

基坑支护结构变形监测与稳定性评价研究

宋王鹏

武汉科铁人才发展有限公司 湖北 武汉 430000

【摘要】：基坑支护结构变形监测与稳定性评价是基坑工程安全保障的关键。针对现阶段监测点位布设不合理、评价标准不统一、数据结果反馈滞后等问题，本文制定相应解决措施，并构建监测与评价一体化协同管控体系。研究建立适配动态施工工况的联动机制，融合多源监测数据实现综合评价与异常识别，形成覆盖工程全生命周期的管理闭环。通过打破监测与评价相互独立的工作模式，实现二者统筹协调管控，能够有效增强监测数据可信度，提高稳定性评价结论精度，实现基坑支护变形全过程动态管控，为基坑工程安全风险防控提供系统完善的理论依据与可行技术方案。

【关键词】：基坑支护结构；变形监测；稳定性评价；点位布设；反馈机制

DOI:10.12417/2811-0722.26.06.064

引言

随着城市地下空间开发不断深入，基坑工程地质条件愈发复杂、周边环境保护要求更高，支护结构变形安全风险显著增加。变形监测与稳定性评价是基坑安全管控核心环节，二者协同程度关乎风险识别的时效与精度。目前工程实践中两者衔接不足，普遍存在监测点位布设不合理、评价标准不统一、数据反馈滞后等问题，造成监测数据难以支撑稳定性分析，评价成果也无法有效指导现场施工。本文结合现存问题给出相应解决思路，围绕协同联动、多源数据融合评价、全生命周期管控三个方面构建协同管控策略，旨在完善基坑安全管控体系，为工程全过程风险防控提供系统可靠的理论依据。

1 基坑支护结构变形监测与稳定性评价的现实问题梳理

1.1 变形监测点位布设缺乏科学性

变形监测点位布设的非科学性集中于选址脱离基坑支护结构真实受力特征与变形态势，未结合支护形式、基坑埋深、周边地质状况开展精准规划。部分监测点位仅沿支护结构周边简单均匀分布，未对支护结构受力薄弱区域、变形易发部位进行重点设置，基坑转角处、支护桩接头处、临近既有建筑物或地下管线的支护段均未得到针对性布设，使得这些关键区域的变形数据难以实时捕捉（见图1）。点位布设间距存在不合理现象，部分区域点位冗余造成监测资源损耗，部分区域点位间隔过宽，无法精准呈现支护结构变形的连续变化态势，难以捕捉瞬时变形极值。部分点位布设未兼顾现场施工扰动，易受施工机械碰撞、掩埋影响，造成监测工作停滞或数据偏差，进一步弱化变形监测的精准度与实用价值，无法为支护结构稳定性评估提供可信的数据依据。

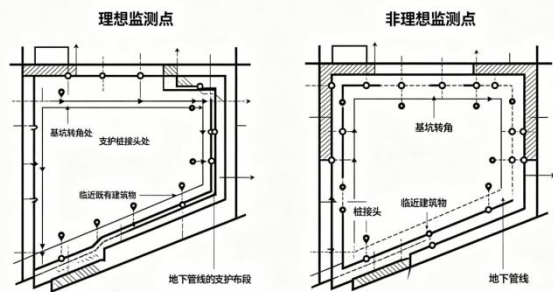


图1 基坑变形监测点布设的理想与非理想状态对比

1.2 稳定性评价标准不统一

基坑支护结构稳定性评价标准不统一是当前工程实践中突出的现实问题，不同地区、不同行业针对基坑支护稳定性的评价依据存在明显差异，缺乏统一的规范指引和量化标准。建筑、市政、交通等不同行业各自制定了相关评价规范，对支护结构的位移限值、受力允许范围、稳定性安全系数等核心评价指标的规定不尽相同，甚至存在冲突。同一类型的基坑支护结构，在不同行业规范中可能采用不同的评价方法和判定标准，导致同一监测数据在不同评价体系下得出截然不同的稳定性结论^[1]。部分地方规范与国家规范衔接不畅，部分老旧规范未及时更新，与新型支护结构形式、复杂地质条件的适配性不足，进一步加剧了评价标准的混乱，给工程实践中的稳定性判定带来极大困扰，也增加了基坑工程安全管控的难度。

1.3 监测与评价结果反馈不及时

基坑支护结构变形监测与稳定性评价工作中，监测数据与评价结论的反馈环节普遍存在滞后性问题，难以匹配基坑工程动态施工的实时管控需求。现场监测设备采集的位移、沉降、应力等原始数据，常因人工整理、校核、分析流程繁琐，无法在短时间内形成有效结论，部分项目甚至出现当日监测数据隔日才能完成初步研判的情况。稳定性评价模型计算与工况匹配分析耗时较长，异常变形预警信息传递路径不够顺畅，未能第

