

前 言

根据《河南省住房和城乡建设厅关于印发 2024 年工程建设标准编制计划的通知》(豫建科〔2024〕197 号)的要求,编制组经广泛调查研究,认真总结河南省历史建筑安全监测实践经验,参考有关先进标准,在广泛征求省内外有关单位和专家意见、进行工程试点应用的基础上,多次讨论修改,制定本标准。

本标准共分 6 章和 4 个附录,主要技术内容包括:总则、术语、基本规定、监测内容及技术要求、监测方法、监测数据与成果、附录。

本标准由河南省住房和城乡建设厅负责管理,由河南省建设工程质量安全技术总站负责具体技术内容的解释。执行过程中,如有意见或建议,请寄送河南省建设工程质量安全技术总站(地址:郑州市郑东新区郑开大道 75 号河南建设大厦东塔 17 楼;邮编:451464;电子邮箱:525057784@qq.com)。

主 编 单 位: 河南省建设工程质量安全技术总站
河南山河建设工程质量检测有限公司

参 编 单 位: 洛阳市建设工程质量技术安全中心
河南路星工程管理有限公司
洛阳市路星工程质量检测有限公司
河南梁智工程管理有限公司
开封文投古建建设集团有限公司
开封市历史文化保护传承服务中心
郑州市历史文化名城保护中心

主要起草人员: × × × × × ×

主要审查人员: × × × × × ×

目 次

1 总则.....	1
2 术语.....	2
3 基本规定.....	3
4 监测内容及技术要求.....	6
4.1 一般规定.....	6
4.2 监测方案.....	6
4.3 监测内容.....	7
4.4 监测频次.....	8
4.5 监测项目控制值.....	9
4.6 监测预警.....	13
5 监测方法.....	14
5.1 一般规定.....	14
5.2 变形监测.....	15
5.3 应力应变监测.....	16
5.4 环境监测.....	16
5.5 生物病害监测.....	18
5.6 土质监测.....	18
5.7 消防监测.....	18
6 监测数据与成果.....	20
6.1 一般规定.....	20
6.2 数据处理.....	20
6.3 监测成果.....	20
附录A 巡查记录表.....	22
附录B 变形监测记录表.....	23
附录C 应变监测记录表.....	24
附录D 风环境监测记录表.....	25
本标准用词说明.....	26
引用标准名录.....	27
条文说明.....	28

1 总 则

1.0.1 为规范河南省历史建筑安全监测工作，提升历史建筑安全保障水平，做到技术先进、经济合理、数据准确、安全可靠，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于河南省历史建筑使用期间和施工期间的安全监测。

1.0.3 历史建筑安全监测工作，除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和河南省现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 历史建筑 historic building

经县级以上人民政府公布的具有一定保护价值，能够反映历史风貌和地方特色，未公布为文物保护单位，也未登记为不可移动文物的建筑物、构筑物。

2.0.2 历史建筑安全监测 history buildings safety monitoring

对历史建筑的安全状态、环境条件及病害发展情况进行持续或定期的观测、检测、分析和评估的工作。

2.0.3 监测频次 monitoring frequency

一定时间内的监测次数。

2.0.4 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。

2.0.5 使用安全监测 service safety monitoring

历史建筑使用期间的安全监测工作。

2.0.6 施工安全监测 construction safety monitoring

历史建筑修缮改造施工期间的安全监测工作。

2.0.7 周边环境影响监测 surrounding environmental impact monitoring

对影响历史建筑安全的周边环境进行的监测工作。

2.0.8 干扰源 disturbing sources

危害历史建筑安全的事件、行为。

2.0.9 监测控制值 control value

监测项目的极限容许值。

2.0.10 阈值 threshold value

针对监测数据变化幅度或速率预先设定的判断界限值。

2.0.11 预警值 precaution value

监测项目进入异常或危险状态的警戒界限值。

2.0.12 预警 warning

监测结果超过预警值时，向委托方及其他相关单位发出信号的过程。

3 基本规定

3.0.1 历史建筑安全监测可分为：使用安全监测、施工安全监测和周边环境影响监测。

3.0.2 历史建筑出现下列情况之一时，应进行使用安全监测：

- 1 超过使用年限且存在安全风险时；
- 2 经鉴定构成危房时；
- 3 建筑物发生倾斜、沉降、裂缝或其他不利变形，影响使用安全时；
- 4 建筑材料出现劣化，构件缺失或损坏，承重结构失稳或发生危险，结构承载能力不足时；
- 5 定期检查发现存在安全隐患时；
- 6 遭受严重灾害或事故后；
- 7 使用功能发生变化且存在安全风险时；
- 8 其他需要掌握结构安全状态时。

3.0.3 历史建筑出现下列情况之一时，应进行施工安全监测：

- 1 对影响安全的损伤进行维修时；
- 2 进行修缮加固时；
- 3 进行翻新改造时；
- 4 进行纠偏、移位施工时。

3.0.4 历史建筑出现下列情况之一时，应进行周边环境影响监测：

- 1 建筑本体因周边环境影响，出现明显腐蚀、风化、粉化、腐朽等损伤现象时；
- 2 温度、湿度、粉尘、酸雨以及空气中的有害物质等对历史建筑产生不利影响时；
- 3 地震作用、交通、爆破等振动及周边施工对历史建筑安全产生影响时；
- 4 人为活动对历史建筑安全构成威胁时。

3.0.5 历史建筑安全监测应符合下列规定：

- 1 应采用仪器监测与巡查相结合的方式；
- 2 应设置监测预警值，并满足监测控制要求；
- 3 监测期间应对监测系统有效性进行检查和维护；
- 4 监测过程中，应对监测点、传感器、电缆、采集仪等监测设备、设施采取保护措施。

3.0.6 历史建筑安全巡查应包括建筑本体、监测设备及监测点和周围环境巡查等，巡查记录表可按附录A填写。

- 1 建筑本体巡查应包括下列内容：
 - 1) 地基基础出现的变形情况；
 - 2) 整体、局部出现新的变形或沉降情况；
 - 3) 梁、柱、墙出现新的裂缝或者裂缝发展情况；
 - 4) 构件出现的材料劣化腐朽、生物病害等情况。

2 监测设备及监测点巡查应包括下列内容：

- 1) 监测设备的完好状况及保护情况；
- 2) 基准点、监测点的位置及变化状况；
- 3) 影响监测工作的障碍物情况等。

3 周边环境巡查应包括下列内容：

- 1) 交通、人流量影响；
- 2) 施工或堆载影响；
- 3) 振动影响；
- 4) 其他可能危及历史建筑安全的环境因素。

3.0.7 使用安全监测应符合下列规定：

- 1 一般历史建筑应进行定期监测；
- 2 重要历史建筑应进行实时监测。

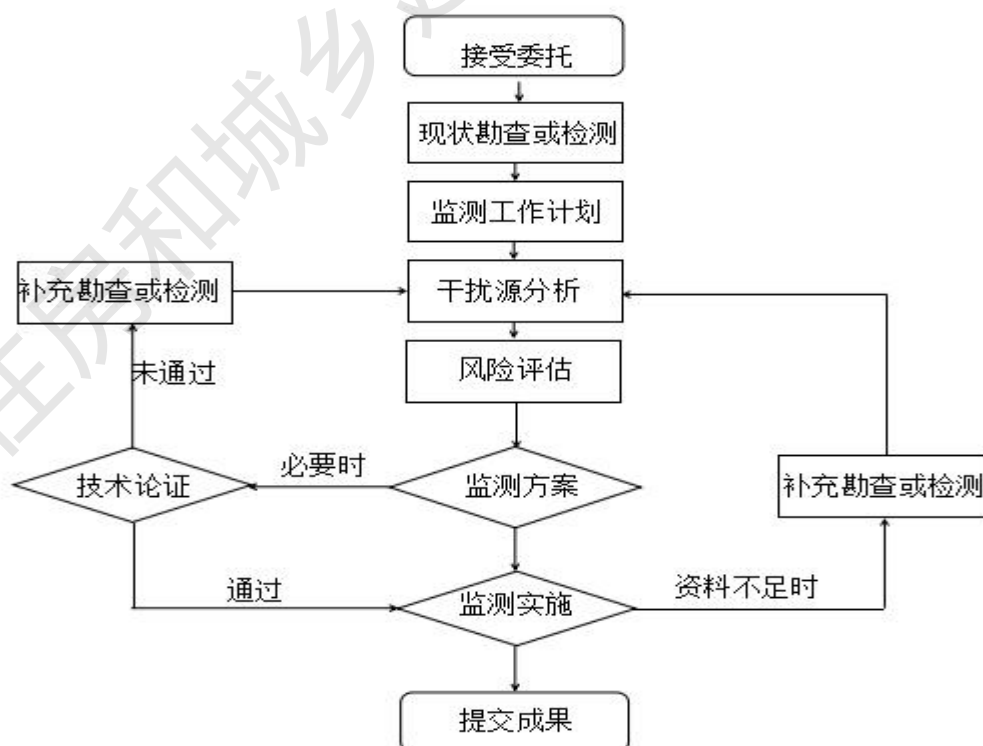
3.0.8 施工安全监测应符合下列规定：

- 1 施工方案有调整时，施工全过程结构分析应做相应调整；
- 2 应充分考虑临时设施对历史建筑结构的影响，并采取相应的保护措施。

3.0.9 周边环境影响监测应符合下列规定：

- 1 应监测历史建筑及周边的气象环境、环境污染和其他环境威胁；
- 2 应根据历史建筑的病害情况及环境影响因素确定监测项目。

3.0.10 历史建筑安全监测工作应按下列程序组织实施：



3.0.11 现状勘查或检测宜包括下列工作内容：

- 1** 收集建筑历史、周边环境、工程与水文地质、地基基础、上部结构及保护现状、历次修缮等基础资料；
- 2** 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；
- 3** 检测包括对建筑材料、变形现状、各种残损破坏情况等进行检测；
- 4** 现状勘查或检测工作完成后，编写勘查或检测报告。

