

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2024.03.021

苏州轨道交通数币硬钱包应用实践

付保明¹, 张宁², 何铁军², 张炳森³

(1. 苏州市轨道交通集团有限公司, 江苏苏州 215006; 2. 东南大学智能运输系统研究中心轨道交通研究所, 南京 210018; 3. 北京城建设计发展集团股份有限公司, 北京 100037)

摘要: 针对数币硬钱包在轨道交通过闸乘车的应用问题, 采用业务流程设计及票务系统改造等方法, 实现数币硬钱包在苏州轨道交通过闸乘车业务。首先, 在明确数币硬钱包基本概念的基础上, 确定数币硬钱包在轨道交通过闸乘车方面的应用形式; 然后, 综合考虑轨道交通的业务现状、使用需求及数币硬钱包的技术特点, 设计数币硬钱包过闸乘车的总体方案, 并对数币硬钱包的注册、进出站、票务处理等业务流程进行详细分析; 最后, 结合苏州轨道交通票务系统现状, 提出互联网票务系统及自动售检票系统的具体改造方案, 从而实现数币硬钱包过闸乘车业务。苏州轨道交通数币硬钱包的应用对于数币硬钱包具有一定的推动意义, 可以为轨道交通领域数币的应用提供参考。

关键词: 轨道交通; 数字人民币; 硬钱包; 过闸乘车

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2024)03-0159-05

Application of e-CNY Hardware Wallets in Suzhou Rail Transit

FU Baoming¹, ZHANG Ning², HE Tiejun², ZHANG Bingsen³

(1. Suzhou Rail Transit Group Co., Ltd. Suzhou 215006; 2. ITS Rail Transit Research Institute of Southeast University, Nanjing 210018; 3. Beijing Urban Construction Design & Development Group Co., Limited, Beijing 100037)

Abstract: In response to the application problems of e-CNY hardware wallets in rail transit gate boarding, business process design and ticketing system transformation methods were adopted to implement e-CNY hardware wallets for the Suzhou rail transit gate boarding business. In this paper, first, the basic concept of e-CNY hardware wallets is introduced, and the application forms of e-CNY hardware wallets in rail transit are clarified. The current business scenario, usage needs, and technical characteristics of e-CNY hardware wallets in rail transit and the overall plan for passing through gates and boarding trains with e-CNY hardware wallets is determined, and a detailed design is for the registration, entry and exit, ticket processing, and other business processes of e-CNY hardware wallets is described. Finally, combined with the current scenario of the Suzhou Rail Transit ticketing system, a specific transformation scheme of the Internet ticketing system and an automatic fare collection system is proposed to achieve the e-CNY hardware wallet lock-in service. The application of e-CNY hardware wallets in Suzhou Rail Transit has a promotional significance for the promotion of e-CNY hardware wallets and has a reference value for the application of e-CNY in the field of rail transit.

Keywords: rail transit; e-CNY; hardware wallet; boarding through gates

作为国家法定货币, 数字人民币(简称数币)已在城市轨道交通支付领域得到广泛应用, 用于乘客购买单程票或者二维码乘车免密支付^[1]。数币的应用方式

主要为数币软钱包^[2], 具体使用形式为数币 APP 及各地地铁公司乘车 APP, 但数币硬钱包的研究及应用甚少。当前, 基于用户识别卡(subscriber identity module, SIM)

收稿日期: 2023-07-07 修回日期: 2024-03-01

第一作者: 付保明, 男, 硕士, 工程师, 研究方向为城市轨道交通建设与管理, baomingfu@126.com

基金项目: 国家重点研发计划资助(2020YFB1600700)

引用格式: 付保明, 张宁, 何铁军, 等. 苏州轨道交通数币硬钱包应用实践[J]. 都市轨道交通, 2024, 37(3): 159-163.

FU Baoming, ZHANG Ning, HE Tiejun, et al. Application of e-CNY hardware wallets in Suzhou rail transit[J]. Urban rapid rail transit, 2024, 37(3): 159-163.

