

地铁施工交叉作业安全管理难点与对策

张建峰

(中交一航局城市轨道交通工程有限公司)

摘要: 为了提高地铁施工交叉作业安全管理水平,降低安全事故发生率,依托天津市地铁 11 号线一期工程 6 标项目,采用安全区域动态划分、多层次协调机制和全方位预警监测等创新管理方法,系统研究地铁交叉作业中的空间受限、多工种协同和工序衔接等难点问题。研究表明:通过建立区域划分与隔离措施、完善协调机制与责任体系、强化预警监测与应急处置等系统性解决方案,项目安全事故发生率显著降低,工程质量和进度得到有效保障。研究成果对提升地铁施工安全管理水平具有重要的实践指导意义。

关键词: 地铁工程;交叉作业;安全管理;协同管理;预警监测

0 引言

地铁工程作为城市轨道交通基础设施的重要组成部分,多建设于城市密集区域和地下复杂环境,地铁施工特点决定了必然存在多工种,多工序交叉作业的情况,交叉作业在提高施工效率的同时,也带来了诸多安全风险。在地铁施工中,有限的地下空间、复杂的施工环境、多工种协同作业以及工序衔接紧密,使得交叉作业安全管理面临严峻挑战。针对地铁施工交叉作业安全管理难点进行研究并提出有效应对措施,对于保障施工人员安全、提高工程质量和控制工期具有重要意义。

1 工程概述

1.1 项目概况

天津地铁 11 号线一期工程 6 标项目位于天津市东丽区张贵庄街道,由环宇道站、雪莲南路站及 2 个区间隧道组成,环宇道站总长 372.360 m,为地下双层岛式站台车站,主体结构标准段总宽度为 22.8 m,与 10 号线进行 T 形换乘,雪莲南路站长 474.2 m,标准段宽 20.7 m,站台宽度 12 m,车站线路平面为直线^[1],环宇道站至雪莲南路站盾构区间全长 773.738 m,隧道结构顶部覆土厚度约 10.15~19.70 m,雪莲南路站至招远路站盾构区间全长 517.827 m,隧道结构顶部覆土厚度约 8.62~10.85 m。工程涉及大量交叉作业,包括地下连续墙施工、基坑开挖、主体结构施工、盾构施工以及附属结构施工等多项工序的交叉进行。

1.2 交叉作业施工环境特点

地铁施工交叉作业环境特点主要表现在地质

条件复杂、施工空间狭小、周边环境制约显著 3 个方面。本工程地层分布复杂,包含杂填土、素填土、粉质黏土、黏质粉土、淤泥质粉质黏土等不同地层,部分区域存在重度液化土层,环宇道站与雪莲南路站区间隧道穿越⑧₂₄粉土液化层,属重度液化;雪莲南路站至招远路站区间隧道局部分布有地震液化土层。地下水情况复杂,环宇道站未隔断第二层微承压水,雪莲南路站开挖深度 17.4~19.9 m,基底位于粉质黏土、黏质粉土层,基坑开挖在第一层承压水范围内,第二层微承压水未被地下连续墙隔断,导致施工过程中存在突涌风险,给交叉作业安全管理带来挑战。

2 管理难点分析

2.1 空间受限引发的管理难点

地铁施工交叉作业空间受限问题主要体现在地下空间狭小、垂直空间层次复杂、作业区域重叠 3 个方面。环宇道站与雪莲南路站基坑深度分别达到 17.9~19.7 m 和 17.4~19.9 m,标准段宽度仅为 22.8 m 和 20.7 m,施工现场空间紧张,特别是环宇道站联络线开挖深度为 17~25.4 m,基坑宽度较小,增加了交叉作业安全管理难度^[2]。垂直空间层次复杂,如环宇道站为地下双层岛式站台,与 10 号线进行 T 形换乘,换乘节点处为 3 层框架结构,多层次施工空间交叉作业时人员、材料、设备垂直运输互相干扰严重。同时,安全防护需占用部分施工空间,而在联络线施工中,220 kV 电力管道需悬吊保护,空间狭小增加了防护难度与风险,应急疏散通道有限,安全疏散管理难度大幅增加。

2.2 交叉作业安全管理难点

地铁工程交叉作业安全管理难点主要体现在多项施工工序密集交错、特殊点位施工风险高、外部环境影响干扰大 3 个方面。在车站主体结构施工中,围护结构与基坑开挖交叉施工,主体结构与支撑拆除交叉施工,各工序界面多,管控难度大。环宇道站与 10 号线交接处施工,开挖过程易引起 10 号线结构上浮;环宇道站西端头存在直径 2.2 m 雨水管道,埋深约 8 m,虽已迁改,但预留管道影响地连墙质量,增加土方开挖的安全风险;联络线与 B 出入口结构交叉部位,管线重叠处理难度大,盾构施工穿越中重度砂土液化地层易发生喷水冒砂,导致地面不均匀沉降;盾构区间始发、接收点位多,涌水涌砂风险高,大型机械设备安装拆卸频繁,环宇道站地连墙钢筋笼吊装达 127 幅,雪莲南路站达 178 幅,高空作业风险高,起重机械安全管控难度大,需综合考虑作业空间、吊装能力和施工安全。

