



北京交通大学
BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY

2024年1-2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：

2024 年 1-2 月共完成科研项目立项 **47** 项。

其中：

——国家重点研发计划项目 **1** 项，国家重点研发计划-课题 **1** 项，国家自然科学基金“联合基金项目”**2** 项；

——北京市自然科学基金重点 **1** 项，北京市社科基金项目 **1** 项；

——国铁集团科技开发计划课题 **7** 项。

● 专利：

2024 年 1-2 月新提交专利申请 **4** 项，已获得授权专利 **4** 项。

● 软件著作权：

2024 年 1-2 月新提交软件著作权申请 **10** 项，已获得授权软件著作权 **11** 项。

学术讲座

● 国家自然科学基金申报院内经验分享会

交通运输学院 2024 年国家自然科学基金申报经验分享会于 1 月 10 日周三下午 14:30 在八教 8415 举办。会议特别邀请学院聂磊书记和董春娇教授做指导报告。

聂磊，2023 年联合基金项目获得者，累计主持 5 项国家自然科学基金项目；董春娇，2023 年面上项目获得者，青年千人计划入选者。

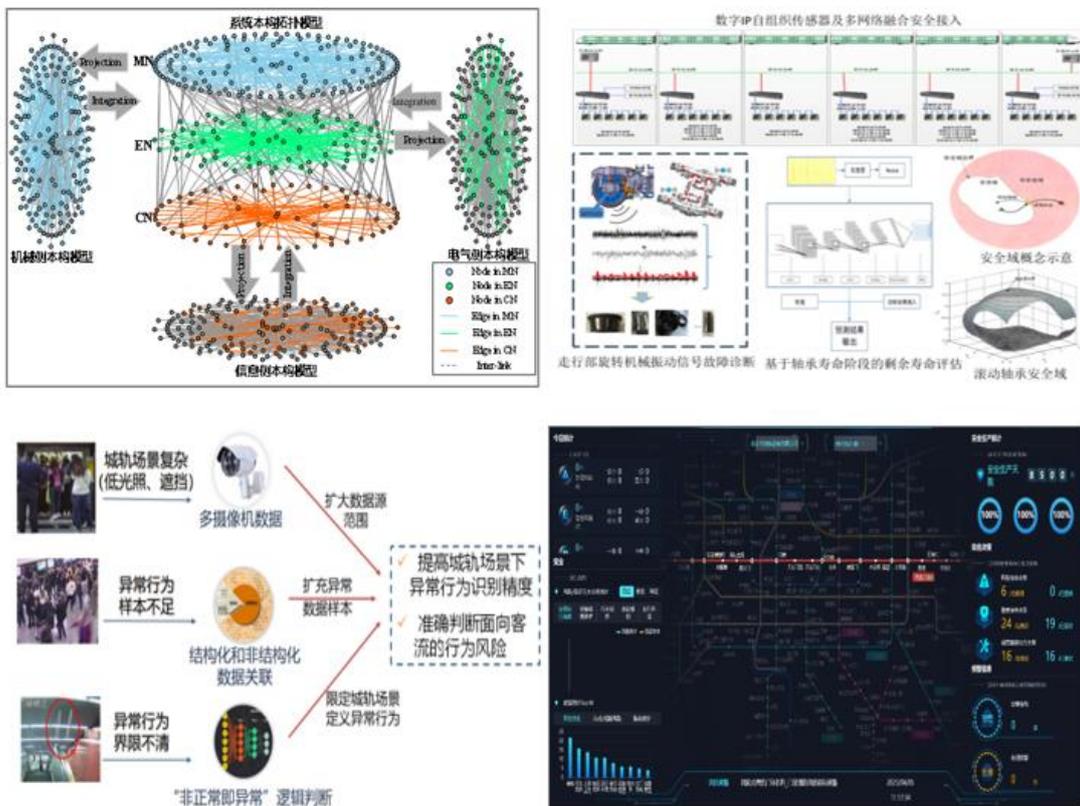
聂书记以《基于产品竞争力的高铁票价市场化浮动机制与优化方法研究》《大规模复杂路网条件下高速铁路周期化列车运行图编制理论与方法研究》两个联合基金的项目申报书和答辩 PPT 为例，深入浅出地指导年轻老师撰写申请书；董教授为大家讲解国家级项目的申报经验，提出要对接交通强国重大战略需求，充分发挥已有基础与优势。线下线上参会老师共计 60 余人，取得了良好的效果。



