文章编号：2097-5899(2026)10-0012-06　　中图分类号：U291.4　　文献标识码：A
DOI：10.16669/j.cnki.issn.2097-5899.202509170002
引用格式：毛亚宁，刘海宁，孟超，等. 数字化手段下编组站跨区作业安全管控与效率提升实践[J]. 铁路物流，2026，44(10)：12-17.
MAO Yaning，LIU Haining，MENG Chao，et al. Practice of Safety Control and Efficiency Improvement for Cross-Yard Operations in Marshalling Yards Based on Digital Technologies[J]. Railway Logistics，2026，44(10)：12-17.

数字化手段下编组站跨区作业安全管控与效率提升实践

毛亚宁[1]，刘海宁[1]，孟　超[1]，唐伟忠[1]，张治奇[2]，乔蓓蓓[1]，曹海鹏[1]

(1. 中国铁路兰州局集团有限公司 信息技术所，甘肃 兰州　730000；2. 中国铁路兰州局集团有限公司 武威南车务段，甘肃 武威　733009)

摘　要：针对兰州局集团公司编组站越区转场等跨区传统作业存在的协同效率偏低、安全管控不足、管理精细化程度不高等问题，以作业流程重构与数字化手段为核心，构建覆盖场间联控、现场安全、台账管理和调度决策的一体化管控模式，推动作业组织由人工协同向流程刚性驱动转型。实践表明，该模式应用后有效压缩跨区作业整体耗时，安全风险得到有效遏制，台账管理与决策支撑能力全面增强，可为编组站运输组织现代化提供参考。

关键词：编组站；跨区作业；数字化管控；流程优化；安全管控

0　引言

铁路编组站作为货物列车解编、中转的核心枢纽，其运作效率直接影响路网的运输效能[1]。站内跨区作业串联驼峰、编组尾部、到达场、出发场等多个功能区域，是保障车流高效接续的关键环节[2]。近年来铁路货运量持续增长，编组站车流密度与作业强度不断加大，场区间调车联络长期依靠对讲机口头交互，防溜、跨区作业交接等关键业务信息均依靠手写簿册留存，缺少线上可追溯载体，极易出现信息偏差、交接遗漏、责任模糊等问题。

针对上述传统作业痛点，毛亚宁等[3]设计了编组站作业协同一体化管控系统，实现了接发列车与调车作业的统一计划审批与过程集中监控，该研究侧重于系统架构与功能实现。本研究在此基础上，聚焦跨区作业这一具体场景，依托该数字化平台在中国铁路兰州局集团有限公司(以下简称“兰州局集团公司”)武威南、迎水桥编组站现场作业实际，对数字化管控模式的实施和应用效果进行实证分析，识别实践中的问题与优化方向[4]，为编组站跨区作业数字化、规范化、智能化升级提供实操依据。

1　编组站跨区作业传统模式的挑战

1.1　现状简介

武威南、迎水桥编组站承担着区域内货物列车解编与中转任务，站内跨区作业覆盖全场多个功能区域，涉及车站值班员、调车区长、信号作业人员、防溜员、调车组等多岗位协同，日均作业指令量大、作业链条长、交互频次高。传统作业模式下，主要依靠电话、对讲机进行口头联系，防溜、跨区联系等关键信息采用纸质登记簿手写记录，现场作业状态依靠人工巡检与传统手工占线板监控，难以适配货运量增长带来的作业强度提升需求。虽然站场已部署专项作业系统，但各系统相对独立、数据互通不足，跨区作业仍以人工协同模式为主，整体作业效能有待提升。

收稿日期：2025-09-17　**修订日期**：2026-07-13
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(RD2024X011)

1.2　存在问题及挑战

1.2.1　跨区作业流线交叉，场间协同效率偏低

跨区作业涉及车列、调车机车在不同场区之间移动，调车流线与列车流线交叉现象普遍。传统模式沟通主要依赖人工通过电话或对讲机进行口头传达，临时预判线路条件，难以提前规避运行冲突。同时作业指令从申请许可、现场防护到任务办结经多级人工传递，交接断点较多，极易造成车列停留、车流积压。跨岗位、跨区域协作需频繁沟通确认，口头交接缺乏可追溯记录，各环节责任边界模糊，为安全管理埋下隐患。

