

南京地铁数字化转型探索与实践

余才高 杨旭 易危香 呼雨欣 付婷

(南京地铁集团有限公司, 210008, 南京)

摘要 [目的]数字化转型已成为城市轨道交通企业由高速增长向高质量发展转变的必然趋势,因此需研究企业数字化转型的顶层设计、路径选择和实施策略。[方法]以南京地铁数字化转型实践为例,介绍了数字化规划顶层设计的步骤、工作内容、主要使用的方法和工具;分别从数字化底座层、数字化应用层、数字化服务层、安全防护体系、IT治理与管理体系5个层面阐述了南京地铁数字化转型总体架构及应用方案;介绍了南京地铁数字化转型实施策略。[结果及结论]南京地铁数字化转型以“客户为中心”,聚焦面向乘客幸福出行服务、面向决策者和管理者数智决策服务、面向员工的数字化协作服务等数字化应用场景,从顶层设计数字化转型总体架构及应用方案;通过制定科学、可行的实施路径,推动南京地铁向“数字化、网络化、智能化、智慧化”高质量发展。

关键词 南京地铁;数字化转型;顶层设计;总体架构;应用方案;实施策略

中图分类号 F530.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.02.001

Exploration and Practice of Nanjing Metro Digital Transformation

SHE Caigao, YANG Xu, YI Weixiang, HU Yuxin, FU Ting

(Nanjing Metro Group Co., Ltd., 210008, Nanjing, China)

Abstract [Objective] Digital transformation is an inevitable trend for urban rail transit enterprises during the shift from high-speed growth to high-quality development. It is necessary to study the top-level design, path selection, and implementation strategies for enterprise digital transformation. [Method] Taking the digital transformation practice of Nanjing Metro as example, the steps, working contents, main methods and tools used in the top-level design of digital planning are introduced. The overall framework and application schemes of Nanjing Metro digital transformation are expounded from five levels: digital base layer, digital application layer, digital service layer, security protection system, and IT governance and management system. The implementation strategy of Nanjing Metro digital transformation is made clear. [Result & Conclusion] Nanjing Metro digital transformation is 'customer-oriented',

focusing on digital application scenarios such as happy travel service for passengers, digital intelligent decision-making service for decision makers and managers, and digital collaboration service for employees. The overall architecture and application scheme of digital transformation is designed from the top level. By formulating a scientific and feasible implementation path, Nanjing Metro is advanced towards a 'digitalized, networking, intelligent, and smart' high-quality development.

Key words Nanjing Metro; digital transformation; top-level design; overall framework; application scheme; implementation strategy

0 引言

城市轨道交通企业数字化转型的本质是以价值创新为目的、用数字技术驱动业务变革的企业战略举措,因此,其数字化转型应遵循“战略驱动、价值导向”原则。不同企业在业务发展阶段、区域环境特性、数字化成熟度等方面存在差异,面临的痛点问题不同,因此其数字化转型的突破点和路径选择也有所不同。北京地铁提出“133”数字化赋能工程^[3],全面打造“数字京投”,基于沉淀的数据资产优势重点突破数据资产价值。上海地铁从“数字底座、数字管理新模式、数字生态”三个方面推动数字化转型,在落地方面积极推进智慧维保和智慧运营。广州地铁提出“打造数智地铁,连接美好生活,引领产业发展”数字化转型愿景^[4],重点强化一体化优势,将地铁线网建设看作为一个对外交付的整体解决方案,对产业链上下游重新进行能力定义以及价值分配。因此,城市轨道交通企业在推进数字化转型的过程中,需重视方法和工具,立足自身优势和问题开展规划设计,避免盲目照抄照搬。

2021年,南京地铁开展数字化建设规划与探索,提出“打造标杆数字地铁,赋能美好都市圈”数字化转型愿景,在实践过程中坚持“以客户为中心”开展服务数字化转型,并科学运用指标评价、旅程地图等工具绘制转型蓝图。本文主要介绍南京地

铁数字化转型顶层设计和总体规划架构,南京地铁数字化转型探索和实践成果可为其他城市轨道交通企业及相关学者提供借鉴和参考。

1 数字化转型顶层设计

数字化转型顶层设计遵循科学、合理、严谨的方法,按照洞察与差距分析、愿景和目标规划、架构规划、实施路径规划 4 个阶段开展。

1.1 理现状——洞察与差距分析

分析企业外部环境及内部条件。外部环境分析着眼于政策环境、行业趋势、技术发展 3 个方面,内部条件分析立足企业自身“十四五”发展规划。通过对企业外部环境及内部条件进行分析,理解企业发展战略在核心竞争力、组织结构、市场、企业文化等方面的定位,找准企业数字化转型的方向。