一时间同步至施工管控与设计优化环节^[2]。滞后的反馈结果使得支护结构潜在失稳风险无法被及时识别，对应急加固、工序调整等处置措施的实施造成延误，支护体系受力状态与变形发展趋势难以得到动态把控，工程安全管控的时效性与精准度受到明显制约，无法为基坑施工全过程风险防控提供即时可靠的决策支撑。

2 基坑支护结构变形监测与稳定性评价的对应解决办法

2.1 制定科学的变形监测点位布设原则

变形监测点位设置需紧密衔接基坑支护结构形式、开挖深度、周边地质状况及环境敏感等级，保障监测点位可全面精准捕捉支护结构的变形态势。布设时优先选择支护结构受力核心区域，基坑阳角、支护桩顶端、腰梁关键断面及锚索张拉端均属此类，这类区域变形频发且对整体稳定性关联度极高。布设过程中需兼顾监测范围的全域覆盖，点位间距结合基坑体量合理调控，直线段通常不超出15米，阳角及地质复杂路段缩减至5-8米，杜绝监测盲区出现。点位设置需避开施工扰动区域，固定于支护结构稳固处，防止施工碰撞、振动引发点位移或损毁，每个监测点位需具备优良通视条件，助力监测仪器精准量测，保障监测数据的连贯与准确，为后续稳定性评估提供真实可行的基础数据支撑。

2.2 建立统一的稳定性评价标准体系

建立统一的稳定性评价标准体系，需结合基坑支护结构类型、地质水文条件、周边环境复杂度等核心因素，明确评价指标的选取原则与量化标准，摒弃现有不同规范、不同区域评价标准不统一、指标冲突的问题。体系需涵盖变形监测相关核心指标的阈值设定，包括支护结构水平位移、沉降量、倾斜度及周边土体沉降、位移的允许范围，结合不同支护形式（如排桩、土钉墙、地下连续墙）的受力特点，制定差异化但统一兼容的评价阈值。同时，需纳入监测数据的时效性参数，明确数据采集频率、异常数据判定标准及数据修正方法，确保监测数据与稳定性评价的精准对应，同步规范评价流程，明确评价等级划分依据，让不同项目、不同监测场景下的稳定性评价有统一的参考依据，避免因标准差异导致评价结果偏差，为基坑支护结构稳定性判断提供科学、统一的支撑。

2.3 优化监测与评价结果反馈机制

优化监测与评价结果反馈机制需构建全流程闭环体系，依托实时监测数据传输模块，实现监测数据从采集终端到分析平台的无缝对接，确保数据传输延迟控制在合理范围，避免因数据滞后导致反馈不及时^[3]。结合基坑支护结构的受力特性与变形规律，建立分级反馈标准，根据变形速率、累计变形量及稳定性评价指标，划分预警、告警、紧急处置三个等级，明确不同等级对应的反馈流程与响应时限。同步搭建多渠道反馈载

体，整合线上平台推送、现场警示标识、专项报告递送等方式，确保监测与评价结果能精准传递至施工、设计、监理等相关责任主体，同时建立反馈结果跟踪核实机制，对反馈信息的接收情况、处置进度进行全程督办，及时校验处置措施的有效性，形成“数据采集—分析评价—结果反馈—措施落实—效果核验”的闭环管理，保障反馈机制的高效运转与实际应用价值。

3 基坑支护结构变形监测与稳定性评价的协同管控策略

3.1 基于动态施工工况的监测与评价协同联动

基坑工程具有显著的时空效应，支护结构的受力与变形状态随开挖深度增加、支撑体系调整、周边荷载变化而持续演化。因此，变形监测与稳定性评价不能作为两项独立的工作前后衔接，而应构建基于动态施工工况的协同联动机制^[4]。该机制要求在基坑开挖的每个关键工况节点，如首层开挖、支撑拆除、底板浇筑前后，自动触发一次完整的监测数据采集与稳定性快速评估流程，使评价结论与当前施工步骤精准对应。

具体实施路径上，首先需建立工况与监测评价的映射关系。不同施工阶段支护结构风险特征不同，开挖初期以桩顶水平位移和周边地表沉降为主要控制指标，开挖至坑底附近则重点关注深层水平位移和支撑轴力变化，协同联动机制需根据当前工况自动筛选代表性监测项目，避免评价指标与施工阶段脱节导致误判。其次，构建监测频率与施工进度动态匹配规则，常规开挖阶段按既定周期监测评价，进入风险较高的工况转换期或遭遇极端天气等不利条件时，立即加密监测频次、缩短评价周期，确保支护结构状态可控。再次，打通监测数据与施工记录的信息壁垒，将挖土顺序、出土速度、车辆荷载等施工信息纳入评价系统，使稳定性评价结合变形监测数据与实时施工行为，做出更贴合现场的综合判断。这种基于动态施工工况的协同联动，让监测与评价从被动响应转为主动嵌入施工流程的动态管控工具，有效提升基坑工程风险识别的及时性与准确性。

