

地铁上方基坑开挖施工对地铁保护研究

张瑜樑

上海建工二建集团有限公司 上海 200000

DOI:10.32629/ems.v8i5.20203

[摘要] 随着城市地下空间开发力度的不断加大,地铁上方基坑开挖施工日益普遍,而此类施工极易对下方运营地铁结构产生扰动,引发隧道变形、渗漏等安全隐患,严重威胁地铁运营安全。以某地块基坑工程为依托,结合该区域工程地质、水文条件及地铁1号线运营现状,重点研究地铁上方基坑开挖施工中的地铁保护核心技术、风险防控及监测应急体系。文章从施工前期准备、施工过程管控、监测应急保障三个维度,梳理地铁保护的关键要点,提出针对性的保护措施,解决基坑开挖中土体扰动、地下水变化、施工荷载等对地铁结构的不利影响,确保基坑开挖施工与地铁运营安全并行,为同类地铁上方基坑开挖工程的地铁保护提供实践参考,推动城市地下工程与轨道交通协同安全发展。

[关键词] 地铁上方基坑; 开挖施工; 地铁保护; 土体加固; 施工监测; 应急防控

引言

随着国民经济快速发展,许多大中型城市轨道交通正在建设中,然而随着地铁的增多,地铁周边的商业建筑也随之增多。基坑通常在主体结构之前建造施工,基坑作业会造成周围土体应力场发生改变,可能会对下方地铁安全性产生影响。地铁作为城市交通核心枢纽,其运营安全关乎人民生命财产及城市正常运转,而基坑开挖中的土体卸载、地下水扰动等因素,易导致隧道沉降、开裂等病害,影响地铁运营。以某地块工程为例,其基坑中块位于地铁1号线正上方,隧道顶至基坑底净距仅6.2m,且邻近隧道已存在严重变形,对保护要求极高。因此,开展此类研究,明确风险点、制定保护措施、完善监测应急体系,对保障地铁安全、推动地下工程高质量发展具有重要意义。本文结合该工程,从三方面展开研究,为同类工程提供技术支撑。

一、地铁上方基坑开挖施工前地铁保护准备工作

(一) 工程地质与水文条件勘察优化

精准的工程地质与水文勘察是地铁保护的基础,直接决定施工方案的科学性。以某地块为例,区域属滨海平原地貌,135.00m深度内地基土以饱和黏、粉性土及砂性土为主,含流塑状高压缩性土层,抗扰动能力弱,易引发土体沉降并传递至地铁隧道。场地地下水含潜水、微承压水和承压水,潜水水位受降水影响大,承压水赋存于⑦层砂性土,降水控制不当易导致土体固结沉降。因此,施工前需开展详细勘察,

精准掌握土层性质、地下水规律,标注隧道周边不良土层,优化施工及保护方案,为地铁保护奠定基础。

(二) 地铁保护专项方案编制与审批

地铁上方基坑开挖施工前,必须编制专项地铁保护方案,明确保护目标、技术措施、施工流程及责任分工,经相关部门审批通过后方可实施,这是地铁保护的核心前提。专项方案需严格遵循《某市轨道交通管理条例》,结合工程实际明确地铁保护基本原则,确保施工过程中严格按照设计施工,加强工序、工艺、施工参数的有效控制,最大限度减少对地铁结构的影响。方案中需重点明确地铁结构的保护控制指标,如该工程明确规定施工过程中隧道新增变形量需控制在5mm内,地铁结构位移、沉降或隆起连续三天同方向日变化量达到0.5mm时须及时报警。同时,方案需结合工程地质和水文条件,制定针对性的土体加固、降水控制、施工时序等措施,明确施工区域划分、施工机械设备选型、施工时间安排等内容,重点考虑地铁保护区内的施工限制,如距离地铁结构外边线6m以内的灌注桩桩基需在夜间列车停运后施工,单桩施工时间控制在6.5h以内。此外,方案还需包含监测方案和应急预案,明确监测内容、监测频率、应急处置流程及物资准备,确保方案的科学性、可操作性和针对性,经地铁监护部门、监理单位等相关方审批通过后,组织施工人员进行专项交底,确保每一位施工人员掌握地铁保护的核心要求。

