



北京交通大学
BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY

2024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



运输人物

● 秦勇：轨道交通运营安全的守护者与奋进者

秦勇，二级教授，博士生导师。北京交通大学先进轨道交通自主运行全国重点实验室副主任（主持日常工作），运营主动安全保障与风险防控铁路行业重点实验室主任，北京市城市交通信息智能感知与服务工程技术研究中心副主任。兼任《International Journal of Smart and Resilient Transportation》国际期刊主编、国家重点研发计划“综合交通运输与智能交通”重点专项总体专家组专家、中国智能交通协会轨道智能运输系统专委会副主任兼秘书长、中国电工技术学会轨道交通电气设备技术专委会副主任兼秘书长等社会职务。

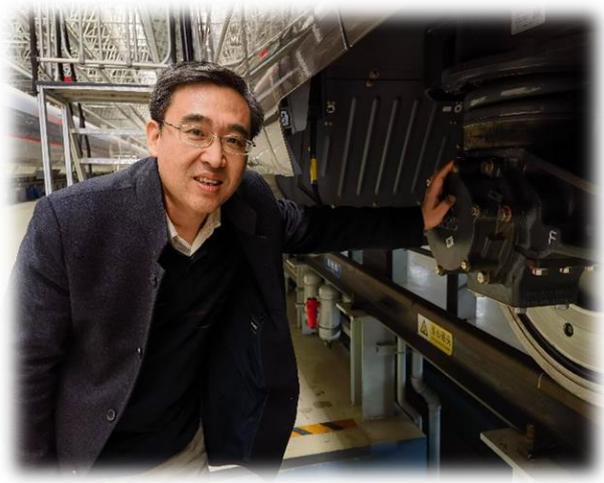


不忘初心，守护轨道交通安全

秦勇于 1989 年考入上海铁道大学，自上海铁道大学信号控制专业毕业后，怀揣着以知识改变中国铁路现状的梦想，他毅然选择了继续攻读硕士学位，并在铁道部科学研究院完成了交通信息工程与控制博士学位。自此，他的职业生涯与轨道交通安全与控制结缘，至今已有 25 年以上。在铁道部科学研究院工作期间，秦勇很快晋升为电子计算技术研究所副总工程师，负责智能铁路与行车安全保障相关科研工作。因科研成果出色，受北京交通大学邀请加入交通运输学院并建设轨道交通控制与安全国家重点实验室近 18 年，23 年参与组织重组优化先进轨道交通自主运行全国重点实验室，任副主任，主持日常工作至今。

铁路是国家战略性、先导性、关键性重大基础设施，是国民经济大动脉，在经济社会发展中的地位和作用至关重要。交通强国提出了要建设“安全、便捷、高效、绿色、经济的现代化综合交通体系”，安全作为第一目标凸显了其重要性。秦勇表示：安全保障是轨道交通运营最核心的竞争力和永恒主题。他一直致力于我国高速、高原、高寒以及复杂艰险铁路安全保障技术创新工作。2000 年前后，秦勇带领团队承担了当时最繁忙客运线-沪宁线提速后的安全技术保障工作，并成功实施了中国铁路首个行车安全综合监控中心系统，为中国铁路第五、六次大提速提供了有力支撑并在全路推广成功经验。后来秦勇还参与了青藏铁路的建设，作为运营安全监控中心技术负责人，带领团队克服高海拔、恶劣自然环境等挑战，建成了具有完全自主知识产权的高原铁路运营安全综合监控中心系统，为青藏铁路的顺利开通和一流建设管理做出了突出贡献。2014 年，为保障高寒高速铁路运营安全，秦勇带领团队在寒假东北最冷时节，前往哈尔滨铁路局双城北高铁综合维修基地，对高铁暴风雪防灾检测技术进行现场试验验证，出色完成了铁路总公司重大科研项目。在 2016 年-2022 年期间，秦勇教授带领其团队开发铁路专用无人机自主巡检系统，经过多年的努力，终于攻克了工务、供电、周边环境等铁路场景巡检难题，为铁路基础设施状态修模式的建立提供了技术支撑，促进了铁路新质生产力的发展。

运输人物



敢为人先，自主创新引领发展

25 年来，秦勇一直从事轨道交通系统健康管理与安全保障领域的教学、科研及工程应用工作，主要针对轨道交通系统健康管理及运营安全保障面临的监测信息覆盖不全、诊断辨识精度不高、应急处置协同能力不强等技术难题挑战，攻克了列车在途监测预警、基础设施无人机自主巡检、路网协同应急响应等核心理论方法与技术。在列车自供电传感、车载自主持续学习故障诊断、铁路空基智能巡检分析等模型方法方面实现了原始创新，率先研发出列车走行部在途智能诊断预警设备、高铁基础设施无人机自主巡检成套装备以及轨道交通运营突发事件协同应急响应系统，构建出轨道交通主动安全保障技术体系；并在复兴号动车组、京沪高铁、青藏铁路、北京/广州城轨路网指挥中心等现场示范推广，显著提升了轨道交通系统安全保障技术水平，为空车地一体化的轨道交通主动安全保障新模式建立做出了突出贡献。

