

T/CECS XXXX-XXXX

**中国工程建设标准化协会标准**

**顶升移位工程施工监测与控制技术标准**

**Technical standard for construction monitoring and control of jacking-up and moving engineering**

**（征求意见稿）**

2024年10月**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2022年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2022]40号）的要求，标准编制组经广泛调研，认真总结经验，参考国内外有关标准，在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准的主要技术内容是：1总则；2术语；3基本规定；4施工监测；5施工控制；6成果交付。

本标准由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理，由上海市建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至上海市建筑科学研究院有限公司（地址：上海市徐汇区宛平南路75号，邮政编码：200032）。

主编单位：上海市建筑科学研究院有限公司

上海天演建筑物移位工程股份有限公司

参编单位：主要起草人员：主要审查人员：

目 次

[**1 总则** 1](#_Toc181376407)

[**2 术语** 3](#_Toc181376408)

[**3 基本规定** 4](#_Toc181376409)

[**3.1 监测与控制要求** 4](#_Toc181376410)

[**3.2 监测设备规定** 6](#_Toc181376411)

[**3.3 数字化技术应用要求** 7](#_Toc181376412)

[**4 施工监测** 12](#_Toc181376413)

[**4.1 一般规定** 12](#_Toc181376414)

[**4.2 监测内容** 13](#_Toc181376415)

[**4.3 监测方法** 17](#_Toc181376416)

[**4.4 监测频率调整** 25](#_Toc181376417)

[**5 施工控制** 29](#_Toc181376418)

[**5.1 一般规定** 29](#_Toc181376419)

[**5.2 巡视反馈** 31](#_Toc181376420)

[**5.3 监测反馈** 33](#_Toc181376421)

[**6 成果交付** 39](#_Toc181376422)

[**本标准用词说明** 40](#_Toc181376423)

[**引用标准名录** 41](#_Toc181376424)

Contents

[1 General Provisions 1](#_Toc171596018)

[2 Terms 3](#_Toc171596019)

[3 Basic Requirements 4](#_Toc171596020)

[3.1 Monitoring and control requirements 4](#_Toc171596021)

[3.2 Monitoring equipment regulations 6](#_Toc171596022)

[3.3 Digital technology application requirements 7](#_Toc171596023)

[4 construction monitoring 12](#_Toc171596024)

[4.1 General requirements 12](#_Toc171596025)

[4.2 Monitoring content 13](#_Toc171596026)

[4.3 Monitoring method 17](#_Toc171596027)

[4.4 Monitoring frequency adjustment ………………………………………………25](#_Toc171596032)

[5 construction control 29](#_Toc171596028)

[5.1 General requirements 29](#_Toc171596029)

[5.2 walkaround feedback 31](#_Toc171596030)

[5.3 Monitoring feedback 33](#_Toc171596031)

[6 Results delivery 39](#_Toc171596033)

[Explanation of wording in this standard 40](#_Toc171596036)

[List of quoted standards 41](#_Toc171596037)

**1 总则**

**1.0.1** 为在移位工程中贯彻执行国家的技术经济政策，做到技术先进、安全可靠、经济合理、确保质量，制定本标准。

【条文说明】

现代移位技术已在国内外得到大力发展，建立了同步控制液压技术、结构托换技术、临时加固技术、实时监测技术、就位连接技术等技术体系，适用范围涵盖了钢筋混凝土结构、砖混结构、木结构、组合结构等，以及高层建筑、历史建筑、桥梁等。移位造价为拆除重建的30%~50%，工期缩为拆除重建的1/4~1/3；有效缓解了既有建筑保护与拆除的矛盾，保护了优秀历史建筑，促进了文化传承和可持续发展，社会效益显著；减少了因拆除产生的建筑垃圾，保护了环境，节约了资源；有效开发和利用了地下空间，提高了土地集约利用率等。移位技术产生的经济与社会效益显著。

实施城市更新行动是国家“十四五”规划明确的重大工程项目，要求顺应城市发展规律，尊重人民群众意愿，以内涵集约、绿色低碳发展为路径，转变城市开发建设方式，坚持“留改拆”并举、以保留利用提升为主，加强修缮改造，补齐城市短板，注重提升功能，增强城市活力。随着《住房和城乡建设部关于在实施城市更新行动中防止大拆大建问题的通知》（建科〔2021〕63号）的发布，工程移位需求将进一步被释放，市场前景十分广阔。

移位工程施工是一个动态过程，伴随着荷载多次转移，可能发生变化的参数包括基础沉降、既有结构裂缝、应力应变、房屋姿态、顶推及顶升加速度等。上述量值的变化幅度直接影响到移位的安全，准确监测这些数据并进行分析反馈，可有效保证移位的安全、精度与效率，对移位工作具有重要指导意义。

为适应当前形势所需，本条规定了针对建（构）筑物、桥梁等移位工程施工监测与控制所应遵循的技术经济政策和达到的目的要求。

**1.0.2** 本标准适用于建（构）筑物、桥梁等移位工程的施工监测与控制。

【条文说明】

本条明确了标准的适用范围。本标准对建（构）筑物、桥梁等移位工程施工过程中的监测与控制相关技术内容进行了规定。

**1.0.3** 移位工程的施工监测和控制除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

**2 术语**

**2.0.1** 移位工程moving engineering

将建（构）筑物或桥梁从原位置移动到新位置的工程，包括升高、降低、平移、转动等其中的一项工作或多项连续工作。

**2.0.2** 施工监测 construction monitoring

在移位工程施工过程中，利用巡视检查或监测仪器对结构关键部位及施工机械关键参数各项控制指标进行的实时观测。

**2.0.3** 施工控制construction control

确保移位工程施工过程安全、施工质量达标，以及使结构变形和内力状态等参数达到设计最优所采取的措施。

**2.0.4** 数字化监测 digital monitoring

通过监测仪器设备、数据采集管理系统、数字传输及通信系统、数据存储管理系统、信息实时分析报警平台等对移位工程施工全过程的安全状况、变化特征实施的自动监测和预警。

**2.0.5** 监测点 monitoring point

直接或间接布置在被监测的建（构）筑物或桥梁上、能反映其变化特征的观测点。

**2.0.6** 预警值 warning value

为保证被检测对象的安全，对表征被监测对象可能发生异常或进入危险状态的监测量所设定的警戒值。

**3 基本规定**

**3.1 监测与控制要求**

**3.1.1** 移位工程应制定监测方案，建立监测体系，对施工安全影响较大的因素和重点部位、关键指标进行监测管控。

【条文说明】

应综合考虑工程特点、监测目的及要求，编制相应的监测方案，做到重点突出，确保方案合理。

**3.1.2** 移位工程监测阶段包括施工前监测、施工过程中监测和施工完成后监测三个阶段。

【条文说明】

本条明确了移位工程监测的三个阶段，其主要目的是通过三个阶段的监测，分别了解三个阶段建（构）筑物、桥梁等的状态，评价建（构）筑物、桥梁移位后的状态。移位施工前，制定施工监测方案并布设完成监测点。监测项目应与移位工程设计、施工方案相匹配；应针对监测对象的关键部位进行重点监测；各监测项目的选择应利于形成互为补充、验证的监测体系。在移位施工过程中应根据实际情况对建筑物的沉降量、沉降差、倾斜、裂缝、水平位移、竖向位移、支撑体系进行实时监测。移位施工完成后，应对影响区的建（构）筑物、桥梁进行沉降监测，监测时间一般不少于半年。

