工程与管理科学
Engineering and Management Science
第 8 卷◆第 9 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

既有构筑物周边地下工程近接施工扰动监测安全防控技术研究

宋磊　张驰　刘宾
中国建筑第七工程局有限公司　河南郑州　450000

DOI：10.32629/ems.v8i9.22155

［摘　要］城市地下工程建设日趋密集，各类基坑、隧道、桩基施工常紧邻现有构筑物开展。施工造成的地层扰动和土体位移，容易引发周边构筑物沉降、开裂甚至结构损坏，现场安全管控难度较大。目前近接施工普遍存在监测精度不足、数据更新滞后、防控措施针对性不强等问题。本文结合城区复杂地层施工实际，分析地下施工对既有构筑物的扰动规律，搭建一套自动化动态监测体系，配套分级安全防控措施。经现场实测数据验证，该体系可以有效捕捉细微地层变形，分级预警防控模式能够显著降低施工安全风险，可为城区近接地下工程安全施工提供实用的技术参考。

［关键词］既有构筑物；地下工程；近接施工；施工扰动；动态监测；安全防控

如今城市地下开发建设持续推进，地铁、综合管廊与深基坑类地下工程逐年增多。城市施工普遍存在场地受限、各类建筑排布密集的现状，不少新建地下施工区域紧邻已有住宅、市政管线与道路，属于近距离施工场景。施工会扰动原本稳定的地层，改变土层形态与地下水压力，给周边现有设施带来额外荷载[1]。若现场管控存在疏漏，极易造成墙体开裂、管线渗漏等安全隐患，威胁周边建构筑物使用安全。针对传统监测手段滞后、防控方式单一等常见问题，本文结合现场施工情况开展扰动机理分析，优化监测与防控方案，助力提升近接施工的整体安全管控水平。

一、近接施工扰动机理分析

地下工程在既有构筑物附近施工，容易改变原有建筑的受力与变形状态。根本原因在于施工操作破坏了地层原本稳定的受力平衡，土层内部应力重新分布，土体产生位移，进而带动周边建筑物发生变形。工程带来的地层影响可分为直接扰动与间接扰动，不同施工工艺造成的影响强弱、扩散范围差异较大。基坑开挖、隧道掘进、桩基钻孔等作业会直接移除土体，形成缺少支护的裸露临空面，土层内部积压的应力随之释放[2]。周边土体逐步产生塑性变形并向外扩散，在施工区域周边形成大范围沉降区域，这是地层产生直接扰动的主要原因。不同施工方式对土体的干扰程度各不相同，相应对邻近建筑物、构筑物造成的影响也存在明显差别。

施工降水、设备震动、注浆压力不稳这类施工工序，本身不直接挖动土层，却会改变地下水土分布与土层受力情况，造成土层持续压缩、地下水压力反复变化，都属于对地层的间接干扰。现有建构筑物受这类施工干扰的反应不会立刻显现，影响还会持续叠加。单次轻微干扰通常不会损伤建筑本体，但多次干扰叠加后，细微变形会逐步积攒，容易造成地基不均匀下沉，继而衍生墙面开裂、建筑倾斜、地下管线偏移等各类工程隐患[3]。除此之外，场地土层条件、构筑物结构形式和建设年限，都会直接影响整体抗扰动能力，软土地层还易产生蠕变变形，长期缓慢沉降会持续放大老旧浅基础结构的变形损伤。

二、动态扰动监测体系构建

近接施工带来的地层扰动具备隐蔽、动态变化、逐步累积的特点，传统人工定点监测方式频次有限、数据更新慢，很难完整反映施工全过程的变形变化。对此，本文搭建一套覆盖地层变形、结构响应、水文指标和施工工况的一体化动态监测体系，有效弥补传统监测方式的短板。整套监测系统采用现场采集、网络传输、云端分析、实时预警的工作模式，整体技术架构如图 1 所示，可实现施工全过程的动态安全监测。

整套监测系统采用三级架构搭建。底层是现场感知单元，沿施工扰动区域、建筑基础、墙体与支护结构布设沉降、测斜、孔隙水压、振动、裂缝各类监测器件，同步收集现场多项监测指标。中间层级负责数据传输，依靠 5G 物联网终端把现场采集数据实时回传云端，规避人工上门记录产生的数

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

据偏差与时效滞后问题。顶层承担数据分析和风险预警工作，系统后台通过运算模型对照实测数值与规范限定标准，自动划分施工现场风险等级，同步下发预警通知，所得分析结果可直接作为施工方案调整的参考依据[4]。

