



北京交通大学
BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY

2024年6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

● 毛保华：坚守教育培养阵地 勇攀交通科研高峰

毛保华，交通运输学院二级教授、博士生导师。现任北京交通大学中国综合交通研究中心执行主任、首都高端智库北京综合交通发展研究院副院长、国家交通研究院副院长。兼任中国系统工程学会交通运输系统工程专业委员会主任委员、中国城市轨道交通协会运营管理专业委员会副主任委员、全国城市客运标准化委员会委员兼副秘书长、“交通运输系统工程与信息”学报主编等社会职务。



教育报国甘为孺子牛

自儿时即立志成为一名教育工作者，育人培养近四十年来，毛保华始终奋斗在教书育人一线，坚持以学生为中心的教学理念，不仅注重传授知识，更重视培养学生的创新能力和实践技能，为国家培养了大批优秀交通人才。

课堂教学中，毛保华以严谨的治学态度和生动的案例分析，激发学生的学习兴趣，不仅传授知识，更注重培养学生的批判性思维和解决问题的能力。“人才培养要接地气，特别是对于我们工科专业来说，更是如此”。为了确保实践教学的顺利进行，他每年都会从自己的科研经费中拿出一部分用于支持本科学生开展专题研究，激励学生的研究兴趣。他说：“这点投入不算啥，我最大的愿望就是让学生在课堂上，能够接触真现场，学到真本领！”实现了课堂教学与实践有机融合，也让学生们感受到了做科研的成就感。他主讲的课程多次被学生评为“大学四年受益最大的课”。

人才培养中，毛保华因材施教，培育了博士、硕士研究生 200 余名，为交通行业输送了大批高水平专业人才。“我适合当一名教师，我知道的事情，就尽量想让我的学生也都知道”，他言传身教、以身作则，踏实奋进的作风影响着团队里的每一个人，塑造着每一个学生。他的团队是我校教学与科研双料优秀团队。他和团队成员一起参与了多个国家级精品课程建设，组织编写的各版本教材均由团队教师共同参与、共同署名，这不仅为团队青年教师成长提供了良好环境，也为课程师资队伍建设奠定了坚实基础。

为者常成、行者常至。毛保华团队负责的科学研究、课程建设和教学工作获得了诸多奖项和荣誉：两门课程荣获“国家级精品课程建设”称号，曾获国家优秀教学成果二等奖、国家自然科学基金二等奖、北京市优秀教学成果奖一、二等奖、北京市科技进步二等奖、中国城市轨道交通协会科技进步一等奖、钱学森城市学金奖……此外，毛保华还获评新世纪优秀人才、北京市教学名师、北京市优秀教师、宝钢全国优秀教师奖等荣誉。

目光深远勇为拓荒牛

21 世纪初，随着城市化的步伐加快，城市轨道交通的重要性日益凸显。城市轨道交通人才规模不足、结构不合理等问题逐渐凸显。长期从事轨道交通方向研究的毛保华敏锐地捕捉到了这一点。在他的积极倡导下，学院于 2008 年开始在交通运输类专业招收城市轨道交通专业方向本科生，是全国首个开设城市轨道交通本科专业方向的 211 高校。

对于这个从零起步的专业来说，当时的问题很多：没有适用的教材，缺乏课程体系、培养方案等。作为城市轨道交通专业的第一任系主任，毛保华责无旁贷地承担起了新专业的建设任务。从 1998 年在我校首次开设“城市轨道交通”课程，到目前由 10 多门课程组成的专业方向课程体系，毛保华带领团队在城轨专业领域不断深耕打磨，不仅建设了“城市轨道交通规划与设计”“城市轨道交通系统运营管理”等本科生专业主干课程，还开设了“列车运行计算与设计”、“城市客运管理”、“列车运行控制技术”、“市郊运输技术”、“轨道交通网络化运营组织理论与技术”、“综合运输发展理论”等一系列本科生与研究生专业课程。

成功的课程建设不能脱离好的教材。“当时国内能够使用的很多教材内容基本源于铁路运输，城市轨道交通的很多新知识、新技术、新案例没有及时反映在教材之中，这不仅导致人才培养与社会经济发展需求的脱节，也难以真正引领拔尖创新人才的培养。”毛保华认为，一流的教材，才能造就一流的人才。怀着这一目标，他带领团队全心投入到新教材的编写工作中，主持编写了《城市轨道交通规划与设计》、《城市轨道交通系统运营管理》、《列车运行计算与设计》、《城市轨道交通》等多部教材，并被国内数十所高校采用；其中 2 部教材入选国家级规划教材，发行量突破了 5 万册，持续助力全国城市轨道交通行业人才培养。

