

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/TXXXX—2022

高延性纤维增强水泥基复合材料加固砌体 结构应用技术规程

Technical Specification for Strengthening Masonry Structure with Ultra-high Ductile
Concrete

(报批稿)

2022-XX-XX 发布

2022-XX-XX 实施

江苏省市场监督管理局 江苏省住房和城乡建设厅 发 布

目 次

前言	错误!未定义书签。
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	5
4 基本规定	6
5 材料	7
5.1 原材料	7
5.2 高延性纤维增强水泥基复合材料性能要求	7
6 设计与构造	9
6.1 一般规定	9
6.2 砌体受压加固	9
6.3 砌体受弯加固	12
6.4 砌体受剪加固	14
6.5 砌体抗震加固	14
6.6 面层加固构造规定	16
6.7 条带式加固构造规定	20
7 施工	222
7.1 一般规定	222
7.2 高延性纤维增强水泥基复合材料的施工	233
8 检验与验收	244
8.1 一般规定	244
8.2 基面处理	255
8.3 施工质量检验	255
附录 A（规范性）高延性纤维增强水泥基复合材料本构关系	28
附录 B（规范性）预应力混凝土空心板楼屋盖整体性构造加固	300
附录 C（规范性）高延性纤维增强水泥基复合材料设计强度、抗拉应变等级参照表	311
附录 D（规范性）符号	333

前 言

本规程按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本规程由江苏省住房和城乡建设厅提出并归口。

本文件起草单位：常州市建筑科学研究院集团股份有限公司、同济大学、中维建研（江苏）设计有限公司、苏州中固建筑科技有限公司、江苏溧阳建设集团有限公司、上海同延建筑科技有限公司、常州绿玛特建筑科技有限公司、江苏尼高科技有限公司、江苏鼎达建筑新技术有限公司、南京科杰建设工程质量检测有限公司、江苏韧强建筑科技有限公司。

本文件主要起草人：张菁燕、余江滔、王华勤、杨建辉、滕新华、黄彬、顾天熊、吴文娟、李法善、王道中、冯明岩、闵轶、丁钟铭、杨健文。

高延性纤维增强水泥基复合材料加固砌体结构应用技术规程

1 范围

本规程规定了高延性纤维增强水泥基复合材料加固既有砌体结构工程技术的术语和定义、基本规定、材料、设计与构造、施工和检验与验收等内容。

本规程适合于江苏省抗震设防烈度为6~8度、采用高延性纤维增强水泥基复合材料或配筋高延性纤维增强水泥基复合材料加固的既有砌体结构的设计、加固施工和施工质量验收。

注：以下6度、7度和8度抗震设防地区简称为6度、7度、8度地区。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 1499.1 钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋
- GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋
- GB/T 1499.3 钢筋混凝土用钢 第3部分：钢筋焊接网
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 13788 冷轧带肋钢筋
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB 18401 国家纺织产品基本安全技术规范
- GB/T 23439 混凝土膨胀剂
- GB 50003 砌体结构设计规范
- GB 50009 建筑结构荷载规范
- GB 50010 混凝土结构设计规范
- GB 50011 建筑抗震设计规范
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50068 建筑结构可靠性设计统一标准
- GB/T 50083 工程结构设计基本术语标准
- GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
- GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
- GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计标准
- GB 50550 建筑结构加固工程施工质量验收规范
- GB 50702 砌体结构加固设计规范
- GB 50728 工程结构加固材料安全性鉴定技术规范
- GB 55021 既有建筑鉴定与加固通用规范
- JC/T 2461 高延性纤维增强水泥基复合材料力学性能试验方法

JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准

JGJ 63 混凝土拌合用水标准

JGJ/T 104 建筑工程冬期施工规程

JGJ 114 钢筋焊接网混凝土结构技术规程

JGJ/T 283 自密实混凝土应用技术规程

JGJ/T 363 农村住房危险性鉴定标准

JGJ/T 426 农村危险房屋加固技术标准

JT/T 524 公路工程水泥混凝土用纤维

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高延性纤维增强水泥基复合材料 engineered cementitious composites (ECC)

一种由水泥基胶凝材料、矿物掺和料、骨料、外加剂和纤维等原材料组成，按一定比例加水搅拌，硬化后具有一定的抗压强度、抗拉强度且极限延伸率不低于1%的水泥基复合材料。

3.2

高延性纤维增强水泥基复合材料面层 ECC overlay

通过人工抹压或机械喷射高延性纤维增强水泥基复合材料，在原墙体表面形成的厚度一般介于10mm~40mm的薄层。无特殊说明时，面层覆盖整面墙体。

3.3

高延性纤维增强水泥基复合材料条带 ECC stripe

通过人工抹压或喷射高延性纤维增强水泥基复合材料，在原墙体表面形成厚度介于10 mm~40 mm、宽度介于300 mm~1000 mm的带状薄层。

3.4

空斗墙 rowlock wall

用砖侧砌或平、侧交替砌筑成的空心墙体。

3.5

预制装配式楼屋盖整体化加固 prefabricated-slab floor integral strengthening

在预应力混凝土空心板楼屋盖表面增设高延性纤维增强水泥基复合材料薄层，从而实现楼屋盖的整体性加固。

3.6

条带-砌体组合圈梁 constructional beam made of composited ECC stripe and masonry

用高延性纤维增强水泥基复合材料条带贴合在砌体侧面所形成类似圈梁的构件。

3.7

条带-砌体组合构造柱 constructional column made of composited ECC stripe and masonry

用高延性纤维增强水泥基复合材料条带贴合在砌体侧面形成类似构造柱的构件。

3.8

墙体双侧加固 strengthening wall from double sides

对砌体墙两个侧面进行加固。

3.9

无筋加固 strengthening with plain ECC

面层或条带中不配钢筋，利用高延性纤维增强水泥基复合材料的材料力学性能实现加固。

3.10

配筋加固 strengthening with steel reinforced ECC

面层或条带中配置钢筋，利用高延性纤维增强水泥基复合材料和钢筋的共同作用实现加固。

3.11

墙体单侧加固 strengthening wall from single sides

对砌体墙单个侧面进行加固。

3.12

墙体双侧加固 strengthening wall from double sides

对砌体墙两个侧面进行加固。

3.13

极限延伸率 percentage total extension at the maximal force

最大拉力下总延伸量（弹性延伸加塑性延伸）与原始标距之比的百分率，也称为极限拉伸应变。

3.14

残余延伸率 percentage total extension at 85% of the maximal force after reaching the maximal force

达到最大抗拉强度之后，继续加载导致拉伸强度降至最大抗拉强度85%所对应的延伸率。

3.15

应变强化 strain-hardening

在屈服之后，材料仍然保持受拉应力随着拉应变的增大而不断增加的特性。

3.16

剪切销钉 Shear pin

一种以专用的结构胶粘剂将带有直钩或弯钩的带肋短钢筋植入基材中，以增强加固层与原构件之间的抗剪切、抗剥离能力的后锚固体。

4 基本规定

4.0.1 本规程适用于下列砌体结构的加固设计、加固施工和质量验收：

- 砖砌体：包括烧结普通砖、烧结多孔砖、蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖、混凝土普通砖、混凝土多孔砖的无筋和配筋砌体；
- 砌块砌体：包括混凝土砌块、粉煤灰砌块、轻集料混凝土砌块的无筋和配筋砌体；
- 加固对象的块体强度不小于 MU5.0。

4.0.2 本规程适用于下列空斗墙房屋的加固：

- 被加固砌体结构应为标准设防类及以下类建筑；
- 加固对象为一斗一眠承重墙体时，房屋层数不宜超过三层；
- 加固对象为二斗一眠墙、三斗一眠承重墙体时，房屋层数不宜超过两层；
- 加固对象房屋层高不应超过 3.9 m。

4.0.3 采用本规程进行砌体结构加固前，应按相关要求进行安全性检测鉴定或抗震鉴定，并根据检测鉴定结果，结合业主要求进行加固设计。

4.0.4 本规程涉及高延性纤维增强水泥基复合材料面层加固方法和高延性纤维增强水泥基复合材料条

带加固方法。其中，面层加固适用于砌体结构的承载力加固和构造性加固；条带加固适用于砌体结构的构造性加固。

4.0.5 根据设计需求，可采取无筋或配筋的方式进行面层加固设计和条带加固设计，具体设计及构造要求见本规程第5章的相关规定。

4.0.6 高延性纤维增强水泥基复合材料加固范围可以是整体结构或局部区段，也可为单独的结构构件，但均应满足加固后结构的整体性要求。

4.0.7 采用高延性纤维增强水泥基复合材料加固砌体结构的工程，需提前完成预留预埋工作，加固完成后不可进行二次破坏。

4.0.8 对于加固过程中可能出现倾斜、失稳、过大变形或坍塌的墙体，应先行实施临时有效支撑措施，确保结构安全。

4.0.9 采用高延性纤维增强水泥基复合材料加固后，应定期检查砌体结构的工作状态。检查周期可由设计单位确定，检查的时间间隔不宜超过10年。

4.0.10 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。

5 材料

5.1 原材料

5.1.1 水泥应符合《通用硅酸盐水泥》GB 175 有关的规定，宜采用42.5级及以上普通硅酸盐水泥。

5.1.2 细骨料应符合《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定。细骨料可以为河砂、石英砂，其粒径不宜超过0.6 mm。

5.1.3 粉煤灰和矿渣粉等矿物掺合料应符合《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。粉煤灰等级应为Ⅱ级及以上，矿渣粉等级应为S95级以上。

5.1.4 外加剂应符合《混凝土外加剂》GB 8076 的有关规定。常用外加剂宜为聚羧酸粉体减水剂。

5.1.5 膨胀剂应符合《混凝土膨胀剂》GB 23439 的有关规定。常用膨胀剂为钙类膨胀剂、镁类膨胀剂。

5.1.6 拌合用水应符合《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

5.1.7 钢筋应分别符合《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，抗震加固中宜优先选用热轧带肋钢筋。

5.1.8 面层加固用钢筋网片、钢筋焊接网应符合《钢筋混凝土用钢第3部分：钢筋焊接网》GB 1499.3 的有关规定；性能指标的取值应按《钢筋焊接网混凝土结构技术标准》JGJ 114 的有关规定执行。

5.1.9 合成纤维应符合《国家纺织产品基本安全技术规范》GB 18401 中C类基本安全技术要求的规定，宜采用长度为6 mm~24 mm且直径为10~80 μm的聚丙烯、聚乙烯醇、芳纶、聚乙烯等纤维，抗拉强度不宜低于1000 MPa，合成纤维的掺量宜为0.3%~1.5%。合成纤维应通过耐碱性能试验测试，其极限拉力保持率不应低于85%。

5.2 高延性纤维增强水泥基复合材料性能要求

5.2.1 高延性纤维增强水泥基复合材料按力学性能指标分为Ⅰ型、Ⅱ型和Ⅲ型，其主要力学性能指标满足表1和表2的要求。型式检验合格标准为表2所列全性能指标，同时宜满足表1所列全性能指标。

