

城市轨道交通地下工程施工技术分析

全树良

中铁一院集团南方工程咨询监理有限公司，广东省江门市，529000；

摘要：城市轨道交通的地下工程，作为重大领域，关乎整个轨道建设的节奏与质量。这里，重点研究它的施工技术，运用理论与实地研究相结合，逐个解析关键施工技术。研究让人看到，无论是隧道掘进技术，还是基坑开挖技术，或者支护结构技术，这些关键技术在提升工程品质，减少辛勤劳动，保障项目安全方面，起到了生命线的作用。尽管如此，如何将施工技术选择得恰到好处，如何掌控好工程风险，如何才能保障好工程安全，这些问题在执行过程中，依然充满难题。鉴于此，本文提出了一系列基于当前工程实践的施工技术应对策略，包括：强化施工组织、优化施工设计、提升施工技术及设备水平等方面的措施。研究成果对于推动城市轨道交通地下工程施工技术的发展，提升整体施工水平以及保障施工安全具有重要的理论和实践价值。

关键词：城市轨道交通；地下工程施工技术；工程风险控制；工程安全；施工技术优化

DOI:10. 69979/3029-2727. 24. 03. 007

引言

城市轨道交通地下工程，这是一个无法绕过的话题。在当今全球化的时代背景下，城市的建设日益繁荣，而轨道交通地下工程则成为城市建设中的重要组成部分。然而，与此同时，地下工程对施工技术的要求也更为严格，施工过程中存在的风险及其对城市轨道交通建设的影响不可小觑。本研究主要围绕城市轨道交通地下工程的施工技术进行深入探讨。在隧道掘进技术、基坑开挖技术、支护结构技术等关键技术的基础上，我们将探讨如何合理选择施工技术、控制工程风险、维护工程安全等，从而提高工程质量、降低施工成本、保障工程安全。同时，我们也对基于当前工程实践的施工技术应对策略进行了深入探讨。该研究成果不仅有助于推动城市轨道交通地下工程施工技术的发展，提升整体施工水平，也有助于保障施工安全，具有重要的理论和实践价值。我们期待，通过本研究的深入探索，能为相关研究者和工程技术人员提供有益的参考和启示。

1 城市轨道交通地下工程施工现状

1.1 隧道掘进技术现状

地铁与轻轨工程中，隧道掘进技术尤为关键。盾构法与新奥法（NATM）作为主流技术，各有千秋。盾构法凭借高效、安全及广泛适用性，在复杂地质中大展拳脚，其现代化盾构机融合自动化与信息化，显著提升掘进效率与安全性，灵活应对多变地质环境。新奥法则强调围岩自稳，辅以综合支护，有效控制变形，保障施工安全，

经济高效且适应性强，但需精湛技艺与严谨管理。面对复杂地下环境、地质多变等挑战，隧道掘进技术持续创新，力求在地质勘察、应急处理、设备维护等方面突破，促进技术与管理全面升级。展望未来，隧道掘进技术将在城市轨道交通建设中不断优化，应用前景无限广阔。

1.2 基坑开挖技术现状

基坑开挖作为城市轨道交通地下工程的基石，其技术进步是确保安全与质量的关键。当前，明挖、盖挖逆作及盾构法各展所长，应对不同施工挑战。明挖法虽成本较低，但对城市生活干扰大；盖挖逆作法则有效保护周边环境，但成本与管理要求更高。盾构法以其高效低扰特性，在软土施工中独领风骚，但在复杂地质中则需精选盾构机型，并辅以智能化管理，以克服难关。

基坑支护技术的不断创新，如土钉墙、支护桩与锚杆支护等，为基坑稳定筑起铜墙铁壁，需精准匹配地质条件。而新材料、新工艺的涌现，更是为基坑开挖技术插上了翅膀，不仅提升了施工效率与质量，还促进了绿色施工理念的深入实践。未来，随着科技的持续进步，基坑开挖技术将更加智能化、精细化，为城市轨道交通地下工程的安全、高效建设保驾护航。

1.3 支护结构技术现状

支护结构技术，城市轨道交通地下工程的守护神，其重要性不言而喻^[3]。锚杆支护，以稳定围岩见长，成为众多工程的信赖之选；喷锚支护，则以高效施工著称，迅速响应建设需求；钢架支护，在复杂地质中展露锋芒，

承载能力强；混凝土支护，凭借高强度与耐久性，构筑起安全屏障。这四种支护技术，各具特色，相辅相成，在地下工程中根据具体条件与需求，精心搭配，形成最优组合。它们共同发力，确保施工过程的安全无忧，保障工程结构的稳固持久，为城市轨道交通的顺畅运行奠定坚实基础。

