

DB11

北京市地方标准

DB 11/T XXXX—XXXX

文物建筑安全监测技术规范

Technical code for monitoring of heritage building safety

征求意见稿

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

北京市质量技术监督局 发布

目 次

前言	II
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	3
4.1 一般规定	3
4.2 安全监测基本程序及其工作内容	4
4.3 日常安全监测	6
4.4 修缮安全监测	7
4.5 环境安全监测	10
4.6 监测系统、监测点及设备规定	10
5 监测方法	11
5.1 一般规定	11
5.2 应力应变监测	11
5.3 变形监测	12
5.4 温湿度监测	14
5.5 振动监测	14
5.6 地震动及地震响应监测	16
5.7 风及风致响应监测	16
5.8 视频监控	17
5.9 巡视检查	17
6 监测频次	17
7 监测项目预警	18
8 监测成果及信息反馈	19
附 录 A	21
附 录 B	23
附 录 C	25
附 录 D	27

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由北京市文物局提出并归口。

本标准由北京市文物局组织实施。

本标准负责起草单位：

本标准主要起草人：

文物建筑安全监测技术规范

1 范围

本标准规定了北京市行政区域内文物建筑结构安全监测的基本要求。

本标准适用于北京市行政区域内下列文物建筑的安全监测：

- a) 核定公布为文物保护单位的建筑物、构筑物；
- b) 尚未核定公布为文物保护单位，但被登记公布为不可移动文物的建筑物、构筑物；
- c) 尚未列为不可移动文物，但公布为历史建筑的建筑物、构筑物；
- d) 尚未公布为历史建筑，但具有保护价值的建筑物、构筑物。

其他文物保护单位工程可参照使用。

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，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本文件。

- GB 50026 工程测量规范
- GB 50165 古建筑木结构维护与加固技术规范
- GB 50497 建筑基坑工程监测技术规范
- GB 50911 建筑与桥梁结构监测技术规范
- GB 50982 城市轨道交通工程监测技术规范
- GB/T12979 近景摄影测量规范
- GB/T50452 古建筑防工业振动技术规范
- JGJ8-2007 建筑变形测量规范
- JGJ/T 302(备案号J 1598) 建筑工程施工过程结构分析与监测技术规范
- CECS 333 结构健康监测系统设计标准
- CH/Z3017 地面三维激光扫描作业技术规程
- DB11/T 1190.1 古建筑结构安全性鉴定技术规范（第1部分：木结构）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

文物建筑 heritage building

文物建筑指核定为各级文物保护单位和登记公布的不可移动文物，具有历史、艺术、科学价值的古建筑、近代建筑、革命旧址和纪念性建筑。

3.2

监测 monitoring measurement

采用仪器量测、现场巡查、远程视频监控等手段和方法，长期、连续地采集和收集反映文物建筑本体以及周边环境对象的状态、变化特征及其发展趋势的信息，并进行分析、反馈的活动。

3.3

安全监测 safety monitoring

对文物建筑在日常使用、修缮、抢险加固、迁移、原址重建等过程中的安全影响因素的安全状态及动态变化进行量测、检查、监视，并进行分析反馈，预防和消除安全隐患，确保文物建筑长期安全存在的活动。

3.4

日常安全监测 usual safety monitoring

在文物建筑日常使用过程中，对文物建筑本体可能造成的损伤所进行的安全监测工作。

3.5

修缮安全监测 repair safety monitoring

文物建筑在抢险加固、迁移、原址重建、修缮等文物保护工程实施过程中、以及实施后的变形、变化稳定期内所进行的安全监测工作。

3.6

环境安全监测 environment safety monitoring

对可能导致文物建筑本体变形、变化以及可能对监测设备监测过程造成影响的文物建筑周边气象环境、环境污染、其他环境威胁等因素进行的安全监测工作。

3.7

监测系统 monitoring system

由监测设备组成实现一定监测功能的软件及硬件集成。

3.8

监测预警值 precaution value for monitoring

对表征监测对象可能发生异常或危险状态的监测量所设定的警戒值。

3.9

干扰源 disturbing sources

指对文物建筑本体已经存在或潜在存在安全危害的事件、行为。包括突发性自然事件（如暴雪、暴雨、强风）、人为扰动（如影响区域内地铁施工、重载、强噪声、地下水超采等）。

3.10

文物建筑变形监测 deformation monitoring of heritage building

对文物建筑的地基、基础、上部结构及其场地受各种作用力而产生的形状或位置变化进行周期性监测，并对观测结果进行处理和分析的工作。

3.11

基准点 benchmark, reference point

布设在监测区域之外的稳定的、需长期保存的测量控制点。

3.12

工作基点 working reference point

布设在监测现场，直接用于测量监测点的最末一级测量控制点。

3.13

监测点 observation point

布设在监测对象敏感位置上能反映其变化特征的测量点。

4 基本要求

4.1 一般规定

4.1.1 文物建筑安全监测包括日常安全监测、修缮安全监测及环境安全监测。

4.1.2 文物建筑在下列情况下应进行日常安全监测：

- a) 建筑物发生倾斜、沉降或其它变形，影响安全使用时；
- b) 建筑构件损坏或缺失，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时；
- d) 经定期检查或全面检查，发现文物建筑存在安全隐患时；
- e) 遭受严重灾害或事故后；
- f) 使用功能发生变化存在安全风险时；
- g) 其他需要掌握结构安全性水平时。

4.1.3 文物建筑在下列情况下应进行修缮安全监测：

- a) 迁移工程；
- b) 抢险加固工程；
- c) 存在影响安全的损伤、裂缝、变形需要维修加固时；
- d) 特大及结构形式复杂的文物建筑维修加固时；
- e) 其他存在安全隐患的修缮工程。

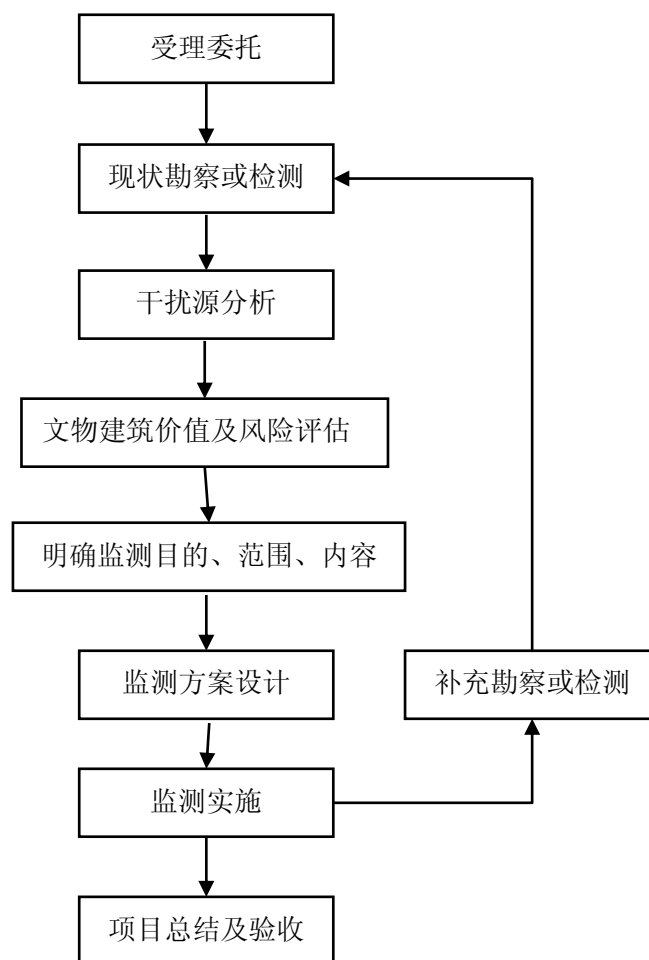
4.1.4 文物建筑在下列情况下宜进行环境安全监测：

- a) 建筑物发生明显的腐蚀、风化、粉化、腐朽等损伤时；
- b) 温度、湿度、粉尘、酸雨等及空气中的有害物质对文物建筑产生不利影响时；
- c) 交通、爆破等振动及周边施工对文物建筑有影响时；
- d) 游客对文物建筑及内存文物有影响时；

