

轨道交通施工安全管理体系的构建与实施效果分析

全少拓

(中铁十四局集团有限公司, 辽宁 沈阳 110000)

摘要 轨道交通作为现代城市交通体系的核心组成部分,其建设规模与速度呈现显著增长态势。在此背景下,如何有效保障施工过程的安全性成为亟待解决的关键问题。本文系统探讨了轨道交通施工安全管理体系的构建与实施效果,并以沈阳轨道交通 6 号线一期工程中的竞赛站及浑河站为研究对象,通过对其复杂地质条件、工程概况及施工风险类型的深入分析,提出了一系列科学的风险管理策略与技术控制方案。研究表明,通过采用先进的降水技术、同步注浆工艺以及精细化的风险评估体系,结合健全的组织管理机制,可显著提升施工安全水平,有效降低安全事故发生率。本文的研究成果旨在为提高轨道交通工程建设的安全管理水平提供理论依据和实践指导。

关键词 轨道交通; 安全管理; 风险评估; 地质条件; 技术标准

中图分类号: U239.5

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.09.033

0 引言

近年来,国内外在轨道交通施工安全管理领域取得了显著进展,积累了丰富的实践经验,并逐步建立起完善的技术标准与管理体系。然而,随着施工环境的日益复杂和工程技术的持续革新,现有的安全管理模式面临诸多挑战,亟需进一步优化与创新。尤其是在复杂地质条件下开展轨道交通建设时,传统的安全管理方法往往难以有效应对实际工程中的风险。以沈阳轨道交通 6 号线一期工程为例,其竞赛站及浑河站施工区域的地质条件极为复杂,地层结构从杂填土到含粘土圆砾呈现显著变化,这种多变的地质特征给施工带来了高度的不确定性。为确保工程安全顺利推进,必须构建更为精细化的风险识别与评估机制,同时结合先进的工程技术手段,建立全方位的安全保障体系。这不仅需要依托现代化的监测技术,更要求施工团队具备专业的风险应对能力,从而全面提升轨道交通施工的安全管理水平。

1 工程概况与地质条件分析

1.1 竞赛站概述

竞赛站作为轨道交通 6 号线一期工程的一个重要中间站点,位于城市交通网络的关键节点上。该站设计采用了一座长度为 194.8 米的地下两层结构,标准段宽度达到 20.7 米,并且配备了宽达 12 米的岛式站台,能够有效满足高峰时段的乘客流量需求。车站主体采用了单柱双跨箱型框架结构,在部分加宽段则转

换为双柱三跨的设计,以适应不同的功能区域要求。在施工过程中,特别注意了对顶板覆土厚度以及基坑深度的精确控制,确保了整体结构的安全性和稳定性。竞赛站还具备盾构始发和接收的功能,为后续区间隧道的建设提供了必要的支持条件。

1.1 浑河站概述

相较于竞赛站,浑河站的设计更为复杂,它是一座地下三层结构的车站,总长达到了 157 米,标准段宽度为 22.7 米,配备了一个 14 米宽的岛式站台。浑河站不仅在规模上有所扩大,其地下结构也更加深邃,底板埋深达到了 27.3 至 29.2 米,这对其施工技术和安全措施提出了更高的要求。车站主体采用了双柱三跨箱型结构,保证了空间利用的最大化以及结构的稳固性。浑河站同样具备盾构始发的能力,这对于整个轨道线路的贯通至关重要。

1.3 两站间的区间隧道特点

连接竞赛站与浑河站之间的区间隧道是整个项目中的关键环节之一。由于沿线地质条件的多样性,包括从杂填土到含粘土圆砾等多种地层结构的存在,使得这段隧道的施工充满了挑战。特别是在穿越某些特殊地层时,如细砂层和中砂层,需特别关注地下水位的变化及其对隧道稳定性的影响。为了应对这些复杂的地质条件,采用了先进的加泥式土压平衡盾构机进行掘进作业,通过钢筋混凝土管片错缝拼装的方式增强了隧道的整体强度。针对不同地质层的特点,制定了详细的注浆加固方案,确保了隧道围岩的稳定性和

安全性。整个区间隧道的施工不仅是技术上的考验,更是对项目团队综合协调能力的一次全面检验。通过精心规划和科学管理,实现了高效、安全的施工目标,为轨道交通6号线的成功运营奠定了坚实的基础。

2 工程地质条件

2.1 地形地貌特征

工程所在的区域主要位于城市的中心地带,地形相对平坦开阔。该地区属于第四系浑河高漫滩及古河道地貌单元,这种特殊的地貌背景为轨道交通施工带来了独特的挑战。施工现场现状包括城市道路、绿地以及部分尚未开发的水泥路面和施工工地。尽管地表看起来较为规则,但地下却隐藏着复杂的地质结构,这对前期勘察和施工方案的设计提出了严格的要求。