秦勇的相关理论技术成果得到国家自然科学基金委重大/重点/国际合作/面上、国家重点研发计划、国家 863 计划等近 20 项国家省部级纵向项目支持，总经费近亿元。曾获国家科技进步二等奖、国家安全生产科技成果一等奖、中国智能交通协会技术发明一等奖、北京市科技进步二等奖、铁路重大科技创新成果等奖励 15 项。以第一作者出版《Active Safety Methodologies of Rail Transportation》等中英文专著 7 部，发表 SCI/EI 论文 150 余篇，其中 ESI 高被引论文 5 篇；授权中国发明专利 43 项/美国专利 2 项，并获瑞士日内瓦、德国纽伦堡、美国硅谷等多项国际发明金奖；制定国家行业及地方标准 5 项。获国家万人计划科技创新领军人才、俄罗斯工程院外籍院士、教育部新世纪人才、茅以升科学技术奖等学术称号。

知行合一，传薪递火引梦前行

秦勇时常以身作则，亲自率领团队成员深入到铁路运营的最前线，无论是深夜天窗期调试，还是铁路偏远现场数据采集，都留下了秦勇辛勤探索的足迹。在这过程中，秦勇教授不仅关注科研成果的先进性，

运输人物

更注重其在实际操作中的可行性与实用性，为现场提供了一系列技术解决方案，有效解决了许多长期困扰铁路部门的技术难题。在培养人才方面，秦勇始终秉持严谨治学的态度，注重同时培养学生的创新思维和实践能力。他耐心细致地解答学生的疑问，鼓励学生勇于探索未知领域，不断挑战自我，把论文写在中国的大地上。在他的指导下，学生们不仅在学术上取得了显著进步，还在实践中和人生成长方面积累了宝贵经验。近年来多名博士研究生获得了国家奖学金、北京交通大学知行奖学金以及北京市应急管理领域优秀博士生、IEEE 可靠性协会学生成就奖等称号。培养的多名毕业学生已在科研院校评上高级职称与博导，继续延续铸魂育人的理念。同时，秦勇还积极组织学术交流与合作，与国内外同行保持密切联系，共同探讨轨道交通领域的前沿技术和发展趋势。多年来主持了中国工程院国际工程科技战略高端论坛“高速铁路安全保障与治理”、IEEE 全球可靠性和预测与健康国际学术会议以及连续多届中国智能交通大会智能轨道交通论坛、轨道交通电气与信息技术国际学术会议等，推动加强了该领域的持续发展和创新驱动理念。



在未来的道路上，秦勇将继续秉持知行合一的理念，以更加饱满的热情和坚定的信念，投身于轨道交通教育科研事业中，为轨道交通安全运营和行业发展贡献自己的力量。

本月成果

- **项目：**

2024 年 11 月共完成科研项目立项 **44** 项。

其中：北京市自然科学基金“京津冀专项”项目 **1** 项，国家铁路局项目 **1** 项。

- **专利：**

2024 年 11 月新提交专利申请 **10** 项，授权 **1** 项。

- **软件著作权：**

2024 年 11 月新提交软件著作权申请 **7** 项。

学术活动

- 交通运输学院在 2024 年 INFORMS 年会中斩获双冠

在 2024 年美国运筹学与管理科学协会（INFORMS）年会上，交通运输学院师生在铁路应用分部（Railway Application Section，简称 RAS）举办的学生论文竞赛（Student Paper Competition）和问题求解竞赛（Problem-Solving Competition）中勇夺桂冠，双双斩获一等奖。此次获奖，为 INFORMS RAS 历史上首次有研究团队在同一年包揽这两项赛事的一等奖，这一成就充分展示了我院在轨道交通领域的研究实力和专业素养。

作为 INFORMS 下属分部，RAS 始终致力于推动运筹学与管理科学在铁路运输中的应用，每年主要面向全球学术界和工业界举办两类赛事：

(1) 学生论文竞赛：自 2002 年首次举办以来，学生论文竞赛面向全球范围内的研究生，征集兼具理论创新与实际应用的高水平学术论文。经过领域内的专家严格评审最终评选出三名优胜者，并邀请他们在 INFORMS 年会上作口头汇报。近年来，获奖论文均发表在《Transportation Science》、《Transportation Research Part B: Methodological》和《Transportation Research Part C: Emerging Technologies》等交通运输领域顶尖期刊，彰显了该竞赛的学术影响力及其对行业发展的推动作用。

(2) 问题求解竞赛：自 2010 年以来，该竞赛旨在解决铁路运输生产中的实际问题，推动学术研究与实际应用之间的深度融合。每年，RAS 都会面向全球轨道交通学术界与工业界广泛征集最具挑战性的前沿问题。今年的竞赛主题是《Optimize Switching in a Flat Rail Yard（铁路平面调车作业优化）》，聚焦于如何在铁路调车场中优化列车编组作业。参赛队伍需针对不同规模的三个算例，设计出在多种问题情境和限制条件下都能高效快速求解的创新算法。该赛事不仅强调了参赛者的创新能力，更是考验参赛者如何将铁路现场的实际需求融入到运筹优化模型与算法。

学术活动

(1) INFORMS RAS 学生论文竞赛第一名:

作品名称: «Integrated Optimization of Train Makeup Problem and Resource Scheduling in Railway Shunting Yards: A Hybrid MILP-CP Approach with Logic-Based Benders Decomposition»

参赛队员: 韩霏然

指导教师: 孟令云、栾晓洁、苗建瑞、廖正文

作品简介: 论文结合铁路货运编组站的组织模式, 构建了混合整数规划模型, 设计了 Logic-based Benders 分解算法, 并利用约束规划重构子问题, 有效降低了求解难度。在对模型的数学性质分析的基础上, 讨论问题的最优性和对称性, 通过设计多种 Logic-based Benders cut 模拟了编组站内车流组织与场站作业的交互逻辑。**该论文荣获 2024 年 INFORMS RAS 学生论文竞赛的第一名。**

(2) INFORMS RAS 问题求解竞赛第一名:

作品名称: “A novel reward-driven 0-1 integer programming for optimizing railroad flat yard switching: A sequential decision approach?”

