备案号 XXXX—XXXX

四川省工程建设地方标准

P DBJ51/TXXX—XXXX

工程结构加固改造安全监测技术标准

Technical standard for safety monitoring of structure strengthening and renovation

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX发布 XXXX-XX-XX实施

四川省住房和城乡建设厅 发布

四川省工程建设地方标准

工程结构加固改造安全监测技术标准

Technical standard for safety monitoring of structure strengthening and renovation

DBJ51/TXXX—XXXX

主编部门：四川省建筑科学研究院有限公司

批准部门：四川省住房和城乡建设厅

施行日期：2024年XX月XX日

XXX

2023-XX-XX 成 都

**前 言**

根据四川省住房和城乡建设厅《关于下达2023年工程建设地方标准制（修）订计划的通知》（川建标函〔2023〕1835）的要求，标准编制组经充分调查研究，认真总结工程实践经验，参考国家有关标准，并在广泛充分征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分8章，主要技术内容是：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 建筑结构改造；5 建筑结构加固；6 监测方法；7 监测成果与报告；附录。

本标准由四川省住房和城乡建设厅负责管理，由四川省建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释工作。为提高标准编制质量和水平，各单位在执行本标准时，请将有关意见和建议反馈给四川省建筑科学研究院有限公司（地址：成都市一环路北三段55号，邮编：610081；电话：028-83371785；邮箱：jiagu\_scjky@163.com），以供今后修订时参考。

|  |  |
| --- | --- |
| 主编单位： | 四川省建筑科学研究院有限公司 |
|  |  |
|  |  |
| 参编单位： |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| 编制组成员： |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| 主要审查人： |  |

目 次

1 总则 9

2 术语 10

3 基本规定 11

3.1 一般规定 11

3.2 监测系统 13

3.3 施工期间监测 15

3.4 使用期间监测 16

4 建筑结构改造安全监测 18

4.1 一般规定 18

4.2 增层 18

4.3 纠倾 20

4.4 移位 22

4.5 托换 25

5 建筑结构加固安全监测 27

5.1 一般规定 27

5.2 混凝土结构 28

5.3 砌体结构 29

5.4 钢结构 29

5.5 木结构 29

5.6 基础加固 30

6 监测方法 31

6.1 一般规定 31

6.2 轴力监测 32

6.3 竖向位移监测 33

6.4 水平位移监测 35

6.5 倾斜监测 38

6.6 裂缝监测 39

6.7 应力应变监测 41

6.8 专业巡查 43

6.9 自动化监测 44

7 监测成果与报告 46

7.1 一般规定 46

7.2 数据处理 46

7.3 监测报告 46

附录A 48

附录B 49

附录C 50

附录D 51

Contents

1 总则 9

2 术语 10

3 基本规定 11

3.1 一般规定 11

3.2 监测系统 13

3.3 施工期间监测 15

3.4 使用期间监测 16

4 建筑结构改造安全监测 18

4.1 一般规定 18

4.2 增层 18

4.3 纠倾 20

4.4 移位 22

4.5 托换 25

5 建筑结构加固安全监测 27

5.1 一般规定 27

5.2 混凝土结构 28

5.3 砌体结构 29

5.4 钢结构 29

5.5 木结构 29

5.6 基础加固 30

6 监测方法 31

6.1 一般规定 31

6.2 轴力监测 32

6.3 竖向位移监测 33

6.4 水平位移监测 35

6.5 倾斜监测 38

6.6 裂缝监测 39

6.7 应力应变监测 41

6.8 专业巡查 43

6.9 自动化监测 44

7 监测成果与报告 46

7.1 一般规定 46

7.2 数据处理 46

7.3 监测报告 46

附录A 48

附录B 49

附录C 50

附录D 51

# **1** 总则

**1.0.1** 为规范各类工程结构在加固改造中的安全监测及相应分析和预警，做到技术先进、数据可靠、经济合理，制订本标准。

**1.0.2** 本标准适用于既有建筑和新建工程加固改造项目加固施工期间及使用期间的安全监测，包括但不限于混凝土结构、砌体结构、钢结构、木结构等结构的加固改造工程。

**1.0.3** 工程结构加固改造的安全监测，除应符合本标准的规定外，尚应符合现行国家、行业和四川省有关标准的规定。

# **2** 术语

**2.0.1** 既有建筑 existing building

已建成可以验收的和已投入使用的建筑。

**2.0.2** 监测系统 monitoring system

由传感器、数据采集仪和分析处理设备等组成的，实现相关物理量实时采集、传输、分析及预警功能的软件及硬件集成。

**2.0.3** 施工期间监测 construction monitoring

施工期间进行的结构监测。

**2.0.4** 使用期间监测 post construction monitoring

使用期间进行的结构监测。

**2.0.5** 传感器 transducer/sensor

能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成。

**2.0.6** 专业巡查 professional inspection

由相关专业技术人员开展，按照风险等级确定的周期或相关要求对建筑物的周边环境、结构现状和监测设备工作情况等进行的巡检排查活动。

**2.0.7** 监测预警值precaution value for monitoring

为保证建筑结构安全或质量及周边环境安全,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。

2.0.8 重要结构important structure

其破坏可能产生很严重后果的结构；在可靠度设计中指安全等级为一级的重要建筑物的结构。

2.0.9 重要构件important structure member

其破坏可能产生严重后果的结构；在可靠度设计中指安全等级为二级的一般建筑物的结构。

# **3** 基本规定

## 3.1 一般规定

**3.1.1** 工程结构加固改造安全监测应分为施工期间监测和使用期间监测。

 条文说明： 施工期间监测应为保障加固改造施工安全，控制结构施工过程，优化施工工艺及实现结构设计要求提供技术支持。使用期间监测应为加固改造结构在使用期间的安全使用性、结构设计验证、结构模型校验与修正、结构损伤识别、结构养护与维修以及新方法新技术的发展与应用提供技术支持。

**3.1.2** 工程结构加固改造施工前，监测单位应根据监测要求与设计文件明确监测目的，制定监测方案，施工过程中应依据方案进行监测，定期更新监测设备，并记录维护情况，根据监测结果指导施工。

条文说明：监测单位在制定监测方案时，需要综合考虑多方面的因素，以确保监测工作的有效性和准确性。监测单位应仔细研读改造前的鉴定报告，特别是其中的监测建议部分。监测方案应明确监测点的布置和监测频率，以确保能够全面、有效地反映改造工程的实际情况。

监测方案应根据加固改造工程的施工特点，在分析研究工程风险及影响工程安全的关键部位和关键工序的基础上，有针对性地进行编制，监测方案应经设计、建设单位审批后方可实施。监测方案宜包括下列内容:

1 工程概况及加固改造的方案或内容;

2 建设场地地质条件、周边环境条件及工程风险特点;

3 监测目的和依据;

4 监测范围和工程监测等级;

5 监测对象及项目;

6 平面坐标系统及高程基准相关信息；

7 监测方法和精度;

8 基准点、监测点的布设方法与保护要求，监测点布置图;

9 监测频率;

10 监测控制值、预警等级、预警标准及异常情况下的监测措施;

11 监测信息的采集、分析和处理要求:

12 监测信息反馈制度，包括成果内容、形式及时间要求;

13 监测仪器设备、元器件及人员的配备;

14 质量管理、安全管理及其他管理制度。

**3.1.3** 工程结构加固改造安全监测，应由具有相应监测专业能力的第三方机构实施。

**3.1.4** 工程结构监测宜采用人工巡检、设备监测等多重手段相结合的方法，监测数据应及时绘制成曲线图，几种监测数据应能相互对照检查与验证，对出现偏差的结果及时反馈处理。对于结构安全风险较大的因素或部位，应有针对性地加密监测点、提高监测频率或增加监测项目，并宜进行远程自动化实时监测。

**3.1.5** 工程结构加固改造安全监测应遵循下列工作流程:

1 收集、分析相关资料，现场踏勘;

2 编制和审查监测方案;

3 校验仪器设备，标定元器件；

4 埋设、验收与保护监测基准点和监测点;

5 测定监测点初始值;

6 采集监测信息;

7 处理和分析监测信息;

8 提交阶段性监测报告;

9 监测工作结束后，提交监测工作总结报告及相应的成果资料。

**3.1.6** 施工期间预警值可依据设计要求、施工过程结构分析结果或由各方协商确定或按下列规定执行：

1 变形预警值按设计要求或规范限值要求设定时，可设三级，分别取规定限值的 50%、70%、90%；

2 应力预警值按施工过程结构分析结果设定时，民用建筑、工业建筑上限值可分别取荷载效应标准组合理论分析结果的130%、100%，下限值可取理论分析结果的50%。

**条文说明：**为实际操作方便，本文给出了设计无明确规定时预警值确定方法。第1款变形预警值取构件达到规定限值(一般为规范限值)一定比例，是在构件变形较大时提出预警，以免构件在施工过程中出现过大变形。第2款应力预警值取构件达到荷载效应标准组合理论分析结果承载力对应的监测值的一定比例，上限值是在构件应力较大时提出预警，以免构件超过设计承载力；下限值是构件应力较小时提出预警，以免加固构件未完全参与工作而未能达到加固效果。

