



北京交通大学  
BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY

2024年5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

### ● 贾利民：服务国家战略 布道中国高铁

贾利民，1963年1月出生，北京交通大学国家轨道交通  
安全协同创新中心首席科学家。

#### 铁汉柔情，攻坚克难永续铁路情缘

1963年，贾利民出生在新疆兵团十师181团一营驻地，  
艰苦的环境和五湖四海的氛围造就了这位兵团子弟天生的  
使命感和求知欲，把铁路通到阿勒泰，是他最初的梦想。

1984年，他从上海铁道学院（现在的同济大学）毕业后，  
一直工作在科研一线；1994年，刚30岁出头的他就被破  
格晋升为中国铁道科学研究院的研究员、博士生导师。从

1991年到2004年，他分别在智能控制及智能自动化理论、铁路智能化及智能控制以及铁路信息化技术方面，做出了一系列创新性的突出贡献；为了能够培养更多的“铁路人”，2004年，他接受了北京交通大学的邀请，来到我国轨道交通领域最高学府任教。这一年，青藏铁路建设进入了攻坚阶段。作为通向拉萨的交通大动脉，青藏铁路要穿过上千公里的冻土层。一旦列车或者线路发生故障，巡查、维修人员很难第一时间到岗。

“这就需要一套高灵敏度的监控、应急指挥系统，可以无人值守，发现问题第一时间完成故障判断和报警。”贾利民带领3位青年教师和6名硕士研究生，和其他参研单位一起投入技术攻关。他们往返奔波于北京和西宁两地，前后历时约一年半，“青藏铁路运营与安全综合监控系统”终于开发成功。2006年7月1日，青藏铁路正式开通运营。当T27次列车顺利抵达雪域圣城拉萨时，他的眼睛湿润了。

#### 家国情怀，战略规划布道中国高铁

中国在高速铁路领域真正意义上大规模体系化自主创新，始于2008年由科技部与原铁道部共同发起实施的《中国高速列车自主创新联合行动计划》，并通过“国家高速列车科技发展‘十二五’重点专项”、

“‘十三五’先进轨道交通重点专项”得以持续。其中，贾利民担任联合行动计划总体专家组副组长和重点专项专家组组长。作为中国高速列车相关技术创新的“布道者”和“规划者”，他和专家团队肩负着确定技术路线、研究方案、研究过程控制和为主管部门及参研单位提供技术咨询、技术把关等重大责任。他们参与设计确定了中国高速列车相关核心装备体系的顶层技术指标、技术架构，确立了高速列车、牵引供电、运行控制、运输组织、安全保障等关键系统技术创新的研发技术路线，并参与敲定了中国高铁的一系列技术指标。正是在这些顶层设计和指标的指引下，我国研发出了拥有自主知识产权的CRH380系列高速



## 运输人物

列车；在国际上首次系统提出了高速列车谱系化和智能化的概念体系、技术架构和实现途径；研制了时速 400 公里可变轨距高速列车和时速 600 公里高速磁浮系统样车等系统装备使我国高速列车装备持续保持世界先进水平；向国家领导人汇报，为我国高铁恢复时速 350 公里运营发挥了关键作用。

### 师道传承，授业解惑培育铁路英才

“从 1992 年成为研究生导师，最值得我骄傲的事情就是为国家培养了一批高端人才。在招收学生方面，我基本上能做到有教无类。”在接受中国科学报记者问答时他这样骄傲的回答到。三十多年来，先后荣获国务院特殊津贴、詹天佑科技奖成就奖和“全国十大科技创新人物”等奖励。获国家科技进步三等奖 2 项、国际发明金奖 7 项、中国专利优秀奖 2 项、省部级特等/一等/二等奖 3/8/9 项；出版中/英文学术专著 30/4 部；Springer LNEE 丛书 16 部；以第一/通讯作者发表 SCI/EI/中文论文 51/90/45 篇；获授权中国/美国发明专利 235/3 项。

