



北京交通大学
BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY

2023年11月

科技

Monthly Report
on Science and Technology

工作月度简报

思源 / 交融 / 创新

School of
Traffic and Transportation
交通运输学院

SINCE — 1896



本月成果

● 项目：

2023年11月共完成科研项目立项**31**项，其中上水平项目**1**项。

项目结题**21**项。

● 专利：

2023年11月新提交专利申请**19**项，已获得授权专利**7**项。

● 软件著作权：

2023年11月新提交软件著作权申请**4**项，已获得授权软件著作权**2**项。

科研头条

● 2023 轨道交通创新发展大会—轨道交通智能运营论坛顺利召开

11月9日下午，由北京交通大学主办、交通运输学院承办、铁科院电子所铁路运输与调度技术中心支持的2023轨道交通创新发展大会——轨道交通智能运营论坛在丰台园博大酒店召开。北京市丰台区区委常委、宣传部部长韩新星、北京交通大学副校长赵鹏、中关村丰台园工委委员、副主任魏欣亚等领导应邀出席本次论坛。

智能运营论坛以“创新驱动发展，智慧赋能未来”为主题，聚焦数字化、智慧化的发展路径，邀请8位业内专家围绕轨道交通运营与服务提升的前沿技术进行交流研讨。来自国内外30余家轨道交通领域知名企业、高校院所的150多名嘉宾代表荟聚一堂，共商共促轨道交通产业创新发展。

详情可查阅：

<http://trans.bjtu.edu.cn/cms/item/2602.html>

中关村科技园区丰台园管理委员会

感谢信

北京交通大学交通运输学院：

2023轨道交通创新发展大会于11月8日至9日在我区成功举办，大会以“绿色·智慧·创新：轨道上的世界”为主题，通过“论坛+成果展”的形式，吸引了轨道交通领域的知名企业、高校院所、业主单位的2000余名嘉宾参会，在行业内形成了广泛的影响力，圆满实现了安全、专业、精彩的办会目标。

本次大会的成功举办，得益于贵单位的高度重视和大力支持。在大会的筹办过程中，贵单位精心策划、周密组织、积极调配资源，全力以赴做好各项工作，为大会办出特色办出水平提供了坚实保障。特别是，贵单位牵头组织的智慧运营论坛，内容精彩纷呈，为行业打造了高层次的交流平台，受到与会代表的一致赞誉。在此，谨向贵单位表示衷心的感谢！向为大会筹办工作无私奉献的各位同志致以崇高的敬意！

中关村科技园区丰台园管理委员会

2023年11月20日

（盖章）

- 1 -



成果分享——科研获奖

● 城市轨道交通运营客流风险协同防控关键技术及应用

北京交通大学交通运输学院王艳辉教授团队针对城轨运营安全管理、客流风险辨识评估与管控等问题开展研究，设计了包括乘客行为-客流状态风险辨识、表征、评估、关联推演，以及基于视频的客流风险智能辨识；构建了基于客流风险的主动防控等在内的方法技术体系；研制了城市轨道交通客流风险协同防控平台；实现了客流风险精准、高效、智能辨识与评估，及其多层次关联推演、协同疏导和防控。该成果“城市轨道交通运营客流风险协同防控关键技术及应用”获城市轨道交通科技进步奖一等奖。

围绕车站-线网客流风险辨识与评估技术、客流风险协同防控与疏导技术、客流风险智能识别技术与防控平台三个技术难题，深入探研客流风险协同防控关键技术及应用。具体研究内容如下：

1) 首次提出了面向车站、区间以及线网分层级的客流状态模式表征与风险动态辨识评估预测方法，构建了面向群体行为特征的客流状态模式集和的典型风险场景要素属性集，形成了动态风险模式集驱动下的典型风险场景生成与构建技术，提出了状态驱动的城市轨道交通运营客流风险防控新范式；

2) 构建了线网拓扑结构、列车运行计划和客流出行三网合一的客流风险融合推演模型和多域认知交融的乘客与引导信息交互模型；提出了基于车站疏散网络能力和客流分布特征的瓶颈设施辨识和均衡疏导方法；完成了场景驱动的城市轨道交通运营客流风险评估与防控技术的研究；

3) 首次界定了乘客异常行为和情绪特征及内涵，构建了基于纹理和人头检测相结合的场景自适应客流密度统计模型，研究了基于乘客异常行为和情绪融合的乘客自动跟踪与客流状态智能化辨识分级方法与技术，研制了城市轨道交通运营客流风险智能识别设备与管控平台。