- e) 周边环境或小气候发生变化时；
- 4.1.5 文物建筑安全监测应符合以下规定：
- a) 安全监测宜采用仪器监测与巡视检查相结合的方式进行；
 - b) 监测期间应对监测系统有效性进行检查和维护；
 - c) 所使用的仪器设备应经过量值溯源，且在有效期内；
 - d) 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，并宜采用其他相关方法进行相互验证；
 - e) 宜选用无损的监测方法。
- 4.1.6 下列文物建筑的监测方案应进行专门技术论证：
- a) 特大及结构形式复杂的；
 - b) 发生严重事故，经检测、处理与评估后恢复修缮或使用的；
 - c) 列入世界文化遗产的建筑，将申报世界文化遗产的；
 - d) 破坏后果十分严重的；
 - e) 监测方案复杂的；
 - f) 其他需要论证的。
- 4.1.7 文物建筑安全监测宜设置监测预警值，监测预警值应满足被监测对象的安全或修缮控制要求。
- 4.1.8 应对监测点、传感器、电缆、采集仪等监测设备采取保护措施，避免发生损坏。

4.2 安全监测基本程序及其工作内容

- 4.2.1 文物建筑的安全监测，应按照下列程序进行：



4.2.2 现状勘察或检测宜包括下列工作内容：

- a) 获取历史、环境、工程与水文地质、地基基础、上部结构及保护现状等基础资料及其他有害影响因素资料；
- b) 现状勘查，病害调查与原因分析，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；
- c) 现场检测包括以下内容：
 - 1) 对建筑材料进行检测；
 - 2) 对变形现状进行检测；

[条文说明] 变形包括整体变形、局部变形、构件变形等，如基础沉降变形；各结构层竖向变形、檐口下沉变形、翼角下沉变形、正脊下沉变形；主要承重构件变形（如梁挠曲、柱倾斜等）、墙体倾斜等。

 - 3) 对建筑各种残损破坏情况等进行检测。
- d) 根据调查、查勘、检测、验算的数据资料进行综合评估。
- e) 现状勘察或检测工作完成后，应编写勘察或检测报告；
- f) 依据勘察或检测报告对监测内容提出建议。

4.2.3 干扰源分析宜包括下列基本工作：

- a) 调查影响区域内的干扰源，并依据相关数学模型或实际经验对干扰源进行危害性评估、分级。
- b) 根据干扰源对文物建筑的危害程度，将干扰源分为显著干扰源、一般干扰源及轻微干扰源。
- c) 确定干扰源时应考虑文物建筑本体破坏的对应性和相关性。

4.2.4 文物建筑价值及风险评估宜包括下列工作内容：

- a) 对文物建筑的核心价值及保持现状进行分析评估，进行风险识别；
- b) 建立干扰源与文物建筑核心价值承载体的相关性；
- c) 编制文物建筑的价值评估及风险评估报告。

4.2.5 监测目的、范围、内容的确定，应综合考虑现状勘察或检测、干扰源分析、文物建筑价值及风险评估以及委托方的要求：

- a) 文物建筑本体监测内容应根据文物建筑形变破坏现状及风险评估报告确定。

[条文说明] 本体监测内容可包括文物建筑整体监测、局部监测、构件监测、连接监测。

- b) 文物建筑影响因素监测内容应根据干扰源危害性评估、分级报告等确定。

[条文说明] 影响因素监测可包括气象环境监测、环境污染监测、其他环境威胁监测。

- c) 监测预警值可根据影响因子对文物建筑本体变形、变化破坏的相关性（危害速率）确定。
- d) 监测精度可根据监测内容预警值确定。

[条文说明] 对于重要文物建筑的变形监测，以预警值的 $\frac{1}{15} \sim \frac{1}{20}$ 作为监测精度值；对于一般

文物建筑，可采用预警值的 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{15}$ 作为监测精度值。

4.2.6 监测方案设计应依据监测的目的、范围、内容进行，宜包括现状分析、干扰源分析、价值评估、风险评估、监测内容、精度设计、监测点布设、测量方法、测量仪器设备、监测人员组织、监测周期、监测数据处理、监测预警、预警处置、质量保障措施、安全保障措施等。监测系统的设计方案尚应包含对文物建筑的保护措施的专门论述。

4.2.7 监测实施宜包括以下内容：

- a) 文物建筑安全监测的实施应符合文物建筑保护监测设计要求。
- b) 实施过程宜包括：监测设备安装与标定、传输线路敷设、数据采集设备安装、软件系统安装以及监测系统调试，形成监测报警阈值，提出异常情况下的处理措施等。
- c) 监测系统的实施过程应形成监测系统实施过程报告，应包含完整的实施过程资料。
- d) 在监测系统的运行阶段，应有专人定期进行系统的管理和维护工作。对于监测系统获得的监测数据应进行系统分析，定期形成所监测文物建筑工程或者结构的状态分析报告。监测系统的数据资料应保存完备。

4.2.8 项目结束时，应提交监测总结报告。

4.2.9 木结构、砌体结构、石质文物的监测内容见附录 A。

4.2.10 文物建筑安全监测项目的选择见附录 B。

4.2.11 文物建筑安全监测主要内容及主要方法仪器见附录 C。

4.2.12 文物建筑安全监测报告的格式可参考附录 D。

4.3 日常安全监测

- 4.3.1 日常安全监测项目可包括变形监测、应力应变监测、环境及其效应监测及远程监控等。变形监测可包括台基、台明沉降监测、结构竖向变形监测及结构水平变形监测；环境及其效应监测可包括风及风致响应监测、温湿度监测、地震动及地震响应监测、交通监测、冲刷与腐蚀监测、风化粉化检测等。
- 4.3.2 日常安全监测宜为长期实时监测，日常安全监测系统应能不间断工作，宜具备自动生成监测报表功能。
- 4.3.3 重要结构日常安全监测宜进行结构分析模型修正，修正后模型应反映结构现状。
- 4.3.4 日常安全监测应定期进行巡视检查和系统维护，发现异常情况应及时处理。
- 4.3.5 日常安全监测工作程序，可按图 5.3.5 的流程实施。

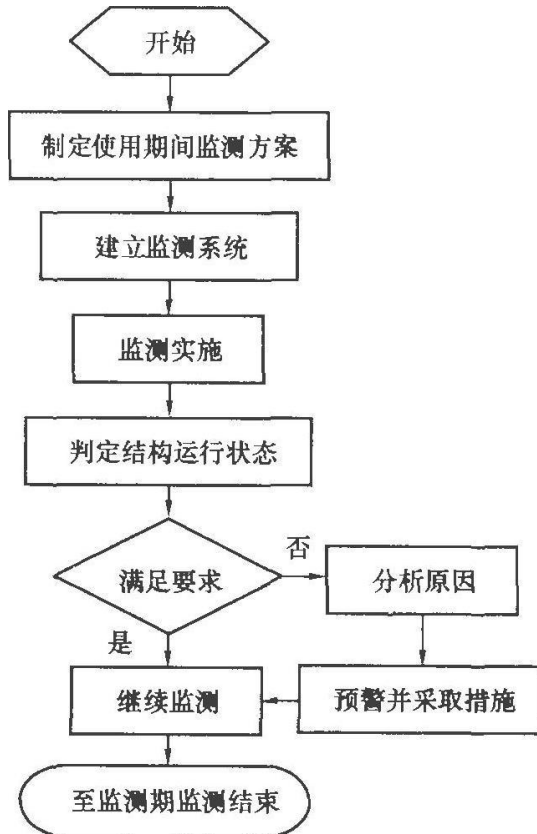


图 5.3.5 日常安全监测流程图

- 4.3.6 日常安全监测报告可分为监测系统报告和监测报表，监测系统报告应在监测系统完成时提交，监测报表应在监测期间由监测系统自动生成（能自动形成监测结论吗？）。
- 4.3.7 监测系统报告应包括项目概况、监测方法和依据、监测项目及监测系统操作指南、监测数据分析。
- 4.3.8 监测报表应为使用期间结构性能的评价提供真实、可靠、有效的监测数据和结论，监测报表应包括下列内容：
- a) 监测结果及对比情况，包括：规定时间段内的监测结果及与结构分析结果的对比、预警值等；
 - b) 监测结论。
- 4.3.9 监测报表、原始记录应进行归档。
- 4.3.10 当监测数据异常或报警时，应及时对监测系统及结构进行检查或检测，并立即通知委托方。

