

ICS 93.010
CCS P 15



团 体 标 准

T/CI 1129—2025

老旧小区砖混结构抗震性能提升 关键技术指南

Guide to key technologies for Improving the seismic performance of
brick-concrete structures in old residential communities

2025-08-01 发布

2025-08-01 实施

中国国际科技促进会 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本原则	3
4.1 一般原则	3
4.2 设计计算原则	4
4.3 加固方法及配合使用技术	4
5 材料	5
5.1 普通砂浆	5
5.2 聚合物砂浆	5
5.3 高强钢丝	5
5.4 CFRP	6
5.5 钢材及焊接材料	7
6 加固方法	8
6.1 设计规定	8
6.2 聚合物砂浆条带加固法	8
6.3 斜向钢丝-聚合物砂浆条带加固法	9
6.4 斜向钢丝-聚合物砂浆面层加固法	11
6.5 CFRP条带-聚合物砂浆面层加固法	12
6.6 构造规定	14
7 施工工艺及要点	15
7.1 普通砂浆和聚合物砂浆加固法施工工艺	15
7.2 斜向钢丝加固法施工工艺	16
7.3 CFRP条带加固法施工工艺	16
附录A(规范性) 既有建筑物结构荷载标准值的确定方法	18

前 言

本文件按照 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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中交建筑集团第六工程有限公司提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：中交建筑集团有限公司、萧云建设股份有限公司、建飞工程咨询(上海)有限公司、中交第四公路工程局有限公司、中建八局科技建设有限公司、中国十九冶集团有限公司、中国建筑第八工程局有限公司、中建八局浙江建设有限公司、中建三局集团华南有限公司、中建四局第一建设有限公司、四川汇锦建筑工程设计有限公司、山西鸿盛工程质量检测有限公司、中煤建设集团工程有限公司、武汉地震工程研究院有限公司、北京中硕伟业管理咨询集团有限公司。

本文件主要起草人：张克胜、党彦锋、汪乐乐、郑炎铭、李建华、吴斌、彪仿俊、董帅、乔崎云、刘文超、武彦杰、张世阳、林文彪、杨威、梁川、宋雪梅、李连文、张健健、郭华、张彬、莫柳成、马舒媛、刘道安、廖伟、王建春、王成、徐展、张艳、宣晓艳、张茂春、卫增延、谭杰、吕岩、张信宽。

老旧小区砖混结构抗震性能提升 关键技术指南

1 范围

本文件提供了老旧小区砖混结构抗震性能提升技术的基本原则、材料、聚合物砂浆条带加固法、斜向钢丝-聚合物砂浆条带加固法、斜向钢丝-聚合物砂浆面层加固法和CFRP条带-聚合物砂浆条带加固法、施工工艺及要点的指导。

本文件适用于老旧小区砖混结构抗震加固关键技术的设计和施工,包含聚合物砂浆条带加固法、斜向钢丝-聚合物砂浆条带加固法、斜向钢丝-聚合物砂浆面层加固法和CFRP条带-聚合物砂浆条带加固法。

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,注册日期的引用文件,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 700 碳素结构钢
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条
- GB/T 5118 热强钢焊条
- GB 1499.1 钢筋混凝土用钢 第1部分:热轧光圆钢筋
- GB 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋
- GB/T 43113 碳纤维增强复合材料耐湿热性能评价方法
- GB 50003 砌体结构设计规范
- GB 50009 建筑结构荷载规范
- GB/T 50010 混凝土结构设计标准
- GB/T 50011 建筑抗震设计标准
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50017 钢结构设计标准
- GB 50292 民用建筑可靠性鉴定标准
- GB 50367—2013 混凝土结构加固设计规范
- GB 50661 钢结构焊接规范
- 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 55001 工程结构通用规范
- JGJ 18 钢筋焊接及验收规程
- JGJ 116 建筑抗震加固技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

结构加固 strengthening of structures

经检测确认,对可靠性不足的承重结构、构件及其相关部分进行增强或调整其内力,使之具有足够的安全性和耐久性,并力求保持其适用性。

[来源:GB 50367—2013,2.1.1,有修改]

3.2

原构件 existing structure member

实施加固前的原有构件。

[来源:GB 50367—2013,2.1.2]

3.3

重要结构 important structure

其破坏可能产生很严重后果的结构;在可靠度设计中指安全等级为一级的重要建筑物的结构。

[来源:GB 50292—2015,2.1.2]

3.4

一般结构 general structure

安全等级为二级的建筑物中的承重结构。

[来源:GB 50367—2013,2.1.4]

3.5

碳纤维复合材料 carbon fiber reinforced plastics; CFRP

以碳纤维为增强材料、塑料(如环氧树脂)为基体的复合材料。

3.6

聚合物砂浆条带加固法 structure member strengthening with polymer mortar strip

对墙体四角外包角钢,并在墙体正反面横向焊接高强钢丝形成钢构架,整墙涂抹普通砂浆,同时斜向交叉涂抹一层聚合物砂浆条带,使原构件斜向受到加强约束作用的加固方法。

3.7

斜向钢丝加固法 structure member strengthening with diagonal steel wires

对墙体四角外包角钢,并在墙体正反面横向焊接高强钢丝形成钢构架,整墙涂抹普通砂浆,同时斜向交叉布置三根高强钢丝,并与外包角钢焊接连接,使原构件斜向受到加强约束作用的加固方法。

3.8

CFRP条带加固法 structure member strengthening with CFRP strip

对墙体四角外包角钢,并在墙体正反面横向焊接高强钢丝形成钢构架,整墙涂抹普通砂浆,同时斜向交叉粘贴CFRP条带,使原构件斜向受到加强约束作用的加固方法。

3.9

斜向钢丝-聚合物砂浆条带加固法 structure member strengthening with diagonal steel wires-polymer mortar strip

对墙体四角外包角钢,并在墙体正反面横向焊接高强钢丝形成钢构架,整墙涂抹普通砂浆,斜向交叉布置三根高强钢丝,并与外包角钢焊接连接,同时斜向交叉涂抹一层聚合物砂浆条带的组合加固方法。

3.10

斜向钢丝-聚合物砂浆面层加固法 structure member strengthening with diagonal steel wires-polymer mortar layer