成果分享——科研获奖

● 城市轨道交通运营风险主动防控

在国家重点研发计划（编号：2016YFB1200402）资助下，北京交通大学交通运输学院**贾利民、王艳辉教授团队**聚焦对提高城市轨道交通运营安全水平、降低运营成本、提升服务品质和运营效能具有重大意义的瓶颈问题：城轨系统运营风险辨识、风险特征提取和全局安全态势评估推演，系统关键设施设备安全状态监测/检测、预测和预警，复杂时空场景下客流状态精准表达、智能辨识和综合评估，具有多层次关联推演防控功能和可信可行特征城轨系统安全风险主动防控成套装备研制与信息化平台构建；以实现科学、系统和精准高效的安全风险管控机制为目标，以“风险管控、超前防范”实际需求为导向，深入开展研究基于本构关系的风险发生、发展及演化机理，基于机理和故障/事故大数据的系统风险动态辨识方法、控制技术和策略，攻克城市轨道交通系统关键设施设备安全状态监测/检测技术，形成面向不同区域及场景下的客流风险辨识与评估方法，构建经实际应用验证、具有自主知识产权的城市轨道交通系统风险辨识与主动管控核心技术、关键系统装备、平台、管理模式和标准体系。**该成果“城市轨道交通运营风险主动防控关键技术与应用”获2023年度北京市科技进步奖二等奖。**



附：

我校获奖名单：贾利民（1）、王艳辉（2）、李曼（8）、马小平（9）；

成果分享——科研项目

● 城市群枢纽群运力协同组织研究

国家重点研发计划课题（批准号：2018YFB1601303）资助下，北京交通大学交通运输学院**姚恩建教授团队**针对面向城市群多模式客运枢纽高效能协同运营的组织及应急需求，研究枢纽间换乘客流的精准辨识和一体化监测技术、多场景换乘客流需求预测及分析、换乘需求与多模式交通系统耦合分析等关键技术，研发多模式交通网络中枢纽间客流运行态势仿真、多模式交通系统运力动态协同调度等基础技术，提出面向需求端非常态客流变化和供给端运输能力下降等异常环境下受影响客流识别及应急状态处置技术，实现枢纽间多模式交通系统的协同调度和换乘客流的主动保障，为提升城市群枢纽整体集疏散能力、提高系统运行效率等提供支撑。

该项成果共计发表了相关学术论文 16 篇，其中 SCI/SSCI/EI 检索 9 篇；申请专利 3 项、均已进入公开实审阶段；获得软件著作权 3 项；培养研究生 7 人；培养 1 人入选“北京市科学技术协会 2022 年-2024 年度青年人才托举工程”；相关标准《TITS 0177-2021 城市群综合客运枢纽间多模式交通系统运行风险评估方法》已由中国智能交通产业联盟正式发布。

