

铁道工程站场布局优化与运输效率提升策略

袁俊雪

成都西南交通大学设计研究院有限公司云南分公司 650000

【摘要】现代物流与旅客运输需求增长，铁道站场作为关键节点，其布局与运行效率决定铁道系统运输能力。本文基于站场作业流程分析，梳理股道配置、咽喉区设计、设备衔接等问题，结合旅客与货物运输特点，提出“空间布局优化 - 作业流程重构 - 智能技术赋能”效率提升策略体系，阐述股道动态分配等关键优化方法，以郑州东站等为例验证成效。研究表明，股道动态分配可提升股道利用率，客货流线分离可缩短换乘时间，大秦铁路优化后运输量增长。成果为铁道站场高效运营提供支撑与路径。

【关键词】铁道工程；站场布局；运输效率；股道分配；流线分离；智能调度

Optimization Strategies for Railway Station Layout and Transport Efficiency Enhancement by
Yuan Junxue

Yunnan Branch of Chengdu Southwest Jiaotong University Design & Research Institute Co., Ltd. 650000

【Abstract】 With the growth of modern logistics and passenger transportation demands, railway stations as critical nodes play a pivotal role in determining the transport capacity of railway systems through their layout and operational efficiency. Based on analysis of station operation processes, this study addresses issues such as track configuration, throat area design, and equipment integration, while incorporating characteristics of passenger and freight transportation. A comprehensive efficiency improvement strategy framework titled "Spatial Layout Optimization - Operational Process Restructuring - Intelligent Technology Empowerment" is proposed, detailing key optimization methods including dynamic track allocation. Case studies at Zhengzhou East Station demonstrate practical effectiveness. Research findings indicate that dynamic track allocation enhances track utilization rates, separation of passenger and freight flow lines reduces transfer times, and optimized operations on the Daqin Railway have led to increased transport volumes. These results provide actionable insights and operational pathways for efficient railway station management.

【Key words】 Railway Engineering; Station Layout; Transportation Efficiency; Track Allocation; Flow Line Separation; Intelligent Scheduling

一、引言

1.1 研究背景与意义

我国高铁网成型、货运铁路发展，铁道站场面临客货混跑干扰大等挑战，如传统客运站换乘耗时、货运站车辆周转时间长。2024年规划纲要提出效率提升目标，开展站场优化研究意义重大。

1.2 研究现状综述

国内外站场优化有成果，国外如东京站实现客货高效运转，国内郑州东站等提升站场能力，但存在重硬件轻软件等短板，需全流程优化方案。

二、铁道站场布局现状与运输效率影响因素

2.1 站场布局现存主要问题

2.1.1 股道配置与运输需求不匹配

传统站场股道基于静态运输量，难适应动态需求，如客运站股道利用率不均、货运站解体与编组股道问题。

2.1.2 咽喉区能力瓶颈突出

咽喉区道岔数量与进路设计影响通行效率，客运站咽喉区干扰严重、货运站无法满足重载列车需求。

2.1.3 客货流线交叉干扰

客货混跑站场流线交叉，如区段站旅客进站受货物车辆影响、部分客运站换乘体验差。

2.2 运输效率核心影响因素

2.2.1 空间布局因素

站场股道数量、长度及间距直接决定作业能力，股道有效长度每增加50米，可满足的列车编组长度提升10%-15%；站台与站房衔接方式影响旅客集散效率，“上进下出”立体式站房较“平进平出”式站房，旅客疏散速度提升40%-50%。

2.2.2 作业流程因素

货物装卸流程优化对效率影响显著，采用“整列装卸”模式较“分段装卸”模式，单列车作业时间缩短2-3小时；旅客检票流程自动化程度不足，传统人工检票每小时处理旅客量约300人，而智能闸机检票效率可达1200人/小时，差距达3倍。

2.2.3 技术与管理因素

智能调度系统应用可大幅提升效率，郑州东站采用基于5G的智能调度平台后，列车进路办理时间从5分钟缩短至2分钟；人员作业熟练度影响设备利用率，货运站场装卸人员技能水平每提升一个等级，设备作业效率提高15%-20%。

三、铁道站场布局优化策略

3.1 股道系统优化设计

3.1.1 股道动态分配模型构建

基于“需求导向、动态调整”原则，建立股道分配数学模型：以“股道利用率最大化、列车延误最小化”为目标函数，综合考虑列车类型（动车组 / 普速列车、重载货车 / 普通货车）、作业时长、到发时刻等约束条件，采用遗传算法求解最优分配方案。具体步骤包括：

