

**T/CECS** XXX- 202X

**中国工程建设标准化协会标准**

近现代保护建筑结构维护与加固技术规程

Technical specification for maintenance and reinforcement on structures of modern conservation buildings

**(征求意见稿)**

**中国XX出版社**

**中国工程建设标准化协会标准**

近现代保护建筑结构维护与加固技术规程

Technical specification for maintenance and reinforcement on structures of modern conservation buildings

**T/CECS XXX—202X**

主编单位：湖南大学

湖南宏力土木工程检测有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年X月X日

**中国XX出版社**

202X　北　京

前　言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2021年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》(建标协字[2021]11号)的要求，编制组经深入调查研究,认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分12章，主要内容包括：总则、术语、基本规定、材料、工程勘查、结构鉴定、砌体结构维护与加固、钢筋混凝土结构维护与加固、钢结构维护与加固、木构架维护与加固、相关工程维护、工程验收等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑物鉴定与加固专业委员会归口管理,由湖南大学负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给湖南大学（地址：湖南省长沙市岳麓区麓山南路2号，邮编：410082，邮箱：plt63@126.com）。

**目　　次**

[1　总　　则 1](#_Toc22412)

[2　术语 2](#_Toc11697)

[3　基本规定 4](#_Toc31974)

[4　材　　料 6](#_Toc13516)

[4.1　混凝土材料 6](#_Toc3389)

[4.2　钢材和焊条 6](#_Toc29041)

[4.3　钢绞线和钢丝绳 7](#_Toc29294)

[4.4　连接件和紧固件 8](#_Toc17438)

[4.5　砌体材料 9](#_Toc30923)

[4.6　纤维和纤维复合材 11](#_Toc9850)

[4.7　木材 12](#_Toc8055)

[4.8　石材和砖瓦 12](#_Toc16084)

[4.9　结构胶粘剂 13](#_Toc20592)

[4.10　修补材料 14](#_Toc24688)

[4.11　防护材料 14](#_Toc26149)

[5　工程勘查 17](#_Toc26452)

[5.1　一般规定 17](#_Toc21135)

[5.2　承重结构勘查 18](#_Toc4985)

[5.3　相关工程勘查 22](#_Toc7193)

[6　结构鉴定 23](#_Toc26252)

[6.1　一般规定 23](#_Toc18154)

[6.2　勘查项目鉴定评级 24](#_Toc24735)

[6.3　单个构件鉴定评级 28](#_Toc13636)

[6.4　结构体系鉴定评级 30](#_Toc7035)

[6.5　地基基础和场地安全性鉴定 32](#_Toc8213)

[6.6　抗震鉴定 33](#_Toc374)

[6.7　鉴定报告编写要求 36](#_Toc4344)

[7　砌体结构维护与加固 38](#_Toc1011)

[7.1　一般规定 38](#_Toc20779)

[7.2　砌体柱 39](#_Toc5886)

[7.3　砌体墙 42](#_Toc7493)

[7.4　抗震加固 46](#_Toc8861)

[8　混凝土结构维护与加固 50](#_Toc11199)

[8.1　一般规定 50](#_Toc24522)

[8.2　钢筋混凝土柱 51](#_Toc17538)

[8.3　钢筋混凝土梁 55](#_Toc1597)

[8.4　钢筋混凝土板 61](#_Toc23061)

[8.5　抗震加固 64](#_Toc6498)

[9　钢结构维护与加固 67](#_Toc22826)

[9.1　一般规定 67](#_Toc22071)

[9.2　钢柱 68](#_Toc18834)

[9.3　钢梁 72](#_Toc4327)

[10　木结构维护与加固 75](#_Toc29674)

[10.1　一般规定 75](#_Toc2131)

[10.2　木构架 75](#_Toc6514)

[10.3　木柱 76](#_Toc9973)

[10.4　梁枋 77](#_Toc30711)

[10.5　斗拱 78](#_Toc9149)

[10.6　抗震加固 78](#_Toc25017)

[11　相关工程的维护与加固 80](#_Toc19149)

[11.1　一般规定 80](#_Toc12709)

[11.2　场地、排水及基础 80](#_Toc13648)

[11.3　石构件 82](#_Toc26220)

[11.4　墙体 83](#_Toc12468)

[11.5　瓦顶 83](#_Toc17206)

[12　工程验收 85](#_Toc22803)

[12.1　一般规定 85](#_Toc2816)

[12.2　砌体结构验收 90](#_Toc18326)

[12.3　混凝土结构验收 94](#_Toc21487)

[12.4　钢结构验收 101](#_Toc32004)

[12.5　木构架验收 105](#_Toc6675)

[12.6　相关工程验收 107](#_Toc12783)

[用词说明 110](#_Toc13682)

[引用标准名录 111](#_Toc16661)

附：[条文说明 113](#_Toc13658)

**Contents**

[1　General provisions 1](#_Toc22412)

[2　Terms 2](#_Toc11697)

[3　Basic requirements 4](#_Toc31974)

[4　Materials 6](#_Toc13516)

[4.1　Concrete material 6](#_Toc3389)

[4.2　Steel and welding oods 6](#_Toc29041)

[4.3　Steel strand and wire rope 7](#_Toc29294)

[4.4　Connectors and fasteners 8](#_Toc17438)

[4.5　Masonry material 9](#_Toc30923)

[4.6　Fibers and fiber composites 11](#_Toc9850)

[4.7　Timber 12](#_Toc8055)

[4.8　Stone and tile 12](#_Toc16084)

[4.9　Structural adhesive 13](#_Toc20592)

[4.10　Repairing material 14](#_Toc24688)

[4.11　Protective material 14](#_Toc26149)

[5　Engineering exploration 17](#_Toc26452)

[5.1　General requirements 17](#_Toc21135)

[5.2](#_Toc4985)[Exploration of load-bearing structures 18](#_Toc4985)

[5.3　Exploration of associated engineering 22](#_Toc7193)

[6　Rating appraisal of structure 23](#_Toc26252)

[6.1　General requirements 23](#_Toc18154)

[6.2　Rating appraisal for exploration engineering 24](#_Toc24735)

[6.3　Rating appraisal for single component 28](#_Toc13636)

[6.4　Rating appraisal for structural system 30](#_Toc7035)

[6.5　Safety appraisal for foundation and site 32](#_Toc8213)

[6.6　Seismic appraisal for historic building 33](#_Toc374)

[6.7　Requirements for appraisal report 36](#_Toc4344)

[7　Maintaining and strengthening for masonry structure 38](#_Toc1011)

[7.1　General requirements 38](#_Toc20779)

[7.2　Masonry column 39](#_Toc5886)

[7.3　Masonry wall 42](#_Toc7493)

[7.4　Seismic strengthening 46](#_Toc8861)

[8　Maintaining and strengthening for concrete structure 50](#_Toc11199)

[8.1　General requirements 50](#_Toc24522)

[8.2　Reinforced concrete column 51](#_Toc17538)

[8.3　Reinforced concrete beam 55](#_Toc1597)

[8.4　Reinforced concrete slab 61](#_Toc23061)

[8.5　Seismic strengthening 64](#_Toc6498)

[9　Maintaining and strengthening for steel structure 67](#_Toc22826)

[9.1　General requirements 67](#_Toc22071)

[9.2　Steel column 68](#_Toc18834)

[9.3　Steel beam 72](#_Toc4327)

[10　Maintaining and strengthening for timber frame 75](#_Toc29674)

[10.1　General requirements 75](#_Toc2131)

[10.2　Timber frame 75](#_Toc6514)

[10.3　Timber column 76](#_Toc9973)

[10.4　Lintel 77](#_Toc30711)

[10.5　Bracket system 78](#_Toc9149)

[10.6　Seismic strengthening 78](#_Toc25017)

[11　Maintaining for associated engineering 80](#_Toc19149)

[11.1　General requirements 80](#_Toc12709)

[11.2　Site, drainage and foundation 80](#_Toc13648)

[11.3　Stonework 82](#_Toc26220)

[11.4　Wall 83](#_Toc12468)

[11.5　Tile roof 83](#_Toc17206)

[12　Acceptance of project 85](#_Toc22803)

[12.1　General requirements 85](#_Toc2816)

[12.2　Acceptance of masonry structure 90](#_Toc18326)

[12.3　Acceptance of concrete structure 94](#_Toc21487)

[12.4　Acceptance of steel structure 101](#_Toc32004)

[12.5　Acceptance of timber frame project 105](#_Toc6675)

[12.6　Acceptance of associated project 107](#_Toc12783)

[Explanation of wording in this standard 110](#_Toc13682)

[List of quoted standards 111](#_Toc16661)

Addition: Explanation of provisions [113](#_Toc13658)

# 1　总　　则

**1.0.1**　为规范近现代保护建筑结构的维护与加固技术，加强对近现代保护建筑结构的科学保护，保证工程质量，做到安全适用、技术先进、经济合理，制定本规程。

**1.0.2**　本规程适用于近现代保护建筑中钢筋混凝土结构、砌体结构、钢结构、木构架及其相关工程的勘查、鉴定、维护与加固。

**1.0.3**　近现代保护建筑结构的维护与加固，除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

# 2　术语

**2.0.1**近现代保护建筑modern conservation buildings

建于1840年至1978年间具有保护价值的建筑物和构筑物。

**2.0.2**勘查exploration

对结构和构件的状况或性能所进行的现场检查、检测和调查等工作。

**2.0.3**鉴定appraisal

判定建筑物今后的安全性、使用性能、抗震性能、可靠程度所实施的勘查、分析、验算和评定等一系列活动。

**2.0.4**维护maintenance

对结构和构件及其相关部分采取的保养、修缮和防护措施。

**2.0.5**加固strengthening

对安全性或抗震性不足的承重结构和构件及其相关部分采取的增强、局部更换或调整内力等措施。

**2.0.6**残损点damage point

承重结构体系中某一部位、构件、节点或连接已处于无法安全使用或濒临破坏的状态。

**2.0.7**木构架timber frame

以木制构件承重，采用榫卯为主要连接方式的构架结构。

**2.0.8**原构件existing structure member

实施维护与加固前的原有构件。

**2.0.9**构件集member assemblage

同种构件的集合。

**2.0.10**重要构件important member

自身失效将导致其他构件失效，影响并危及结构体系整体安全的构件。

**2.0.11**一般构件generat member

自身失效为孤立事件，不影响结构体系整体安全的构件。

**2.0.12**自密实混凝土self-compacting concrete

用于维护与加固工程中，具有高流动性、均匀性和稳定性，浇筑时无需外力振捣，能够在自重作用下流动并充满预留空间的混凝土材料。

**2.0.13**水泥基灌浆料cementitious grout

用于维护与加固工程中，由水泥、骨料、外加剂和矿物掺合料等原材料按比例计量混合而成，在现场按规定组分和比例加水拌合的混凝土材料。

**2.0.14**复合砂浆composite mortar

以水泥和高性能掺合料为主要组分，并掺有外加剂和短细纤维的砂浆。

**2.0.15**聚合物砂浆polymer mortar

掺有改性环氧乳液或其他改性共聚物乳液、并显著增强与钢筋和基材粘结能力的砂浆。

**2.10.16**活性粉末混凝土reactive powder concrete

以水泥、矿物掺合料等活性粉末材料、细骨料、外加剂、高强度微细钢纤维和水等原料生产的超高强增韧混凝土。

**2.10.17**　水泥基薄层加固法cementitious thin layer strengthening method

先紧贴被加固的原构件表面布置钢筋骨架或钢筋网，再采用浇筑、抹压或喷射的方式施工自密实混凝土、水泥基灌浆料、活性粉末混凝土、复合砂浆薄层的加固方法。

# 3　基本规定

**3.0.1**　对近现代保护建筑结构进行维护与加固前，应按现行国家标准的有关规定进行勘查和鉴定。当需要进行抗震加固时，尚应按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023的有关规定进行抗震鉴定。

**3.0.2**　对近现代保护建筑结构进行维护与加固前，应根据建筑法式勘查报告进行现场校对，明确维护与加固中应保持的法式特征。对于文物建筑，尚应根据建筑的文物保护级别完成相关审批手续。

**3.0.3**　对近现代保护建筑结构进行维护与加固应按照最小干预原则，避免过度修缮。对于修补、修缮、加固的部分，应根据原形制、原结构、原材料和原工艺，最大限度地保留原件，使历史信息得以延续。对于更换的部分，应注明更换信息。未进行维护和加固的结构构件应保持原状。

**3.0.4**　近现代保护建筑结构设计和施工，应根据结构构件类型、受力特点和残损状况，选择科学、合理的维护与加固方法。对重要构件进行维护与加固时，尚应对关联节点进行处理。

**3.0.5**　对近现代保护建筑结构进行勘查和鉴定时，应收集下列工程信息：

**1**结构和构件的类型、部位、名称、建造历史；

**2**加固目的；

**3**加固范围；

**4**现状检测调查资料；

**5**原施工图纸等技术资料。

**3.0.6**　近现代保护建筑结构的维护与加固方案应根据勘查和鉴定结果确定，设计时应遵循最少干预原则。

**3.0.7**　采用现代材料和现代技术对近现代保护建筑结构进行维护与加固时，应符合下列规定：

**1**　现代材料和现代技术仅用于原结构或原用材料的维护与加固；

**2**　原用材料不应采用现代材料直接替换。

**3**　使用前应先在一定范围内进行适用性验证，证明其有效性及对原结构和构件无损害，再逐步扩大应用范围。

**4**　现代材料和现代技术应具有完整的使用说明书和产品合格证明文件。

**3.0.8**维护与加固的范围应根据结构和构件的现状和工程目的确定，维护与加固设计时应对相邻结构和构件的内力和变形进行复核。

**3.0.9**近现代保护建筑结构维护与加固后结构和构件的安全等级，应根据结构和构件的重要性、使用要求和破坏后果的严重性来确定。

**3.0.10**对维护与加固过程中可能出现超载、倾斜、失稳、过大变形的结构和构件，维护与加固前应采取安全措施。对已产生破坏或发生承载力损伤的结构和构件，应进行卸荷和支撑。

**3.0.11**　对抗震设防区的结构和构件进行加固时，除应满足承载力要求外，尚应进行抗震能力复核。抗震加固应符合国家现行标准的有关规定，且加固后结构中不应存在因局部加强或刚度突变而形成新的薄弱部位。

**3.0.12**维护与加固后的后续工作年限不应低于原结构设计的后续工作年限。维护与加固后已达到后续工作年限仍需要继续使用时，应重新进行检测鉴定。

**3.0.13**维护与加固后的近现代保护建筑结构，应定期检查服役期间的工作状态，第一次检查的时间间隔不宜超过10年，后续每次检查的时间间隔不宜超过5年。

**3.0.14**维护与加固需要修补或更换原有木构件时，所采用的木材应符合下列规定：

**1**　与原有构件属同一树种；当有困难时，也应采用材性相近的树种；

**2**　新换木材的含水率应接近当地平衡含水率；

**3**　可见部分的纹理、色泽应与原有构件相似；

**4**　新换木构件上应做标记，满足可识别的要求。

# 4　材　　料

### 4.1　混凝土材料

**4.1.1**维护与加固用混凝土材料可采用自密实混凝土、水泥基灌浆料或活性粉末混凝土。

**4.1.2**维护与加固采用的混凝土施工前应进行试配，混凝土的力学性能应满足设计要求，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定。

**4.1.3**配制维护与加固用混凝土时，水泥宜采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的规定。采用的粗骨料的最大粒径不宜大于10mm，细骨料宜采用中砂，混凝土中掺入的粉煤灰应为I级灰，且烧失量不应大于5%。拌制混凝土用水的水质应符合现行行业标准《混凝土拌合用水标准》JGJ 63的有关规定。掺入的外加剂性能应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119的有关规定。掺入的纤维性能应符合现行行业标准《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221的有关规定。

**4.1.4**采用自密实混凝土对结构构件进行维护与加固时，材料性能和质量应符合现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283的有关规定。

**4.1.5**采用水泥基灌浆料对结构构件进行维护与加固时，应采用成品预混料，水泥基灌浆料材料的性能和质量应符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB 50448的有关规定。

**4.1.6**　采用活性粉末混凝土对结构构件进行维护与加固时，应采用成品预混料，活性粉末混凝土材料性能、质量与制备方法应符合现行国家标准《活性粉末混凝土》GB/T 31387的有关规定。

### 4.2　钢材和焊条

**4.2.1**维护与加固用钢筋的品种、规格和力学性能应满足设计要求，且应符合下列规定：

**1**　应选用HRB335级或HRB400级热轧带肋钢筋；

**2**　钢筋的质量应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2的有关规定；

**3**　钢筋强度设计值的取值应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定；

**4**　有抗震设防要求时，采用的受力钢筋力学性能应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定；

**5**　钢筋应平直、无损伤，表面不应有裂纹、油污及颗粒状或片状锈蚀层。

**4.2.2**维护与加固用钢材的品种、规格和力学性能应满足设计要求，且应符合下列规定：

**1**　应采用Q235级或Q345级钢材；

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

**3**　钢材强度设计值的取值应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017的有关规定；

**4**　强度级别、韧性、塑性及焊接性能应与原构件相适应。

**4.2.3**　维护与加固用钢拉索的品种、规格和力学性能应满足设计要求，且应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的有关规定。

**4.2.4**　维护与加固用钢拉杆可采用普通圆钢制作，钢拉杆的品种、规格和力学性能应满足设计要求，且应符合现行国家标准《钢拉杆》GB/T 20934的有关规定。

**4.2.5**加固用焊条的型号和质量应符合下列规定：

**1**　焊条型号应与被焊接钢筋的强度相适应；

**2**　焊条的质量应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117和《热强钢焊条》GB/T 5118的有关规定。

### 4.3　钢绞线和钢丝绳

**4.3.1**维护与加固用钢绞线的品种、规格和力学性能应满足设计要求，且应符合下列规定：

**1**　对体外预应力加固，宜使用UPS 15.2-1860低松弛无粘结钢绞线；

**2**　钢绞线的质量应分别符合现行行业标准标准《无粘结预应力钢绞线》JG/T 161的有关规定。

**4.3.2**维护与加固用钢丝绳的品种、规格和力学性能应满足设计要求，且应符合下列规定：

**1**　制作钢丝绳的钢丝强度不应低于现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的规定值。

**2**　重要结构和构件或结构处于腐蚀介质环境、潮湿环境和露天环境时，应采用高强度不锈钢丝绳，且应采用碳含量不大于0.15%及硫、磷含量不大于0.025%的优质不锈钢制丝制作；

**3**　处于正常温、湿度环境中的一般结构和构件，可采用高强度镀锌钢丝绳，且应采用硫、磷含量均不大于0.03%的优质碳素结构钢制丝制作；

**4**　钢丝绳强度设计值的取值应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定；

**5**　钢丝绳结构形式应为6×7+IWS金属股芯右交互捻小直径不松散钢丝绳或1×19单股左捻钢丝绳或钢绞线。

### 4.4　连接件和紧固件

**4.4.1**维护与加固钢结构用螺栓的质量应满足设计要求，且应符合下列规定：

**1**　钢结构连接用4.6级及4.8级普通螺栓应为C级螺栓，5.6级及8.8级普通螺栓应为A级或B级螺栓。螺栓的规格及尺寸应符合现行国家标准《六角头螺栓C级》GB/T 5780和《六角头螺栓》GB/T 5782的有关规定，螺栓的性能应符合现行国家标准《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1的有关规定；

**2**　钢结构用大六角高强度螺栓应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228的有关规定，螺母应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229的有关规定；

**3**　钢结构用扭剪型高强度螺栓应符合现行国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632的有关规定。

**4.4.2**维护与加固钢结构用焊钉、栓钉和锚栓的质量和性能应符合下列规定：

**1**　圆柱头焊钉、栓钉应以ML15钢或ML15AL钢制作，焊钉或栓钉的屈服强度不应小于360N/mm2，抗拉强度不应小于400N/mm2。焊/栓钉连接件的材料及焊接用瓷环应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433的规定；

**2**　锚栓应采用优质碳素结构钢制成，其质量和性能等级应符合现行国家标准《优质碳素结构钢》GB/T 699和《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1的有关规定。

**4.4.3**维护与加固用紧固件的品种、规格和性能应满足设计要求，且应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755的有关规定。

**4.4.4**维护与加固用销轴的规格和性能应满足设计要求，且应符合现行国家标准《销轴》GB/T 882的有关规定。

**4.4.5**维护与加固用连接件的品种、规格和性能应满足设计要求，且应符合现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728的有关规定。

**4.4.6**维护与加固用锚具和夹具的品种、规格和性能应满足设计要求，并应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370和行业标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85的有关规定。

**4.4.7**界面用销钉应采用HRB335级或HRB400级热轧带肋钢筋制作，销钉的规格、型号及性能应符合设计文件的要求。销钉的力学性能应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2的有关规定。

**4.4.8**维护与加固混凝土结构和砌体结构的后锚固件可采用植筋、锚栓或钢螺杆连接固定。

**4.4.9**采用植筋作为后锚固件时，植入的钢筋应采用HRB335级或HRB400级热轧带肋钢筋，植筋质量应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

**4.4.10**采用钢螺杆作为后锚固件时，应采用Q345级或Q235级钢材制作的全螺纹螺杆，制作钢螺杆的钢材质量应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591和《碳素结构钢》GB/T 700的有关规定。

**4.4.11**采用锚栓作为后锚固件时，制作锚栓的钢材性能应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

### 4.5　砌体材料

**4.5.1**维护与加固用水泥砂浆、复合砂浆和聚合物砂浆的品种、性能等应满足设计要求，并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。

**4.5.2**维护与加固用的砌体和砌块种类、规格应与原结构材料一致。砌体和砌块强度等级应按原设计的块体强度等级确定，且不应低于MU10。块体质量不应低于一等品。

**4.5.3**维护与加固用的砌筑砂浆抗压强度等级应比原构件砌筑砂浆抗压强度等级提高一级，且不应低于M10。

**4.5.4**维护与加固用的砌筑砂浆种类应根据建筑物和构筑物的使用环境条件合理选择，干燥条件下可采用水泥砂浆或水泥复合砂浆，潮湿条件下应采用复合砂浆。

**4.5.5**采用水泥砂浆面层进行维护与加固时，砂浆强度等级不应低于M15。采用复合砂浆面层或聚合物砂浆面层时，砂浆强度等级不应低于M30；

**4.5.6**维护与加固用砂浆中掺入钢纤维或合成纤维时，纤维的品种和性能应符合现行国家团体标准《纤维混凝结构技术规程》CECS 38的有关规定。

**4.5.7**复合砂浆中掺入钢纤维时，钢纤维体积率不宜小于0.5%，钢纤维长度宜为4mm~25mm、直径宜为0.3mm~0.8mm、长径比宜为30~80。

**4.5.8**复合砂浆中掺入合成纤维时，合成纤维种类可采用聚乙烯醇纤维或聚丙烯纤维。合成纤维体积率不宜小于0.16%，合成纤维长度宜为4mm~25mm、直径宜为10um~100um、抗拉强度不应低于300N/mm2。

**4.5.9**配制维护与加固用的砂浆宜选用中砂，砂浆的水胶比不应大于0.4，砂浆中磨细矿渣和磨细粉煤灰掺量不宜大于20%，硅灰掺量不宜大于10%。砂浆的7d浸水膨胀率应大于0.02%、28d的膨胀率不应大于0.04%。拌合砂浆用水的水质应符合现行行业标准《混凝土拌合用水标准》JGJ 63的有关规定。砂的质量应符合现行行业标准《普通混凝用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52的有关规定。

**4.5.10**采用聚合物砂浆进行维护与加固时，采用的聚合物应符合下列规定：

**1**　砂浆应选用改性环氧类聚合物配制；

**2**　砂浆中采用的聚合物应对近现代保护建筑构件无腐蚀或侵害；

**3**　加固砌体结构构件时，可采用Ⅰ级或Ⅱ级聚合物砂浆；

**5**　加固混凝土结构构件时，应采用Ⅰ级聚合物砂浆。

### 4.6　纤维和纤维复合材

**4.6.1**对近现代保护建筑结构进行维护与加固的纤维复合材应为连续纤维，且应符合下列规定：

**1**　纤维复合材采用碳纤维制作时，应选用聚丙烯腈基不大于15k的小丝束纤维；

**2**　纤维复合材采用芳纶纤维制作时，应选用饱和吸水率不大于4.5%的对位芳香族聚酰胺长丝纤维。且芳纶纤维经人工气候老化5000h后，1000MPa应力作用下的蠕变值不应大于0.15mm；

**3**　纤维复合材采用玻璃纤维制作时，应选用高强度玻璃纤维、耐碱玻璃纤维或碱金属氧化物含量低于0.8%的无碱玻璃纤维；

**4**　不应采用预浸法生产的纤维织物；

**5**　纤维复合材的安全性能必须符合现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728的规定。

**4.6.2**纤维织物复合材或纤维复合板材与专用的结构胶粘剂配套使用。采用新工艺和其他结构胶粘剂使用时，应重新进行适配性检验。适配性检验的内容应包括抗拉强度标准值、纤维复合材与基层正拉粘结强度和层间剪切强度。

**4.6.3**不同品种纤维复合材的抗拉强度取值应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

**4.6.4**纤维复合材的弹性模量及拉应变设计值的取值应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

**4.6.5**纤维复合材截面面积的计算应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定，且应按纤维的厚度乘以宽度进行计算，单向纤维预成型板应按不扣除树脂体积的板截面面积计算。纤维织物的计算厚度应按单位面积质量与纤维密度的比值确定。

**4.6.6**采用纤维织物复合材进行维护与加固时，织物的单位面积质量应符合表4.6.6的规定。

**表4.6.6　不同品种纤维复合材单位面积质量限值（g/m2）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 施工方法 | 碳纤维织物 | 芳纶纤维织物 | 高强玻璃纤维织物 | 无碱或耐碱玻璃纤维织物 |
| 现场手工涂布胶粘剂 | ≤300 | ≤450 | ≤450 | ≤600 |
| 现场真空灌注胶粘剂 | ≤450 | ≤650 | ≤550 | ≤750 |

**4.6.7**采用无碱玻璃纤维布对木结构裂缝进行外包环箍加固时，可采用厚度为0.15mm～0.30mm的方格无碱玻璃纤维布，织物的性能应符合现行国家标准《古建筑木结构维护与加固技术标准》GB/T 50165的有关规定。

**4.6.8**维护与加固用碳纤维复合材、芳纶纤维复合材和玻璃纤维复合材的等级和性能，应符合现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728的有关规定。结构加固用玄武岩纤维复合材的安全性应符合现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728中E玻璃纤维的有关规定。

### [4.7　木材](#_Toc511057569)

**[4.7.1](#_Toc511057569)**[近现代保护建筑结构维护与加固承重结构用的原木和方木的外观质量应满足设计要求。木材表面应无腐朽、虫蛀或受剪截面裂纹。每个木节的最大尺寸应小于所测部位原木周长的1/5，任意1m木材长度放向上斜纹的高度应小于50mm，非受剪截面裂纹的深度应小于截面直径的1/4。](#_Toc511057569)

**[4.7.2](#_Toc511057569)**[近现代保护建筑结构维护与加固用的木材应光洁无裂缝，用于制作斗拱的木材应无木节，用于制作其他构面的木材应无死节。](#_Toc511057569)

**[4.7.3](#_Toc511057569)**[近现代保护建筑结构维护与加固用的木材使用前应经干燥处理，采用原木或方木制作梁枋、柱、檩、椽的木材含水率不应大于20%，板材、斗栱及小木作的木材含水率不应大于当地的木材平衡含水率。](#_Toc511057569)

### [4.8　石材和砖瓦](#_Toc511057569)

**[4.8.1](#_Toc511057569)**[近现代保护建筑结构维护与加固用的石材品种、质感和色泽应与原构件相近。重要部位采用的石材应无石瑕、红线、黑线、白线，需磨光和棱角部位应无石铁。](#_Toc511057569)

**[4.8.2](#_Toc511057569)**[对维护与加固用的石材进行剁斧、磨光、打道的表面加工工艺应与原构件相同。](#_Toc511057569)

**[4.8.3](#_Toc511057569)**[维护与加固用的石材外形尺寸应满足设计要求，石材外露部分表面应平整，石材之间相邻部分表面应凿打平整。](#_Toc511057569)

**[4.8.4](#_Toc511057569)**[维护与加固用的石材的纹理走向应与原构件匹配，且不应有裂纹、隐残、炸纹。](#_Toc511057569)

**[4.8.5](#_Toc511057569)**[维护与加固用青砖的规格尺寸、外观质量、抗压强度、抗折强度、体积密度、吸水率、抗冻融性能应满足设计要求，且不应有欠火、过火、裂纹缺陷或严重泛霜。](#_Toc511057569)

**[4.8.6](#_Toc511057569)**[维护与加固用瓦的类别、规格应根据建筑的类别和规格确定，正式使用前应选定样瓦。](#_Toc511057569)

**[4.8.7](#_Toc511057569)**[维护与加固用瓦外形尺寸、外观质量、抗弯曲性能、抗冻融性能、吸水率、抗渗性能应满足设计要求，且不应有欠火、分层缺陷或严重泛霜。](#_Toc511057569)

4.9　结构胶粘剂

**4.9.1**　以混凝土结构构件为基材，用于粘结钢筋或钢材、粘贴纤维复合材、植入钢筋或后锚固件的结构胶粘剂应采用A级胶，胶体性能和粘结性能应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

**4.9.2**　混凝土结构维护与加固用结构胶粘剂的粘结抗剪强度标准值应具有按置信水平为0.90确定的不小于95%的保证率。

**4.9.3**　以砌体结构构件为基材，用于粘结钢材或纤维复合材、植入钢筋或后锚固件的结构胶粘剂应采用B级胶，胶体性能和粘结性能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。

**4.9.4**　砌体维护与加固用的结构胶粘剂应采用B级胶。结构胶的粘结抗剪强度标准值应具有按置信水平为0.90确定的不小于95%的保证率。

**4.9.5**　钢结构维护与加固用的结构胶粘剂，应采用以钢为基材的结构胶。当使用环境为常温时应采用Ⅰ类AAA级或AA级常温结构胶，当使用环境有高温时应采用Ⅱ类或Ⅲ类耐温结构胶。

**4.9.6**　钢结构维护与加固用结构胶粘剂的粘结抗剪强度标准值应具有按置信水平为0.90确定的不小于95%的保证率。钢结构加固用的结构胶的安全性能和耐久性能应符合现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367的有关规定。

**4.9.7**　以钢结构构件为基材，用于粘结钢材或纤维复合材的结构胶粘剂的性能应符合现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367的有关规定。

**4.9.8**　采用胶粘的无碱玻璃纤维布对木构件进行外包环箍加固时，胶粘剂的性能应符合现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728的有关规定。

**4.9.9**　采用结构胶粘剂加固木结构时，胶缝强度不应低于被胶合木材的顺纹抗剪和横纹抗拉强度，胶粘剂的耐水性及耐久性应与被加固木结构的后续工作年限相适应。

### 4.10　修补材料

**4.10.1**　采用裂缝压注胶对混凝土结构和砌体结构构件表面缺陷进行维护与加固时，胶体性能应符合现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728的有关规定。对表面缺陷进行封闭时宜采用裂缝封闭胶，对内部缺陷进行填充时应采用裂缝修复胶。

**4.10.2**　采用环氧树脂对木构件内部腐朽、蛀空进行灌浆加固时，浆液和固化物性能应满足设计要求，并应符合现行国家标准《古建筑木结构维护与加固技术标准》GB/T 50165的有关规定。

**4.10.3**　采用结构胶粘剂对木构件进行嵌补时，结构胶粘剂的性能应符合现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728的有关规定，且胶缝不应直接承受拉应力。

### [4.11　防护材料](#_Toc511057568)

**4.11.1**　钢结构表面防护用的防腐蚀涂装材料的品种、质量和性能应满足设计要求，并应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046的有关规定。对钢结构构件进行人工除锈时宜采用溶剂型涂料作为第一道和第二道涂料。

**4.11.2**　钢结构表面防护用的防火涂装材料的品种、质量和性能应满足设计要求，并应符合现行国家标准《钢结构防火涂料》GB 14907的有关规定。

**4.11.3**　对混凝土结构构件钢筋进行防锈处理宜采用喷涂型阻锈剂，承重构件中的钢筋应采用烷氧基类或氨基类阻锈剂。

**4.11.4**　对混凝土承重结构破损部位进行修复时，可在新浇的混凝土中使用掺入型阻锈剂，且不应采用以亚硝酸盐为主成分的阳极型阻锈剂。

**4.11.5**　喷涂型阻锈剂的性能应符合表4.11.5的有关规定。

**表4.11.5　喷涂型阻锈剂的性能指标**

|  |  |
| --- | --- |
| 检验项目 | 合格指标 |
| 氯离子含量降低率 | ≥90% |
| 盐水浸渍试验 | 电位为-250mv~0mv条件下应无锈蚀 |
| 干湿冷热循环试验 | 循环60次应无锈蚀 |

**4.11.6**　对木结构进行防护时，使用的防腐药剂和防虫药剂应符合现行国家标准《木材防腐剂》GB/T 27654的有关规定，并应符合下列规定：

**1**　应能高效持久防腐和杀虫，且应对人畜和周边环境无危害作用；

**2**　应对木材无助燃、起霜或腐蚀作用；

**3**　药剂应为无色或浅色，并应防止对油漆、彩画产生不利影响。

**4.11.7**　木结构防护用药剂的载药量应符合现行国家标准《防腐木材的使用分类和要求》GB/T 27651的有关规定。防腐剂表层透入深度宜根据木材树种及对生物危害程度确定。当采用桐油作隔潮防腐剂时，宜添加5%的三氯酚钠或菊酯。当需用熏蒸法进行防腐处理时，可采用氯化苦作为熏蒸剂。

**4.11.8**　对承重结构木构件中檩、椽和斗栱进行防腐或防虫时，宜采用全面喷涂方法进行处理。对梁枋的榫头和埋入墙内的构件端部进行的防腐或防虫时，尚应采用刺孔压注法进行局部处理。

**4.11.9**　对屋面木基层进行防腐和防虫时，应以木材与灰背接触的部位和易受雨水浸湿的构件为重点。对望板、扶脊木、角梁及由戗等的上表面宜采用喷涂法处理。对角梁、檐椽和封檐板等构件宜采用压注法处理。

**4.11.10**　对小木作进行防腐和防虫时，应采用速效、无害、无臭、无刺激性的药剂。对门窗榫头可采用针注法处理，对门窗表面可采用喷涂法处理。对易虫腐的树种制作的门窗应采用压注法处理。对天花、藻井下表面宜采用熏蒸法处理，上表面宜采用压注喷雾法处理。对其他小木作宜采用菊酯或加有防腐香料的微量药剂以针注或喷涂的方法进行处理。

