

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2024.01.004

上海城市轨道交通既有线改造工作 回顾与展望

王镇波, 陆静, 施董燕

(上海申通地铁集团有限公司技术中心, 上海 201103)

摘要: 上海因城市轨道交通开通较早而成为国内既有线改造领域的先行者, 其既有线改造经历以及经验教训对国内其他城市有一定参考价值。为此, 首先回顾上海城市轨道交通既有线改造历程, 主要呈现关注重点逐渐从个体向全局过渡、改造内容逐渐多元化和系统化、契合城市与网络发展目标的改造需求持续深化和拓展的发展趋势。其次, 总结上海城市轨道交通开展既有线改造工作的要点, 改造前以系统思维制定改造计划、改造中以保障施工安全和质量为前提尽量减少对乘客的影响、改造后积极开展后评估。然后从资金支持有限、内外沟通协调效率要求高、项目管理难度大、技术积累不足等方面剖析上海城市轨道交通开展既有线改造工作的难点。最后, 展望上海城市轨道交通未来的既有线改造重点工作: 探寻更多的既有线改造资金渠道、开展既有线改造项目施工计划与管理机制的改进与创新研究、深化既有线网评估工作、攻关未预留条件的地下车站不停运改扩建技术。

关键词: 城市轨道交通; 既有线改造; 改造历程; 补短板; 展望

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2024)01-0022-06

Review and Outlook on the Renovation of Shanghai's Urban Rail Transit Operational Lines

WANG Zhenbo, LU Jing, SHI Dongyan

(Technical Center of Shanghai Shentong Metro Group Co., Ltd., Shanghai 201103)

Abstract: With the early opening of urban rail transit, Shanghai has been a forerunner in urban rail transit operating-line renovation in China. The experiences and lessons learned from Shanghai in operating-line renovations have reference value for other cities in China. First, the operating-line renovation process of the Shanghai urban rail transit was reviewed. Three main development trends indicate that the focus is on a gradual transition from individual conditions to overall conditions, that the renovation contents are gradually being diversified and systematized, and that the renovation demands that align with the development goals of the city and urban rail transit network are continuously deepening and expanding. Second, developing a renovation plan with systematic thinking, minimizing the impact on passengers while ensuring construction safety and quality during renovation, and active post-evaluation after renovation are summarized as the key points in the operating-line renovation of Shanghai urban rail transit. The difficulties in operating-line renovation of Shanghai urban rail transit were analyzed in terms of limited financial support, high-efficiency requirements for internal and external communication, challenges in project management, and insufficient technology. Important future works for operating-line renovations of Shanghai urban rail transit are discussed, including additional financing channels, research on improvement and innovation of construction plans and management

收稿日期: 2023-07-31 修回日期: 2023-10-20

第一作者: 王镇波, 男, 博士, 工程师, 从事城市轨道交通规划与设计研究, 735010283@qq.com

通信作者: 陆静, 女, 本科, 正高级工程师, 从事城市轨道交通网络总体研究, 4308402@qq.com

引用格式: 王镇波, 陆静, 施董燕. 上海城市轨道交通既有线改造工作回顾与展望[J]. 都市轨道交通, 2024, 37(1): 22-27.

WANG Zhenbo, LU Jing, SHI Dongyan. Review and outlook on the renovation of Shanghai's urban rail transit operational lines[J]. Urban rapid rail transit, 2024, 37(1): 22-27.

mechanisms, deeper evaluation of the operational urban rail transit network, and the technology of non-closure renovation of underground stations without pre-reserved conditions.

