

城市密集区地铁站改造工程研究现状与技术特点分析

——快速化、工业化、信息化与精细化施工技术综述

张 正

中铁二十四局集团有限公司轨道交通分公司，上海

收稿日期：2026年5月22日；录用日期：2026年6月14日；发布日期：2026年6月25日

摘 要

随着城市化进程的加快，城市密集区既有地铁与轻轨车站面临的客流压力日益增大，改造扩容需求愈发迫切。然而，受限于周边建筑密集、施工空间狭小以及运营不可中断等因素，改造工程具有极高的复杂性和技术挑战。本文系统综述了国内外在发达城市密集区开展既有地铁站改造工程的典型案例与技术应用，从工程技术、施工组织与管理创新等多个维度，分析了预制构件、模块化建设、BIM技术、智能监测与精细化施工等关键技术的应用现状。在此基础上，总结了国内外研究的共性与差异，指出了当前研究存在的不足，并对未来技术发展方向进行了展望。本文旨在为地铁站或轻轨站的快速化改造提供更全面、深入的理论参考与实践借鉴。

关键词

城市密集区，地铁站改造，轻轨站，预制构件，模块化建设，BIM技术，精细化施工

Research Status and Technical Characteristics Analysis of Subway Station Renovation Projects in Urban Dense Areas

—A Review of Rapid, Industrialized, Information-Based, and Refined Construction Technologies

Zheng Zhang

Rail Transit Branch, China Railway 24th Bureau Group Co., Ltd., Shanghai

Received: May 22, 2026; accepted: June 14, 2026; published: June 25, 2026

Abstract

With the acceleration of urbanization, existing subway and light rail stations in urban dense areas are facing increasing passenger flow pressure, making renovation and capacity expansion urgent. However, due to dense surrounding buildings, limited construction space, and the need for uninterrupted operation, such renovation projects are highly complex and technically challenging. This paper systematically reviews typical cases and technical applications of existing subway station renovation in developed urban areas at home and abroad. From the dimensions of engineering technology, construction organization, and management innovation, it analyzes the application status of key technologies such as prefabricated components, modular construction, BIM, intelligent monitoring, and refined construction. On this basis, the commonalities and differences between domestic and international research are summarized, the shortcomings of current research are pointed out, and future technical development directions are discussed. This paper aims to provide a comprehensive theoretical reference and practical guidance for the rapid renovation of subway or light rail stations.

Keywords

Urban Dense Areas, Subway Station Renovation, Light Rail Station, Prefabricated Components, Modular Construction, BIM Technology, Refined Construction

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

城市轨道交通作为大城市公共交通的骨干，其车站尤其是换乘枢纽承担着巨大的客流集散功能。随着城市发展和客流持续增长，许多早期建成的既有地铁站、轻轨站普遍面临设施老化、空间局促、通行能力不足、无障碍设施缺失等问题，现代化改造与扩容升级势在必行。然而，在人口与建筑高度密集的城市核心区进行车站改造，是一项极端复杂的系统工程。其挑战不仅在于狭小的施工场地、严格的环保与噪音控制要求，更在于必须确保轨道交通线路的持续安全运营，将对市民出行的影响降至最低[1]-[3]。因此，探索在“边运营、边改造”约束下的安全、高效、低影响改造技术，已成为国内外工程界与学术界共同关注的热点议题。本文基于现有文献与典型工程案例，对国内外相关研究与应用现状进行系统梳理与对比分析，以为同类工程提供借鉴。