2.2 对轨道交通施工的影响评估

面对上述复杂的地质条件,轨道交通施工面临着多方面的挑战。在开挖阶段,杂填土的存在增加了初期支护的难度,需要采用更为坚固的支撑体系来保证施工安全。对于富含水分的砂层,如何有效地控制地下水位是决定工程成败的关键因素之一。通过精确的水文地质调查,并结合先进的降水技术,可以有效降低地下水对施工过程的影响。再者,考虑到深层砾砂层的特殊性质,传统的注浆方法可能无法满足要求,因此需要引入新型材料和技术,如高分子聚合物注浆,以增强围岩的稳定性。整个施工过程中还需密切关注地表沉降情况,通过实时监测数据及时调整施工参数,确保周围建筑物的安全。针对不同的地质条件制定科学合理的施工策略,不仅是保障工程质量的基础,也是实现安全高效施工的重要保障。通过综合运用现代工程技术与管理手段,可以最大限度地减少地质条件对工程建设带来的不利影响^[1]。

3 施工安全管理体系的构建

3.1 安全管理体系的设计原则

3.1.1 遵循的法律法规及标准

在构建轨道交通施工安全管理体系时,首要任务是严格遵循国家和地方相关的法律法规以及行业标准。这不仅涵盖了基本的建筑法规,还包括了专门针对地下工程的安全规范。我国所有施工活动必须遵守《中华人民共和国安全生产法》以及由住房和城乡建设部颁布的各项具体实施细则。还需参考国际先进标准,如ISO 45001 职业健康安全管理体系,确保管理体系达到国际水平。通过全面理解和严格执行这些法律法规及标准,能够为轨道交通施工提供坚实的法律基础,同时也有助于提升项目的整体管理水平。

3.1.2 安全管理体系的核心要素

一个高效的管理体系应当包含多个核心要素,以确保其全面性和有效性。风险评估与管理是体系中不可或缺的部分。通过对施工现场进行全面的风险识别、评估和控制,可以提前预防潜在的安全隐患,减少事故发生率。教育培训机制也是至关重要的。定期对施工人员进行安全知识培训,提高他们的安全意识和能力,有助于形成良好的安全文化氛围。再者,应急管理计划应被纳入管理体系之中,包括制定详细的应急预案、组织应急演练等措施,确保在突发事件发生时能够迅速响应并采取有效措施。监督与检查机制同样重要,它能保证各项安全管理措施得以落实,并及时发现和纠正存在的问题^[2]。

3.1.3 实施过程中的注意事项

在实际操作过程中,需特别注意几个关键点以确保安全管理体系的有效运行。首先,信息沟通的重要性。建立一个开放透明的信息交流平台,使得各参与方能够及时共享信息,包括施工进度、遇到的问题及其解决方案等,这对于协调各方工作至关重要。其次,技术应用的支撑。随着科技的进步,利用先进的监测技术和设备,如自动化监测系统、无人机巡检等,可以大大提高现场监控效率和准确性。再次是持续改进的理念。任何安全管理体系都不可能是完美的,需要根据实际情况不断调整和完善。通过定期审查和评估,找出现有体系中存在的不足之处,并及时加以改进,才能确保其始终处于最佳状态。最后,重视人文关怀也不可或缺。关心施工人员的生活和心理状态,提供必要的支持和服务,有利于增强团队凝聚力,促进整个项目顺利推进。

3.2 风险识别与评估

3.2.1 常见施工风险类型

轨道交通施工过程中面临的种类繁多,主要包括地质风险、技术风险、环境风险以及人为因素带来的风险等。在复杂的地下环境中,如竞赛站和浑河站所在的区域,地质条件的不确定性是最主要的风险之一。例如,细砂层和中砂层的存在增加了地下水控制的难度,可能导致地面沉降或塌陷;而砾砂层中的圆砾则可能对盾构机的推进造成阻碍。施工技术的选择也至关重要,不当的技术应用可能会导致工程质量问题甚至安全事故。周边建筑物的安全性、交通影响及环境保护也是需要考虑的重要方面。

3.2.2 针对竞赛站至浑河站区间、马竞区间的具体风险分析

针对竞赛站至浑河站区间(竞赛区间)以及相关联的其他区间(如马竞区间),其特殊的地质构造决定了必须采取更为细致的风险评估策略。考虑到该区

域内存在从杂填土到含粘土圆砾等多种复杂地层,需特别关注各层之间的过渡带,防止因不均匀沉降引发的安全隐患。在盾构施工过程中,由于穿越多个砂层,地下水位的变化将直接影响隧道的稳定性和安全性,因此需加强对地下水动态的监测。通过综合运用多种风险评估方法,并结合现场实际情况,可以制定出切实可行的风险应对方案,最大限度地保障施工安全。