对墙体四角外包角钢,并在墙体正反面横向焊接高强钢丝形成钢构架,斜向交叉布置三根高强钢丝,并与外墙角钢焊接连接,同时整墙涂抹聚合物砂浆的组合加固方法。

3.11

CFRP条带-聚合物砂浆条带加固法 structure member strengthening with CFRP strip-polymer mortar strip

对墙体四角外包角钢,并在墙体正反面横向焊接高强钢丝形成钢构架,斜向交叉涂抹聚合物砂浆条带,其他部分涂抹普通砂浆,同时斜向交叉粘贴CFRP条带的组合加固方法。

3.12

聚合物砂浆 polymer mortar

以高分子聚合物为增强粘结性能的改性材料所配制而成的砂浆。

注:承重结构用的高强聚合物砂浆除了能改善其自身的物理力学性能外,还能显著提高其锚固钢筋和粘结混凝土的能力。

[来源:GB 50367—2013,2.1.15,有修改]

3.13

加固设计工作年限 design working life for strengthening of existing structure or its member

加固设计规定的结构、构件加固后无需进行超过设计文件要求的专项结构安全检测、鉴定,即可按其预定目的时间。

[来源:GB 50367—2013,2.1.17,有修改]

4 基本原则

4.1 一般原则

4.1.1 砖混结构经可靠性鉴定和抗震鉴定确认需要抗震加固时,宜根据鉴定结论和委托方提出的要求,按本文件的规定和业主要求进行加固设计。加固设计的范围,可按整栋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,均宜满足现行砌体结构设计规范的相关要求。

4.1.2 加固后砖混结构的安全等级,宜根据结构破坏后果的严重性、结构的重要性和设计工作年限确定。

4.1.3 砖混结构的加固设计,宜与实际施工技术及工艺紧密结合:采取有效措施,保证新增构件和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;并宜避免对未加固部分,以及相关的结构、构件和地基基础造成不利的影

4.1.4 对高温、高湿、低温、冻融、化学腐蚀、振动、收缩应力、温度应力、地基不均匀沉降等影响因素引起的原结构重要构件损坏,宜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。

4.1.5 砖混结构的加固设计,宜综合考虑其技术经济效果避免不必要的拆除或更换。

4.1.6 对加固过程中可能出现倾斜、失稳、过大变形或坍塌的砖混结构,宜在加固设计文件中提出相应的临时性安全措施,并明确要求施工单位根据具体施工情况制定可行的临时支撑系统,确保加固期间结构的稳定性。

4.1.7 砖混结构的加固设计工作年限,按下列原则确定。

- a) 结构加固后的工作年限,根据原结构设计年限并结合鉴定文件,由业主和设计单位共同商定;原则上结构加固后的最长工作年限,不超过被加固建筑物原设计工作年限。

- b) 当结构的加固材料中含有合成树脂或其他聚合物成分时,其结构加固后的工作年限宜按 30 年考虑。
- c) 工作年限到期后,当重新进行的可靠性鉴定认为该结构工作正常,仍可继续延长其工作年限。
- d) 对使用胶粘方法或掺有聚合物材料加固的结构、构件尚宜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宜迟于 10 年。
- e) 当为局部加固时,宜考虑原建筑物剩余设计工作年限对结构加固后设计工作年限的影响。
- f) 设计宜明确结构加固后的用途。在加固设计工作年限内,未经技术鉴定或设计许可,不宜改变加固后结构的用途和使用环境。

4.1.8 加固后的结构宜定期评估与维护,确保加固后结构的长期安全性与稳定性。交工验收完,宜进行一次初始检测。

4.2 设计计算原则

4.2.1 砌体结构加固设计采用的结构分析方法,应符合 GB 50003 规定的结构分析基本原则,且宜采用线弹性分析方法计算结构的作用效应。

4.2.2 加固砖混结构时,宜按下列规定进行承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计、验算。

- a) 结构上的作用,宜经调查或检测核实,并宜按附录 A 的规定和要求确定其标准值或代表值。
- b) 被加固结构、构件的作用效应,按下列要求确定;
 - 1) 结构的计算模型,应符合其实际受力和构造状况;
 - 2) 作用组合的效应设计值和组合值系数以及作用的分项系数,宜按 GB 55001 确定,并宜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。
- c) 结构、构件的尺寸,对原有部分宜根据鉴定报告采用原设计值或实测值;对新增部分,可采用加固设计文件给出的设计值。
- d) 原结构、构件的砌体强度等级和加固采用钢筋抗拉强度标准值按下列规定取值:
 - 1) 当原设计文件有效,且不怀疑结构有严重的性能退化时,可采用原设计的设计值;
 - 2) 当结构可靠性鉴定认为宜重新进行现场检测时,宜采用检测结果推定的标准值。
- e) 加固材料的性能和质量,应符合第 4 章的规定;其性能的标准值宜按 GB 50728 确定;其性能的设计值应按第 4 部分各相关节的规定采用。
- f) 验算结构、构件承载力时,宜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影响,以及加固部分与原结构共同工作程度。
- g) 加固后改变传力路线或使结构质量增大时,宜对相关结构、构件及建筑物地基基础进行必要的验算。

4.2.3 结构、构件加固时,除宜满足承载力要求外尚宜复核其抗震能力;不宜存在因局部加强或刚度突变而形成的新薄弱部位。

4.2.4 为防止结构加固部分意外失效而导致的倒塌,在使用胶粘剂或其他聚合物的加固方法时,其加固设计除宜按本文件的规定进行外,尚宜对原结构进行验算。验算时,宜要求原结构、构件能承受 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不大于 1 时,取 $n=1.2$;当该比值等于或大于 2 时,取 $n=1.5$;其间接线性内插法确定。

4.2.5 本文件的各种加固方法可用于砖混结构的抗震加固,但具体采用时,尚宜执行 GB/T 50011 和 JGJ 116 的规定。

4.3 加固方法及配合使用技术

4.3.1 结构加固分为单一加固与组合加固两类,设计时,可根据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。