# 5　工程勘查

### 5.1　一般规定

**5.1.1**　对近现代保护建筑结构进行工程勘查前，宜调查收集下列资料：

**1**　建造年代和建造时所采用的材料、工艺、法式；

**2**　历史上维修、改建、扩建情况；

**3**　所在地区的地震基本烈度和场地类别；

**4**　所在地区的工程地质和水文地质资料；

**5**　所在地区历史上的地震、雷击、洪水、火灾、风灾和其他自然灾害信息；

**6**　所在地区的气候环境条件和近期气象资料；

**7**　所在地区存在的其他有害影响因素。

**5.1.2**　对近现代保护建筑结构的工程勘查应符合下列规定：

**1**　勘查采用的仪器设备应满足精度要求，并应防止对结构产生损伤破坏；

**2**　对结构进行持续观测时应独立设置坚固的永久性基准点；

**3**　勘查过程中应防止产生温度骤变、强烈照射或剧烈振动；

**4**　勘查过程中发现险情、题记、文物时，应立即保护现场并报告相关部门；

**5**勘查结果宜附有结构残损情况和尺寸的测绘图纸、照片和文字说明资料。

**5.1.3**　近现代保护建筑结构的工程勘查宜包含下列内容：

**1**　建筑结构使用环境勘查；

**2**　地基基础现状勘查；

**3**　结构体系及结构布置勘查；

**4**　结构构件及连接勘查；

**5**　结构缺陷、损伤和腐蚀勘查；

**6**　结构位移和变形与整体性勘查；

**7**　影响建筑安全的非结构构件勘查。

**5.1.4**　对重点部位结构构件进行勘查时，宜包含下列内容：

**1**　材料力学性能勘查；

**2**　构件尺寸勘查；

**3**　节点与连接调查；

**4**　构件缺陷、损伤和腐蚀勘查。

**5.1.5**　对场地和地基基础进行勘查时，宜包含下列内容：

**1**　场地类别、地基土层分布及下卧层情况勘查；

**2**　地基变形引起上部结构及建筑周边的反应勘查；

**3**　地基稳定性勘查；

**4**　当需要通过现场检测确定地基的岩土性能或地基承载力时，应对场地、地基岩土进行近位测试；

**5**　当变形损伤有发展时，应进行持续变形监测。

### 5.2　承重结构勘查

**5.2.1**　对混凝土承重结构进行勘查时，应根据检测类别、检测目的、检测项目、结构实际状况和现场具体条件选择适用的检测方法。

**5.2.2**　对混凝土承重结构进行勘查时，检测内容应从下列项目中选择：

**1**　混凝土力学性能检测；

**2**　混凝土长期性能和耐久性能检测；

**3**　混凝土有害物质含量及其效应检测；

**4**　混凝土构件尺寸偏差与变形检测；

**5**　混凝土构件缺陷检测；

**6**　混凝土中钢筋的检测；

**7**　混凝土构件损伤的识别与检测；

**8**　结构和构件剩余使用年限检测；

**9**　荷载检验；

**10**　其他特种参数的专项检测。

**5.2.3**　对混凝土承重结构进行勘查时，现场检测可采取全数检测或抽样检测的检测方式。抽样检测时，宜随机抽取样本。当不具备随机抽样条件时，可按约定方法抽取样本。

**5.2.4**　遇到下列情况时，对混凝土承重结构进行勘查宜采用全数检测方式：

**1**　外观缺陷或表面损伤的检查；

**2**　受检范围较小或构件数量较少；

**3**　检验指标或参数变异性大或构件状况差异较大；

**4**　灾害发生后对结构受损情况的外观检查；

**5**　需减少结构的处理费用或处理范围；

**6**　委托方要求进行全数检测。

**5.2.5**　对砌体承重结构进行勘查时，现场检测宜采用非破损检测方法。当采用局部破损检测方法时，应避开对原结构构件受力性能有影响的区域。

**5.2.6**　选择砌体承重结构的现场检测方法时，应符合下列规定：

**1**　检测砌体抗压强度可采用原位轴压法、扁顶法；

**2**　检测砌体工作应力、弹性模量可采用扁顶法；

**3**　检测砌筑砂浆强度可采用砂浆回弹法或微破损取样法；

**4**　检测砌筑块体抗压强度宜采用烧结砖回弹法或非烧结砖回弹法。

**5.2.7**　对砌体承重结构进行勘查时，测试部位的选择应符合下列要求：

**1**　除原位单剪法外，测试部位应避开门窗洞口处；

**2**　测试部位应避开补砌的临时施工洞口附近；

**3**　采用局部破损的检测方法时，测试部位应避开应力集中部位的墙体，且应位于墙梁的墙体计算高度范围之外；

**4**　对砖柱和宽度小于3.6m的承重墙勘查时，应选用非破损的检测方法。

**5.2.8**　当遇到下列情况之一时，宜采用全数检测的方式对承重钢结构进行勘查：

**1**　外观缺陷或表面损伤的检查；

**2**　受检范围较小或构件数量较少；

**3**　构件质量状况差异较大；

**4**　灾害发生后对结构受损情况的识别；

**5**　委托方要求进行全数。

**5.2.9**　对承重钢结构焊缝进行无损检测时，可采用磁粉检测、渗透检测、超声波检测和射线检测。

**5.2.10**　对承重木结构进行初步勘查时，应包括下列内容：

**1**　结构和构件及其连接的尺寸；

**2**　承重构件的受力和变形状态；

**3**　主要节点、连接的工作状态；

**4**　结构的整体变位和支承情况；

**5**　历代维修加固措施的现存内容及其目前工作状态。

**5.2.11**　对承重木结构整体变位和支承情况进行勘查时，尚应包含下列内容：

**1**　测算建筑物的荷载及分布；

**2**　检查建筑物的地基基础情况；

**3**　观测建筑物的整体沉降或不均匀沉降；

**4**　实测承重结构的倾斜、位移、扭转及支承情况；

**5**　检查支撑或其他承受水平作用体系的构造及其残损情况。

**5.2.12**　对承重木结构的木材材质及其劣化状况进行勘查时，尚应包含下列内容：

**1**　查明木材的树种及其材质情况；

**2**　测量木材腐朽、虫蛀、变质的部位、范围和程度；

**3**　测量对木构件受力有影响的裂缝部位和尺寸；

**5.2.13**　当遇到下列情况之一时，应测定木材的强度或弹性模量：

**1**　需作承载能力验算，且树种较为特殊；

**2**　有过度变形或局部损坏，但原因不明；

**3**　拟继续使用火灾后残存的构件；

**4**　需研究木材老化变质的影响。

**5.2.14**　对梁枋构件受力状态进行勘查时，应包含下列内容：

**1**　梁、枋跨度或悬挑长度、截面形状及尺寸、受力方式及支座情况；

**2**　梁、枋的挠度和侧向变形（扭闪）；

**3**　檩、椽、櫊栅（楞木）的挠度和侧向变形；

**4**　檩条滚动情况；

**5**　悬挑构件下垂或翘起的情况；

**6**　构件折断、劈裂或沿截面高度出现的受力皱褶和裂纹；

**7**　屋盖、楼盖局部塌陷的范围和程度。

**5.2.15**　对柱类构件受力状态进行勘查时，应包含下列内容：

**1**　柱高、截面形状及尺寸，柱的两端固定情况；

**2**　柱身弯曲、折断或劈裂情况；

**3**　柱头位移；

**4**　柱脚与柱础的错位；

**5**　柱脚下陷。

**5.2.16**　对斗栱受力状态进行勘查时，应包含下列内容：

**1**　斗栱构件及其连接的构造尺寸；

**2**　整攒斗栱的变形和错位；

**3**　斗栱中各构件及其连接的残损情况。

**5.2.17**　对主要连接部位工作状态的勘查，应包括下列内容：

**1**　梁、枋拔榫，榫头开裂、折断或卯口劈裂；

**2**　榫头或卯口处的压缩变形；

**3**　铁件锈蚀、变形或残缺。

**5.2.18**　对历代维修加固措施的勘查，应包括下列内容：

**1**　当前受力状态；

**2**　新出现的变形或位移；

**3**　原腐朽部分挖补后，重新出现的腐朽；

**4**　因维修加固不当，而对古建筑其他部位造成的不良影响。

**5.2.19**　但出现下列情况之一时，应对承重木结构进行定期观测：

**1**　建筑物不均匀沉降、倾斜（歪闪）或扭转有发展迹象的；

**2**　承重构件有明显的挠曲、开裂或变形，连接有较大的松动变位，但不能断定已停止发展的；

**3**　承重木结构的腐朽、虫蛀虽经药物处理，但需观察其药效的；

**4**　其他需要专门设置长期监测点的情形。

### 5.3　相关工程勘查

**5.3.1**　对近现代保护建筑结构进行维护与加固时，应对相关工程进行全面勘查，并应采取防护措施防止对相关工程及附属文物产生破坏。

**5.3.2**　对相关工程进行勘查时，应包含下列内容：

**1**　现状及其细部构造；

**2**　原用的材料品种、规格和数量；

**3**　与主体结构的构造联系；

**4**　残损情况及其形成原因，以及在维修中可能产生的问题。

**5.3.3**　当维护与加固需揭瓦时，应对以下相关工程进行勘查：

**1**　屋顶式样，包括正脊、垂脊、戗脊、博脊的纹样、尺寸、相对位置及做法；

**2**　屋面的坡长、曲线囊度、瓦垄数及做法；

**3**　瓦件的形制、规格、色彩和数量。

**5.3.4**　当出现构件大量受潮或大面积腐朽、霉变时，除应勘查受损部位的范围和程度外，尚应对下列相关工程进行勘查：

**1**　原通风防潮构造的固有缺陷；

**2**　历代维修改造不当，对原构造功能的损害；

**3**　包含相邻建筑排水系统影响的其他隐患。

**5.3.5**　对近现代保护建筑结构所处环境的勘查，除应符合本规程的规定外，尚应勘查下列内容：

**1**　建筑保护区域内排水设施状况和场地排水现状；

**2**　建筑保护区域内电线线路安全防护措施和检查维修制度；

**3**　建筑与四周道路的距离，当建筑位于交通要道时，尚应检查防止车辆碰撞的设施；

**4**　建筑保护区域内，火源和易燃堆积物情况；

**5**　消防设施和防雷装置的现状。

# 6　结构鉴定

### 6.1　一般规定

**6.1.1**当遇到下列情况时，应对近现代保护建筑结构进行安全性鉴定：

**1**　年久失修；

**2**　进行维护和加固前；

**3**　所处环境显著改变；

**4**　遭受灾害或事故；

**5**　地基基础发生不均匀沉降

**6**　出现新的腐蚀、损伤、变形；

**7**　其他需要了解建筑安全性时。

**6.1.2**近现代保护建筑结构的安全性鉴定，应以现场勘查发现的残损点及其对结构构件安全性的影响为依据，按勘查项目、单个构件和结构体系划分为三个层次，每一层次应划分为四个安全性等级。

**6.1.3**对近现代保护建筑结构进行安全性鉴定时，应从勘查项目开始逐层进行鉴定，安全性鉴定程序应符合表6.1.3的有关规定。

**表6.1.3　安全性鉴定程序**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 层次 | | 一 | 二 | 三 | |
| 层名 | | 勘查项目 | 单个构件 | 结构体系 | |
| 等级划分 | | 、、、 | 、、、 | 、、、 | |
| 安  全  性  鉴  定  程  序 | 承重结构 | 按残损点及残损程度评定该项目等级 | 按构件应勘查项目和可验算项目评定构件等级 | 结构体系中每一构件集评定 | 综合评定结构体系安全性等级 |
| 按结构布置、结构间连系和抗侧向作用系统评定结构整体牢固性等级 |
| 围护结构 | 按围护系统结构和构件的勘查项目及鉴定步骤逐层评定每个层次等级 | | |

**6.1.4**当仅要求鉴定某层次的安全性或仅对近现代保护建筑的局部安全性时，鉴定工作可根据结构体系和实际需要，仅进行到某一层次为止。

**6.1.5**当遇到下列情况时，应对近现代保护建筑结构进行专项鉴定：

**1**　维护和加固有专项要求时；

**2**　结构受到明显振动影响时；

**3**　维护和加固效果进行评价时；

**4**　需要对结构进行长期监测时。

### 6.2　勘查项目鉴定评级

**6.2.1**对近现代保护建筑结构中涉及安全的勘查项目，应根据残损点和对结构安全的危害程度进行安全性鉴定。勘查项目安全性等级划分标准应符合表6.2.1的有关规定。

**表6.2.1　勘查项目安全性等级划分标准**

|  |  |
| --- | --- |
| 等级划分 | 评级标准 |
| 级 | 勘查中未见残损点，或原有残损点已得到修复 |
| 级 | 勘查中仅发现有轻度残损点或疑似残损点，但尚不影响结构构件的安全 |
| 级 | 有中度残损点，已影响结构构件的安全 |
| 级 | 有重度残损点，将危及结构构件的安全 |

**6.2.2**对近现代保护建筑结构中残损点进行勘查时，应根据对结构构件安全性的影响程度划分为未见残损、轻度残损、中度残损和重度残损。

**6.2.3**当出现下列情况之一时，应对混凝土结构构件残损点的状况评定为中度残损或重度残损。

**1**　构件控制截面出现受力裂缝；

**2**　构件出现沿主筋的裂缝或贯通截面的非受力裂缝

**3**　构件表面出现多处裂纹和龟裂；

**4**　构件表面裂缝长度或宽度增长，或形态发生变化；

**5**　构件出现肉眼可见的过大变形；

**6**　节点或支座处发生位移；

**7**　混凝土保护层脱落；

**8**　构件混凝土出现起砂现象；

**9**　构件混凝土中水泥石脱落；

**10**　裸露的钢筋出现锈蚀现象。

**6.2.4**当出现下列情况之一时，应对砖墙残损点的状况评定为中度残损或重度残损。

**1**　砖墙截面上出现材质劣化，风化层深度与墙厚之比大于1/6；

**2**　砖墙截面上出现砌筑砂浆粉化，最大粉化深度大于10mm；

**3**　高度不超过7m的单层建筑，总倾斜量大于墙体总高的1/250；

**4**　高度大于7m的单层建筑，总倾斜量大于墙体总高的1/300；

**5**　高度不超过10m的多层建筑，总倾斜量大于墙体总高的1/350；

**6**　高度大于10m的多层建筑，总倾斜量大于墙体总高的1/400；

**7**　多层建筑层间位移量大于层间墙高的1/300；

**8**　出现地基沉降变形引起的裂缝；

**9**　出现沿砖块断裂的竖向或斜向的受力裂缝；

**10**　纵横墙连接处出现竖向通长的非受力裂缝，或出现其他形态的宽度大于5mm的非受力裂缝。

**6.2.5**当出现下列情况之一时，应对生土墙残损点的状况评定为中度残损或重度残损。

**1**　墙身倾斜超过墙高的1/70；

**2**　墙体截面上出现材质劣化，墙体风化深度大于墙厚的1/5；

**3**　墙体有局部下沉或鼓起变形；

**4**　墙体上出现肉眼可见的水平方向或斜向受力裂缝；

**5**　墙体截面上出现多条长度大于300mm、宽度大于0.1mm的纵向裂缝；

**6**　墙体受潮。

**6.2.6**当出现下列情况之一时，应对毛石墙残损点的状况评定为中度残损或重度残损。

**1**　墙身倾斜超过墙高的1/85；

**2**　墙体有局部下沉或鼓起变形；

**3**　墙身出现肉眼可见的水平方向或沿灰缝受力裂缝；

**4**　墙身出现多条长度大于300mm的裂缝。

**6.2.7**当出现下列情况之一时，应对石柱残损点的状况评定为中度残损或重度残损。

**1**　石柱截面上出现材质劣化，风化层所占面积与全截面面积之比大于1/6；

**2**　石柱截面上出现肉眼可见的水平方向或斜向受力裂缝；

**3**　石柱截面上出现多条长度大于300mm、宽度大于0.1mm的纵向裂缝；

**4**　石柱与上部木构架交接处出现朝平面内或平面外的明显倾斜；

**5**　石柱与上部木构架无可靠连接，或连接已松脱、损坏；

**6**　石柱与上部木构架之间实际承压面积与木柱底面积之比小于2/3；

**7**　石柱与上部木构架之间错位量与柱截面沿错位方向尺寸之比小于1/6。

**6.2.8**当出现下列情况之一时，应对钢结构构件残损点的状况评定为中度残损或重度残损。

**1**　构件钢材表面出现裂纹、折叠、夹层；

**2**　构件钢材端边或断口处出现分层、夹渣缺陷；

**3**　构件表面出现锈蚀、麻点或划伤缺陷，且缺陷深度超过钢材厚度负偏差值的1/2；

**4**　焊缝或焊点出现锈蚀、焊渣及飞溅物；

**5**　螺栓松动、未拧紧或拧紧后外露丝扣少于2扣；

**6**　涂层表面出现脱皮、泛锈、龟裂、起泡、皱皮、针眼和气泡；

**7**　涂层与钢材之间出现空鼓、脱层、凹陷、粉化松散和浮浆。

**6.2.9**当出现下列情况之一时，应对承重木柱残损点的状况评定为中度残损或重度残损。

**1**　木柱截面上出现材质劣化，表层腐朽和老化变质面积与截面面积之比大于1/5，或心腐面积与截面面积之比大于1/7；

**2**　柱身出现虫蛀孔洞，或虽未见孔洞但敲击柱身有空鼓音；

**3**　柱身出现扭斜纹或斜裂缝，且斜裂缝的斜率大于15%、深度大于柱径的2/5或材宽的1/3；

**4**　柱身出现弯曲，弯曲矢高大于柱净高的1/100；

**5**　柱身出现劈裂、断裂损伤，或出现压皱迹象；

**6**　柱脚与柱础之间实际承压面积与木柱底面积之比小于2/3；

**7**　柱脚与柱础之间错位量与柱截面沿错位方向尺寸之比小于1/6；

**8**　墩接的柱身有新的变形或变位，或榫卯已脱胶、开裂，或铁箍已松脱；

**9**　灌浆的柱身浆体干缩，敲击有空鼓音

**10**　挖补的柱身已松动、脱胶，或出现新的腐朽。

**6.2.10**当出现下列情况之一时，应对木梁和枋残损点的状况评定为中度残损或重度残损。

**1**　梁、枋截面上出现材质劣化，表层腐朽和老化变质面积与截面面积之比大于1/7，或出现心腐；

**2**　梁、枋出现虫蛀孔洞，或虽未见孔洞但敲击柱身有空鼓音；

**3**　梁、枋出现扭斜纹或斜裂缝，且斜裂缝的斜率大于15%；

**4**　梁、枋跨中出现断纹开裂或压皱痕迹；

**5**　梁、枋端部出现受力过大引起的开裂破损。

**6.2.11**当出现下列情况之一时，应对屋盖木构件残损点的状况评定为中度残损或重度残损。

**1**　椽条或檩条出现腐蚀、虫蛀，或受潮；

**2**　椽条挠度大于椽跨的1/100；

**3**　椽条或檩条挠度过大已引起屋面明显变形，或导致漏雨；

**4**　椽、檩间的连系缺失或连接件锈蚀破损；

**5**　檩条在木构件上的支承长度小于60mm；

**6**　檩条在砌体构件上的支承长度小于120mm；

**7**　檩端脱榫、檩条外滚，或檩条与端部支承构件无锚固；

**8**　瓜柱、角背驼峰出现腐朽、虫蛀、倾斜、脱榫或劈裂；

**9**　翼角、檐头、由戗出现腐朽或虫蛀；

**10**　角梁后尾的固定部位无可靠拉结；

**11**　角梁后尾、由戗端发生劈裂或折断；

**12**　翼角、檐头出现明显下垂。

**6.2.12**当出现下列情况之一时，应对楼盖木构件残损点的状况评定为中度残损或重度残损。

**1**　楞木或櫊栅出现腐蚀、虫蛀，或受潮；

**2**　楞木或櫊栅挠度过大，已引起体感颤动；

**3**　楞木或櫊栅端部无可靠锚固且支承长度小于60mm；

**4**　楞木或櫊栅端部榫卯断裂；

**5**　楼板木材出现腐朽和板面破损。

**6.2.13**当出现下列情况之一时，应对斗拱残损点的状况评定为中度残损或重度残损。

**1**　整[攒](http://www.baidu.com/link?url=SDPzTxw0H1TQ2nRPmU9u3DyQs5TJxBRJVAkIsm0mw7vsBSSNqZ0_qA9OkDTeHWHH" \t "_blank)斗栱明显变形、错位或扭转；

**2**　斗栱中受弯构件相对挠度已超过1/120；

**3**　栱翘折断，小斗脱落，且每一枋下连续两处发生；

**4**　栱的扭曲超过3mm；或斗的压陷超过3mm；或有劈裂、偏斜、移位；

**5**　整攒斗栱的木材发生腐朽、虫蛀或老化变质，并已影响斗栱受力；

**6**　柱头或转角处的斗栱有明显破坏迹象。

### 6.3　单个构件鉴定评级

**6.3.1**当通过验算单个构件承载能力对单个构件及连接进行评价，或需要对结构体系的安全性进行鉴定评级时，应进行单个构件的鉴定评级。

**6.3.2**对近现代保护建筑结构中承重构件的安全性鉴定，应按残损勘查项目和承载能力验算项目分别评定构件的残损等级和承载能力等级，并应取其中最低一级作为单个构件的安全性等级。

**6.3.3**　当按残损勘查项目对单个构件的安全性等级进行评定时，单个构件残损等级应符合表6.3.3的有关规定。

**表6.3.3　单个构件残损等级评定标准**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 残损等级 | 评定标准 | 处理要求 |
|  | 构件应勘查项目全为级；或无级和级，仅个别为级 | 不必采取措施 |
|  | 构件应勘查项目中无级和级，且级多于级 | 可不采取措施 |
|  | 构件应勘查项目中，最低等级为级 | 应采取措施 |
|  | 构件应勘查项目中最低等级为级，或无级，但级多于50% | 必须立即采取措施 |

**6.3.4**　当按承载能力验算项目对单个构件的承载能力等级进行评定时，应根据抗力（R）与作用效应（S）乘以重要性系数的比值分别评定每一验算项目的等级，并应取其中最低一级作为构件承载能力的安全性等级。结构构件的承载能力验算应符合下列规定：

**1**　当为鉴定原结构构件在剩余设计工作年限内的安全性时，应按不低于原建造时的荷载规范和设计规范进行验算；

**2**　若原结构构件出现过与永久荷载和可变荷载相关的较大变形或损伤时，相关性能指标应按现行规范与标准的规定进行验算；

**3**　当为延长工作年限的目的而鉴定原结构构件的安全性时，应在调查结构上实际作用的荷载及拟新增荷载的基础上，按现行规范与标准的规定进行验算；

**4**　承载能力验算采用的计算模型应符合结构的实际受力和构造状况；

**5**　结构上的作用荷载应经现场调查或检测核算；

**6**　材料强度的标准值应根据构件的实际状况、设计文件与现场检测综合确定，并应计入由温度和变形产生的附加内力；

**7**　结构和构件的几何参数应取实测值，并应计入相关不利影响。

**6.3.5**　当按承载能力验算项目对构件进行安全性鉴定评级时，应根据抗力和作用效应的比值进行计算，并应计入结构重要性系数的影响。单个混凝土构件安全性等级评定标准应符合表6.3.5的有关规定。当构件或连接出现脆性断裂、疲劳开裂或局部失稳变形迹象时应评定为d级。

**表6.3.5　单个构件安全性等级评定标准**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 构件类别 | 抗力和作用效应及结构重要性系数乘积的比值 | | | |
| *a*级 | *b*级 | *c*级 | *d*级 |
| 主要构件、节点和连接 | 不小于1.00 | 不小于0.95且小于1.00 | 不小于0.90且小于0.95 | 小于0.90 |
| 一般构件 | 不小于1.00 | 不小于0.90且小于1.00 | 不小于0.85且小于0.90 | 小于0.85 |

### 6.4　结构体系鉴定评级

**6.4.1**　当需要评定结构体系的整体牢固性，或评定对象为近现代保护建筑群时，宜进行结构体系的鉴定评级。

**6.4.2**　对近现代保护建筑结构中结构体系的安全性鉴定评级，应根据各种构件集的安全性等级和结构体系整体牢固性等级进行综合评定，并应取其中最低一级作为结构体系的安全性等级。

**6.4.3**　当评定一种主要构件集的安全性等级时，评定标准应符合表6.4.3的有关规定。

**表6.4.3　主要构件集安全性鉴定评级**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 等级 | 多层混合结构 | 单层混合结构 |
|  | 该构件集内，不含级和级；可含级，但含量不应多于25% | 该构件集内，不含级和级；可含级，但含量不应多于30% |
|  | 该构件集内，不含级；可含级，但含量不应多于15% | 该构件集内，不含级；可含级，但含量不应多于20% |
|  | 该构件集内，可含级和级；但级含量不应多于40%；若仅含级，其含量不应多于10%；若同时含有级和级，级含量不应多于25%；级含量不应多于3% | 该构件集内，可含级和级；但含级，其含量不应多于50%；若仅含级，其含量不应多于15%； 若同时含有级和级，级含量不应多于30%；级含量不应多于5% |
|  | 该构件集内，级或级含量多于级的规定数 | 该构件集内，级和级含量多于级的规定数 |

**6.4.4**　当评定一种一般构件集的安全性等级时，评定标准应符合表6.4.4的有关规定。

**表6.4.4　一般构件集安全性鉴定评级**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 等级 | 多层混合结构 | 单层混合结构 |
|  | 该构件集内，不含级和级；可含级，但含量不应多于30% | 该构件集内，不含级和级；可含级，但含量不应多于35% |
|  | 该构件集内，不含级；可含级，但含量不应多于20% | 该构件集内，不含级；可含级，但含量不应多于25% |
|  | 该构件集内，可含级和级；但级含量不应多于40%；级含量不应多于10%； | 该构件集内，可含级和级；但级含量不应多于50%；级含量不应多于15% |
|  | 该构件集内，级或级含量多于级的规定数 | 该构件集内，级和级含量多于级的规定数 |

**6.4.5**　结构体系整体牢固性等级应根据每一勘查项目的等级进行评定，且应符合下列规定：

**1**　当6个勘查项目均不低于级时，应按数量多的等级确定；

**2**　当低于级的项目数量为1个时，应评定为级或级；

**3**　当低于级的项目数量多于1个时，应评定为级或级。

**6.4.6**　勘查项目的等级评定应符合表6.4.6的有关规定。

**表6.4.6　勘查项目等级评定标准**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 勘查项目 | 级或级 | 级或级 |
| 1 | 结构布置 | 结构布置合理，形成完整体系；传力路线明确或基本明确；结构和构件造型及连接方式正确或基本正确 | 结构布置不合理，存在薄弱环节，未形成完整体系；传力路线不明确；结构和构件选型及连接方式不当；结构产生明显振动或易受振动影响 |
| 2 | 支撑系统或其它抗侧力系统的构造 | 构件长细比及连接构造满足要求，形成完整的支撑系统，无明显残损或施工缺陷，能传递各种侧向作用 | 构件长细比或连接构造不满足要求，未形成完整的支撑系统，或构件连接已失效或有严重缺陷，不能传递各种侧向作用 |
| 3 | 节点和连接 | 构造合理无疏漏；锚固、拉结、连接方式正确、可靠，无松动变形或其他残损 | 无拉结，构造不合理，多处疏漏；或锚固、拉结、连接不当，或已松动变形，或已残损 |
| 4 | 整体性构造措施 | 布置合理，位置正确，能起封闭系统作用，完好或基本完好，无裂缝或其他残损 | 布置不当，位置不正确，不能起封闭系统作用，已开裂或有其他残损 |

### 6.5　地基基础和场地安全性鉴定

**6.5.1**　当近现代保护建筑结构的安全性鉴定评级需考虑地基基础和场地的影响，或结构安全性缺陷主要由地基基础或场地引起时，应对地基基础和场地的安全性进行鉴定。

**6.5.2**　近现代保护建筑结构地基基础的安全性鉴定评级应根据地基变形或地基基础承载力的评定结果进行确定。对建在斜坡场地的结构，尚应按边坡场地稳定性的评定结果进行确定。

**6.5.3**　当按地基变形进行鉴定评级时，可根据建筑物沉降观测资料，以及基础不均匀沉降在上部结构中反应的勘查结果进行评定。当按地基基础承载力进行鉴定评级时，可根据基础检测资料和岩土工程勘察资料进行评定。当资料缺失或不全时，应补充近位勘探点，进一步查明土层分布情况，并应结合当地工程经验进行核算和评价。对建造在斜坡场地上的建筑，应根据历史资料和近期实地勘察结果，对边坡场地的稳定性进行验算。

**6.5.4**　当地基基础的安全性按地基变形、建筑物沉降观测资料或上部结构反应的检测结果评定时，应结合变形量、变形差、变形速率、裂缝状况和发展趋势进行综合分析，评级标准应符合下列规定：

**1**　当不均匀沉降小于现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007规定的允许沉降差，或建筑物无沉降裂缝、变形或位移时，应评为A级；

**2**　当不均匀沉降不大于现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007规定的允许沉降差、且连续两个月地基沉降量小于每月2mm，或建筑物的上部结构的砌体部分虽有轻微裂缝但无发展迹象时，应评为B级；

**3**　当不均匀沉降大于现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007规定的允许沉降差、连续两个月地基沉降量大于每月2mm，或建筑物上部结构砌体部分出现宽度大于5mm的沉降裂缝且短期内无终止趋势时，应评为C级；

**4**　当不均匀沉降远大于现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007规定的允许沉降差、连续两个月地基沉降量大于每月2mm且尚有变快趋势、建筑物上部结构的沉降裂缝发展显著，或砌体的裂缝宽度大于10mm时，应评为D级。

**6.5.5**　当地基基础的安全性按地基基础承载力进行评定时，应根据地基和基础的检测结果和验算结果，结合建筑物残损状况进行综合分析，评级标准应符合下列规定：

**1**　当地基基础承载力符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的规定时，可根据建筑物的完好程度评为A级或B级；

**2**　当地基基础承载力不符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的规定时，可根据建筑物开裂损伤的严重程度评为C级或D级。

**6.5.6**　当地基基础的安全性按边坡场地稳定性项目的检测结果评定时，应结合滑动迹象、滑动史进行综合分析，评级标准应符合下列规定：

**1**　当建筑场地地基稳定，且无滑动迹象及滑动史时，应评为A级；

**2**　当建筑场地地基在历史上曾有过局部滑动，经治理后已停止滑动，且近期评估表明不会出现新的滑动时，应评为B级；

**3**　当建筑场地地基在历史上发生过滑动，目前虽已停止滑动，但当触动诱发因素今后仍有可能出现新的滑动时，应评为C级；

**4**　当建筑场地地基在历史上发生过滑动，目前仍有滑动或滑动迹象时应评为D级。

**6.5.7**　地基基础的安全性等级，应根据第6.5.4条~第6.5.6条的评定结果按其中最低一级确定。

### 6.6　抗震鉴定

**6.6.1**　对近现代保护建筑结构进行抗震鉴定时，除应符合本规程规定外，尚应符合现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023的有关规定。后续使用年限不应少于30年，并应按A类建筑抗震鉴定方法进行抗震鉴定。

**6.6.2**　近现代保护建筑结构进行维护与加固前，应进行抗震构造鉴定。当抗震设防烈度为8度、且建筑场地类别为Ⅲ类或Ⅳ类时，以及抗震设防烈度为9度时，尚应对主要承重结构进行截面抗震验算。

**6.6.3**　近现代保护建筑结构抗震鉴定应分为两级。第一级鉴定应以宏观控制和构造鉴定为主进行综合评价，第二级鉴定应以抗震验算为主结合构造影响进行综合评价。当符合第一级鉴定的各项要求时，建筑可评为满足抗震鉴定要求，不再进行第二级鉴定。当不符合第一级鉴定要求时，应由第二级鉴定作出判断。

**6.6.4**　近现代保护建筑砌体结构进行抗震鉴定时，应重点检查房屋的高度和层数、抗震墙的厚度和间距、墙体实际达到的砂浆强度等级、砌筑质量、墙体交接处的连接、以及女儿墙、楼梯间和出屋面烟囱等易引起倒塌伤人的部位。7度至9度时，尚应检查墙体布置的规则性、楼盖及屋盖处的圈梁、楼盖及屋盖与墙体的连接构造。

**6.6.5**　近现代保护建筑砌体结构的抗震鉴定，应按房屋高度和层数、结构体系的合理性、墙体材料的实际强度、房屋整体性连接构造的可靠性、局部易损易倒部位构件自身及其与主体结构连接构造的可靠性以及墙体抗震承载力的综合分析，对整幢房屋的抗震能力进行鉴定。当砌体房屋层数超过规定时，应评为不满足抗震鉴定要求。当仅有出入口和人流通道处的女儿墙、出屋面烟囱等不符合规定时，应评为局部不满足抗震鉴定要求。

**6.6.6**　近现代保护建筑砌体结构第一级鉴定中，墙体的抗震承载力应依据纵、横墙间距进行简化验算，当符合第一级鉴定的各项规定时，应评为满足抗震鉴定要求。不符合第一级鉴定要求时，应在第二级鉴定中采用综合抗震能力指数的方法，并应计入构造影响作出判断。

**6.6.7**　近现代保护建筑混凝土结构的抗震鉴定，应重点检查下列薄弱部位：

**1**　设防烈度为6度时，应检查局部易掉落伤人的构件、部件以及楼梯间非结构构件的连接构造；

**2**　设防烈度为7度时，除应按第1款检查外，尚应检查梁柱节点的连接方式、框架跨数及不同结构体系之间的连接构造；

**3**　设防烈度为8度或9度时，除应按第1、2款检查外，尚应检查梁、柱的配筋、材料强度、各构件间的连接、结构体型的规则性、短柱分布及使用荷载的大小和分布。

**6.6.8**　近现代保护建筑混凝土结构的抗震鉴定，应按结构体系的合理性、结构构件材料的实际强度、结构构件纵向钢筋和横向箍筋的配置、构件连接的可靠性、填充墙等与主体结构的拉结构造、以及构件抗震承载力的综合分析，对整幢房屋的抗震能力进行鉴定。当梁柱节点构造和框架跨数不符合规定时，应评为不满足抗震鉴定要求。当仅有出入口、人流通道处的填充墙不符合规定时，应评为局部不满足抗震鉴定要求。

**6.6.9**　近现代保护建筑混凝土结构应进行综合抗震能力两级鉴定。当符合第一级鉴定的各项规定时，除9度外可不进行抗震验算而评为满足抗震鉴定要求。不符合第一级鉴定要求和9度时，应在第二级鉴定中采用屈服强度系数和综合抗震能力指数的方法作出判断。

**6.6.10**　抗震鉴定时，承重木构架、楼盖和屋盖的质量和连接、墙体与木构架的连接、房屋所处场地条件的不利影响，应重点检查。

**6.6.11**　木结构房屋以抗震构造鉴定为主，可不作抗震承载力验算。8、9 度时V类场地的房屋应适当提高抗震构造要求。

**6.6.12**　当出现下列情况之一时，应对近现代保护建筑木结构进行抗震变形验算：

**1**　抗震设防烈度为8度、且建筑场地类别为Ⅲ类或Ⅳ类，基本自振周期T1不小于1s的单层建筑；

**2**　抗震设防烈度为8度或9度，高度大于15m的多层建筑。

**6.6.13**　古建筑木结构及其相关工程的抗震构造鉴定，应符合下列规定：

**1**　对抗震设防烈度为6度和7度的建筑，应按《古建筑木结构维护与加固技术标准》GB/T 50165的有关规定进行鉴定。对于存在未修复残损点的木构架构件和连接，应被判为不符合抗震构造要求；

**2**　对抗震设防烈度为8度和9度时的建筑，除应按本条第1款鉴定外，尚应按表6.6.13的规定进行鉴定。

**表6.6.13　设防烈度为8度和9度的古建筑木结构抗震构造鉴定要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 检查对象 | 勘查项目 | 抗震构造鉴定要求 |
| 1 | 木柱 | 柱脚与柱础抵承状况 | 柱脚地面与柱础间实际抵承面积与柱脚处柱的原截面面积之比应大于3/4 |
| 柱础错位 | 柱与柱础之间错位量与柱径（或柱截面）沿错位方向的尺寸之比不应超过1/10 |
| 2 | 柱与梁枋的连接 | 榫卯连接完好程度 | 榫头拔出卯口的长度不应超过榫长的1/4 |
| 柱与梁枋拉结情况 | 应有可靠的铁件拉结，且铁件无严重锈蚀 |
| 3 | 斗栱 | 斗栱构件 | 应无腐朽、劈裂、残损 |
| 斗栱榫卯 | 应无腐朽、松动、断裂或残损 |
| 4 | 木构架整体性 | 整体倾斜 | 构架平面内倾斜量不应超过柱总高的1/250，构架平面外倾斜量不应超过柱总高的1/350 |
| 局部倾斜 | 柱头与柱脚相对位移量不应超过柱长度的1/150 |
| 构架间的连系 | 纵向连接应牢固 |
| 墙体构造 | 墙角应无酥碱，填心砌筑墙体每3m2墙面应至少有一拉结件 |

### 6.7　鉴定报告编写要求

**6.7.1**　近现代保护建筑安全性鉴定和抗震鉴定报告应包括下列内容：

**1**　建筑物概况；

**2**　鉴定的目的、范围和内容；

**3**　勘查、分析、鉴定的结果；

**4**　结论与建议；

**5**　相关附件。

**6.7.2**　鉴定报告中，应对c级、d级构件及C级和D级检查项目的数量、所处位置及其处理建议，逐一作出详细说明。并宜绘制c级和d级构件及C级和D级检查项目的分布图。

**6.7.3**　对承重结构和构件的安全性鉴定所查出的问题，应根据其严重程度和具体情况建议采取下列处理措施：

**1**　减少结构上的荷载；

**2**　加固或更换构件；

**3**　临时支顶；

**4**　停止使用；

**5**　拆除部分结构或全部结构；

**6**　进行耐久性防护；

**7**　改变使用条件；

**8**　全面或局部修缮、更新及改造。

**6.7.4**　鉴定报告中宜对鉴定结果进行说明，对建筑物或其组成部分所评的等级，应仅作为技术管理或制订维修计划的依据。结构中所含的c级和d级构件及C级和D级检查项目采取维护与加固措施。

# 7　砌体结构维护与加固

### 7.1　一般规定

**7.1.1**　对近现代保护建筑砌体结构进行维护与加固时，应根据安全性鉴定和抗震鉴定结果对每一残损点采取维护与加固措施，且应优先对残损程度严重和对整体影响程度较大的结构构件进行处置。

**7.1.2**　当近现代保护建筑砌体结构的构造措施设置不合理、数量不足或位置不当时，应在维护与加固时予以补充或加以改造。

**7.1.3**　对高温、高湿、低温、冻融、化学腐蚀、振动、温度应力、地基不均匀沉降等影响因素引起的砌体结构构件残损，应在维护与加固时计入使用环境对近现代保护建筑的影响。

**7.1.4**　对近现代保护建筑砌体结构进行加固时，承载能力极限状态和正常使用极限状态的验算和设计应符合下列规定：

**1**　加固设计时，应采用线弹性分析方法计算结构的作用效应，并应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003的有关规定；

**2**　结构上的作用应经调查或检测核实，并应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001的有关规定；

**3**结构受力条件的计算简图应符合被加固构件和节点的现有受力条件和构造状况；

**4**　作用效应组合、组合值系数以及作用的分项系数的确定，应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001的有关规定，并应计入实际荷载偏心、结构变形、温度作用、基础不均匀沉降等造成的附加内力；

