文章编号：2097-5899(2026)05-0037-09　　**中图分类号：**U294.3　　**文献标识码：**A
DOI：10.16669/j.cnki.issn.2097-5899.202508150001
引用格式：刘洋，王瑞民，刘光顺，等. 铁路口岸站集装箱换装场智能化改造方案研究[J]. 铁路物流，2026，44(5)：37-45.
LIU Yang，WANG Ruimin，LIU Guangshun，et al. Research on Intelligent Transformation Plan for Container Transshipment Yard at Railway Port Station[J]. Railway Logistics，2026，44(5)：37-45.

铁路口岸站集装箱换装场智能化改造方案研究

刘　洋[1]，王瑞民[1]，刘光顺[2]，王端庄[1]，刘昊旭[1]

(1. 中国铁道科学研究院集团有限公司 电子计算技术研究所，北京　100081；2. 中国铁路哈尔滨局集团有限公司 计划统计部，黑龙江 哈尔滨　150006)

摘　要：铁路口岸站是联通我国与国外铁路运输的重要枢纽。目前，铁路口岸站普遍存在集装箱换装场智能化程度低、设施设备落后、换装效率不高等问题。通过与铁路95306系统、数字口岸系统等国铁集团统型应用的信息对接共享，充分运用物联网、人工智能等新一代数智技术，研究提出“数智箱场+自动门吊”的铁路口岸站集装箱换装场智能化改造方案，设计了智能口岸站场站大脑，提出了龙门吊自动化远控、数智门检、数字正面吊、无人集卡等实施方案，实现铁路口岸站换装作业的智能化与无人化，可优化铁路口岸站生产流程并减员增效，综合提升联运效能和通关效率。

关键词：铁路口岸站；集装箱换装场；龙门吊远控；智能门检；数字正面吊；无人集卡

0　引言

铁路口岸站通常指设在不同国家或地区边境附近铁路交接点处的车站，主要功能是承担货物的联运换装等工作[1]，是联通我国铁路与国外铁路运输的重要枢纽。目前，依托西伯利亚大陆桥和新亚欧大陆桥，我国已形成了西中东3条国际联运大通道，与邻国互联互通的铁路口岸站已达13个，这些铁路口岸站在以中欧班列为代表的“一带一路”建设中发挥了重要作用，是铁路国际联运通道的重要节点[2-3]。以满洲里、绥芬河、同江北、阿拉山口、霍尔果斯、二连等口岸为例，因为其相邻的国外铁路分别为俄罗斯、哈萨克斯坦、蒙古国等，这些国家铁路均采用1 520 mm宽轨轨距，而我国铁路为1 435 mm准轨轨距，均需在口岸站换装场完成换装作业。

近年来，中国国家铁路集团有限公司(以下简称“国铁集团”)相继建设投产了国际联运数据交换平台、铁路货运票据电子化应用、数字口岸及无纸化通关系统(以下简称“数字口岸系统”)、货运95306系统、国际联运无纸化运输应用等统型系统[4]，铁路国际联运领域数字化服务和信息化管理水平显著提升，有效支撑了铁路国际联运高质量发展。然而，聚焦铁路口岸站以中欧班列为核心的集装箱宽准轨换装等作业环节，依旧沿用人工管理和传统作业方式，生产智能化程度不足，作业效率低下，以满洲里口岸站为例，2024年累计进口集装箱15.16万箱，中欧班列12.77万箱，集装箱在口岸平均周转时间约73.5 h，其中换装作业过程用时约53 h，严重制约了口岸站的运输效能。

2024年9月，海关总署、国家发展和改革委员会、国铁集团等九部委联合发布了《关于智慧口岸建设的指导意见》(署岸发〔2024〕89号)，提出“建设以口岸设施设备智能化、运行管理数字化、协同监管精准化、综合服务泛在化、区域合作机制化为主要特征的国际一流现代化口岸”。因此，研究设计铁路口岸站集装箱换装场(以下简称“换装场”)生产设施设备的智能化改造方案并尽快落地实施变得更加迫切。

收稿日期：2025-08-15
基金项目：中国国家铁路集团有限公司科技研究开发计划课题(J2024X008)