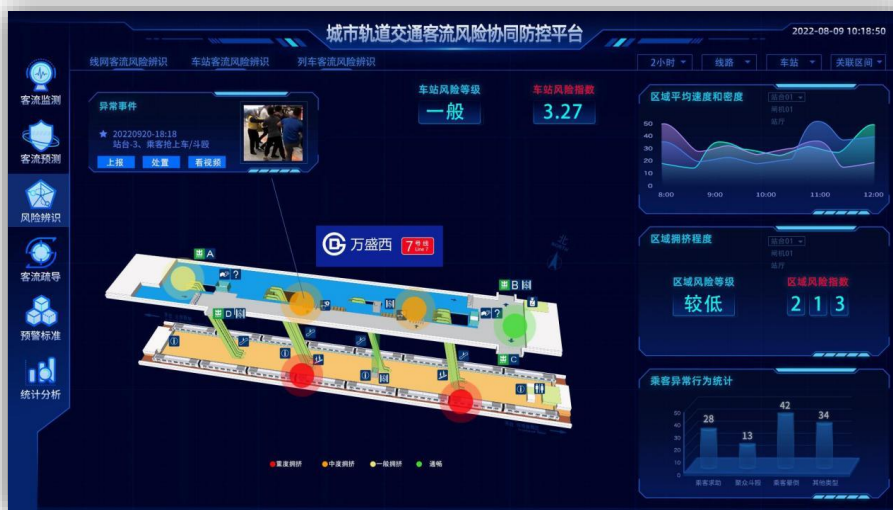


图1 城市轨道交通客流风险协同管控平台车站风险辨识及预警



图2 获奖证书

成果分享——科研项目

● 建筑垃圾全过程实时监测与智能管控技术研究

在“十三五”国家重点研发计划课题“建筑垃圾全过程实时监测与智能管控技术集成与示范”（批准号：2018YFC0706005）资助下，北京交通大学交通运输学院**毕军教授团队**针对“建筑垃圾产生-运输-消纳-资源化全过程智能监测和管控”问题开展研究，**研发出国内首套具有完全知识产权的产品级“建筑垃圾全过程实时监测与智能管控平台”**。该成果获得了**2项标准，7项软件著作权，发表了12篇学术论文**。到目前为止，平台在山东省济宁市城管局“数字城管指挥中心”持续稳定可靠运行。

课题研究了6大关键技术，包括建筑垃圾车辆运输路径评价与优化、建筑垃圾运输与处置的风险评价、建筑垃圾运输车辆轨迹地图匹配与路线偏离智能识别、基于数据融合的建筑垃圾运输节点管控、基于视频图像的建筑垃圾车辆冲洗状态智能检测与识别、以及建筑垃圾全过程电子联单管控技术。研发出的“建筑垃圾全过程实时监测与智能管控平台”主要由6大系统构成，包括建筑垃圾产生实时监测与智能管控系统、建筑垃圾运转车辆实时监控系统、建筑垃圾处理消纳场风险监测与预警系统、建筑垃圾再生品利用追踪系统、建筑垃圾运转处理电子联单管理系统、以及建筑垃圾全过程信息管理系统。平台采用前后端分离的Vue+SpringBoot微服务架构，具有非常高的服务稳定性和可扩展性，通过了中国软件评测中心的测试。课题研究实现了对济宁市任城区、高新区、太白湖新区的建筑垃圾产生-运输-消纳-资源化利用的全过程进行精准管控，共实时监测1169辆建筑垃圾运输车辆、151个工地、191个消纳场的工作状态。平台日均在线的建筑垃圾运输车辆数达476辆，平均每天存储30多万条车辆行驶轨迹记录。基于大量运行监管的数据分析，课题研究成果使得济宁市城管局的建筑垃圾精准管控率达到95%。