**5**　原结构材料强度宜采用根据实测值推定的标准值；

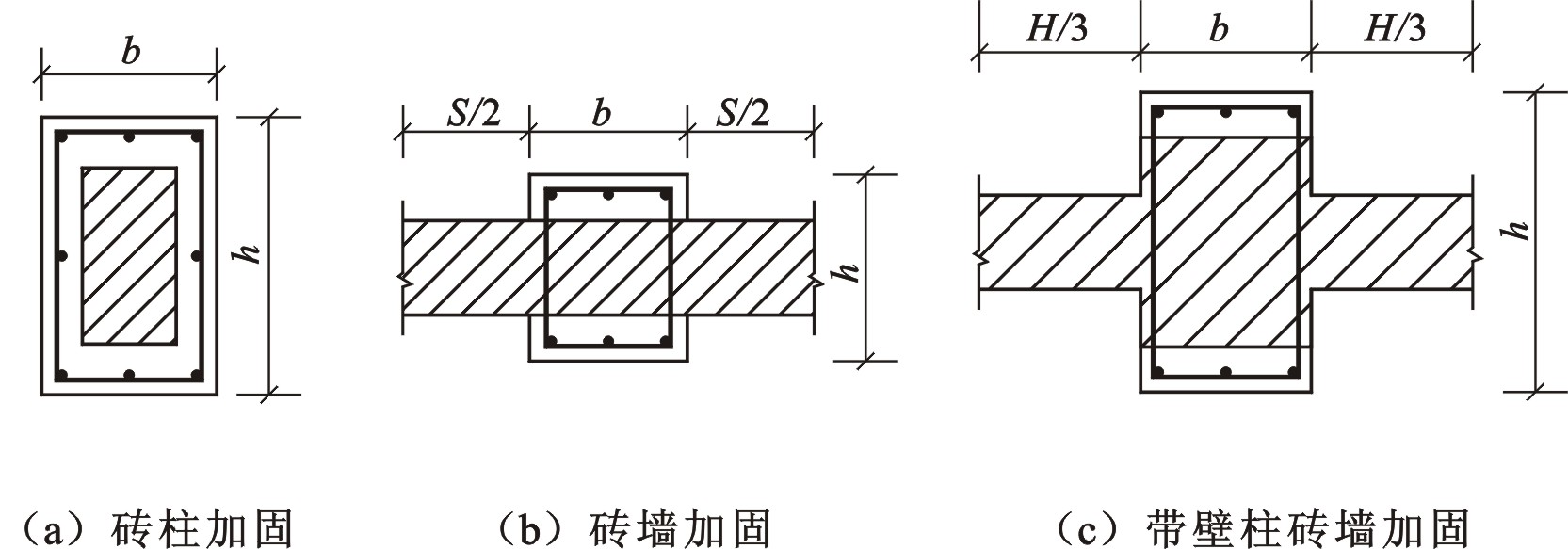
**6**　验算结构和构件承载力时，应分析原结构在加固时的实际受力状况，以及加固部分与原结构共同工作程度；

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

### 7.2　砌体柱

**7.2.1**　对砌体柱可采用自密实混凝土薄层加固法、水泥基灌浆料薄层加固法、钢筋网复合砂浆薄层加固法、外包钢加固法。

**7.2.2**　采用自密实混凝土薄层或水泥基灌浆料薄层加固砌体柱时，宜采用四面围套（图7.2.2）的形式。当空间限制时，可仅在相对两面进行对称加固，但应确保原砌体与后浇面层之间的界面处理和粘结质量可靠。



**图7.2.2　四面围套加固**

**7.2.3**　采用自密实混凝土薄层或水泥基灌浆料薄层加固轴心受压砌体柱时，正截面受压承载力应根据原砌体受压承载力、外加面层中的混凝土材料和竖向受压钢筋的受压承载力，按现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702的有关规定进行计算，且应符合下列规定：

**1**　加固后砌体柱轴心受压构件的稳定系数，应根据加固后截面的高厚比和配筋率进行计算；

**2**　加固后砌体柱计算截面的宽度应按原砌体宽度与两侧外加面层厚度之和计算；

**3**　混凝土强度利用系数应根据砌体类别进行确定，当为实心块材时取0.85，当为空心块材时取0.70；

**4**　钢筋强度利用系数应根据砌体类别进行确定，当为实心块材时取0.80，当为空心块材时取0.75。

**7.2.4**　采用自密实混凝土薄层或水泥基灌浆料薄层加固偏心受压砌体柱时，正截面受压承载力应根据原砌体受压承载力、外加面层中受压区混凝土材料受压承载力、距轴向力较远和较近一侧竖向钢筋承载力，按现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702的有关规定进行计算，且应符合下列规定：

**1**　自密实混凝土或水泥基灌浆料强度利用系数应根据砌体类别进行确定，当为实心块材时取0.90，当为空心块材时取0.80；

**2**　钢筋强度利用系数应根据砌体类别进行确定，当为实心块材时取1.00，当为空心块材时取0.95。

**7.2.5**　采用自密实混凝土薄层或水泥基灌浆料薄层加固砌体柱时，外加薄层的构造应符合下列规定：

**1**　薄层厚度宜为35mm~50mm，自密实混凝土或水泥基灌浆料的材料强度等级不应低于C30；

**2**　竖向受力钢筋直径不应小于10mm，净间距不应小于30mm；

**3**　箍筋钢筋直径不应小于6mm，间距不宜大于200mm；

**4**　竖向受力钢筋两端应进行可靠锚固，受力钢筋应采用焊接方式连接，受力钢筋与箍筋连接可采用焊接或绑扎连接；

**5**　加固层应采用锚筋与原砌体柱连接，锚筋直径不应小于6mm，锚筋间距不应大于400mm，在砌体内的锚固深度不应小于120mm。

**7.2.6**　采用钢筋网复合砂浆薄层加固轴心受压的砌体柱时，正截面受压承载力应根据原砌体受压承载力、外加面层中的复合砂浆和竖向受压钢筋的受压承载力，按现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702的有关规定进行计算，且应符合下列规定：

**1**　加固后砌体柱轴心受压构件的稳定系数，应根据加固后截面的高厚比和配筋率进行计算；

**2**　复合砂浆强度利用系数应根据砌体类别进行确定，当为实心块材时取0.75，当为空心块材时取0.65；

**3**　钢筋强度利用系数应根据砌体类别进行确定，当为实心块材时取0.80，当为空心块材时取0.7。

**7.2.7**　采用钢筋网复合砂浆薄层加固偏心受压砌体柱时，正截面受压承载力应根据原砌体受压承载力、外加面层中的受压区复合砂浆受压承载力、距轴向力较远和较近一侧竖向钢筋承载力，按现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702的有关规定进行计算，且应符合下列规定：

**1**　复合砂浆强度利用系数应根据砌体类别进行确定，当为实心块材时取0.85，当为空心块材时取0.75；

**2**　钢筋强度利用系数应根据砌体类别进行确定，当为实心块材时取0.90，当为空心块材时取0.80。

**7.2.8**　采用钢筋网复合砂浆薄层加固砌体柱时，外加薄层的构造应符合下列规定：

**1**　薄层厚度宜为25mm~40mm，复合砂浆材料的强度等级不应低于M30；

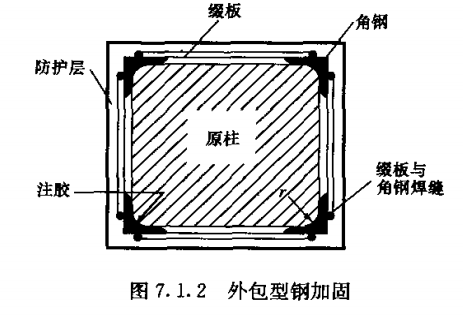
**2**　竖向受力钢筋直径不应小于8mm，净间距不应小于30mm；

**3**　箍筋钢筋直径不应小于6mm，间距不宜大于200mm；

**4**　竖向受力钢筋两端应进行可靠锚固，受力钢筋应采用焊接方式连接，受力钢筋与箍筋连接可采用焊接或绑扎连接；

**5**　加固层应采用锚筋与原砌体柱连接，锚筋直径不应小于6mm，锚筋间距不应大于400mm，在砌体内的锚固深度不应小于120mm。

**7.2.9**　采用外包型钢加固矩形截面砌体柱时，型钢骨架宜采用四肢角钢和钢缀板围绕约束的加固方式。角钢应布置在柱截面角部。钢缀板应横向布置在柱身侧面，且应与角钢可靠连接。



**图7.2.9　外包型钢加固矩形截面砌体柱**

**7.2.10**　当采用外包型钢加固砌体柱时，加固后承受的轴向压力设计值和弯矩设计值应按原柱和钢构架刚度比进行分配，并应按现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702的有关规定进行计算，且应符合下列规定：

**1**　原砌体刚度降低系数应根据原柱残损状况取值，对于局部表面风化侵害但截面基本完好的柱取0.65，对于出现竖向裂缝或截面严重缺陷的柱取0；

**2**　计算钢构架的截面惯性矩可忽略各分肢角钢自身截面的惯性矩；

**3**　协同工作系数宜取0.9；

**4**　型钢的抗压强度设计值折减系数应根据结构受力状态进行取值；

**5**　对仅承受静力荷载时取0.95，间接承受动力作用时取0.90，直接承受动力荷载或振动作用时取0.85；

**6**　承载力计算时不应计入接触面涂布或灌注材的粘结作用对结构承载力的提高值。

**7.2.11**　当采用外包型钢加固砌体柱时，外包型钢骨架的构造应符合下列规定：

**1**　型钢骨架宜采用Q235钢制作，角钢或钢缀板厚度不宜小于6mm，角钢单肢边长或钢缀板宽度不宜小于60mm；

**2**　钢缀板的间距不应大于500mm，且靠近柱端的间距应进行加密。柱截面边长大于500mm时，宜增加角钢边长或在柱身侧面增加竖向钢板；

**3**　型钢骨架的钢部件应采用焊接方式连接；

**4**　角钢及钢缀板应紧贴砌体柱表面，界面空隙处应采用水泥砂浆填塞或采用灌浆料进行压注。加固后型钢骨架表面应进行防锈处理；

**5**　相邻两层同一位置砖柱均外包型钢时，角钢应通过开洞连续穿过各层楼板。

### 7.3　砌体墙

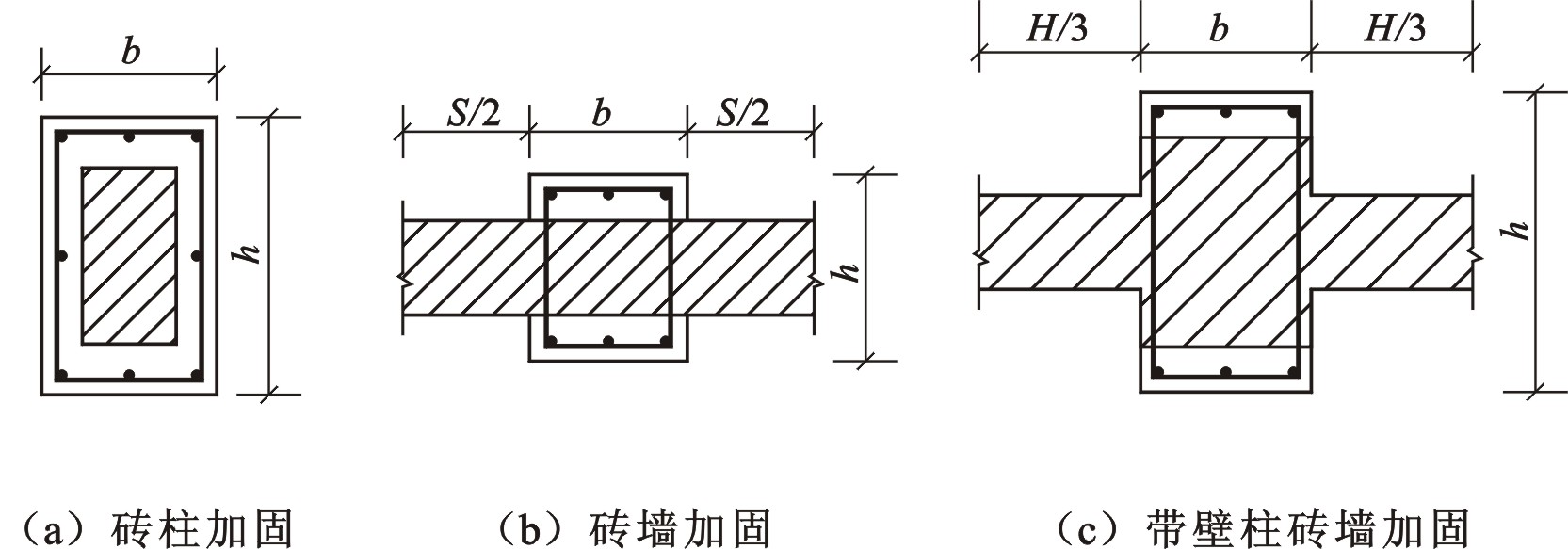
**7.3.1**　对砌体墙可采用自密实混凝土薄层加固法、水泥基灌浆料薄层加固法、钢筋网复合砂浆薄层加固法、粘贴纤维复合材加固法、钢丝绳网-砂浆面层加固法。

**7.3.2**　采用自密实混凝土薄层或水泥基灌浆料薄层加固砌体墙时，正截面受压承载力计算应符合本规程第7.2.3条和第7.2.4条的有关规定，加固后砌体墙的计算截面宽度应符合下列规定：

**1**　加固无壁柱砌体墙时，加固后的砌体墙的计算截面的宽度应取新增截面的宽度和的间距之和；

**2**　加固带壁柱砌体墙时，且窗间墙宽度不超过新增截面宽度与墙高的2/3倍之和时，加固后的砌体墙的计算截面的宽度应取窗间墙宽度；

**3**　加固带壁柱砌体墙时，且窗间墙宽度大于新增截面宽度与墙高的2/3倍之和时，计算截面宽度应取新增截面宽度与墙高的2/3倍之和。



**图7.3.2 加固后砌体墙的计算截面宽度**

**7.3.3**　采用自密实混凝土薄层或水泥基灌浆料薄层加固偏心受压的砌体墙时，宜采用有拉结的双侧加固形式。当仅进行单面加固时，应确保界面粘结质量。

**7.3.4**　采用自密实混凝土薄层或水泥基灌浆料薄层对砌体墙进行抗剪加固时，受剪承载力的计算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，计算加固后提高的抗剪承载力应符合下列规定：

**1**　自密实混凝土或水泥基灌浆料的材料强度利用系数应根据砌体类别进行确定，当为实心块材时取0.80，当为空心块材时取0.70；

**2**　钢筋强度利用系数应取0.90。

**7.3.5**　采用自密实混凝土薄层或水泥基灌浆料薄层加固砌体墙时，外加薄层的构造应符合下列规定：

**1**　薄层厚度宜为35mm~50mm，自密实混凝土或水泥基灌浆料的材料强度等级不应低于C30；

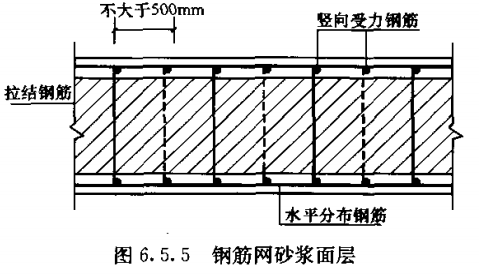
**2**　竖向受力钢筋直径不应小于10mm，水平钢筋直径不应小于6mm，钢筋网格间距不宜大于250mm；

**3**　加固层应采用穿墙拉结筋或锚筋与原墙体连接，穿墙拉结筋或锚筋直径不应小于6mm，分布间距不应大于500mm，在砌体内的锚固深度不应小于120mm；

**4**　钢筋两端应进行可靠锚固，竖向受力钢筋应采用焊接方式连接，竖向受力钢筋和水平钢筋可采用焊接或绑扎连接。

**7.3.6**　采用钢筋网复合砂浆薄层加固砌体墙时，正截面受压承载力计算应符合本规程第7.2.6条和第7.2.7条的有关规定。

**7.3.7**　采用钢筋网复合砂浆薄层加固砌体墙时，宜采用穿墙拉结的双面对称加固形式。当仅进行单面加固时，应在墙面植入销钉确保界面质量。



**图7.3.7 砂浆面层加固砌体墙**

**7.3.8**　采用钢筋网复合砂浆薄层对砌体墙进行抗剪加固时，受剪承载力的计算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。

**7.3.9**　采用钢筋网复合砂浆薄层砌体墙时，外加面层的构造要求应符合下列规定：

**1**　薄层厚度宜为25mm~40mm，复合砂浆材料的强度等级不应低于M30；

**2**　竖向受力钢筋直径不应小于8mm，水平钢筋直径不应小于6mm，钢筋网格间距不宜大于250mm；

**3**　加固层应采用穿墙拉结筋或锚筋与原墙体连接，穿墙拉结筋或锚筋直径不应小于6mm，分布间距不应大于500mm，在砌体内的锚固深度不应小于120mm；

**4**　钢筋两端应进行可靠锚固，竖向受力钢筋应采用焊接方式连接，竖向受力钢筋和水平钢筋可采用焊接或绑扎连接。

**7.3.10**　采用粘贴纤维复合材加固砌体墙时，应将纤维受力方式设计成仅承受拉应力作用。加固完成后应对纤维复合材表面应进行防护。有防火要求时，尚应根据耐火等级和耐火极限要求进行防火处理。

**7.3.11**　采用粘贴纤维复合材加固砌体墙的长期使用的环境温度不应高于60℃。加固处于特殊环境的结构构件时，除应按国家现行有关标准的规定采取相应的防护措施外，尚应采用耐环境因素作用的结构胶粘剂，并按专门的工艺要求施工。

**7.3.12**　采用粘贴纤维复合材对砌体墙进行抗剪加固时，材料粘贴方式可采用水平粘贴方式、交叉粘贴方式、平叉粘贴方式或双叉粘贴方式，且应在每一条带的端部加贴竖向或横向压条。

**7.3.13**　采用粘贴纤维复合材对砌体墙进行抗剪加固时，平面内的受剪承载力的计算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。加固后提高的受剪承载力应根据纤维复合材参与工作系数和穿过计算斜截面的纤维复合材条带的截面面积进行计算。

**7.3.14**　采用粘贴纤维复合材加固砌体墙时，纤维复合材条带的构造要求应符合下列规定：

**1**　纤维复合材条带在全墙面上应等间距均匀布置，加固前应采用强度等级不低于M10的砂浆层对构件表面进行找平；

**2**　条带宽度不宜小于100mm，条带的最大净间距不宜大于三皮砖块的高度，也不宜大于200mm；

**3**　纤维复合材条带端部应采用对穿螺栓垫板压牢或其他机械锚固措施进行固定。沿纤维复合材条带方向应有可靠的锚固措施，锚固间距不应大于1000mm；

**4**　纤维复合材条带绕过阳角时应进行倒角处理，转角处曲率半径不应小于20mm。

**7.3.15**　采用钢丝绳网聚合物砂浆面层加固砌体的长期使用的环境温度不应高于60℃。加固处于特殊环境的结构构件时，除应按国家现行有关标准的规定采取相应的防护措施外，尚应采用耐环境因素作用的聚合物砂浆，并按专门的工艺要求施工。当有防火要求时，尚应根据耐火等级和耐火极限要求对钢丝绳网聚合物砂浆面层进行防火处理。

**7.3.16**　采用钢丝绳网聚合物砂浆面层对砌体墙进行抗剪加固时，平面内的受剪承载力的计算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。加固后提高的受剪承载力应根据水平向钢丝绳网参与工作系数和穿过计算斜截面的钢丝绳的截面面积进行计算。

**7.3.17**　采用钢丝绳网聚合物砂浆面层加固砌体墙时，钢丝绳网聚合物砂浆面层的构造应符合下列规定：

**1**　聚合物砂浆面层厚度宜为25mm~40mm，聚合物砂浆材料的强度等级不应低于M30；

**2**　受拉主绳间距不应小于20mm，且不应大于40mm；

**3**　受拉主绳与横向分布绳的交点处应采用钢材制作的绳扣束紧，主绳端部应采用带套环的绳扣加压锚固；

**4**　钢丝绳网在墙体端部应锚固在预设于墙体交接处的角钢或钢板上。

### 7.4　抗震加固

**7.4.1**　对近现代保护建筑砌体结构进行抗震加固时，应符合下列规定：

**1**　同一楼层中，自承重墙体加固后的抗震能力不应超过承重墙体加固后的抗震能力；

**2**　当采用加固柱或墙垛，增设支撑或支架等保持非刚性结构体系的加固措施时，应控制层间位移和提高其变形能力；

**3**　当选用区段加固的方案时，应对楼梯间的墙体采取加强措施；

**4**　当地基竖向承载能力不足时，应增大基础底面积，并提高上部结构抵抗不均匀沉降能力；

**5**　当地基或桩基的水平承载力不满足要求时，可在基础顶面及侧面增设刚性地坪，或沿基础顶部增设基础梁分散水平荷载至相邻的基础上。

**7.4.2**　当近现代保护建筑砌体结构的高度和层数超过规定限值时，抗震加固应符合下列规定：

**1**　当现有多层砌体房屋的总高度超过规定而层数不超过规定的限值时，应采取高于一般房屋的承载力且加强墙体约束的有效措施；

**2**　当现有多层砌体房屋的层数超过规定限值时，应改变结构体系或减少层数；

**3**　乙类设防的房屋可改变用途按丙类设防使用，并应符合丙类设防的层数限值；

**4**　当采用改变结构体系的方案时，应在两个方向增设一定数量的新增墙体，新增墙体应计人竖向压应力滞后的影响并宜承担结构的全部地震作用；

**5**　当丙类设防且横墙较少的房屋超出规定限值1层和3m以内时，应提高墙体承载力且新增构造柱和圈梁措施。

**7.4.3**　当近现代保护建筑砌体结构抗震承载力不满足要求时，选择加固方法时应符合下列规定。

**1**　对已开裂的墙体可采用压力灌浆修补,对砌筑砂浆饱满度差且砌筑砂浆强度等级偏低的墙体可采用满墙灌浆加固；

**2**　压力灌浆修补后墙体的刚度和抗震能力宜按原砌筑砂浆强度等级计算，满墙灌浆加固后的墙体可按原砌筑砂浆强度等级提高一级计算；

**3**　提高墙体承载力和刚度时，可采用双面或单面加固；

**4**　对局部的强度过低的原墙体可拆除重砌并增设抗震墙；

**5**　柱、墙角或门窗洞边可采用型钢或钢筋混凝土包角或镶边；

**6**　单独的柱、墙可采用四面外包加固；

**7**　对刚度差的房屋可增设支撑或支架加固。

**7.4.4**　当近现代保护建筑砌体结构的整体性不满足要求时，应选择下列加固方法：

**1**　当墙体布置在平面内不闭合时，可增设墙段或在开口处增设加固层形成闭合；

**2**　楼、屋盖构件支承长度不满足要求时，可增设托梁或采取增强楼、屋盖整体性的措施；

**3**　对无下弦的人字屋架应增设下弦拉杆；

**4**　当构造柱或芯柱设置不符合要求时，应增设外加柱；

**5**　当预制楼、屋盖不满足抗震鉴定要求时，可增设刚性层或增设托梁加固楼、屋盖。

**7.4.5**　对近现代保护建筑砌体结构中的易倒塌部位，应选择下列加固方法：

**1**　窗间墙宽度过小或抗震能力不满足要求时，可增设刚性窗框或采用钢筋网双面或单面加固墙体；

**2**　支承大梁等的墙段抗震能力不满足要求时，可增设支承柱；

**3**　支承悬挑构件的墙体不满足要求时，可在悬挑构件端部增设支承柱；

**4**　隔墙无拉结或拉结不牢，可采用双面或单面加固；

**5**　出屋面的烟囱、无拉结女儿墙、门脸等超过规定的高度时，可采用型钢及钢拉杆加固；

**6**　悬挑构件的锚固长度不满足要求时，可采取增加拉杆或减少悬挑长度的措施。

**7.4.6**　对近现代保护建筑砌体结构进行抗震加固应符合现行国家行业标准《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116的有关规定，加固计算的构件抗剪承载力设计值不应大于原构件抗剪承载力1.4倍，否则应按原构件抗剪承载力1.4倍计算。

**7.4.7**　采用外加圈梁对砌体结构进行抗震加固时，宜采用水泥基材料和钢筋网在砌体墙上形成的组合圈梁，对内墙圈梁亦可采用型钢圈梁或钢拉杆。水泥基材料可采用自密实混凝土、水泥基灌浆料或复合砂浆。

**7.4.8**　外加圈梁应设置在靠近楼盖或屋盖的位置。在同一水平标高处的外加圈梁以及变形缝处两侧的外加圈梁应闭合。遇到开口墙时应采取加固措施使外加圈梁闭合。

**7.4.9**　采用水泥基材料和钢筋网形成的组合圈梁时，应符合下列规定:

**1**　组合圈梁顶部应与楼面板或屋面板底部平齐，且宜采用双面加固；

**2**　组合圈梁高度不应小于300mm；

**3**　钢筋网的钢筋直径不宜小于8mm，网格尺寸不宜大于150mm；

**4**　穿墙拉结筋应植入砌体的丁砖上或丁砖缝内，间距不宜大于300mm，且应呈梅花形布置；

**7.4.10**　采用钢拉杆作为外加圈梁进行抗震加固时，应符合下列规定：

**1**　钢拉杆应贯通横墙（或纵墙）的全部宽度并应贴近墙体；

**2**　钢拉杆两端应锚固在横墙（或纵墙）上，垫板边长不宜小于200mm、厚度不宜小于15mm；

**3**　钢拉杆直径不应小于14mm。

**7.4.11**　采用型钢圈梁进行抗震加固时，所采用角钢边长不应小于75mm，钢板或角钢厚度不应小于6mm，并应采用穿墙螺栓对拉连接，对拉螺杆间距不应大于1.5m、直径不应小于12mm。

**7.4.12**　采用外加构造柱对砌体结构进行抗震加固时，宜采用水泥基材料和钢筋网在砌体墙上形成的组合构造柱。增设的构造柱应与墙体圈梁、拉杆、楼盖或屋盖可靠连接。

**7.4.13**　采用水泥基材料和钢筋网形成的组合构造柱时，应符合下列规定：

**1**　组合构造柱截面宽度不应小于500mm；

**2**　钢筋网的钢筋直径不宜小于8mm，网格尺寸不宜大于150mm；

**3**　穿墙拉结筋应植入砌体的丁砖上或丁砖缝内，间距不宜大于300mm，且应呈梅花形布置。

# 8　混凝土结构维护与加固

### 8.1　一般规定

**8.1.1**　对近现代保护建筑混凝土结构进行维护与加固时，应优先对残损程度严重和对整体影响程度较大的结构构件进行处置。维护与加固的范围，可按整幢建筑物或其中某独立区段确定，也可按指定的结构和构件或连接节点确定。

**8.1.2**　对近现代保护建筑混凝土结构构件维护与加固时采用的结构分析方法和基本原则，应符合现行国家标准[《混凝土结构设计规范》GB 50010](https://www.so.com/link?m=uhk2dMXiqbly3EnXWqL2h0FI/wdt5lZCULNrNCBbWSUzv+UWBFGmIg4s/P9I0fTJbt3wR/yjvkckPCGU4sIzLdwFZ3G4ITuv9zMfk6TNUEv0dwigt3Zba+IH/iuRUFlxZ1C0/gMtfzEgnMfWZsYlyknkLnaz0VYD2SoJZBfMGEdQtCIjdq4/Q8XpWC1VgoZlHfmoL/qqzEARWhB5mblVeSCFik/Te4aBxlU/SBmwhZ+qXl57oMBvqwepRnQU=" \t "https://www.so.com/_blank)的有关规定，并应采用线弹性分析方法计算结构的作用效应。

**8.1.3**　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混凝土结构构件残损，应在维护与加固时计入使用环境对近现代保护建筑的影响。

**8.1.4**　对近现代保护建筑混凝土结构进行加固时，承载能力极限状态和正常使用极限状态的验算和设计应符合下列规定：

**1**　结构上的作用应经调查或检测核实，并应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001的有关规定；

**2**结构受力条件的计算简图应符合被加固构件和节点的现有受力条件和构造状况；

**3**　作用效应组合、组合值系数以及作用的分项系数的确定，应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001的有关规定，并应计入实际荷载偏心、结构变形、温度作用、基础不均匀沉降等造成的附加内力；

**4**　原构件的尺寸宜采用实测值，对新增部分可采用加固设计文件给出的名义值；

**5**　原构件材料没有产生性能退化且规格、种类、型号满足原设计文件要求时，原构件材料强度可采用原设计文件的标准值；

**6**　原结构材料存在性能退化时，材料强度宜采用根据实测值推定的标准值；

**7**　验算结构和构件承载力时，应分析原结构在加固时的实际受力状况，以及加固部分与原结构共同工作程度。

**8.1.5**　持久、短暂设计状况下，结构构件的承载力设计值应满足下式要求：

 （8.1.5）

式中：——构件的重要性系数，对安全等级一级的构件不应小于1.1，安全等级二级的构件不应小于1.0；

——构件内力组合设计值，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009和《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定进行计算；

——构件承载力设计值。

**8.1.6**　抗震设计状况下，结构构件的承载力设计值除应符合本规程第7.1.6条的规定，尚应满足下式要求：

 （8.1.6）

式中：——承载力抗震调整系数。

**8.1.7**　承载力抗震调整系数应按表8.1.7取值。

**表8.1.7　承载力抗震调整系数**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 构件类型 | 梁 | 柱 | | | | 其他各类构件 |
| 受力特征 | 受弯 | 偏压 | | 轴压 | 偏拉、轴拉 | 受剪 |
| 轴压比小于0.15 | 轴压比不小于0.15 |
|  | 0.75 | 0.75 | 0.80 | 0.80 | 0.85 | 0.85 |

### 8.2　钢筋混凝土柱

**8.2.1**　对近现代保护建筑混凝土柱可采用水泥基薄层加固法、增大截面加固法、置换混凝土加固法、型钢预应力撑杆加固法、外包型钢加固法、外粘钢板加固法、粘贴纤维复合材加固法。

**8.2.2**　采用水泥基薄层加固混凝土柱时，新增水泥基薄层可采用自密实混凝土薄层、水泥基灌浆料薄层、活性粉末混凝土薄层或钢筋网复合砂浆薄层。

**8.2.3**　采用自密实混凝土薄层、水泥基灌浆料薄层或活性粉末混凝土薄层加固混凝土柱时，新增薄层的构造应符合下列规定：

**1**　自密实混凝土或水泥基灌浆料薄层厚度宜为35mm~50mm、强度等级不应低于C30；

**2**　活性粉末混凝土薄层厚度宜为35mm~50mm，强度级别宜采用RPC100。

**3**　竖向受力钢筋直径不应小于10mm，净间距不应小于30mm；

**4**　竖向受力钢筋两端应进行可靠锚固；

**5**　非抗震设计时加固层中箍筋直径不应小于6mm，相邻箍筋的间距不应大于250mm。抗震设计时加密区箍筋间距不应大于150mm；

**6**　加固层应采用销钉与原混凝土连接，销钉直径不应小于6mm、植入深度不应小于50mm、间距不应大于300mm，且应呈梅花形布置；

**7**　竖向钢筋的接头应采用焊接方式连接，同一构件上竖向钢筋的接头应错开，受拉区新增竖向钢筋的接头面积百分率不应大于加固钢筋面积的50%。加固层中的竖向钢筋与箍筋之间可采用焊接或绑扎的方式进行连接。加固层中的箍筋宜采用封闭环箍，箍筋末端搭接口应错开布置。当结构承受动力疲劳荷载或地震作用时，加固层中的钢筋应采用焊接方式连接。

**8.2.4**　采用钢筋网复合砂浆薄层加固混凝土柱时，新增薄层的构造应符合下列规定：

**1**　薄层厚度宜为25mm~40mm，复合砂浆材料的强度等级不应低于M30；

**2**　竖向受力钢筋直径不应小于8mm，净间距不应小于30mm；

**3**　非抗震设计时加固层中箍筋直径不应小于6mm，相邻箍筋的间距不应大于250mm。抗震设计时加密区箍筋间距不应大于150mm；

**4**　竖向受力钢筋两端应进行可靠锚固，受力钢筋应采用焊接方式连接，受力钢筋与箍筋连接可采用焊接或绑扎连接。当结构承受动力疲劳荷载或地震作用时，加固层中的钢筋应采用焊接方式连接；

**5**　加固层应采用销钉与原混凝土连接，销钉直径不应小于6mm，销钉间距不应大于300mm，在混凝土内的锚固深度不应小于50mm。

**8.2.5**　采用增大截面加固混凝土柱时，新增截面部分可采用普通混凝土或自密实混凝土。

**8.2.6**　采用增大截面加固混凝土柱时，构件承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定，且按平截面基本假定进行计算。新增混凝土和钢筋强度利用程度的降低系数宜取0.8。

**8.2.7**　采用增大截面加固混凝土柱时，新增混凝土层的构造应符合下列规定：

**1**　采用装模浇筑施工方式加固柱时，新增混凝土层的厚度不应小于60mm；

**2**　采用喷射施工方式加固柱时，新增混凝土层的厚度不应小于50mm；

**3**　新增的受力钢筋直径不应小于14mm，箍筋直径不应小于8mm；

**4**　新增受力钢筋与原受力钢筋的净间距不应小于25mm，且应采用短筋或箍筋与原钢筋焊接，新增受力钢筋两端应与原构件可靠锚固。新增箍筋应制作成环形箍筋或加锚式U箍筋。

**8.2.8**　采用置换法加固混凝土柱时，构件正截面承载力的计算应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。对轴心受压柱进行加固计算时置换部分新增混凝土的强度利用系数宜取0.8。对偏心受压柱应根据置换深度进行加固计算。

**8.2.9**　采用置换法加固混凝土柱时，置换用混凝土的强度等级应比原构件混凝土提高一级，且不应低于C25。置换深度不应小于60mm，置换长度在缺陷混凝土向外延伸不应小于100mm。

**8.2.10**　采用型钢预应力撑杆加固法加固混凝土柱时，新增的预应力拉杆、锚具、垫板、撑杆、缀板以及各种紧固件应进行可靠的防锈蚀处理。加固后结构构件长期使用的环境温度不应高于60℃。加固处于特殊环境的结构构件时，应按国家现行有关标准的规定采取相应的防护措施。当有防火要求时，尚应根据耐火等级和耐火极限要求进行防火处理。

**8.2.11**　采用型钢预应力撑杆加固法加固混凝土柱时，应采用双侧对称预应力撑杆的构造形式，并应采用横向张拉的预应力方式。

**8.2.12**　采用型钢预应力撑杆加固法加固混凝土柱的受压承载力、预加压应力值和横向张拉量的计算应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定，加固偏心受压钢筋混凝土柱时，应按受压荷载较大一侧承受最不利偏心受压荷载条件进行计算。加固采用的撑杆和缀板的设计应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017的有关规定。

**8.2.13**　采用型钢预应力撑杆加固法加固钢筋混凝土柱时，撑杆的构造应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定，撑杆的构造应符合下列规定：

**1**　预应力撑杆用的角钢单肢边长不应小于50mm，厚度不应小于5mm；

**2**　缀板宽度不应小于80mm，厚度不应小于6mm；

**3**　撑杆张拉到位后单根角钢按相邻缀板间距离计算的长细比不应大于40；

**4**　承压角钢嵌入被加固柱的柱身和柱头混凝土内的深度不应小于25mm。

**8.2.14**　采用粘贴纤维复合材对混凝土柱进行正截面和斜截面承载力加固时，应采用环向围束法沿柱高全长连续粘贴，且应符合下列规定

**1**　加固圆形截面柱时，柱的长细比不应大于12；

**2**　加固正方形或矩形截面柱时，长细比不应大于14，截面高宽比不应大于1.5，截面高度不应大于600mm；

**3**　截面棱角应进行圆化打磨处理。

**8.2.15**　采用粘贴纤维复合材环向围束加固轴心受压混凝土柱时，正截面承载力应根据环向围束的有效约束系数、环向围束体积比进行计算，且应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。采用纤维复合材的条带对钢筋混凝土柱进行抗剪加同时，应粘贴成环形箍，且纤维方向应与柱的纵轴线垂直。

**8.2.16**　采用纤维复合材加固大偏心受压的混凝土柱时，应将纤维复合材粘贴于构件受拉区边缘混凝土表面，且纤维方向应与柱的纵轴线方向一致。加固后结构构件长期使用的环境温度不应高于60℃。当有防火要求时，尚应根据耐火等级和耐火极限要求进行防火处理。加固处于特殊环境的结构构件时，除应按国家现行有关标准的规定采取相应的防护措施外，尚应采用耐环境因素作用的结构胶粘剂，并按专门的工艺要求施工。

**8.2.17**　采用外包型钢加固混凝土柱时，型钢构架上下端应可靠连接、支承牢固，并应设计成荷载由型钢骨架承担的形式。型钢构架自身承载力计算应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017的有关规定。

**8.2.18**　采用外包型钢加固混凝土柱时，加固后结构构件长期使用的环境温度不应高于60℃。加固处于特殊环境的结构构件时，应按国家现行有关标准的规定采取相应的防护措施。当有防火要求时，尚应根据耐火等级和耐火极限要求进行防火处理。

**8.2.19**　采用外包型钢加固混凝土柱时，正截面承载力的计算方法应符合现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367的有关规定。柱加固后的总承载力应根据型钢构架自身承载力与原柱承载力进行计算，且应符合下列规定：

**1**　型钢构架与原柱所承受的外力应按各自截面刚度比例进行分配；

**2**　对圆形截面柱，混凝土承载力提高系数应取1.15；

**3**　对截面高宽比小于等于1.50、截面高度小于等于600mm的矩形截面柱混凝土承载力提高系数应取1.10；

**4**　当柱截面尺寸不满足第2款时第3款时，不应计入混凝土承载力的提高值；

**5**　非抗震计算时新增型钢强度利用系数应取0.90；

**6**　抗震计算时新增型钢强度利用系数应取1.00。

**8.2.20**　采用外包型钢加固混凝土柱时，型钢构架可采用角钢和钢板制作，型钢构架的构造且应符合下列规定：

**1**　角钢的边长不应小于75mm，厚度不应小于5mm；

**2**　沿柱高度方向应每隔一定距离用扁钢制作的箍板或缀板与角钢焊接；

**3**　箍板或缀板的边长不应小于40mm，厚度不应小于4mm，间距不应大于500mm；

**4**　外包型钢的两端应有可靠的连接和锚固，中间应穿过各层楼板。

### 8.3　钢筋混凝土梁

**8.3.1**　对近现代保护建筑混凝土梁可采用水泥基薄层加固法、增大截面加固法、置换混凝土加固法、体外预应力加固法、外包型钢加固法、粘贴钢板加固法、粘贴纤维复合材加固法、预应力碳纤维复合板加固法、增设支点法。

**8.3.2**　采用水泥基薄层加固混凝土梁时，新增水泥基薄层可采用自密实混凝土薄层、水泥基灌浆料薄层、活性粉末混凝土薄层或钢筋网复合砂浆薄层。

**8.3.3**　采用自密实混凝土薄层、水泥基灌浆料薄层或活性粉末混凝土薄层加固混凝土梁时，新增薄层的构造应符合下列规定：

**1**　自密实混凝土或水泥基灌浆料薄层厚度宜为35mm~50mm、强度等级不应低于C30；

**2**　活性粉末混凝土薄层厚度宜为35mm~50mm，强度级别宜采用RPC100；

**3**　纵向受力钢筋直径不应小于10mm，净间距不应小于30mm；

**4**　纵向受力钢筋两端应进行可靠锚固；

**5**　非抗震设计时加固层中箍筋直径不应小于6mm，相邻箍筋的间距不应大于250mm。抗震设计时加密区箍筋间距不应大于150mm；

**6**　加固层应采用销钉与原混凝土连接，销钉直径不应小于6mm、植入深度不应小于50mm、间距不应大于300mm，且应呈梅花形布置；

**7**　纵向钢筋的接头应采用焊接方式连接，受拉区新增竖向钢筋的接头面积百分率不应大于加固钢筋面积的50%。加固层中的纵向钢筋与箍筋之间可采用焊接或绑扎的方式进行连接。加固层中的箍筋宜采用封闭环箍，箍筋末端搭接口应错开布置。当结构承受动力疲劳荷载或地震作用时，加固层中的钢筋应采用焊接方式连接。