面向企业领导层、管理层、核心业务执行层,以及 IT 架构和数据,自上而下开展调研访谈。对齐战略目标,逐级分解各业务子领域的关键任务和战略价值,了解管理层对数字化的认识、对企业未来业务发展的设想,广泛收集企业的数字化诉求清单。基于城市轨道交通企业信息化水平指标体系(见表

1),对企业“十三五”数字化水平做出科学合理的总结评价,通过与行业标杆、行业平均水平、相同发展阶段企业进行横向对比,识别机遇与挑战,甄别优势与问题,对存在的问题提出建设性解决方案。

1.2 立愿景——愿景和目标规划

明确企业数字化转型的愿景和目标,围绕乘客、决策者和管理者、一线生产员工 3 类关键客户,构建满足客户需求的产品和服务能力。可以在借鉴同类技术已成功落地案例进行迁移或适配的基础上,结合企业自身业务场景特点和现状条件,通过旅程地图分析进行量体裁衣,制定初步的数字化场景解决方案。

以“客户为中心”,构建满足客户需求的产品和服务能力,从而提升企业的核心竞争力。旅程地图可以将选定用户场景的特定体验经历,沿时间轴进行可视化。横向,以拉通价值链视角,识别业务流程断点和数据壁垒;纵向,以职能或专业视角,识别数字技术对效率和体验提升的机会点。从而从业务和技术两个层面提出初步解决方案构想。以面向乘客出行服务场景为例分析的旅程地图如图 1 所示。

