

基于深基坑施工动态管控模式研究

陈俊良

上海博古置业有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i9.20495

[摘要] 深基坑工程具备开挖深度大、地质条件复杂、施工风险高、环境影响敏感等特性,传统静态管控模式难以应对施工过程中的变形、受力与渗流突变问题。本文以上海协华脑科医院新建项目深基坑为工程依托,紧扣项目16.2m开挖深度、一级安全等级、承压水突涌风险、软土分布不均等核心特征,构建以全过程监测为基础、多级预警为手段、分级处置与闭环管理为保障的动态管控模式。从工程概况、管控依据、动态体系构建、关键管控要点、预警响应与应急处置、实施成效等维度展开系统研究,提炼出可复制、可推广的深基坑施工动态管控方法,为同类超深、承压水、软土基坑工程提供实践范例与技术支撑。

[关键词] 深基坑; 动态管控; 承压水降水; 变形监测

中图分类号: TV551.4 **文献标识码:** A

Research on Dynamic Control Mode for Deep Foundation Pit Construction

Junliang Chen

Shanghai Bogu Real Estate Co., Ltd.

[Abstract] Deep foundation pit projects have characteristics such as large excavation depth, complex geological conditions, high construction risks, and sensitive environmental impacts. The traditional static control mode is difficult to address the problems of deformation, force and seepage sudden changes during the construction process. This paper takes the deep foundation pit of the newly built project of Shanghai Xiehua Brain Hospital as the engineering basis, closely focusing on the core features of the project, such as a 16.2-meter excavation depth, first-level safety level, risk of sudden water pressure surge, and uneven distribution of soft soil. It constructs a dynamic control mode based on full-process monitoring, with multi-level early warning as the means, and hierarchical handling and closed-loop management as the guarantee. The systematic research is carried out from the dimensions of project overview, control basis, dynamic system construction, key control points, early warning response and emergency handling, and implementation effects, extracting replicable and promotable dynamic control methods for deep foundation pit construction. This provides practical examples and technical support for similar ultra-deep, water-bearing pressure, and soft soil foundation pit projects.

[Key words] deep foundation pit; dynamic control; confined water dewatering; deformation monitoring

引言

随着城市医疗建筑向高层化、地下空间多层化迈进,深基坑工程呈现出超深化、大尺寸、高风险、严保护的发展趋势。上海地处滨海平原软土区域,土体含水量高、压缩性强、强度低,叠加深层承压水分布复杂,深基坑施工极易引发围护变形过大、支撑轴力超限、坑底隆起、渗流突涌、周边沉降超标等风险。传统“设计一次性敲定、施工按图推进、监测事后反馈”的静态管理模式,存在响应滞后、决策被动、风险不可控等短板。动态管控模式以实时监测为根基、数据反馈为核心、工况联动为关键、闭环处置为目标,深度协同监测、施工、监理、设计等单位,

构建“监测—分析—预警—处置—复核—优化”的全流程动态调整机制。本文依托上海协华脑科医院新建项目深基坑工程,聚焦16.2m标准开挖深度、局部19.2m落深、第⑦层与第⑨层承压水连通、软土层厚度大、多级支撑体系等核心难点,系统探究动态管控的构建逻辑、实施路径与控制要点,为保障基坑安全、环境稳定与施工有序提供理论与技术支撑。

1 工程概况与管控重难点

上海协华脑科医院新建项目位于上海市闵行区华漕板块西虹桥商务区,毗邻新虹桥国际医学中心,总用地面积15255.1m²,总建筑面积55372.98m²。综合楼地上12层、地下3层,建筑高度

60m, 基坑开挖主深度16.2m, 局部最深达19.2m, 附属用房及坡道等分区开挖深度3.0~11.0m。项目主要参建单位包括建设单位上海协华脑科医院有限公司、监理单位上海市工程建设咨询监理有限公司、设计单位上海建筑设计研究院有限公司与上海山南勘测设计有限公司、施工单位江苏省苏中建设集团股份有限公司等。

主体基坑呈长方形(138m×72.2m), 围护周长410m, 安全等级一级, 采用1000mm厚地下连续墙(两墙合一, 墙长35.5m)结合三道钢筋混凝土支撑及格构柱竖向支撑体系, 坑内及地墙接头采用高压旋喷桩加固止水。场地属滨海平原地貌, 浅层以杂填土、粉质粘土为主, 深层第⑦层与第⑨层粉砂含水层连通, 北侧存在明浜需清淤回填。潜水稳定水位埋深1.30~1.40m, 承压水水头埋深约6.9m, 标准开挖区及局部深坑均不满足抗突涌稳定要求。该工程管控重难点在于: (1)超深一级基坑(局部近20m)软土流变效应显著, 变形控制难度大; (2)悬挂式止水帷幕下深层连通承压水突涌风险高, 需按需降压降水并与开挖工况动态匹配; (3)三道支撑轴力变化大, 需实时监控受力均衡性以防偏载失稳; (4)多区域、多深度、多围护形式并行施工, 时空效应控制严苛; (5)其北侧邻近规划河道, 地下水位敏感, 须严格控制坑外水位变化及地表沉降。