**3.1.7** 监测点的数量、位置应根据结构类型、设计要求、施工过程、监测项目及结构分析结果确定，监测点数量和布置范围应有冗余量，重要部位宜增加监测点。

**条文说明：**监测点的布设位置和数量应满足反映工程结构和周边环境安全状态的要求。

**3.1.8** 加固改造施工过程中，当监测数据达到预警值时，除暂停施工外，还应在24小时内完成专业复核，经专业人员检查复核后，并根据需要及时采取应急处理措施。

**3.1.9** 现场监测作业时，应采取必要的安全防护措施。

## 3.2 监测系统

**3.2.1** 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。

**3.2.2** 监测设备应符合下列规定：

1 应满足监测精度要求，且应具有良好的稳定性和可靠性；

2 数据可溯源；

3 应满足数据零漂小、防水性能好，抗干扰能力强等要求。

**条文说明：**监测设备为监测系统中传感器、采集仪及工器具等装置的统称。

**3.2.3** 数据采集设备应根据输出信号类型、兼容性、精确度、量程范围、分辨率和采样频率等要求进行选型。

**3.2.4** 数据采集设备选型宜根据传感器输出信号类型确定，并应符合下列规定:

1 数字信号宜选用基于RS485、CAN、Modbus TCP或UDP等分布式数据采集设备，并确定传输距离、传输带宽和速率；

2 电荷信号应选用电荷放大器进行信号调理和采集；

3 模拟信号宜选用基于PCI、PXI等技术的集中式数据采集设备或在传感器端进行模数转换；

4光信号数据采集应采用专用的光纤解调设备。

**条文说明：**传感器输出信号特征直接决定数据采集设备的选择。根据传感器输出信号特征的不同，传感器输出信号分为模拟信号和数字信号。模拟信号需经过调理器的放大、滤波，A/D转换数字信号输出传感器通常内置A/D转换模块，其信号输出方式通常为遵循标准传输协议的数字信号，如串口协议RS232/RS485等。

**3.2.4**数据采集设备的最小采样频率应能满足结构分析的最低要求。

**3.2.5** 传感器的选择应符合下列规定：

1选型应满足量程、测量精度、分辨率、灵敏度、动态频响特性、环境适应性和经济性等要求;

2 选型宜便于系统集成;

3 传感器在监测期间应具有良好的稳定性和抗干扰能力，采集信号的信噪比应满足实际工程需求。

**3.2.6** 监测系统的性能参数和安装使用及维护，应满足国家现行有关标准的要求。

**3.2.7**  有线数据传输方式的选用应符合下列规定：

1 当传输距离小于300m且无强电磁干扰时，可采用模拟信号进行传输；

2 当传输距离大于300m或有较强电磁干扰时，宜采用RS-485、工业以太网等数字信号或光纤传输技术进行传输。

**条文说明：**有线传输是指两个通信设备之间使用物理连接，将信号从一方传到另一方。常用的介质有双绞线、同轴电缆和光缆等，常用的接口有RS232、RS422、RS485和RJ45等。

**3.2.8** 无线传输方式宜选用电磁波传输技术，信号发射装置和接收装置离强电磁干扰源距离应大于150m。

**条文说明：**无线传输是指两个通信设备之间不使用任何物理连接:将信号通过空间传输的一种技术。通常可分为无线广域通信网(无线公网)和无线局域通信网两种方式。无线广域通信网络可采用GPRS和CDMA等方式;无线局域通信网可采用TCP/IP协议。

**3.2.9**  数据存储分析设备应具备数据存储、预处理和数据后处理等功能，数据预处理宜采用数字滤波、去噪、截取和异常点处理，数据后处理方式宜根据数据分析要求确定。

**条文说明：**数据存储分析设备包括WEB服务器、数据库服务器GNSS服务器和磁盘列阵等。

**3.2.10** 原始监测数据应定期存储、备份存档，后处理数据在线存储时间不应小于6个月，经统计分析的数据应进行专项存储。

**条文说明：**在数据库运行一段时间后，由于数据记录的不断增、删改，会使数据库的物理存储变坏，从而降低数据库存储空间的利用率和数据的存取效率，使数据库性能下降;这时数据库管理员应借助数据库管理系统提供的实用程序对数据库进行重组织或部分重组织。同样，随着数据库的应用环境的变化，可能会导致实体或对象发生变化，从而不得不适当调整数据库的模式，这时数据库管理员需要对数据库进行重新构造。

## 3.3 施工期间监测

**3.3.1** 施工期间监测，宜重点监测下列构件或节点：

1 应力变化显著或应力水平较高的构件；

2 变形显著的构件或节点；

3 承受较大施工荷载的构件或节点；

4 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；

5 邻近受影响结构或构件。

**条文说明：**本条文中所述的构件与节点不仅包含原设计结构中的构件与节点，还包含施工过程的临时结构与支撑中的构件及节点。在建筑结构改造施工期间监测过程中，需要重点关注一些特定的构件和节点，以确保监测数据的全面性和有效性。对于因加固改造导致构件应力变化显著或应力水平较高的构件，这些构件往往承受着较大的荷载或受到较大的影响，其受力情况的变化可能直接影响到整个结构的安全性和稳定性。承受较大施工荷载的构件或节点也需要重点关注。这些构件或节点在施工过程中承受着较大的荷载，如果荷载超过了其承载能力，就可能发生破坏或失效。

**3.3.2** 施工期间的监测预警应根据安全控制与质量控制的不同目标，应按"分区、分级、分阶段"的原则，结合施工过程结构分析结果，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。

**3.3.3** 施工期间的安全监测，监测点应根据施工进度及时布设，并宜采用自动化监测系统实时监测。

**3.3.4** 施工期间的监测频率应符合下列规定：

1. 每一个阶段施工过程应至少进行一次施工期间监测；

2 由监测数据指导设计与施工的工程应根据结构应力或变形速率实时调整监测频次；

3 复杂工程的监测频次，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；

4 停工时和复工时应分别进行一次监测；

5 根据施工阶段、施工方式以及安全隐患风险，加固施工停工期间可持续监测。

**条文说明：**施工期间的监测频率应根据施工进度、结构形式、施工方法和现场环境等因素综合确定。

**3.3.5** 当出现如下异常情况时，应采取下列措施：

1 当施工期间的监测数据达到预警值时，应暂停施工，并提高监测频次，并通知建设单位组织相关技术人员进行评估；

2 在异常情况处理完毕后，应重新进行安全评估，并确保所有监测指标恢复正常后方可恢复施工；

3 对于可能引发安全事故的严重异常情况，应立即通报建设单位和施工单位启动应急预案，确保生命财产安全。

## 3.4 使用期间监测

**3.4.1** 加固改造工程完成后，宜进行使用期间的安全监测，以确保工程结构在使用期间的安全性。使用期间的监测项目和监测频率应根据工程结构的特点和使用环境确定。

**条文说明：** 结构使用期间监测的目的和功能包括但不限于下列内容:

1 验证结构设计结果及分析、试验时的假定;

2 提高使用过程中的安全性，当意外或灾害发生时可及时预警，当意外或灾害发生后，可为结构状态评估和处理提供实际数据;

3 为结构的日常维护和管理提供依据;

4 为新方法新技术的应用及发展提供验证数据和参考建议。

**4.1.3** 既有建筑改造工程竣工验收后，设计单位可根据建筑结构改造类型、复杂程度、规模及影响确定是否需要进行使用期间监测。

条文说明：建筑结构改造工程竣工验收后，其安全性与稳定性仍需持续关注。设计单位应根据具体情况确定是否需要进行使用期监测，并制定相应的监测要求。对于大规模的改造工程，由于其涉及的范围较广，对原有结构的影响较大，因此需要更加严格地进行使用期监测。而对于小规模、局部性的改造工程，其监测要求可适当放宽。

**3.4.2** 工程结构加固改造在使用期间的安全监测应符合《建筑与桥梁结构检测技术规范》GB 50982等相关标准要求。

# 4 建筑结构改造安全监测

## 4.1 一般规定

**4.1.1** 建筑结构改造前，设计单位应提出安全监测技术要求。监测内容及指标应充分考虑改造施工过程中地基基础及上部结构内力和变形，以及周边建（构）筑物、管线及道路等的允许限制。

条文说明：建筑结构改造包括移位、纠倾、增层与托换改造等。改造工程宜进行全过程监测，并按照检测鉴定、改造设计、施工过程、验收交付、使用期等阶段依次实施，宜依据相应阶段的需求进行监测设计。

下列改造工程结构构件应进行施工期间监测：

1 改造设计方案需要对既有建筑地基基础加固的结构；

2 改造设计和施工方案会引起既有建筑结构内力重分布且存在不利影响的结构构件；

3 改造施工方案会引起附加变形且存在不利影响的结构构件；

4 改造设计方案需对既有结构构件进行加固的，在施工期间，加固构件应按第5章的相关规定进行监测。

**4.1.2** 既有建筑物进行增层、纠倾、移位、托换改造前，应对地基基础现状、上部结构现状进行检查。

**4.1.4** 建筑改造后的安全监测应监测至结构变形趋于稳定后结束。

## 4.2 增层

**4.2.1** 因增层改造对结构构件进行加固时，加固构件应按第5章的相关规定进行施工期间和使用期间监测。

**条文说明：**建筑物增层改造可分为四类：屋面直接增层、外套结构增层、室内增层、地下逆作增层。每种增层改造方式都有其适用场景和限制条件，需要根据具体的建筑特点、使用需求以及经济预算来选择最合适的改造方案。前三类属于地上向上增层，第四类属于地下逆作下增层改造类型。

