

深基坑支护结构水平位移人工监测技术应用

周相港

湖北震泰建设工程质量检测有限责任公司 湖北 武汉 430071

【摘要】：深基坑工程中支护结构水平位移监测是施工安全控制关键环节，但现场测量条件复杂、读数误差及环境干扰易造成数据波动。针对监测精度不足与反馈滞后问题，引入人工监测技术体系，结合全站仪观测、基准点复核及多频次测量方法优化数据采集流程，通过分阶段数据比对实现位移连续跟踪与异常识别。应用结果表明监测数据稳定性提升，变形趋势判断更为准确，支护结构整体安全控制能力增强。

【关键词】：深基坑支护；水平位移监测；人工监测技术；变形控制；施工安全

DOI:10.12417/2705-0998.26.10.029

引言

深基坑工程施工过程中，支护结构水平位移变化直接影响整体稳定状态及周边环境安全，监测精度与数据连续性成为施工过程管理的重要环节。复杂施工条件下，观测视线受限、读数偏差及观测频次不足等因素，使位移信息获取存在不稳定现象，数据反馈效率受到限制。通过构建多测点布设体系，结合人工周期性复测与基准点校核方式，对位移发展过程进行动态记录与对比分析，形成分阶段变化识别机制，实现异常变形的及时捕捉与修正控制，为支护结构稳定运行提供可靠数据支撑与过程控制依据。

1 监测体系构建要点

1.1 支护结构监测指标确定

深基坑支护结构水平位移监测指标的确定需以结构受力状态与变形响应特征为基础，构建多层次指标体系。主要控制指标包括支护桩顶水平位移、围护墙体侧向位移、支撑体系节点变形量以及关键断面位移梯度变化等，通过对不同深度与不同位置的变形数据进行分区管理，实现空间分布特征的完整表达。指标设定过程中需结合土体参数变化规律与开挖阶段荷载重分布特点，形成分级预警阈值体系，将微小变形、中等变形与临界变形进行区间划分，从而提升数据识别敏感度。数据采集端需与控制指标保持一致性匹配，避免监测内容与结构实际响应脱节。

1.2 观测频率与周期设计

观测频率与周期设计需依据基坑开挖阶段划分与支护体系受力变化特征进行动态调整，形成差异化监测节奏。在土方开挖初期阶段，结构变形尚处于缓慢发展状态，观测间隔可设置为固定周期，以获取基础变形趋势；进入中后期开挖阶段后，土压力释放加快，结构变形速率上升，需缩短观测间隔并提高采样密度，以增强对突变位移的捕捉能力。周期设计需考虑昼夜温差、地下水位波动及施工扰动等因素，对数据波动进行时间维度分离处理。多周期叠加观测机制可用于识别短期波动与长期趋势之间的差异，通过滚动观测窗口实现连续数据链构

建，使位移发展轨迹更加完整清晰，为变形速率分析与阶段性控制提供依据。

1.3 现场作业流程规范

现场作业流程规范需围绕数据准确性与测量一致性建立标准化操作体系，涵盖测点定位、仪器架设、观测记录及复核校验等多个环节。测量前需完成控制点复核与仪器精度校准，确保基准体系稳定可靠；测量过程中需保持视线通畅与测站稳定，减少人为扰动与环境干扰对读数的影响。数据记录需采用统一格式进行多次重复采集，并通过交叉测量方式降低偶然误差。观测结束后需立即进行初步数据比对，对异常数值进行标记并启动复测程序。流程控制强调闭环管理，各环节紧密衔接，避免数据断层或信息遗漏。通过标准化作业路径与一致性操作要求，使不同时间与不同测量条件下的数据具有可比性与连续性，从而提高整体监测系统的稳定输出能力。

2 测点布设与基准控制策略

2.1 控制基准点选取方法

控制基准点选取需建立在稳定地质条件与长期不变形原则基础之上，通过对施工影响范围外区域进行空间筛选，优先确定远离基坑开挖扰动带的稳定岩土区域作为布设位置。基准体系需满足平面坐标与高程的双重控制要求，并通过多点冗余布设形成闭合控制网结构，以降低单点异常带来的系统性误差风险。控制点之间需保持良好通视条件与几何稳定性，确保观测路径最短且信号干扰最小。基准数据获取过程需引入多期复测机制，通过不同时间尺度的数据一致性验证判断点位稳定性。数据处理阶段采用平差计算方法对控制网进行整体优化，使误差在网络结构中均匀分布。基准体系构建强调空间稳定性与时间连续性统一，通过长期监测数据比对形成基准漂移识别机制，为后续位移计算提供高可靠参考坐标体系。