2. 国外研究现状

国外发达国家城市轨道交通历史悠久，在既有车站的改造、扩建与更新方面积累了数十年的丰富经验，形成了较为成熟的技术体系与管理模式。其典型案例如下：

美国纽约大中央车站改造工程[4] (图 1)：经过长达 14 年的精心筹备与施工，终于在 2025 年 12 月竣工，斥资 111 亿美元的纽约百年铁路扩建工程，不仅将为曼哈顿注入新的交通活力，更将打造出一个全新的转运中心。作为世界上最繁忙的铁路枢纽之一，其站台翻新工程极具代表性。项目大规模采用了预制混凝土板，这些板材在工厂内预先镶嵌好装饰面层、灯具和导向标识。施工现场通过顶推施工法和移动式架桥机，利用每日运营结束后的短暂天窗期进行快速安装。其关键技术在于预制构件与百年历史的老旧结构之间采用了高性能灌浆料和专利连接件，实现了快速、可靠的连接，在不中断服务的前提下显著提升了站台环境与通行效率。

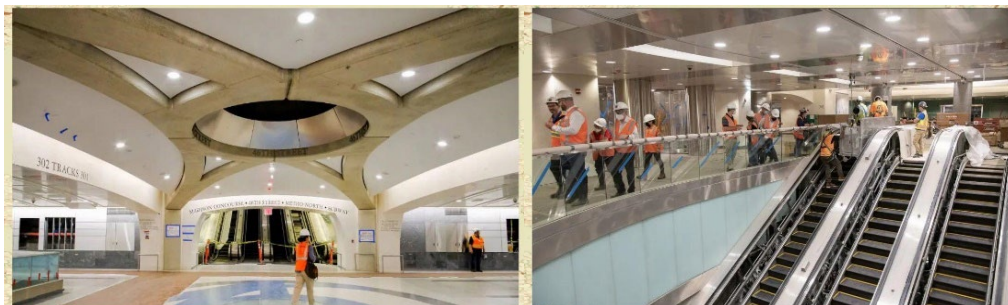


Figure 1. Renovation effect drawing and construction site of Grand Central Station in New York
图 1. 纽约大中央车站改造效果图及施工现场

英国伦敦邦德街站扩建工程[5] [6] (图 2): 推迟 4 年超支 5 亿英镑后, 伦敦邦德街地铁站于 2022 年 10 月完工。为接入伊丽莎白线, 该站进行了大规模改造。项目成功应用了分阶段、精细化的施工组织, 包括严格的夜间施工和短时关闭部分出入口的策略。除了广泛应用 BIM 进行冲突检测和施工模拟外, 其突出特点是利用 BIM 平台进行高精度的客流模拟, 动态评估不同施工阶段对乘客流线的影响, 从而优化临时通道、围挡和安检设施的布局, 最大化保障乘客安全与通行体验。英国地铁系统历史悠久, 相关施工经验较为丰富, 结合设计与改造施工, 有很好的总结, 但受到不同因素制约, 施工速度缓慢。

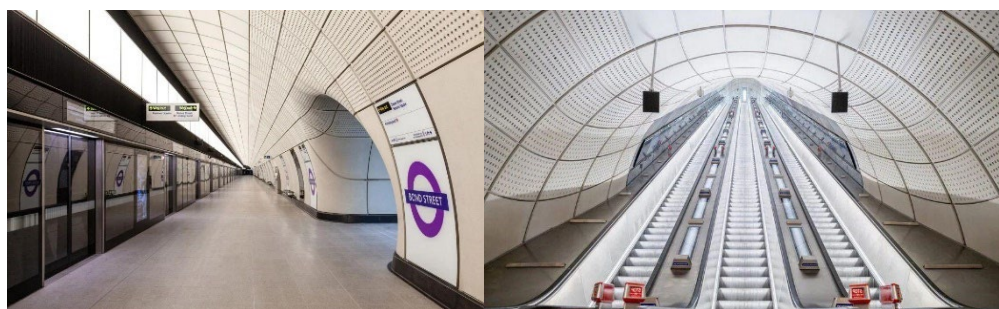


Figure 2. Real scene of the renovation of Bond Street Station in London
图 2. 伦敦邦德街站改造实景