**3.1.3** 应由施工单位或委托具有相应能力的机构根据施工图、专项施工方案、结构现状等编制监测方案，并对移位工程实时监测并提交监测报告。

【条文说明】

移位工程作为一种特殊且复杂的施工工艺，其施工过程中涉及到的结构安全、稳定性以及周边环境的保护等方面均需严格监控。因此，为确保施工过程中的安全性与质量控制，必须编制专项的施工监测方案。该方案应全面考虑施工过程中的各种风险因素，确保监测工作的系统性和有效性。

**3.1.4** 监测方案主要内容应包括：监测目的、监测内容、监测点布置、测量仪器及测量方法、监测周期、监测频率、监测结果处理要求、预警值和反馈制度等。

**3.1.5** 对存在病害的结构，移位施工前应进行病害影响分析，对可能引发重大风险的病害问题，应先进行结构加固再进行移位施工，并应在移位过程中加强对既有病害及其影响区域的监测。

【条文说明】

常见的结构病害包括开裂、倾斜、钢筋锈蚀外露等。本条旨在确保对存在病害的结构进行移位施工前，采取必要的预防和加固措施，以降低施工过程中的安全风险。具体要求如下：

病害影响分析：施工前应对结构的病害进行全面评估，分析其对位移工程可能造成的影响，包括但不限于结构承载能力、稳定性和耐久性。

结构加固：对于评估中识别出的重大风险病害，必须在位移开始前进行结构加固，加固措施应根据病害的结构特点制定，并由具有相应资质的机构执行，以确保加固效果满足工程安全要求。

加强监测：在位移过程中，对于既有病害及其影响区域，应制定详细的监测计划加强监测，监测内容应包括但不限于结构位移、裂缝发展、应力变化等关键指标。

记录与评估：所有监测数据的执行情况都应详细记录，并及时进行评估，以确保结构安全。

**3.1.6** 应根据结构现状和所处的监测阶段确定监测频率。监测过程中，监测数据异常或变化速率较大、达到或超过预警值时，应暂停施工并分析原因，待查明原因并及时处理后方可继续施工，且后续施工应提高监测频率。

**3.2 监测设备规定**

**3.2.1** 传感器和监测设备应能满足观测精度和量程要求，且应检定合格，并在检定有效期内使用。

**3.2.2**传感器和监测设备安装前，应编制安装方案，内容宜包括布置时间节点、布置方法、电缆连接和走向、保护要求、仪器检验、测读方法等。

**3.2.3** 测点布置完成后应对传感器、监测设备、导线和电缆等采取适当保护措施，并开展第一次初始测读，发现问题应立即处理。

【条文说明】

本条旨在确保测点布置完成后，相关的传感器、监测设备、导线和电缆等关键组件得到有效保护，以维持其正常功能和延长使用寿命。该条文主要包含以下几个方面的要求和考虑：

（1）保护方式的适当性：要求对传感器、监测设备、导线和电缆等采取“适当的方式”进行保护。保护措施应根据实际环境条件（如温度、湿度、腐蚀性、电磁干扰等）、设备特性以及使用需求来定制，确保既能有效防止损害，又不会影响设备的正常工作和数据准确性。

（2）即时处理问题：保护过程中，一旦发现任何问题（如设备损坏、导线裸露、连接松动等），应立即采取措施进行处理。这是为了防止小问题演变为重大故障，影响监测系统的整体性能和数据的可靠性。

（3）全面性与细致性：对监测系统各个组成部分应该做到全面关注，在监测时不仅应关注传感器和监测设备本身，还应对导线、电缆等各种连接部件进行检查。

**3.3 数字化技术应用要求**

**3.3.1** 施工监测宜采用实时监测，并宜采用计算机控制的信息化、自动化动态监测系统。

【条文说明】

本条强调了位移工程施工监测的重要性及其对技术手段的要求。在移位工程中，由于工程本身的复杂性和高风险性，实时监测是确保施工安全、质量和进度的重要手段。通过实时监测，可以及时发现施工过程中的异常情况，为工程决策提供及时、准确的数据支持，从而有效预防和控制潜在的安全隐患。

当符合以下情况时宜优先实施数字化监测：（1）监测频率要求较高或连续实时监测的项目；（2）因条件限制难以使用人工方式进行监测的项目；（3）周边环境保护等级和工程安全等级较高或邻近重要设施的项目；（4）其他便于实施数字化监测的项目。

条文中的“宜采用计算机控制的信息化、自动化动态监测系统”是对监测技术手段的具体要求。计算机自动控制的信息化、自动化动态监测系统具有以下优势：

（1）实时监测与数据处理：能够实时采集、传输和处理监测数据，提高监测的时效性和准确性。

（2）自动化控制：通过预设的监测阈值和报警机制，系统可以自动进行数据分析，并在监测数据超出正常范围时发出报警，减少人工干预，提高响应速度。

（3）信息化管理：系统能够存储和管理大量的监测数据，便于后续的数据分析、挖掘和工程质量的长期评估。

（4）提高监测效率：自动化监测系统可以同时对多个监测点进行监测，大大提高了监测的效率和覆盖面。

**3.3.2** 宜采用三维激光扫描技术、倾斜摄影技术、BIM建模技术等建立被监测本体的三维数字化模型。

【条文说明】

本条旨在强调在移位工程施工监测与控制过程中，采用先进的三维数字化建模技术将有利于工作的开展。具体而言：通过三维激光扫描，可以实时监测移位过程中结构的变化，为施工控制提供精确的数据支持；倾斜摄影技术通过从多个角度拍摄被监测对象，获取丰富的影像信息，有助于全面、直观地展示移位工程的进展和状态，便于施工监测与控制；在移位工程中通过BIM建模，可以实现施工过程的可视化模拟，预测潜在问题，优化施工方案，BIM模型可以作为施工监测与控制的基础，实现施工信息的实时更新和共享，提高施工效率和质量。

**3.3.3** 数字化施工监测宜包括下列工作：

1 基于设计模型及施工模型的仿真分析；

2 采用自动化采集技术，对施工过程监测数据进行自动采集；

3 采用信息化管理技术，对施工过程监测数据进行存储和可视化监测分析；

4 采用自动化控制技术，对监测数据进行评估、反馈与预警。

【条文说明】

本条详细列出了数字化施工监测宜包含的关键工作环节，以确保移位工程施工过程中的安全性、准确性和高效性。在施工开始之前，通过利用设计模型和施工模型进行仿真分析，可以模拟施工过程中的各种可能情况；利用自动化采集技术，如基于物联网的各类传感器设备，可实时、准确地采集施工过程中的各种监测数据，能够大大提高数据采集的效率和准确性，减少人为错误和遗漏；利用数字化分析与控制技术，将采集到的监测数据转化为可视化图表、模型等形式，可实时展示施工过程的进展、结构变化、应力分布等情况，有助于施工人员更直观地了解施工状态，及时发现并解决问题；最终需要建立起合适的预警机制，当监测数据超出安全范围或预设阈值时，立即发出预警信号，以便迅速采取应对措施。

