

# 绿智融合的城轨交通智能编组灵活运行的关键技术研究

刘永娟

重庆轨道交通运营有限公司 重庆 401120

**【摘要】**：城市轨道交通出行需求持续扩张，轨道网络整体运转水平与弹性调整能力的提升，逐渐成为交通行业重点探究的核心内容。城轨智能编组体系作为研究核心，依托前沿技术搭建全新编组运作模式，改善列车调度流程，缩减线路能耗，提升整体线路运载水平。围绕智能编组体系核心运作技术展开探究，以行车间隔管控、动态行车调配、智能行车管控等核心内容为切入点，聚焦轨道交通线下实际运营现状，梳理轨道弹性运转模式的实际落地条件。轨道线路引入智能编组体系，可改善日常行车状态，应对线路突发状况，平衡线路运力分配比例，合理调配站点各类基础资源。结合重庆轨道交通线路落地场景展开剖析，验证智能编组体系落地价值与实际运作成效，为城市轨道交通体系长效建设输送理论参考与技术落地依据。

**【关键词】**：城轨交通；智能编组；灵活运行；动态调度；轨道交通系统

DOI:10.12417/2811-0722.26.06.059

## 引言

城市化推进速度加快，轨道交通作为城市公共交通核心构成，作用愈发凸显。提升城轨运载效能、降低能源消耗、增强系统弹性与运行稳定性，是当前轨道交通领域亟待突破的技术瓶颈。智能编组技术提供了全新解决路径，对列车编组实施智能管控，可提升运输效能，依据实时运营状况调整行车方案，强化系统响应速度与弹性适配能力。重庆轨道交通发展势头迅猛，其智能编组应用研究具备较强现实价值。本文聚焦智能编组技术研究，挖掘其在城轨领域的应用潜力，为缓解城市交通拥堵、提升运输效能提供技术支撑。

## 1 城轨交通智能编组系统的现状与挑战

### 1.1 城轨交通发展的现状与问题

多数城市轨道交通线路已覆盖主要城区，更多城市启动轨道系统建设，应对持续增长的出行需求。城市交通流量急剧攀升，原有轨道系统凸显诸多问题，高峰运力短缺、行车间隔偏长、线路拥堵、能耗攀升均在其中。大城市发展提速背景下，提升运力、压缩间隔、降低能耗，是提升轨道运行效能的关键。传统编组与调度模式，难以适配高效智能的运营需求，推动城轨向智能、灵活方向发展，是破解此类问题的必由之路。

### 1.2 传统编组系统的局限性与挑战

传统城轨编组系统普遍依托人工操作与固定运行机制，难以结合实时交通流量与现场突发状态完成动态调整，造成各类资源无故损耗。高峰出行时段内，固化的列车编组方案与调度安排，会造成列车间距排布失衡，诱发线路停运、行车延误等各类运营故障。动态调度功能存在明显缺失，交通流量监测与列车配置调整难以同步开展，整体线路运转水平长期处于偏低状态<sup>[1]</sup>。部分城市完成基础设备更新迭代后，老旧调度模式与人工作业依旧占据运营核心，整体智能改造进度推进缓慢。固有运行短板持续制约系统适配能力，现有运行条件难以匹配现代城市轨道交通发展需求，先进智能技术的融合应用，可有效

化解城轨编组运营环节现存各类实际难题。

### 1.3 城轨交通智能编组的需求与发展趋势

智能技术持续迭代升级，城轨交通智能编组体系逐步融入现代轨道交通架构，成为日常运营的核心构成板块。大数据与智能算法搭配实时监测手段，可为这套运行体系提供数据支撑，完成路况信息的收集解析与整合处理，完善列车行车排布模式，提升轨道交通整体应变水平。新型编组架构会持续优化适配特质，外界特殊路况出现时自主变更行车排布内容，缓解线路拥堵状况，破除日常运转中的各类通行阻碍。城市出行供需变化可直接作用于列车排布形式，线路运载水平得到提升，线路运转期间的能源损耗得到合理管控。行业技术持续迭代升级，这类智能运行模式会落地至多地轨道线路建设，助力城市轨道交通搭建低碳高效的全新运转形态。