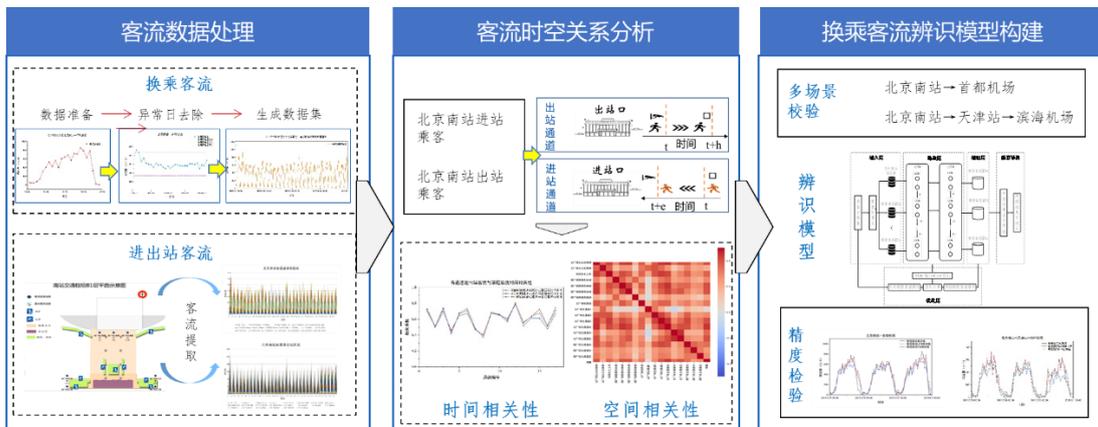


图 1 换乘客流的精准辨识与实时监测技术框架

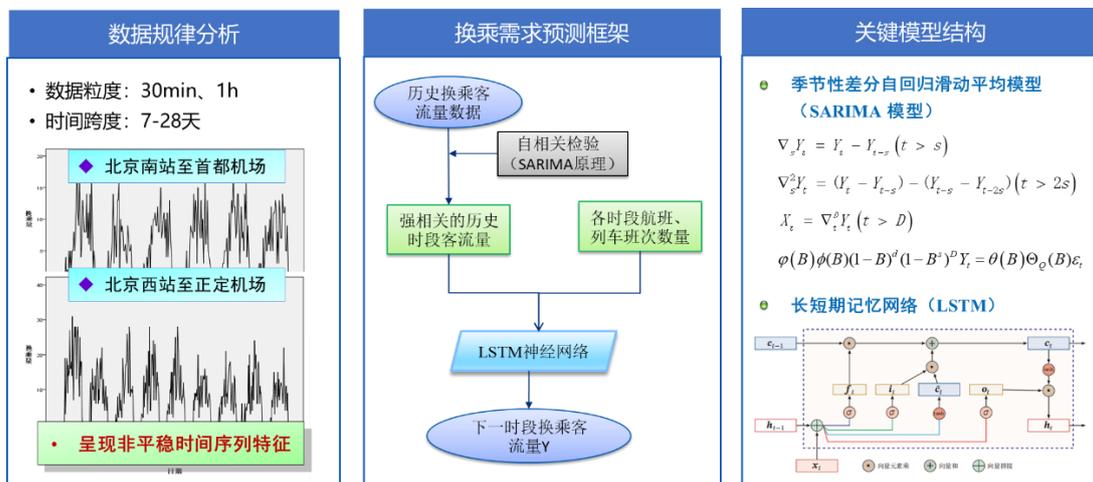


图 2 枢纽间换乘客流需求预测及耦合分析

● 可靠的公共交通动态无线充电基础设施部署问题

在国家自然科学基金项目（批准号：72371020，72288101）资助下，北京交通大学交通运输学院**王云副教授**团队针对电动公交车无线动态充电设施布局的问题，首次提出了二阶段鲁棒优化模型，并设计了 Column-and-constraint Generation (C&CG) 来进行求解。该成果以“Reliable dynamic wireless charging infrastructure deployment problem for public transport services”为题，于2024年发表在《European Journal of Operational Research》期刊上（交通运输领域顶刊，影响因子6.4），论文链接：<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.08.053>。

动态无线电能传输（DWPT）技术有着克服现有电动公交车有限里程缺点的潜力，该技术通过在电动公交车的运行中对电池进行充电，能够有效地提高电动公交车的利用效率，减少电动公交车的车队规模。本文研究了电动公交车系统中的 DWPT 设备的布局问题，旨在同时确定 DWPT 设备的数量、位置、电动公交车的电池容量以及电动公交车的充电规划。我们首先通过引入 special order set constraint of type 2 (SOS2) 将问题构建成混合整数线性规划（MILP）模型。接下来，该文章同时考虑能量消耗的不确定性和行驶时间的不确定性，提出了一个二阶段鲁棒优化模型。通过对所构建模型的结构和性质进行分析，该文章提出了基于 C&CG 的求解方法来精确求解该模型。为了验证模型和算法的有效性，文章最后基于新加坡国立大学的校内公交网络进行了测试。通过一系列的实验，证明了所提出算法和模型的可行性和有效性。最后还为未来 DWPT 设备的推广与布局提供了一定的管理意见，以提高公共交通系统的运营效率。