**8.3.4**　采用钢筋网复合砂浆薄层加固混凝土梁时，新增薄层的构造应符合下列规定：

**1**　薄层厚度宜为25mm~40mm，复合砂浆材料的强度等级不应低于M30；

**2**　纵向受力钢筋直径不应小于8mm，净间距不应小于30mm；

**3**　非抗震设计时加固层中箍筋直径不应小于6mm，相邻箍筋的间距不应大于250mm。抗震设计时加密区箍筋间距不应大于150mm；

**4**　纵向受力钢筋两端应进行可靠锚固，受力钢筋应采用焊接方式连接，受力钢筋与箍筋连接可采用焊接或绑扎连接。当结构承受动力疲劳荷载或地震作用时，加固层中的钢筋应采用焊接方式连接；

**5**　加固层应采用销钉与原混凝土连接，销钉直径不应小于6mm，销钉间距不应大于300mm，在混凝土内的锚固深度不应小于50mm。

**8.3.5**　采用增大截面加固混凝土梁时，受弯构件承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。进行正截面承载力计算时新增钢筋强度利用系数0.9。进行斜截面承载力计算时，新增混凝土强度利用系数0.7，新增箍筋强度利用系数0.9。

**8.3.6**　采用增大截面加固混凝土梁时，新增混凝土层的构造应符合下列规定：

**1**　采用装模浇筑施工方式加固梁时，新增混凝土层的厚度不应小于60mm；

**2**　采用喷射施工方式加固梁时，新增混凝土层的厚度不应小于50mm；

**3**　新增的受力钢筋直径不应小于12mm，箍筋直径不应小于8mm；

**4**　新增的受力钢筋与原受力钢筋的净间距不应小于25mm，且应采用短筋或箍筋与原钢筋焊接，新增受力钢筋两端应与原构件可靠锚固。新增箍筋应制作成环形箍筋或加锚式U箍筋。

**8.3.7**　采用置换法加固混凝土梁时，应贯穿整个构件截面宽度剔凿或两侧对称剔凿置换。加固后构件的正截面承载力应根据置换深度进行计算，且应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

**8.3.8**　采用型钢预应力撑杆加固法加固混凝土梁时，应根据梁的受力条件选择预应力下拉杆。对连续梁和跨度大于8m简支梁，应采用无粘结钢绞线作为预应力下拉杆。对跨度不超过8m简支梁，可采用普通钢筋作为预应力拉杆。

**8.3.9**　采用无粘结钢绞线预应力下撑式拉杆加固混凝土梁时，加固计算应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定，并应符合下列规定：

**1**　当采用一端张拉，而连续跨的跨数超过两跨时，应在跨中设置拉紧螺栓，并应采用横向张拉的方法补足预应力损失值；

**2**　加固后的界限相对受压区高度应取加固前控制值的0.85倍；

**3**　斜截面承载力提高值应根据支座区段钢绞线与梁纵向轴线的夹角确定。

**8.3.10**　采用无粘结钢绞线预应力下撑式拉杆加固混凝土梁时，钢绞线的构造应符合下列规定：

**1**　钢绞线应成对布置在梁的两侧，且折线外形应满足设计要求；

**2**　钢绞线形心至梁侧面的距离宜为40mm；

**3**　纵向张拉时钢绞线跨中水平段的支承点宜设在梁底以上的位置，横向张拉时应设在梁的底部；

**4**　钢绞线在跨中转折或在节点支承时，应将钢绞线绕过钢吊棍或支承在钢吊棍上；

**5**　钢绞线端部的锚固宜采用圆套筒三夹片式单孔锚。

**8.3.11**　采用普通钢筋预应力下撑式拉杆加固混凝土梁时，加固计算应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

**8.3.12**　采用普通钢筋预应力下撑式拉杆加固混凝土梁时，被加固梁底部应沿长度方向均匀设置钢垫板和钢筋棒。钢垫板应锚固在梁底部，且厚度不应小于10mm、宽度不应小于50mm，长度宜与梁宽度相同。钢筋棒应采用焊接方式固定在钢垫板上，钢筋棒植筋不应小于20mm，长度不应小于被加固梁宽加2倍拉杆直径与40mm之和。

**8.3.13**　采用普通钢筋预应力下撑式拉杆加固混凝土梁时，预应力下撑式拉杆应采用两根HPB300级钢筋制作，加固的张拉力不应大于150kN。预应力下撑式拉杆中部的水平段距离被加固梁底面净空不应大于80mm。拉杆端部中部应采用钢套箍套在梁端并与拉杆焊接。张拉时应采用工具式拉紧螺杆进行横向张拉。

**8.3.14**　采用外包型钢和粘贴钢板加固混凝土梁时，加固后结构构件长期使用的环境温度不应高于60℃。加固处于特殊环境的结构构件时，应按国家现行有关标准的规定采取相应的防护措施。当有防火要求时，尚应根据耐火等级和耐火极限要求进行防火处理。

**8.3.15**　采用外包型钢加固混凝土梁时，梁底角部应采用角钢进行粘贴，梁顶部可采用角钢或钢板进行粘贴。角钢的厚度不应小于5mm，角钢的边长不应小于50mm，沿梁轴线方向应每隔一定距离用扁钢制作的箍板或缀板与角钢焊接。

**8.3.16**　采用粘贴钢板加固混凝土梁时，加固计算应符合现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367的有关规定。加固后构件正截面受弯承载力的提高幅度不应超过40%。

**8.3.17**　采用粘贴钢板加固混凝土梁时，粘贴钢板的构造应符合下列规定：

**1**　受拉区粘贴的钢板不应超过3层，受压区粘贴的钢板不应超过2层；

**2**　粘贴钢板的总厚度不应大于10mm；

**3**　受拉区粘贴的钢板长度应延伸至支座边或柱边并锚固；

**4**　负弯矩区钢板的截断位置应根据负弯矩包络图计算确定；

**5**　当梁底受拉区侧面粘贴空间有限时，可将部分钢板粘贴在梁两侧面下方，但梁侧面粘贴钢板的高度范围不应大于梁高的1/4；

**6**　正截面加固时受弯梁端部和集中荷载作用点两侧应设置U形箍板对粘贴钢板进行锚固，斜截面加固受剪梁时尚应将箍板设计成加锚封闭箍、胶锚U形箍或钢板锚U形箍的形式；

**7**　梁端部U形箍的宽度不应小于80mm，中间段U形箍的宽度不应小于40mm，U形箍的厚度不应小于4mm；

**8**　当粘贴多层钢板时，相邻两层钢板的截断位置应错开不小于300mm，并应在截断处加设U形箍进行锚固。

**8.3.18**　采用粘贴纤维复合材加固混凝土梁时，应将纤维受力方式设计成仅承受拉应力作用。加固后结构构件长期使用的环境温度不应高于60℃。当有防火要求时，尚应根据耐火等级和耐火极限要求进行防火处理。加固处于特殊环境的结构构件时，除应按国家现行有关标准的规定采取相应的防护措施外，尚应采用耐环境因素作用的结构胶粘剂，并按专门的工艺要求施工。

**8.3.19**　采用粘贴纤维复合材加固混凝土梁时，正截面承载力应根据纤维复合材厚度折减系数、粘贴延伸长度、纤维复合材的截断位置距支座边缘的距离进行计算，并应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定，且加固正截面承载力的提高幅度不应大于40%。在翼缘位于受压区的T形截面受弯构件的受拉面粘贴纤维复合材进行受弯加固时，尚应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定。

**8.3.20**　采用粘贴纤维复合材对混凝土梁进行抗剪加固时，应将纤维复合材粘贴成垂直于构件轴线方向的环形箍或U形箍。斜截面承载力计算时的抗剪强度折减系数应根据受力条件和条带加锚方式取值，并应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

**8.3.21**　采用粘贴纤维复合材加固混凝土梁时，粘贴纤维复合材的构造应符合下列规定：

**1**　采用预成型板纤维复合材时，加固量不宜超过2层；

**2**　采用湿法铺层粘贴纤维织物时，加固量不宜超过4层；

**3**　当梁底受拉区侧面粘贴空间有限时，可将部分纤维复合材粘贴在梁两侧面下方，但梁侧面粘贴的高度范围不应大于梁高的1/4；

**4**　当梁表面纤维复合材延伸至支座边缘时，应在延伸长度范围内均匀设置不少于三道U形箍；

**5**　当梁的高度大于等于600mm时，应在梁的腰部增设一道纵向腰压带，或在腰压带端部增设自锁装置。

**8.3.22**　采用预应力碳纤维复合板加固混凝土梁时，加固后结构构件长期使用的环境温度不应高于60℃。加固处于特殊环境的结构构件时，应按国家现行有关标准的规定采取相应的防护措施，并应采用耐环境作用的结构胶粘剂。当有防火要求时，尚应根据耐火等级和耐火极限要求进行防火处理。

**8.3.23**　采用预应力碳纤维复合板加固混凝土梁时，碳纤维复合板应直接粘贴在混凝土表面，并应在张拉锚固区段之外的纤维复合板与构件表面之间涂刷结构胶粘剂。锚具的张拉端和锚固端应至少有一端为自由活动端，固定锚具采用的锚栓的设计剪应力不应大于锚栓材料抗剪强度设计值的0.6倍。

**8.3.24**　采用预应力碳纤维复合板加固混凝土梁时，正截面承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定，并应进行正常使用极限状态的抗裂和变形验算，以及预应力碳纤维复合板的应力验算。

**8.3.25**　采用预应力碳纤维复合板加固混凝土梁时，加固用锚具应符合下列规定：

**1**　平板锚具的盖板厚度不应小于14mm，底板厚度不应小于10mm，加压螺栓的公称直径不应小于22mm；

**2**　尖齿齿纹锚具的齿深宜为0.3mm~0.5mm，齿间距宜为0.6mm~1.0mm；

**3**　圆齿齿纹铺具的齿深宜为0.3mm~0.5mm，齿间距宜为0.6mm~1.0mm；

**4**　锚固和张拉端的碳纤维应平直、无表面缺陷，外露的锚具应采取防腐措施；

**5**　锚具的开孔位置、孔距和孔径应满足设计要求。

**8.3.26**　采用增设支点法加固混凝土梁时，应根据被加固结构构件的构造特点和工作条件选择支点形式，制作支承结构构件的材料应根据所处的环境及使用要求确定。当在高湿度或高温环境中使用时，支顶的钢构件及其连接应采用有效的防锈、隔热措施。

**8.3.27**　采用增设支点加固法混凝土梁时，新增支撑的上下两端应与被加固构件及支承点的梁、柱或基础可靠连接，并应采用型钢套箍干式连接。

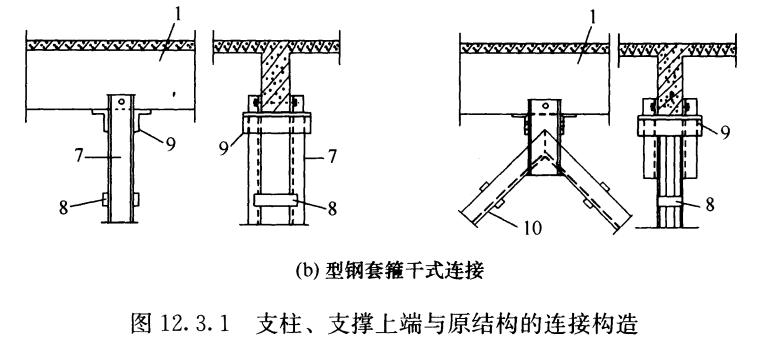


图8.3.27 新增支撑上端与原结构的连接构造

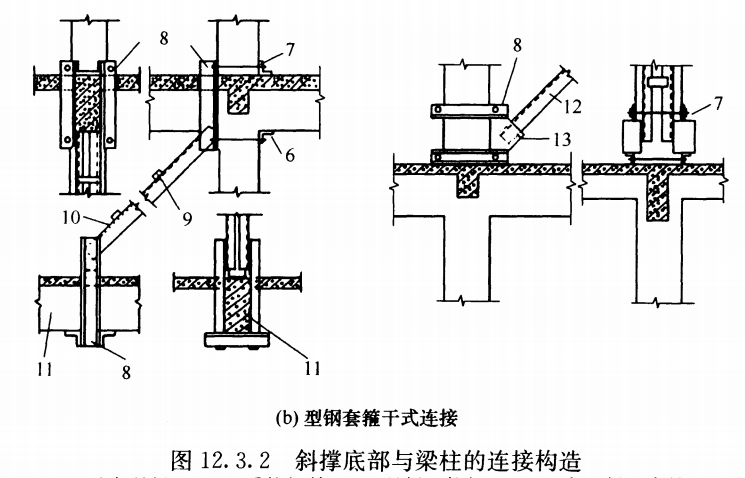


图8.3.27 新增支撑下端与原结构的连接构造

### 8.4　钢筋混凝土板

**8.4.1**　对近现代保护建筑混凝土板，可采用水泥基薄层加固法、增大截面加固法、置换混凝土加固法、粘贴钢板加固法、粘贴纤维复合材加固法、钢丝绳网片聚合物砂浆面层加固法。

**8.4.2**　采用水泥基薄层加固混凝土板时，新增水泥基薄层可采用自密实混凝土薄层、水泥基灌浆料薄层、活性粉末混凝土薄层或钢筋网复合砂浆薄层。

**8.4.3**　采用自密实混凝土薄层、水泥基灌浆料薄层或活性粉末混凝土薄层加固混凝土板时，新增薄层的构造应符合下列规定：

**1**　自密实混凝土或水泥基灌浆料薄层厚度宜为35mm~50mm、强度等级不应低于C30；

**2**　活性粉末混凝土薄层厚度宜为35mm~50mm，强度级别宜采用RPC100；

**3**　钢筋直径不应小于8mm，间距不应大于200mm，钢筋两端应进行可靠锚固；

**4**　加固层应采用销钉与原混凝土连接，销钉直径不应小于6mm、间距不应大于300mm，且应呈梅花形布置。板底加固时销钉植入深度不应小于70mm，板面加固时不应小于50mm；

**5**　钢筋的接头面积百分率不应大于加固钢筋面积的50%。钢筋之间可采用焊接或绑扎的方式进行连接。当结构承受动力疲劳荷载或地震作用时，应采用焊接方式连接。

**8.4.4**　采用钢筋网复合砂浆薄层加固混凝土板时，新增薄层的构造应符合下列规定：

**1**　薄层厚度宜为25mm~40mm，复合砂浆材料的强度等级不应低于M30；

**2**　钢筋直径不应小于8mm，间距不应大于200mm，钢筋两端应进行可靠锚固；

**3**　加固层应采用销钉与原混凝土连接，销钉直径不应小于6mm、间距不应大于300mm，且应呈梅花形布置。板底加固时销钉植入深度不应小于70mm，板面加固时不应小于50mm；

**4**　钢筋的接头面积百分率不应大于加固钢筋面积的50%。钢筋之间可采用焊接或绑扎的方式进行连接。当结构承受动力疲劳荷载或地震作用时，应采用焊接方式连接。

**8.4.5**　采用增大截面法加固钢筋混凝土板时，加固计算应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。新增混凝土层的构造措施应符合下列规定：

**1**　新增混凝土层的厚度不应小于40mm；

**2**　新增的受力钢筋直径不应小于8mm；

**3**　新增的受力钢筋两端应与原构件可靠锚固；

**4**　加固层应采用销钉与原混凝土连接，销钉直径不应小于6mm、间距不应大于250mm，且应呈梅花形布置，销钉植入深度不应小于50mm；

**5**　钢筋的接头面积百分率不应大于加固钢筋面积的50%。钢筋之间可采用焊接或绑扎的方式进行连接。当结构承受动力疲劳荷载或地震作用时，应采用焊接方式连接。

**8.4.6**　当采用置换法加固钢筋混凝土板时，置换用混凝土强度等级不应低于C25，对板面进行置换时置换厚度不应小于40mm。对板底缺陷置换时，置换厚度超过板厚的1/2时宜剔凿贯穿整个构件截面，置换厚度小于板厚的1/2时应在界面布置销钉并涂刷界面剂。

**8.4.7**　采用粘贴钢板法加固钢筋混凝土板时，应在钢板的端部、截断处及集中荷载作用点的两侧设置横向钢压条进行锚固，支座处粘贴钢板的构造应符合下列规定：

**1**　支座处无障碍时，钢板应在负弯矩包络图范围内连续粘贴；

**2**　延伸长度的截断点位置应满足设计要求；

**3**　在端支座无法延伸的一侧应进行锚固处理；

**4**　支座处有障碍时，可绕过柱位在4倍板厚范围内粘贴。

**8.4.8**　采用粘贴纤维复合材对钢筋混凝土板进行加固时，纤维复合材应选择多条密布的方式进行粘贴，每一条带的宽度不应大于200mm。当粘贴的多层纤维织物允许截断时，相邻两层纤维织物宜按内短外长的原则分层截断，外层纤维织物的截断点宜越过内层截断点不小于200mm，并应在截断点加设U形箍。

**8.4.9**　采用钢丝绳网聚合物砂浆面层加固混凝土板的长期使用的环境温度不应高于60℃。加固处于特殊环境的结构构件时，除应按国家现行有关标准的规定采取相应的防护措施外，尚应采用耐环境因素作用的聚合物砂浆，并按专门的工艺要求施工。当有防火要求时，尚应根据耐火等级和耐火极限要求对钢丝绳网聚合物砂浆面层进行防火处理。

**8.4.10**　采用钢丝绳网片聚合物砂浆面层加固混凝土板时，施加预张紧力的工序及其施力值应满足设计要求，加固后构件正截面承载力提高幅度不宜超过30%。聚合物砂浆面层厚度宜为25mm~40mm，聚合物砂浆的材料强度等级不应低于M30，构件加固计算应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

### 8.5　抗震加固

**8.5.1**　对近现代保护建筑混凝土结构进行抗震加固时，可采用提高结构承载能力、增强结构抵抗变形能力、改变框架结构体系的加固方案，并应以提高综合抗震能力、改善受力状况、加强整体性作为加固目的。加固范围可采用房屋整体加固、区段加固或构件加固。

**8.5.2**　对抗震设防区结构构件的加固，除应满足承载力要求外，尚应复核其抗震能力，不应存在因局部加强或刚度突变而形成的新薄弱部位。对于不符合鉴定要求的女儿墙、门脸、出屋顶烟囱等易倒塌伤人的非结构构件亦应予以加固。

**8.5.3**　钢筋混凝土房屋的结构体系和抗震承载力不满足要求时，可选择下列加固方法：

**1**　单向框架应加固为双向框架，或采取加强楼盖、屋盖整体性且同时增设抗侧力构件的措施；

**2**　单跨框架不符合鉴定要求时，应增设抗侧力构件，或将对应轴线的单跨框架改为多跨框架；

**3**　框架柱轴压比不符合鉴定要求时，可采用水泥基薄层或增大截面加固；

**4**　房屋刚度较弱、明显不均匀或有明显的扭转效应时，可增设钢筋混凝土抗震墙或翼墙加固，也可设置支撑加固；

**5**　构件配筋不符合鉴定要求时，可采用水泥基薄层加固；

**6**　当楼梯构件不符合鉴定要求时，可采用粘贴钢板、粘贴纤维复合材或水泥基薄层加固；

**7**　填充墙与混凝土构件连接不符合要求时，可增设拉筋连接、钢夹套或采用水泥基薄层加固；

**8**　基础水平承载力不足时，可沿基础顶部增设基础梁，将水平荷载分散到相邻的基础上。基础顶面、侧面无刚性地坪时可增设刚性地坪。

**8.5.4**　采用水泥基薄层或增大截面法对混凝土构件进行抗震加固时，应符合下列规定：

**1**　柱外围新增纵向钢筋遇到楼板时，应凿洞穿过并上下连接，新增钢筋根部应伸入基础并满足锚固要求，新增钢筋顶部应在屋面板处封顶错固；

**2**　梁外围的纵向钢筋应与柱或剪力墙可靠连接；

**3**　柱外围新增的箍筋应封闭，梁外围新增的箍筋应有一半穿过楼板后弯折封闭，靠近梁柱节点处的外围新增箍筋应加密；

**4**　加固后梁、柱应按整体截面进行抗震验算。

**8.5.5**　采用外包型钢法对混凝土构件进行抗震加固时，应符合下列规定：

**1**　加固混凝土梁时，纵向角钢、扁钢两端应与柱有可靠连接；

**2**　加固混凝土柱时，应使楼板上下的角钢、扁钢可靠连接，顶层的角钢、扁钢应与屋面板可靠连接，底层的角钢、扁钢应与基础锚固；

**3**　加固后梁、柱截面抗震验算时，应将角钢和扁钢作为纵向钢筋、钢缀板作为箍筋进行计算；

**4**　加固梁时，应在梁的阳角粘贴角钢，角钢之间应采用钢缀板焊接连接，钢缀板应穿过楼板形成封闭环形；

**5**　加固柱时，应在柱四角粘贴角钢，角钢应与外围的钢缀板焊接连接。

**8.5.6**　采用粘贴钢板法对混凝土构件进行抗震加固时，应符合下列规定：

**1**新增钢板的受力方式应设计成仅承受轴向应力作用；

**2**新增钢板受拉时，钢板在加固范围以外的锚固长度不应小于钢板厚度的200倍，且不应小于600mm；

**3**新增钢板受压时，钢板在加固范围以外的锚固长度不应小于钢板厚度的150倍，且不应小于500mm。

**8.5.7**　采用粘贴纤维复合材环向围束对混凝土构件进行抗震加固时，加固后加密区的箍筋体积配筋率应根据柱原有箍筋的体积配筋率、环向围束的有效约束系数、环向围束体积比进行计算，并应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

**8.5.8**　采用粘贴纤维复合材对混凝土构件进行抗震加固时，应符合下列规定：

**1**　纤维复合材受力方式应设计成仅承受拉应力作用；

**2**　当提高梁的受弯承载力时，纤维复合材应设在梁顶面或底面受拉区；

**3**　当提高梁的受剪承载力时，纤维复合材应采用U形箍加纵向压条或封闭的方式；

**4**　当提高柱的受剪承载力时，纤维复合材应沿环向围束粘贴并封闭；

**5**　纤维复合材在加固范围以外的错固长度不应小于600mm；

**6**　对圆形截面柱，环向围束的纤维织物层数不应少于2层；

**7**　对正方形和矩形截面柱，环向围束的纤维织物层数不应少于3层；

**8**　环向围束上下层之间的搭接宽度不应小于50mm，纤维织物环向截断点的搭接长度不应小于200mm，且各条带搭接位置应相互错开。

**8.5.9**　采用增设钢支撑对混凝土构件进行抗震加固时，增设的钢支撑应符合下列规定：

**1**　支撑的布置应有利于减少结构沿平面或竖向的不规则性；

**2**　支撑的间距不应超过框架-抗震墙结构中墙体最大间距的规定；

**3**　支撑的形式可选择交叉形或人字形，杆件的水平夹角不宜大于55°；

**4**　支撑可采用钢箍套与原构件可靠连接，并应将地震内力传递到基础；

**5**　新增钢支撑应按两端较接的计算简图进行设计，且应只承担地震作用。

# 9　钢结构维护与加固

### 9.1　一般规定

**9.1.1**　对近现代保护建筑钢结构进行维护与加固时，可采用改变结构体系加固法、增大截面加固法、粘贴钢板加固法、预应力加固法和内填钢筋混凝土加固法。

**9.1.2**　采用改变结构体系法加固钢结构时，可根据实际情况采用改变荷载分布方式、传力途径、节点性质、边界条件、增设附加杆件、施加预应力的加固措施，并应符合下列规定：

**1**　加固时应分析并计入结构和构件、节点、支座中的内力重分布与二次受力；

**2**　应分析内力调整后新体系对相关部分的地基基础和结构造成的影响；

**3**　应在加固设计图中规定调整应力或位移的限值及允许偏差，并应规定监测部位及检验方法；

**4**　增设支点类型应根据被加固结构的构造特点和工作条件选择。

**9.1.3**　采用增大截面法加固钢结构时，应根据原构件受力情况及存在的缺陷和损伤制定技术方案，并应符合下列规定：

**1**　新增部件应有明确、合理的传力途径；

**2**　新增部件与被加固部件应能可靠地共同工作，并采取措施保证截面变形可控和板件的稳定性；

**3**　对轴心受力、偏心受力构件和非简支受弯构件，新增部件应与原构件支座或节点有可靠的连接和锚固；

**4**　新增部件的布置不宜采用导致截面形心偏移的构造方式；

**5**　新增部件的切断位置应以最大限度减小应力集中为原则，并应保证未被加固处的截面在设计荷载作用下仍处于弹性工作阶段；

**6**　负荷状态下对钢构件进行焊接加固时，尚应根据原构件的使用条件校核最大名义应力。

**9.1.4**　采用粘贴钢板法加固钢结构时，加固后结构构件长期使用的环境温度不应高于60℃。加固处于特殊环境的结构构件时，应按国家现行有关标准的规定采取相应的防护措施，并应采用耐环境作用的结构胶粘剂。当有防火要求时，尚应根据耐火等级和耐火极限要求进行防火处理。

**9.1.5**　采用外加预应力加固钢结构时，加固方式和加固材料应根据实际加固条件通过构造和计算进行选择，用于传力的部件可采用钢丝、钢绞线、钢拉杆、型钢或纤维复合条带。预应力构件的布置、锚固节点构造以及张拉方式应根据被加固结构和构件的实际受力状况、构造和使用环境确定。施加预应力的技术方案及预应力大小应满足设计要求，并应遵守结构和构件的卸载效应大于结构和构件的增载效应的原则。进行整体加固时，可通过张拉加固索、调整支座位置及临时支撑卸载等方法施加预应力。

**9.1.6**　采用外加预应力加固钢结构时，预应力施加的张拉顺序应满足设计要求。在施加预应力前，应对关键构件或超应力构件进行加固。对直线索可采用一端张拉法，对折线索宜采用两端张拉法。采用多个千斤顶同时张拉时应同步加载。施加预应力应采用专门设备，设备负荷标定值应大于施加拉力值的2倍，施加预应力的偏差不应超过设计值的5%。

**9.1.7**　采用内填混凝土加固钢结构时，原钢管尺寸应符合下列规定：

**1**　加固圆形钢管时，外直径不宜小于200mm，壁厚不宜小于4mm；

**2**　加固方形钢管时，截面边长不宜小于200mm，壁厚不宜小6mm；

**3**　加固方形或矩形截面钢管时，高宽比不应大于2。

### 9.2　钢柱

**9.2.1**　对近现代保护建筑钢柱进行维护与加固时，可采用水泥基薄层加固法、增大截面加固法、粘贴钢板加固法、内填钢筋混凝土加固法和预应力加固法。

**9.2.2**　采用水泥基薄层加固钢柱时，新增水泥基薄层可采用自密实混凝土薄层、水泥基灌浆料薄层、活性粉末混凝土薄层或钢筋网复合砂浆薄层。

**9.2.3**　采用自密实混凝土薄层、水泥基灌浆料薄层或活性粉末混凝土薄层加固钢柱时，新增薄层的构造应符合下列规定：

**1**　自密实混凝土或水泥基灌浆料薄层厚度宜为35mm~50mm、强度等级不应低于C30；

**2**　活性粉末混凝土薄层厚度宜为35mm~50mm，强度级别宜采用RPC100；

**3**　竖向受力钢筋直径不应小于10mm，净间距不应小于30mm；

**4**　箍筋钢筋直径不应小于6mm，间距不宜大于200mm。

**9.2.4**　采用钢筋网复合砂浆薄层加固钢柱时，新增薄层的构造应符合下列规定：

**1**　薄层厚度宜为25mm~40mm，复合砂浆材料的强度等级不应低于M30；

**2**　竖向受力钢筋直径不应小于8mm，净间距不应小于30mm；

**3**　箍筋钢筋直径不应小于6mm，间距不宜大于200mm。

**9.2.5**采用水泥基薄层加固钢柱时，新增钢筋的连接应符合下列规定：

**1**新增纵向钢筋与箍筋、销钉之间的连接可采用焊接或绑扎搭接；当结构承受动力疲劳荷载和地震设计状况时应采用焊接；

**2**新增纵向钢筋与被加固钢构件接触部位应采用焊接方式进行连接，焊点应沿纵向钢筋长度方向布置，非抗震设计时焊点之间的距离不宜超过300mm，抗震设计时焊点之间的距离不宜超过200mm；

**3**箍筋与被加固钢构件的接触部位应采用焊接方式进行连接，型钢翼缘端部和腹板宜布置焊点，同一肢箍筋上焊点之间的距离不宜超过200mm；

**4**受压构件加固层中新增纵向钢筋的配筋率不应小于0.55%，受弯构件和受拉构件中一侧的受拉钢筋配筋率不应小于0.20%；

**5**纵向钢筋的接头应采用焊接方式连接，同一构件上纵向钢筋的结构应错开，受拉区新增纵向钢筋的接头面积百分率不应大于50%。

**9.2.6**采用水泥基薄层加固钢柱时，新增纵向钢筋的布置应符合下列规定：

**1**　H型钢和工字型钢构件的翼缘肢端应布置纵向钢筋；

**2**　槽钢和Z型钢构件的截面肢端应布置纵向钢筋；

**3**　当腹板高度大于或等于450mm时，除应按本条第1款、第2款的规定布置纵向钢筋外，尚应在腹板两侧设置纵向构造钢筋，每侧纵向构造钢筋的间距不宜大于200mm；

**4**　腹板和翼缘单侧布置的纵向钢筋不应超过两排，相邻两根纵向钢筋之间的净距不应小于30mm和纵向钢筋最大直径的1.5倍。

**9.2.7**　采用增大截面法加固钢柱时，加固时应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017和《钢结构加固设计标准》GB 51367的有关规定对加固后强度和整体稳定性进行验算，并应符合下列规定：

**1**　轴心受拉或轴心受压构件宜采用对称加固，且不宜改变形心位置；

**2**　当构件有初始弯曲或有形心位置改变引起的附加偏心矩时，应按压弯构件加固的规定计算整体稳定性；

**3**　对初始应力比不大于0.2的负荷下焊接加固的钢柱，计算时可不计入强度降低系数。

**9.2.8**　采用螺栓或柳钉连接方式增大截面时，加固件与被加固板件应相互压紧，并应从加固件端部向中间逐次做孔和安装、拧紧螺栓或柳钉。

**9.2.9**　采用焊接方式增大截面时，应制定详细的加固工艺过程和技术条件，并应确保焊接加热、附加钻、扩孔洞对截面不产生显著削弱影响。有2个以上构件的静不定结构时，应先将加固与被加固构件全部压紧并点焊定位，再从受力最大构件开始依次连续进行连接。加固开口截面时，宜将加固后截面密封防止内部锈蚀。

**9.2.10**　采用粘贴钢板法加固钢柱时，应按照现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367的有关规定对加固后构件的强度和整体稳定性进行验算。轴心受压构件截面的分类应依据加固前的原有截面类型，板件厚度应按加固后的净截面面积确定。加固后构件的局部稳定应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定进行验算。

**9.2.11**　采用粘贴钢板法加固钢柱时，应符合下列规定：

**1**　采用手工涂胶粘贴的单层钢板厚度不应大于5mm；

**2**　采用压力注胶粘贴的钢板厚度不应大于10mm；

**3**　粘贴钢板端部宜削成斜坡角，且坡度不应大于45度；

**4**　轴心受拉或者轴心受压宜采用对称或不改变形心位置的加固截面形式；

**5**　加固件的布置引起截面形心轴偏移时，应在加固计算中计入形心轴偏移的影响。

**9.2.12**　采用内填混凝土加固圆形钢管柱时，应按现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367的有关规定进行轴心受压承载力计算，并应符合下列规定：

**1**　轴心受压承载力设计值应根据圆形钢管构件的套箍系数、内填混凝土强度等级和构件加固强度修正系数进行计算，并应计入偏心率和长细比对承载力的影响；

**2**　当内填混凝土圆形钢管构件的剪跨小于构件直径2倍时，应验算构件的横向受剪承载力；

**3**　横向受剪承载力计算时应计入新增混凝土的强度修正系数和内填混凝土圆形钢管构件的套箍系数的影响。

**9.2.13**　采用内填混凝土加固方钢管柱时，应按现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367的有关规定进行轴心受压承载力计算和稳定性验算。弯矩作用在一个主平面内时，压弯构件承载力应根据内填混凝土工作承担系数、内填混凝土受压区高度进行计算，弯矩作用平面内的稳定性应根据轴心受压稳定系数、欧拉临界力、等效弯矩系数进行验算。

**9.2.14**　采用预应力加固钢柱时，应根据构件受力特征选择加固方法。对受压承载力不足的轴心受压柱、小偏心受压柱以及弯矩变号的大偏心受压柱，可采用双侧预应力撑杆进行加固。若偏心受压柱的弯矩不变号，亦可采用单侧预应力撑杆进行加固。

**9.2.15**　采用预应力加固钢柱时，张拉系数、张拉控制应力值、预应力损失值的计算应符合现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367的有关规定。加固后的钢结构构件，除应根据设计状况进行承载能力验算及正常使用极限状态验算外，尚应对施工阶段进行验算。

**9.2.16**　采用预应力加固钢柱时，应符合下列规定：

**1**　用于加固的预应力构件及节点，应根据被加固构件的截面对称布置；

**2**　设置预应力部件时应防止损伤原构件及节点，局部削弱时应采取补强措施；

**3**　锚固节点的布置应位于被加固构件受力较小处；

**4**　预应力拉索的转折点或撑杆的支点应位于构件变形较大处；

**5**　采用拉杆吊挂加固法时，拉杆安装后应施加预应力使其处于张紧状态；

**6**　采用双侧预应力索及撑杆加固偏心受压构件时，可按受压较大一侧的单侧撑杆进行加固设计验算。构件另一侧应采用同规格的加固构件，使加固构件双侧对称。

### 9.3　钢梁

**9.3.1**　对近现代保护建筑钢梁进行维护与加固时，可采用水泥基薄层加固法、增设指点法、增大截面加固法、粘贴钢板加固法和预应力加固法。

**9.3.2**　采用水泥基薄层加固钢梁时，新增水泥基薄层可采用自密实混凝土薄层、水泥基灌浆料薄层、活性粉末混凝土薄层或钢筋网复合砂浆薄层。新增钢筋的连接应符合本规程第9.2.5条的有关规定，新增纵向钢筋的布置应符合本规程第9.2.6条的有关规定。

**9.3.3**　采用自密实混凝土薄层、水泥基灌浆料薄层或活性粉末混凝土薄层加固钢梁时，新增薄层的构造应符合下列规定：

**1**　自密实混凝土或水泥基灌浆料薄层厚度宜为35mm~50mm、强度等级不应低于C30；

**2**　活性粉末混凝土薄层厚度宜为35mm~50mm，强度级别宜采用RPC100。

**3**　竖向受力钢筋直径不应小于10mm，净间距不应小于30mm；

**4**　箍筋钢筋直径不应小于6mm，间距不宜大于200mm。

**9.3.4**　采用钢筋网复合砂浆薄层加固钢梁时，新增薄层的构造应符合下列规定：

**1**　薄层厚度宜为25mm~40mm，复合砂浆材料的强度等级不应低于M30；

**2**　竖向受力钢筋直径不应小于8mm，净间距不应小于30mm；

**3**　箍筋钢筋直径不应小于6mm，间距不宜大于200mm。

**9.3.5**　当采用增设支点法加固钢梁时，可采取下列方案：

**1**　需增加钢梁刚度时，可增设支柱、撑架或撑杆；

**2**　需减小构件长细比提高稳定性时，可增设支撑或辅助杆件；

**3**　需改变荷载的分布时，可将一个集中荷载转化为多个集中荷载；

**4**　需将简支结构端部连接成为连续结构时，可增设中间支座；

**5**　需改变连续结构内力时，可调整支座位置；

**6**　需提高空间网架结构刚度和承载力时，可增加杆件改变网络结构形式，或增加网架周边支撑点；

**7**　需增强构件之间连系时，可增设支撑系统形成空间结构。

**9.3.6**　采用增大截面法加固钢梁时，主平面内受弯加固构件的承载力计算应符合现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367的有关规定。整体稳定性的验算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定，加固后截面的稳定系数应根据钢材换算强度设计值和强度折减系数计算。

**9.3.7**　采用粘贴钢板加固钢梁时，加固后强度和整体稳定性计算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017和《钢结构加固设计标准》GB 51367的有关规定。受弯承载力及受剪承载力的提高幅度均不应超过30%。受弯构件粘贴钢板加固后的截面面积和截面弹性模量可按组合截面进行计算，计算中可不计胶层的厚度。并应以加固后构件在达到受弯承载能力极限状态前，外贴钢板与原钢构件之间不致出现粘结剥离破坏作为加固原则。