3.0.12 干扰源分析应调查影响区域内的干扰源，对干扰源进行危害性评估、分级。

3.0.13 监测方案制定应依据监测的目的、范围、内容编制，并经委托方确认。

4 监测内容及技术要求

4.1 一般规定

4.1.1 历史建筑安全监测应根据监测项目和方法选用监测设备，确定监测系统和监测点，明确监测频次。

4.1.2 监测系统应具有传感、采集、传输、存储、数据处理、预警功能，且应符合下列规定：

- 1 监测前，应对传感器进行初始状态设置或零平衡处理；
- 2 采样频率应满足监测技术要求；
- 3 监测期间，监测结果应与理论分析结果进行实时对比；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，监测值超过预警值时应及时预警。

4.1.3 监测设备及安装应符合下列规定：

- 1 监测设备应经检定或校准，且在有效期内；
- 2 监测设备应具有良好的稳定性、耐久性、兼容性和可扩展性；
- 3 监测设备的技术指标应满足监测要求；
- 4 监测设备的安装工艺应满足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；
- 5 监测设备在监测过程中应按规定进行定期核查。

4.1.4 监测点的布置应符合下列规定：

- 1 应根据本体以及历史建筑保护要求、结构类型、施工过程、监测内容及理论分析结果确定监测点位置、数量，并布置在能反映监测参数特征的关键位置及敏感点上；
- 2 重点保护部位应适当增加监测点；
- 3 应便于监测设备的安装、测读、维护和更换；
- 4 应满足不影响历史建筑特征点及美观且可恢复的安装原则。

4.2 监测方案

4.2.1 监测方案的内容宜包括工程概况、现状分析、干扰源分析、监测内容、监测精度、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。

4.2.2 历史建筑的监测方案出现下列情况之一时，应进行专门论证：

- 1 大型及结构形式复杂的；
- 2 建筑结构发生严重损伤、损坏的；
- 3 临近有基坑施工、地铁施工、管线穿越施工等工程的；
- 4 处于滑坡、液化等不利地质地段的；
- 5 其他需要论证的。

4.3 监测内容

4.3.1 历史建筑安全监测内容可按表4.3.1进行选择，必要时可结合现场特点及周边环境等因素进行动态调整。

表4.3.1 监测对象及其内容要求

结构类型	监测对象	监测内容					
		变形监测	应力应变监测	环境监测	生物病害监测	地基土质监测	消防监测
生土（夯土）结构	房屋	应测	可测	应测	可测	宜测	可测
	城墙	应测	宜测	应测	宜测	宜测	可测
	窑洞、窖穴	应测	宜测	应测	应测	宜测	可测
	塔	应测	可测	宜测	宜测	宜测	可测
木结构	房屋	应测	可测	应测	应测	宜测	宜测
	桥梁	应测	宜测	应测	应测	宜测	宜测
	塔、亭、牌坊	应测	可测	应测	应测	宜测	宜测
砖木结构	房屋	应测	可测	宜测	宜测	宜测	可测
	桥梁	应测	宜测	应测	应测	宜测	可测
	塔、亭、牌坊	应测	可测	宜测	应测	宜测	可测
石结构	房屋	应测	可测	宜测	可测	宜测	可测
	城墙	应测	宜测	宜测	宜测	宜测	可测
	桥梁	应测	宜测	应测	宜测	宜测	可测
	塔、亭、牌坊	应测	可测	宜测	宜测	宜测	可测
	其他构筑物	应测	应测	可测	宜测	宜测	可测
砌体结构	房屋	应测	可测	宜测	可测	宜测	可测
	城墙	应测	宜测	宜测	宜测	宜测	可测
	桥梁	应测	宜测	应测	宜测	宜测	可测
	塔、亭、牌坊	应测	可测	宜测	宜测	宜测	可测
	其他构筑物	应测	应测	可测	宜测	宜测	可测
混凝土结构	房屋	应测	可测	宜测	可测	宜测	可测
	城墙	应测	宜测	宜测	宜测	宜测	可测
	桥梁	应测	宜测	应测	宜测	宜测	可测
	塔、亭、牌坊	应测	可测	宜测	宜测	宜测	可测
	其他构筑物	应测	应测	可测	宜测	宜测	可测
钢结构	房屋	应测	可测	宜测	-	宜测	宜测
	城墙	应测	宜测	宜测	-	宜测	宜测

续表 4.3.1

结构类型	监测对象	监测内容					
		变形监测	应力应变监测	环境监测	生物病害监测	地基土质监测	消防监测
钢结构	桥梁	应测	宜测	应测	-	宜测	宜测
	塔、亭、牌坊	应测	可测	宜测	-	宜测	宜测

注：1 表中应测：指在正常情况下必须开展的监测项目；宜测：条件许可时优先开展的监测项目，当出现触发条件时，应提升为“应测”；可测：可根据实际需要、经济条件或保护要求选择性开展的监测项目。

2 历史建筑出现下列情况之一时，表中标注为“宜测”的土质监测项目应调整为“应测”：

- 1) 地基基础发生明显不均匀沉降、变形或裂缝；
- 2) 历史建筑位于湿陷性黄土、膨胀土、冻土、软土、盐渍土等特殊土分布区；
- 3) 周边环境存在地下水大幅升降、酸碱污染、盐害等可能引起土质劣化的；
- 4) 既有土质监测数据表明pH值、腐蚀度等指标接近或超出控制值；
- 5) 历史上曾发生地基滑坡、塌陷或与土质相关的结构损伤。

4.3.2 其他历史建筑的监测内容应根据监测要求、本体现状及结构类型等因素综合确定。

4.4 监测频次

4.4.1 监测频次的确定应覆盖监测对象所测项目的关键变化过程，不应遗漏重要变化时刻。

4.4.2 监测频次应符合下列规定：

1 监测频次应根据监测对象、监测目的、监测内容、环境条件等情况综合确定，并能及时、系统地反映监测对象的动态变化；

2 首次监测应在环境条件稳定时段内连续开展不少于两次独立测量，以各次观测结果的算术平均值作为初始基准值；

4.4.3 使用安全监测频次应符合下列规定：

1 不同监测项目的监测频次宜相互协调，当某一监测项目的变形或变化速率增大时，相关监测项目应同步增加监测频次；

2 水平位移监测、竖向位移监测与倾斜监测的监测频次宜保持协调一致。

4.4.4 施工安全监测频次应符合下列规定：

1 复杂施工工程的监测频次，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；

2 应根据施工荷载变化、人工扰动情况进行适当调整；

3 应根据结构应力或变形速率进行实时调整；

4 停工和复工时应分别进行监测。

4.4.5 出现下列情况之一时，应提高监测频次：

- 1 监测数据异常或变化速率较大时；
- 2 监测数据达到或超过预警值时；
- 3 存在勘查发现的不良地质条件，且影响历史建筑安全时；
- 4 地表、历史建筑物等周边环境发生较大沉降或不均匀沉降时；
- 5 施工工程出现异常、工程险情或事故后重新组织施工时；
- 6 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时；
- 7 邻近工程施工、超载、振动等周边环境条件影响历史建筑安全时；
- 8 对受穿越施工影响的历史建筑；
- 9 其他需要提高监测频次的情况时。

4.5 监测项目控制值

4.5.1 历史建筑结构本体监测和环境监测项目控制值应在调查分析建筑物使用功能、建筑规模、修建年代、结构形式、基础类型、地质条件的基础上，按不同的监测项目、周围建筑和环境特点进行确定，并应满足监测对象安全状态可控的要求。

4.5.2 监测项目控制值按其性质可分为力学监测控制值、变形监测控制值和振动监测控制值：

- 1 力学监测控制值应包括监测数据的最大值和最小值；
- 2 变形监测控制值应包括监测数据的累计变化量和变化速率值；
- 3 振动监测控制值应包括监测结构的动态位移和加速度。

4.5.3 监测项目的力学监测控制值应根据结构计算分析结果及监测目的专门制定。

4.5.4 监测项目的变形监测控制值应根据结构特点、病害状态及监测目的进行专门制定，并应符合下列规定：

1 地基基础监测控制值分为累计变化量和变化速率值时，其控制值设置应符合下列规定：

1) 地基基础产生过大不均匀沉降，使上部砌体产生裂缝宽度大于5mm的沉降裂缝，预制构件之间的连接部位出现宽度大于1mm的沉降裂缝；

2) 地基基础沉降速率连续2个月大于2mm/月，且短期内无收敛趋势。

2 砌体结构监测项目监测控制值应符合下列规定：

1) 砌体构件变形不应超过表4.5.4-1监测控制值：

表4.5.4-1 砌体构件变形监测控制值

监测项目	变形控制值
侧向弯曲矢高	$h/350$
倾斜率	6‰

注：h指层高（mm）。

2) 砌体构件非受力裂缝不应超过表4.5.4-2监测控制值：

表4.5.4-2 砌体构件非受力裂缝宽度监测控制值

监测项目	构件类别	变形控制值
非受力裂缝宽度 (mm)	墙及带壁柱墙	3.0
	柱	1.5

3 混凝土结构监测项目监测控制值应符合下列规定：

1) 混凝土构件变形不应超过表4.5.4-3监测控制值：

表4.5.4-3 混凝土构件变形监测控制值

监测项目	变形控制值
桁架、屋架挠度	$L_0/250$
梁、板挠度	$L_0/200$
柱、墙侧移	$h/350$

注：1 L_0 指构件计算跨度 (mm)；

2 h 指层高 (mm)。

2) 混凝土构件裂缝宽度不应超过表4.5.4-4监测控制值：

表4.5.4-4 混凝土构件裂缝宽度监测控制值

监测项目	受力裂缝 (mm)	非受力裂缝 (mm)
非预应力混凝土	0.3	0.5
预应力混凝土	0.1	0.2

4 钢结构钢构件变形不应超过表4.5.4-5监测控制值：

表4.5.4-5 钢构件变形监测控制值

构件类型	监测项目	变形控制值
钢桁架、钢屋架	挠度	$L_0/300$
	顶点侧向位移	$h/250$
钢梁	挠度	$L_0/250$
	实腹梁侧弯矢高	$L_0/750$
钢柱	侧向弯曲矢高	$L_0/750$
	柱顶位移	$h/300$