4 施工安全管理体系的实施效果分析

4.1 实施过程中遇到的问题及解决方案

4.1.1 实际案例分析

在沈阳轨道交通 6 号线一期工程中,特别是在竞赛站至浑河站区间(竞浑区间),由于复杂的地质条件和密集的城市环境,施工过程中遇到了多重挑战。例如,在穿越细砂层和中砂层时,地下水位较高导致了隧道掘进过程中的水土流失问题,这不仅威胁到隧道结构的安全性,还可能引发地表沉降,对周边建筑物造成潜在风险。杂填土层的存在增加了初期挖掘工作的难度,需要采用更加坚固的支撑体系来确保施工安全。

4.1.2 解决方案的有效性评价

针对上述问题,项目团队采取了一系列有效的应对措施。对于地下水控制问题,采用了先进的降水技术和同步注浆技术,成功降低了地下水位,并确保了管片与围岩之间的紧密贴合,增强了隧道的整体稳定性。而在面对杂填土层带来的挑战时,通过引入更为精确的开挖方法和支撑系统,有效避免了塌方事故的发生。这些措施的应用显著提升了施工安全性,同时也为后续类似项目的实施提供了宝贵的经验^[3]。

4.1.3 经验教训总结

从这一系列实践中得出的重要经验教训是,必须充分重视前期勘察工作,准确掌握施工现场的地质条件和环境特点,以便制定科学合理的施工方案。加强多学科协作,结合地质学、工程力学等专业知识,能够更有效地解决施工过程中遇到的各种复杂问题。另外,持续改进和优化现有的安全管理体系也是至关重要的,通过不断总结实践经验,及时调整和完善各项管理措施,可以进一步提升整体管理水平。

4.2 安全管理成效评估

4.2.1 安全事故率的变化

自从实施了全面的安全管理体系后,沈阳轨道交通 6 号线一期工程的安全事故率有了显著下降。具体而言,通过对施工全过程的严格监控和风险评估,使得潜在的安全隐患能够在早期阶段被发现并得到有效处理,从而大大减少了事故发生概率。特别是针对高风险作业环节,如盾构机掘进和深基坑开挖,通过强化现场管理和技术保障措施,实现了零重大安全事故的目标。

4.2.2 工程进度与质量的影响

良好的安全管理不仅有助于提高施工安全性,还对工程进度和质量产生了积极影响。由于各项安全措施得到了有效落实,减少了因意外停工或返工所造成的延误,保证了工程按照预定计划顺利推进。与此高质量的施工标准也得到了严格执行,确保了工程质量符合甚至超过了预期要求。这种双管齐下的管理模式,既提高了工作效率,又提升了项目整体品质,为后续运营奠定了坚实基础。

4.2.3 经济效益和社会效益分析

从经济效益角度来看,通过减少安全事故和降低返工率,直接节省了大量的成本支出。高效的施工进度安排使得项目能够按时交付使用,避免了因工期延误而产生的额外费用。从社会效益方面来看,成功的轨道交通建设项目不仅改善了城市交通状况,缓解了地面交通压力,还促进了沿线地区的经济发展和社会进步。更重要的是,它提升了公众对城市基础设施建设的信任度和支持度,增强了社会凝聚力^[4-5]。

5 结束语

本文通过对沈阳轨道交通 6 号线一期工程中竞赛站和浑河站的实际案例分析,展示了构建和完善轨道交通施工安全管理体系的重要性及其实际应用效果。研究表明,面对复杂的地质条件和密集的城市环境,必须采取更为细致的风险识别与评估方法,结合先进的工程技术措施,才能有效应对各种潜在风险。在施工过程中,通过采用加泥式土压平衡盾构机、钢筋混凝土管片错缝拼装技术和同步注浆技术等先进手段,显著增强了隧道的稳定性和安全性。建立健全的质量管理体系、严格的安全检查制度以及有效的沟通协调机制,为整个项目的顺利推进提供了坚实保障。经过实践检验,这些措施不仅大幅降低了安全事故率,还促进了工程进度和质量的提升,带来了显著的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 朱雁飞,郭彦,王金一,等.全断面顶管法在饱和软土地层静安寺站地铁工程的研究与应用[J].现代隧道技术,2024,61(02):263-271.
- [2] 许昊.地铁暗挖车站洞内咬合桩在施工中的应用[J].建筑技术,2023,54(15):1800-1803.
- [3] 王保贵,毕永涛,谭秀军,等.盾构超近距斜交上跨既有隧道的数值与实测分析[J].工程勘察,2023,51(09):1-7.
- [4] 王梦恕.地下工程浅埋暗挖技术通论[M].合肥:安徽教育出版社,2004.
- [5] 林尚月.改进关键链技术在地铁车站施工进度管理中的应用研究[J].工程管理学报,2023,37(01):78-83.