表 1 高延性纤维增强水泥基复合材料的 28d 主要力学性能指标

项目		指标		
		I型	II型	III型
立方体抗压强度/MPa, 28d		$20 \leq f_{dc,cuk} < 30$	$30 \leq f_{dc,cuk} < 40$	$40 \leq f_{dc,cuk} < 50$
极限抗拉强度/MPa, 28d		≥ 2.0	≥ 3.0	≥ 4.0
极限延伸率/ %, 28d	加固时配筋	≥ 1.5		
	加固时不配筋	≥ 3.5		

表 2 高延性纤维增强水泥基复合材料的 56d 主要力学性能指标

项目		指标		
		I型	II型	III型
立方体抗压强度/MPa, 56d		$30 \leq f_{dc,cuk} < 40$	$40 \leq f_{dc,cuk} < 50$	$50 \leq f_{dc,cuk} < 80$
极限抗拉强度/MPa, 56d		≥ 3.0	≥ 4.0	≥ 5.0
极限延伸率/ %, 56d	加固时配筋	≥ 1.0		
	加固时不配筋	≥ 3.0		
静弹模/GPa, 56d		≥ 14.0	≥ 15.8	≥ 16.5

5.2.2 高延性纤维增强水泥基复合材料拌合物应具有良好的和易性,不得离析、泌水,纤维不得团聚,并应满足设计和施工要求。拌合物性能的试验方法应符合《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70的有关规定。拌合物中水溶性氯离子最大含量应符合《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221的有关规定,拌合物中水溶性氯离子含量的测定方法宜符合《混凝土中国氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322的规定。用于加固砌体结构的高延性纤维增强水泥基复合材料,其拌合物采用人工抹压时,稠度宜为 25~40 mm;采用机械喷射施工时,稠度宜为 60~80 mm。

5.2.3 高延性纤维增强水泥基复合材料的立方体抗压强度、极限抗拉强度、极限延伸率和静弹模的试件尺寸、数量应通过现行《高延性纤维增强水泥基复合材料力学性能试验方法》JC/T 2461 规定的试验方法确定。

5.2.4 高延性纤维增强水泥基复合材料的抗冻、抗水渗透、抗氯离子渗透、抗硫酸盐侵蚀、抗碳化等耐久性能应符合加固部位及所处环境确定高延性纤维增强水泥基复合材料的耐久性能要求。无配筋要求时,可不作抗氯离子渗透和抗碳化的性能要求。相应的耐久性能应符合表 3 的规定。

表 3 高延性纤维增强水泥基复合材料的主要耐久性能指标

项目	指标
抗冻试验(快冻法)	$\geq F300$
抗水渗透(逐级加压法)	$\geq P12$
抗氯离子渗透(RCM法)	$\geq RCM-IV$

抗硫酸盐侵蚀	≥KS90
抗碳化性能	28d 碳化深度≤2.0mm

5.2.5 高延性纤维增强水泥基复合材料的耐久性能，应按《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的有关规定进行试件的制作、养护及性能测试，并按《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T193 的有关规定进行等级评定。在 28d 龄期或 56d 龄期用标准试验方法检测以上性能。当设计对高延性纤维增强水泥基复合材料的耐久性能有具体要求时，应进行耐久性能指标的检验，一般情况下可不作此要求。

5.2.6 被加固的砌体结构的界面性能指标应达到表 4 中指标要求。

表 4 高延性纤维增强水泥基复合材料与砌体的界面性能指标

检测项目	高延性纤维增强水泥基复合材料与砌体正拉粘结强度
合格指标	≥ 1.0 (MPa)，砖或砌块内聚破坏
试验方法	《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550-2010 附录 U

注：1) 高延性纤维增强水泥基复合材料与砌体正拉粘结强度的规定参考《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550-2010 的第 13.4.3 条。2) 本表中粘结强度指标为 28d 龄期指标；3) 被加固房屋为临时性建筑时，高延性纤维增强水泥基复合材料与砌体正拉粘结强度不低于 0.6MPa。

6 设计与构造

6.1 一般规定

- 6.1.1 本章涉及的承载力计算方法适用于厚度不小于 120 mm 且砖或砌块强度等级不低于 MU5 的承重墙体。
- 6.1.2 在条件允许的情况下，优先采用墙体双侧加固的方式提升结构承载力和整体性。双侧加固时，宜保证两侧面层材料性能的统一。
- 6.1.3 用于砌体结构加固的高延性纤维增强水泥基复合材料，其抗压强度等级不应低于 25 MPa。
- 6.1.4 面层加固设计可采用无筋面层或配筋面层两种方式。无筋面层的材料极限延伸率等级不应低于附录 C 表 C.0.2 中 CD3。配筋面层的材料极限延伸率等级不应低于附录 C 表 C.0.2 中 CD1。
- 6.1.5 可采用条带-砌体组合圈梁、条带-砌体组合构造柱、条带-砌体组合斜撑进行构造性加固，条带加固分为无筋条带或配筋条带两种方式。无筋条带的材料抗拉强度等级不应低于附录 C 表 C.0.1 中 CT6，且极限延伸率等级不应低于附录 C 表 C.0.2 中 CD5。配筋条带的材料的极限延伸率等级不应低于附录 C 表 C.0.2 中 CD3。

6.2 砌体受压加固

6.2.1 采用高延性纤维增强水泥基复合材料面层加固轴心受压墙体时，其加固后正截面受压承载力应符合下列规定：

$$N \leq \varphi_{\text{com}} (f_m A_m + \alpha_{\text{dc}} f_{\text{dc},c} A_{\text{dc}} + \alpha_s f_y' A_s')$$
 (6.2.1)

式中：

N ——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《砌体结构设计规范》

GB 50003 中组合砖砌体构件稳定系数的规定取值；

f_m ——原构件砌体的轴心抗压强度设计值；

A_m ——原构件砌体截面面积；

A_{dc} ——新增高延性纤维增强水泥基复合材料面层的截面面积 $A_{dc} = bt_{dc}$ 。双面加固时， t_{dc} 取其厚度之和；

α_{dc} ——高延性纤维增强水泥基复合材料抗压强度利用系数。实砌墙体（包括混凝土小型空心砌块砌体）受压加固时，取 $\alpha_{dc} = 0.15$ ；空斗墙体受压加固时，取 $\alpha_{dc} = 0.35$ ；

$f_{dc,c}$ ——高延性纤维增强水泥基复合材料轴心抗压强度设计值；

α_s ——受压构件钢筋强度利用系数，对砖砌体，取 $\alpha_s = 0.8$ ；对混凝土小型空心砌块砌体，取 $\alpha_s = 0.7$ （配筋面层的厚度不宜小于 30 mm）；

f_y ——钢筋抗压强度设计值；

A'_s ——新增受压面层区竖向钢筋截面面积。

注：加固后正截面受压承载力不应超过原砌体受压承载力的 1.8 倍。

6.2.2 采用高延性纤维增强水泥基复合材料面层双面加固偏心受压墙体（图 1）时，其加固后正截面受压承载力应符合下列规定：

$$N \leq f_m A_m + \alpha_{dc} f_{dc,c} A_{dc,c} + \alpha_s f_y A'_s - \sigma_s A_s - \sigma_{dc} A_{dc,t} \quad (6.2.2-1)$$

$$N \cdot e_N \leq f_m S_{ms} + \alpha_{dc} f_{dc,c} S_{ds} + \alpha_s f_y A'_s (t_w - a - a') \quad (6.2.2-2)$$

公式中，钢筋的应力 σ_s ，高延性纤维增强水泥基复合材料的应力 σ_{dc} （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

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

$$\sigma_{dc} = \sigma_s E_{dc} / E_s \quad (6.2.2-4)$$

$$-f_y' \leq \sigma_s \leq f_y' \quad (6.2.2-5)$$

当 $\xi \leq \xi_b$ （即大偏心受压）时

$$\sigma_s = f_y \quad (6.2.2-6)$$

$$\sigma_{dc} = f_{dc,t} \quad (6.2.2-7)$$

$$\xi = x / t_{w0} \quad (6.2.2-8)$$

其中截面受压区高度 x 应符合下列规定：

$$f_m S_{mN} + \alpha_{dc} f_{dc,c} S_{dN} + \alpha_s f_y A'_s e'_N - \sigma_s A_s e_N - \sigma_{dc} A_{dc,t} e_N = 0 \quad (6.2.2-9)$$

$$e_N = e + e_a + (t_w / 2 - a) \quad (6.2.2-10)$$

$$e'_N = e + e_a - (t_w / 2 - a') \quad (6.2.2-11)$$

$$e_a = \frac{\beta^2 t_w}{2200} (1 - 0.022\beta) \quad (6.2.2-12)$$

注：本公式适用于无筋或配筋加固后墙体的偏心受压承载力计算。无筋加固时，取新增竖向钢筋截面面积 A_s 和 A'_s 均取为 0。

式中：

$A_{dc,c}$ ——离轴向力 N 作用点较近一侧的砌体偏压侧的高延性纤维增强水泥基复合材料面层截面面积，取 $A_{dc,c} = b \times t_{dc,1}$ ；

$A_{dc,t}$ ——离轴向力 N 作用点较远一侧的高延性纤维增强水泥基复合材料面层截面面积，取 $A_{dc,t} = b \times t_{dc,2}$ ；

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；

S_{ms} ——砌体受压区的截面面积对钢筋 A_s 重心和受拉高延性纤维增强水泥基复合材料重心的面积矩；

S_{ds} ——高延性纤维增强水泥基复合材料面层受压区的截面面积对钢筋 A_s 重心和受拉高延性纤维增强水泥基复合材料重心的面积矩；

ξ_b ——加固后截面受压区相对高度的界限值，对 HPB300 级钢筋，取 0.575；对 HRB335 级钢筋，取 0.550；对 HRB400 级钢筋，取 0.518；

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_{dN} ——高延性纤维增强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；

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；

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 $e < 0.05$ 时，取 $e = 0.05t_w$ ；