卡、手机嵌入式安全模块(embedded security element, eSE)、集成电路(integrated circuit, IC)卡等形态硬件钱包已在中国人民银行数字货币研究所(简称数研所)完成开发测试,正面向大众进行推广。苏州轨道交通已在自动售票机实现数币 APP 扫码购票,其 APP 内也添加了数币支付方式^[3]。为进一步配合省、市人民政府关于进一步推进数币深化应用及推广工作要求,苏州轨道交通联合数研所以及中国银行等机构进一步开展数币硬钱包在轨道交通领域的应用研究,以实现乘客直接使用各银行机构发行的数币硬钱包过闸乘车。

本文基于数币硬钱包的技术特点,制定数币硬钱包过闸乘车的整体技术方案,从数币硬钱包注册、进/出站、交易处理、异常处理等方面进行业务流程设计,并提出既有互联网票务系统、自动售检票(automatic fare collection, AFC)系统的改造方案,从而实现数币硬钱包在苏州轨道交通的应用,为轨道交通行业数币硬钱包的应用提供重要参考。

1 数币硬钱包简介

数币硬钱包^[4]是基于安全芯片等技术实现数币相关功能,依托 IC 卡、手机终端、物联网设备等为用户提供数币相关服务。

随着物联网和可穿戴设备的发展,社保卡、医保卡、电子不停车收费(electronic toll collection, ETC)卡、身份证等证件,都可能成为硬钱包的“载体”,可以预

期数币硬钱包将陆续应用到更多领域,特别是在小额高频支付、客户隐私保护等方面发挥积极作用。

数币硬钱包从构成形式上划分主要有三类:基于 IC 卡的卡片式硬钱包、基于 eSE 的移动设备硬钱包以及基于运营商数币 SIM 卡的移动设备硬钱包。就支付形式而言,数币硬钱包的使用分为双离线支付与准账户支付两种。鉴于双离线支付模式存在交易时间长、AFC 系统改造工作量及成本巨大等问题,本文主要研究准账户支付模式下数币硬钱包的过闸乘车。

在轨道通过闸乘车应用场景中,数币硬钱包仅提供数币相关服务,未新增交通等行业应用文件。因此,数币的改造范围仅限于数币运营机构平台,既降低数币硬钱包应用场景扩展改造的工作量及成本,又提高数币硬钱包的普适性及应用场景扩展性。

2 总体方案

为降低轨道交通既有 AFC 系统以及互联网票务系统的改造成本、缩短改造周期,数币硬钱包刷卡过闸方案应遵循不影响既有业务、符合数币硬钱包接口标准、减少数币硬钱包的异常交易量,同时兼顾数币硬钱包过闸体验的原则。因此,数币硬钱包过闸采用交易预授权模式,减少既有 AFC 系统设备软/硬件改造工作量及成本,同时通行效率与现有二维码、市民卡等过闸方式的通行效率标准^[5]保持一致。数币硬钱包过闸乘车业务的总体方案如图 1 所示。