4.4 修缮安全监测

4.4.1 修缮安全监测项目可包括应力应变监测、变形监测、环境及效应监测及远程监控等。变形监测可包括结构竖向变形监测及结构水平变形监测等；环境及效应监测可包括周边交通影响、周边施工影响、温湿度监测及振动监测等。

4.4.2 修缮安全监测，宜重点监测下列部分：

- a) 应力变化显著或应力水平较高的构件；
- b) 变形显著的构件或节点；
- c) 承受较大施工荷载的构件或节点；
- d) 控制几何位形的关键节点；
- e) 损伤严重的构件或节点；
- f) 能反映结构内力及变形关键特征的其他重要受力构件或节点。

4.4.3 修缮安全监测前应对结构与构件安全性进行分析，并应符合下列规定：

- a) 宜采用实测的构件和材料的参数及荷载参数；
- b) 应考虑恒荷载、活荷载等重力荷载，可根据工程实际需要计入地基沉降、温度作用、风荷载等；
- c) 应对结构和构件进行承载力验算和变形验算。内力验算宜按荷载效应的基本组合计算，结构分析计算值与应变实测值对比应按荷载效应的标准组合计算，变形验算应按荷载效应的标准组合计算；
- d) 监测分析模型应与设计模型进行核对，应考虑可能出现风险的中间工况；
- e) 修缮方案有调整的，修缮全过程结构分析应相应更新；计算参数假定与早期监测数据差别较大时，应及时调整计算参数，校正计算结果，并应用于下一阶段的修缮期间监测中；
- f) 应充分考虑临时设施对文物建筑结构的影响，必要时应进行专家论证。

4.4.4 监测数据应进行处理分析，关键性数据宜实时进行分析判断，异常数据应及时进行核查确认。

4.4.5 修缮安全监测应按施工进度进行巡视检查。

4.4.6 修缮安全监测工作程序，可按图 5.4.6 的流程实施。

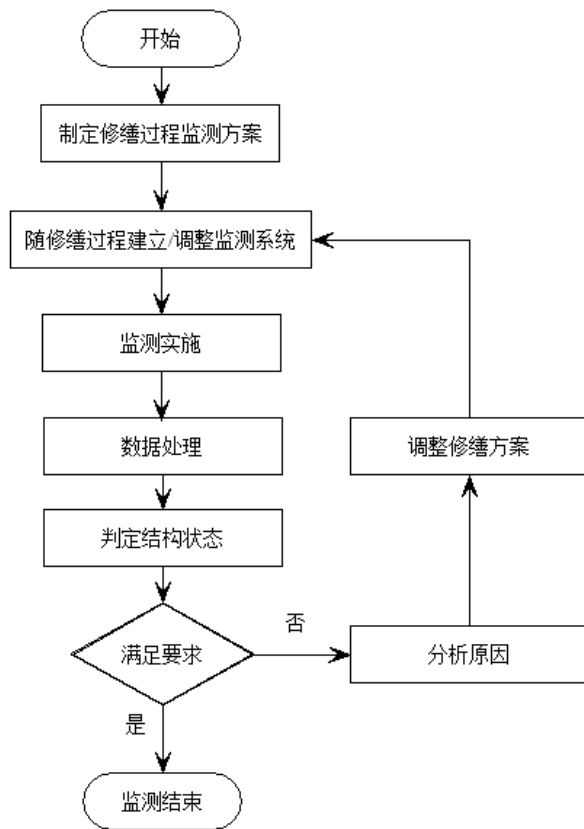


图 5.4.6 修缮安全监测流程图

4.4.7 修缮安全的监测报告宜分为阶段性报告和总结性报告。阶段性报告应在监测期间定期提交，总结性报告应在监测结束后提交。

4.4.8 监测报告应满足监测方案的要求，内容完整、结论明确；应为修缮期间工程结构性能的评价提供真实、可靠、有效的监测数据和结论。

4.4.9 阶段性监测报告应包括下列内容：

- a) 项目及修缮阶段概况；
- b) 监测方法和依据，包括：监测依据的技术标准，监测期和频次，监测参数，采用的监测设备及设备主要参数，测点布置，修缮施工模拟分析结果及预警值；
- c) 监测结果，包括：监测期间各测点监测参数的监测结果，与结构分析结果的对比情况，预警情况及评估结果，测点的变化情况，对监测期间异常情况的处理记录；
- d) 监测结论与建议；
- e) 预警报告、处理结果及相关附件。

4.4.10 总结性监测报告应反映整个监测期内的监测情况，报告内容应包括各阶段监测报告的主要内容。

4.4.11 监测记录应在监测现场或监测系统中完成，记录的数据、文字及图表应真实、准确、清晰、完整，不得随意涂改。

4.4.12 监测方案、监测报告、原始记录应进行归档，原始记录中应包括修缮施工过程结构模拟分析的计算书、结构变形及应变监测的监测记录和对比分析结果，对异常情况的处理记录，预警报告及处理结果。

4.4.13 监测数据应进行处理分析，关键性数据宜实时进行分析判断，异常数据应及时进行核查确认。

4.4.14 修缮安全监测设计和实施过程中，应考虑其与后续日常安全监测的联系性及继承性。

4.5 环境安全监测

4.5.1 环境安全监测项目可包括气象环境监测、环境污染监测、其他环境威胁监测等。

4.5.2 气象环境监测宜包括温湿度、降雨量、地表含水率、风速、风向、日照辐射、气压、蒸发量等。

4.5.3 环境污染监测宜包括以下内容：

- a) 大气质量监测，监测硫氧化物、氮氧化物、CO₂、CO、O₃、PM_{2.5}等，监测内容按照一类标准；
- b) 监测粉尘颗粒物、周边工业污染；
- c) 酸雨（降水过程中雨水的PH值、电导率值、水温和雨量），应定期采集雨水进行化学实验。

4.5.4 其他环境威胁监测可包括以下内容：

- a) 周边交通影响监测；
- b) 周边施工影响监测；
- c) 风及风致响应监测；
- d) 地震动及地震响应监测；
- e) 振动监测；
- f) 冲刷监测；
- g) 腐蚀监测；
- h) 风化监测；
- i) 粉化监测；
- j) 游客影响；
- k) 文物建筑本体表面病害。

4.6 监测系统、监测点及设备规定

4.6.1 应根据监测项目及现场情况对结构的整体或局部建立监测系统，并宜设置专用监控室。

4.6.2 监测系统宜具有完整的传感、调理、采集、传输、存储、数据处理及控制、预警及状态评估功能。

4.6.3 监测系统应符合下列规定：

- a) 监测前，宜对传感器进行初始状态设置或零平衡处理；
- b) 应对干扰信号进行来源检查，并应采取有效措施进行处理；
- c) 监测系统的采样频率应满足监测技术要求；
- d) 监测期间，监测结果应与理论分析结果进行适时对比，当监测数据异常时，应及时对监测对象与监测系统进行核查与修正，当监测值超过预警值时应及时预警。

4.6.4 监测点应符合下列规定：

- a) 应能反映监测对象的实际状态及其变化趋势，监测点应布置在能反映监测参数特征的关键点上，并应满足监测要求。
- b) 监测点的位置、数量宜根据本体以及文物保护要求、结构类型、施工过程、监测内容及理论分析结果确定。
- c) 宜有一定的冗余度，重要部位应适当增加监测点，以便监测数据的相互验证。
- d) 可利用结构的对称性，合理减少监测点布置数量。
- e) 宜便于监测设备的安装、测读、维护和替代。
- f) 在满足上述要求的基础上，宜缩短信号的传输距离。
- g) 宜采用文物建筑特征点或粘贴标志等可逆的方式，不宜设在文物本体的重要部位，且不宜影响文物建筑特征和美观。