**3.3.4** 数字化监测设备应符合下列规定：

1 应满足对监测精度、采集频率、传输效率、处理速度的最低要求，并在开工前进行组网试运行；

2 应能进行数据异常情况下的自动预警或故障显示；

3 应采用防雷、防水、防尘、抗震设计，并能够抵抗使用过程中的高温、挤压等不利环境影响；

4 应配备应急电源供电，实现24h不间断实时监测，采用移动电源供电的，支持工作时间不宜低于24h，并应备有多块移动电源轮换供电。

【条文说明】

本条详细列出了数字化监测设备在移位工程施工中的具体要求，以确保监测数据的准确性、及时性和设备的稳定性。数字化监测设备必须满足对监测精度、采集频率、传输效率和处理速度的最低要求，这是确保监测数据质量的基础，在开工前，应进行组网试运行，以验证设备的性能、稳定性和数据传输的准确性，确保设备在实际施工中能够正常运行；设备应具备数据异常情况下的自动预警或故障显示功能，以便在监测数据出现异常或设备发生故障时，能够立即通知相关人员进行处理，防止因数据错误或设备故障导致的监测失效；考虑到施工现场环境的复杂性，数字化监测设备应采用防雷、防水、防尘、抗震设计，以增强设备的环境适应能力，确保其在各种恶劣条件下仍能稳定工作；此外对于设备电源的配置应能确保监测数据的连续性和完整性；施工现场如果无法完全避免干扰，应采取相应措施减少不利影响，如合理安排作业时间、优化设备布局、采用快速安装拆卸技术等，从而确保监测工作与施工活动的顺利进行。

**3.3.5** 施工监测所采用的传感器、监测仪器设备及配套数据传输系统宜通过物联网技术满足数字化监测的需求。

**3.3.6** 物联网技术应用应符合下列规定：

**1** 多组传感器在云端进行数据集成；

**2** 数据格式、传输延迟、精度和频率协调统一；

**3** 传感器采集数据使用前优化，包括数据转换、插值计算、降噪滤波、统一频率、编程自动化。

**3.3.7** 施工监测数字化所形成的施工监测指令、监测报告及相应的技术资料，宜同步集成到数字化监测管控平台。

**4 施工监测**

**4.1 一般规定**

**4.1.1** 监测方法的选择应根据项目要求、监测内容、监测精度、现场条件等因素综合确定。对有特殊要求的监测项目，可同时选择多种监测方法相互校验。

**4.1.2** 监测频率应根据施工方法、施工进度、监测对象、监测项目、地质条件等情况和特点，并结合当地工程经验进行确定。

**4.1.3** 监测频率应确保监测信息及时、系统地反映施工工况及监测对象的动态变化，当出现外部环境恶劣变化、安全事故征兆或现象时，宜加强监测，提高监测频率甚至连续监测。

**【条文说明】**

监测频率应根据实际工程状况、监测对象变形受力状态、监测数据变化趋势等确定并调整，监测工作应贯穿工程全过程。

**4.1.4** 除本标准规定的监测方法或设备之外，也可采用能达到本标准规定的精度和技术要求的其他方法或设备。

【条文说明】

在移位工程施工监测与控制过程中，虽然本标准已经规定了一系列的监测方法或设备，以确保施工的精度和质量满足要求，但技术总是在不断进步，新的、可能更加高效或精确的检测方法和设备也在不断涌现。

因此，本标准在强调规定方法或设备的同时，也允许采用其他能够达到同样精度和技术要求的方法或设备。这样的规定既保证了标准的科学性和严谨性，又兼顾了技术的多样性和创新性。

在实际施工过程中，如果施工单位或监测单位有更加先进、更加适合特定工程情况的检测方法和设备，且这些方法或设备能够满足或超过本标准规定的精度和技术要求，那么经过相关论证和比对后也可使用。

**4.2 监测内容**

**4.2.1** 施工前的现场监测应确保提供的基准数据准确。

**4.2.2** 施工过程中的现场监测应包括下列内容：

1 移位本体的沉降、倾斜、位移、裂缝和主要受力构件的应变；

2 移位轨道的变形及结构振动监测；

3 移位中需要保护的周边重要建筑的倾斜、沉降、裂缝，重要管线的沉降，重要设备设施的沉降、倾斜、震动；

4 移位设备的行程、荷载等。

【条文说明】

移位本体的沉降、倾斜、位移、裂缝和主要受力构件的应变监测是为了确保移位本体在施工过程中的稳定性。沉降、倾斜和位移的监测可以帮助了解移位本体是否在垂直方向和水平方向上发生了移动，从而判断其稳定性。裂缝和主要受力构件的应变监测可以帮助了解移位本体是否出现了结构损伤，从而及时采取措施防止事故的发生。

移位轨道的平整度、变形及结构振动监测是为了确保移位轨道在施工过程中的平整度和结构完整性。平整度和变形的监测可以帮助了解轨道是否出现了凹凸不平或者变形，从而判断其是否能够正常使用。结构振动监测可以帮助了解轨道在施工过程中是否出现了异常振动，从而判断其结构是否稳定。

移位中需要保护的周边重要建筑、管线及设备设施情况监测是为了确保施工过程中不会对周边的重要建筑、管线及设备设施造成损害。通过对这些内容的监测，可以及时了解施工过程中是否对这些周边设施造成了影响，从而及时采取措施防止事故的发生。

移位设备的行程、荷载等监测是为了确保移位设备在施工过程中的正常运行。通过对设备的行程和荷载进行监测，可以了解设备是否按照预定的方案进行工作，从而判断其是否能够完成施工任务。

另外，除了上述监测内容，必要时也需要开展地质监测。

**4.2.3** 施工完成后的现场监测应包括沉降、倾斜、水平位移、裂缝和应变的发展变化情况。

【条文说明】

本条规定了施工完成后对结构进行长期监测的内容，旨在持续跟踪结构在移位后的稳定性和安全性，确保结构的长期使用性能不受影响。通过长期监测，可以及时发现结构在使用过程中可能出现的问题，为结构的维护、加固和改造提供科学依据，确保结构的长期安全可靠。同时，长期监测数据也是评估移位工程效果和改进施工技术的重要资料。

**4.2.4** 沉降监测应包括以下内容：

1 施工前相对沉降量与施工过程中顶升量；

2 施工过程中沉降量测定并计算沉降差、沉降速率。

**4.2.5** 倾斜监测应包括以下内容：

1 测定顶部监测点相对于底部基准点或上部不同高度的监测点相对于下部基准点的倾斜角度或水平变化值、倾斜方向；

2 根据相应高度计算倾斜率。

**4.2.6** 位移监测应包括以下内容：

1 水平位移监测；

2 竖向位移监测；

3 移动速度与移动距离监测；

4 整体转角监测。

**4.2.7** 裂缝监测应包括以下内容：

1 记录原有裂缝，绘制裂缝位置分布图；

2 测定裂缝分布位置和裂缝的走向、长度、宽度及其变化情况；

3 每次观测应监测裂缝宽度变化，注明日期，并拍摄裂缝照片。

**4.2.8** 应变监测应包括以下内容：

1 应变监测；

2 监测对象材料的弹性模量测量。

【条文说明】

条文4.2.4~4.2.8详细规定了各监测指标包括的内容，旨在全面、准确地掌握结构的状态变化，确保施工安全与结构稳定性。

沉降监测是评估建筑物地基稳定性及结构安全性的重要手段。通过监测移位施工前后的相对沉降量及施工过程中的顶升量，可以掌握结构在不同施工阶段的垂直变形情况。同时，施工过程中定期测定沉降量并计算沉降差与沉降速率，有助于及时发现并预警潜在的沉降风险，确保施工安全与结构稳定。