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；

t_{dc} ——高延性纤维增强水泥基复合材料面层厚度（双面加固时，取两侧厚度之和， $t_{dc} = t_{dc,1} + t_{dc,2}$ ，见图 1）；

t_w ——加固后砌体墙的截面厚度，取 $t_w = t_m + t_{dc}$ ；

$t_{dc,1}$ ——受压侧高延性纤维增强水泥基复合材料面层厚度；

$t_{dc,2}$ ——受拉侧高延性纤维增强水泥基复合材料面层厚度；

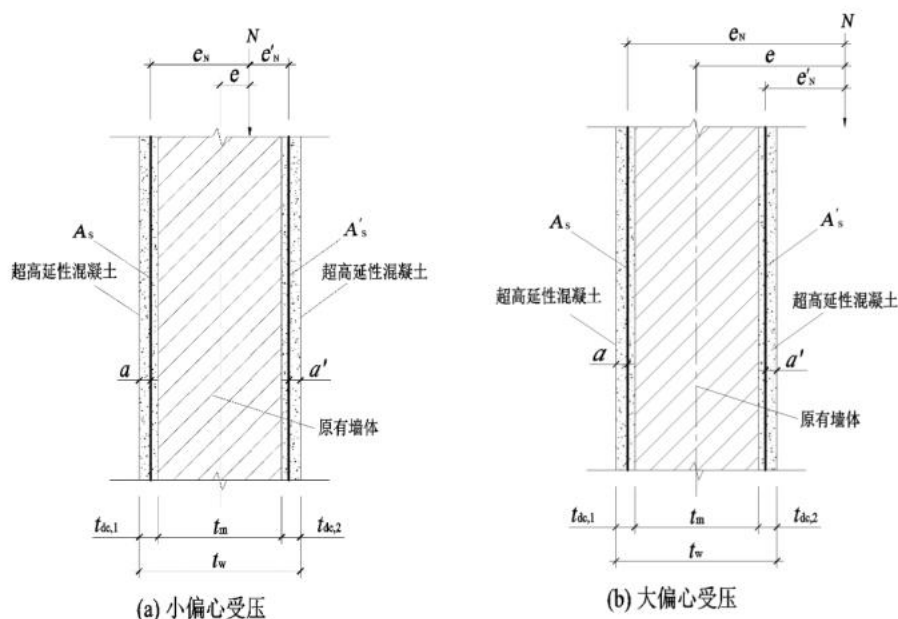
t_m ——原砌体墙的截面厚度；

a 和 a' ——分别为离轴向力 N 作用点较远和较近一侧钢筋的合力点至截面外侧边缘距离；

f_y ——钢筋的抗拉强度设计值；

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。



(a) 小偏心受压；(b) 大偏心受压

图 1 组合砌体偏心受压构件

6.2.3 采用本节公式计算所得加固后墙体受压承载力超过原砌体受压承载力 1.8 倍时，取原砌体受压承载力的 1.8 倍为加固后受压承载力。

6.2.4 应设置贯穿墙厚的对拉锚栓或锚筋。锚栓或锚筋宜成梅花状布置，其竖向间距和水平间距均不应大于 500 mm，并确保锚栓或锚筋与面层可靠锚固。

6.3 砌体受弯加固

6.3.1 本节适用于实砌墙体的受弯加固设计。

6.3.2 在双侧加固的情况下，应保证墙体两侧面层厚度及材料性能一致。

6.3.3 在双侧配筋加固的情况下，应保证墙体两侧面层内配筋形式和数量一致，且钢筋在面层中配筋率不应超过 2%。

6.3.4 正截面受弯承载力应按下列基本假定进行计算：

- a) 截面应变保持平面；
- b) 不考虑原砌体的抗拉强度；
- c) 在面层配筋情况下，面层重心与面层内钢筋的重心重合；
- d) 在双侧面层配筋情况下，不考虑受压面层内钢筋的抗压贡献。

6.3.5 双侧面层加固实砌墙体的受弯承载力应符合下列规定（图 2）：

$$M \leq (f_y A_s + f_{dc,t} A_{dc,t})(t_w - t_{dc,2} / 2 - x / 2) \quad (6.3.5-1)$$

墙体的等效受压区高度 x 应符合下列规定，如果按 6.3.5-2 式计算所得 $x \leq t_{dc,1}$ ，则取 $x = t_{dc,1}$ 。

$$f_{dc,c}A'_{dc} = \alpha_1 f_{dc,c}bx = f_y A_s + \alpha_{dc,t} f_{dc,t} A_{dc,t} \quad (6.3.5-2)$$

注：上述公式适用于无筋及配筋双侧面层加固墙体的受弯承载力计算。无筋加固时，新增纵向钢筋截面面积 A_s 取为 0。

式中：

$f_{dc,t}$ ——高延性纤维增强水泥基复合材料抗拉强度设计值；

$\alpha_{dc,t}$ ——高延性纤维增强水泥基复合材料抗拉强度利用系数，实砌墙体受弯加固时， $\alpha_{dc,t}=0.8$ ；

$A_{dc,t}$ ——高延性纤维增强水泥基复合材料面层受拉侧的截面面积，取 $A_{dc,t}=b \times t_{dc,2}$ ；

α_1 ——等效矩形应力图形系数。矩形应力图的应力值可由轴心抗压强度设计值 $f_{dc,c}$ 乘以系数 α_1 确定。当强度等级不超过 50 MPa 时， α_1 取为 1.0，当强度等级为 80 MPa 时， α_1 取为 0.94，其间按线性内插法确定；

b ——砌体墙的水平宽度。

6.3.6 单侧面层加固实砌墙体的受弯承载力应符合下列规定（图 3）：

$$M \leq (f_y A_s + \alpha_{dc,t} f_{dc,t} A_{dc,t})(t_w - t_{dc,2} / 2 - x / 2) \quad (6.3.6-1)$$

6.3.7 墙体的等效受压区高度 x 应符合下列规定：

$$\alpha_m f_m bx = f_y A_s + \alpha_{dc,t} f_{dc,t} A_{dc,t} \quad (6.3.6-2)$$

注：上述公式适用于无筋及配筋单侧面层加固墙体的受弯承载力计算。无筋加固时，新增纵向钢筋截面面积 A_s 取为 0。

式中：

α_m ——系数。受压区砌体的应力图形可简化为等效的矩形应力图， α_m 取为 0.8；

注：如果单侧加固计算所得等效受压区高度比 $x/t_m \geq 0.3$ ，则应改用墙体双侧受弯加固设计。

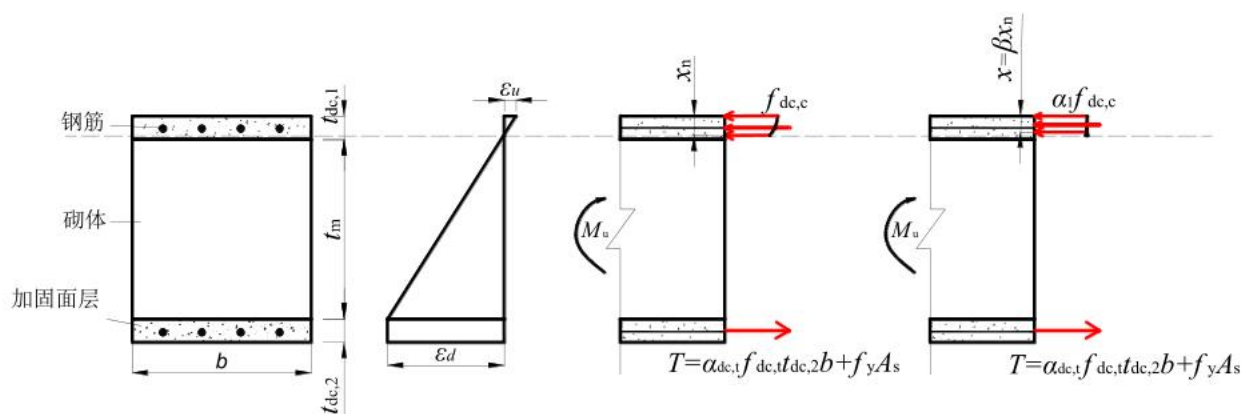


图 2 双侧加固组合砌体受弯构件

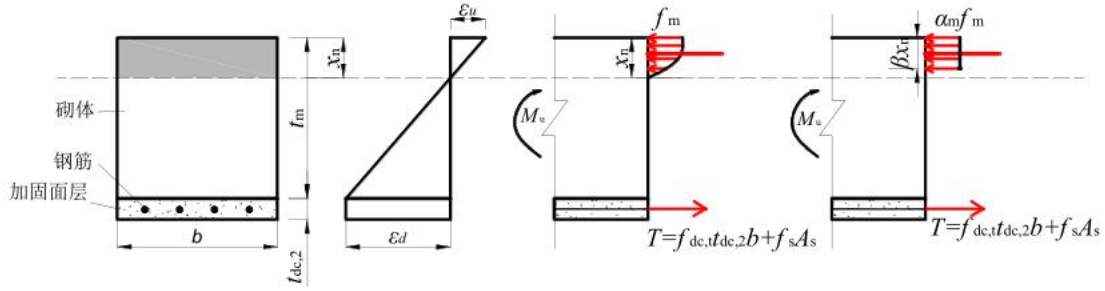


图3 单侧加固组合砌体受弯构件

6.4 砌体受剪加固

6.4.1 沿平面内水平截面或沿斜截面破坏时，高延性纤维增强水泥基复合材料面层加固砌体墙的受剪承载力应符合下列规定：

$$V \leq V_m + V_{dc} \quad (6.4.1)$$

式中：

V ——砌体墙面内剪力设计值；

V_m ——原砌体受剪承载力，按《砌体结构设计规范》GB 50003 相关条文计算；

V_{dc} ——面层加固提高的受剪承载力，应按 6.4.2 条确定。无筋加固的情况下， V_{dc} 不应超过原砌体受剪承载力 V_m 的 3 倍。

6.4.2 高延性纤维增强水泥基复合材料面层提高的受剪承载力 V_{dc} 应符合下列规定：

$$V_{dc} = \alpha_{dc,v} f_{dc,t} t_{dc} h_{dc} + \alpha_s f_y A_s (h_{dc} / s) \quad (6.4.2)$$

注：上述公式适用于无筋及配筋面层加固墙体的受剪承载力计算。无筋加固时，新增纵向钢筋截面面积 A_s 取为 0。

式中：

$\alpha_{dc,v}$ ——高延性纤维增强水泥基复合材料抗剪强度利用系数。实砌墙体及空斗墙体在抗剪加固时， $\alpha_{dc,v}$ 取为 0.49；

h_{dc} ——采用面层加固的墙体水平截面长度；

α_s ——钢筋强度利用系数，抗剪加固时，取 α_s 取为 0.2（配筋面层的厚度不宜小于 30mm）；

A_s ——配置在同一截面水平分布钢筋的全面截面面积；

s ——水平向钢筋的竖向间距。

6.5 砌体抗震加固

6.5.1 高延性纤维增强水泥基复合材料面层加固砌体墙的抗震受剪承载力应符合下列规定：

$$V_E \leq V_{ME} + \frac{V_{dc}}{\gamma_{RE}} \quad (6.5.1)$$

式中：

V_E ——考虑地震作用组合的加固墙体地震剪力设计值；

V_{ME} ——原墙体截面抗震受剪承载力，按《砌体结构设计规范》GB 50003 计算；

V_{dc} ——高延性纤维增强水泥基复合材料面层加固提高的受剪承载力，按本规程 6.4.2 条计算；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，取 γ_{RE} 为 0.85。

6.5.2 加固后楼层和墙段的综合抗震能力指数，应符合下列规定：

$$\beta_s = \eta_p \psi_1 \psi_2 \beta_0 \quad (6.5.2)$$

式中：

β_s ——加固后楼层或墙段的综合抗震能力指数；

η_p ——加固后某楼层 η_{pi} 抗震能力增强系数或某墙段抗震能力增强系数 η_{pij} 应按本规程 6.5.4 条计算；

β_0 ——楼层或墙段原有的抗震能力指数，应按《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《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的有关规定取值。

6.5.3 墙体加固后，按《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定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，截面抗震受剪承载力应符合下列规定：

$$\text{不计入构造影响时} \quad V_E \leq \eta_p V_{ME} \quad (6.5.3-1)$$

$$\text{计入构造影响时} \quad V_E \leq \eta_p V_{ME} \quad (6.5.3-2)$$

式中：

V_{ME} ——墙段原有的抗震受剪承载力，可按《砌体结构设计规范》GB 50003 有关规定计算；其中的材料性能设计指标、承载力抗震调整系数应按《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116 的有关规定采用；