团队名称: RailSparks-BJTU

参赛队员: 韩霏然、胡云、潘钰雯、郑然斐

指导老师: 栾晓洁

作品简介: 系统地构建了一套刻画平面调车作业的理论方法, 提出了一种调车作业网络 (Shunting Action Network) 及相应的整数规划模型。在算法设计中, 通过延迟约束, 在保证调车线长度约束的前提下加速求解过程, 根据问题特点设计了对称性破除约束, 来避免无效的搜索以及合并钩计划, 并提出了一种序列决策优化框架, 将复杂的调车作业过程分解为多阶段关联的决策子问题。

经过初复两轮赛程的结果验证和线上答辩, 队伍成功入围最终名单, 并受邀到西雅图进行现场汇报。最终, RailSparksBJTU 队从四支决赛队伍中脱颖而出, 获得 2024 INFORMS RAS 问题求解竞赛第一名, 这也是自 2010 年 RAS 首次举办求解竞赛以来, 我校首次以独立和第一单位身份荣获该奖项。



学术活动

● 交通运输学院与德国维尔道应用科学大学成功举办科研合作对接会

2024年11月13日，交通运输学院与德国维尔道应用科学大学工程与自然科学学院成功举办线上科研合作对接会。此次会议旨在拓展联合科研领域，深化科教融合，推动科研反哺教学，从而进一步提升交通运输学院教育国际化水平与人才培养质量。会议由德国维尔道应用科学大学 Christian Liebchen 教授和交通运输学院唐源洁副院长共同主持，两校多位教授参会。



Christian Liebchen 教授简要介绍了会议的举办背景，以及双方于今年8月签署的谅解备忘录内容，并期待以此次会议为契机，促进两校开展更多合作。

来自德国维尔道应用科学大学工程与自然科学学院的 Ralf Kohlen、Martin Lehnert、Christian Liebchen、Jens Wollenweber、Cristian Rudolph、Erdmann Ralf 教授，北京交通大学交通运输学院乐逸祥教授、张琦教授、许心越教授、栾晓洁教授分别介绍了他们的研究方向和成果。研究领域涉及铁路运输、交通工程、物流工程等，展现了双方在科教融合方面的巨大合作空间。

● 交通运输学院与河北高速交警、云星宇公司“智慧交管联合实验室”签约仪式顺利举行

2024年11月26日上午，交通运输学院与河北省公安厅高速公路交通警察总队、北京云星宇交通科技股份有限公司在石家庄顺利举行了“智慧交管联合实验室”签约仪式。交通运输学院副院长唐源洁、河北高速交警总队总队长张凤龙、云星宇公司董事长王占军等出席签约仪式。



唐源洁副院长指出，警校企联合实验室的合作模式是适应新时代发展的新模式，是提高专业人才培养、推动产学研用一体化的重要途径，希望三方能够携手同行、深度合作，在各自专业领域中挖掘更多的合作潜力，书写警校企合作的精彩篇章。

张凤龙总队长指出，联合实验室是警校企合作的纽带，是研、建、用综合体，是深研“专业+机制+大数据”新警务模式的孵化器，必将高质、高效推动我省高速公路管理事业。

王占军董事长表示，此次三方合作，本着“实战经验与科技创新深度融合，试点应用与成果转化协作共赢”的合作意愿，共同开展科技创新工作，三方将充分汇聚智慧和力量，推动高速公路交通管理工作提质增效，更好地满足人民群众对安全、顺畅、舒适出行的新期待、新要求。

● “大师面对面”名师讲坛——科技革命与产业变革：新时代下的强国梦

2024年11月15日下午，由学校研工部主办，交通运输学院承办的“与大师面对面”名师讲坛在科学会堂进行，国家制造强国战略建设咨询委员会委员、中国标准化专家委员会顾问及国家标准化战略实施专家咨询委员会执行主任委员纪正昆部长讲授题为《当代高新科技：催生国之重器，赋能制造业与质量强国建设》的学术报告。



在报告中，纪正昆部长深入浅出的阐述了当代高新科技在国家发展中的重要性。他指出，前沿技术不仅加速了诸如载人航天器、探月探火、深海潜水器等一系列国之重器的诞生，更在制造业领域发挥了巨大的赋能作用，推动了国家整体竞争力的显著提升。

在谈及质量强国建设时，纪部长特别强调了标准化的核心地位。他提到，标准是衡量质量的重要标尺，通过制定和实施高标准，可以有效推动产业转型升级，提升产品和服务的质量水平。同时，他还分享了中国在标准化建设方面取得的显著成就，以及未来在推动制造强国和质量强国建设的战略规划和实施路径。

● “大师面对面”名师讲坛——绿色智能道路运输车辆运用的思考与探索

2024年11月20日上午，由学校研工部主办，交通运输学院承办的“与大师面对面”名师讲坛在科学会堂进行，交通运输部公路科学研究院汽车运输研究中心周炜开展主题为《绿色智能道路运输车辆运用的思考与探索》的学术讲座。



