ICS 91.080.01
CCS P 20

T/CS

团 体 标 准

T/CS 287—2025

建筑结构安全性监测与评估技术规范

Technical specifications for monitoring and evaluation of structural safety in buildings

2025-12-30 发布 2025-12-30 实施

中国商品学会 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 总体要求.....1
5 监测方法.....2
5.1 基本要求.....2
5.2 水平位移监测.....2
5.3 倾斜监测.....3
5.4 沉降监测.....3
5.5 裂缝监测.....4
5.6 应变监测.....5
5.7 挠度监测.....5
5.8 风及风致响应监测.....6
5.9 振动监测.....6
5.10 温湿度监测.....7
5.11 地下水位监测.....7
6 监测频率.....7
7 监测预警和分析.....8
7.1 监测预警.....8
7.2 数据分析.....9
8 安全性评估.....9

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由浩源科技集团有限公司提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：浩源科技集团有限公司、苏州市恒唯项目管理咨询有限公司、广东智铭设计有限公司肇庆分公司、深圳市港嘉工程检测有限公司、宁波市北仑大碶经济开发有限公司、蓝城房产建设管理集团有限公司、杭州蓝滨建设管理有限公司、浙江舟山广宇建设有限公司、特纳唐逊工程项目咨询（上海）有限公司、浙江江南工程管理股份有限公司、吴江市中泰建筑工程有限公司、中鑫建筑后市场集成（苏州）有限公司、中誉恒信工程咨询有限公司、宿迁市中医院、河南建联工程检测有限公司、河南玖迈建筑工程有限公司、洛阳炼化工程有限责任公司、邓州市兴科建设工程质量检测有限责任公司、宿迁栉弘建筑工程技术服务有限公司、宿迁耐力工程材料质量检测有限公司、联检（江苏）科技股份有限公司、宿迁市新建工程质量检测有限公司。

本文件主要起草人：张敏、王坚、郭锐、陈诗亮、林攀举、邹迎亚、王跃军、秦成亮、吕庆佳、郑燕、唐兵磊、丁桂荣、刘银环、尤磊、张文道、任腾飞、刘涛、胡立伟、李静晓、张志平、杨扬、叶雷、蔡畅、项天骋、宋艳春。

建筑结构安全性监测与评估技术规范

1 范围

本文件规定了建筑结构安全性监测与评估的总体要求、监测方法、监测频率、监测预警和分析、安全性评估。

本文件适用于高度不超过100 m的建筑结构安全性监测与评估。

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 50026 工程测量标准

GB 50167 工程摄影测量规范

GB 50292 民用建筑可靠性鉴定标准

JGJ 8 建筑变形测量规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

建筑结构安全性监测 monitoring of structural safety in buildings

采用仪器监测、卫星遥感监测、智能巡检、人工巡查等手段，长期、持续地采集建筑结构变形、损伤和相关环境影响因素（如地下水、振动、深层水平位移、地表沉降等）的变化特征及发展趋势信息，并进行计算、分析、预警的活动。

3.2

自动化监测 automated monitoring

利用自动化采集、传输设备对房屋结构关键参数进行持续观察或测量。

3.3

监测设备 monitoring equipment

监测系统中传感器、采集仪等硬件的统称。

3.4

监测预警值 precaution value for monitoring

为保障建筑结构安全及周边环境安全，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。

3.5

倾斜 inclination

包括基础倾斜和上部结构倾斜。基础倾斜指的是基础两端由于不均匀沉降而产生的差异沉降现象；上部结构倾斜指的是建筑的中心线或其墙、柱上某点相对于底部对应点产生的偏离现象。