4.6.5 监测设备应符合下列基本规定：

- a) 监测设备的选型应根据监测对象、监测项目和监测方法的要求，其读测精度应符合精度等级的要求，并具有良好的稳定性、耐久性、兼容性和可扩展性。
- b) 在正式投入使用前应对监测设备进行校准或标定，对长期监测设备应定期进行必要的检查、检测及保养。
- c) 监测设备应对其工作环境具有较强的适应能力和抗干扰能力。
- d) 监测设备的安装，要遵循对文物最低限度干预、最大程度地保护其真实性和完整性的原则。并根据监测方法和监测功能的要求选择安装方式，安装方式应牢固，安装工艺及耐久性应符合监测期内的使用要求；安装完成后应及时现场标识并绘制监测设备布置图，存档备查。
- e) 传感器应满足监测系统对量程、分辨率、线性度、灵敏度、迟滞、重复性、漂移、稳定性、供电方式及寿命等要求；实时监测时，传感器的采样频率应满足监测要求，还宜考虑传感器的动态特性。

5 监测方法

5.1 一般规定

5.1.1 监测项目宜包括应力应变监测、变形监测、温湿度监测、振动监测、地震动及地震响应监测、风及风致响应监测等。

5.1.2 检测技术包括仪器监测、视频监控、巡视检查等。

5.1.3 监测参数可分为静态参数与动态参数，监测参数的选择应满足对结构状态进行监控、预警及评价的要求。

5.2 应力应变监测

5.2.1 应力应变监测应根据工程结构特点，结合监测部位、监测对象、监测精度、环境条件、监测频次等因素，选用合适的监测方法。

5.2.2 应力应变监测可以通过应力应变计直接测量，也可通过测量力、位移、自振频率或磁通量等参数后换算。

5.2.3 应力应变监测可选用电阻应变计、振弦式应变计、光纤类应变计等应变监测元件进行监测。当结构表面或内部无法安装应变监测元件时，可采用间接监测方法。

5.2.4 应变计宜根据监测目的和工程要求，以及传感器技术、环境特性进行选择。

[条文说明]应变计的选用应符合下列基本规定：

- a) 量程应与量测范围相适应，应变量测的精度应为满量程的 0.5%，监测值宜控制为满量程的 30%~80%；
- b) 应变梯度较大的应力集中区域，宜选用标距较小的应变计；
- c) 应变计应具备温度补偿功能。

5.2.5 选用不同类型的应变传感器应符合下列规定：

- a) 电阻应变计的测量片和补偿片应选用同一规格产品，并进行屏蔽绝缘保护；
- b) 振弦式应变计应与匹配的频率仪配套校准；
- c) 光纤解调系统各项指标应符合被监测对象对待测参数的规定；
- d) 光纤光栅应变计进行监测时应合理解决应变和温度交叉敏感的问题，消除温差引起的反射波长变化，光纤布置应避免过度弯折，光器件的连接应保持光接头的清洁。

5.2.6 应力应变监测仪器的安装应符合下列规定：

- a) 仪器安装前应编制详细的安装方案；
 - b) 安装前应逐个确认传感器的有效性，确保能正常工作；
 - c) 安装中，不同类型传感器的导线或电缆宜分别集中引出及保护，无电子识别编号的传感器应在线缆上标注传感器编号；
 - d) 安装后应及时对设备进行检查，满足要求后方可使用，发现问题应及时处理或更换；
 - e) 安装稳定后，应进行调试并测定静态初始值。
- 5.2.7 应变监测应与变形监测频次同步且宜采用实时监测。
- 5.2.8 监测数据处理应修正系统误差，剔除粗差，并根据监测结果计算相邻次间的应力增量和累计值，形成图标。
- 5.2.9 将应力应变监测结果与过程分析结果对比分析，评价结构的工作状态，提交分析报告。

5.3 变形监测

5.3.1 变形监测可分为沉降监测、水平位移监测和其他位移监测。

[条文说明] 沉降监测，对文物建筑地基、基础及地面在荷载作用下产生的竖向移动进行的监测，分为下沉监测和上升监测。例如，文物建筑基础沉降监测、各结构层竖向变形监测、檐口下沉变形监测、翼角下沉变形监测、正脊下沉变形监测等；水平位移监测，对文物建筑产生的各类非竖向变形的监测；其他位移监测一般有挠度监测和倾斜监测、裂缝监测等，如文物建筑的梁挠曲、柱倾斜、墙体倾斜监测等。

5.3.2 文物建筑变形监测可根据需要，分别或组合监测文物建筑的沉降变形、水平位移变形、挠度、倾斜、裂缝等变形。

5.3.3 文物建筑变形监测基准点和工作基点的设置及观测应符合下列规定：

- a) 沉降监测应设置高程基准点，水平位移监测应设置平面基准点，裂缝监测等局部相对变形测量可不设置基准点，但应考虑结构整体变形对监测结果的影响。当基准点离所测文物建筑距离较远致使变形监测作业不方便时，宜设置工作基点；
 - b) 变形监测的基准点应设置在变形区域以外、位置稳定、易于长期保存的地方，并应定期复测。复测周期应视基准点所在位置的稳定情况确定，在文物建筑修缮施工过程中宜 1~2 月复测一次，点位稳定后宜每季度或每半年复测一次；当观测点变形测量成果出现异常，或当测区受到地震、洪水、爆破等外界因素影响时，应及时进行复测，并对其稳定性进行分析；
 - c) 变形监测基准点的标石、标志埋设后，应达到稳定后方可开始观测。稳定期应根据观测要求与地质条件确定，不宜少于 15d；
 - d) 当有工作基点时，每期变形观测时均应将其与基准点进行联测，然后再对观测点进行观测；
 - e) 变形控制测量的精度级别应不低于沉降或位移观测的精度级别；
 - f) 高程控制网的测量宜采用水准测量方法，当不便使用水准测量时，可使用电磁波测距三角高程测量方法；
 - g) 平面控制测量可采用边角测量、导线测量、GNSS 测量及三角测量、三边测量等形式。三维控制测量可使用 GNSS 测量及边角测量、导线测量、水准测量和电磁波测距三角高程测量的组合方法；
- 5.3.4 文物建筑变形观测应符合下列规定：
- a) 文物建筑变形监测应按确定的观测周期和总次数进行观测。变形观测周期的确定应以能系统地反映所测建筑变形的变化过程、且不遗漏其变化时刻为原则，并综合考虑单位时间内变形量的大小、变化特征、观测精度要求及外界因素影响情况。
 - b) 文物建筑变形测量的首次（即零周期）观测应连续进行两次独立观测，并取观测结果的中数作为变形测量初始值。