日本东京涩谷站再开发项目[7] (图 3): 作为超大型立体化交通枢纽, 其改造与周边商业开发同步进行。工程采用长期分阶段施工, 每个阶段都确保有足够的运营设施。严谨筹备 8 年, 动员 1200 人, 仅 3 个半小时, 就将地上站改建成地下。在技术上, 大量采用模块化钢结构和预制装配式构件。日本改造工程尤其强调“可逆式施工”理念和“公众参与”机制, 通过可视化说明会和实时信息发布, 最大限度地获取公众理解与支持, 降低了社会风险。



Figure 3. Photos before and after the construction of the Shibuya Station Project in Tokyo
图 3. 东京涩谷站再开发项目施工前后相片

另外,法国巴黎圣拉扎尔车站扩建[8]、新加坡武吉士站[9]升级等案例也普遍体现了预制化、模块化、信息化与精细化施工组织(如夜间作业、分段封闭)的紧密结合,共同服务于“运营干扰最小化”的核心目标。此外,德国柏林中央车站[10]在改造中集成了先进的结构健康监测系统,对改造部位及受影响的老旧结构进行长期实时监控;韩国首尔的一些地铁站[11]改造则同步集成了智慧车站元素,如基于传感器的环境控制、全息投影导航等,体现了改造从“扩容”向“提质”与“智能化”的演进。上述实践表明,国外发达城市在地铁站改造中,已从单纯的技术应用,发展为融技术、管理、公众沟通于一体的系统解决方案。

3. 国内研究现状

我国城市轨道交通建设虽起步较晚,但发展迅猛,在既有线路改造领域也已积累了丰富的工程经验,并形成了适应高密度城市环境的技术特色。

北京地铁13号线扩能提升工程[12][13](图4):作为目前国内规模最大的既有线改造项目,该工程将既有13号线倒“U”型线拆分为13A和13B两条线路,在16号线和17号线之间搭建“X”型路网,涉及新建线路29公里、新建车站18座、改造既有车站5座。工程面临在人口密集区域施工、确保既有线路运营安全等多重挑战。项目广泛采用明挖法、盾构法进行新建段施工,并致力于打造智慧工地示范线。其核心是研发应用了“城市轨道交通智慧工地管理系统”,集成AI、5G、BIM、物联网等技术,实现对现场动火作业、有限空间、深基坑临边、大型设备等的智能感知与自动预警,以及超过2.7万名施工人员和860余台机械设备的动态跟踪管理,显著提升了安全质量管控效率。该工程体现了国内在大型复杂线网改造中,对智能化、信息化管理与精细化施工组织的高度融合。



Figure 4. The route and construction site of the Beijing Metro Line 13 renovation project
图4. 北京13号线改造工程线路及工地现场

上海人民广场站换乘大厅改造[14](图5):在极度繁忙的枢纽站,项目创新性地采用大型钢结构模块整体吊装技术。利用移动式桥吊在夜间天窗期将工厂内预制好的整个换乘通道模块吊装就位,实现了“搭积木”式的快速建造。同时,应用矩形顶管法暗挖新建连接通道,最大限度地减少了对地面交通和站内运营的干扰。

上海宝山路站改造工程[15](图6):作为国内既有“短、平、快”改造的典型范例,宝山路站改造工程于2026年春节前实施,利用全年客流最低谷的7天停运窗口期完成主要工程。该站作为3号线与4号线的共线运营车站,长期面临站厅空间局促、换乘效率偏低、部分设施老化等问题。项目团队制定了