3.2 多源监测数据的融合评价与异常甄别

当前基坑工程中，位移、沉降、轴力、孔隙水压力、土压力等多种监测手段并行采用的情况较为普遍，但各类监测数据往往分散处理、独立分析，未能形成多源信息融合评价的合力。这种割裂的数据处理方式容易忽略不同监测指标之间的内在关联，难以从整体上把握支护结构的真实工作状态。因此，有必要建立多源监测数据的融合评价机制，实现对支护结构稳定性的综合研判。

多源数据融合评价的核心是识别不同监测参数的响应关系，例如支撑轴力异常增大常伴随支护桩深层水平位移加速，地下水位变化可能引发土压力重分布。融合评价机制需对这些有物理关联性的监测指标联合分析，通过构建多参数协同判别

规则,提升异常变形识别能力^[5]。当某一监测指标出现异常波动时,系统应自动调用相关监测数据交叉验证,判断异常是真实变形、仪器故障还是外界干扰,降低误报率。此外,融合评价需纳入支护结构设计参数与地质勘察资料,将实测数据与理论计算值对比,若实测变形远超设计预期,需结合周边环境评估是否调整支护或施工参数。同时,对同一监测断面不同深度、位置的监测数据进行纵向对比,识别变形空间分布规律,排查局部失稳隐患。多源数据融合评价使稳定性结论摆脱单一监测数据依赖,建立在多维度、多物理量相互印证的综合分析之上,显著提升评价结果的可靠性与工程指导价值。

3.3 面向全生命周期的评价结果应用与管理闭环

基坑支护结构的稳定性评价不应局限于施工期间的阶段性判断,而应贯穿于基坑工程的全生命周期,从设计阶段的风险预判、施工阶段的动态管控,到使用阶段的安全评估乃至回填后的环境恢复监测,形成覆盖完整的评价结果应用与管理闭环。当前实践中,稳定性评价往往被限定在施工期间,评价结论的后续应用价值未能得到充分发挥,导致大量有价值的监测数据与评价经验在工程结束后即被闲置。

面向全生命周期的评价结果应用,首先需在设计阶段建立支护结构稳定性评价基准模型。该模型基于地质条件、支护形式及周边环境参数,预测不同施工工况下支护结构的变形与受力水平,为后续施工监测数据提供比对依据。施工期间,实测

变形数据需持续反馈至基准模型,动态修正参数以提升预测精度,为工况风险预判提供可靠参考。基坑进入使用阶段后,稳定性评价聚焦长期变形趋势,判断支护结构是否存在劣化迹象,为维护决策提供支撑。回填完成后,需系统整理复盘全过程监测数据与评价结论,识别全服役周期内的关键风险节点和薄弱环节,形成完整技术档案。这些档案可作为同类基坑工程的参考,指导后续项目监测方案优化与风险管控制定。通过全生命周期评价应用与管理闭环,将单个工程的监测数据和经验转化为行业共享技术资产,推动基坑监测与稳定性评价从经验型向知识型转变,持续提升工程安全管控能力。

4 结语

基坑支护结构变形监测与稳定性评价是基坑工程安全保障的关键,二者协同水平直接影响工程风险管控效果。当前基坑监测存在点位布设不合理、评价标准不统一、监测结果反馈滞后等诸多问题。本文针对现存短板提出相应优化措施,从协同联动、数据融合评价、全生命周期管控三个层面构建一体化协同管控体系。研究证实,结合现场动态施工工况搭建联动机制,融合多源监测数据开展综合评价与异常识别,形成全过程管理闭环,可有效提高监测数据质量、评价结果精度及风险处置效率。实际工程应用中应结合项目工况落地优化该体系,不断完善监测评价方法,为基坑全过程安全施工与风险防控提供科学可靠的技术支撑。

参考文献:

- [1] 李锐豪.基于变形监测成果的基坑支护设计稳定性评价[J].城市地质,2024,19(02):225-232.
- [2] 黄世政.基于复杂环境的深基坑设计与变形监测分析[J].中国新技术新产品,2023,(16):118-120.
- [3] 姚小波.复杂地质条件下建筑深基坑支护变形响应及支护优化研究[J].工程机械与维修,2025,(09):106-109.
- [4] 郑彬.基坑支护结构变形的多层次监测与评估方法[J].工程与建设,2025,39(03):518-520.
- [5] 贺庭伟.深基坑支护结构变形实时监测与调控技术[J].四川建材,2025,51(05):119-121.