注：1 L_0 指构件计算跨度 (mm)；

2 h 指层高 (mm)。

5 木结构构件变形不应超过表4.5.4-6监测控制值：

表4.5.4-6 木构件变形监测控制值

监测项目	变形控制值
抬梁式屋架	$L_0/180$
三角桁架	$L_0/160$
梁	$L_0/180$
搁栅、檩条	$L_0/160$
柱	$h/180$

注：1 L_0 指构件计算跨度（mm）；

2 h 指层高（mm）。

6 砖木结构中的砌体结构、木结构构件变形监测控制值可分别按表4.5.4-1、4.5.4-2和4.5.4-6表中的相关要求。

7 钢木结构中的钢结构、木结构构件变形监测控制值可分别按表4.5.4-5和表4.5.4-6中的相关要求。

8 生土（夯土）结构监测项目监测控制值应符合下列规定：

1) 生土（夯土）构件变形不应超过表4.5.4-7监测控制值：

表4.5.4-7 生土构件变形监测控制值

监测项目	变形控制值
墙倾斜	$h/300$

注： h 指层高（mm）。

2) 生土（夯土）构件裂缝不应超过表4.5.4-8监测控制值：

表4.5.4-8 生土构件裂缝宽度监测控制值

监测项目	裂缝类型	变形控制值
生土墙体（mm）	受压墙受力方向	10
	局部受压产生竖向裂缝	5
	偏心受压产生水平裂缝	1.0

9 石结构监测项目监测控制值应符合下列规定：

1) 石结构构件变形不应超过表4.5.4-9监测控制值：

表4.5.4-9 石结构构件变形监测控制值

监测项目	变形控制值
墙倾斜率（mm）	1/300

2) 石结构构件裂缝不应超过表4.5.4-10监测控制值：

表4.5.4-10 石结构构件裂缝宽度监测控制值

监测项目	裂缝类型	变形控制值
石结构构件（mm）	承重墙或门窗间墙阶梯型裂缝	5
	纵横墙连接处竖向裂缝	5
	偏心受压产生水平裂缝	0.5

4.5.5 振动监测控制值应根据不同的结构形式、病害状态及监测目的进行专门制定，并应满足下列规定：

1 砌体结构振动速度监测控制值应满足表4.5.5-1的规定，整体结构的安全性等级宜按现行行业标准《近现代历史建筑结构安全性评估导则》WW/T 0048的规定执行。砖木混合结构以砖砌体为主要承重体系的，其振动速度控制值可按表4.5.5-1执行：

表4.5.5-1 砌体结构振动速度监测控制值(mm/s)

控制点位置	控制点方向	安全性等级		
		A（健康）	B（轻损）	C（中损）
各层承重结构最高处	水平	1.00	0.80	0.65

2 木结构振动速度监测控制值应满足表4.5.5-2的规定，整体结构的安全性等级宜按现行行业标准《近现代历史建筑结构安全性评估导则》WW/T 0048的规定执行：

表4.5.5-2 木结构振动速度监测控制值(mm/s)

控制点位置	控制点方向	安全性等级		
		A（健康）	B（轻损）	C（中损）
各层承重结构最高处	水平	0.75	0.55	0.40

3 混凝土结构振动速度监测控制值应满足表4.5.5-3的规定：

表4.5.5-3 混凝土结构振动速度监测控制值(mm/s)

建筑类别	振动速度控制值		
	< 10Hz	10Hz~50Hz	> 50Hz
混凝土结构	25	35	45

4.5.6 环境监测项目的控制值，应依据环境监测指标的类型与特性，并结合环境监测指标对近现代历史建筑安全的影响程度及重要性等因素综合确定。

4.5.7 根据监测数据设定监测控制值时，应符合下列规定：

1 监测周期未满一年的，应根据既有经验、理论分析或数值模拟初步拟定阈值；监测时长超过一年的，应结合对监测数据的统计分析与变化规律综合确定；

2 运用阶段应对已设阈值持续进行校核、调整与完善；

3 环境类监测指标的警戒值，应根据各指标自身属性、变化特征及其对历史建筑本体安全的影响权重和重要等级分别界定。

4.5.8 本标准监测项目未明确规定控制值的，应按下列要求确定：

- 1 国家、行业或河南省现行有关标准有相应规定时，应按其规定执行；
- 2 现行相关标准无明确规定时，应根据监测对象的结构安全状态、病害特点和风险程度，结合现场实际情况与工程经验综合确定，经专门论证后采用，并应在监测方案中明确具体取值和依据。

4.6 监测预警

4.6.1 历史建筑安全监测应明确预警值。预警值的确定应根据历史建筑的建筑规模、结构形式、建设年代及当前整体结构健康状况等综合确定；施工期间预警值宜根据施工现场情况、历史建筑健康状况等综合确定。

4.6.2 历史建筑安全监测宜设置黄色、橙色、红色三级预警，一级黄色预警值宜按监测控制值的65%进行设置，二级橙色预警值宜按监测控制值的80%进行设置，三级红色预警值宜按监测控制值进行设置。

4.6.3 历史建筑安全监测项目的累计变化量或变化速率值达到预警值应进行监测预警，安全预警等级及处置措施宜按表4.6.3的规定执行：

表4.6.3 安全预警等级及处置措施

安全预警等级	触发条件	处置措施
一级（黄色）	监测项目超过监测控制值的65%	加大监测频次，加强巡视检查
二级（橙色）	监测项目超过监测控制值的80%	加密监测频次，组织专家评估、查明趋势加剧原因，制定完善应急保护措施
三级（红色）	监测项目超过监测控制值	启动应急预案，采取有效措施，消除安全隐患

4.6.4 监测数据达到预警值或发现新增安全隐患时，监测系统应自动发送预警信息通知相关人员。

4.6.5 预警方式应符合下列规定：

- 1 预警方式应明显，宜多样化，可包括指示灯、声音、短信、界面显示、可变情报板、路侧广播；
- 2 预警信息应形成日志，包括始末时间、警示事项、预警级别、预警传感器编号和位置、预警监测值和预警频率。

4.6.6 出现预警时，监测系统宜对监测点设置不同的警示标识。

5 监测方法

5.1 一般规定

5.1.1 监测方法宜采用无损监测技术。

5.1.2 历史建筑安全监测方法应根据监测内容、监测项目、现场条件、监测设备和监测频次等合理确定，可按表5.1.2选择：

表5.1.2 监测项目及方法

监测内容	监测项目	常用监测方法或设备
变形监测	沉降	几何水准测量、连通管式静力水准测量、三角高程测量
	水平位移	极坐标法、交会法、自由设站法、地面三维激光扫描法和三角形网等，可选择全站仪测量、激光测量、近景摄影测量
	倾斜	极坐标法、前方交会法、投点法、垂准法、差异沉降计算、固定式地面激光扫描、近景摄影测量方法等，可投倾角传感器、激光位移计
	挠度	极坐标法、投点法、垂准法、差异沉降计算、固定式地面激光扫描、近景摄影测量方法等，可选择位移计、挠度计、位移传感器
	裂缝	振弦式测缝计、应变式测缝计、裂缝显微镜、裂缝观测仪、超声波法
	鼓胀	水平位移、竖向位移和倾斜监测方法
	剥蚀	三维激光扫描法、摄影测量等
应力应变监测	内力监测	应变计、应力计、光纤光栅传感器
	土压力	土压力计
环境监测	温度湿度	温湿度计
	风环境	超声风速仪、机械式风速仪
	振动	位移传感器、速度传感器、加速度传感器
	地下水位	水位计
	气体	空气质量检测仪
	雷电	闪电计数器光谱仪、声探测法、雷达探测法
	日照辐射	日照计法
	降雨量	雨量计、雷达降水估算
	人流量	人工统计、人工智能识别
生物病害监测	植物病害	影像技术、诱饵法、微波雷达法、红外热成像
	动物病害	
	微生物病害	
土质监测	pH 值	电位计、电化学、土工试验
	腐蚀度	
消防监测	消防设施	电量传感器、电流互感器、电压互感器、消防水压传感器、消防水压传感器、烟雾传感器
	消防环境	

5.1.3 各项监测方法的主要技术要求应符合现行国家标准《工程测量通用规范》GB 55018、《工程摄影测量规范》GB 50167及现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8的相关规定。

5.2 变形监测

5.2.1 变形监测应根据所监测的变形、精度和现场作业条件，确定相应的监测方法。有特殊要求的，可同时选择多种监测方法进行相互校验，变形监测报表可按附录B填写。

5.2.2 重要历史建筑地基基础、上部结构的变形监测等级不应低于一等。

5.2.3 变形监测精度应根据结构类型、测量类型和结构变形允许值等因素确定，并应符合现行国家标准《工程测量通用规范》GB 55018、现行行业标准《建筑工程施工过程结构分析与监测技术规范》JGJ/T 302 及《建筑变形测量规范》JGJ 8的相关规定。

5.2.4 倾斜监测应根据现场作业条件及要求选择相适应的监测方法，并应符合下列规定：

1 在历史建筑外部进行倾斜监测时，宜采用平角观测法或前方交会法进行监测；采用投点法时，测站点宜选在与倾斜方向成正交方向线上、距照准目标1.5倍~2.0倍目标高度的固定位置；采用水平角观测时，应设置好定向点；

2 对不便埋设倾斜监测点的历史建筑及构件，宜采用三维激光扫描或近景摄影测量等方法进行观测；

3 利用历史建筑或构件的顶部与底部之间的竖向通视条件进行倾斜监测时，宜采用激光垂直测量或正、倒垂线等方法；

4 利用相对沉降量间接确定历史建筑倾斜时，可采用水准测量、静力水准测量、影像监测等方法，通过测定差异沉降来计算倾斜值及倾斜方向；

5 对历史建筑及构件的倾斜变化实时监测时，宜选择受温度影响小或具有温度补偿功能的倾斜传感器，倾斜传感器分辨率不宜低于 0.05° ；

6 倾斜监测精度应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 的相关规定。

5.2.5 挠度监测应根据荷载情况及现场作业条件选择监测方法，并应符合下列规定：

1 历史建筑竖向挠度观测可与沉降观测同时进行，并根据左右两侧沉降差计算得到竖向挠度值；

2 历史建筑上部结构、墙、柱等横向挠度观测可与倾斜观测同时进行，并根据上下两侧水平位移差计算得到横向挠度值；

3 连续监测挠度变化时，可采用挠度计、位移传感器等直接测定竖向挠度值或横向挠度值。挠度计及位移传感器的精度不应低于1mm。

5.2.6 裂缝监测应根据现场作业条件选择监测方法，并应符合下列规定：

1 对数量少、测量方便的裂缝,可采用裂缝测宽仪、比例尺、钢直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;