V_E ——考虑地震作用组合的加固墙体地震剪力设计值。

6.5.4 面层加固后，楼层和墙段抗震能力的增强系数应符合下列规定：

$$\eta_{pi} = 1 + \frac{\sum_{j=1}^n (\eta_{pij} - 1) A_{ij0}}{A_{i0}} \quad (6.5.4-1)$$

$$\eta_{pij} = \frac{240}{t_m} (\eta_0 + 0.075 (\frac{t_m}{240} - 1) / f_{vE}) \quad (6.5.4-2)$$

式中：

η_{pi} ——高延性纤维增强水泥基复合材料加固后第 i 楼层抗震能力的增强系数，原墙体在重力荷载代表值作用下的平均竖向压应力 $\sigma > 0.8f_m$ 时（ σ 为原墙体在重力荷载代表值作用下的平均竖向压应力， f_m 为原砌体的抗压强度设计值），基准增强系数 η_{pi} 应乘以 0.8 进行折减；

$V_{dc,ij}$ ——高延性纤维增强水泥基复合材料面层加固提高的第 i 楼层第 j 墙段受剪承载力；

$V_{ME,ij}$ ——高延性纤维增强水泥基复合材料面层加固提高的第 i 楼层第 j 墙段受剪承载力；

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；

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；

n ——第 i 楼层中验算方向上的面层加固抗震墙的道数。

η_0 ——面层加固后，墙体抗震受剪承载力的基准增强系数；

t_m ——原砌体墙的截面厚度；

f_{vE} ——原砌体墙的抗震抗剪强度设计值，应根据 GB 50011 中关于“砌体抗剪强度设计值 f_v ”和“砌体抗震抗剪强度的正应力影响系数 ζ_N ”的规定进行计算。当原砌体砂浆强度等级为 M0.4 时， f_v 取 0.04 MPa，当原砌体砂浆强度等级为 M1.0 时， f_v 取 0.06 MPa。

6.5.5 采用高延性纤维增强水泥基复合材料面层或配筋高延性纤维增强水泥基复合材料面层加固后，墙体抗震受剪承载力的基准增强系数 η_0 应符合下列规定：

$$\eta_0 = 1 + \frac{V_{dc} / 0.85}{V_{ME0}} \quad (6.5.5)$$

式中：

V_{ME0} ——原墙体（截面厚度 240 mm）的基准抗震受剪承载力，可按 GB 50011 计算；当原墙体厚度不等于 240 mm 时，应将其换算成截面厚度 240 mm 的墙体后，再计算相应的抗震受剪承载力；

V_{dc} ——高延性纤维增强水泥基复合材料面层加固提高的受剪承载力，按本规程 6.4.2 条计算。

注：原墙体在重力荷载代表值作用下的平均竖向压应力 σ_0 时，基准增强系数应乘以 0.8 进行折减。为原砌体的抗压强度设计值。

6.5.6 面层加固后，墙体侧向刚度的提高系数应符合下列规定：

$$\text{实心墙单侧加固} \quad \eta_k = \frac{240}{t_m} \eta_{k0} - 0.75 \left(\frac{t_m}{240} - 1 \right) \quad (6.5.6-1)$$

$$\text{实心墙双侧加固} \quad \eta_k = \frac{240}{t_m} \eta_{k0} - \left(\frac{t_m}{240} - 1 \right) \quad (6.5.6-2)$$

$$\text{空斗墙双侧加固} \quad \eta_k = 1.67 (\eta_{k0} - 0.4) \quad (6.5.6-3)$$

式中：

η_k ——加固后墙体的侧向刚度提高系数；

η_{k0} ——面层加固后墙体（截面厚度 240 mm）的侧向刚度基准提高系数，可根据表 5 取值计算。

表 5 面层加固后墙体刚度的基准提高系数

面层厚度 (mm)	单面加固			双面加固		
	原墙体砂浆强度等级					
	M0.4	M1.0	M2.5	M0.4	M1.0	M2.5
10	—	—	—	1.86	1.49	1.35
20	1.39	1.12	—	2.71	1.98	1.70
30	1.71	1.3	—	3.57	2.47	2.06
40	2.03	1.49	1.29	4.43	2.96	2.41

6.6 面层加固构造规定

6.6.1 高延性纤维增强水泥基复合材料面层加固应符合下列规定：

- 无筋面层厚度宜为 10 mm~40 mm。面层内增设钢筋网片时，面层厚度不应小于 35 mm，钢筋网的设置宜符合《砌体结构加固设计规范》GB50702 的相关规定。
- 采用双侧面层加固时，面层厚度不宜小于 10 mm；采用单侧面层加固时，面层厚度不宜小于 15 mm。

- c) 应采用双侧面层加固空斗墙体且面层厚度不宜小于 15 mm。仅在特定情况下,可采用双侧条带进行空斗墙的构造性加固,并应严格遵守本规程第 6.7 节的相关规定,且应采取有效措施保证面层、条带与空斗墙楼屋面板的可靠连接,连接方法可参见本规程第 6.6.6 条。
- d) 对于局部尺寸小于《建筑抗震设计规范》GB 50011 规定限值的墙体,应进行墙体双侧加固。对于墙肢高宽比大于 4 的墙体,应采用面层进行四面围套加固且面层厚度不宜小于 20 mm。
- e) 遇有门窗洞口时,单侧面层宜弯入洞口侧边锚固;双侧面层宜从两侧弯入洞口闭合锚固,面层入洞口内锚固长度不宜小于 100 mm。
- 6.6.2 应采取下列措施进行加固墙面的界面处理,以保证新增面层与墙面的可靠连接:
- 应通过抠缝方式对被加固墙面进行界面处理。相邻水平缝抠缝的竖向间距不宜大于 200 mm,相邻竖向缝抠缝的间距不宜大于 600 mm,抠缝深度不宜小于 15 mm。
 - 在被加固墙面表面开凿方孔。方孔平面尺寸不宜小于 50 mm×50 mm,深度不宜小于 40 mm。方孔宜呈梅花状布置,其竖向间距和水平间距均不应大于 600 mm;
 - 采用剪切销钉或锚筋增强面层与被加固墙体的连接。剪切销钉或锚筋直径宜为 6~8 mm,间距不宜大于 600 mm。销钉或锚筋应锚固在砌块的实心部位,锚固长度不小于 15d。销钉或锚筋的保护层厚度不小于 10 mm,与构件边缘的距离不宜大于 100 mm。
 - 本条包括三类界面处理方法,其中“抠缝界面处理”为必选项。设计人员宜在“墙面开凿方孔”和“剪切销钉或锚筋”中选取一种结合“抠缝界面处理”共同增强界面性能。
- 6.6.3 可采用高延性纤维增强水泥基复合材料面层增强混凝土空心板楼屋盖的整体性,具体做法参见本规程附录 B。
- 6.6.4 底层墙体的加固面层应可靠连接,面层应向下延伸至室外地面下不小于 500 mm 或基础顶面锚固,也可按图 4 所示方法与地面以下地圈梁连接锚固,此类地圈梁可采用高延性纤维增强水泥基复合材料或普通钢筋混凝土浇筑。如面层内配筋,钢筋也应伸入地圈梁内可靠锚固。

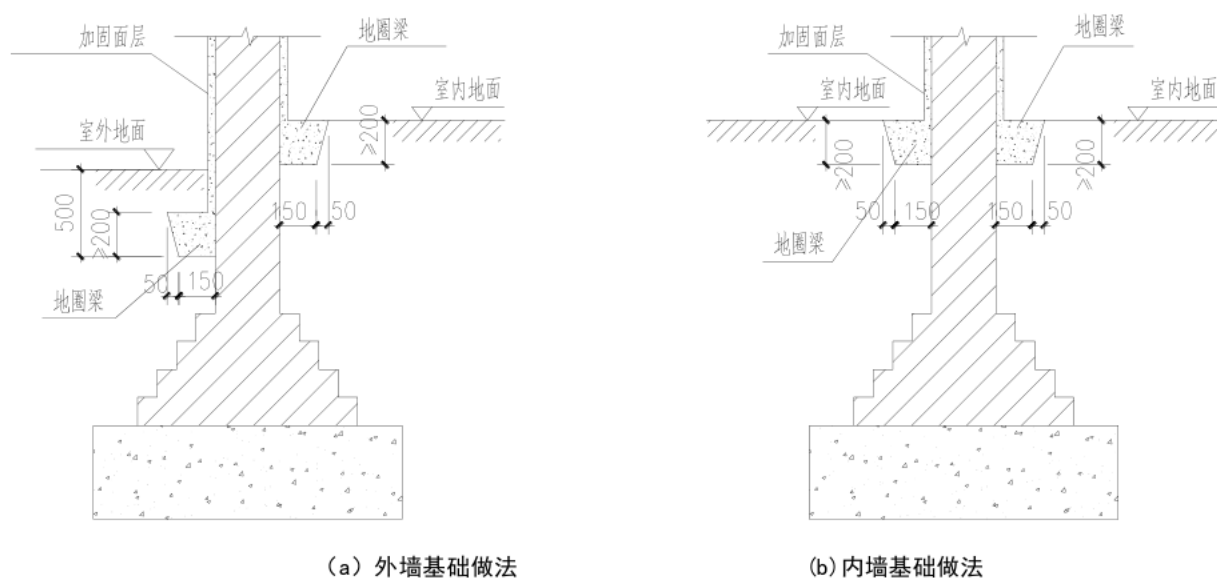
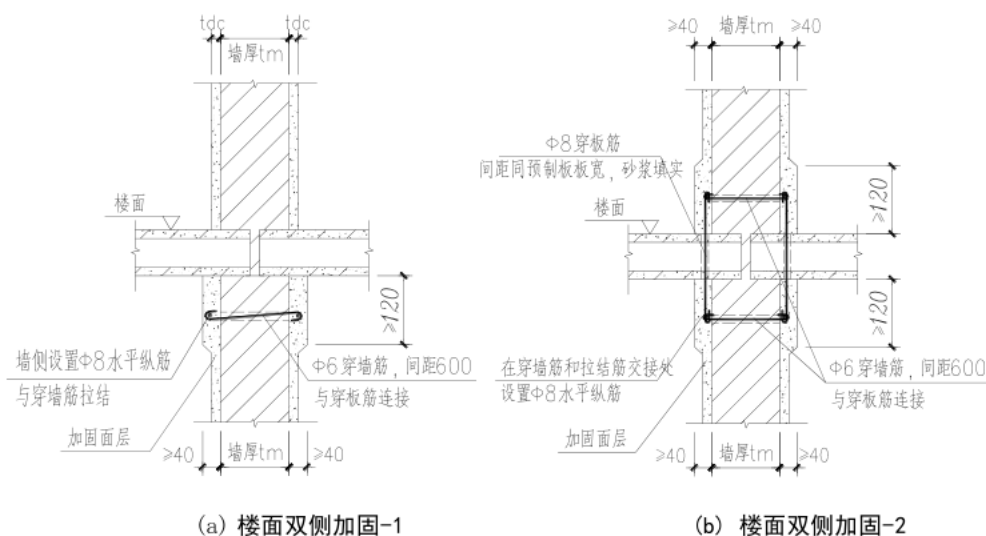