在人才培养方面，共培育硕士博士 250 余名，为交通行业输送大批高水平专业人才；组建了 20 余名教授、副教授组成的“轨道交通运输组织与安全保障”团队，在读硕士博士 100 余名；在学科建设方面，牵头成立了国内第一个“智能交通运输”本科专业，承建“安全科学与工程”一级学科；在平台建设方面，作为核心团队参与了轨道交通控制与安全国家重点实验室（现先进轨道交通自主运行全国重点实验室）、国家轨道交通安全协同创新中心、轨道交通控制与安全学科创新引智基地等国家级平台建设工作，牵头组建了北京市城市交通信息智能感知与服务工程技术研究中心、国家铁路局运营主动安全保障与风险防控铁路行业重点实验室等省部级平台。

作为一名铁路老兵，贾利民教授至今仍奋斗在科研和人才培养一线，积极面向国家战略需求，开展交通能源融合、自主式交通等前沿方向的规划和研究，为我国交通行业的自主创新和快速发展持续做出新的贡献。

## 本月成果

### ● 项目：

2024年5月共完成科研项目立项**35**项。

其中：国家重点研发计划任务**5**项，国铁集团科技开发计划课题项目**2**项，北京市科委项目**1**项。

### ● 专利：

2024年5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4月新提交软件著作权申请**8**项。

## 学术活动

### ● 智慧城市轨道交通系统学术研讨会成功召开

2024年5月20日上午，智慧城市轨道交通系统学术研讨会（Workshop on Smart Urban Rail Transit System）在红果园宾馆多功能厅成功举办。本次研讨会由北京交通大学交通运输学院、土木建筑工程学院、电气工程学院和交控科技股份有限公司共同主办，旨在为从事城市轨道交通领域研究的学者、行业专家搭建一个共享前沿技术、加强机构间合作的高水平国际交流平台。



研讨会以智慧城轨与可持续发展为主题，邀请了来自中国、泰国、越南等多个国家的5位专家做学术报告。交通部中国国际可持续交通创新和知识中心研究员贾文峥博士，泰国朱拉隆功大学工学院院长 Witaya Wannasuphprasit 教授，越南河内交通大学 NGUYEN Thi Hoai An 博士，北京交通大学教授、中国城市轨道交通协会专家和学术委员会副主任兼秘书长韩宝明教授，北京交通大学杨中平教授围绕城市轨道交通技术标准体系、轨道交通绿色低碳发展、智慧运营技术等热点议题交流最新研究成果，分享国际经验。

继今年1月余祖俊校长率团访问中国香港、越南、新加坡，本次智慧城市轨道交通系统学术研讨会进一步加强了交通运输领域国际间合作，增进了中外相关机构的沟通与联系。

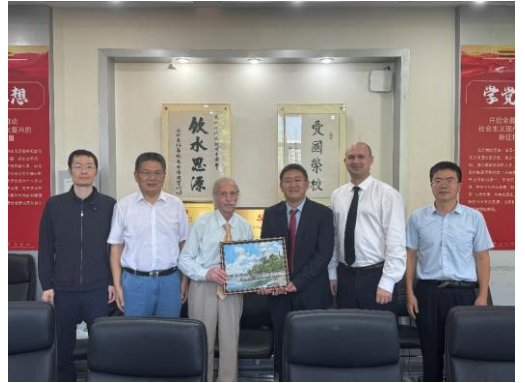


## 学术活动

### ● 俄罗斯远东国立交通大学代表莅临我院进行学术交流

在科技部外国专家项目（批准号：DL2022104001L）资助下，俄罗斯远东国立交通大学 Davydov Boris 教授、Esaulov Viacheslav 副教授应邀莅临我校进行学术交流。交通运输学院院长孟令云教授、副院长唐源洁副教授、运输系主任魏玉光教授、运输学院李得伟教授、王力教授、韩延慧副教授热情接待。

5月17日上午，俄方代表与我院领导在8415会议室举行座谈。唐源洁副院长向来宾介绍了我院的发展历史、专业设置、学科建设等情况；孟令云院长就双方人才交流、国际合作等议题与对方深入交流意见。运输系主任魏玉光教授、学院李得伟教授与俄方就中俄铁路运营状况、铁路运输组织手段等问题互相了解。魏玉光教授表示，我国铁路运输教材的主要内容最初均来源于俄罗斯，本次交流对近年来俄罗斯铁路运输的工作变化、教学科研等内容有了充分了解，为充实我校在铁路方面的教学科研水平提供了新的契机。我院也向俄方代表赠送最新出版的铁路运输组织系列英文教材，希望与俄方共同完善教材的修订工作。



