相对高度的界限值，对 HPB300 级钢筋，取 0.47；对 HRB400 级钢筋，取 0.36；

S_{mN} ——砌体受压区的截面面积对轴向力 N 作用点的面积矩（ mm^3 ）；

S_{dN} ——机制砂高韧性水泥基复合材料面层受压区的截面面积对轴向力 N 作用点的面积矩（ mm^3 ）；

e'_N ——离轴向力 N 作用点较近一侧钢筋的重心至轴向力 N 作用点的距离（ mm ）；

e ——轴向力对加固后截面的初始偏心距（ mm ），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（ mm ）；

β ——加固后的构件高厚比；

h' ——加固后的截面高度（ mm ）；

h_0 ——加固后的截面有效高度（ mm ），取 $h_0=h'-a$ ；

a 、 a' ——离轴向力 N 作用点较远和较近一侧钢筋的合力点至截面外侧边缘的距离（ mm ）；

σ_s ——钢筋的应力（ N/mm^2 ），正值为拉应力，负值为压应力；

A_s ——距轴向力 N 较远一侧钢筋的截面面积（ mm^2 ）；

A'_s ——距轴向力 N 较近一侧钢筋的截面面积（ mm^2 ）。

5.3 抗剪加固

5.3.1 机制砂高韧性水泥基复合材料或配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固后，墙体的受剪承载力应按下列公式验算：

$$V=V_m+V_d$$

式中：\$V\$——墙体剪力设计值（N）；

\$V_m\$——原墙体受剪承载力（N），按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的有关规定计算；

\$V_d\$——采用机制砂高韧性水泥基复合材料加固后提高的受剪承载力（N）。

I 机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固

5.3.2 采用机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固后，构件提高的受剪承载力 \$V_d\$ 应按下列公式进行计算：

$$V_d = 0.7\alpha_{dv}f_{dt}bh$$

式中：\$f_{dt}\$——机制砂高韧性水泥基复合材料轴心抗拉强度设计值（N/mm²），按本规程第 5.1.1 条规定取值；当有可靠试验资料时，取值可根据试验结果确定；

\$\alpha_{dv}\$——墙体抗剪加固时机制砂高韧性水泥基复合材料强度利用系数，取 \$\alpha_{dv}=0.66\$；

\$b\$——机制砂高韧性水泥基复合材料面层厚度（双面加固时，取其厚度之和）（mm）；

\$h\$——采用面层加固的墙体水平方向长度（mm）。

II 配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固

5.3.3 采用配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固后，构件提高的受剪承载力 \$V_d\$ 应按下列公式计算：

$$V_d = 0.7\alpha_{dv}f_{dt}bh + V_s$$

$$V_s = 0.8\alpha_s f_{yh} \frac{A_{sh}}{s} h$$

式中：\$\alpha_{dv}\$——墙体抗剪加固时机制砂高韧性水泥基复合材料强度利用系数，取 \$\alpha_{dv}=0.66\$；

\$V_s\$——墙体采用配筋面层加固后，水平方向钢筋承担的剪力（N）；

\$\alpha_s\$——钢筋强度利用系数，对砌体取 \$\alpha_s=0.90\$；

\$f_{yh}\$——水平方向钢筋的强度设计值（N/mm²）；

\$A_{sh}\$——配置在同一截面内的水平向钢筋全部截面面积（mm²）；

\$s\$——水平向钢筋的间距（mm）；

\$h\$——采用配筋面层加固的墙体水平方向长度（mm）。

5.4 抗震加固

5.4.1 采用机制砂高韧性水泥基复合材料加固的砌体墙，其截面抗震受剪承载力应按下列公式验算：

$$V_E \leq V_{ME} + V_{dE}$$

$$V_{dE} \leq \frac{V_d}{\gamma_{RE}}$$

式中：\$V_E\$——考虑地震组合的墙体剪力设计值（N）；

\$V_{ME}\$——原墙体抗震受剪承载力（N），按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的有关规定计算；

\$V_{dE}\$——采用机制砂高韧性水泥基复合材料加固后提高的抗震受剪承载力（N）；

\$\gamma_{RE}\$——承载力抗震调整系数，取 \$\gamma_{RE}=0.90\$。

5.4.2 采用机制砂高韧性水泥基复合材料加固后的砌体结构楼层和墙段应按下式计算其综合抗震能力指数：

$$\beta_s = \eta \psi_1 \psi_2 \beta_0$$

式中： β_s ——加固后楼层或墙段的综合抗震能力指数；

η ——加固增强系数；对于楼层，取 $\eta=\eta_{pi}$ ；对于墙段，取 $\eta=\eta_{pij}$ ；

β_0 ——楼层或墙段原有的抗震能力指数，应按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 规定的有关方法计算；

ψ_1 、 ψ_2 ——分别为体系影响系数和局部影响系数，应根据房屋加固后的状况，按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的有关规定取值。

5.4.3 采用机制砂高韧性水泥基复合材料加固后，按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T50011 的规定只选择从属面积较大或竖向应力较小的墙段进行抗震承载力验算时，其截面抗震受剪承载力可按下列公式验算：

1 不计入构造影响时：

$$V_E \leq \eta_{pij} V_{R0}$$

2 计入构造影响时：

$$V_E \leq \eta_{pij} \psi_1 \psi_2 V_{R0}$$

式中： V_E ——地震组合下墙体的剪力设计值（N）；

η_{pij} ——墙段的加固增强系数；

V_{R0} ——墙段原有的截面抗震受剪承载力（N），可按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 对砌体墙的有关规定计算；但其中的材料性能设计指标、承载力抗震调整系数，应按现行行业标准《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116 的有关规定采用。

5.4.4 采用机制砂高韧性水泥基复合材料加固后，楼层抗震能力的增强系数可按下列公式计算：

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

$$\eta_{pij} = \frac{240}{t_{w0}} \left(\eta_0 + \frac{t_{w0}}{240} - 1 \right)$$

式中： η_{pi} ——机制砂高韧性水泥基复合材料加固后第 i 楼层抗震能力的增强系数；

η_{pij} ——第 i 楼层第 j 墙段机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固的增强系数；

η_0 ——基准增强系数，指 240mm 厚墙体加固后的承载力增强系数；

A_{i0} ——第 i 楼层中验算方向原有抗震墙在 1/2 层高处净截面的面积（mm²）；

A_{ij0} ——第 i 楼层中验算方向面层加固的抗震墙 j 墙段在 1/2 层高处净截面的面积（mm²）；

n ——第 i 楼层中验算方向上的面层加固抗震墙的道数；

t_{w0} ——原墙体厚度（mm）。

5.4.5 采用机制砂高韧性水泥基复合材料加固后，墙体抗震受剪承载力的基准增强系数 η_0 按下式计算：

$$\eta_0 = 1 + \frac{V_{dE}}{V_{ME0}}$$

式中：\$V_{ME0}\$——240mm 厚原墙体的截面抗震受剪承载力（N），可按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的有关规定计算；

\$\eta_0\$——240mm 厚墙体加固基准增强系数，\$\eta_0\$ 大于 5.00 时，仍取 5.00。

5.4.6 机制砂高韧性水泥基复合材料加固采用综合抗震能力指数验算时，有关构件支承长度的影响系数应按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的规定作相应调整，有关墙体局部尺寸的影响系数应取 1.00。

5.4.7 采用机制砂高韧性水泥基复合材料加固后，墙体的侧向刚度计算应符合下列规定：

- 1 墙体高宽比小于 1 时，可只计算剪切变形：

$$K = \frac{AG}{\alpha k H}$$

- 2 墙体高宽比不大于 4 且不小于 1 时，应同时计算弯曲和剪切变形：

$$K = \frac{1}{\left(\frac{H^3}{12EI} + \frac{kH}{AG} \right) \alpha}$$

$$E = \frac{E_m A_m + E_d A_d}{A_m + A_d}$$

式中：\$K\$——采用机制砂高韧性水泥基复合材料加固后墙体的侧向刚度（N/mm）；

\$E_m\$——砌体的弹性模量（N/mm²）；

\$E_d\$——机制砂高韧性水泥基复合材料的弹性模量（N/mm²）；

\$A_m\$——砌体的横截面面积（mm²）；

\$A_d\$——机制砂高韧性水泥基复合材料加固面层的横截面面积（mm²）；

\$G\$——加固砖墙的剪切模量，取 \$G=0.4E\$（N/mm²）；

\$k\$——截面剪应力分布不均匀系数，取 \$k=1.20\$；

\$\alpha\$——竖向压应力影响系数，取 \$\alpha=1.00\$；

\$H\$——墙体竖向高度（mm）；

\$I\$、\$A\$——采用机制砂高韧性水泥基复合材料加固后，组合截面惯性矩和组合截面面积（mm²）。

- 3 墙体高宽比大于 4 时，墙体的侧向刚度可取 0。

5.4.8 采用机制砂高韧性水泥基复合材料加固的砌体结构，应使加固后的砌体构件刚度分布尽量均匀，并按本规程第 5.4.7 条修正后的侧向刚度进行剪力分配。

6 构造

6.1 一般规定

6.1.1 加固砌体结构的机制砂高韧性水泥基复合材料面层厚度，双面加固时单侧厚度不应小于 10mm，单面加固时不应小于 15mm。

6.1.2 当加固砌体结构的单面机制砂高韧性水泥基复合材料面层厚度大于 30mm 时，应在面层中配置钢筋网片，形成配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层，且配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层宜双面设置。钢筋网片的构造应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的相关要求。

6.1.3 加固用的钢筋，宜选用 HPB300 级或 HRB400 级钢筋。

6.2 机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固

6.2.1 当原砌体砂浆强度低于 1.0MPa 时，机制砂高韧性水泥基复合材料面层与墙体之间应采用局部嵌缝处理（图 6.2.1），嵌缝深度为 10mm~15mm。局部嵌缝采用梅花状布置，每个嵌缝部位宜剔凿不少于 4 条水平灰缝和 3 条竖向灰缝，嵌缝部位的净间距不宜大于 600mm。