2 对大面积且不利于人工测量的裂缝,宜采用前方交会或摄影测量方法进行;

3 连续监测裂缝变化时,可采用测缝计或传感器自动测记方法进行;

4 裂缝的宽度量测精度不宜低于0.05mm,裂缝长度和深度测量精度不宜低于1.0mm;

5 裂缝深度较小时,宜采用超声单面平测法进行;需要验证时,可结合少量微破损取样进行校核;裂缝深度较大时,宜采用超声波法监测裂缝深度;

6 采用测缝传感器自动测记时,应与人工监测数据比对,且数据的采集、传输、保存应可靠。

5.2.7 历史建筑鼓胀监测应确定基准面,测出鼓胀部位范围及相对于基准面的变形量。

5.2.8 历史建筑剥蚀监测应测出剥蚀部位范围、剥蚀深度及剥蚀量。

5.3 应力应变监测

5.3.1 应力应变监测宜根据使用环境、安装条件、采样频率、监测周期等因素选用电阻应变计、振弦式应变计、光纤光栅类应变计等直接监测;结构表面或内部无法安装传感器时,可采用间接监测的方法;应变监测报表可按附录C填写。

5.3.2 应变传感器的选用应符合下列规定:

1 应变传感器应满足监测精度要求,宜具备温度补偿功能;

2 量程应为应变估值或允许值的1.2倍~2倍,且量测的精度不应小于0.5%FS;

3 应变梯度较大的区域,宜选用小标距应变计。

5.3.3 应变采集仪的技术指标应符合下列规定:

1 电阻式应变计数据采集仪量测精度不应低于应变计的0.1%FS,采样频率不应低于1Hz;

2 振弦式应变计的频率测量精度不应低于0.1Hz;

3 光纤光栅解调仪各项指标应满足被监测对象参数的规定,可测量的波长变动范围应大于40nm、波长分辨率不应大于0.2pm、波长重复性不应大于2pm。

5.4 环境监测

5.4.1 温度、湿度环境对历史建筑有显著影响时,应对历史建筑室内、外环境进行温度、湿度监测。

5.4.2 温度监测设备的技术指标应符合下列规定:

1 量程宜为-30℃~+80℃;

2 测量精度不宜低于±0.3℃;

3 宜采用电池供电模式。

5.4.3 湿度监测设备的技术指标应符合下列规定：

- 1 量程应为0%RH ~ 100%RH；
- 2 测量精度不宜低于 $\pm 3\%$ RH；
- 3 宜采用电池供电模式。

5.4.4 风环境监测宜包括风速、风向、风压；风环境监测记录表可按附录D填写。

5.4.5 风速监测设备的技术指标应符合下列规定：

- 1 量程不宜小于40m/s；
- 2 测量精度不宜低于 ± 0.45 m/s；
- 3 设备防护等级不宜低于IP65。

5.4.6 风向监测设备的技术指标应符合下列规定：

- 1 量程应为 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ ；
- 2 测量精度不宜低于 $\pm 3^{\circ}$ ；
- 3 设备防护等级不宜低于IP65。

5.4.7 风压监测设备的技术指标应符合下列规定：

- 1 量程宜为-5000Pa ~ +5000Pa；
- 2 测量精度不宜低于1%FS；
- 3 防护等级不宜低于IP65。

5.4.8 历史建筑周边出现明确震源时，应进行振动监测，并应符合下列规定：

- 1 宜采用测试法测定振动速度，振动监测不应损害历史建筑的主体结构；
- 2 历史建筑振动响应监测频率起始范围不宜高于0.3Hz，系统分辨率不宜低于 10^{-6} m/s，且应有足够的幅值动态范围；
- 3 监测同一被测结构动态特性或结构响应的多个传感器应同步采集；环境激励下采样频率宜不小于100Hz，采样时长不应少于10min；强迫振动下采样频率宜不小于500Hz，采样时长应包含激励下结构振动的完整时程。

5.4.9 地下水位变化对历史建筑存在影响时，应对地下水位进行监测；地下水位监测方法宜按现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497的相关规定执行。

5.4.10 气体环境对历史建筑存在影响或有要求时，应对气体环境进行监测；气体质量监测宜采用空气质量监测仪进行监测，且应自动连续监测。

5.4.11 日照辐射环境对历史建筑存在影响或有要求时，应对日照辐射情况进行监测；日照辐射量宜通过日射强度计或者直射太阳辐射计日照仪进行监测，也可选择卫星遥感反演监测。

5.4.12 雷电对历史建筑存在影响时，应对雷电情况进行监测；雷电宜采用电场仪法、闪电计数器光谱仪法、脉冲电压记录仪法、卫星闪电探测法、声探测法、雷达探测法等方法进行监测。

5.4.13 降雨量对历史建筑存在影响时,应对降雨量进行监测;降雨量监测宜采用雨量计、雷达降水估算、卫星降水估算、雨量雷达等方法。

5.4.14 人流量对历史建筑存在影响或有要求时,应对人流量进行监测;人流量监测宜采用人工智能识别等方法监测。

5.5 生物病害监测

5.5.1 生物病害监测应在专项检测后开展,可分为动物病害监测、植物病害监测、微生物病害监测。

5.5.2 动物病害监测宜采用诱饵法、微波雷达、红外热成像及声频探测等方法对白蚁、蠹虫、木蜂、鼠类等进行监测;监测设备应布设在易发生动物病害的位置。

5.5.3 植物病害监测宜通过现场巡查、影像监测技术相结合的方式进行。

5.5.4 微生物病害监测宜通过现场巡查、影像监测和仪器检测技术相结合的方式进行。

5.6 土质监测

5.6.1 pH值监测宜采用电位法或锥形玻璃电极法。

5.6.2 腐蚀监测宜采用玻璃电极法和土工试验方法,监测参数应包括结构腐蚀电位、腐蚀电流和温度。

5.7 消防监测

5.7.1 历史建筑消防监测应包括消防供配电系统、火灾自动报警系统、消防给水系统及灭火设施、疏散条件等关键要素,并实现早期火险识别与预警。监测内容的选择应符合本标准表4.3.1的规定。

5.7.2 消防供配电系统监测应符合下列规定:

1 应对消防配电箱主、备电源的电压、电流进行实时监测,其偏离额定值范围不应超过 $\pm 10\%$;

2 应急照明与疏散指示系统的应急启动时间不应大于5s,应急照明灯具的照度不应低于标准额定值的70%;

3 宜采用无线电流互感器等非侵入式传感器对关键供电回路进行在线状态监测。

5.7.3 火灾自动报警系统监测应符合下列规定:

1 火灾探测器的环境适应性应符合现场实际条件,安装位置和灵敏度等级应定期校验,防止因高温、高湿、扬尘等环境因素导致误报或漏报;

2 手动报警按钮和报警控制器的功能测试周期不应超过一个月,测试时应将控制器置于非联动状态,测试后应复位并记录;

3 当采用吸气式感烟探测器等早期火情探测设备时,其管路气密性及采样孔的畅通度应纳入日常监测范围。

5.7.4 消防给水与灭火系统监测应符合下列规定：

1 高位消防水箱、消防水池应设置液位连续监测装置，最低有效水位不应低于消防水泵启动所需的保证水位，液位监测精度不宜低于 $\pm 5\text{mm}$ ；

2 消防水泵出水管应设压力传感器，系统最不利点消火栓或喷头的静水压力不应低于设计要求值，稳压泵启停压力应符合设计要求；

3 对于易冻结地区，消防管路应采取防冻保温措施，保温层损坏或管路温度低于冰点时应发出预警。

5.7.5 消防通道与安全出口监测应符合下列规定：

1 消防车道、消防登高操作场地应采用视频监控或激光扫描等技术进行畅通性监测，发生占用、堵塞时应触发实时报警；

2 疏散通道和安全出口应采用门磁开关或图像识别技术监测启闭状态，疏散门应处于常开或易开启状态，不得锁闭；

3 防火门闭门器和顺序器应功能完好，防火卷帘下方不得堆放杂物。

5.7.6 消防设施应符合现行国家标准《消防设施通用规范》GB 55036的相关规定。

5.7.7 消防监测系统不得影响消防设施的正常运行。

6 监测数据与成果

6.1 一般规定

6.1.1 监测数据应及时计算累计变化值和变化速率值，并绘制时程曲线及其他反映监测断面或者监测区域整体变化趋势的图表，分析监测数据的变化原因和变化规律。

6.1.2 监测数据应及时进行整理、校对和分析，形成成果文件提交至相关单位。出现异常数据时，应及时分析原因，必要时进行现场核对。

6.1.3 应定期对变形基准点的稳定性进行核验，尚应基于核验结果的稳定性进行数据处理。

6.1.4 监测成果宜包括监测方案、现场监测资料、计算分析资料、监测值或监测变化量历史曲线、图表、各种影像资料、文字报告等。

6.2 数据处理

6.2.1 监测数据处理宜包括前处理和后处理。

6.2.2 监测数据前处理宜包括数据消噪与滤波、异常数据判断与修复；后处理宜包括数据统计分析、模态参数识别。

6.2.3 应及时计算累计变化值、变化速率值，并绘制时程曲线。

6.2.4 宜建立变形、应变与环境因素、时间的相关关系，分析和解释引起变形的原因，并对变形发展趋势进行预测。

6.2.5 评价监测数据变化情况时，应至少对相邻两期或连续3天的监测数据进行处理，分析监测内容的累计变化量以及变化速率情况。

6.2.6 数据处理与分析应符合下列规定：

1 监测期间应及时进行数据处理和分析，数据成果应包括但不限于数据列表、时程曲线图等成果；数据成果值应包括但不限于累计变化量及变化速率；

2 当数据达到预警值或时程曲线的变化幅度突增时，应对其原因进行分析。

6.3 监测成果

6.3.1 监测成果应真实、准确、完整，监测单位应对整个项目监测成果的真实性、可靠性负责。

6.3.2 监测单位应及时进行数据发布，数据发布内容应包括监测的数据成果资料，发布对象宜为工程有关各单位。

6.3.3 监测成果内容应满足现行相关国家标准规定要求。监测数据成果表、变化曲线图宜自动生成，并包含完整信息。

6.3.4 监测成果应包括当日数据成果表、阶段性报告和总结报告，并宜用文字阐述与图表或图形相结合的形式表达。

6.3.5 监测系统应具有对历史数据处理、分析、统计和归档的信息反馈功能。

6.3.6 监测过程中的成果资料提交及相关情况通知的反馈宜采用信息化的方式。

附录A 巡查记录表

表A 巡查记录表

项目名称：

第 页/共 页

巡查日期		巡查人		天气	
巡查对象					
序号	巡查内容	存在问题	位置	数量	现场照片
1	基础发生移位或沉降变化				
2	梁、柱、墙裂缝情况				
3	局部或整体变形情况				
4	周边不良地质状况				
5	周边环境情况				
6	生物病害情况				
7	人流量及车流量变化情况				
8	监测设施状况				
9	其他不良状况				
10					
备注					