17日下午，Davydov Boris 教授和 Esaulov Viacheslav 副教授在8103教室围绕“远东铁路发展”进行专题讲座，学院相关老师、硕博研究生积极参与。

Esaulov Viacheslav 副教授首先介绍远东地区现有铁路线路的情况，详细讲解线路数量、车站数量、列车开行对数以及线路利用率等基本信息。通过具体数据和实例，为大家展示远东铁路的现状。随后进一步介绍提升远东地区铁路既有有线运输能力的若干方法，包括重联列车、加长列车以及线路改造等。同时结合本人研究，针对远东地区存在大量由西向东的货物运输需求以及线路能力单方向严重不足的情况，提出通过实现不同区段机车数量与类型的灵活调配，结合实际货运量差异，增加区段内单位列车平均载重量，从而提升运输效率的解决方案。

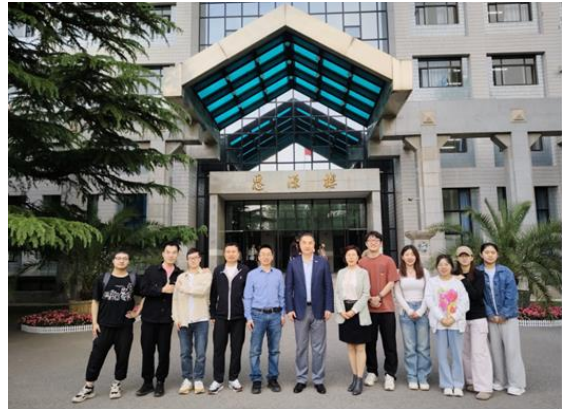
Davydov Boris 教授就既有线铁路列车运行调整问题进行深入分析。基于铁路列车在突发事件下的建模与调整方法，对列车运行调整中需要考虑的量化指标进行详细介绍，包括时刻表偏差、客运与货运不同的损失计算以及能耗等。最后介绍依托马尔科夫链的调整模型构建思路，以及相关量化指标在进行运输方案比选时发挥的作用。

本次交流扩大了我校的影响力，不仅让学院相关师生了解远东地区铁路运输的现状和未来发展方向，还将加快推进我校科研与国家一带一路现实需求相结合的过程。

## 学术活动

### ● 《航空强国建设与民航高质量发展》讲座成功举办

时逢4月25日，春意盎然、阳光明媚，中国民用航空局原副局长董志毅再次应邀莅临学校，做了题为《航空强国建设与民航高质量发展》的讲座。北京交通大学交通运输学院柏赞副院长主持了会议，余祖俊校长代表学校致欢迎辞，近200名本科同学和民航方向的硕博士同学到会学习。



董志毅副局长为高级经济师、管理学博士，曾任首都机场股份总经理、首都集团总经理近10年，任中国民用航空局副局长8年，拥有丰富的民航管理经验。通过丰富的图片资料、翔实的数据，分析介绍了美国航空战略体系，指出航空是美国军事能力的关键，是美国全球机动、通信情报、空中防御、制海制空、远距离精确打击、地面部队保护和机动的核心。

报告第二部分分析指出民航要高质量发展就要发展好“民航两翼”：运输航空和通用航空。国家提出的战略新兴产业--低空经济，就是以通用航空的有人驾驶和无人驾驶相结合的新产业方向，战略意义深远。强调我国在通用航空发展远落后美国的情况下，无人机在册数量已经基本追平美国。

### ● 《航空公司运营管理及民航发展前沿动态》讲座成功举办

2024年5月14日，交通运输学院邀请中航集团李媛经济师做了题为《航空公司运营管理及民航发展前沿动态》的演讲报告。

李媛毕业于中国民航大学，先后任职于波音公司、大韩航空货运公司、昆明航空有限公司、国航、中航集团。现任国航/昆明航空总裁助理。中国民航智库专家成员、中国飞机租赁创新奖获得者。李媛工作经历丰富，成长过程励志，精彩的演讲获得同学们的一致好评。