**4.2.2** 增层改造的监测对象应包括增层建筑、周围受影响的建（构）筑物、管线及道路等。

**条文说明：**增层改造工程施工监测是为了确保施工过程中的安全性和工程质量，通过监测相关参数来预防和发现潜在的问题。所提出的监测对象是确保增层工程安全进行的重要组成部分，通过对关键参数的实时监测，可以及时发现问题并采取相应的措施，从而保障工程的顺利进行和周边环境的安全。

**4.2.3** 增层改造的监测内容应包括既有建筑附加沉降、应力应变、倾斜、裂缝及临近建（构）筑物竖向位移、临近建（构）筑物裂缝等。

**4.2.4** 地下逆作增层的监测内容应包括支护结构内力、支护结构顶部水平位移、支护结构深层水平位移、支护结构竖向位移、地下水水位、地表竖向位移、地下管线位移。既有建筑地下增层工程，尚应符合《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497的要求。

**4.2.5** 增层改造施工期间安全监测，宜重点监测下列构件或节点：

1.结构底部应力变化显著或应力水平高的构件；

2.增层连接的下层结构的关键构件或节点；

3.增层结构分析变形显著的构件或节点；

4.施工过程中其他需准确了解或严格控制结构内力或变形的构件或节点。

**条文说明：**在底层或底部加强区，由于应力变化显著或应力水平较高，这些区域的构件是监测的重点，因为它们直接影响结构的安全性和稳定性；在结构分析中，如果某些构件或节点预计会有显著的变形，这些区域应该布置测点，以便实时监控变形情况。

**4.2.6** 增层改造在施工期间和使用期间的安全监测，应符合以下要求：

1 变形监测等级不应低于二级，监测点的布置沿建筑物增层区每边不宜少于3个，对于框架结构，宜在增层下层的每根框架柱均布设监测点；

2 施工过程中，当建筑物累计水平位移大于5mm时，或建筑物竖向位移超过现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关规定时，必须停止增层施工。查明具体原因，并采取相应措施后，方可继续施工；

3.当沉降监测最后100天的最大沉降速率小于0.01mm/d时，可认为建筑物沉降已经达到稳定，可终止沉降监测；

4.施工完成后，可根据沉降量与时间的关系曲线判定是否达到稳定状态。增层竣工时沉降曲线应呈收敛趋势，且验收前近30天各监测点的沉降速率平均值不大于0.06mm/d，较大的沉降速率不大于0.08mm/d且不多于2处。

注：监测等级的划分见6.3.6条.

**4.2.7** 增层改造在施工期间的监测频率，应符合以下要求：

1 施工过程中不宜小于每天一次，且在主要工序施工前后应各监测一次；

2 对转换构件、托换构件的观测频率每天不宜小于一次。

**4.2.8** 增层改造工程使用期间的安全监测应包括建筑物的沉降、倾斜和应力应变等，继续观测时间不宜少于3个月，重要建筑物继续观测时间不宜少于1年，观测时间间隔不宜大于3个月，直至沉降基本稳定。

条文说明：增层工程会对原有地基或结构造成额外的荷载，导致沉降，这种沉降可能不会立即稳定，即使工程已经竣工，随着时间的推移，沉降也可能在施工完成后的几个月甚至几年内发生，如果沉降尚未稳定，继续进行定期监测是必要的。

## 4.3 纠倾

**4.3.1** 纠倾改造在施工期间的安全监测，应包含以下几个方面：

1 纠倾建筑的倾斜、沉降、水平位移与裂缝；

2 地面沉降或隆起、地下水位、地下管线变形等；

3 主要受力构件的应力应变和变形。

**条文说明：**在建筑结构纠倾过程中，应根据实际情况选取以下安全监测指标：

1 倾斜：一是监测建筑物的整体倾斜情况，确保纠倾过程中的稳定性和安全性；二是局部区域的倾斜变化，特别是基础不均匀沉降引起的局部倾斜；

2 竖向和水平位移；

3 裂缝：检查并记录结构中的裂缝发展情况，特别是受力复杂或脆弱部位，分析裂缝与纠倾操作之间的关联性，以及裂缝对结构安全性的影响。

**4.3.2** 纠倾改造施工期间，监测点的布置应符合下列规定：

1 倾斜监测点应布设在建筑物角点和倾斜量较大的部位，水平位移监测点应布设在建筑物角点。

2 迫降法纠倾时，应在结构的纵横轴线交汇点布置竖向位移监测点；

3 顶升法纠倾时，应在千斤顶位置处布置竖向位移监测点。

4 纵向每边不应少于4个竖向位移监测点，横向每边不应少于2个竖向位移监测点，相邻监测点间距不应大于6m。

条文说明：纠倾加固沉降监测点布置，应能全面反映建筑物及地基在纠倾过程中的变形特征。纠倾加固工程中建筑物基础变形协调、上部结构和基础之间变形协调至关重要，关系到纠倾加固工程的成败。沉降观测点的加密布置是为了准确反映纠倾过程中建筑物的变形特征，指导和控制纠倾施工行为，以实现建筑物的协调变形。

**4.3.3** 顶升法纠倾时，尚应满足以下要求：

1 变形监测等级不应低于二级，沉降观测点的布置沿建筑物纵向每边不宜少于4个，横向每边不宜少于3个，对于框架结构，宜在每根框架柱均布设监测点；

2 当沉降监测最后100天的最大沉降速率小于0.01mm/d时，可认为建筑物沉降已经达到稳定，可终止沉降监测；

3 高层建筑物纠倾工程施工过程中，当建筑物顶部从竖直线算起，沿纠倾方向累计水平位移大于5mm时，必须停止纠倾施工，查明原因并采取相应措施后，方可继续进行纠倾施工。

**4.3.4** 建筑物达到的稳定状态可由沉降量与时间的关系曲线判定，纠倾工程竣工时沉降曲线应收敛，且最后一次观测的沉降速率应符合下列规定：

1 对于建筑高度不大于24m的建筑物，验收前近30天各监测点的沉降速率平均值不大于0.08mm/d，较大的沉降速率不大于0.1mm/d且不多于2处；

2 对于建筑高度大于24m的建筑物，验收前近30天各监测点的沉降速率平均值不大于0.06mm/d，较大的沉降速率不大于0.08mm/d且不多于2处。

**4.3.5** 纠倾改造在施工期间的监测频率，应符合以下要求：

1 施工过程中每班次不宜小于一次，且在每次实施纠倾措施后监测一次；

2 纠倾过程中结构构件裂缝的观测频率每天不宜小于1次。

条文说明：现场监测能客观、全面、准确地描述建筑物在回倾过程中各部位的变化情况。监测技术要先进，观测位置要正确，避免产生偶然误差。对于重要工程或危险性较大的纠倾工程，宜采用计算机自动采集数据与可视化跟踪监控于一体的计算机智能控制系统，使建筑物纠倾过程处于可控状态。

**4.3.6** 纠倾改造工程使用期间的安全监测应包括倾斜和沉降，继续观测时间不宜少于3个月，重要建筑物继续观测时间不宜少于1年，观测时间间隔不宜大于3个月，直至沉降基本稳定。

**4.3.7** 靠近边坡地段或滑坡地段的纠倾改造工程，应对建筑物主体结构水平位移进行监测，并对边坡变形进行监测。

条文说明：靠近边坡地段或滑坡地段倾斜建筑结构的水平位移监测至关重要。建筑结构纠倾过程中发生水平位移会严重威胁建筑结构的结构安全，因此必须进行水平位移监测，控制变形发展，避免造成损失。

**4.3.8** 纠倾改造在施工期间和使用期间的安全监测，除应符合本标准外，尚应符合《建筑物倾斜纠偏技术规程》JGJ 270的要求。

## 4.4 移位

**4.4.1** 移位改造施工期间，宜进行全过程自动化实时监测。

条文说明：移位过程应注意施工的信息，一些计算参数在设计中并不是准确数据，有效地现场实时监测，可以避免因为设计不足导致的突发情况。

**4.4.2** 移位改造监测宜与移位施工控制系统相结合，并对控制系统提供可靠数据。

条文说明：建筑物移位过程中通过监测移位的同步性、基础的沉降、建筑物的整体倾斜及振动、重要构件的内力和变形，可以及时了解移位建筑物的状态变化，是确保移位工程安全、顺利实施的重要手段。要求监测点具有代表性，监测仪器应灵敏，监测数据应准确可靠，数据反馈应全面及时，监测数据异常时应及时报警，对异常现场的处理应及时有效。