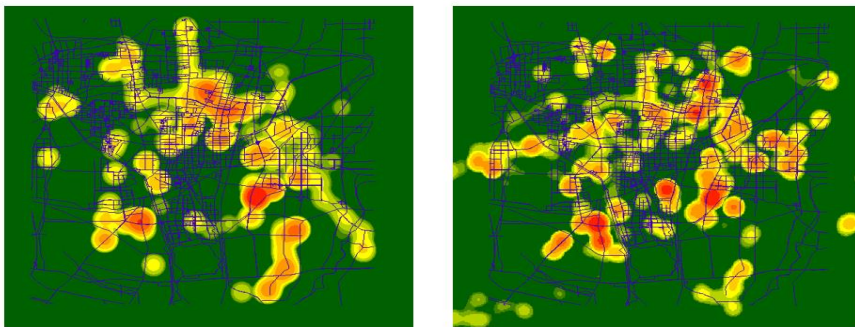


图1 济宁市建筑垃圾车辆运行空间分布热力图



图2 建筑垃圾产生源监测

● 动车组高级修送修计划优化研究——动车组高级修送修计划优化模型及其迭代算法

在国家自然科学基金铁路基础研究联合基金资助项目（批准号：U2268207）资助下，北京交通大学交通运输学院林柏梁教授团队针对动车组高级修送修计划优化问题开展研究，设计了考虑日均里程波动的动车组高级修送修计划优化模型及其迭代算法。该成果以“An iterative improvement approach for high-speed train maintenance scheduling”为题，于2023年发表在《Transportation Research Part B: Methodological》期刊上（交通运输领域顶刊，影响因子6.8），论文链接：<https://doi.org/10.1016/j.trb.2023.05.008>。

动车组高级修送修日期需依据日均里程来测算，但未来动车组的日均里程难以准确预测。此外，根据动车组在高级修送修计划中的送修日期和剩余里程，可测算出未来建议日均里程，该值不宜过大或过小。为此，本研究将动车组的日均里程设为一个波动范围，首先构造出松弛的动车组高级修送修时间窗。进一步地，建立了一个动车组高级修送修计划优化的线性0-1规划模型。模型以动车组损失的机会收益最小为优化目标，考虑了动车组的检修率、动车组检修基地的检修能力、接车能力、动车组高级修发生量、所有动车组建议日均里程的范围等约束条件。考虑到每列动车组不同时间点送修产生的建议日均里程波动范围较大，且高级修送修时间窗的设定会影响到模型可行解的产生，论文提出了一种迭代改进的策略，每次计算后生成建议日均里程超标的不可行动车组集，调整时间窗并重新优化模型，以期改进送修方案。

以中国铁路上海局实际的动车组数据为背景进行案例分析，最终方案中动车组的建议日均里程均落在日均里程波动范围内，且建议日均里程变化趋于收敛。最后，通过对日均里程波动范围进行灵敏度分析，讨论了范围扩大或减小时对迭代次数、不可行动车组数量的影响。

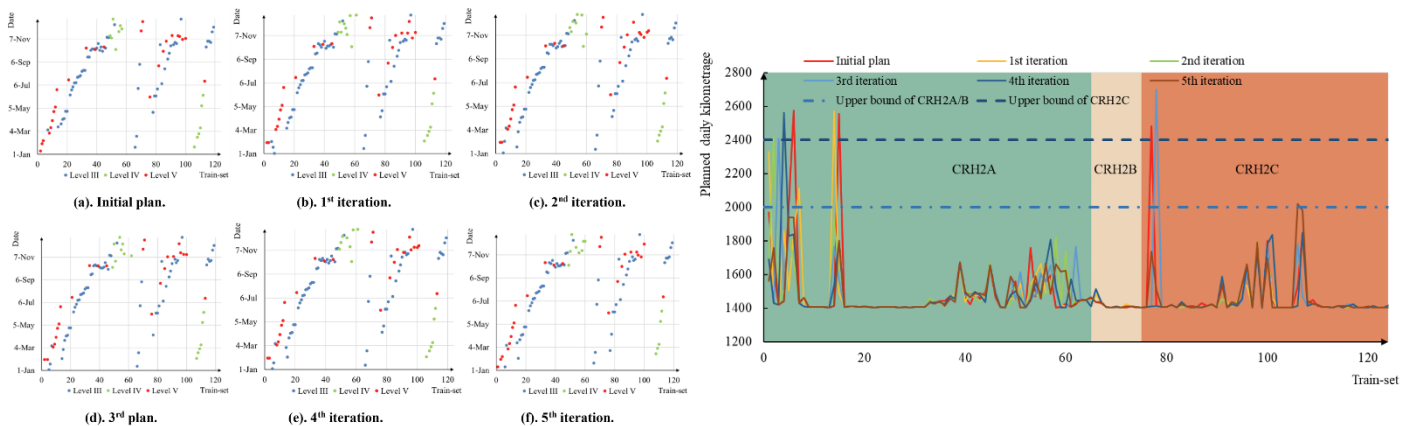


图1 迭代计算高级修送修方案

图2 迭代计算动车组建议日均走行里程

● 列车调度控制一体化精细化模型构建研究

在国家自然科学基金项目（批准号：72022003, 61790573）资助下，北京交通大学交通运输学院**孟令云教授团队**针对临时限速下高速铁路列车运行调整与速度曲线一体化优化问题开展研究，构建了混合整数规划模型求解该问题。**该成果以“Integrated speed modeling and traffic management to precisely model the effect and dynamics of temporary speed restrictions to high-speed railway traffic”为题，于2023年发表在《Transportation Research Part C》期刊上（交通运输领域顶级期刊，影响因子 8.3），论文链接：<https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104148>。**