倾斜监测主要关注结构整体的倾斜状况，包括顶部与底部基准点之间的倾斜角度或水平变化值，以及上部不同高度监测点相对于下部基准点的倾斜情况。通过测定倾斜角度、倾斜方向和计算倾斜率，可以评估结构的倾斜稳定性，为采取相应的加固或调整措施提供依据。

位移监测包括水平位移和竖向移位两部分，旨在全面掌握结构在三维空间内的位置变化。水平位移监测涉及横向、纵向及特定方向的监测，有助于识别结构在水平方向上的移动趋势。竖向移位监测则关注结构在垂直方向上的升降情况。同时，监测移动速度与移动距离，以及整体转角，能够更全面地评估结构的动态响应与稳定性。

裂缝是结构损伤的重要表现之一，裂缝监测对于及时发现并处理结构安全隐患至关重要。通过记录原有裂缝、绘制裂缝位置分布图，可以建立裂缝的基础档案。定期测定裂缝的走向、长度、宽度及其变化情况，能够跟踪裂缝的发展动态。每次观测时绘出裂缝的具体位置、形态和尺寸，并注明日期和拍摄照片，有助于形成完整的裂缝监测记录，为结构的安全评估与修复提供可靠依据。

应变监测是评估结构受力状态的重要手段。通过监测结构的应变变化，测量监测对象材料的弹性模量，可以了解结构在不同工况下的受力情况与变形特性。

**4.3 监测方法**

**4.3.1** 移位施工过程中结构三维变形监测可采用三维激光扫描、数字图像测量、地基合成孔径雷达成像等方法，监测频次可根据实际工程需要确定。

【条文说明】

本条文规定了移位施工过程中结构三维变形的监测方法及频次，旨在确保施工过程中结构的稳定性和安全性。

三维激光扫描：能够快速、精确地获取结构表面的三维坐标信息，适用于大范围、高精度的变形监测。

数字图像测量：通过分析结构表面的数字图像，计算得到变形信息，适用于局部区域的变形监测。

地基合成孔径雷达：利用雷达波穿透能力强的特点，对结构内部及地表进行监测，适用于复杂环境下的变形监测。施工单位应根据实际情况和结构特点，选择合适的监测方法，确保监测数据的准确性和可靠性。

**4.3.2** 沉降监测应符合下列规定：

**1** 沉降监测应设置高程基准点，基准点设置不应少于3个，高程基准点应设置在沉降和移位施工所产生的影响范围以外；高程基准点应稳定、牢固、长久保存。

**2** 沉降监测测量级别精度不应低于二等沉降观测。

**3** 沉降监测点应布设在能够全面反映建筑物及地基变形特征、变形明显部位、关键受力部位；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，宜在每根框架柱均增设监测点，沉降观测点间距不宜大于3m；监测点应通视良好，便于观测；标志应稳固、明显。

**4** 施工过程中，监测频率不宜低于2次/小时；施工完成后，监测频率不宜低于1次/天，直至沉降速率低于设计要求时或监测时间达到设计要求时； 施工过程中若暂停工，在停工时及重新开工时应各观测一次，停工期间可每隔1个月观测一次。

**5** 在施工过程中，若出现基础附近地面荷载突然增减、基础四周大量积水、长时间连续降雨等情况，均应及时增加监测次数。

**6** 可采用静力水准仪、视觉位移计、自动全站仪、地基合成孔径雷达等进行监测。

【条文说明】

关键受力部位指受力较大点、柱距较大处、楼梯间和电梯间等部位。控制监测点选择不当，往往造成测点无法观测，并且房屋为移动体，测点选择直接影响水准仪固定位置，测试中应尽量减少水准仪的移动次数。对于框架结构，可选择条文中规定的位置监测柱的沉降差；对于砌体结构房屋，可选定墙段两端作为测点。

**4.3.3** 倾斜监测应符合下列规定：

**1** 倾斜监测点应在对应监测站点的位置沿建筑物竖向布置，对建筑物整体倾斜按建筑物顶部、底部布设，对分层倾斜按分层部位、建筑物底部上下对应布设，宜布置在建筑物的外部阳角和倾斜量较大的部位，监测点布设标志应明显、牢固；

**2** 倾斜监测方法应根据建筑物特点、倾斜情况和监测场地条件等选择确定；

**3** 可采用倾角传感器、激光位移计、视觉位移计、自动全站仪、地基合成孔径雷达等进行监测。

**4.3.4** 位移监测应符合下列规定：

**1** 位移监测应设置定位基准点，定位基准点应设置在建筑物沉降和移位施工所产生的影响范围以外；定位基准点应稳定、牢固、长久保存；

**2** 水平位移监测点应选在建筑物的阳角、柱基、裂缝两边及一些重要位置，标志可采用墙上标志，具体形式及其布设应根据现场条件和观测要求确定；竖向位移观测点的布置应选择每根柱子切断面以上且不少于两个；监测点应通视良好，便于观测；标志应稳固、明显；

**3** 位移监测应根据现场作业条件，可采用拉线位移计、激光位移计、视觉位移计、自动全站仪、地基合成孔径雷达等进行监测。

**4.3.5** 裂缝监测应符合下列规定：

**1** 移位施工前，应对原有裂缝进行检测，统一编号并做好记录。每条裂缝应至少布设两组监测点，其中一组应在裂缝的最宽处，另一组在裂缝的末端；每组应使用两个对应的标志，分别设在裂缝的两侧，裂缝监测标志应具有可供量测的明晰端面或中心；

**2** 裂缝监测可采用裂缝宽度对比卡、塞尺、裂缝测宽仪、裂缝计或裂缝传感器等监测裂缝宽度，用钢尺度量裂缝长度，用贴灰饼或金属片的方法监测裂缝的发展变化。

【条文说明】

在移位前需对裂缝进行详细调查，在移位过程中需对已有裂缝进行监测，并观测有无新裂缝产生。

**4.3.6** 应变监测应符合下列规定：

**1** 通过应变值推定监测点应力增量时，宜对监测对象材料的弹性模量进行测量；

**2** 应变监测点应合理布设，宜与变形监测点统筹布置，不同监测项目间数据应能相互验证；

**3** 应变测点应设置在能够反映移位过程中结构内力变化的关键或敏感部位，监测点应稳固、明显，不易被破坏；

**4** 在温度变化较大的环境中进行应变监测时，应优先选用具有温度补偿措施或温度敏感性低的应变设备，或采取有效措施消除温差引起的应变影响；

**5** 可采用数据自动采集仪结合电阻应变计、振弦式应力应变计、光纤类应力应变计、分布式（密集式）光纤光栅传感方式进行监测。

【条文说明】

应变测点需布置在结构内力对位移反应敏感的部位，具体位置可通过建立结构模型对施工过程进行模拟分析确定;通常主梁应力控制断面设在支点、1/4跨、跨中、3/4跨，每个断面测点根据移位方式可设置不同点。对断柱式顶升，不要少于3个;对梁体直接顶升则对每片梁均要监测。监测数据要能反映结构由于施工导致的附加应力的分布、大小和方向。