2.3 多工种协同的管理难点

地铁施工交叉作业中多工种协同管理难点主要体现在安全责任划分不清、信息沟通不畅、专业协调要求高 3 个方面。环宇道站与雪莲南路站施工涉及地连墙施工、基坑开挖、支撑安装、主体结构施工等多个工种同时或交替作业,不同专业工种间安全责任界限模糊,责任交叉区域管理难度大,如地连墙接缝处理与基坑开挖过程中的责任划分不清,易导致安全管理盲区,多工种同时作业带来信息沟通障碍,各专业团队对施工安全理解不同,风险认知存在差异,导致安全信息传递失真。环宇道站联络线 220 kV 电力管道悬吊保护施工时,需要电力部门与施工单位协同配合,不同单位间的安全协调与信息交换不畅,增加安全管理难度,专业技术要求的差异性也增加了协同管理难度,多种不同安全标准同时适用于交叉作业区域,形成专业交叉区域安全管理难点。

2.4 工序衔接的管理难点

地铁施工交叉作业工序衔接管理难点主要体现在接口风险控制复杂、工序转换时间节点把控困难、工序冲突处理难度大 3 个方面。环宇道站与 10 号线交接处施工存在显著接口风险,其交接部位成为重点管控区域,工作面交接时责任转移不明确,如 10 号线主体结构完成后,11 号线交叉节点施工可能引起既有结构上浮,后续施工单

位需承担安全监测责任。工序转换时间节点把控也存在难度,如环宇道站基坑开挖与支撑安装,雪莲南路站围护结构与主体结构施工工序之间需精准衔接,时机不当将引发安全风险或影响工期,工序冲突处理难度大。环宇道站西端头预留雨水管道影响地连墙质量;雪莲南路站电力管道需悬吊保护,影响周边结构施工^[9]。多工序在同一区域交叉实施时,各工序施工工艺、设备、材料需求存在差异,导致资源配置冲突,解决这些冲突需在确保安全前提下进行动态调整,难度较大。

3 交叉作业安全管理应对措施

3.1 区域划分与隔离措施

地铁施工交叉作业安全管理应通过科学合理的区域划分与有效的物理隔离措施,实现空间资源优化配置和安全风险隔离,如图 1 所示。依据工程特点和施工阶段,将作业区域划分为核心作业区、辅助作业区和安全缓冲区。如环宇道站及雪莲南路站主体基坑分为 3~4 个作业点,实行分仓施工。各区域设置明确边界标识,采用彩色警戒带、临时隔离栏或钢网围挡进行物理隔离。垂直空间层次交叉区域,采取防护网铺设、安全通道设置及楼层隔离措施。环宇道站与 10 号线 T 形换乘区域设置全封闭安全通道隔离上下层施工。对特殊风险区域,如雪莲南路站南侧电力管道悬吊保护区域,设置专门隔离区并配备专人监护。管线保护区域采用彩色标识标明不同管线类型及风险等级,高风险管线区域设置硬质围挡,中低风险区域采用软质隔离,同时建立区域划分动态调整机制,随施工进度更新区域划分图。