图 4 加固面层与基础连接构造

- 6.6.5 当采用配筋面层加固时,配筋设计应符合下列规定:
- 当采用冷轧带肋钢筋制作钢筋网时,钢筋的选取应满足《冷轧带肋钢筋》GB/T 13788 的相关规定。钢筋网的节点可焊接或绑扎。剪切销钉的端部直钩应挂住钢筋网。当被加固构件需承受

动力疲劳荷载时，应采用焊接非冷加工钢筋网。钢筋网竖向受力钢筋直径不应小于 6 mm；水平分布钢筋的直径宜为 6 mm，网格尺寸不应大于 500 mm。

- b) 采用配筋高延性纤维增强水泥基复合材料加固砌体柱时，宜采用闭合式箍筋，箍筋直径不应小于 6 mm，间距不应大于 150 mm。
 - c) 采用配筋高延性纤维增强水泥基复合材料加固墙体壁柱时，可设置如下两类箍筋：一种为不穿墙的 U 形筋，但应与墙柱角隅处的竖向钢筋可靠连接，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，待穿墙后再弯成闭合式箍，其直径宜为 8 mm~10 mm，每隔 600 mm 替换一支不穿墙的 U 形箍筋。箍筋与竖向钢筋的连接可采用焊接或绑扎。
 - d) 采用双侧钢筋网面层加固墙体时，钢筋网应采用穿通墙体的 S 形钢筋拉结，穿墙筋的间距宜为 600 mm，应与墙体两侧的钢筋网片焊接或绑扎；采用单侧钢筋网面层加固墙体时，应设直径不小于 6 mm 的 L 形锚筋固定，锚筋间距不宜大于 600 mm，锚固长度不宜小于 180 mm。拉结筋应采用孔内注胶或刷环氧涂层等可靠的防锈措施处理。
 - e) 钢筋保护层最小厚度不应低于 10 mm，露天或室内潮湿环境的钢筋保护层最小厚度不应低于 15 mm。
- 6.6.6 经过面层加固后的墙体可不增设圈梁和构造柱，宜按下列规定增强加固面层与原结构的连接：
- a) 楼板的底部或顶部区域增设高延性纤维增强水泥基复合材料增强带。增强带厚度不宜小于 2 倍面层厚度且不应小于 40 mm，增强带高度不应小于 120 mm；增强带内宜配置穿板钢筋、穿墙钢筋以及水平纵筋，钢筋直径不宜小于 6 mm。穿板钢筋、穿墙钢筋与水平纵筋之间应采取可靠措施拉结，具体做法参见图 5。



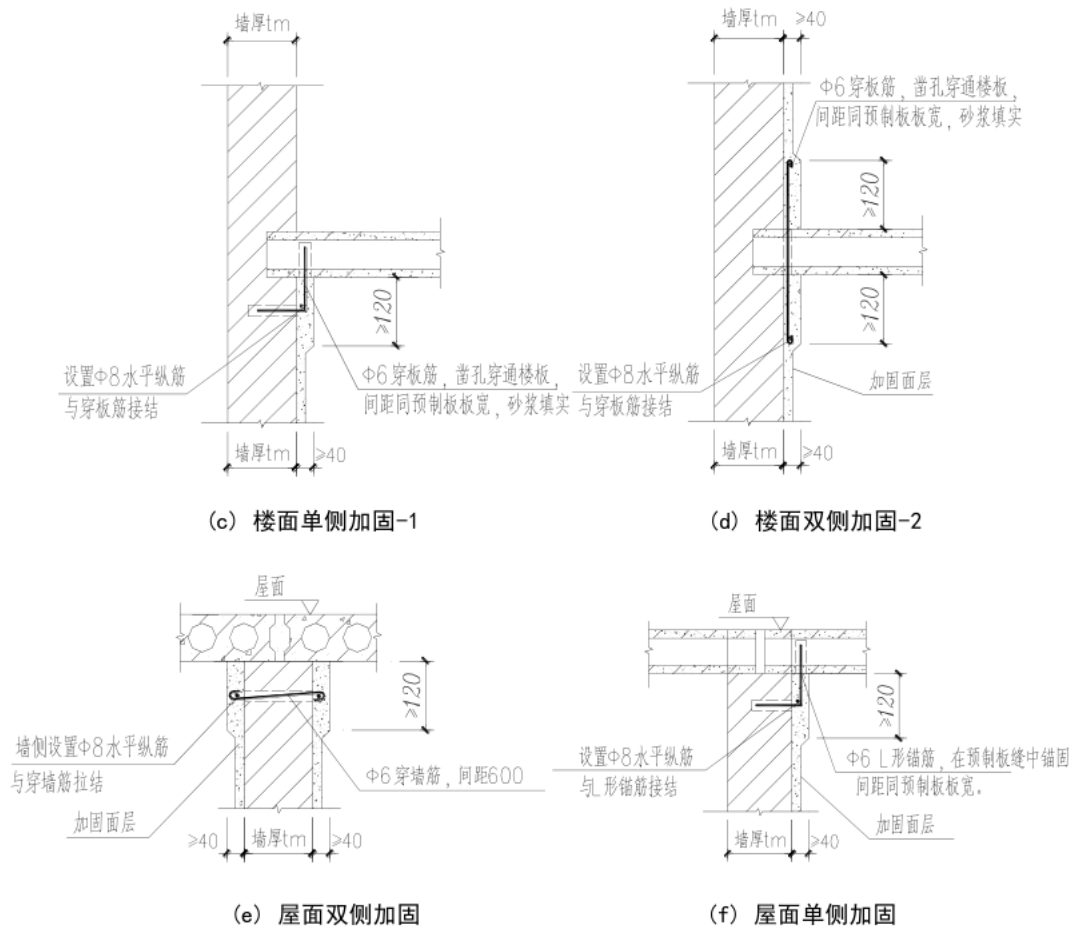


图 5 面层增强带与无圈梁楼屋面的连接示意

- b) 应在《砌体结构加固设计规范》GB 50702 要求设置构造柱的区域进行墙体灰缝的抠缝处理，抠缝的水平范围参见图 6，该范围内全部水平和竖向灰缝均应抠缝，抠缝深度不小于 15 mm；面层施工过程中，应采用高延性纤维增强水泥基复合材料同步完成该区域的填缝和面层涂抹。

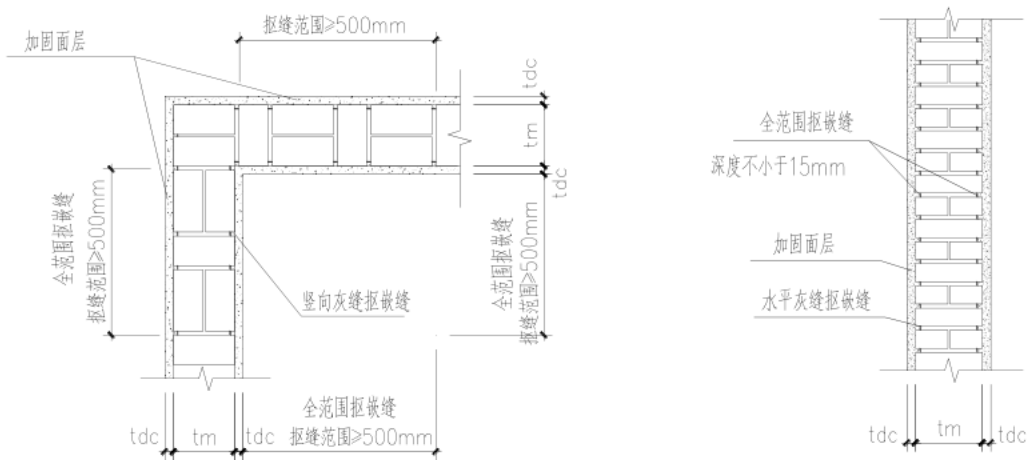


图6 面层增强带与无构造柱墙体的连接示意

6.6.7 原墙体已设置钢筋混凝土圈梁和构造柱时，加固面层应覆盖圈梁和构造柱表面。圈梁和构造柱的混凝土表面应经处理，设计文件应对所采用的界面处理方法和处理质量提出要求。一般情况下，除混凝土表面应予打毛外，尚应采取涂刷结构界面胶、种植剪切销钉或增设剪力键等措施，以保证新旧混凝土共同工作。

6.7 条带式加固构造规定

6.7.1 当房屋缺少圈梁、构造柱或其它构造性设置不符合现行设计规范要求时，可采用高延性纤维增强水泥基复合材料条带-砌体组合圈梁、构造柱和斜撑进行构造性加固，其设置部位参照《建筑抗震设计规范》（GB 50011）的规定要求。农村自建砌体房屋的构造性加固应符合《农村危险房屋加固技术标准》JGJ/T 426 的相关规定。

6.7.2 宜采用双侧的高延性纤维增强水泥基复合材料-砌体组合圈梁、构造柱条带加固，单侧加固时应设置拉结筋。重点设防类建筑不应采用单侧条带加固。

6.7.3 应同时采用双侧条带-砌体组合斜撑、双侧条带-砌体组合圈梁和双侧条带-砌体组合构造柱进行空斗墙体的构造性加固，不应采用单侧条带加固空斗墙体。

6.7.4 采用高延性纤维增强水泥基复合材料-砌体组合加固时，应满足下列规定（图7）：

- a) 圈梁条带宜靠近楼(屋)盖设置并在同一水平标高应闭合。在阳台、楼梯间等圈梁条带标高变换处，应采取局部加强措施。
- b) 构造柱条带宜由底层设起，沿房屋全高贯通，不得错位；若构造柱条带所在位置与原圈梁或圈梁条带连接不便，应采取措施与现浇混凝土楼屋盖可靠连接。构造柱条带应与原圈梁或圈梁条带连成闭合系统。