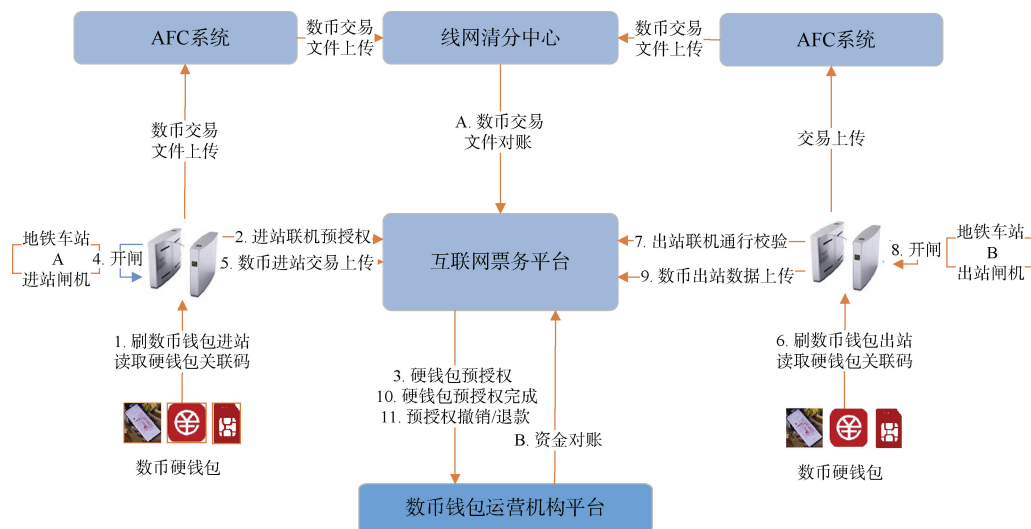


图 1 硬钱包过闸乘车业务总体方案

Figure 1 Overall plan for hardware wallet riding business

由图 1 可知,数币硬钱包过闸乘车业务不仅涉及轨道交通 AFC 系统及互联网票务系统,还与数币钱包

运营机构密切相关。轨道交通 AFC 系统在承担既有票卡的售、检票业务功能外,还需新增支持数币硬钱包

票种的交易文件处理、参数下发以及清分、统计报表、对账等功能。互联网票务系统作为苏州轨道数字票务交易业务处理平台，通过新建数币票务处理子系统/模块，以及与数币钱包运营机构的接口及业务对接，实现数币硬钱包票务业务管理、硬钱包预授权交易处理、黑名单、交易对账、行程票务处理、对账等硬钱包过闸的多项票务处理功能。

3 业务流程设计

作为轨道交通票务领域的一项全新业务，需对数币硬钱包过闸乘车涉及的硬钱包注册、进/出站、异常票务处理等业务进行全流程设计，从而为数币硬钱包

的应用及既有系统改造提供实施标准。

3.1 硬钱包注册

乘客乘车前需在数币 APP 完成数币硬钱包的开立或绑定，即完成开立软钱包(母钱包)、开立或绑定硬钱包、勾选苏州轨道交通服务协议的操作流程。

3.2 硬钱包进/出站

乘客使用数币硬钱包过闸乘车时，数币硬钱包通过闸机与互联网票务系统及硬钱包运营机构进行联机数据校验，确保数币硬钱包的合法性、可用性以及交易的完整性。以数币硬钱包进站交易为例，其交易流程如图 2 所示。