本次讲座聚焦“零碳化汽车运输服务”和“智能化汽车运输服务”两个方面。在零碳化方面，周炜主任围绕公路货物零碳运输领域，聚焦道路运输装备零碳技术发展，以运输模式的成本和效率为核心，分析了当前我国公路货运领域充电、换电、受电（电气化公路运输系统）以及氢燃料等四种零碳技术路线的特点及适用场景；结合当前公路货运领域零碳技术的应用情况及典型案例，深入探讨了当前在推广应用中所面临的瓶颈；从技术发展、标准助力、政策推动等方面提出了我国公路货运领域零碳化发展的相关对策，为交通运输行业零碳化发展提供技术支撑。

在智能化方面，周炜主任讨论了自动驾驶汽车商业化应用现状，分析制约自动驾驶汽车规模化应用的突出问题；从车辆技术、车辆使用、从业人员、企业管理、行业监管等5个方面，提出了与现阶段自动驾驶技术相匹配且符合现行法律法规要求的自动驾驶汽车从事道路运输服务经营活动的应用条件。

成果分享——科研获奖

● 城市轨道交通运营风险主动防控关键技术及应用研究

北京交通大学交通运输学院**王艳辉教授团队**针对城市轨道交通运营风险主动防控问题开展研究，设计了数据与模型融合驱动的城轨交通运营系统多效应耦合关系物理侧本构拓扑网络模型，形成了覆盖多系统、全要素的静态风险点集库，发明了风险动态辨识、风险链构建、潜在风险链群建模等技术，形成了覆盖“个体-群体-客流”各粒度对象的“场景-行为-状态”融合驱动的乘客及客流风险实时智能精准监测/检测和识别预测技术，研发了覆盖乘客身份特征与异常形态的身份精准辨识装备体系，识别准确率达99%，首创了“感知-辨识-治理-管控-救援”的城轨交通安全风险管控新模式，构建了基于矩阵式主动安全防控体系和系统分层递阶循环管控模型，研制了国内首套具有自主知识产权的城轨交通安全风险主动防控平台及装备，成果累计授权各类专利成果52项，至今已在北京地铁等国内二十余家地铁线路公司得到推广应用，实现了城轨交通运营安全管理领域的体系化、标准化、专业化与信息化。**该成果“数据与模型融合驱动的城市轨道交通运营风险主动防控关键技术及应用”获2024年度中国智能交通协会科学技术奖-技术发明奖二等奖。**



图1 奖励证书

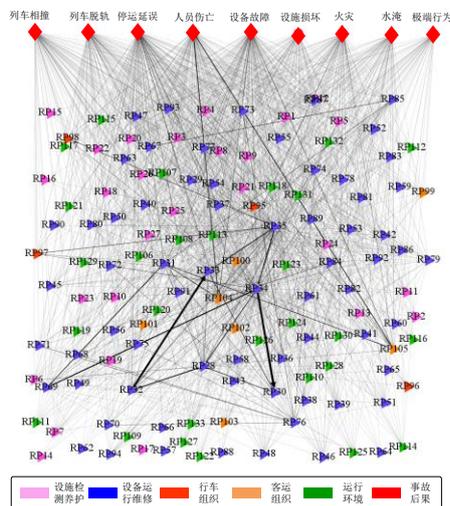


图2 城轨交通系统风险链群

● 高速铁路列车开行方案研究

在中央高校基本科研业务费专项资金（批准号：2022JBQY005）等项目资助下，北京交通大学交通运输学院**聂磊教授、乐逸祥教授、付慧伶副教授团队**针对高速铁路列车开行方案优化问题开展研究，设计了一种在有限资源供给条件下实现多层次列车服务与多样化旅客需求有效匹配的方法。**该成果以“How to optimize train lines for diverse passenger demands: A line planning approach providing matched train services for each O-D market”为题，于2024年发表在《Transportation Research Part A: Policy and Practice》期刊上（交通运输领域顶刊，影响因子 6.3），**论文链接: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2024.104154>。

尽可能满足旅客的出行需求是提升铁路运输竞争力的关键，然而在有限的铁路资源下，巨量且多样化的客流需求让铁路运营商进行市场决策变得困难。例如，是否需要为所有客流 OD 提供直达服务，如何权衡列车停站次数与服务范围，如何聚焦高收益旅客群体，哪些客流 OD 可以被降级服务？既有的列车开行方案优化方法通常同质化地看待旅客，或者根据旅行目的或服务类型划分简单的旅客群体。本文将每个客流 OD 视为独立的 OD 市场，基于各 OD 市场的特点，提出了一种基于 OD 灵活服务水平的列车开行方案优化方法。基于集合覆盖问题（SCP），考虑铁路运营商和旅客的利益，构建了双目标混合整数线性规划（MILP）模型。除了数量需求，每个客流 OD 的多类服务质量需求，如旅行速度、直达或换乘、服务频率、票价等，都被视为大站停、大-中站停、大-中-小站停的多个层级列车将要“覆盖”的对象，以实现更准确的供需匹配。面对多样旅客需求和有限铁路供给之间的潜在冲突，设计了一系列柔性约束来实现灵活的供需匹配。通过这种方式，铁路运营商可以验证不同的市场营销策略（如优先长距离 OD、优先大客流 OD、优先高收益群体 OD、优先优势竞争距离 OD 等不同类型 OD 客流需求的满足）以及多种策略之间的组合，并就哪些 OD 市场应该改善、维持或降低服务水平做出营销决策。以京沪高速铁路为案例研究背景，评估了周期列车开行方案在多种策略场景下的运营和服务指标，讨论了性能差异，并阐述了不同市场策略带来的启示；此外，还通过优化提高了实际非周期列车开行方案的服务水平。结果表明，提出的方法可以有效地生成基于定制营销策略的列车开行方案，并提高实际列车开行方案对多样化客流的服务水平。在旅客需求日益多元、OD 市场特征差异化日益明显的发展趋势下，为铁路部门制定列车开行方案提供了新思路。