1.2.2　安全防护与风险预警短板

安全防护依赖作业人员的人工联控，缺乏技术手段对邻线作业冲突、股道占用等风险进行实时监测与主动预警。跨区作业指令在室内信号操作员与室外调车组间逐级传递，易导致信息传递滞后，难以实时掌握现场作业态势及安全防护状况。防溜措施的登记、撤除、检查、交接仍采用纸质记录，易出现漏记、错记、交接不清，状态无法实时共享，风险难以闭环管控[5]。此外，当前安全预警机制依赖人工联控，预警卡控能力有限，难以满足实时监测与精准防控的需求。

1.2.3　信息滞后与管理决策局限

《防溜登记簿》等关键作业台账、交接凭证记录均采用纸质手写方式，存在记录效率低、易出错且数据难以共享等问题，车次、时间等基础信息重复录入工作量大，异常情况反馈时效性差且历史作业记录检索、汇总分析难度大。管理层无法实时掌握全局作业态势，决策大多依赖个人经验。传统占线板人工更新，股道占用、作业进度信息滞后，调车作业动态无法实时精准掌控，站场可视化水平不足，制约调度决策效率[6]。

2　数字化管控应用模式

2.1　业务功能框架

围绕编组站跨区作业协同、现场安全管控等核心需求，构建技术底座、功能支撑、业务执行3层架构，覆盖跨区作业办理、场间作业联系、站场作业可视化、安全预警卡控核心模块的全流程闭环式数字化管控体系。跨区作业现场业务框架如图1所示。

其中技术底座由数据集成、工作流引擎与规则引擎构成，提供数据融通与业务逻辑约束能力；中间为功能支撑层，串联四大核心业务模块，并在各模块内嵌入具体作业细则与校验规则；作业流程匹配“作业申请—场间协调—现场作业—过程防护—办结归档”5步标准化作业流程。3层结构形成覆盖“规则支撑—功能落地—现场执行—管理赋能”全维度的闭环管控体系。各核心模块具体如下。

（1）跨区作业办理。作为跨区作业发起与管控的核心流程模块，跨区作业办理覆盖发起请求、办理作业、完成反馈全环节，统一规范驼峰和编组尾部双向跨区办理规则，实现作业的规范化、可追溯管理。驼峰与编尾