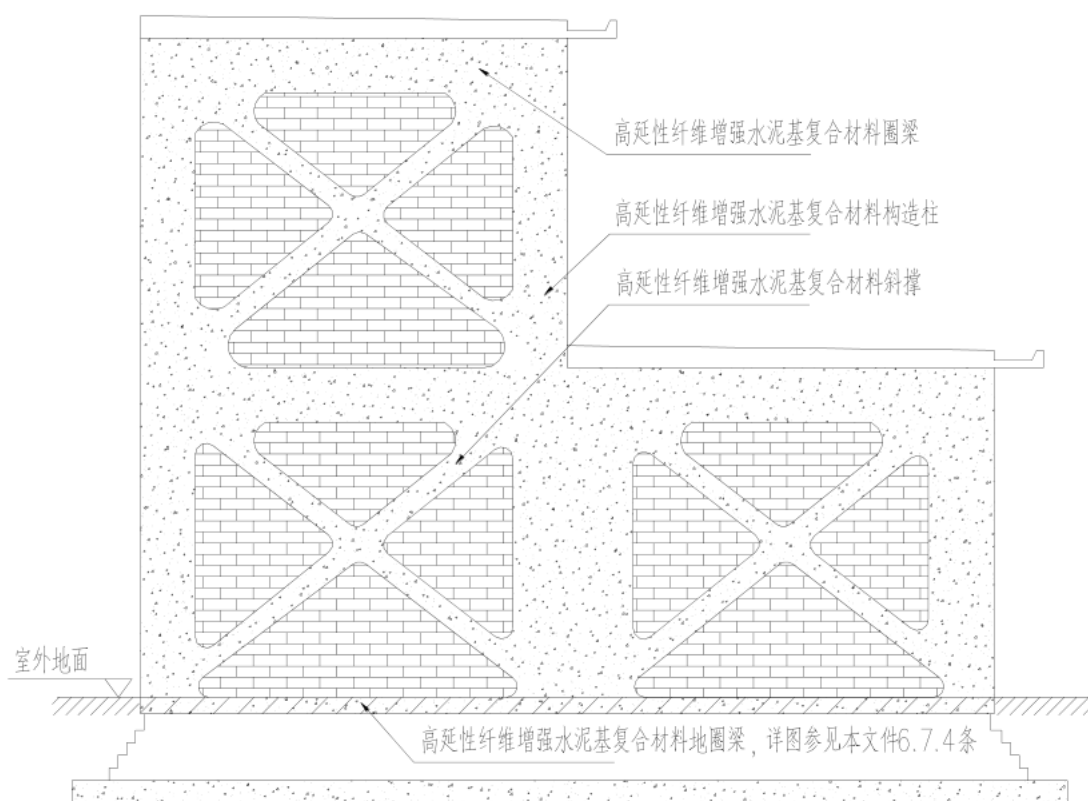


图 7 高延性纤维增强水泥基复合材料条带与砌体组合加固体

- c) 在不便设置锚筋和剪切销钉的情况下，应对高延性纤维增强水泥基复合材料圈梁、构造柱、斜撑条带范围内全部水平灰缝和竖向灰缝进行剔缝处理，剔缝深度不小于 15 mm（图 8 和图 9）；条带的施工过程中，应采用高延性纤维增强水泥基复合材料同步完成填缝和面层涂抹。

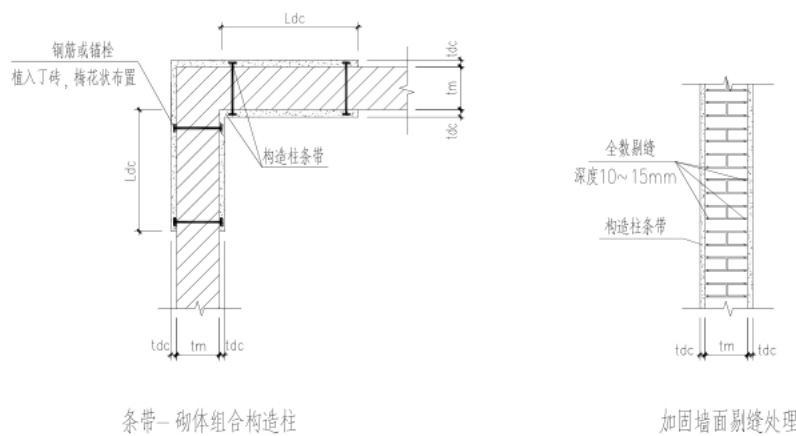


图 8 组合构造柱大样

- d) 采用配筋圈梁条带、构造柱条带加固时，应采用直径为 6 mm 的 Z 形或 S 形钢筋或锚栓拉结，拉结钢筋（锚栓）宜成梅花状布置，其竖向间距和水平间距均不应大于 500 mm 且应符合《砌体结构加固设计规范》GB 50702 的相关规定。

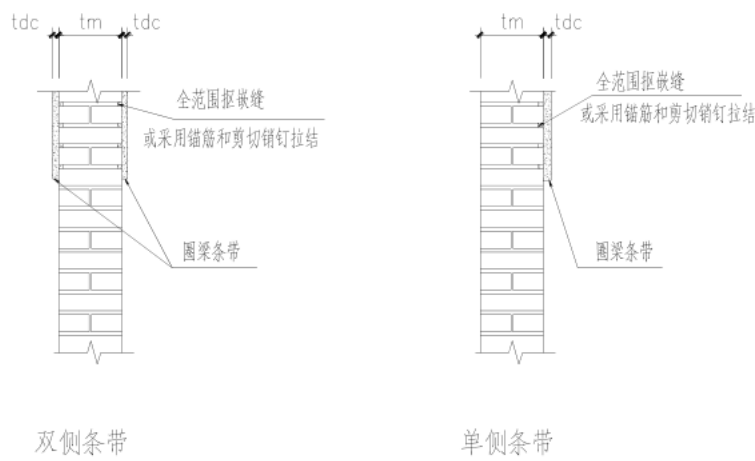


图 9 组合圈梁大样

- e) 条带相交部位应采用圆形内倒角处理（图 10）。倒角半径不宜小于 200 mm，圆形倒角部位的条带应连续施工，严禁留下施工冷缝。

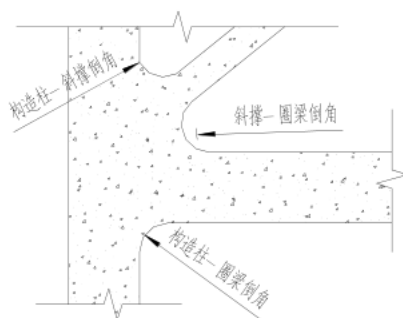


图 10 构造柱、圈梁、斜撑条带的连接内倒角

6.7.5 条带-砌体组合圈梁应在靠近楼屋盖处设置。组合圈梁应在同一水平标高交圈闭合。变形缝处两侧的组圈梁应分别闭合，遇开口墙时，应采取加固措施使组合圈梁闭合。

6.7.6 增设的构造柱条带、圈梁条带以及斜撑条带（如有）应相互连接，形成整体。当构造柱条带等所在位置与圈梁条带连接不便时，也应采取措施与现浇混凝土楼屋盖可靠连接。

6.7.7 条带遇有门窗洞时，单侧圈梁条带宜弯入洞口侧面锚固，双侧圈梁条带宜在洞口闭合。

6.7.8 条带-砌体组合圈梁、构造柱及钢筋尺寸应符合下列规定：

- a) 无筋条带厚度不应小于 20 mm；配筋条带厚度不应小于 40 mm。
- b) 抗震设防烈度为 6 度时，双侧圈梁条带宽度不应小于原墙厚 t_m ，单侧圈梁条带宽度不应小于原墙厚 t_m+120 mm 和 300 mm 两者中的较大值。采用配筋条带时，则纵向钢筋直径不应小于 6 mm，间距不应大于 150 mm，横向钢筋直径不应小于 6 mm，间距不应大于 150 mm。双侧构造柱条带宽度不应小于原墙厚 t_m ，单侧构造柱条带宽度不应小于原墙厚 t_m+240 mm 和 400 mm 两者中的较大值。采用配筋条带时，则纵向钢筋直径不应小于 8 mm，间距不应大于 150 mm，横向钢筋直径不应小于 6 mm，间距不应大于 150 mm。
- c) 抗震设防烈度为 7 度时，双侧圈梁条带宽度不应小于原墙厚 t_w+160 mm，单侧圈梁条带宽度不应小于原墙厚 t_w+360 mm。采用配筋条带时，纵向钢筋直径不应小于 8 mm，间距不应大于 150 mm，横向钢筋直径不应小于 6 mm，间距不应大于 150 mm。双侧构造柱条带宽度不应小于原墙厚 t_m+240 mm，单侧构造柱条带宽度不应小于原墙厚 t_w+700 mm。采用配筋条带时，则纵向钢筋直径不应小于 10 mm，间距不应大于 150 mm，横向钢筋直径不应小于 6 mm，间距不应大于 150 mm。
- d) 抗震设防烈度为 8 度时，双侧圈梁条带宽度不应小于原墙厚 t_w+220 mm，单侧条带宽度不应小于原墙厚 t_w+420 mm。采用配筋条带时，纵向钢筋直径不应小于 10 mm，间距不应大于 150 mm，横向钢筋直径不应小于 6 mm，间距不应大于 150 mm。双侧构造柱条带宽度不应小于原墙厚 t_w+350 mm，单侧构造柱条带宽度不应小于原墙厚 t_w+900 mm。采用配筋条带时，则纵向钢筋直径不应小于 12 mm，间距不应大于 150 mm，横向钢筋直径不应小于 6 mm，间距不应大于 150 mm。

6.7.9 条带-砌体组合斜撑中，条带宽度不应小于 200 mm。

6.7.10 条带与墙体的界面处理宜参照 6.6.2 条，采用扣缝或锚筋等方式进行处理。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 施工环境温度不宜低于 5℃。冬季应采取防冻措施，应符合《建筑工程冬期施工标准》JGJT 104 的有关规定。

- 7.1.2 不宜在雨天进行外墙的加固施工。若雨天施工，应采取防雨措施。材料凝结前不应受到雨水冲淋。
- 7.1.3 当风速超过 5 级时，应停止室外高延性纤维增强水泥基复合材料施工。
- 7.1.4 在高温、大风、干燥的环境进行室内高延性纤维增强水泥基复合材料施工时，宜封闭门窗。室外施工时，应做好保湿养护措施。
- 7.1.5 材料应随拌随用，应控制好各层施工的间隔时间，并避免阳光直射。
- 7.1.6 施工人员进入施工现场前，必须要进行施工安全、消防知识的教育和考核工作，对考核不合格的职工，禁止进入施工现场参加施工。
- 7.1.7 进入施工现场必须戴好安全帽，系好帽带，并正确使用个人劳动防护用品，如口罩、手套等。
- 7.1.8 作业前应对相关的作业人员进行安全技术交底。
- 7.1.9 在整个施工过程中，必须严格执行工程消防法规和有关条款。

7.2 高延性纤维增强水泥基复合材料的施工

- 7.2.1 高延性纤维增强水泥基复合材料加固砌体结构工程应按下列规定进行施工质量控制：
- 结构设计单位应向施工单位进行技术交底，施工单位应根据设计方案编制施工专项技术方案，经审查批准后组织实施，对超过一定规模的工程需进行专家评审；
 - 施工前，应采用适当的措施对加固对象的结构构件进行必要的保护，具体要求应符合《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 的有关规定；
 - 施工前，应按照本规程第 4 章要求的材料力学性能指标进行高延性纤维增强水泥基复合材料的进场检查和复验，应经监理工程师认可合格后方允许用于施工。施工中，应妥善保存材料的进场检查和复验资料，做为工程质量验收的必备资料；
 - 相关各专业工种交接时，应进行交接检验，并应经监理工程师检查认可。
- 7.2.2 高延性纤维增强水泥基复合材料的原料(主要包括成品干混料和纤维)应按下列规定进行复验，复检合格后方可用于施工：
- 以成品干混料每 100 t 为一个检验批，不足 100 t 按一个检验批计，且应该是同一厂家、同一生产批次。进场复验应按照 JC/T 2461 的要求，制作用于测试立方体抗压强度和拉伸性能的试件，以标准养护 28 天的试块性能指标作为评定依据，复验立方体抗压强度、极限抗拉强度和极限延伸率，每批不少于三组试样，每组试样 3 个试件；
 - 材料的立方体抗压和极限抗拉强度的检验方法应遵守 GB/T 50107 中关于“混凝土强度的检验评定”的相关规定；
 - 材料的极限延伸率应取 JC/T 2461 的标准试验方法测得的算术平均值，当一组试件中极限延伸率的最大值或最小值与中间值之差超过中间值的 30%时，取中间值作为该组试件的极限延伸率代表值，当一组试件中极限延伸率的最大值和最小值与中间值之差均超过中间值的 30%时，取最小值作为该组试件的极限延伸率代表值。
- 7.2.3 高延性纤维增强水泥基复合材料的成品干混料宜采用干混料预拌方式制备。原材料计量宜采用电子计量仪器，使用前应确认其标定合格。应按产品使用说明书的要求配置高延性纤维增强水泥基复合材料。投料顺序宜为：首先加入全部的搅拌用水，加入经过称量的成品干混料搅拌成均匀的流态浆体；然后加入纤维，先慢速搅拌使纤维进入浆体，然后快速搅拌至纤维分散均匀、无结团。高延性纤维增强水泥基复合材料拌合物应具有良好的和易性，不得离析和泌水，纤维分散均匀、无结团。宜采用强制式搅拌机制备高延性纤维增强水泥基复合材料，搅拌机的转速不宜低于 45 r/min。
- 7.2.4 高延性纤维增强水泥基复合材料加固砌体结构的施工工序应符合下列规定：
- 去除原墙体装饰层→水平及竖向抠缝→对锚筋或穿墙筋（仅针对需要安装钢筋网的情况）→清