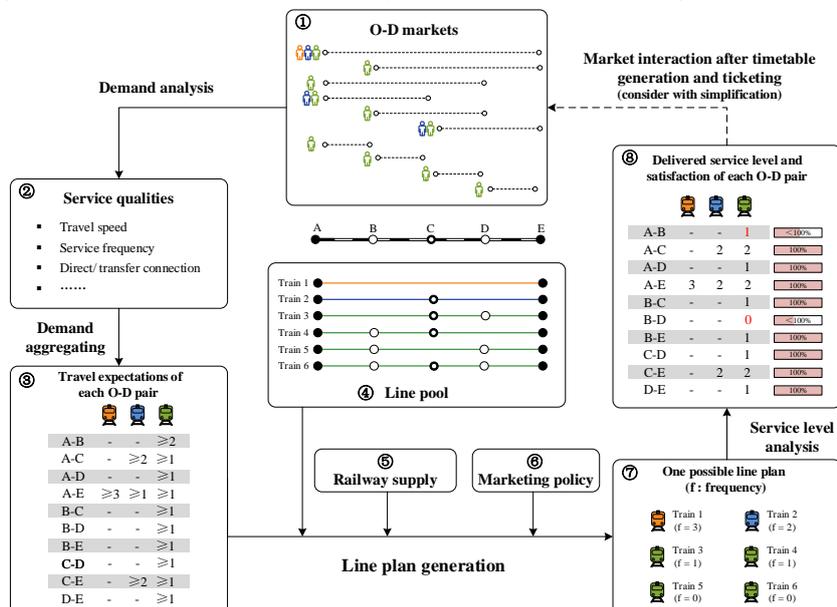


图1 基于 OD 服务水平的列车开行方案优化思路

● 自主式道路交通系统研究

在国家重点研发计划课题（批准号：2023YFB4302703）资助下，北京交通大学交通运输学院**姚恩建教授**团队针对智能网联混合交通流环境下的无信号交叉口管控问题开展研究，设计考虑驾驶风格和车间通行权博弈的交叉口管控方法。**该成果以“Decentralized human-like control strategy of mixed-flow multi-vehicle interactions at uncontrolled intersections: A game-theoretic approach”为题，于2024年发表在《Transportation Research Part C》期刊上（交通运输领域顶刊，影响因子7.6），论文链接：**<https://doi.org/10.1016/j.trc.2024.104835>。

随着自动驾驶车辆渗透率的逐渐提升，未来的道路交通系统可能长期处于人工驾驶车辆和自动驾驶车辆等类型车辆所构成的混合交通流场景。为应对该场景下无信号交叉路口的管控问题，考虑集中式车辆轨迹规划算法在无信号交叉口应用的局限性，研究提出基于车间通行权博弈的分布式交叉口管控方法。

研究提出基于非完全信息假设的主从博弈模型框架以刻画不同类型车辆间的通行权博弈机制，并对模型解的存在性进行理论证明。另外，研究提出基于贝叶斯模型参数动态校准算法对博弈效用函数中的相关参数进行校准。

研究结果显示，研究所提出的算法可以精确重现特定场景下的车辆轨迹。在保障通行安全的前提下，自动驾驶车辆更能够充分地利用交叉口时空资源，使得算法控制下的交叉口比传统停车让行和信号控制交叉口具有更优的通行效率。