“分钟级精度”的施工组织方案，实行连续 24 小时作业，最终提前 1 天竣工，确保节后首个工作日正常运营。

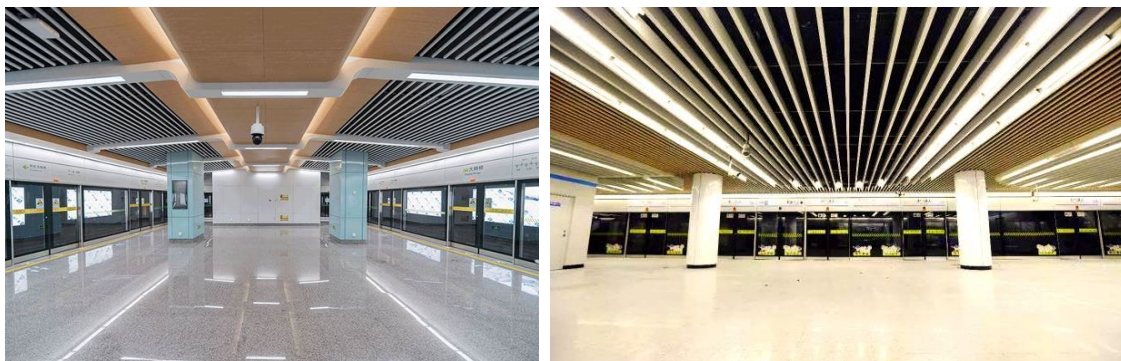


Figure 5. Real scene of the completion effect of Shanghai People's Square Station
图 5. 上海人民广场站完工效果实景

在技术层面，该工程采用了国内首个 TACS(列车自主运行系统)信号系统改造，将 4 号线外圈由“站前接轨”改为“站后接轨”，从根本上消除了安全隐患。站台扩容方面，新增面积约 660 平方米的站台，将原 7.5 米站台拓宽至 12 米，形成岛式 + 侧式混合型站台。车站服务设施同步升级，新增 3 号出入口及多部自动扶梯、无障碍电梯，并增设配备空调的候车休息室。外立面以“活力之拱”为设计理念，将海派石库门拱廊元素融入现代建筑，实现了功能扩容与风貌提升的统一。



Figure 6. Renderings of the exterior facade and platform of Shanghai Baoshan Road Railway Station
图 6. 上海宝山路站施工改造的外立面及站台效果图

此外，广州、深圳、成都等地的改造案例(如广州公园前站、深圳罗湖枢纽、成都天府广场站)则集中体现了在复杂地质条件下，盾构法、顶管法等非开挖技术，与自动化监测系统、物联网(IoT)技术的深度融合[16]-[20]。国内案例显示，我国在消化吸收国际先进经验的基础上，已发展出适用于自身高密度、高客流环境的地铁改造技术体系，并在智能建造与信息化管理方面呈现出后发优势。同时，国内工程实践也日益重视标准引领，如 DB37T 4835-2025、DBJT_15-120-2017 等标准的出台，为改造工程的设计与施工提供了规范化依据。

4. 国内外技术特点总结

综合国内外工程实践，城市密集区既有地铁站改造已形成以下鲜明的技术与管理特点[21]-[24](表 1)：

- ① 设计施工一体化与建造工业化；
- ② 高精度与自动化控制技术；
- ③ 全流程信息化与智能化管理；
- ④ 精细化与动态化施工组织；
- ⑤ 专用化施工装备的研发与应用；
- ⑥ 管理创新与协同模式。

Table 1. Technical comparison of rail transit station renovation in urban dense areas at home and abroad
表 1. 国内外城市密集区轨道交通车站改造典型案例技术对比表