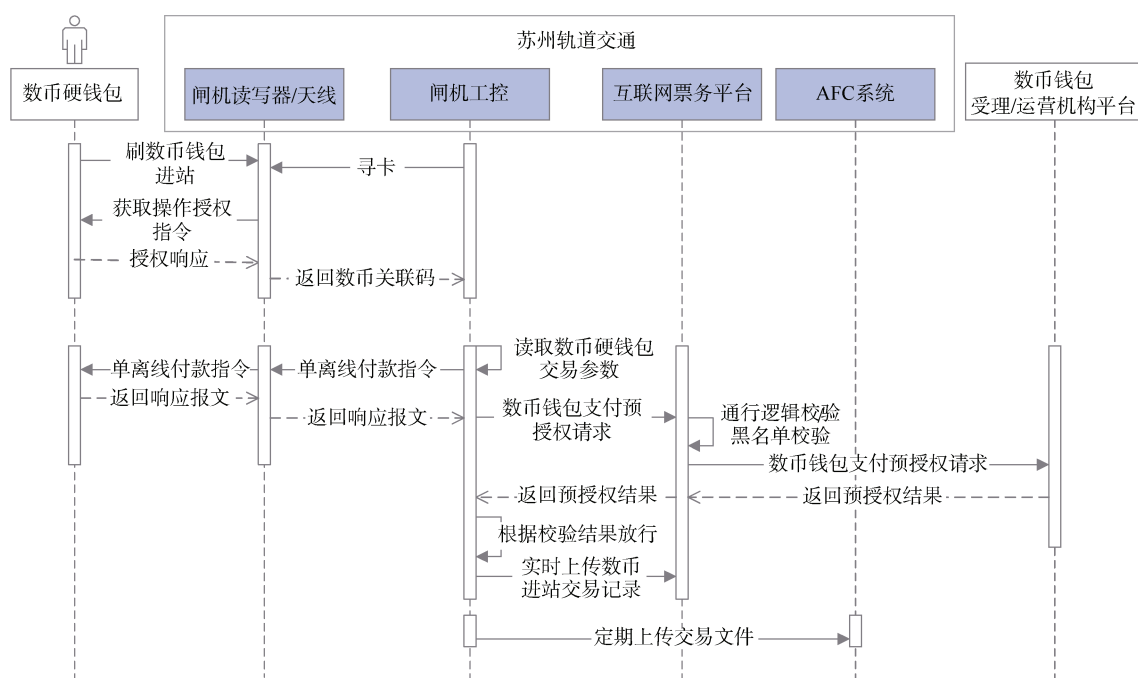


图 2 硬钱包进站交易流程

Figure 2 Transaction process of enter for hardware wallet

由图 2 可知，闸机根据数币钱包运营机构提供的标准接口向数币硬钱包下发指令，并先后获取乘客数币硬钱包的数币关联码和单离线支付响应报文。利用闸机工控机中的数币硬钱包动态库对报文消息认证码进行本地校验，确认数币关联码等信息的真实性和安全性，从而实现数币硬钱包与闸机之间的安全校验。互联网票务平台接收闸机的数币硬钱包支付预授权请求，根据业务规则进行行程起点-目的地(origin-destination, OD)状态及黑/白名单校验，校验通过后向数币钱包运营机构请求支付预授权业务；接收、记录运营机构返回的联机预授权交易受理结果，并向闸机返回预授权结果。进站闸机根据预授权受理结果及黑名单、OD

通行逻辑校验结果执行开闸。若交易及校验均通过，则开闸放行，闸机终端生成、暂存用户数币硬钱包进站交易记录，并准实时上传互联网票务平台，同时定期将交易文件上传 AFC 各级业务系统。

AFC 系统对数币硬钱包采用“严进宽出”的控制策略。乘客持数币硬钱包进站时，在同时满足进站闸机为在线状态、后端互联网票务平台及数币侧系统接口正常、进站预授权请求成功的情况下才能开闸进站。数币硬钱包进闸联机预授权时长为 500~900 ms，平均时长为 550 ms，刷卡总时长小于 1.5 s，通行效率满足场景需求，乘客使用体验良好。联机异常情况下，闸机将提示乘客选用其他类型票卡凭证进站。

乘客持数币硬钱包出站时，若出站闸机为离线状态，出站闸机在数币硬钱包信息读取及校验正常情况下直接开闸放行；若出站闸机网络状态正常，但后端互联网票务平台或数币侧系统异常，则不进行联机校验直接通知闸机开闸放行。待网络恢复后，再进行交易补传、平台校验及扣款等流程，完成业务流程闭环。

3.3 票务处理

针对数币硬钱包过闸乘车所产生的异常交易，乘客需在半自动检票机(booking office machine, BOM)或者智慧客服中心进行票务处理后，方可继续乘车。根据轨道交通既有票务场景^[6]，数币硬钱包存在进站补登、进站撤销、出站补登、出站撤销及支付失败行程补缴等票务处理业务。以进站补登为例，用户在使用数币钱包乘车过程中，出现无进站信息而无法出站时，可在 BOM 或者智慧客服中心进行补登处理，BOM 补登流程如图 3 所示。

由图 3 可知，乘客在 BOM 进行异常交易处理时，BOM 需在线查询用户行程记录等信息。因此，必须保证 AFC 网络的稳定性和可靠性。

4 既有系统改造

为实现数币硬钱包过闸乘车各项功能，需在数币硬钱包业务流程的基础上，对既有互联网票务系统、AFC 系统等进行系统性的改造升级工作。

4.1 互联网票务系统

通过对互联网票务平台改造升级，增加苏州轨道数币前置系统并对相关票务处理模块、管理台进行融合改造，同时新增与各系统的业务接口，具体改造内容如表 1 所示。

4.2 AFC 系统

针对数币硬钱包过闸乘车业务，自动检票机、BOM 以及智慧客服中心等终端设备的软/硬件改造工作是 AFC 系统的重点。当前，苏州轨道采用线网统一的票务处理软件^[7]和闪付动态库，以降低新业务产生的 AFC 系统终端软件改造成本。因此，参考既有业务模

