

深基坑开挖支护施工变形监测技术分析

郭梦凯 130125199309194513

摘要：随着我国城市空间开发深度不断增加，深基坑工程规模与开挖深度持续扩大，深基坑开挖过程中支护结构与周边土体的变形控制已经成为工程安全的核心保障要素。本文结合深基坑工程施工特点，梳理变形监测的核心目标与监测内容，分析当前主流变形监测技术的应用特点与适用场景，探讨变形监测数据处理与预警机制的优化方向，结合工程实践提出变形监测技术应用的合理化建议，为同类深基坑工程的安全施工提供参考。研究表明，合理组合应用多源监测技术，搭建动态预警体系，能够有效提升深基坑变形风险防控能力，降低施工安全事故发生概率。

关键词：深基坑开挖；支护施工；变形监测；监测技术

一、引言

近年来，我国城市轨道交通、超高层商业建筑与地下综合体工程建设快速推进，10m 以上深度的深基坑工程占比持续提升，部分城市核心区域的深基坑开挖深度已经突破 30m。深基坑工程多处于建筑密度较高的中心城区，周边分布既有建筑、地下管线与交通设施，开挖过程中支护结构一旦出现过大变形，不仅会引发基坑本体失稳，还会对周边建构筑物的安全造成严重威胁，因此必须通过系统性的变形监测掌握支护结构与周边土体的变形动态，及时预警异常变形风险。当前，传统人工监测技术与自动化监测技术并行应用于深基坑工程领域，不同监测技术的精度、成本与适用条件存在明显差异，如何结合工程实际选择合理的变形监测技术组合，是深基坑施工安全管控需要解决的核心问题之一，对其进行系统分析具备较强的工程实践价值。

二、深基坑开挖支护变形监测的核心目标与内容

2.1 核心监测目标

深基坑开挖支护变形监测的核心目标分为三个层次：第一是保障基坑本体施工安全，通过实时监测掌握支护结构内力与变形情况，判断支护结构是否满足设计稳定性要求，提前发现支护结构的变形异常，为应急处置提供数据支撑；第二是保护周边环境，监测开挖过程对周边土体、地下管线与既有建构筑物的影响，将变形控制在允许范围内，避免因基坑开挖引发周边建筑开裂、管线断裂等安全

事故；第三是积累工程数据，通过监测数据验证深基坑支护设计参数的合理性，为后续同类工程的设计与施工提供参考。

2.2 主要监测内容

深基坑开挖支护施工变形监测主要分为四个类别：第一是支护结构变形监测，主要包括支护桩（墙）的顶部水平位移与竖向沉降监测、支护结构深层水平位移监测，掌握支护结构整体变形分布；第二是支护结构内力监测，监测支护结构内部应力与支撑轴力，判断支护结构受力是否超出设计允许值；第三是周边环境变形监测，包括周边既有建筑的沉降与倾斜监测、地下管线的位移监测、周边地表的沉降监测；第四是地下水位监测，监测基坑内外地下水位变化，判断降水作业对周边环境的影响，防范流沙、管涌等水文地质灾害。

三、深基坑主流变形监测技术应用分析

3.1 传统人工监测技术

传统人工监测是当前深基坑变形监测中应用最为广泛的技术，其中最具代表性的包括水准测量、全站仪极坐标测量、测斜仪监测三类。水准测量依靠光学水准仪完成高程测量，主要用于监测支护顶部、周边建筑与地表的竖向沉降，该技术的测量精度较高，设备成本较低，但是测量效率偏低，人工操作误差相对较大，难以实现实时连续监测。全站仪极坐标测量用于监测支护顶部的水平位移，通过测量监测点的坐标变化计算位移量，能够适应各类复杂场地条件，单次测量可以获取多个监测点数据，但是同样存在人工操作效率低的问题，夜间与恶劣天气条件下测量精度会受到明显影响。测斜仪监测用于测量支护结构深层水平位移，通过将测斜探头放入预先埋设在支护结构后的测斜管中，分层测量不同深度的位移量，该技术测量精度能够满足工程要求，设备成本较低，但是需要人工逐孔测量，监测频率难以大幅提升，数据获取存在一定滞后性。

3.2 自动化监测技术

自动化监测技术是近年来快速发展的变形监测技术，有效弥补了传统人工监测的不足。其中 GNSS 实时动态监测技术通过在监测点布置 GNSS 接收终端，能够全天候实时获取监测点的三维坐标变化，测量精度可以达到毫米级，不需要人工现场操作，适用于大开挖面的深基坑顶部位移监测，但是该技术容易受到周边高层建筑的信号遮挡影响，在城市核心区域应用存在一定局限。

自动化测斜技术通过在测斜管内安装固定测斜传感器，实现不同深度水平位

移的实时自动采集，数据传输至后台处理系统，能够实时掌握支护结构深层变形动态，不需要人工逐孔测量，监测频率可以根据需要调整，但是传感器设备成本较高，大面积应用会提升监测工程整体造价。

三维激光扫描技术通过发射激光获取监测区域的点云数据，经过处理后生成基坑支护与周边环境的三维模型，能够整体掌握基坑全范围的变形分布，不仅可以获取特定监测点的变形数据，还能够发现整体变形异常区域，但是该技术数据处理复杂度较高，设备成本较高，一般用于特殊复杂深基坑工程的阶段性变形分析。

四、变形监测数据处理与预警机制优化

变形监测的核心价值在于通过数据识别变形风险，因此数据处理与预警机制直接影响监测效果。当前，深基坑变形监测数据处理已经逐步从人工整理向智能化分析发展，通过搭建监测信息管理平台，能够自动对采集的监测数据进行整理、拟合与分析，绘制变形过程曲线，直观展示变形发展趋势。在预警机制方面，多数工程采用三级预警机制，根据设计允许变形值设置预警值、报警值与控制值，当变形量达到对应阈值时启动对应响应措施。但是当前部分工程存在预警阈值设置不合理的问题，仅仅依靠设计规范确定阈值，没有结合工程实际地质条件与施工进度进行动态调整，容易出现误报警或者漏报警问题。对此，应当结合监测数据建立变形预测模型，通过时间序列分析、灰色预测等方法预测变形发展趋势，提前预判异常变形风险，实现从静态预警向动态预警转变，提升风险预警的准确性。

五、结论与建议

深基坑开挖支护施工变形监测是保障工程安全与周边环境安全的核心技术手段，不同变形监测技术具备不同的适用场景与优缺点，工程应用中应当结合基坑开挖深度、场地条件、周边环境要求合理选择监测技术组合，对于地质条件复杂、周边环境敏感的深基坑工程，应当采用传统人工监测与自动化监测相结合的方式，既保障监测数据的可靠性，又能够实现实时动态监测。同时，应当搭建智能化监测信息管理平台，优化动态预警机制，结合变形预测模型提升风险预判能力，为深基坑施工安全管控提供支撑。

参考文献

- [1] 刘建航, 侯学渊. 基坑工程手册[M]. 中国建筑工业出版社, 1997.

[2] 王卫东, 吴江斌. 软土地区深基坑变形监测与分析[J]. 岩土工程学报, 2014, 36(S1): 16-22.

[3] 刘国彬, 王卫东. 基坑工程手册(第二版)[M]. 中国建筑工业出版社, 2009.