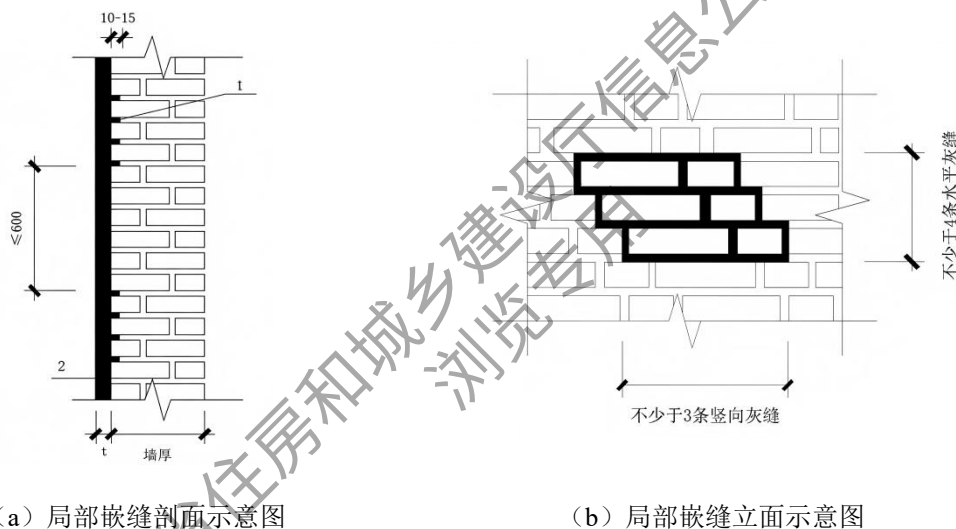
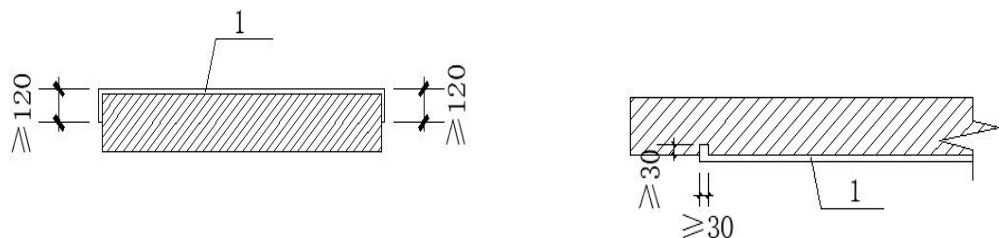


图 6.2.1 机制砂高韧性水泥基复合材料面层嵌缝示意图

1-机制砂高韧性水泥基复合材料嵌缝；2-机制砂高韧性水泥基复合材料面层

6.2.2 采用机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固时，面层端部应采用嵌缝、开槽或 L 型倒角等锚固加强措施，其中砖进行开槽嵌入墙内，普通混凝土小型空心砌块沿灰缝嵌缝处理（图 6.2.2）。



（a）普通混凝土小型空心砌块面层端部 L 形角

（b）砖面层端部开槽嵌入墙内

图 6.2.2 防止面层剥离措施示意图

1-机制砂高韧性水泥基复合材料

6.2.3 机制砂高韧性水泥基复合材料加固于门窗洞口时，单面加固宜将面层延伸至洞口侧边锚固，双面加固宜将两侧的面层在洞口处闭合（图 6.2.3）。

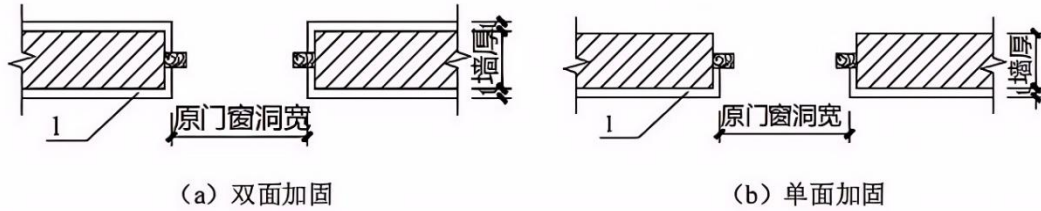


图 6.2.3 加固门窗洞口做法

1-机制砂高韧性水泥基复合材料

6.2.4 砌体构件受压加固，机制砂高韧性水泥基复合材料面层宜双面布置，当采用机制砂高韧性水泥基复合材料单面加固时，应采取适当加强措施。

6.2.5 采用机制砂高韧性水泥基复合材料面层对砌体构件受压加固，当面层厚度大于 20mm 时，应在面层中设置拉结筋（图 6.2.5），拉结筋的间距不应大于 600mm，且宜为梅花状布置。双面加固时，拉结筋应采用直径不小于 6mm 的 S 型钢筋，S 型钢筋的穿墙孔洞可采用灌浆料填实；单面加固时，拉结筋应采用直径不小于 6mm 的 L 型钢筋，锚入深度不小于 120mm，孔洞应采用结构胶填实，结构胶的性能要求应符合现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702 的有关规定。

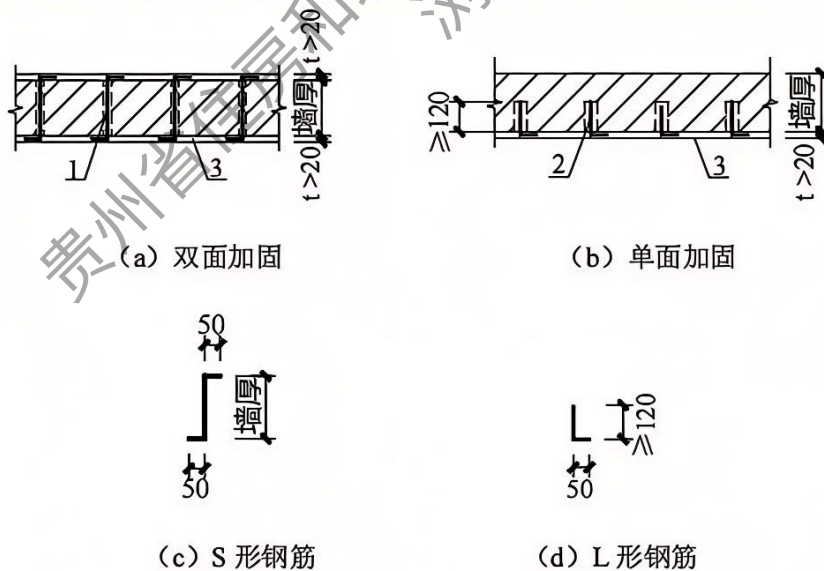


图 6.2.3 加固门窗洞口做法

1-S 形钢筋；2-L 形钢筋；3-机制砂高韧性水泥基复合材料

6.2.6 机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固独立砖柱及高宽比大于 4 的砖墙时，应采用四面围套加固，加固面层厚度不宜小于 20mm。

6.2.7 砌体构件受压加固时，底层墙体的机制砂高韧性水泥基复合材料面层应向下延伸至基础



图 6.3.4 独立砖柱或高宽比大于 4 的砖墙加固做法

1-机制砂高韧性水泥基复合材料；2-竖向钢筋；3-水平闭合钢筋；4-闭合箍筋；t-机制砂高韧性水泥基复合材料面层厚度。

6.3.5 砌体构件受压加固时，底层的配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层应加厚并向下延伸至基础顶面。砌体构件受剪或抗震加固时，底层墙体的配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层可不设基础，但在室外宜加厚并伸入地面以下不小于 500mm。

6.3.6 当砌体结构的圈梁和构造柱设置不满足要求时，可采用配筋的机制砂高韧性水泥基复合材料-砌体组合圈梁和机制砂高韧性水泥基复合材料-砌体组合构造柱对房屋进行构造加固（图 6.3.6），组合圈梁和组合构造柱应符合下列规定：

- 1 组合圈梁截面高度不应小于 350mm，面层厚度不应小于 40mm；
- 2 组合构造柱的面层厚度不应小于 40mm，且配筋面层在墙体拐角处应加宽不小于 150mm；
- 3 组合圈梁和组合构造柱的纵筋宜采用 HRB400 级钢筋，箍筋宜采用 HPB300 级钢筋；组合圈梁的纵筋和箍筋直径分别不应小于 10mm 和 6mm；房屋结构三层及以上的组合构造柱，其纵筋和箍筋直径分别不应小于 12mm 和 8mm，箍筋间距不宜大于 300mm；房屋结构三层以下的组合构造柱，其纵筋和箍筋直径分别不应小于 10mm 和 8mm，箍筋间距不宜大于 300mm。

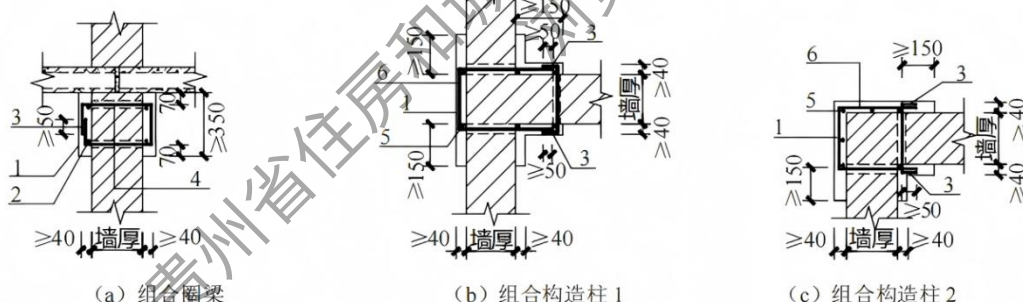


图 6.3.6 机制砂高韧性水泥基复合材料-砌体组合圈梁及组合构造柱做法

1-机制砂高韧性水泥基复合材料；2-组合圈梁纵筋；3-双面搭接焊；4-组合圈梁闭合箍筋；5-组合构造柱纵筋；6-组合构造柱闭合箍筋。

6.4 机制砂高韧性水泥基复合材料条带加固

6.4.1 采用机制砂高韧性水泥基复合材料条带加固砌体结构，应同时设置竖向和水平条带。机制砂高韧性水泥基复合材料施工时，墙体阳角处及水平和竖向条带相交处应连续压抹，严禁在这些部位留施工冷缝。

6.4.2 根据抗震设防烈度不同，机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构农村住房的条带最小厚度不小于 15mm，最小宽度可按表 6.4.2 取值。

表 6.4.2 机制砂高韧性水泥基复合材料条带最小宽度

房屋层高 (H)	a/b/c (mm)
----------	------------

	6 度地区	7 度地区
$H \leq 3.2\text{m}$	600/600/600	1000/800/600
$3.2\text{m} < H \leq 4.0\text{m}$	800/600/600	1000/800/800

注：（1）表中 a 为外墙拐角处机制砂高韧性水泥基复合材料竖向条带宽度；b 为外墙中部机制砂高韧性水泥基复合材料竖向条带宽度；c 为楼、屋盖处或墙顶机制砂高韧性水泥基复合材料条带宽度。
（2）正立面可全面压抹机制砂高韧性水泥基复合材料，面层厚度不变。
（3）当层高大于 4.0m 时，应进行专项设计。