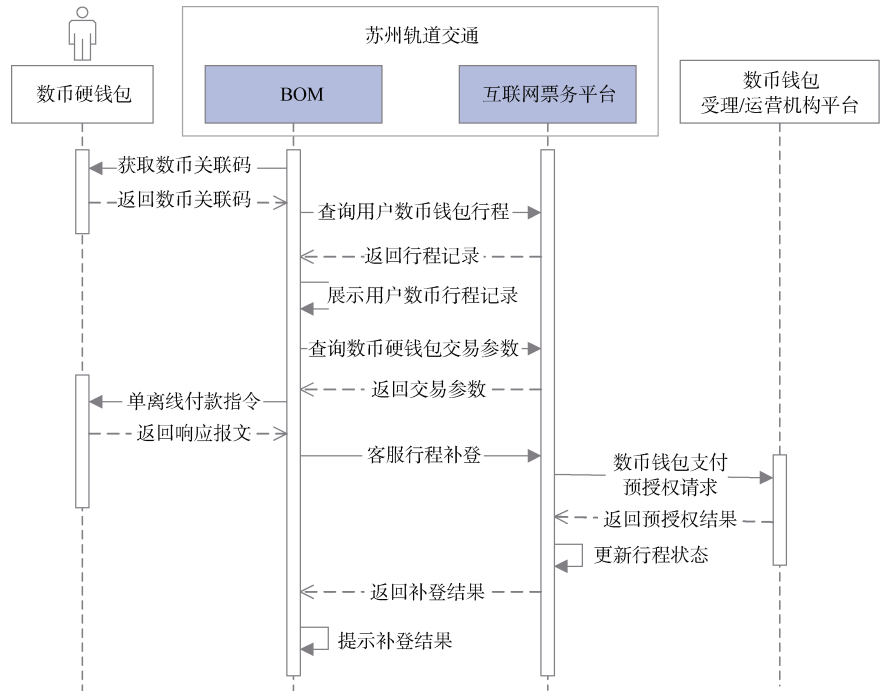


图 3 硬钱包进站补登交易流程

Figure 3 Transaction process of registration for the hardware wallet

式，通过在 AFC 系统终端侧新增线网统一的数币硬钱包动态库实现数字人民币硬钱包过闸业务，在避免硬件改造的同时，减少软件改造工作量。动态库的工作流程如图 4 所示。

表 1 互联网票务系统改造内容

Table 1 Transformation content of Internet ticketing systems

改造项目	改造内容	具体内容
新增数币硬钱包管理业务	新增业务管理功能	运营机构平台及商户配置
		收款商户信息配置
		票务业务规则配置
		交易对账规则配置
	新增票务管理功能	行程记录查询
		订单记录查询
		黑名单管理
		用户管理
		行程状态管理
		订单状态管理
新增数币硬钱包业务接口	新增内部接口	自动检票机接口 BOM/智慧客服接口 清分中心接口
	新增外部接口	数币钱包运营机构平台接口