1　铁路口岸站集装箱换装场现状和问题

随着我国铁路大力发展以中欧班列等为代表的铁路国际联运业务，与周边国家和地区的合作进一步加强，铁路口岸站进出口货运量持续大幅增长[5]。目前，换装场在联运换装作业中普遍存在智能化程度低、设施设备落后、换装作业效率不高等问题，很大程度上制约了铁路国际联运业务高质量发展进程。

（1）智能化程度低。进口货物到站后，作业人员因不知道国内终到站而进行宽轨盲卸，导致后续装车时频繁翻倒集装箱，且场内寻箱工作全靠人工翻找。

（2）作业效率低。设备作业均为人工操控，导致人与设备、设备与设备间衔接不畅，耗费大量人工、时间及设备资源。

（3）作业环境恶劣。龙门吊司机整日在50 m高空作业，一人只能操控1台作业机械，北方大风、低温、大雪等情况频发，工作环境严峻，亟需对换装场进行智能化升级改造，从根本上解决口岸站管理手段落后、数智化水平不高、换装效率低下等痛点问题。

相较于海运港口、铁路国内普通集装箱场站，铁路口岸站集装箱换装场的作业场景更加复杂，除了准轨列车和集装箱堆场外，还涉及宽轨列车及外方进口车箱，而宽轨入境的外方列车存在车长不一、车型迥异、集装箱在车位置不固定等情况，同时，外方车辆进场前完全没有可参考的精准列车编组、车序车长及车型基础数据等，对换装场龙门吊自动化远控卸宽轨集装箱等改造提出了新的挑战。

2　换装场智能化升级改造内容和目标

全面借鉴港口、集装箱中心站等智能化场站建设的经验，充分考虑铁路口岸站尤其是北方六大口岸站极寒、大风、大雪等气候特点，综合运用云计算、人工智能、北斗定位、5G、自动驾驶技术等[6]，通过与国铁集团铁路95306系统、数字口岸及无纸化通关系统、货运生产作业与管控平台(以下简称“管控平台”)等统型应用互联共享，采用“数智化箱场＋自动化门吊”总体路线，研究换装场智能化升级改造方案。以智能引擎为核心、智能技术为手段、数据处理中心为底座[7]，设计研发自动化作业管理系统和自动化调度系统，构建铁路口岸站智慧场站大脑；完成龙门吊自动化远控升级、智能门检、正面吊数字化、无人集卡替代等改造方案，将传统铁路设备升级为新型技术装备[8]，实现换装场生产作业的智能化与无人化；建设实施调度中心数字化大屏系统，实现换装场生产作业的智慧化决策分析等。综合打造铁路智能化示范口岸集装箱换装场站，全面提升铁路口岸站联运生产效能和通关效率，保障“一带一路”铁路国际物流通道的畅通无阻。

换装场智能化升级改造是落实国铁集团加快铁路现代物流体系建设的具体举措，是促进铁路口岸站运输资源和联运需求的有效衔接、优化生产组织流程、减少现场人员工作量的需要，是提升场站效率效能和自动化水平的需要，是实现铁路口岸站智慧化生产运营决策的需要。

3　换装场智能化升级改造总体思路

换装场智能化改造以与国铁集团既有系统的互联互通为基础，其中，铁路95306系统可为口岸代理企业提供进口货物流向变更、进站预约、综合查询等服务；管控平台可为口岸站提供进口集装箱卸车、装车等换装作业信息采集服务；货票应用提供国内段铁路制单、费用核收等服务；现车系统提供列车编组、取送车、接发车等车辆调度服务；国际联运数据交换平台可支持换装场提前获取外方铁路共享的进口国联运单和列车编组信息；数字口岸系统可提供口岸站货物交接、车辆交接、海关通关等口岸作业服务。换装场智能化改造总体架构如图1所示。