服务社会乐为老黄牛

在繁忙的教学工作之余，毛保华始终紧跟交通运输领域的发展动态，用专业知识服务社会，积极主持和参与多项国家级、省部级以及企业委托的科研项目，研究成果不仅得到了同行的广泛认可，也产生了重要的社会影响；他编著的“‘一带一路’与交通运输”被译成哈萨克文出版。作为全国城市客运标准化委员会委员兼负责城市轨道交通方向的副秘书长，他带领团队参与了一系列城市轨道交通领域国家标准与地方标准的编写与审查工作。他执笔撰写的多项专家建议获领导批示，为政府制定交通运输政策提供了科学依据。

以国家需求为己任。五纵、六横、十对外，综合交通网络及乌昌综合交通运输枢纽一体化……这是毛保华在负责的“新疆综合交通运输体系发展规划”项目中提出的宏大设想。“这个规划面向未来 40 年新疆综合交通发展，直到现在对于各项子规划仍有很强的指导和借鉴意义”。20 余年来，他率领的科研团队踏

运输人物

遍了新疆、西藏、广西北部湾、海南等地区，为当地新时代区域综合交通运输体系建设提出了交大声音，贡献了交大力量。

以可持续发展为己任。针对城市综合交通系统运行中存在的问题，毛保华一直致力配合国家综合交通体系建设和交通运输系统改革，持续推动综合交通运输基础理论与方法的学术研究。如何有效解决城市拥堵问题？如何使城市综合交通运行更有效率？毛保华在主持的科技部“973”计划项目课题中，结合北京市的交通实践提出了城市综合交通系统运行效率及结构优化方案。他主持的国家自然科学基金重点项目致力于区域综合交通系统运行管理及建模方法研究、国家自然科学基金重大项目课题致力于多式联运物流运营管理的研究，两个项目在基金委验收评估中均获得“优秀”；为推动我国综合交通的发展做出了积极贡献。

以融合交流为己任。毛保华还发挥自己在交通领域的学术影响力，努力推动交通领域学术交流活动。1998年作为联合创始人组织了“交通运输研究国际会议（ICTTS）”，2010年以来，持续承办张国伍教授创办的中国交通高层系列论坛；这二个重要活动经历十余届的不懈努力，现已成为我国综合交通领域最有影响的“交融思想、开拓创新、引领前沿”的高水平学术交流平台；此外，团队承办的交通“7+1”论坛已举办近60届。这些学术平台为加快我国交通成果的国际化和提升我校交通运输研究的国际国内影响力做出了重要贡献。

本月成果

● 项目：

2024年6月共完成科研项目立项**28**项。

其中：首都高端智库项目**11**项，知识产权转化上水平项目**1**项。

● 专利：

2024年6月新提交专利申请**6**项，已获得授权专利**3**项。

● 软件著作权：

2024年6月新提交软件著作权申请**6**项，已获得授权软件著作权**5**项。。

学术活动

● 交通运输学院发展与创新国际咨询会成功举行

2024年6月7日下午，交通运输学院发展与创新国际咨询会在红果园1号会议室成功举行。国内外专家、学者齐聚一堂，为交通运输学院的战略规划和特色发展建言献策、激荡思想。

荷兰代尔夫特理工大学 Ingo Hansen 教授、亚利桑那

州立大学 Xuesong Zhou 教授、罗马第三大学 Marcella Sama 副教授、德累斯顿工业大学 Christopher Szymula 博士、柏林楚泽研究所 Niels Lindner 博士，交通运输学院院长孟令云、副院长何世伟、柏赟、唐源洁，交通运输学院学术委员会委员林柏梁教授、李艳华教授、董春娇教授参加了此次国际咨询会。

孟令云院长代表交通运输学院致欢迎辞。他希望通过此次咨询会，广泛听取交通运输领域国际知名学术机构专家、学者的意见，充分吸取海外机构的成功经验，为交通运输学院未来发展提供新思路、新方案。

在讨论环节，与会人员畅所欲言。交通运输学院教师分享了学院发展过程中遇到的挑战与问题。来自荷兰、德国、美国、意大利的专家、学者结合本国教育及科研模式、机构发展经验，围绕新时代交通运输学科发展方向、人才培养模式改革创新、学院国际知名度提升、国际交流合作渠道拓展等议题，发表了一系列建设性意见。

