

DB11

北 京 市 地 方 标 准

DB11/T 2087—2023

古建筑砖石结构现场勘查技术规范

Technical code for site reconnaissance and survey of masonry structures
on ancient building

2023-03-30 发布

2023-07-01 实施

北京市市场监督管理局 发布

目 次

前 言 11

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 基本要求..... 2

5 勘查工作程序..... 2

6 现状测绘和影像记录..... 4

 6.1 现状测绘和影像记录的内容及要求..... 4

 6.2 现状测绘和影像记录的方法..... 5

7 结构勘查..... 5

 7.1 场地、地基、基础（台基）勘查..... 5

 7.2 主体结构勘查..... 6

 7.3 围护系统勘查..... 7

 7.4 重点保护部位勘查..... 7

 7.5 结构性能检验..... 8

8 病害勘查..... 8

 8.1 损伤勘查..... 8

 8.2 结构变形勘查..... 9

 8.3 生物病害勘查..... 10

9 材料检测..... 10

10 分析与评价..... 11

11 专项勘查报告..... 11

附 录 A （资料性） 超声法检测古建砖抗压强度、内部缺陷 13

附 录 B （资料性） 回弹法检测古建砖抗压强度 15

附 录 C （资料性） 微钻法检测古建砖强度和缺陷 17

附 录 D （资料性） 贯入法检测灰浆强度 19

参 考 文 献..... 21

前 言

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

本文件由北京市文物局提出并归口。

本文件由北京市文物局组织实施。

本文件负责起草单位：中冶建筑研究总院有限公司、北京市考古研究院（北京市文化遗产研究院）、北京工业大学、北京市文物建筑保护设计所、中国建筑科学研究院有限公司、中国文化遗产研究院、北京市勘察设计研究院有限公司、建设综合勘察研究设计院有限公司、中国建材检验认证集团股份有限公司、华北理工大学、北京市建设工程质量第二检测所有限公司、中冶检测认证有限公司。

本文件主要起草人：张文革、王乃海、张涛（考古研究院）、吴婧姝、胡程鹤、吕俊江、郭小东、刘立渠、张涛（中冶）、居敬泽、周勇、姜玲、宋晓胜、吴文军、彭涛、王昂、黎冬青、张胜、李莎、刘崇焱、宋燕、矫伟刚、刘青松、唐秀君、蒋玉川、王阳、杨利刚、盛志战。

古建筑砖石结构现场勘查技术规范

1 范围

本文件规定了古建筑砖石结构现场勘查的基本要求、勘查工作程序、现状测绘和影像记录、结构勘查、病害勘查、材料检测、分析与评价、专项勘查报告等内容。

本文件适用于北京市行政区域内下列古建筑砖石结构的现场勘查：

- a) 核定公布为文物保护单位的古建筑砖石结构；
 - b) 尚未核定公布为文物保护单位，但被登记为不可移动文物的古建筑砖石结构。
- 其他类型不可移动文物的砖石结构及具有保护价值的建筑物、构筑物的砖石结构等可参照使用。

2 规范性引用文件

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

GB/T 12979 近景摄影测量规范
GB/T 30688 馆藏砖石文物病害与图示
GB/T 50026 工程测量标准
GB/T 50315 砌体工程现场检测技术标准
CH/T 6005 古建筑测绘规范
DB11/T 1190.2 古建筑结构安全性鉴定技术规范 第2 部分：石质构件
DB11/T 1597 文物建筑勘察设计文件编制规范
DB11/T 1796 文物建筑三维信息采集技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

砖石结构 masonry structure

砖石采用灰浆、泥浆等砌筑或干垒而成的体系，包括主体结构、围护系统以及重点保护部位等。
[来源：GB/T 39056-2020，3.1.16改写]

3.2

主体结构 major structure

基于地基与基础之上的砖石承重骨架，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。

[来源：GB/T 39056-2020，3.1.15]

3.3

围护系统 building envelope system

由屋面、墙体、门窗装修等组成的，满足古建筑防水、保温、隔声等建筑功能的体系。

[来源：GB/T 39056-2020，3.1.11]

3.4

重点保护部位 key protection area

古建筑中突出体现该建筑的历史、艺术、科学以及社会和文化价值的部位，含建筑立面、结构体系、平面布局、重要事件和重要人物遗留的痕迹、独特的传统工艺技术以及有特色的内部装饰等部位。

[来源：WW/T 0048-2014，3.5]

3.5

勘察 reconnaissance and survey

对古建筑场地地质、环境、结构体系、保护现状和主要病害等进行调查、检查、测绘、检测、监测等工作，编制成果文件，为后期保护工程的设计与实施提供技术资料的活动。

[来源：GB/T 39056-2020，3.1.7改写]

3.6

病害 disease

在长期使用、保存过程中，由于自然、人类活动等因素导致的古建筑在材料、结构构造、外貌形态上发生的一系列损伤、变形、生物病害等现象。

3.7

裂隙 crack

石材原生的构造或层理，自然风化导致的沿砖石材质纹理发育的浅表开裂以及外力作用导致的砖石结构开裂现象。

4 基本要求

4.1 勘察工作应符合最小干预的工作原则，优先采用原位测试、无损探测技术，必要时进行微损探测技术、取样试验等综合探查方式。

4.2 勘察应根据国家文物保护基本法规及相关标准，获取古建筑现状及环境资料，并进行现状测绘、检查、检测、实验、监测、分析评价等工作。

4.3 勘察工作应在初步调研文物病害主要成因的基础上进行，病害主要成因与地基基础有关联时，应同时进行地基基础勘察和主体结构勘察，其他情况下可只进行主体结构勘察。设计、施工期间若发现与之前分析结论不一致的问题和现象时，应进行有针对性的补充勘察。