**9.3.8**　采用粘贴钢板法加固钢梁时，组合截面钢梁的翼缘和腹板的局部稳定性的验算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。整体稳定性应根据钢材换算强度设计值和抗弯加固强度修正系数进行验算。受弯构件的受拉边或受压边翼缘粘钢加固时，应进行正截面受弯承载力验算。受弯构件的腹板上粘钢进行受剪加固时，应进行斜截面抗剪强度验算。

**9.3.9**　采用粘贴钢板法加固钢梁时，粘贴钢板的构造应符合下列规定：

**1**　在受弯构件正弯矩区粘贴钢板加固时，受拉面沿轴向粘贴钢板的截断位置应从其强度充分利用的截面算起；

**2**　在受弯构件的受拉边或受压边钢构件表面上粘贴钢板加固时，粘贴钢板的宽度不应超过加固构件的宽度；

**3**　受拉面沿构件轴向连续粘贴的加固钢板宜延长至支座边缘，且应在包括截断处的钢板端部及集中荷载作用点的两侧设置不少于2M12的连接螺栓作为粘钢端部的机械锚固措施；

**4**　对受压边的粘钢加固，尚应在跨中位置设置不少于2M12的连接螺栓。

**9.3.10**　采用预应力加固钢梁时，应根据构件类型和受力条件选择加固方式。对正截面受弯承载力不足的梁构件，可采用预应力水平拉杆进行加固或下撑式预应力拉杆进行加固。对桁架中承载力不足的轴心受拉构件和偏心受拉构件，可采用预应力杆件进行加固。当原结构上既有荷载较小或尚未施加时，应控制加固所用预应力大小，防止在施工阶段导致原梁发生局部或整体失稳。

**9.3.11**　采用预应力加固钢梁时，加固计算原则应符合下列规定：

**1**　预应力加固钢结构的设计验算，应按永久荷载效应计入预应力的作用效应，并应计算预应力施加的张拉系数、预应力损失系数的影响；

**2**　预应力加固钢结构在施加预应力后，结构和构件的反向变形不应超过其原荷载标准组合下的挠度；

**3**　加固后预应力构件在使用荷载作用下应不松弛或张力大于零，并应满足稳定性要求；

**4**　被加固的钢结构和构件以及用于加固的预应力构件，在正常工作状态的荷载作用下，均应处于弹性工作状态；

**5**　用于预应力加固的承重索，设计应力不宜大于索材极限抗拉强度的40%，对于稳定索不宜大于索材极限抗拉强度的55%。

# 10　木结构维护与加固

### 10.1　一般规定

**10.1.1**　对近现代保护建筑木结构进行维护与加固时，应符合下列规定：

**1**　实施维护与加固前，应根据建筑物法式勘查报告进行现场校对，明确维修中应保持的法式特征；

**2**　制订维护与加固方案时，应根据残损情况勘查中测绘的现状图纸，以最小干预为原则，避免过度修缮，并根据保护建筑的级别，完成报批手续；

**3**　对能修补加固的部分应最大限度地保留原件，使历史信息得以延续；

**4**　对必须更换的构件，应在隐蔽处注明更换的日期；

**5**　加固中换下的原物、原构、配件，应统一由文物管理部门处置；

**6**　维护与加固过程中应做好施工记录，详细测绘隐蔽结构的构造情况，施工程序和检查验收技术资料应归档。

**10.1.2**　对近现代保护建筑木结构进行维护与加固过程中，当发现隐蔽结构的构造有严重缺陷，或所处的环境条件存在不利因素，可能导致重新出现同样问题时，应立即停工，并应采取措施消除隐患。

### 10.2　木构架

**10.2.1**　对木构架进行整体加固时，应根据残损程度分别采用修整加固、打牮拨正或落架大修的方式。

**10.2.2**　对木构架进行落架大修时，应先揭除瓦顶，再由上而下分层拆落望板、椽、檩及梁架。拆落木构架应先进行编号和记录。在拆落过程中应防止榫头折断，并应采取保护措施保护木构件上的彩画和墨书题记。

**10.2.3**　对木构架进行打牮拨正时，应先揭除瓦顶，再拆下望板、椽檩、角梁、平身科斗栱、铁件等部件，并将檩端的榫卯缝隙清理干净。打牮拨正时应根据实际情况分次调整，每次调整量不宜过大。施工过程中当发现异常时，应立即停工查明原因，清除故障后方可继续施工。

**10.2.4**　对木构架进行整体加固时，所采取的加固方案不应改变原来的受力体系。对原结构构造的固有缺陷应采取补强或增加支撑措施，增设的连接件宜进行隐蔽。木构架中原有的连接件应全部保留，当有短缺时应重新补齐。

**10.2.5**　对木构架进行整体加固时，对下列部位的榫卯连接，应采用连接锚固和补强措施：

**1**　柱与额枋连接处；

**2**　檩端连接处；

**3**　有外廊或周围廊的木构架中，抱头梁或穿插枋与金柱的连接处；

**4**　其他用半银锭榫连接的部位。

### 10.3　木柱

**10.3.1**　当木柱的干缩裂缝深度不超过柱径或该方向截面尺寸1/3时，可采用下列方法进行嵌补修整：

**1**　当裂缝宽度小于3mm时，可在柱的油饰或断白过程中，采用腻子勾抹严实；

**2**　当裂缝宽度在3mm～30mm时，可用木条嵌补，并采用改性结构胶粘剂粘牢；

**3**　当裂缝宽度大于30mm时，除采用木条以改性结构胶粘剂补严粘牢外，尚应在柱的开裂区段采用铁箍或纤维复合材环箍约束。

**10.3.2**　当木柱的干缩裂缝深度大于柱径或该方向截面尺寸1/3时，或因木构架倾斜、扭转而造成柱身产生纵向裂缝时，应待木构架整修复位后方可进行处理。当裂缝显著影响构件受力性能时应更换新柱。

**10.3.3**　当柱心完好、仅有表层腐朽，且经验算剩余截面尚能满足受力要求时，可将腐朽部分剔除干净，经防腐处理后用干燥木材依原样和原尺寸修补整齐。剔补时应采用耐水性结构胶粘剂进行粘接。当在周围剔补时，尚应加设铁箍2～3道。

**10.3.4**　当柱脚腐朽严重、但自柱底面向上未超过柱高的1/4时，可采用下列方法墩接柱脚进行处理：

**1**　墩接木柱前，应采用支架及支撑将柱及与柱连接的梁枋等承重构件支顶牢固；

**2**　采用木料墩接时，应先将腐朽部分剔除，再根据剩余部分选择墩接的榫卯式样。墩接时应使墩接榫头严密对缝，并应加设铁箍或纤维复合材环箍约束；

**3**　采用石料墩接时，应将石料加工为小于原柱径100mm的矮柱。石料周围应采用厚木板包镶钉牢，并应在与原柱接缝处加设铁箍一道。

**10.3.5**　当木柱内部腐朽、蛀空，但表层的完好厚度不小于50mm时，可采用同种或材性相近的木材嵌补柱心并采用结构胶粘剂粘接密实。当无法采用木材嵌补时，可采用高分子材料灌浆加固，并应符合下列规定：

**1**　灌浆前应将中空部位柱内的朽烂木渣、碎屑清除干净，当柱中空直径超过150mm时，应采用同种木材填充柱心；

**2**　灌浆位置应选在柱中应力小的部位，当通长中空时，应在柱脚至中空顶端凿均匀布置方洞，凿设方洞宽度不应大于120mm，相邻方洞距离不宜大于500mm；

**3**　树脂灌浆应饱满，每次灌注量不宜超过3000g，两次间隔时间不宜少于30min。

**10.3.6**　当采用改性环氧结构胶粘剂粘接木构件时，应符合下列规定：

**1**　粘接时木材的含水率不得大于15%；

**2**　粘结后的构件不应利用胶缝直接承受拉力；

**3**　构件粘接后应充分养护方可进行锯割或凿刨加工，夏季养护时间不应小于48h，冬季养护时间不应小于7d。

### 10.4　梁枋

**10.4.1**　对梁枋构件腐朽采用粘贴木块修补加固时，应先剔除腐朽层并防腐处理后，再粘贴木块补片。木块补片应采用干燥木材按剔除点的形状及尺寸制作，粘贴完成后应用铁箍或螺栓紧固。当腐朽验证需要进行更换时，新构件应选用与原构件相同树种的干燥木材制作，并应预先进行防腐处理。

**10.4.2**　当梁枋的干缩裂缝深度小于梁宽或梁直径的1/3时，应采用木条嵌补加固。

**10.4.3**　当梁枋榫头完整仅因柱倾斜而脱榫时，应先将柱拨正再用铁件拉接加固。当梁枋榫头腐朽、断裂导致脱榫时，应先将破损部分剔除干净后用新制硬木榫头嵌入卯口内。

**10.4.4**　当承椽枋的侧向变形和椽尾翘起时，应根据椽与承椽枋搭交方式的不同，采用下列方法加固：

**1**　当椽尾搭在承椽枋上时，应在承椽枋上增加压椽枋，压椽枋与承椽枋之间应采用螺栓固紧；

**2**　当椽尾嵌入承椽枋外侧的椽窝时，应在椽底面附加一根枋木，枋木与承椽枋应采用螺栓连接，椽尾应采用方头钉固定在枋木上。

**10.4.5**　当角梁梁头腐朽部分小于挑出长度1/4时，新制作的梁头应做成斜面搭接或刻榫对接，接合面应采用环氧结构胶粘剂胶接牢固。当斜面搭接时应增加螺栓或铁箍加固。当梁尾劈裂时，应采用结构胶粘剂粘接并加铁箍紧固，梁尾与檩条搭接处应采用铁件、螺栓连接。

### 10.5　斗拱

**10.5.1**　对斗拱进行加固前，应先将斗拱在原位捆绑牢固，再将斗栱整攒卸下。整攒卸下的斗拱应标出部位并堆放整齐。

**10.5.2**　对斗拱进行维护和加固时，应保持斗拱原有形制特征。斗栱局部存在结构变形和失稳的，应在斗栱后尾的隐蔽部位增加杆件补强。当角科大斗有严重压陷外倾时，应在平板枋的搭角上加抹角枕垫。

**10.5.3**　斗栱中存在变形引起的尺寸偏差时，应在小斗的腰上采用硬木垫粘贴牢固。

**10.5.4**　对斗拱进行维护和加固时，应将小斗与栱间的暗销补齐。暗销的榫卯应严实。

**10.5.5**　对不影响整体受力的斗栱残损构件，应采用结构胶粘剂粘接。

### 10.6　抗震加固

**10.6.1**　对近现代保护建筑木结构进行抗震加固时，应不改变建筑原有风貌和形制。抗震加固烈度应按本地区的基本烈度采用，对重要木结构宜提高一度加固。

**10.6.2**　近现代保护建筑木结构抗震加固设防目标应符合下列规定：

**1**　当遭受低于本地区设防烈度的多遇地震影响时，木结构应不受损坏；

**2**　当遭受相当于本地区抗震设防烈度的地震影响稍有损坏时，木结构应经一般性修缮后仍可继续使用；

**3**　当遭受高于本地区抗震设防烈度的罕遇地震影响时，木结构应不致坍塌，且经大修后应仍可恢复原状。

**10.6.3**　对抗震构造措施不符合要求的木结构进行加固时，应符合下列规定：

**1**　对体型高大、内部空旷或结构特殊的木结构，应采取整体加固措施；

**2**　对截面抗震验算不符合的结构构件，应采取减小荷载、加强截面、隔震和防震措施；

**3**　对抗震变形验算不符合的结构构件，应采取增设支撑、提高刚度的措施。

# 11　相关工程的维护与加固

### 11.1　一般规定

**11.1.1**　对近现代保护建筑相关工程进行维护与加固时，应保留原有风貌，新增部件和结构层宜设在隐蔽部位，防止遮蔽保护建筑的风貌特征。

**11.1.2**　对近现代保护建筑相关工程进行维护与加固前，应先测绘出甬路、散水、排水沟、围墙、石制件的构造形式。

**11.1.3**　对近现代保护建筑相关工程进行维护与加固时，应根据各部位的高程、排水方向、坡度与面层做法制定技术方案，地面应做出排水坡度。

### 11.2　场地、排水及基础

**11.2.1**　对近现代保护建筑相关工程进行维护与加固时，应符合下列规定：

**1**　场地及周边应保持排水畅通；

**2**　场地及周边的坡地、院落范围内具有历史价值的树木植被应进行保护；

**3**　场地及周边应对土方开挖作业进行限制，并应防止切除坡角、堆放弃土、增设水池、爆破施工。

**11.2.2**　对位于湿陷性黄土、膨胀土、红粘土场地的近现代保护建筑，应采取专项方案进行基础维护与加固，并应符合下列规定：

**1**　建筑物周边应保持排除地表水的天然条件和天然流径路线；

**2**　当设置水池时，应布置在地势低的地方；

**3**　建筑物周边应设置散水、排水沟，排水坡度应满足设计要求。

**11.2.3**　对位于山坡的近现代保护建筑进行维护与加固时，应对场地的地层岩性、地质构造、地形地貌和水文地质进行评估，并应符合下列规定：

**1**　山坡坡体应做好场地防洪泄洪系统；

**2**　山坡上部应设置截洪沟将洪水引至场地以外，截洪沟的纵向坡度不应小于3%，截洪沟的横断面应按汇水面积的常年最大流量确定，截洪沟底部宽度不应小于600mm，截洪沟侧壁和底部应采取防渗漏措施；

**3**　山坡土质松软易受雨水冲刷时，或存在滑坡、崩塌、泥石流隐患，以及岩溶和土洞发育地段，应对坡体和坡面进行加固；

**4**　当出现岩土裂缝、滑移、崩塌迹象时，应及时采取应急加固措施并进行实时监测。

**11.2.4**　对位于河堤和河岸的近现代保护建筑进行维护与加固时，应根据水流特性对场地周边河岸边坡进行加固，并应设置防冲刷措施。存在边坡溜坍、堤岸崩塌隐患时，应及时采取应急加固措施并进行实时监测。

**11.2.5**　在近现代保护建筑结构地基附近开挖坑、槽时，应符合下列规定：

**1**　在软土、含泥土层、流砂层等地质条件不良地段，以及地下水位较高时，应先支撑后开挖；

**2**　在地质条件良好、土质均匀、地下水位低于坑、槽底面地段，开挖深度不大于1.5m时可不设支撑；

**3**　开挖坑、槽侧壁坡度不应大于1:2，且坡顶至建筑物台基边缘的距离不应小于3.0m；

**4**　开挖出的弃土应及时转运，堆土距离建筑物基础或围墙不应小于3.0m；

**5**　当采用降低地下水位施工时，应对地下水位下降进行实时监测；

**6**　开挖坑、槽时应对近现代保护建筑结构的整体变形和基础工作状态进行实时监测。

**11.2.6**　对近现代保护建筑地基基础进行维护与加固时，应符合下列规定：

**1**　当上部结构出现墙身裂缝、倾斜、墙与柱间开裂时，应评估裂缝、倾斜与地基基础的关联性再进行加固；

**2**　当因台基局部软弱发生基础不均匀沉降时，可采用碎砖三合土或三七灰土进行换土填筑，并应分层夯实；

**3**　对基础进行加固前，应根据工程地质勘察资料、实际荷载情况和环境条件进行验算；

**4**　在建筑周边新设置管道、蓄水池或排水沟渠时，应采取防渗漏措施；

**5**　在建筑群中进行地基基础维护与加固时，应采取措施防止对邻近建筑地基基础产生不利影响。

**11.2.7**　地基基础行维护与加固方案应根据工程地质条件、水文资料、荷载条件综合确定。当荷载影响深度大时，应采用桩基、水泥灌浆、旋喷加固等方法处理。当荷载影响深度较浅，且为局部加固时，可采用基础拖换、加设砂石垫层等方法处理。

**11.2.8**　采用桩基加固原建筑物地基基础时，应符合下列规定：

**1**　桩基施工应采用振动影响小的施工工艺，并宜采用混凝土或钢筋混凝土灌注桩。当地下水位较低时，可采用人工挖孔灌注桩或静压桩；

**2**　更换原木桩时，新桩应选用耐腐的树种木材制作，并应打入常年最低地下水位以下。当地下水位升降幅度很大或地下水中含有腐蚀性介质时，应采用经过防腐蚀处理的木桩；

**3**　桩基施工质量应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202的有关规定。

**11.2.9**　采用水泥灌浆法和旋喷加固法加固原建筑物地基基础时，加固工艺和施工质量应符合现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123的有关规定。

### 11.3　石构件

**11.3.1**　对近现代保护建筑结构中局部残损的石构件，应采用品种、质感、色泽与原件相近的石料修补，并应设法保存原物。

**11.3.2**　对出现局部裂缝的非承重石构件，可采用剔补的方法进行维护与加固，剔补的区域应采用大漆或环氧树脂胶粘接。

**11.3.3**　当近现代保护建筑的承重石柱出现下列残损时，应进行支顶、粘接加固或更换：

**1**　出现横断或斜断裂缝；

**2**　出现纵向受力裂缝；

**3**　表层风化使石柱截面削弱超过1/10；

**4**　出现其他影响承载能力的缺陷。

**11.3.4**　对近现代保护建筑承重石构件进行更换时，应符合下列规定：

**1**　新构件的石料品种、质感和色泽，应与原件相近；

**2**　新构件的石料层理走向应满足受力要求；

**3**　新构件的石料不应含有隐残、炸纹；

**4**　新构件的石料外形尺寸、表面加工工艺应与原件相同；

**5**　新构件砌筑石料用的灰浆品种及其配合比应符合设计要求，灰缝应饱满、均匀、拼缝严实。

### 11.4　墙体

**11.4.1**　对近现代保护建筑结构的墙体进行维护与加固时，应根据墙体构造和残损情况采取措施。当采用现代材料进行墙体加固时，宜用于墙体内部和隐蔽处，且不应改变墙体原有砌体的尺寸和做法。

**11.4.2**　清理和拆卸残墙时，应将砖块及墙内石构件逐层揭起，分类码放。重砌砖墙时，应使用原砖重砌，并应保持原墙体的构造、尺寸和砌筑工艺。

**11.4.3**　当墙体坚固仅面层残损时，应采用剔凿挖补或拆砌外皮加固，新旧砌体咬合应牢固，灰缝应平直饱满，墙体外观应保持原状。

**11.4.4**　当墙体局部倾斜时，应对倾斜部位进行拆砌归正，并应砌筑1m～3m的过渡墙段与倾斜墙体相衔接。

**11.4.5**　对夯土墙、土坯墙进行维护与加固时，应按原墙体的层数、厚度、夯筑或砌筑方式进行砌筑，拉接构件的材料、尺寸和布置应满足设计要求。

**11.4.6**　对墙面抹灰进行维护与加固时，抹灰作坊应按原抹灰厚度、层次、材料比例、表面色泽进行，赶压操作应坚实平整，刷浆前应先做样色板，有墙边的墙面应按原色彩、纹样修复。

**11.4.7**　对墙体进行维护与加固时，若灰皮里层发现壁画等文物时，应停止施工并妥善保护，由专业人员进行处理。

### 11.5　瓦顶

**11.5.1**　对近现代保护建筑的瓦顶进行维护与加固前，应将屋顶除草后随即勾灰堵洞，对松动的瓦件应坐灰安牢。

**11.5.2**　对近现代保护建筑的瓦顶进行维护与加固时，应符合下列规定：

**1**　拆卸瓦件、脊饰前，应对垄数、瓦件、脊饰、底瓦搭接情况进行记录；

**2**　揭除灰背时，应对灰背层次、各层材料、做法进行记录；

**3**　新添配的瓦件，应与原瓦件规格、色泽一致；

**4**　维护和加固屋面瓦件的灰缝材料应满足设计要求，黄琉璃瓦的灰缝应掺5%的红土子，绿琉璃瓦和青瓦屋面应采用月白灰。

**11.5.3**　对灰皮剥落、酥裂、而瓦灰尚坚固的瓦顶进行维护与加固时，应先铲除灰皮再勾抹灰缝。对琉璃瓦、削割瓦制作的瓦顶进行维护与加固时，应进行捉节夹垄。

**11.5.4**　对底瓦完整、盖瓦松动或灰皮剥落的瓦顶进行维护与加固时，应只揭去盖瓦、刷水，并应将底瓦间的空当用麻刀灰塞严，再按原样盖瓦。

**11.5.5**　对出现底瓦松动和渗漏的瓦顶进行维护与加固时，应先揭下盖瓦和底瓦，再按原层次和做法分层铺抹灰背。重新铺瓦时新旧灰背应衔接牢固，并应对灰背缝处进行防水处理。

**11.5.6**　对历史、艺术价值较高的瓦件应全部保留。出现碎裂的应加固粘牢再置于原处。阴阳瓦屋顶、干搓瓦顶、以及无灰背的瓦顶应按原样维护和加固。

# [12　工程验收](#_Toc16068712)

### [12.1　一般规定](#_Toc16068713)

**12.1.1**　对近现代保护建筑砌体结构进行水泥基薄层加固施工时，应按下列程序进行：

**1**　施工前应清理原结构构件表面，并应对缺陷部位进行修整；

**2**　对界面进行凿毛处理后应采用高压水射流或高压气枪冲净；

**3**　安装新增钢筋时，应将新增钢筋穿墙拉结或植入砌体中锚固；

**4**　水泥基薄层应采用浇筑、抹压、喷射或弹涂的方法进行施工；

**5**　养护并拆模后，应按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定进行施工质量检验。

**12.1.2**　对近现代保护建筑砌体结构进行外加撑杆加固施工时，应按下列程序进行：

**1**　施工前应清理原结构构件表面，并应对缺陷部位进行修整；

**2**　清理和修整完成后，应在构件表面划线标预应力撑杆的位置；

**3**　下料制作撑杆、传力部件、张拉装置后应进行试装配，并对钢材表面进行清理；

**4**　安装预应力撑杆时，应先组装就位并初步调整固定，再进行张拉预顶，最后焊接固定撑杆；

**5**　养护完成后应进行防护面层施工，并应按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定进行施工质量检验。

**12.1.3**　对近现代保护建筑砌体结构和混凝土结构进行粘贴纤维复合材加固施工时，应按下列程序进行：

**1**　施工前应清理原结构构件表面，并应对缺陷部位进行修整；

**2**　表面清理后应检查粘贴部位表面平整程度，并应在构件表面划线标定纤维复合材的位置；

**3**　下料时应根据设计要求制作纤维复合材受力主材、环箍和压条；

**4**　粘贴纤维复合材时，应分层分次涂刷结构胶粘剂和粘贴纤维复合材，施工一层时应在前一层结构胶粘剂达到面干状态后进行；

**5**　粘贴完成后应进行防护面层施工，并应按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定进行施工质量检验。

**12.1.4**　对近现代保护建筑砌体结构和混凝土结构进行钢丝绳网聚合物砂浆面层加固施工时，应按下列程序进行：

**1**　施工前应清理原结构构件表面，并应对缺陷部位进行修整；

**2**　表面清理后应检查加固部位表面平整程度，并应在构件表面划线标定钢丝绳网片和锚具的位置；

**3**　钢丝绳网与基材混凝土或砌体的固定应在网片就位并张拉绷紧的情况下进行，并应采用绳卡将双向钢丝绳网片连接；

**4**　聚合物砂浆应按照产品说明书规定的工艺进行配制和施工；

**5**　养护完成后应进行防护面层施工，并应按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定进行施工质量检验。

**12.1.5**　对近现代保护建筑混凝土结构进行水泥基薄层加固施工时，应按下列程序进行：

**1**　施工前应清理原结构构件表面，并应对缺陷部位进行修整；

**2**　对界面进行凿毛处理后应采用高压水射流或高压气枪冲净；

**3**　安装新增钢筋时，应将新增钢筋与原钢筋连接或植入原混凝土锚固；

**4**　水泥基薄层应采用浇筑、抹压、喷射或弹涂的方法进行施工；

**5**　养护并拆模后，应按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定进行施工质量检验。

**12.1.6**　对近现代保护建筑混凝土结构进行增大截面法加固施工时，应按下列程序进行：

**1**　施工前应清理原结构构件表面，并应对缺陷部位进行修整；

**2**　对界面进行凿毛处理后应采用高压水射流或高压气枪冲净；

**3**　安装新增钢筋时，应将新增钢筋与原钢筋连接或植入原混凝土锚固；

**4**　安装模板和浇筑加固层混凝土前应进行隐蔽工程验收；

**5**　养护并拆模后，应按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定进行施工质量检验。

**12.1.7**　对近现代保护建筑混凝土结构进行增大截面法加固施工时，隐蔽工程验收宜包含下列内容：

**1**　界面处理质量；

**2**　新增钢筋的品种、规格、数量和位置；

**3**　新增钢筋与原钢筋的连接质量；

**4**　植筋质量；

**5**　预埋件的规格、位置。

**12.1.8**　对近现代保护建筑混凝土结构进行置换混凝土加固时，应按下列程序进行：

**1**　施工前应先搭设安全防护和支撑体系，再进行缺陷混凝土的剔凿修整，并应分块分区剔凿；

**2**　对剔凿修整处理后的界面应采用高压水射流或高压气枪冲净；

**3**　安装新增钢筋时，应先将原钢筋表面清理干净再与新增钢筋连接；

**4**　安装模板和浇筑加固层混凝土前应进行隐蔽工程验收；

**5**　养护并拆模后，应按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定进行施工质量检验。

**12.1.9**　对近现代保护建筑混凝土结构进行置换混凝土加固时，隐蔽工程验收宜包含下列内容：

**1**　搭设的安全防护和支撑体系；

**2**　界面处理质量；

**3**　新增钢筋的品种、规格、数量和位置；

**4**　新增钢筋与原钢筋的连接质量。

**12.1.10**　对近现代保护建筑混凝土结构进行外加预应力工程施工时，应按下列程序进行：

**1**　施工前应清理原结构构件表面，并应对缺陷部位进行修整；

**2**　安装锚固件前，应在构件表面划线标定预应力拉杆（或撑杆）的位置，并应对锚固件、螺栓孔进行定位；

**3**　下料制作预应力拉杆（或撑杆）后应安装锚夹具进行试装配；

**4**　在锚固件安装部位混凝土表面进行剔凿和钻孔后应进行界面和孔洞清理；

**5**　安装预应力拉杆（或撑杆）及其锚固装置、支承垫板、撑棒、拉紧螺栓等部件后，应进行初步固定并调整位置；

**6**　正式张拉时，张拉流程和控制措施应满足设计要求，张拉完成后应立即固定到位；

**7**　张拉完成后应进行防护面层施工，并应按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定进行施工质量检验。

**12.1.11**　对近现代保护建筑混凝土结构进行外加预应力工程施工时，隐蔽工程验收宜包含下列内容：

**1**预应力拉杆（或撑杆）的品种、规格、数量、位置等；

**2**　撑棒、转向棒、吊棍及其他连接件和传力件的品种、规格、数量、位置；

**3**　锚具、夹具、锚固件的品种、规格、数量、位置；

**4**　锚固区的锚固质量和局部构造加强部位的质量。

**12.1.12**　对近现代保护建筑混凝土结构进行外包型钢加固施工时，应按下列程序进行：

**1**　施工前应清理原结构构件表面，并应对阳角部位进行倒角圆化处理；

**2**　清理和修整完成后，应在构件表面划线标定型钢骨架的位置；

**3**　下料制作型钢骨架后应进行试装配，并对型钢骨架钢材表面进行清理；

**4**　型钢骨架安装时，应先组装就位并调整固定再进行焊接，并应先焊接传力角钢端部再焊接中间的连接钢缀板；

**5**　型钢骨架安装完成后，应在型钢与混凝土表面缝隙之间进行注胶或灌浆处理；

**6**　养护完成后应进行防护面层施工，并应按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定进行施工质量检验。

**12.1.13**　对近现代保护建筑混凝土结构进行外粘钢板加固施工时，应按下列程序进行：

**1**　施工前应清理原结构构件表面，并应对缺陷部位进行修整；

**2**　清理和修整完成后，应在构件表面划线标定钢板、箍板、压条的位置，并应对锚固件、螺栓孔进行定位；

**3**　表面清理后应检查粘贴部位表面平整程度，并应在构件表面划线标定钢板、箍板、压条的位置；

**4**　下料制作钢板、箍板、压条后应对钢材表面进行清理；

**5**　粘贴钢板时，应先组装就位并调整固定再涂胶粘贴，粘贴钢板完成后应及时进行加固和固定；

**6**　养护完成后应进行防护面层施工，并应按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定进行施工质量检验。

**12.1.14**　对近现代保护建筑钢结构结构进行水泥基薄层加固施工时，应按下列程序进行：

**1**　施工前应清理原结构构件表面，并应清除锈迹浮灰；

**2**　安装新增钢筋时，应先将纵向与原钢材焊接连接，再安装箍筋并连接；

**3**　水泥基薄层应采用浇筑、抹压、喷射或弹涂的方法进行施工；

**4**　养护并拆模后，应按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定进行施工质量检验。

**12.1.15**　对近现代保护建筑钢结构进行增大截面加固施工时，应按下列程序进行：

**1**　施工前应核算施工荷载并清理原结构构件表面；

**2**　清理和修整完成后，应在构件表面划线标记加工和制作的新增部件的位置；

**3**　下料后应对新增部件和原构件焊区表面进行清理；

**4**　安装和连接新部件的施工工艺和技术条件应满足设计要求；

**5**　施工完成后应进行防护涂装，并应按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定进行施工质量检验。

**12.1.16**近现代保护建筑木结构维护与加固工程验收时，应对下列资料进行检查：

**1**　竣工报告和竣工图纸；

**2**　隐蔽工程检查验收记录；

**3**　材料和材质状况说明及相关检测报告；

**4**　图纸会审和技术交底记录；

**5**　工程影像资料和施工日志；

**6**　初验结果及整改检查报告。

### [12.2　砌体结构验收](#_Toc16068714)

**Ⅰ　主控项目**

**12.2.1**　加固砌体结构前应凿除抹灰层和装饰层，并应剔除原砌体的风化、腐蚀层。修整后尚应采用清洁的压力水或高压气枪清除松动的粉尘碎屑。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、触摸检查洁净程度。

**12.2.2**　水泥基薄层的强度等级应满足设计要求。若试块不慎丢失、漏取或受损，或对试块强度试验报告有怀疑时，应由独立检测机构进行现场非破损检测并推定加固层砂浆强度。

检查数量：同一工程每一楼层（或单层），每喷抹500m2（不足500m2，按500m2计）的同一强度等级的砂浆，取样应不少于一次。若搅拌机不止一台，应按台数分别确定每台取样次数。每次取样应至少留置一组标准养护试块，同条件养护试块的留置组数不应少于3组。

检验方法：检查施工记录及试块强度试验报告。

**12.2.3**　水泥基薄层的喷抹质量不应有严重缺陷及影响结构性能和使用功能的尺寸偏差。对已经出现的严重缺陷及影响结构性能和使用功能的尺寸偏差，应进行处理后重新检查、验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、钢尺检查或超声法检测，并检查技术处理方案和返修记录。

**12.2.4**　水泥基薄层与基层结合面粘结质量应良好。锤击检测判定为结合不良的测点数不应超过总测点数的10%，且不应集中出现在主要受力部位。

检查数量：每一界面均匀布置测点，测点间距不应大于300mm。

检验方法：锤击检测空鼓。

**12.2.5**　水泥基薄层喷抹施工开始前，应按30min时间的用量进行配制，水泥基薄层配制和搅拌工艺应满足设计要求和产生使用说明书的规定。拌好的材料应色泽均匀，无结块、气泡或沉淀。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录。

**12.2.6**　人工抹压水泥基薄层应用力赶压密实。薄层应分三层抹压。仰面喷抹时，每层施工厚度不应大于6mm。每一层材料应在前一层喷抹的材料初凝后而未终凝时进行。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录。

**12.2.7**　水泥基薄层中钢筋网片的钢筋间距应符合设计要求，钢筋网片间的搭接宽度不应小于100mm。

检查数量：每检验批抽查10%，且不应少于5处。

检验方法：钢尺测量，采用非金属超声测厚仪测量。

**12.2.8**　采用聚合物钢丝绳网片加固时，钢丝绳网片位置、网片中的经绳和纬绳间距应满足设计要求，沿网片长度方向的搭接长度不应小于200mm，且不应位于最大弯矩区。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，钢尺测量。

**12.2.9**　安装钢丝绳网片前，应先在原构件表面划线标定安装位置，并按标定的尺寸在现场裁剪网片。裁剪作业及网片端部的固定方式应符合产品使用说明书的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，钢尺测量。

**12.2.10**　安装的钢丝绳网片应牢固无松动，张拉后应采用锚栓和绳卡将网片经、纬绳的每一连结点在原构件上固定牢靠。

检查数量：全数检查。

检验方法：用手压检查绷紧程度，用夹钳检查锚固件有无松动。

**12.2.11**　砌体柱外加预应力撑杆加固时，将原砌体构件表面清理和打磨平整后，应将截面四个棱角还打磨成圆角，圆角半径不宜大于25mm，且应使角钢能贴紧原构件表面。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，钢尺测量。

**12.2.12**　预应力撑杆及其部件应在现场制作，安装前应在原构件表面划线定位，并按实测尺寸下料、编号。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，钢尺测量。

**12.2.13**　撑杆的每侧杆肢的截面尺寸及缀板尺寸、间距应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，钢尺测量。

**12.2.14**　撑杆组合肢的上下端应焊有传力承压板，承压板的尺寸和板厚应满足设计要求，且板厚不应小于14mm，承压板与撑杆肢的接触面应刨平后焊接牢固。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，钢尺及游标卡尺测量。

**12.2.15**　对于设计要求顶紧的抵承节点传力面，顶紧的实际接触面积不应小于设计接触面积的80%，且边缘最大缝隙不应大于0.8mm。

检查数量：按抵承节点数抽查10%，且不应少于5个。

检验方法：用塞尺检查。

**12.2.16**　预应力撑杆建立的预顶力不应大于加固柱各阶段所承受的恒荷载标准值的90%，且预顶完成后被加固的砌体柱外观应完好、无预顶导致的裂缝。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查设计文件及张拉记录。

**Ⅱ　一般项目**

**12.2.17**　水泥基薄层施工完成后，应对加固层与原砌体基层之间的粘结质量进行现场检查，现场检测出现空鼓部位的不应小于5%。当单个空鼓面积不超过10000mm2时应采用钻孔注射法充胶修复，当单个空鼓面积大于10000mm2时应重新针贴。

检查数量：全数检查。

检验方法：锤击检测空鼓。

**12.2.18**　水泥基薄层厚度允许偏差应为5mm，表面平整度允许偏差应为3‰。

检查数量：全数检查。

检验方法：钢尺检查厚度，用2m靠尺及塞尺检查平整度。

**12.2.19**　水泥基薄层的钢筋保护层厚度应满足设计要求，钢筋保护层厚度允许偏差应为5mm。

检查数量：每检验批抽取5%，且不少于5处。

检验方法：钢尺测量，钢筋探测仪检测。

**12.2.20**　在原砌体构件表面涂刷界面胶（剂）时，原构件表面的含水率应符合界面胶（剂）产品使用说明书的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：含水率测定仪检测。

**12.2.21**　采用钢丝绳网片聚合物砂浆面层加固时，钢丝绳网片中心线位置与设计中心线位置的偏差不应大于10mm，网片两组纬绳之间的净间距偏差不应大于10mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：钢尺量测。

**12.2.22**　聚合物砂浆面层喷抹完毕后，应按现行有关标准或产品使用说明书规定的养护方法和时间指派专人进行养护。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查养护记录。

**12.2.23**　聚合物砂浆面层的喷抹质量不宜有一般缺陷。对已经出现的一般缺陷，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，检查技术处理方案及施工记录。

**12.2.24**　预应力撑杆及其连接件的表面不应有锈迹、油渍和污垢。

检查数量：按同类构件抽查10%，且不应少于3件。

检验方法：观察。

### [12.3　混凝土结构验收](#_Toc16068714)

**Ⅰ**主控项目

**12.3.1**　对缺陷范围较大的构件剔除置换区域混凝土时，应在到达缺陷边缘后，再向边缘外延伸清除一段不小于50mm的长度。对缺陷范围较小的构件，应从缺陷中心向四周扩展逐步进行清除，清除范围边长或直径不应小于200mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：钢直尺或卷尺测量。

**12.3.2**　原构件混凝土界面经修整露出骨料新面后，尚应采用电锤、砂轮机或高压水射流进行凿毛处理。凿毛后应形成点状凹坑或条带状沟槽。点状凹坑深度不应小于4mm、间距不应大于30mm，且应呈梅花形分布。条带状沟槽深部不应小于3mm、间距不应大于50mm，且应沿平行方向分布。当采用三面或四面新浇混凝土层外包梁柱时，尚应凿除截面的棱角，并应在阳角部位进行倒角处理。凿毛完成后，应用钢丝刷、高压气枪或清洁的压力水冲洗清除原构件混凝土表面松动的骨料、砂砾、浮碴和粉尘。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、触摸，采用钢直尺或卷尺测量。

**12.3.3**　水泥基薄层的强度等级应满足设计要求。若试块不慎丢失、漏取或受损，或对试块强度试验报告有怀疑时，应由独立检测机构进行现场非破损检测并推定加固层砂浆强度。

检查数量：同一工程每一楼层（或单层），每喷抹500m2（不足500m2，按500m2计）的同一强度等级的材料，取样应不少于一次。若搅拌机不止一台，应按台数分别确定每台取样次数。每次取样应至少留置一组标准养护试块，同条件养护试块的留置组数不应少于3组。

检验方法：检查施工记录及试块强度试验报告。

**12.3.4**　水泥基薄层的外观质量不应有严重缺陷及影响结构性能和使用功能的尺寸偏差。对已经出现的严重缺陷及影响结构性能和使用功能的尺寸偏差，应进行处理后重新检查、验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、钢尺检查或超声法检测，并检查技术处理方案和返修记录。