4.3.2 单一加固宜根据工程的实际情况选用普通砂浆加固法、聚合物砂浆条带加固法、斜向钢丝加固法、CFRP条带加固法。

4.3.3 组合加固宜根据工程的实际情况选用斜向钢丝-聚合物砂浆条带加固法、斜向钢丝-聚合物砂浆面层加固法、CFRP条带-聚合物砂浆条带加固法。

5 材料

5.1 普通砂浆

5.1.1 采用普通砂浆面层加固砖混结构时,其材料组成及配比满足下列要求。

- a) 水泥:宜采用符合GB 175的普通硅酸盐水泥。
- b) 细骨料与粗骨料:细骨料可采用机制砂或天然砂,粒径宜小于5 mm。
- c) 外加剂:可根据需要添加适量的减水剂、防水剂、增强剂等外加剂,以改善砂浆的性能。但外加剂的使用量宜按照使用说明书的要求进行,避免过量或不足对砂浆性能产生不良影响。
- d) 水灰比:宜控制在合理范围内,一般加固砂浆混凝土的水灰比为0.35~0.45,以确保砂浆的强度和工作性能。

5.1.2 普通砂浆强度等级的选用宜根据具体加固需求和原结构状况来确定。

5.1.3 加固用的普通砂浆强度宜与原结构材料的强度相匹配,避免产生过大的强度差异,从而影响结构的整体性和稳定性。

5.1.4 普通砂浆的强度等级宜符合设计要求,一般不低于M10,且普通砂浆的安全性能宜符合GB 50728的规定。

5.2 聚合物砂浆

5.2.1 采用聚合物改性水泥砂浆(以下简称聚合物砂浆)在砖混结构的加固工程中时,其聚合物品种的选用满足下列要求:

- a) 重要结构加固宜选用改性环氧类聚合物;
- b) 一般结构加固可选用改性环氧类、丙烯酸酯类、丁苯类或氯丁类聚合物乳液;
- c) 不使用聚乙烯醇类、氯偏类、苯丙类聚合物、乙烯醋酸以及乙烯共聚物配制;
- d) 在结构加固工程中不宜使用聚合物成分及主要添加剂成分不明的任何型号聚合物砂浆;不使用未提供安全数据清单的任何品种聚合物材料;也不使用在产品说明书规定的储存期间出现分相现象的乳液产品。

5.2.2 承重结构用的聚合物砂浆分为Ⅰ级和Ⅱ级,宜分别按下列规定采用。

- a) 板和墙的加固:
 - 1) 当原构件砖砌体强度等级为高于MU7.5时,允许采用Ⅰ级聚合物砂浆;
 - 2) 当原构件砖砌体强度等级为M7.5及以下时,允许采用Ⅰ级或Ⅱ级聚合物砂浆。
- b) 梁和柱的加固,均宜采用Ⅰ级聚合物砂浆。

5.2.3 Ⅰ级和Ⅱ级聚合物砂浆的安全性能宜分别符合GB 50728的规定。

5.3 高强钢丝

5.3.1 采用钢丝绳加固砖混结构、构件时,其钢丝绳的选用满足下列要求:

- a) 重要结构、构件,或结构处于腐蚀介质环境、潮湿环境和露天环境时,宜选用高强度不锈钢钢丝绳制作的网片;
- b) 处于正常温、湿度环境中的一般结构、构件,可采用高强度镀锌钢丝绳制作的网片,但宜采取有

效的阻锈措施。

5.3.2 制绳用的钢丝符合下列规定。

- a) 当采用高强度不锈钢丝时,宜采用碳含量不大于0.15%及硫、磷含量不大于0.025%的优质不锈钢制丝。
- b) 当采用高强度镀锌钢丝时,宜采用硫、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宜符合YB/T 5357—2019对AB级的规定。

5.3.3 钢丝绳的抗拉强度标准值(f_{ik})宜按其极限抗拉强度确定,且宜具有不小于95%的保证率以及不低于90%的置信水平。

5.3.4 不锈钢钢丝绳和镀锌钢丝绳的强度标准值和设计值宜按表1采用。

表1 高强钢丝绳抗拉强度设计值

种类	符号	高强不锈钢钢丝绳			高强镀锌钢丝绳		
		钢丝绳公称直径 mm	抗拉强度标准值 f_{ik} MPa	抗拉强度设计值 f_{rw} MPa	钢丝绳公称直径 mm	抗拉强度标准值 f_{ik} MPa	抗拉强度设计值 f_{rw} MPa
6x7+IWS	Φ	2.4~4.0	1 600	1 200	2.5~4.5	1 650	1 100
1x19	Φ	2.5	1 470	1 100	2.5	1 580	1 050

5.3.5 高强度不锈钢钢丝绳和高强度镀锌钢丝绳的弹性模量及拉应变设计值宜按表2采用。

表2 高强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} /MPa	拉应变设计值 ϵ_{rw}
不锈钢钢丝绳	6x7+IWS	1.2×10^5	0.01
	1x19	1.1×10^5	0.01
镀锌钢丝绳	6x7+IWS	1.4×10^5	0.008
	1x19	1.3×10^5	0.008

5.3.6 结构加固用钢丝绳的内部和表面严禁涂有油脂。

5.4 CFRP

5.4.1 采用CFRP条带加固砖混结构、构件时,其CFRP条带的选用满足下列要求。

- a) 碳纤维材料:
 - 1) 宜选用高质量的碳纤维布或碳纤维板,确保其强度和模量满足设计要求;
 - 2) 碳纤维材料宜具有良好的耐腐蚀性和耐久性,以适应各种恶劣环境;
 - 3) 碳纤维材料防火耐热性能宜符合GB/T 43113的规定。
- b) 浸渍胶(粘贴胶):
 - 1) 宜选用与碳纤维材料相容性好的浸渍胶,以确保良好的粘结效果;
 - 2) 浸渍胶宜具有较高的强度和刚度,以满足加固结构的需求。

5.4.2 宜根据结构的实际情况和加固需求,进行详细的加固设计,包括确定加固位置、加固方式、碳纤维材料的规格和数量等。加固设计宜考虑结构的整体性和稳定性。

5.5 钢材及焊接材料

5.5.1 砖混结构加固用的钢筋,其品种、质量和性能满足下列要求。

- 宜选用HRB400级普通钢筋;当有工程经验时,可采用HRB500级和HRBF500级的钢筋。
- 钢筋的质量宜分别符合GB 1499.1和GB 1499.2的规定。
- 钢筋性能的标准值和设计值宜按GB/T 50010的规定采用。
- 不宜使用无出厂合格证、无中文标志或未经进场检验的钢筋及再生钢筋。

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

- 宜采用Q235级或Q355级钢材;对重要结构的连接构件,宜选用Q235-B级及以上钢;
- 钢材质量宜分别符合GB/T 700和GB/T 1591的规定;
- 钢材的性能设计值宜按GB 50017的规定采用;
- 不宜使用无出厂合格证、无中文标志或未经进场检验的钢材。