文章研究了高速铁路运营发生临时限速扰动后，列车运行调整与速度曲线一体化优化问题。文章考虑微观路网（轨道区段/闭塞分区）以保证列车运行调整问题构建的精细度，并且考虑微观线路的细节以保证速度曲线计算的精细度。区间运行时间与列车安全间隔基于速度曲线进行改变，并同时影响列车运行调整结果。

文章构建了一个混合整数非线性规划模型以同时优化调整列车到发时刻、列车运行顺序、到发线运用、速度曲线。模型的目标为列车总偏离时间最短。构建的混合整数非线性规划模型求解较为困难，因此文章基于分段近似法将非线性约束进行重构，最终得到一个混合整数规划模型。文章设计了一个两阶段方法以加速模型的求解。

文章设计了三组案例（小规模线路、中规模线路、大规模路网）以测试构建的模型及算法的性能，并验证了列车运行调整与速度曲线一体化优化调整的优势。实验结果表明，相比于不考虑到发线运用调整的一体化优化方法，文章方法可以降低 3-36% 的列车总偏离时间；与分步优化方法对比，文章的一体化优化方法可以降低 6-9% 的列车总偏离时间。

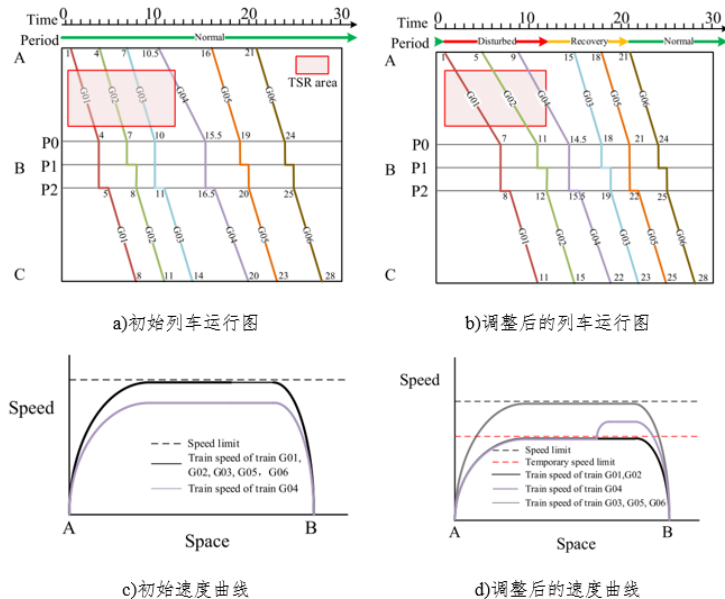


图 1 临时限速下列车运行调整与速度曲线一体化优化示意图

● 自动驾驶车辆编队阵型变换轨迹规划研究

在中国铁路总公司科技研究开发计划课题基金项目（批准号：P2018X011）资助下，北京交通大学交通运输学院魏玉光教授团队针对自动驾驶车辆编队阵型变换问题开展研究，设计了自动驾驶车辆编队阵型变换轨迹规划方法。该成果以“Centralized vehicle trajectory planning on general platoon sorting problem with multi-vehicle lane changing”为题，于2023年发表在《Transportation Research Part C》期刊上（交通运输领域顶刊，影响因子8.3），论文链接：<https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104273>。

自动驾驶编队在提升道路能力、安全性、舒适性、能源利用高效性、环保性等方面存在诸多好处。为适应交通环境的变化，编队常常需要变换阵型，但由任意阵型变换至另一任意阵型的一般化自动驾驶编队阵型变换问题缺乏相关研究。由于存在多车辆向不同方向同时换道，车辆冲突难以纾解的问题，自动驾驶编队阵型变换轨迹规划极具挑战性。鉴于此，本文提出了一种集中轨迹规划方法，将时间、空间、速度离散化，构建时间-空间-速度三维网络，以车辆对网络中弧的选择表示车辆对时空资源占用，以不兼容区域的安全约束纾解车辆占用时空资源的冲突，并以此建立多商品流模型。为解决大规模网络的求解问题，设计基于拉格朗日松弛与ADMM的分解算法，将所提模型分解为一系列子问题。实验结果表明，所提方法较现有方法能够实现更为高效安全的编队阵型变换过程；相比于SUMO仿真，在高车流量情况下可大幅节省车辆行驶时间。