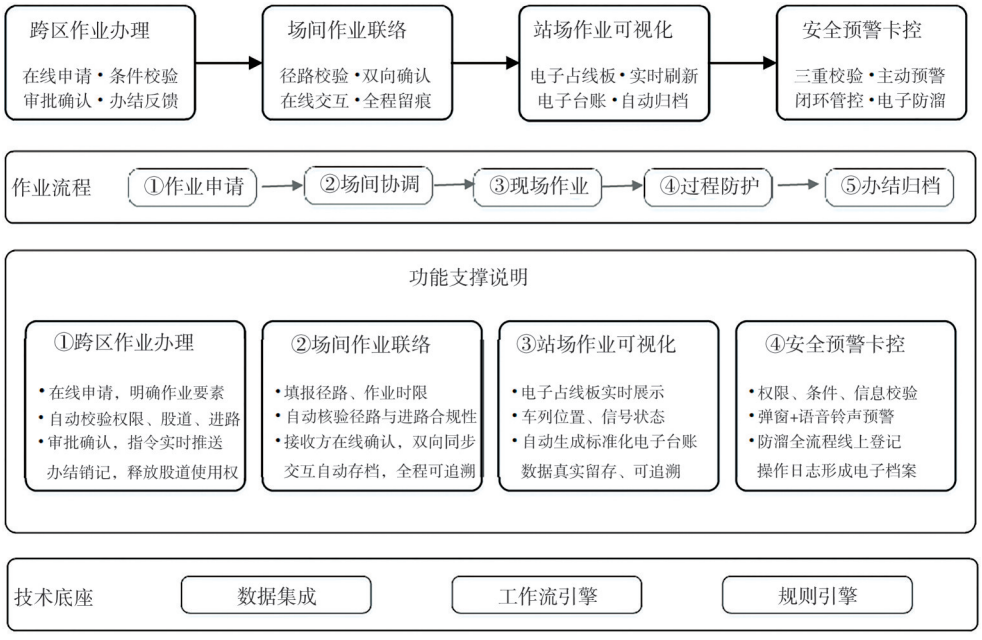


图1　跨区作业现场业务框架

Fig.1　Business framework of on-site cross-yard operations

之间跨区作业的电子化申请、授权、执行与反馈，强制遵循“作业请求发起—作业办理—完成作业反馈”流程，支持岗位在线提交作业申请，明确作业内容、地点、时间、安全要点等关键信息，线上作业流程自动匹配场区作业准入条件，不满足条件则无法发起申请。作业指令实时推送至相关岗位，授权确认后封锁相关进路，确保跨区作业办理合规、透明。作业完成后，办理岗位在线提交销记反馈，即时交还股道使用权，全程留痕、闭环管理，杜绝口头交接引发的责任不清、遗漏等问题[7]。现场作业终端办理界面如图2所示。

（2）场间作业联络。针对不同类型转场作业场景，建立电子化统一联络标准，支撑解体作业、整场作业、编车作业3类核心转场业务的协同管控，实现场间、信号楼间的标准化联系。系统自动校验转场径路、股道空闲状态及进路许可条件，联系过程全程记录。场间联络操作界面如图3所示。转入场值班员通过系统确认接车线空闲并办理进路后，状态实时同步至转出场，替代传统电话分段预告，确保转场作业安全有序。

（3）站场作业可视化。以数字化站场模型为载体，替代传统人工记录方式，通过电子占线板、电子台账实现站场作业状态的实时感知与透明化管理。电子占线板实时展示站场股道占用、车列位置、信号开放状态及调车作业进度。整合接发车、现车等系统数据，动态驱动占线板刷新，数据延迟控制在500 ms以内，全面替代传统手工占线板。同时自动采集作业过程中的关键数据，生成电子化作业台账，涵盖股道使用记录、作业写实、人员履职信息等，替代纸质登记簿，实现数据真实留存、可追溯查询，为运输组织与管理决策提供数据支撑。电子化作业写实台账样式如图4所示。

（4）安全预警卡控。聚焦跨区作业高频安全风险，对应“三重校验、主动预警、闭环管控、电子防溜”管控要点，构建全链条安全防护体系，实现风险提示、预警和卡控。内置标准化安全提示信息，作业中自动推送安全要点与运行揭示信息；安全监测预警贯穿整个站场作业环节，实时监测邻线作业冲突等安全隐患，对作业风险、违规操作进行预警和卡控[8]。电子化防溜管理具备防溜器具登记、撤除、检查、交接的全流程电子化登记与状态同步，杜绝漏记、错记、交接不清等隐患，实现防溜作业的闭环管控，筑牢现场安全防线。电子防溜登记簿如图5所示。

2.2　技术架构

数字化平台以流程引擎与规则引擎为底层支撑[3]，通过标准化数据交互通道，打通现车、调度、机务等多类业务数据，实现15类核心数据的秒级共享，有效解决了信息传递的衰减与延迟问题。依托线上工作流转机制[9]，将跨区作业的作业规程固化为电子流程，强制作业按“发起—确认—执行—反馈”的预设路径流转，实现了“一事一流程、一环一确认”。将安全规章编码为可执行的逻辑规则，在作业关键节点自动进行股道占用、邻线冲突等条件的实时校验与强制卡控。构建站场高精度数字化模型，实时驱动电子占线板，实现全场作业信息低延迟动态刷新。依据《行车组织规则》和《车站行车工作细则》，融合“放权要号”作业理念，完成场站本地化适配改造。