5.5.3 当混凝土结构的后锚固件为植筋时,宜使用热轧带肋钢筋,不宜使用光圆钢筋。植筋用的钢筋,其质量宜符合5.5.1的规定。

5.5.4 当后锚固件为钢螺杆时,宜采用全螺纹的螺杆,不宜采用锚入部位无螺纹的螺杆。螺杆的钢材等级宜为Q355级或Q235级;其质量宜分别符合GB/T 1591和GB/T 700的规定。

5.5.5 当承重结构的后锚固件为锚栓时,其钢材的性能指标宜符合表3或表4的规定。

表3 碳素钢及合金钢锚栓的钢材抗拉性能指标

性能等级		4.8	5.8	6.8	8.8
锚栓钢材性能指标	抗拉强度标准值 f_{uk}/MPa	400	500	600	800
	屈服强度标准值 f_{yk}/MPa	320	400	480	640
	断后伸长率 $\delta_5/\%$	14	10	8	12

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

表4 不锈钢锚栓(奥氏体A1、A2、A4、A5)的钢材性能指标

性能等级		50	70	80
螺纹公称直径 d/mm		≤ 39	≤ 24	≤ 24
锚栓钢材性能指标	抗拉强度标准值 f_{uk}/MPa	500	700	800
	屈服强度标准值 f_{yk} 或 $f_{s,0.2t}/\text{MPa}$	210	450	600
	伸长值 δ/mm	$0.6d$	$0.4d$	$0.3d$

5.5.6 砖混结构加固用的焊接材料,其型号和质量符合下列规定:

- 焊条型号宜与被焊接钢材的强度相适应;
- 焊条的质量宜符合GB/T 5117和GB/T 5118的规定;
- 焊接工艺宜符合GB 50661和JGJ 18的规定;
- 焊缝连接的设计原则及计算指标宜符合GB 50017的规定。

6 加固方法

6.1 设计规定

- 6.1.1 采用本文件加固方法进行加固时,宜采取措施卸除或大部分卸除作用在结构上的活荷载。
- 6.1.2 采用聚合物砂浆条带法、斜向钢丝-聚合物砂浆条带法、斜向钢丝-聚合物砂浆面层法、CFRP条带-聚合物砂浆条带法加固砌体墙后,它的抗剪承载力计算符合一般理论相加的原理,加固后墙体的抗剪承载力宜等于加固前墙体的抗剪承载力和加固材料所承担的抗剪承载力之和,并符合一定的比例关系。
- 6.1.3 在计算抗压承载力时,可不计入加固钢材的作用;但在设计中,确保加固钢材与原结构能够协同工作,并采取有效构造措施。
- 6.1.4 忽略由于墙体自身的局部松散而造成的应力集中,从整个墙体的水平截面上来考虑加固钢材承担的抗剪承载力。
- 6.1.5 加固前后墙体的性质相同。
- 6.1.6 当被加固结构、构件的表面有防火要求时,宜按 GB 50016 规定的耐火等级及耐火极限要求,对聚合物砂浆外加层进行防护。
- 6.1.7 当被加固构件界面处理及其粘结质量符合本文件规定时,可按整体截面计算。
- 6.1.8 采用聚合物砂浆条带法、斜向钢丝-聚合物砂浆条带法、斜向钢丝-聚合物砂浆面层法、CFRP条带-聚合物砂浆条带法加固砖混结构构件时,其正截面承载力宜按 GB 50003 的基本假定进行计算。
- 6.1.9 忽略加固方法对墙体轴压比的影响,加固前后轴压比相同。
- 6.1.10 当墙体破坏至 1.6% 位移角以内时,采用不同的加固方法,刚度可恢复至原墙体的 85% 以上。

6.2 聚合物砂浆条带加固法

6.2.1 聚合物砂浆条带加固后的墙体主要由原墙体、钢构件骨架和聚合物砂浆条带组成。钢构件骨架可以保证原墙体的整体性,防止砌体墙体的解体,使其具有承载能力。聚合砂浆条带确保了原始墙体和改造材料的协同工作。计算图如图 1 所示。

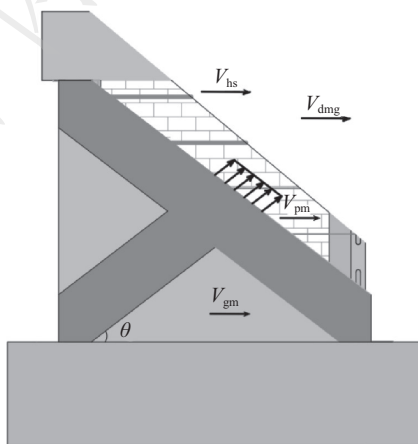


图 1 聚合物砂浆条带加固受力分析

采用聚合物砂浆条带加固法加固后,墙体的承载力被视为四部分的叠加,其抗剪承载力 V_R 宜符合公式(1)规定:

$$V_R = V_{dmg} + V_{hs} + V_{pm} + V_{gm} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- V_{dmg} ——原始墙体的剩余承载力；
 V_{hs} ——水平钢丝的承载力；
 V_{pm} ——聚合物砂浆条带的承载力；
 V_{gm} ——普通砂浆的承载力。

6.2.2 改造后受损墙体的刚度可以恢复到原墙体的85%。钢构件的约束作用保证了砌体墙的整体性，使墙体能继续承受荷载。由于损伤的累积，原墙的承载力降低了损伤系数 k ，原始墙体剩余承载力计算见公式(2)，对于带严重受损构造柱的砌体墙，仅考虑其有效截面。与构造柱相交的部分不予考虑。

$$V_{\text{dmg}} = kV \frac{A_{\text{eff}}}{A} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- k ——损伤系数，根据改造后的初始刚度与改造前的初始刚度之比，取0.85；
 V ——原始墙体的承载力；
 A_{eff} ——砌体墙的有效截面面积；
 A ——砌体墙的截面面积。

6.2.3 水平钢丝在整个试验过程中未达到屈服强度。水平钢丝的应力较低，约为其屈服强度的20%~30%。承载力按公式(3)计算。

$$V_{\text{hs}} = \lambda_{\text{hs}} n_{\text{hs}} f_{\text{yh}} A_{\text{hs}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- λ_{hs} ——水平钢丝的利用系数，取0.2；
 n_{hs} ——水平钢丝数量(双面改造，取两面之和)；
 f_{yh} ——水平钢丝的屈服强度；
 A_{hs} ——单根水平钢丝的横截面积。