**12.3.5**　水泥基薄层与基层结合面粘结质量应良好。锤击检测判定为结合不良的测点数不应超过总测点数的10%，且不应集中出现在主要受力部位。

检查数量：每一界面均匀布置测点，测点间距不应大于300mm。

检验方法：锤击检测空鼓。

**12.3.6**　水泥基薄层中钢筋网片的钢筋间距应符合设计要求，钢筋网片间的搭接宽度不应小于100mm。

检查数量：每检验批抽查10%，且不应少于5处。

检验方法：钢尺测量，采用非金属超声测厚仪测量。

**12.3.7**　在原构件混凝土表面涂刷结构界面胶（剂）进行界面处理时，应对结构界面胶（剂）材料进行进场复验，应按设计文件要求和产品使用说明书的规定进行涂刷。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查界面胶（剂）复验报告。

**12.3.8**　新增钢筋、锚固件、预埋件与原构件的连接应牢固无松动，锚固质量应满足设计要求。

检查数量：连接部位外观质量全数检查，按1%且不少于3根检验锚固质量。

检验方法：观察、钢尺检查，当有植筋时进行现场拉拔试验。

**12.3.9**　采用增大截面法加固时，新增混凝土的强度等级应满足设计要求。在新增混凝土的浇筑地点应随机抽取材料制作试块。若试块不慎丢失、漏取或受损，或对试块强度试验报告有怀疑时，应由独立检测机构进行现场非破损检测并推定新增混凝土强度。

检查数量：每拌制50盘（不足50盘，按50盘计）同一配合比的混凝土，取样不应少于一次。每次取样应至少留置一组标准养护试块，同条件养护试块的留置组数不应少于3组。

检验方法：检查施工记录及试块强度试验报告。

**12.3.10**　新增混凝土的浇筑质量不应有严重缺陷及影响结构性能和使用功能的尺寸偏差。对已经出现的严重缺陷及影响结构性能和使用功能的尺寸偏差，应进行处理后重新检查、验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、钢尺检查或超声法检测，并检查技术处理方案和返修记录。

**12.3.11**　新旧混凝土结合面粘结质量应良好。锤击或超声波检测判定为结合不良的测点数不应超过总测点数的10%，且不应集中出现在主要受力部位。

检查数量：每一界面均匀布置测点，测点间距不应大于300mm。

检验方法：锤击或超声波检测。

**12.3.12**　新增钢筋的保护层厚度允许偏差应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定，梁类构件保护层厚度允许偏差应为（+10mm，–3mm），对板类构件保护层厚度允许偏差应为8mm，对墙、柱类构件保护层厚度允许偏差应为10mm的正偏差，无负偏差。

检查数量：每一构件检查三处，每个截面测量两次。

检验方法：采用钢直尺、卷尺或非金属超声测厚仪测量。

**12.3.13**　预应力拉杆（或撑杆）制作和安装完成后，张拉前应复查各种部件的品种、级别、规格、数量和安装位置，复查结果应设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、钢尺测量，并检查实物。

**12.3.14**　采用横向张拉法张拉预应力拉杆时，预应力拉杆锚具、钢托套与原构件的间隙部位应采用细石混凝土、砂浆或环氧胶泥填灌密实，当横向张拉量达到要求后应用点焊将拉紧螺栓的螺帽固定，并切除螺杆伸出螺帽以外部分。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查施工记录。

**12.3.15**　采用横向张拉法张拉预应力撑杆时，承压板应采用结构胶加锚栓固定于被加固构件上。撑杆与被加固构件之间的缝隙应采用细石混凝土、砂浆或环氧胶泥填灌密实。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查施工记录。

**12.3.16**　预应力拉杆锚固后实际建立的预应力值与设计规定的检验值之间相对偏差不应超过±5%。

检查数量：同一检验批抽查不少于1%，且不少于3根。

检验方法：检查张拉记录。

**12.3.17**　安装型钢骨架时应采用卡具以及钢锲、垫片等箍牢、顶紧。对外粘型钢骨架的安装，应在原构件找平的表面上每隔一定距离粘贴小垫片，型钢骨架与原构件之间用于压注胶液的缝隙不应大于3mm。对干式外包型钢骨架的安装，型钢骨架与原构件之间用于填塞环氧胶泥或压入注浆料的缝隙不应大于5mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：用塞尺游标卡尺检查。

**12.3.18**　型钢骨架各肢安装后，应与缀板、箍板以及其他连接件等进行焊接。焊缝应平直，焊波应均匀，无虚焊、漏焊。焊缝的质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、超声波探伤。

**12.3.19**　采用干式外包钢加固施工时，型钢骨架与原构件混凝土之间应封闭完整且饱满。采用注浆封闭时空鼓率不应大于10%，采用胶泥填塞时应无空鼓松动。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，锤击检测。

**12.3.20**　粘贴纤维复合材加固混凝土时，粘贴纤维复合材部位的混凝土表层含水率不应大于6%。对潮湿部位的构件加固时，应先对混凝土进行人工干燥处理，并采用潮湿面专用的结构胶粘剂粘贴。

检查数量：每根梁、柱构件不应少于1处，每100m2板、墙不应少于3处，不足100m2的按100m2计算。

检验方法：采用含水率测定仪检测。

**12.3.21**　粘贴纤维复合材时，受力顺纹方向每端的搭接长度不应小于200mm。若粘贴层数超过3层时搭接长度不应小于300mm。非受力横纹方向每边的搭接长度不应小于100mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：钢卷尺测量。

**12.3.22**　粘贴施工完成后应对纤维复合材与混凝土之间的粘结质量进行现场检查，现场检测出现空鼓部位的不应大于5%。当单个空鼓面积不超过10000mm2时应采用注射法充胶修复，当单个空鼓面积大于10000mm2时应重新针贴。

检查数量：全数检查。

检验方法：锤击检测空鼓。

**12.3.23**　纤维复合材与基材混凝土的正拉粘结强度应进行见证抽样检验。当原构件混凝土强度等级小于C45时，正拉粘结强度不应小于1.5MPa，且应为混凝土内聚破坏。当原构件混凝土强度等级不小于C45时，正拉粘结强度不应小于2.5MPa,且应为混凝土内聚破坏。

检查数量：全数检查。

检验方法：应符合按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定。

**12.3.24**　纤维复合材胶层厚度应现行国家标准有关规定。对纤维织物应为（1.5±0.5）mm，对预成型板应为（2.0±0.3）mm。

检查数量：全数检查，每个构件检查2处。

检验方法：采用刻度放大镜测量。

**12.3.25**　粘贴钢板加固时，拌好的胶液应同时涂刷在钢板和混凝土粘合面上，粘贴后的胶层平均厚度不应大于3mm。俯贴时胶层应涂刷成中间厚边缘薄的形式，竖贴时胶层应涂刷成上部厚下部薄的形式，仰贴时胶液的垂流度不应大于3mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、采用游标卡尺测量。

**12.3.26**　钢板粘贴时表面应平整，段差过渡应平滑无折角。钢板粘贴后应均匀布点加压固定，加压点之间的距离不应大于500mm。加压时胶缝厚度不应大于2.5mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，钢卷尺或钢直尺测量。

**12.3.27**　粘贴施工完成后应对钢板与混凝土之间的粘结质量进行现场检查，现场检测出现空鼓部位的不应大于5%。当单个空鼓面积不超过10000mm2时应采用钻孔注射法充胶修复，当单个空鼓面积大于10000mm2时应重新针贴。

检查数量：全数检查。

检验方法：锤击检测空鼓。

**Ⅱ**一般项目

**12.3.28**　水泥基薄层的外观质量不应有一般缺陷。对已经出现的一般缺陷，应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，检查技术处理方案和返修记录。

**12.3.29**　增大截面加固时，新增混凝土浇筑完毕后应及时加以覆盖并在12h以内开始浇水养护。对采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥拌制的混凝土浇水养护的时间不应少于7d，有抗渗要求的混凝土不应于14d。采用覆膜养护的混凝土，应保持薄膜内表面持续保有凝结水。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查施工记录。

**12.3.30**　采用外加预应力加固时，锚固区传力预埋件、挡板、承压板的安装位置和方向应满足设计要求，安装位置偏差不应大于5mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，钢尺检查。

**12.3.31**　预应力拉杆应采用砂轮锯或切断机下料。当预应力拉杆采用钢丝束，且以镦头锚具锚固时，同束钢丝长度的极差不应大于钢丝长度的1/5000，且不应大于3mm.。

检查数量：预应力拉杆总数的3%，且不得少于3束。

检验方法：观察，钢尺量测。

**12.3.32**　预应力筋锚固后多余的外露部分应用机械方法切除，剩余的外露长度不应小于25mm。

检查数量：同一检验批内不少于5处。

检验方法：观察，钢尺测量。

**12.3.33**　纤维复合材粘贴位置应满足设计要求，中心线偏差不应大于10mm，长度偏差不应大于15mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：钢尺测量。

**12.3.34**　粘贴纤维复合材的施工环境应符合产品使用说明的要求，现场温度不应小于15℃，操作场地应无粉尘，且不受日晒、雨淋和化学介质污染。

检查数量：全数检查。

检验方法：温度计测量，检查施工记录。

**12.3.35**　外包型钢加固时，原构件混凝土截面的棱角应进行圆化打磨，磨圆的混凝土表面应无松动的骨料和粉尘。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、小锤敲击。

**12.3.36**　外粘型钢工程的施工环境应符合产品使用说明书的规定，现场温度不应小于15℃，操作场地应无粉尘，且不受日晒、雨淋和化学介质污染。

检查数量：全数检查。

检验方法：温度计测量，检查施工记录。

**12.3.37**　粘贴钢板和外粘型钢加固时，注胶（浆）后应无污渍、无胶液或浆液挤出的残留物。注胶（浆）孔和排气孔的封闭应平整，注胶（浆）嘴底座及其残片应全部铲除干净。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

**12.3.38**　粘贴钢板位置应满足设计要求，中心线偏差不应大于5mm，长度偏差不应大于10mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：钢尺测量。

**12.3.39**　粘贴钢板加固时，应采用化学锚栓固定钢板，且不应使锚栓参与胶层受力。锚栓直径不应大于M10，锚栓埋深不应小于60mm，锚栓边距不应小于60mm，锚栓之间间距应不小于250mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：钢尺测量。

**12.3.40**　钢丝绳网片聚合物砂浆面层加固时，施工环境应符合产品使用说明书的规定。冬季施工时最低温度不应低于15℃。采用改性环氧类或改性丙烯酸酯共聚物类聚合物砂浆时，现场气温不应高于35℃。采用乙烯-醋酸乙烯共聚物类聚合物砂浆时，现场气温不应高于30℃。

检查数量：全数检查。

检验方法：温度计测量，检查施工记录。

### 12.4　钢结构验收

**Ⅰ　主控项目**

**12.4.1**　对钢结构构件的加固部位进行清理时，应去除表面锈迹并打磨修整至表面显露出金属光泽，清理后的构件表面不应有明显的凹面或损伤，构件表面的划痕深度不应大于0.5mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、塞尺测量。

**12.4.2**　对原钢结构构件的裂纹进行修复时，修复后的焊缝质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：目测，超声波探伤检测。

**12.4.3**　采用水泥基薄层加固时，水泥基薄层的强度等级应满足设计要求。若试块不慎丢失、漏取或受损，或对试块强度试验报告有怀疑时，应由独立检测机构进行现场非破损检测并推定加固层砂浆强度。

检查数量：同一工程每一楼层（或单层），每喷抹500m2（不足500m2，按500m2计）的同一强度等级的材料，取样不应少于一次。若搅拌机不止一台，应按台数分别确定每台取样次数。每次取样应至少留置一组标准养护试块，同条件养护试块的留置组数不应少于3组。

检验方法：检查施工记录及试块强度试验报告。

**12.4.4**　水泥基薄层的外观质量不应有严重缺陷及影响结构性能和使用功能的尺寸偏差。对已经出现的严重缺陷及影响结构性能和使用功能的尺寸偏差，应进行处理后重新检查、验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、钢尺检查或超声法检测，并检查技术处理方案和返修记录。

**12.4.5**　水泥基薄层与原构件钢材结合面粘结质量应良好。锤击检测判定为结合不良的测点数不应超过总测点数的10%，且不应集中出现在主要受力部位。

检查数量：每一界面均匀布置测点，测点间距不应大于300mm。

检验方法：锤击检测空鼓。

**12.4.6**　对钢结构构件进行焊接作业时，待焊区钢材焊接面应无明显凹面、损伤和划痕，表面出现焊疤、飞溅物及毛刺时应清除干净。

检查数量：全数检查。

检验方法：目测。

**12.4.7**　钢构件焊缝补强工程施焊前，应清除待焊区间及其两端以外各50mm范围内的灰尘、漆皮、铁锈及其他污垢，并打磨至露出金属光泽。

检查数量：全数检查。

检验方法：目测。

**12.4.8**　下料时钢材的切割面或剪切面应无裂纹、夹渣、分层和大于1mm的缺棱。对气割或机械剪切的零部件进行边缘加工时，刨削量不应小于2.0mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：目测、放大镜观察或游标卡尺测量。

**12.4.9**　当采用高强度螺栓连接时，应对高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数进行现场检测。

检查数量：按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定进行抽检。

检验方法：按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定进行检测。

**12.4.10**　在负荷下采用焊接方法对钢结构构件进行加固时，应先将加固件与被加固件沿全长互相压紧定位，先进行定位点的焊接再分区全长焊接。每个定位点的焊接长度不应大于20mm，相邻定位点之间距离不应大于500mm。每焊好一个区段间歇不应少于3min。对于截面有对称的成对焊缝时应平行施焊；当有多条焊缝时应按交错顺序施焊。对上下侧有加固件的截面应先施焊受拉侧的加固件，然后施焊受压侧的加固件。对一端为嵌固的受压杆件，应从嵌固端向另一端施焊。对于受拉杆应从非嵌固的一端向嵌固端施焊。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查施工记录。

**12.4.11**　采用螺栓（或铆钉）连接新增钢板件时，应先将原构件与被加固板件相互压紧，然后从加固板件端部向中间逐个制孔并随即安装、拧紧螺栓（或铆钉）。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查施工记录。

**12.4.12**　加固中采用的高强度螺栓连接副的施拧顺序和初拧、复拧扭矩应满足设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：按现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规程》JGJ 82的规定进行检测。

**12.4.13**　采用增大截面法加固非静定结构时，应先将全部加固件与被加固构件压紧并点焊定位，再从受力最大构件依次连续地进行加固连接。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，并检查施工技术方案及施工记录。

**12.4.14**　钢结构进行加固时，设计要求全焊透的一、二级焊缝应进行内部缺陷的检验；超声波探伤不能对缺陷作出判断时，应采用射线探伤。

检查数量：全数检查。

检验方法：超声波探伤，射线探伤。

**12.4.15**　焊缝不应有裂纹、焊瘤、弧坑、未熔合、烧穿、接头不良、夹渣、表面气孔、电弧擦伤、根部收缩、咬边等外观质量缺陷。

检查数量：每一检验批同类构件随机抽取10%，且不少于3件。

检验方法：观察，放大镜、焊缝量规和钢尺检查。

**12.4.16**　高强度大六角头螺栓连接副终拧完成1h后的48h内应进行终拧扭矩检查；检查结果应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

检查数量：按节点数随机抽查10%，且不应少于10个，每个被抽查节点按螺栓数抽查10%，且不应少于3个。

检验方法：应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

**12.4.17**　扭剪型高强度螺栓连接副终拧后，未在终拧中拧掉梅花头的螺栓数不应多于该节点螺栓数的5%。对所有梅花头未拧掉的扭剪型高强度螺栓连接副应采用扭矩法或转角法进行终拧并作标记，且应进行终拧扭矩检查。

检查数量：按节点数随机抽查10%，且不应少于10个节点。

检验方法：检查施工记录。

**12.4.18**　焊缝的尺寸偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

检查数量：每一检验批同类构件随机抽查10%，且不应少于3件；被抽查构件中，每一类型焊缝按条数抽查5%，且不应少于1条。

检验方法：观察，放大镜、焊缝量规和钢尺检查。

**Ⅱ　一般项目**

**12.4.19**　加固钢结构进行下料时，螺栓孔孔距的偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205对允许偏差的有关规定。

检查数量：按钢构件数量抽查10%，且不应少于3件。

检验方法：用钢尺检查。

**12.4.20**　焊缝的焊波应均匀，焊道与焊道、焊道与基材间过渡应较平滑，焊渣和飞溅物应清除干净。

检查数量：每批同类构件随机抽查10%，且不应少于3件；被抽查构件中，每种焊缝按数量各抽查5%，总抽查数不应少于5处。

检验方法：观察，检查施工记录。

**12.4.21**　高强度螺栓连接副终拧后，螺栓丝扣外露应为2扣或3扣，其中允许有10%的螺栓丝扣外露1扣至4扣。

检查数量：按节点数随机抽查5%，且不应少于10个。

检验方法：观察。

**12.4.22**　负荷状态下焊缝连接补强施工的现场环境条件应满足作业要求。施焊镇静钢板的厚度不大于30mm时气温不应低于–15℃，当厚度超过30mm时气温不应低于0℃。施焊沸腾钢板时气温不应低于5℃。雨雪天气时应停止露天焊接。4级以上风力时，焊接作业区应有挡风措施。

检查数量：全数检查。

检验方法：温度计测量，检查施工记录。

### 12.5　木构架验收

**Ⅰ　主控项目**

**12.5.1**对近现代保护建筑木结构进行整体或局部落架大修时，木构架安装完成后应检查整体造型、整体形制尺寸及各种构件的安装位置。木构架安装尺寸允许偏差应符合表12.5.1规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：游标卡尺、钢尺测量。

**表12.5.1　木构件安装尺寸允许偏差（mm）**

|  |  |
| --- | --- |
| 检查项目 | 允许偏差 |
| 柱距 | ±5 |
| 柱脚及柱头的通面阔或通进深 | ±20 |
| 柱高 | ±H/1000,且不应超过±10 |
| 柱侧脚 | ±H/200 |
| 每步架举高 | ±5 |
| 檐出 | ±10 |
| 举架总高 | ±15 |
| 翼角起翘 | ±10 |
| 翼角生出 | ±10 |

注：H为柱高设计尺寸。

**12.5.2**对近现代保护建筑木结构进行维护与加固时，新配的承重木构件截面尺寸的允许偏差应符合表12.5.2的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：游标卡尺、钢尺测量。

**表12.5.2　新配的承重木构件截面尺寸的允许偏差（mm）**

|  |  |
| --- | --- |
| 检查项目 | 允许偏差 |
| 柱与梁的直径 | ±d／100 |
| 梁高 | ±h／30，且不得超过-15mm |
| 梁宽 | ±b／20，且不得超过-10mm |
| 枋高 | ±5mm |
| 枋宽 | ±3mm |
| 檩或搁栅直径 | ±5mm |

注：d为木构件直径；h为梁高；b为梁宽。

**12.5.3**斗栱构件进行修配、更换和安装后，应进行形制和尺寸的检查。斗栱安装尺寸允许偏差应符合表12.5.3的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：游标卡尺、钢尺测量。

**表12.5.3　斗栱安装尺寸允许偏差(mm)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 检查项目 | | 允许偏差 |
| 斗口或斗栱的材高或材宽 | | ±1 |
| 斗栱攒当（各攒斗栱之间的距离） | | ±5 |
| 斗栱出跳（每跳） | | ±2 |
| 斗栱出跳总长（前或后） | 三、五踩 | ±3 |
| 七、九、十一踩 | ±5 |
| 栱长 | | ±2 |
| 大斗高或宽 | | ±2 |
| 小斗高或宽 | | ±1 |

**Ⅱ　一般项目**

**12.5.4**木构架及配件的形制和外观尺寸应满足设计要求，并应符合原有历史风貌。

检查数量：全数检查。

检验方法：游标卡尺、钢尺测量。

**12.5.5**木构架或斗栱的连接装配时，应对榫卯安装情况进行检查。木构架构件之间榫卯缝隙不应大于5mm，斗栱构件之间榫卯缝隙不应大于1mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：游标卡尺、钢尺测量。

**12.5.6**椽的安装式样和数目应满足设计要求，椽条尺寸安装允许偏差应符合表12.5.6规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：游标卡尺、钢尺测量。

**表12.5.6　椽条安装尺寸允许偏差（mm）**

|  |  |
| --- | --- |
| 检查项目 | 允许偏差 |
| 椽距 | ±5 |
| 圆椽直径或方椽高和宽 | ±2 |

### [12.6　相关工程验收](#_Toc16068715)

**Ⅰ　主控项目**

**12.6.1**石构件应归安平整、灌浆严实、勾缝均匀。石构件应表面洁净，不应留有灰迹、污斑。石构件的位置和尺寸应满足设计要求。对于重砌和补砌的台基，宽度尺寸允许偏差应为±20mm，深度尺寸允许偏差应为±20mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：游标卡尺、钢尺测量。

**12.6.2**对墙体工程进行维护与加固时，砌墙灰浆的配合比和色泽应符合设计要求，砖墙表面的平整度和砖缝的平直度应满足设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：游标卡尺、钢尺测量。

**12.6.3**门窗扇、天花板应四角规整，平面应无翘曲。门窗扇对角线长度的允许偏差应为±3mm。更换门窗边框、栏杆、望柱、地栿等较大构件时，安装尺寸应满足设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：游标卡尺、钢尺测量。

**12.6.4**　防雷、防火、防潮、防腐、防虫害等防护工程的验收，应满足设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录。

**Ⅱ　一般项目**

**12.6.5**补砌或重做的散水、排水沟渠、管道应满足设计要求，并应符合原有历史风貌。疏水排水设施应表面平整光洁、无明显开裂、凹陷、积水、漏水现象。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查施工记录。

**12.6.6**补配的石料质感、色泽应与原构件相近且应能识别差异，构件表面应无裂纹、残边及水线缺陷。对于粘接的石构件，接缝处应无缺胶、脱胶，构件表面应洁净无胶粘污痕。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，触摸检查。

**12.6.7**抹灰刷浆的材料配合比、厚度及色泽应满足设计要求。抹灰刷浆表面应平整，且不应出现裂纹、起壳，起泡、起毛和漏刷缺陷。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查施工记录。

**12.6.8**进行瓦顶维护时，瓦垄勾灰或裹垄灰应平滑严实，捉节夹垄的麻刀灰不应突出瓦面，瓦件表面应洁净无污斑，勾灰配合比和色泽应满足设计要求。瓦顶除草后清除的质量应满足设计要求，且不应留下污渍或造成瓦面变色与损伤。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查施工记录。

**12.6.9**苫背的曲线轮廓和尺寸应满足设计要求，且表面应无裂纹和其他影响防水的缺陷。瓦顶式样、瓦垄行数、瓦件的形制应满足设计要求。瓦垄应垄直当匀，屋面曲线应流畅。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查施工记录。

**12.6.10**补配门窗扇棂条、藻井小斗栱的边棱、起线应平直，木材中应无木节、裂缝、扭纹缺陷。天花、藻井、栏杆等安装后，应榫卯严实、安全牢固。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查施工记录。

**12.6.11**　油饰补绘或重绘彩画时，彩画规制、题材内容、色彩光泽应满足设计要求。沥粉贴金部分应检查贴金质量，金线不应有漏贴、毛边、宽窄不匀缺陷。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查施工记录。

# 用词说明

为便于在执行本规程条款时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

**1**表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

**2**表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

**3**表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

**4**表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

# 引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

《通用硅酸盐水泥》GB 175

《优质碳素结构钢》GB/T 699

《碳素结构钢》GB/T 700

《销轴》GB/T 882

《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228

《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229

《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2

《低合金高强度结构钢》GB/T 1591

《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1

《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632

《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117

《热强钢焊条》GB/T 5118

《六角头螺栓C级》GB/T 5780

《六角头螺栓》GB/T 5782

《混凝土外加剂》GB 8076

《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433

《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370

《钢结构防火涂料》GB 14907

《钢拉杆》GB/T 20934

《防腐木材的使用分类和要求》GB/T 27651

《砌体结构设计规范》GB 50003

《建筑地基基础设计规范》GB 50007

《混凝土结构设计规范》GB 50010

《钢结构设计规范》GB 50017

《建筑抗震鉴定标准》GB 50023

《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046

《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119

《古建筑木结构维护与加固技术标准》GB/T 50165

《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204

《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205

《混凝土结构加固设计规范》GB 50367

《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB 50448

《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550

《砌体结构加固设计规范》GB 50702

《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728

《钢结构工程施工规范》GB 50755

《钢结构加固设计标准》GB 51367

《普通混凝用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52

《混凝土拌合用水标准》JGJ 63

《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85

《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116

《无粘结预应力钢绞线》JG/T 161

《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221

《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283

《超声法检测混凝土缺陷技术规程》CECS 21

《纤维混凝结构技术规程》CECS 38

**中国工程建设标准化协会标准**

**近现代保护建筑混合结构维护与加固技术规程**

**T/CECS xxx—202X**

# 条文说明

# 制定说明

本规程制定过程中，编制组进行了近现代保护建筑混合结构维护与加固的调査研究，总结了我国工程建设中近现代保护建筑混合结构维护与加固领域的实践经验。同时参考了国外先进技术法规、技术标准和现行国家标准GB/T 50165《古建筑木结构维护与加固技术标准》、GB 50367《混凝土结构加固设计规范》、GB 50702《砌体结构加固设计规范》、GB 51367《钢结构加固设计标准》的规定。通过负载下混凝土结构、砌体结构、钢结构、木结构的加固试验，得出了近现代保护建筑混合结构维护与加固的设计、施工、检验和验收方法，形成了近现代保护建筑混合结构维护与加固技术。

本规程对于实测混凝土抗压强度15MPa以下的近现代保护建筑混凝土结构构件加固方法尚需深入研究。

为便于广大技术和管理人员在使用本标准时能正确理解和执行条款规定，《近现代保护建筑混合结构维护与加固技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

**目　　次**

[1　总　　则 117](#_Toc29511)

[2　术语 119](#_Toc6261)

[3　基本规定 121](#_Toc475)

[4　材料 123](#_Toc22733)

[4.1　混凝土材料 123](#_Toc188)

[4.2　钢材和焊条 123](#_Toc4112)

[4.3　钢绞线和钢丝绳 124](#_Toc25692)

[4.4　连接件和紧固件 124](#_Toc22925)

[4.5　砌体材料 125](#_Toc30959)

[4.6　纤维织物和纤维复合材 125](#_Toc24153)

[4.7　木材 126](#_Toc25115)

[4.8　石材和砖瓦 126](#_Toc32453)

[4.9　结构胶粘剂 127](#_Toc9513)

[4.10　修补材料 127](#_Toc8263)

[4.11　防护材料 128](#_Toc31167)

[5　工程勘查 129](#_Toc3022)

[5.1　一般规定 129](#_Toc15725)

[5.2　承重结构勘查 129](#_Toc26525)

[5.3　相关工程勘查 131](#_Toc2191)

[6　结构鉴定 133](#_Toc28965)

[6.1　一般规定 133](#_Toc5969)

[6.2　勘查项目鉴定评级 133](#_Toc32367)

[6.3　单个构件鉴定评级 135](#_Toc4066)

[6.4　结构体系鉴定评级 135](#_Toc19476)

[6.5　地基基础和场地安全性鉴定 136](#_Toc14093)

[6.6　抗震鉴定 137](#_Toc994)

[6.7　鉴定报告编写要求 137](#_Toc28374)

[7　砌体结构维护与加固 138](#_Toc2447)

[7.1　一般规定 138](#_Toc30418)

[7.2　砌体柱 138](#_Toc17971)

[7.3　砌体墙 139](#_Toc25669)

[7.4　抗震加固 140](#_Toc12381)

[8　混凝土结构维护与加固 142](#_Toc14429)

[8.1　一般规定 142](#_Toc32251)

[8.2　混凝土柱 142](#_Toc27893)

[8.3　混凝土梁 144](#_Toc5752)

[8.4　钢筋混凝土板 145](#_Toc21707)

[8.5　抗震加固 145](#_Toc20145)

[9　钢结构维护与加固 147](#_Toc21007)

[9.1　一般规定 147](#_Toc1461)

[9.2　钢柱 147](#_Toc16047)

[9.3　钢梁 148](#_Toc12400)

[10　木结构维护与加固 150](#_Toc31699)

[10.1　一般规定 150](#_Toc5031)

[10.2　木构架 150](#_Toc2658)

[10.3　木柱 150](#_Toc9978)

[10.4　梁枋 151](#_Toc23689)

[10.5　斗拱 151](#_Toc12481)

[10.6　抗震加固 151](#_Toc20634)

[11　相关工程维护与加固 153](#_Toc27134)

[11.1　一般规定 153](#_Toc1979)

[11.2　场地、排水及基础 153](#_Toc12988)

[11.3　石构件 154](#_Toc7998)

[11.4　墙体 154](#_Toc25238)

[11.5　瓦顶 154](#_Toc18849)

[12　工程验收 155](#_Toc24120)

[12.1　一般规定 155](#_Toc27769)

[12.2　砌体结构验收 155](#_Toc8724)

[12.3　混凝土结构验收 156](#_Toc21213)

[12.4　钢结构验收 158](#_Toc13222)

[12.5　木构架验收 159](#_Toc16398)

[12.6　相关工程验收 159](#_Toc13822)

# 1　总　　则

**1.0.1**　我国存在数量众多的近现代保护建筑。与建造年代更早的古建筑不同，近现代保护建筑主要建成于1840年至1978年之间，此类建筑多采用混合结构类型，兼具混凝土、砌体、钢结构、木构架中一种或数种结构构件类型，且很多建筑物尚处于使用状态。随着时间推移，局部构件残损和环境侵害对这些建筑物将造成持续损伤，加之现有使用条件的变化，单一的局部修缮已无法满足建筑结构安全、适用、耐久的需求。因此本规程采用国内外已有的理论研究和工程应用实践成果，提出近现代保护建筑混合结构的维护与加固技术，旨在保留建筑物原有历史风貌的前提下进行科学保护。

**1.0.2**　本条规定了本规程的适用范围。近现代保护建筑混合结构中包含了混凝土结构、砌体结构、钢结构、木构架四种类型的主要承重结构构件，以及场地、瓦顶、石作、木作等相关工程。对这些近现代保护建筑混合结构结构构件，无论是承载力和刚度的加固，抗震性能的加固，耐久性、耐腐蚀性与防火性能的加固，以及局部缺陷修缮和维护，本规程均可适用。

**1.0.3**　当技术条件符合本规程所引用现行国家标准的适用范围时，相应的设计、施工、检验和验收标准中的有关规定同样适用。

# 2　术语

**2.0.1**近现代保护建筑的定义与文物保护工程中对于“近现代历史建筑”的定义相同。1840年是近代史的开端，1978年是我国现代建筑开始发展的时间点，在此期间钢筋混凝土结构、钢结构等结构形式陆续在我国开始出现，与传统的纯木架构和砖石砌体逐渐进行了融合演化，从而形成了更加丰富的结构形式和构件类型。因此将1840年至1978年期间建造的建筑物作为本规程适用范围的主要对象。

**2.0.2**混合结构包括钢筋混凝土结构、砌体结构、钢结构、木构架四种类型承重结构体系，主要包括混凝土梁、板、柱，砖墙、砖柱、石柱础，钢梁、钢柱、钢杆件，木柱、梁、枋中的一种或数种构件类型。因此将近现代保护建筑的结构形式统称为混合结构。

**2.0.3**勘查工作主要包括两个方面的内容。一是对近现代保护建筑基础性资料的调查，包括技术图纸、形制特征佐证材料、周边地质资料、历次灾害损伤记录、历次修缮与维护记录，这些基础性资料对了解建筑物自建成以来的整体工作情况至关重要。二是对近现代保护建筑进行的现场检测和检查，包括实物的测绘、残损情况的调查、非破损检测和局部微破损测试、地质条件的取样试验等内容，现场勘查结果能反映近现代保护建筑的现有状况。

**2.0.4**对近现代保护建筑的鉴定包括安全性鉴定和抗震鉴定。多数近现代保护建筑仍处于在役状态，但使用功能受到了严格控制，以利于更好地保护，因此对使用性的鉴定不作规定。为了日后长期持久保护，处于抗震设防水平较高地区的近现代保护建筑必须具备相应的抗震能力，因此本规程引入抗震鉴定和抗震加固的内容。

**2.0.5、2.0.6**维护是指对尚不显著影响安全但需要防止残损缺陷恶化影响承载功能而作出的保养、修缮、防护工作，包括构件的预防性保护措施，以及相关工程的修缮、挖补、更换等。加固是对主要承重结构构件的承载力和刚度变形作出的加强措施。

**2.0.8**木构架包括木柱和梁、枋组成的空间受力体系，在水平方向承受荷载后并在竖向传递荷载。

**2.0.11、2.0.12**重要构件和一般构件主要是根据构件破坏失效后对其他构件和结构体系整体的影响进行区分。例如，处于主要传力路径上的构件和节点发生破坏失效后，荷载传递途径阻断，从而导致整体承载功能失效。起到主要连接作用的抗侧力构件、拉结构件、稳定杆等构件发生破坏失效后，将导致相邻构件和整体失稳。这类构件均属于重要构件。而承载范围很小且与周边构件受力关联性若的檩条、格栅、飞檐、隔墙等构件，发生破坏失效后对整体安全不会产生决定性影响，因此属于一般构件。

**2.0.13、2.0.14**用于混凝土结构加固的材料很多，本规程采用的自密实混凝土和灌浆料具有早强、高强、微膨胀、自流密实的特点，特别适合作业量小施工精度高的维护与加固工程。这类水泥基材料与原构件相容性好，市场上已经完全规模化生产，产品质量稳定可控。

**2.0.15~2.0.17**维护与加固工程中砂浆的品种与特性各异。经过改性的水泥复合砂浆具有较高的强度和抗裂性，成本相对低廉。掺入改性乳液的聚合物改性砂浆兼具抗裂和防护功能，与其他材料兼容性更佳。纤维水泥砂浆是掺有合成纤维（聚乙烯醇纤维和钢纤维砂浆）或钢纤维的水泥砂浆，材料强度提高显著，且具有更高的耐久性和韧性，对裂缝的抑制效果也更加优良。

# 3　基本规定

**3.0.1**　本条规定了近现代保护建筑混合结构维护与加固前应进行的工作，包括进行勘查、安全性鉴定和抗震鉴定。详细而全面勘查是进行各项工作的前提，鉴定是根据勘查结果和维护与加固目的，对结构构件作出的安全性评价和抗震性能评估。

**3.0.2、3.0.3**　近现代保护建筑很多具有较高的文物价值，因此进行各项工程处置工作前均应对原有法式特征作充分了解和记录，并应取得相关文物部门的许可。按照最小干预原则对保护建筑进行维护与修缮，是为了最大限度保留原形制、原结构、原材料、原工艺。需要更换和补充的部分，也应与原有建筑特征吻合。

**3.0.4**　近现代保护建筑混合结构中的构件类型多，承载能力通常较低，且进行的维护与加固范围较小，因此进行设计施工时需要对各个构件和关联节点进行分析判断。既要减少维护与加固的工作量，降低对原结构的影响，又要确保各个部分的安全可靠。

**3.0.5**　本条规定了近现代保护建筑混合结构进行勘查和鉴定时需要收集的工程信息。详细了解这些内容有助于准确掌握建筑物的历史状况，从而为现状勘查和分析鉴定提供基础性依据。明确加固目的和加固范围才能合理选择维护与加固方法，在保证加固效果的前提下减少维护加固量并保存建筑物原有风貌。历次灾损和修缮情况的信息通常具有记录留存，便于在结构调查时进行判断辨识。近现代建造初期的图纸通常不完备，相关施工记录或建造历史记录可以提供一定结构信息。地质勘察资料可以通过周边相邻地区的近期勘探结果作为参考。

**3.0.7**　本条规定了近现代保护建筑混合结构维护与加固的基本原则。进行适用性验证是为了验证现代材料现代工艺与原结构或原用材料的相容性，确保使用过程中不出现局部破坏、失稳或侵蚀、污染现象，同时为扩大应用范围提供工艺流程参考。

**3.0.10**　本条规定了近现代保护建筑混合结构维护与加固过程中应采取的安全措施，是为了防止施工过程中出现结构构件局部破坏或失稳造成建筑物和相关人身财产损失。安全措施既包括对结构构件采取的卸载、支顶、支撑、围护，也包括作业过程中进行的安全防护、作业平台、安全通道。

**3.0.11**　本条规定了近现代保护建筑混合结构进行抗震能力复核的要求。由于建造年代较早，抗震措施通常不完备，材料强度较低，因此需要在确保现有结构体系的条件下对抗震能力进行整体加强。

**3.0.12**　本条规定了近现代保护建筑混合结构进行维护和加固后的后续工作年限。在维护与加固设计中，应根据采用的设计基准期，结合建筑物现状和使用条件，提出后续工作年限的建议，达到建议的期限后应重新进行检测鉴定和处理，以延续建筑物的长期使用寿命。

**3.0.13**　本条规定了近现代保护建筑混合结构在服役期间的检查年限。正常使用条件下的常规检查以日常巡查为主，主要对各个结构构件使用情况进行记录，排查有无新出现的残损点，已进行维护和加固的部分是否完好。

# 4　材料

### 4.1　混凝土材料

**4.1.1**　本条规定了近现代保护建筑混合结构维护与加固中采用的混凝土性能要求。最低材料强度等级的规定根据现有混凝土产品的最低等级确定。混凝土的试配与力学性能测试方法，均按现有材料产品要求进行。

**4.1.3~4.1.9**　本条规定了近现代保护建筑混合结构维护与加固中采用的混凝土原材料要求。对于水泥、粗骨料、细骨料、粉煤灰、水、外加剂、纤维的技术要求，与现行国家标准中基本一致。

维护与加固用混凝土通常采用现场掺水制备，而不像现代建筑一样采用成品混凝土。单次浇筑或喷射使用的混凝土体积通常很小，因此对粗骨料的最大粒径作了要求。中砂具有连续级配且与粗骨料粒径组配更合理，在加固工程中主要使用中砂。根据具体工艺性能的要求，掺入钢纤维和合成纤维对混凝土抗拉能力和韧性有较大的提升作用，对防止开裂和提升耐久性与防护性能也有很好的效果。