监测单位：_____

巡查：_____

附录B 变形监测记录表

表B 变形监测记录表

第 () 次

工程名称: 日期: 年 月 日 报表编号: 天气:

[illegible]

记录人：_____ 监测人：_____

附录C 应变监测记录表

表C 应变监测记录表

第 () 次

工程名称:

报表编号:

天气:

观测者:

计算者:

校核者：

仪器型号:

仪器编号:

检定有效期:

本次监测时间:

上次监测时间:

[illegible]

附录D 风环境监测记录表

表D 风环境监测记录表

第 () 次

工程名称:

报表编号:

天气:

[illegible]

记录人：_____

检查人：_____

本标准用词说明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

正面词用“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用词，采用“可”。

2 条文中指明应按照其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《工程测量通用规范》 GB 55018

《建筑地基基础设计规范》 GB 50007

《建筑设计防火规范》 GB 50016

《工程摄影测量规范》 GB 50167

《民用建筑可靠性鉴定标准》 GB 50292

《建筑基坑工程监测技术标准》 GB 50497

《建筑与桥梁结构监测技术规范》 GB 50982

《古建筑木结构维护与加固技术标准》 GB/T 50165

《古建筑防工业振动技术规范》 GB/T 50452

《建筑变形测量规范》 JGJ 8

《建筑物倾斜纠偏技术规程》 JGJ 270

《近现代历史建筑结构安全性评估导则》 WW/T 0048

河南省工程建设标准

河南省历史建筑安全监测技术标准

DBJ41/Txxx-
条文说明

编制说明

《河南省历史建筑安全监测技术标准》DBJ41/TXXX-20XX，经河南省住房和城乡建设厅20XX年XX月XX日批准发布。

本标准编制过程中，编制组进行了深入的调查研究，认真总结了河南省历史建筑安全监测实践经验，同时参考了先进的技术方法，广泛征求省内外有关单位和专家意见，并进行了工程试点应用。通过调查和实际应用验证，使得本标准更加符合河南当地实际需求。

为便于有关技术人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《河南省历史建筑安全监测技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准条文说明，对条文规定的目的、依据及执行中需要注意的有关事项进行了说明，但条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总则.....30

2 术语.....31

3 基本规定.....33

4 监测内容及技术要求..... 35

 4.2 监测方案..... 35

 4.3 监测内容..... 35

 4.4 监测频次..... 36

 4.5 监测项目控制值..... 37

 4.6 监测预警..... 39

5 监测方法.....40

 5.1 一般规定..... 40

 5.2 变形监测..... 41

 5.4 环境监测..... 42

6 监测数据与成果..... 44

 6.1 一般规定..... 44

 6.2 数据处理..... 44

1 总 则

1.0.1 本条阐明了制定本标准的目的。河南省历史建筑数量众多、类型丰富，涵盖生土结构、木结构、砖木结构、混凝土结构等多种结构形式，是城乡历史文化传承的重要物质载体。随着使用年限增长、周边环境变化及城市建设活动加剧，历史建筑面临的结构安全风险日益突出，亟需建立统一规范的安全监测技术标准。制定本标准的目的是为历史建筑安全监测工作提供技术依据，规范监测行为，提升监测工作质量，保障历史建筑的安全使用和有效保护。“技术先进、经济合理、数据准确、安全可靠”是本标准编制的四项基本原则，技术先进要求监测方法体现现代检测技术发展水平，宜采用无损检测技术；经济合理要求在满足安全和监测要求的前提下合理配置监测资源；数据准确要求监测方法和仪器满足精度要求，数据处理科学规范；安全可靠要求监测系统运行稳定、预警及时有效，切实保障历史建筑的结构安全。

1.0.2 本条中“施工期间”涵盖以下两类情形：一是历史建筑自身的施工活动，包括但不限于修缮、加固、改造、纠偏、迁移等；二是历史建筑周边的施工活动，包括但不限于基坑开挖、地铁施工、管线穿越、道路施工等，上述施工活动对历史建筑结构安全产生影响时，应执行本标准的有关规定。

2 术 语

2.0.1 本条界定了“历史建筑”的法定概念，是确定本标准适用对象的基本依据。该定义直接引用了《历史文化名城名镇名村保护条例》第四十七条对历史建筑的法定释义，确保本标准的适用范围与国家现行法规保持一致。

历史建筑的认定包含四个核心要件：一是必须经城市、县人民政府依照法定程序确定公布，纳入历史建筑保护名录管理，未经政府认定公布的不属于本标准所称的历史建筑；二是必须兼具“保护价值”与“反映历史风貌和地方特色”的双重属性，价值评估是认定的前置条件；三是已明确排除与文物保护体系的交叉——既不能是已由各级人民政府公布为文物保护单位的建筑，也不能是已登记为不可移动文物的建筑，这是历史建筑在法定保护地位上区别于文物建筑的核心法律界限；四是保护对象涵盖建筑物和构筑物两大类。

2.0.2 本术语中的“安全状态”采用广义概念，不仅指结构承载能力、整体稳固与地基基础状况等结构安全，亦明确将消防安全纳入核心监测范畴。历史建筑多采用木结构或砖木混合结构，耐火等级低、火灾荷载大，消防监测是安全监测不可或缺的组成部分。消防安全状态重点监测对象包括：消防设施与器材的有效性、防火分区与分隔的完整性、电气线路老化与用电安全隐患、易燃物堆放管理以及疏散通道的畅通情况等。通过将消防监测与结构、环境、病害监测统一整合，实现对历史建筑安全风险的全方位识别与早期预警。

2.0.8 本条术语，旨在界定历史建筑安全监测中需特别关注的“干扰源”范畴。历史建筑在长期服役过程中，除承受常规的环境作用（如温度、湿度、风荷载）和材料自身老化劣化外，还会受到一些突发或持续的外部事件、人为行为的影响。这些因素可能直接引发结构损伤、加剧病害发展，或导致监测数据异常波动，进而干扰结构安全状态的准确评估。为统一监测对象识别与数据研判的边界，特将此类危害历史建筑安全的事件与行为统一定义为“干扰源”。

干扰源的常见形式包括但不限于：

- 1 邻近区域的施工作业，如打桩、强夯、爆破、深基坑开挖等引发的振动与地基变形；
- 2 周边交通荷载，特别是重型车辆通行产生的长期微振动；
- 3 人为拆改、违章搭建、在文物本体上钻孔、钉钉等破坏性行为；
- 4 火灾、爆炸等意外事件；
- 5 极端自然事件，如台风、洪水、冰雹等突发性灾害；
- 6 不恰当的使用行为，如在木质建筑内违规用火用电、超荷载堆放物品、大量人员聚集引发超载等。

在历史建筑安全监测方案设计时，应结合建筑所处环境识别潜在的干扰源，并针对性布置振动、视频、声光报警等辅助监测设备。在数据分析与预警环节，应将干扰源响应与结构自身损伤响应加以区分，避免因外部干扰引发误警，保障安全评估结论的准确性与可靠性。

3 基本规定

3.0.3 本条规定了历史建筑应进行施工安全监测的具体情形。历史建筑由于建造年代久远、材料性能退化、节点构造薄弱，其对施工扰动的敏感性远高于一般建筑。在维修、修缮、加固、纠偏、迁移等施工过程中，结构受力状态会发生变化，若控制不当可能造成不可逆的损伤甚至安全事故，因此必须开展施工安全监测：

1 对影响结构安全的损伤进行维修加固时，施工过程中构件受力与变形会随施工工序动态变化，应监测关键构件和节点的位移、应变及裂缝变化，及时掌握施工对结构的影响程度，为施工方案的动态调整提供依据；

2 结构体系复杂的历史建筑维修加固时，其传力路径不明确、节点连接方式多样，施工扰动可能引发难以预见的局部或整体响应，应重点监测关键节点的位移与应变，确保施工过程中结构安全可控；

3 历史建筑进行纠偏、平移或迁移施工时，结构整体姿态和受力状态发生显著改变，应全过程监测结构整体倾斜、沉降、裂缝发展及关键构件应力变化，实时掌握结构响应，及时预警异常情况，为施工控制和安全决策提供数据支撑。

3.0.4 本条规定了历史建筑宜进行周边环境影响监测的具体情况。历史建筑的安全状态不仅取决于结构自身状况，还受到赋存环境的持续影响。随着城市建设密集度增加和环境条件变化，周边环境因素对历史建筑的劣化作用日益显著，因此当存在下列情形时，宜对周边环境影响因素开展监测：

1 当建筑物发生明显的腐蚀、风化、粉化、腐朽等材料劣化损伤时，环境因素是加速此类病害发展的重要诱因，应监测相关环境指标以分析损伤成因并为保护措施提供依据；

2 温度、湿度、干湿交替及酸雨、粉尘、有害气体等空气污染物对历史建筑材料耐久性有显著影响，当上述因素可能对历史建筑产生不利作用时，应对相关环境参数进行监测；

3 周边环境或气候发生长期性变化，如地下水位升降、区域气候干湿趋势改变等，可能影响地基土体性状及建筑材料稳定性，宜根据变化类型选择相应环境监测项目；

4 地震作用、交通振动、爆破振动及邻近施工等动荷载对历史建筑的影响不容忽视，尤其是年代久远、结构刚度薄弱的历史建筑对振动更为敏感，应进行振动监测以评估其对结构安全的影响程度；