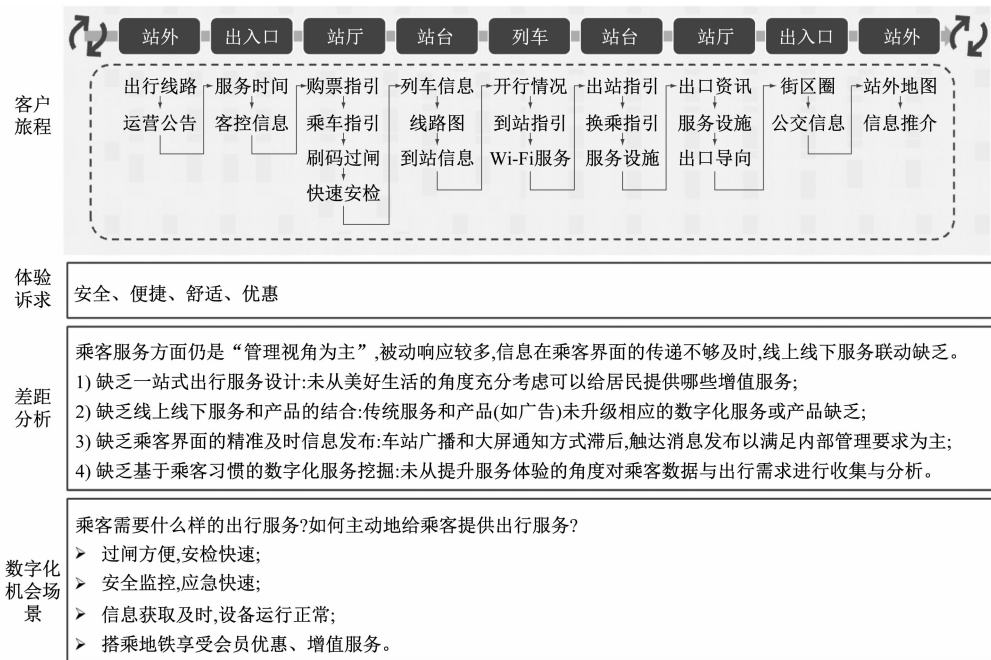


图 1 旅程地图分析模板及示例

Fig. 1 Analysis template and example of journey map

1.3 架蓝图——架构规划

基于数字化场景解决方案,识别关键业务对象和业务数据,规划设计数据架构。结合既有数据中

心整体运行环境,分析新线网络应用需求、骨干节点的选择原则、带宽需求、终端接入等要求,规划设计网络架构。

表 1 城市轨道交通企业信息化水平指标评价

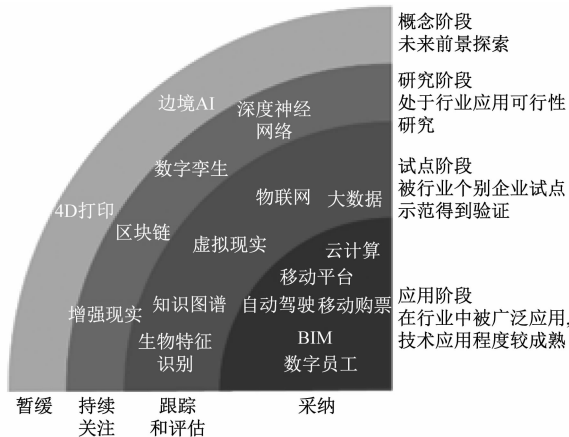
Tab. 1 Evaluation of enterprise informatization level indicators for urban rail transit enterprises

一级指标			二级指标		
名称	分值	说明	名称	分值	说明
信息化领导力	16	企业组织、管理、领导等保证信息化工作能够健康发展的综合能力	认知度与推动力	5	企业信息化工作最高领导地位;信息化领导小组建设情况;企业高层对 IT 系统的应用
			信息 化 战 略 与 规 划	4	企业战略融合度;是否有统一的信息化规划
			信息 化 工 作 执 行 力	7	专职负责信息化组织;信息化规划工作完成率;信息化绩效评估
信息化基础建设	20	投资、制度、标准化等信息化基础环境情况	信息化投资策略与投资结构	6	信息化资金来源;信息化预算制定;投资结构情况
			系 统 架 构 技 术 路 线	4	系统架构技术路线统一性;信息技术架构可扩展性;信息技术架构先进性
			信息 化 标 准 规 范 与 管 控 体 系	5	信息资源标准化;企业信息化管控体系建立情况
			基 础 设 施 建 设 水 平	5	网络化水平;云计算技术应用情况;数据中心建设情况
信息化应用与效果	40	反映企业内信息化关键应用的广度、深度,信息资源开发利用水平及推动企业变革与创新的情况	主营业务信息化	10	主营业务流程信息化覆盖情况;主营业务系统集成情况;建设业务应用水平;运营业务应用水平;经营业务应用水平
			职能管理信息化	10	职能管理信息化覆盖情况;职能管理信息化系统集成情况;人财管理应用水平;安全质量应用水平;协同办公应用水平
			决策分析信息化	8	决策分析信息化覆盖情况;决策分析信息化系统集成情况;数据治理应用水平;决策支持应用水平
			信息化集成水平	6	信息化集成平台建设情况;企业内部协同水平;企业外部协同水平
			变革与创新	6	与信息化相关的流程和业务模式优化水平;信息化创新奖项;信息化创新标准发布情况
IT 服务管理与 IT 治理	16	反映信息安全、运维、服务管理,绩效管理机制的建设情况	信息化建设项目管理	4	有无项目管理规范;项目管理的组织和建设情况
			信息安全管理	7	信息安全认证情况;信息安全机制建设情况;信息化安全事故情况;安全培训与教育情况;信息安全技术水平
			IT 运维管理	2	服务能力建设情况;运维管理规范和组织建设情况
			IT 绩效管理	2	IT 绩效管理制度建设情况;IT 绩效考核执行情况
			IT 审计	1	IT 审计工作情况
信息化人力资源	8	反映 IT 培训、用户技能、IT 人员配置等情况	信息化培训	4	信息化培训执行情况;信息化学习内容
			信息化人才	4	IT 专业人员的结构;信息化人才政策

在设计过程中,通过构建技术雷达评估数字技术的发展成熟度及在城市轨道交通行业应用情况,将行动策略划分为积极采纳、跟踪和评估、持续关注和暂缓 4 类(见图 2)。企业应首选行业内已落地验证的成熟技术,结合自身场景需求进行试点,然后再逐步推广扩大效益。

1.4 计划——实施路径规划

分析数字化应用的成熟度及所面临的挑战,定义规划设计的数字化项目,明确数字化项目的实施优先顺序,制定实施计划,同时估算资源投入,提出建设与实施的关键策略。



注: BIM—建筑信息模型。

图2 行动策略评估表模板及示例

Fig. 2 Template and example of action strategy evaluation form

企业在面对数字化建设新需求时,需谨慎处理与既有信息系统之间的关系,最大化保护企业既有投资,在保障企业日常运作的前提下平滑升级。通过对既有信息系统从业务价值、技术水平两个维度进行四象限评估,从而相应采取优化升级、集成、替换和淘汰策略,如图3所示。