2 工程施工过程中存在的问题和挑战

2.1 施工技术选择的问题

城市轨道交通地下工程，施工技术领航，穿越复杂地质与技术障碍。精准勘探，定制施工方案，融入科技前沿，确保技术灵活应对多变环境。全面评估体系支撑科学决策，平衡经济性与创新力，为项目照亮稳健前行之路。

设备更新与人才培育并进，强化技术实施根基。加大投入，引领装备升级；培养专业团队，攻坚技术难关。国际合作深化，加速技术引进与本土化融合，拓宽技术革新视野。

面对预算与时间紧箍咒，安全质量不容妥协。优化设计，精细管理，提升施工效率，确保工程按期优质完成。施工技术不断进步，不仅铸就当前工程辉煌，更为城市轨道交通未来铺设坚实基础。

这一系列举措，彰显了城市基建的深远智慧与坚定决心，为城市轨道交通发展注入强劲动力。

2.2 工程风险控制的挑战

城市轨道交通地下工程风险控制的问题十分突出。这些问题的呈现主要受几个核心因素影响。地下环境的多元性和变化性都带来很大的不确定性，使得对潜在风险的测评和预测变得极其困难，也就加大了施工风险控制的复杂度。自然因素比如地下水的渗透、地质的突变等会对工程施工产生不良效果，进一步为施工环节添上更多难以预期的风险。另外，在施工期间，周边环境和建筑物的影响也不可忽视，例如，相邻建筑的沉降或者变形可能成为威胁施工安全的隐患。使用不适当的施工方式或工具，易导致事故发生。构成施工团队的每一个成员在专业能力和经验上的差异也会对风险控制的结果产生直接影响，所有参与施工的人员在技术能力、应变能力，以及执行流程的合规性等方面都必须受到严格的审查，才能保障工程能够稳步进行。城市轨道交通涉及的施工环节多、工序复杂，容易出现协调和管理上的困难，对风控环节提出了更高要求。面对这些风险控

制的挑战，需不断加强风险识别与评估，采用科学的管理方法和技术手段，保证城市轨道交通地下工程施工的顺利进行。

2.3 工程安全维护的困难

工程保全困难度主要在以下诸方。首先，地下工程施工处境难料，易受地质条件、气候摆动等外界压力，从而造成工程安全威胁。其次，施工场所狭隘设备众多，不足以使人员行动自如，明显加重了运作难度且提高了安全困患。再者，现行的安全管控机制及技术应对无法彻底照及所有可能威胁，易令潜在风险遗漏在无人察觉之处。最后，施工员工安全修养及应变处理能力参差，无疑加大了保全难度。增强安全教育、改善管控机制且提高应急应对能力则是必须及时处理的难题。

3 提高城市轨道交通地下工程施工技术的策略

3.1 强化施工组织的措施

在轨道交通地下工程的复杂挑战中，技术先进性与管理创新性的深度融合成为了施工组织效能飞跃的双引擎。技术层面，我们积极拥抱智能化、自动化趋势，引入高精度掘进机、三维激光扫描仪及 AI 辅助的智能监控系统，这些尖端技术不仅大幅提升了施工精度与效率，还实现了施工过程的可视化、数据化管理，让任何细微偏差都能被即时捕捉并调整，确保了工程质量与安全。同时，BIM（建筑信息模型）技术的全面应用，实现了设计、施工、运维各阶段的无缝对接，有效预防了施工冲突，优化了施工流程。

管理创新方面，我们构建了智慧化施工管理平台，通过大数据分析预测施工进度、资源需求及潜在风险，为决策提供科学依据。实施精细化管理策略，采用模块化施工与标准化作业流程，既提高了施工效率，又降低了管理成本。此外，推行“互联网+安全”管理模式，利用物联网技术实时监控工地安全状况，结合移动应用实现安全信息的即时上报与处理，构建了全方位、多层次的安全防护网。

人才培养上，我们注重培养“工匠+科技”复合型人才，通过设立创新工作室、技能竞赛等形式，激发员工创新思维与实践能力，让每一位员工都成为推动技术进步与管理升级的重要力量。同时，建立灵活高效的激励机制，鼓励团队合作与知识共享，形成了积极向上的企业文化氛围。