5 人群聚集、商业活动、机动车流量增大等人类活动可能增加历史建筑的荷载负担、火灾风险或物理损伤概率，宜结合具体情况对人流量、车流量等因素进行监测。

3.0.6 历史建筑安全监测采用仪器监测与巡视检查相结合的方式，两者互为补充。仪器监测可获取定量数据，巡视检查则能及时发现仪器覆盖范围之外的安全隐患及监测系统自身的工作状态。建筑本体巡查重点检查地基基础变形、整体或局部沉降与倾斜、承重

构件新增裂缝或既有裂缝扩展、构件腐朽及病害发展等情况，这些直观现象是判断结构安全状态的重要依据。监测设备及监测点巡查主要核查基准点与监测点的完好性、监测元件保护情况及有无障碍物影响监测工作，是保障监测数据连续性和可靠性的基础。周围环境巡查关注交通与人群荷载变化、施工或堆载活动、振动源影响及其他可能危及历史建筑安全的环境因素，为分析监测数据异常原因和评估外部风险提供依据。

3.0.7 本条规定了不同保护要求下历史建筑使用安全监测的差异化实施方式。“一般历史建筑”和“重要历史建筑”的划分，系基于历史建筑保护价值、结构安全状态及风险程度等因素作出的监测方式分类，不属于法律意义上的保护等级划分。其具体划分依据，宜由各市、县历史建筑保护主管部门结合当地历史建筑保护名录、建筑保存状况及保护管理实际，在监测方案编制阶段予以明确，并在方案中载明划分依据和结果。

3.0.8 本条对施工安全监测提出了两项补充要求，是针对历史建筑施工过程特殊性的技术规定。

1 强调施工全过程结构分析的动态性。历史建筑施工工况复杂，施工方案可能在实施过程中根据现场实际情况进行调整。施工方案的变动会引起结构受力路径、临时支撑体系以及荷载工况的改变。若仍沿用原施工方案下的结构分析结果指导监测工作，可能遗漏新的风险点或导致预警值设置失当。因此，当施工方案出现涉及结构受力体系、施工顺序、顶推或吊装工况、临时支撑拆除顺序等方面的调整时，必须对施工全过程结构分析模型进行同步更新，重新核算关键构件的变形和内力，并据此评估已有监测方案的适用性，必要时调整监测项目、监测点布设或预警值。

2 要求充分考虑临时设施的影响。施工期间的脚手架、临时支撑、施工平台、塔吊附着件、物料堆场等临时设施直接作用于历史建筑本体或邻近地基，可能造成局部应力集中、附加侧向力或不均匀沉降。历史建筑材料强度低、节点连接薄弱、结构刚度退化，对临时设施作用的敏感度远高于新建工程。编制施工安全监测方案时，应将临时设施作为重要荷载和边界条件纳入分析。安装及拆除过程应全过程监测，并针对可能受影响的部位预先布设监测点，采取的保护措施应满足结构安全和使用功能要求，并在监测方案中予以明确。

4 监测内容及技术要求

4.2 监测方案

4.2.1 实施监测前应根据相关方要求，考虑历史建筑特点，明确检测目的与要求；监测方案的制定应考虑监测目的、建筑结构特点、监测要求、现场及周边环境条件等选择监测项目和合适的监测方法，并根据监测项目和方法、监测频次选择合适的监测设备；并对不同监测项目提出具体实施措施及相应预警值。还应考虑相关的实施保障措施。

4.2.2 监测方案是历史建筑安全监测工作的实施依据，其科学性、合理性直接关系到监测工作的成效。本条所列情形涉及的结构安全风险较高、监测技术要求复杂，常规经验难以完全适用，因此规定其监测方案应进行专门技术论证。

4.3 监测内容

4.3.1 历史建筑安全监测涉及多个专业领域，本条规定的主要监测类别包括变形监测、应力应变监测、环境监测、生物病害监测、土质监测及消防监测。变形监测主要针对建筑整体沉降、倾斜、水平位移及裂缝变化，是反映结构安全状况的核心指标；应力应变监测用于获取关键构件的受力状态及挠度变化；环境监测涵盖气象环境、环境污染及振动等外部影响因素；生物病害监测主要针对木结构腐朽、虫蛀等生物性损伤；土质监测针对地基土体含水率、承载力等变化情况；消防监测则涵盖电气火灾隐患、可燃物管理及消防设施状态等安全要素。上述监测类别的设置，借鉴了现行团体标准《文物建筑健康监测技术规范》T/CSGPC 016的相关规定。据本省实际情况增加了消防监测内容，主要基于以下考虑：

1 火灾风险现实紧迫。从全国范围看，历史建筑火灾事故时有发生。根据国家相关单位处理历史建筑火灾事故的统计数据，近十年我国处理了历史建筑火灾事件150多起。另有统计表明，电气线路故障引发的火灾事故占省级以上历史建筑文物保护单位火灾总数的36.8%，施工和用电不慎已成为引发历史已采纳建筑火灾的主要原因之一。我省历史建筑数量众多，建筑年代久远，受传统建造工艺限制，普遍存在耐火等级低、电气线路老化、消防通道不畅、消防设施缺失等消防安全隐患，火灾风险不容忽视；

2 技术条件日趋成熟。随着物联网、无线传感、图像识别等技术的发展，微型化、智能化消防监测设备日益成熟，无线火灾报警系统可有效避免布线破坏建筑装饰细节，吸气式感烟探测器等早期探测技术可为木结构建筑提供更灵敏的火情感知能力。上述技术手段在满足消防安全监测需求的同时，能够最大程度降低对历史建筑本体和风貌的影响，为消防监测纳入安全监测标准体系提供了可行的技术路径；

3 消防监测与现有监测体系具有互补性。消防监测与变形监测、应力应变监测、环境监测等共同构成历史建筑安全监测的有机整体。一方面，火灾的发生会直接危及结构

安全，火灾高温可能导致结构构件承载力丧失甚至整体坍塌，消防监测是结构安全保障的重要防线；另一方面，消防监测与电气线路、设备安装等密切相关，其监测系统的布设需与建筑本体监测相协调，避免重复建设和对建筑本体的重复扰动。因此，将消防监测纳入历史建筑安全监测的整体框架，有利于构建“结构安全+消防安全”一体化的综合监测体系。

4.3.2 本标准表4.3.1列出了历史建筑常见结构类型和监测对象的监测内容选择要求，但历史建筑结构体系多样、保存状况各异，部分建筑可能涉及表4.3.1未明确覆盖的特殊情况。本条为上述情形提供了监测内容确定的指导原则。

“监测要求”指开展监测工作的直接目的和委托方或管理单位的具体需求，不同目的对监测内容的侧重有所差异，如常规安全普查与施工影响监控的监测内容选择即有所不同。“本体现状”指历史建筑当前的保存状态、既有损伤程度及结构安全性等级，损伤严重或安全性等级较低的建筑，监测内容应适当增加，重点加强高风险项目的监测力度。“保护等级”指历史建筑的价值重要程度和保护要求的严格程度，保护等级越高，监测内容宜越全面，监测精度和频次也宜相应提高。“结构类型”指本标准第4.3.1条所列土质结构、木质结构、砖木结构、砖石结构、砖混结构、混凝土结构、钢结构等类型，不同结构类型的受力特征和典型病害不同，监测内容的选择应与结构类型的特点相匹配。

本条强调上述因素应“综合确定”，是指不应仅依据单一因素做出决策，而应将各因素统筹考量后形成具体的监测内容方案，并在监测方案编制阶段明确记载。

4.4 监测频次

4.4.2 本条对历史建筑安全监测频次做出了原则性规定。历史建筑安全监测频次应根据其保护等级、结构保存状况及风险评估结果综合确定。监测频次应能系统反映监测对象的动态变化，使监测信息及时、有效。

对于采用自动化监测系统的情况，在线实时监测的数据采集频率不宜低于每2小时1次；对于变形速率较大的监测项目（如倾斜、裂缝等），应进一步提高采集频率。常规仪器监测的经验性频次可参考：长期监测宜每3个月~6个月监测1次，短期监测宜每7天~15天监测1次。上述频次为经验性建议，实际监测工作中可根据历史建筑的动态响应情况适时调整。

4.4.3 本条对使用安全监测频次的协调性提出了专门要求，是基于历史建筑结构响应具有多参量关联性的特点而设立。

1 要求不同监测项目的频次相互协调。历史建筑的结构变形往往是多指标联动的，例如，不均匀沉降常伴随倾斜变化，倾斜发展到一定程度可能引发裂缝扩展，而裂缝的开展又可能反馈为沉降速率的改变。若各监测项目的频次各自独立、互不关联，当某一指标出现异常加速时，其他相关指标的监测仍按原定周期执行，可能导致对结构安全状

态的整体性误判，或错失捕捉关联变化的关键时间窗口。因此，当任一监测项目的变形量或变化速率显著增大时，与其存在力学关联的其他监测项目应同步提高监测频次，以确保获取的数据能够全面反映结构响应的时空分布特征。何种项目之间存在关联、应同步调整频次，宜在监测方案编制阶段根据结构受力分析结果予以明确。

2 特别强调水平位移、竖向位移与倾斜三类监测的频次协调。这三者是变形监测的核心指标，且存在确定的几何和力学关系－建筑倾斜本质上由差异沉降（竖向位移差）与基底宽度之比决定，水平位移与倾斜之间也存在刚体转动和剪切变形的耦合。若三者监测频次不一致，将无法同步计算差异沉降引起的倾斜值，也无法校核水平位移与倾斜的协调性，进而降低监测数据解释的置信度。因此，本条要求三者的监测频次宜保持协调一致，即宜在同一时间窗口内完成观测，以便后续数据比对和综合分析。

上述两项要求共同构成了使用期监测频次协调性的基本准则：一是项目间的“联动调整”机制，二是核心指标的“同步观测”原则。二者相互配合，确保监测数据在时间维度和指标维度上均具备可对比性和可解释性。

4.5 监测项目控制值

4.5.1 本条规定控制值应满足监测对象的安全状态得以“合理、有效”控制，其中“合理”控制值取值应有充分的依据，既能保障安全又不过度保守，“有效”指控制值应能切实指导监测预警和应急处置实践，在安全风险出现前及时发挥控制作用。历史建筑因保护要求特殊，其控制值的确定不应简单套用新建工程标准，而应在本条所列因素综合分析的基础上，结合结构安全评估结论和监测目的专门研究制定。