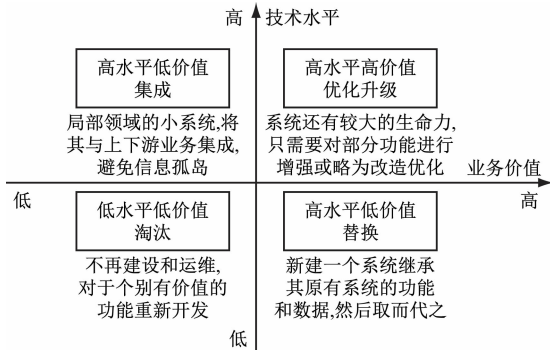


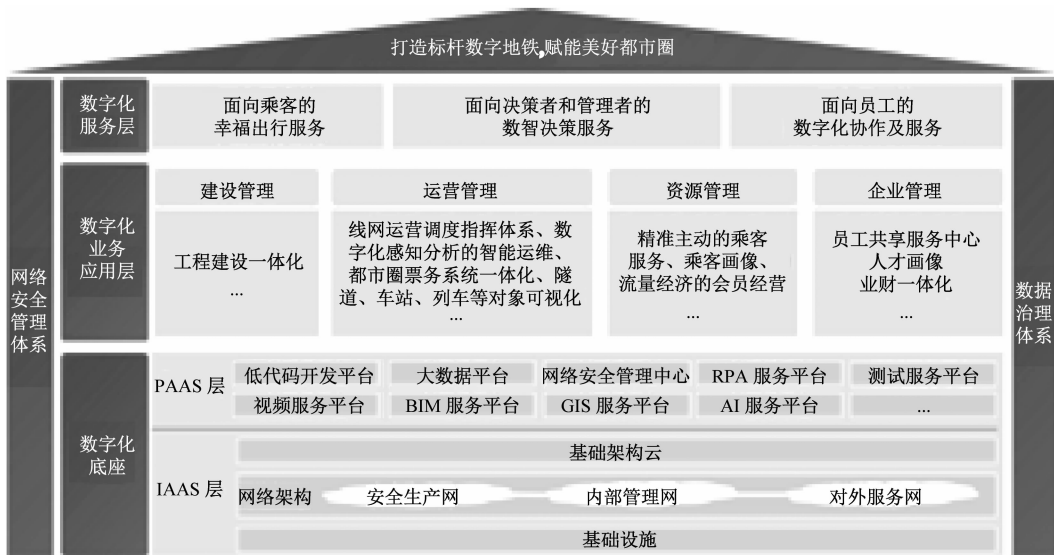
图3 既有信息系统处置策略评估模型

Fig. 3 Evaluation model for disposal strategies of existing information systems

2 数字化转型规划

2.1 总体架构

以“客户为中心”理念,聚焦面向乘客的幸福出行服务、面向决策者和管理者的数智决策服务、面向员工的数字化协作的服务数字化场景,总体上按照数字化底座、数字化应用层、数字化服务层、安全防护体系、IT治理与管理体系5大部分绘制南京地铁数字化建设蓝图,如图4所示。



注: RPA—机器人流程自动化; GIS—地理信息系统; PASS—平台即服务; IAAS—基础设施即服务。

图4 南京地铁数字化建设蓝图

Fig. 4 Digital construction blueprint of Nanjing Metro

2.2 数字化底座层

2.2.1 构建适度超前、安全可靠、可持续发展的数字化基础设施

基础设施为上层应用提供最基础的计算、存储、网络、安全等资源。按照“顶层规划、分域建设、

统一纳管”的建设模式,生产网云平台、管理网云平台和服务网云平台分别由各网域运管平台进行管理和运维,实现资源快速部署和集中监控,提升云平台管理和运维效率,支持混合异构部署、统一管理与调度,支持搭建统一的运管平台,满足未来“一

云多芯、多芯协同”数字化基础设施体系发展架构。

生产网与管理网物理隔离,通过网闸数据“摆渡”的方式进行单向数据传递;管理网与服务网逻辑隔离,通过防火墙根据业务需求和监管要求设置相应数据传输策略进行数据交换。从而在保障各域网络间安全隔离的前提下,实现各类数据资源的有机整合。