4.4 勘察除应遵守本文件外，尚应符合现行国家和北京市有关标准、规范的规定。

5 勘察工作程序

5.1 古建筑砖石结构现场勘查工作程序宜按照图 1 规定的调研与初勘、风险评估、勘查方案制定、详细勘查、分析评价、勘查报告的流程进行。

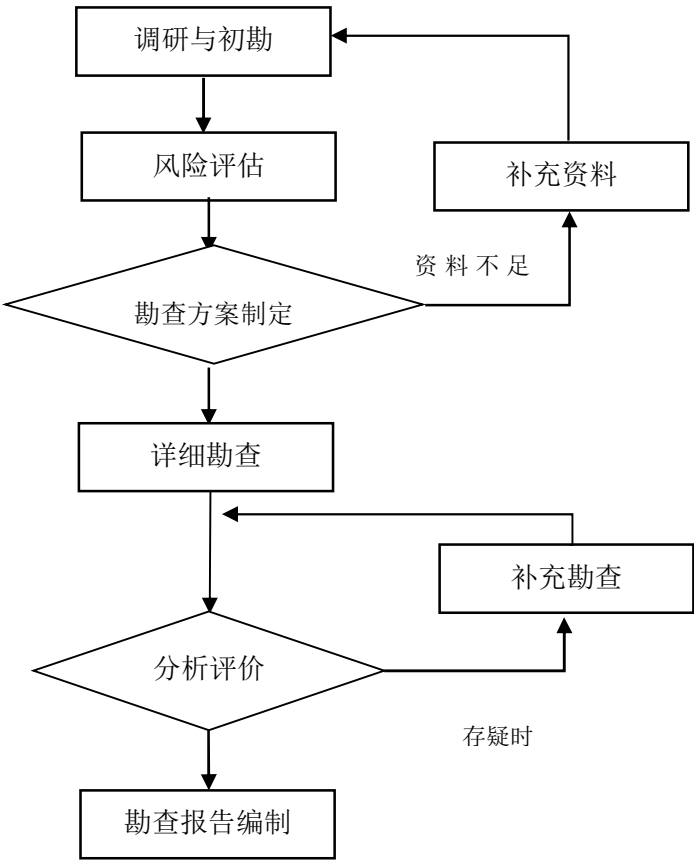


图1 古建筑砖石结构现场勘查工作程序

5.2 调研与初勘应包括下列基本内容：

- a) 调研应包括下列内容：
 - 1) 搜集区域气象、水文、地质、地震资料；
 - 2) 搜集文物档案、历史文献、考古成果、研究成果、保护资料、历史沿革、价值评估等资料；
 - 3) 调查使用条件改变、用途变更等情况；
 - 4) 搜集历次维修与加固资料；
 - 5) 调查历史受灾情况；
 - 6) 调查地下资源开采情况。
- b) 初勘应包括下列内容：
 - 1) 根据历史资料及现状调查，评估古建筑砖石结构保存状况；
 - 2) 调查记录砖石结构病害类型、分布特征，对病害危害性进行初步评估，初步查明病害主因；
 - 3) 编制勘查方案初稿。

5.3 应根据调研和初勘情况，在现场勘查过程中，对文物本体、周边环境可能造成的损伤风险等进行识别和评估，在风险评估的基础上围绕文物安全开展现场勘查工作。

5.4 勘查方案应根据现场调研与初勘结论结合古建筑的价值认知、风险评估及其建筑特点和环境条件制定。内容应包括勘查的工程概况、范围、依据、工作内容、目的、原则、主要方法、工作流程、工作进度计划、安全措施以及勘查实施条件等。

5.5 详细勘查应根据勘查方案的要求进行现场勘查工作。主要包括岩土工程勘察、现状测绘和影像记录、结构勘查、病害勘查和材料性能检测等。

5.6 根据详细勘查结果进行分析与评价，给出评价结论并提出保护建议。分析评价过程中发现勘查结果存在疑问，应及时补充勘查。

5.7 各部分勘查完毕后应给出整体勘查结论并编制专项勘查报告。

6 现状测绘和影像记录

6.1 现状测绘和影像记录的内容及要求

6.1.1 现状测绘和影像记录应包括下列内容：

- a) 区位图；
- b) 总平面图；
- c) 平面图；
- d) 立面图；
- e) 剖面图；
- f) 详图；
- g) 病害图；
- h) 现状照片；
- i) 现状影像。

6.1.2 区位图、总平面图、平面图、立面图、剖面图及详图应按照 DB11/T 1597 的相关规定执行，并符合下列要求：

- a) 对于吊顶内部、结构构件交接关系无法探明的隐藏部位应留白处理；
- b) 应标注构件材料，注明构件或砌体的材料工艺做法，并使用材料图例；当剖断部分无法探明具体材质时，可不绘制材料图例。

6.1.3 现状病害图应符合下列要求：

- a) 病害图上应明确所在相应立面图中的位置区域，对立面图进行等距离网格划分并编号，分区域进行病害图绘制、标识；
- b) 病害图上应明确病害种类和病害分布状况，以清晰明了为原则，采用图示和文字的形式进行说明，病害种类及病害图示参照 GB/T 30688 的相关规定执行。