4 总体要求

4.1 建筑结构安全性监测工作应委托具有建筑结构检测甲级资质或监测评估专项资质，且通过CMA（检验检测机构资质认定）计量认证的机构开展，并签订委托监测合同。

4.2 建筑结构安全性监测宜采用人工巡检、设备监测等多重手段相结合的方法，对于结构安全风险较大的因素或部位，应采用自动化监测。

4.3 建筑结构安全性监测符合下列规定：

a） 监测前应对结构与构件进行详细检查；
b） 应设置监测预警值，并能反映被监测对象状态发展的要求；
c） 宜选用无损的监测方法；
d） 宜采用长期自动化监测。

4.4 监测单位应进行现场勘查，制定监测方案，监测方案应经论证后方可实施。监测方案应包括下列内容：

a） 工程概况；
b） 监测目的和依据；
c） 监测内容和测点布置；
d） 监测方法和监测设备；
e） 监测频率及其调整，预警值设置；
f） 仪器设备安装、调试与现场监测；
g） 数据整理、分析、发布与反馈；
h） 结构状态判定与应急处置；
i） 监测机构与人员配备；
j） 质量、安全、环境等保证措施。

4.5 监测项目的选择应根据监测对象的结构安全现状、基础形式、结构类型、变形特点、环境影响因素和方法适用性等因素综合确定，并满足下列要求：

a） 受自然环境影响的房屋应考虑长期监测的要求，选择可靠易行的监测项目；
b） 受建设工程施工影响的房屋应根据施工影响特点选择监测项目；
c） 建筑结构地基沉降、主体倾斜及水平位移等监测宜互为补充、验证。

5 监测方法

5.1 基本要求

5.1.1 监测点的布置应能反映监测对象的实际状态及其变化趋势，监测点应布置在监测对象受力及变形关键点和特征点上，并满足监测对象的监控要求。

5.1.2 监测点的埋设位置应便于监测，不应影响和妨碍监测对象的正常受力和使用；监测点应埋设稳固，标识清晰，并采取有效的保护措施。

5.1.3 监测方法的选择应根据监测对象的现场情况、项目所处场地条件，结合经验和方法适用性等因素综合确定。

5.1.4 监测精度应根据监测要求、监测项目以及国家、行业现行有关标准等综合确定，不同监测项目的精度要求应符合 GB 50026 及 JGJ 8 的规定。

5.2 水平位移监测

5.2.1 水平位移监测可根据现场作业条件，应采用全站仪测量、三维激光扫描测量、卫星定位测量、近景摄影测量、地基雷达干涉测量等方法。

5.2.2 水平位移的基准点应选择在建筑变形以外的稳定区域，水平位移监测点的布置应符合下列规定：

a） 建筑的墙角、柱底；
b） 外墙中间部位的墙上或柱上；
c） 其他有代表性的部位。

5.2.3 使用全站仪进行水平位移监测时，其标称精度应符合表 1 的规定。

表1 全站仪标称精度要求

位移观测等级	监测点坐标中误差（mm）	一测回水平方向标准差（″）	测距中误差
一等	1.0	≤0.5	≤(1 mm+1 ppm)
二等	1.5	≤1.0	≤(1 mm+2 ppm)
三等	2.0	≤2.0	≤(2 mm+2 ppm)
四等	2.0	≤2.0	≤(2 mm+2 ppm)

5.2.4 使用激光位移计进行水平位移监测时，可采用直接测量法和累计联测法进行监测，重复精度不应低于±0.1 mm。

5.2.5 当采用 GNSS 进行监测时，应符合 GB 50026 的相关规定。

5.2.6 近景摄影测量作业时，应符合 GB 50167 的相关规定。

5.2.7 地基雷达干涉测量符合下列规定：

a) 观测时段应避开雷电、降雨和降雪等恶劣天气及强电磁场干扰，并应防止设备曝晒；
b) 监测基础平台应避免震动，作业过程中应排除人员走动等干扰；
c) 设备应连续供电，连续性变形监测应确保设备稳定持续的采集影像，因断电、人为调整或故障等原因导致影像采集中断的，中断后应重新开始影像采集；
d) 对周期性变形监测，在每个监测周期内应连续稳定采集多景影像；
e) 应以雷达波束中心线为参考设计雷达测量视角，并应将主要监测目标置于雷达波束最优辐射区域内，目标主变形方向和雷达视线夹角不宜超过 60°；
f) 雷达设备启动后应进行预热，并应舍弃初始 5 景～10 景影像；
g) 应选择雷达波束辐射范围内稳定区域作为主要变形区域变形计算的参考基准；
h) 测区目标应具有后向散射能力；当回波信号强度整体较弱时，可布设人工角反射器等协作目标，角反射器大小应根据雷达分辨能力综合确定；
i) 连续性准实时变形监测系统设计时，应加快高相干点目标选取和干涉处理的速度。