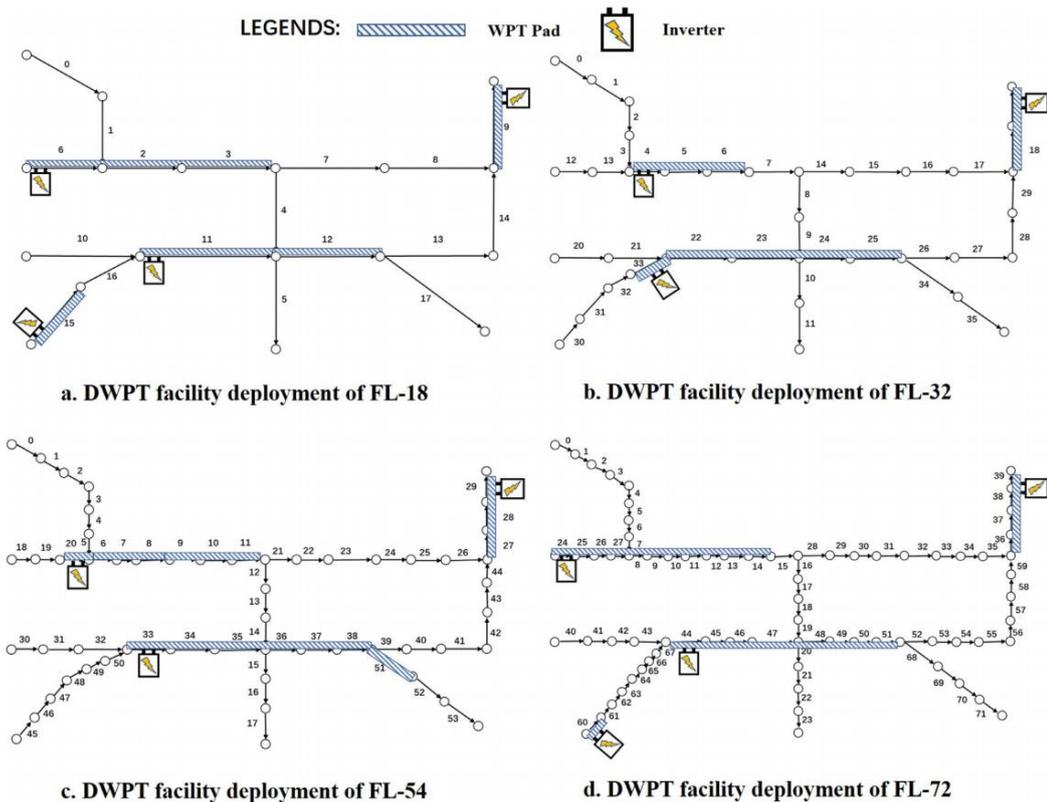


图 1 DWPT 设施部署方案

● 高速铁路快捷货物运输服务网络设计

在高铁联合基金项目（批准号：U2034208）资助下，北京交通大学交通运输学院朱晓宁、商攀教授团队针对高速铁路快捷货物运输服务网络设计问题开展研究，设计了多模式下考虑客货权衡的高速铁路快捷货物运输模式选择与货流分配方法。该成果以“Optimizing a shared freight and passenger high-speed railway system: A multi-commodity flow formulation with Benders decomposition solution approach”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.2023.03.012>。

为了充分利用高速铁路网络在承担客运业务后的剩余能力来运输小件快递货物，研究基于旅客列车时刻表构建二维时空网络，围绕多种运输组织模式的综合运用，基于列车载运系数引入服务惩罚成本以考虑各模式对客运业务造成的影响，以服务成本、货流运输成本最小化为目标，以运输组织模式选择、列车运输能力、节点作业能力、货物运到时限等为约束，构建高铁快捷货物运输服务网络设计和货流分配一体化优化模型。为了对模型进行有效求解，设计了一种 Benders 分解算法将模型拆分为服务网络设计主问题和货流分配子问题进行迭代求解，利用一种基于列池的近似方法来有效生成时空路径并获得良好的上界，提出了两种加速技术来加速算法。最后，以沪宁杭地区高速铁路网为背景构建 12 个场景，对所提方法进行了测试，结果表明两种算法加速策略的使用能够使平均求解时间分别减少 30.90%和 29.15%，同时，实例结果揭示了在不同列车载运系数、惩罚成本、运输组织模式和货运量的影响下，如何科学地设计服务网络来取得客货平衡。