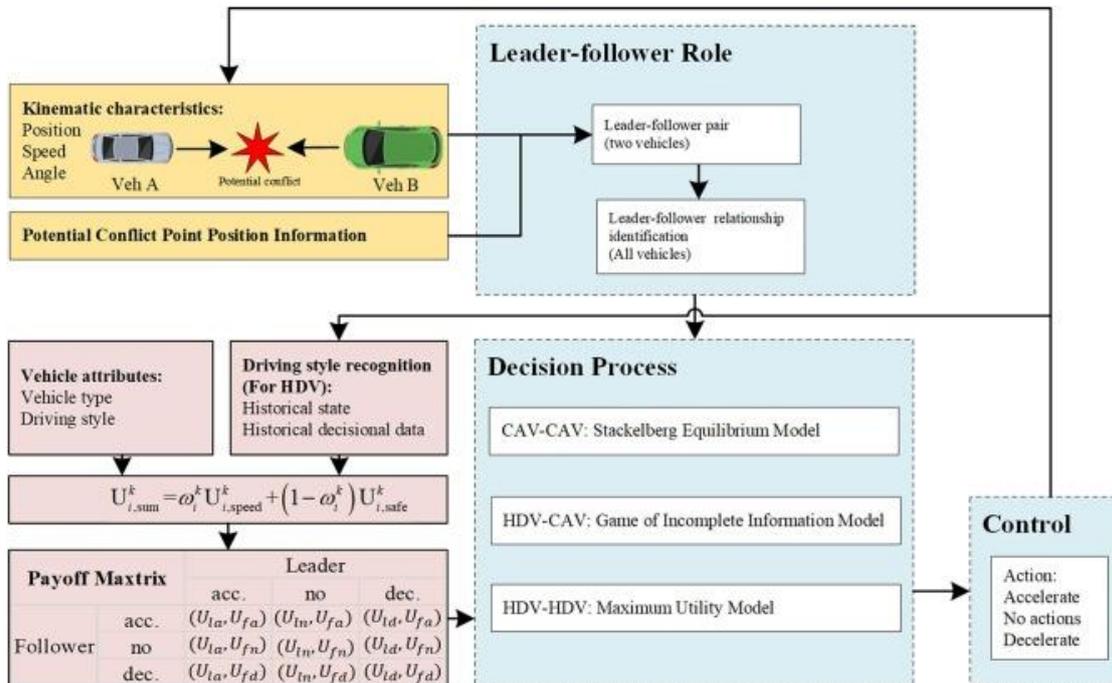


图1 模型框架示意图

● 重型车能耗排放研究

在国家自然科学基金(批准号: 71871015、71901018)、国家重点研发计划(批准号: 2018YFB1600701)和中央高校基本科研业务费(批准号: 2022YJS058)资助下,北京交通大学交通运输学院**宋国华教授**、**吴亦政副教授**团队针对重型货车能耗建模问题开展了深入研究,解释了车辆动态载重对能耗的显著影响,并设计了一种基于深度学习的多尺度能耗模型。该成果以“Fuel consumption estimation in heavy-duty trucks: Integrating vehicle weight into deep-learning frameworks”为题,于2024年发表在《Transportation Research Part D: Transport and Environment》期刊上(交通运输领域顶刊,影响因子 7.6), 论文链接: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104157>。

重型货车使用强度大,能耗和排放水平高,是能源消耗和污染物排放的主要来源之一。在实际行驶条件下,重型货车频繁的载重变化给能耗排放建模带来了显著的不确定性。针对这一问题,研究基于大规模的重型货车瞬时能耗和运行工况数据,分析了车辆动态载重对实际驾驶条件下能耗排放特性的影响,明确了不同载重条件下的车辆能耗变化规律。研究提出了一种融合发动机功率输出特性与深度学习框架的多尺度能耗模型,结合车辆速度、加速度、载重等多维输入特征,实现了对重型货车能耗特性的精准建模和预测。结果表明,与载重为5吨的基准车辆相比,当车辆总重量为15-25吨和45-55吨时,其能耗率将分别增加290%和755%。相较于传统的VSP模型和VT-Micro模型,研究建立的深度学习模型实现了明显的准确度提升,瞬时能耗率的平均预测误差降低至9.81%,行程级能耗预测误差降低至1.49%。此外,该模型在不同速度、加速度及载重条件下表现出更高的稳定性,克服了传统物理模型在复杂动态环境下易失效的局限性。

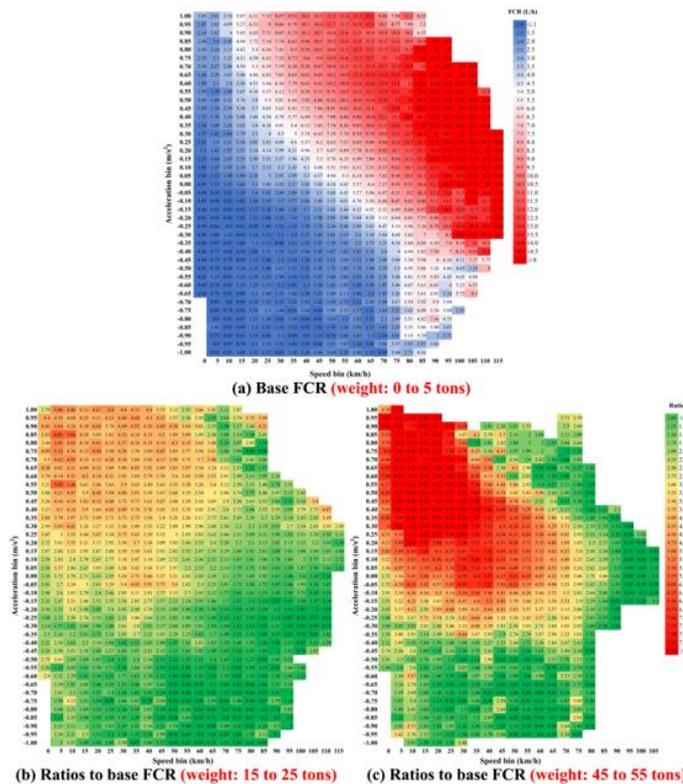


图1 车重对不同行驶工况条件下货车能耗的显著影响

● 公共交通需求管理与优化

在国自然铁路基础研究联合基金项目（批准号：U2368211）资助下，北京交通大学交通运输学院**栾晓洁教授**针对多模式公共交通系统中基于“群体优化”路径选择策略的需求管理问题开展研究，探索如何通过乘客协作和公共交通实时信息共享，平衡公共交通网络的负载分布，设计了“群体优化”路径选择策略（social rerouting strategy）以提升网络运行效率并缓解拥挤状况。**该成果以“Passenger Social Rerouting Strategies in Capacitated Public Transport Systems（考虑能力约束的公共交通乘客‘群体优化’出行策略）”为题，于2024年发表在《Transportation Research Part E》期刊上（交通运输领域国际顶级期刊，影响因子8.3），论文链接：<https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103598>。**