(三) 施工前现场准备与地铁监护手续办理

施工前的现场准备工作是确保地铁保护措施落地的重要保障,需围绕施工设备、现场布置、地铁监护等方面全面开展。在施工设备准备方面,需根据地铁保护要求选型,优先选用轻型施工设备,避免设备重量过大对地铁隧道产生额外荷载,如该工程地铁上方三轴搅拌桩施工选用轻型工法设备,设备总重控制在100t以内,确保满足地铁范围内施工要求。同时,需对施工设备进行全面检查和试运转,确保设备性能良好,避免因设备故障导致施工中断或扰动地铁结构。在现场布置方面,需合理划分施工区域,避免在地铁隧道上方进行堆载和行驶重车,设置专门的材料堆场和施工道路,确保施工荷载均匀分布,减少对地铁结构的不利影响。此外,施工前必须办妥地铁监护手续,落实监护措施,安排专人与地铁监护人员对接,对项目涉及的结构边线与地铁结构的相对位置关系进行现场复核,明确监护要点和沟通流程,确保施工过程中全程接受地铁监护部门的监督,及时整改监护过程中发现的问题,为地铁保护提供全方位的现场保障。

二、地铁上方基坑开挖施工过程中地铁保护管控

(一) 基坑开挖与土体加固施工管控

地铁上方基坑开挖与土体加固施工是地铁保护的关键环节,需严格遵循“分层、分段、分块、限时对称平衡开挖”的原则,结合“时空效应”理论优化施工流程,减少土体扰动对地铁结构的影响。在基坑开挖管控方面,需合理划分开挖分区,优先施工远离地铁侧的基坑,再施工地铁上方及临近地铁侧的基坑,如该工程将基坑分为8个区独立交叉施工,先施工南区桩基和围护,再依次开挖各分区,最后开挖地铁上方的H区。对于地铁上盖区域的基坑开挖,需严格控制施工时间,仅在地铁停运时段(23:03~第二天5:15)施工,将基坑分为57小块,单块底板面积控制在45m²以内,确保6小时内完成单块土方开挖至底板混凝土浇筑,形成门式反力体系,防止基底回弹和地铁隧道隆起。在土体加固施工方面,需优先施工地铁侧的三轴搅拌桩槽壁加固,再施工远离地铁侧的加固工程,隧道上盖区域先进行复合重力坝施工,再依次进行隧侧和隧顶加固,确保加固体的连续性和搭接可靠性。施工过程中严格控制三轴搅拌桩的施工参数,下沉速度控制在0.3m/min,提升速度控制在0.5m/min,施工前进行

非原位试桩,确保施工对周边土体(6m范围内)的挤压影响小于2mm,减少土体扰动对地铁隧道的影响。

(二) 降水施工与地下水管控

地铁上方基坑开挖过程中,地下水的合理管控是防止地铁结构变形的重要举措,需结合场地水文条件,采取“疏干、降压、回灌”相结合的措施,严格控制地下水位变化,避免因地下水流失导致土体沉降,进而影响地铁结构稳定。在降水施工管控方面,需根据不同土层的渗透性合理布置疏干井和减压井,疏干井按200m²一口布置,减压井通过软件模拟计算确定数量和位置,重点对承压水进行降压,遵循“随开挖深度逐步开启降压井”的原则,防止基坑突涌的同时,减少地下水水位变化对地铁隧道的影响。在回灌施工方面,需在基坑外侧布设回灌井,尤其加强地铁1号线隧道一侧的回灌井布置,间距控制在10m以内,其他侧间距为25m,通过回灌井补充地下水,减少因抽水导致的周边土体沉降,保护地铁结构。同时,需加强地下水水位和抽水流量的监测,及时调整抽水井及抽水流量,发现问题及时处理,必要时采取回灌措施,确保地下水位稳定在合理范围。

(三) 施工荷载与施工时序管控

地铁上方基坑开挖施工过程中,施工荷载和施工时序的合理管控,能够有效减少对地铁结构的扰动,确保地铁运营安全。在施工荷载管控方面,严格禁止在地铁隧道上方进行堆载和行驶重车,合理布置施工材料堆场和施工机械设备,确保施工荷载不直接作用于地铁隧道上方土体,减少土体压力变化对地铁结构的影响。对于地铁上盖区域的施工,单幅底板混凝土初凝后,需在地铁隧道正上方的砼表面满铺九夹板,堆放沙袋施加荷载,堆载高度控制在1.5m,防止基底回弹和地铁隧道隆起。在施工时序管控方面,严格遵循“先加固、后桩基”“先地铁侧、后远离地铁侧”的原则,确保加固体达到设计强度后再进行桩基施工和基坑开挖,避免因施工时序不合理导致土体扰动加剧。地铁保护区内钻孔灌注桩需在夜间停运后施工,单桩时长≤6.5h,通过工艺优化加快施工速度,合理安排分区施工顺序,避免叠加扰动,确保变形控制在允许范围。