- c) 一个周期的观测应在短的时间内完成。不同周期观测时，宜采用相同的观测网形、观测线路和观测方法，并使用同一测量仪器和设备。对于一次变形监测，宜固定观测人员、选择最佳观测时段、在相同的环境和条件下观测。
- d) 监测过程中，变形量或变形速率超出预警值或发生异常变形时，必须立即报告委托方，同时应及时增加观测次数或调整变形监测方案。
- 5.3.5 文物建筑水平位移监测方法应符合下列规定：**
- a) 变形观测点在特定方向的位移时，可使用视准线、激光准直、测边角等方法；
- b) 变形观测点任意方向位移时，可采用前方交会或方向差交会及极坐标等方法；
- c) 对于观测内容较多的大测区或观测点远离稳定地区的测区，宜采用测角、测边、边角及 GPS 与基准线法相结合的综合方法。
- 5.3.6 文物建筑沉降监测可采用几何水准法、液体静力水准法、电磁波测距三角高程测量方法等。**
- 5.3.7 文物建筑倾斜监测应符合下列规定：**
- a) 当从文物建筑或构件的外部监测倾斜时，宜选用投点法、测水平角法、前方交会法等经纬仪观测法；
- b) 当利用文物建筑物或构件的顶部或底部之间的竖向通视条件进行倾斜监测时，宜选用激光铅直仪观测法、激光位移计自动记录法、正倒垂线法、吊垂法等观测方法；
- c) 当利用相对沉降量间接确定文物建筑整体倾斜时，可选用倾斜仪侧记法、测定基础沉降差法等观测方法；
- d) 重要构件的倾斜监测宜采用倾斜传感器，倾斜传感器可根据监测要求选用固定式或便携式。
- e) 倾斜监测频次应根据倾斜变化速度确定，宜与水平位移监测及垂直位移监测频次相协调，当发现倾斜度增大时应及时增加监测次数或进行持续监测。
- 5.3.8 文物建筑挠度监测方法应符合下列规定：**
- a) 文物建筑基础和文物建筑主体以及墙、柱等独立构筑物的挠度监测，应按照一定周期测定。
- b) 挠度监测的周期应根据荷载情况并考虑设计、修缮施工要求确定。
- c) 独立文物建筑的挠度监测，除采用文物建筑主体挠度监测要求外，当观测条件允许时，亦可用挠度计、位移传感器等设备直接测定挠度值。
- d) 挠度监测频次应根据挠度变化速度确定，宜与水平位移监测及垂直位移监测频次相协调，当发现挠度增大时应及时增加监测次数或进行持续监测。
- 5.3.9 文物建筑裂缝监测应符合下列规定：**
- a) 裂缝监测宜采用量测、观测、检测与监测方法独立或相结合的方式。
- b) 裂缝监测应测量文物建筑上的裂缝位置、走向、长度、宽度及其变化情况，必要时应监测裂缝深度。每次观测应绘出裂缝的位置、形态和尺寸，注明日期，并拍摄裂缝照片。
- c) 对于数量少、量测方便的裂缝，可采用比例尺、小钢尺或游标卡尺等工具定期量出标志间距离求得裂缝变化值，或用方格网板定期读取“坐标差”计算裂缝变化值；对于大面积且不便于人工量测的众多裂缝宜采用交会测量或近景摄影测量方法；需要连续监测裂缝变化时，可采用测缝计或传感器自动侧记方法观测。
- d) 需监测裂缝两侧两点位移的变化时可用结构裂缝监测传感器，传感器包括振弦式测缝计、应变式测缝计或光纤类位移计，传感器的量程应大于裂缝的预警宽度，传感器测量方向应与裂缝走向垂直；
- e) 已发生开裂结构，宜监测裂缝的宽度变化；尚未发生开裂结构，宜监测结构的应变变化。
- f) 裂缝的监测频次应根据裂缝变化速度确定。开始时可半月测一次，以后一月测一次。当发现裂缝加大时，应及时增加观测次数。
- 5.3.10 文物变形监测应提交下列图表：**

- a) 变形监测点布置图；
- b) 变形监测成果表；
- c) 变形曲线图等。

5.3.11 基坑及台基台明监测应按现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 有关规定执行。

5.3.12 当采用光学仪器法、卫星定位系统法进行变形监测时，应按现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 有关规定执行。

5.4 温湿度监测

5.4.1 温湿度监测可包括环境及构件温度监测和环境湿度监测。

5.4.2 温度监测精度宜为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，湿度监测精度宜为 $\pm 2\% \text{RH}$ 。

5.4.3 环境及构件温度监测应符合下列规定：

- a) 温度监测的测点应布置在温度梯度变化较大位置，宜对称、均匀，应反映结构竖向及水平向温度场变化规律；
- b) 相对独立空间应设 1 个~3 个点，面积或跨度较大时，以及结构构件应力及变形受环境温度影响大的区域，宜增加测点；
- c) 监测整个结构的温度场分布和不同部位结构温度与环境温度对应关系时，测点宜覆盖整个结构区域；
- d) 温度传感器宜选用监测范围大、精度高、线性化及稳定性好的传感器；
- e) 监测频次宜与结构应力监测和变形监测保持一致；
- f) 长期温度监测时，监测结果应包括日平均温度、日最高温度和日最低温度；结构温度分布监测时，宜绘制结构温度分布等温线图。

5.4.4 环境湿度监测应符合下列规定：

- a) 湿度宜采用相对湿度表示，湿度计监测范围应为 12%RH~99%RH；
- b) 湿度传感器要求响应时间短、温度系数小，稳定性好以及湿滞后作用低；
- c) 大气湿度仪宜与温度仪、风速仪一并安装；宜布置在结构内湿度变化大，对结构耐久性影响大的部位；
- d) 长期湿度监测时，监测结果应包括日平均湿度、日最高湿度和日最低湿度。

5.5 振动监测

5.5.1 振动监测应包括振动响应监测和振动激励监测，监测参数可为加速度、速度、位移及应变。

5.5.2 振动监测的方法可分为相对测量法和绝对测量法。

5.5.3 相对测量法监测结构振动位移应符合下列规定：

- a) 监测中应设置有一个相对于被测工程结构的固定参考点；
- b) 被监测对象上应牢固地设置有靶、反光镜等测点标志；
- c) 测量仪器可选择自动跟踪的全站仪、激光测振仪、图像识别仪。

5.5.4 绝对测量法宜采用惯性式传感器，以空间不动点为参考坐标，可测量工程结构的绝对振动位移、速度和加速度，并应符合下列规定：

- a) 加速度量测可选用力平衡加速度传感器、电动速度摆加速度传感器、ICP 型压电加速度传感器、压阻加速度传感器；速度量测可选用电动位移摆速度传感器，也可通过加速度传感器输出于信号放大器中进行积分获得速度值；位移测量可选用电动位移摆速度传感器输出于信号放大器中进行积分获得位移值；
- b) 结构在振动荷载作用下产生的振动位移、速度和加速度，应测定一定时间段内的时间历程。

- 5.5.5 开展振动监测前，宜进行文物建筑结构动力特性的测试，当结构对称时，可按任一主轴水平方向测试；当结构不对称时，应按各个主轴水平方向分别测试。
- 5.5.6 文物建筑结构动力特性测试时，宜按以下要求布置测点：
- 测点宜布置在需识别的振型关键点上，且宜覆盖结构整体，也可根据需求对结构局部增加测点；
 - 如结构振型关键点无法识别时，可按以下原则布置测点：测砖石结构的水平振动，测点宜布置在各层平面刚度中心或其附近；测木结构的水平振动，测点宜布置在中跨的各层柱顶和柱底；
 - 测点布置数量较多时，可进行优化布置。
- 5.5.7 文物建筑结构动力特性测试应符合下列要求：
- 测试仪器应在标准振动台上进行系统灵敏度系数的标定，并给出灵敏度系数随频率的变化曲线；
 - 动力特性应在脉动环境下测试；测试时不得有任何机、电、人为干扰和一级以上风的影响；
 - 传感器应牢固固定在被测结构构件上；测线电缆应与结构构件固定在一起，不得悬空；
 - 测试时应详细记录测试日期、周边环境、风向风速、测试次数、记录时间、测试方向、测点位置、各测点对应的通道号、传感器编号、放大倍数以及标定值、各通道的记录情况等；
- 5.5.8 动应变监测设备量程不应低于量测估计值的 2 倍~3 倍，监测设备的分辨率应满足最小应变值的量测要求，采样频率应大于 10 倍被测应变波的上限主振频率，确保较高的信噪比。振动位移、速度及加速度监测的精度应根据振动频率及幅度、监测目的等因素确定。记录设备存储容量应满足测量要求。
- 5.5.9 动应变监测应符合下列规定：
- 动应变监测可选用电阻应变计或光纤类应变计；
 - 动态监测设备使用前应进行静态校准。监测较高频率的动态应变时，宜增加动态校准。
- 5.5.10 采用粘贴式电阻应变计或光纤应变计进行监测时，应变计的安装应符合下列要求：
- 在文物建筑结构表面进行监测时，应首先对安装位置构件表面进行平整，防潮处理，然后将应变计粘贴在事先确定位置。
 - 在文物建筑结构体内进行监测时，应变计应预加工成动测应变元件；动测应变元件和回填材料的声阻抗应与被测介质相同。
- 5.5.11 对文物建筑结构的位移、速度或加速度等进行监测时，应根据工程结构所需参数的要求，选择适当的位移传感器、速度传感器或加速度传感器，并配置相应的信号放大器和数据采集仪，形成整套振动监测系统。
- 5.5.12 对振动激励进行监测时，应结合振动激励的特点以及文物建筑的振动特性，通过评估振动激励对建筑的影响，选择适当的监测对象。
- 5.5.13 振动监测数据采集与处理应符合下列规定：
- 应根据不同结构形式及监测目的选择相应采样频率；
 - 应根据监测参数选择滤波器；
 - 应选择合适的窗函数对数据进行处理。
- 5.5.14 对监测数据进行分析前，应对实测原始记录信号去掉零点漂移和干扰，并对电信号干扰进行带阻滤波。处理波形的失真。
- 5.5.15 文物建筑结构动力特性应按下列方法确定：
- 对处理后的记录进行自功率谱、互功率谱和相干函数分析，同时宜加指数窗，平均次数宜为 100 次左右；
 - 结构固有频率和振型应根据自功率谱峰值、各层测点间的互功率谱相位确定，测点间相干函数不得小于 0.8；
 - 模态阻尼比可由半功率带宽法确定。