**4.1.10~4.1.11**　自密实混凝土和水泥基灌浆料均可购买成品干混料拌制，产品性能和质量均稳定可控，因此本条规定的材料性能与质量要求与现行国家有关标准一致。

### 4.2　钢材和焊条

**4.2.1**　本条规定了近现代保护建筑混合结构维护与加固中采用的钢筋性能要求。对于加固层中钢筋的性能要求与现代建筑要求相同，采用带肋钢筋可以增加与混凝土的握裹力。

**4.2.2**　本条规定了近现代保护建筑混合结构维护与加固中采用的钢材性能要求。在维护与加固工程中，钢材使用广泛，对结构进行外包支撑或粘贴后共同受力都能快速起到承载作用。

**4.2.3、4.2.4**　钢拉索、钢拉杆在施加预应力进行横向张拉和承托屋架等水平构件时广泛采用，因此本条规定了制作钢拉索和钢拉杆的性能要求。

**4.2.5**　焊材的性能应与被焊接钢材相匹配，因此本条根据加固钢材的类别对焊材技术要求作了相应规定。

### 4.3　钢绞线和钢丝绳

**4.3.1**　本条规定了近现代保护建筑混合结构维护与加固中采用的钢绞线的性能要求。采用薄层外包加固时，钢绞线与面层混凝土或砂浆材料共同受力，面层材料对钢绞线能起到防护作用并降低应力松弛。体外预应力配筋时，钢绞线单独承受高水平的张拉预应力值，对材料质量要求更高，需要采取一定防护措施。

**4.3.2**　不锈钢丝和优质镀锌碳素钢丝能确保钢丝绳的强度和耐腐蚀性能。本条规定了钢丝绳制作材料的技术要求。

### 4.4　连接件和紧固件

**4.4.1**　本条规定了近现代保护建筑混合结构维护与加固用螺栓的性能要求。螺栓是非焊接钢结构连接和紧固的主要部件，优质螺栓应具备足够的强度刚度和精准的丝距纹路，能确保连接牢固稳定。在处于振动等长期影响下的部位使用螺栓还需保持持久状态下不出现松动滑移。

**4.4.2**　本条规定了近现代保护建筑混合结构维护与加固用焊钉、栓钉、锚栓的性能要求。采用上述连接件时，连接点接触面受力复杂，需要进行正向拉压和切向剪应力的复核计算。优质碳钢制作的栓钉能保证强度和硬度的要求。

**4.4.4**　轴销在结构中起到铰接转动作用，不但直接承受集中应力，还需进行位移转换，应具有足够的强度和刚度，确保在运转过程中不发生脆断和疲软变形。在预应力张拉中采用的吊棍、转接件具有类似的功能，对于材料的技术要求也可按此规定。

**4.4.7**　界面用销钉是水泥基面层加固中传递界面剪切应力和加强界面粘结的主要部件。已有研究成果表明，销钉发挥作用的途径首先来源于销钉自身通过横截面抗剪承受界面滑移力，同时面层通过销钉植入原基层中的锚固作用使正向粘结进一步加强。销钉布置范围广，单点荷载较小，因此采用普通热轧带肋钢筋便可以满足强度要求。

**4.4.8、4.4.9**　采用螺杆和锚栓作为后锚固件适用于单点承受荷载较大的情形，锚固失效后承载能力损失占比很大，因此对材料自身强度和锚固质量的要求较高。

### 4.5　砌体材料

**4.5.2**　近现代保护建筑混合结构维护与加固中采用砌体的情况主要用于补砌、填充或在支承部位加砌。为了保留原建筑物历史风貌，原砌体中强度等级低、规格各异的砌块均难以找到匹配材料。但在隐蔽部位仍可以进行砌筑加固，在一些部位也能单独垒砌砌体进行承托支顶并明显标记新砌部分，因此本条规定了采用新砌砌块的强度等级和质量要求。

**4.5.1~4.5.5**　近现代保护建筑混合结构维护与加固中采用的砂浆种类繁多，根据不同的使用条件和加固需求，可以采用水泥砂浆、水泥复合砂浆、纤维水泥砂浆、聚合物改性水泥砂浆等。维护与加固中采用的砂浆，除了对强度等级有特定要求外，还要根据使用环境考虑材料的耐久性和防护效果。

**4.5.6~4.5.8**　砂浆中掺入的纤维主要有聚乙烯醇纤维、聚丙烯纤维和钢纤维。聚乙烯醇纤维和聚丙烯纤维均属于应用广泛的合成纤维，价格低廉，掺入砂浆中具有很好的抗裂性能。钢纤维增强增韧效果显著，适合配制强度等级高防护性优异的砂浆材料。不同纤维掺量应根据纤维长度和直径确定，长丝纤维掺入后难以分散均匀且易降低和易性，而长径比太小将降低砂浆材料性能。

**4.5.9~4.5.11**　本条对近现代保护建筑混合结构维护与加固中采用的砂浆组分技术性能作了规定。维护与加固工程体量小，大多采用现场制备拌和砂浆，为了保证各种砂浆的工艺性能和成品质量，对砂浆的水胶比等指标进行了规定。

**4.5.12**　聚合物中的各种组分以及化学反应过程中的转化物可能存在对近现代保护建筑局部的侵害、浸染、无损，因此本条对聚合物改性砂浆的选用作了规定。

### 4.6　纤维织物和纤维复合材

**4.6.1**　本条对近现代保护建筑混合结构维护与加固的纤维织物和纤维复合材的原材料作了相应规定。市面上纤维材料种类繁多，但大丝束纤维、玄武岩纤维、不耐碱的A、C玻璃纤维无法满足高强承载和耐久要求，不能作为径向受力材料。**4.6.2**　结构胶粘剂时粘贴加固过程中的主要传力层，纤维织物和纤维复合材产品都有配套的结构胶粘剂，其胶粘剂性能与纤维材料匹配度好，才能充分发挥纤维材料力学性能。使用非配套的其他结构胶粘剂将大大降低加固效果，因此本条对专用结构胶粘剂作了相应规定。

**4.6.3~4.6.5**　纤维复合材的抗拉强度、弹性模量、量应该办、截面面积的计算方法参照了《混凝土结构加固设计规范》GB 50367中的有关规定。

**4.6.6**　维护与加固时均采用现场手工涂布结构胶粘剂，因此表中未列入现场真空灌注结构胶粘剂的单位面积质量限值。

**4.6.7**　采用无碱玻璃纤维布对木构件进行环绕外包，是通过多道环箍增强木材纵向径向约束，并抑制裂缝发展，因此对织物材料厚度和强度要求较低，环绕的层数根据实际情况选用即可。

### 4.7　木材

**4.7.1**　本条对近现代保护建筑混合结构维护与加固用原木和方木的质量要求作了规定。腐朽、虫蛀及受剪截面的裂纹均会影响木材的正常使用和耐久性。而木材上过大的木节和深度过大的裂纹缺陷导致木材无法有效受力。

**4.7.2**　斗拱的组成部件加工进度高，木节影响观瞻和表面工艺雕饰处理，同时影响构件连接点受力性能，因此不允许采用有木节的木材。

**4.7.3**　木材含水率影响结构构件耐久性，且含水率过大时导致材料膨胀变形异常无法严密地组装榫卯。因此本条对近现代保护建筑混合结构维护与加固用木材含水率作了规定。

### 4.8　石材和砖瓦

**4.8.1~4.8.4**　为了保证近现代保护建筑的历史风貌和原有形制特征，除了外形尺寸需要满足设计要求外，维护与加固用的石材的品种、纹理、色泽、表面加工工艺也应契合原石材特征。

**4.8.5**　本条规定了青砖的性能指标要求。正常室内环境下使用的青砖主要对规格尺寸、外观质量、抗压强度有相应要求，用于室外和露天条件下还需要检验抗冻融性能，用于地面或侧向受力部位时还需要检验抗折强度。欠火、过火、裂纹的青砖强度削弱严重，因此在维护与加固中不宜采用。

**4.8.6、4.8.7**　瓦顶是体现近现代保护建筑形制特征的重要部件，因此对瓦的选择和使用应予以重视。原建筑物瓦顶有松动、破损、长草时，应以检修和清理为主，破损开裂的瓦予以修复，尽最大限度保留原瓦。新制的瓦质量要求严格，正式使用前应选定样瓦进行比对验证。

### 4.9　结构胶粘剂

**4.9.1、4.9.2**　混凝土结构使用结构胶粘剂的情形包括混凝土基材植筋锚固、混凝土基材粘贴钢板或型钢、混凝土基材粘贴纤维复合材，为了确保结构胶粘剂与基层和外贴层均具有良好的粘结能力，本规程提出采用A级胶，从而具有更高胶粘性能。结构胶粘剂的抗剪强度的确定方法参照《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

**4.9.3、4.9.4**　砌体结构使用结构胶粘剂的情形包括砌体基材植筋锚固、砌体基材粘贴钢板或型钢、砌体基材粘贴纤维复合材。砌体基层强度比混凝土基层低，表层风化影响较大，加之砌体表面平整程度卜佳，因此本条规定采用B级胶。结构胶粘剂的抗剪强度的确定方法参照《砌体结构加固设计规范》GB 50702的有关规定。

**4.9.5~4.9.7**　钢结构使用结构胶粘剂的情形包括钢材基材粘贴钢板或型钢、钢材基材粘贴纤维复合材。钢材基层表面平整，经打磨处理后光洁程度高，易于保证粘结质量。但钢材和结构胶粘剂均不耐高温，且钢材导热快，因此在高温环境使用时应采用耐温结构胶。

**4.9.8、4.9.9**　木构件使用结构胶粘剂的情形包括在木结构构件表面粘结纤维复合材进行外包环箍加固以及粘结木块嵌补加固木材残损点。为了确保胶粘剂与木材处于相同使用环境下能持久工作，胶粘剂需要满足耐久要求。特别是用于与潮湿空气直接接触时，应考虑木材吸水导致的水浸影响。胶粘剂的粘结强度应大于顺纹抗剪强度和横纹抗拉强度，才能使结构胶粘剂不至于在木材破坏前先发生粘结失效。同时，为了发挥胶粘剂的粘结强度，胶缝粘接面与拉力方向应呈一定角度，防止相对较弱的胶缝直接承受拉应力。

### 4.10　修补材料

**4.10.1**　本条对近现代保护建筑混凝土结构和砌体结构维护与加固用的裂缝压注胶性能进行了规定。表面缺陷处理是针对混凝土和砌体表面的裂缝、缺损、酥碱、孔洞进行封闭填补。内部缺陷处理是对混凝土和砌体内部的孔洞、空鼓、生成裂缝进行填充修复。

**4.10.2**　木构件内部出现空心、虫蛀、腐朽时，需要进行清理后采用固化物和浆液进行填充，填充的浆体材料应具有适宜的流动性和体积稳定性，并且能与木材良好粘结，因此本条对近现代保护建筑木结构维护与加固用的灌浆加固料技术性能作了规定。

**4.10.3**　对采用木块嵌补是处理木构件表面残损、缺口、裂纹的一种技术手段，用于粘结嵌补木块的修补材料应具有良好的粘接力和耐久性，同时需减少对原木材的侵蚀影响。

### 4.11　防护材料

**4.11.1、4.11.2**　钢结构构件易受环境侵蚀，且耐火性不佳。在构件表面涂刷防腐和防火涂层是最主要的防护手段。涂装厚度是影响防护效果的主要指标，涂装材料分多次涂刷或喷涂，能保证涂刷均匀且连续完整，避免漏刷或厚薄不均。

**4.11.3~4.11.5**　喷涂型阻锈剂用于保护层剥落和露筋锈蚀的构件，掺入型阻锈剂作为外加剂掺入混凝土中用于新增钢筋的防护。

**4.11.6、4.11.7**　木材的防护包括防腐朽、防虫蛀和防潮，防护用药剂包括桐油、蒸熏剂等，药剂施加方式和载药量应根据构件类型和使用条件选择。无论采用何种药剂及何种用药方式，均应先小范围试用，确保对木材和周边环境无毒害，特别是具有纹饰或彩绘的构件，应进行验证后使用。

**4.11.8~4.11.10**　构件表面平整，大面较多而内部无缺陷时，防腐和防虫剂可直接采用喷涂法使用。对于内部已经出现腐朽、虫蛀或空洞缺陷时，应进行微钻孔，采用机具向构件内部压注药剂。而一些造型复杂细节丰富的小木作或雕饰件，可采用熏蒸法或针注与喷涂结合的方式施加药剂。

# 5　工程勘查

### 5.1　一般规定

**5.1.1**　本条提出了近现代保护建筑混合结构进行工程勘查前需要收集的资料。充分的基础性资料和原始信息有利于对建筑物建造和使用历史作完整判断，同时有利于甄别原始结构构件与后期不同年代的修缮内容。不同时期建筑物的建造水平和形制规格都具有一定代表性，因此建造年代是表征结构形式、材料、工艺的重要信息。工程地质条件和水文资料可通过近期邻近区域的地质勘察结果查证。自然灾害历史信息对判断结构构件对灾害作用的防御能力有一定帮助。气象环境条件内容包括年平均气温、湿度、降雨量等，与结构构件耐久性和耐环境作用有关。

**5.1.2**　本条规定了近现代保护建筑混合结构工程勘查的基本要求。勘查是通过一定检测方法和技术手段，运用仪器设备对建筑物结构构件现状进行测量和测试的工作。现场检测手段应优先采用非破损检测方法或局部微破损方法，从而降低对近现代保护建筑的影响。永久性观测点和基准点主要是用于对建筑物变形、位移、裂缝等动态信息进行持续监控时采用。很多建筑物保存有文物信息，需要剔凿破损、产生振动、产生温度骤变、产生强烈照射的勘查手段无法适用。在勘查中发现新的文物实体或存在重大险情时，也应采取应急处置措施。

**5.1.3**　使用环境的勘查包括环境温度、湿度、光照等。地基基础现状可通过钻探取土、局部开挖、原位试验等直接方法勘查，也可通过测量垂直度、观测沉降变形等间接手段获得相关信息。

**5.1.4**　对重点部位的勘查内容是针对重要构件受力性能的检测调查，通过实测材料强度、尺寸、变形、外观质量来评价主要承重结构构件的受力性能。

**5.1.5**　对场地和地基基础的勘查应当优先采用间接方法，避免局部开挖或钻探过程中对近现代保护建筑地基基础的土体和地下水位产生扰动。若确需进行直接方法的勘查，也应与建筑物保持足够的距离，并在测试完成后立即进行恢复处置，防止水土应力变化对建筑物产生破坏。

### 5.2　承重结构勘查

**5.2.2**本条提出了近现代保护建筑混凝土承重结构勘查的检测内容，参考了《混凝土结构现场检测技术标准》的有关规定。近现代保护建筑使用年限已经很长，进行力学性能检测和荷载试验易造成结构构件损伤，而作为保护建筑剩余使用年限的检测亦不适用，因此本条仅列出了几项常规检测项目，通过这些内容可以对混凝土结构构件的尺寸、材料强度、配筋、损伤情况为结构构件安全评估提供数据进行分析计算。而混凝土长期性能和耐久性能检测、以及有害物质含量检测，仅在有特殊要求时采用。

**5.2.3**对构件和节点数量较少的单一近现代保护建筑，各个构件和节点都需要进行全面勘查，此时对承重构件通常进行全数检测。对于处于同种条件的同类构件数量较多时，为了了解承重结构材料强度等特性，可以随机选择构件进行测试，获得代表性数据，从而减少勘查测试过程中对构件的局部破损。本条规定了近现代保护建筑混凝土承重结构勘查的检测数量。

**5.2.4**本条规定了近现代保护建筑混凝土承重结构需要进行全数检测的情形。缺陷和损伤项目应全数检查，以便排查出存在缺陷损伤的构件并作后续处置。建筑物不同部位结构构件受力条件存在差异，因此检查配筋、尺寸等差异性较大的指标时，也应逐一全数检测。对灾后建筑进行检测时，以及需要了解每一处构件现状时，也需要全数检查，才能排查出受损构件和确需修缮加固的构件。

**5.2.5**砌体结构检测方法多为局部破损技术，需要凿除表面粉刷层，或在砌体内部剔凿取样。为了减小凿除和剔凿时对结构构件安全影响，因此本条规定在受力较小部位布置测区和测位。

**5.2.6、5.2.7**　砌体承重结构的现场检测主要为获取砌块和砌筑砂浆的材料强度，非必要时无需进行原位破坏试验。但布置测区时仍将对粉刷层有一定局部破损，因此宜选择在受力较小且无缺陷的部位进行测试。

**5.2.9**　本条提出的四种钢结构检测方法均为无损检测，能有效判断焊缝质量。但近现代保护建筑建成年代较早，建筑物中的钢构件材料强度等级信息不明，可采用硬度检测推定，或按同年代材料信息进行参考。

**5.2.10~5.2.13**　承重木结构的初步勘查是为了获取木构架整体受力性能、整体变位，以及木构件的材质、劣化情况、支承条件。有利于后期详细勘查有针对性地作准备工作。结构整体变位和支承情况反映的是地基基础工作状态，反映建筑物整体垂直度和沉降变形情况，支承点指木构架上下端的支承和连接。木材材质的判别需要由专业人员结合建筑物历史信息和地域特征作出判断。构件的劣化状况即详细的残损点调查，记录缺陷类型、部位、范围和程度。木材强度与弹性模量的测定须取样试验，仅在有特殊要求时进行。

**5.2.14~5.2.19**　本规程对梁枋、柱、斗拱、连接部位、历代修缮的木结构勘查内容作了相应规定。通过这些检测项目，可以较为全面反映木结构构件现状，特别是对于图纸缺失且无历史佐证资料的建筑物，详细地按构件分类勘查便于进行统计、归类、分析，也便于后期分类维护与加固。

**5.2.19**承重木结构定期观测包含了监测和巡视的内容。监测是采用仪器设备对测点数据进行采集分析，通过计算累计变化量和变化速率评估结构构件的工作情况。具体有对立柱进行的垂直度监测和沉降变形监测、对梁枋等水平构件进行的挠曲变形监测、对木材裂缝长度或宽度进行的动态监测。巡视以日常观察为主，通过巡查构件表面缺陷变化情况或有无新增的腐朽、虫蛀、裂缝、剥落、松动、变色。监测点的设置位置应便于观测，无长时间遮挡物，同时要与结构构件牢靠固定，且有醒目标志与建筑物区分开来。

### 5.3　相关工程勘查

**5.3.2**　本条提出了近现代保护建筑混合结构进行相关工程勘查的内容。相关工程是保护建筑所属的功能性结构构件，对建筑物的正常使用具有重要作用，同时也是建筑物历史风貌和文化特征的重要体现。对这些结构构件进行勘查时，除了调查细部构造与规格种类之外，还应勘查其自身功多的完备性和残损情况，以及与主体结构的连系。

**5.3.3**　本条规定了揭瓦进行维护加固时应勘查的内容。屋顶样式与瓦件的形态特征至关重要，因此对细部的绘制和法式记录是勘查的主要内容。

**5.3.4**　受潮和腐朽霉变是近现代保护建筑容易出现的残损通病，尤其是使用频率低而维护修缮迟滞时，建筑物更容易受使用环境条件侵害。此时除了对建筑物本体进行勘查外，还需要调查使用环境气候、通风对流情况、集水排水系统设施、历代修缮改造和使用过程中的不利影响因素。

**5.3.5**　周边环境的调查是为了查明建筑物所在外在环境可能对结构构件和建筑物本体产生的影响。交通情况勘查可以评估车辆通行对建筑物的撞击破坏，排水设施容易引起地表开裂沉陷或地基基础工作异常，电气设施老化和火源及易燃堆积物存在火灾隐患。完备的消防设施和防雷装置对建筑物潜在灾损具有预防性保护作用。

# 6　结构鉴定

### 6.1　一般规定

**6.1.1**　本条提出了近现代保护建筑混合结构进应进行安全性鉴定的情形。由于建造年代早，结构承载水平有限，近现代保护建筑难以满足现有建造标准要求。由于长时间的运行使用，容易受到不同程度侵害或材质劣化，很难直接了解建筑结构构件安全性状况，加之修缮维护不及时或未年久失修的建筑物，应定期进行安全性鉴定。维护与加固前进行安全性鉴定，一方面是为维护与加固提供基础性数据和全面调查，另一方面也能通过安全性综合评估为维护与加固范围与方案提供依据。出现不均匀沉降或新的腐蚀、损伤、变形时，说明建筑物结构承载条件出现了明显变化，此时应进行安全性鉴定评估单个构件和结构整体的安全现状。

**6.1.2、6.1.3**　本规程参考《古建筑木结构维护与加固技术标准》GB/T 50165和《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292，按照三个层次和四个等级的方法进行安全性评定，这样的评价方式清晰且明确，且采用四个等级的划分标准符合安全性评级的习惯。

**6.1.4**　允许鉴定评级仅进行到某一层次，便于进行检测勘查和维护与改造时，减少工作量，防止大范围检测勘查工作时局部破损点对近现代保护建筑产生影响。

**6.1.5**　专项鉴定是根据保护建筑管理者根据使用需求进行的鉴定工作，仅在需要通过测试振动敏感性、容许承载能力、内力与变形等来评估结构构件的某一特定功能时采用。

### 6.2　勘查项目鉴定评级

**6.2.1、6.2.2**　采用残损点来评价勘查项目的安全等级，对各种类型的结构构件都适用，因此对于混合结构可以采用这一通用指标来进行评级。本条将残损点分为四个等级，评级标准简单直观，可操作性强。评定勘查项目的依据是残损点的残损程度和残损点对结构构件安全的危害性。

**6.2.3**　本条规定了混凝土结构构件残损点评定中度或重度级别的情形。控制截面的受力裂缝和沿主筋的非受力裂缝都显示构件承载力受到明显损伤，构件裂缝形态特征变化表明构件处于危险的不稳定状态，构件出现过大变形和支座发生位移说明构件失稳即将破坏或结构整体性失效。上述情形都是混凝土结构构件出现比较严重残损的表现。

**6.2.4**　本条规定了砌体砖墙残损点评定中度或重度级别的情形。砌体砖墙因风化剥蚀导致有效承载截面削弱，以及倾斜量超限，或出现影响承载功能的受力裂缝与沉降变形裂缝，均视为对结构构件安全性有显著影响的中度或重度残损。

**6.2.5**　本条规定了生土墙残损点评定中度或重度级别的情形。生土墙对雨水浸泡极其敏感，生土材料遇水后强度迅速褪化，因此当墙体长期受潮或浸水条件下，应视为对结构构件有重度危害。生土砌体表面通常无粉刷层等完整装饰保护，受风化剥蚀影响更大，室外大风、暴晒与霜冻、昼夜温差、沙尘颗粒等因素将导致截面削弱。加之无可靠粘结材料，基础埋深浅而整体性不佳，墙体更容易出现倾斜、下沉、开裂或局部外鼓缺陷。

**6.2.6**　本条规定了毛石墙残损点评定中度或重度级别的情形。毛石砌体表面平整度不高，但通过墙身垂直度可以判断整体结构稳定性。砌筑砂浆将形态各异的石材垒砌连接，确保了毛石墙的整体性能，因此出现沿灰缝开裂甚至石材开裂时，应评价为中度或重度残损。

**6.2.7**　本条规定了石柱残损点评定中度或重度级别的情形。石柱用于支承上部木构架梁枋，石柱柱身垂直度影响竖向荷载传递，过大倾斜导致偏心时易引起石柱局部承压破损或柱身断裂。石柱与上部木构架的连接部位出现错位或连接松脱也将导致支承失效。石材出现材质劣化的程度与石材材质有密切关系，质地坚硬致密的石材表面受环境影响小、风化程度弱，而软质岩石表面更容易收到风化和侵蚀。同时构件所处环境对石材的影响很大，长期处在室外收到日晒雨淋或生物腐蚀的部位时，石柱残损情况越严重。

**6.2.8**　本条规定了钢构件残损点评定中度或重度级别的情形。近现代保护建筑钢结构使用时间长，原有钢构件容易出现表面锈蚀和焊缝及螺栓等连接部位缺陷。构件表面的裂纹和超过厚度1/2的缺陷将极大降低构件受力性能，螺栓松动或外漏丝扣不足容易导致滑脱。焊缝的锈蚀或夹杂等引起连接节点失效。

**6.2.9~6.2.13**　本规程对木结构残损点评定中度或重度残损的标准，参考了现行国家标准《古建筑木结构维护与加固技术标准》GB/T 50165的有关规定。

### 6.3　单个构件鉴定评级

**6.3.2**　构件是结构组成的基本要素。本条规定了单个构件鉴定评级的内容，包括残损等级和和承载等级两个方面，通过各项勘查与计算结果按最不利条件取最低一级作为鉴定等级，评价结果的安全程度更高。

**6.3.3**　本条规定了单个构件按勘查项目的残损状况进行鉴定等级的标准，评级方式与《古建筑木结构维护与加固技术标准》GB/T 50165和《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292的方式相同。

**6.3.4**　单个构件按承载能力验算项目评定承载等级时，需要根据结构构件现有状况进行计算分析。当年久远无建造时期规范可循的，可采用年代最早的设计和荷载规范进行计算。结构构件的实际承受荷载、现有材料强度、现有几何尺寸都应根据现场调查或检测核算。

**6.3.5**　采用抗力与重要性系数及作用效应乘积之比值的形式划分承载能力等级是现行规范中常用的形式。主要构件、节点和连接的损伤破坏或缺陷对结构危害性更大，因此需要具备更高的安全程度，评定b级、c级、d级的抗力效应比均比一般构件更高。

### 6.4　结构体系鉴定评级

**6.4.2**　结构体系是由各种类型的构件节点组成整体系统，因此结构体系鉴定评级通过构件集的安全性等级和结构整体牢固性等级两方面综合评价。

**6.4.3、6.4.4**　本规程根据建筑层数，对主要构件集和一般构件集安全性鉴定等级划分作了规定。各个级别按照c级和d级构件数量所占比例进行区分，所占比例限值参考了现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292的有关规定。

**6.4.5、6.4.6**　结构体系的勘查项目从四方面划分安全性等级。结构布置与结构的选型和荷载传递方式有关，合理的选型和布置规则且完整的结构，更利于明确受力条件，对抵抗外力作用和增强结构整体性有利。支撑系统和抗侧力系统的布置数量、位置及布置方式能进一步提高结构整体性，特别是双向刚度差异明显的建筑物，在水平平面和竖直平面的抗侧力构件和支撑能使各主要传力构件有效分配外力作用，发挥整体工作性能。节点和连接的强度与刚度有利于荷载传递，对于具有足够承载能力的构件，各节点连接处往往成为薄弱环节，特别是早期建造水平不高，难以形成刚性节点，多为简单的支承点搭接，在位移变形过大或节点支座残损而发生节点连接破坏时将关联多个构件，容易引起整体性危害。整体性构造措施是对结构体系的进一步封闭拉结和整体约束，如自上而下连通的构造柱、外围水平封闭的圈梁、墙体中的封闭约束加强带等，这些整体构造措施有助于减小各部分应力不均，及时发生局部破坏也能有效分担释放的荷载作用，确保结构整体性的安全。

### 6.5　地基基础和场地安全性鉴定

**6.5.1、6.5.2**　地基基础和场地安全性鉴定从三个方面进行评价，包括地基变形、地基基础承载力、边坡稳定性。为了确保结构安全，仍然按上述三个方面鉴定级别的最低一级来综合评价近现代保护建筑的地基基础安全性等级。

**6.5.3、6.5.4**　根据地基变形鉴定地基基础安全性，是从上部结构反应和建筑物变形数据进行分析评价。建筑物的倾斜总量、相对沉降变形差、单点沉降速率、累计沉降变形量可以通过变形观测和动态监控测量。上部结构对地基基础变化导致的裂缝应结合裂缝形态特征判断，在砌体结构中更为明显。本规定中参照《民用建筑》将每月地基沉降量限值定为2mm。

**6.5.5**　本条提出了按地基基础承载力检测验算结果评定安全性等级的方法。近现代保护建筑经过长时间的使用，现存建筑物的地基已经完成沉降变形并处于稳定状态，仅在地质条件突然变化或出现新的扰动才会产生后期变形隐患。建筑物基础在使用过程中已经受各种荷载考验，因此未出现明显地基基础承载力缺陷且建筑物基本完好时可以判定为A级或B级。而对于存在地基基础承载力不足导致的开裂损伤时，按现行国家标准进行验算，可以确保地基基础检测鉴定结果和加固设计方案具有更高的安全保障。

**6.5.6**　边坡场地建筑物的安全性与边坡稳定性息息相关。对于场地内出现过滑移史、或近期勘探查明存在潜在滑动面时，都表明边坡场地出现滑移风险较高，为了安全起见，即便勘查鉴定时建筑物完好，仍将边坡场地评定为安全性较低的级别。

### 6.6　抗震鉴定

**6.6.1**　对近现代保护建筑混合结构进行抗震鉴定时，建筑物已经过长时间服役，无法给出一个确定后续使用年限。根据《建筑抗震鉴定标准》GB 50023的有关定义，在70年代以前建造的可继续使用的现有建筑，后续使用年限不应少于30年。因此本条规定将近现代保护建筑混合结构按A类建筑进行抗震鉴定。

**6.6.2、6.6.3**　近现代保护建筑混合结构在建造时并未进行抗震计算，因此抗震鉴定以构造鉴定为主。只有抗震设防烈度很高和场地类别对地震敏感的地区，确需进行处置时，才需要针对主要承重构件进行抗震验算。根据上述两种情形，本规程中的抗震鉴定也参考《建筑抗震鉴定标准》GB 50023的方法分为两级进行。

**6.6.4~6.6.6**　近现代保护建筑砌体结构的抗震重点在于房屋高度和层数、结构布置的合理性、材料强度、外挑外伸构件、圈梁构造柱措施等，本规程结合近现代保护建筑的特点，将抗震鉴定过程进一步简化，综合抗震能力指数的计算方法与《建筑抗震鉴定标准》GB 50023的规定一致。

**6.6.7~6.6.9**　进行第一级鉴定时，近现代保护建筑混凝土结构的抗震重点在于房屋局部易掉落上人的部位、框架跨数、节点连接构造、材料强度、钢筋配置等。第二级鉴定参考《建筑抗震鉴定标准》GB 50023的方法按照屈服强度系数和综合抗震能力指数方法进行验算。

**6.6.10~6.6.13**　木结构自身具备较好的抗震性能，结构构件和节点变形协调性好、抗侧力冗余度高，因此木结构建筑物的抗震鉴定以构造鉴定为主，只是在8度和9度条件下提高抗震构造要求。在抗震构造鉴定中，重点内容在于个构件的连接部位，如柱础与上部立柱的支承错位、柱与上部梁枋的榫卯和铁件拉结、斗拱的完整性、木构架的垂直度或整体连接、木构架的空间连系等。

### 6.7　鉴定报告编写要求

**6.7.1~6.7.2**　本规程提出了近现代保护建筑鉴定报告的编写内容

# 7　砌体结构维护与加固

### 7.1　一般规定

**7.1.1**　残损程度大的砌体构件更易出现倾斜、倒塌风险，因此本条最处置顺序作了相应规定。

**7.1.2**　构造措施是保证该砌体结构整体工作性能的重要保证，能充分发挥单个构件承载力的发挥，因此本条提出在维护与加固过程过程中对构造措施的补充。

**7.1.3**　砌体结构整体性相对较弱，对外界扰动和不均匀沉降敏感，因此本条规定了维护与加固过程中对使用环境进行分析。

**7.1.4**　本条规定了近现代保护建筑混凝土结构加固承载能力极限状态和正常使用极限状态的验算和设计原则。采用线弹性分析方法计算结构的作用效应能确保砌体结构处于安全应力状态，与实际吻合较好，因此本条沿用这一方法。近现代保护建筑长时间时候后材料强度存在明显褪化，因此原结构材料强度应通过实测砌筑砂浆和砌筑砖的强度进行换算和推定。砌体结构对地震作用敏感，局部刚度变化将导致抗震性能明显变化，因此在抗震能力计算时计入地震作用效应增大的影响。

### 7.2　砌体柱

**7.2.1**　采用自密实混凝土薄层、水泥基灌浆料薄层、钢筋网复合砂浆薄层加固砌体柱，是在砌筑柱外侧新增刚性加固薄层，用以提高砌体柱的承载能力和刚度。加固方法与钢筋网砂浆面层类似。但上述三种薄层采用的水泥基材料性能更高，同等条件下具有更好的加固效果，且均为薄层，综合加固效益更好。

**7.2.2**　四面围套加固对核心区砌体柱有约束增强效应，有利于增强构件受力性能。双面对称加固相比于单面加固稳定性更好，同时能防止偏心受力条件下加固层与砌体柱发生剥离破坏。

**7.2.2~7.2.5**　采用自密实混凝土薄层、水泥基灌浆料薄层加固砌体柱的具体做法是将砖柱表面剔凿抹灰层，经清理和修整后，紧贴原构件表面布置竖向钢筋和横向箍筋，同时将新增钢筋网骨架通过销钉与原砌体连接，最后在表面新增自密实混凝土或水泥基灌浆料薄层。相比于原构件，新增薄层的厚度仅为35mm~50mm，对原构件尺寸改变很小，但通过高强度的自密实混凝土或水泥基灌浆料材料以及补充的竖向钢筋，结合横向箍筋的约束效应，能大幅度提高砌体柱的承载能力和刚度。采用上述加固技术时，现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702中关于钢筋网砂浆面层加固砌体结构的计算方法仍然适用。

自密实混凝土、水泥基灌浆料的材料强度等级可以达到30MPa至80MPa，由于材料强度比原构件砌体高，仅需35mm~50mm的厚度，即可大幅提高承载能力，因此在构造中对竖向钢筋和箍筋的配筋量限值更加宽松，采用直径小的钢筋能进一步降低薄层厚度。砌体柱单面尺寸大难以进行对穿拉结，因此采用植入锚筋的形式进行锚固。

**7.2.6~7.2.8**　钢筋网砂浆面层加固砌体结构在工程中已经广泛应用，与普通水泥砂浆相比，复合砂浆具有更加优良的性能。复合砂浆是掺入有高性能掺和料、微细纤维和复合型外加剂的砂浆材料，强度、韧性、密实度、抗裂性都优于普通砂浆材料，用于砌体加固中可以配置抗压强度达到M15至M50的各个级别。钢筋网砂浆薄层厚度未25mm~40mm，施工工艺和钢筋配置方式与钢筋网砂浆面层加固砌体结构相同，因此也沿用《砌体结构加固设计规范》GB 50702中关于钢筋网砂浆面层加固计算方法的有关规定进行加固设计和承载力计算。

**7.2.9~7.2.11**　外包钢加固法是在砌体柱四角采用竖向角钢裹夹包覆，四肢角钢之间采用横向钢缀板连接，形成外包于砌体柱表面的体外型钢骨架。采用干式外包时，型钢骨架与砌体柱各自分担荷载单独受力。采用结构胶粘接贴合后，除了型钢骨架与砌体柱各自承载外，外包型钢骨架对内侧砌体柱具有约束增强效应，为避免施工误差的影响，计算中不计入这一部分的承载力提高值。

### 7.3　砌体墙

**7.3.1**　砌体墙比砌体柱构件加固作业面更大，除了竖向承载力外，构件抗剪加固也很常见，因此增加了粘贴纤维复合材和钢丝绳网聚合物砂浆面层加固法。

**7.3.2**　本条规定了砌体墙加固时截面计算宽度的确定方法。

**7.3.3**　双侧加固具有更好的稳定性，但保护建筑一些体现文物价值特征的部位只能进行单面加固时，此时只要确保面层与基层的粘结质量可靠，确保共同工作，也可在隐蔽的墙体内侧采用单面加固。

**7.3.4~7.3.5**　采用自密实混凝土薄层、水泥基灌浆料薄层加固砌体墙的具体做法与加固砌体柱一致。不同的是，砌体柱加固时进行四面外包，加固层配置的是竖向钢筋和箍筋组成的钢筋骨架。而砌体墙双面或单面加固时，加固层配置的竖向钢筋和水平钢筋组成的钢筋网。竖向钢筋配置在内侧，与薄层水泥基材料共同承受荷载，水平钢筋配置在外侧起到约束作用。

**7.3.6~7.3.9**　采用钢筋网复合砂浆薄层加固砌体墙的受压承载力计算和构造要求与加固砌体柱一致。进行抗剪计算时，本规程参考了现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702中关于钢筋网砂浆面层加固砌体结构的计算方法。

**7.3.10~7.3.14**　采用粘贴纤维复合材加固砌体墙时，在对原构件清理后，为了确保粘贴紧密，需要在原构件表面抹压一道砂浆进行修整找平。在阳角部位直接弯折会导致纤维复合材承受拉力时因应力集中发生断裂，因此需要进行倒角圆化处理。纤维复合材的锚固是确保共同工作的关键因素，无论是水平粘贴还是交叉粘贴，锚固的部位除了端部的压条外，还规定在沿条带方向的中部均匀设置间距不大于1m的压条，是为了分散纤维复合材的应力，同时在涂刷结构胶粘剂时便于固定，防止胶粘剂流坠不均。

**7.3.15~7.3.17**　采用钢丝绳网聚合物砂浆面层加固砌体墙主要用于抗剪承载力的加固，钢丝绳网为主绳和分布绳交织成的柔性绳网，需要在两端张拉绷紧并固定后再与固化的聚合物砂浆面层形成复合结构，同时经向和纬向绳网需要通过绳卡连接共同受力，因此对钢丝绳网端部和节点应加强锚固。