Keywords: urban rail transit; operating-line renovation; renovation process; improving weaknesses; prospects

城市轨道交通作为一个使用寿命长且具有公共交通服务属性的客运系统,在整个生命周期内不仅需要进行日常维护与执行各类修程以保障系统稳定可靠运行,还会为了更好适应当前社会需求、满足最新技术标准要求等目标进行相应改造,例如线路运能提升改造^[1]、地铁安检设备更新改造^[2]等。因此,国内外城市轨道交通开通较早的城市基本都要进行既有有线改造^[3],改造效果主要体现在对已建成轨道交通系统的改进和完善,为线网提质增效起到了积极推动作用。

在“十四五”规划和交通强国战略的指引下,我国城市轨道交通行业的关注重点逐渐从高速建设转向高质量发展^[4],围绕各类目标对既有有线进行一系列改造势必会成为我国各地城市轨道交通企业的工作板块之一。鉴于上海是国内首批开通城市轨道交通的城市之一,接触既有有线改造较早,相关经历较为丰富,所以本文选择对上海城市轨道交通既有有线改造工作进行系统性回顾,总结其中的改造要点与难点,展望上海城市轨道交通未来的既有有线改造重点工作,以期为国内其他城市进行既有有线改造工作提供一定参考。

1 上海既有有线改造历程与发展趋势

1.1 既有有线改造历程

上海首条城市轨道交通线路开通于1993年,开始既有有线改造的时间可追溯至本世纪初。伴随着上海城市轨道交通从单线到多线、从多线到成网再到超大规模网络的发展过程,既有一些围绕安全、标准提升、社会环保等方面持续实施并深化的改造内容,例如安防消隐改造、厕所改造、减振降噪改造等,也有不少根据当时网络发展情况及社会需求专门进行的改造内容,例如运能提升改造、车站集散能力提升改造等。经相关资料整理归纳,本文将上海城市轨道交通既有有线改造的历程分为5个阶段,如图1所示。

1) 第一阶段:以“站内环境整治”为重点的改造。2004年底,上海城市轨道交通开通运营了4条线路,运营线路长度为79.5 km,在此规模基础上,市委、市政府提出了“到2010年世博会前建成总运营线路长度达到400 km、共11条轨道交通线”的目标^[5],自此上海

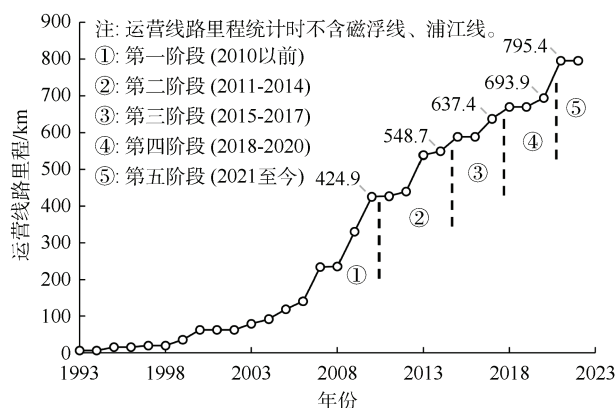


图1 上海城市轨道交通既有有线改造历程的阶段划分情况

Figure 1 Demarcation of phases in the operating-line renovation of Shanghai Urban Rail Transit

城市轨道交通进入高速发展时期,如何加快新线建设是该时期的焦点与难点,既有有线改造内容以配合设备大修更新与响应“迎世博600天”行动为主。前期改造零星且有限,没有统一的改造重点。后期改造在关注民生、改善民生的号召下,以整治站内环境为改造重点,从安全、人性化两大方面实施了多项站内设施改造工程,主要涉及多条早期所建线路的站台加装安全护栏、厕所改造、站内辅助设施改造等,其中与人性化改造相关项目的费用在申通地铁集团“迎世博600天”专项资金中列支。此外,一些既有有线针对振动噪声问题实施了减振降噪改造工程,例如3号线部分区间加装声屏障等。总体而言,本阶段上海城市轨道交通初步积累了以车站设施改造为主的改造经验,逐渐在安全、服务品质、减振降噪方面产生既有有线改造需求。

2) 第二阶段:以“风、水、电节能增效”为重点的改造。借助服务世博的契机,上海城市轨道交通在2010年形成了总规模超400 km的线网,工作重心从网络化建设转为网络化运营管理。为了较好地维持整个网络运转、减轻市政负担,节能增效成为本阶段既有有线改造重点,围绕“风、水、电”三大要素的一系列既有有线改造工程随之实施。其中,“风”的主要改造内容为站房空调系统改造,例如2号线部分车站风系统变频改造等;“水”的主要改造内容为车站给排水系统改造,例如6号线部分车站排水管道改造等;“电”的主要改造内容涉及车辆、车站、车辆基地的供电系