6.1.4 现状照片与现状影像记录应符合下列要求：

- a) 必须真实、准确、清晰，依序编排；
- b) 重点反映勘查对象的整体风貌、时代特征、病害、损伤现象及程度等内容；
- c) 反映环境、整体和残损病害部位的关系；
- d) 与现状实测图、文字说明顺序相符；
- e) 现状照片应有编号或索引号，有简要的文字说明；

- f) 应有古建筑各向正影像；
- g) 单张数字照片宜高于 1500 万像素；
- h) 动态影像应保存在储存介质上，作为报告的附件。

6.2 现状测绘和影像记录的方法

6.2.1 现状测绘和影像记录宜采用如下技术手段：

- a) 现状测绘包括测记法、地面三维激光扫描法、近景摄影测量法、无人机低空摄影测量法等；
- b) 影像记录可采用拍摄图像照片、可见光视频摄像、红外热成像摄像、高光谱成像等方式。

6.2.2 采用测记法进行现状测绘，应符合下列要求：

- a) 测记法所配置的测距仪、全站仪、钢尺、卡尺、卷尺等测量工具检定应按相关规定执行；使用全站仪的测图程序、全站仪测图方法以及数据处理应当按照 GB/T 50026 的相关规定执行；
- b) 对砌体形式、工艺做法、砌体规格、灰缝材料和尺寸等，应根据观测结果，再结合摄影影像，参照实物进行绘制或记录。

6.2.3 采用地面三维激光扫描法进行现状测绘应按照 DB11/T 1796 的相关规定执行，并符合下列要求：

- a) 对于砌筑局部部位应采用手持式激光扫描仪进行测量；
- b) 对于局部构件，采用地面三维激光扫描仪无法准确获取其结构尺寸，应采用点测法实地补测。

6.2.4 采用近景摄影测量法进行现状测绘应按照 GB/T 12979 的相关规定执行，并符合下列要求：

- a) 摄影设备的选择应满足摄影测量对象的精度要求；
- b) 近景摄影测量的现场操作、摄影设备精度要求、图像处理应按照 CH/T 6005 的相关规定执行；
- c) 对于局部构件，采用近景摄影测量无法准确获取其结构，应采用点测法实地补测。

7 结构勘查

7.1 场地、地基、基础（台基）勘查

7.1.1 地基勘查应包括以下内容：

- a) 场地类别与场地稳定性；
- b) 地基稳定性和地基土情况，包括土层分布及下卧层情况；
- c) 地基承载力的近位测试及室内力学性能试验；
- d) 地基变形及其在上部主体结构中的反应；
- e) 其它因素，如地下水抽降、地基浸水、水质恶化、土壤腐蚀等的影响或作用。

7.1.2 地基勘查宜采取下列技术手段：

- a) 物探采用地震波法、电磁法、地质雷达、电法等；
- b) 采用钻探与坑探，钻探孔可同时布置剪切波、孔内摄影、CT 成像及地下水监测、变形监测等工作；
- c) 实验分析及测试，应综合使用现场试验与室内试验相结合的方法。

7.1.3 基础（台基）勘查宜包括以下内容：

- a) 基础埋深及变化；

- b) 基础（台基）形制与材料，以及砌筑工艺；
- c) 基础（台基）的保存情况，调查基础（台基）完整性；
- d) 地下水、土壤等对基础（台基）的腐蚀性、冻融影响等状况；
- e) 基础（台基）与主体结构病害发育的关系。

7.1.4 基础（台基）勘查宜与地基勘查综合进行，宜采用下列技术手段：

- a) 选择不影响主体结构安全的部位进行基础开挖。对开挖处基础（台基）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（台基）剖面，对开挖范围内的基础情况进行详细记录；
- b) 对基础（台基）材料取样，如砖、石、灰土、胶结物等，对其物理力学性能及成分等进行测试分析；
- c) 采用超声、回弹法等无损检测手段进行检测。

7.1.5 出现下列情况之一，应对地基与基础（台基）进行详细勘查或定期观测：

- a) 基础存在不均匀沉降、倾斜（歪闪）或扭转等缺陷，且不能判定此类变形已趋于稳定，或主体结构存在因基础不均匀沉降而产生的裂缝、连接节点处松动变位等缺陷，且不能判定此类缺陷已停止发展；
- b) 由于周边深基坑开挖、地下交通等建设工程施工可能对建筑造成不均匀沉降等影响；
- c) 受地下水影响产生局部病害，需观测其变化发展趋势。

7.2 主体结构勘查

7.2.1 主体结构的勘查，应包括下列内容：

- a) 结构体系、结构构造、节点形式以及荷载传递路径和方式；
- b) 结构构件及其连接的形制及尺寸；
- c) 榫卯等主要节点连接的工作状态；
- d) 结构的整体变位和支承状况；
- e) 承重构件受力状态及变形；
- f) 砖石结构的材质及现状；
- g) 历代维修加固措施的现存内容及其目前工作状态。