## 2 智能编组技术的核心原理与方法

### 2.1 智能编组系统的基本框架与工作原理

智能编组系统通过高度整合的信息科技与智能手段，实现城市轨道交通的高效调度。系统分为四大模块：信息采集、数据研判、调度判定与执行。传感设备实时捕捉列车位置、速度、客流和轨道状态，为调度提供参考。大数据整合路况信息，构建动态车流模型支持运行。智能算法分析全线状态并输出调度方案，指令直接传递至车站与列车，动态调整行车安排。系统可根据现场情况灵活调整线路、编组和通行路径，提高运力，快速应对突发状况，避免拥堵和资源浪费。

### 2.2 基于大数据与 AI 技术的实时动态调度

实时动态调度支撑智能编组系统核心运行，依托大数据与人工智能技术优化城轨运营。系统持续监测并解析运营信息，灵活调整列车运行方案。通过整合过往、现场与环境数据，精准识别客流走向与运转瓶颈，提前预判拥堵与延误问题<sup>[2]</sup>。智能运算模型处理海量数据，提升线路预判能力，灵活调整列车排布与时点，避免排布密度失衡导致的资源浪费与低效运行。

## 2.3 列车间隔控制与资源优化配置技术

列车间隔控制是智能编组系统的关键优化手段，通过调整列车行进间距改善城轨运转。传统模式下，固定的列车间距在高峰期易造成资源闲置和客流堆积。智能编组系统实时获取现场运转信息，结合运输压力和实际需求灵活调整行进间距。高峰期缩短列车间距，提高输送能力；低谷期放宽间距，减少能源消耗，避免空载行驶带来的浪费。系统通过资源优化配置技术，统筹行车安排、车辆排布与站点设施，实时调整行车排布方案，实现人力、设备和能源的最优配置。

## 3 城轨交通智能编组的灵活运行策略

### 3.1 灵活运行的定义与技术需求

灵活运行基于城轨整体架构，结合车流走向、车辆状态、客流变化及突发情况，动态调整开行模式、发车密度与编组形式，实现资源优化与路网稳定。相较传统固定编组模式，其更贴合实际需求，适应多场景调配。智能调度平台、数据处理、在线监测与自动控制构成核心支撑，多技术协同获取全程数据，识别潜在风险并及时处置，提升运行效率与安全性。

### 3.2 灵活编组策略的应用场景与优化模型

灵活编组策略可适配轨道交通多种运行场景，在高峰、突发及特殊运输任务中优势明显。客流高峰期，通过调整编组规模与发车密度提升运力，缓解客流堆积；低谷期减少车辆投放，降低空载率与能耗<sup>[3]</sup>。系统依托数据分析与智能算法，整合历史与实时信息，构建优化模型，输出匹配线路需求的编组方案。列车速度、客流规模及站点承载能力等均纳入计算，实现车辆组织形式的动态调整，保障运输体系稳定高效运行，提升资源配置与环境适应能力。

### 3.3 提高运行效率与减少能耗的智能化方法

智能编组系统以提升线路运转效能和控制能源消耗为核心，利用智能技术优化列车全程运行。通过动态调整列车间距，系统避免了车流拥堵或运力不足，最大化轨道设施的承载力。客流规模、线路状态和环境因素均纳入计算，精准测算开行间距，保持车辆平稳行驶，减少延误和停滞。能源管控方面，系统优化车辆行驶速率、启停节奏与制动模式，减少无效能源损耗。在低需求阶段，系统增加列车间距、降低速度，从而控制能耗并减少空载行驶造成的资源浪费。

## 4 重庆轨道交通智能编组应用案例分析

### 4.1 重庆轨道交通发展概况与背景

重庆身处我国西部经济枢纽与交通枢纽核心位置，市域轨道交通建设规模长期保持稳步扩张态势。市域轨道交通建设工作自2000年正式启动，全域逐步搭建起覆盖范围完整的交通网络，辐射主城片区与近郊组团，成为民众日常通勤出行的核心载体。山城独有的山地地貌与组团式城市布局，为轨道线路

整体规划及设施构造设计增设多重约束条件。城市常住人口规模持续扩张，居民出行体量持续上涨，原有轨道运转模式与管理体制难以适配城市发展催生的全新运营标准。本土轨道运营板块结合城市实际发展现状，探索智能编组应用与弹性调度落地路径，改善整体路网运转状态，消解高峰路段客流拥堵与能源过度消耗现象，维系城市轨道交通长期平稳长效发展节奏。