服务换装场智能化升级改造，自动化作业管理系统通过建立集装箱数字化堆场，整合智能化硬件设备，从作业计划、作业执行、资源分配等方面实现对换装场作业的智能化管理[9]；自动化调度系统实现对换装场智能化作业设备、作业指令等的智能化调度管理；数智门检系统通过与铁路95306系统司机预约信息的共享校验，完成档杆自动控制与抬杆放行，实现公路进场外集卡车箱号的自动识别采集，自动引号集卡车至取送箱位置，生成提送箱作业指令给就近的龙门吊等；龙门吊自动化远控系统则主要利用远程控制、视觉与激光识别、防撞检测等技术，基于大小车自动定位[10]、F-TR锁防吊起等协同应用，将龙门吊司机作业场地由龙门吊司机室转换至远程办公室，实现卸宽轨车辆、装准轨车辆及对装等作业场景下龙门吊大车、小车、吊具的自动化作业运行[10]；无人自动化驾驶系统则替代传统有人集卡，在自动化作业指令调度及其他智能化设备协同下，实现集装箱在换装场内的自动化短倒、转运；正面吊数字化系统则通过识



图1　总体架构

Fig.1　Overall architecture

别相机、北斗设备自动采集正面吊装卸作业过程中的箱号信息、装卸位置并自动确认作业指令。换装场智能化改造应用结构如图2所示。

换装场智能化升级改造网络架构分为换装场作业区、换装场办公楼设备机房、铁路局集团公司信息机房3个区域，换装场作业区通过与运营商合作方式部署5G专网，对口岸站换装场进行无线网络全覆盖；换装场作业区布置的波导管、火车初定位、宽轨/准轨车箱号识别等设备均通过光纤接入口岸站办公楼的设备机房接入交换机，通过汇聚交换机接入本地服务器后联通铁路局集团公司信息机房服务器，换装场智能化升级改造网络架构如图3所示。



图2　应用结构

Fig.2　Application architecture

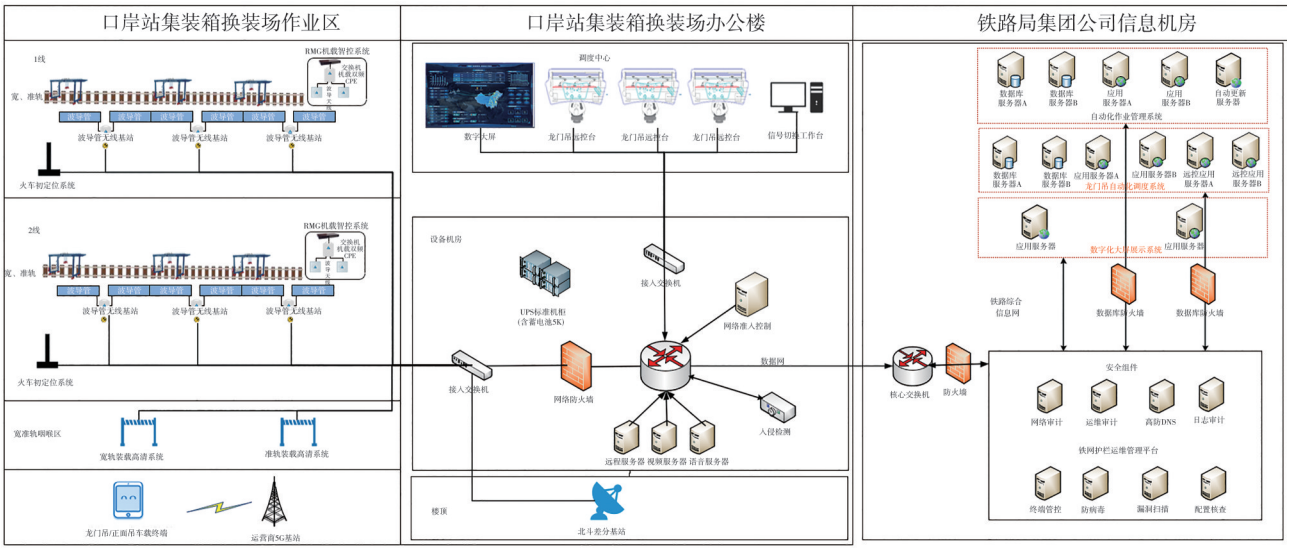


图3　网络架构

Fig.3　Network architecture

4　换装场智能化升级改造实现方案

4.1　自动化作业管理系统

自动化作业管理系统是换装场智能化升级改造的大脑，主要实现对换装场的数字化管理，精准定义换装场每个元素，整合换装场智能化硬件设备，数智化管理换装场作业，自动生成作业计划，下发作业指令[11]，实现集装箱快速换装、堆放和搬运，提高集装箱换装场的生产运营效率[9]。