6.2.4 聚合物砂浆条带考虑到其拉伸效应，按公式(4)计算。聚合物砂浆条带在加载过程中的局部开裂导致聚合物砂浆不能充分利用其承载能力。聚合物砂浆条带利用系数 λ_{pm} 按GB 50702取值为0.8。

$$V_{\text{pm}} = (\lambda_{\text{pm}} f_{\text{pmt}} t_{\text{pm}} \omega_{\text{hs}}) \times \cos \theta \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- λ_{pm} ——聚合物砂浆的利用系数，取0.8；
 f_{pmt} ——聚合物砂浆的抗拉强度设计值；
 t_{pm} ——聚合物砂浆条带厚度(双面钢筋，取两面之和)；
 ω_{hs} ——聚合物砂浆条带的宽度；
 θ ——斜向聚合物砂浆条带与水平方向的夹角。

6.2.5 加固后，砂浆层中的裂缝闭合时可传递压应力或剪应力。根据经验公式(5)，这种贡献被考虑到普通砂浆层的承载力中。

$$V_{\text{gm}} = 0.02 f_{\text{gm}} t_{\text{gm}} L \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- f_{gm} ——普通砂浆的抗压强度；
 t_{gm} ——一般宜为砂浆层的厚度(双面钢筋，取两面之和)；
 L ——砌体墙长度。

6.3 斜向钢丝-聚合物砂浆条带加固法

6.3.1 斜向钢丝-聚合物砂浆条带加固后的墙体主要由原墙体、钢构件骨架和聚合物砂浆条带组成。钢构件骨架可以保证原墙体的整体性，防止砌体墙体的解体，使其具有承载能力。聚合物砂浆条带确保了原始墙体和改造材料的协同工作。计算图如图2所示。

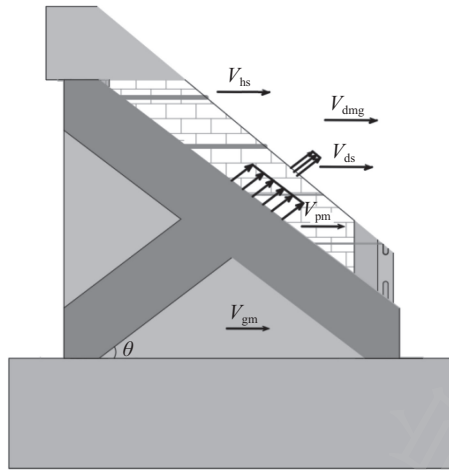


图2 斜向钢丝-聚合物砂浆条带加固受力分析

采用斜向钢丝-聚合物砂浆条带加固法加固后墙体的承载力被视为五部分的叠加,其抗剪承载力 V_R 宜符合公式(6):

$$V_R = V_{dmg} + V_{ds} + V_{hs} + V_{pm} + V_{gm} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

- V_{dmg} ——原始墙体的剩余承载力;
- V_{ds} ——斜钢丝的承载力;
- V_{hs} ——水平钢丝的承载力;
- V_{pm} ——聚合物砂浆条带的承载力;
- V_{gm} ——普通砂浆的承载力。

6.3.2 改造后受损墙体的刚度可以恢复到原墙体的85%。钢构件的约束作用保证了砌体墙的整体性,使墙体能继续承受荷载。由于损伤的累积,原墙的承载力降低了损伤系数 k ,原始墙体剩余承载力计算见公式(7),对于带严重受损构造柱的砌体墙,仅考虑其有效截面。与构造柱相交的部分不予考虑。

$$V_{dmg} = kV \frac{A_{eff}}{A} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

- k ——损伤系数,根据改造后的初始刚度与改造前的初始刚度之比,取0.85;
- V ——原始墙体的承载力;
- A_{eff} ——砌体墙的有效截面面积;
- A ——砌体墙的截面面积。

6.3.3 考虑到斜向钢丝的抗拉能力,在断裂前都达到了屈服强度,抗剪承载力按公式(8)计算。

$$V_{ds} = (n_{ds} f_y A_{ds}) \times \cos \theta \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

- n_{ds} ——对角钢丝的数量(双面改造,取两面之和);
- f_y ——斜向钢丝的屈服强度;
- A_{ds} ——单根斜向钢丝的横截面积;
- θ ——对角钢丝与水平方向的夹角。

6.3.4 水平钢丝在整个试验过程中没有达到屈服强度。承载力没有得到充分利用,水平钢丝中的应力约为其屈服强度的20%~30%。承载力按公式(9)计算。

$$V_{hs} = \lambda_{hs} n_{hs} f_{yh} A_{hs} \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中：

λ_{hs} ——水平钢丝的利用系数,取0.2;

n_{hs} ——水平钢丝数量(双面改造,取两面之和);

f_{yh} ——水平钢丝的屈服强度;

A_{hs} ——单根水平钢丝的横截面积。

6.3.5 聚合物砂浆条带与斜钢丝共同工作,考虑到其拉伸效应,按公式(10)计算。聚合物砂浆条带在加载过程中的局部开裂导致聚合物砂浆不能充分利用其承载能力。聚合物砂浆条带利用系数 λ_{pm} 按GB 50702取值为0.8。

$$V_{pm} = (\lambda_{pm} f_{pmt} t_{pm} \omega_{hs}) \times \cos \theta \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中：

λ_{pm} ——聚合物砂浆的利用系数,取0.8;

f_{pmt} ——聚合物砂浆的抗拉强度设计值;

t_{pm} ——聚合物砂浆条带厚度(双面钢筋,取两面之和);

ω_{hs} ——聚合物砂浆条带的宽度。

6.3.6 加固后,砂浆层中的裂缝闭合时可传递压应力或剪应力。根据经验公式(11),这种贡献被考虑到普通砂浆层的承载力中。

$$V_{gm} = 0.02 f_{gm} t_{gm} L \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

f_{gm} ——普通砂浆的抗压强度;

t_{gm} ——一般宜为砂浆层的厚度(双面钢筋,取两面之和);