2.3　管理优化

以数字化落地手段为载体，推动管理模式从经验驱动向数据驱动、从人工协同转向扁平化岗位协同。

在站场可视化层面，以电子占线板实时呈现股道占用、车列位置、信号开放状态及作业进度等动态信



图2　现场作业终端办理界面

Fig.2　On-site work terminal processing interface



图3　场间联络操作界面

Fig.3　Interface for inter-yard communication operations

	调别	作业项目	作业股道	经由	请求转场时间	四场走行经路	请求推峰时间	推送线路	解体完毕时间
1	一调	解体	SC02	驼二	06-15 14:56	SC04	06-15 15:02	驼二	
2	三调	解体	SC08	驼二	06-15 14:32	SC05	06-15 14:38	驼一	
3	三调	整场		驼二	06-15 14:00	SC05	06-15 14:13	驼二	06-15 14:31
4	三调	整场		驼一	06-15 12:53	SC05	06-15 13:10	驼一	06-15 13:30
5	三调	整场		驼二	06-15 12:16	SC03	06-15 12:35	驼二	06-15 12:48
6	三调	解体	SC03	驼一	06-15 11:02	SC05	06-15 11:06	驼二	06-15 12:05
7	一调	解体	SC01	驼二	06-15 10:48	SC02	06-15 10:54	驼一	06-15 11:32
8	一调	整场		驼二	06-15 10:17	SC02	06-15 10:49	驼二	06-15 10:49
9	三调	解体	SC05	驼二	06-15 10:15	SC02	06-15 10:49	驼一	06-15 11:00
10	三调	解体	SC07	驼二	06-15 07:39	SC08	06-15 07:53	驼一	06-15 08:28
11	三调	解体	SC03	驼二	06-15 06:44	SC01	06-15 06:57	驼二	06-15 07:39
12	三调	解体	SC01	驼二	06-15 06:03	SC04	06-15 06:20	驼二	06-15 06:44
13	一调	解体	SC05	驼一	06-15 05:27	SC07	06-15 05:39	驼一	06-15 06:20
14	三调	解体	SC03	驼一	06-15 05:04	SC07	06-15 05:23	驼二	06-15 06:03
15	三调	整场		驼一	06-15 04:46	SC05	06-15 04:58	驼一	06-15 04:59
16	一调	解体	SC04	驼二	06-15 04:45	SC02	06-15 04:59	驼一	06-15 05:27

图4　电子化作业写实台账样式

Fig.4　Format of electronic operation record ledger



图5　电子防溜登记簿

Fig.5　Electronic anti-rolling register

息，可直观掌握全场跨区作业态势，调度决策指令针对性显著提升。在组织架构层面，打破传统逐级汇报的管理模式，构建值班员统筹，调车区长、防溜员、外勤值班员、信号操作员协同的作业模式，实现指令直达、状态实时反馈，大幅压缩跨区沟通链路。在作业流程上，跨区挂车、列检作业等全部作业统一线上发起、流转和确认，利用平台不可篡改性实现全流程留痕与责任追溯，解决口头联系不规范、责任无法界定的管理难题。在台账管理上，全面推行电子台账替代纸质记录，实现台账数据自动采集和留存，数据一致性与完整性得到有效保障。在考核激励量化上，建立与系统数据挂钩的量化考核体系，将流程合规率、预警响应速度、协同配合及时性等指标纳入绩效考核，实现数据说话、量化考核。

2.4　安全管控

突破传统人工联控安全模式，构建事前预防、事中干预、事后追溯全链条跨区作业安全防护体系，精准防控作业风险。

以一次跨区挂车作业为例，事前预防阶段，线上流程三重作业条件核查，即权限校验(杜绝越权操作)、

条件校验(核查股道占用等前置条件)、信息校验(确保指令完整性)，不满足条件则禁止发起作业并提示整改方向；事中干预阶段，基于风险特征库及配置规则，作业过程中全程监测自动识别并推送邻线作业防护等风险预警[10]；事后追溯阶段，自动记录作业全流程数据，包括操作人、操作时间、卡控行为、预警响应结果等，形成不可篡改的电子档案，支持作业全流程回溯，为责任界定与问题复盘提供完整依据。同时，电子化防溜管理实现防溜措施设置、检查、撤除的全流程线上同步与校验，彻底消除手写不清、交接遗漏带来的安全隐患，形成“人员现场防控 + 数字化工具技防”协同共治模式。