7.2.2 对结构整体变位和支承情况的勘查，应包括下列内容：

- a) 荷载及其分布；
- b) 结构整体的倾斜、位移情况，构件的变形、扭转及支承情况；
- c) 检查承受水平荷载构件或体系的构造及其残损情况。

7.2.3 承重构件受力状态的勘查，应包括下列内容：

- a) 墙体尺寸、砌筑方式；
- b) 墙体、柱身的变形、开裂、扭转、外鼓状况；
- c) 柱尺寸、砌筑方式；
- d) 柱的两端支承状况；
- e) 梁柱节点情况；
- f) 柱头位移情况；
- g) 柱脚与柱础的错位情况；
- h) 梁的变形和裂缝状况；
- i) 石质面板的变形和裂缝状况；

- j) 拱、壳结构拱脚或壳的边梁的水平位移情况;
- k) 拱轴线或桶拱、扁壳的曲面变形状况。

7.2.4 砖石结构材料状况的勘察, 应包括下列内容:

- a) 材料类型、尺寸及制作工艺;
- b) 砖、石材的现有强度和风化程度;
- c) 灰浆、泥浆的现有强度、缺损情况;
- d) 与结构性能相关的其他检测。

7.2.5 历次维修加固情况的勘察, 应包括下列内容:

- a) 砖石构件的受力状态改变情况;
- b) 加固材料或构件的劣化、变形或缺失情况;
- c) 修补材料与文物本体的粘结情况;
- d) 不同时期更换构件之间的咬合、叠压关系;
- e) 因维修加固对其他构件造成的影响。

7.2.6 历次维修加固情况的勘察, 发生以下状况时应判定为存在安全性风险:

- a) 原拼接已变形或锚杆已松动;
- b) 铁扒铜严重锈蚀、变形;
- c) 断裂粘接材料、裂隙灌浆材料与文物本体粘结状况不良, 粘接部位重新出现裂隙或变形。

7.3 围护系统勘察

7.3.1 围护系统的勘察, 应现场核查围护系统的布置, 调查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等情况。

7.3.2 非承重墙体的勘察应包括下列内容:

- a) 材料类型、尺寸及制作工艺;
- b) 砖、石材的现有强度和风化程度;
- c) 与主体结构的构造连接情况;
- d) 墙体尺寸、砌筑方式;
- e) 墙体开裂、歪闪、外鼓状况。

7.3.3 围护系统构件的勘察应包括下列内容:

- a) 现状及其细部构造;
- b) 材料规格;
- c) 与主体结构的构造连接情况;
- d) 是否存在因体系变化造成构件受力状态发生变化的情况;
- e) 残损情况。

7.4 重点保护部位勘察

7.4.1 重点保护部位的勘察宜包括下列内容:

- a) 室外重点保护部位, 如斗栱、脊兽、附着雕塑、附着壁画彩画、栏杆栏板、题刻等;
- b) 室内重点保护部位, 如斗栱、藻井、附着雕塑、附着壁画彩画、题刻、附着地面重要墁砖等。

7.4.2 重点保护部位的勘察应重点查清下列情况:

- a) 文物价值;

- b) 重点保护部位的现状、细部构造情况;
- c) 与主体结构连接的实际状况, 是否存在对主体结构的不利影响;
- d) 材料规格和数量;
- e) 使用功能、病害及残损情况。

7.5 结构性能检验

7.5.1 古建筑砖石结构的结构性能检验, 应包括以下内容:

- a) 结构性能检验: 包括整体倾斜、水平构件挠度、楼板变形、自振频率等;
- b) 承重结构的连接性能检验: 包括连接的做法及相应措施、连接的完好程度、竖向构件层间位移情况等;
- c) 外界影响的结构性能检验: 包括周边施工影响的结构沉降、承重结构最高处振动速度、动力响应情况等。

7.5.2 遇到下列情况之一, 古建筑砖石结构宜进行现场荷载试验:

- a) 基于相关营造资料, 需对整体或局部使用状态进行验证;
- b) 缺乏相关营造资料, 对主要承重部位进行必要的测试。

7.5.3 周边施工或环境存有振动影响, 承重构件已出现开裂或围护构件存在损伤情况下, 古建筑砖石结构应进行现场振动测试。

8 病害勘查

8.1 损伤病害勘查

8.1.1 损伤病害勘查应包括砖石表面病害勘查和内部结构损伤勘查。

8.1.1.1 表层病害勘查应包括表面粉化剥落勘查、表层片状剥落勘查、鳞片状起翘与剥落勘查、表面泛盐勘查、表面溶蚀病害勘查、孔洞状风化勘查和浅表性裂隙勘查。

8.1.1.2 表面粉化剥落勘查宜采用下列技术手段:

- a) 观察表面是否有粉化颗粒;
- b) 采用便携式视频显微镜观察微观表面形貌变化情况;
- c) 使用表面剥落量称重法进行判断;
- d) 采用里氏硬度仪、表面划痕等方法测量表面硬度。

8.1.1.3 表层片状剥落勘查宜采用下列技术手段:

- a) 观察表面是否有片状剥落;
- b) 采用便携式视频显微镜观察微观表面形貌变化情况;
- c) 使用表面剥落量称重法进行判断;
- d) 采用里氏硬度仪、表面划痕等方法测量表面硬度。

8.1.1.4 鳞片状起翘与剥落勘查宜采用下列技术手段:

- a) 观察表面是否有鳞片状起翘与剥落;
- b) 采用便携式视频显微镜观察微观表面形貌变化情况;
- c) 使用表面剥落量称重法进行判断;
- d) 采用热红外成像仪或探针探测起翘及剥落开裂深度。

8.1.1.5 表面溶蚀勘查宜采用下列技术手段:

- a) 观察表面是否有表面溶蚀;