理浮灰→浇水润湿墙面→安装钢筋网（仅针对需要安装钢筋网的情况）→喷射、人工抹压高延性纤维增强水泥基复合材料→保湿养护；

- b) 原墙面碱蚀严重时，应先清除全部松散部分，然后采用同一型号的高延性纤维增强水泥基复合材料抹面；
- c) 需设置穿墙筋或锚筋时，应按设计要求先画线标出锚筋（或穿墙筋）位置，并应采用电钻在砖缝处打孔，锚孔直径宜采用锚筋直径的 1.5~2.0 倍，锚筋插入孔洞后可采用水泥基灌浆料或水泥砂浆等填实；
- d) 需要铺设钢筋网时，竖向钢筋应靠墙面并采用钢筋头支起；
- e) 人工抹压、喷射施工时，应同步使用高延性纤维增强水泥基复合材料进行嵌缝、填充方孔和抹面，每层厚度不宜超过 15 mm 且后一层压抹应在前一层压抹后 2h 内进行，除最后一层之外，内层表面收平但不宜收光，采用机械喷射施工时，宜保证拌合物的连续供应，不宜中途停顿，需连续作业，防止发生堵管现象，同时喷射机所配空压机功率不宜低于 7.5kW，不应使用超过初凝时间的高延性纤维增强水泥基复合材料；
- f) 面层凝结硬化前，应防止暴晒、淋雨、水冲、撞击、振动；凝结硬化后，应及时采取可靠保湿养护措施，防止阳光曝晒，养护时间不应少于 7d。

7.2.5 应连续进行面层喷射、压抹施工，不应随意留置施工缝。若留置施工缝，留置的位置应事先在施工方案中确定，并应参照《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

8 检验与验收

8.1 一般规定

8.1.1 本章适用于高延性纤维增强水泥基复合材料子分部工程的施工过程控制和施工质量检验。

8.1.2 高延性纤维增强水泥基复合材料加固砌体结构工程的施工程序应符合下列规定：

- a) 基面处理，包括：去除原墙体装饰层、水平及竖向抠缝、对穿锚筋或拉结件（仅针对需要安装钢筋网的情况）、清理浮灰、浇水润湿墙面；
- b) 安装钢筋网（仅针对需要安装钢筋网的情况）；
- c) 配置高延性纤维增强水泥基复合材料；
- d) 高延性纤维增强水泥基复合材料面层或条带施工；
- e) 保湿养护。

8.1.3 砌体结构加固工程检验批的质量检验，应按照《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的抽样原则及本规程所规定的抽样方案执行。

8.1.4 检验批质量验收合格应符合下列规定：

- a) 主控项目的质量经抽样检验均应合格；
- b) 一般项目的质量经抽样检验合格。当采用计数检验时，除本规程另有专门规定外，合格点率应不低于 90%，且不得存在严重缺陷；
- c) 具有完整的施工操作依据、质量验收记录。

8.1.5 分项工程质量验收合格应符合下列规定：

- a) 所含检验批的质量均应验收合格；
- b) 所含检验批的质量验收记录应完整。

8.1.6 分部工程质量验收合格应符合下列规定：

- a) 所含分项工程的质量均应验收合格；
- b) 质量控制资料应完整；

- c) 有关安全、节能、环境保护和主要使用功能的抽样检验结果应符合相应规定；
- d) 观感质量应符合要求。

8.1.7 竣工验收按 GB 50550-2010 第 22 节执行。

8.2 基面处理

I 主控项目

8.2.1 水平及竖向接缝应严格按照本规程第 6.6.2 节规定进行。在清理、修整原砌体结构、构件过程中发现的裂缝和损伤，应逐个予以修补。若修补有困难，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。原墙面碱蚀严重时，应先清除全部松散部分，然后采用同一型号的高延性纤维增强水泥基复合材料抹面。

- a) 检查数量：全数检查；
- b) 检验方法：观察，并检查施工记录。

II 一般项目

8.2.2 当设计对原砌体结构、构件表面喷射、人工压抹高延性纤维增强水泥基复合材料面层、条带前有润湿要求时，应按规定的提前时间，顺墙面反复浇水润湿，并应待墙面无明水后再进行面层施工。若设计无次要求，不得擅自浇水。

- a) 检查数量：全数检查；
- b) 检验方法：观察，并检查施工记录。

8.3 施工质量检验

I 主控项目

8.3.1 高延性纤维增强水泥基复合材料加固砌体结构的施工质量验收包括面层表观质量、面层厚度、高延性纤维增强水泥基复合材料与砌体的粘结强度等，同时尚应符合《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 及其它有关规范、标准的规定。

8.3.2 施工质量验收应按检验批进行。相同材料、楼层、工艺和施工条件的室外加固每 1000 m² 应划分为一个检验批，不足 1000 m² 时也应划分为一个检验批；相同材料、楼层、工艺和施工条件的室内加固每 50 个自然间应划分为一个检验批，不足 50 间也应划分为一个检验批，大面积房间和走廊可按抹灰面积每 30 m² 计为 1 间，同时尚应符合《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 及其它有关规范、标准的规定。

8.3.3 钢筋隐蔽工程验收应符合 GB 50550 的有关“砌体或混凝土构件外加钢筋网-砂浆面层工程”规定。

8.3.4 原构件混凝土界面的处理应符合《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 中“混凝土构件增大截面工程”的专项规定。

8.3.5 面层的外观质量不应有严重缺陷。对硬化后面层应按表 6 进行外观质量缺陷检查和评定。对已出现的严重缺陷，应由施工单位提出处理方案，经业主（监理单位）和设计单位共同认可后进行处理。

- a) 检查数量：全数检查；
- b) 检验方法：观察。检查缺陷的深度时应凿开检查探测，并检查技术处理方案及返修记录。

表 6 高延性纤维增强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
疏松	高延性纤维增强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	高延性纤维增强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
孔洞	高延性纤维增强水泥基复合材料中存在深度和长度均超过面层厚度的孔洞	构件主要受力部位有孔洞	其他部位有少量孔洞
硬化（或固化）不良	高延性纤维增强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）	（不属一般缺陷）
裂缝	缝隙从高延性纤维增强水泥基复合材料表面延伸至内部	构件主要受力部位有影响结构性能或使用功能（宽度超过 0.1 mm）的裂缝	仅有表面细裂纹
连接部位缺陷	构件端部连接处高延性纤维增强水泥基复合材料层分离或锚固件与高延性纤维增强水泥基复合材料层之间松动、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
表观缺陷	表面不平整、缺棱掉角、翘曲不齐、麻面、掉皮	有影响使用功能的缺陷	仅有影响观感的缺陷
露筋	钢筋网未被高延性纤维增强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

8.3.6 高延性纤维增强水泥基复合材料与基材界面粘结的有效粘结面积占受检表面积的百分率不应小于 90%。

- a) 检查数量：全数检查；
- b) 检验方法：敲击法或其他有效的探测方法。

8.3.7 面层厚度不应小于设计要求，允许有 5 mm 正偏差、无负偏差抽样合格率不应小于 90%。

- a) 检查数量：每检验批抽查 5%，且不应小于 5 处；
- b) 检验方法：局部凿开检查法。

8.3.8 高延性纤维增强水泥基复合材料与原砌体结构基层的层间正拉粘结强度，应进行现场取样检验，其正拉粘结强度应不小于表 4.2.6 规定。

- a) 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 100 m²（不足 100 m²，按 100 m² 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。
- b) 检验方法：符合《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550-2010 附录 U 的有关规定。

8.3.9 采用配筋高延性纤维增强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。钢筋网保护层厚度仅允许有 5 mm 正偏差、不应出现负偏差。

- a) 检查数量：每检验批抽查 5%，且不应小于 5 处。
- b) 检验方法：局部凿开检查法或非破损探测法。

II 一般项目

8.3.10 高延性纤维增强水泥基复合材料面层外观质量不宜有一般缺陷。对已出现的一般缺陷，若小于 5 处，则不处理，大于等于 5 处，则应由施工单位按技术处理方案进行处理，并重新检查验收。

a) 检查数量：全数检查。

b) 检验方法：观察、量测并检查技术处理方案。

8.3.11 在满足加固面层厚度要求的前提下，宜对面层表面平整度进行检测，允许偏差应为 ± 5 mm 以内，抽样合格率不应小于 85%。

a) 检查数量：每检验批抽查 5%，且不应小于 5 处。

b) 检验方法：用 2 m 靠尺及楔形塞尺检查。

附录 A

(规范性)

高延性纤维增强水泥基复合材料本构关系

A. 0. 1 高延性纤维增强水泥基复合材料的抗压强度标准值及抗拉强度标准值应符合下列规定：

$$\begin{aligned} f_{dc,cuk} &= f_{dc,cu}(1-1.645\delta_{dc,c}) \\ f_{dc,tuk} &= f_{dc,tu}(1-1.645\delta_{dc,t}) \end{aligned}$$

式中：

$f_{dc,cuk}$ 、 $f_{dc,cu}$ ——分别为高延性纤维增强水泥基复合材料的立方体抗压强度标准值、立方体抗压强度平均值；

$f_{dc,tuk}$ 、 $f_{dc,tu}$ ——分别为高延性纤维增强水泥基复合材料的极限抗拉强度标准值、极限抗拉强度平均值；

$\delta_{dc,c}$ 、 $\delta_{dc,t}$ ——分别为高延性纤维增强水泥基复合材料的抗压强度变异系数和抗拉强度变异系数，宜根据试验统计确定；

$f_{dc,cu}$ 、 $f_{dc,tu}$ ——应按照《高延性纤维增强水泥基复合材料力学性能试验方法》JC/T 2461 规定的试验方法确定。

A. 0. 2 高延性纤维增强水泥基复合材料的单轴受拉应力-应变曲线（图 A.0.2）应符合下列规定：

$$\sigma_{dc,t} = \begin{cases} E_{dc}\varepsilon_t & \varepsilon_t < f_{dc,t} / E_{dc} \\ f_{dc,t} & \varepsilon_{dc,t} > \varepsilon_t \geq f_{dc,t} / E_{dc} \end{cases}$$