统与照明系统,例如2号线列车客室照明节能控制改造、1号线部分车站箱式变电站改造、梅陇基地检修库与停车库顶棚照明系统节能改造等。通过大力度的节能增效改造,上海城市轨道交通运营能耗得到明显改善,每车公里能耗在2010年为4.74 kWh,在2014年降至4.01 kWh^[6]。此外,随着社会发展与新技术出现,上海城市轨道交通持续在安全、服务品质、减振降噪方面挖掘一些新的既有线改造需求,例如自动扶梯加装视频监控、出入口增设自动扶梯、特定区段钢梁降噪改造等。总体而言,本阶段上海城市轨道交通结合网络化运营管理发展背景,补充并深化了上一阶段的既有线改造需求。

3) 第三阶段:以“保安全、增效能”为重点的改

造。在上海外滩踩踏事件影响下,申通地铁集团以“保安全、增效能”为核心目标,从网络、线路、车站3个层面梳理了第一阶段“补短板”项目,确定实施其中的7大项目21子项,项目清单如表1所示。此外,随着网络规模进一步扩大,上海城市轨道交通在网络运营管理、人性化服务、既有线土建改造方面有了一些新的需求和突破,例如建设新一代网络运营调度指挥中心、进一步改善厕所条件、5号线不停运改扩建等。总体而言,本阶段上海城市轨道交通转变了原先主要从个体角度筹划既有线改造的思维模式,正式开始站在网络全局的高度,围绕顶层目标,从网络、线路、车站3个层面系统性地挖掘既有线改造需求。

表1 上海城市轨道交通第一阶段“补短板”项目清单

Table 1 “Weakness-improving” measures for the first-phase enhancement of Shanghai Urban Rail Transit

类别	项目名称	主要实施内容	主要改造效果
网络层面	轨交公安数字无线系统	既有线公安无线系统改造及交换机建设	为轨道交通公安以及市公安相关人员的工作开展提供了支持
	轨道交通信息化通信服务系统	完善上海轨道交通内部通信服务系统,研发统一的公务短信系统、通信接口平台等	提高了员工日常工作中的沟通和办事效率
	关键零部件检修基地改造工程	九亭基地大架修库制动和车钩检修区域改造、新建车钩检修及清洗油漆房屋等	提高了检修线的产品合格率和产能,改善了作业环境,降低了工人劳动强度,工艺路线更加清晰畅通
线路层面	1号线运能提升改造	1号线大交路外延供电改造	保障了1号线后续增能计划的供电可靠性
	网络车辆增购及车辆基地扩建	6个子项:网络车辆增购(1、6~9、12、13、16号线);2号线车辆增购、既有16列车4编组改8编组;陈太路基地改扩建;港城路基地改扩建;浦江镇基地改扩建;2号线东延伸段配合4编组改8编组工程的相关设施设备改造	已实施线路满足了用车与停车需求,部分区段高峰时段拥挤状况得到了缓解
车站层面	重点车站垂直通行能力及疏散能力提升改造	10个子项:莘庄站;漕河泾站;人民广场站;新天地站;徐泾东站;张江高科站;上海火车站站;水产路站;沈杜公路站;曹杨路站	已实施车站的垂直通行能力提升了25%~83%、疏散能力提升了10%~107%
	车站出入口乘客诱导信息系统	35座车站的出入口及换乘通道乘客诱导信息系统整治(LED电子显示屏替换导向牌、旧电缆割接、既有导向牌拆除等)	为乘客提供了更清晰、丰富、灵活、及时的信息

4) 第四阶段:以“提高运输服务能力、强化系统平稳运行能力、提高安全管控能力、提升地铁服务品质”为重点的改造。鉴于第一阶段“补短板”项目的总体效果与良好反馈,申通地铁集团于2017年6月启动了第二阶段“补短板”工作(2018—2020年),在吸取第一阶段“补短板”项目经验教训的基础上,根据网络现状问题和未来需求,围绕“提高运输服务能力、强化系统平稳运行能力、提高安全管控能力、提升地铁服务品质”目标,梳理了第二阶段“补短板”项目,调整为四大类20个项目,于2018年开始陆续实施,项目清单如表2所示。此外,随着建设与运营经验的不断积累,上海城市轨道交通对线路