三、地铁上方基坑开挖施工中地铁监测与应急保障

(一) 地铁结构及周边环境监测体系构建

建立完善的监测体系是地铁保护的重要手段,能够实时掌握基坑开挖施工对地铁结构及周边环境的影响,及时发现安全隐患,为施工调整和应急处置提供依据。监测范围重点覆盖地铁结构、基坑周边土体、地下管线及周边建(构)筑物,其中地铁结构监测是核心,重点监测地铁隧道的位移、沉降、隆起及收敛变化,监测频率根据施工进度和监测数据变化情况调整,确保能够及时捕捉地铁结构的变形动态。该工程明确规定,地铁结构位移、沉降或隆起速率达到 $0.5\text{mm}/\text{day}$,或靠近地铁一侧的围护结构变形超过 $1.0\text{mm}/\text{day}$,或监测值超过日监控指标或总变形控制量的 $1/2$ 时,需及时报警。同时监测地下水位、坑底回弹等,布点间隔约 20m ,采用第三方与施工单位双重监测,对比分析数据,及时抄送相关单位,实现信息化施工。

(二) 监测数据预警与施工调整

监测数据的及时分析、预警与施工调整,是防范地铁结构安全隐患的关键环节,需建立完善的监测数据处理机制,确保监测数据能够有效指导施工。安排专人负责监测数据的收集、整理和分析,建立监测数据台账,绘制相关图表,实时跟踪监测数据的变化趋势,对比地铁保护控制指标,及时发现异常数据。当监测数据达到预警值时,立即启动预警机制,第一时间停止相关区域施工,上报工地项目经理、总工程师及地铁监护管理部门,组织专业人员分析异常原因,制定针对性的施工调整措施。例如,当地铁结构监测值超过 3mm ,或连续三天同方向日变化量达到 0.5mm 时,需及时停止施工,排查施工过程中的土体扰动、降水控制、施工荷载等问题,调整施工参数,如放慢开挖速度、调整降水流量、加强土体加固等,待监测数据恢复正常后,方可恢复施工。同时,根据监测数据的变化情况,及时优化施工方案,调整施工时序和施工措施,确保地铁结构变形始终控制在允许范围内,最大限度减少施工对地铁结构的影响。

(三) 应急体系构建与应急处置

建立完善的应急体系,做好应急物资储备和应急处置演练,能够在突发险情发生时快速响应,最大限度降低险情对地铁结构和运营安全的影响。结合地铁上方基坑开挖施工的

风险点,编制针对性的应急预案,包括施工突发险情应急预案和轨道交通专项应急预案,明确应急组织机构、应急处置流程、责任分工和应急措施,签订地铁结构专项抢险协议,确保应急处置工作有序开展。应急预案重点覆盖基坑漏水流砂、承压水突涌、基坑坍塌、地铁隧道病害等突发情况,明确各类险情的处置措施,如基坑渗漏时采用引流修补、压密注浆等方法,隧道出现严重病害时立即停工并上报地铁监护部门,组织修复工作。同时,设置抢险应急仓库,储备充足的应急物资,包括发电机、快干水泥、水泵、编织袋、挖掘机等,确保突发险情发生时能够及时调配使用。此外,定期组织应急处置演练,提升施工人员的应急处置能力,确保突发险情发生时,能够第一时间启动应急预案,采取可靠的应急措施,控制险情发展,保障地铁运营及结构安全。

四、总结

结合某工程研究表明:施工前期需通过精准勘察、科学编制审批方案、完善现场准备及监护手续,奠定保护基础;施工过程中重点管控开挖加固、降水、荷载与时序,减少土体扰动;监测应急阶段需构建完善监测体系,强化预警调整,健全应急机制,快速处置险情。地铁保护需结合工程实际,制定针对性措施,注重精细化管控和动态调整,实现施工与地铁运营安全协同。本文提出的措施结合实际经验,具有较强可操作性,可为同类工程提供支撑。未来需进一步创新保护技术,优化监测和应急手段,提升保护科学性,推动地下工程与轨道交通安全可持续发展。

[参考文献]

- [1]王宇.深大基坑临近既有地铁车站施工影响及控制措施研究[D].中南林业科技大学,2025.
- [2]蔡映坤.昆明某地铁站深基坑开挖施工对相邻超期服役基坑变形影响研究[D].昆明理工大学,2023.
- [3]杨安伦.地铁上方基坑开挖对既有隧道变形影响研究[D].河南工业大学,2020.
- [4]龙宏德,刘俊景,王定军,张建,王尉行,徐前卫.地铁隧道上方长距离并行基坑开挖的施工影响及变形控制[J].城市轨道交通研究,2018,21(01):106-112.