对于施工在结构内产生的附加弯矩，测点要布置在弯曲应力最大的构件上、顶升改造时的结构下缘或平移改造时的结构两侧;对于附加剪力，测点需布置在构件的中性轴上;应变传感器的轴向需与结构附加应力的方向一致。

对于支撑构件，需在每个监测截面的周边布置不少于2个测点，应变传感器的轴向要与构件轴线平行。

**4.3.7** 桥梁同步顶升监测尚应符合下列规定：

**1** 当单联顶升时，顶升范围内每个墩顶设置一个位移监测断面，每个断面至少布置2个位移监测点，监测顶升高度差及水平位移变化；当多联同步顶升时，应在伸缩缝两侧各设置一个监测断面；当大跨径顶升时，应在2/3跨处增加监测断面。

**2** 每个墩台宜布置2个水平位移测点及2个竖向位移测点测量墩台与梁底间相对位移。

**3** 梁体截面应变测点应布置在梁体关键断面，测点数量应满足梁体顶升安全要求。

【条文说明】

本条规定了桥梁同步顶升监测要求，基于这些规定，施工单位能够对桥梁同步顶升过程进行有效监控，及时发现并处理可能出现的位移和应变异常，确保桥梁结构在顶升过程中的安全性和稳定性。

**4.3.8** 沉降、倾斜、位移、裂缝、应变等指标监测点的布置位置和数量应充分考虑监测对象特点和工程实际情况，通过不断调整达到最优方案。

【条文说明】

移位工程的沉降、倾斜、位移、裂缝、应变等指标监测点的布置位置可参考表4.3.8。

**表4.3.8 监测点布置位置建议**

|  |  |
| --- | --- |
| **指标** | **监测对象及测点布置的位置** |
| 沉降 | 测点可以布置在托换结构和结构关键层上。对于木结构可以布置于木柱和木梁上；砌体结构可以布置于平面转角位置、承重墙两端等；钢筋混凝土结构可以布置于平面转角位置、结构柱网处等。 |
| 倾斜 | 可以在移位结构顶部布设测点监测结构整体倾斜；在首层、转换层、错层等位置布设倾斜位移计监测结构层间位移角；在结构传力路径上的关键柱、施工期间临时支撑或是受力较大的柱上布置倾角计。 |
| 竖向位移 | 对所有移位结构都宜在移位过程监测整体竖向位移情况，托盘梁竖向变形情况，因此，在顶升过程中可以选取典型托盘梁段和地面之间布设拉线位移计、激光位移计。 |
| 水平位移 | 对所有移位结构都宜在移位结构顶部（角点位置）布设测点监测结构整体水平位移。 |
| 裂缝 | 在移位工程中，对建筑结构状况最直观的把握就是结构的裂缝程度。就移位施工过程而言，托盘系统和上部结构的危险裂缝是引起移位工程失败的直接因素。因此需对这些关键结构上的既有裂缝和新发展的裂缝进行监测。对一些特殊项目，如古建筑中有大型文物需要同步移位，需要根据文物保护相关要求监测其已有的裂缝，防止其继续扩展。 |
| 应变 | 对重要的托盘梁可以选择典型的有代表性位置布设应变计，或用计算机视觉的方式监测其挠度（托盘梁作为一位工程的重要托换构件，需要重点监测）。在结构传力路径上的关键梁和板、施工期间临时支撑或是受力较大的梁和板、已有裂缝或较大形变的梁和板等位置布设应变计、视觉设备，监测其应变及挠度。内力或变形较大且计算模型难以准确模拟实际情况的节点和具有重要使用功能及特殊要求但模拟计算无明确计算依据的节点也可以酌情布设测点进行监测。 |
| 速度/加速度 | 对移位结构整体进行加速度（速度）监测，可以在每层或关键层（首层、转换层、顶层等）布设1-2 个加速度传感器。对文物或古建筑的移位过程需要对其速度进行监测（古建筑防工业振动技术规范要求），可以采用实时机动监测。对移位结构整体和极其薄弱或需要保护的构件需监测其加速度，可以挑选结构中有代表性的薄弱构件布设加速度计。 |
| 其他环境监测参数 | 对于木结构，有温度湿度监测要求，温度湿度应布置在结构内变化大且能反应整个结构变化规律的测点。对于台风带、地震带周围的工程，还应在周边布设风力监测、动力响应监测系统。 |

结合监测对象特点和工程实际情况，对监测点的布置数量给出如下建议：

（1）由于移位工程面对的不确定性因素更多、风险更大，很难避免有传感器失失效的情况发生。因此，测点数量和布置范围应有冗余量，当某一传感器出现故障或者失效时，可以通过其它传感器获得该区域的结构状态。此外，在重要部位宜增加测点。

（2）测点数量也不应有过度的冗余。可以通过事先的有限元模拟优化传感器布设方案。必要时可以通过结构的对称性等特点减少测点数量。

（3）对于移位结构，各阶段施工工序较为复杂。监测设备应在不妨碍结构施工和正常使用的前提下，选择方便安装、维护和更换的位置。在符合监测要求的基础上，可以选择信号传输距离短的点位。

（4）环境要素监测需覆盖从移位工程开始到建筑整体就位后的移位全过程中，对结构所处的场地风速（若项目位于台风多发区则重点监测）、场地的地震动和环境温度进行监测。对结构所处的风场环境进行监测，可采用三维超声风向风速仪，布置在结构迎风面的最高点处；为了解主体结构、墙体及屋面所受到的风荷载作用，可在相关测点处布置风荷载压力传感器。在不受施工干扰的测点处设置三向加速度计以观测可能发生的场地地震动。设置不少于4 个温度测区（阳面、阴面等温度差异较大的区域），对结构所处环境温度变化进行监测。

（5）对于移位路径复杂的结构需进行结构水平位移监测，建议设置在结构顶部的角点处，至少布置4 个测点。可以采用北斗卫星定位系统（兼容其他GNSS系统）监测方法（基本原理是：在变形点附近固定一个稳定性高的北斗基准点，同时采集基准站与监测点上的卫星测距信号，采用相对定位原理，计算出监测点相对于参考站点的相对位移变化情况以达到观察监测点有效位移变化量的目的），北斗后处理长期监测坐标序列可有效反馈真实缓慢形变过程，解算精度可达到2-4mm。

（6）在移位过程中，对上部承重构件和结构关键构件等重点部位进行结构构件应力应变监测，如荷载较大的框架柱、刚度差异显著的部位、或沉降差异显著的构件。对于既有构件可以采用表面式应变计，对于新浇筑的构件应采用内置式应变计，存活率应达到95%以上。