### 4.2 重庆智能编组系统实施现状与挑战

重庆轨道交通智能编组系统应用已迈出实质性步伐。引入先进智能调度技术、大数据分析及人工智能算法，实现列车间隔调控与灵活编组的阶段性目标。系统依托实时客流数据与路网运行态势，动态调整行车计划，优化调度排布方式。智能编组落地过程中仍存在诸多现实阻碍。重庆轨道路网复杂度远超国内多数一线城市，山地地形与长距离线路布局，大幅提升编组系统调试与运行难度<sup>[4]</sup>。智能编组相关设备迭代与技术升级需持续推进，部分线路智能化配置仍有提升空间。传统调度管理体系与新型技术融合存在衔接壁垒，全员技能培训、技术迭代升级及设备兼容适配等环节，仍需加大推进力度。

### 4.3 重庆轨道交通智能编组的实际效果与经验总结

重庆轨道交通智能编组系统虽面临落地阻碍，却已呈现初步成效。智能化调度与灵活列车编组结合，显著提升高峰时段路网运转效能。列车间隔得到科学调控，高峰客流拥堵问题得到缓解，民众出行体验同步改善。智能编组优化能源利用模式，削减空载列车开行频次，实现大幅能源节约。重庆轨道路网智能编组实践，为国内其他城市提供可参考的实施经验，尤其针对复杂地形与庞大路网布局，探索出智能化调度与资源合理配置的可行路径。实践证明，系统持续迭代与技术创新，是提升轨道交通运转效能与可持续性的核心路径，重庆在智能编组领域的探索，为城市轨道交通智能化发展积累了宝贵实践经验。

## 5 智能编组技术在城轨交通中的进一步应用与创新

### 5.1 技术创新对智能编组系统发展的影响

人工智能、大数据与物联网技术深度融合，让智能编组系统可精准预判交通流量变化，灵活调控行车安排，提升路网运转效能。技术革新支撑轨道系统捕捉全线运行数据，快速做出调度调整，规避突发状况引发的客流拥堵与资源浪费。智能编组系统优化车辆开行间距与编组形式，提升运力利用效率，同时降低能源消耗。

### 5.2 未来智能编组技术的改进方向与挑战

未来智能编组技术将面临更高标准与现实挑战，自学能力和自动化水平需不断提升，以适应复杂多变的路网环境。依托大数据与人工智能，系统可基于实时数据实现精准预测与调度，提升运行效率与灵活性<sup>[5]</sup>。需强化极端场景应对能力，在灾害或故障下实现快速恢复。尽管技术持续进步，仍存在设备兼容性不足、更新与投入不平衡等问题，需从技术研发、设备

升级与管理优化等方面协同推进，构建高效可靠的系统。

### 5.3 其他城市轨道交通系统的应用潜力与借鉴

国内多地轨道交通体系，均可依托智能编组技术挖掘长期发展空间。各地轨道基建持续完善建设布局，众多城市逐步认知这项技术对运力提升、能耗管控起到的实际作用。地形结构特殊、日常客流负荷偏高的城市，可依托该类技术改善轨道整体运转状态。线路运行产生的动态信息完成采集梳理后，车辆开行排布与车厢组合形式可自主调节，盘活站点配套资源，提升车厢空间实际利用率，同类城市轨道交通建设运营可从中获取参

考价值。

## 6 结语

城轨交通体系引入智能编组技术，可改善整体运转状态，控制能源消耗，适配城市多元出行需求。行业技术持续迭代打磨，这套运行体系扩充线路客运承载上限，在客流高峰与突发状况下可灵活调整车辆开行模式。重庆等地的落地实践，验证该项技术普及完善，可为轨道交通长效发展筑牢基础。行业技术持续突破，现存落地难题逐步化解，这套智能调控体系会覆盖更多地区，助力城市轨道交通体系完成智能化升级转型。

### 参考文献：

- [1] 智慧城轨建设五周年系列成果报告(二)中国城轨交通智能运维达到世界领先水平[J].城市轨道交通,2025,(07):41-42.
- [2] 严兰,王小峰,周士琼,等.城轨绿色能源智能一体化新型技术研究[J].现代城市轨道交通,2025,(11):19-25.
- [3] 杨婧.城轨交通网络化运营与智能调度的实践及探索[J].城市轨道交通,2025,(07):50-53.
- [4] 刘江林,蒲超,张波,等.机器学习在城轨智能调度系统中的应用研究[J].自动化与仪表,2025,40(07):159-164.
- [5] 仲建华.智慧城轨成果综述城轨交通在智能智慧化道路上砥砺前行[J].城市轨道交通,2025,(05):20-24.