本次交通运输学院发展与创新国际咨询会搭建了一个国际分享交流平台，探索、开辟学院教育国际化新空间，加快建设高质量教育体系，助力打造交通运输行业特色鲜明的世界一流学科。



成果分享——科研获奖

● 区域多层次轨道交通系统一体化规划、设计及运营理论与关键技术

北京交通大学交通运输学院姚恩建教授团队针对区域多层次轨道交通融合发展问题开展研究，阐述了区域轨道交通不同层次间协同机理与关键技术以及规划、设计与运营等不同阶段间协同机理与关键技术。该成果“区域多层次轨道交通系统一体化规划、设计及运营理论与关键技术”获中国交通运输协会科学技术奖一等奖。



图 1 获奖公示名单及证书

本成果围绕区域多层次轨道交通线网规划、设计与运营严重脱节且不同层次轨道交通相对独立，轨道交通与区域形态的互动机理不明，不同层次轨道交通设计缺乏协同、设施资源难以共享，不同轨道交通的运营组织、应急处置、联程信息服务缺乏协同且客流预测相互独立等一系列“四网融合”发展问题，立足于区域空间结构与轨道交通的互动发展关系，考虑多模式轨道交通协同运营下的线网规划、设计需要，以最大限度发挥区域轨道交通系统的社会效益和经济效益为导向，提出集规划引领、统筹设计、协同运营为一体的发展理念与科学方法指引，通过研发区域多层次轨道交通与区域形态的互动发展机理挖掘方法、面向多网融合的区域多层次轨道交通协同规划方法、考虑一体化运营的区域多层次轨道交通协同设计方法、以及区域多层次轨道交通协同运营技术等核心方法与关键技术，并在京津冀地区、粤港澳大湾区、成渝地区等不同区域成功获得示范应用，显著提升了区域轨道交通网络综合承载能力与协同运营效率，助力区域轨道交通系统的高质量发展。

成果分享——科研项目

● 虚拟编组技术条件下城轨列车运行计划优化与调整方法研究

在北京市自然科学基金项目（批准号：L201013）资助下，北京交通大学交通运输学院**韩宝明、李得伟、张琦、鲁放、周玮腾教师团队**针对虚拟编组条件下城轨线网效能与服务水平提升问题开展研究，研究了城轨列车虚拟编组运行组织模式与调度策略、多模式列车运行计划优化方法以及多策略列车运行计划调整方法，以北京地铁4号线、昌平线、上海市域铁路金山线等工程场景进行了案例分析。**该项目于2024年3月正式通过结题验收，项目形成的成果发表学术论文8篇，授权发明专利3项。**

该课题紧密围绕虚拟编组技术应用特征，攻克新型运力调配模式下列车运行计划优化与调整的核心技术，构建虚拟编组城轨列车运行组织与调整方法体系，为虚拟编组技术的工程应用提供决策支持。

(1) 虚拟编组技术下新型列车运输组织模式与调整策略。修订更新了虚拟编组技术应用下城轨列车运行及作业参数集合，针对不同运输组织模式和突发事件场景，构建新型供需匹配机制下的城轨列车运行组织模式与调整策略。

(2) 虚拟编组技术下城轨多模式列车运行计划优化方法。攻克了大规模多场景多目标组合优化技术难题，构建了虚拟编组技术应用下城轨快慢车、大小交路、Y型线等场景的列车运行计划优化模型，设计了求解算法，形成了适应常态运营需求的运输计划优化方法体系。

(3) 虚拟编组技术下城轨多策略列车运行计划调整方法。针对列车运行扰动、单向运行中断、双向运行中断三类突发事件场景，构建了基于虚拟编组技术的城轨列车运行调整模型，形成了应对特殊运营需求的运输计划调整方法体系。