2.2.2 沉淀平台能力、创新敏捷模式的数字化赋能平台

整合并强化基础、共性技术能力,构建企业级的数字化服务,包括主数据、低代码开发、集成服务、移动应用服务、RPA 服务、GIS + BIM 服务、云平台和大数据平台等。面向业务应用,实现基于能力组装式的应用快速配置,避免重复构建、管理分散等问题,从而提升应用研发和业务需求响应效率,降低应用建设成本。面向数据,拉通“三域”数据,落实数据治理体系,规范全生命周期数据融合共享分析,推进各层级业务决策由经验主导向数据驱动转变。

2.3 数字化应用层

2.3.1 建设业务——构建“模式融合、数据贯通、高效协同”工程建设一体化平台

在整体价值链层面,关注保质保量按时完成建设业务的同时,将视角转向产品全生命周期的规划设计、采购、施工、运营和经营管理。以 GIS + BIM 平台为载体,基于对象数字化对车站、隧道、列车等对象进行 3D 建模,打造线网级数字孪生模型,赋能工程协同设计、施工方案模拟、造价计算、建筑性能分析、紧急疏散模拟、经营空间规划等场景,提升建设效率和整体经营效益。

在项目管理层面,强化基于线路和标段视角的数据联通和工程监控,智能分析在建线路的计划、进度、质量、安全、合同、资金监控等业务指标情况,实现核心数据可视可管、关键数据逐层下钻,提升管理决策的质量与效率。

在现场执行层面,借助 IoT(物联网)技术,以“人机料法环”为抓手,强化现场智能感知、实时监控,包括作业人员行为合规性监督、大型设备运行状态监控、钢筋材料自动分析记录、无人机巡检、扬尘及噪声监测等场景,通过人机联动提升工程现场质量和安全监管效能。

2.3.2 运营业务——打造“精细化、流程化、数字化”的智能网络运营体系

以“客流”为中心,基于精准客流预测,实现运

力与运量智能匹配和运输计划动态调整,以满足多样化的行车组织方式。结合列车自动运行、多元化购票、智能客服、安检票检一体化等智慧场景,优化客运组织模式,优化人员配置,降低劳动强度,进而降低运营成本并提升运营组织透明度和灵活性。

以“设备”为中心,建立各类设备设施的健康管理数据标准、故障知识库和分析模型,基于设备状态实时感知和分析,推进从传统计划修、故障修模式向更科学精准的状态修模式转变,提升资源利用率,合理降低检修成本。打通检修工单计划、备品备件定额及工器具领用、施工计划、出勤人员身份验证和请销点等一体化流程和数据,基于智能手持终端推送工序级的精细化检修作业指导,并及时记录物料、工时成本,实现作业流程闭环。利用积累的大数据持续优化建模、深度学习和分析验证,进一步优化检修规程和备品备件采购策略。

以“作战指挥”为中心,构建线网级统一调度指挥的智能调度体系。对于既有线路,通过云平台进一步融合 OCC(运营控制中心)、大型车站和线间共用的供电、环控、消防等设备监测数据;对于新线,则尝试基于生产云平台建设,使所有系统入云,实现完全意义的线网调度指挥功能。从而优化线路间的信息共享、资源配置和协作,提高决策效率和响应速度。

2.3.3 资源经营业务——建立基于乘客画像、流量经济的会员经营服务体系

建立会员营销体系,以用户为中心,构建多端用户体系(官方 APP、微信公众号、微信小程序),通过线上线下互相引流,使客流有效转化为商流。基于官方 APP 扩展商业服务、生活增值服务等,与大数据平台互联,打造基于乘客画像、流量经济的会员经营应用,构建地铁生活增值平台。

2.3.4 职能支撑——推进集约化、精细化的集团“多层次”管控架构

从传统的垂直型职能管控向横向赋能型平台转变,形成集团“多层次”管控架构,支撑企业高质量发展。

1) 战略管控层。以全面预算为抓手,拉通从战略到计划、预算、绩效的全闭环管理,加强以企业战略目标为导向的资源配置和重点经营活动执行监督,促进集团战略目标达成。

2) 资源共享层。对于人财物核心运营资源,推进以效率为导向的共享模式,提升资源使用效益。

加速推进场景以代替人工重复作业,提升业务自动化的运营效率。基于业务在线化产生的大量数据,推动数据中心建设。通过数据中心,提供更全面、实时的展现公司经营全貌的视角,挖掘数据背后的驱动因素和趋势,为推动业绩增长、降低成本、强化风险管控提供更及时的洞察。