2 动态管控实施依据

动态管控以国家规范、地方标准、设计文件与合同要求为刚性准则, 结合项目施工图纸、岩土工程勘察报告、抽水试验、专家论证意见, 遵循相关合同及技术要求, 明晰各方权责边界。依据《建设工程监理规范》(GB/T50319-2013)^[1]、《基坑工程技术标准》(DG/TJ08-61-2018)^[2]、《基坑工程施工监测规程》(DG/TJ08-2001-2016)^[3]规范标准, 筑牢管控制度根基; 同时落实沪住建规范(2019)4号文及上海市基坑工程相关管理规定, 并严格执行经论证的基坑支护、降水、开挖、监测专项方案, 确保管控要求贯穿施工全过程。

3 深基坑施工动态管控模式构建

本项目摒弃静态管控思路, 构建“监测全覆盖、数据实时传、预警分级控、处置快响应、闭环可追溯”的动态管控模式, 以“数据驱动决策、工况指导调整、风险前置控制”为核心, 打造“五位一体”管理体系, 全方位保障深基坑施工安全。

项目动态管控总体框架如下: (1)监测动态层: 全要素、全周期、全区域布设监测点, 精准获取围护、支撑、水位、土体、环境的真实数据, 为管控决策提供一手支撑。(2)分析决策层: 由监理牵头, 联合施工、监测、设计单位每日研判监测数据, 判定变形趋势与安全状态, 实现数据到决策的高效转化。(3)预警响应层: 设定速率与累计双控阈值, 实施分级预警, 明确响应流程与责任主体, 确保风险预警精准高效。(4)处置执行层: 依据预警等级, 采取调整开挖速率、加固支撑、降压调控、注浆止水、暂停施工等针对性措施, 推动风险处置及时落地。(5)闭环复核层: 处置完成后持续跟踪监测, 确认稳定后方可复工, 构建“预警—处置—复核—销号”的闭环机制, 保障管控成效长效可控。

监测是动态管控的“感知器官”, 本项目严格按照一级基坑要求布设13类监测项目, 实现了对关键区域的全覆盖, 主要分为四大方面: (1)监测项目与点位: 围护墙顶垂直/水平位移点27个, 每20m1点, 反映顶部变位; 围护深层测斜孔16个, 每30m1孔, 监测墙体不同深度水平位移。坑外水位潜水孔13个, 孔深10m, 判断止水效果与渗流风险; 支撑轴力39组, 布设于关键杆件与1/3跨度处, 监控混凝土支撑受力; 立柱沉降15个, 布设于基坑中部、支撑交汇区, 控制坑底隆起与立柱差异变形; 周边地表沉降60点, 按2/5/10/15/25m间距布设, 覆盖3倍开挖深度影响区。另有承压水水位、坑底回弹、坑外土体测斜、分层沉降、围檩内力、周边建构筑物位移等。(2)初始值采集: 各测点施工前连续观测不少于3次, 稳定后作为基准; 基准点不少于3个, 布设于影响区外并定期联测。协同监测频率动态调整: 开挖前: 1~2次/周; 开挖至底板浇筑完成3d、支撑拆除及后3d: 1次/天; 底板完成至回填: 2~3次/周。(3)数据突变或报警: 加密至2~3次/天, 实施跟踪监测; (4)数据报送: 实行当日处理并提交, 形成日报, 异常数据以口头及书面双报告形式同步上报, 从而保障信息传递及时高效。本项目通过构建全维度动态监测体系, 实现了监测要素全覆盖、数据采集精准化及频率调整动态化, 为动态管控提供数据基础。

3.1 动态预警体系(控制核心)

研究采用变化速率+累计变形双控指标, 结合项目设计要求确定预警值(见表1), 通过科学设定预警阈值, 有助于实现风险早发现、早干预, 筑牢管控核心防线。

表1 深基坑施工动态预警指标表

监测内容	速率报警值	累计报警值
围护墙顶位移	连续3d>3mm/d	25mm
围护墙体测斜	—	50mm
立柱沉降	>3mm/d	>30mm
坑内外水位变化	>300mm/d	>500mm
周边地表沉降	—	45mm
地下管线沉降	—	20mm
支撑轴力	—/二/三道分别≤6000/12000/10000kN	设计限值

3.2 动态处置体系(实施关键)

黄色预警(指标接近报警值)时, 监理下达整改通知, 施工单位通过优化施工工况, 以防控风险进一步升级, 采取放缓开挖速度、减小分层厚度、及时施作支撑、加密监测频次等具体措施; 橙色预警(指标达到报警值)时, 立即暂停相关区域施工, 参建四方现场会商, 通过采取加固补撑、注浆止水、调整降水方案等处置措施, 旨在阻断风险蔓延; 红色预警(指标超控或出现渗漏、裂缝、涌砂、支撑异响等险情)时, 立即启动应急预案, 通过疏散现场人员、切断风险源、开展抢险处置并同步上报主管部门, 在遏制险情扩大的同时保障处置效能。

3.3 闭环管理体系(保障手段)