2.2 测点布设间距优化

测点布设间距优化需依据支护结构受力传递路径与土体变形梯度分布规律进行分区控制，在高应力集中区域加密布设，在变形缓慢区域适度放宽间距，以实现空间信息采集效率

与精度的平衡。布设方案需结合开挖深度变化进行动态调整,使不同施工阶段均能反映结构真实变形特征。间距设计需考虑结构刚度变化与侧向土压力分布不均匀性,通过梯度化布点方式增强局部变形捕捉能力。数据采集过程中需保证相邻测点之间形成连续位移链条,以支持曲线拟合与趋势分析。优化过程引入数值模拟结果进行辅助校核,通过有限元计算得到潜在最大变形区,从而指导测点密度分布。

2.3 环境干扰削弱措施

环境干扰削弱需针对施工现场复杂条件下的多源误差进行系统控制,包括光照变化、气流扰动、振动传递及温度梯度影响等因素,通过多维度补偿机制提升数据稳定性。光学测量路径需避开强反射区域并减少折射干扰,通过遮挡与路径优化降低信号偏移风险。温度变化对仪器结构与测量介质产生的影响需通过温度修正模型进行动态校正,使测量结果保持稳定基准。施工机械振动传导至测点区域时,可通过隔振结构与延时观测策略削弱瞬时扰动影响。空气湿度与粉尘浓度变化对观测精度的影响需通过环境监测数据联动修正,实现数据同步补偿。多源干扰抑制过程强调实时修正与事后校核结合,通过误差分离技术将系统误差与随机误差区分处理,使最终位移数据更接近真实结构响应状态。

3 水平位移观测流程优化方法

3.1 全站仪人工观测步骤

全站仪人工观测流程需依托高精度角度测量与距离测量一体化技术构建标准化操作路径,核心环节包括仪器对中整平、目标棱镜精确照准以及执行多测回观测。对中过程需保证仪器轴心与控制点坐标严格重合,通过精密光学或激光对中装置降低偏心误差。整平环节需通过双轴补偿系统反复校核水平状态,确保角度测量基准稳定。照准目标时需控制视准轴偏差,并结合多次测回取平均值以削弱偶然误差影响。数据采集过程需同步记录气象参数,用于后续折光与温度修正。观测完成后进行原始数据即时核验,对角度闭合差与距离偏差进行初筛判断,异常数据进入复测流程。整个步骤强调测量链条连续性与操作一致性,通过标准化执行路径保障水平位移数据来源的稳定可靠。

3.2 多次复测数据整合

多次复测数据整合需基于时间序列一致性原则构建数据融合机制,通过多轮独立观测结果对同一测点进行横向比对与纵向叠加。复测过程需在不同时间段获取多组数据,以削弱单次测量随机误差对结果的影响。数据整合过程中采用加权平均方法,根据观测精度、环境条件及仪器状态赋予不同权重系数,使高可信度数据在结果中占据主导地位。异常数据通过统计离群检测方法进行识别,并纳入独立校核模块处理。时间序列分析用于识别位移发展趋势与短期波动差异,通过曲线平滑技术

减少数据跳变现象。复测数据之间需保持时间间隔合理性,以避免短时间重复测量造成数据冗余。整合结果形成连续位移演化曲线,为结构变形规律识别提供稳定数据基础,同时增强对突变位移的敏感识别能力。

3.3 观测误差修正方法

观测误差修正需从系统误差、偶然误差及环境误差三个维度构建综合修正体系,通过数学模型与物理补偿相结合方式提升数据精度。系统误差主要来源于仪器校准偏差与观测方法偏差,可通过定期标定与参数修正模型进行控制。偶然误差通过多次观测平均化处理与统计滤波方法进行削弱,利用标准差分析识别数据离散程度。环境误差修正涉及温度、气压及折光影响,通过建立气象修正系数模型实现动态补偿。误差传播过程需进行路径分析,将角度误差与距离误差对位移计算结果的影响进行分解处理。数据处理阶段引入最小二乘平差方法,对观测值进行整体优化,使误差在测量网络中均匀分配。

4 数据校核与变形判读技术

4.1 数据对比分析机制

数据对比分析机制依托多源监测成果的同步校验,通过建立不同时间维度与空间维度的位移数据矩阵,实现纵向发展与横向差异的双重识别。对比过程以基准初始值为参照,将各阶段监测结果进行标准化处理,消除量纲差异影响,使不同测点数据具备统一可比性。分析过程中引入差分计算方法,对相邻周期数据变化量进行连续提取,用于识别位移增长率变化特征。多测点之间采用关联性分析方式,判断局部变形是否具有传递效应或集中趋势。数据一致性检验通过误差区间控制实现,对超出合理波动范围的数据进行标记处理。整体机制强调动态对比与结构响应同步映射,使数据不仅反映静态状态,更能够体现时间演化规律,为变形发展判断提供连续依据。

