



中华人民共和国国家标准

GB/T 39056—2020

古建筑砖石结构维修与加固技术规范

Technical code for maintenance and strengthening of masonry structures
on ancient buildings

2020-09-29 发布

2020-09-29 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、符号	1
3.1 术语和定义	1
3.2 主要符号	3
4 基本规定	3
5 工程勘查	3
5.1 一般规定	3
5.2 地基基础勘查	4
5.3 主体结构勘查	4
5.4 围护系统勘查	5
6 安全性评估	5
6.1 一般规定	5
6.2 评估程序	6
6.3 评估工作内容	7
6.4 评估标准	7
6.5 评估报告	9
7 维修与加固	9
7.1 一般规定	9
7.2 维修与加固设计原则	9
7.3 维修	10
7.4 地基基础加固	11
7.5 主体结构加固	11
7.6 纠偏、顶升	11
8 工程验收	12
8.1 一般规定	12
8.2 施工质量验收与竣工验收	12
附录 A (规范性附录) 单个构件的划分	13
附录 B (规范性附录) 安全性评估方法	14
附录 C (资料性附录) 石质构建表面清洗技术分类	20
附录 D (资料性附录) 地基和基础加固方法	21

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由国家文物局提出。

本标准由全国文物保护标准化技术委员会(SAC/TC 289)归口。

本标准主要起草单位:陕西省文物保护研究院、中冶建筑研究总院有限公司、中国文化遗产研究院、中国地质大学(武汉)、西安建筑科技大学(陕西普宁工程结构特种技术有限公司)、西北大学、机械工业勘察设计研究院有限公司、陕西省建筑科学研究院、陕西古建园林建设有限公司。

本标准主要起草人:齐扬、赵强、张炜、张文革、周伟强、侯卫东、陈一凡、方云、严绍军、郑建国、田鹏刚、王林安、周明、席向东、李俊连、陈平、郝宁。

古建筑砖石结构维修与加固技术规范

1 范围

本标准规定了古建筑砖石结构保护过程中的基本规定、工程勘查、安全性评估、维修与加固和工程验收等技术要求。

本标准适用于古建筑砖石结构类房屋、塔、城垣、桥梁、牌楼等维修与加固的科研、评估、设计、施工等工作。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有修改单)适用于本文件。

- GB 50003 砌体结构设计规范
- GB 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 50009 建筑结构荷载规范
- GB 50292 民用建筑可靠性鉴定标准
- CJJ 39 古建筑修建工程质量检验评定标准(北方地区)
- CJJ 70 古建筑修建工程质量检验评定标准(南方地区)
- JGJ 123 建筑地基基础加固技术规范
- JGJ 159 古建筑修建工程施工与质量验收规范
- WW/T 0007 石质文物保护修复方案编写规范
- WW/T 0028 砂岩质地文物防风化材料保护效果评估方法
- WW/T 0063 石质文物保护工程勘察规范

3 术语和定义、符号

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

安全性 safety

古建筑在正常使用条件下,承受可能出现的各种作用的能力,以及在偶然事件发生时和发生后,仍保持必要的承载能力和整体稳定性的能力。

3.1.2

分部结构 sub-system

整体结构的组成部分,可划分为地基基础、主体结构、围护系统三个分部。

3.1.3

风化 weathering

古建筑中的土或砖、石块体在温度变化、水的危害、大气及生物作用等长期影响下发生的破坏作用。

3.1.4

腐蚀 corrosion

构件直接与环境介质接触而产生物理或化学的变化而导致材料的功能受到损伤的现象。

3.1.5

古建筑 ancient building

运用传统材料、传统技术建于 1840 年以前的具有历史、艺术、科学、社会和文化价值的建筑物和构筑物。

3.1.6

结构加固 strengthening structure

对安全性不足的古建筑的整体或局部采取增强、局部更换等活动。

3.1.7

勘查 reconnaissance and survey

对场地地质、岩土、环境、结构体系、保护现状和主要病害等进行调查、分析与评价,编制成果文件,为后期保护工程的设计与实施提供资料的活动。

3.1.8

勘察 investigation

查明、分析、评价场地的地质、地理环境特征和岩土工程条件并编制相关文件的活动。

3.1.9

砌体 masonry

用砖、石类块体和灰浆砌筑而成的台基、台阶、墙、柱等实体。

3.1.10

损伤 damage

由于荷载作用、环境侵蚀、自然灾害和人为因素等对结构构件造成的非正常的位移、变形、开裂及材料的破损和劣化等损害。

3.1.11

围护系统 building envelope system

由屋面、外墙、门、窗等组成的,满足古建筑防水、保温、隔声等建筑功能的体系。

3.1.12

维修 maintenance

对古建筑进行的修缮、整修工作。

3.1.13

整体结构 appraiser-system

分部结构的集合,古建筑,根据其结构体系、构造特点可以独立进行安全性评估的单元。

3.1.14

整体稳定性 global stability

结构在未达到强度极限,甚至是未达到屈服极限时,抵抗由于侧向屈曲引发承载能力丧失的能力。

3.1.15

主体结构 major structure

基于地基基础之上的建筑承重骨架,接受、承担和传递上部荷载,维持上部结构整体性、稳定性和安全性的体系。

3.1.16

砖石结构 masonry structures

用砖、石和灰浆砌筑而成的结构。

3.2 主要符号

下列符号适用于本文件。

- a1、b1、c1——第一级安全性评估时构件的安全性等级；
- A1、B1、C1——第一级安全性评估时分部结构的安全性等级；
- I、II、III——第一级安全性评估时整体结构的安全性等级；
- a、b、c、d——第二级安全性评估时构件的安全性等级；
- A、B、C、D——第二级安全性评估时分部结构的安全性等级；
- 一、二、三、四——第二级安全性评估时整体结构的安全性等级；
- Δ ——塔顶点的侧向位移；
- H ——柱、墙、塔的总高；
- h ——砌体构件的高度或长度；
- R ——结构构件抗力；
- S ——结构构件的作用效应；
- γ_0 ——结构重要性系数；
- ξ_c ——地基土长期压密提高系数。

4 基本规定

4.1 古建筑砖石结构在进行维修与加固之前,应对其安全性进行评估。

4.2 古建筑砖石结构在下列情况下应进行维修与加固:

- a) 古建筑发生变形、倾斜、沉降,影响安全时;
- b) 建筑结构构件损坏或缺失,导致局部结构承载能力不足时;
- c) 当主要承重结构发生严重危险需要抢险时;
- d) 经定期检查或全面检查,发现古建筑存在安全隐患时;
- e) 建筑内外装饰损坏等影响正常使用时。

4.3 古建筑砖石结构的维修与加固应遵循以下原则:

- a) 不得改变和破坏原有建筑的布局和结构,不得任意改建、扩建;
- b) 古建筑的加固、连接构件和更替构件,都应易于拆除并且不因拆除它们而损伤古建筑的原有部分;
- c) 应优先使用传统材料及传统工艺,应用新材料和新工艺维修与加固应可识别;
- d) 维修与加固工程的有关资料应长期保存。

4.4 当采用新材料和新技术时,应有可靠的科学依据和完整的技术资料,且应有操作规程及质量检查标准。

4.5 古建筑砖石结构的维修与加固,除应遵守本规范外,尚应符合国家有关法规及国家现行有关技术标准的规定。

5 工程勘查

5.1 一般规定

5.1.1 勘查工作应在初步分析造成文物病害主因的基础上进行,病害主因与地基基础无关时,可只进行主体结构勘查;病害主因与地基基础有关联时,应同时进行地基基础勘查和主体结构勘查。维修与加固施工期间若发现与之前认识不一致的问题和现象时,应进行有针对性的补充勘查。

5.1.2 古建筑勘查应根据国家文物保护基本法规及相关标准,获取历史、环境、工程与水文地质、基础

结构、主体结构及保护现状等基础资料及其他有害影响因素资料。资料收集宜包括下列内容：

- a) 历史文献、考古成果、历史保护等资料；
- b) 区域气象、空气质量、水文、地质、地震资料；
- c) 周边现代工程建设资料；
- d) 地下开采、抽水资料。

5.1.3 勘查工作应采用无损探测、原位测试与取样试验相结合的综合勘探方式进行，不破坏或少破坏文物现状。

5.1.4 石质构件的勘查可按照 WW/T 0063 执行。

5.1.5 对古建筑的历代维修与加固勘查，还应查清下列情况：

- a) 结构形式、使用功能、受力状态是否发生改变；
- b) 是否出现新的变形、位移、裂缝等；
- c) 是否存在因维修与加固不当造成的不良影响。

5.2 地基基础勘查

5.2.1 地基勘察应包括以下内容：

- a) 对场地稳定性做出评价，包括地震、滑坡、泥石流、地面沉降、洪水冲刷等；
- b) 查清场地工程地质条件，包括岩土性质、地层划分及空间展布、岩土物理力学性质等；
- c) 评价水的危害对古建筑的影响；
- d) 评价地基长期承载力及地基稳定性；
- e) 分析主体结构变形、开裂破坏等现象与地基的关系。

5.2.2 地基勘察技术手段宜考虑文物赋存的历史性和长期性，有针对性地采取传统与文物保护相适应的下列勘查技术手段：

- a) 物探采用地震波法、电磁法、电法、地质雷达等。
- b) 钻探宜采用回转钻探与坑探；钻探孔可同时布置剪切波、孔下摄影、CT 成像及地下水监测、变形监测等工作。
- c) 岩土物理力学性能的测试宜现场试验与室内试验综合使用。

5.2.3 基础勘查应包括以下内容：

- a) 明确基础的材料与形制；
- b) 调查基础的保存情况，评估基础完整性；
- c) 对地下水、土壤等对基础的腐蚀性进行评价；
- d) 分析基础与主体结构病害发育关系。

5.2.4 基础勘查宜与地基勘察综合考虑。除地基勘察采用的物探手段外，可采用如下技术手段：

- a) 选择不影响主体结构安全的部位进行局部开挖。对局部开挖基础松散覆盖层进行调查与测试，并结合历史资料与考古成果、物探成果，绘制基础剖面。
- b) 对基础材料样品取样进行物理力学性质、矿物化学成分、微观结构等分析。

5.2.5 地基与基础勘查成果应包括以下内容：

- a) 岩土工程勘察成果；
- b) 主体结构的破坏现状与地基、基础相关性分析成果；
- c) 当现有地基与基础不能适应文物的长期保护时，建议可行的地基与基础治理方案。

5.2.6 下列情况下应对地基基础进行详细勘查或在较长时间内进行定期观测：

- a) 古建筑有不均匀沉降、倾斜(歪闪)或扭转；
- b) 古建筑已有开裂、连接节点处有松动变位，但不能判定是否已停止发展。

5.3 主体结构勘查

5.3.1 主体结构勘查工作应包括现场调查、测量测绘、病害调查、材质性能检测，明确结构体系、结构构

造、节点形式以及荷载传递路径和方式等内容。

5.3.2 勘查宜采用下列技术方法：

- a) 主体结构现状测绘，宜采用现场测绘、拍照、摄像、局部人工临摹等方式；
- b) 主体结构内部特征探测与分析宜优先采用探地雷达、声波、红外、影像等无损检测技术；
- c) 局部构件或残损、病害部位的检测、探测，宜采用超声、回弹法、钻芯取样法、空间 CT 探测等方法。

5.3.3 病害调查宜包括下列内容，并进行现场实测和长期监测：

- a) 裂缝宽度、长度、深度、走向、数量及其分布；
- b) 主体结构倾斜或不均匀沉降；
- c) 鼓胀范围及最大鼓胀变形量；
- d) 风化、缺损范围及风化、缺损形成的砌块截面损失率。

5.3.4 材质性能检测宜包括下列内容：

- a) 材质类型、尺寸、来源及制作工艺；
- b) 砖、石块材的现有强度和风化程度；
- c) 灰浆材料组成及其性能；
- d) 与结构性能相关的其他检测。

5.3.5 主体结构勘查成果应包括以下内容：

- a) 主体结构形制与保存现状调查成果；
- b) 主体结构病害成因分析及治理建议。

5.4 围护系统勘查

5.4.1 围护系统的勘查，除应查阅相关资料外，还应现场核查围护系统的结构布置，调查该系统中围护系统构件和非承重墙体及其构造连接的实际状况、对主体结构的不利影响，以及围护系统的使用功能、老化损伤、残损等情况。

5.4.2 围护系统的勘查应重点查清下列情况：

- a) 现状及其细部构造；
- b) 材料品种、规格和数量；
- c) 与主体结构的构造联系；
- d) 残损情况以及在维修中可能产生的问题。

5.4.3 围护系统的勘查成果应包括以下内容：

- a) 围护系统的现状调查成果；
- b) 围护系统病害成因分析及治理建议。

6 安全性评估

6.1 一般规定

6.1.1 安全性评估的对象为古建筑砖石结构的构件、分部结构及整体结构。

6.1.2 在下列情况下，应进行安全性评估：

- a) 维修与加固工程前；
- b) 存在较严重的损伤、裂缝、变形时；
- c) 遭受严重灾害或事故后；
- d) 建筑使用功能发生变化时；
- e) 保存环境改变可能产生安全问题时。