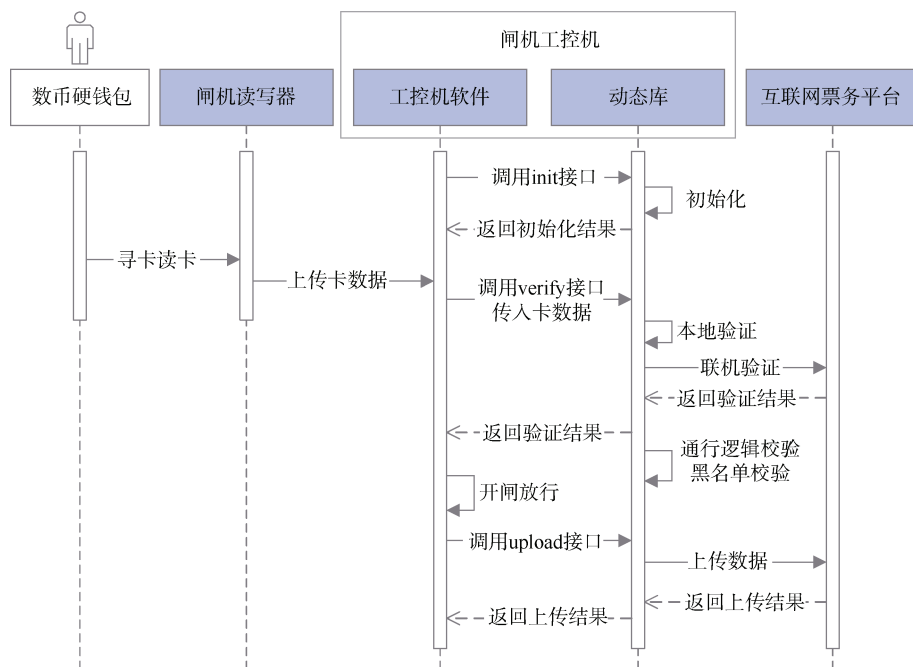


图4 动态库工作流程

Figure 4 Workflow of the dynamic library

由图4可知,对于自动检票机,通过新增动态库并调整设备软件实现用户数币硬钱包过闸时的寻卡、进站/出站通行校验、开闸执行及交易数据文件生成、交易记录上传等功能;对于BOM及智慧客服中心,通过新增动态库并调整设备软件实现对数币钱包用户异常行程票务处理,通过调用互联网票务平台接口实现数币钱包行程查询、补登、撤销、补缴等功能;对于AFC各级业务系统,通过新增数币硬钱包交易类型实现数币硬钱包交易文件的处理、与互联网票务平台数币钱包交易对账及数币硬钱包交易统计、客流分析等功能。

5 结论

1) 准账户支付模式下,数币硬钱包仅提供数币相关服务,轨道交通AFC系统及运营机构平台改造工作量及成本较低,数币硬钱包应用场景可扩展性较好。

2) 采用联机预授权模式,可实现数币硬钱包“严进宽出”,规避硬钱包已注销、钱包状态异常等情况,减少异常交易,能够有效维护轨道公司及数币钱包运营机构的权益。

3) 联机预授权模式下,数币硬钱包进闸联机预授权时长为500~900 ms,平均时长为550 ms,刷卡总时长小于1.5 s,过闸效率满足场景需求,乘客使用体验良好。

4) 当前数币硬钱包尚处于起步推广阶段,用户数

量较少,乘客硬钱包过闸总体票款收益较低;但轨道交通出行小额、高频支付场景,对数币钱包运营机构经济效益的提升具有重要意义,轨道公司可将数币硬钱包过闸业务作为轨道资源向进入应用场景的各家数币钱包运营机构收取渠道资源费,在实现乘客多元化支付的同时,为轨道公司带来较高的经济收益。

苏州轨道交通数币硬钱包过闸乘车业务的实现进一步完善了数币在轨道交通领域的应用场景,具有一定的行业参考价值。但数币硬钱包双离线支付过闸等尚无应用经验,未来仍需继续开展深入研究。

参考文献

- [1] 何书亮. 数字人民币在地铁票务系统中的应用研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2023(3): 160-162.
HE Shuliang. Application study of digital RMB in subway ticketing system[J]. Intelligent building & smart city, 2023(3): 160-162.
- [2] 周世爽, 梁靖, 王欢, 等. 数字人民币在城轨交通领域应用模式研究[J]. 都市轨道交通, 2022, 35(4): 161-167.
ZHOU Shishuang, LIANG Jing, WANG Huan, et al. E-CNY application mode in urban rail transit[J]. Urban rapid rail transit, 2022, 35(4): 161-167.
- [3] 梁君, 付保明, 张宁, 等. 苏州轨道交通AFC系统智能化实践发展[J]. 铁路计算机应用, 2022, 31(3): 79-86.
LIANG Jun, FU Baoming, ZHANG Ning, et al. Intelligent practice of Suzhou rail transit AFC system[J]. Railway computer application, 2022, 31(3): 79-86.
- [4] 中国信息产业商会自动收费系统专业委员会. 数字人民币在轨道交通AFC场景应用分析报告[R]. 2022.
- [5] 中国信息产业商会. 城市轨道交通自动售检票系统第2部分: 终端设备: T/CIITA 201.2-2021[S]. 2021.
China Information Industry Trade Association. Urban rail transit—automatic fare collection system—part2: terminal equipment: T/CIITA 201.2-2021[S]. 2021.
- [6] 付保明, 梁君, 张宁. 苏州轨道交通集团智能客服系统设计及实现[J]. 城市轨道交通, 2022(5): 53-56.
FU Baoming, LIANG Jun, ZHANG Ning. Design and implementation of intelligent customer service system of Suzhou rail transit group[J]. China metros, 2022(5): 53-56.
- [7] 梁君, 付保明, 张宁, 等. 都市圈轨道交通票务一体化研究[J]. 铁路通信信号工程技术, 2023, 20(1): 72-76.
LIANG Jun, FU Baoming, ZHANG Ning, et al. Research on ticketing integration of rail transit in metropolitan area[J]. Railway signalling & communication engineering, 2023, 20(1): 72-76.

(编辑: 王艳菊)