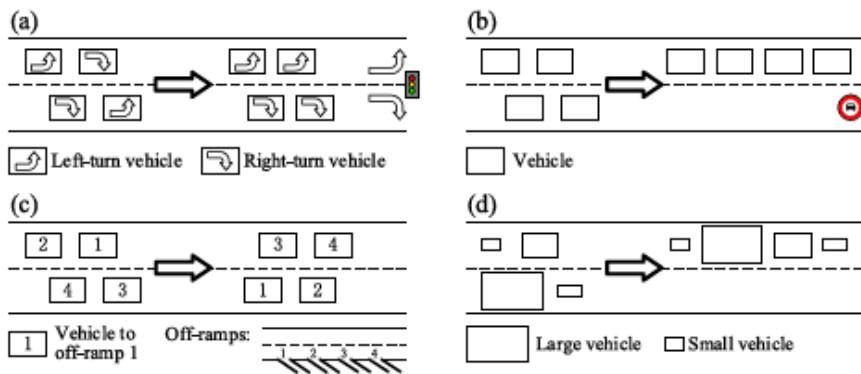


图1 自动驾驶车队排序示例

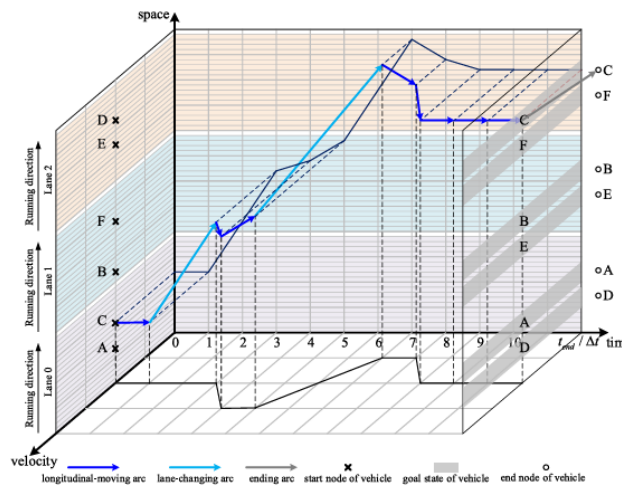


图2 时间-空间-速度网络

● 城市电动出租车系统换电设施布局规划研究

在国家自然科学基金项目（批准号：52172312、71931003、71801012）资助下，北京交通大学交通运输学院姚恩建教授团队针对城市电动出租车系统的换电设施布局问题开展研究，设计了包含换电行为决策和多智能体仿真的电动出租换电设施布局优化模型，并以天津出租系统为例进行模型验证和分析。该成果以“Deployment optimization of battery swapping stations accounting for taxis’ dynamic energy demand”为题，于2023年发表在《Transportation Research Part D》期刊上（交通运输领域顶刊，聚焦于交通与环境相关问题的研究，影响因子7.6），论文链接：<https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103617>。

目前有关电动汽车换电站部署问题的研究忽视了电池交换站布局对换电出租车日常性能的影响。本研究旨在提出一种电动出租换电站部署优化模型，以保证出租车的运输能力。为此，通过模拟电池更换行为、重构行程链和模拟换电站运行，预测换电出租车的动态换电需求。此外，还对换电站的部署进行了优化，以尽量减少换电损失时间。利用天津市9862辆出租车的日常轨迹数据，设置了六种情景，以阐明布局与服务水平、运输能力和环境效率之间的权衡。最优布局保证了98.1%的出租车运输能力，并减少了44.09%的碳排放。所采用的行为模型将网络均衡度从0.33提高到0.067。最后，也分析了行驶里程和充电速度在吸引和分配能源需求方面的作用。