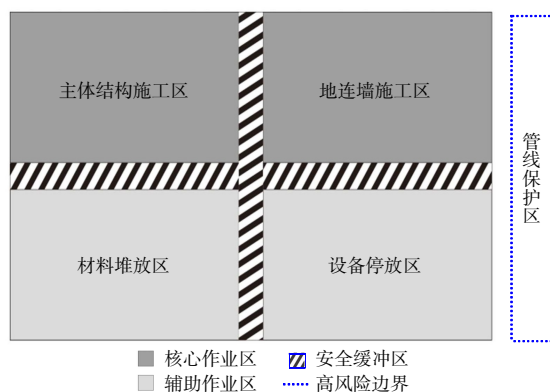


图 1 地铁施工交叉作业区域划分与隔离措施示意图

3.2 协调机制与责任体系

地铁施工交叉作业安全管理应建立完善的协调机制与明确的责任体系,实现多工种间的高效

协同与安全责任落实。协调机制构建三级架构：项目级专项协调小组统筹各参建单位安全管理，工区级协调会议定期解决跨专业安全冲突，现场级协调机制进行即时性安全事项处理。责任体系遵循“谁主管，谁负责”原则，形成项目经理负总责，专职安全人员负直接责任，各工种负责人负分管责任的三级安全责任体系^[4]。针对交叉作业区域建立责任矩阵图，明确交叉点责任主体，如环宇道站与 10 号线交接处明确划分 2 条线路施工单位的安全责任边界，高风险区域实施安全责任“双签制”，由主责单位与相关单位共同签认安全管理措施落实情况。信息共享机制方面，建立工程信息共享平台实现施工进度、安全风险点等信息实时共享；设立安全联络员制度确保各专业工种信息传递畅通；开展每日交叉作业区域联合安全检查，及时发现并解决安全隐患。

3.3 预警监测与应急处置

地铁施工交叉作业安全管理应构建全方位的

预警监测体系和高效的应急处置机制，实现安全风险早发现、早预警、早处置。如表 1 所示，预警监测体系包括工程监测(围护结构变形、基坑沉降)、环境监测(地下水位、周边建筑沉降)、设备监测(盾构机、吊装设备运行状态)、人员行为监测 4 个维度。预警监测建立三级制度：蓝色注意级、黄色警戒级、红色紧急级。并采用信息化监测数据自动采集与分析平台，如环宇道站与 10 号线结构接触部位设置自动化监测系统，当变形达到警戒值时自动发出预警信息，防止交叉施工引发上浮风险。应急处置方面，编制交叉作业专项应急预案，针对基坑突涌、管线破裂等高风险情况储备专门应急物资，如环宇道站西端头雨水管道区域备足封堵材料，电力管道悬吊区域配备绝缘救援设备，建立分区域应急小组，定期开展针对性演练，设置明显的紧急疏散通道标识和隧道内应急避难所，完善多单位联动处置流程，确保突发事件快速响应，高效处置。

表 1 地铁施工交叉作业预警监测指标及阈值设置表

监测项目	蓝色预警值(注意级)	黄色预警值(警戒级)	红色预警值(紧急级)	监测频次及主要应对措施
围护结构水平位移/mm	15~20	20~30	>30	1 次/d, 加强支撑, 减缓开挖, 注浆加固
基坑底部隆起/mm	10~15	15~25	>25	1 次/d, 加密降水, 底部注浆, 减压井
周边建筑物沉降/mm	10~15	15~20	>20	2 次/周, 注浆补强, 控制开挖速度, 地层加固
管线竖向位移/mm	8~12	12~18	>18	2 次/d, 加强支护, 悬吊调整, 注浆地基
支撑轴力变化/%	增减 5~10	增减 10~15	增减>15	实时监测, 调整支撑, 检查连接, 增设临时支撑
地下水位变化/m	降低 0.5~1.0	降低 1.0~1.5	降低>1.5	2 次/d, 调整降水系统, 检查渗漏, 补充井点
隧道管片变形/mm	3~5	5~8	>8	2 次/周, 二次注浆, 调整盾构参数, 变形监测
10 号线结构上浮/mm	3~5	5~8	>8	2 次/d, 控制降水, 临时压重, 加强监测
气体浓度(氧含量)/%	19.5~20	18~19.5	<18	实时监测, 加强通风, 撤离人员, 气体检测
盾构掘进土压力偏差/%	±5~±8	±8~±12	>±12	实时监测, 调整盾构参数, 加强注浆, 控制速度

注: 预警值根据天津地铁 11 号线一期工程 6 标的地质条件和施工环境设定, 不同区段可适当调整。

4 结语

地铁施工交叉作业安全管理是一项系统工程，需要从空间管理、人员协调、工序衔接等多方面入手，通过建立清晰的区域划分与物理隔离，构建高效的协调机制与责任体系，实施全面的预警监测与应急处置，可有效应对交叉作业中的各类安全管理难点。天津市地铁 11 号线一期工程 6 标项目实践表明，这些应对措施显著提升了交叉作业安全管理水平，减少了安全事故发生率，确保了施工质量和进度，对于类似地铁工程项目具有

重要参考价值，也为后续地铁施工交叉作业安全管理标准化、精细化发展提供了实践基础。

参考文献：

[1] 王鹏飞. 城市地铁施工成本与进度协同控制研究[J]. 乡镇企业导报, 2025(2): 42-44.

[2] 蔡子文. 地铁车站深基坑工程的监理管理策略[J]. 大众标准化, 2025(2): 82-84.

[3] 王岩. 浅析地铁轨行区风管专项检查[J]. 新疆有色金属, 2022, 45(3): 66-67.

[4] 马伟. 地铁工程钢混组合简支双线高架箱梁施工技术研究[J]. 工程机械与维修, 2025(1): 116-118.