6.4.3 机制砂高韧性水泥基复合材料条带加固部位对应的墙面应采用机制砂高韧性水泥基复合材料嵌缝处理，嵌缝深度根据砌筑材料不同，结合设计方案不小于 10mm~20mm。砌体墙的机制砂高韧性水泥基复合材料竖向条带和水平条带嵌缝可分别参照图 6.4.3-1、6.4.3-2 进行处理，施工条件允许时也可全部采取嵌缝处理。

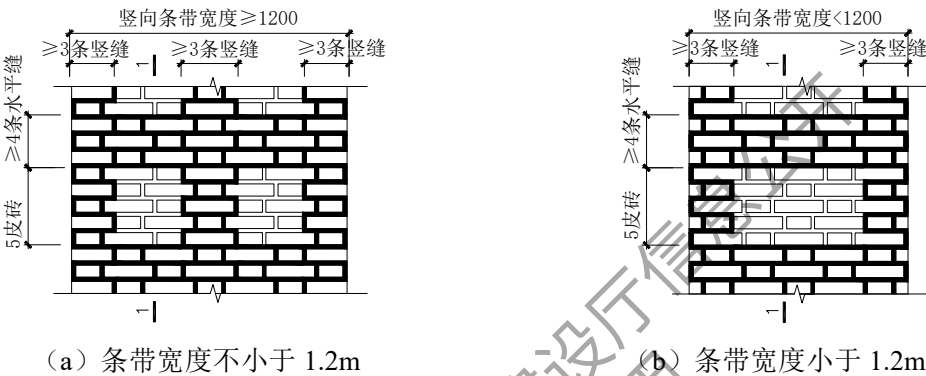


图 6.4.3-1 机制砂高韧性水泥基复合材料竖向条带嵌缝示意图

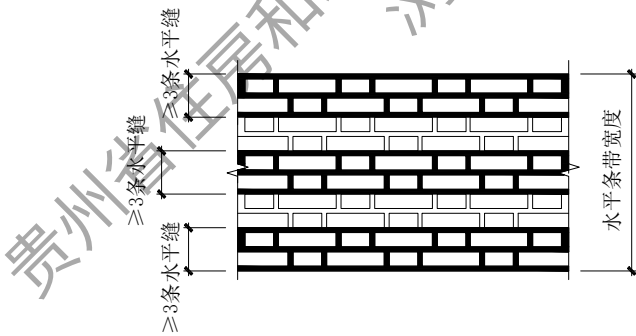


图 6.4.3-2 机制砂高韧性水泥基复合材料水平条带嵌缝示意图

6.4.4 机制砂高韧性水泥基复合材料竖向条带设置位置及构造要求应符合下列规定：

1 房屋外墙拐角处、长墙中部、纵横墙交接处、窗间墙以及一字型外墙端部均宜设置机制砂高韧性水泥基复合材料竖向条带（图 6.4.4-1）。

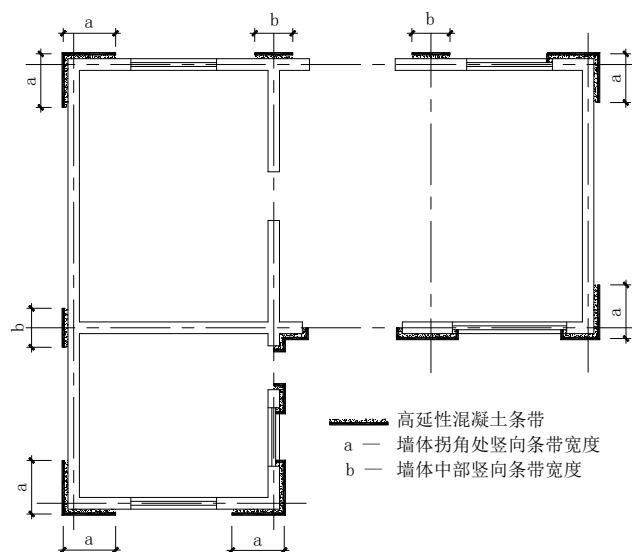


图 6.4.4-1 机制砂高韧性水泥基复合材料竖向条带设置平面示意图

2 外墙拐角距门窗洞口边的距离小于竖向条带宽度 a 时，应将机制砂高韧性水泥基复合材料包至洞口处门（窗）框边（图 6.4.4-2）。门（窗）框与外墙外平齐时，应在门（窗）框边的墙体上竖向刻槽并用机制砂高韧性水泥基复合材料压抹填实，刻槽的宽度和深度均取 20mm。

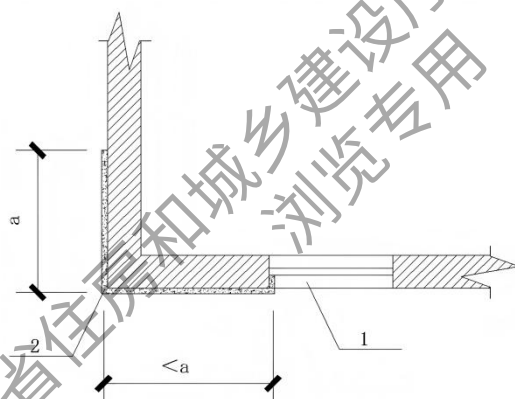


图 6.4.4-2 外墙阳角距洞口边距离小于竖向条带宽度 a 时竖向条带布置示意图

1-门窗洞口；2-机制砂高韧性水泥基复合材料竖向条带

3 机制砂高韧性水泥基复合材料竖向条带边距洞口边距离不大于 200mm 时，宜将机制砂高韧性水泥基复合材料条带延伸至洞口边沿，并将机制砂高韧性水泥基复合材料包至洞口处门（窗）框边（图 6.4.4-3）。

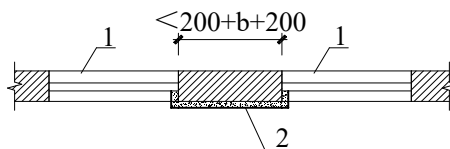


图 6.4.4-3 窗间墙加固平面示意图

1-门窗洞口；2-机制砂高韧性水泥基复合材料竖向条带

4 一字墙端部应采用机制砂高韧性水泥基复合材料竖向条带加固，条带宽度不小于 b ，机制砂高韧性水泥基复合材料应包至墙端，且竖向条带应双面布置（图 6.4.4-4）。

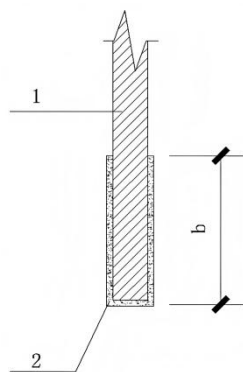


图 6.4.4-4 一字墙端部加固平面示意图

1-原墙体；2-机制砂高韧性水泥基复合材料竖向条带；b-竖向条带宽度

5 加固砌体结构农村住房的竖向条带净间距不应大于 5.0m，当竖向条带净间距不满足时，应增加竖向条带宽度或数量。

6 砌体墙的整体性很差或外墙开洞率大于 50%时，应采用机制砂高韧性水泥基复合材料面层对整片墙体进行加固，面层厚度不应小于 15mm。

6.4.5 机制砂高韧性水泥基复合材料水平条带设置应符合下列规定：

1 外墙楼（屋）盖处应设置机制砂高韧性水泥基复合材料水平条带，山墙应沿墙顶设置机制砂高韧性水泥基复合材料条带（图 6.4.5-1、图 6.4.5-2），且机制砂高韧性水泥基复合材料水平条带宜闭合。

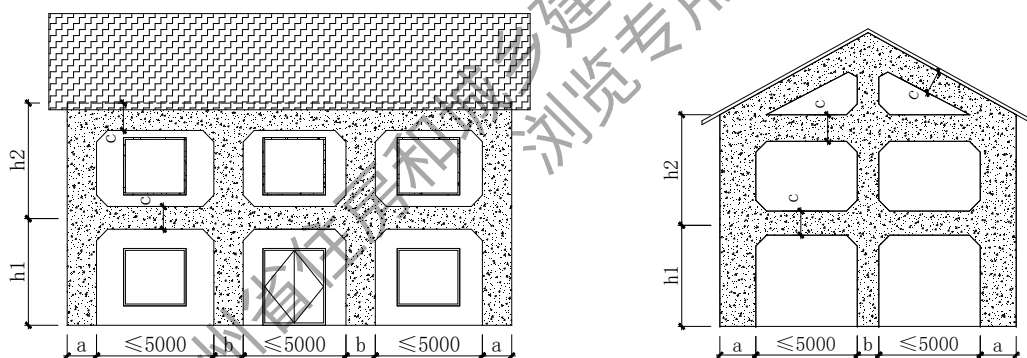


图 6.4.5-1 二层房屋加固条带立面示意图

h1-一层层高；h2-二层层高

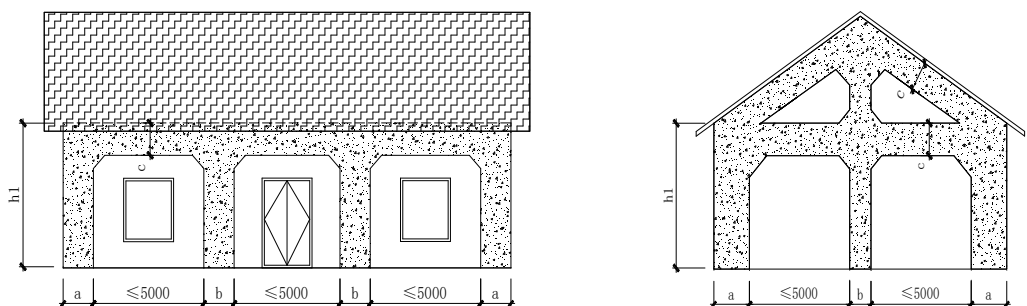


图 6.4.5-2 单层房屋加固条带立面示意图

2 单层房屋含阁楼时，应在阁楼高度处增设一道机制砂高韧性水泥基复合材料水平条带，条带宽度及厚度与屋盖处水平条带相同。房屋层高大于 4m 时，应采取加强措施，且应在设计文件中进行专门设计。

3 机制砂高韧性水泥基复合材料水平条带边缘距外墙洞口上下边距离不大于 100mm 时，宜调整水平条带宽度至上下洞口边沿，并将机制砂高韧性水泥基复合材料条带包至门（窗）框边。