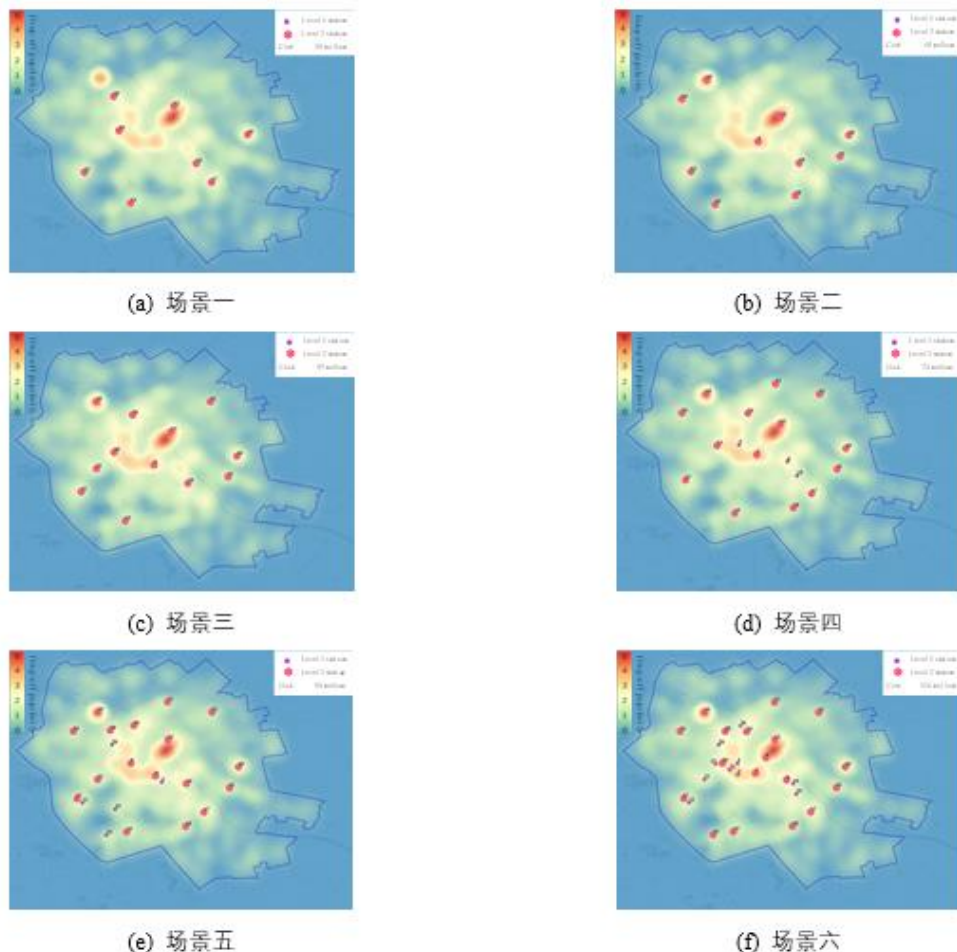


图1 不同场景下换电站布局结果

● 如何高效利用既有线客运系统资源开展铁路行包运输研究

在前沿中心项目“智能动态调度技术”（批准号：2022JBQY006）资助下，北京交通大学交通运输学院魏玉光和高攀教授团队针对如何高效利用既有线客运系统资源开展铁路行包运输进行了深入研究。该成果以“Freight transport using additional railcars attached to intercity passenger trains with transshipment and railcar circulation: Tabu-search-based Lagrangian heuristic”为题，于2023年发表在《Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review》期刊上（交通运输领域顶刊，影响因子10.6），论文链接：<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136654523002752>。

开发非高峰时段的铁路旅客运输网络以进行货物运输能有效减少道路拥堵和污染排放、避免货运网络能力扩张所需的高昂费用和土地限制。一种实现是在旅客列车尾部加挂额外的车辆以开展行包货运业务。为了达成行包货物与车辆在时空上的协调，该研究构建了基于行包货物层与车辆层的双层时空网络。货物层集成了货物发送、到达、和中转作业以其时间窗限制。车辆层描述了车辆于旅客列车间的换挂以及可能的空车辆调配作业。