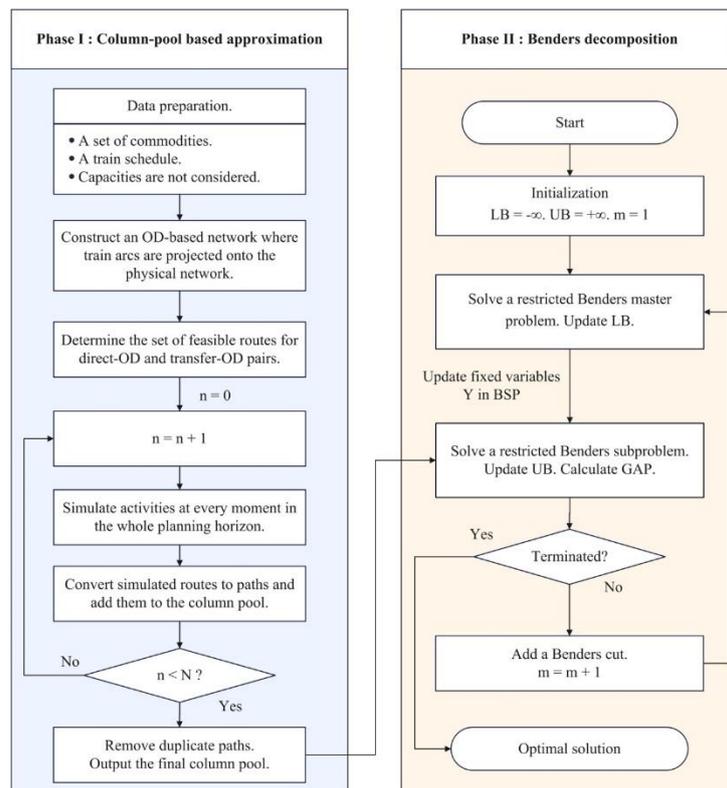
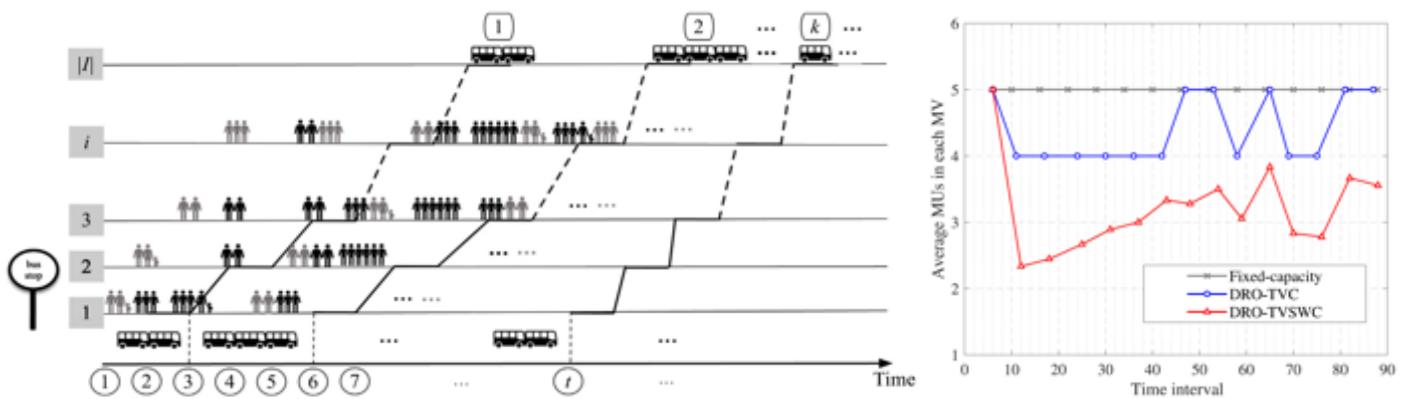


图1 基于列生成的 Benders 分解算法流程图

● 自动驾驶地面公交运行调度研究

在国家自然科学基金（批准号：72288101）等项目资助下，北京交通大学交通运输学院**张文义副教授**所在**马继辉教授团队**针对模块化自动驾驶公交时刻表编制问题开展研究，设计了一种数据驱动的分布式鲁棒公交线路时刻表和车辆编组计划的联合优化方法。**该成果以“Data-driven distributionally robust timetabling and dynamic-capacity allocation for automated bus systems with modular vehicles”为题，于2023年发表在《Transportation Research Part C: Emerging Technologies》期刊上（交通运输研究领域顶刊，影响因子8.3），** 论文链接: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104314>。