式中：

E_{dc} ——高延性纤维增强水泥基复合材料的弹性模量；

$f_{dc,t}$ ——高延性纤维增强水泥基复合材料的抗拉强度设计值；

$\varepsilon_{dc,t}$ ——高延性纤维增强水泥基复合材料的极限延伸率。

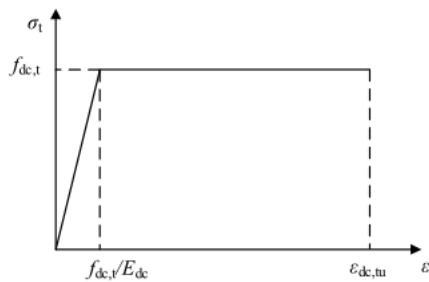


图 A. 0. 2 单轴受拉的应力-应变曲线

A. 0. 3 高延性纤维增强水泥基复合材料的单轴受压应力-应变曲线（图 A.0.3）应符合下列规定：

$$\sigma_{dc,c} = \begin{cases} \frac{0.85f_{dc,c}\varepsilon_c(2-\varepsilon_c/\varepsilon_{dc,cp})}{\varepsilon_{dc,cp}} & \varepsilon_c < \varepsilon_{dc,cp} \\ 0.85f_{dc,c} & \varepsilon_{dc,cu} > \varepsilon_c \geq \varepsilon_{dc,cp} \end{cases}$$

式中：

$f_{dc,c}$ ——高延性纤维增强水泥基复合材料的轴心抗压强度设计值；

$\varepsilon_{dc,p}$ ——超高延性混凝土的抗压峰值强度对应的应变。如无可靠数据时，可取为 0.002；

$\varepsilon_{dc,cu}$ ——超高延性混凝土的抗压极限应变。如无可靠数据时，可取为 0.004。

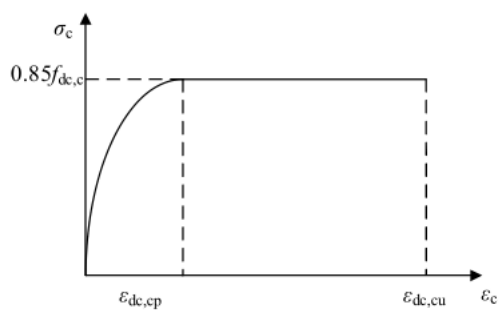


图 A.0.3 单轴受压的应力-应变曲线

附录 B

(规范性)

预应力混凝土空心板楼屋盖整体性构造加固

- B.0.1 将预应力空心板表面的粉刷层清理干净，并充分洒水润湿并进行适当的界面处理；
- B.0.2 应采用呈梅花形布置的 L 形锚筋、锚栓，通过钻孔并采用胶粘剂锚入预制板缝内，锚固深度不小于 $20d$ (d 为锚筋或锚栓的直径)；
- B.0.3 在预应力空心板的板顶摊铺或在板底压抹高延性纤维增强水泥基复合材料面层，面层厚度不宜小于 15 mm；
- B.0.4 高延性纤维增强水泥基复合材料施工后，应在 7~24h 内喷水雾养护，24h 后可用无压力淋水养护至达到设计要求。

附录 C

(规范性)

高延性纤维增强水泥基复合材料设计强度、抗拉应变等级参照表

C.0.1 高延性纤维增强水泥基复合材料抗拉强度的等级划分应符合表 C.0.1 的规定。抗拉强度应按照《高延性纤维增强水泥基复合材料力学性能试验方法》JC/T 2461 的相关规定予以确定。

表 C.0.1 高延性纤维增强水泥基复合材料轴心抗拉强度等级划分

项目	CT2	CT3	CT4	CT5	CT6	CT7	CT8	CT9	CT10
极限抗拉强度标准值 $f_{dc,stk}/\text{MPa}$	≥ 2	≥ 3	≥ 4	≥ 5	≥ 6	≥ 7	≥ 8	≥ 9	≥ 10
屈服抗拉强度标准值 $f_{dc,sk}/\text{MPa}$	1.60	2.40	3.20	4.00	4.80	5.60	6.40	7.20	8.00
屈服抗拉强度设计值 $f_{dc,t}/\text{MPa}$	1.23	1.85	2.46	3.08	3.69	4.31	4.92	5.54	6.15

注：1) 抗拉强度等级对应极限抗拉强度标准值，即为按照标准方法制作、养护的试件，在 28d 龄期用标准试验方法测得的极限抗拉强度，经换算具有 95%保证率的抗拉强度；2) 轴心抗拉强度设计值系指轴心抗拉强度标准值除以材料分项系数得到的抗拉强度。

C.0.2 高延性纤维增强水泥基复合材料极限延伸率的等级划分应符合表 C.0.2 的规定。极限延伸率应按照《高延性纤维增强水泥基复合材料力学性能试验方法》JC/T 2461 的相关规定予以确定。

表 C.0.2 高延性纤维增强水泥基复合材料极限延伸率等级划分

项目	CDN	CD0.5	CD1	CD2	CD3	CD4	CD5	CD6	CD7	CD8	CD9	CD10
极限延伸率 $\varepsilon_{dc,t}$ /%	/	≥ 0.5	≥ 1	≥ 2	≥ 3	≥ 4	≥ 5	≥ 6	≥ 7	≥ 8	≥ 9	≥ 10
残余延伸率/极限延伸率	/	≥ 1.3	≥ 1.2	≥ 1.1	≥ 1.1	≥ 1.1	≥ 1.1	≥ 1.1	≥ 1.1	≥ 1.1	≥ 1.1	≥ 1.1

注：1) 极限延伸率系指按照标准方法制作、养护的试件，在 28d 龄期用标准试验方法测得的最大力下伸长率的平均值。2) D1~D10 代表在轴心拉伸中表现出不同程度的极限延伸率水平。3) 残余延伸率系指试件在达到极限抗拉强度之后，继续加载导致其极限拉伸强度降至极限抗拉强度 85%时对应的延伸率。

C.0.3 高延性纤维增强水泥基复合材料的抗压强度等级划分应符合表 C.0.3 的规定。抗压强度和弹性模量应按照《高延性纤维增强水泥基复合材料力学性能试验方法》JC/T 2461 的相关规定予以确定。

表 C.0.3 高延性纤维增强水泥基复合材料轴心抗压强度等级划分

项目	CM25	CM30	CM35	CM40	CM45	CM50	CM60	CM70	CM80
抗压强度标准值 $f_{dc,ck}/\text{MPa}$	19.4	23.2	27.1	31.0	34.8	38.7	46.5	54.2	62.0

抗压强度设计值 $f_{dc,c}$ /MPa	14.9	17.9	20.8	23.8	26.8	29.8	35.7	41.7	47.7
受压弹性模量 E_{dc} /GPa	14.7	15.8	16.0	16.5	17.5	18.6	21.7	24.8	27.7

注：1) 高延性纤维增强水泥基复合材料的强度等级对应本规程附录 A 的立方体抗压强度标准值。立方体抗压强度标准值系指按照标准方法制作养护的边长为 $100 \times 100 \times 100$ mm 的立方体试件，在 56d 龄期用标准试验方法测得的抗压强度，经换算具有 95%保证率的抗压强度。2) 轴心抗压强度标准值可根据本表中抗压强度等级对应取值，也可通过标准试验确定。3) 当有可靠试验依据时，弹性模量可根据实测数据确定；4) 当掺有大量矿物掺合料时，材料的弹性模量可按规定龄期根据实测数据确定。

附 录 D

(规范性)

符号

D. 0. 1 材料性能

E_{dc} ——	高延性纤维增强水泥基复合材料的弹性模量；
E_s ——	钢筋的弹性模量；
$f_{dc,cuk}$ ——	高延性纤维增强水泥基复合材料立方体抗压强度标准值；
$f_{dc,ck}$ ——	高延性纤维增强水泥基复合材料轴心抗压强度标准值；
$f_{dc,c}$ ——	高延性纤维增强水泥基复合材料轴心抗压强度设计值；
$f_{dc,utk}$ ——	高延性纤维增强水泥基复合材料极限抗拉强度标准值；
$f_{dc,tk}$ ——	高延性纤维增强水泥基复合材料轴心抗拉强度标准值；
$f_{dc,t}$ ——	高延性纤维增强水泥基复合材料轴心抗拉强度设计值；
$\varepsilon_{dc,t}$ ——	高延性纤维增强水泥基复合材料的极限延伸率；
f_{yk} ——	钢筋的抗拉强度标准值；
f_y ——	钢筋的抗拉强度设计值；
f'_y ——	钢筋抗压强度设计值；
f_m ——	原构件砌体的轴心抗压强度设计值；
$f_{m,t}$ ——	原构件砌体的轴心抗拉强度设计值。

D. 0. 2 作用效应

N ——	轴心压力设计值；
N_t ——	钢筋的弹性模量；
V ——	砌体墙面内剪力设计值；
V_E ——	考虑地震作用组合的加固后砌体墙受剪承载力设计值；
V_m ——	原墙体受剪承载力；
V_{dc} ——	面层加固提高的受剪承载力；

V_{ME} ——考虑地震作用组合的原砌体墙抗震受剪承载力设计值。

D.0.3 几何参数

A_m ——原构件砌体截面面积；

A_{dc} ——高延性纤维增强水泥基复合材料面层的水平截面面积；

$A_{dc,c}$ ——离轴向力 N 作用点较近一侧的砌体偏压侧的高延性纤维增强水泥基复合材料面层水平截面面积；

$A_{dc,t}$ ——离轴向力 N 作用点较远一侧的高延性纤维增强水泥基复合材料面层水平截面面积；

t_w ——加固后砌体墙的水平截面厚度；

t_m ——原砌体墙的水平截面厚度；

b ——原砌体墙的水平截面宽度；

t_{dc} ——高延性纤维增强水泥基复合材料面层厚度；双面加固时，取两侧面层厚度之和；

$t_{dc,1}$ ——受压侧高延性纤维增强水泥基复合材料面层厚度；

$t_{dc,2}$ ——受拉侧高延性纤维增强水泥基复合材料面层厚度；

h_{dc} ——采用面层加固的墙体水平方向长度；

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；

s ——水平向钢筋的竖向间距；

A'_m ——砌体受压区的截面面积。

D.0.4 计算参数

φ_{com} ——轴心受压构件的稳定系数；

α_s ——轴心受压构件钢筋强度利用系数；

α_{dc} ——高延性纤维增强水泥基复合材料抗压强度利用系数；

$\alpha_{dc,v}$ ——高延性纤维增强水泥基复合材料抗剪强度利用系数；

$\alpha_{\text{dc,t}}$ ——	高延性纤维增强水泥基复合材料抗拉强度利用系数；
β_{s} ——	加固后楼层或墙段的综合抗震能力指数；
η_{p} ——	加固增强系数；
β_0 ——	楼层或墙段原有的抗震能力指数；
ψ_1 、 ψ_2 ——	分别为体系影响系数和局部影响系数；
γ_{RE} ——	承载力抗震调整系数。