- b) 采用便携式视频显微镜观察微观表面形貌变化情况;
- c) 卡斯特瓶测量吸水率。

8.1.1.6 孔洞状风化勘查宜采用下列技术手段:

- a) 观察表面是否有孔洞状风化;
- b) 采用便携式视频显微镜观察微观表面形貌变化情况;
- c) 卡斯特瓶测量吸水率。

8.1.1.7 浅表性裂隙勘查宜采用下列技术手段:

- a) 观察表面是否有浅表性裂隙;
- b) 采用便携式视频显微镜观察微观表面形貌变化情况;
- c) 采用裂缝测试仪, 精细测量裂缝宽度;

8.1.2 内部结构病害勘查应包括机械裂隙病害勘查、构造裂隙(原生裂隙)病害勘查和空鼓病害勘查。

8.1.2.1 机械裂隙病害勘查宜采用下列技术手段:

- a) 观察表面是否有机机械裂隙;
- b) 采用便携式视频显微镜观察微观表面形貌变化情况;
- c) 采用裂缝测试仪, 精细测量裂缝宽度;
- d) 采用非金属超声波检测仪测量裂缝深度。

8.1.2.2 构造裂隙(原生裂隙)病害勘查宜采用下列技术手段:

- a) 观察表面是否有构造裂隙(原生裂隙)并与区域地质构造裂隙对比;
- b) 采用便携式视频显微镜观察微观表面形貌变化情况;
- c) 采用裂缝测试仪, 精细测量裂缝宽度;
- d) 采用非金属超声波检测仪测量裂缝深度, 砖石裂缝比较大的情况, 也可以采用探尺直接测量深度。

8.1.2.3 空鼓病害勘查宜采用下列技术手段:

- a) 采用地质雷达探测内部空鼓病害;
- b) 采用砖石微钻阻力仪, 确认空鼓位置;
- c) 采用非金属超声波检测仪测量空鼓位置;
- d) 采用红外线热成像仪测量空鼓位置及大小范围;
- e) 采用敲击法确定空鼓范围。

8.2 变形病害勘查

8.2.1 变形病害勘查应包括歪闪倾斜勘查、鼓胀和内陷勘查、沉降勘查、水平位移勘查。

8.2.2 倾斜勘查宜采用下列技术手段:

- a) 采用铅锤, 粗略测量具体点、线的歪闪倾斜;
- b) 采用全站仪, 高精度测量具体点、线的歪闪倾斜;
- c) 采用三维激光扫描仪, 测量面状歪闪倾斜。

8.2.3 鼓胀和内陷勘查宜采用下列技术手段:

- a) 用铅锤, 粗略测量具体点、线的鼓胀和内陷;
- b) 采用全站仪, 精度测量具体点、线的鼓胀和内陷;
- c) 采用三维激光扫描仪, 测量面状鼓胀和内陷。

8.2.4 沉降监测宜采用下列技术手段:

- a) 采用水准仪定期测量沉降;
- b) 采用三维激光扫描仪定期测量沉降。

8.2.5 水平位移勘查宜采用下列技术手段:

- a) 采用全站仪测量水平位移;
- b) 采用三维激光扫描仪测量水平位移。

8.3 生物病害勘查

8.3.1 生物病害勘查应包括植物病害勘查、动物病害勘查、微生物病害勘查。

8.3.2 植物病害勘查应包括下列内容:

- a) 判断植物类型及对古建筑影响程度;
- b) 测量有害植物病害区、有害植物直径、高度等。

8.3.3 动物病害勘查应包括下列内容:

- a) 判断动物类型及对古建筑影响程度;
- b) 测量动物病害区。

8.3.4 微生物病害勘查应包括下列内容:

- a) 对微生物进行取样并鉴定其种类;
- b) 判断微生物对古建筑影响程度;
- c) 测量微生物病害区。

9 材料检测

9.1 材料检测的内容及要求

9.1.1 影响结构安全及辅助建筑断代的材料均应进行材料检测。

9.1.2 材料取样应选择容易获取且不影响整体安全及观感的部位。

9.1.3 材料现场检测工作应包括砌块及灰浆抗压强度等物理性能及材料病害机理检测。

9.1.4 材料现场检测的单元、测区、测点应满足下列要求:

- a) 检测对象为整栋建筑物或建筑物的一部分,应将其划分为一个或若干个可以独立进行分析的结构单元。
- b) 在每一个结构单元中划分出若干个检测单元。每一检测单元内,宜随机选择不少于 5 个构件(单片墙体、柱),每个构件布置不宜多于 2 个测区。当按以上原则布置一个检测单元不足 10 个测区时,可选择面积较大构件适当增加测区数量。
- c) 砖、石及灰浆抗压强度的测点应布置在无缺陷、无损伤的部位。

9.2 材料检测的方法

9.2.1 现场材质性能检测宜采用超声、回弹、微钻、贯入法等无损或微损的方法进行。方法的选用应符合下列规定:

- a) 采用超声法检测古建砖抗压强度、内部缺陷,参照附录 A 的规定进行。
- b) 采用超声法检测石材抗压强度,应符合 DB11/T 1190.2 中关于古建筑石质构件力学性能超声波波速检测方法的规定。
- c) 采用回弹法检测古建砖抗压强度,参照附录 B 的规定进行。
- d) 采用微钻法检测古建砖抗压强度和缺陷,参照附录 C 的规定进行。

e) 采用贯入法检测灰浆抗压强度，参照附录 D 的规定进行。

9.2.2 检测单元的抗压强度应按现行国家标准 GB/T 50315 中强度推定的方法确定。现场测试结束时，应立即修补因检测造成的局部损伤部位。

9.2.3 对于无法进行现场检测的砖、石、灰浆等材料，宜根据现场勘查情况选取有代表性的材料进行试验室试验。

10 分析与评价

10.1 现状详细勘查后，应根据现状测绘、结构勘查、病害勘查、材料检测等情况分别进行分析与评价，给出评价结论并提出保护建议。

10.2 分析与评价应包括下列内容：

- a) 勘查对象形制、结构、材料、工艺的完整性；
- b) 现状环境与历史环境的完整性对比；
- c) 历次维修加固干预手段的有效性；
- d) 基于勘查结果的结构安全性及稳定状况；
- e) 勘查对象的保存及残损状况；
- f) 病害类型、程度、分布范围、成因及发展趋势。

11 专项勘查报告

11.1 专项勘查报告应包括以下主要内容：

- a) 勘查对象概况（历史及维修沿革、价值阐释）；
- b) 勘查目的、范围、原则、依据；
- c) 结构勘查结果；
- d) 病害勘查结果；
- e) 材料检测结果；
- f) 现状评估；
- g) 勘查结论；
- h) 现状照片与影像记录；
- i) 现状测绘图纸；
- j) 附录或附表。

11.2 结构勘查结果包括以下内容：

- a) 地基、基础（台基）勘查结果；
- b) 主体结构、围护系统和重点保护部位勘查结果；
- c) 结构性能检验结果；
- d) 材料构成技术特点、工艺构成技术特点。

11.3 病害勘查结果应包括以下内容：

- a) 病害类型、部位、范围、程度及成因等；
- b) 检测、监测数据的来源与分析；
- c) 环境现状与变化对于勘查对象的影响；
- d) 结论。

11.4 材料检测结果应包括以下内容：

- a) 材料类型；
- b) 取样部位；
- c) 实验数据与物理性能指标；
- d) 材料病害机理检测；
- e) 结论。

附录 A

(资料性)

超声法检测古建砖抗压强度、内部缺陷

A.1 仪器设备

超声波检测仪由检测仪和换能器两部分组成，主要技术要求如下：

- a) 具有波形清晰、显示稳定的示波装置；
- b) 声时最小分度为 $0.1\ \mu\text{s}$ ；
- c) 具有最小分度为 1dB 的衰减系统；
- d) 接受放大器频响范围 $10\text{kHz}\sim 500\text{kHz}$ ，总增益不应小于 80dB，接受灵敏度不应大于 $50\ \mu\text{V}$ ；
- e) 换能器的实测主频与标称频率相差不应大于 $\pm 10\%$ 。

A.2 检测方法步骤与数据处理

A.2.1 确定测区位置

- a) 现场检测时，应先结合考古等方法进行古建砖产地、年代和种类的判断，选用制作年代、产地等一致的古建砖组成检测单元。
- b) 每个检测单元应均匀布置测区，相邻两测区的间距不宜大于 2m。
- c) 每个测区布置测点 3 个。测试面应清洁、平整、干燥，不应有接缝、饰面层、浮浆和油垢。必要时，应清除杂物和磨平不平整处，并擦净残留粉尘。
- d) 检测单元上的测区应编号，并记录测区位置和外观质量情况。

A.2.2 选择耦合器

古建砖表面测试所用耦合材料的选择应以易于清除且对古建砖表面影响最小为原则，不宜选用凡士林或黄油为耦合剂，可选用液体胶水或医用超声耦合剂作为耦合剂。

A.2.3 选择超声波测试方式

超声测试宜优先采用对测或角测，当被测构件不具备对测或角测条件时，可采用单面平测。

A.2.4 进行超声波测试

- a) 当测试采用对测时，在受检构件互相平行的一对测试面上进行布点，测量一对平行测点之间的距离。检测时将两个换能器平行放置于受检古建砖两侧，使用耦合剂的换能器与测试表面应紧密结合。根据平行测点之间间距和超声波声时计算超声波波速(km/s)。
- b) 当测试采用角测时，在受检构件互相垂直的一对测试面上进行布点，测量一对垂直测点之间的距离。检测时将两个换能器垂直放置于受检古建砖两侧，使用耦合剂的换能器与测试表面应紧密结合。根据垂直测点之间间距和超声波声时计算超声波波速(km/s)。
- c) 当测试采用单面平测时，可按时距法求得受检古建砖的平均波速。测试时，将一条线段的一个端作为发射点，然后在该线段上依次以不等距布置 4 个~6 个接收点，分别测得各点间的波速到达时间。以时间为横坐标，测距为纵坐标，用回归分析方法求出平均波速。
- d) 取 3 个测点的声速平均值作为古建砖构件声速代表值。

A.3 检测结果评定

A.3.1 根据超声波检测仪测试古建砖内的声速值评估古建砖内部缺陷，并经过换算推定抗压强度。

- a) 干燥状态下的未风化古建砖波速值为 1.5km/s~3.0km/s。当现场古建砖的波速值低于上述数值时，可判断受检构件表面有隐裂隙（直达波法）、内部存在缺陷（对穿直透法）或有一定程度的风化。
- b) 根据实验室内对 40 个古建砖试块的波速、单轴抗压强度、弹性模量的测试结果，得出公式(A.1)和（A.2）线性回归方程：

$$S = av_1 + b \dots\dots\dots (A.1)$$

$$S = cv_2 + d \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：
σ——单轴抗压强度（MPa）；
v₁——采用对测方式得到的超声波波速值（km/s）；
v₂——采用平测方式得到的超声波波速值（km/s）；
a、b、c、d——常参数，根据现场取样结果回归确定；无法取样时，取值可参考表 A.1。