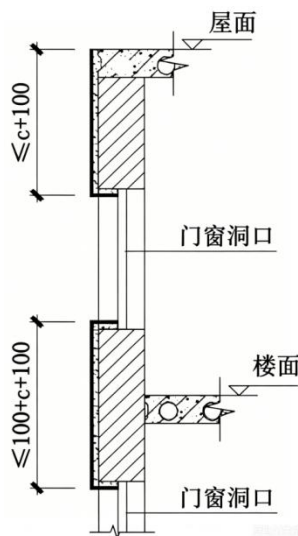
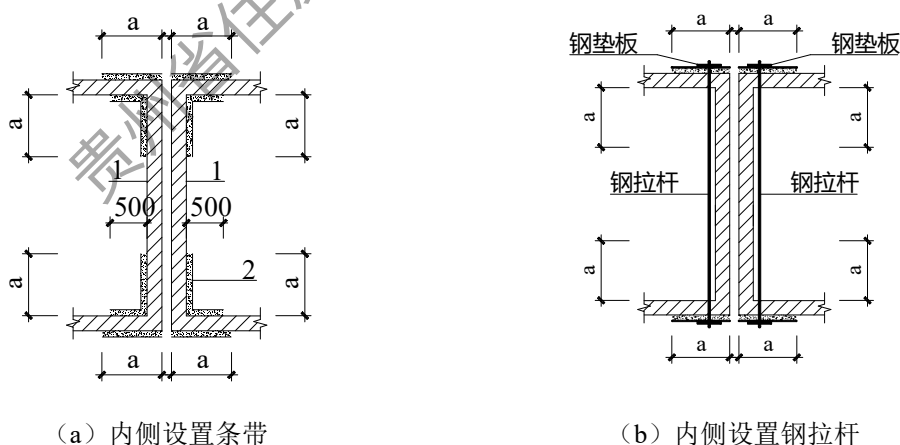


图 6.4.5-3 水平条带在门窗洞口边缘的加固示意图

4 机制砂高韧性水泥基复合材料水平条带应延伸至一字墙端部，且当一字墙长度大于 2m 时，应在墙体半高处增设一道水平条带，条带宽度及厚度可按第 6.4.2 条取值。

5 在墙长度方向两端均设置机制砂高韧性水泥基复合材料竖向条带的内墙，宜在楼、屋盖处设置机制砂高韧性水泥基复合材料水平条带，条带宽度及厚度可按第 6.4.2 条取值。

6.4.6 房屋端山墙外侧有相邻建筑物时，端山墙上的机制砂高韧性水泥基复合材料水平条带及竖向条带均应设置在墙体内侧，且外纵墙与端山墙交接部位的机制砂高韧性水泥基复合材料竖向条带应双面布置（图 6.4.6-a）。当墙体内侧不能进行机制砂高韧性水泥基复合材料施工时，应在楼板底部沿横墙设置钢拉杆，钢拉杆直径不小于 16mm，拉杆两端设置不小于 250mm×250mm×10mm 的钢垫板锚固于机制砂高韧性水泥基复合材料条带外侧（图 6.4.6-b）。



(a) 内侧设置条带

(b) 内侧设置钢拉杆

图 6.4.6 相邻建筑物的端山墙加固平面示意图

1-原墙体；2-机制砂高韧性水泥基复合材料竖向条带

6.4.7 机制砂高韧性水泥基复合材料水平条带与竖向条带相交部位应设置机制砂高韧性水泥基复合材料加腋（图 6.4.7）。加腋部位机制砂高韧性水泥基复合材料面层应与机制砂高韧性水泥基复合材料条带连续施工，严禁留施工冷缝。后续施工缝的留设位置，应位于距加腋部位末端的 1/3 水平投影长度处。

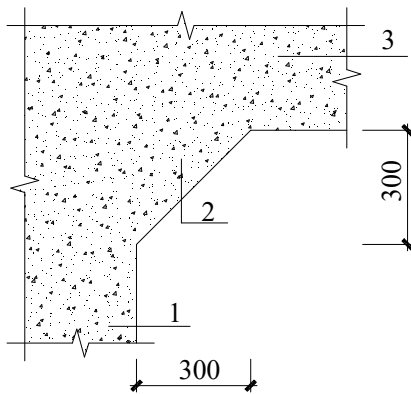


图 6.4.7 机制砂高韧性水泥基复合材料条带相交处加腋示意图

1-机制砂高韧性水泥基复合材料竖向条带；2-机制砂高韧性水泥基复合材料加腋；3-机制砂高韧性水泥基复合材料水平条带

6.4.8 机制砂高韧性水泥基复合材料条带或面层宜设置在墙体外侧，当外侧无法加固时，可在墙体内侧设置机制砂高韧性水泥基复合材料条带或面层，墙体内侧的条带及面层可参照墙体外侧的机制砂高韧性水泥基复合材料条带及面层有关规定进行设置。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构的施工宜按下列工序进行：

- 1 清理原构件表面装饰层；
- 2 砌体表面嵌缝部位灰缝剔凿；
- 3 需设置钢筋网和拉结筋时，安装钢筋网、拉结筋；
- 4 清理浮灰；
- 5 制作灰饼；
- 6 浇水润湿构件表面；
- 7 压抹机制砂高韧性水泥基复合材料；
- 8 养护。

7.1.2 机制砂高韧性水泥基复合材料施工时环境温度不宜低于 5℃，且不宜进行冬期室外施工。冬季施工应编制专项施工方案。

7.2 材料进场

7.2.1 机制砂高韧性水泥基复合材料进场时应检查产品使用说明书、出厂检验报告或产品合格证、产品性能全项检验报告或型式检验报告等质量证明文件。全项检验报告应包含本规程第 3.4.1 条和第 3.5.1 条规定的所有力学性能和耐久性能检验项目，且检验结果应满足本规程表 3.4.1 和表 3.5.1 的要求。

7.2.2 机制砂高韧性水泥基复合材料进场后应见证取样复验其等效弯曲韧性、等效弯曲强度、抗折强度和立方体抗压强度。机制砂高韧性水泥基复合材料进场检验，可根据力学性能快速检验方法（附录 B）测定的结果判定其是否满足设计要求。

7.3 施工准备

7.3.1 加固施工使用的机具应满足施工需要，且性能应稳定可靠。

7.3.2 加固施工过程中应做好安全防护工作，作业人员应正确使用安全防护用品。

7.3.3 施工单位技术人员应仔细阅读设计文件和相关产品使用说明书；施工单位应在施工前对施工人员进行安全质量技术交底。

7.3.4 受压加固时应先对结构构件进行支撑加固，然后再卸除活荷载。

7.3.5 施工操作脚手架应符合施工方案要求，搭设完成并经验收合格后方可使用。

7.3.6 施工前宜做施工样板，施工样板宜在施工现场加固构件旁采用相同材料和施工工艺进行制作。

7.4 施工要点

7.4.1 原砌体构件表面碱蚀严重时，应先清除松散部分并用机制砂高韧性水泥基复合材料修补，已松动的勾缝砂浆应剔除。在清理、修整原结构、构件过程中发现的裂缝和损伤，应逐个予以修补，当修补有困难时，应进行局部拆砌。修补或拆砌完成后，应用清洁的压力水冲刷干净。

7.4.2 机制砂高韧性水泥基复合材料施工前，应先对构件表面浇水且充分湿透构件，待构件表面湿润无明显水后再进行施工。

7.4.3 机制砂高韧性水泥基复合材料应采用强制式搅拌机搅拌，搅拌机转速不应小于 500r/min，应按以下投料顺序进行搅拌：先加入水，在搅拌过程中加入干混料，待拌合物搅拌均匀后加入纤维，继续搅拌不少于 5min，待纤维分散均匀后停止搅拌。当现场使用时的气温低于 30℃时，制备好的机制砂高韧性水泥基复合材料应在 1h 内使用完毕；当气温大于等于 30℃时，应在 0.5h 内使用完毕。

7.4.4 机制砂高韧性水泥基复合材料单次压抹厚度不宜超过 15mm，当面层厚度大于 15mm 时

宜分层压抹，前后两层压抹时间间隔不应超过 4h。

7.4.5 机制砂高韧性水泥基复合材料应在施工完成 2h 后及时喷雾养护，并做好保湿、防风 and 防晒措施，避免水分蒸发。养护时间不应少于 7d。当日平均气温低于 10℃时，养护时间不宜少于 14d。

贵州省住房和城乡建设厅信息公开
浏览专用

8 质量验收

8.1 一般规定

8.1.1 机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构工程的质量验收，应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的抽样原则按批次进行检验。

8.1.2 检验批合格质量标准应同时满足下列条件：

- 1 主控项目的质量经抽样检验合格；
- 2 一般项目的质量经抽样检验合格；当采用计数检验时，其抽检的合格点率不应低于本规程的有关规定，且不应低于 85%，一般项目的质量不应有严重缺陷；
- 3 具有完整的施工操作依据、质量检查记录及质量证明文件。

8.1.3 机制砂高韧性水泥基复合材料进场检验按同一厂家、同一生产批次、同一进场时间每 100t（干混成品料和配套纤维）为一个检验批，不足 100t 的也按一个检验批计。

8.1.4 机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构工程的质量检验，应以被加固的 50 个自然间为一个检验批，大面积房间和走廊按 30m² 为一间，不足 50 间时按一个检验批计。

8.1.5 机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构工程的质量验收，可按本规程附录 C 的格式记录。

8.2 主控项目

8.2.1 机制砂高韧性水泥基复合材料的力学性能应满足本规程表 3.4.1 的要求，同时应符合设计要求。用于检查机制砂高韧性水泥基复合材料力学性能的试件，应在建设单位或监理单位见证下，在施工现场机制砂高韧性水泥基复合材料拌合物中随机抽取并留置试件，并按本规程第 3.4.1 条的规定进行检验。

检查数量：每一批次、每个检验项目不应少于 3 组，每组 3 个试件。

检验方法：检查标准养护试件的检验报告。

8.2.2 当设计需要设置钢筋网时，其制作和安装的施工要求应符合现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 对钢筋网安装的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：核查隐蔽验收记录等。

8.2.3 机制砂高韧性水泥基复合材料面层或配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层，其外观质量不应有严重缺陷。对硬化后机制砂高韧性水泥基复合材料或配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层的严重缺陷应按表 8.2.3 进行检查和评定。对已出现的问题应由施工单位提出处理方案，经建设单位、监理单位和设计单位共同认可后进行处理并应重新检查、验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、检查技术处理方案及施工记录。

表 8.2.3 机制砂高韧性水泥基复合材料或配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层外观质量缺陷

名称	现象	严重缺陷	一般缺陷
露筋	钢筋网或拉结筋未被机制砂高韧性水泥基复合材料包裹而外露	受力钢筋外露	按构造要求设置的钢筋有少量外露
疏松	机制砂高韧性水泥基复合材料局部不密实	构件主要受力部位有疏松	其他部位有少量疏松