（1）数字化箱场。数字箱场通过对换装场堆存区域的合理划分，数字化定义集装箱堆放箱区箱位的行数、贝数、层数等，三维展示集装箱换装场箱区箱位、集装箱状态、作业机械设备、股道现车、集卡等；遵照空重箱不能混放、不同箱型箱类不能混放、到达箱/发送箱分开堆放、不同客户/流向分开堆放等堆放规则，按照规则自动计算卸车、落箱箱位；通过优化算法合理利用箱场空间，为制定作业计划提供支撑。数字化换装场如图4所示。

（2）自动化装卸车。主要实现对口岸站集装箱进出口换装作业的自动化管理，包括卸车计划、装车计划、换装计划、搬移计划等；综合进出口联运需求及国联运单、箱场箱区箱位、车务调度取送车等信息，实现所有作业计划的自动化编制。根据装卸作业计划，智能化判断压箱任务并自动生成预翻倒箱指令，协同龙门吊自动化远控系统优先分配就近龙门吊提前完成集装箱翻倒任务。

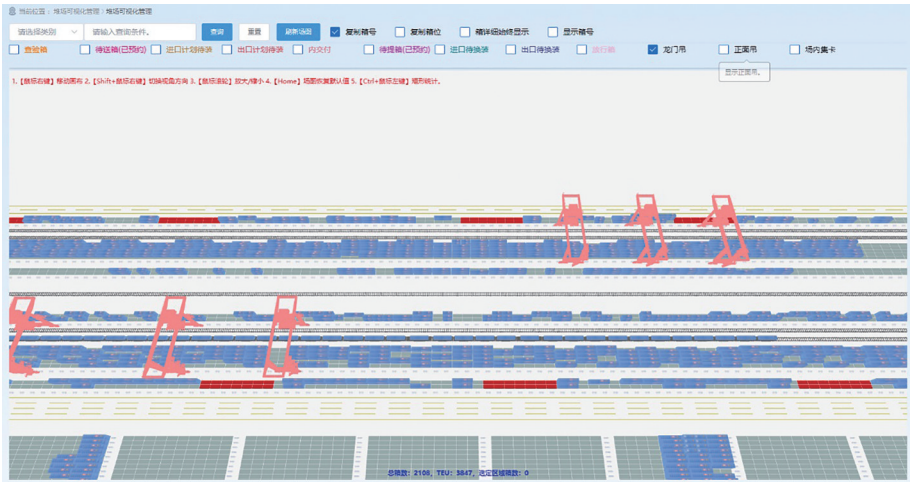


图4　数字化换装场

Fig.4　Digital transshipment yard

（3）协同化接发车。通过与外方铁路及我方铁路车务、运输、调度等综合协同和实时共享，实现口岸站宽准轨到发车辆接入、交出作业的协同化管理，包括宽轨、准轨车辆的入线、出线等，实现入场列车车顺、车号、箱号等编组信息的数字化采集等。

4.2　龙门吊自动化远控系统

运用物联网、视觉识别和自动控制等技术，实现换装场龙门吊的自动化远程控制和单机自动化作业。通过自动化调度系统获取作业指令，自动解析数字化堆场位置坐标，并发送作业指令至龙门吊，龙门吊自动运行大车、小车、吊具等完成集装箱换装作业。

4.2.1　远程控制系统

远程控制系统通过与自动化作业管理系统实时交互，动态获取作业任务及目标箱位信息[10]，自动控制龙门吊运行，龙门吊自动化远控支持一控一、一控多等作业场景，远程控制台如图5所示。



图5　远程控制台

Fig.5　Remote console

4.2.2　堆场系统

堆场系统主要包括龙门吊通信系统、龙门架装载高清系统、列车初定位系统、大车定位地面系统等。

龙门吊通信系统采用波导管通信技术，波导管通信具有高可靠性、高带宽、高容量等特性，可有效规避电磁干扰。波导管通信采用裂缝波导管完成与机上接收设备的通信，支持单台龙门吊边移动、边通信的实际需求。