5.3 倾斜监测

5.3.1 倾斜监测应根据现场监测的条件和要求，可选用投点法、前方交会法、激光铅直仪法、垂准法、倾斜仪法、差异沉降法和摄影测量等方法。

5.3.2 倾斜监测点的布置符合下列规定：

a) 监测点宜布置在房屋角点及房屋的主要倾斜方向；
b) 应沿主体结构顶部、底部上下对应按组布设，且中部可增加监测点；每栋建筑物倾斜监测数量不宜少于 2 组，每组的监测点不应少于 2 个；
c) 当测定局部倾斜时，应沿同一竖直线分别布设所测范围的上部监测点和下部监测点；监测点应标识并固定。

5.3.3 当采用倾斜仪法进行上部结构倾斜监测时，监测点应布置在能反映建筑倾斜的竖向承重构件表面。

5.3.4 倾斜仪的安装符合下列规定：

a) 应贴合结构物表面进行安装且表面应平整；
b) 不应安装在振动或者冲击严重位置；
c) 应保持传感器与被测面轴线平行；
d) 宜安装在阴凉干燥环境处且设置保护措施；
e) 安装完成后应初始化调零。

5.3.5 倾斜监测使用的仪器标称精度应符合表 2 的规定。

表2 仪器标称精度要求

监测项目	仪器名称	标称精度
倾斜	全站仪	≤2″ (2 mm+2 ppm)
	倾斜仪	±0.01°

5.4 沉降监测

5.4.1 沉降监测可采用几何水准、静力水准、三角高程及合成孔径雷达干涉（InSAR）等方法进行监测。

5.4.2 沉降监测点宜布置在下列位置：

a) 建筑的四角、大转角处及沿外墙每 10 m～20 m 处或每隔 2 根～3 根柱底上；
b) 建筑裂缝和沉降缝两侧、基础埋深相差悬殊处、人工地基与天然地基接壤处、不同结构的分界处以及地质条件变化处两侧；
c) 接近基础的结构部分之四角处及其中部位置；

d） 对于建筑平面复杂的，在转角处设沉降监测点；
e） 框架结构建筑的每个或部分柱基上或沿纵横轴线上；
f） 高低层建筑物交接处的两侧或同一建筑层数相差较多处。

5.4.3 采用静力水准进行自动监测时，静力水准测量装置的安装符合下列规定：
a） 管路内液体应具有流动性；
b） 监测前向连通管内充水时，可采用自然压力排气充水法或人工排气充水法，不应将空气带入，管路应平顺，管路不应出现Ω形，管路转角不应形成滞气死角；
c） 安装在室外的静力水准系统，应采取措施保证全部连通管管路温度均匀，避免阳光直射；
d） 对连通管式静力水准，同组中的传感器应安装在同一高度，安装标高差异绝对差值不应超过传感器量程的10%且不大于2mm；管路中任何一段的高度均应低于蓄水罐底部且不宜低于0.2 m；
e） 静力水准基准参考点，应不定期采用几何水准测量方法复核。

5.4.4 采用几何水准测量时，监测网应布设成闭合、附合线路或结点网，采用闭合线路时，每次应联测 2 个以上的基准点。

5.4.5 沉降监测使用的仪器精度应符合表 3 的规定。

表3 仪器精度要求

监测项目	仪器名称	标称精度
沉降	水准仪	≤±0.3 mm/km
	全站仪	≤1″（1 mm+2 ppm）
	静力水准仪	≤0.3 mm
注：使用的监测仪器可根据所用监测方法进行选择，但监测精度应符合相关规范的要求。		