与周边土地利用之间互动关系的认识逐渐深刻,开始思考促进既有线与沿线区域互利发展的新策略,并积极开展试点,例如11号线不停运增设陈翔公路站等。本阶段上海城市轨道交通以上一阶段的经验教训为基础,围绕更为细化的顶层目标,从中观层面提出了相应的既有线改造对策,之后落实到微观层面的具体改造内容上,拥有了较为丰富且成体系的既有线改造经验。

5) 第五阶段:依托到期更新与专项行动的“安全化、智慧化、绿色化、人性化”改造。2021年进入“十四五”时期,上海城市轨道交通既要思考超大规模网络未来如何发展的难题,又面临大量设施设备到期

表 2 上海城市轨道交通第二阶段“补短板”项目清单

Table 2 “Weakness-improving” measures for the second-phase enhancement of Shanghai Urban Rail Transit

目标	对策	主要实施内容	主要改造效果
提高运输服务能力	线路输送能力提升	3个项目：供电系统改造；车场出库能力改造；石龙路基地扩容改造	重点线路的最小行车间隔达到2 min，其中9号线达到1 min 50 s，且2021年运能较2015年提升了57.45%。已实施线路和车站的高峰时段拥挤问题得到了明显改善
	车站集散能力提升	6个项目：殷高西路站；佘山站；莲花路站；镇坪路站；曹杨路站；世纪大道站	
强化系统平稳运行能力	系统设备升级改造	1个项目：2号线信号新增CBTC系统(communication based train control system)	目前还在实施中，改造完后2号线信号系统的性能与可靠性将全面提升
	检修维护能力提升	3个项目：网络大型装备增购及基地建设；设备在线监测系统；车站系统集成智能化	提升了检修效率，提高了设备系统和车站智能化管理水平
提高安全管控水平	应急联动能力提升	1个项目：网络调度指挥大楼OCC系统(operating control center)接入	提升了网络指挥管理能力，优化了监控管理的效率和合理性，增强了对重大事件和突发情况的联动处置能力
	安防能力提升	3个项目：“雪亮工程”专项；既有有线技术防范系统及配套改造；进博会轨道交通专项安保系统	加强了网络级安防能力，为进博会安防工作提供了支持
提升地铁服务品质	车站便捷设施改造	3个项目：出入口加装扶梯改造；厕所改造；无障碍电梯改造	已实施车站的乘客出行体验提到了提升，对特殊人群的服务更为友好

更新的挑战。为此，申通地铁集团贯彻新发展理念，采用“先计划、后项目”的方式，以《上海城市轨道交通设施设备维护与更新改造规程导则》^[7]为立项实施依据，结合设施设备状态及相关需求，梳理形成了2021—2023年的基建类三年计划项目(7项)、非基建类三年计划项目(32项)，并顺利获批，于2021年开始陆续实施。其中，基建类三年计划项目主要涉及车辆增购、车辆基地改扩建、信号系统更新改造、智慧化数字平台搭建等；非基建类三年计划项目从车辆、供电、通信、线路、土建、车站机电等专业层面统筹全网范围的大修更新与专项改造需求，一方面结合到期更新提升设施设备的性能、能效、智能化程度，例如车辆架大修、主变电所设备更新改造、广播导乘系统更新改造等；另一方面设立专项行动以提升服务品质和满足特定需求，例如无障碍电梯改造、厕所改造等。上述基建类、非基建类三年计划项目的提出与实施，体现了上海城市轨道交通以“安全化、智慧化、绿色化、人性化”为重点，主要依托到期更新、专项行动的方式推动网络高质量发展的探索思路。本阶段上海城市轨道交通形成了较为成熟的既有有线改造工作机制，开始按三年一轮的频率，以衔接上位发展理念并突出自身特色为原则，有计划地实施着各类既有有线改造项目。