龙门架装载高清系统分为宽轨龙门架装载高清系统和准轨龙门架装载高清系统。宽轨龙门架装载高清系统在宽轨进换装场的咽喉处设立龙门架，门架两侧安装线扫相机和特制补光灯设备，外方车辆经过门架时触发磁钢传感器，通过线扫设备自动识别外车车号、箱号、车序、车长等。准轨龙门架装载高清系统在准轨进场咽喉处设立龙门架，门架两侧同样安装线扫相机和补光灯，轨道中间埋装RFID识别设备，我方车辆经过门架时通过RFID、线扫相机识别车号、箱号、车序、车长等。同时，基于安全作业要求，列车通过龙门架时，结合列车进场计划信息，实时通知所在股道的龙门吊自动停止作业。

列车初定位系统安装在宽、准轨装卸线的尽头部位，主要通过单线2D激光扫描仪进行列车首车位置的精准定位并基于龙门架装载高清系统扫描的车长信息，自动计算宽、准轨轨道上停靠车辆、集装箱的精准位置。针对外方车辆信息缺失，无法精确掌握其基本参数的问题，建立外方车辆字典，基于装载高清系统的扫描不断累积其车型和精准车长，为龙门吊自动化远控作业奠定基础。

龙门吊大车定位地面系统主要通过在地面和龙门吊支脚处分别安装对射激光，实时反馈和获取大车的位置信息，控制大车自动运行至目标位置，同时辅助实现大车定位的校核。

4.2.3　机上自动化系统

机上自动化系统主要包括单机自动化控制系统、列车防吊起系统、外集卡防吊起系统、集卡引导及防砸车头系统、堆位扫描机防打保龄系统、小车自动装卸系统、龙门吊机构定位系统、大车防撞系统、机上光学识别系统等。

单机自动化控制系统负责汇集处理列车防吊起、外集卡防吊起、集卡引导及防砸车头、堆位扫描及防打保龄、小车自动装卸、大车防撞等系统的感知数据，实现对相关工作机构的识别控制。

列车防吊起系统通过利用吊具四角激光测距雷达检测车板和集装箱距离、结合吊具四角称重信息、通过“3—3—4”多次点动抬升[12]控制辅以人工远程观察的综合方式，控制车板和集装箱的安全分离，实现F-TR锁未脱锁的自动防护。依据《铁路货物装卸安全技术要求》(TB/T 30009—2023)规定的“龙门吊械能够实现F-TR锁未脱锁自动防护的，可减少或不设辅助作业人员”[13]，每台龙门吊可依规节省辅助人员2名。

外集卡防吊起系统在大车锚定处安装激光雷达，扫描集卡车道轮廓，吊具未分离时自动停止作业。

集卡引导及防砸车头系统采用3D激光与视觉扫描，利用模式识别和自动控制技术，实现集卡车的精确引导，并根据作业类型利用LED显示屏和号角喇叭，通过视觉和听觉方式提示集卡司机调整停靠位置。对于无人集卡可通过信号对接将调整信息共享至无人集

卡，引导无人集卡准确停在龙门吊起吊位置。同时定位集卡车头位置，实现作业过程中的车头防砸保护。

堆位扫描及防打保龄系统通过在小车前进和后退方向安装激光扫描仪[14]，向龙门吊控制系统提供对应贝位的箱区轮廓信息，在小车行走时实时向小车提供行进方向的防打保龄保护[14]。

小车自动装卸系统通过激光扫描绘制集装箱堆放轮廓，支持小车和吊具自动绘制最优弧形走形路线轨迹，实现对传统大门子走形的路径优化。

龙门吊机构定位系统覆盖全机构高精度定位，采用北斗定位、多冗余编码器、激光视觉校验等方案，保障整机作业定位精度与运行可靠性。

大车防撞系统实现大车行进路线上的防撞保护，在大车四角安装防撞激光雷达，下横梁安装摄像头，检测到异物时，及时减速并在安全距离内停止运行。

机上光学识别系统通过在龙门吊吊具、下横梁等位置安装摄像头，通过AI视频识别算法完成对集装箱顶部、侧面和箱门上箱号及箱门朝向的识别等，同时机上光学识别系统可以辅助远程控制台司机校核确认作业结果等。适应北方口岸站冬季恶劣低温环境，摄像头采用耐低温（-40～60 ℃）设备，传感器通过搭配温控模组以及封装处理等方式确保极低温条件下设备的正常使用。机上光学识别系统如图6所示。