(4) 上述方法体系以北京地铁4号线、昌平线、上海市域铁路金山线等工程场景为背景进行了案例分析，评估了虚拟编组技术的适应性，为工程应用提供了理论支撑。

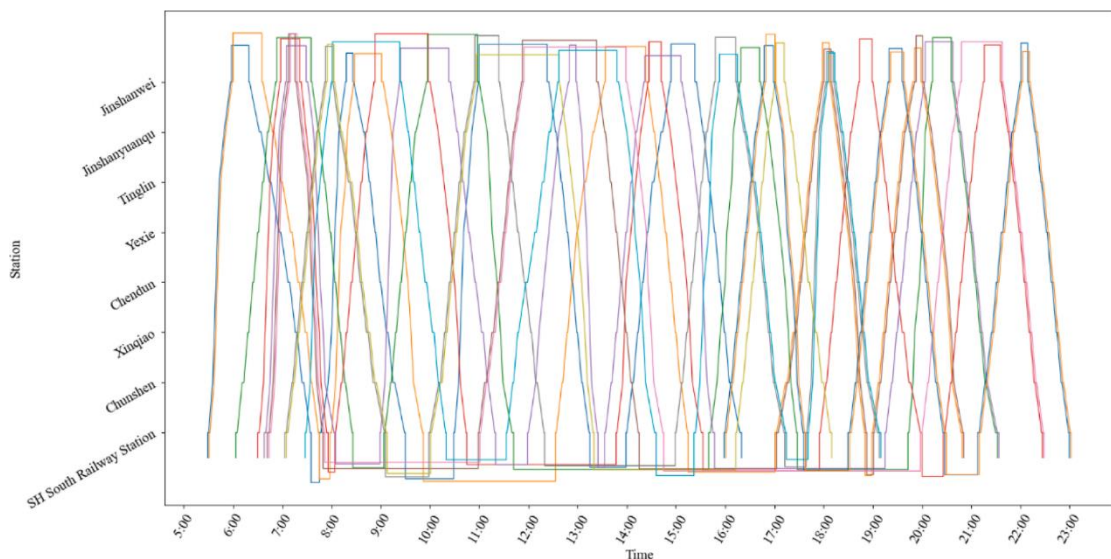


图1 多模式编组条件下城轨列车时刻表与车底周转计划一体化优化

论文成果于2023年发表在《Transportation Research Part E: Logistics and Transportation》期刊上（交通运输领域权威期刊，影响因子10.6）

● 车辆与无人机协同配送路径优化研究

在国家自然科学基金项目（批准号：62076023）资助下，北京交通大学交通运输学院**宋瑞教授团队**基于微进化算法针对车辆与无人机协同配送路径优化问题开展研究。**该成果以“Truck-drone Hybrid Delivery Routing: A Mathematical Model and Micro-evolutionary Algorithm”为题，于 2024 年发表在《IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems》期刊上（智能交通领域顶刊，影响因子 8.5），**论文链接: <https://doi.org/10.1109/TITS.2024.3381933>。

母船模式是一种能够使客户点避免无人机起降带来的安全、噪音等风险的车辆与无人机协同配送方法。考虑到现实中存在部分客户点需求量超出无人机最大载重或所处位置超过无人机最大航程覆盖范围的情况，本文提出一种考虑超重超远客户点的母船模式，以提高协同配送在实际应用的适配程度。本文对该模式建立了混合整数线性规划模型并设计了微进化算法（MEA）。微进化算法通过在进化过程中引入基因结构保留策略提高求解质量，相比传统遗传算法（GA），其在寻优过程中更注重策略性重组而非随机性探索。基因结构代表反映染色体特定特征的隐藏信息，具有某些基因结构的染色体表现出比其他染色体更好的适应性，这些基因结构将在后代生成过程中被保留。本文依据该思想，设计了两种基于基因结构的微进化算子，即基因结构均匀交叉算子（GSUX）和基于占优概率的交叉算子（DPX）。每次迭代中，算子分析高适应性染色体基因结构并利用这些信息指导基因结构进化。为验证算法有效性，在大、小规模多个算例上开展实验，将微进化求解结果与商业求解器和经典遗传算法求解结果对比；并开展模型灵敏度测试，探究不同场景下无人机技术特征对配送成本的影响。