### 7.4　抗震加固

**7.4.1**　本条规定了近现代保护建筑砌体结构加固的基本原则。一方面是对承重构件的承载力加固，另一方面是对整体稳定性的加固。本条特别提出了基础水平承载力不足的情形，近现代保护建筑砌体结构的基础埋深浅，多为毛石或砖砌的墩台与条形基础，在基础顶面和侧面增设刚性地坪有助于提高基础抗侧力效果，开挖工作量不大，且能与其他相关工程的维护与加固同时进行，是一种理想的基础抗震加固方案。

**7.4.2**　本条规定了近现代保护建筑砌体结构高度和层数不符合要求时的加固方法。改变结构体系的方案对结构整体变动较大，会增大加固工程量和显著改变建筑风貌。近现代保护建筑使用频率低，为了减小影响，可改变使用用途和设防类别、限制使用并对少数构件处理。

**7.4.3**　本条规定了近现代保护建筑砌体结构抗震承载力不足的加固方法。抗震承载力的加固和构件自身承载力与刚度加固可同时进行，对处于隐蔽位置的结构构件，选择水泥基薄层加固或钢筋网砂浆面层加固的方式可以解决强度和刚度问题，耐久性和防护性能也有更好报账。外包型钢骨架等方案施工方便快捷，对保护建筑风貌特征无显著影响，但在特殊环境下使用耐久性不加，需要进行持续维护保养。

**7.4.4**　本条规定了近现代保护建筑砌体结构整体性不足的加固方法，需要根据具体条件设置支撑和连接，若处于隐蔽处且不影响观瞻，可新浇筑或砌筑永久性的构件。若处于非隐蔽部位，应优先采用质量轻、强度高、组装方便且易于辨识的钢结构，以便与原有保护建筑的风格特征区分出来。

**7.4.5**　本条规定了近现代保护建筑砌体结构易倒塌部位的加固方法。外伸部件、悬挑构件、出屋面部件、门脸、女儿墙在不同建筑物上的分布与建筑风格和用途息息相关，在外立面上亦是建筑价值的直接体现，很多部件上的花饰、配件、线条蕴含了丰富的历史文化信息，为了保持建筑物原有风格特征，对这些部件不能简单地拆除或包覆。确定加固方案时，应以轻型材料在隐蔽处加固为主，型钢骨架可设置在内部或凹槽阴角部位，薄层加固可施工在外立面装饰的反面一侧。

**7.4.6**　为了防止加固后构件形成局部刚度突变部位，本条规定对抗震加固后构件承载力设计值的限值作了规定。

**7.4.8~7.4.12**　增设圈梁和构造柱是提高近现代保护建筑砌体结构抗震性能的重要构造措施。研究结果表明，配置钢筋网的水泥基材料薄层与砌体形成的夹心带具有很好的整体性。通过在建筑物平面内形成封闭环带，并在竖向各楼层形成上下贯通的拉结联系，组成空间构造，可以起到与新建砌体结构建筑中钢筋混凝土圈梁和构造柱一样的效果。钢拉杆和型钢在墙体两侧对拉夹紧，可以形成类似效果，但变形协调性比组合圈梁弱。

# 8　混凝土结构维护与加固

### 8.1　一般规定

**8.1.1**　本条规定了近现代保护建筑混凝土结构维护与加固处置的顺序和范围，既体现了加固重点，又能防止过量加固对建筑物的影响。

**8.1.2**　采用线弹性分析方法计算结构的作用效应在现代建筑的混凝土结构加固设计和计算中普遍使用，因此本规程沿用这一分析方法。

**8.1.3**　使用环境对混凝土结构短期影响不明显，但对长期作用下结构构件的耐久性和整体性影响很大，因此本条提出在维护与加固时计入特殊使用环境的作用对建筑物的影响。

**8.1.4**　本条规定了近现代保护建筑混凝土结构维护与加固的基本原则。由于建造年代较早，除了残损病害外，混凝土材料受环境作用产生碳化并伴随材料老化，因此结构上的作用、原构件尺寸、材料强度都应按照现场检测勘查确定。近现代保护建筑中的混凝土结构连接措施较弱，且存在混凝土构件与钢构件、木构件、砌体构件分别连接和作用的情形，因此对结构构件受力条件进行调查并分析简图时应特别区分简支和固支关系。

**8.1.5~8.1.7**　本规程采用承载力抗震调整系数的方法进行抗震设计状况下的承载力计算，减小了设计计算难度。各种受力特征条件下构件的承载力抗震调整系数参考了现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011中的取值。

### 8.2　混凝土柱

**8.2.2~8.2.4**　水泥基薄层加固法是编制组长时间理论研究和工程应用总结提出的新型加固技术。

早在2008年，主编单位研究并牵头编制了《水泥复合砂浆钢筋网加固混凝土结构技术规程》CECS 242，并在加固工程领域大量用于混凝土结构加固。随着新型材料技术的发展，材料性能更加优异的高性能复合砂浆、自密实混凝土材料、水泥基灌浆料、活性粉末混凝土在加固工程中广泛采用，但多用于增大截面加固和局部置换混凝土。

2012年开始，主编单位陆续进行了水泥基薄层在混凝土结构加固中的研究与应用，并将自密实混凝土薄层、水泥基灌浆料薄层、活性粉末混凝土薄层和钢筋网复合砂浆薄层的设计、施工和检验方法进行了工程应用，使用效果良好。

与现代建筑相比，近现代保护建筑混凝土结构构件存在强度低、尺寸小、构造弱的特点，但维护与加固时，既要在尽量减小影响和扰动的前提下保证结构构件安全承载，还要保持建筑物和结构构件的原有历史风貌特色和文化价值信息。因此，采用水泥基薄层加固时，本规程的规定与现代建筑有所区别，对于新增钢筋直径、间距的规定更加宽松，以便在实际操作中合理调整。

**8.2.5**　自密实混凝土在狭小空间流动性能优于普通混凝土，因此同等强度等级下应优先采用。

**8.2.7**　采用增大截面法加固混凝土板类构件时，对于大面积施工可采用喷射混凝土。为了保证新增混凝土层与原构件共同工作，本条对新增钢筋与原构件之间的锚固和连接作了相应规定。。

**8.2.9**　置换深度太浅时，可能导致新浇混凝土层起壳剥离，无法与原混凝土结合，因此本条对最小置换深度作了规定。置换范围在缺陷区域向外延伸，是为了便于清理出过渡面。

**8.2.11**　型钢预应力撑杆加固法是在混凝土柱外施加一个顶升的围套，双侧对称顶升稳定性更好。横向张拉是通过将折线形撑杆收紧，使得上下两端分别产生顶升位移，更便于控制顶升过程中位移量。

**8.2.12~8.2.13**　采用型钢预应力撑杆加固混凝土柱的设计计算与构造规定，参考了现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

**8.2.14**　加固方形截面构件时，对角部圆化倒角处理可以使纤维复合材与构件表面贴合更加紧密，且受力均匀不产生应力集中，能有效防止纤维复合材断裂。在关于轴心受压柱约束核心区应力分布的研究中，方形截面柱角部恰好也为圆弧形，说明圆弧外侧边角区域内混凝土受约束效果有限。

**8.2.16**　结构胶粘剂和纤维复合材均为不耐高温材料，因此本条对使用环境条件作了相应规定。在特殊环境下，例如长期潮湿、酸碱腐蚀、冻融循环、振动等影响时，加固材料也应能具有足够的耐候性能

**8.2.17~8.2.20**　本规程采用外包型钢加固法分为干式外包钢和湿式外包钢，主要区别是型钢与混凝土之间的接触面是否采用结构胶粘剂粘贴。设计时将型钢和混凝土分别单独承受荷载，各自按截面刚度比例进行分配，与其他外包加固方法相同，型钢骨架对混凝土也存在约束提高作用，因此本规程中仅对圆形截面柱和截面高宽比小于等于1.50、截面高度小于等于600mm的矩形截面柱，计入对原柱混凝土约束增强作用。但实际施工时，干式外包钢和湿式外包钢两种方式型钢的约束效应不同，也难以准确计算，本规程中不加以区别。

### 8.3　混凝土梁

**8.3.2~8.3.4**　编制组对配置钢筋网的自密实混凝土薄层、水泥基灌浆料薄层、活性粉末混凝土薄层加固钢筋混凝土梁和桁架等受弯构件做了大量研究与工程应用，加固形式包括三面U行外包和四面外包，对抗弯和抗剪加固效果良好，而且对裂缝抑制和刚度提升明显，在濒海地区具有良好的耐久性。

上述薄层材料都是致密、坚韧、高强度的水泥基材料，与混凝土相容性好，且无粗骨料，能施工成厚度50mm以内的薄层。原构件表面剔除保护层露出箍筋后，重新布设钢筋网，再通过抹压、浇筑、喷射、弹涂方式施工加固面层，成型后尺寸改变不大。为了进一步减小薄层厚度，与现代建筑相比，本规程关于的薄层技术中配置受力钢筋的最小直径限值更低。

**8.3.5~8.3.6**　采用增大截面法加固混凝土梁的设计计算与构造规定，参考了现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

**8.3.7**　局部置换时，若仅进行截面一角或一侧的置换，会导致混凝土梁两侧性能不均产生偏心扭转，因此置换时应在两侧对称置换。

**8.3.8~8.3.13**　采用体外预应力加固混凝土梁的设计计算与构造规定，参考了现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的有关规定。

采用体外预应力加固方法在连续跨非常适用，通过将数道连续的预应力下拉杆贯通各跨，形成折线形穿绕各节点，利用预应力拉杆承托原构件荷载并将各跨荷载效应整体包覆，从而达到加固目的。且预应力筋主要布置在梁两侧，整个加固系统构造轻巧，在近现代保护建筑中使用，能与原结构构件明显区分，不遮蔽原建筑构件外观，利于对原建筑物影响较小，利于建筑保护和研究。

### 8.4　钢筋混凝土板

**8.4.3~8.4.4**　在板底进行凿毛和清理界面等作业时，工作难度比板面也更大，界面清理的洁净程度不如板面加固容易控制。钢筋混凝土板的板底加固时，加固层材料自重作用下容易导致界面粘结剥离空鼓，因此本规程规定的板底和板面加固时销钉锚固深度不一致，板底加固时的销钉植入深度比板面加固更长。

**8.4.5**　增大截面加固法适用于板面加固。板面混凝土厚度偏小时容易导致受力状态下发生剥离，因此本条规定的新增混凝土厚度不应小于40mm。

**8.4.6**　本条规定了对钢筋混凝土板进行置换加固的置换深度要求。板面置换时，置换厚度应确保新混凝土与原结构构件共同工作不发生剥离，因此与增大截面法的厚度限值规定一致。板底置换时，若仅局部进行剔凿和界面处理，相比增大截面法的大面积板底加固更难保证界面粘结质量，因此板底缺陷应贯穿整个截面凿穿，将原来的水平结合面转变成竖向或斜向结合面，既便于从上往下小范围灌注混凝土，又避免了水平界面粘结失效。

**8.4.7**　本条对粘贴钢板加固时钢板的截断位置和锚固方式进行了规定，是为了保证板底粘贴的钢板能将原构件内力包络线全部覆盖，防止在受力区段发生剥离破坏。

**8.4.8**　本条规定了纤维复合材的粘贴方法。外层粘贴的纤维复合材包覆内层材料，是为了增强对内层端部集中应力区的约束，同时保护内层截断点和主材。

**8.4.9**　本条规定了钢丝绳网聚合物砂浆面层加固混凝土板的耐候性和防护要求。板底是最容易受火灾、高温或有害介质侵蚀的区域，与外界环境接触面积大，钢丝绳网和内层混凝土板靠聚合物砂浆抵御外界环境作用影响，因此在特殊环境下应采取相应的防护措施。

### 8.5　抗震加固

**8.5.1**　本条规定了近现代保护建筑混凝土结构抗震加固的基本原则。提高结构承载能力是通过对构件加固直接增加构件强度和承载力，增强结构抵抗变形能力是对构件加固提高截面刚度，以及对节点新增约束提高结构刚性。改变框架结构体系是通过新增抗侧力构件和提高构件强度与刚度，增强整体框架的刚度和延性。

**8.5.2**　建筑物外围突出部位、局部刚度突变部位、体型差异显著部位，在地震作用下容易导致耗能集中，因此本条对非结构构件的抗震加固作了规定。

**8.5.3~8.5.9**　本规程出了钢筋混凝土房屋的几种抗震加固方法，是基于结构构件的承载力加固方式，综合结构整体性能和抗震加固基本原则进行确定。

# 9　钢结构维护与加固

### 9.1　一般规定

**9.1.2**　钢结构构件截面内不同应力区的材料性能一致，因此在改变结构体系并调整控制截面应力后材料性能仍能得到充分利用。改变结构体系法是通过改变支点的位置、数量、形式，调整结构体系中的内力分布和约束条件，从而改变不同部位结构构件受力状况。

**9.1.3**　增大截面法是利用焊接、螺栓连接、粘贴的方式增加控制截面的钢材面积。对称加固是为了防止截面形心位置发生变化产生偏心作用。

**9.1.4**　本条规定了增大截面法加固钢结构构件的防护措施。新增截面后应完善新部件涂装，并修复加固时经过打磨清理已破坏的原构件构件表面涂装，新旧涂装结合部位也应进行加强喷涂。

**9.1.5**　本条规定了预应力加固钢结构的构造措施。外加预应力时，各类锚具和锚固件、紧固件、转接件的固定部位需开孔设置螺栓固定于原构件上，因此在设置螺栓截面应复核验算开孔对界面的削弱影响。

**9.1.6**　施加预应力的各个作业阶段结构构件受力状态不同，为了防止张拉过程中发生张拉应力超限或张拉不同步导致构件失稳与破话，本条对预应力加固钢结构的施工工序作了规定。

**9.1.7**　内填混凝土加固钢结构对构件外观无明显影响，同时减少了钢构件内部锈蚀残损几率，但小直径构件灌填混凝土难以密实，因此本条规定了内填混凝土加固钢构件的最小截面尺寸。

### 9.2　钢柱

**9.2.3~9.2.4**　水泥基薄层加固钢结构构件是在构件表面布设钢筋网骨架并浇筑、抹压、喷射、弹涂加固薄层，提高承载力的同时起到增强钢构件防护性能的效果。主编单位通过喷射高性能复合砂浆薄层、浇筑活性粉末混凝土薄层的方式，对H型钢梁、柱进行足尺构件力学性能试验和工程应用研究，应用效果良好。加固层中的钢筋网与原构件钢材表面焊接连接后可以增强加固层与钢材表面粘结效果，加固层的水泥基材料致密无粗骨料，能有效防止外界环境有害介质侵蚀，并提升钢构件防火性能。

**9.2.6**　增设纵向构造钢筋是为了增强加固层与原构件表面粘结力。纵向构造钢筋分布在截面的转折、阳角、阴角，以及边长大于450mm的部位。

**9.2.7**　对称加固能防止构件形心位置发生改变产生偏心，因此轴心受力构件应采用对称加固或环形外包加固。偏心受力条件下为了防止发生剥离，初始应力比小于0.2时，可视为一次受力构件，新增截面部分与原构件同时从较低的应力水平开始共同工作，在后期应力和变形变化情况一致。

**9.2.8~9.2.9**　本规程规定了增大截面时新增部件与原构件进行连接的施工步骤。先在两端进行局部连接是进行初步固定，确认位置并进行对中，防止后续操作过程中发生偏移。沿着结合方向均匀布置连接点，是为了防止连接点部位出现应力集中或应力不均。

**9.2.10~9.2.11**　粘贴钢板加固时，新增钢板与原构件通过胶层粘结传递剪应力。但研究表明受压构件发生破坏主要以胶层的剥离为主，钢材达到屈服强度前构件即已发生失稳破坏。因此，粘贴钢板时钢板与原构件之间还需要开孔设置螺栓固定，防止正向膨胀变形产生的挤压应力超出胶层粘结力发生剥离外鼓。

**9.2.12~9.2.13**　本条规定了内填混凝土加固近现代保护建筑钢结构构件的计算方法。在钢管内灌入混凝土后，外围钢材对核心区混凝土具有约束提高所用，因此需要计入新增混凝土强度修正系数。承受横向荷载或弯矩作用时，构件由原来的空腹钢管变成实腹组合钢管混凝土截面，因此需要计算钢材和混凝土各自按平截面假定承担的荷作用。本规程关于内填混凝土加固设计分析与计算方法，参考了现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367的有关规定。

**9.2.14~9.2.15**　对钢构件进行外加预应力加固时，构件截面可能因施加了预应力而出现弯矩变号或荷载反向增大，因此本规程提出在张拉施工过程中对构件进行施工阶段的承载力验算复核。

**9.2.16**　钢拉索、钢吊杆属于柔性张拉装置，钢支撑属于刚性顶撑装置，加固时应根据原构件所处受力状态合理选择加固装置并进行分析。对称张拉或支撑能防止钢柱偏心荷载影响结构稳定性，因此空间允许时应优先进行对称加固。

### 9.3　钢梁

**9.3.2~9.3.4**　对钢梁采用水泥基薄层加固施工方法与钢柱相同。但钢梁为受弯构件，对钢梁截面进行外包薄层时，梁底受弯区配筋量可根据设计结果进行补充，梁顶水泥基薄层可承担压应力，在主裂缝出现之前的弹性阶段梁底水泥基薄层可抑制微裂缝的产生和发展。

**9.3.5**　增设支点后，钢梁跨度发生改变，需要重新按加固后受力体系进行复核。此外，增设的支点与钢梁的连接部位也应按照钢结构节点支座形式重新设计。

**9.3.6~9.3.7**　粘贴钢板法加固钢梁是通过改变原构件腹板和翼缘的计算厚度来提高构件的抗弯和抗剪承载力。

**9.3.10~9.3.11**　采用梁两侧对称张拉、以及控制张拉后反向变形量，是为了防止钢梁在预应力加固过程中发生失稳破坏。控制预应力加固索的最大张拉应力，是为了防止张拉后而未进入二次受力状态之前原构件发生破坏。

# 10　木结构维护与加固

### 10.1　一般规定

**10.1.1**　标记和记录替换下的原物件、原配件和原构件，是为了便于还原和恢复近现代保护建筑的法式特征和历史风貌。“最小干预”原则可以最大限度减少维护与加固对建筑物法式特征的影响，防止过度修复。

**10.1.2**　隐蔽结构的缺陷和环境条件的缺陷是指目前未出现残损，但在后期明显会出现恶化或不确定性的破坏，例如长期潮湿、温度剧烈变化、场地不利等，此类因素也会对木结构安全造成潜在威胁，因此也应在维护与加固过程中消除潜在安全隐患或改变不利环境条件。

### 10.2　木构架

**10.2.2**　本条规定了对木构架进行落架大修的顺序，是为了保存建筑物原有历史信息，确保拆落和归安过程中不发生遗失或错位。

**10.2.3**　本条规定了打牮拨正的顺序，分次逐步调整回正量能防止过度位移。施工过程中出现异常位移、缺陷或声响时，说明木构架受扰动后稳定性变化，应查明原因确认各处结构构件和节点不发生新的破坏损伤。

**10.2.4~10.2.5**　对木构架进行整体加固，是以提高结构体系整体性能为主要目标，因此对节点和连接处的锚固措施应加强，一方面对原有的连接部件加以补齐并展示原有面貌，另一方面需在暗处新增连接节点或采取补强措施。

### 10.3　木柱

**10.3.1~10.3.6**　木柱是近现代保护建筑木结构的主要竖向承重构件。根据残损类型、部位与深度，本规程提出了对木柱干缩裂缝、表层腐朽、柱脚腐朽、内部腐朽等残损的维护与加固方法，干缩裂缝采用粘接木块嵌补方式处理，表层腐朽采用胶粘剂和铁箍剔补修复，柱脚腐朽采用木料或石料墩接，内部腐朽采用灌浆填充处理。粘接木块嵌补和灌浆填充时，将原有木材裂缝和腐朽部分剔除干净才能确保结构胶粘剂和灌注的浆料与完好木材有效粘结。铁箍作为外加约束护套，能确保新旧连接部位更好地工作，防止在胶缝处直接受力，或在外力作用下变形过大发生胀裂破坏。树脂灌浆可以采用注射器灌入或钻孔后压力灌浆，但同时应设置排气孔，否则胶液无法注满。具体做法是在灌填空间的上部或顶部开设排气孔，在下部或底部开设注胶孔，从下往上注入，当排气孔中有胶液溢出时说明已经注满。

### 10.4　梁枋

**10.4.1~10.4.5**　梁枋是近现代保护建筑木结构的主要水平承重构件。本规程对梁枋出现的裂缝、腐朽、脱榫、过大变形等残损提出了维护与加固方法。干缩裂缝所采取的粘接嵌补方法与木柱相同，增加铁箍约束可以提高梁受弯时的刚度，防止过大变形出现脱胶开裂。梁端榫卯部件出现脱榫、榫头断裂、腐朽缺陷时，可清理恢复榫卯原状后重新固定辅以结构胶粘剂粘结或外绕铁箍和铁丝缠绕约束。榫头功能损失严重无法依靠原榫卯结构支承时，需要采用螺栓和铁件制作新的紧固装置进行支承固定。梁枋出现线形挠曲过大、一端翘起、歪斜时，变形量可能源自于木材自身承载功能不足，也可能源自于木材的干缩变形，维护与加固时采取螺栓固定和增加铁件承托，可以分担梁坊荷载，防止过大变形下构件失效破坏。

### 10.5　斗拱

**10.5.1~10.5.5**　斗拱是由多个木制部件通过榫卯咬合拼接成的结构。本规程针对斗拱整攒包捆装卸、变形矫正、拼缝嵌固进行了规定。当斗拱中的单根部件出现残损时，可按木制构件的嵌补粘结修复。若部件与部件之间拼接不牢，出现变形、松散时，可以采用插销嵌固、胶粘粘结、木块垫压等方式处理。

### 10.6　抗震加固

**10.6.1**　近现代保护建筑木结构在建造时通常未进行系统性抗震设计，一些建造精良的建筑物采取了巧妙的抗震隔震措施，从而在历次震害中仍保存完好。木结构建筑物因材质和构造的特殊性，自身具有较好的抗震能力。木材各向韧性和弹性好，而木构件主要以榫卯作为连接节点，在变形和外力影响下具有一定位移空间，因此木结构建筑能更好的吸收地震能量，减轻对自身影响。

**10.6.2**　本条规定了近现代保护建筑木结构的抗震设防目标，参考了现行国家标准《古建筑木结构维护与加固技术标准》GB/T 50165的有关规定。比与其他建造时间更早的古建筑木结构相比，近现代保护建筑木结构的建造标准更高，采用与古建筑相同的抗震设防目标是为了使建筑物具有更好的抗灾损能力。

**10.6.3**　本条规定了近现代保护建筑木结构增强抗震构造措施的方法。一方面是从结构体系上增强整体性和增加耗能构件，另一方面的对单个构件增大截面和增加抗震损能力。

# 11　相关工程维护与加固

### 11.1　一般规定

**11.1.1~11.1.3**　近现代保护建筑的相关工程包括室内外的围墙、水沟、围墙、石作、场地等围护设施。对相关工程的维护与加固，除了保持外观和风貌之外，还包括各种设施功能的恢复。

### 11.2　场地、排水及基础

**11.2.2**　本条规定了位于特殊土质场地的近现代保护建筑基础维护与加固原则。疏通天然流径、修建水池、设置排水沟，是为了及时排除地表水，减少土体受水浸软化导致地基承载失效。

**11.2.3**　本条规定了位于山坡场地的近现代保护建筑基础维护与加固方法。山坡地形复杂，虽然排水通畅，但同时也容易受雨水冲刷，特别是植被稀少且含松散砾石的坡面，设置截洪沟是为了逐级缓解流动的泥石流能量。山坡表面的岩土裂缝和滑动面迹线表明坡体有发生滑移、崩塌风险，也应采取打入木桩、坡体注浆固化等措施加以限制。

**11.2.4**　本条规定了位于河堤场地的近现代保护建筑基础维护与加固措施。河堤防冲刷措施包括对堤岸坡面固化、堤身增大截面加固，也可在河道抛石、增加障碍物减缓流速、设分洪引流措施。

**11.2.5**　本条对近现代保护建筑地基周边开挖坑、槽作了相应规定。为了减小开挖振动影响和土体应力释放影响，本条规定了开挖区域距离建筑物的最小距离。为了防止开挖过程中坑槽侧壁滑塌，本条规定了坑槽侧壁的最大坡比。降低水位能减少冒水、流沙、管涌风险，但同时需观察防止降水对基础沉降变形产生不利影响。

**11.2.6**　本条提出了地基基础加固的具体措施。地基基础加固的目标是通过换填和加强的方式治理软弱地基，然后修复因地基产生的基础和上部墙体病害，最后通过引导排水，防止积水渗水产生新的危害。

**11.2.7~11.2.9**　增设桩基、基础托换、地基换填、水泥灌浆和旋喷注浆加固地基都是技术成熟可靠的地基基础加固技术，近现代保护建筑体量小，基底应力水平不高，采用这些成熟的加固技术能有效解决地基基础的缺陷问题。

### 11.3　石构件

**11.3.1~11.3.4**　石构件常见的残损类型包括裂缝和风化剥蚀。采用粘接石料适用于裂缝的修复加固和局部残损破碎带的剔补处理。当残损范围较大时，非承重构件截面石料自身承载能力受到明显削弱，粘接加固无法满足自身承载需求，需要进行整体更换。为了确保维护与加固后石构件外观与原构件一致，本规程对替换石料的种类、色泽、纹理作了规定。

### 11.4　墙体

**11.4.1~11.4.7**　相关工程中的墙体包括近现代保护建筑中的围墙、隔墙和一些砖砌围护墙体，包括青砖砌筑的和土石夯筑的墙体。对于砌块完整仍可使用的部分，进行拆解后采用原有砌块重砌，能完整保留建筑物原有风貌。若墙体表面有抹灰时，而残损的砌块已破碎无法重复使用时，结构层的砌筑材料可采用其他类型砌块，但仍需保持原墙体厚度、层次，并按照原色彩和纹样恢复抹灰层。根据考古经验，一些墙体内部可能藏有壁画、彩绘文字或其他实体物件，在维护与加固过程中，拆解原墙体应采用人工逐步剔凿，最大限度减少对文物的破坏，本规程对此亦进行了规定。

### 11.5　瓦顶

**11.5.1~11.5.6**　瓦顶是近现代保护建筑物形制和等级的一个重要象征，因此对瓦顶的维护与加固应特别予以重视，防止经处理后无法还原建筑物原有历史信息。在规格等级较高的建筑物上，瓦片的样式、规格、材料都很特殊，重新烧制样瓦难以实现，因此应尽量保存原瓦，破碎开裂的原有瓦片可经修复后使用。此外，瓦顶的拼接、铺砌、勾缝，都有独特的做法和风格，在揭瓦前必须做好详细记录和标记，以便后期新铺瓦顶时能完整复原。

# 12　工程验收

### 12.1　一般规定

**12.1.1~12.1.16**　本规程规定了近现代保护建筑维护与加固的主要施工程序，是为了在进行施工时合理安排人工、机械设备、材料，确保各个工序之间完整有序衔接，避免了窝工的同时，便于对每一环节进行质量控制和检验。

随着加固材料的发展，砌体和混凝土结构采用水泥基材料薄层和钢筋网砂浆薄层加固时，经过表面凿毛糙化和高压水流气流冲洗后，在不额外涂刷界面剂的条件下，加固层材料与原构件材料之间界面处理效果亦有足够保障。在很多加固工程的应用效果表明，一些界面剂产品涂刷使用不当，反而容易导致隔离效果，增加了界面空鼓脱离的几率。因此本规程的各项施工程序中未规定必须使用界面剂，同时提出了植入销钉、拉结筋、锚筋的措施，确保了界面粘结可靠。

对钢结构维护与加固时，特别是存在开孔或焊接工艺时，对原构件钢材截面有削弱影响，因此本规程在施工程序中提出了先设置支撑和支护体系的规定。采用焊接、螺栓连接、粘贴的方式增大钢结构构件面积时，为了防止应力集中，本规程提出现在端部和中部，间隔一定距离呈点状进行固定，再逐段依次连接。

增设支点法改变了结构构件受力条件，混凝土梁或钢梁在内力转换过程中截面应力状态发生改变，因此在施工前必须复核验算每个阶段的截面受力状态。预应力加固张拉过程中，对原构件施加了反向应力，因此也应复核验算每个施工过程，防止张拉装置尚未承载即导致截面在反向应力作用下发生破坏。在特殊环境进行维护与加固中采用钢板、纤维复合材、结构胶粘剂时，为了防止腐蚀性介质侵蚀，本规程规定了在加固材料外侧做防护层，同时要采用耐环境作用的结构胶粘剂和环氧类产品。

### 12.2　砌体结构验收

**12.2.1**　界面洁净程度影响加固层与原构件表面粘结效果，因此本条规定了界面清理后的检查验收方法。

**12.2.2**　立方体试块是检验原材料成型后抗压强度的通用方法，但在实际工程中试块的养护和保管增加了工作量，且代表值具有局限性。当试块遗失、破损或检验结果离散型大时，本条规定了采用现场无损或微破损方法进行实体检测。

**12.2.3**　水泥基薄层厚度小，局部外观质量缺陷也将削弱薄层承载能力和对钢筋的防护效果，因此本条规定了薄层的外观质量检测方法。

**12.2.4**　通过锤击方式检测加固层与原构件粘结效果简便易行，可以有效检测空鼓和界面粘结质量。

**12.2.5**　为了防止拌合后静置时间太长导致浆料分层变性，本条规定了单次配置水泥基材料的允许使用时间。

**12.2.6**　分层喷抹是为了防止单次施工太厚导致掉块、剥离和空鼓，也减小了人工作业难度。

**12.2.8~12.2.10**　用绳卡固定经绳和纬绳，操作更加简便。安装前划线标记便于快速确定钢丝绳网和绳卡位置，便于集中剪裁钢丝绳以及钻孔安插绳卡，提高了安装效率。为了确保张拉后传力效果，本规程对钢丝绳绷紧程度的检查方法作了规定。

**12.2.11**　外加预应力撑杆加固砌体柱时，柱截面角部存在应力集中，受压时会导致外侧型钢骨架与砌体截面无法贴合，因此本条对截面倒角圆化处理作了相应规定。

**12.2.12~12.2.15**　为了确保支座预应力撑杆的型钢骨架自身具有足够的强度和刚度，本规程对型钢部件尺寸作了相应规定。

**12.2.16**　预顶力过大容易导致原砌体柱自身内力突变产生裂缝或变形，因此本条对外加撑杆建立的最大预顶力值作了相应规定。

**12.2.18**　水泥基薄层厚度和平整度偏差过大，会降低加固层承载能力和刚度，同时降低面层对加固钢筋的防护效果，因此本条规定了水泥基薄层的尺寸允许偏差。

**12.2.21**　钢丝绳网片位置和间距过大，将导致钢丝绳无法呈直线受力，降低张拉效果和承载能力，英雌本条规定了钢丝绳网片位置的最大允许偏差。

### 12.3　混凝土结构验收

**12.3.1**　在缺陷混凝土之外扩大剔凿，是为了防止边缘疏松劣化混凝土未清理干净影响界面结合质量，因此本条规定了缺陷清理的最小范围。

**12.3.2**　本条规定了原构件混凝土表面凿毛处理的形式和尺寸要求。研究表明，剔凿成点状凹坑和条带状沟槽，都能提供良好的界面咬合与摩擦力，且点状凹坑越深越密集或条带状沟槽深度越大间距越小时，则界面粘结效果更好，因此本条规定了点状凹坑及条带状沟槽的最小深度与最大间距。

**12.3.3~12.3.6**　水泥基薄层加固混凝土结构的性能与薄层材料强度、加固层钢筋网间距、界面质量有关，因此本规程对这三个项目的质量验收要求作了规定。

**12.3.7**　界面胶（剂）的涂刷质量存在缺陷时，将严重影响新增混凝土与原构件的粘结，无法有效传递界面应力，反而起到隔离作用，因此本条对界面胶（剂）的质量验收作了规定。

**12.3.9**　对混凝土结构采用增大截面法加固采用的是改性混凝土材料，因此本条规定采用混凝土见证取样的检查数量和检验方法进行验收。

**12.3.10~12.3.12**　新增混凝土外观质量缺陷影响加固层密实程度和截面受力性能，新旧混凝土界面粘结质量影响新旧混凝土共同工作和界面传递应力，加固钢筋的保护层厚度影响构件耐久性和防护性能，因此本规程对上述指标作了相应规定。

**12.3.13~12.3.16**　为了确保预应力拉杆（撑杆）建立的张拉力（支顶力）有效传递至原构件，且承载后张拉装置自身不发生强度和稳定性破坏，本规程对制作预应力拉杆（撑杆）装置的材料及与原构件支承材料提出了相应规定。

**12.3.17**　本条规定了型钢骨架与原构件表面间隙的最大限值，是为了确保压注胶液或填塞的环氧胶泥能顺利灌满间隙中。间隙过大将导致胶液或胶泥空鼓，影响型钢骨架与原构件表面的粘结效果。

**12.3.20**　混凝土表面含水率过大会影响结构胶粘剂的粘贴效果，引起粘贴的纤维复合材空鼓起皱，因此本条规定了粘贴部位混凝土表面最大含水率限值，并提出了在潮湿面采用人工干燥处理。

**12.3.21**　搭接长度不足将导致受力时先后粘贴的纤维复合材之间剥离，因此本条规定了最小搭接长度，包括沿受力方向的顺纹搭接、不同层数之间搭接和相邻非受力方向的横纹搭接。

**12.3.22**　空鼓锤击检测的判定依据是按面积百分比，执行时可将测试面表面划分为100mm×100mm的网格单元，按每个单元逐一敲击，存在空鼓的即标记为空鼓单元，再根据最终空鼓单元面积占比进行计算评价。

**12.3.24~12.3.25**　研究表面，混凝土表面粘贴纤维复合材或钢板加固时，胶层厚度对界面应力传递有重要影响。随着胶层厚度增加，界面粘结力增强，但增加到某一厚度时，胶层反而容易出现开裂和剥离，因此本条对胶层厚度限值作了相应规定。

**12.3.26**　粘贴钢板加固混凝土结构时，钢板自由段太长将发生钢板弯曲和胶层剥离，而每隔一定距离增加夹持点采用夹具进行加压固定，能使钢板与原混凝土表面间隙均匀一致，使胶层涂布均匀，因此本条规定了粘贴钢板加固的最大加压点距离。

**12.3.29**　用于维护与加固工程的混凝土材料中外加剂和掺和料品种多，在硬化过程中水化反应复杂，拌制和养护要求比普通混凝土更高，因此本条规定了增大截面加固的养护时间要求，是为了确保混凝土内部水化反应充分进行，减少内部产生微细裂缝。

**12.3.30**　锚固部件安装位置偏差过大会导致传力方向偏离，与设计条件不一致，因此本条规定了预埋件、承压板等的安装位置精度。

**12.3.34**　气温低于15℃时粘贴纤维复合材所采用的结构胶粘剂难以完全固化，因此本条规定了施工现场温度最低限值。

**12.3.39**　粘贴钢板加固时，固定钢板的锚栓周边混凝土存在局部应力集中，本条规定了粘贴钢板的锚栓直径、埋深、边距要求，是为了防止锚栓周边混凝土局部破坏。

### 12.4　钢结构验收

**12.4.1**　钢材表面划痕深度过大将削弱截面完整性，需进行补焊后重新打磨，因此本条固定了钢构件表面清理的技术要求。

**12.4.3~12.4.5**　水泥基薄层材料强度的检验方法通过立方体试块抗压强度或现场实体检测方法确定。水泥基薄层出现严重外观缺陷和影响功能的尺寸偏差时，将导致截面有效面积削弱，降低加固层承载力。水泥基薄层界面空鼓说明加固层与原构件表面剥离，将影响两者共同工作并使加固层过早破坏。

**12.4.7**　在待焊区意外扩大钢材表面打磨范围，是为了减少缺陷边缘电化学反应，防止清理不充分导致产生新的锈蚀缺陷。

**12.4.10**　负载下进行焊接作业安全风险大，且焊接过程中热效应在钢材内部产生局部温度应力集中，若按单一方向直接进行焊接将使钢材内部热效应产生的应力无法释放，并将导致附加变形增加，影响加固构件的承载性能。为了消除高温热影响，本条规定了焊接作业的施工顺序。

**12.4.11~12.4.18**　本规程提出的近现代保护建筑钢结构维护与加固中，采用了螺栓和焊接等现代施工工艺，螺栓和钢材的质量、性能、强度等级均高于原构件，因此本规程中按照现代建筑的质量要求对螺栓和焊接的质量进行检验。

### 12.5　木构架验收

**12.5.1~12.5.3**　木构架安装后尺寸对结构构件受力性能有重要影响，同时为了使维护与加固的木构件与原构件尺寸、形制保持一致，本规程规定了木构件安装尺寸的允许偏差。表12.5.1中的木构件为原构架落架归安施工后检验内容，表12.5.2针对的是新配和替换的承重木构件，表12.5.3规定的是斗拱中的木质部件。

**12.5.5**　榫卯间隙过大将导致木构架或斗拱连接松动，影响结构构件整体性能，荷载长期作用下增加构件的变形，因此本条规定了木构架或斗拱的榫卯间隙最大限值。

### 12.6　相关工程验收

**12.6.1**　为了确保维护与加固后的台基稳固不产生偏斜，本条规定了石构件砌筑台基的尺寸偏差限值。

**12.6.3**　本条规定了门窗扇对角尺寸偏差，是为了确保重新安装后门窗启闭正常，同时考虑了木材含水量变化导致膨胀收缩变形的影响。

**12.6.5~12.6.11**　补砌和补配的各种相关工程及设施，都具有典型的建筑物风格特征，对反映和还原建筑物代表的历史信息至关重要。因此在维护与加固时，除了满足承载和功能的需求外，本规程对这些设施和部件的尺寸、形制、色彩、纹饰、工艺做法也作了相应规定。