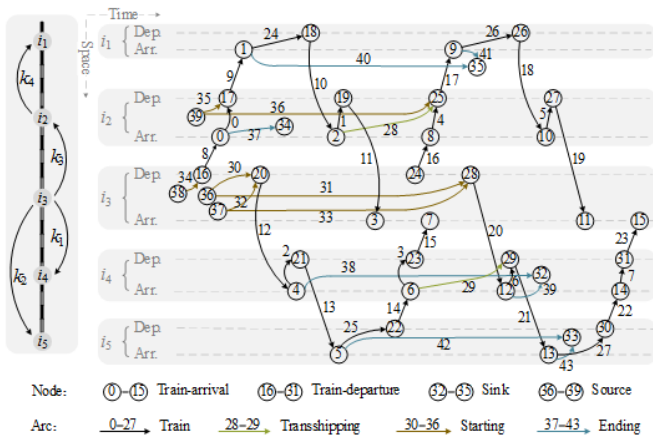


图1 行包层时空网络示意图

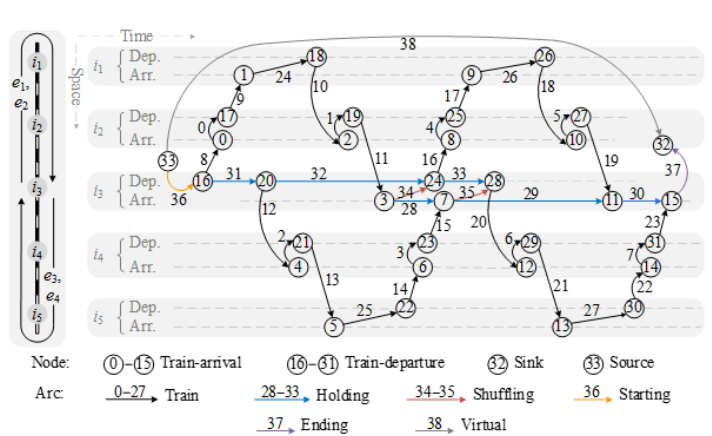


图2 车辆层时空网络示意图

基于上述时空网络构建，该研究以时空弧选择作为决策变量建立了0-1整数规划模型。模型约束涵盖了行包货物装卸能力限制、车辆加挂数量限制、货物与车辆间的供需耦合、以及网络流量守恒。

为了达成该模型的高效求解，原问题被拉格朗日松弛分解为最短路子问题。拉格朗日乘子和对偶界的近似解通过求解拉格朗日对偶获得。为了加速生成高质量可行解，该研究引入增广拉格朗日松弛和线性化技术并基于禁忌搜索设计了可行解启发式算法。该算法的计算性能在大规模实例上显著优于主流通用求解器 Gurobi。

成果分享——科研论文

● 城市轨道交通线网客流管控研究

在交通运输行业重点实验室开放课题基金项目（批准号：2021-APTS-04）资助下，北京交通大学交通运输学院**唐金金教授团队**针对城市轨道交通线网客流管控问题开展研究，设计了城市轨道交通客流管控方法。该成果以“Collaborative passenger flow control for an urban rail transit network”为题，于2023年发表在《Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering》期刊上（运输科技领域顶刊，影响因子11.5），论文链接：<https://doi.org/10.1111/mice.13046>。

在客运拥堵日益严重的情况下，客流管控已成为城市轨道交通运营管理的重要手段之一。然而，现有的客流管控策略是固定的，没有考虑客流时空变化的影响。针对上述问题，提出了一种城市轨道交通客流协同管控方法。首先，该研究分析了线网中乘客的时空分布。然后，构建城市轨道交通协同客流管控模型，以减少控制源点数量和管控乘客数量，并使瓶颈区间客流量尽量达到期望值。其次，在模型的基础上，建立了考虑时间维度的多层次网络。为了充分利用自适应学习率对模型进行求解，引入了一种前后向算法。基于小型网络的算例研究表明，该算法具有良好的收敛性。为了验证提出的方法的有效性，对成都地铁的客流进行了分析。结果表明，提出算法的目标函数值比梯度下降法计算的值低44%，比ADAM优化器计算的值低36%。且提出的算法的计算速度在可接受范围内。利用该研究提出的方法得到的客流管控策略能够有效减少受控乘客和客流来源点的数量，缓解瓶颈区间的拥堵。该研究有助于减少客流大规模聚集，避免因拥挤导致的列车故障，进一步提高城市轨道交通服务水平与乘客满意度。