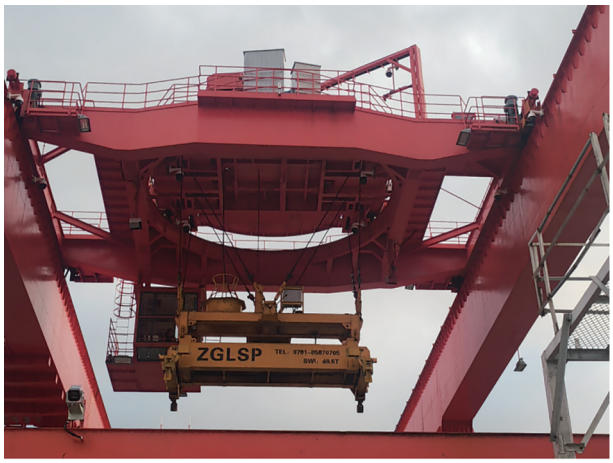


图6　机上光学识别系统

Fig.6　On-board optical recognition system

4.3　无人自动化驾驶系统

无人自动化驾驶系统主要用于换装场内海关查验送检返场及场内短倒转运等作业场景。无人自动化驾驶系统接收系统派发的作业任务，结合对换装场集卡线路信息的实时汇集、分析和处理[15]，完成作业路径的自主规划、自主导航等[10]；与龙门吊自动化远控系统高度集成，实现换装场内集装箱装箱、卸箱、海关查验送检和场内短倒转运等作业的自动化[10]。无人集卡作业流程如图7所示。

4.4　正面吊数字化

通过对正面吊的数字化改造，实现对正面吊作业集装箱的箱号、车号等自动识别及箱体重量的自动检测，实现正面吊作业过程中集装箱箱号、车号等的自动采集，主要包括数据采集、数据分析和结果输出等，其中，数据采集由正面吊部署的传感器和视频摄像头完成，数据分析负责采集数据的识别和处理，结果输出通过智控主机将数据回传铁路生产作业系统。



图7　无人集卡作业流程

Fig.7　Operation process of unmanned container truck

4.5　数智化门检

在换装场入口处设置具备集卡车进出卡控功能的数智门检系统，实现进场外集卡的电子车牌自动识别校验及集装箱箱号的自动扫描识别；通过与铁路95306系统司机进站预约信息的共享校验，实现门检档杆的自动控制与抬杆放行；通过LED屏幕等方式自动引导外集卡取送箱位置，并将外集卡进场信息实时同步至自动化调度系统，由自动化调度系统动态向合适的龙门吊发送作业指令。

4.6　数字化大屏

数字化大屏展示系统以3D大屏展示形式完全还原换装场全貌及生产运作情况，展示口岸站进出境通道运输情况、堆场作业情况、设施设备情况等，为口岸站、口岸铁路局集团公司提供智能化辅助决策依据。数字化大屏展示系统如图8所示。

5　换装场智能化升级改造效益效果

换装场智能化改造方案目前已经在满洲里口岸站集装箱场完成成果落地应用，满洲里口岸站是全路首个实现龙门吊自动化远控改造的铁路口岸站，亦是全路首个完成龙门吊自动化远控改造的铁路集装箱场站。成果应用首次完成了同国铁集团统型信息系统互联互通基础上的铁路口岸站设备智能化升级改造；首次建设了数字化国际箱场，形成了口岸站智慧场站大脑；首次实现了口岸站换装作业场景下的龙门吊自动化精准远控作业，机控代替人控，实现龙门吊24 h高效、安全不间断运行；首次解决了针对外方宽轨车辆复杂工况下的车箱号识别及车长扫描难题，实现宽轨车在列、箱在车等的精准定位；首次基于雷达扫描与视觉识别双结合方式，解决北方口岸站大雪、大雨等恶劣工况下传感器误报等情况；首次使用耐寒设备及搭配温控模组等方式保障冬季极寒天气下的正常生产作业。

换装场智能化升级改造工程实施后，进一步促进了铁路口岸站运输资源和联运需求的有效衔接，优化了生产组织流程，减少了现场人员工作量，提高了铁路口岸站通关和联运生产效率。