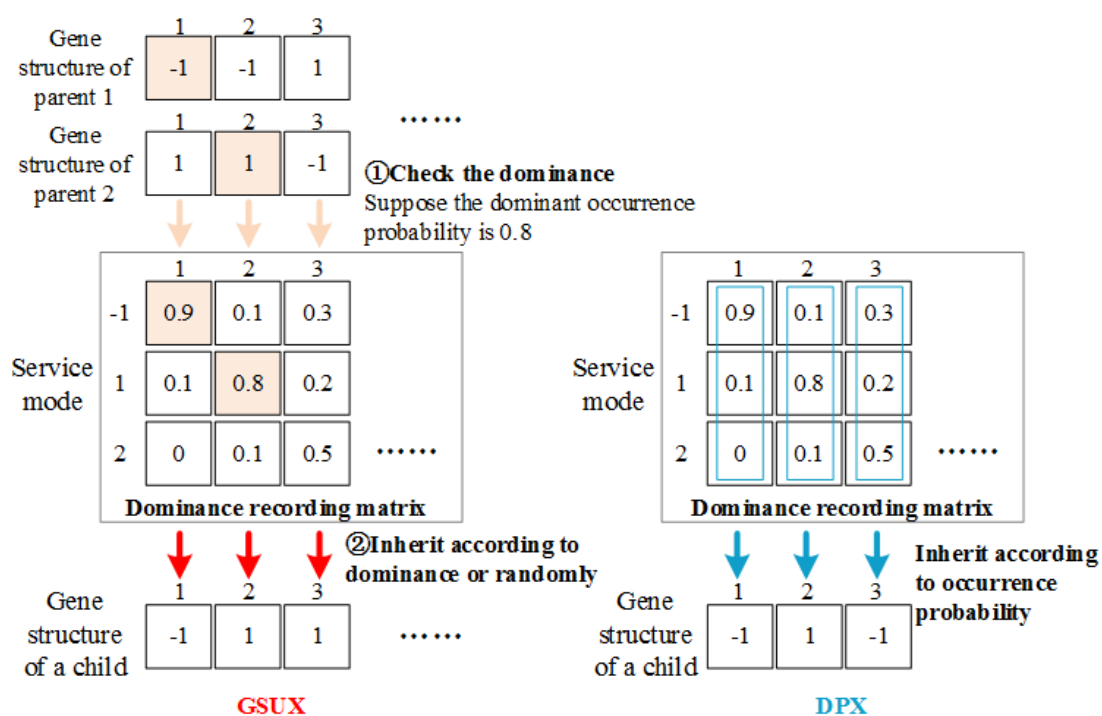


图 1 两个微进化算子示意图

● 城市物流多模式协同的两阶段车辆路径优化

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、商攀教授团队针对考虑多模式协同的两阶段车辆路径问题开展研究，设计了综合考虑车辆的同步协调、客货共运的车辆路径优化和货流分配方法。该成果以“Two-echelon multi-commodity multimodal vehicle routing problem considering user heterogeneity in city logistics”为题，于2024年发表在《Expert Systems With Applications》期刊上（交通运输领域权威期刊，影响因子8.5），论文链接：<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124141>。

为了在充分利用城市物流资源的同时提高客户的满意度，研究将两阶段车辆路径优化与路径选择行为整合，以二维时间空间网络描述多交通模式的配送路径，以满足客户要求的前提下最小化总配送成本为目标，以车辆流平衡、货物流平衡、车辆最大容量、车辆同步协同、多交通模式协同等为约束，构建两阶段车辆路径优化与多交通模式货流分配一体化优化模型。为了对模型进行有效求解，设计了自适应大规模邻域搜索算法，同时针对所研究问题的特征，提出了路径时间调整策略并设计了对应算子。最后，基于2E-VRP标准实例对所提方法进行了验证，结果表明所提出的方法能带来下界值的整体提高，进一步以北京亦庄交通网络为背景对所提方法进行了测试，结果表明相较于单交通模式，多交通模式的成本相对适中且可满足用户的异质性，可以应用于城市物流服务。用户异质性虽然增加了配送成本，但从时间维度看，更好地满足了客户的需求。同时，基于不同需求分布和车辆容量的实例结果揭示了集中化与专业化是物流行业提高效率与降低成本的主要方法。