3　应用成效与优化建议

该数字化管控模式已在兰州局集团公司迎水桥、武威南等编组站常态化运行，经过长期现场实践，在作业效率、安全管控、精细化管理等方面取得显著成效。

3.1　作业效率显著提升

标准化电子流程与线上联络方式，明显缩短人工沟通、纸质登记耗费的时间。现场统计数据显示，单趟跨区作业平均耗时较改造前下降22%，场区交接等待时长缩短30%，内勤、外勤岗位无效沟通频次明显减少，处理能力显著增强，列车中转时间缩短，站场解编衔接更加顺畅，整体运输组织效率明显提升。

3.2　安全管控能力大幅增强

数字化平台上线以来，针对邻线流线冲突、防溜状态异常、违规进路等风险累计触发有效安全预警数百次，预警响应及时、干预有效。跨区作业相关险性事件发生率显著下降。防溜登记、撤除、检查、交接全程电子化，记录零差错、状态实时可查。场站安全管理从事后整改转向事前主动防控，整体安全稳定性显著提升。

3.3　精细化管理水平全面升级

电子占线板实时展示股道、车列、作业动态，现场状态透明可视，调度人员实时掌握全场调车动态，调度指挥不再单纯依赖现场经验。电子台账自动生成归档，台账整理工作量显著降低，历史作业查询、车流分析等数据支撑决策能力全面提升。作业全过程留痕可追溯，管理由经验驱动转向数据驱动，流程合规率、作业执行力、考核公平性全面提升。基于实时作业数据开展车流分析、设备运用评估与资源配置优化，决策更加科学、高效、精准。

3.4　优化建议

（1）优化方向。结合一线长期使用反馈，当前模式仍存在适配优化空间。第一，标准化线上流程主要适配常规作业，应急抢修、特种大型车辆跨区等特殊工况操作灵活性不足；第二，外勤调车、列检人员使用户外移动终端，部分场区网络信号偏弱，消息推送存在短时延迟；第三，现有平台仅完成作业记录、基础安全预警及数据统计，暂未基于海量历史车流数据搭建预测模型，缺少跨区作业车流智能预判、最优径路自动规划等智能化深度分析能力。

（2）优化建议。一是在现有标准化流程基础上增设应急作业通道，针对施工、特种车辆定制简化审批流程，兼顾作业规范与现场实操灵活性。二是补强站场外勤作业区网络覆盖，简化户外移动终端操作步骤，提升户外岗位使用体验。三是依托长期跨区作业历史车流数据搭建预判分析模型，自动推荐最优跨区编组点位、走行径路，逐步实现调度智能辅助。四是将成熟数字化管控模式逐步拓展至专用线取送、同场区常规调车等其余站内调车场景，实现全站调车业务标准化线上管控。

4　结束语

针对编组站传统跨区作业痛点，依托数字化平台，结合场站实际重构跨区作业全流程管控模式，实现作业流程标准化、信息传递实时化、安全卡控主动化、管理决策数据化，有效提升了作业效率与安全水平。后续将结合现场新需求持续迭代优化，不断挖掘数字化应用价值，推动编组站跨区作业向高效、安全、智能方向发展，为铁路货运枢纽数字化转型提供可复制的实践经验。

参考文献：

[1] 杨树广. 编组站作业计划与铁路枢纽小运转列车运行组织协同优化[D]. 济南：山东交通学院，2025.

[2] 王大鲁. 济西站尾部楼作业安全分析与对策[J]. 中小企业管理与科技(上旬刊)，2016(2)：260.

[3] 毛亚宁，刘海宁，唐伟忠，等. 基于工作流的编组站作业协同一体化管控系统设计与实现[J]. 铁路计算机应用，2026，35(6)：66-77.
MAO Yaning，LIU Haining，TANG Weizhong，et al. Design and Implementation of Workflow-Based Integrated Control System for Marshalling Yard Operation Collaboration[J]. Railway Computer Application，2026，35(6)：66-77.