运行环境的动态不确定性和客流需求的时空异质性给城市常规公交运行计划编制提出了巨大挑战，也是当前公交运行计划适应性不强、可靠性差、效率低下的关键诱因。近年新发展起来的模块化自动驾驶车辆技术允许公交车车辆在路段行进中灵活解编重组、动态调整区段运能，为有效应对公交客流需求的时空差异、更好解决公共交通供需匹配提供了一种有前景的方案。有鉴于此，本研究基于新兴模块化自动驾驶公交车辆技术和运行场景，综合考虑动态站间旅行时间和动态不确定站点需求，面向常规单线路公交运行构建了一种数据驱动的分布鲁棒公交时刻表和车辆编组计划的联合优化模型，给出了模型在 Wasserstein 距离模糊集定义下的线性等价形式，并结合有效不等式设计了一种 L-shaped 求解算法。最后，以北京 468 路公交为背景，通过数值算例详细比较了不同车辆技术、编组策略和优化方法的计算效果，研究发现与实际容量固定车辆技术相比，模块化车辆技术可显著降低乘客等待时间和公交运营成本，并且站点级动态编组技术成效最佳；此外，分布鲁棒优化方法的综合效果也明显优于随机规划和鲁棒优化方法。



Model	Objective value (unit: \$)		Total number of utilized MUs
	Waiting costs of passengers	Operating costs of operators	
DRO-TVC	3707.411	930.566	81
DRO-TVSWC	3736.678	749.858	44
Objective improvement (%)	-0.789	19.419	45.679

图 1 研究问题描述（左上）、不同公交车辆技术/编组策略用车数量（右上）和多指标（正下）对比

● 公交-共享单车协同发展的建模研究

在中央高校基本科研业务费专项资金(批准号: 2021RC273)和国家自然科学基金(批准号: 72101017)资助下, 北京交通大学交通运输学院**罗斯达教授团队**针对 MaaS 理念下公交-共享单车系统联合优化设计问题开展研究, 探讨了在以公交为核心的出行服务系统优化建模中, 考虑乘客实际路径选择和单车利用率的必要性。**该成果以“Integrated design of a bus-bike system considering realistic route options and bike availability”为题, 于 2023 年发表在《Transportation Research Part C: Emerging Technologies》期刊上(交通运输研究领域顶刊, 影响因子 8.3)**, 论文链接: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104192>。

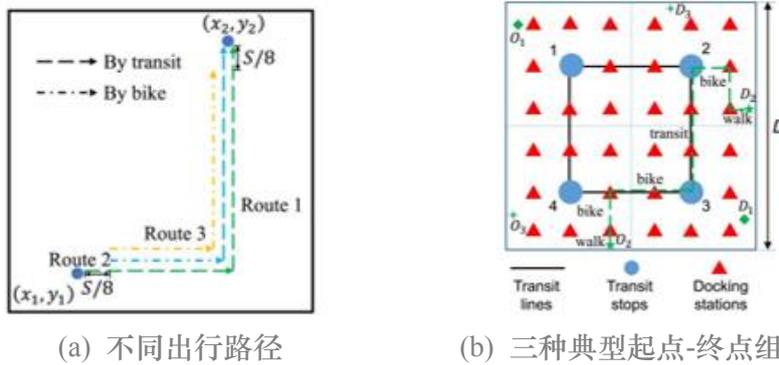


图 1 三周期应急物资选址及分配问题示意图

随着自行车共享系统不断推广, 共享单车(后简称“单车”)在中短距离出行方面与公共交通呈现出不同的竞合关系, 公交客流量逐渐受其影响, 现有公交线网布局亟需调整。因而, 如何进行单车与公交线网的协同优化, 将成为城市公共交通发展必须面对的科学问题。在以往公交-单车网络协同优化研究中, 通常假设(1)单车仅用作接驳公交; (2)乘客出行总能找到一辆单车; (3)乘客只能前往最近的公交站点乘车。然而, 这往往忽视了乘客出行的多样化路径选择以及单车可用性问题, 使得建模分析存在明显局限。

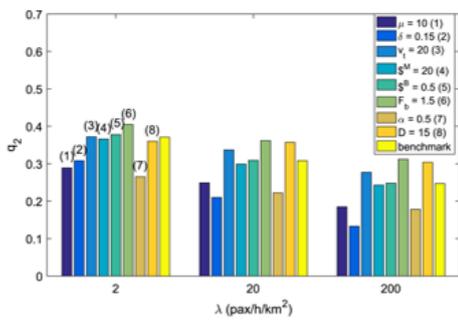


图 2 不同场景下选择骑行前往较远站点乘客比例

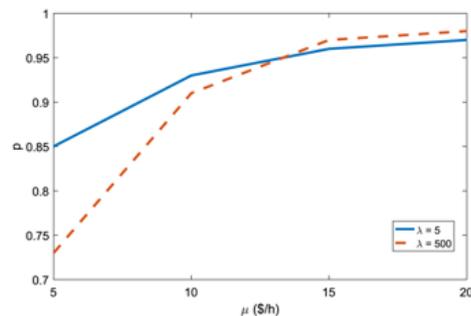


图 3 不同时间价值下的单车利用率(即出行者找到单车的概率)