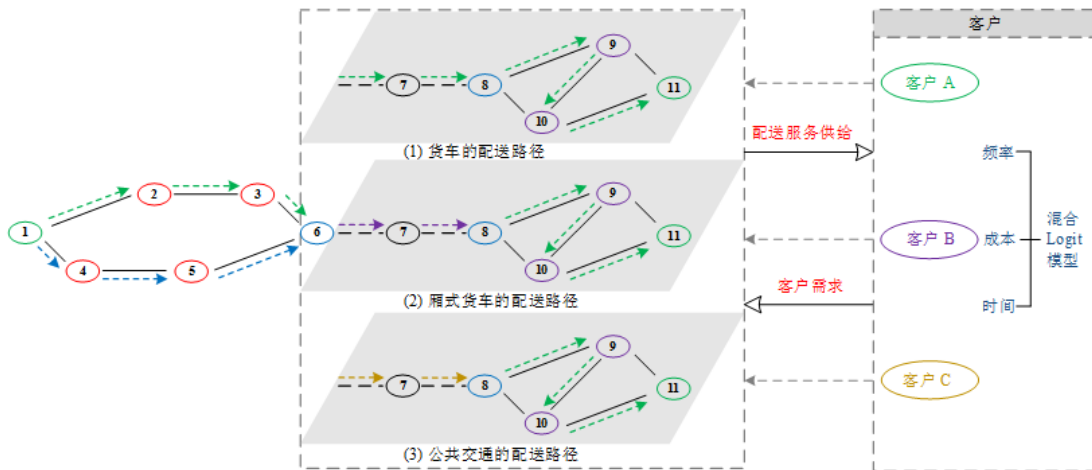


图1 配送服务供需平衡示意图

● 扰动不确定条件下高速铁路列车运行调整研究

在中央高校基本科研业务费项目（批准号：2022JBQY006）、国家自然科学基金（批准号：52202379和 U2268207）资助下，北京交通大学交通运输学院**赵鹏教授团队**针对高速铁路列车运行调整问题开展研究，设计了一种扰动不确定条件下高速铁路列车运行调整多阶段决策优化方法。**该成果以“A Multistage Decision Optimization Approach for Train Timetable Rescheduling Under Uncertain Disruptions in a High-Speed Railway Network”为题，于2023年发表在《IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems》期刊上（智能交通领域顶刊，影响因子 7.9），论文链接：<https://doi.org/10.1109/TITS.2023.3253928>。**

论文针对列车行车中断的态势场景，考虑直达旅客和换乘旅客两种出行需求，基于乐观估计的情况采用调整列车到发时刻、灵活调整列车运行顺序以及增加临时停站等策略提出了一种带有补偿机制的列车运行调整模型，以减少旅客因延误而产生的额外出行成本。将不确定性相关的特征考虑到模型的补偿机制部分，假设为符合一定概率分布的若干场景，通过不同场景模拟下一阶段列车运行调整的表现，将期望作为补偿项反馈到当前阶段，并引入鲁棒的场景一致性约束避免给旅客和车站组织工作带来不便。设计了一个嵌入滚动时域算法的多阶段决策优化框架以求得最优解的近似，并以实际案例进行测试，验证表明该方法可以满足列车运行调整有效性、实时性要求。