夹杂异物	机制砂高韧性水泥基复合材料中夹有异物	构件主要受力部位夹有异物	其他部位夹有少量异物
硬化或固化不良	机制砂高韧性水泥基复合材料失效, 致使面层不硬化或不固化	任何部位不硬化或不固化	不属于一般缺陷
裂缝	缝隙从机制砂高韧性水泥基复合材料面层表面延伸至内部	构件主要受力部位有影响结构性能或使用功能的裂缝	其他部位有影响结构使用功能的裂缝
连接部位缺陷	构件端部连接处机制砂高韧性水泥基复合材料面层分离或锚固件与面层之间松动、脱落	连接部位有影响结构传力性能的缺陷	连接部位有轻微影响或不影响传力性能的缺陷

8.2.4 砌体构件外加的机制砂高韧性水泥基复合材料与基材界面粘结的施工质量, 可采用现场锤击法或其他探测法探查空鼓情况。按探查结果确定的受检构件有效粘结面积占该构件加固表面积的百分率不小于 90% 进行合格判定, 空鼓面积不应大于 400cm^2 。

检查数量: 每一检验批抽取加固构件的 5%, 且不少于 5 个构件; 不足 5 个构件时全部检查。

检验方法: 用小锤轻击或其他探测方法检查空鼓。

8.2.5 机制砂高韧性水泥基复合材料与砌体之间的正拉粘结强度, 应进行现场取样检验, 检验结果应符合第 3.4.2 条的规定。

检查数量: 每一检验批按实际加固面层表面积均匀划分为若干区, 每区 100m^2 , 不足 100m^2 , 按 100m^2 计, 每层不应少于 1 区; 以每区为一个检验组, 每组 3 个检验点。此外, 转角和门窗洞口处必须进行检测。

检验方法: 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 附录 U 的有关规定执行。

8.2.6 机制砂高韧性水泥基复合材料面层或配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层的厚度检测, 可采用局部凿开法, 面层厚度不应小于设计要求, 且应按面层厚度仅允许出现正偏差、无负偏差进行合格判定, 抽样合格率不应小于 90%。

检查数量: 每一检验批抽取加固构件的 5%, 且不少于 5 个构件; 不足 5 个构件时全部检查; 每个构件抽查不少于 3 处。

检验方法: 局部凿开后用钢尺测量。

8.2.7 采用配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固砌体结构时, 应对钢筋的保护层厚度进行检测, 检测方法应符合现行行业标准《混凝土中钢筋检测技术标准》JGJ/T 152 的有关规定。检测时, 应按钢筋网保护层厚度仅允许有 5mm 的正偏差、无负偏差进行合格判定。

检查数量: 每一检验批抽取加固构件的 5%, 且不少于 5 个构件; 不足 5 个构件时全部检查。

检验方法: 局部凿开后用钢尺测量, 或采用非破损探测方法检测。

8.2.8 采用配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固砌体结构时, 植筋、锚固钢筋或拉结钢筋的施工质量验收, 应在相应工序施工完毕后, 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 的有关规定提前进行施工质量检验。

8.3 一般项目

8.3.1 加固砌体结构的机制砂高韧性水泥基复合材料面层或配筋机制砂高韧性水泥基复合材

料面层，其外观质量不宜有一般缺陷。对已出现的一般缺陷，应由施工单位按技术处理方案进行处理，并重新检查验收。

检查数量：全数检查。

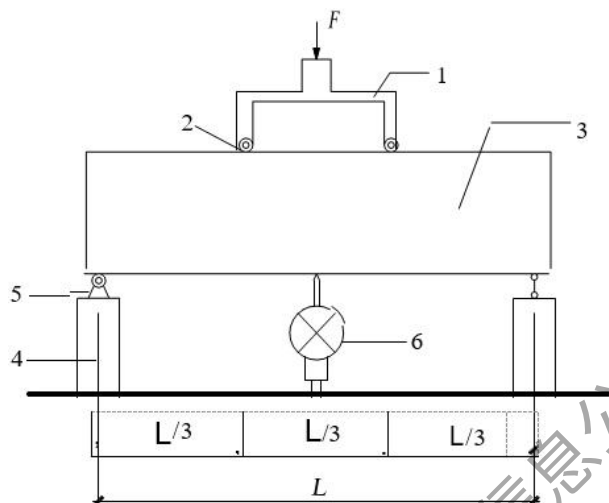
检验方法：观察、量测并检查技术处理方案。

贵州省住房和城乡建设厅信息公开
浏览专用

附录 A 机制砂高韧性水泥基复合材料弯曲试验方法

A.0.1 本试验方法适用于机制砂高韧性水泥基复合材料等效弯曲强度和等效弯曲韧性的测定。

A.0.2 试验装置应符合下列规定：



图A.0.2 抗弯试验加载装置

1——加载分配梁；2——分配梁辊轴；3——试件；4——支座；5——支座辊轴；6——位移计

1 试验机宜采用液压伺服万能试验机或带有弯曲试验台的伺服式压力试验机，示值相对误差不应大于1.0%，试验时的最大荷载宜在量程的80%以内；

2 分配梁中点为加载点，在试件标距三分点处设有两个加压辊轴，辊轴直径10mm~12mm；

3 与试件接触的两个辊轴铰支座，辊轴弧形直径10mm~12mm，支座长度比试件宽度长10mm；

4 挠度测量装置（图A.0.2）应包括固定测量挠度仪表的支座。挠度测试系统中的电阻的位移计量程不应小于20mm，精度不应低于0.001mm，测试点位于试件底部跨中位置；

5 荷载测量传感器应准确测量施加于试件上的荷载，测量精度不应低于0.1N；

6 测试数据采集应连续自动完成，可通过模数转换器与计算机连接，有程序控制，采样频率不宜低于10Hz；

7 其他装置还宜包括钢直尺、游标卡尺、直角规等。

A.0.3 试件成型及养护方法应按现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081的有关规定执行。每组试验应制备3个试件。

A.0.4 试件尺寸应为40mm×40mm×160mm，试验跨度应取L=150mm。

A.0.5 试验测试应按下列步骤进行：

1 从养护地点取出试件，擦净后检查外观，不得有明显缺损，在跨中1/3的纯弯段内不得有直径大于5mm、深度大于2mm的表面缺陷；

2 应将试件成型时的非浇筑面作为承荷面，安放在支座上。应按规定尺寸和三分点位置加荷的规定，检查支座及分配梁位置，所有间距尺寸偏差不应大于±1mm；

3 应将试件放稳对中后启动试验机，当分配梁辊轴与试件接近时，应调整分配梁和支座，使接触均衡。压头及支座不应前后倾斜，各接触不良处应予以垫平；

4 试件安放好后，应施加一定的预压荷载，停机检查试件与压头及支座的接触情况，确保试件不发生扭动，然后安装测量跨中挠度的位移计；

5 安装测量变形的仪表时，首先接通测试线路并做空载调试，然后做预压调试，待测试系统工作正常后方可进行正式试验；

6 应对试件按位移控制加荷，加载应连续、均匀，加载速率宜取0.2mm/min~0.5mm/min；

7 绘制荷载-挠度曲线。

注：若试件在受拉面跨度三分点以外断裂，则该试件试验结果无效。

A.0.6 试件的等效弯曲强度应按下式计算：

$$f_{eq}^u = \frac{\Omega_u L}{bh^2 \delta_u} \quad (A.0.6)$$

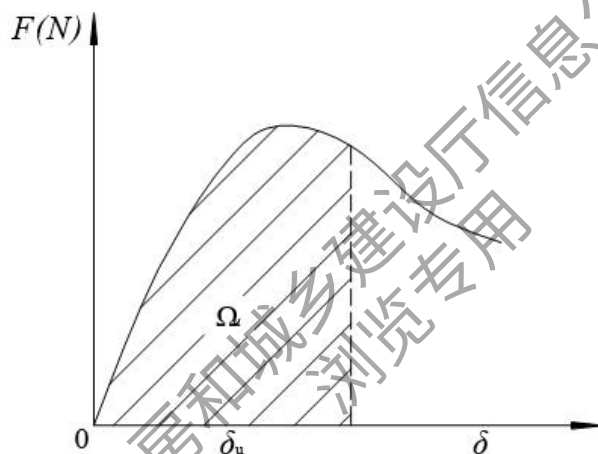
式中： f_{eq}^u ——等效弯曲强度（N/mm²），精确至0.1N/mm²；等效弯曲强度代表值取试件测试结果的算术平均值；

Ω_u ——跨中挠度为 δ_u 时，荷载-挠度曲线下的面积（N·mm）（图A.0.6）；

δ_u ——荷载下降至峰值荷载的 u 倍时对应的挠度值（mm）；用于机制砂高韧性水泥基复合材料力学性能指标测定时， u 取0.85；

b 、 h ——试件的截面宽度和高度（mm）；

L ——试件的跨度（mm）。



图A.0.6 等效弯曲强度计算

A.0.7 试件的等效弯曲韧性应按下式计算：

$$W_c^u = \frac{\Omega_u}{bh^2} \quad (A.0.7)$$

式中： W_c^u ——等效弯曲韧性（×10³kJ/m³），精确至0.1kJ/m³；等效弯曲韧性代表值取试件测试结果的算术平均值。

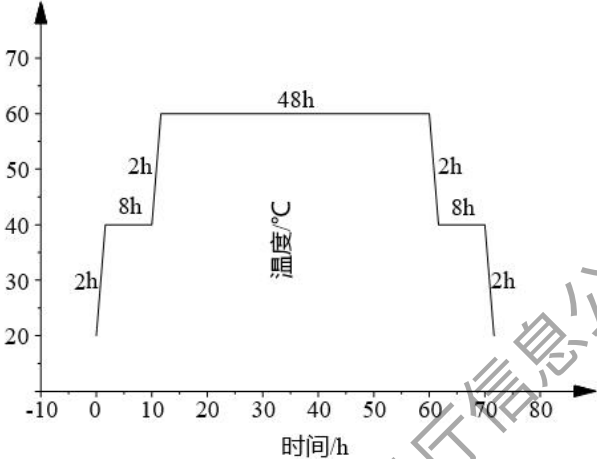
附录 B 机制砂高韧性水泥基复合材料力学性能快速检验方法

B.0.1 本方法适用于机制砂高韧性水泥基复合材料材料进场检验时的力学性能快速检验。

B.0.2 可程式恒温恒湿试验箱，可调节温度范围应为 0℃~80℃，温度均匀度应为±1℃，温度波动度应为±0.5℃；湿度范围应为 20%~98%RH，湿度均匀度应为±2%RH，湿度波动度应为±1%RH。