5.6 地震动及地震响应监测

5.6.1 当符合下列情况之一时，宜进行地震及地震响应监测：

- a) 列入世界文化遗产的建筑，将申报世界文化遗产的文物建筑。
- b) 破坏后果十分严重的文物建筑。
- c) 其它需要论证的文物建筑。

5.6.2 监测参数主要为地震动及地震响应加速度，也可按工程要求监测力及位移等其他参数。

5.6.3 文物建筑的地震响应监测，可结合风、撞击、交通等振动响应统筹布置监测系统，应与震害检查设施结合。

5.6.4 文物建筑地震及地震响应监测方案应包括监测系统类型、规模、布置方案、仪器的技术指标、监测设备安装和管理维护的要求。

5.6.5 未对进行振动监测的文物建筑，开展地震响应监测前，应进行文物建筑结构动力特性的测试，测试方法可按照 6.5 节要求执行。

5.6.6 地震及地震响应监测设备，应根据设防烈度、抗震设防类别和结构重要性、结构类型和地形地质条件进行系统布置。

5.6.7 地震及地震响应测点布置应能反映地震动及上部结构地震响应。

5.6.8 应采取有效措施，确保地震时监测设备能够持续供电并可靠运行。

5.7 风及风致响应监测

5.7.1 对风敏感的文物建筑结构应进行风环境及结构风致响应监测。

5.7.2 风环境监测包括风压、风速、风向、风攻角等。结构风致响应监测包括顺风向响应、横风向响应和扭转响应。

5.7.3 风环境传感器布置位置，应该离被监测建筑物一定距离和一定高度，以保证传感器所测风速不受周围建筑物以及被监测建筑物的局部影响。

5.7.4 风环境监测应保证足够长的监测周期，以保证所测数据能代表强风特性。

5.7.5 风环境监测系统包括传感器系统和数据采集系统。应根据监测目的选用合适类型的风压传感器和风速仪。

5.7.6 风压监测应符合下列规定：

- a) 风压监测宜选用微压量程、具有可测正负压的压力传感器，也可选用专用的风压计，监测参数为空气压力；
- b) 风压传感器的安装应避免对文物建筑的影响，并采取有效保护措施，相应的数据采集设备应具备时间补偿功能；
- c) 进行表面风压监测的项目，宜绘制监测表面的风压分布图。

5.7.7 风速及风向监测应符合下列规定：

- a) 机械式风速测量装置和超声式风速测量装置宜成对设置；
- b) 风速仪应安装在工程结构绕流影响区域之外；
- c) 监测结果应包括脉动风速、平均风速和风向。

5.7.8 风致响应监测应符合下列规定：

- a) 风致响应监测应对不同方向的风致响应进行量测，现场实测时应根据监测目的和内容布置传感器；
- b) 风致响应测点可布置量测不同物理量的多种传感器；
- c) 应变传感器应根据分析结果，布置在应力或应变较大或刚度突变能反映结构风致响应特征的位置；

- d) 对位移有限制要求的结构部位宜布置位移传感器，位移传感器记录结果应与位移限值进行对比。

5.8 视频监控

5.8.1 对于被检测文物建筑中风险较大的部位宜进行视频监控，且视频监控现场应有适当的照明条件，当无照明条件时可采用红外设备进行监控。

5.8.2 修缮安全监测时下列部位宜进行远程视频监控：

- a) 明挖法和盖挖法基坑工程的岩土体开挖面、支护结构、周边环境等；
- b) 施工竖井、洞口、通道、提升设备等重点部位。

5.9 巡视检查

5.9.1 巡视检查内容应包括监测范围内的变形、开裂、测点布设及监测设备或结合当地经验确定的其他巡视检查内容。

5.9.2 巡视检查应符合下列规定：

- a) 巡视检查以目测为主，可辅以锤、钎、量尺、放大镜等工器具以及摄像、摄影等设备进行；
- b) 发出预警信号时，应加强巡视检查；当发现异常或危险情况，应及时通知相关单位；
- c) 巡视检查应确认基准点、测点的位置未改变及完好状况，确认监测设备运行正常及保护状态；
- d) 巡视检查宜由熟悉本工程情况的人员参加，并相对固定；
- e) 巡视检查应做好记录。

5.9.3 日常安全监测应根据实际情况进行日巡视检查、月巡视检查、年巡视检查和特别巡视检查。巡视检查宜包括结构变形及开裂情况、监测设备及测点状态，及监测方案确定的其他巡视检查内容。

5.9.4 修缮安全监测应按期进行巡视检查，巡视检查宜包括构件变形及开裂情况、监测设备及测点状态、施工进度，及根据设计要求或当地经验确定的其他巡视检查内容，在关键工况、特殊天气等情况下应增加巡查次数。

5.9.5 文物建筑巡视检查宜包括如下内容：

- a) 建筑本体：
 - 1) 局部或整体有无较大变形增量；
 - 2) 梁、柱、墙有无新裂缝出现及裂缝变宽；
 - 3) 屋面是否漏雨；极端温度下的柱脚、墙体裂缝状况；
 - 4) 极端雪载下的变形、裂缝状况；地基、基础是否出现明显变化。
- b) 周边环境：
 - 1) 周边是否出现不良工程地质状况；
 - 2) 周边是否出现较大振动源；
 - 3) 人流量变化情况。
- c) 监测设施：
 - 1) 基准点、监测点完好状况；
 - 2) 监测元件的完好及保护情况；
 - 3) 有无影响监测工作的障碍物。
- d) 根据文物建筑状况文物建筑确定的其它巡视检查内容。

6 监测频次

- 6.1 监测频次应根据监测目的、监测项目、监测对象、环境条件等情况和特点，并结合当地实际情况进行确定。周边工程措施对文物建筑周边环境产生安全影响时，应根据影响因素的重要性的和预测的影响程度确定监测频次。
- 6.2 监测频次应使监测信息及时、系统地反映修缮施工工况及监测对象的动态变化。
- 6.3 对穿越文物建筑的工程，在穿越施工过程中，应提高监测频次，并宜对关键监测项目进行实时监测。
- 6.4 本体监测的监测频次与相关影响因子监测频次不一致时，宜取高监测频次。
- 6.5 修缮安全的监测频次应符合下列规定：
- a) 复杂修缮工程的监测频次，应根据工程结构形式、变形特征、监测精度和工程地质条件等因素综合确定；
 - b) 应重点考虑监测频次与修缮施工荷载变化和人工扰动频率的同步。
 - c) 应根据结构应力或变形速率实时调整监测频次；
 - d) 停工时和复工时应分别进行监测。
- 6.6 当遇到下列情况时，应提高监测频次：
- a) 监测数据异常或变化速率较大；
 - b) 监测数据达到或超过预警值；
 - c) 存在勘察未发现的不良地质条件，且影响工程安全；
 - d) 地表、建（构）筑物等周边环境发生较大沉降、不均匀沉降；
 - e) 工程出现异常、工程险情或事故后重新组织施工；
 - f) 结构受到地震、暴雨、洪水、台风、爆破、交通事故等异常情况影响；
 - g) 邻近工程施工、超载、振动等周边环境条件较大改变影响文物建筑安全；