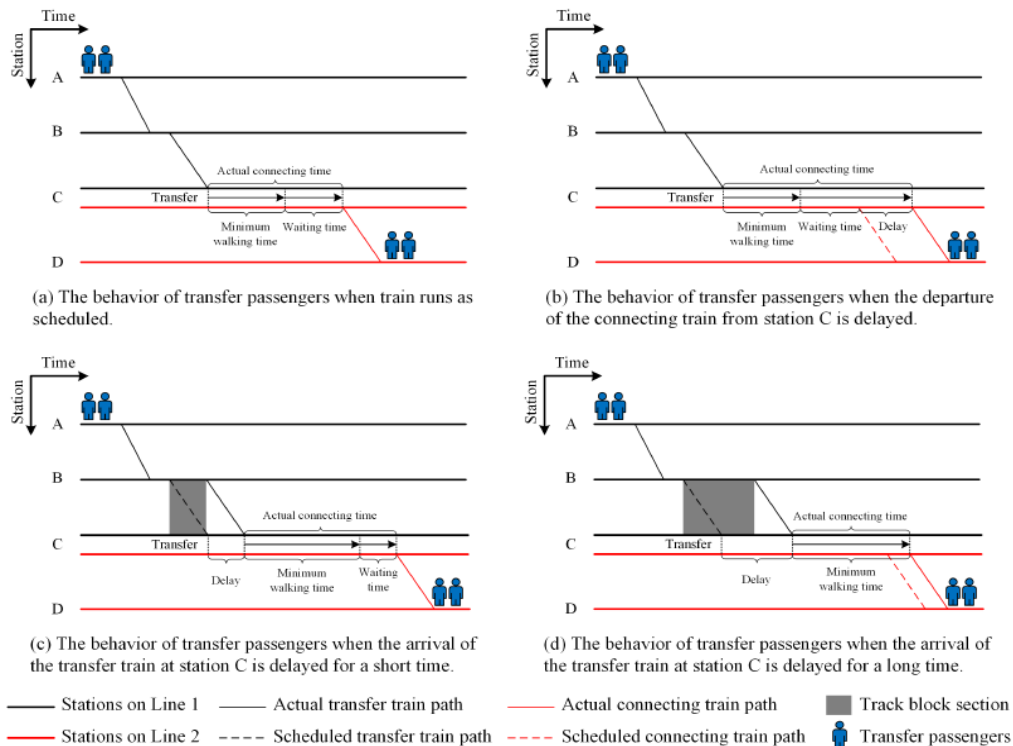


图 1 不同情况下换乘乘客的换乘行为示意图

● 自动驾驶能耗研究

在国家自然科学基金项目（批准号：71871015 和 71901018）资助下，北京交通大学交通运输学院**宋国华教授团队**针对自动驾驶车辆的能耗特征问题开展研究，阐述了真实交通环境下多源自动驾驶数据的工况与能耗共性特征及其影响机理。**该成果以“Energetic Impacts of Autonomous Vehicles in Real-world Traffic Conditions from Nine Open-source Datasets”为题，于2023年发表在《IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems》期刊上（智能交通领域顶刊，影响因子7.9），论文链接：**<https://doi.10.1109/TITS.2023.3272914>。

针对真实交通环境下自动驾驶车辆的工况与能耗特征不明晰的问题，该研究收集了来自6个国家的9个开源自动驾驶工况数据集，排除单一数据源导致的单源异质性，理清自动驾驶共性运行工况特征，剖析了自动驾驶能耗在不同工况下的变化特性。研究发现真实交通环境下自动驾驶能耗的三个现状特征：1) 自动驾驶车辆在低速区间的能源消耗与人工驾驶车辆相似，而在高速区间则低于人工驾驶车辆；2) 低速与高速之间的转折点对于不同数据源而言是一个可变参数；3) 在复杂交通条件下的高速区间，自动驾驶车辆的能源消耗可能高于人工驾驶车辆。基于此，研究基于车辆功率分布模型，通过低速与高速之间的转折点以及高速范围内特定车辆功率标准差的变化率两个参数，确定潜在的能源消耗节省和损失，建立了适用于平均速度为10-100 km/h的自动驾驶车辆能源消耗模型。研究表明，与轻型人工驾驶车辆相比，轻型自动驾驶车辆在稳定条件下能减少3.8%-26.5%的能源消耗，但在不稳定条件下也能增加3.3%-48.9%能源消耗。研究根据功率分布特征提出了稳定性判别方法。

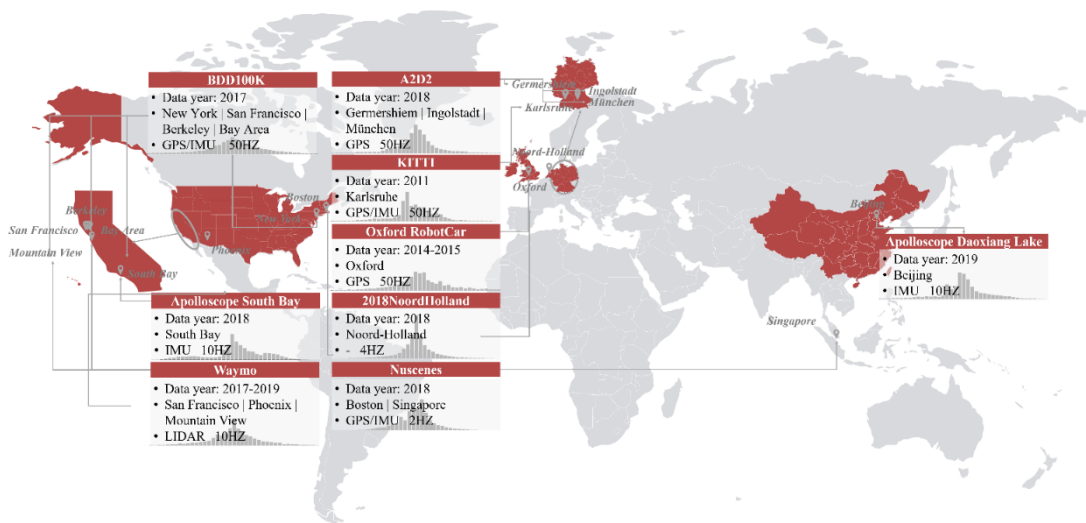


图 1 9 个自动驾驶车辆开源数据集的收集年份、测试区域和数据粒度

成果分享——科研论文

● 无人电动汽车行驶速度优化模型与算法研究

在国家自然科学基金项目（批准号：72171019、61873040）资助下，北京交通大学交通运输学院**刘志硕副教授团队**针对可变速度下无人电动汽车配送优化问题开展研究，建立了数学规划模型，设计了基于两阶段速度优化策略的自适应蚁群算法求解。该成果以“Electric Vehicle Routing Problem With Variable Vehicle Speed and Soft Time Windows for Perishable Product Delivery”为题，于2023年发表在《IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems》期刊上（智能交通领域顶刊，影响因子7.9），论文链接：<https://doi.10.1109/TITS.2023.3249403>。