4.5.4 地基基础不均匀沉降所引起的上部墙体裂缝宽度限值及变化速率指标，系参照现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292中有关地基基础安全性的评定方法，依据地基变形观测资料或上部结构反应的检查结果，并结合历史建筑现状，按该标准中“Cu级”的相关限值进行控制。

生土结构（含夯土、土坯等）是河南省历史建筑的重要类型。本标准首次在国内省级监测标准中明确了生土结构的监测控制值，填补了该领域空白。

生土结构控制值的制定面临特殊困难：国内现行结构设计和监测技术标准中均无生土结构的专门控制指标。编制组最初参照了现行行业标准《农村住房危险房屋鉴定标准》JGJ/T 363中的限值，但经深入论证后认为，该导则针对的是量大面广的既有农村房屋的危险性鉴定，其限值代表的是“危险构件”的判定阈值，用于历史建筑安全监测时定位不当、安全裕度过低，不宜直接采用。

本标准最终确定的生土结构控制值，主要遵循以下原则：

区分“监测预警”与“危险鉴定”的定位差异。危险鉴定是事后判断，监测预警是事前预防。本标准将现行行业标准《农村住房危险房屋鉴定标准》JGJ/T 363的限值作

为不可逾越的危险临界值，在此基础上取 $1/2 \sim 2/3$ 作为监测控制值，确保预警发出时建筑尚未达到危险状态。

充分考虑生土材料的特性差异。与砌体和混凝土相比，生土材料具有塑性好、弹性模量低、裂缝自愈能力强的特点，其裂缝控制值不宜与其他材料直接等同。但材料的塑性并不意味着安全裕度可以放宽——生土材料的离散性大、强度随含水率变化显著，且河南地区冷暖干湿交替频繁，裂缝开展速率具有明显的季节性特征，因此控制值取值需兼顾材料特性和安全储备。

墙倾斜率控制值由现行国家标准《农村住房危险房屋鉴定标准》JGJ/T 363的 $h/200$ （即5‰）调整为 $h/300$ （约3.3‰），主要基于以下考虑：生土墙体在河南地区受干湿交替和冻融循环影响，倾斜发展具有一定的不可逆性，且倾斜一旦达到3‰以上，往往伴随墙芯含水率升高和基础不均匀沉降，继续发展至5‰时已进入危险状态，应在此前即触发预警。受压墙受力方向裂缝控制值由20mm调整为10mm，因为裂缝宽度达到20mm时，墙体有效受压截面已显著减小，且20mm的裂缝足以导致雨水直接渗入墙芯，诱发内部侵蚀和冻胀破坏。将控制值降至10mm，可在裂缝尚未造成严重次生损害之前及时干预。局部受压竖向裂缝控制值由10mm调整为5mm，因为此类裂缝往往表明局部承压区已出现应力重分布，需提前关注。

石结构控制值的调整逻辑与生土结构一致，同时考虑了石结构砌体灰缝粘结强度低、纵横墙连接处易脱开等特有薄弱因素。

编制组认为上述控制值是本标准最具河南地方特色和技术创新性的内容之一。由于国内尚缺乏足够的生土结构和石结构历史建筑长期监测数据积累，上述取值主要基于既有鉴定标准的危险值与安全值之间的梯度关系推导，以及编制组在河南典型生土建筑的现场检测经验。建议本标准实施后，将生土结构和石结构控制值列为重点跟踪评价指标，根据工程实践数据的积累适时进行修订和完善。

4.5.5 本条对历史建筑振动监测控制值的确定原则及取值标准作出规定。振动荷载是历史建筑安全监测中常见的外部作用类型，地铁运行、道路交通、工程爆破、打桩施工、强夯作业及邻近深基坑开挖中的重型机械运转等均可构成振源。历史建筑材料性能退化、节点连接刚度削弱、结构耗能能力下降，对振动作用的敏感程度远高于一般新建工程，因此需针对不同结构形式制定差异化的振动控制标准。

1 砌体结构历史建筑以砖石砌筑墙体为主要承重构件，其材料脆性特征显著，抗拉、抗剪强度低，在振动作用下易产生裂缝扩展、砌块松动或灰缝脱落。表5.3.5-1的振动速度控制值按保护级别和安全性等级两个维度分级设定：保护级别反映历史建筑的价值重要程度及保护要求的高低，安全性等级反映结构本体的健康状态和损伤程度。保护级别越高、安全性等级越低，振动容许值越严格，体现了“价值越高、状态越差、控制越严”的递进保护原则。保护级别可参照文物保护单位的分级标准，结合河南省及各地市

公布的历史建筑保护名录等级合理对应确定。砖木混合结构中以砖砌体为主要竖向承重体系的，其振动响应特征与纯砌体结构相近，可按表5.3.5-1采用。

2 木结构历史建筑以木构架为承重体系，其节点多为榫卯连接，结构阻尼比较高，但木材顺纹和横纹力学性能差异显著，节点松动、拔榫、腐朽等病害较为普遍。在长期微幅振动作用下，榫卯节点可能因反复摩擦产生累积性松动，降低结构整体刚度和抗震能力。表5.3.5-2的振动速度控制值同样按保护级别和安全性等级分级设定，取值较砌体结构整体偏低，系充分考虑木结构对振动作用的特殊敏感性和累积损伤效应。保护级别的确定方式与本条第1款砌体结构一致，应结合河南省历史建筑保护名录的等级划分合理对应，在缺乏明确分级对应关系时，可由专家论证确定。

4.5.6 环境监测项目的控制值设定是历史建筑安全监测体系的重要组成部分。与结构变形、力学及振动监测项目不同，环境监测指标种类多样、物理属性差异显著，其控制值无法采用统一的数值框架，应依据各指标的自身类型与特性分别确定。

环境监测指标的“类型与特性”决定了其控制值的表达形式。温度、湿度类指标宜设定适宜区间及警戒上下限；风速、降雨量类指标宜设定瞬时最大值及持续时段阈值；地下水位类指标宜设定水位变幅限值；气体及粉尘类指标宜设定浓度限值。各类指标的控制值可参照现行相关环境标准、气象规范或保护技术导则，结合历史建筑所处地域的气候特征和环境背景制定。

4.5.8 历史建筑安全监测涉及变形、应力应变、环境、生物病害、消防等多种参量，不同参量的控制值标准化程度差异较大。对于本标准未规定具体数值的监测项目，本条规定了控制值的确定路径，以避免因标准缺项而致使监测工作缺乏判据。

4.6 监测预警

4.6.2 本条规定的三级预警等级借鉴了现行地方标准《古建筑安全监测技术标准》DBJ/T 13-502-2025的三级预警机制，并结合河南省历史建筑监测实践经验进行细化调整。一级（黄色）预警在监测项目超过控制值的65%时触发，此时结构响应已偏离正常波动范围，但尚未达到安全临界状态，预警目的在于提前关注、加大监测频次、加强巡视检查，通过增加信息采集密度及时捕捉发展趋势；二级（橙色）预警在超过控制值的80%时触发，此时结构响应已接近安全限度，预警目的在于加密监测频次、组织专家评估、查明趋势加剧原因、制定应急保护措施，在安全风险进一步恶化前做好应对准备；三级（红色）预警在超过控制值时触发，此时监测数据已突破安全控制极限，预警目的在于立即采取停止使用或停止施工等应急保护措施，防止安全事故发生或损伤进一步扩大。

5 监测方法

5.1 一般规定

5.1.1 历史建筑具有不可替代的保护价值，其本体材料和结构构造一旦遭受破坏，往往具有不可逆性。因此，监测方法的选择应将保护历史建筑的真实性和完整性作为首要原则。非破坏性监测方法是指对历史建筑本体不造成任何物理损伤的技术手段，如几何水准测量、全站仪测量、近景摄影测量、三维激光扫描、红外热成像、加速度传感器振动测试等；微破坏性方法是指仅在必要部位产生轻微、可修复的局部影响的监测方法，如少量表面粘贴应变片或安装小型传感器等，但应严格控制影响范围和程度，并具备可逆条件。优先采用无损检测技术，既是历史建筑保护伦理的基本要求，也是现代监测技术发展的趋势。随着检测技术进步，以往需要破损安装方可获取的应力应变等参数，已可通过光纤光栅传感、图像识别、雷达探测等无损手段实现，为标准执行本条提供了技术可行性。当确实需要采用微破坏性方法时，应事先进行充分论证，明确其对历史建筑的影响程度及后续修复措施，并取得相关方的认可。

5.1.2 监测方法是开展安全监测工作的技术手段，其选择的科学性与合理性直接关系到监测数据的准确性、可靠性和监测工作的实施效果。历史建筑不同于一般新建工程，其结构体系多样、材料性能退化程度不一、保护要求特殊，且现场作业条件往往受到诸多限制。因此，本条明确监测方法应依据监测内容、监测项目、现场条件、监测设备及其性能、监测频次等因素综合确定，以确保监测方法与监测目标的高度适配。监测方法的选用应遵循以下基本原则：

1 保护优先原则 – 优先采用无损或微损的监测方法，严禁对历史建筑本体造成不可逆的损害；

2 技术适用原则 – 所选方法应与监测内容、监测项目及现场条件相匹配，技术成熟、方法可靠；

3 精度保障原则 – 监测方法的精度应满足结构安全评判及预警的需要，仪器设备应处于有效的计量确认状态；

4 经济合理原则 – 在满足技术要求的前提下，兼顾监测成本的经济合理性，合理配置监测资源；

5 可操作性原则 – 监测方法应便于现场实施，操作流程规范清晰，具备良好的重复性和可追溯性；

6 方法互补原则 – 当单一监测方法难以满足全部需求时，可综合运用多种方法形成互补，提高监测数据的全面性和可靠性。

5.1.3 本条明确了各项监测方法应遵循的主要技术标准。现行国家标准《工程测量通用规范》GB 55018为工程测量活动提供了通用性技术准则，涵盖控制测量、地形测量、