1.2 既有有线改造发展趋势

纵观上海城市轨道交通既有有线改造的历程可知，随着城市轨道交通网络的不断发展与社会需求的变化，以及一些重大事件的发生，既有有线改造主要呈现以下3个方面的发展趋势。

1) 关注重点逐渐从单线单点向网络全局过渡。以第一阶段“补短板”项目的提出为标志，在此之前上海城市轨道交通主要从个体角度筹划既有有线改造，以针对性提升单条线路或单个车站的某项能力为重点，在此之后则开始站在网络全局的高度，以实现顶层目标为重点，从网络、线路、车站3个层面系统性地挖掘既有有线改造需求。

2) 改造内容逐渐从单一化、零散化向多元化、系统化过渡。早期的改造内容主要与站内设施设备有关，改造内容较为单一且零散，例如楼扶梯改造、厕所改造、空调改造等，之后随着线路运能、安全管控等方面需求的产生，改造内容逐渐变得多元且系统，例如5号线改扩建工程涉及线路、建筑、结构、信号等17个专业的近百项改造工作^[8]。

3) 契合城市与网络发展目标的改造需求持续深化和拓展。主要体现在安全、节能、人性化3个方面。安全方面，逐渐从车站、线路层面的安防消隐深化为网络层面的安全管控水平的综合提升，例如建设新一代网络运营调度指挥中心等；节能方面，在降低设施设备能耗的基础上拓展出各类新兴低碳节能技术的试点应用，例如光伏发电等；人性化方面，在提升设施设备便捷性的基础上拓展出适老化改造，例如出入口加装自动扶梯等。

2 既有有线改造要点与难点

2.1 既有有线改造要点

经过近20年的探索与实践，上海城市轨道交通实施了数量较多的既有有线改造项目，对于既有有线改造的

筹划与实施有了较全面的认识与体会,按改造前、改造中、改造后3个阶段总结相关要点如下。

1) 改造前。立足系统思维,制定体系化的既有线改造计划。一方面,城市轨道交通是一个多专业多工种相互配合的综合大系统,每类设施设备既有各自需要完善提升的部分,又可能相互之间存在限制与影响,例如列车扩编改造不仅需要增购车辆,还需要配套实施站台延长改造、车辆基地改扩建等工程。另一方面,城市轨道交通的发展维度较为多元,每个发展维度都会产生一系列既有线改造需求,如果缺乏体系化的梳理,则改造目标与策略容易变得零散杂乱,难以找到改造重点与瓶颈点,且很可能顾此失彼。因此,有必要从全局的角度,梳理和统筹城市轨道交通各方面、各层次、各要素的既有线改造需求,厘清各改造内容的轻重缓急程度以及彼此之间物理层面、功能层面的联系,进而制定围绕顶层目标层层分解、逐步细化的既有线改造计划,并在实施过程中对其进行动态调整。

2) 改造中。在保障施工安全和质量的前提下,尽可能减少既有线改造对乘客出行的影响。城市轨道交通往往是城市公共交通的骨干,局部区段或站点因故停运很可能对社会产生负面影响,因此既有线改造在保障施工安全和质量的同时尽量不停运、少停运是国际共识。通过调整列车调度增加夜间天窗时间、改进技法工艺提高施工能力等方式,使上海城市轨道交通不断丰富着不停运改造的适用场景,迄今为止大部分既有线改造项目均为不停运改造。同时,考虑到既有线改造往往受到原有土建设施和机电设备等客观条件的约束^[9],在改造作业工程量大、施工作业持续时间长、需启动大型施工机械设备和运送大量施工材料等情况下,采用不停运改造不仅会大幅增加工期,而且会影响施工安全和质量,长远来看对乘客出行的影响反而会比采用停运改造的影响更大,所以上海城市轨道交通会在一些特定场景下采用停运改造,并通过将停运时间尽量安排在客流低谷期、停运区段开行短驳公交等方式^[10]减少乘客所受影响。