（7）对于体量大、刚度不均匀的移位结构需要在移位全过程中实时监测结构整体倾斜。对于一般性结构测点可以布置在结构四周角点及中庭四角点处。

（8）对于移位控制点多的项目，需要在移位全过程中实时监测结构的局部沉降差异，测点位置建议布置在结构承重的框架柱下或顶升点位置处。

（9）移位全过程都需要对托换梁体系应力应变进行监测，测点布置位置应根据计算模拟结果布置在应变增量显著的位置，及时获得托换梁体系的状态，宜采用内置式应变计，保障存活率达到95%以上。

（10）移位过程中结构处于运动状态中且不稳定，另有可能受到风荷载、地震等动力荷载的作用，需要结构的动力响应进行监测以获得结构的动力特征，评估移位工况、环境荷载对结构的影响。采用三向加速度传感器布置在结构不同楼层处，楼面至少布置3 个加速度计以获得该楼层水平向及扭转的动力响应，布置方式应能获得结构累计振型参与系数95%的振型。

（11）建议对上部承重构件、结构关键构件和托换梁体系上出现的裂缝进行实时监测，以观测裂缝发展趋势。

（12）根据移位工程实际情况可以对非结构构件关键部位进行监测。例如，玻璃幕墙、采光屋面等次结构对变形敏感，需要在次结构与主体结构的连接部位、变形较大部位等位置布置位移或应变传感器，及时评估次结构的安全状况，具体的测点布置位置根据结构状况设定，传感器的参数要求可参考项目中的同类传感器。对于大跨度的钢结构采光屋面可布置加速度计，获得次结构的动力响应数据，测点数量应可以获得结构累计振型参与系数95%的振型。

**4.3.9** 根据需要设置结构健康监测系统时，应保证施工监测数据与健康监测数据的连续性。

【条文说明】

本条强调在结构健康监测系统的设置中，必须考虑施工监测与健康监测数据的连续性，这对于保障结构在全生命周期内的安全性和可靠性具有重要意义。通过实现数据连续性，可以提升管理的科学性和有效性，为结构长期使用和维护提供强有力的技术支持。

**4.4 监测频率调整**

**4.4.1** 移位工程中，监测频率应根据施工阶段、施工内容等进行确定，且应根据施工环境条件变化进行实时调整。

【条文说明】

在移位工程中，监测频率的设定是确保施工安全、及时发现和解决问题的关键。监测频率的确定不是一成不变的，而是需要进行综合考虑。

不同的施工阶段可能面临不同的风险和挑战，因此监测频率应根据施工的具体阶段来设定。

施工内容的不同也会影响监测频率的设定。一些复杂的施工操作或对结构影响较大的作业，可能需要更高的监测频率，以确保施工的安全和结构的稳定。

施工环境条件，如天气、温度、湿度等，可能会对移位工程产生影响。因此，监测频率应根据这些环境条件的变化进行实时调整。

**4.4.2** 移位工程中，监测频率按施工阶段划分，应满足下列规定：

**1** 建（构）筑物基础加固阶段监测：1次/1d；

**2** 邻近基坑围护施工阶段监测：对应施工位置1次/1d跟踪监测，其余位置1次/7d；

**3** 托换结构施工阶段监测：1次/1d；

**4** 正式移位阶段监测：1次/1d；

**5** 就位连接后一周内监测：1次/1d。

**4.4.3** 移位工程中，当反力基础开挖深度过深时，应提高监测频率。当开挖深度＜10m时，监测频率宜为1次/1d；当开挖深度≥10m时，监测频率应为2次/1d。

**4.4.4** 对于移位过程中临时支撑或者新址就位后的监测频率设置，在正式施工期间应1次/1d，移位工程整体完成7d后宜1次/2d，30d后宜1次/7d，经数据分析确认移位进程收敛达到稳定后可1次/(15d~30d)。

**4.4.5** 当遇到下列情况时，应提高监测频率：

**1** 监测数据异常或变化速率较大；存在勘察未发现的不良地质条件，且影响工程安全；地表、建（构）筑物、桥梁等周边环境发生较大沉降、不均匀沉降；

**2** 顶升始发、交替以及设备停机检修或更换液压设备期间；基础切割断面附近及受力转换部位；

**3** 工程出现异常；

**4** 工程险情或事故后重新组织施工；

**5** 暴雨、台风或长时间连续降温、降水等恶劣天气；

**6** 邻近工程施工、超载、振动等周边环境条件较大改变。

【条文说明】

在移位工程中，监测频率的调整是应对潜在风险和突发情况的重要措施。本条文列举了以下情况，在这些情况下，监测频率应相应提高：

当监测数据显示异常或变化速率较快时，可能预示着结构或环境的潜在问题，此时提高监测频率有助于及时发现问题并采取措施。同样，若存在勘察未发现的不良地质条件或周边环境发生较大沉降，这些情况都可能对工程安全构成威胁，因此需要加强监测。

在顶升始发、交替以及设备停机检修或更换液压设备期间，这些阶段是施工过程中的敏感时期，提高监测频率可以确保在这些关键节点上结构的稳定性和设备的安全性。

当工程出现任何异常情况时，提高监测频率有助于快速识别问题的根源，便于及时处理。

在工程险情或事故发生后重新组织施工时，加强监测是必要的，以确保施工安全，防止事故再次发生。

暴雨、台风或长时间连续降温、降水等恶劣天气条件可能会对工程造成不利影响，提高监测频率有助于及时发现由于天气原因引起的结构变化。

邻近工程施工、超载、振动等因素可能会对移位工程产生影响，此时提高监测频率能够有效监控这些外部因素对工程的影响。

本条强调了在特定情况下提高监测频率的重要性，旨在通过及时监测和数据分析，确保工程的安全性和结构的稳定性，从而保障施工的顺利进行。

**5 施工控制**

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 移位工程的现场监测应采用仪器监测与巡视检查相结合的方法，巡查信息与仪器监测数据应进行对比分析，发现异常或异响时，应按规定程序及时通知相关单位，排除异常后方可继续施工作业。

【条文说明】

仪器监测与巡视检查相结合的方法能够充分发挥仪器监测的精确性和巡视检查的直观性，从而更全面地掌握工程现场的实际状况。

巡查信息与仪器监测数据应进行对比分析，这种交叉验证的方法有助于提高监测结果的准确性和可靠性。通过对比分析，可以及时发现数据之间的不一致性，从而更准确地评估工程状态。

在监测和巡视过程中，若发现任何异常情况或异响，应立即引起重视。按照规定的程序，应及时通知相关单位，包括设计单位、施工单位、监理单位等，以便于迅速采取相应的措施进行处理。

**5.1.2** 工程项目监测施工前应确定监测目标和要求、监测管理组织体系及管理职责、监测管理与协调的程序、监测质量控制点、监测风险、实施监测目标的控制措施，并应根据工程进展实施动态管理。

【条文说明】

本条旨在明确工程项目监测在施工前的准备工作及其管理要求。监测目标和要求的确定，是为了确保监测工作有针对性地进行，满足工程质量、安全、环保等方面的需求。监测管理组织体系及管理职责的明确，有助于形成高效的管理团队，确保监测工作顺利开展。监测管理与协调的程序，则为监测工作的有序进行提供了保障，确保各相关单位、部门之间的沟通协作顺畅。