**4.4.3** 移位改造施工期间，监测指标应包括以下内容:

1 上部结构与基础分离时结构沉降差监测；

2 移动时水平扭转监测；

3 建筑物纵、横两个方向倾斜或水平监测；

4 移动过程中结构振动加速度监测；

5 重要构件或部位应进行变形监测或内力监测；

6 移动过程中移动轨道的沉降和沉降差监测；

7 上部结构不同位置移动行程差监测；

8 托架与轨道横向偏差监测；

9 移动速率监测；

10 关键部位裂缝观测。

**条文说明：**建（构）筑物移位过程中监测点应具有代表性，检测仪器应灵敏，监测数据应准确可靠，数据反馈应全面及时，监测数据异常时应及时报警，对异常现象的处理应及时有效。

移位工程监测内容应包含以下几个方面：

1 建筑物的整体位移，确保其按照预定的路径和速度进行移动；

2 建筑物的局部位移，特别是关键结构部位的相对位移，以防止结构内部的应力集中或变形；

3 监测关键受力构件（如梁、柱、支撑等）在移位过程中的应力变化；

4 裂缝及其它损伤：检查并记录结构中的裂缝及损伤情况，分析裂缝及损伤与移位操作之间的关联性，以及它们对结构安全性的影响。

监测数据应根据设计要求确定预警值、报警值，并及时反馈监测结果；当监测数据异常时，应立即停止移位作业并查找原因。

4.4.3 移位工程施工与监测参数及限值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 控制参数 | 限值 | 单位 | 备注 |
| 1 | 轨道平整度（局部凹凸） | ≤±1.5 | mm |  |
| 2 | 轨道平整度（坡度） | ≤1‰ | 弧度 |  |
| 3 | 托换节点相对滑移 | ≤1 | mm | 柱与基础分离时测量 |
| 4 | 移动速度（速率） | ≤70 | mm/min |  |
| 5 | 加载时间 | ≥30 | s |  |
| 6 | 卸载时间 | ≥20 | s |  |
| 7 | 水平扭转角 | ≤1‰ | 弧度 |  |
| 8 | 相邻轴线行程差 | ≤1‰L | mm | L为相邻轴线距离 |
| 9 | 相邻轴行程差 | ≤10 | mm |  |
| 10 | 托架与轨道横向偏差 | b/3 | mm | b为轨道宽度 |
| 11 | 轨道沉降 | [y]/2 | mm | y地基规范中限值 |
| 12 | 轨道沉降差 | [∆y]/2 | mm | Δy地基规范中限值 |
| 13 | 倾斜 | ≤1‰ | 弧度 |  |
| 14 | 就位轴线偏差 | ≤10 | mm |  |
| 15 | 坡向移位坡度 | ≤2.5° | ° |  |
| 16 | 轨道钢板下砂层厚度 | 2~4 | mm |  |
| 17 | 轨道钢板厚度 | ≥10 | mm |  |
| 18 | 轨道宽度 | ≥100 | mm |  |
| 19 | 振动加速度 | 0.04g | m/s2 | g为重力加速度 |

**4.4.4** 移位过程中应对上部结构、托盘结构和底盘结构的内力、裂缝及变形进行监测，及时反馈受力状态及变化情况。托盘结构在卸荷时宜对支撑内力进行监测。

**4.4.5** 竖向移位、水平牵引移位和拖车移位施工期间监测，尚应符合下列规定：

1 竖向移位时，应监测建筑物升降位移的同步性，采集升降力与位移变化信息，以及构件变形和应变，变形和应变监测点宜布置在构件端部；

2 水平牵引移位时，宜重点监测移位的同步性，反映牵引力和位移变化信息，采集位移不同步所造成的构件变形和应变；

3 拖车移位时，宜重点监测托换结构和上部结构的倾斜，反映移位速度变化信息，采集倾斜和移位加速度所造成的构件变形和应变。

条文说明：在水平移位过程中，应对建筑物的各轴线的水平位移和倾斜进行监测，重点关注各轴线移位的同步性、方向性，当发生偏移或倾斜时应及时调整处理。

**4.4.6** 移位改造施工期间，竖向位移监测应满足下列要求：

1 在移位施工前观测竖向位移的初始值，在施工过程中对其进行实时监测；

2 竖向位移测量精度不低于二等水准测量；

3 监测点的布置除应满足《工程测量标准》GB50026和《建筑变形测量规范》JGJ 8的有关规定外，外墙布设测点间距不宜大于5m。

**4.4.7** 移位结束后，建筑物沉降观测时间不宜少于6个月：首月的监测频率宜不低于每周一次，第2、3个月的监测频率不低于每两周一次，以后每月不少于一次；

**4.4.8** 移位改造对移动行程的监测，宜符合下列规定：

1.建筑物两端轴线和中间轴线上各选择一测点，分别监测移动行程；

2.每移动3～5个千斤顶行程宜观测一次；

3.根据观测结果计算移动行程差和扭转角。各相邻轴移动行程差不得大于10mm，扭转角不大于1‰。

**4.4.9** 移位改造在施工期间和使用期间的安全监测，除应符合本标准外，尚符合《建(构)筑物移位工程技术规程》JGJ/T 239的要求。

## 4.5 托换

**4.5.1** 托换改造施工期间和使用期间，监测对象应包括被托换的建（构）筑物及周边受影响结构或构件。监测项目宜符合表4.5.1的规定。

表4.5.1 建筑物托换工程的监测项目

|  |  |
| --- | --- |
| 托换方法 | 监测项目 |
| 沉降 | 倾斜 | 变形 | 裂缝 | 应力应变 |
| 整体顶升 | √ | √ | √ | √ | △ |
| 抽墙法 | √ | △ | √ | √ | △ |
| 抽柱法 | √ | △ | √ | √ | △ |
| 抽梁法 | △ | △ | √ | √ | △ |
| 基础托换 | √ | √ | √ | √ | △ |

注：1、√表示应选项目，△表示宜选项目；2、托换工程的变形，顶升工程中指上部结构水平位移；抽柱、墙工程中指梁竖向挠度；基础托换工程中指托换基础不同部位沉降差。

条文说明：根据托换工程的要求和特点，应对涉及托换工程及结构安全的重要部位进行静态监测，或静态与动态同时监测，并在设计文件中提出监测要求。托换工程的施工监测是非常重要且必要的环节，托换顶升施工过程中应进行动态监测，托换顶升施工前和施工后应进行静态监测。

**4.5.2** 重要建筑结构和变形控制严格的托换工程，托换改造施工期间，宜进行全过程自动化实时监测。

**4.5.3** 托换改造施工期间，对托换构件上方及影响范围内位移和内力较大或发生明显变化的关键部位应进行监测。

**4.5.4** 基础托换时，监测点应沿基础轴线或边线布设，每条轴线或边线上布置不得少于3点。

**条文说明：**基础托换时，建筑物的整体沉降、局部沉降、倾斜值及裂缝发展均应符合设计文件和现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8的有关规定。基础变形的测点应沿基础轴线或边线布设，每一条轴线或边线上布置不得少于3点。

**4.5.5** 拆除施工过程中，对受影响结构构件应进行变形、裂缝监测，并宜进行应力应变监测。

条文说明：托换施工时，拆除施工是易出现危险的环节，监测托换结构的状况，可确保安全。

# 5 建筑结构加固安全监测

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 建筑结构加固施工期间监测应为保障加固施工安全，控制加固施工过程，优化加固施工工艺及实现结构加固设计要求提供技术支持。

**5.1.2** 建筑结构加固使用期间监测应为加固构件在使用期间的安全使用、结构设计验证、结构损伤识别、结构养护与维修以及新方法新技术的发展与应用提供技术支持。

**5.1.3**  下列加固工程结构构件应进行施工期间监测：

1 施工过程中对结构内力分布有较大影响的结构构件；

2 施工过程中增设的高大临时支撑构件。

**5.1.4** 下列加固工程结构构件应进行使用期间监测：

1 加固后上部荷载有较大增幅的结构构件；

2 加固后对结构内力分布有较大影响的结构构件。

**5.1.5** 完全卸荷状态下以及部分负荷下的加固施工，在恢复荷载时应增加监测频次。

## 5.2 混凝土结构

5.2.1 混凝土结构构件采用置换混凝土、增设支点加固时，施工期间的监测对象应包括加固构件、受影响构件和临时支撑构件。

**条文说明：** 置换混凝土加固法通过置换部分或全部混凝土来增强结构性能；增设支点加固法通过减小被加固结构的跨度或位移，来改变结构不利的受力状态，以提高其承载力。在混凝土置换和增设支点加固过程中，构件可能会出现新的应力和变形，需密切监测加固构件和受影响构件的应力和变形情况，防止施工不当产生的安全问题。