演讲内容主要包括：航空公司在民航业中所发挥的重要作用；航空公司组织架构及职能；航空公司的安全、生产、经营管理；全球航空运输业及先进航空公司案例；中国民航发展热点及未来规划等。最后就国产大飞机对中国民航的影响、智慧民航的深度智能融合路径和关键技术等前沿问题进行了展望。本讲座使得学生对民航系统中重最为关键的角色、实现位移的承运人--航空公司有了系统、全面、立体、国际化的了解。

演讲后同学们纷纷就关注的问题进行提问咨询，李媛老师一一予以耐心解答。讲座在阵阵掌声中圆满结束。



## 成果分享——科研获奖

### ● 动态客流需求驱动的城市轨道交通能耗管控研究

北京交通大学交通运输学院**李得伟教授团队**针对车站环控能耗管控、线路设计节能和运输组织节能进行了系统深入的研究，形成了一套以动态时变客流为驱动，涵盖城轨设计和运营，覆盖“站-线-车”的城轨能耗精细化管控关键技术。**该成果“动态客流需求驱动的城市轨道交通能耗精细化管控关键技术与应用”获2023年度城市轨道交通科技进步奖一等奖。**

在当前城市快速发展和能源紧张的背景下，研究团队聚焦于如何通过技术创新来提升城市轨道交通系统的能效与可持续发展。研究团队建设性地将车站通风空调系统负荷与动态客流紧密耦合，提出了基于动态客流的车站通风空调系统能耗精细化计算、精准预测及多粒度调控方法，研制了高效节能城轨车站通风空调装备，形成了一套完整的基于动态客流的车站环控能耗管理与控制技术体系。研究团队创新性地提出了多场景列车运行条件下线路节能坡设计方法和复杂工况组合优化设计技术，建立了节能坡与复杂工况多维仿真评估技术，研发了多要素节能坡设计方案能耗仿真评估系统，形成了更具一般性的城轨线路节能坡与复杂工况组合优化设计技术体系。研究团队首次攻克了兼顾效率与能耗的列车开行方案和运行图一体化优化技术，提出了灵活编组和虚拟编组条件下的列车运行计划优化与调整方法，形成了多模式编组条件下的城轨运输组织一体化节能技术体系。研究成果应用于北京地铁8号线、12号线、16号线、昌平线，广州地铁2号线，深圳地铁9号线等，产生直接经济效益1.619亿元，初步测算，通过试用本套技术每年最高可节能2.505亿千瓦时。（仅北京12号线每年节能2444.64万千瓦时）。