5.4.6 InSAR 监测可用于建筑所在区域的历史变形回溯，并符合下列规定：
a） 实施 InSAR 监测时，宜与自动化监测、人工监测等其他监测方法相结合；
b） 仅采取单一星载 InSAR 监测方法时，监测结果宜有升降轨验证和多源星载 SAR 数据结果交叉验证；
c） InSAR 监测使用的星载 SAR 卫星应具有较优的干涉相干性能，所获取影像应达到中高空间分辨率，监测频率不应低于监测频率不应低于 1 次/月，有条件时宜结合多源卫星数据提升时间分辨率，重要区域宜实现双周或更短周期监测；
d） 永久散射体（PS）点应主要分布于目标建筑物轮廓范围内，并应适当选取建筑物周边稳定区域的 PS 点作为参考，以构成可靠的形变解算基准，可采用时间序列分析方法及距离反比加权法提高监测点的监测精度；建筑物 InSAR 沉降监测精度应达到 JGJ 8 中对三等沉降观测的精度要求，当无法满足精度要求时，监测数据仅可用于反映沉降变化的趋势。

5.5 裂缝监测

5.5.1 裂缝监测内容应包括裂缝分布位置和裂缝走向、长度、宽度及其变化情况，必要时还应监测裂缝深度。

5.5.2 裂缝监测采用下列方法：
a） 裂缝宽度监测宜采用裂缝观测仪进行测读，也可以在裂缝两侧贴、埋标志，采用千分尺或游标卡尺等直接测量，或采用裂缝计、粘贴安装千分表及摄影测量等方法监测裂缝宽度变化；
b） 裂缝长度监测宜采用直接量测法；
c） 裂缝深度监测宜采用超声波法、钻芯法、冲击弹性波法、裂缝综合检测仪法等；
d） 对于难以接近的裂缝监测，宜采用高分辨率摄像设备进行裂缝数据采集和照片监测；采集数据应包括裂缝的整体分布、走向、长度及宽度，并在必要时进行多角度、重复采集，以确保监测数据的全面性和准确性。

5.5.3 对需要监测的裂缝应统一进行编号，每条裂缝应至少布设 3 组监测标志，其中一组应在裂缝的最宽处，另两组应在裂缝的末端。每组应使用两个对应的标志，分别设在裂缝的两侧。

5.5.4 裂缝监测采用自动化监测时，传感器类型可采用数字型裂缝计、振弦式测缝计、应变式裂缝计或光纤类位移计。裂缝监测传感器宜布置在裂缝最宽处，传感器的量程应大于裂缝的预警宽度，测量方

向应与裂缝走向垂直。

5.5.5 裂缝监测使用的仪器精度应符合表 4 的规定。

表4 仪器精度要求

监测项目	仪器名称	标称精度
裂缝	钢（卷）尺（长度测量）	≤1 mm
	裂缝测宽仪（宽度测量）	≤0.02 mm
	裂缝计（宽度测量）	≤0.1 mm
注：使用的监测仪器可根据所用监测方法进行选择，但监测精度应符合相关规范的要求。		

5.6 应变监测

5.6.1 应变监测点应反映建筑结构应变变形相对变化量，应布置在结构关键部位上；当结构表面或内部无法安装应变监测传感器时，可采用间接监测的方法。间接监测应变时可用位移传感器等位移计构成的装置进行。

5.6.2 应变监测符合下列规定：

a) 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传感器进行监测；
b) 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。

5.6.3 应变计符合下列规定：

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) 混凝土构件宜选择大标距的应变计；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。

5.6.4 选用不同类型的应变传感器符合下列规定：

a) 电阻应变计的测量片和补偿片应选用同一规格产品，并应进行屏蔽绝缘保护；
b) 振弦式应变计应与匹配的频率仪配套校准，频率仪的分辨率不应大于 0.5 Hz；
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) 采用位移传感器等构成的装置监测应变时，其标距误差应为±1.0 %，最小分度值不宜大于被测总应变的 1.0 %。