论文研究并解决了无人电动汽车速度可变条件下的生鲜产品配送优化问题。

首先定义子电动汽车的能耗函数。电动汽车的能耗与燃油车不同，影响因素主要包括以下四类：Aerodynamic（空气动力学）、Tires（轮胎）、Drivetrain（传动系统）、Ancillary（辅助设备），如图所示。

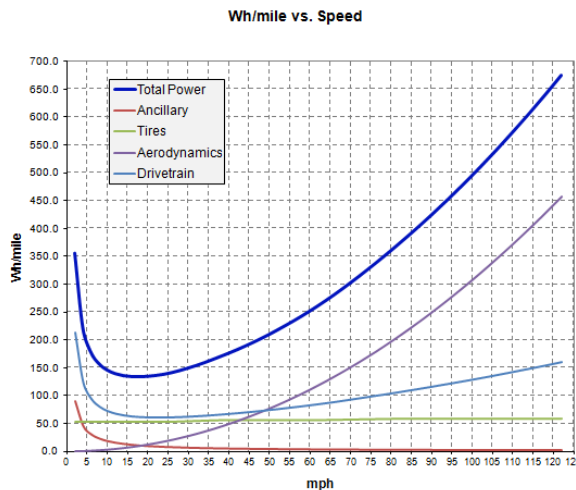


图1 电动汽车的速度与能耗的关系曲线

综合考虑冷藏电动汽车的行驶能耗和制冷能耗，作者分析了电动汽车的行驶速度、载重与能耗之间的关系，定义了更加符合实际的非线性能耗函数。然后以最小化配送总成本为目标，以行驶速度为决策变量，建立了非线性数学规划模型，并将行驶速度离散化，将该非线性规划模型转化为线性规划模型。

设计了基于两阶段速度优化策略的自适应蚁群算法进行求解。在蚂蚁转移时，采用局部速度优化策略求得最优速度的解析解。在路径构造完成后，通过对到达时刻进行离散化，建立网络图，并采用最短路算法求解全局最优速度，从而进一步提升解的质量。

实验结果表明，与固定速度相比较，对无人电动汽车的行驶速度进行优化能够有效降低配送成本；与前人仅进行全局速度优化相比较，本文所设计的局部和全局相结合的两阶段速度优化算法能够带来更多的配送成本降低。

● 集装箱承重限值与箱内货物装载方法研究

北京交通大学交通运输学院**张琦教授团队**针对中欧班列集装箱内不同品类货物装载方法以及集装箱承重限值确定问题开展研究，形成了多品类货物集装箱内装载方案系列指南，提出了集装箱内载荷分布规律与承重限值确定方法。**项目研究形成的成果于 2024 年出版专著《集装箱内货物装载方法图析》1 部，申请发明专利 1 项（专利申请号：202410744344.7）。**

作为共建“一带一路”的名片,中欧班列为推动区域经济发展、助力欧亚联通提供了强劲的动力支撑。运输安全是中欧班列高质量发展的前提,规范集装箱内货物装载方法是保证中欧班列运营安全、降低集装箱运输安全风险的重要手段之一。不同品类货物因其形状、尺寸、重量等不同,在集装箱内的装载方法在遵循货物基本装载要求的基础上也有所不同。研究团队基于货物装运需求差异性,建设性地提出了不同品类货物在集装箱内的装载方法,首次形成了板材类、卷筒状类、桶装油品类、散装/颗粒状类、吨袋类、不规则类以及汽车配件托盘等货物在集装箱内的装载方案系列指南。研究成果已被中铁国际多式联运有限公司采纳公布,并被中欧班列装箱单位应用于去回程中欧班列货物装载实际中,为中欧班列运营安全提供了有效的技术支撑。

随着适箱货物品类多样化,集装箱承重限值的确定对装箱货物品类及箱型选择、以及货物在集装箱内装载方法的影响日益凸显。研究团队深入研究了不同箱型、不同部位、不同装载条件下的集装箱受力特点及其载荷限制的差异,探究集装箱的承载分布规律与集重机理,首次从理论层面提出集装箱内载荷分布规律与承重限值确定方法,为适箱货物箱型选择及箱内货物装载方案设计提供理论依据。



图 1 专著（上）、集装箱内货物装载应用证明（左下）、
集装箱承重限值确定方法专利受理通知（右下）

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/>