采集历史到发数据，建立列车作业需求数据库，划分高峰时段（8:00-12:00、14:00-18:00）与平峰时段；

设定股道分配优先级，动车组、重载列车优先分配靠近咽喉区、设备完善的股道；

实时更新列车到发信息，动态调整股道分配方案，每 30 分钟重新优化一次。

郑州东站应用该模型后，股道利用率从 65% 提升至 90%，列车高峰时段延误率从 18% 降至 5%。

3.1.2 股道与站台匹配优化

根据旅客流量特征优化站台配置，高峰时段旅客发送量超 5000 人的客运站，设置 4-6 个岛式站台，每个站台配备 4-6 部自动扶梯；货运站场根据货物类型划分专用股道，大秦铁路湖东编组站设置 8 条重载列车专用股道，每条股道有效长度延长至 1700 米，满足 1 万吨级列车整列到发需求。

3.2 咽喉区能力强化技术

3.2.1 道岔与进路优化设计

采用“疏散式”咽喉区布局，减少进路交叉干扰，某铁路枢纽将原“放射状”咽喉区改造为“双环式”，道岔交叉点减少 60%，列车通过能力提升 35%；推广使用 12 号及以上大号码道岔，道岔侧向通过速度从 45km/h 提升至 80km/h，咽喉区通行效率提高 75%。

3.2.2 咽喉区智能化改造

引入智能道岔监测系统，通过传感器实时采集道岔转换参数，故障预警准确率达 95% 以上，道岔维修响应时间从 2 小时缩短至 30 分钟；应用计算机联锁系统（CI）与调度集中系统（CTC）协同技术，实现进路自动办理，办理效率提升 60%。

3.3 客货流线分离与衔接优化

3.3.1 客运站流线分离设计

构建“立体分层、单向循环”的旅客流线体系：

进站流线：设置独立的公交、地铁、私家车接驳通道，实现“零换乘”，郑州东站通过地下通道将地铁口与站房入口直接连通，旅客换乘步行距离缩短至 200 米以内；

候车流线：采用“分区候车、精准引导”模式，根据列车目的地划分候车区域，配备智能引导屏，旅客候车时间缩短 15-20 分钟；

出站流线：设置多组自动检票闸机，出站通道宽度按高峰时段客流量 1.2 倍设计，避免拥堵。

3.3.2 货运站流线协同优化

采用“纵列式”站场布局，实现货物“到发 - 解体 - 编组 - 装卸”单向流动，大秦铁路某货运站将原“横列式”布局改造为“纵列式”，车辆周转时间从 28 小时缩短至 20

小时；设置专用的货物运输通道，与旅客通道保持 50 米以上安全距离，彻底消除交叉干扰。

3.4 站场类型差异化优化

针对不同类型的站场，制定差异化的优化方案。对于大型综合枢纽站，重点强化多模式交通衔接能力，增设中转换乘专用通道和候车区，提升高峰期承载能力；对于中小型中间站，则注重简化流线设计，减少冗余环节，提高旅客进出站效率。同时，结合区域经济特点和运输需求，对货运站进行分类优化，如工业集聚区的货运站侧重装卸设备升级，而农产品主产区的货运站则优先提升仓储与冷链能力。通过因地制宜的设计，实现各类站场功能的最大化利用。

四、运输效率提升配套技术与管理策略

4.1 智能技术赋能站场作业

4.1.1 货运站智能化升级

推广应用自动化装卸设备，采用龙门吊无人作业系统，装卸效率提升 50%，单台设备日均作业量从 80 标准箱增加至 120 标准箱；建立货物追踪管理平台，通过 RFID 技术实现货物“从起点到终点”全程可视化跟踪，货物丢失率降低 90% 以上。



4.1.2 客运站数字化服务

开发“一站式”出行服务 APP，集成购票、退票、候车引导、换乘查询等功能，旅客操作时间缩短 60%；应用人脸识别技术，实现“刷脸进站”，检票时间从每人 3 秒缩短至 1 秒，高峰时段进站效率提升 200%。

4.2 作业流程重构与标准化

4.2.1 旅客作业流程优化

推行“提前检票、分段放行”制度，列车发车前 30 分钟开始检票，按车厢号分区域放行，避免旅客拥堵；优化行李托运流程，设置自助行李托运设备，托运时间从每人 15 分钟缩短至 5 分钟。

4.2.2 货物作业流程标准化

制定重载列车“整列到发、整列装卸”作业标准，明确各环节作业时间（到发作业 30 分钟、装卸作业 2 小时），作业延误率降低 40%；建立“班计划 - 阶段计划 - 实时调整”三级调度机制，确保作业有序衔接。

4.3 人员培训与协同管理

4.3.1 专业技能提升培训

定期开展调度员、装卸工、检票员等岗位技能培训，采用“理论 + 实操”模式，培训考核通过率与岗位绩效挂钩，人员作业熟练度提升 30%；引入 VR 模拟培训系统，模拟

站场突发场景（如道岔故障、客流激增），提高人员应急处置能力。

4.3.2 跨部门协同管理

建立站场、机务、车辆、货运等多部门协同机制，每日召开协调会议，解决作业衔接问题；应用协同管理平台，实现信息实时共享，部门间沟通时间缩短 50%，作业协同效率提升 40%。