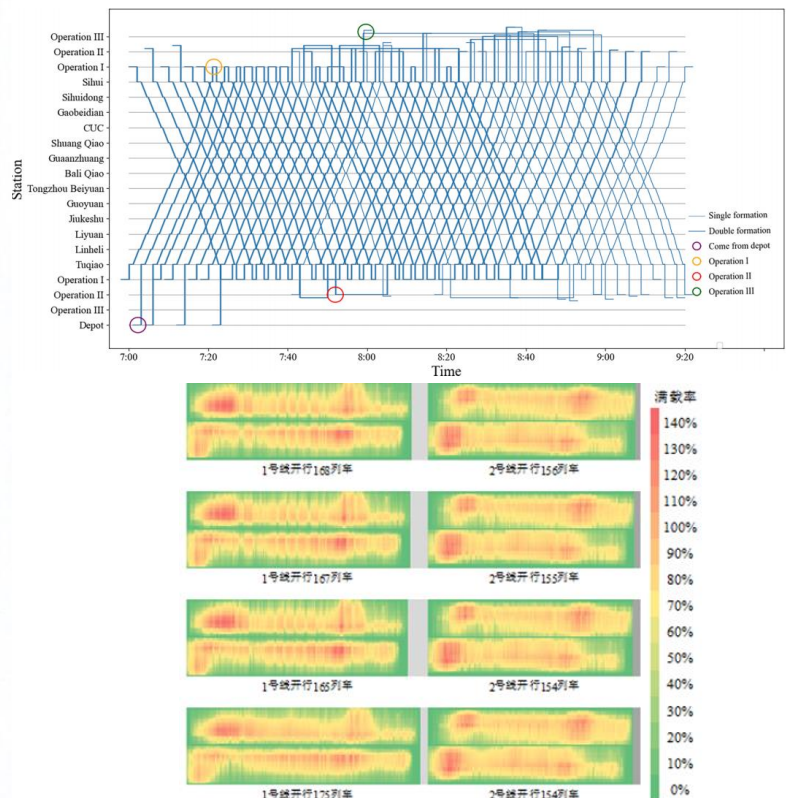


图1 获奖证书（左）、灵活编组条件下运行图和车底周转一体化优化（右上）、优化后列车运行计划对应满载率（右下）

## 成果分享——科研项目

### ● 高速铁路非正常行车调度调整决策技术研究

在中国国家铁路集团有限公司科技研究开发计划项目（批准号：N2022X018）资助下，北京交通大学交通运输学院孟令云、苗建瑞、栾晓洁、廖正文教师团队与中国铁路沈阳局集团有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司、中国铁路北京局集团有限公司合作，针对路网和设备数字化条件下的高速铁路列车运行调整问题开展研究，在面向调度指挥业务流程的路网和设备数字化模型的支持下，研究了故障持续事件估计、列车运行计划调整、枢纽站作业计划冲突疏解、调度命令自动拟写等关键技术并开发计算机系统，在沈阳局上进行示范应用。该项目于 2024 年 3 月正式通过国铁集团结题验收，评价等级为“A”。项目形成的成果发表论文 6 篇，申请发明专利 2 项，获得软件著作权 2 项。

该课题根据既有高铁调度指挥现状，研究了高速铁路数字路网建模技术和卷积神经网络的高铁故障持续时间预测技术，构建了一套基于数字路网及设备数字化的高速铁路非正常行车调度调整决策方案，研发了故障条件下的调度调整方案、应急处置指令自动生成和枢纽站作业冲突检测及疏解等 5 项关键技术。

(1) 高速铁路数字路网构建技术：基于跨粒度多图层技术，构建了面向行车业务的数字路网，用于精准制定行车条件。

(2) 基于历史数据的故障影响规律分析：基于词嵌入算法和卷积神经网络，基于海量的安监报-1 数据，构建了用于预测高速铁路突发非正常事件的持续时间的模型，为应急处置提供参考依据。

(3) 面向故障事件的调度调整方案智能生成技术：基于故障持续时间预测结果，考虑线路封锁、列车临时限速等行车条件变化等制约因素，研究了列车运行计划调整方案自动生成技术。

(4) 故障条件下应急处置指令自动生成技术：研究处置命令自动生成技术，基于既有 T/D 结合协议，研发将相关命令批量发送至 CTC 的技术。

(5) 大型枢纽站股道和进路冲突检测与疏解技术：在列车运行调整计划给出后，考虑高铁枢纽站的进路和到发线冲突，研发了枢纽站进路和作业股道冲突检测和疏解技术，实现枢纽站的进路冲突疏解，进一步提升列车运行调整计划的可行性。