6.1.3 在下列情况下，宜进行安全性评估：

- a) 需要定期检查时；
- b) 需要进行长期监测时；
- c) 存在局部损伤影响其正常使用时。

6.1.4 古建筑砖石结构的安全性评估应符合以下规定：

- a) 所使用的仪器设备应经过量值溯源，且在有效期内；
- b) 所使用的技术和方法应成熟。属新技术和新方法时，应经过论证，并采用其他相关方法进行相互验证。

6.1.5 当需评定地震作用或振动对古建筑砖石结构安全性的影响时，应进行检测和必要的验算。

6.2 评估程序

6.2.1 调研：明确评估目的、评估内容和范围，收集调查和分析原始资料，并进行现场勘查。

6.2.2 制定评估方案：根据现场调研情况制定出评估方案。

6.2.3 工程勘查：根据确定的评估方案，进行详细的现场勘查。

6.2.4 安全性评估分为两级评估。第一级评估应以外观损伤等宏观控制和构造鉴定为主进行综合评定，第二级评估应以承载能力验算为主进行综合评定。

6.2.5 评估评级：根据调研、勘查、检测、验算的数据资料进行综合评定，确定其安全性等级。砖石结构安全性应按构件、分部结构和整体结构三个层次进行安全性综合评定。第一级安全性评估分三个等级，第二级安全性评估分为四个等级。

6.2.6 评估结束后应提交安全评估报告。

砖石结构的安全性评估程序应按图 1 的规定进行。

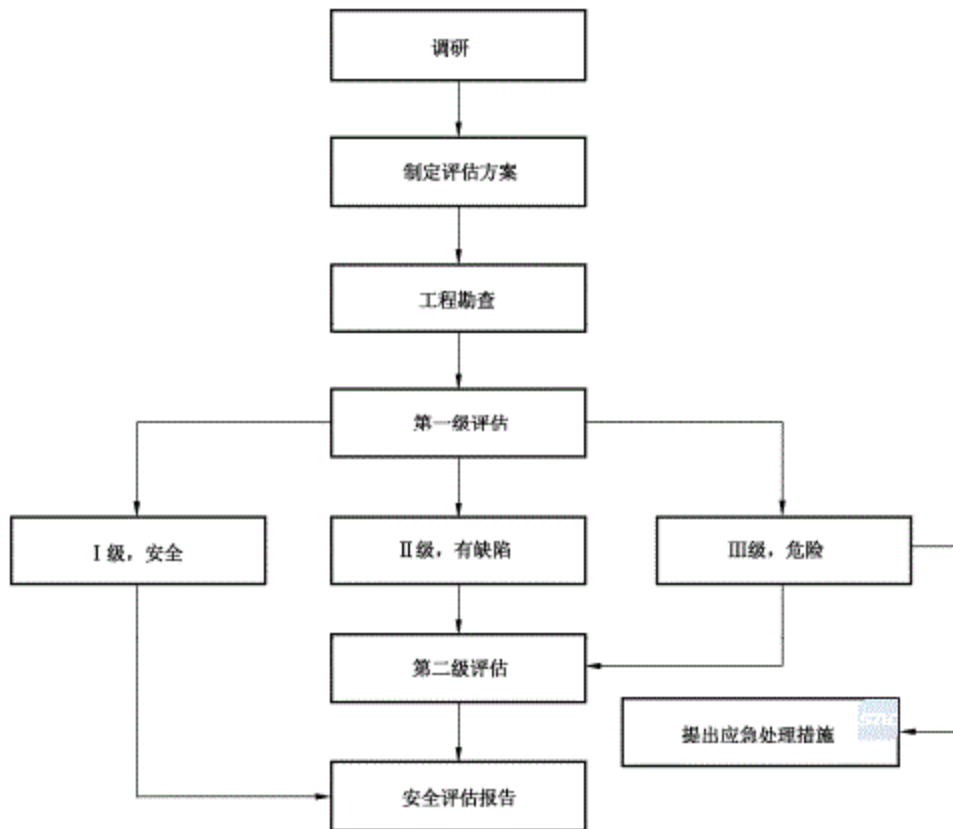


图 1 安全性评估程序

6.3 评估工作内容

6.3.1 第一级评估的层次、等级划分以及项目内容,应按表 1 规定的检查项目进行评定。

表 1 第一级评估的层次、等级划分及项目内容

层次	一	二		三		
层名	构件	分部结构		整体结构		
等级	a1、b1、c1	A1、B1、C1		I、II、III		
地基基础	—	按地基变形检查项目 评定地基基础等级	地基基础评级	整体结构评级		
主体结构	按酥碱风化、变形、 裂缝和构造等四个 检查项目评定单 个构件等级	所含构件的综合 评级	主体结构评级			
					—	结构的整体性评级
					—	结构侧向位移评级
围护系统	—	功能现状、构造连接	围护系统评级			

6.3.2 第二级评估的层次、等级划分以及工作步骤和内容,应按表 2 规定的检查项目进行评定。

表 2 第二级评估的层次、等级划分及项目内容

层次	一	二		三
层名	构件	分部结构		整体结构
等级	a、b、c、d	A、B、C、D		一、二、三、四
地基基础	按承载能力评定 等级	按地基基础承载能力评定等级,且不得高于 第一级评估等级		整体结构评定等级,不 得高于第一级评估 等级
主体结构	按承载能力评定等 级,且不得高于第一 级评估等级	所含构件的安全性评定等级,且不得高于第 一级评估等级		
围护系统	承重部分按承载能 力评定等级	所含承重部分构件的安全性评定等级,且不 得高于第一级评估等级		

6.4 评估标准

6.4.1 古建筑砖石结构的构件、分部结构及整体结构的第一级安全性评估各层次分级标准及处理建议,应采用表 3 的规定。单个构件的划分见附录 A;对 a1 级、A1 级、I 级的具体分界界限及安全性评估方法应按照附录 B 执行。

表 3 第一级评估各层次分级标准

层次	鉴定对象	等级	分级标准	处理建议
一	单个构件	a1	符合 a1 级的要求, 具有足够的承载能力, 安全	不需要进行处理
		b1	不符合 a1 级的要求, 有缺陷	需要进行处理
		c1	不符合 a1 级的要求, 存在安全隐患, 危险	需要采取应急措施
二	分部结构	A1	符合 A1 级的要求, 具有足够的承载能力, 安全	不需要进行处理
		B1	不符合 A1 级的要求, 有缺陷	需要进行处理
		C1	不符合 A1 级的要求, 存在安全隐患, 危险	需要采取应急措施
三	整体结构	I	符合 I 级的要求, 具有足够的承载能力, 安全	不需要进行处理
		II	不符合 I 级的要求, 有缺陷	需要进行处理, 并需要进行第二级评估
		III	不符合 I 级的要求, 存在安全隐患, 危险	需采取应急措施, 并需要进行第二级评估