通过搭建闭环管理台账, 在确保管控流程可追溯、处置效果可验证的情况下, 具体建立“预警登记—原因分析—措施下达—

现场执行—监测复核—销号归档”的闭环机制,所有记录签字留存确保可追溯,监理对处置过程全程旁站并核验结果以保障管控落地见效。

4 动态管控关键要点与实施路径

以“前置管控、过程动态管控、地下水动态管控、围护与加固动态管控、监理动态管控方法与措施”构成项目动态管控的5个核心维度。

(1)通过监理单位审核监测单位资质及监测方案,落实开挖条件验收工作,由总监理工程师签署开挖令后方可作业。北侧明浜应先清淤回填,再进行地墙施工,防止不均匀沉降与渗漏。(2)通过遵循践行时空效应动态控制原则,严格遵循“分层、分段、分块、对称、平衡、限时”要求,做到开挖一段即支撑一道,严禁超挖。实时监控支撑轴力均衡性,按先换撑后拆除的顺序作业。多分区同步管控主体基坑、加速区、坡道,互不干扰;深、浅基坑衔接处加强监测与加固,防止应力集中与变形叠加。(3)以抗突涌系数1.05为控制目标,逐级降低承压水水头,严禁超降、久降,减少地面沉降。同步监测潜水、承压水及坑外水位,遇突变及时采取堵漏或回灌措施。根据监测水头实时调节抽水量,保持稳定降压,避免频繁启停导致水位波动。(4)通过实时监控地墙位移及接缝渗漏,小漏点导流封堵,大漏点双液注浆,严防涌砂失稳。高压旋喷桩施工须全程旁站,并检测桩体强度与均匀性,确保加固质量达标。(5)通过资质审核与方案预控夯实管控基础,通过日常核查、旁站巡视及时发现并督促问题整改,最终以指令闭环落实整改销号。

5 特殊情况应急处置动态管控

针对围护险情、周边环境风险、承压水突涌等极端情况提出应急响应机制,增强管控模式的完备性和应对突发风险的能力。项目从以下“围护体系、周边环境、承压水突涌”三方面做出了应对措施:(1)强化数据汇总与现场巡查,重点排查裂缝、渗漏、沉降突变等异常情况,及时发现险情、快速响应处置。一旦变形速率加快或渗漏加剧,立即停止开挖,采取回填反压、注浆加固、补设支撑、强化降水等措施,待基坑稳定后再评估复工条件。(2)搭建多方联动监护网络,密切监测管线沉降与差异沉降,超标时采取注浆加固、架空悬吊等处置措施,并协同产权单位共同处理;加密监测频次,布设石膏饼追踪裂缝发展,采用跟踪注浆、墙体支撑等加固手段,确保建(构)筑物周边结构安全。(3)通

过完善应急处置流程,为快速控制险情、防止事故扩大,一旦出现坑底突涌征兆,立即停止开挖,采取坑内堆载反压、注浆封堵、降压调控、周边回灌等综合措施,快速控制水头与渗流,严防事故扩大。

6 动态管控实施成效

本动态管控模式在上海协华脑科医院深基坑项目实施后成效显著。围护变形、支撑轴力、水位变化、地表沉降均控制在预警值范围内,未发生渗漏、失稳、突涌等险情;坑外水位稳定,周边无明显沉降,河道与道路未受影响;多区域并行作业动态调整顺畅,工期可控;数据当日反馈、预警即时响应、措施快速落地,实现了信息化施工;各项施工质量符合设计与规范要求。实践证明,该模式能有效应对软土地区超深承压水基坑的不确定性风险,是深基坑工程安全管理的科学路径。

7 结论

深基坑施工动态管控以实时监测为基础、数据驱动为核心、分级预警为手段、闭环处置为保障,可有效化解软土、超深、承压水、复杂工况带来的施工风险。本项目构建的“监测—分析—预警—处置—闭环”体系,高度适配16.2m一级基坑、承压水连通、多分区施工的特点,管控目标明确、流程清晰、责任到位。监理在动态管控中承担着审核、监督、预警、协调、闭环的核心职能,是保障模式落地的关键力量。承压水“按需降压”、支撑“受力均衡”、开挖“时空效应”、止水“渗漏早治”是动态管控的四大核心要点。研究展望:未来深基坑工程将向更深、更大、更复杂的方向演进,动态管控需进一步强化多源数据融合、工况模拟预判、多方协同平台搭建、应急快速响应能力,推动管控模式从“被动处置”向“主动预判”升级。在上海软土地区,应持续优化承压水降水、支撑换撑、变形控制的动态参数,构建更具针对性的地方化、标准化管控体系,为城市地下空间安全开发提供更坚实的技术保障。

[参考文献]

- [1]GB/T50319-2013,建设工程监理规范[S].
- [2]DG/TJ08-61-2018,基坑工程技术标准[S].
- [3]DG/TJ08-2001-2016,基坑工程施工监测规程[S].

作者简介:

陈俊良(1987--),男,汉族,吉林省靖宇县人,工程师,工程管理方向,从事房地产开发行业。