3) 产业协同层。构建以用户需求为导向的内外部协同机制。以员工为中心,打造一站式办公体系,提升办公效率和用户体验;以客户为中心,打通规划、设计、供应商等上下游产业价值链,实现协同创新,实现价值共生、共享,推动“智慧城轨”建设。

2.4 数字化服务层

1) 精准主动的线上线下乘客服务。通过乘客轨迹全过程的数字化感知,建立以乘客为中心的扁平化信息发布与交互模式,将出行资讯与增值服务通过线上、线下全渠道及时、精准地推送给乘客,实现出行服务从标准化向个性化转变,优化每个人的出行体验。

2) 面向各层级管理者的数智决策服务。搭建数字化决策分析平台,有针对性梳理和分析管理决策数据需求和专题场景,开展数据治理工作,支持准确、及时的决策分析。

3) “一站式”员工数字化协作及服务。聚焦移动化、自助化的办公协作和服务体验,实现各级员工自身权限范围内的信息查询和更改、业务申请和办理等操作,提高员工的人事工作参与度以及对公司的满意度。

2.5 安全防护体系

网络安全防护建设是循序渐进的过程,城市轨道交通企业的网络安全防护建设可以分以下三步走:

1) 安全合规。确保网络安全防护建设符合相关法律法规,符合安全等级保护要求。

2) 持续监控。逐步完善安全管理体系、安全技术体系和安全运维体系,实现内部持续安全检测和分析感知、外部威胁检测和网络安全事件全面监控,从而满足企业发展日益复杂的业务需求对信息系统的机密性、完整性和可用性要求。

3) 主动防御。搭建支持可视化攻防场景模型的态势感知系统,逐步从被动防御向主动防御转变,做到事前预警、事中监控、事后分析以及快速响应,全面提升企业网络安全防护与运维水平和应急响应能力。

2.6 IT 治理与管理体系

面对“智慧城轨”的一个“城轨云”与大数据平台的建设要求,越来越多的企业选择向统分结合模式转变,例如南京地铁、青岛地铁、南通轨道交通等。统分结合模式,可以强化集团在规划管控、建设规范、数据标准、资源统筹、信息安全等方面的管控协调能力,对业务单位授权则可以更高效推进数字化场景建设。

3 实施策略

1) 数字化建设时序策略。一是总体上抓住新线加快发展良好机遇,加大数字化建设力度;二是把工作前移,在新线工程可行性研究阶段提出数字化建设内容和要求;三是在项目建设时序上,对符合业务需求紧迫、收益与风险比值高,以及基础性平台和成熟技术应用等的项目先行进行建设,同时要“十四五”线路建设规划、数字化底座的建设进度相匹配。

2) 数字化应用建设策略。在实施模式上,采用“业务咨询+系统实施”的模式,确保项目成功实施落地;在操作体验上,借鉴互联网企业思维,实现业务与数字化技术融合;在资源利用上,采用内外部资源结合策略,充分利用本地或行业共享平台/资源;在新旧线关系上,优先在新线中试点建设、验证和总结,根据应用效果选择性进行线网推广及既有线路改造。

4 结语

在国内城市轨道交通行业,南京地铁是较早以数字化为主题进行专题探索的地铁公司。南京地铁在数字化规划和建设方面的成果,一方面可以加快南京地铁数字化建设与转型进程,另一方面可为城市轨道交通同行单位及相关学者提供良好借鉴和参考。

参考文献

- [1] 中国城市轨道交通协会. 中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要[A]. 北京:中国城市轨道交通协会,2020.
China Association of Metros. Development outline of smart urban rail transit in China[A]. Beijing: China Association of Metros, 2020.