5.2.2 混凝土结构构件采用增大截面法、置换混凝土、外包型钢法和增设支点加固时，使用期间的监测对象应包括加固构件和受影响构件。

5.2.3 混凝土结构构件加固时，在施工期间和使用期间，除对温湿度变化进行监测外，尚应符合下列规定：

1 增大截面加固时，应对加固构件的新增受力钢筋和新增混凝土的应力应变进行监测；

2 局部置换混凝土加固时，应对置换截面和原构件的应力应变进行监测；

3 外包型钢加固时，应对竖向型钢及原构件的应力应变进行监测；

4 增设支点加固时，应对增设构件的应力应变进行监测。

**条文说明：**应力应变监测在常规情况下是指通过应变测试反算应力的情况，也是直观了解构件受力状态的最佳手段，是保证施工期间结构安全性的一个最重要的方法。

5.2.4 混凝土结构构件加固时，变形和应力应变监测点应布置在构件变形反应敏感的区域或最大应力截面。

5.2.5 混凝土结构构件加固施工期间宜采用远程自动化实时监测，加固构件监测频率每2个小时不宜低于一次，受影响构件和临时支撑的监测频率每4个小时不宜低于一次。

## 5.3 砌体结构

5.3.1 砌体墙采用钢筋混凝土面层加固时，对新增受力钢筋和新增混凝土宜进行施工期间和使用期间应力应变监测；对加固构件还宜进行使用期间竖向变形监测。

5.3.2 砌体结构承重墙新增大洞口加固时，对上部受影响结构构件宜进行施工期间竖向变形和裂缝监测。

5.3.3 砌体柱采用外包型钢加固时，对型钢部件宜进行施工期间应力应变监测。

**5.3.4**  砌体结构构件加固施工期间监测频率应符合5.2.5条的要求。

## 5.4 钢结构

5.4.1 预应力加固钢结构时，对内力增加杆件应进行施工期间应力应变监测。

**5.4.2** 改变结构体系加固钢结构时，对改变结构体系的构件、内力改变的加固构件及受影响构件宜进行施工期间和使用期间应力应变与变形监测。

**5.4.3** 外包钢筋混凝土加固钢结构时，对新增受力钢筋和新增混凝土宜进行施工期间和使用期间应力应变监测，对加固构件还宜进行使用期间竖向变形监测。

5.4.4 预应力加固钢结构时，施加预应力后，应对构件的反向变形（挠度）进行监测，不应超过原荷载标准组合下的挠度。

**5.4.5** 钢结构负荷下焊接加固时，对加固构件和相邻构件的整体变形和局部板件变形宜进行施工期间变形监测。

5.4.6 增大截面加固时，应对加固件进行施工期间和使用期间应力应变监测；钢管构件内填混凝土加固时，应对新增混凝土宜进行施工期间和使用期间应力应变监测。

**5.4.7**  钢结构构件加固施工期间监测频率宜符合5.2.5条的要求。

## 5.5 木结构

**5.5.1** 当木结构加固存在下列情况之一时，应进行施工期间监测：

1 基础沉降或结构变形不稳定且变化趋势不明确；

2 结构荷载与受力状态复杂，难以在检测期间确定结构安全性鉴定所需的参数范围与变化规律；

3 需对结构关键部位工作状态及环境影响进行监测，或需根据监测数据对结构进行维护、加固；

4 重要结构维修加固施工时。

**5.5.2** 木构架打牮拨正时，对调整的木构架应进行施工期间倾斜监测，监测频率宜根据施工进度进行调整。

**5.5.3** 木柱采用墩接柱脚加固时，对加固木柱应进行施工期间竖向位移监测。

**5.5.4** 更换新柱加固时，对相邻木柱应进行施工期间倾斜监测。

**5.4.5**  木结构构件加固施工期间监测频率宜符合5.2.5条的要求。

## 5.6 基础加固

**5.6.1** 既有建筑地基基础加固施工时，应对影响范围内的周边建筑物、地下管线等市政设施在施工和使用期间进行沉降观测直至沉降达到稳定为止

条文说明：基槽开挖和施工降水等可能对周边环境造成影响，为保证周边环境的安全和正常使用，应对周边建筑物、管线的变形及地下水位的变化等进行监测。

**5.6.2** 既有建筑地基基础加固施工降水对周边环境有影响时，应对有影响的建筑物及地下管线、道路进行沉降监测，对地下水位的变化进行监测。

**5.6.3** 注浆加固施工时，应对施工引起的建筑物附加沉降进行监测。

条文说明：注浆加固施工会引起建筑物附加沉降，应在施工期间进行建筑物沉降监测。视沉降发展速率，施工后的一段时间也应进行沉降监测。

**5.6.4** 采用加大基础底面积、加深基础进行基础加固时，应对开挖施工槽段内结构的变形和裂缝情况进行监测。

# 6 监测方法

## 6.1 一般规定

**6.1.1** 对工程结构加固改造项目的监测方法，应综合考虑加固改造方案、受力和变形特点、精度要求和现场作业条件等因素，总体上采用仪器监测与巡视检查相结合的方法，并遵循准确、适用、经济和便于连续观测的原则。

**6.1.2** 在重要工程结构加固改造中，宜采用自动化实时监测，实时监测系统应具备远程报警功能。

**条文说明：**监测仪器设备的性能指标应满足安全监测要求，精度适宜、稳定可靠、经济合理，便于实现自动化监测，并定期进行校准和维护。

**6.1.3** 工程结构加固改造安全监测的初始值，应符合下列规定：

1 加固改造施工前，取3次连续、独立、稳定观测值的平均值作为监测项目初始值；

2 自动化监测应采用人工测量方式保留初始测量值，并定期对自动化监测数据进行比对测量。

**6.1.4** 常见监测项目的监测方法见表6.1.1所示。

表6.1.1 常见监测项目的监测方法

|  |  |
| --- | --- |
| 监测项目 | 监测方法 |
| 轴力 | 轴力计、电阻应变片、振弦式应变传感器、光纤光栅传感器 |
| 竖向位移 | 几何水准测量、液体静力水准测量、电磁波测距三角高程测量 |
| 水平位移 | 极坐标法、交会法、自由设站法、卫星定位测量 |
| 倾斜 | 经纬仪投点法、差异沉降法、激光准直法、垂线法、倾斜仪 |
| 裂缝 | 精密测（量）距、伸缩仪、测缝计、位移计、光纤光栅传感器、摄影测量等 |
| 应力应变 | 电阻应变片、振弦式应变传感器、光纤光栅传感器 |
| 专业巡查 | 人工巡检 |

**条文说明：**监测仪器、设备和元件应符合下列规定：

1 满足观测精度和量程的要求，且应具有良好的稳定性和可靠性；

2 应经过校准或标定，且校核记录和标定资料齐全，并应在规定的校准有效期内使用；

3 监测过程中应定期进行监测仪器、设备的维护保养、检测以及监测元件的检查；

4 新型监测仪器、设备、元件及配套监测方法，宜通过系统测试及专家论证，方可使用。

**6.1.5** 工程结构加固改造监测点的布置，应满足以下规定：

1 能反应环境、作用、结构响应的特征，遵循具有代表性、经济性、可替换性的基本原则；

2 宜布置在受力和变形较大、易影响结构安全、便于观测且改造加固过程中不易破坏等位置；

3 应埋设稳固，标识清晰，并应采取有效的保护措施；

4 对于重要项目或不可更换的监测点，宜冗余布设。

**6.1.6** 传感器的安装应严格按照产品说明和操作规程进行，确保传感器与结构紧密贴合，避免产生测量误差。

**6.1.7** 数据采集频率和监测周期应根据加固改造内容、施工方法和进度、变形速率、周边环境条件综合确定，监测期间可根据指标的变化情况调整。

**6.1.8** 经过相关论证的新技术、新方法可以使用在安全监测工作中，但对于重要性建筑物的改造加固，宜同步使用传统方法进行监测。

**6.1.9** 监测过程中应严格遵守相关的安全规定，严禁在危险环境下进行监测。

**6.1.10** 监测过程中应保护好所有的监测点、传感器以及信号线等。

## 6.2 轴力监测

**6.2.1** 轴力通常使用轴力计、应变片、振弦传感器或光纤光栅传感器等设备进行监测。

条文说明：轴力应根据结构形式及监测的构件情况来选用合适的传感器，通常可以采用埋入式或表贴式传感器监测截面的应变来换算轴力，条件允许时，可以选择专用的轴力传感器直接监测构件的轴力变化。

**6.2.2** 根据结构设计要求和实际受力情况，轴力报警阈值应按施工过程结构分析结果分为预警值和极限值两个等级。当监测值达到极限值时，应立即采取紧急措施，防止结构发生破坏。

**6.2.3** 轴力监测的频率应根据结构的重要性和受力变化情况来确定。对于重要结构和关键部位，关键施工节点前后监测频率应加密至每15分钟一次，在结构受力发生较大变化或出现异常情况时，应适当增加监测频率。

**6.2.4** 轴力监测应提交下列成果资料：

1 监测点布置图。

2 观测成果表。

3 时间轴力曲线。

## 6.3 竖向位移监测

**6.3.1** 竖向位移监测主要包括沉降监测和挠度监测，可采用水准测量、电子测距三角高程测量、全站仪测量等方法。

**条文说明：** 竖向位移监测包括结构整体的沉降监测以及水平构件的竖向挠度变形监测。

**6.3.2** 竖向位移监测可采用几何水准或静力水准方法进行监测。

**条文说明：**沉降监测可采用几何水准、静力水准、卫星定位系统法等方法进行监测。对于房屋结构基础和上部结构，沉降监测精度应符合现行标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 规定。

**6.3.2** 当采用几何水准法监测沉降时，应建立基准网，采用的平面坐标系统和高程系统可与施工时采用的系统一致。局部沉降监测可不建立基准网，但应考虑结构整体变形对监测结果的影响。

**6.3.4** 当采用静力水准法监测沉降时，静力水准仪的安装应符合下列规定：

1 管路内液体应具有流动性；

2 观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，不得将空气带入，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；

3 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；

4 对连通管式静力水准，同组中的传感器应安装在同一高度，安装标高差异不得消耗其量程的20%；管路中任何一段的高度均应低于蓄水罐底部，且不宜低于0.2m。

**6.3.5** 当采用水准测量方法进行竖向位移监测时，竖向位移监测网的主要技术要求应符合表6.3.5-1、表6.3.5-2的规定。

表6.3.5-1 水准仪观测限差（mm）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 等级 | 变形观测点的高程中误差 | 每站高差中误差 | 往返较差、附合或环线闭合差 | 检测已测高差限差 |
| 一级 | 0.3 | 0.07 |  |  |
| 二级 | 0.5 | 0.15 |  |  |
| 三级 | 1.0 | 0.30 |  |  |
| 四级 | 2.0 | 0.70 |  |  |