6.4.2 古建筑砖石结构的构件、分部结构及整体结构的第二级安全性评估各层次分级标准及处理建议, 应采用表 4 的规定。单个构件的划分见附录 A; 对 a1 级、A1 级、I 级的具体分界界限及安全性评估方法应按照附录 B 执行。

表 4 第二级评估各层次分级标准

层次	鉴定对象	等级	分级标准	处理建议
一	单个构件	a	符合 a 级的要求, 具有足够的承载能力	不需要进行处理
		b	不符合 a 级的要求, 尚不显著影响承载能力	可不进行处理
		c	不符合 a 级的要求, 显著影响承载能力	应进行处理
		d	极不符合 a 级的要求, 已严重影响承载能力	应立即进行处理
二	分部结构	A	符合 A 级的要求, 具有足够的承载能力	不符合要求的次要构件宜进行适当处理
		B	不符合 A 级的要求, 尚不显著影响承载能力	不符合要求的构件应进行处理
		C	不符合 A 级的要求, 显著影响承载能力	应进行处理, 且不符合要求的构件应立即进行处理
		D	极不符合 A 级的要求, 已严重影响承载能力	应立即进行处理
三	整体结构	一	符合一级的要求, 具有足够的承载能力	不符合要求的次要构件宜进行适当处理
		二	不符合一级的要求, 尚不显著影响整体承载	不符合要求的构件应进行处理
		三	不符合一级的要求, 显著影响整体承载	应进行处理, 且不符合要求的构件应立即进行处理
		四	不符合一级的要求, 已严重影响整体承载	应立即进行处理

3.5 评估报告

评估报告应包括以下内容：

- a) 封面：含报告编号、建筑地址、建筑名称、委托单位、评估单位及人员；
- b) 目录；
- c) 建筑概况：含建筑概况、建筑风格、建筑形制及历史沿革等；
- d) 评估目的、范围及内容；
- e) 检测仪器：含现场调查、检测、勘察和室内试验等所使用的仪器及仪器校证书号；
- f) 现场检测：含检测的方法、部位、过程、方法和结果；
- g) 验算分析：结构验算分析的原理、方法和结果；
- h) 安全性评估评级和处理意见或建议。

7 维修与加固

7.1 一般规定

7.1.1 古建筑砖石结构的维修与加固，应根据第 6 章中第一级及第二级安全性评估的结果及相应的处理建议，并依据具体情况采取相应的维修与加固措施。

7.1.2 当古建筑砖石结构出现险情急需抢修时，可采取不破坏文物原状的临时性排险加固措施。

7.1.3 古建筑砖石结构维修与加固工作应遵守下列规定：

- a) 在对古建筑砖石结构残损现状全面勘查测绘及安全性评估的基础上制订维修与加固方案；
- b) 对于通过维修补强可以继续使用的构件应保留，对必须更换的构件，应在隐蔽处注明更换日期；
- c) 维修中替换下的原构件应编号登记后交业主单位；
- d) 若发现隐蔽结构的构造有严重缺陷，或所处的环境条件存在有害因素时，应采取措施消除隐患；
- e) 认真做好维修记录及竣工图，真实反映维修过程，全套技术资料应存档备查；
- f) 应严格遵守施工程序和检查验收制度。

7.1.4 维修与加固工作完成后，宜对维修与加固的项目进行检测评估以验证加固效果，必要时宜进行相应的长期监测。

7.2 维修与加固设计原则

7.2.1 维修与加固设计时应进行结构承载能力及变形验算。

7.2.2 维修与加固设计的范围宜适度，可按照整栋古建筑或其中的整体结构确定，也可按指定的结构、构件或连接部位确定，并考虑结构的整体安全性。

7.2.3 验算古建筑砖石结构的承载能力时，其作用应依据建筑现状使用功能确定，砖石砌体强度参数和弹性模量应依据砖石砌体的残损情况实测确定，当无实测条件时，可按下列规定采用：

- a) 按照 GB 50003 的规定采用，并乘以折减系数 0.9，有特殊要求者另行确定；
- b) 对砖石块材已明显风化、酥碱的构件，应乘以相应系数与长期荷载作用和砖石风化、酥碱影响调整系数见表 5。

表 5 长期荷载作用和砖石风化、酥碱影响调整系数表

古建筑修建距 1840 年的时间 年	调整系数		
	抗压设计强度	抗弯和抗剪设计强度	弹性模量
100	0.90	0.85	0.90
300	0.80	0.85	0.85
≥500	0.75	0.70	0.75

7.2.4 古建筑砖石结构应按照 GB 50003 的有关规定验算其承载能力,并遵守下列规定:

- a) 当墙体存在较大变形时,计算的有效厚度应按墙体的实际情况确定,并应考虑二阶效应对墙体受力的影响;
- b) 若原有构件已部分缺损或酥碱,应按剩余的截面进行验算。

7.3 维修

7.3.1 墙体裂缝的维修,应根据成因采用不同的处理方法。因地基不均匀沉降产生的斜裂缝,应于地基沉降稳定或对地基进行加固处理后再进行处理;因墙体倾斜、扭转而造成的裂缝,应于结构整体整修复位后方可进行处理。

7.3.2 砖石结构裂缝修补分为砌体灰缝裂隙修补及砖石块材开裂修补,修补时应符合下列要求:

- a) 砌体灰缝修补:
 - 1) 砖石砌体灰缝裂隙修补应采用传统材料、传统工艺进行,慎用现代材料;
 - 2) 修补以勾缝、填补为主,勾补前应按实际情况对灰缝进行必要的清理(开缝);
 - 3) 灰缝填补应充盈整个裂隙,并应采取防护措施,避免污染周边。
- b) 砖石块材开裂修补:
 - 1) 修补应阻止水或其他有害物质进入裂隙;
 - 2) 修补填充应注意材料的匹配性,修补主体材料应与修补对象材质相同或相近;
 - 3) 修补后表面感观应协调一致。

7.3.3 砖石结构局部残损修复应遵循以下规定:

- a) 先进行小范围试验,不应在未试验基础上进行大面积修复;
- b) 石质构件修补所使用的材料应是可重复操作的,并应与原材质具有匹配性及兼容性,不应引入对文物本体有害的物质;
- c) 修补层面与原始层面应有可靠的结合强度。

7.3.4 对酥碱造成的残损维修,维修结束后还应注意古建筑的防水处理。

7.3.5 对于墙体根部酥碱造成的残损,修补结束后应做好古建筑周围场地的排水。

7.3.6 断裂石质构件的粘接修复,应使用与石材性能相匹配的胶粘剂。

7.3.7 石质构件表面清洗技术分类参见附录 C。

7.3.8 砖石结构表面污染物清理应遵循以下规定:

- a) 不应伤害文物本体。不引进有害物质,无不良残留;清洗过程不影响后期保护;
- b) 清洗方法应在标准区试验的基础上,通过论证后再实施;
- c) 表面活性剂或其他与污垢起作用的水溶液清洗,不应大面积使用;
- d) 挥发性有机溶剂应在清洗中限制性使用;
- e) 清洗过程中应避免大量用水;
- f) 采用蒸汽清洗方法时应注意选择适合的温度与压力。

7.3.9 砖石结构表面风化可根据实际情况对其采取表面防护与渗透处理。防风化保护材料及其工艺的选择应符合 WW/T 0007 和 WW/T 0028 中的相关规定。

7.4 地基基础加固

7.4.1 古建筑砖石结构无显著的不均匀沉降、倾斜,或其使用功能无大的变更时,一般不宜对地基基础有大的扰动。

7.4.2 对于确需进行地基基础加固的,选择加固方法时,应综合考虑当地工程地质和水文地质资料、地基受力影响深度、材料来源和施工设备等条件,合理选用加固方法,参见附录 D。

7.4.3 加固时应采取有效措施防止对古建筑及邻近建筑产生不良影响。

7.4.4 地基基础加固设计应符合 JGJ 123 的要求。对处在湿陷性黄土、膨胀土、冻土等特殊土地地区的古建筑,应按相应的现行有关标准执行。

7.4.5 对于实施地基基础加固的古建筑,应在施工期间和施工完成后一定时期内进行沉降观测。

7.5 主体结构加固

7.5.1 主体结构加固时应符合下列要求:

- a) 原有残损如对主体结构安全性确有严重影响,应采取有效措施予以消除;
- b) 对因断裂而丧失承载力的横向受力构件,当其文物价值较高而必须保留时,应采用可靠的措施予以加固,且应可识别;
- c) 砖石结构中原有的连接应保留,若有残缺时应修补完整。

7.5.2 在进行整体加固时,宜在下列构造较为薄弱的部位,采用适当的方式予以加固:

- a) 墙体转角未咬槎砌筑处;
- b) 墙体由于开窗、开门等原因受到较大削弱处;
- c) 单片墙体长度过大,且中段无有效构造措施处;
- d) 其他原因引起的墙体削弱处。

7.5.3 对于砖石结构墙体由于承载能力不足而产生的裂缝,应进行墙体承载力验算,根据具体情况采取加固措施。

7.5.4 当墙体内砖石构件有不同程度的风化、酥碱而需整修加固时,可采用下列方法处理:

- a) 当仅有表层风化、酥碱,且经验算剩余截面尚能满足受力要求时,可将风化、酥碱部分剔除干净,依原尺寸修补整齐;
- b) 当风化、酥碱位置处于墙脚部,损伤深度较大或经计算剩余截面不能满足受力要求时,可在进行支护后对墙体进行局部托换。

7.5.5 砖石券拱裂缝的加固处理,应重点分析其产生的原因并评估其对结构整体受力的影响,当裂缝开展宽度较大或对结构整体有较大影响时,应先对券拱进行支护后再进行加固处理。

7.6 纠偏、顶升

7.6.1 纠偏可根据古建筑的地质条件、结构特点综合确定,采用迫降纠偏、顶升纠偏、综合纠偏(迫降和顶升同时使用)等方法。

7.6.2 纠偏、顶升应符合下列要求:

- a) 实施纠偏、顶升前,应对主体结构进行预加固。预加固措施以可逆性好、对主体结构干预较小为宜。
- b) 纠偏、顶升过程应设置现场监测系统,记录纠偏或顶升变位、绘制时程曲线,当出现异常情况时,应及时调整施工方案。
- c) 纠偏、顶升竣工后,应对古建筑进行一定时期的沉降观测。

7.6.3 对于塔类砖石建筑,宜采用下列迫降纠偏法:

- a) 降水纠偏法;
- b) 浸水(加压)纠偏法;
- c) 堆载纠偏法;
- d) 掏土纠偏法。

7.6.4 顶升纠偏法可采用下列方法:

- a) 注浆抬升纠偏法;
- b) 顶升纠偏法。

7.6.5 顶升应视地质条件及主体结构的不同选择适当的基础托换方法,基础托换应在严格的计算分析基础上进行,基础托换宜采用以下方法:

- a) 采用箱梁顶进方法;
- b) 主体结构较小时可采用型钢梁直接顶进方法;
- c) 主体结构较大且压力比较集中时,也可采用人工成洞,逐步浇筑混凝土梁,并即时压桩支顶方法。

7.6.6 古建筑整体顶升的支承装置依据地质条件及设计顶升高度等因素,可选用坑式钢管静压桩、坑式混凝土静压桩或混凝土灌注桩。当设计顶升高度较大时,应对单桩承载力及稳定性进行验算,应对古建筑的整体漂移(群桩稳定)采取必要的限定措施。

8 工程验收

8.1 一般规定

8.1.1 古建筑砖石结构的维修与加固工程的验收应按照 JGJ 159、CJJ 39、CJJ 70 的要求执行,并应符合国家相关规定要求。

8.1.2 维修与加固工程验收时,施工单位应提供相应的验收文件进行分阶段质量验收,并填写隐蔽工程检查验收记录,工程项目完成后进行竣工验收。

8.2 施工质量验收与竣工验收

8.2.1 施工质量应按下列要求进行验收:

- a) 施工质量应符合本规范和相关专业验收标准的规定,以及设计文件的要求;
- b) 质量验收应在施工单位自行检查评定合格的基础上进行;
- c) 隐蔽工程应在隐蔽前由施工单位通知有关单位进行验收,并形成验收文件;
- d) 涉及结构安全的检验项目,应按规定进行见证取样检测,其检测报告的有效性应经监理人员检查认可。

8.2.2 竣工验收应提供下列文件和记录:

- a) 全部设计文件及修改文件;
- b) 设计变更及洽商文件;
- c) 原材料、产品出厂检验合格证及现场抽样复验报告;
- d) 施工过程质量控制记录;
- e) 隐蔽工程验收记录;
- f) 工程质量问题的处理方案和验收记录;
- g) 其他必要的文件和记录。

附 录 A
(规范性附录)
单个构件的划分

A.1 单个构件的划分,应符合下列规定:

- a) 墙体:以一个计算高度、一个自然间的一面为一构件;
- b) 柱:以一个计算高度、一根为一构件;
- c) 梁、檩条等:以一个跨度、一根为一构件;
- d) 板:以一个自然面为一构件;
- e) 筒拱、双曲筒拱、扁壳的拱面、壳面:以一个自然拱面或壳面为一个构件。