L ——砌体墙长度。

6.4 斜向钢丝-聚合物砂浆面层加固法

6.4.1 斜向钢丝-聚合物砂浆面层加固后的墙体主要由原墙体、钢构件骨架、聚合物砂浆面层和斜向钢丝组成。钢构件骨架可以保证原墙体的整体性,防止砌体墙体的解体,使其具有承载能力。斜向钢丝确保了原始墙体和改造材料的协同工作。计算图如图3所示。

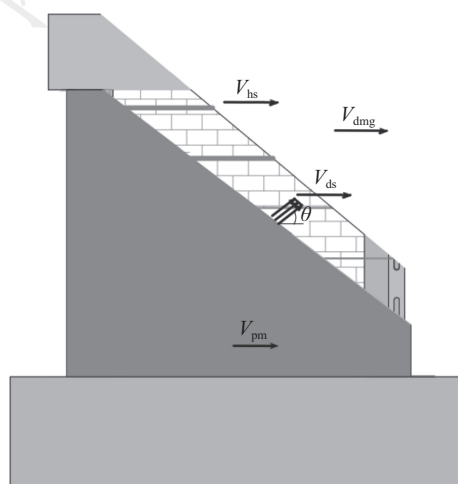


图3 斜向钢丝-聚合物砂浆面层加固受力分析

采用斜向钢丝-聚合物砂浆面层加固法加固后墙体的承载力被视为四部分的叠加,其抗剪承载力 V_R 宜符合公式(12):

$$V_R = V_{\text{dmg}} + V_{\text{ds}} + V_{\text{hs}} + V_{\text{pm}} \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中:

- V_{dmg} —— 原始墙体的剩余承载力;
- V_{ds} —— 斜钢丝的承载力;
- V_{hs} —— 水平钢丝的承载力;
- V_{pm} —— 聚合物砂浆的承载力。

6.4.2 改造后受损墙体的刚度可以恢复到原墙体的85%。钢构件的约束作用保证了砌体墙的整体性,使墙体能继续承受荷载。由于损伤的累积,原墙的承载力降低了损伤系数 k ,原始墙体剩余承载力计算见公式(13),对于带严重受损构造柱的砌体墙,仅考虑其有效截面。与构造柱相交的部分不予考虑。

$$V_{\text{dmg}} = kV \frac{A_{\text{eff}}}{A} \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

- k —— 损伤系数,根据改造后的初始刚度与改造前的初始刚度之比,取0.85;
- V —— 原始墙体的承载力;
- A_{eff} —— 砌体墙的有效截面面积;
- A —— 砌体墙的截面面积。

6.4.3 水平钢丝在整个试验过程中没有达到屈服强度。承载力没有得到充分利用,水平钢丝中的应力约为其屈服强度的20%~30%。承载力按公式(14)计算。

$$V_{\text{hs}} = \lambda_{\text{hs}} n_{\text{hs}} f_{\text{yh}} A_{\text{hs}} \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中:

- λ_{hs} —— 水平钢丝的利用系数,取0.2;
- n_{hs} —— 水平钢丝数量(双面改造,取两面之和);
- f_{yh} —— 水平钢丝的屈服强度;
- A_{hs} —— 单根水平钢丝的横截面积。

6.4.4 考虑到斜向钢丝的抗拉能力,在断裂前都达到了屈服强度,抗剪承载力按公式(15)计算。

$$V_{\text{ds}} = (n_{\text{ds}} f_y A_{\text{ds}}) \times \cos \theta \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中:

- n_{ds} —— 对角钢丝的数量(双面改造,取两面之和);
- f_y —— 斜向钢丝的屈服强度;
- A_{ds} —— 单根斜向钢丝的横截面积;
- θ —— 对角钢丝与水平方向的夹角。

6.4.5 加固后,砂浆层中的裂缝闭合时可传递压应力或剪应力。根据经验公式(16),这种贡献被考虑到普通砂浆层的承载力中。

$$V_{\text{pm}} = 0.02 f_{\text{pm}} t_{\text{pm}} L \quad \dots\dots\dots(16)$$

式中:

- f_{pm} —— 聚合物砂浆的抗压强度设计值;
- t_{pm} —— 一般宜为聚合物砂浆层的厚度(双面钢筋,取两面之和);
- L —— 砌体墙长度。

6.5 CFRP条带-聚合物砂浆面层加固法

6.5.1 CFRP条带-聚合物砂浆条带加固后的墙体主要由原墙体、钢构件骨架、聚合物砂浆条带和CFRP条带组成。钢构件骨架可以保证原墙体的整体性,防止砌体墙体的解体,使其具有承载能力。聚合物砂浆条带和CFRP条带确保了原始墙体和改造材料的协同工作。计算图如图4所示。

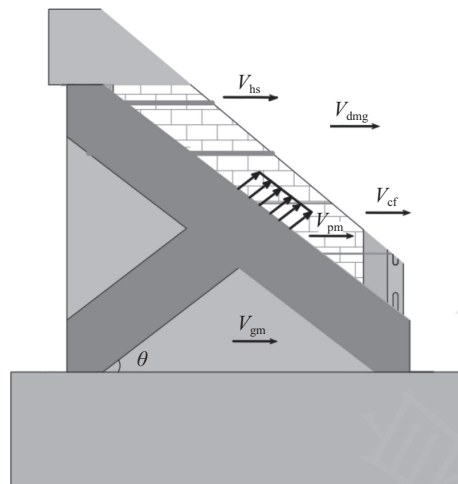


图4 CFRP条带-聚合物砂浆条带加固受力分析

采用CFRP条带-聚合物砂浆条带加固法加固后墙体的承载力被视为五部分的叠加,其抗剪承载力 V_R 宜符合公式(17):

$$V_R = V_{dmg} + V_{cf} + V_{hs} + V_{pm} + V_{gm} \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中:

- V_{dmg} ——原始墙体的剩余承载力;
- V_{cf} ——CFRP条带的承载力;
- V_{hs} ——水平钢丝的承载力;
- V_{pm} ——聚合物砂浆条带的承载力;
- V_{gm} ——普通砂浆的承载力。

6.5.2 改造后受损墙体的刚度可以恢复到原墙体的85%。钢构件的约束作用保证了砌体墙的整体性,使墙体能继续承受荷载。由于损伤的累积,原墙的承载力降低了损伤系数 k ,原始墙体剩余承载力计算见公式(18),对于带严重受损构造柱的砌体墙,仅考虑其有效截面。与构造柱相交的部分不予考虑。

$$V_{dmg} = kV \frac{A_{eff}}{A} \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中:

- k ——损伤系数,根据改造后的初始刚度与改造前的初始刚度之比,取0.85;
- V ——原始墙体的承载力;
- A_{eff} ——砌体墙的有效截面面积;
- A ——砌体墙的截面面积。

6.5.3 CFRP条带考虑到其拉伸效应,按公式(19)计算。CFRP条带在加载过程中的局部开裂导致CFRP条带不能充分利用其承载能力。

$$V_{cf} = n\alpha E_f \epsilon_f A_f \cos \theta \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:

- n ——CFRP条带粘贴层数;
- α ——CFRP条带参与工作系数,取0.8;
- E_f ——CFRP条带的弹性模量;
- ϵ_f ——CFRP条带的应变;
- A_f ——CFRP条带的截面面积。

6.5.4 水平钢丝在整个试验过程中没有达到屈服强度。承载力没有得到充分利用,水平钢丝中的应力约为其屈服强度的20%~30%。承载力按公式(20)计算。

$$V_{hs} = \lambda_{hs} n_{hs} f_{yh} A_{hs} \dots\dots\dots (20)$$

式中：

- λ_{hs} ——水平钢丝的利用系数,取0.2;
- n_{hs} ——水平钢丝数量(双面改造,取两面之和);
- f_{yh} ——水平钢丝的屈服强度;
- A_{hs} ——单根水平钢丝的横截面积。

6.5.5 聚合物砂浆带在加载过程中的局部开裂导致聚合物砂浆不能充分利用其承载能力。聚合物砂浆条带利用系数 λ_{pm} 按GB 50702取值为0.8,按公式(21)计算。

$$V_{pm} = (\lambda_{pm} f_{pmt} t_{pm} \omega_{hs}) \times \cos \theta \dots\dots\dots (21)$$

式中：

- λ_{pm} ——聚合物砂浆的利用系数,取0.8;
- f_{pmt} ——聚合物砂浆的抗拉强度设计值;
- t_{pm} ——聚合物砂浆条带厚度(双面钢筋,取两面之和);
- ω_{hs} ——聚合物砂浆条带的宽度。

6.5.6 加固后,砂浆层中的裂缝闭合时可传递压应力或剪应力。根据经验公式(22),这种贡献被考虑到普通砂浆层的承载力中。

$$V_{gm} = 0.02 f_{gm} t_{gm} L \dots\dots\dots (22)$$

式中：

- f_{gm} ——普通砂浆的抗压强度;
- t_{gm} ——一般宜为砂浆层的厚度(对于双面钢筋,取两面的总和);
- L ——砌体墙长度。

6.6 构造规定

- 6.6.1 采用聚合物砂浆条带法、斜向钢丝-聚合物砂浆条带法、斜向钢丝-聚合物砂浆面层法、CFRP条带-聚合物砂浆条带法加固砖混结构构件时,整墙涂抹的普通砂浆厚度不宜小于25 mm,且考虑相应的抗裂措施;聚合物砂浆条带宽度不小于25 cm,并有聚合物砂浆防裂措施。
- 6.6.2 采用聚合物砂浆条带法、斜向钢丝-聚合物砂浆条带法、斜向钢丝-聚合物砂浆面层法、CFRP条带-聚合物砂浆条带法时,原构件砌体砖表面宜经处理,设计文件宜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,砖砌体表面宜予以打毛。
- 6.6.3 采用聚合物砂浆条带法、斜向钢丝-聚合物砂浆条带法、斜向钢丝-聚合物砂浆面层法、CFRP条带-聚合物砂浆条带法时,需在涂抹普通砂浆前进行外包钢处理。在墙体四角用宽度为56 mm,厚度为3 mm的角钢包覆,并在墙正面及背面用高强钢丝横向进行连接,间距为200 mm,在上下端部加密布置两根,钢丝与角钢连接方式为焊接,焊接节点详图如图5所示。在墙体两侧采用直径8 mm的钢筋进行焊接连接,间距为200 mm。

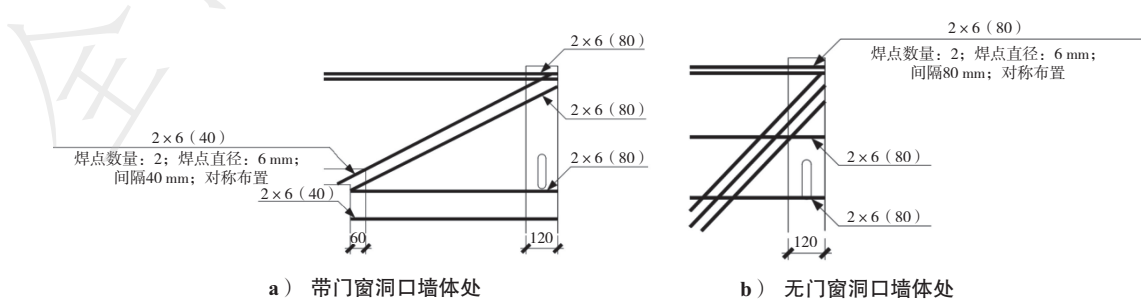


图5 焊接节点详图

6.6.4 加固墙体与圈梁楼板等构件的连接如图6所示。砂浆面层涂抹至圈梁楼板等构件处,为确保斜向钢丝焊接,在圈梁楼板处锚固一片 $100\times 150\text{ mm}$ 的钢板。