5.6.5 应变传感器的安装符合下列规定：

a) 安装前应逐个确认传感器的有效性，确保能正常工作；
b) 安装位置各方向偏离监测截面位置不应大于 30 mm；安装角度偏差不应大于 2°；
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) 安装应牢固，长期监测时，宜采用焊接或栓接方式安装；
e) 安装后应及时对设备进行检查，满足要求后方能使用，发现问题应及时处理或更换；
f) 安装稳定后，应进行调试并测定静态初始值。

5.6.6 应变监测应与变形监测频次同步且宜采用实时监测。

5.7 挠度监测

5.7.1 挠度监测可选用水准测量法、前方交会法、投点法、摄影测量法等方法。

5.7.2 梁的挠度监测可采用全站仪、水准仪、倾斜仪等设备进行监测。

5.7.3 竖向的挠度监测时，建筑基础挠度监测可与沉降监测同时进行，监测点应沿基础的轴线或边线布设，每一轴线或边线上不应少于 3 点。

5.7.4 横向的挠度监测时，对建筑上部结构挠度监测，监测点应按建筑结构类型沿同一竖直方向在不同高度上布设。

5.7.5 挠度监测应提供监测点布置图、监测成果图和挠度曲线。

5.8 风及风致响应监测

5.8.1 对风敏感的结构宜进行风及风致响应监测，监测参数应包括风压、风速、风向及风致振动响应。

5.8.2 风压监测符合下列规定：

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建筑结构外立面的影响，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) 风压测点宜根据风洞试验的数据和结构分析的结果确定；无风洞试验数据情况下，可根据风荷载分布特征及结构分析结果布置测点；

d) 进行表面风压监测的项目，宜绘制监测表面的风压分布图。

5.8.3 风压计的量程应满足结构设计中风场的要求，可选择可调量程的风压计，风压计的精度应为满量程的±0.4 %，且不宜低于 10 Pa，非线性度应在满量程的±0.1 %范围内，响应时间应小于 200 ms。

5.8.4 风速及风向监测符合下列规定：

a) 结构中绕流风影响区域宜采用计算流体动力学数值模拟或风洞试验的方法分析；

b) 机械式风速测量装置和超声式风速测量装置宜成对设置；

c) 风速仪应安装在不受建筑结构绕流显著影响的位置，如主体结构顶部以上或上风向开阔处；

d) 宜选取采样频率高的风速仪，且不应低于 10 Hz；

e) 监测结果应包括脉动风速、平均风速和风向。

f) 风速仪量程应大于设计风速，风速监测精度宜不低于 0.1 m/s，风向监测精度宜为 3° 。

5.8.5 风致响应监测符合下列规定：

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。

5.9 振动监测

5.9.1 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。

5.9.2 振动监测的方法可分为相对测量法和绝对测量法。

5.9.3 相对测量法监测结构振动位移符合下列规定：

a) 监测中应设置有一个相对于被测建筑结构的固定参考点；

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、拾振器。

5.9.4 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，可测量建筑结构的绝对振动位移、速度和加速度，并符合下列规定：

a) 加速度测量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；速度测量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。

5.9.5 振动监测前，宜进行结构动力特性测试。

5.9.6 动态响应监测时，测点应选在建筑结构振动敏感处；当进行动力特性分析时，振动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；测点布置数量较多时，可进行优化布置。

5.9.7 振动监测数据采集与处理符合下列规定：

a) 应根据监测参数选择滤波器；

b) 应选择合适的窗函数对数据进行处理。

5.9.8 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，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。

5.9.9 动应变监测符合下列规定：

a) 动应变监测可选用电阻应变计或光纤类应变计；
b) 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，当监测动态应变的主要频率成分超过传感器固有频率的 1/5 时宜增加动态校准。