上述技术自 2023 年起在沈阳局集团公司调度所哈大高速铁路及沈阳枢纽客车调度台进行示范验证，为实现高速铁路非正常行车条件下的自主决策提供技术支撑。

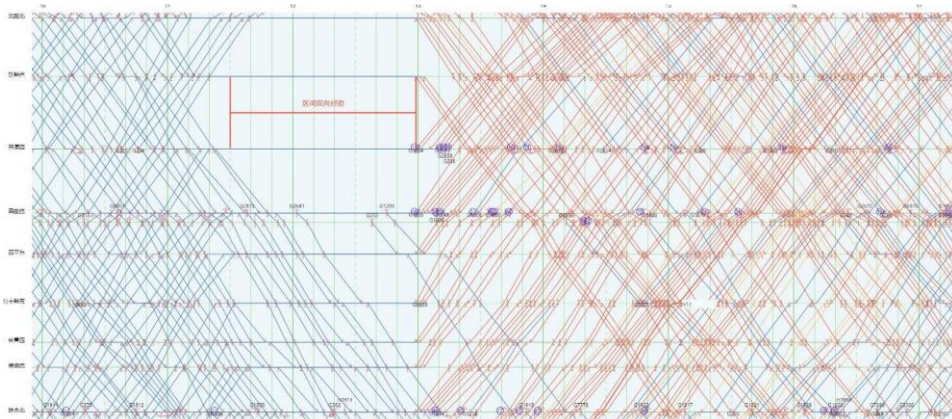


图 1 沈阳局哈大高铁（一）调度台列车运行计划调整



### ● 受电弓精细化监测/检测研究

在国家重点研发计划项目（批准号：2022YFB4301204）资助下，北京交通大学交通运输学院**魏秀琨教授团队**该研究针对铁路交通安全中关键部件——受电弓碳滑板的磨损监测问题，设计了一种基于图像处理和深度学习的方法，实现了对滑板磨损程度的高精度估计。该成果以“**High Precision Robust Real-Time Lightweight Approach for Railway Pantograph Slider Wear Estimation**”为题，于2024年发表在《**IEEE Transactions on Intelligent Transportation System**》期刊上（交通领域顶刊，影响因子 8.5），论文链接：<https://doi.org/10.1109/TITS.2023.3329109>。

受电弓碳滑板是轨道交通弓网系统中的关键部件。对铁路交通安全来说，监测碳滑板的磨损至关重要。本研究提出了一种创新的实时高精度轻量化方法，用于估计碳滑板的磨损程度。该方法可实现对所有滑块的全面监测。

在第一阶段，提出了一种基于图像处理和深度学习目标检测的方法，用于定位滑块区域。该方法考虑了受电弓碳滑板的宽高比和倾斜角度。

在第二阶段，提出了一种用于受电弓碳滑板磨损估计的深度学习神经网络模型（WEPSNet）。该网络实现了滑块轮廓的端到端提取，并通过计数像素数计算出滑块的剩余厚度。此外，还讨论了单目图像中的透视投影变换引起的误差。

实验结果表明，在模型大小相似的情况下，所提出的 WEPSNet 较当前最先进的方法在 mIoU 上提高了 1.08%，在 IMP 上提高了 4.63%。此外，对 120 幅受电弓滑板图像上的残余厚度精度进行了测试，在允许的 1mm 误差范围内达到了最高 95.91% 的精度，比当前最先进的方法提高了 6.68%。

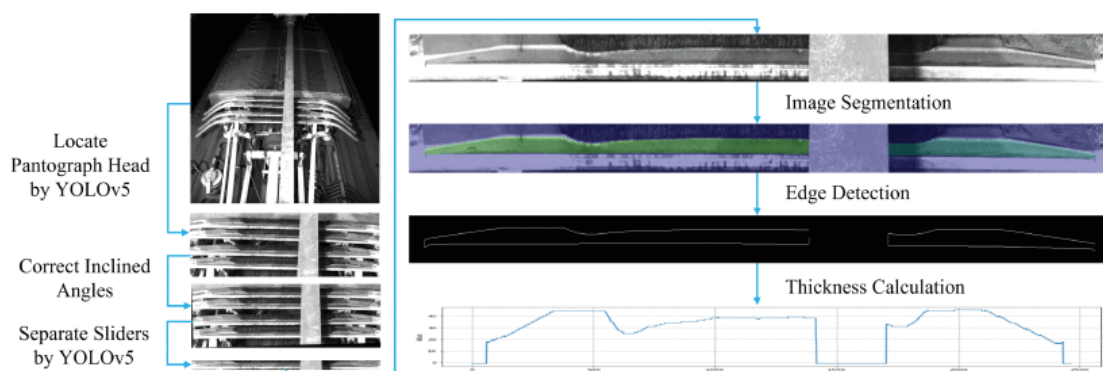


图 1 碳滑板剩余厚度估计流程图

## ● COVID-19 诱导信息对乘客路径选择行为的影响研究

在中央高校基本科研业务费专项资金(批准号: 2022JBZY022)和北京市自然科学基金(批准号: 9212014)的资助下,北京交通大学交通运输学院**许心越教授团队**针对新冠疫情下诱导信息对乘客路径选择行为的影响问题开展研究,设计了一种广义随机后悔最小化模型,分析疫情不同时期下不同类型的乘客出行行为与信息偏好的变化,揭示了疫情变化下乘客选择行为的变化机理。**该成果以“The impacts of COVID-19 on route choice with guidance information in urban rail transit of megacities”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,SCI和SSCI双检索, JCR Q1, 影响因子6.4), 论文链接: <https://authors.elsevier.com/c/1iqPh3Rd3v3dso>。**