表 A.1 古建砖强度公式参数取值参考

参数	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
取值	1.5~2.0	2.0~4.0	1.2~1.6	3.0~5.0

A.3.2 各测区强度的推定值，以每块砖换算值为代表值，按照GB 50344-2019的3.5.10或3.5.11推定其强度区间。

附录 B
(资料性)
回弹法检测古建砖抗压强度

B.1 仪器设备

B.1.1 采用本方法检测，回弹仪技术参数要求如下：

- 标称冲击动能：0.735J
- 弹击锤冲程：75mm
- 指针滑块的静摩擦力：0.5N±0.1N
- 弹击杆球面曲率半径SR：25mm±1mm
- 钢砧率定回弹值：74±2
- 外形尺寸：Φ54*268mm
- 重量：≈1kg

B.1.2 回弹仪的检定和保养，应符合国家有关回弹仪的规定。
B.1.3 在使用回弹仪检测之前后，均应在钢砧上率定回弹仪示值。

B.2 检测方法步骤与数据处理

- B.2.1 回弹法检测古建砖抗压强度是应用回弹仪测试砖表面硬度，并经过换算推定成抗压强度。
- B.2.2 回弹法检测适用于推定表面完整古建砖的抗压强度，不适用于推定表面已风化或遭受冻害、环境侵蚀的砌体中砖的抗压强度。
- B.2.3 现场检测时，应先结合考古等方法进行青砖产地、年代和种类的判断，选用制作年代、产地等一致的砖组成检测单元。
- B.2.4 每个检测单元应随机抽取10个测区进行检测，每个测区面积不应小于1平米。应在每个测区中选择10块条面向外，外观质量符合B.2.2要求的砖供回弹检测。
- B.2.5 每块供检测青砖应布置5个测点。测点位置宜均匀分布于砖条面中间区域，各测点之间宜相距30mm左右，测点离砖边缘距离不应小于20mm，应避开气孔、裂纹、爆裂等。
- B.2.6 检测前，将回弹仪弹击杆顶住砖样表面，轻压仪器，松开按钮，徐徐伸出弹击杆，使其处于自由状态。
- B.2.7 检测时，将回弹仪垂直对准砖样表面，缓慢均匀施压，使弹击杆击发。弹击后，在刻度尺上读取回弹值读数。
- B.2.8 每个测点只许弹击一次，回弹值读数精度应估读至1。

B.3 检测结果评定

B.3.1 单块砖的回弹值，应取5个测点回弹值的平均值。
B.3.2 单块古建砖的抗压强度换算值，应取每块古建砖回弹平均值，按照公式（B.1）计算：

$$f = 1.421e^{0.0533R} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

f ——单块古建砖的抗压强度换算值（MPa）；

R ——单块古建砖的回弹平均值。

B.3.3 测区的古建砖抗压强度平均值，应按公式（B.2）计算：

$$f_i = \frac{1}{10} \sum_{j=1}^g f_{ij} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

- f_i ——第*i*测区的古建砖抗压强度平均值；
- f_{ij} ——第*i*测区第*j*块古建砖的抗压强度换算值；
- n ——单块古建砖所取测点数。

B.3.4 检验单元的古建砖抗压强度平均值，标准差和变异系数，应按公式（B.3）、（B.4）和（B.5）计算：

$$\bar{x} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^g f_i \dots\dots\dots (B.3)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^g (\bar{x} - f_i)^2}{m - 1}} \dots\dots\dots (B.4)$$

$$S = \frac{s}{\bar{x}} \dots\dots\dots (B.5)$$

式中：

- $\bar{x}$ ——同一检测单元的古建砖抗压强度平均值（MPa）；
- m ——同一检测单元的测区数；
- f_i ——第*i*测区的古建砖抗压强度平均值；
- s ——同一检测单元，按*m*个测区计算的强度标准差（MPa）；
- S ——同一检测单元的强度变异系数。

附 录 C
(资料性)
微钻法检测古建砖强度和缺陷

C.1 仪器设备

C.1.1 工作原理

微钻法是通过测量并记录阻尼抗钻仪钻孔位置的钻削阻力和钻进深度的波动情况,以确定古建砖的缺陷损伤状况及强度。

C.1.2 技术指标

- a) 测试力范围: 1~100N。
- b) 钻进深度范围: 0~50mm。
- c) 钻头直径范围: 3~10mm。
- d) 测试开始前操作者可以在 20~1000r/min 范围内设置转速,并在测试过程中保持该设定的转速保持不变。
- e) 测试开始前操作者可以在 1~80mm/min 范围内设置钻进速度,并在测试过程中保持该设定的钻进速度保持不变。
- f) 本方法设定的钻头直径 5mm,旋转速度 600r/min,钻进速度 10mm/min。

C.2 检测条件和检测方法步骤

C.2.1 检测条件

微钻法测试时古建砖构件应干燥。露天古建砖宜选择晴天、空气湿度较小时进行测试,并且测试前 3d 均无降水发生。

C.2.2 检测方法步骤

阻尼抗钻仪测量古建砖的缺陷损伤状况及强度的步骤,应符合下列规定:

- a) 选择相应尺寸的金刚石钻头。
- b) 根据相应测量古建砖选取相应的固定装置。
- c) 电脑安装抗钻阻尼器驱动软件,连接阻尼器与电脑。
- d) 按调零按钮,将钻头前方受力重置为 0 (此时钻头并未接触到被测物体表面)。设置软件中对于抗钻阻尼器钻取深度,转速等标准,设置输出目录途径。
- e) 按启动按钮,钻头向前方钻进,屏幕中会出现深度与受力的坐标图。
- f) 待测试结束后,清理灰屑。查看数据图表。
- g) 测试完成以后,系统自动计算平均钻进阻力。

C.3 检测结果评定

C.3.1 缺陷判定: 通过钻入阻力—钻入深度曲线对古建砖的风化腐朽状况进行判定,横坐标为钻入深度,纵坐标为钻入阻力,抗钻阻尼器钻入阻力的高低与走势反映了砖石的健康状况。检测曲线中阻力仪钻入阻力较高、波动较小区域的为健康区域,阻力仪钻入阻力较低、波动较大区域为缺陷区域。

C.3.2 强度推定：古建砖的抗压强度和平均钻进阻力之间的相互关系，按公式（C.1）计算：

$$f = -0.0111x^2 + 1.1737x - 1.0821 \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

f ——抗压强度推定值（MPa）；

x ——平均钻进阻力（N）。

附 录 D
(资料性)
贯入法检测灰浆强度

D.1 仪器设备

D.1.1 贯入法检测砌筑灰浆抗压强度使用的仪器应包括贯入式灰浆强度仪（以下简称贯入仪）和数字式贯入深度测量表（以下简称贯入深度测量表）。

D.1.2 贯入仪及贯入深度测量表技术指标应符合下列规定：

- a) 贯入仪贯入力应为 (200 ± 8) N；
- b) 贯入仪工作行程应为 (20 ± 0.10) mm；
- c) 贯入深度测量表最大量程不应小于 20.00mm；
- d) 贯入深度测量表分度值应为 0.01mm。

D.1.3 测位宜选在墙体的可测面上，并应避开竖缝位置、门洞窗口及预埋件等附近的墙体。被检测灰缝应饱满，其厚度3-10mm，墙面上每个侧位的面积宜大于0.3m²。

D.1.4 检测前，应宏观检查砌筑灰浆的质量，水平灰浆内部的灰浆与其表面的灰浆质量应基本一致。

D.2 检测方法步骤与数据处理

D.2.1 测位处应按下列要求进行处理：

- a) 粉刷层、勾缝灰浆、污物等应清除干净；
- b) 弹击点处的灰浆表面，应仔细打磨平整，并应除去浮灰；
- c) 磨掉表面灰浆的深度应为 3mm~5mm，且不应小于 3mm。

D.2.2 每个构件应测试16点。测点应均匀分布在构件的水平灰缝上，相邻测点水平间距不宜小于240mm，每条灰缝测点不宜多于2点。

D.2.3 检测过程中，当测点处的灰缝灰浆存在空洞或测点周围灰浆有缺损时，该测点作废，另选测点补测。

D.2.4 检测数据中，应将16个贯入深度值中的3个较大值和3个较小值剔除，余下的10个贯入深度值应按公式（D.1）取平均值。将构件的贯入深度代表值 m_{dj} 按照测强曲线计算其灰浆抗压强度换算值 $f_{2,j}^c$ 。

$$m_{dj} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^n d_i \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

m_{dj} ——第j个构件的灰浆贯入深度代表值（mm），精度至0.01mm；

d_i ——第*i*个测点的贯入深度值（mm），精度至0.01mm。

D.3 检测结果评定

D.3.1 根据实验室对灰浆试块的抗压强度、贯入深度的测试结果，得出测强曲线公式如下：

$$m = -0.279 - (-2.83)^{0.917^d} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：

m ——灰浆抗压强度（MPa）；

d ——贯入深度（mm）。

D.3.2 按批抽检灰浆，同批构件灰浆应按公式（D.3）、（D.4）和（D.5）计算其平均值、标准差和变异系数：

$$mf_2^c = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n f_{2,j}^c \dots\dots\dots (D.3)$$

$$s_{f_2^c} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (m_{f_2^c} - f_{2,j}^c)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (D.4)$$

$$h_{f_2^c} = s_{f_2^c} / m_{f_2^c} \dots\dots\dots (D.5)$$

式中：

mf_2^c ——同批构件灰浆抗压强度换算值的平均值（MPa），精度至0.1MPa；

$f_{2,j}^c$ ——第*j*个构件的灰浆抗压强度换算值（MPa），精度至0.1MPa；

$s_{f_2^c}$ ——同批构件灰浆抗压强度换算值的标准差（MPa），精度至0.1MPa；

$h_{f_2^c}$ ——同批构件灰浆抗压强度换算值的变异系数，精确至0.01。

D.3.3 砌体砌筑灰浆抗压强度推定值应按JGJ/T 136确定。

参 考 文 献

- [1] GB/T 39056 古建筑砖石结构维修与加固技术规范
 - [2] GB 50344 建筑结构检测技术标准
 - [3] JGJ/T 136 贯入法检测砌体砂浆抗压强度技术规程
-