5.9.10 对于周边存在潜在振源的既有建筑宜增加振动监测，监测传感器应具备偶发振动即时唤醒采集机制与功能。

5.10 温湿度监测

5.10.1 温湿度监测应包括环境及构件温度监测和环境湿度监测。

5.10.2 温度监测精度宜为±0.5 ℃，湿度监测精度宜为±2 %RH。

5.10.3 环境及构件温度监测符合下列规定：

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较大的区域，宜增加测点；
c) 大气温度计（仪）可与风速计（仪）一并安装在结构表面，并应直接置于大气中以获得有代表性的温度值；
d) 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；
e) 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；
f) 监测频次宜与结构应力监测和变形监测保持一致；
g) 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。

5.10.4 温度计的安装方法应符合相关产品的标准安装说明。

5.10.5 环境湿度监测符合下列规定：

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。

5.11 地下水位监测

5.11.1 地下水位监测宜采用钻孔内设置水位管或设置观测井，通过水位计进行量测，或可采用渗压计结合智能采集传输模块进行量测。

5.11.2 地下水位监测采用钻孔内设置水位管或设置观测井，通过水位计进行量测时，符合下列规定：

a) 地下水位监测点应布置在房屋周边或房屋与降水点之间；
b) 潜水水位管直径不宜小于 50 mm，饱和软土等渗透性小的土层水位管直径不宜小于 70 mm，滤管长度应满足量测要求；承压水位监测时被测含水层与其他含水层之间应采取有效的隔水措施；
c) 水位管宜在基坑预降水前至少 1 周埋设，并逐日连续观测水位取得稳定初始值。

5.11.3 地下水位监测孔埋设应采用专用水位管。

5.11.4 监测设备的最大量程应满足地下水位的变化需要。

5.11.5 应结合测量设备类型及地下水位特征，确定安装位置保证测量结果的可靠性。

6 监测频率

6.1 监测频率应满足监测对象所测项目的重要变化过程。

6.2 监测频率应根据监测对象、监测项目等情况和特点，并结合当地工程经验进行确定。

6.3 存在以下情况时，应提高监测频率：

a) 监测值累计变化达到预警值；
b) 监测值变化量较大或者变化速率异常增大；
c) 监测数据出现连续异常波动，或多种监测方法（如全站仪、GNSS）的成果对比差异超出允许范围；
d) 遭遇台风、暴雨等极端天气；
e) 房屋地基出现沉降、滑移、隆起等，或者房屋结构出现突发裂缝、变形等异常情况；
f) 周边环境改变可能影响房屋结构安全的活动等情况。
g) 其他需要加强监测的情况。

6.4 人工监测频率应综合考虑监测对象、监测要求、监测项目等情况和特点确定，且监测频率不应低于表 5 的要求。

表5 人工监测的监测频率

安全类别	监测进程	监测频率
A	第一年	1 次/0.5 月
	第二年	1 次/1 月
	第三年及以后	1 次/3 月
B	第一年	1 次/1 月
	第二年	1 次/3 月
	第三年及以后	1 次/6 月
C	第一年	1 次/3 月
	第二年	1 次/6 月
	第三年及以后	1 次/12 月
注 1：A 指按 GB 50292 评级为 Cu 或 Du 级，B 指按 GB 50292 评级为 Bu 级，C 指按 GB 50292 评级为 Au 级。 **注 2**：若在监测期间发现异常或特殊情况，应提高监测频率。 **注 3**：宜测、可测项目的仪器监测频率可视具体情况适当降低。 **注 4**：对于重要且存在安全隐患的既有建筑，宜根据具体情况适当增加监测频率。		