施工测量及变形测量等基础要求，是监测方法实施的基本遵循；现行国家标准《工程摄影测量规范》GB 50167规定了近景摄影测量的技术流程、精度等级及成果质量要求，为采用摄影测量方法开展变形监测和病害记录提供技术依据；现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8对建筑变形测量的精度等级、监测方法、数据处理及成果报告等作出了系统规定，是变形监测工作最直接的技术依据。历史建筑安全监测涵盖变形监测、应力应变监测、环境监测、生物病害监测、土质监测及消防监测等多个类别，各项监测方法的具体技术指标和操作规程应分别符合相应国家现行标准的要求，本标准侧重于历史建筑特殊保护要求下的方法选择与适应性规定。

5.2 变形监测

5.2.1 变形监测是历史建筑安全监测的核心内容，沉降、水平位移、倾斜、挠度和裂缝是反映结构安全状态最直观、最敏感的指标。各类变形之间存在内在关联，如差异沉降可引起倾斜，构件挠度过大可能伴随裂缝开展，因此应根据所需测定的变形类型、精度要求和现场作业条件，综合确定监测内容和监测方法。

历史建筑结构体系多样、材料性能差异显著、现场条件受限，单一监测方法可能存在覆盖盲区或精度不足等问题。组合使用多种观测方法可实现优势互补，例如将水准测量的高精度与三维激光扫描的全覆盖相结合，既能获取关键部位的高精度数据，又能掌握整体变形分布特征。对于保护等级较高、结构状态较差或有特殊监测要求的历史建筑，可同时选择多种观测方法对同一变形量进行相互校验，当不同方法获取的数据趋势一致且量值在允差范围内时，可确认监测结果的可靠性；若数据出现明显偏离，则应及时核查测量方法、仪器状态或监测点状况，查明原因后予以修正或剔除。多种方法相互校验是提高监测数据置信度的有效手段，也是历史建筑保护精细化管理的技术实践方向。

5.2.7 鼓胀是历史建筑砌体墙体、石砌构筑物及夯土墙体常见的结构变形形式，多由内部含水率变化、冻融循环、侧向约束失效或基础不均匀沉降等因素诱发。鼓胀变形反映的是墙体或构件局部表面相对于基准面的外凸程度，当鼓胀变形发展到一定程度时，可导致墙体失稳、砌块剥落甚至局部坍塌。

确定基准面是鼓胀监测的基础性工作。基准面应选择在同一墙面上未发生鼓胀变形且具有代表性的区域，或通过墙体前方设置独立的固定参考面。基准面一经确定，应在监测周期内保持稳定，后续各次监测均以该基准面为参照计算变形量。鼓胀监测应同时获取鼓胀部位的空间分布范围及不同点位相对于基准面的变形量，掌握鼓胀发展的二维或三维特征，为判断鼓胀成因、评估安全风险及制定干预措施提供依据。鼓胀变形量可通过全站仪测量、三维激光扫描、近景摄影测量等方法获取。

5.2.8 剥蚀是历史建筑材料表面因风化、水溶、冻融、盐析、酸雨侵蚀等环境因素作用而发生的逐层脱落或粉化现象，常见于砖砌体、石质构件及混凝土结构表面。剥蚀不仅

削弱构件的有效截面，降低结构承载能力，还会加剧内部材料的劣化进程，对历史建筑的长期保存构成持续威胁。

剥蚀监测应系统获取三个方面的信息：一是剥蚀部位的空间分布范围，明确剥蚀发生的具体位置及其在构件表面的展布轮廓，为判断剥蚀成因和评估影响范围提供依据；二是剥蚀深度，即材料表面剥落达到的最大垂直深度，反映截面削弱的严重程度；三是剥蚀量，即剥蚀区域材料损失的体积或平均深度与面积的乘积，用于定量评估剥蚀对构件受力性能的影响程度。剥蚀部位范围及深度可通过三维激光扫描、近景摄影测量、超声波测厚等无损或微损方法进行测量，监测数据应及时记录并纳入变形监测报表体系，为结构安全性评估和修缮方案制定提供基础数据。

5.4 环境监测

5.4.1 ~ 5.4.3 条款规定了温度、湿度环境对历史建筑有显著影响时应开展监测的基本要求。温度和湿度是影响历史建筑材料耐久性的重要环境因素。温度剧烈变化可引起材料热胀冷缩，导致构件开裂或原有裂缝扩展，反复冻融循环对砖石砌体和土质结构的破坏尤为显著；湿度过高会加速木质构件的腐朽、虫蛀及微生物滋生，对生土结构则可能导致强度衰减和变形加剧，湿度频繁波动引起的干湿交替还可造成可溶盐的反复结晶与溶解，加速砖石材料的盐析风化。

监测应涵盖历史建筑的室内外环境，通过室内外数据的同步对比，可掌握环境荷载的来源及其对建筑本体的作用路径，为分析病害成因和制定环境调控方案提供依据。温度、湿度监测设备的布设宜选择在能够代表环境特征的典型位置，如室外开阔区域、室内主要使用空间及半封闭空间等，布点数量和位置应根据建筑体量、空间分隔情况及环境变化梯度综合确定。采用无线传输和无线供电模式，可最大程度减少监测系统安装对历史建筑本体和风貌的影响。

5.4.4 ~ 5.4.7 风环境对历史建筑的劣化影响因结构类型、建造年代、保存状态及所处环境不同而存在显著差异，下列情形宜优先或重点开展风环境监测：

- 1 轻质屋盖或大跨度结构的木结构、砖木混合结构建筑，其屋盖系统抗风揭能力较弱，强风作用下易发生局部破坏或整体掀翻；
- 2 高耸型历史建筑，如塔、亭、牌坊及钟鼓楼等，其结构高宽比较大，风荷载效应显著，顶部构件对风振作用尤为敏感；
- 3 已存在明显倾斜、节点松动或构件连接部位残损的历史建筑，风荷载的反复作用可能加速损伤发展；
- 4 地处山口、河谷、沿海、平原开阔地带等风环境较为恶劣区域的历史建筑，其受风荷载影响程度高于一般地区；
- 5 外立面装饰丰富、存在悬挑檐口或突出构件的建筑，局部风压分布复杂，易产生应力集中或雨水渗透隐患。

5.4.10 气体环境对历史建筑的影响主要表现为酸性气体（如二氧化硫、氮氧化物）引起的材料腐蚀、粉尘颗粒物沉积导致的表面污染和劣化、以及高浓度二氧化碳加速的碳化作用等。对于砖石结构，二氧化硫与雨水结合形成酸雨，可与砖石中的碳酸钙反应生成可溶性硫酸钙，导致表面粉化剥落；对木结构，某些腐蚀性气体会加速木材纤维的降解；对金属构件，酸性气体是锈蚀的重要诱因。

气体环境监测的控制值可参照现行国家标准《环境空气质量标准》GB 3095中相应功能区污染物浓度限值执行。当监测值接近或超过该限值时，应按照本标准第5.4节的规定启动预警，预警等级的确定应考虑超标污染物的种类、超标幅度及持续时间等因素，并结合历史建筑材料的敏感性和既有病害程度综合评判。

5.4.11 日照辐射监测点的布设应覆盖建筑的主要朝向立面，重点监测南向、西向等受日照辐射影响较大的部位。对于设有彩绘或油漆装饰的部位，应在装饰层表面附近设置辐射监测点。日照辐射监测数据应与其他环境监测参数（温度、湿度）以及结构变形监测数据进行关联分析，以综合评估日照辐射对历史建筑结构安全和材料耐久性的影响。日照辐射的控制值可参照建筑所在地区多年平均日照辐射量及被保护材料的耐候性能指标综合确定。

6 监测数据与成果

6.1 一般规定

6.1.2 本条中“异常数据”是指超过监测控制值、偏离常规变化趋势、与相邻监测点数据不协调、或出现突变跳点的数据。出现异常数据时，应首先从以下方面排查原因：

1 监测系统自身故障，包括传感器漂移、采集仪断电、线缆破损、数据采集通道异常等；

2 环境干扰因素，包括近期是否出现极端天气（暴雨、暴雪、大风）、是否存在邻近施工、重载通行、爆破等外部扰动；

3 人为操作差错，包括观测误读、记录笔误、基准点误用等；

4 结构确实发生异常变形或损伤。

在排除前三类非结构性原因之前，不应直接判定为结构安全问题。当无法通过数据分析和远程诊断确认原因时，必须进行现场核对。现场核对应实地检查监测点完好性、复核基准点稳定性、调查周边环境变化，必要时进行独立复测。

6.1.3 变形基准点是历史建筑变形监测的参照基础，其稳定性直接决定监测数据的有效性和变形分析结论的可靠性。变形监测的实质是测量监测点相对于基准点的位置变化，若基准点本身发生位移，则监测数据反映的是监测点与基准点的相对位移差值，而非监测对象的真实变形，可能导致变形趋势的误判或漏判。因此，在数据处理阶段，应首先对基准点的稳定性进行检验分析。

基准点稳定性检验可采用以下方法：一是网平差法，通过布设多个基准点构成监测控制网，利用多余观测数据进行平差计算，检验各基准点的位移分量是否在允许范围内；二是相对检验法，在变形影响范围之外设置检核基准点，定期联测工作基准点，对比相对坐标的变化量；三是统计检验法，对多期观测数据进行统计分析，判断基准点坐标变化是否超过测量误差的允许限度。

当检验发现基准点存在明显位移时，应立即查明原因—可能为基准点埋设不当、地基沉降、冻融扰动、人为破坏或周边施工影响等，采取相应措施后重新进行联测，并将基准点位移的影响从监测点观测值中予以分离。基准点稳定性检验结果应在监测成果文件中加以记录中加以记录。

6.2 数据处理

6.2.5 本条对监测数据变化情况评价的最小数据量作出了规定，目的是确保变化趋势判断建立在足够的数据基础之上，避免因偶然因素或单次观测误差导致误判。“相邻两期”适用于人工定期监测场景，指连续两个监测周期之间的数据对比，可初步判断短期内的趋势性变化或突变；“连续三天”适用于实时在线监测场景，可平滑昼夜温差、瞬时风荷载等短周期环境因素引起的随机波动，使数据序列具有初步的统计意义。无论采用

何种方式，数据处理均应同时计算累计变化量和变化速率两个指标：累计变化量反映监测项目自初始观测以来的总体变化幅度，用于评判是否接近或超过控制值；变化速率反映单位时间内的变化快慢，用于识别是否出现加速发展趋势。两个指标应结合使用，当变化量虽未超限但速率明显增大时，也应引起重视。