案例名称	国家/地区	改造核心挑战	应用的关键技术/措施	备注/特色
纽约大中央车站	美国	世界最繁忙枢纽之一，需在不中断服务下现代化升级	预制混凝土板(带集成装修)；顶推施工法、移动式架桥机；利用夜间天窗期施工	注重历史建筑的现代化升级与乘客体验提升
伦敦邦德街站	英国	为接入伊丽莎白白线，需在运营中扩建新站台与通道	BIM 技术用于设计与客流模拟；预制构件；精细化夜间施工与短时关闭策略	突出 BIM 在施工期客流组织模拟中的应用
东京涩谷站	日本	超大型立体枢纽与周边商业再开发同步	长期分阶段施工；模块化建设；结构加固、减震技术；“可逆式施工”与“公众参与”	站城一体化开发，重视社会沟通
巴黎圣拉扎尔车站	法国	缓解高峰期拥堵，需新增轨道与扩建站台	预制构件快速拼装；夜间施工、分段封闭	针对通勤潮汐客流的典型扩容改造
北京地铁 13 号线扩能提升工程	中国	国内最大规模既有线拆分与改造	线路拆分与系统升级；智慧工地管理系统(AI, 5G, BIM, 物联网)	大规模线网级改造，深度融合智能化管理平台
上海人民广场站	中国	极端繁忙枢纽，改造空间与时间受限	模块化结构快速装配、大型模块整体吊装；顶管法；移动式桥式起重机	大型模块化整体吊装技术典型应用
广州公园前站	中国	复杂地质条件下隧道挖掘与加固	钻爆法与机械法结合；预制构件与钢支撑；全自动化监测系统	传统工法与机械法结合，智能监测保障安全
深圳罗湖站	中国	综合交通枢纽改造，减少对地面交通影响	盾构法；快速拼装技术；物联网(IoT) 全过程监测	盾构法非开挖优势与物联网过程监控结合
成都天府广场站	中国	高密度区域隧道挖掘与扩建	顶管法与盾构法；模块化构件、顶推施工；BIM 全过程管理	非开挖工法与工业化建造、信息化管理综合应用
韩国首尔案例	韩国	改造中同步提升服务智能化水平	集成智慧车站元素(传感器、全息导航等)	改造从扩容向提质与智能化演进
上海宝山路站	中国	共线运营老站，需在 7 天春节停运窗口期内完成站台扩容、轨道改造与信号系统升级	TACS 信号系统(国内首个)；分钟级精度施工组织；连续 24 小时作业；免费公交接驳保障	“短、平、快”改造典型案例，提前 1 天竣工

5. 研究不足与未来展望

当前研究与实践仍存在一些不足，主要表现在：1) 现有研究与实践高度聚焦于地下车站，针对地面及高架轻轨站的改造案例系统性总结和专用技术研究相对匮乏。2) 对改造后新老结构协同工作的长期性能缺乏长期的跟踪监测与评估数据。3) 改造工程的综合效益后评估体系尚不完善。未来重点方向包括技术路径创新、智能技术深度融合、运维导向的改造设计以及跨学科综合研究。针对地面轻轨站改造，应重点深化工业化建造应用、构建智能建造管理体系、制定超精细化交通组织方案以及研发适配性施工工法与装备。