A.2 划分的构件包括构件本身及其连接、节点。



附录 B
(规范性附录)
安全性评估方法

B.1 第一级评估**B.1.1 构件安全性评估**

B.1.1.1 砖石结构单个构件的第一级安全性评估,应根据其酥碱风化、变形、裂缝和构造等四个检查项目评定每一受检构件等级,并取其中最低一级作为该构件的安全性等级。

B.1.1.2 当砖石结构构件的第一级安全性评估按酥碱风化项目进行,应按照表 B.1 构件截面削弱率限值进行判定。

表 B.1 构件截面削弱率限值

评级类别	削弱率/%
a1 级构件	≤ 5
b1 级构件	> 5 且 ≤ 25
c1 级构件	> 25

B.1.1.3 当砖石结构构件的第一级安全性评估按变形(倾斜)项目进行,应按表 B.2 构件变形限值进行判定。

表 B.2 构件变形限值

评级类别	墙、柱	
	侧向弯曲矢高	倾斜率/%
a1 级构件	$\leq h/500$	≤ 4
b1 级构件	$> h/500, \leq h/250$	> 4 且 ≤ 10
c1 级构件	$> h/250$	> 10

B.1.1.4 当砖石结构构件的第一级安全性评估按裂缝项目进行,应按表 B.3 构件裂缝评级进行判定。

表 B.3 构件裂缝评级

裂缝类型	构件裂缝	a1 级	b1 级	c1 级
受力裂缝	墙体	无受力裂缝	—	出现受力裂缝
	柱	无受力裂缝	—	出现受力裂缝
	筒拱、双曲筒拱、扁壳的拱面、壳面	无受力裂缝	—	出现沿拱顶母线或 对角线的裂缝

表 B.3 (续)

裂缝类型	构件裂缝	a1 级	b1 级	c1 级
非受力裂缝	墙体	无裂缝	纵横墙连接处出现竖向裂缝但未通长,且最大裂缝宽度小于 5 mm	纵横墙连接处出现通长的竖向裂缝或墙身裂缝严重,且最大裂缝宽度已大于 5 mm
	柱	无裂缝	出现宽度小于 1.5 mm 的裂缝	出现宽度大于 1.5 mm 的裂缝,或有断裂、错位迹象

B.1.1.5 当砖石结构构件的第一级安全性评估按构造项目进行时,应按表 B.4 构件构造要求的规定进行评定。

表 B.4 构件构造要求

检查项目	a1 级	b1 级	c1 级
连接及其他构造	连接及砌筑方式正确,构造符合要求,无缺陷,工作无异常	连接及砌筑方式不正确,构造不符合要求,存在缺陷,工作异常	连接及砌筑方式不正确,构造不符合要求,存在严重缺陷,造成损害

B.1.2 分部结构安全性评估

B.1.2.1 砖石结构分部结构的第一级安全性评估,应按地基基础、主体结构及围护系统划分为三个分部结构分别进行。

B.1.2.2 地基基础的第一级安全性评估,应按地基变形进行评定,并按下列规定评级:

- A1 级:地基不均匀沉降小于 0.4% 且无沉降裂缝、变形、位移或其他影响安全的现象。
- B1 级:地基不均匀沉降大于 0.4% 但无沉降裂缝、变形、位移或其他影响安全的现象。
- C1 级:沉降速率大于 0.05 mm/d,并持续一段时间,或出现宽度大于 1.5 mm 的变形裂缝,或其附近地面出现宽度大于 10 mm 的裂缝,且上述裂缝尚可能发展,或周围土体出现可能导致剪切破坏的迹象或其他可能影响安全的征兆(如少量流砂、涌土、隆起、陷落等)。

B.1.2.3 主体结构的第一级安全性评估,应根据其所含构件的评定等级、结构的整体性等级以及主体结构侧向位移等级三个项目进行评定,并取其中最低一级作为主体结构的安全性等级。

B.1.2.4 当主体结构的第一级安全性评估按单个构件评定等级时,应以所含构件的安全性等级所占的百分比,按下列规定评级:

- A1 级:不含 c1 级构件,可含 b1 级构件,但含量不超过 30%;
- B1 级:可含 c1 级构件,但含量不超过 20%;
- C1 级:c1 级构件含量超过 20%。

B.1.2.5 当主体结构的第一级安全性评估按结构整体性评定等级时,应分别按照结构体系及布置和结构间的整体性连接两个检查项目按照表 B.5 主体结构整体性等级评定规定的限值进行评定,并取其中最低一级作为主体结构的整体性安全性等级。

表 B.5 主体结构整体性等级评定

检查项目	A1 级	B1 级	C1 级
结构体系及布置	结构体系及布置合理,传力路线设计正确	结构体系及布置基本合理,传力路线设计基本正确	布置不合理,存在薄弱环节,或结构选型、传力路线设计不当
结构间的整体性连接	结构间整体性连接设计合理,连接方式正确,连接可靠	结构间整体性连接设计基本合理,连接方式基本正确,连接基本可靠	结构间整体性连接设计不合理,连接方式不正确,连接不可靠

B.1.2.6 当主体结构的第一级安全性评估按主体结构侧向位移项目进行时,应按下列规定评级:

- A1 级:侧向位移小于表 B.6 规定的限值。
- B1 级:侧向位移大于表 B.6 规定的限值,但构件未出现裂缝、变形或其他局部损坏迹象。
- C1 级:侧向位移大于表 B.6 规定的限值,且构件出现裂缝、变形或其他局部损坏迹象。

表 B.6 主体结构侧向位移限值

建筑类别			限值	
砖石建筑	多层建筑	墙	$H \leq 10 \text{ m}$	$\leq 50 \text{ mm}$
			$H > 10 \text{ m}$	$\leq H/200$ 且 $\leq 100 \text{ mm}$
		柱	$H \leq 10 \text{ m}$	$\leq 40 \text{ mm}$
			$H > 10 \text{ m}$	$\leq H/250$ 且 $\leq 80 \text{ mm}$
	单层建筑	墙	$H \leq 7 \text{ m}$	$\leq 35 \text{ mm}$
			$H > 7 \text{ m}$	$\leq H/200$ 且 $\leq 60 \text{ mm}$
		柱	$H \leq 7 \text{ m}$	$\leq 25 \text{ mm}$
			$H > 7 \text{ m}$	$\leq H/280$ 且 $\leq 50 \text{ mm}$
石牌坊	立柱	$H \leq 7 \text{ m}$	$< 35 \text{ mm}$	
		$H > 7 \text{ m}$	$< H/200$ 且 $< 50 \text{ mm}$	
塔 Δ		$H \leq 50 \text{ m}$	$\leq H/140$	
		$50 < H \leq 100 \text{ m}$	$\leq H/165$	
城墙倾斜率			$\leq H/140$	