B.0.3 试验测试应按下列步骤进行：

1 机制砂高韧性水泥基复合材料力学性能的快速检验对应的可程式恒温恒湿试验箱运行应按图B.0.3的程序进行，相对湿度应保持在95%以上；



图B.0.3 可程式恒温恒湿试验箱运行程序

2 机制砂高韧性水泥基复合材料力学性能快速检验的试件尺寸及制作方法应符合本规程第3.4.1条的相关规定，每批次制作1组试件；

3 试件制作成型24h后拆模，检查外观，不得有明显缺损。试件拆模后置于可程式恒温恒湿试验箱中，上下错位放置，按本条规定养护后取出，放置室温后再按本规程第3.4.1条规定的方法进行力学性能测试。

B.0.4 快速检验的机制砂高韧性水泥基复合材料力学性能测试结果应符合表B.0.4的要求。

表B.0.4 机制砂高韧性水泥基复合材料快速养护力学性能指标

指标类别	检验方法	试件尺寸	性能指标		
			I 类	II类	III类
等效弯曲韧性 (kJ/m ³)	本规程 附录 A	40mm×40mm×160mm	≥160.0	≥120.0	≥80.0
等效弯曲强度 (N/mm ²)			≥11.0	≥10.0	≥9.0
抗折强度(N/mm ²)	《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》 GB/T 17671	40mm×40mm×160mm	≥11.0		
立方体抗压强度 (N/mm ²)	《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081	100mm×100mm×100mm	≥45.0		

注 1：表中性能指标除立方体抗压强度为标准值外，其他性能指标均指试验结果的代表值；

2：立方体抗压强度不进行尺寸换算系数折减。

附 录 C 质量验收记录表

表 C 质量验收记录表

工程名称			分项工程名称		验收部位	
施工单位			专业工长		项目经理	
分包单位			施工班组长		分包项目经理	
批号及批量					见证取样人员	
执行标准名称及编号						
检查项目			本规程质量验收 的规定（条文 号）	施工单位自查评定记录	监理（建设） 单位验收意见	
过程 控制	1	进场检验	第 7.2.1、 7.2.2 条			
	2	界面处理	第 7.4.1、 7.4.2 条			
主控 项目	1	标准养护试件检验	第 8.2.1 条			
	2	钢筋网制作与安装	第 8.2.2 条			
	3	外观质量	第 8.2.3 条			
	4	粘结质量	第 8.2.4 条			
	5	正拉粘结强度	第 8.2.5 条			
	6	加固层厚度	第 8.2.6 条			
	7	钢筋保护层厚度	第 8.2.7 条			
	8	植筋、锚固钢筋或拉结钢筋	第 8.2.8 条			
一般项目	1	面层外观质量（一般缺陷）	第 8.3.1 条			
施工单位检查评定结果			项目专业质量检查员： 年 月 日			
监理（建设）单位验收结论			监理工程师（建设单位项目专业技术负责人）： 年 月 日			

本规程用词说明

1 为了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”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明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”。

引用标准名录

《国家纺织产品基本安全技术规范》GB 18401

《超高分子量聚乙烯纤维》GB/T 29554

《通用硅酸盐水泥》GB 175

《建设用砂》GB/T 14684

《混凝土外加剂》GB 8076

《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119

《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596

《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046

《混凝土用水标准》JGJ 63

《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70

《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550

《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476

《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193

《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344

《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144

《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292

《农村住房危险性鉴定标准》JGJ/T 363

《贵州省房屋安全性鉴定技术管理标准》T/GZCEQIA001

《建筑抗震鉴定标准》GB 50023

《构筑物抗震鉴定标准》GB 50117

《贵州省农村住房抗震加固技术导则》(2024 年 4 月)

《贵州省农村住房抗震排查技术导则》(2024 年 4 月)

《混凝土结构设计标准》GB/T 50010

《砌体结构加固设计规范》GB 50702

《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021

《砌体结构设计规范》GB 50003

《建筑抗震设计标准》GB/T 50011

《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116

《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300

《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550

《混凝土中钢筋检测技术标准》JGJ/T 152

《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081

《高韧性混凝土加固砌体结构技术规程》T/CECS 997

《抹灰砂浆技术规程》JGJ/T 220

《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104

《山砂混凝土技术规程》DB 24/016

贵州省住房和城乡建设厅信息公开
浏览专用

中华人民共和国工程建设地方标准

机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构技术规程

DBJ52/T125-2026

条文说明

贵州省住房和城乡建设厅信息公开
浏览专用

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
3 材料	4
3.1 一般规定	4
3.2 原材料性能	4
3.3 拌合物工作性能	4
3.4 力学性能	4
3.5 耐久性能	5
4 配合比设计	6
4.1 一般规定	6
4.2 配合比设计	6
5 加固设计	7
5.1 一般规定	7
5.2 抗压加固	7
5.3 抗剪加固	9
5.4 抗震加固	10
6 构造	13
6.1 一般规定	13
6.2 机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固	13
6.3 配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固	15
6.4 机制砂高韧性水泥基复合材料条带加固	16
7 施工	22
7.1 一般规定	22
7.2 材料进场	22
7.3 施工准备	22
7.4 施工要点	22
8 质量验收	24
8.1 一般规定	24
8.2 主控项目	24
附 录 A 机制砂高韧性水泥基复合材料弯曲试验方法	27
附 录 B 机制砂高韧性水泥基复合材料力学性能快速检验方法	29

1 总 则

1.0.2 目前针对机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构的研究和应用主要集中在砖和普通混凝土小型空心砌块砌体结构上，本规程的相关内容也主要针对以上类型。对于石砌体等其他砌体结构及构件，机制砂高韧性水泥基复合材料或配筋机制砂高韧性水泥基复合材料加固能够较明显的提高其承载力和整体性，但限于目前相关研究较少，因此暂未列入到本规程中。

1.0.3 本条主要是对本规程在实施过程中与其他相关标准配套使用的关系作出规定。而与
本规程有关的、难以详尽的技术要求，应符合国家现行有关标准的规定。

贵州省住房和城乡建设厅信息公开
浏览专用

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 机制砂高韧性水泥基复合材料，是一种具有高韧性、高抗裂性能和高耐损伤能力的新型结构材料。传统的水泥基材料和纤维水泥基材料都具有明显的脆性，开裂后很快达到最大拉应力，一般仅出现一条主裂缝和少量微裂缝，表现出应变软化特征；机制砂高韧性水泥基复合材料开裂后，应力基本保持不变，应变能维持较长时间的发展，在拉伸和剪切荷载下表现出多裂缝开展和应变硬化特征。现有研究证实，机制砂高韧性水泥基复合材料复配了高比例矿物掺合料，试件养护 28d 之后强度依旧存在显著的后期增长效应。大量试验结果表明，养护至 60d 时体系水化反应趋于完全，材料各项力学性能基本达到稳定状态，因此本规程将材料验收基准龄期划定为 60d。同时，为了便于设计计算，本规程在机制砂高韧性水泥基复合材料定义中给出了强度和韧性的最低要求。

2.1.2 贵州位于长江和珠江两大水系的分水岭地段，为云贵高原的组成部分，平均海拔 1000m 左右，西高东低，并分别向南向北倾斜。贵州全境除东部外，寒武纪至三叠纪的碳酸盐岩广泛分布，总厚度在 3000~12000m 之间，分布面积为 12.7 万平方千米，占全省总面积的 72% 左右。因而贵州地区岩石主要是以石灰岩、白云岩为代表的碳酸盐岩石，机制砂主要由该两类岩石机械破碎筛分制得。

贵州省住房和城乡建设厅信息中心
浏览专用

3 材料

3.1 一般规定

3.1.1~3.1.2 为了便于工程使用和质量控制，在工厂生产的机制砂高韧性水泥基复合材料为 AB 料，其中 A 料为干混成品料，B 料为纤维，在施工现场只需加水搅拌即可。由于机制砂高韧性水泥基复合材料的主要增韧材料为纤维，且纤维表面要经过工艺处理才能保证其发挥良好的增韧效果，如果提前将纤维加入干混料中，会破坏纤维表面的处理效果，因此宜将该干混料和纤维分开配制，施工过程中采用纤维后加法搅拌均匀得到机制砂高韧性水泥基复合材料材料的拌合物。

3.2 原材料性能

3.2.1 纤维是提高机制砂高韧性水泥基复合材料韧性指标的重要因素。根据文献查阅、实验验证和项目应用情况调研，现阶段超高分子量聚乙烯纤维具有良好的增韧效果，同时也具备良好的经济性。因此本技术规程规定在制备机制砂高韧性水泥基复合材料时优先采用超高分子量聚乙烯纤维。此外，为了避免纤维对人体的伤害，本条对纤维的基本安全技术要求也做了相应规定。

3.3 拌合物工作性能

3.3.2 机制砂高韧性水泥基复合材料中不含粗骨料，其拌合物工作性能类似于砂浆，因此需要规定材料的稠度要求。目前，机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构主要采用人工压抹的施工方式，所以需要适当控制稠度的范围。

3.4 力学性能

3.4.1 本条给出了机制砂高韧性水泥基复合材料四个主要力学性能指标，作为机制砂高韧性水泥基复合材料力学性能检验的重要依据。其中等效弯曲韧性和等效弯曲强度为韧性评价指标，抗折强度和立方体抗压强度为强度评价指标。由于制备过程中掺入高掺量矿物掺合料置换水泥基体，该材料早期水化进程平缓，强度提升迟缓，龄期 28d 之后强度还会出现明显提升。大量试验数据验证表明，养护至 60d 时材料水化反应充分进行，各项力学性能趋于稳定。因此，将 60d 设定为力学性能检测龄期。

机制砂高韧性水泥基复合材料的强度指标主要用于结构加固计算，I、II、III 类指标相同。韧性指标主要针对不同抗震要求的房屋，从构造、耗能角度考虑，按照机制砂高韧性水泥基复合材料的韧性评价指标不同，将材料分成了 I、II、III 类。

机制砂高韧性水泥基复合材料基体组分不含粗骨料，材料具有较好的致密性和匀质性；纤维桥联作用和高拉伸应变特性使其具有很好的抗裂性能和抗压韧性，在受压破坏时的脆性明显降低，其抗压强度受尺寸效应显著小于普通混凝土。同时因其不含粗骨料，在立方体抗压试验中，尺寸效应的影响较小，因此按 100mm×100mm×100mm 的尺寸做立方体抗压试验，可以不考虑尺寸效应的影响，即不进行尺寸换算系数折减。