[4] 孙文桥，刘启钢，赵国盛，等. 基于本质安全的智能化铁路编组

站生产作业安全评价指标体系构建研究[J]. 铁路物流，2025，43(4)：50−56.
SUN Wenqiao，LIU Qigang，ZHAO Guosheng，et al. Construction of Safety Evaluation Index System for Intelligent Railway Marshalling Station Operations Based on Inherent Safety[J]. Railway Logistics，2025，43(4)：50−56.

[5] 马福龙，宋大同，樊　凯，等. 基于TDCS的车站行车作业安全辅助系统设计与开发应用[J]. 铁路物流，2025，43(4)：57−64.
MA Fulong，SONG Datong，FAN Kai，et al. Design and Development of Safety Assistance System for Station Driving Operations Based on TDCS[J]. Railway Logistics，2025，43(4)：57−64.

[6] 乌　峥，朱攀峰，李亚亚. 车辆溜逸安全防护系统研究[J]. 铁路计算机应用，2020，29(3)：43−46.
WU Zheng，ZHU Panfeng，LI Yaya. Research on Safety Protection System of Railway Vehicle Slip[J]. Railway Computer Application，2020，29(3)：43−46.

[7] 牛进峰. 铁路调车事故防控措施探讨[J]. 铁道货运，2013，31(3)：6−12.

[8] 张小强，赵　周. 铁路调车作业安全防护技术研究[J]. 铁道货运，2024，42(1)：31−36.
ZHANG Xiaoqiang，ZHAO Zhou. Research on Safety Protection Technology for Railway Shunting Operation[J]. Railway Freight Transport，2024，42(1)：31−36.

[9] 关则彬，蒋　荟，宁　静，等. 工作流技术在铁路安全质量管理中的应用[J]. 铁路计算机应用，2015，24(9)：33−35，39.
GUAN Zebin，JIANG Hui，NING Jing，et al. Application of Workflow Technology in Railway Safety and Quality Management[J]. Railway Computer Application，2015，24(9)：33−35，39.

[10] 黄圣文，刘海东，徐　嫣，等. 铁路车站调车作业综合安全防护关键技术研究[J]. 铁路计算机应用，2025，34(5)：90−93.
HUANG Shengwen，LIU Haidong，XU Yan，et al. Key Technologies for Comprehensive Safety Protection of Railway Station Shunting Operations[J]. Railway Computer Application，2025，34(5)：90−93.

（责任编辑：魏　然）

Practice of Safety Control and Efficiency Improvement for Cross-Yard Operations in Marshalling Yards Based on Digital Technologies

MAO Yaning[1]，LIU Haining[1]，MENG Chao[1]，TANG Weizhong[1]，ZHANG Zhiqi[2]，QIAO Beibei [1]，CAO Haipeng [1]

(1. Institute of Information Technology，China Railway Lanzhou Group Co.，Ltd.，Lanzhou 730000，Gansu，China；
2. Wuwei South Depot，China Railway Lanzhou Group Co.，Ltd.，Wuwei 733009，Gansu，China)

Abstract: To address the problems existing in traditional cross-yard operations, such as cross-yard transfer, at marshalling yards of China Railway Lanzhou Bureau Group Co., Ltd., including low coordination efficiency, deficient safety supervision, and insufficient refined management, this paper constructed an integrated management and control model with workflow reengineering and digital technologies as the core. Covering inter-yard joint linkage, on-site safety management, electronic ledger administration, and dispatching decision support, the model facilitated the transformation of the operation organization mode from manual coordination to rigid process-driven execution. Field application results indicate that the proposed model effectively cuts down the overall time cost of cross-yard operations, substantially restrains various safety risks, and comprehensively improves the capacity of ledger administration and decision-making support. The model can provide a reference for the modernization of transportation organization in marshalling yards.

Keywords: Marshalling Yard; Cross-Yard Operation; Digitalized Management and Control; Workflow Optimization; Safety Control