监测质量控制点的设置，是为了在关键环节对监测数据进行严格把控，确保监测结果的准确性和可靠性。监测风险的识别，有助于提前预防和应对可能出现的各类风险，保障工程项目的顺利进行。实施监测目标的控制措施，是为了确保监测目标的实现，对工程进度、质量、安全等方面进行有效控制。

根据工程进展实施动态管理，意味着监测工作应随着工程项目的推进不断调整和完善，以适应工程实际情况的变化，确保监测工作始终符合项目需求。通过以上措施，可以有效提高工程项目监测的效率和质量，为工程建设的顺利进行提供有力保障。

**5.1.3** 监测实施单位应对施工平面控制网和高程控制点进行复测，其复测成果应经监理单位查验合格，并应对控制网进行定期校核。重要线位、控制点和定位点测设完成后应经复测无误后方可使用。

**5.1.4** 正式移位前应对原建筑结构进行试平移或试顶升，过程中应结合监测体系进行性能参数分析，确保试平移或试顶升过程中建筑结构的安全性与稳定性。

**5.1.5** 移位全过程监测应贯穿于移位前建筑结构检测、移位结构整体姿态监测、移位结构关键构件监测、移位结构特殊构件监测、移位结构动力水平监测、移位结构环境荷载监测等方面。

**5.1.6** 施工阶段工程监测应贯穿工程施工全过程，当监测目标趋于稳定时，可结束监测工作。建（构）筑物变形稳定标准应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ8的有关规定。

**5.2 巡视反馈**

**5.2.1** 施工监测阶段，每天应有专人进行巡视检查，且每天不宜少于一次，并应做好巡查记录，在关键工况、监测数据达到预警值、发生变形异常、极端天气状况、周围环境变化较大等情况，应增加巡查次数。

【条文说明】

移位作业是工程项目中一项高风险的施工活动，涉及到结构的稳定性和安全性。为了确保施工期间的安全和顺利进行，每天均应有专人负责巡视检查。这样的规定旨在及时发现可能存在的安全隐患和异常情况，防止事故发生。

**5.2.2** 现场巡查方法以人工目测为主，并辅助以锤、钎、量尺、放大镜、垂球、照相机、摄像机等器具。

【条文说明】

现场巡查是确保施工质量、安全的重要手段之一。本条规定现场巡查方法以人工目测为主，是因为目测检查能够直观地发现施工过程中的表面缺陷、异常状态和不合规操作。人工目测具有较高的灵活性和广泛性，可及时发现潜在问题。

为了提高目测检查的准确性和有效性，本条还规定了辅助以一系列工具，包括但不限于锤、钎、量尺、放大镜、垂球、照相机、摄像机等，这些器具的使用可以进一步提升巡查效果。

**5.2.3** 移位施工前及施工期间应及时布置人工巡查的标志，应包括但不限于下列内容：

**1** 既有裂缝粘贴灰饼，当出现新增裂缝时及时粘贴灰饼，并编号和拍照记录；

**2** 托盘梁、下托盘、移位本体等部位布置观察用轴线、水平线等辅助测线，悬挂垂球、连通管等观测工具，并编号和拍照记录。

**5.2.4** 移位期间应对移位本体及周边状况进行巡查，现场人工巡查应检查有无下列现象并记录发展情况：

**1** 监测仪器、监测标志点位、同步控制仪器是否被遮挡、移动、破坏等；

**2** 顶升反力基础、平移下滑道梁等构件是否有明显不均匀沉降；

**3** 既有裂缝灰饼是否有变化；

**4** 顶升反力基础、托盘结构、移位本体是否有新增裂缝；

**5** 夹墙梁、抱柱梁等新旧连接界面是否有开裂、错动；

**6**结构内部是否有粉刷层脱落、榫卯脱开、节点腐朽等现象；

**7** 移位压力值是否与理论值相符；

**8** 液压设备是否有漏油、油管爆裂等现象；

**9** 移位期间是否有异响；

**10**移位是否与既定设计路线出现明显偏差。

**5.2.5** 巡查人员应以填表、拍照或摄像等方式将观测到的有关信息和现象进行记录，应及时整理巡查信息并与仪器监测数据进行对比分析。

【条文说明】

巡视检查中如果发现结构及辅助设施位移异常、原有病害加剧、新的病害出现等情况，需及时通知相关单位，分析原因并采取相应的处理措施。

每次巡视检查均需按规定的程序做好现场记录，检查结束后要及时向相关单位提交检查报告。

**5.2.6** 巡查人员在巡查过程中遇到突发情况，应及时通知有关单位并进行处理。

**5.3 监测反馈**

**5.3.1** 对需进行监测的构件或节点，应提供与监测周期、监测内容相一致的计算分析结果，并宜提出相应的限值要求和不同重要程度的预警值。

【条文说明】

在工程项目中，对特定构件或节点进行监测是为了评估其性能和安全状态。

监测前，应根据设计要求和工程实际情况，对需监测的构件或节点进行详细的计算分析。这些分析结果应与监测周期和内容保持一致，以便于监测数据的对比和分析，从而准确判断构件或节点的实际工作状态。

设定限值是为了明确构件或节点在正常工作状态下所能承受的极限值，包括应力、应变、位移等。这些限值是判断构件或节点是否处于安全状态的重要依据。

根据构件或节点的重要性及其在结构中的作用，提出不同重要程度下的预警值。预警值的设定有助于在监测数据接近或达到限值之前，提前发出警告，采取预防措施，防止结构损伤或事故的发生。

通过这样的规定，可以确保监测工作不仅能够及时发现构件或节点的异常情况，还能够根据计算分析结果和设定的限值要求，对结构的安全性能进行有效的预测和评估，从而保障工程项目的整体安全。此外，预警值的提出也有助于实现动态管理和风险控制，提高工程项目管理的智能化水平。

**5.3.2** 预警值可依据设计要求、施工过程结构分析结果由各方协商确定或按构件承载力设计值对应的监测值或规定限值的50%、70%、90%进行选取。通常情况下预警值宜优先选取上述构件承载力设计值对应的监测值或规定限值的50%作为指标。

【条文说明】

预警值的设定是为了在监测过程中，当构件或节点的监测数据接近其安全极限时，能够及时发出警报，从而采取必要的预防措施。

在50%、70%、90%三级比例中，建议将构件承载力设计值对应的监测值或规定限值的50%作为预警值的指标。这是因为选择较低的百分比作为预警值，可以在结构受力尚未达到极限状态之前，提前发出预警，为采取干预措施提供更充裕的时间，从而更加有效地保障结构安全。

**5.3.3** 主要监测参数达到一级预警时，宜密切关注预警参数的变化；当达到二级预警时，宜停止相关预警部位与环节的施工，且应查明预警参数变化的原因；当达到三级预警时，应停止施工，且应查明预警参数变化的原因，并应提出相应的施工安全控制措施。