本研究首先考虑乘客可以前往最近或较远的公交站点乘车以减少公交线路之间的换乘次数, 即存在多条单车接驳的出行路径; 同时建立单车利用率函数以描述乘客找到单车的概率, 该函数具有内生性, 使得单车利用率与单车车队规模及使用情况相互关联。然后, 基于简约连续建模方法, 本研究构建、求解和测试了公交-单车系统联合优化设计模型。结果显示: (1) 超过 20% 的乘客选择骑行前往较远而非最近的公交站点乘车; (2) 乘客找到单车的概率从未达到 100%, 在经济欠发达的城市, 该值可能会降至 80% 以下。

● 列车运行计划一体化研究

在国家自然科学基金项目（批准号：71971019）资助下，北京交通大学交通运输学院李得伟教授团队针对列车时刻表、编组计划和车底周转的一体化优化问题开展研究，设计了基于时空网络的多目标混合整数非线性规划模型。该成果以“Integrated optimization of demand-driven timetable, train formation plan and rolling stock circulation with variable running times and dwell times”为题，于2023年发表在《Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review》期刊上（交通运输领域顶级期刊，影响因子10.6002），论文链接：<https://doi.org/10.1016/j.tre.2023.103035>。

研究关注列车时刻表、编组计划和车底周转，传统的逐步优化不能有效平衡三方面成本，并且在资源有限的情况下，可能会为后一阶段提供不可行方案。且现有的列车运行计划一体化优化通常忽略运输系统中可变运行时间、可变停留时间和联挂/解编等变量元素。因此论文在考虑现实条件的情况下，对时变客流需求下的列车时刻表、列车编组计划和车底周转进行一体化优化研究。重点关注列车运行时间（即到达时间、出发时间、运行时间和停站时间）、编组方案和车底运用情况（包括车底周转和联挂/解编）。

论文考虑乘客成本和企业成本，提出了基于时空网络的多目标混合整数非线性规划模型，以最小化总乘客等待时间、列车数量、编组数量和联挂/解编次数，一定程度上打破了车底周转的时间限制，而且考虑了列车的联挂和解编操作，提高车底运用的灵活性。

为解决一体化模型中的非线性约束，论文根据模型结构和决策变量的性质，通过逻辑线性化和分段线性化，将非线性整数规划模型转化为线性化整数规划模型；并通过模糊规划将维度不一致的多个目标函数量化为单个目标函数，使乘客成本和运营商成本同时实现最小化。

为验证论文中一体化优化模型的有效性，论文进行实例研究，结果表明与多阶段优化相比，论文所提出的一体化优化模型可以有效减少车底使用数量，提高车底利用率。另外，研究还有效解决了只有一个车辆段以及可用车底数量有限情况下的车底数量短缺问题。