6. 结语

1) 城市密集区既有地铁轻轨站改造是一项极具挑战的系统工程，是工程技术、管理艺术与社会沟通的综合体现。

2) 国内外丰富的成功案例表明，以设计施工一体化、建造工业化、管理信息化、组织精细化为核心的技术与管理体系是应对挑战的有效途径。

3) 对于地面轻轨站改造项目，应在充分吸收地下站改造经验的基础上，开展针对性技术攻关与管理

创新,探索安全、高效、绿色的快速化改造路径,助力城市轨道交通网络的可持续发展与品质升级。

基金项目

中铁二十四局集团有限公司科技项目资助(项目编号:SHBSGZ-2025-JS-6)。

利益冲突声明

作者张正,现任职于中铁二十四局集团有限公司轨道交通分公司,为该基金项目主要参与人之一。

参考文献

- [1] 汪晶晶. 城市轨道交通既有车站与开发地块结建改造设计研究[J]. 隧道与轨道交通, 2025(3): 32-36+74.
- [2] 罗国强. 城市轨道交通车站附属建筑空间整合与城市商圈协同设计研究[J]. 高速铁路技术, 2025, 16(3): 34-38.
- [3] 黄健新, 谭旭平, 赵国锋. 城市交通协同下的城市更新项目实施时序控制体系[J]. 城市交通, 2023, 21(4): 61-68.
- [4] 翁超, 庄宇. 空间权与“空间经济”视角下纽约中央车站地区的百年更新[J]. 国际城市规划, 2024, 39(4): 86-99.
- [5] WSP, Balfour Beatty Management, Corderoy. CROSSRAIL 邦德街站英国伦敦[J]. 世界建筑导报, 2017, 32(1): 88-91.
- [6] 韩林飞, 王博. “站城一体化”趋势下的车站与城市改造——以英国国王十字车站、帕丁顿车站为例[J]. 华中建筑, 2021, 39(4): 33-36.
- [7] 刘文, 孙如雪. 城市更新背景下站域空间的重构及增效研究——以东京涩谷站为例[J]. 中外建筑, 2024(1): 75-81.
- [8] 巴黎圣拉扎尔站法国巴黎[J]. 世界建筑导报, 2017, 32(3): 98-101.
- [9] 高崧. 老树新枝——新加坡武吉士街区(BUGIS JUNCTION)的保护改造[J]. 现代城市研究, 2003(6): 31-34.
- [10] 向思桐, 宋锴, 李卫华, 等. 国外典型铁路枢纽分工运用经验[J]. 综合运输, 2021, 43(4): 129-136.
- [11] 沈男旻. 通用设计在首尔地铁站空间规划中的运用及其对我国地铁规划设计的启示[J]. 建筑创作, 2014(Z1): 492-494.
- [12] 彭梅, 曹宗豪, 彭彦彬, 等. 北京地铁 13 号线车站问题剖析与改造研究[J]. 北京规划建设, 2022(2): 116-122.
- [13] 刘钢, 邱丽丽. 北京地铁 13 号线清河段拨线工程实例剖析[J]. 市政技术, 2021, 39(4): 111-114.
- [14] 陈海龙, 李淼. 上海轨道交通人民广场换乘枢纽研究与设计[J]. 地下工程与隧道, 2007(3): 7-10+60.
- [15] 张蓓雯. 上海轨道交通 3 号线综合改造工程宝山路站桥梁工程总体设计[J]. 现代城市轨道交通, 2012(1): 29-32.
- [16] 梁强升, 卢锦生. 广州地铁公园前站 1、2 号线换乘匹配研究[J]. 城市轨道交通研究, 2008(4): 34-36.
- [17] 刘浦, 余二威. 广州市轨道交通场站综合体发展 30 年回顾与展望[J]. 城市交通, 2024, 22(2): 1-13.
- [18] 生金文, 林彬榕, 王昊. 城市轨道交通车站公共空间一体化改造研究——以深圳市宝安中心站改造为例[J]. 城市交通, 2023, 21(1): 108-120.
- [19] 黄皓, 晁恒. 站城一体理念下大型枢纽地区的城市更新策略——以深圳平湖枢纽重点城市更新单元为例[J]. 规划师, 2023, 39(8): 117-124.
- [20] 张莎, 刘春尧, 杜军. 基于城市地域特征的导视图形设计研究——以成都天府广场站为例[J]. 设计, 2023, 36(1): 144-147.
- [21] 邱丽丽, 彭彦彬, 陈苒迪, 等. 城市轨道交通高架车站扩编改造设计要点[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(6): 102-104+111.
- [22] 王菲. 上海世纪大道车站改造策略研究: 系统性统筹与协同优化[J]. 中国市政工程, 2025(3): 169-171+193-194.
- [23] 傅佳恩. 上海轨道交通 3 号、8 号线高架车站改造方案设计[J]. 隧道与轨道交通, 2019(2): 16-19+59.
- [24] 刘铁民, 曹明华. 城市轨道交通行业建设阶段建筑信息模型的应用[J]. 城市轨道交通研究, 2015, 18(6): 7-10.