3) 改造后。积极开展既有线改造后评估,同步完善技术标准。虽然既有线改造的对象是已建线路,但是不少改造内容对新线建设有一定指导作用,通过开展既有线改造后评估,对改造效果进行全方位分析,可为相关技术标准的完善提供重要实践依据。以上海为例,早期建设的线路在安全、人性化服务等方面的考虑不够完善,部分车站存在高峰期乘客摔下站台的

风险较高、未设厕所等问题,为此上海城市轨道交通在世博前夕实施了许多站台加装安全护栏和厕所改造项目,并吸纳改造成果,完善了后续新线在站台安全防护、车站厕所方面的建设标准。

2.2 既有线改造难点

国内城市轨道交通发展较晚,在既有线改造领域尚处探索阶段,关于既有线改造的政策机制、技术方法等内容均有所欠缺,因此上海城市轨道交通在开展既有线改造工作过程中遇到了不少困难与瓶颈,主要涉及资金筹划、内外沟通协调、项目管理、技术积累4个方面。

1) 既有线改造的资金支持有限。目前国内城市轨道交通在盈利模式、经营机制等方面尚未成熟,运营收不抵支的问题始终突出,难以依靠自身产生多余的资金用于既有线改造,因此既有线改造资金主要依赖有限的财政拨款与政府补助,其数额对既有线改造工作的开展有决定性影响。上海城市轨道交通目前也不例外,基建类三年计划项目的资金由市级财政拨款,非基建类三年计划项目的资金优先使用票务收入,并纳入运营收支准许缺口补偿机制进行统一平衡,两类项目在筹划阶段均需要充分考虑可批准的预算上限。

2) 既有线改造的有序推进需要高效率的沟通协调机制。既有线改造项目在前期涉及申请、报批流程,在实施过程中为了解决各类问题和完成时间节点要求,需要召开大量不同层面和专业的沟通协调会议,同时存在新增用地、借用道路、与市政设施结合等情况,需要与政府职能部门及时对接。上海城市轨道交通在首次实施一些改造难度高、涉及多方参与的既有线改造项目时,就因沟通协调机制不畅而出现了项目推进力度不足的问题,后续通过落实工作责任、优化例会制度、加强对接主动性等方式提高了内外部沟通协调的效率,为项目及时推进提供了重要支持。

3) 综合性改造需要极强的多专业统筹能力。综合性改造指涉及多专业、多接口的改造。项目承接单位除了需要安排好众多供应商、各施工方及设计单位之间的配合衔接工作之外,还应组织各专业技术力量就各专业改造分项做好风险点、难点评估和接口应对方案,系统考虑改造期间的各项影响因素并进行精细筹划。如果项目承接单位没有极强的多专业统筹能力,则难以保障综合性改造施工作业效率与质量。

4) 地下线路缺乏列车扩编或改车型扩能不停运改造的成熟技术。以上海轨道交通6号线为例,随着

浦东多中心组团化发展,贯穿浦东南北且串联多个重要发展区域的6号线高峰时段运能紧张问题日益突出。因6号线有一部分采用地下敷设方式且未预留扩能条件,一些涉及土建结构的扩能改造工程代价极大,例如车辆扩编涉及地下车站站台延长改造、车型改造涉及地下车站及区间限界改造等,而国内目前关于地下线路扩能改造的案例极少,地下结构不停运改扩建技术尚未成熟。

3 结语与展望

在近20年的既有有线改造历程中,上海城市轨道交通在安全保障、运行可靠、运能提升、节能环保、人性化等方面实施了众多既有有线改造项目,基本涵盖城市轨道交通各专业的的主要设施设备,既积累了一定经验,也遇到了不少困难。随着社会发展与科学进步,既有有线改造的需求将不断丰富并深化,为了更好地应对今后的挑战、抓住未来的机遇,上海城市轨道交通可考虑着手开展以下工作。

1) 探寻更多的既有有线改造资金渠道。一方面,研究各种融资模式的可行性,例如使用银行信贷资金、发行专项债券、联合有关企业设立专项基金、依托公共空间商业开发吸引社会资本等;另一方面,与国内城市轨道交通企业共同研讨,形成行业层面的既有有线改造补助建议,为有关政策与机制的出台提供参考。