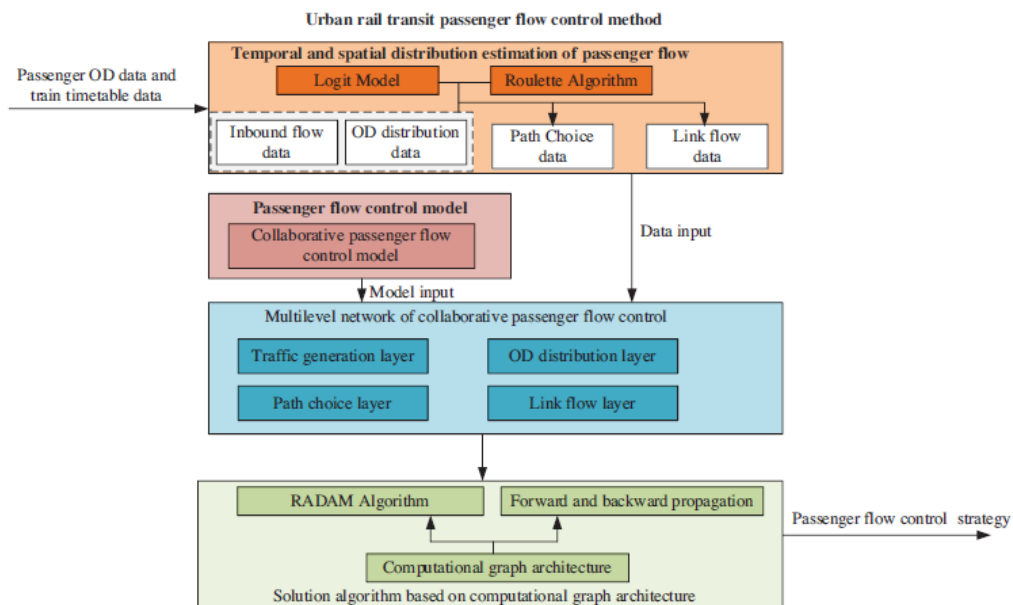


图1 城市轨道交通客流管控过程

● 我院学者首都高端智库成果研究取得进展

在首都高端智库决策咨询课题资助下，北京交通大学交通运输学院**吴亦政副教授团队**针对当前轨道交通与市郊铁路存在的数字化程度低、协同发展滞后等弊端，在制定市郊铁路与城市轨道客流接驳换乘数字化方案、市郊铁路与城市轨道交通深度融合等方面提出了重要建议意见。**该成果被北京市交通委采纳，并在《2023年市政府工作报告重点任务清单》文件中亦有体现。**

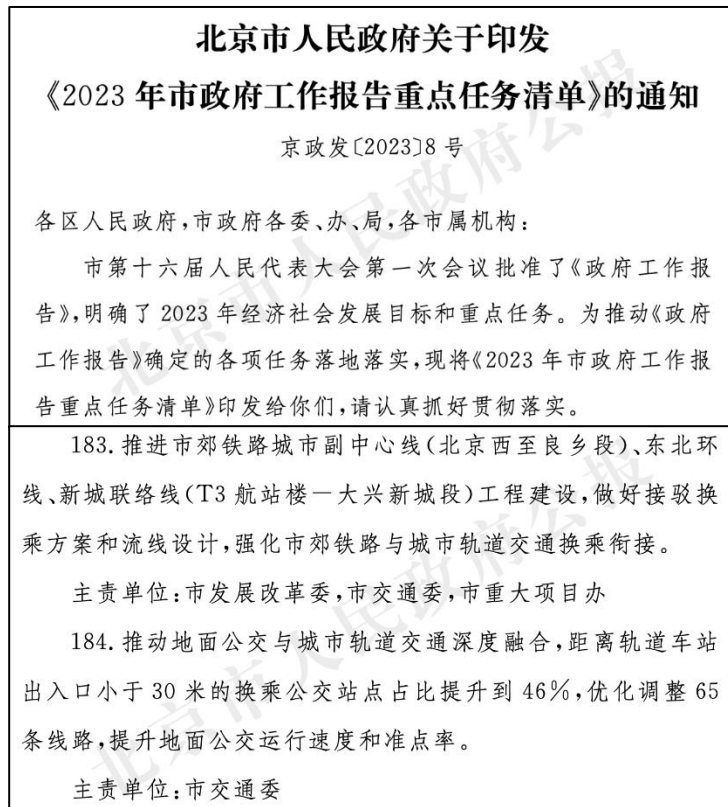


图1 我院学者智库成果在《2023年市政府工作报告重点任务清单》中有所体现

在大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术与交通行业深度融合的发展趋势下，探寻市郊铁路与城市轨道交通的数字化转型道路已成为交通领域实现智慧化运营的迫切需求。而当前轨道交通与市郊铁路仍存在数字化程度低、枢纽接驳弱、协同发展滞后、互联互通运营技术壁垒多等弊端，无法充分发挥推动轨道交通网络融合衔接、带动都市圈交通体系发展的骨干作用。基于此，本研究开展市郊铁路与城市轨道交通数字化运营方法研究，深入挖掘轨道交通出行个体精细化特征，分析乘客出行方式选择及客流转移动影响因素，进一步探索轨道交通线网融合布设技术。研究提出了“优化逻辑架构，实现数字化资源共享”“升级智能运维，优化数字化设备管理”“发展智慧客服，便捷畅通换乘服务”“精准客流预测，提供个性化信息服务”等的市郊铁路与城市轨道交通数字化运营发展建议将有助于加快构建市域快速轨道系统，为提升轨道交通服务水平和出行效率提供理论支持。



欢迎扫码留下您的联系方式，期待与您的合作及交流



交通运输学院官网

联系我们：

黄老师：010-51687075，huangmc@bjtu.edu.cn

孙老师：010-51687075，rjsun@bjtu.edu.cn

学院官网：<http://trans.bjtu.edu.cn/cms/>