B.1.2.7 围护系统的第一级安全评估,应根据其功能现状等级、构造连接等级两个项目进行评定,并取其中最低一级作为围护系统的安全性等级。

B.1.2.8 当围护系统的第一级安全性评估按其功能现状评定等级时,应按表 B.7 围护系统功能现状等级的要求进行评定。

表 B.7 围护系统功能现状等级评定

项目	A1 级	B1 级	C1 级
功能现状	完好,且功能符合使用要求	有轻微缺陷,但尚不显著影响其功能	有损坏,或功能不符合使用要求

B.1.2.9 当围护系统的第一级安全性评估按其构造连接评定等级时,应按表 B.8 围护系统构造连接等级的要求进行评定,并取其中最低一级作为围护系统构造连接的安全性等级。

表 B.8 围护系统构造连接等级评定

项目	A1 级	B1 级	C1 级
构造	构造合理,符合要求,无变形或无损坏	构造合理,基本符合要求,无变形或无损坏	构造不合理,不符合或严重不符合要求,有明显变形或损坏
连接	连接方式正确,连接构造符合要求,无缺陷,工作无异常	连接方式正确,连接构造基本符合要求,仅有局部缺陷或损伤,工作无异常	连接方式不当,连接构造有严重缺陷,已有明显变形、松动、局部脱落、裂缝或损坏
对主体结构系统安全的影响	构件选型及布置合理,对主体结构的安全没有不利影响	构件选型及布置基本合理,对主体结构的有较轻的不利影响	构件选型及布置不合理,对主体结构的安全有较大或严重的不利影响

B.1.3 整体结构安全性评估

B.1.3.1 整体结构的第一级安全性评估,应根据其地基基础、主体结构、围护系统的安全性等级,按下列原则确定:

- a) 首先根据其地基基础、主体结构的安全性等级进行确定,并取其中较低等级作为整体结构的安全性等级。
- b) 当围护系统的安全性等级比 a) 确定的等级低二级时,整体结构的安全性等级可根据具体情况降低一至二级确定。

B.1.3.2 整体结构的第一级安全性评估评为 II 级、III 级的,应继续进行第二级评估,并由第二级评估给出最终结论。

B.2 第二级评估

B.2.1 构件安全性评估

B.2.1.1 砖石结构构件的第二级评估应按照承载能力进行评定,且应符合下列规定:

- a) 结构构件验算采用的结构分析方法,可参照国家现行设计标准的规定。
- b) 结构构件验算使用的计算模型,应符合其实际受力与构造状况。
- c) 结构上的作用应经调查或检测核实,可按照 GB 50292 的规定执行。
- d) 结构的重要性系数 γ 。按下列规定确定:
 - 1) 国保类,重要性系数取 1.2;
 - 2) 省保类,重要性系数取 1.1;
 - 3) 其他类,重要性系数取 1.0。
- e) 结构构件作用效应 S 的确定,应符合下列要求:
 - 1) 作用的组合、作用的分项系数及组合值系数,可按照 GB 50009 的规定采用;如果古建筑是桥梁结构,尚需按相应的规范确定荷载。
 - 2) 当结构受到温度、变形、火灾等作用,且对其承载能力有显著影响时,应计入由其产生的附加内力。

- f) 构件材料强度的标准值应根据结构的实际状态进行现场检测,可按照 GB 50292 的规定执行。
g) 构件的几何参数应采用实测值,并应计入风化、局部缺陷或缺损以及施工偏差等的影响。

B.2.1.2 砖石结构构件的安全性按承载能力评定时,应按表 B.9 的规定进行,当该构件第一级评估的安全性等级为 b1 级时,构件第二级评估的安全性等级不应高于 b 级。

表 B.9 构件承载能力的评定

构件类别	评定标准			
	$R/\gamma_0 S$			
	a 级	b 级	c 级	d 级
主要构件	≥ 1.0	≥ 0.95	≥ 0.90	< 0.9
次要构件	≥ 1.0	≥ 0.90	≥ 0.85	< 0.85

注:表中 R 和 S 分别为结构的抗力和作用效应, γ_0 为结构重要性系数。

B.2.1.3 砖石结构构件承载能力计算采用的检测数据,应符合下列要求:

- 检测方法应按国家现行有关标准采用;
- 检测应按附录 A 划分的构件进行,并应有取样、布点方面的详细说明,应绘制测点分布图。

B.2.2 分部结构安全性评估

B.2.2.1 砖石结构分部结构的第二级安全性评估,应按地基基础、主体结构及围护系统划分为三个分部结构分别进行。

B.2.2.2 地基基础的第二级评估应按照地基承载能力和基础承载能力两个项目评定,并取其中较低等级作为地基基础分部结构的安全性等级。当地基基础的第一级评估的安全性等级为 B1 级时,地基基础的安全性等级不应高于 B 级。

B.2.2.3 地基承载力计算时,验算应根据 GB 50007 进行,考虑地基土长期压密效应系数 ξ_c (见表 B.10)调整后,地基承载力安全性等级应按表 B.11 的规定进行评级。

表 B.10 地基土长期压密提高系数 ξ_c

P_0/f_{ak}	1.0	0.5	0.4	< 0.4
提高系数 ξ_c	1.2	1.1	1.05	1.0

注 1: P_0 指基础底面实际平均压应力(kPa)。
注 2: f_{ak} 指地基承载力特征值(kPa)。
注 3: ξ_c 表示地基土长期压密提高系数。

表 B.11 地基承载力等级评定

A 级	B 级	C 级	D 级
$\xi_c R/\gamma_0 S \geq 1.0$	$\xi_c R/\gamma_0 S \geq 0.95$	$\xi_c R/\gamma_0 S \geq 0.90$	$\xi_c R/\gamma_0 S < 0.9$

B.2.2.4 基础承载能力等级评定时,承载力验算应根据 GB 50007 进行,安全性应按表 B.12 的规定评级。

表 B.12 基础承载力等级评定

A 级	B 级	C 级	D 级
$R/\gamma_0 S \geq 1.0$	$R/\gamma_0 S \geq 0.95$	$R/\gamma_0 S \geq 0.90$	$R/\gamma_0 S < 0.9$

B.2.2.5 主体结构的第二级评估按构件安全性等级进行评定,并按照下列原则确定:

- a) 一般情况下,应按构件承载能力和侧向位移(或倾斜)的评级结果,取其中最低一级作为主体结构的安全性等级;其中构件按承载能力评定等级时,应以所含构件的安全性等级所占的百分比,按下列规定评级:
 - 1) A 级:不含 c、d 级构件,可含 b 级构件,但含量不超过 30%;
 - 2) B 级:不含 d 级构件,可含 c 级构件,但含量不超过 20%;
 - 3) C 级:可含 d 级构件,但含量不超过 10%;
 - 4) D 级:d 级构件含量超过 10%。
- b) 当主体结构按 a) 评为 B 级,但若发现其主要构件所含的各种 c 级构件或连接处于下列情况之一时,宜将所评等级降为 C 级:
 - 1) c 级构件沿古建筑某方位呈规律性分布,或过于集中在结构的某部位;
 - 2) 出现 c 级构件交汇的节点连接;
 - 3) c 级构件存在于人群密集场所或其他破坏后果严重的部位。
- c) 当主体结构按 a)、b) 评为 C 级,但若发现其主要构件(不分种类)或连接有下列情形之一时,宜将所评等级降为 D 级:
 - 1) 任何种类建筑中,有 50% 以上的构件为 c 级;
 - 2) 多层房屋中,其底层均为 c 级;
 - 3) 在人群密集场所或其他破坏后果严重部位,出现 c 级。
- d) 当主体结构评为 B 级,而结构整体性等级为 C 级时,应将所评的主体结构安全性等级降为 C 级。
- e) 当主体结构在按 b)、d) 的规定作调整后仍为 B 级,而各种次要构件中,其等级最低的一种为 c 级时,尚应按下列规定调整其级别:
 - 1) 若该种次要构件参与支承系统(或其他抗侧力系统)工作,应将所评的主体结构安全性等级降为 C 级;
 - 2) 禁止一种次要构件为 c 级,应将主体结构的安全性等级降为 C 级。

B.2.2.6 围护系统的第二级安全评估,应根据其承载能力进行评定,承载能力评定项目的评定等级可按本标准相应构件的评级规定评定。

B.2.3 整体结构安全性评估

B.2.3.1 整体结构的第二级安全评估,应根据其地基基础、主体结构、围护系统的安全性等级,按下列原则确定:

- a) 首先根据其地基基础、主体结构的安全性等级进行确定,并取其中较低等级作为整体结构的安全性等级。
- b) 当整体结构的安全性等级按 a) 评为一级或二级,但围护系统的安全性等级为 C 级或 D 级时,整体结构的安全性等级可根据具体情况降低一至二级,但最后所定的等级不得低于三级。

B.2.3.2 对下列任一情况,可直接评为四级:

- a) 古建筑砖石结构处于有危房的建筑群中,且直接受到其威胁;
- b) 古建筑砖石结构朝一个方向倾斜,且速度开始变快。

附 录 C
(资料性附录)

石质构件表面清洗技术分类

石质构件表面清洗技术分类见表 C.1。

表 C.1 石质构件表面清洗技术分类

编号	清洗技术分类	技术原理及特点
1	吸附脱盐技术	采用纤维纸、纸浆、脱脂棉、砂布、膨润土等吸附物质,用水作溶剂,使水渗入岩石孔而溶解可溶盐类。随着外表面水分的蒸发,盐溶液向外迁移,逐渐转移到吸附物上。岩石的脱盐过程往往需要进行多次
2	化学清洗技术	采用能够与有害污染物发生物理或化学作用的化学药品来达到清洗的目的。化学清洗技术的优点是化学清洗剂能够渗入岩石孔隙中清除特定的污垢和污染物,但关键是正确判断残留物,选择合适的清洗剂。操作大多使用敷贴法,即采用纤维、粉末或胶体等吸附物使清洗剂较长时间地与污垢接触和作用,最后用吸附的方法清除残留物。此方法容易造成环境污染。另外,清洗剂可能对文物产生损害
3	蒸气喷射清洗技术	属于湿法清洗。蒸气喷射清理机喷射冲击力很小的蒸气,对灰尘、水垢和生物性污染物进行清洗。此方法是最环保的清洗方法之一
4	粒子喷射清洗技术	属于干法清洗。粒子喷射机的喷嘴将粒子材料(石英料、刚玉粉、方解石粉、玻璃微珠、鼓风机渣粒、塑料粒子等)通过气流喷射到被清洗物上,达到清除污物的目的。此方法的最大优点是适用于清除大面积的不溶性硬垢层,去除量和厚度可人为控制。其缺点是不适用于表面剥落、疏松和风化较严重的文物表面清洗
5	激光清洗技术	利用激光束来清洗石质文物表面的附着物,适用面广,易于自动控制。其原理主要如下: a) 激光脉冲的振动,即利用较高频率的脉冲激光冲击被清洗物的表面,光束转变为声波并从下层硬表皮表面返回,与入射波发生干涉,从而产生共振使污垢层或凝结物振动碎裂; b) 粒子的热膨胀,即利用基底物质与表面污物对某一波长激光能量吸收系数的差别,使污垢多吸收能量而热膨胀,克服基底对污垢粒子的吸附力而脱落; c) 分子的光分解或相变,即在瞬间使污垢分子或使人为涂上的辅助液膜汽化、分解、蒸发或爆沸,使表面污垢松散并随微冲击作用而脱离基底表面

附录 D
(资料性附录)
地基和基础加固方法

D.1 地基的加固方法见表 D.1。

表 D.1 地基加固方法

加固方法	适用范围
木桩法	适用于软弱地基土层的加固
石灰桩法	适用于处理水位以下的黏性土、粉土、松散粉细沙、淤泥、淤泥土质、杂填土或饱和黄土等地基及基础周围土体的加固
树根桩法	适用于淤泥、淤泥土质、黏性土、粉土、沙土、碎石土及人工填土等地基土上既有建筑的修复和增层
坑式静压桩法	适用于淤泥、淤泥土质、黏性土、粉土和人工填土等地基加固,且地下水位较低的情况
锚杆静压桩法	适用于淤泥、淤泥土质、黏性土、粉土和人工填土等地基加固
注浆加固法	适用于沙土、粉土、黏性土和人工填土等地基加固。一般用于防渗堵漏、提高地基土的强度和变形模量以及控制地基沉降等
深层搅拌法	适用于处理淤泥、淤泥土质、粉土和含水量较高的黏性土的地基
灰土挤密桩法	适用于处理地下水位以上的失陷性黄土、素填土和杂质土等地基
高压喷射注浆法	适用于淤泥、淤泥土质、黏性土、粉土、黄土、沙土、人工填土和碎石土等地基加固

D.2 基础的加固方法见表 D.2。

表 D.2 基础的加固方法

加固方法	适用范围
加大基础底面积法	适用于既有建筑的地基承载力或基础底面积尺寸不满足设计要求的基础加固
加深基础法	适用于地基浅层有较好的土层可作为持力层且地下水位较低的基础加固
基础补强注浆加固	适用于因不均匀沉降、冻胀或其他原因引起的基础裂损的加固