注：*N*为测站数。

表6.3.5-2水准仪观测要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 级别 | 视线长度（m） | 前后视距差（m） | 前后视距累积差（m） | 视线高度（m） | 重复测量次数（次） |
| 一级 | ≥4且≤30 | ≤1.0 | ≤3.0 | ≥0.65 | ≥3 |
| 二级 | ≥3且≤50 | ≤1.5 | ≤5.0 | ≥0.55 | ≥2 |
| 三级 | ≥3且≤75 | ≤2.0 | ≤6.0 | ≥0.45 | ≥2 |
| 四级 | ≥3且≤100 | ≤3.0 | ≤10.0 | ≥0.35 | ≥2 |

注 ：1 在室内作业时 ，视线高度不受本表的限制 。

2 当采用光学水准仪时，观测要求应满足表中各项要求。

**6.3.6**  当采用静力水准测量方法进行竖向位移监测时，应根据观测精度要求和预估沉降量，选取相应精度和量程的静力水准传感器。水准测量设备应每半年进行一次校准。静力水准观测的技术要求应满足表6.3.6的规定。

表6.3.6 静力水准观测技术要求（mm）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 等级 | 一等 | 二等 | 三等 | 四等 |
| 传感器标称精度 | ≤0.1 | ≤0.3 | ≤1.0 | ≤2.0 |
| 两次观测高差较差限差 | 0.3 | 1.0 | 3.0 | 6.0 |
| 环线及附合路线闭合差限差 |  |  |  |  |

注：*N*为高差个数。

**6.3.7** 电磁波测距三角高程测量可用于较低精度（三 、四等）竖向位移监测。

**6.3.7** 竖向位移观测应提交下列成果资料：

1 监测点布置图。

2 观测成果表。

3 时间-竖向位移曲线。

**6.3.8** 梁的挠度可采用全站仪、水准仪、倾斜仪等设备进行监测。

**条文说明：**挠度变形监测可采用挠度计、位移传感器等直接测定挠度值。挠度计及位移传感器的精度不应低于1mm。

## 6.4 水平位移监测

**6.4.1** 水平位移监测包括结构整体水平位移监测、竖向构件的水平位移监测及竖向构件的横向弯曲变形监测。

**6.4.2** 水平位移监测应根据现场作业条件，采用拉线式位移计、全站仪测量、激光测量、近景摄影测量等方法进行监测。

**6.4.3** 水平位移监测频次应与竖向位移监测频次相协调，当发现变形增大至预警值时，应及时提高监测频率。

**6.4.4** 水平位移监测包括施工过程中结构倾斜、扭转等产生的水平位移，可采用极坐标法、交会法、自由设站法、地面三维激光扫描法和三角形网等方法，技术要求可参照《工程测量标准》GB 50026的相关要求。

**条文说明：**水平位移观测应根据现场作业条件，可采用极坐标、交会法、自由测站法、卫星定位测量、地面三维激光扫描法、地基雷达干涉测量法、多点位移计、倾斜仪、精密测距等方法进行。水平位移监测的观测及精度应符合下列规定：

1 当采用全站仪进行水平位移监测时，所用全站仪的标称精度应符合表6.3.2-1的规定。水平角观测应采用方向观测法，测回数应符合表6.3.2-2的规定，观测限差应符合表 6.3.2-3 的规定。全站仪距离观测应符合表6.3.2-4的规定。

表 6.4.4-1 全站仪标称精度要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 位移观测等级 | 一测回水平方向标准差（"） | 测距中误差(mm) |
| 一级 | ≤0. 5 | ≤（lmm＋lppm） |
| 二级 | ≤1. 0 | ≤（lmm＋2ppm) |
| 三级 | ≤2. 0 | ≤（2mm＋2ppm) |
| 四级 | ≤2. 0 | ≤（2mm＋2ppm) |

表6.4.4-2 水平角观测测回数

|  |  |
| --- | --- |
| 全站仪测角 标称精度 | 位移观测等级 |
| 一等 | 二等 | 三等 | 四等 |
| 0. 5" | 4 | 2 | 1 | 1 |
| 1" |  | 4 | 2 | 1 |
| 2" |  |  | 4 | 2 |

表6.4.4-3 水平角观测限差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 全站仪测角标称精度 | 半测回归零差限差（"） | 一测回内2C互差限差（"） | 同一方向值各测回互差限差（"） |
| 0. 5" | 3 | 5 | 3 |
| 1" | 6 | 9 | 6 |
| 2" | 8 | 13 | 9 |

表6.4.4-4 距离观测技术要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 全站仪测距 标称精度 | 测回读数间 较差限差 (mm) | 测回间较差限差 (mm) | 往返测较差限差 (mm) | 气象数据测定 最小读数 |
| 温度（℃） | 气压（mmHg） |
| 1mm+lppm | 3 | 4.0 | 6.0 | 0.2 | 0.5 |
| 1mm+2ppm | 4 | 5.5 | 8.0 | 0.2 | 0.5 |
| 2mm+2ppm | 5 | 7.0 | 10.0 | 0.2 | 0.5 |

2当采用卫星定位实时动态测量时，主要技术要求应符合下列规定：

（1）应设立永久性参考站作为变形监测的基准点，并应建立实时监控中心；

参考站应设立在变形区之外，无高度角超过15°的障碍物，无反射导航定位卫星信号的大面积水域或者大型建筑及热源等，无高压输电线、电视台、电台、微波站等干扰源；

（2）流动站的接收天线应永久设置在监测体的变形观测点上；接收天线的周围无高度角超过15°的障碍物；有效观测卫星数不应少于5颗，并应采用固定解成果；

数据通信可根据工程需要采用光缆或者专用电缆通信，也可采用无线通信网络传输数据。

**6.4.5** 水平位移监测应建立监测网，监测网由基准点、工作基点构成，宜采用独立坐标系统，宜为一次性布设的独立网、三角形网、导线网、卫星定位测量控制网等，布网时应兼顾网的精度、可靠性和灵敏度等指标。

**6.4.6** 水平位移监测基准点的布置应符合下列规定：

1 布置在变形影响区域之外稳固的位置；

2 每个工程至少应有3个基准点；

3 应采用带有强制归心装置的观测墩，应满足现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8的有关规定。

**6.4.7** 水平位移监测工作基点的布置应符合下列规定：

1 应布置在比较稳定且方便使用的位置；

2 宜采用带有强制归心装置的观测墩，应满足现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8的有关规定。

**6.4.8** 基准点和工作基点应布设成环形网，每半年复测一次。施工期间，基准点应每月进行一次复核。

**6.4.9** 水平位移的监测点应具有代表性，宜按以下规定进行布设：

1 设计文件要求的监测点；

2 施工过程中结构安全性突出的特征构件；

3 水平位移显著的关键点、建筑物承重墙、柱等；

4 建筑物变形缝两侧或不同结构分界处的两侧；

5 可与建筑物竖向位移监测点合并考虑布置在同一位置。

**条文说明：**水平位移监测点应选在变形体上能反映变形特征的重要位置，标志可采用墙上标志，具体型式及其埋设应根据现场条件和观测要求确定。

**6.4.10** 水平位移观测应提交下列成果资料：

1 监测点布置图。

2 观测成果表。

3 时间-水平位移图。

## 6.5 倾斜监测

**6.5.1** 倾斜监测应根据改造加固内容和监测要求，选用水平角观测法、前方交会法、垂准法、倾斜仪法和差异沉降法等。

**条文说明：**倾斜监测点布设应符合下列规定：

1 对建筑物进行整体倾斜监测时，测点宜布置在外部角点，顶部监测点可采用固定的棱镜，墙体上可采用稳固的照准标志，墙体也可采用满足照准要求的建筑特征点；

2 倾斜监测点应沿主体结构顶部、底部上下对应按组布设，且中部可增加监测点；

3 每栋建筑物倾斜测点数量不宜少于2组，每组监测点不应少于2个；

4 采用基础的沉降差来推算建筑物倾斜时，监测点的布设应满足《建筑变形测量规范》JGJ 8的规定。

**6.5.2** 倾斜仪的安装应符合下列规定：

1 应贴合在结构物的表面进行安装，且表面应平整；

2 不得安装在振动或者冲击严重的位置；

3 安装完成后需要记录当前的角度值，如果当前角度值不为零，需要设置相对零点，即以当前安装位置为零点，初始化应有稳定期。

**6.5.3** 当采用倾角传感器进行检测时，倾角传感器可根据监测要求选用固定式或便携式；倾角传感器精度不低于0.01°，分辨率不小于0.002°。

**6.5.4** 工程结构顶部的监测点标志宜采用固定的舰牌和棱镜，墙体上的监测点标志可采用埋入式照准标志或粘贴反射片标志。

**6.5.5** 倾斜监测的频率应根据结构的重要性和变形速度来确定，宜符合下列规定：

1 非地基沉降引起的倾斜，监测频率为半个月1次，若连续3次平稳，则可调整为每个月1次，若有加速趋势，则可调整为每周1次；

2 地基沉降引起的倾斜：倾斜率不超过1%且稳定的，2个月观测1次；倾斜率超过1%但不大于2%且稳定的，每个月观测1次，若连续3次稳定的可调整为2个月观测1次；倾斜率超过1%但不大于2%不稳定的，半个月观测1次，视情况发展启动预警机制；倾斜率超过2%的，视情况发展启动预警机制。