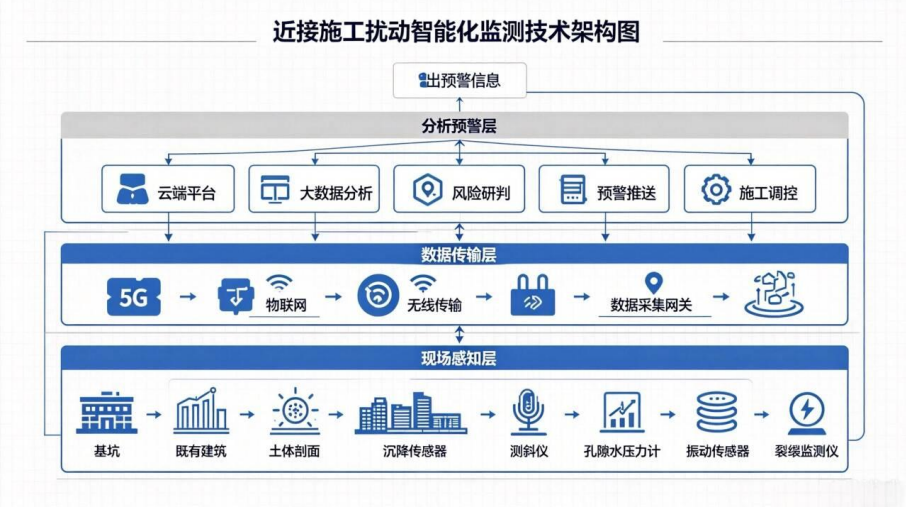

图 1　近接施工扰动智能化监测技术架构图

本次研究选取城区综合管廊基坑项目开展现场实测。研究场地土层分层清晰，地表覆盖杂填土，中部地层为淤泥质软土，基坑底部坐落于粉质黏土层。场地侧边紧邻一栋六层砖混老旧居民住宅，该建筑基础埋深 2.2 米，基坑围护墙体与住宅楼最小净距仅 3.8 米，近距离开挖施工带来较高安全隐患。现场监测点位布设参照现行城市地下工程相关监测规范实施，跟随施工进度完成全流程跟踪观测。表 1 整理汇总各施工阶段核心监测结果，完整记录不同作业工况下土体、支护结构的变形数值与变化速率，同时标注各观测时段对应的现场安全评价结论。

表 1　各施工阶段监测指标实测数据及风险状态评价表

监测指标	施工阶段	最大实测值	最大变化速率	规范允许值	风险状态
构筑物基础沉降	基坑开挖前期（0-3m）	2.16mm	0.12mm/d	≤10mm	安全
	基坑开挖中期（3-6m）	5.89mm	0.35mm/d	≤10mm	安全
	基坑开挖后期（6-9m）	7.92mm	0.48mm/d	≤10mm	可控
	支护成型稳定期	8.05mm	0.03mm/d	≤10mm	安全
构筑物墙体倾斜率	基坑开挖前期（0-3m）	0.08‰	0.01‰/d	≤2.0‰	安全
	基坑开挖中期（3-6m）	0.32‰	0.04‰/d	≤2.0‰	安全
	基坑开挖后期（6-9m）	0.57‰	0.07‰/d	≤2.0‰	可控
	支护成型稳定期	0.59‰	0.01‰/d	≤2.0‰	安全
基坑侧壁水平位移	基坑开挖前期（0-3m）	3.25mm	0.21mm/d	≤15mm	安全
	基坑开挖中期（3-6m）	8.64mm	0.58mm/d	≤15mm	安全
	基坑开挖后期（6-9m）	12.36mm	0.72mm/d	≤15mm	可控
	支护成型稳定期	12.51mm	0.04mm/d	≤15mm	安全
地层孔隙水压力	全施工周期	28.6kPa	1.2kPa/d	≤35kPa	安全
施工振动速度	全施工周期	1.82cm/s	—	≤2.5cm/s	安全

结合表 1 实测数据能够看出，施工扰动强度和基坑开挖深度呈现明显正相关关系。开挖后期土体卸荷量较大，地层应力调整速度加快，各项监测数据达到整个施工阶段的峰值，但所有指标均未超出规范允许范围。当基坑开挖完成、支护结构成型后，地层应力逐步趋于稳定，土体变形速率快速下降并慢慢平稳，充分说明这套监测体系能够精准捕捉近接施工的扰动变化规律，监测数据可靠、稳定性较好。

三、分级安全防控关键技术

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

结合现场监测数据反映的扰动变化规律，根据不同施工阶段的风险等级，本文建立分级安全防控机制。整体遵循事前预防、事中管控、事后补强的思路，结合现场实际情况调整施工工艺、强化地层支护效果，对不同程度的施工风险开展差异化管控，实现扰动风险的精准治理。