2) 开展既有有线改造项目施工计划与管理机制的改进与创新研究。无论是不停运改造还是停运改造,均需要缜密且有弹性的工程施工计划与职责明确且沟通顺畅的管理机制,不停运改造更侧重于整个项目稳定可靠,而停运改造则更侧重于各项作业集中高效。

3) 深化既有有线网评估工作。坚持目标导向,根据高质量发展理念与最新社会需求细化上海城市轨道交通网络发展目标,以此为基础从评价维度、评价指标、评价标准3个方面完善线网评估方法,实现既有有线网的科学评估,精准定位其短板和瓶颈,为合理制定既有有线改造目标以及做好既有有线改造后评估工作提供重要支撑。

4) 攻关未预留条件的地下车站不停运改扩建技术。这方面日本东京地铁已有实施案例,例如大江户线胜鬃站改扩建、东西线木厂站改扩建等^[1],可考虑通过技术交流、调研考察等形式学习借鉴其工程做法与经验,为国内城市轨道交通应对地下线路运能紧张问题探索新的思路和方向。

参考文献

[1] 徐成永,贺鹏,邱丽丽.北京地铁13号线运能提升改造

综合实施方案剖析[J].都市快轨交通,2021,34(2):54-58.

XU Chengyong, HE Peng, QIU Lili. Comprehensive scheme for capacity expanding of Beijing metro line 13[J]. Urban rapid rail transit, 2021, 34(2): 54-58.

[2] 安茹,韩嵩,白文飞,等.北京地铁安检设备更新改造需求分析[J].都市快轨交通,2017,30(4):13-17.

AN Ru, HAN Song, BAI Wenfei, et al. Demand analysis on replacement and renovation of security inspection equipment in Beijing subway[J]. Urban rapid rail transit, 2017, 30(4): 13-17.

[3] 梁青槐,林一泓,王恒,等.国内外地铁线路改造案例剖析及启示[J].都市快轨交通,2020,33(5):80-87.

LIANG Qinghuai, LIN Yihong, WANG Heng, et al. Cases study on and takeaways from the renovation of existing metro lines[J]. Urban rapid rail transit, 2020, 33(5): 80-87.

[4] 刘昕.《加快建设交通强国五年行动计划(2023—2027年)》解读[EB/OL].(2023-04-23)[2023-07-15].https://www.gov.cn/zhengce/2023-04/23/content_5752770.htm.

[5] 俞光耀.上海超大规模轨道交通网络运营管理对策研究[M].上海:上海书店出版社,2018.

[6] 上海申通地铁集团有限公司.上海地铁运营三十年[M].上海:上海书店出版社,2023.

[7] 上海市交通运输行业协会.上海城市轨道交通设施设备维护与更新改造规程导则:T/SHJX037-2021[S].上海:上海市交通运输行业协会,2022.

[8] 朱捷,陈文艳.上海既有轨道交通5号线“不停运”改扩建升级关键技术[J].都市快轨交通,2020,33(5):51-57.

ZHU Jie, CHEN Wenyan. Key technologies for renovation and expansion of Shanghai rail transit line 5 without stopping operation[J]. Urban rapid rail transit, 2020, 33(5): 51-57.

[9] 岳严良.城市轨道交通既有有线设备设施改造对正常运营的影响及控制措施研究[C]//第四届全国智慧城市与轨道交通学术会议暨轨道交通学组年会论文集.天津:中央民族大学出版社,2017:229-232.

YUE Yanliang. Study on the influence and control measures of the reconstruction of existing equipment and facilities on the normal operation of urban rail transit[C]//Proceedings of the 4th national smart city and rail transit academic conference and annual conference of rail transit academic group. Tianjin: Central University of Nationalities Press, 2017: 229-232.

[10] 上海地铁.2、3号线部分区段2023年春节假日期间施工整治临时停运提供免费公交接驳替运服务[EB/OL].(2023-01-04)[2023-07-15].<http://www.shmetro.com/node49/202301/con116579.htm>.

[11] 日本城市轨道交通设施改造案例交流报告[R].上海:日本中央复建工程咨询株式会社,2023.

(编辑:王艳菊)