**6.5.6** 当对监测频率要求不高时，采用全站仪投点法、水平角观测法或前方交会法进行观测。当采用投点法时，测站点宜选在与倾斜方向成正交的方向线上照准目标 1.5 倍~2.0 倍目标高度的固定位置，测站点数不宜少于 2 个；当采用水平角观测法时，应设置好定向点。

**6.5.7** 当结构上监测点数量较多时，可采用激光扫描测量或近景摄影测量等方法进行观测。

**6.5.8** 当利用结构或构件的顶部与底部之间的竖向通视条件进行倾斜观测时，可采用激光铅直仪法或正、倒垂线等方法。

**6.5.9** 当利用相对沉降量间接确定房屋结构倾斜时，可采用水准测量、静力水准测量或雷达干涉测量等方法通过测定差异沉降来计算倾斜值及倾斜方向。

**6.5.10** 倾斜观测应提交下列成果资料：

1 监测点布置图。

2 观测成果表。

## 6.6 裂缝监测

**6.6.1** 根据工程结构的特点、历史数据和加固改造方案，确定可能出现裂缝或已有裂缝需要监测的关键区域。

**6.6.2** 已发生开裂结构，应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。

**6.6.3** 布置监测点时，在选定的关键区域布置裂缝监测点，确保监测点能够覆盖到所有重要的裂缝或潜在裂缝位置。

**6.6.4** 工程施工前应记录建筑结构已有裂缝的分布位置和数量，并对裂缝进行统一编号，记录裂缝的相关参数以及初次观测日期。

**6.6.5** 对结构加固工程的裂缝观测，应测定裂缝的位置、走向、长度、宽度及其变化情况，必要时宜监测裂缝深度。

**条文说明：**裂缝监测宜采用下列方法：

1 裂缝宽度监测宜在裂缝两侧贴埋标志。用千分尺、游标卡尺、数字裂缝宽度测量仪等直接量测。也可用裂缝计、粘贴安装千分表量测或摄影量测等。

2 裂缝长度监测宜采用直接量测法。

3 裂缝深度监测宜采用超声波法、凿出法等。

**6.6.6** 人工监测时，裂缝长度可采用钢（卷）尺测量，并在末端进行标识；裂缝宽度可采用裂缝宽度检验卡、裂缝测宽仪测量，每条裂缝应在裂缝的最宽处布设监测点。

**条文说明：**裂缝监测应符合下列规定：

1 裂缝长度可直接用钢尺测量，每次测量时应在结构物上标注出裂缝的起止点，精度不宜低于1mm；

2 裂缝宽度监测时应在裂缝上标注出测量位置或埋设标志，对于宽度较大的裂缝可用裂缝宽度检测卡、千分尺、游标卡尺、数字裂缝测宽仪等直接测量，每个测点每次量测不宜少于3次，宽度检测卡最小分度值不宜大于0.05mm，测宽仪最小分度值不宜大于0.02mm；对于宽度较小的裂缝，可用结构裂缝监测传感器，传感器包括振弦式测缝计、应变式裂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，仪器分辨率不应大于0.01mm；

3 裂缝深度监测宜采用超声波法、凿出法，应在宽度较大的位置进行测试，精度不宜低于1mm；

4 裂缝观测标志应跨裂缝安装，标志可选用镶嵌式金属标志、粘贴式金属片标志、钢尺条坐标格网板或专用量测标志等，标志安装完成后，应拍摄裂缝观测初期的照片。

**6.6.7** 在线监测时，裂缝监测传感器可采用振弦式测缝计、应变式裂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，测点宜布置在裂缝最宽处，测量方向应与裂缝走向垂直。

**6.6.8** 裂缝的宽度量测精度不应低于0.02mm，长度量测精度不应低于10.0mm，深度量测精度不应低于3.0mm。

**6.6.9** 裂缝观测应提交下列成果资料：

1 裂缝位置分布图。

2 观测成果表。

## 6.7 应力应变监测

**6.7.1** 应变监测传感器宜选用电阻式应变传感器、光纤应变传感器、振弦式应变传感器等，应确保应变传感器具有足够的精度和稳定性，并能够满足长期监测的要求。当结构构件无法安装应变传感器时，可采用位移间接监测方法。

**条文说明：**通过对结构关键部位的应力应变进行实时监测，可以及时发现结构受力异常，预防潜在的安全隐患。加固改造主体结构应力监测宜采用安装在结构内部或表面的应力应变传感器进行量测。

**6.7.2** 传感器应布置在能充分反映结构及环境特性的位置上，应符合下列规定：

1 应布置在结构受力最不利处；

2 应利用结构对称性原则，优化传感器数量；

3 对重点部位应增加传感器数量；

4 应能缩短信号传输距离；

5 应便于安装和更换传感器。

**6.7.3** 应变传感器的技术指标应符合下列规定：

1 振弦式频率仪的频率测量精度不应低于0.1Hz；

2 光纤光栅解调仪各项指标应符合被监测对象对应参数的规定，可测量的波长变动范围应大于40nm、波长分辨率不应高于0.2pm、波长重复性不应高于2pm；

3 电阻式应变数据采集仪量测精度不应低于应变计满量程的 0.1%；

4 采用位移传感器间接监测应变时，其标距误差不应高于±1.0％，最小分度值不宜高于被测总应变的1.0％；

5 量程不宜小于设计值的1.5倍，精度不宜低于0.5%F•S，分辨率不宜低于0.2%F•S。

**条文说明：**应根据项目的具体监测要求，选择合适的应力应变监测设备，如电阻式应变传感器、光纤应变传感器、振弦式应变传感器等，确保所选设备具有足够的精度和稳定性，能够满足长期监测的要求。

**表6.7.3 应变传感器技术特点**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 特性 | 振弦应变计 | 电阻式应变计 | 光纤类应变计 |
| 时漂 | 小，适宜长期量测 | 较高，可通过特殊定制减小 | 小，适宜长期量测 |
| 灵敏度 | 较低 | 高 | 较高（与调节仪精度有关） |
| 对温度的敏感性 | 需要修正 | 通过电桥实现温度补偿 | 需要修正 |
| 信号线长度影响 | 几乎不影响量测结果 | 需要进行导线电阻影响的修正 | 不影响量测结果 |
| 信号传输距离 | 较长 | 短 | 很长，可达几十公里 |
| 抗电磁干扰能力 | 较强 | 差 | 很好 |
| 对绝缘的要求 | 不高 | 高 | 光信号，不考虑 |
| 动态响应 | 差 | 很好 | 好 |
| 精度 | 较高 | 高 | 较高 |