一级防控为基础防控措施，多用于工程施工初期。这一阶段场地扰动程度轻，整体安全风险偏低。现场施工会调整作业工序，分层、分段、对称开展土方开挖，严格限定单次开挖深度与开挖面积，防止一次性大面积卸土造成地层大幅波动。降水作业同步管控速率，优先布设浅层井点稳定地下水位，削弱土层沉降固结问题。开工初期同步开展周边构筑物外观巡检，完整记录初始裂缝数据，持续开展监测工作，尽早梳理各类安全隐患。整套管控不依赖高强度应急手段，依靠工序微调、动态监测实现风险前置管控，适配前期低扰动施工场景。

二级防控属于升级管控手段，多用于施工中段监测数值持续走高、临近预警临界值，且风险仍处于可控范围的作业场景。施工阶段会在作业面和已有建构筑物之间布设隔离桩，搭配止水帷幕形成复合防护体系，切断土层形变传导通道，以此减轻施工作业带来的地层扰动，降低周边建构筑物受影响程度。若现场软土土质承载力弱、稳定性不足，可采用小型注浆手段加固受扰动土层，增强土体固结程度，减缓塑性形变持续扩张。同步加密现场监测频率，原有两小时一测调整为每半小时采集一组数据，依托实时监测结果灵活把控施工推进速度，把土层单日变形增量管控在安全区间内。

三级防控对应的是现场应急处置方案，多用于监测数值触发预警、地层扰动骤然加重这类高风险作业场景。一旦发现各类异常迹象，需第一时间暂停危险性较高的施工作业，同步落实现场应急处置工作。若构筑物出现沉降、偏移超标问题，要马上搭设临时支撑、堆载填土压重，遏制变形持续扩大；遇到渗水、土体松散等隐患地段，迅速注浆封堵缝隙并回填夯实，稳住地层原有状态。待构筑物整体状况、各项监测指标回落至安全标准范围，方可分阶段重启施工，整个处置及复工阶段均安排工作人员不间断值守巡检。

四、工程应用效果分析

把这套监测手段与分级管控办法运用到该综合管廊基坑项目中，施工全程依托实时监测所得数据灵活调整作业参数，同步执行对应等级的管控举措。项目施工全过程未出现安全事故，场地周边原有老旧建筑未产生新的结构裂缝，建筑倾斜数值也未超出标准限值，各类关键变形监测数据均处于规范允许的安全区间。相较于传统现场施工管控方式，本项目采用的处置方案可提前识别土层扰动引发的各类安全风险。实测数据显示，周边建筑平均沉降量降低 42.3%，结构倾斜相关参数降幅达 38.6%，现场安全管控实际改善效果十分明显。自动化监测数据可同步归档留存，为工程竣工后的场地安全评估提供完整原始资料。方案结合实时监测与分等级防护机制，能快速捕捉基坑施工过程中的地层变动情况，从根源减轻开挖作业对周边房屋、构筑物的负面影响。综合来看，这套管控思路对比常规手段，在风险前置把控、变形控制等方面具备更明显的实用优势。同时自动化监测减少了大量人工作业，有效降低监测误差和人工成本，施工整体效率提升 18.5%，实现了安全、质量与效率的兼顾。

结束语

文章围绕城区地下工程近接施工开展研究，梳理施工过程中地层受扰动的变化特点，搭建一套可实时动态采集数据的智能监测系统，同步制定分等级安全处置办法，整合形成适用于城市地下项目的完整安全管理办法。研究结果表明，施工对地层的扰动会随工序推进呈现分段变化特点，开挖进入中后段时安全风险最为突出，地层荷载释放、内部应力重新调整，是周边建构筑物发生形变的核心原因。这套监测系统能够及时识别地层微小位移变化，分级管控手段可对应各阶段风险等级，从源头减少施工安全问题。后续研究可引入智能算法改进风险预判模型，持续提高城市地下近接施工管理的精细程度与智能管控能力。

[参考文献]

[1]杨武平,伍斌,吴小健. 大直径盾构近接桥桩施工扰动规律及加固措施研究[J].西部交通科技,2025, (8):124-129.

[2]赵乐欣. 超大扁平隧道近接既有建（构）筑物的施工变形影响分析[J].价值工程,2025,44 (10):1-3.

[3]王星,李明君. 地下构筑物施工对近接既有地铁区间的影响及安全评价[J].价值工程,2022,41 (18):70-74.

[4]张珣. 盾构近接施工对既有构筑物的影响[J].铁道建筑,2021,61 (4):71-74+106.

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.