6.5 当监测项目包括水平位移和沉降时，两者监测频率宜一致。

6.6 温度监测频率宜与结构应力和变形监测保持一致。

6.7 振动监测应根据不同结构形式及监测目的选择相应采样频率。

6.8 当采用自动化监测时，监测频率符合下列规定：

a) 倾斜监测频率应与沉降监测频率相协调，当发现倾斜增大时应及时增加监测次数或进行持续监测；
b) 倾斜、裂缝监测宜采用实时连续监测；
c) 正常情况下监测数据上传频率可按每 2 h～24 h 一次，当监测数据变化趋势明显增加或达到风险提示阈值时应增大上传频率，可按每 10 min～60 min 一次；
d) 人工和自动化监测的协同应用项目，可适当降低人工测量监测频率，具体以监测方案为依据；
e) 在暴雨期间、台风登陆期间，或房屋周边环境风险影响加大时，应增大上传频率，上传间隔不宜大于 2 h；处于有滑坡泥石流及岩溶洞等明显复杂地质条件区域的房屋，应增大上传频率，上传间隔不宜大于 12 h。

7 监测预警和分析

7.1 监测预警

7.1.1 建筑结构安全性预警模块应对结构各类监测参数建立明确的预警指标，并通过对监测数据进行处理分析，实现对结构状态的监测和分级预警的功能。

7.1.2 结构状态的综合评估应充分利用结构监测系统的监测数据，并结合结构日常、定期检测情况和历史数据进行综合分析。在结构性能水平下降至一定程度时，应立即实施预警或报警。

7.1.3 安全预警应根据监测数据和数据分析结果进行自动实时进行，并应具备预警信息处理与通知功能。

7.1.4 结构各项安全预警阈值应由设计单位根据理论计算值、监测数据和数据分析结果进行确定。

7.2 数据分析

7.2.1 监测单位应及时整理监测数据，及时分析监测数据的变化及发展情况。对于大数据量监测项目，应使用自动化分析工具，结合趋势分析和异常监测算法。当监测数据出现异常时，应及时进行复核并分析原因。

7.2.2 监测数据的任何原始记录（包括电子数据）不应涂改、伪造和转抄。纸质记录应有相关责任人签字。自动化系统产生的原始电子数据应通过技术手段（如数字签名、写保护）确保其不可篡改，并定期进行备份。所有数据的修改、剔除均应有详细的日志记录，包括操作人、时间、原因。

7.2.3 数据处理与分析符合下列规定：

a) 监测期间应及时进行数据处理和分析，数据成果应包括且不限于数据列表、时程曲线图等图表成果；

b) 当数据达到预警值或时程曲线的变化幅度突增时，应对监测数据进行分析。

7.2.4 自动化监测数据处理符合下列规定：

a) 自动化监测数据应进行及时处理、分析和发布；

b) 各种环境影响或系统本身产生的偶发性异常数据，在确定其为非安全因素影响产生的数据后，应进行剔除；当出现连续异常数据时，应进行现场复核和巡查；

c) 监测过程中，可以“天”为单位筛选代表数值，进行历史数值的管理；代表数值可取环境相对稳定时间段的数据作为代表值；特殊情况下，可根据实际情况以不同时间段为单位筛选代表数值；

d) 对温度、振动等环境因素影响敏感的设备，应进行相应的修正；进行温度修正时，除了考虑传感器本身的温度效应，还应考虑安装器件、连接结构等其他部分的温度效应；对于同一设备有多个测量值的，应分别进行修正。

7.2.5 数据处理、成果图表及分析资料应完整、清晰。监测数据的处理与信息反馈宜利用监测数据处理与信息管理系统专业软件或平台，其功能和参数应符合本标准的有关规定，并宜具备数据采集、处理、分析、查询和管理一体化以及监测成果可视化的功能。