**6.7.4** 应变传感器数据处理应符合下列规定：

1 数据采集前，应对含噪信号进行降噪处理，提高信噪比；

2 应变监测数据分析前应进行系统误差修正、异常值剔除等处理；

3 光纤光栅应变计和振弦式应变计应按相应的标定系数进行换算；

4 电阻应变计应根据桥接方式进行导线电阻修正。

**6.7.5** 结构应力监测的频率应以能反映被监测的结构内力和结构状态，并满足分析评价要求为准则来确定。当需要对各监测点数据做相关分析时，应同步采集其数据。

**6.7.6** 结构应力监测应提交下列成果资料：

1 监测点位置分布图。

2 观测成果表。

3 应力变化曲线图。

## 6.8 专业巡查

**6.8.1** 巡查内容应包括周边场地情况、结构现状、监测设备工作情况及结合工程经验确定的其他巡视检查内容，巡检内容可参考附录A。

**6.8.2** 巡查以目测为主，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。

**6.8.3** 巡查的重点是确认基准点、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。

**6.8.4** 巡查完成后，应及时对数据进行整理、分析和校对，结果出现异常时，应进行现场复查，分析差异产生原因以及对监测结果的影响程度。

**6.8.5** 当监测系统发出预警信号时，应加强巡查；当发现异情或危险情况时，应及时通知相关单位。

**6.8.6** 巡查工作应做好详细的记录，巡查结束后应将记录当日上传至监测系统，巡检书面记录登记应保存留档，并可追溯。

**6.8.7** 每次巡查后，应详细记录所发现的问题，包括问题的位置、性质、严重程度等，对重要问题应拍摄照片或视频。

**6.8.8** 巡查应包括下列内容：

1 结构表面状况检查，检查结构表面是否有裂缝、剥落、锈蚀、渗漏等现象，特别注意检查焊缝、连接部位和受力集中的区域；

2 支撑与固定设施检查，检查结构的支撑系统、锚固设施和连接件是否稳固，有无松动、变形或损坏；

3 荷载与变形情况检查，观察结构是否有异常变形，如梁板挠曲、柱体倾斜等，并注意是否有过载现象；

4 周边环境与基础检查，检查工程结构周边环境是否有影响结构安全的变化，如地基沉降、水土流失、邻近施工活动等，同时检查基础是否有沉降、隆起或滑移的迹象；

5 保护层与防水层检查，检查防水层、防火层等保护层是否完好，有无破损、老化或失效现象；

6 附属设施检查，对楼梯、栏杆、扶手等附属设施进行检查，确保其安全可靠。

**6.8.9** 巡查的频率应根据工程结构的重要性、使用环境、历史状况以及加固改造的进度等因素确定。一般来说，对于重要工程结构或正在进行加固改造的结构，每周不宜少于一次；对于一般工程结构，每月不宜少于一次。

**6.8.10** 人工巡检设备在使用前应进行标定。

## 6.9 自动化监测

**6.9.1** 既有建筑结构改造加固自动化监测系统，应符合下列规定：

1 监测系统采用的通讯模式可根据现场实际情况采用不同的传输模式，但应确保数据通讯传输的实时性和可靠性。

2 监测平台应具备自动预警功能等功能，并做到可视化。

3 监测系统平台与监测系统硬件应相匹配，且具有兼容性、可扩展性、易维护性和良好的用户使用性能。

4 监测系统应具备原始数据存储、结果数据存储以及数据自动备份功能，确保数据的安全性。

5 为了保证监测系统能正常稳定运行，应定期对监测系统进行检查、维护以及更新。

**6.9.2** 监测系统硬件设备的选择应符合监测系统的要求，各项技术指标均应符合国家或行业标准。

**6.9.3** 监测系统平台应遵循“科学性、先进性、安全性、可扩展性、经济性”的原则进行设计。

1 监测系统平台应具备采集、处理、存储监测数据、监测成果可视化以及预报警管理等功能。

2 监测系统平台应能根据用户的需要，生成各类监测报表，并自动生成监测数据的实时动态曲线图，曲线图应能清楚分辨监测点变化量。

3 对监测数据的阈值自动判定从而触发报警功能；

4 通过对历史数据的趋势分析，预测在未来1-3个监测周期内发展趋势。

**6.9.4** 监测设备作业环境应符合下列基本规定：

1 信号电缆、监测设备与大功率无线电发射源、高压输电线和微波无线电信号传输通道的距离宜符合现行国家标准《综合布线系统工程设计规范》GB50311的相关要求；

2 监测接收设备附近不宜有强烈反射信号的大面积水域、大型建筑、金属网及无线电干扰源；

3 采用卫星定位系统测量时，视场内障碍物高度角不宜超过15°。

**6.9.5** 监测单位应指派专人负责监测系统的运行和维护。加强监测系统的维护和管理，定期对监测系统的软硬件进行检查，监测系统硬件应备有备品和备件，检查频率不少于每月1次，在台风、特大暴雨等恶劣天气后宜进行1次全面的检查和维护。

**6.9.6** 所有原始数据必须全部存档，每周备份宜不少于1次。

# 7 监测成果与报告

## 7.1 一般规定

**7.1.1** 监测成果应包括监测图表、曲线、文字报告及可能需要的原始监测记录、计算分析资料等。

**7.1.2** 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、清醒、完整，不得随意涂改。

**7.1.3** 监测机构取得阶段性监测成果后，应及时对监测资料进行整理、校对和分析，并形成阶段性监测报告提交至委托单位。

**7.1.4** 监测工作全部完成后，监测机构应向委托方提交总结性监测报告。

**7.1.5** 监测成果及监测报告应按国家和地方相关主管部门的要求归档，并做好备份。

## 7.2 数据处理

**7.2.1** 监测数据应进行处理分析，数据处理宜包括前处理和后处理。

**7.2.2** 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等；后处理宜包括数据统计分析等。

**7.2.3** 应对监测数据的工频噪声、尖峰噪声、起伏噪声等进行消噪与滤波处理。

**7.2.4** 应对监测数据的数据缺失、数据漂移和数据跳点异常等情况进行判断。

**7.2.5** 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，分析监测数据的变化原因和变化规律。

## 7.3 监测报告

**7.3.1** 监测报告应包括阶段性报告和总结性报告。

**7.3.2** 监测报告应满足监测方案的要求，内容完整、结论明确、文理通顺，应为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，监测报告应在监测完成后5个工作日内提交。

**7.3.3** 阶段性报告应包括以下内容：

1 该监测阶段的工程概况；

2 该监测阶段的监测项目及监测点的布置图；

3 该监测阶段的数据整理、统计及监测成果的过程曲线，异常情况的处理记录等；

4 该监测阶段各监测项目监测值的变化分析及评价；

5 监测结论及建议；

**7.3.4** 总结性报告应包括以下内容：

1 工程概况；

2 监测依据；

3 监测项目；

4 监测点布置；

5 监测设备和监测方法；

6 监测频率；

7 监测预警值；

8 巡检照片及监测数据；

9 基准点稳定性分析资料、各监测项目全过程的发展变化分析及整体评述；

10 结论与建议；

11 相关附件。

附录A

**专业巡查表**

地址： 报表编号：

专业人员： 巡查时间： 天气情况：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 分类 | 巡视检查内容 | 巡视检查结果 |
| 砌体结构 | 承重墙 | 新增裂缝 是口 否 口 其他：  |
| 支承梁或屋架端部的墙体或柱在支座部位 | 新增裂缝 是口 否 口 其他： |
| 承重墙或砖柱 | 表面风化、剥落、砂浆粉化等现象 |
| 纵横承重墙体连接处 | 竖向裂缝 是口 否 口 其他： |
| 门窗洞口上砖过梁 | 裂缝或下挠变形 是口 否 口 其他： |
| 承重砌体墙根部 | 风化剥落 是口 否 口 其他： |
| 混凝土结构 | 梁跨中或中间支座受拉区 | 竖向裂缝 是口 否 口 其他： |
| 混凝土 | 蜂窝、露筋、裂缝、孔洞、烂根、疏松、外形缺陷、外表缺陷 是口 否 口 其他： |
| 柱、梁、板、墙的混凝土保护层 | 严重脱落、露筋 是口 否 口 其他： |
| 梁支座 | 剪切斜裂缝 是口 否 口 其他： |
| 混凝土墙中部 | 斜裂缝 是口 否 口 其他： |
| 钢结构 | 构件或连接件 | 裂缝或锐角切口 是 口 否 口 其他： |
| 受力构件 | 大面积锈蚀 是口 否 口 其他： |
| 屋架 | 倾斜 是口 否 口 其他： |
| 梁、板 | 下挠 是口 否 口 其他： |
| 木结构 | 连接节点 | 松动变形、滑移、沿剪切面开裂、剪坏 是口 否 口 其他： |
| 连接铁件 | 严重锈蚀、松动 是口 否 口 其他： |
| 屋架 | 下挠 是口 否 口 其他： |
| 木构件 | 心腐缺陷 是口 否 口 其他： |
| 周边环境 | 周边路面或地表 | 裂缝、沉陷、隆起 是口 否 口 其他： |
| 河流湖泊的水位 | 变化 是口 否 口 其他： |
| 影响结构安全的其他生产活动 | 周边开挖等 是口 否 口 其他： |
| 监测设施 | 基准点、监测点完好 |  是口 否 口 其他： |
| 监测元件的完好 |  是口 否 口 其他： |
| 监测工作的障碍物 |  是口 否 口 其他： |

附录B

**移位工程实时监测结果汇总表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工程名称 |  | 填表人 |  | 时间 |  |
| 施工项目 | 监测项目 | 监测最大误差值 | 限值 | 是否合格 | 其他 |
| 移位轨道 | 平整度 |  |  |  |  |
| 坡度 |  |  |  |  |
| 切割托换 | 托换节点沉降差 |  |  |  |  |
| 同步移动 | 轨道沉降 |  |  |  |  |
| 轨道沉降差 |  |  |  |  |
| 相邻轴最大移动行程差 |  |  |  |  |
| 水平扭转 |  |  |  |  |
| 轴线横向水平偏差 |  |  |  |  |
| 竖向倾斜 |  |  |  |  |
| 移动速率 |  |  |  |  |
| 托架部位振动加速度 |  |  |  |  |
| 上部结构裂缝宽度 |  |  |  |  |
| 临时结构最大裂缝宽度 |  |  |  |  |
| 就位连接 | 最大就位偏差 |  |  |  |  |
| 就位后沉降差 |  |  |  |  |
| 施工项目负责人 |  | 监测项目负责人 |  |

附录C

**关键部位裂缝观测表**

|  |  |
| --- | --- |
| 工程名称 |  |
| 建设单位 |  |
| 设计单位 |  |
| 施工单位 |  |
| 监理单位 |  |
| 观测人 |  | 观测时间 |  |
| 观测部位 | 观测结果 | 分析说明 | 处理意见 |
| 上部结构 | 房屋四角墙体 |  |  |  |
| 门窗洞口墙体 |  |  |  |
| 较大跨度两端 |  |  |  |
| 柱根 |  |  |  |
| 楼梯 |  |  |  |
| 电梯 |  |  |  |
| 悬挑部位 |  |  |  |
| 女儿墙 |  |  |  |
| 临时结构 | 基础粱 |  |  |  |
| 柱托换节点 |  |  |  |
| 墙托换梁 |  |  |  |
| 托架连梁 |  |  |  |
| 滚轴 |  |  |  |
| 牵引环 |  |  |  |
| 反力支座 |  |  |  |
| 牵引钢索 |  |  |  |
| 千斤顶 |  |  |  |

附录D

**结构应力应变监测表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测日期、时间 |  | 仪器名称 |  | 仪器编号 |  |
| 测点编号 | 本次读数 | 应变 | 变化量(kN) | 测点编号 | 本次读数 | 应变 | 变化量(kN) |
| 本次变量 | 累计变量 | 本次变量 | 累计变量 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 成力应变大小变化曲线图 | 本监测项目测点布设示意图 |
|  |  |