（1）生产提质方面。有利于大幅提升集装箱换装场管理水平，可有效解决现场外方车辆盲卸、手工选箱位、人工管理箱位、堆存混乱、翻倒箱频繁等问题，解决现场人与机械协同效率不高、作业安全系数低、龙门吊司机作业环境恶劣和装卸作业效率低等问题；有利于大幅提高进口换装效率，实现集装箱换装场精准化作业计划、数字化作业管理、自动化调度控制和智能化作业调优，大幅提升寻箱效率和监管转运效率，减少集装箱翻倒率，提高集装箱换装效率。以满洲里口岸站国际货场为例，换装场智能化改造前集装箱翻倒率约为45%，改造后降至15%左右。

（2）经营增效方面。可大幅节省司机、辅助工等人员，可大力推进铁路国际联运增运增收，有助于提升铁路口岸站进口集装箱换装能力和发运量，实现进口运量和联运收入大幅增长。满洲里口岸站智能化改造后，节省龙门吊司机16人、集卡司机4人、辅助工



图8　数字化大屏展示系统

Fig.8　Digital large-screen display system

48人，每年可节省人员工资等成本支出1 000余万元；改造后的换装能力整体提升30%，估计每年可增加铁路国际联运运输收入数亿元。

（3）安全管控方面。可实现集装箱换装场的无人化自动作业，极大提升现场作业的安全防护能力；针对北方铁路口岸站冬季极寒、大风大雪等环境条件提供专项保护措施；可快速识别现场潜在安全风险并采取有效防范措施，提升国际箱场作业的整体安全性和可靠性。

6　结束语

铁路口岸站集装箱换装场智能化改造，通过搭建自动化作业管理系统等口岸站智能大脑应用，综合运用先进设施设备与新一代数字技术，完成龙门吊自动化远控、数智门检、正面吊数字化等升级改造，建成集装箱换装场无人自动化驾驶系统，构建起铁路口岸站无人化、少人化的换装作业体系。这有助于打造铁路智能化示范口岸集装箱场站，进一步提升换装场的联运作业效率，推动国内一流、国际领先的铁路智慧口岸站体系建设，更好服务“一带一路”建设和铁路现代物流体系发展。

参考文献：

[1] 陈　沛，孙建新，刘　云，等. 铁路直通口岸站跨境运输服务标准体系构建研究[J]. 中国标准化，2025(3)：105-109.
CHEN Pei，SUN Jianxin，LIU Yun，et al. Research on the Construction of Standards System of Cross-Border Transportation Services for Railway Port Stations with the Same Track Gauge[J]. China Standardization，2025(3)：105-109.

[2] 秦欢欢，刘　畅，李樱灿. 我国铁路国际联运服务能力提升对策研究[J]. 铁道货运，2021，39(12)：30-34.
QIN Huanhuan，LIU Chang，LI Yingcan. Optimization Countermeasures to the Service Capacity of International Intermodal Transportation of China Railway[J]. Railway Freight Transport，2021，39(12)：30-34.

[3] 程文毅，田中雨，赵元帅. 中欧班列全程时刻表编制及优化方法研究[J]. 铁道运输与经济，2024，46(11)：106-112.
CHENG Wenyi，TIAN Zhongyu，ZHAO Yuanshuai. Compilation and Optimization Method of Full Operation Timetable for China Railway Express[J]. Railway Transport and Economy，2024，46(11)：106-112.

[4] 刘　洋，王　冰，刘忠东，等. 铁路国际联运无纸化运输技术路径[J]. 中国铁路，2023(4)：48-55.
LIU Yang，WANG Bing，LIU Zhongdong，et al. Technical Path of Paperless Transport of International Railway through Traffic[J]. China Railway，2023(4)：48-55.

[5] 吴云云，罗　毅，史元超，等. 铁路95306“数字口岸”系统的应用与展望[J]. 铁道运输与经济，2021，43(11)：56-61.
WU Yunyun，LUO Yi，SHI Yuanchao，et al. Applications and Prospects of Railway 95306 Digital Port System[J]. Railway Transport and Economy，2021，43(11)：56-61.

[6] 马志强，王华伟，侯云娇. 铁路货运数智场站总体方案及关键技术研究[J]. 铁路计算机应用，2025，34(6)：45-51.
MA Zhiqiang，WANG Huawei，HOU Yunjiao. Overall Scheme and Key Technologies for Railway Freight Digitization-Intelligent Station[J]. Railway Computer Application，2025，34(6)：45-51.