3.5 耐久性能

3.5.1 机制砂高韧性水泥基复合材料的耐久性能明显高于普通混凝土，本条规定了其主要的耐久性能指标，当设计中对其耐久性能有相应要求时，可参照现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 和本条的规定，综合确定其具体耐久性指标。

3.5.2 由于机制砂高韧性水泥基复合材料的力学性能指标以 60d 龄期为准，因此为了相互协调，本条规定其耐久性能检验也从 60d 龄期开始。

4 配合比设计

4.1 一般规定

4.1.1 机制砂高韧性水泥基复合材料包括两个强度指标和两个韧性指标。因此，机制砂高韧性水泥基复合材料的试配应同时满足强度和韧性指标的双重要求。同时，机制砂高韧性水泥基复合材料拌合物工作性能、力学性能和耐久性能都应当满足设计要求。

4.2 配合比设计

4.2.1 在控制最大水胶比条件下，表 4.2.1 中最小水泥用量是满足机制砂高韧性水泥基复合材料施工性能和掺加矿物掺合料后满足混凝土耐久性能的水泥用量下限。

贵州省住房和城乡建设厅信息公开
浏览专用

5 加固设计

5.1 一般规定

5.1.1 考虑到高温下可能导致机制砂高韧性水泥基复合材料的韧性指标降低甚至失效,本条给出机制砂高韧性水泥基复合材料适用的环境温度不应超过 90℃。研究表明机制砂高韧性水泥基复合材料在高温下的强度变化与普通混凝土或普通砂浆等水泥基材料相似。混凝土在高温下有可能产生爆裂,但机制砂高韧性水泥基复合材料中含有纤维,在高温作用下纤维会溶解形成水蒸气的迁移通道,使构件中蒸汽压得到释放,避免了基体的爆裂。机制砂高韧性水泥基复合材料耐高温试验结果显示,在 125℃时,机制砂高韧性水泥基复合材料的各项性能指标基本不受影响,本规程保守起见将其使用环境温度规定为不应超过 90℃。

5.1.3 机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构及构件是通过面层的约束作用和优良的材料性能来达到加固目的,其设计计算原则与现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702 的有关规定相一致,抗震加固时与现行行业标准《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116 的规定一致,这样在规程应用过程中保持了和其他相关标准、规范的协调统一。

5.1.4 机制砂高韧性水泥基复合材料的轴心抗压强度标准值 f_{dk} 可按下列公式计算:

$$f_{dk}=0.88\times\alpha_{d1}f_{dc,k} \quad (1)$$

式中: 0.88——考虑到结构中混凝土强度与试件混凝土强度之间的差异而采取的修正系数;

α_{d1} ——棱柱体抗压强度与立方体抗压强度的比值,可取 0.88;

$f_{dc,k}$ ——机制砂高韧性水泥基复合材料立方体抗压强度标准值,取 $f_{dc,k}=50\text{N/mm}^2$ 。

上式(1)参考了现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 对混凝土轴心抗压强度标准值的取值依据。由于机制砂高韧性水泥基复合材料轴心受压破坏时表现出良好的抗压韧性和耐损伤能力,与传统混凝土的脆性破坏有明显区别,因此不再考虑机制砂高韧性水泥基复合材料的脆性折减系数。且大量研究表明,由于纤维桥联作用对机制砂高韧性水泥基复合材料单轴受压提供的横向约束作用,使高韧性水泥基复合材料的轴心抗压强度明显高于相同强度等级的普通水泥基材料。根据大量试验数据分析结果,机制砂高韧性水泥基复合材料棱柱体抗压强度与立方体抗压强度的比值 α_{d1} 为 0.88~0.95,可偏于安全取 0.88。

根据机制砂高韧性水泥基复合材料轴心抗压强度标准值,并参照现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 中混凝土的抗压强度设计值计算方法,综合确定机制砂高韧性水泥基复合材料轴心抗压强度设计值 f_{dc} 为 27.6N/mm²。

机制砂高韧性水泥基复合材料的轴心抗拉强度明显高于普通混凝土,且基本都能达到同等等级混凝土抗拉强度的 2 倍以上,本条根据大量试验数据,并结合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 中混凝土的抗拉强度设计值计算方法,综合确定机制砂高韧性水泥基复合材料轴心抗拉强度设计值 f_{dt} 为 3.8N/mm²。

机制砂高韧性水泥基复合材料的受压和受拉弹性模量与其立方体抗压强度有关,但由于机制砂高韧性水泥基复合材料基体内不含粗骨料,其弹性模量取值与普通混凝土不同,本条根据西安建筑科技大学等科研院所大量试验结果以及国家建筑工程质量监督检验中心的检验结果,机制砂高韧性水泥基复合材料的弹性模量 E_d 相当于同等强度普通混凝土的 2/3 左右,本条给出机制砂高韧性水泥基复合材料的弹性模量 $E_d=2.20\times 10^4\text{N/mm}^2$ 。

5.1.5 机制砂高韧性水泥基复合材料的分类主要是从构造和抗震耗能的角度考虑,根据等效弯曲韧性和等效弯曲强度的不同来划分,对不同的抗震要求的砌体结构,采用不同类型的机制砂高韧性水泥基复合材料,在保证结构构件承载力和耗能能力的前提下可以取得较好的经济效果。

根据现有建筑应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223 分为四类,其抗震措施核查和抗震验算的综合鉴定应符合下列要求:(1)重点设防类:指地震时使用功能不能中断或需尽快恢复的生命线相关建筑,以及地震时可能导致大量人员伤亡等重大灾害后

果，需要提高设防标准的建筑，简称乙类。（2）标准设防类：指大量的除（1）、（3）款以外按标准要求进行设防的建筑，简称丙类。（3）适度设防类：指使用上人员稀少且震损不致产生次生灾害，允许在一定条件下适度降低要求的建筑，简称丁类。

5.2 抗压加固

5.2.1 对受压构件加固，在满足构造要求情况下，本公式参考了《砌体结构设计规范》GB 50003 中组合砌体轴心受压构件承载力计算公式，并与试验结果相互匹配，方便计算。机制砂高韧性水泥基复合材料的极限压应变约为 0.006，砌体极限压应变约为 0.002，在极限荷载作用下，机制砂高韧性水泥基复合材料实际发挥的强度（实际应力）小于其极限抗压强度。根据试验结果，在无初始荷载作用时，采用机制砂高韧性水泥基复合材料面层双面加固砖墙，机制砂高韧性水泥基复合材料的“实际应力”与其极限抗压强度的比值在 0.274~0.363 之间，采用机制砂高韧性水泥基复合材料面层单面加固砖墙，该比值在 0.397~0.491 之间。因此，计算加固后构件的承载力引入机制砂高韧性水泥基复合材料材料强度利用系数 α_{d1} 。安全起见，无论单面双面，无初始荷载时 α_{d1} 均取为 0.3。

受压加固时，考虑到加固结构中原砌体构件加固前已承受一定压力荷载，其应力水平一般都比较高，而加固新增的机制砂高韧性水泥基复合材料面层还不能立即工作，需待新加荷载后（二次受力）才开始受力。此时，新增机制砂高韧性水泥基复合材料面层的应变滞后于原砌体的应变，原砌体的应变高于新增机制砂高韧性水泥基复合材料面层的应变。当原砌体达到极限状态时，新增机制砂高韧性水泥基复合材料面层还没达到上述的“实际强度”。因此，引入二次受压影响系数 α_{d2} ，则机制砂高韧性水泥基复合材料强度利用系数 $\alpha_{dc}=\alpha_{d1}\alpha_{d2}$ 。

将原墙体在重力荷载作用下的平均竖向压应力定义为初始应力，初始应力与砌体抗压强度的比值定义为初始应力比 β_σ 。因砌体结构离散性较大，确定统一的应力-应变曲线较难，因此，分别选取由 B.Powell 和 H.R.Hodgkinson、朱伯龙、施楚贤提出的三条砌体结构应力应变曲线进行理论分析，得到砌体墙的初始应力比 β_σ 与机制砂高韧性水泥基复合材料强度利用系数 α_{dc} 的关系，见下图 5.2.1。

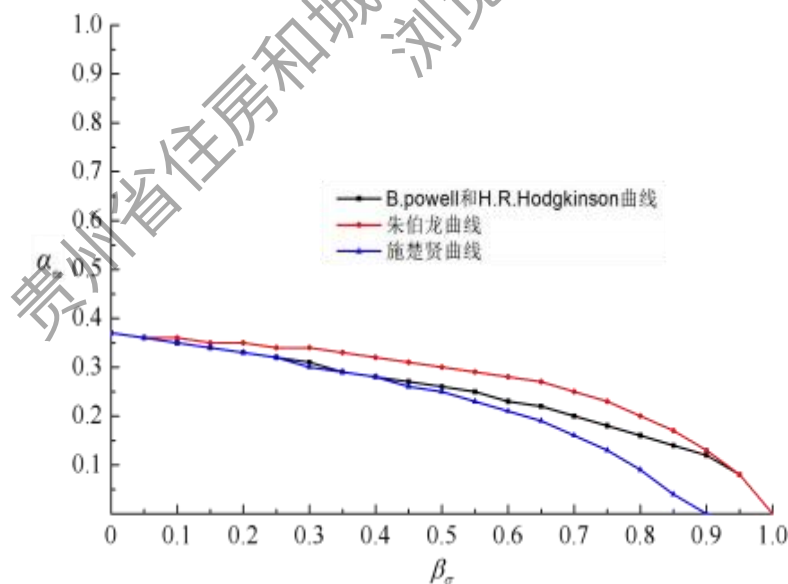


图5.2.1 砌体墙的初始应力比 β_σ 与机制砂高韧性水泥基复合材料强度利用系数 α_{dc} 的关系

由图可知，随着初始应力比 β_σ 增大， α_{dc} 逐渐减小。当初始应力比 β_σ 小于等于 0.7 时，曲线下降缓慢；当初始应力比 β_σ 大于 0.7 时， α_{dc} 下降增快。当初始应力比 β_σ 等于 0.7 时， α_{dc} 的二次受压折减系数 α_{d2} 在 0.43~0.67 之间。经综合考虑，取二次受压影响系数为 $\alpha_{d2}=0.5$ 。故取 $\alpha_{dc}=\alpha_{d1}\alpha_{d2}=0.3\times 0.5=0.15$ 。

5.3 抗剪加固

5.3.1 采用机制砂高韧性水泥基复合材料或配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层对砌体墙的抗剪加固,可简化为原砌体的抗剪承载力加上机制砂高韧性水泥基复合材料加固面层的承载力贡献。