4.2 异常位移识别方法

异常位移识别方法基于统计特征与变化阈值双重约束机制,通过对监测序列进行波动范围分析与突变检测,实现非正常变形状态的快速判定。正常位移变化通常表现为渐进式增长或缓慢波动,而异常状态则表现为突增、突降或趋势反转等特征。识别过程中采用标准差控制区间与置信区间模型,对数据离散程度进行量化评估。时间序列分析用于捕捉瞬时变化特征,通过滑动窗口方法对连续数据进行局部均值计算,从而识别偏离趋势的异常点。空间维度上结合邻近测点联动分析,判断异常是否具有局部扩散特征或单点误差性质。识别结果需与施工阶段信息进行关联校核,以区分结构性变形与外部干扰引起的数据偏差,使异常判定具备更高准确性与工程适用性。

4.3 趋势曲线构建技术

趋势曲线构建技术以离散监测数据为基础,通过数学拟合与平滑处理方法形成连续位移发展模型,反映支护结构变形随

时间变化的整体规律。数据处理过程采用多阶函数拟合与分段回归方法,使不同施工阶段的变形特征能够被精确表达。曲线构建过程中需对原始数据进行去噪处理,通过移动平均与加权平滑算法降低随机波动影响,使曲线形态更贴近真实变形趋势。时间轴与位移轴之间建立统一坐标体系,实现多测点数据同步映射。趋势分析过程中引入变形速率计算,对曲线斜率进行动态提取,用于识别加速变形阶段与稳定阶段。

5 工程应用成效控制分析

5.1 监测结果稳定性评估

监测结果稳定性评估基于多周期数据一致性与波动幅度控制展开,通过对同一测点在不同时间段的位移值进行标准差分析与变异系数计算,判断数据离散程度与稳定特征。评估过程结合基准控制网复核结果,对系统误差漂移进行剔除处理,使数据更接近真实结构响应状态。稳定性判定引入时间序列连续性约束,通过滑动窗口方法分析短期波动与长期趋势之间的偏离程度。不同测点之间的稳定性对比用于识别局部异常区域,并结合空间分布特征进行一致性验证。评估结果用于判断监测系统运行可靠性,同时为后续数据应用提供可信度分级依据。

5.2 支护安全状态判定

支护安全状态判定依托水平位移监测结果与结构变形控制阈值之间的对比关系,通过分级控制指标体系对安全状态进

行量化划分。判定过程结合位移绝对值与增长率双重参数,分析结构是否处于稳定、预警或临界状态。数据处理过程中引入趋势预测模型,对未来短期变形发展进行推演,用于提前识别潜在风险状态。多测点联动分析用于判断整体支护体系的协调性,避免单点数据误判影响整体评价结果。安全状态划分强调动态更新机制,使判定结果能够随施工进度实时调整,为结构稳定控制提供持续依据。

5.3 施工反馈调整机制

施工反馈调整机制基于监测数据与施工工序之间的动态关联关系,通过位移变化趋势反向指导开挖节奏与支护参数调整。反馈过程以实时监测数据为输入,结合变形速率变化识别关键控制节点,对施工荷载分布与支撑体系受力状态进行再平衡分析。当位移增长接近控制阈值时,通过调整开挖深度、优化支撑间距或增强加固措施实现变形抑制。数据反馈采用分层传递机制,使监测结果能够快速作用于施工决策层面。调整过程强调闭环控制特征,通过持续监测验证调整效果,使支护结构始终保持在安全可控的变形范围内。

6 结语

深基坑支护结构水平位移人工监测技术应用形成多源数据采集、精细化控制与动态反馈协同体系,通过测点布设优化、观测流程标准化及误差修正模型融合,使监测结果稳定性与变形识别精度显著提升。工程数据校核与趋势判读机制增强了结构状态识别能力,支护安全控制与施工调整联动性得到强化。

参考文献:

- [1] 付成锋.人工结合自动化深层水平位移监测技术在航道高边坡监测中的应用研究[J].珠江水运,2026(6):119-123.
- [2] 吴超彬.土石坝水平位移监测三维仿真系统实现[J].福建电脑,2025,41(9):70-74.
- [3] 李毅.建筑工程中的深基坑支护施工技术探索[J].住宅与房地产,2024(14):104-106.
- [4] 吴敏,张峰.软土深基坑支护设计及变形控制效果分析[J].中国新技术新产品,2023(8):121-123.
- [5] 静恩鹏,王庆贺,张壮壮,等.深基坑工程安全监测技术原理[J].建筑技术开发,2021,48(24):89-90.