(下转第 26 页)

明,所提方法可以大大降低系统谐波畸变率,在谐波抑制方面取得了较好的效果。本文研究仅论证了离线的 MATLAB 软件仿真方法的理论效果,建议后续研究进一步开展试验验证。

参考文献

- [1] 毛中亚,郭其一. 基于小波变换的高速磁悬浮列车牵引供电系统谐波分析[J]. 交通与计算机, 2006, 24(5): 61.
MAO Zhongya, GUO Qiyi. Wavelet transform-based harmonic analysis of traction power system of high-speed maglev[J]. Computer and Communications, 2006, 24(5): 61.
- [2] 郭其一,李春. 高速磁悬浮列车用混合滤波器设计的仿真研究[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(5): 1312.
GUO Qiyi, LI Chun. Study on simulation of design of hybrid filter used in high speed maglev system[J]. Journal of System Simulation, 2008, 20(5): 1312.
- [3] 吕千云,程浩忠,何维国,等. 高速磁悬浮列车系统的谐波分析[J]. 华东电力, 2004, 32(8): 22.
LYU Qianyun, CHENG Haozhong, HE Weiguo, et al. Harmonic analysis of high speed maglev system[J]. East China Electric Power, 2004, 32(8): 22.
- [4] 朱进权,葛琼璇,孙鹏琨,等. 基于自抗扰的高速磁悬浮列车牵引控制策略[J]. 电工技术学报, 2020, 35(5): 1065.
ZHU Jinqun, GE Qiongxuan, SUN Pengkun, et al. Traction-system research of high-speed maglev based on active disturbance re-

jection control[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2020, 35(5): 1065.

- [5] 高泽宇,张兴,洪剑峰. 基于 ADALINE 算法的三相并网逆变器模型预测控制[J]. 电源学报, 2020, 18(5): 125.
GAO Zeyu, ZHANG Xing, HONG Jianfeng. Model predictive control of three-phase grid-connected inverter based on ADALINE algorithm[J]. Journal of Power Supply, 2020, 18(5): 125.
- [6] DEHINI R, BASSOU A, FERDI B. The harmonics detection method based on neural network applied to harmonics compensation[J]. International Journal of Engineering, Science and Technology, 2010, 2(5): 258.
- [7] 杨桢,孟亨,仝泽仁,等. 基于改进动量因子 Adaline 算法的 SAPF 谐波检测方法[J]. 传感器与微系统, 2020, 39(9): 135.
YANG Zhen, MENG Heng, TONG Zeren, et al. SAPF harmonic detection method based on improved factor of momentum Adaline algorithm[J]. Transducer and Microsystem Technologies, 2020, 39(9): 135.

· 收稿日期:2021-07-23 修回日期:2021-09-17 出版日期:2024-02-10
Received:2021-07-23 Revised:2021-09-17 Published:2024-02-10
· 通信作者:毛中亚,副教授,maozhongya@tongji.edu.cn
· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第 6 页)

- [2] 姚世峰,张涛,谢湘,等. 2021 年度城市轨道交通企业数字化转型发展调研报告[R]. 北京:中国城市轨道交通协会,2022.
YAO Shifeng, ZHANG Tao, XIE Xiang, et al. 2021 annual research report on the digital transformation and development of urban rail transit enterprises[R]. Beijing: China Association of Metros, 2022.
- [3] 北京市基础设施投资有限公司. 京投公司“十四五”信息化与数字化转型的探索与实践[R]. 北京:北京市基础设施投资有限公司,2023.
Beijing Infrastructure Investment Co., Ltd. Exploration and practice of informationization and digital transformation of Beijing Infrastructure Investment Co., Ltd. in the 14th Five-Year Plan[R]. Beijing: Beijing Infrastructure Investment Co., Ltd., 2023.
- [4] 陈倩慈. 广州地铁集团数字化转型探索与思考[J]. 城市轨道交通, 2023(4): 50.
CHEN Qianci. Exploration and reflection on the digital transformation of Guangzhou Metro Group[J]. China Metros, 2023

(4): 50.

- [5] 施仲衡,丁树奎. 城市轨道交通绿色低碳发展策略[J]. 城市轨道交通, 2022(9): 14.
SHI Zhongheng, DING Shukui. Strategies for green and low-carbon development of urban rail transit[J]. China Metros, 2022(9): 14.
- [6] 郑兰英,金涛,杨旭,等. 新基建时代,如何推动城轨行业数字化转型?[J]. 轨道交通, 2021(1): 28.
ZHENG Lanying, JIN Tao, YANG Xu, et al. How to promote the digital transformation of urban rail industry in the era of new infrastructure? [J]. Rail Transit, 2021(1): 28.

· 收稿日期:2023-10-26 修回日期:2023-11-28 出版日期:2024-02-10
Received:2023-10-26 Revised:2023-11-28 Published:2024-02-10
· 通信作者:余才高,正高级工程师,404136215@qq.com
· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

欢迎访问《城市轨道交通研究》网站

www. umt 1998. tongji. edu. cn