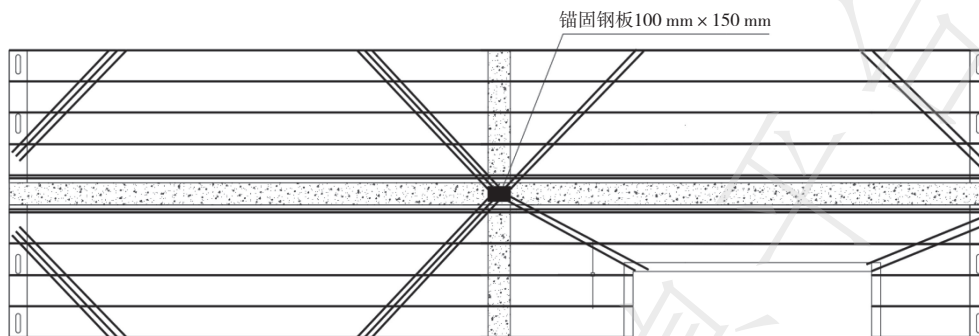


图6 墙体与圈梁楼板等构件的连接

7 施工工艺及要点

7.1 普通砂浆和聚合物砂浆加固法施工工艺

7.1.1 基层处理

7.1.1.1 清洗墙体表面,确保干净无尘,无油污和其他杂质。

7.1.1.2 对墙体表面的裂缝、空鼓、剥落等问题进行修补和处理。

7.1.2 界面处理

7.1.2.1 在墙体表面涂刷一层砂浆粘结剂,以增强新砂浆层与原有墙体的粘结力。粘结剂的安全性能指标宜符合GB 50367—2013规定的对B级胶的要求。

7.1.2.2 待砂浆粘结剂干燥后,方可进行下一步施工。

7.1.3 砂浆制备

7.1.3.1 按比例混合水泥、砂子和适量的外加剂,可预拌符合要求的砂浆浆料。

7.1.3.2 砂浆的强度等级宜符合设计要求,一般不低于M10。

7.1.4 砂浆涂抹

7.1.4.1 用抹刀将新的砂浆均匀地涂抹在墙体表面上,厚度一般为 $20\text{ mm}\sim 30\text{ mm}$ 。厚度超过规范规定值宜设置抗裂措施。

7.1.4.2 涂抹时宜分层进行,每层厚度不宜超过 15 mm ,且各层砂浆的接茬部位宜错开。

7.1.5 养护

7.1.5.1 砂浆涂抹完成后,宜进行洒水养护,保持湿润。

7.1.5.2 防止阳光暴晒,冬季宜采取防冻措施。

7.2 斜向钢丝加固法施工工艺

7.2.1 基层处理

7.2.1.1 清洗墙体表面,确保干净无尘,无油污和其他杂质。

7.2.1.2 对墙体表面的裂缝、空鼓、剥落等问题进行修补和处理预处理墙面。

7.2.2 定位和测量

根据设计要求,在需要加固的结构部位上进行定位和测量。确定斜向钢丝的位置、倾斜角度。

7.2.3 张拉与调整

对斜向钢丝进行张拉,以产生预定的预应力。根据实际需要,对钢丝的张拉力进行调整,张紧后钢丝要处于紧直状态,不能下挠,确保加固效果达到设计要求。在施工过程中,宜注意实时监测钢丝的张拉力,确保各钢丝张拉均匀。

7.2.4 后处理

对施工区域进行必要的修整和整理工作,确保施工结构的稳定性。对加固部位进行检查和验收,确保加固质量符合要求。

7.2.5 防护

在斜向钢丝加固完成后,需要进行防锈处理,如喷涂涂料等,以保护加固材料免受外界环境的侵蚀。

7.3 CFRP条带加固法施工工艺

7.3.1 基底处理

对于砖砌体基层,需要彻底凿除空鼓、蜂窝、腐蚀劣化及剥落等部位,并使用环氧砂浆进行修复。同时,使用角磨机和砂纸等工具除去砖砌体表面的浮浆和油污,确保构件基面的混凝土打磨平整。

7.3.2 涂底胶与粘贴CFRP条带

涂底胶:按照规定的比例准确称量底胶的主剂和固化剂,均匀慢速搅拌,并在可使用的时间内用完。使用滚筒刷均匀地在待加固结构表面涂刷底胶,确保涂刷均匀、无遗漏。底胶固化后,方可进行下一步操作。

粘贴CFRP条带:根据设计要求,将CFRP条带裁剪成适当的长度和宽度。使用浸渍胶将CFRP条带粘贴在待加固结构的表面,确保粘贴紧密、无气泡。在粘贴过程中,需要注意CFRP条带的搭接长度和粘贴方向,以满足设计要求。

7.3.3 预应力处理与固化

预应力处理:对于需要施加预应力的CFRP条带加固结构,需要在粘贴完成后进行预应力处理。通过张拉设备对CFRP条带进行预拉,以提高加固层与结构之间的粘结强度。

固化过程:在CFRP条带粘贴完成后,需要控制温度和湿度条件,使浸渍胶在一定时间内达到设计强度。固化过程中,需要保持施工环境的稳定和适宜,避免影响固化效果。

7.3.4 防护与验收

防护处理:在CFRP条带加固完成后,需要对加固部位进行防护处理,如喷涂涂料、抹灰等,以保护加固材料免受外界环境的侵蚀。

验收与检测:对加固结构进行验收和检测,确保加固效果满足设计要求。验收过程中,需要检查CFRP条带的粘贴质量、预应力处理效果等,并进行必要的性能检测。

全国团体标准信息网

附录 A

(规范性)

既有建筑物结构荷载标准值的确定方法

A.1 对既有结构上的荷载标准值取值,尚应符合 GB 50009 的规定。

A.2 结构和构件自重的标准值,宜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.3 常用材料和构件的单位自重标准值,宜按 GB 50009 的规定采用。当该文件的规定值有上、下限时,宜按下列要求采用:

- a) 当荷载效应对结构不利时,取上限值;
- b) 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.4 当遇到下列情况之一时,材料和构件的自重标准值宜按现场抽样称量确定:

- a) GB 50009 尚无规定;
- b) 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;
- c) 采用理论重量和实测重量的较大值。

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

- a) 当其效应对结构不利时,见公式(A.1)。

$$g_{k,\text{sup}} = m_g + \frac{t}{\sqrt{n}} s_g \quad \dots\dots\dots(\text{A.1})$$

式中:

- $g_{k,\text{sup}}$ ——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.1 采用。

- b) 当其效应对结构有利时,见公式(A.2)。

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

表 A.1 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.6 对非结构的构、配件,或对支座沉降有影响的构件,当其自重效应对结构有利时,宜取其自重标准值 $g_{k,\text{sup}} = 0$ 。

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

- a) 当估算的荷载低于GB 50009规定的屋面均布活荷载或集中荷载时,宜按该文件采用。
 - b) 当估算的荷载高于GB 50009的规定值时,宜按实际估算值采用,当施工荷载过大时,宜采取措施予以降低。
-

全国团体标准信息平台

中国国际科技促进会
团体标准
老旧小区砖混结构抗震性能提升
关键技术指南

T/CI 1129—2025

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 38 千字
2025年11月第1版 2025年11月第1次印刷

*

书号:155066·5-17237 定价 54.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107



T/CI 1129-2025