[7] 唐　浩. 铁路物流基地智能化运营管理体系设计[J]. 铁道运输与经济，2021，43(3)：25-30.
TANG Hao. Design of Intelligent Operation Management System of Railway Logistic Center[J]. Railway Transport and Economy，2021，43(3)：25-30.

[8] 秦　胜，饶智健，傅　赟，等. 基于空地一体的铁路口岸集装箱换装模式研究[J]. 铁路物流，2025，43(3)：25-31.
QIN Sheng，RAO Zhijian，FU Yun，et al. Application of Container Reloading Mode at Railway Ports Based on Air-Rail Integration[J]. Railway Logistics，2025，43(3)：25-31.

[9] 蒋　鹏. “一带一路”国际铁路港规划建设研究[J]. 铁道技术标准(中英文)，2025，7(5)：1-9.
JIANG Peng. Research on the Planning and Construction of the “Belt and Road” Initiative International Railway Port[J]. Railway Technical Standard (Chinese & English)，2025，7(5)：1-9.

[10] 解云翔. 关于口岸站国际集装箱场智能化建设的研究[J]. 哈尔滨铁道科技，2025(2)：15-17，21.
XIE Yunxiang. Research on the Intelligent Construction of International Container Yards at Port Stations[J]. Harbin Railway Technology，2025(2)：15-17，21.

[11] 杨　阳，汪　峥，蒋　林，等. 铁路集装箱货场智能综合管控系统及自动化装备关键技术分析[J]. 中国设备工程，2024(S2)：47-50.

[12] 刘雪斐. 铁路集装箱F-TR锁卸车作业未脱锁防护技术研究与应用[J]. 铁路物流，2025，43(3)：60-64.
LIU Xuefei. Research and Application of Non-Release Protection Technology for Railway Container F-TR Lock Unloading Operations[J]. Railway Logistics，2025，43(3)：60-64.

[13] 国家铁路局. 铁路货物装卸安全技术要求：TB/T 30009—2023[S]. 北京：中国铁道出版社，2023：19.

[14] 马著凯，蔡黄河，聂　阳. 岸边集装箱起重机在内河港口的自动化应用[J]. 起重运输机械，2023(8)：33-37.
MA Zhukai，CAI Huanghe，NIE Yang. Automation Application of Quayside Container Crane in Inland Port[J]. Hoisting and Conveying Machinery，2023(8)：33-37.

[15] DENG S，WU D. Research on Shortest Path BFS Strategy in Multi-AGV Scheduling System[J]. Journal of Electronic Research and Application，2024，8(3)：78-82.

（责任编辑：刘宁馨）

Research on Intelligent Transformation Plan for Container Transshipment Yard at Railway Port Station

LIU Yang[1], WANG Ruimin[1], LIU Guangshun[2], WANG Duanzhuang[1], LIU Haoxu[1]

(1. Institute of Computing Technology, China Academy of Railway Sciences Corporation Limited, Beijing 100081, China;
2. Planning and Statistics Department, China Railway Harbin Group Co., Ltd., Harbin 150006, Heilongjiang, China)

Abstract: Railway port stations are important hubs connecting China's railway transportation with foreign countries. At present, container transshipment yards at railway port stations generally have problems such as a low level of intelligence, outdated facilities and equipment, and low transshipment efficiency. By sharing and docking information with unified applications of China State Railway Group such as the railway 95306 system and the digital port system and fully utilizing new-generation digital and intelligent technologies such as the Internet of Things and artificial intelligence, this paper proposed an intelligent transformation plan for the container transshipment yard at railway port station, namely "digital and intelligent yard + automatic gantry crane". Furthermore, this paper designed a yard brain for the intelligent port station and put forward implementation plans for automatic remote control of gantry crane, intelligent gate inspection, digital reach stacker, and unmanned container truck, achieving the intelligence and unmanned operation of transshipment operations at the railway port station. This plan can optimize the production process at the railway port station, reduce staffing and increase efficiency, and comprehensively improve intermodal transport efficiency and customs clearance efficiency.

Keywords: Railway Port Station; Container Transshipment Yard; Remote Control of Gantry Crane; Intelligent Gate Inspection; Digital Reach Stacker; Unmanned Container Truck