5.3.2~5.3.3 采用机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固后,墙体提高的受剪承载力 V_d 根据试验结果并考虑面层的破坏形式,按主拉应力理论计算,与现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702 中钢筋混凝土面层加固砌体墙提高的受剪承载力计算公式的形式基本保持一致,部分参数取值根据试验结果有所调整。

5.4 抗震加固

5.4.1 本公式参照现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 取用。机制砂高韧性水泥基复合材料的贡献,根据现行《建筑抗震设计标准》GB/T 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。

5.4.2 抗震加固和抗震鉴定一样,可采用加固后的综合抗震能力指数作为衡量多层砌体房屋抗震能力的指标,也可按设计规范的方法对加固后的墙段用截面受剪承载力进行验算。与鉴定不同的是,要按不同的加固方法考虑相应的加固增强系数,并按加固后的情况确定体系影响系数 ψ_1 和局部影响系数 ψ_2 。

5.4.5 机制砂高韧性水泥基复合材料强度比较高,当原墙体砂浆强度很低时,原墙体承载力过低,根据第 5.4.5 条的公式计算出的承载力提高系数会很大,因此,保守起见,将承载力提高系数控制在 5.0 以内,当计算结果大于 5.0 时,系数取为 5.0。其中,公式是根据一系列的抗震、抗剪试验结果理论总结出来的,5.0 是根据公式计算结果上限的一个限制,没有特定的试验。此外,原墙体在重力荷载代表值作用下的平均竖向压应力 $\sigma_0 > 0.8f$ 时, η_0 应乘以 0.8 进行折减, f 为砌体的抗压强度设计值。

6 构造

6.1 一般规定

6.1.2 机制砂高韧性水泥基复合材料面层厚度较厚时，为了充分发挥机制砂高韧性水泥基复合材料的性能优势，可在面层中配置钢筋，形成配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层，更大程度提高砌体结构的承载能力和整体性。考虑到配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层单面加固时，钢筋网发挥作用有限，因此，出于安全和经济两方面因素考虑，本条规定配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层宜采用双面加固。

6.2 机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固

6.2.1~6.2.3 本条规定砂浆强度较低时，为了提高机制砂高韧性水泥基复合材料面层与原砌体的共同工作能力，建议在机制砂高韧性水泥基复合材料面层与墙体之间采用局部嵌缝等方式进行处理。对面层端部应采取嵌固措施防止面层剥离。遇到门窗洞口时，应将面层延伸至洞口侧边锚固，提高加固的整体性。

6.2.4 加固措施包括嵌缝、粘结钢丝网或者插筋等。

6.2.5 当面层较厚时，采用拉结筋增强面层与墙体可靠拉结，可以提高对面层的平面外约束作用，防止构件受压时面层横向变形剥离。

6.2.7 采用机制砂高韧性水泥基复合材料面层对墙体进行抗剪和抗震加固时，可根据综合抗震能力指数的控制，只在某一层进行，因此可以不用向受压加固一样自上而下将荷载延伸至基础。但在底层的外墙，为提高耐久性，面层在室外地面以下宜加厚并向下延伸 500mm 伸至地圈梁顶面。

6.3 配筋机制砂高韧性水泥基复合材料面层加固

6.3.6 当砌体结构的构造柱或圈梁设置不足时，可采用机制砂高韧性水泥基复合材料-砌体组合圈梁和机制砂高韧性水泥基复合材料-砌体组合构造柱对房屋进行抗震构造加固，解决其抗震构造措施不足的问题。这样处理，施工方便快捷，且对原有建筑的使用空间占用较少。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 采用机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构一般不需要配置钢筋，施工工序少，施工方法主要为人工压抹，施工便捷。机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构主要是利用机制砂高韧性水泥基复合材料的性能优势和与砌体良好的协同工作来提高结构的整体性和承载能力，因此在施工过程中应注意加固面的基层处理要干净，并要养护到位，保证机制砂高韧性水泥基复合材料材料性能的可靠性。而“安装钢筋网、拉结筋”的工序只在设计方案中需要钢筋网和拉结筋时进行，而钢筋网交叉点应全数绑扎。

7.1.2 由于机制砂高韧性水泥基复合材料属于水泥基材料，温度过低会影响水化作用，且容易造成拌合物种的水分结冰现象，影响材料性能，因为冬期室外施工很难控制施工温度，因此本条规定冬期不应在室外施工。冬期在室内施工时，也要有专门的措施保证施工温度等满足要求。

7.2 材料进场

7.2.2 机制砂高韧性水泥基复合材料的材料性能对工程质量至关重要，使用前对进场的材料性能进行见证取样复验，可以在施工之前对进场材料进行质量控制。

机制砂高韧性水泥基复合材料属于新材料。本规程第 3.4.1 条中规定机制砂高韧性水泥基复合材料的验收龄期为 60d，过长的检测周期不利于使用单位选择机制砂高韧性水泥基复合材料。大量实验数据表明，经过特定快速养护工艺的机制砂高韧性水泥基复合材料，可以使机制砂高韧性水泥基复合材料力学性能快速发展，其力学性能指标接近标准养护 60d 的强度指标，因此，本规程附录 B 规定了力学性能快速检验方法的方法，采用该方法能在不影响正常施工进度的前提下，能够快速判断进场材料性能是否满足要求。

7.3 施工准备

7.3.3 施工单位要认真熟悉图纸，参加相关单位组织的设计交底，并结合现场实际情况给出合理反馈。加固专项施工方案很重要，在正式施工前，需针对该加固技术的特点和施工条件，认真做好专项施工方案的编制，并向相关单位及人员进行安全质量技术交底。

7.3.4 受压加固时卸除活荷载，可以使得加固后的机制砂高韧性水泥基复合材料面层能够更好地发挥效果，减少三次受力产生的应力滞后影响。

7.3.6 为了确保不同的施工人员对机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构技术施工操作认知的一致性，保证施工操作规范准确，宜在现场大面积施工之前制作施工样板，便于参照、比对和技术交底。

7.4 施工要点

7.4.1 机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构主要是利用机制砂高韧性水泥基复合材料的性能优势以及加固面层与原构件之间良好的协同工作能力来提高砌体的整体性和承载能力，因此在施工过程中应注意基层处理要干净，保证机制砂高韧性水泥基复合材料与原构件之间的协同工作。

7.4.2 砖与普通混凝土小型空心砌块内部孔隙较多、吸水率较高。若直接在其表面施工机制砂高韧性水泥基复合材料，基材会吸收机制砂高韧性水泥基复合材料中的游离水，导致机制砂高韧性水泥基复合材料失水，进而引发开裂并削弱其与基材的粘结性能。因此，施工前应充分润湿砖与普通混凝土小型空心砌块，以避免机制砂高韧性水泥基复合材料开裂及界面粘结能力不足。

7.4.3 为了保证纤维均匀分散在机制砂高韧性水泥基复合材料基体中，本条规定机制砂高韧性水泥基复合材料的搅拌采用纤维后掺法。先将不含纤维的干混成品料加水搅拌均匀以后，再加入纤维搅拌，使纤维分散均匀无结块。搅拌机必须采用强制式搅拌机，搅拌时间应比普通混凝土搅拌时间长。实践表明，搅拌机转速 $\geq 500\text{r/min}$ ，有利于纤维的分散。

7.4.5 机制砂高韧性水泥基复合材料用水量较少，刚施工完成的机制砂高韧性水泥基复合材料若长时间暴露在环境中，水分会快速散失，极易引发基体表层失水干缩并产生塑性开裂。为抑制早期水分损耗、提升材料整体抗裂性能，应在施工成型 2h 后及时开展保湿养护，并及时做好防风和防晒措施，包括以下措施：雾化喷淋、覆盖薄膜等。严禁采用大水直冲淋水作业，水流冲刷易扰动尚未硬化的表层浆体，造成面层破损、起皮脱落等病害。

贵州省住房和城乡建设厅信息公开
浏览专用

8 质量验收

8.1 一般规定

8.1.1 现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 规定，明显不合格的个体可不纳入检验批，但应进行处理并重新验收。检验批中明显不符合要求的个体通常可通过目测观察或简单的测试确定，这些个体的检验指标往往与其他个体存在较大差异，纳入检验批后会增大验收结果的离散性，影响整体质量水平的客观评价。

8.1.2 本条根据现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 关于建筑工程质量验收原则制定。

8.2 主控项目

8.2.1 施工过程中，根据检验批划分及抽样数量要求，在现场抽样留取试件进行标准养护，以此来评判施工现场使用的材料最终性能是否满足设计要求，并作为质量验收的一项重要内容。

8.2.2~8.2.8 采用机制砂高韧性水泥基复合材料加固砌体结构的施工质量验收，主要包括钢筋网制作与安装、外观质量、粘结质量、正拉粘结强度、加固层厚度、钢筋保护层厚度等。对于本规程没有具体规定的其他加固项目，也给出了相应的参考验收规定。在实际工程中对机制砂高韧性水泥基复合材料面层厚度和钢筋保护层厚度检验时，对检验的工具及测量误差会有精度要求，一般情况下检测误差不应大于 1mm。

附录 A 机制砂高韧性水泥基复合材料弯曲试验方法

目前国际上对纤维混凝土弯曲韧性试验方法的研究较多，现行行业标准《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221 和协会标准《纤维混凝土试验方法标准》CECS 13 均给出了纤维混凝土等效弯曲强度和弯曲韧性的试验方法。按以上方法计算试件的等效弯曲强度时，需要计算试件跨中挠度为 $L/150$ 的荷载——挠度曲线下的面积。对机制砂高韧性水泥基复合材料，跨中挠度为 $L/150$ 时尚未达到试件的峰值荷载，因此采用荷载下降至峰值荷载 0.85 倍时对应的挠度值计算等效弯曲强度，同时为了避免分子 Ω_u 和分母 δ_u 同时增大的影响，引入 A.0.7 条等效弯曲韧性的指标，用这两个指标来综合反映材料弯曲性能。

贵州省住房和城乡建设厅信息公开
浏览专用

附录 B 机制砂高韧性水泥基复合材料力学性能快速检验方法

本附录 B 中的方法为机制砂高韧性水泥基复合材料力学性能的快速检验方法，主要用于机制砂高韧性水泥基复合材料材料进场时判断材料性能是否合格，作为进场材料的选择依据。因为采用快速养护，可以使机制砂高韧性水泥基复合材料力学性能快速发展，接近标准养护 60d 的强度指标，能不影响正常施工进度的前提下快速直接反应材料的性能。

贵州省住房和城乡建设厅信息公开
浏览专用