7 监测项目预警

- 7.1 文物建筑监测应根据项目特点、监测项目预警值、当地实际情况等制定监测预警等级和预警标准。
- 7.2 监测项目预警值应按监测项目的性质分为变形监测预警值和力学监测预警值。变形监测预警值应包括变形监测数据的累计变化值和变化速率值；力学监测预警值宜包括力学监测数据的最大值和最小值。
- 7.3 监测应根据监测预警等级和预警标准建立预警管理制度，预警管理制度应包括不同预警等级的警情报送对象、时间、方式和流程等。
- 7.4 设计文件应明确监测项目的预警值，并应符合下列规定：
- a) 监测项目预警值应满足监测对象的安全状态得到合理、有效控制的要求；
 - b) 监测项目的预警值应根据环境对象的类型与特点、结构形式、变形特征、已有变形、正常使用条件及国家现行有关标准的规定，并结合环境对象的重要性、易损性及相关单位的要求等进行确定；
 - c) 对重要的、特殊的或风险等级较高的监测项目预警值，应在现状调查与检测的基础上，通过分析计算或专项评估进行确定；
 - d) 周围地表沉降等岩土体变形预警值应根据岩土体的特性，结合文物建筑自身风险等级和周边环境安全风险等级等进行确定；
 - e) 监测等级高、工况条件复杂的项目，宜针对不同的工况条件确定监测项目预警值，按工况条件控制监测对象的状态；
 - f) 修缮安全的监测预警应根据安全控制与质量控制的不同目标，结合维修加固期间数值模拟结果，对监测的构件或节点，提出相应的限值要求和不同危急程度的预警值。

7.5 下列情况时，应根据警情紧急程度、发展趋势和造成后果的严重程度按预警管理制度进行警情报送：

- a) 当监测数据达到预警值时；
- b) 周边地表出现突然明显沉降或较严重的突发裂缝、坍塌；
- c) 周边环境出现危害正常使用功能或结构安全的过大沉降、倾斜、裂缝等；
- d) 周边地下管线变形突然明显增大或出现裂缝、泄漏等；
- e) 根据当地工程经验判断应进行警情报送的其他情况。

8 监测成果及信息反馈

8.1 工程监测成果资料应完整、清晰、签字齐全，监测成果应包括现场监测资料、计算分析资料、图表、曲线、文字报告等。

8.2 现场监测资料宜包括外业观测记录、现场巡查记录、记事项目以及仪器、视频等电子数据资料。外业观测记录、现场巡查记录和记事项目应在现场直接记录在正式的监测记录表格中，监测记录表格中应有相应的工况描述。

8.3 取得现场监测资料后，应及时对监测资料进行整理、分析和校对，监测数据出现异常时，应分析原因，必要时应进行现场核对或复测。

8.4 对监测数据应及时计算累计变化值、变化速率值，并绘制时程曲线，必要时绘制断面曲线图、等值线图等，并预测其发展趋势。

8.5 监测报告可分为日报、警情快报、阶段性报告和总结报告。监测报告应采用文字、表格、图形、照片等形式，表达直观、明确。监测报告宜包括下列内容：

- a) 日报
 - 1) 工程施工概况；
 - 2) 现场巡查信息：巡查照片、记录等；
 - 3) 监测项目日报表：仪器型号、监测日期、观测时间、天气情况、监测项目的累计变化值、变化速率值、预警值、监测点平面位置图等；
 - 4) 监测数据、现场巡查信息的分析与说明；
 - 5) 结论与建议。
- b) 警情快报
 - 1) 警情发生的时间、地点、情况描述、严重程度、施工工况等；
 - 2) 现场巡查信息：巡查照片、记录等；
 - 3) 监测数据图表：监测项目的累计变化值、变化速率值、监测点平面位置图；
 - 4) 警情原因初步分析；
 - 5) 警情处理措施建议。
- c) 阶段性报告
 - 1) 工程概况及施工进度；
 - 2) 现场巡查信息：巡查照片、记录等；
 - 3) 监测数据图表：监测项目的累计变化值、变化速率值、时程曲线、必要的断面曲线图、等值线图、监测点平面位置图等；
 - 4) 监测数据、巡查信息的分析与说明；
 - 5) 结论与建议。
- d) 总结报告
 - 1) 工程概况；

- 2) 监测目的、监测项目和监测依据；
- 3) 监测点布设；
- 4) 采用的仪器型号、规格和元器件标定资料；
- 5) 监测数据采集和观测方法；
- 6) 现场巡查信息：巡查照片、记录等；
- 7) 监测数据图表：监测值、累计变化值、变化速率值、时程曲线、必要的断面曲线图、等值线图、监测点平面位置图等；
- 8) 监测数据、巡查信息的分析与说明；
- 9) 结论与建议。

8.6 监测数据的处理与信息反馈宜利用专门的工程监测数据处理与信息管理系统软件，实现数据采集、处理、分析、查询和管理的一体化以及监测成果的可视化。

8.7 监测日报、警情快报、阶段性报告和总结报告应按规定的格式和内容，及时向相关单位报送。

附录 A

(规范性附录)

木结构、砌体结构、石质文物监测内容

结构类型	监测项目	监测内容
A.1 木结构	A.1.1 结构稳定性：对木结构的形变进行监测	结构的整体变位，即倾斜、位移、扭转和支承情况
		受力状态，包括受弯构件、受压构件，以及斗拱的受力状态
		文物建筑的地基基础、整体沉降或不均匀沉降
		主要节点的连接即梁、枋拔榫、榫头折裂或卯口劈裂、榫头或卯口处的压缩变形、铁件锈蚀、变形或缺
	A.1.2 材料检测：对木材的性能进行检测	木材的材质
		木材性能（力学性能、含水量、密度和干缩率）
		木材缺陷（木节、斜纹、扭纹、裂缝、髓心）
		变形与损伤（木材腐朽、虫蛀、裂缝、灾害影响）
	A.1.3 表面病害：可以采用高清摄影和三维激光扫描技术监测与检测技术相结合	防护措施（防虫、防腐、防火）
		油饰彩绘褪色监测
A.2 砌体结构	A.2.1 结构稳定性：结构性砌体构造进行监测	砌体结构的构造，包括：高厚比、倾斜、环境侵蚀损伤、灾害损伤
		基础不均匀沉降、裂缝、倾斜
		砌筑灰浆的缺失状况、耐久性
	A.2.2 砌块材料：对砌体的性能进行检测	强度及强度等级
		材料成分
		砌体密度、孔隙率、强度
A.2.3 表面病害：可以采用高清摄影和三维激光扫描技术监测与检测技术相结合	耐久性	
	表面雕刻的残损监测	
A.3 石质文物	A.3.1 结构稳定性：结构性石质文物构造进行监测	表面人为损伤
		石质文物的结构稳定性
		基础的稳定性
	A.3.2 石材材料：对石质的性能进行检测	裂隙位置、开合度、发育情况
		石材材种
		石质密度、孔隙率、强度
		石质劣化机理分析

	A.3.3 表面病害	微生物生长
		雕刻的残损
		雕刻的风化监测

附录 B

(规范性附录)