本研究针对当前许多公共交通系统无法快速应对需求波动的问题，提出了一种基于“群体优化”路径选择策略的动态需求管理策略，通过建议部分乘客改变出发时间、线路或交通方式，实现系统负载的时空优化分布。在研究中，构建了基于 Stackelberg 博弈的优化框架，将社会目标与个体行为动态响应相结合。上层优化负责确定“群体优化”出行路径的建议内容，而下层模型模拟所有乘客的行为响应，并构建了混合用户均衡模型（Mixed User Equilibrium），从理论上证明了均衡解的存在性和优化方法的适用性。

研究基于瑞士苏黎世地区和荷兰特文特地区的公共交通网络进行实证分析。苏黎世案例展示了策略在“多模式、高频次”网络中的优化潜力，而特文特案例则验证了方法在“低频次、路径有限”网络中的适用性。实验从“群体优化”策略的可实现性和可维持性进行了分析，结果表明，该策略能够通过较小规模的乘客配合（10%参与率），实现显著的系统效率提升。此外，实验结果还证明了乘客之间的“协作”和信息共享对改善网络效率的重要性，特别是在大规模网络中，乘客行为的同步“调整”对实现系统最优尤为关键。通过集中协调的信息策略和乘客间的“协作”，不仅可以在突发事件中有效分配客流，还能在高需求情况下提升公共交通系统的运行效率和服务水平，为公共交通运营提供了新的需求管理思路。

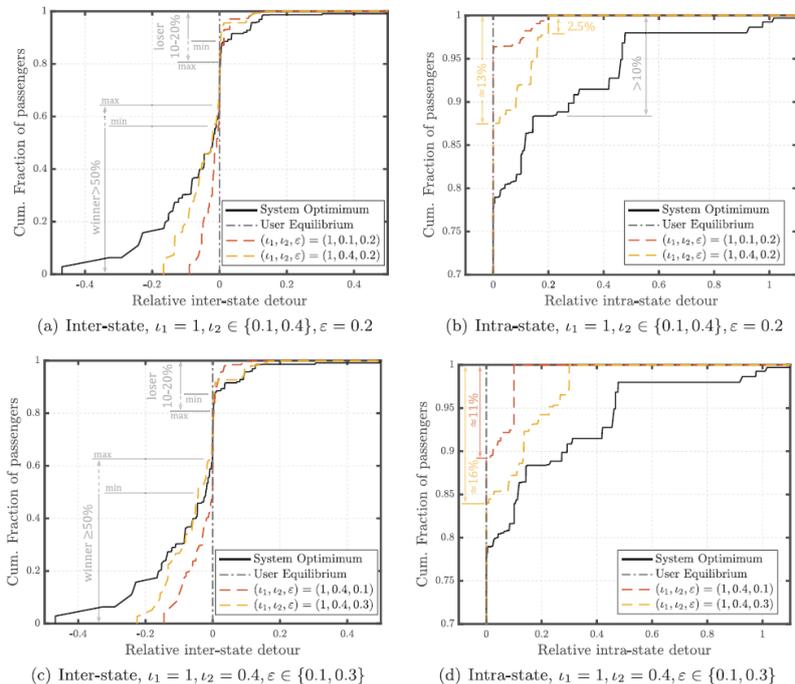


图1 “群体优化”策略的可实现性与可维持性分析

● 城市轨道交通突发事件下应急接驳公交服务优化研究

在国家自然科学基金项目（批准号：72371020，72288101，71931003，72401014，52225209）资助下，北京交通大学交通运输学院王云副教授团队针对城市轨道交通突发事件下应急接驳公交服务优化问题开展研究，提出了一种能够耦合滞留乘客出行方式选择的应急接驳公交线路规划、频率设计、乘客路径分配及车辆资源配置的协同优化方法。该成果以“Optimizing bus bridging services with mode choice in response to urban rail transit emergencies”为题，于2024年发表在《European Journal of Operational Research》期刊上（运筹与管理领域顶刊，影响因子6.0），论文链接：<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.11.042>。

城市轨道交通突发事件时有发生，造成乘客出行延误、安全隐患激增等严重后果。地面公交对于应对城市轨道交通突发事件有着极为重要的作用，能够有效疏散滞留乘客，规避二次风险，同时能够桥接中断网络，保障运输接续。设计高效便捷的应急接驳公交服务是实现快速疏散滞留乘客、减小事故影响、保障交通安全的关键。然而，滞留乘客多变的出行行为会导致应急接驳公交服务需求波动，给服务优化带来了极大的挑战。因此，本文针对城市轨道交通局部网络中断的情况，构建了考虑换乘等待时间、在车时间及出行费用因素的出行效用函数，构建了耦合出行方式选择的混合整数非线性优化模型，协同决策方式选择、路径分配、线路设计、频率确定、车辆配置，并设计了基于禁忌搜索和分支定界的两阶段最优化求解方法 (opt-tabu)。此外，提出了一种类似于具有资源约束的k-对基本最短路径问题 (k-APESPPRC) 的候选线路集合生成新方法，并设计了基于 label setting 算法和 Lawler 算法的精确求解方法，能够有效平衡计算速度和求解质量。基于香港地铁网络，对该方法的有效性和高效性进行了检验，结果表明，与仅考虑标准接驳和端点站往返接驳相比，所提出的方法可以大大提高滞留乘客疏散效率，减少乘客换乘等待时间；此外，应急接驳公交服务质量可以得到较大提升，更多滞留乘客愿意选择‘轨道交通+应急公交接驳’出行方式；面向实际运营需求，所提出的 opt-tabu 搜索方法可以在几分钟内快速实时响应，生成高质量解决方案。