**5.3.4** 当出现裂缝开展或新增裂缝时，应采取以下处理措施：

**1** 当监测发现结构原有裂缝发生变化或出现新裂缝时，应停止移位施工，分析裂缝产生的原因，评估对结构安全性的影响程度；当监测发现非重要结构构件原有裂缝发生变化或出现新裂缝时，应持续观察，并评估对结构安全性的影响程度。

**2** 裂缝监测限值的确定宜按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的规定，并结合结构类型、环境类别等划分裂缝控制等级后确定；

**3** 对变形裂缝，可根据裂缝的形态、位置和出现的时间等因素分析裂缝的原因和发展情况，并采取相应的治理措施和裂缝处理措施；

**4** 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。

【条文说明】

对关键受力部位进行裂缝观察，是确定结构是否安全最直观的方法。移位工程中，根据受力情况应着重观察以下几个部位：

轨道梁的较大弯矩和剪力部位；轨道结构构件；柱根部和梁柱节点部位；托换梁较大弯矩和剪力部位；主要承重墙体和柱，门窗洞口部位的墙体，楼梯间、电梯井墙体；托换梁顶推或牵引点应力集中部位；挑梁根部等。

**5.3.5** 当沉降或差异沉降超出允许值时，应采取以下处理措施：

**1** 沉降已稳定，应验算差异沉降引起的结构附加内力对承载能力的影响；

**2** 沉降尚未稳定，应提出对地基进行加固处理的建议。

**5.3.6** 当倾斜超出允许值时，应采取以下处理措施：

**1** 检查仪器测量场地是否不平整、安装不牢固、风力较大，可以适当调整环境条件，或等待环境条件稳定后再次测量；

**2** 采取千斤顶同步比例顶升进行调整，必要时进行顶升纠偏作业。

**5.3.7** 施工过程中当水平偏位超出允许值时，应停止顶升，排查是否有其他异常情况，如无其他异常情况，可采取以下处理措施：

**1** 检查限位结构预留缝隙是否过大，如缝隙过大可塞垫垫片，使限位结构与建筑物贴近；

**2** 检查顶升千斤顶是否有明显倾斜，当有明显倾斜应调整千斤顶垂直度；

**3** 采取调整局部千斤顶向相反方向的垂直度；

**4** 采取平移千斤顶同步比例进行调整；

**5** 采取主动纠偏措施。

**5.3.8** 沉降监测时，当沉降监测最后100天的最大沉降速率小于0.01mm/d-0.04mm/d时，可认为建筑物沉降已经达到稳定，可终止沉降监测。

**5.3.9** 倾斜监测时，当监测结果超过限值时，应预警可能存在的风险，并应提出相应的建议和措施。 监测倾斜率实际数据结果时，以基础倾斜和墙体倾斜为监测值，倾斜2‰时作为预警值，倾斜4‰时作为报警值；监测倾斜率增量数据结果时，倾斜率增量0.5‰时作为预警值，倾斜率增量1‰时作为报警值。

**5.3.10** 位移监测时，当发现位移超过设计允许值时，必须停止施工。移动速度不宜大于 50mm/min，房屋整体扭转角不应大于1/1000，移动方向最大位移差不宜超过25mm，平行移动方向的轴线偏差不宜大于轨道宽度的1/3。

【条文说明】

由于移动速度较慢，一般认为移动速度大小并不影响结构安全和稳定，一般是通过监测移动行程来控制移动速度。移动行程的监测一般有两种方法：一种是用大行程位移传感器（如拉线式位移传感器）和计算机实时监测建筑物的移动距离；另一种是设置标尺监测移动距离。移位工程中应尽量采用位移传感器和计算机实时监测建筑物的移动距离或速度，可以实现远距离、多点的实时位移监控。另外，当采用计算机控制的液压施力系统时，可以实现移动速度的自动监控。

**5.3.11** 应变监测时，当理论应变值与实测应变值之间产生较大差异时，应立即分析原因，采取处理措施。

【条文说明】

在工程项目的监测过程中，应变监测是评估结构受力状态和安全性的重要指标。理论应变值通常是基于结构设计计算和材料特性预测得出的，而实测应变值是通过现场安装的传感器实际测量得到的。当两者之间存在较大差异时，可能表明结构实际受力情况与预期存在偏差，这可能是由多种因素引起的，如材料性能的变异、施工质量问题、设计计算误差、环境因素影响等。

当监测数据显示理论应变值与实测应变值之间存在较大差异时，应立即启动原因分析程序。这一步骤包括但不限于检查监测设备的工作状态、复核设计计算书、评估施工质量、考察环境条件变化等，以确定导致差异的具体原因。

在分析原因的基础上，应根据实际情况采取相应的处理措施。这些措施可能包括调整监测设备、修正设计计算、加固或修复结构、改进施工工艺等。目的是消除或减小差异，确保结构的安全性和可靠性。

**5.3.12** 设备监测应符合下列规定：

**1** 设备监测内容应包括液压系统压力与千斤顶行程；

**2** 施工方设备运行数据应与监测结果进行校核，若出现异常情况，应暂停施工并及时处理；

**3** 控制系统应能实现全自动同步位移，设备监测应具有故障报警功能。

**5.3.13** 数字化施工监测数据宜与数字化三维模型形成可视化对应关系，分析结果宜实时反映在模型上并设置预警识别。

**5.3.14** 宜结合WebGL技术搭建数字化监测管控平台，平台宜具备实时数据采集、处理、分析、预警、查询和管理一体化以及监测成果可视化的功能。

**5.3.15** 数字化监测管控平台功能的要求应符合下列规定：

**1** 自动刷新功能；

**2** 历史进度回放功能；

**3** 综合分析与预警功能。

【条文说明】

数字化监测工作应及时反映监测项目的发展状况，基于实时的数据发布、分析和反馈结果，可动态调整和控制施工过程，纠正设计与施工偏差，并可触发报警，引起各方重视，确保施工顺利开展。

**6 成果交付**

**6.0.1** 监测数据整理应项目齐全、数据可靠、规格统一、说明和图表完整。

**6.0.2** 监测报告应包括以下内容：

**1** 高程基准点布置图，沉降、倾斜、水平位移、裂缝和应变监测点分布图；

**2** 沉降、倾斜、水平位移、裂缝和应变监测成果表；

**3** 时间与沉降量、倾斜率、水平位移、裂缝和应变的关系曲线图；

**4** 沉降、倾斜、水平位移、裂缝和应变监测成果分析与评价结果。

**6.0.3** 应及时对监测数据进行整理并提交监测日报，依据移位工程施工进度，提交施工监测阶段报告并对结构状态做出评定，监测结束后应提交监测总结报告。

【条文说明】

根据提交的监测报告，设计单位可根据原设计结构做出分析，提交相应的差异性分析报告。

**6.0.4** 移位工程监测日报、阶段报告和总结报告应作为竣工资料存档。

【条文说明】

移位工程监测日报、阶段性报告和总结报告是记录在案和反映工程施工过程的重要资料，从该资料中可以了解工程施工前、施工中和施工后的状态，是工程完成后交工和竣工的必要资料。

**6.0.5** 移位工程数字化监测资料应与竣工资料一同交付，并应保证资料的完整性和准确性。

# 本标准用词说明

**1** 为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：

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：

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：

正面词采用“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，采用“可”。

**2** 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定（或要求）”或“应按……执行”。

# 引用标准名录

1. 《混凝土结构设计规范》GB 50010
2. 《建筑变形测量规范》JGJ 8