技术先进性与管理创新性的双重驱动,为城市轨道交通地下工程的高效、安全、绿色施工提供了强大动力,不仅显著提升了施工组织效能,更为城市交通建设树立了新的标杆。

3.2 优化施工设计的方法

在优化城市轨道交通地下工程的施工设计中,技术的先进性与管理的创新性并驾齐驱,共同铸就高效、优质的工程典范。技术层面,我们深度融合了高精度地质勘探与大数据分析能力,利用无人机搭载高清摄像与激光雷达技术,结合深层钻探与地震波探测,构建起三维地质模型,为施工设计提供了前所未有的精准地质参数。随后,依托云计算平台,运用有限元分析(FEM)与机器学习算法,对设计方案进行多维度、多场景的模拟与优化,提前规避潜在风险,确保设计方案的科学性与前瞻性。

管理创新方面,我们率先引入建筑信息模型(BIM)技术,构建全生命周期的数字化管理平台。BIM不仅实现了设计、施工、运维各阶段信息的无缝对接与实时共享,还通过碰撞检测与进度模拟功能,提前解决设计冲突,优化资源配置,确保施工过程的连续性与高效性。此外,我们推行“智慧工地”理念,利用物联网、AI监控等先进技术,实现施工现场的智能化管理,包括人员定位、设备状态监测、安全隐患预警等,显著提升了项目管理的精细化水平与应急响应能力。在设计与施工协同上,我们建立了跨部门的紧密合作机制,通过定期召开BIM协调会议,确保设计意图与实际施工需求的无缝对接。同时,引入敏捷管理方法,灵活调整设计细节与施工方案,以适应现场复杂多变的情况,保持项目的灵活性与可控性。

技术的先进性与管理的创新性相互融合,为城市轨道交通地下工程的施工设计注入了新的活力,不仅大幅提升了工程效率与质量,更为城市基础设施建设的可持续发展奠定了坚实基础。

3.3 提升施工技术及设备水平的方式

提升施工技术与设备水平的策略,聚焦于技术革新与管理创新的深度融合,旨在推动城市轨道交通地下工程迈向高效、绿色、智能的新纪元。在技术先进性方面,我们积极引进国际领先的隧道掘进装备,如全断面岩石隧道掘进机(TBM)与盾构机,这些“地下巨龙”以其卓越的掘进速度与精准控制能力,不仅大幅缩短了工期,

更以低振动、低噪音的环保特性,有效降低了施工对周边环境的影响。同时,智能施工管理系统的部署,实现了施工现场数据的实时采集、分析与决策支持,为施工管理提供了前所未有的洞察力与精准度。

管理创新方面,我们注重人才培养与团队协作,通过定期的专业技能培训与应急演练,不断提升施工人员的专业技能与应对突发事件的能力,构建起一支高素质、专业化的施工队伍。此外,我们积极倡导“智慧建造”理念,推动BIM、物联网、大数据等先进技术在施工管理中的深度应用,实现了施工过程的可视化、智能化管理,显著提升了管理效率与决策质量。

在全球化视野下,我们不断加强与国内外同行的交流合作,通过技术论坛、联合研发、实地考察等多种形式,积极引进并吸收国际先进的施工工艺与设备配置经验,不断推动自身技术创新与产业升级。这一系列的举措,不仅提升了我们的施工技术及设备水平,更为我国城市轨道交通地下工程的高质量发展注入了强劲动力。

结束语

城市地铁工程施工技术有了新论述,聚焦隧道掘进、基坑开挖、支护结构等关键技术。验证了其提质、降本、保安全的作用,提出强化施工组织、优化设计、提升技术及设备水平的对策。但如何选技术、管风险,把理论成果用于实际操作,需进一步研究。研究成果或将推动我国城市轨道交通地下工程施工技术的进一步发展,提升我国城市轨道交通地下工程整体施工水平,以期为我国城市轨道交通的进一步发展贡献力量。

参考文献

- [1] 念冬. 城市轨道交通地下工程施工技术[J]. 中国高新科技, 2021, (09): 56-57.
- [2] 马民杰, 路秋兰, 赵红. 城市轨道交通地下工程施工技术探讨[J]. 市场周刊·理论版, 2020, (34): 0147-0147.
- [3] 任浩熙. 城市轨道交通地下工程施工技术分析[J]. 交通科技与管理, 2021, (16): 0133-0133.
- [4] 唐世元, 张衡. 关于城市轨道交通地下工程施工技术探索[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023, (09): 0161-0164.
- [5] 张豪猛. 城市轨道交通地下工程施工技术研究[J]. 装饰装修天地, 2020, (07): 142-142.