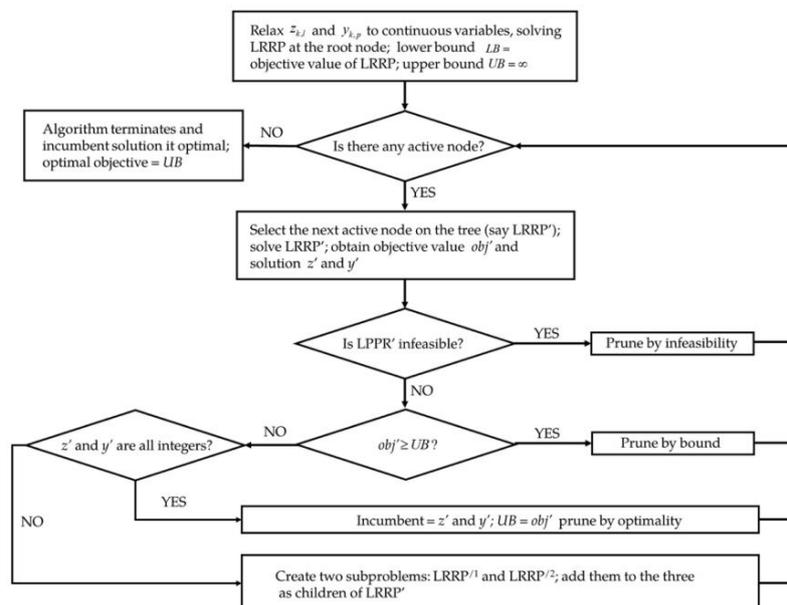


图1 分支定界流程图

成果分享——智库成果

● “完善城市公交市场化运营机制”相关智库成果研究

北京交通大学交通运输学院姚恩建教授团队针对完善城市公交市场化运营机制开展研究，阐述了一系列改善企业经营，激发公共交通发展活力的措施。该成果获得了中国广播电视总台内参中心采用。

长期以来，我国坚守城市公共交通的公益性。为此，作为城市公共交通的经营主体，公共交通企业在政府补贴下长期实施低票价的政策。然而，随着小汽车的发展，以及网约车、共享单车等新业态的涌现，公共交通客流量持续下降，伴随着日益增长的运营成本，政府补贴难以弥补公共交通企业维持公共交通社会属性的支出成本，导致公共交通企业面临连年亏损、经营困难等问题。因此，对于公共交通企业而言，在保障公共交通社会属性的前提下，如何引入先进的管理方法和技术手段，实现交通运输主营业务的降本增收，如何引入市场化经营模式，围绕“公共交通+”拓展经营业务实现增收，对改善企业经营，激发公共交通发展活力有重要意义。为此，本研究在厘清城市公共交通企业经营窘境的基础上，从企业的主营业务和拓展业务两方面剖析企业经营困难的致因，在保障公共交通公益性的基础上，提出如何融合商业属性以改善企业经营的有效举措。

从优化公共交通企业主营业务运营俩看，建议形成在政府监管下引入市场竞争的公共交通经营体系，同时构建以城市轨道交通线网为骨干，分级公交线网为支撑的多模式公共交通网络，降本增效。另外，引入市场化力量，建立以需求为导向的多元化运营模式体系，并改革形成政府指导下市场化票价机制。从公共交通企业对外拓展业务来看，应推进开发全流程规范、多方协同、互惠共赢的 TOD 发展模式，促进站城一体化，同时，探索充分利用闲时运力、存量资源的“公共交通+”模式，发挥公共交通企业存量资源的最大化。

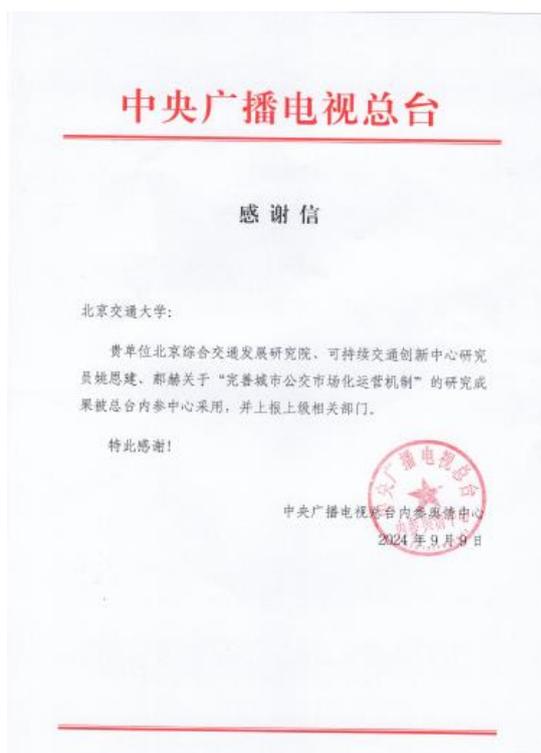


图 1 □ “完善城市公交市场化运营机制”相关智库成果获得中国广播电视总台内参中心采用



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：010-51682004, huangmc@bjtu.edu.cn

孙老师：010-51682004, rjsun@bjtu.edu.cn

学院官网：<http://trans.bjtu.edu.cn/cms/>

编辑 | 黄美晨 孙仁杰

校对 | 何世伟

审核 | 孟令云