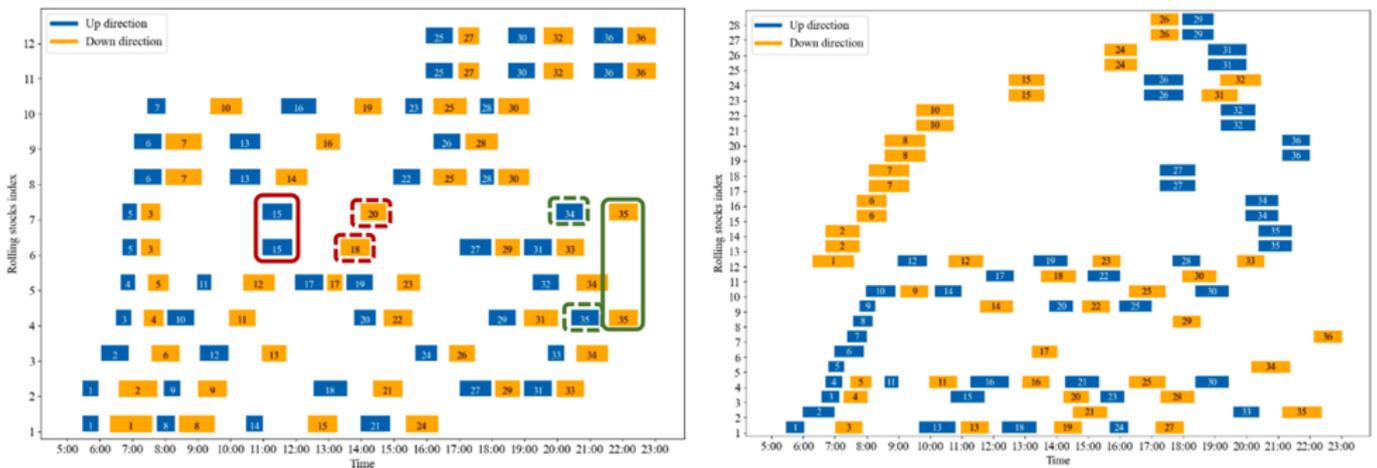


图1 一体化优化（左）和分步优化（右）得到的车底周转方案

成果分享——智库成果

● 世界级机场群比较研究，推进京津冀机场群协同发展的建议

在首都高端智库项目《世界级机场群比较研究》（批准号：ZKKT027）资助下，北京交通大学交通运输学院李艳华教授团队就世界级机场群多维度发展进行比较研究，推演归纳世界级机场群的发展规律，针对京津冀城市群陆、海、空资源特点，提出进一步推进京津冀机场群协同发展建议，并就在更大范围上深化陆海空协同提出思考。该成果被市委办公厅《北京信息》（调研与参阅）第13期采用刊登，获得北京市社科联、北京市社科规划办的成果采用通报。



图1 我院学者智库成果在市委办公厅《北京信息》（调研与参阅）第13期中有所体现

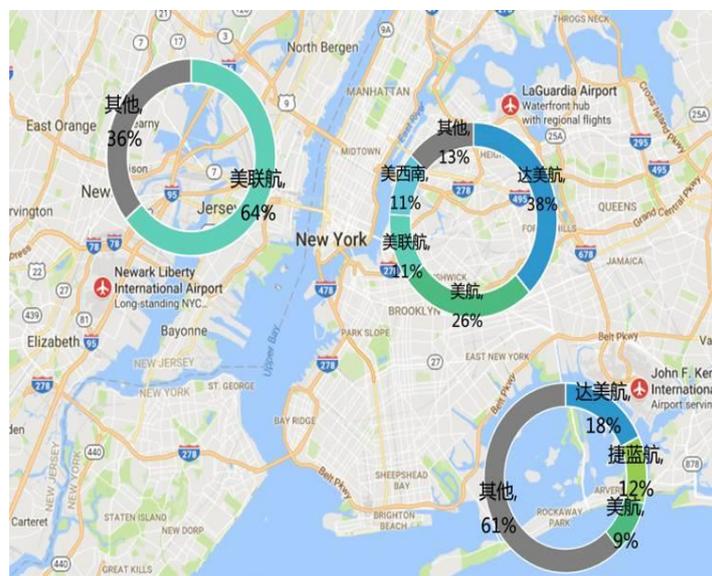


图2 纽约机场群的基地航空公司市场份额情况

成果分享——行业标准

● 铁路超限超重货物运输标准

在国家铁路局和国铁集团的大力支持下，北京交通大学作为第一起草单位，交通运输学院韩梅教授团队联合其他起草单位共同对《铁路运输货物堆码标准》（TB/T 1937—1987）进行了修订，形成了铁道行业标准《铁路货物装卸安全技术要求》（TB/T 30009-2023），2023年7月14日由国家铁路局发布，于2024年2月1日实施。

铁道行业标准《铁路货物装卸安全技术要求》（TB/T 30009-2023）主要技术内容包括：

1. 铁路货物装卸作业安全通用要求，包括线路作业安全、装卸车和货物堆码安全、车辆使用安全、高处作业安全、电气安全、暑期和防寒期作业安全等。
2. 铁路货物装卸作业人员要求。
3. 铁路货物装卸设备设施、工具及备品要求。
4. 铁路货物装卸机械作业要求，包括通用要求、各类装卸机械操作要求、司索指挥要求、机械交接检查要求、机械检修作业要求等。
5. 铁路货物装卸人力作业要求和汽车作业要求。
6. 主要货物品类装卸作业要求。
7. 铁路货物装卸作业中的应急处理。
8. 装卸放射性物质容许作业时间及作业安全距离要求。



图1 《铁路运输货物堆码标准》标准

编辑 | 黄美晨 孙仁杰
校对 | 何世伟
审核 | 孟令云



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/>