7.2.6 监测单位应及时整理人工监测数据、巡检数据和自动化监测数据，并将人工监测数据与巡检数据导入监测系统中，及时分析和评述监测数据的变化及发展情况。

8 安全性评估

8.1 当出现如下情景之一时，应对建筑结构安全性进行评估：

a) 监测数据达到预警阈值或出现突变；

b) 发现结构存在异常；

c) 结构监测过程中发现明显病害，或者已有病害呈加速发展趋势；

d) 结构经历极端气候；

e) 结构遭遇突发事件；

f) 结构的使用功能或使用范围发生改变；

g) 其他需要评估的情况。

8.2 基于结构安全性监测数据进行安全性评估应通过相应的评价基准进行判断，可按以下评估方法对结构进行性能评估：

a) 基于阈值评估，当监测指标存在阈值时，可根据监测数据/指标是否超过阈值来判别结构是否正常；可通过基于监测数据的结构参数及损伤指标与阈值之差能反映结构在此性能上的冗余度；

b) 基于合理值或合理范围评估，通过基于监测数据的结构参数及损伤指标与该结构相应的合理值或者合理范围比较进行评估；

c) 基于某基准时点数据的评估，通过当前结构参数及损伤指标与基准时点的相应结构参数及损伤指标进行比较和评估；基准时点宜选结构建设完成时或监测系统搭设完成时；

d) 基于不同时期状态对比的评估，针对结构劣化，维修、加固的改善等的判断，可采用不同时期结构参数及损伤指标对比进行评估；其时间点可取为间隔一定时间的时间点，或是在维修、加固活动的开始前与结束后的时间点。

8.3 利用应变传感器进行钢结构疲劳评估符合下列规定：

a) 监测点处构件疲劳状态评估宜采用容许应力法或疲劳损伤指数法进行；

b) 采用容许应力法进行疲劳状态评估时，当应力最大值小于构件疲劳容许应力时，监测点处构件疲劳状态正常；否则，监测点处构件疲劳状态异常，宜进行构件疲劳状态评估；

c) 应根据计算监测点处构件疲劳累积损伤指数 D 采用表 6 进行疲劳状态分级。

表 6 疲劳状态分级

D 值	构件测点状态
0～0.05	完好状态
0.05～0.20	较好状态
0.20～0.45	中等损伤状态
0.45～0.80	严重损伤状态
＞0.80	危险状态

8.4 结构安全状态等级评定符合下列规定：

a) 结构的状态评估应通过对各主次部件、各评价指标进行综合评估；

b) 结构等级评定中的权重系数应根据不同的结构类型和重要性指数、不同的评估背景和目的设定；

c) 结构应区分主要部件和次要部件，在性能评估中应对结构整体、结构主要部件和结构的次要部件分级评估，各评定等级应按表 7、表 8、表 9 的规定。

表 7 结构整体性能评定等级

等级	总体评价	性能状况描述
1	完好	全新状态，功能完好，在设计荷载和监测荷载作用下，结构稳定，所有构件的内力、变形均小于设计值且满足现行标准的要求
2	较好	有轻微损伤，对结构使用功能无影响
3	中度损伤	有中等损伤，尚能维持正常使用功能
4	损伤严重	主要构件有大的损伤，严重影响结构使用功能
5	危险	主要构件存在严重损伤，不能正常使用

表 8 结构主要部件性能评定等级

等级	总体评价	性能状况描述
1	完好	功能完好，在设计荷载和监测荷载作用下，结构部件稳固，内力、变形均小于设计值且满足现行标准的要求
2	较好	功能良好，部件出现局部轻微缺损
3	中度损伤	部件有中等缺损，或出现轻度功能性病害，但发展缓慢，尚能维持正常使用功能
4	损伤严重	部件有严重缺损，或出现中等功能性病害，且发展较快，结构变形小于或等于允许值，功能明显降低
5	危险	部件严重损伤，或出现严重功能性病害，且有继续扩展现象，关键部位的部分材料强度达到极限，变形大于允许值，结构的强度、刚度、稳定性不能达到安全运营的要求

表 9　结构次要部件性能评定等级

等级	总体评价	性能状况描述
1	完好	功能良好，部件有轻度损伤
2	中度损伤	部件有中等损伤，但不影响使用功能
3	损伤严重	部件有严重缺损，出现功能降低，进一步恶化将不利于主要部件
4	危险	部件有严重损伤，失去应有功能，严重影响正常运营