文物建筑安全监测项目

监测项目		监测类别	日常	修缮	环境
			安全监测	安全监测	安全监测
本体监测	整体监测	地基沉降	应测	应测	
		台基、台明沉降	应测	应测	
		同一构造层竖向位移	应测	应测	
		同一构造层水平位移	应测	应测	
		同一构造层扭转	宜测	宜测	
		同一构造层沉降	应测	应测	
		整体、局部振动	应测	宜测	应测
	局部监测	局部组件竖向位移	应测	应测	
		局部组件水平位移	应测	应测	
		局部组件沉降	应测	应测	
		局部组件松紧	应测	应测	
	构件监测	梁、柱应力应变	应测	应测	
		柱竖向位移	应测	应测	
		柱水平位移	应测	应测	
		梁挠度	应测	应测	
		梁、柱裂缝	应测	应测	
		墙体变形	宜测	宜测	
		墙体裂缝	宜测	宜测	
	连接监测	应力应变	应测	应测	
		相对位移	应测	应测	
		相对转角	应测	应测	
		裂缝	应测	应测	
		连接构造	应测	应测	
	巡视检查	应测	应测	应测	
	视频监控	宜测	宜测	宜测	
环境及其效应监测	气象环境	温湿度	应测	应测	应测
		降雨量			宜测
		地表含水率			宜测
		风速			应测
		风向			应测
		日照辐射			应测
		气压			宜测
		蒸发量			宜测

	环境 污染 监测	噪声			宜测
		大气质量监测（酸碱度、CO ₂ 、CO、PM2.5、O ₃ 等）	宜测		应测
		监测粉尘颗粒物			宜测
		周边工业污染			宜测
		酸雨			宜测
	其他 环境 威胁 监测	地下水位	宜测		宜测
		水土流失			宜测
		边坡稳定	宜测		应测
		周边交通影响	宜测	宜测	宜测
		周边施工影响	宜测	宜测	宜测
		风及风致响应	应测		宜测
		地震动及地震响应	宜测		宜测
		振动	应测	宜测	应测
		冲刷	宜测		宜测
		腐蚀	宜测		宜测
		风化	宜测		宜测
		粉化	宜测		宜测
		表面病害	宜测		宜测
		人流量影响	宜测	宜测	宜测

附录 C

(资料性附录)

文物建筑安全监测主要内容和主要方法仪器表

监测内容	监测方法	常用监测仪器	监测特点	监测方法适用性
应力应变	直接测量	应力应变计(如:电阻应变计、振弦式应变计、光纤类应变计等)	一般是直接测量应变,然后根据公式,得出应力。	适用于各种文物建筑监测。
变形(沉降、水平位移及其它位移)	水准测量方法、电磁波测距三角高程测量方法、边角测量及导线测量等	全站仪、测距仪等	不同类型的项目对于精度有不同的要求。	适用于各种文物建筑监测。
裂缝	定期量测、观测、检测与监测方法、交会测量、近景摄影测量以及连续监测方法等	振弦式测缝计、应变式测缝计、游标卡尺、裂缝监测传感器等	监测频次可以根据具体的裂缝变化速度确定。	适用于各种文物建筑监测。
温湿度(构件及环境)	直接测量	温度仪、湿度仪	布点宜对称、均匀,并与风速仪一同使用。	适用于各种文物建筑监测。
振动(振动响应、振动激励),监测指标包括位移、速度、加速度、动应变等	相对测量法、绝对测量法	测振仪、应变计等	应根据不同的文物建筑结构类型选择不同的布点方式。	适用于受振动影响的文物建筑监测。
地震(地震动及地震响应加速度)	直接测量	地震仪等	可结合风、撞击、交通等振动响应统筹布置监测系统。	详见 6.6.1
风环境(风压、风速、风向、风攻角等)	直接测量	风压传感器、风速仪等	应保证足够长的监测周期,以保证所测数据能代表强风特性。	适用于对风敏感的文物建筑
结构风致影响(顺风向响应、横风向响应和扭转响应)		位移传感器等		
腐蚀、粉化、表面病害	三维扫描	三维激光扫描仪	需要进行后期图像分析及处理	适用于壁画、石雕等
	近景摄影	照相机		
地表含水率	直接测量	土壤湿度传感器	可实现自动在线连续监测	适用于受水文环境影响的文物建筑
酸雨	直接测量	酸雨监测仪		
地下水位、降雨量、蒸发量	水文监测方法	水文监测仪器		

大气质量监测	大气质量监测方法	空气质量监测仪		适用于受大气环境影响的文物建筑
交通监测	视频监测方法	图像记录仪	即时监测	适用于受交通影响的文物建筑
人流监测	无线摄频监测方法	无线摄频记录仪	即时监测	适用于受人流影响的文物建筑

附录 D

(资料性附录) 幅面、封面格式和字体、字号

D.1 幅面

监测技术设计方案、监测报告（包括监测日报、警情快报、阶段性报告和总结报告）采用 GB/T 788 规定的 A 系列规格纸张的 A4 幅面（210mm×297mm），以便于阅读、复印和保存。

D.2 封面格式

D.2.1 正封面格式

D.2.1.1 监测技术设计方案

参考《文物保护工程设计文件编制深度要求（试行）》，监测技术设计方案的正封面格式见图 D.1。

D.2.1.2 监测日报/警情快报

监测日报/警情快报的正封面格式见图 D.2。

D.2.1.3 监测阶段报告/监测总结报告

监测阶段报告/监测总结报告的正封面格式见图 D.3。

D.2.2 副封面格式

D.2.2.1 监测技术设计方案

监测技术设计方案的副封面格式见图 D.4。

D.2.2.2 监测日报/警情快报

监测日报/警情快报的副封面格式见图 D.5。

D.2.1.3 监测阶段报告/监测总结报告

监测阶段报告/监测总结报告的副封面格式见图 D.6。

D.3 字号和字体

D.3.1 封面和目次的字号和字体

监测技术设计方案、监测日报、警情快报和监测报告的正、副名称用二号黑体，封面的其他文字均用四号仿宋。

目次页的“目次”用三号黑体，目次内容用小四号宋体。

D.3.2 正文的字号和字体

监测技术设计方案、监测日报、警情快报和监测报告正文中，章、条、附录的编号和标题用小四号黑体，图、表的标题用小四号黑体。

条文（或图、表）的注、脚注用五号宋体，图、表中的数字和文字以及图、表右上方关于单位的陈述用五号宋体。

正文和附录的其他内容均采用小四号宋体。

密 级 ^a :	编 号 ^b :
保护级别:	
项 目 名 称	
技术设计方案	
(设计阶段)	
编写单位名称	
年 月 日	

a“密级”系依照有关国家规定划分的保密等级；

b“编号”为勘察设计单位自行编号，亦可采用任务的项目编号；

注：监测报告封面上的“密级”和“编号”与此类同。

图 D.1 监测技术设计方案正封面格式

密 级^a:

编号^b:

保护级别:

项 目 名 称
监测日报/警情快报

编写单位名称

年 月 日

图 D.2 监测日报/警情快报正封面格式

密 级 ^a :	编号 ^b :
保护级别:	
<p>项 目 名 称</p> <p>阶段性报告/总结报告</p>	
<p>编写单位名称</p> <p>年 月 日</p>	

图 D.3 阶段性报告/总结报正封面格式

项 目 名 称

技术设计方案

法定代表人 : _____ 日期 : _____

技术总负责人 : _____ 日期 : _____

项目主持人 : _____ 日期 : _____

专业负责人 : _____ 日期 : _____

审 核 人 : _____ 日期 : _____

编 制 人 : _____ 日期 : _____

建设单位或委托单位 : _____

编写单位 : (加盖单位公章和勘察设计资质专用章)

年 月 日

图 D.4 监测技术设计方案副封面格式

项 目 名 称
监测日报/警情快报

项目主持人 : _____ 日期 : _____

审 核 人 : _____ 日期 : _____

编 制 人 : _____ 日期 : _____

建设单位或委托单位 : _____

编写单位 (加盖单位公章和勘察设计或施工资质专用章)

年 月 日

项 目 名 称

阶段性报告/监测总结报告

法定代表人 : _____ 日期 : _____

技术总负责人 : _____ 日期 : _____

项目主持人 : _____ 日期 : _____

专业负责人 : _____ 日期 : _____

审 核 人 : _____ 日期 : _____

编 制 人 : _____ 日期 : _____

建设单位或委托单位 : _____

编写单位 (加盖单位公章和勘察设计或施工资质专用章)

年 月 日

图 D.4 阶段性报告/监测总结报告副封面格式