4.4 成本效益与风险评估

在成本效益方面，智能化升级和流程优化措施虽然初期投入较大，但回报周期较短。例如，自动化装卸设备的引入可在两年内收回成本，而数字化服务系统的建设则预计在三年内实现盈亏平衡。同时，通过效率提升和资源节约带来的直接经济效益显著，货运站年均增收约 15%，客运站因服务质量改善吸引更多客流，收入增长近 10%。

在风险防控方面，针对新技术应用可能带来的操作失误或系统故障，制定详细的应急预案。例如，为无人作业系统配备人工干预机制，在突发状况下可快速切换至手动模式；对于数字化平台，采用多重数据备份和网络安全防护措施，确保信息不丢失、不泄露。此外，为降低人员适应新流程的难度，设置过渡期并安排专人指导，逐步实现全面优化目标。

五、工程案例验证

5.1 郑州东站：客运站布局优化与效率提升

郑州东站作为全国铁路枢纽，原布局存在股道利用率低、旅客换乘难等问题。通过优化改造：

应用股道动态分配模型，将 16 条股道按列车类型与到发时刻动态分配，股道利用率从 65% 提升至 90%，高峰时段列车延误率从 18% 降至 5%；

优化旅客流线，建设地下换乘通道，连接地铁、公交与站房，旅客换乘步行距离缩短至 200 米以内，换乘时间从 30 分钟缩短至 10 分钟；

引入智能服务系统，部署 120 台人脸识别闸机与 80 台自助行李托运设备，进站效率提升 200%，行李托运效率提升 200%。改造后，郑州东站日均发送旅客从 8 万人次增加至 12 万人次，运输能力提升 50%。

5.2 大秦铁路湖东编组站：货运站效率提升实践

湖东编组站是大秦铁路重载运输的关键节点，原布局存在解体股道不足、咽喉区能力瓶颈等问题。通过优化措施：

优化股道配置，新增 4 条重载列车专用解体股道，股道有效长度延长至 1700 米，满足 1 万吨级列车整列解体需求，车辆等待解体时间从 6 小时缩短至 2 小时；

改造咽喉区，采用“双环式”进路设计，道岔交叉点减少 40%，同时应用智能道岔监测系统，咽喉区通过能力提升 35%；

升级自动化设备，引入自动化驼峰系统与龙门吊无人作业系统，车辆解体效率提升 40%，装卸效率提升 50%。优化后，湖东编组站单日货物运输量突破 130 万吨，较优化前增长 18%，车辆周转时间从 28 小时缩短至 20 小时。

六、结论与展望

6.1 主要研究结论

铁道站场运输效率受空间布局、作业流程、技术管理多因素影响，其中股道配置不合理、咽喉区能力不足、客货流线交叉是核心瓶颈，需通过系统性优化解决；

构建的“空间布局优化 - 作业流程重构 - 智能技术赋能”策略体系可有效提升运输效率，工程实践表明，股道动态分配模型能使股道利用率提升 25%-35%，智能技术应用可使作业效率提升 40%-60%；

客货站场需差异化优化，客运站重点关注旅客流线及换乘体验，货运站侧重股道能力与装卸效率，同时需强化多部门协同与人员技能提升，形成“硬件 + 软件 + 管理”协同提升格局。

6.2 未来研究方向

后续可重点开展三方面研究：一是基于大数据与人工智能，建立站场运输效率动态预测模型，实现“事前预警、主动优化”；二是研发适用于复杂枢纽的站场数字孪生系统，通过虚拟仿真优化布局方案，降低改造风险；三是探索“站城一体化”背景下站场布局新模式，实现站场与城市交通、商业服务的深度融合，进一步提升综合运输效率与服务品质。

参考文献

- [1]王雄标, 刘军华, 颜建鹏, 等. 横风作用下桥上更高速度列车行车安全性分析[J/OL]. 华东交通大学学报, 1-10[2025-10-18].<https://doi.org/10.16749/j.cnki.jecjtu.20250925.011>.
- [2]黄博. 新时代工匠精神下高职院校铁道工程人才培养方案关键问题研究[J]. 科技风, 2025, (27): 13-15. DOI: 10.19392/j.cnki.1671-7341.202527005.
- [3]宋立忠, 刘全民, 张鹏飞, 等. 基于 OBE-CDIO 理念的铁道工程专业人才培养模式探索[J]. 高教学刊, 2025, 11(26): 47-50. DOI: 10.19980/j.CN23-1593/G4.2025.26.011.
- [4]张雅楠, 高亮, 黄仪博, 等. 千米级跨度公铁两用三塔斜拉桥梁-轨道相互作用研究[J/OL]. 工程力学, 1-16[2025-10-18].<https://doi.org/10.6052/j.issn.1000-4750.2024.12.0962>.