新冠肺炎疫情的爆发导致城市轨道交通客流量空前下降,乘客出行习惯发生改变,给地铁运营带来极大挑战。因此,有必要更好地了解和量化新冠肺炎对乘客出行行为、特别是路线选择行为的影响。因此,收集 AFC 数据和调查问卷数据,引入了改进的广义随机后悔最小化模型(Generalized Random Regret Minimization model, GRRM),研究新冠肺炎疫情期间乘客在诱导信息下路径选择行为的变化。改进的 GRRM 考虑了最大效用和最小后悔两种决策准则和乘客的异质性,结果表明,改进后的模型拟合效果最好(调整后的拟合优度为 0.536),与诱导信息相关的属性(即信息推送方式、接收信息时间、路线疫情风险感知)增强了模型的拟合。采用 VOIT (Value of Information Time) 值来量化不同乘客群体对信息的偏好。与正常情况相比,女性、青年和非通勤乘客更倾向于接收更早的信息推送,以尽早计划行程。最后,我们将乘客个人属性与路线疫情风险感知联系起来,结果表明,老年人和学生在各个阶段对疫情都表现出较高的敏感性,而年轻乘客和通勤者仅在小规模疫情期间特别敏感。

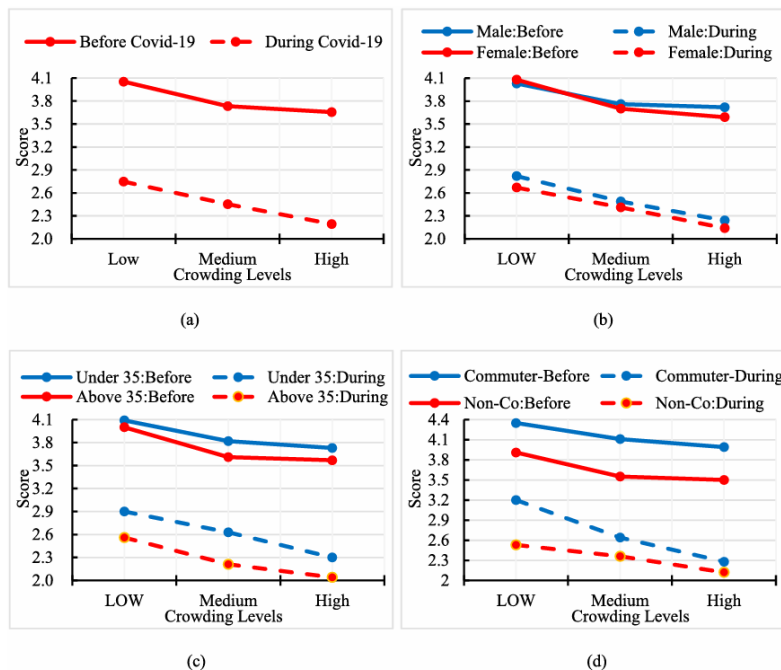


图 1 不同拥挤水平下乘客的安全感知

## 城市轨道交通客货混运服务网络设计研究

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、商攀教授团队针对城市轨道交通客货混运服务网络设计问题开展研究，设计了灵活编组下考虑客货均衡的城市轨道交通车底周转与客货流分配方法。该成果以“Scheduling shared passenger and freight transport for an underground logistics system”为题，于2024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.2024.102907>。

为了在充分利用城市轨道交通在承担客运业务后的剩余能力来提供城市物流配送服务的同时，最大化利用现有运力资源，研究将灵活编组规则下的车底编组作为状态维度，基于旅客列车时刻表和车底编组变化图构建三维时间空间状态网络，以车底运行成本、客流运输成本、货流运输成本最小化为目标，以车底单元流平衡、乘客流平衡、货物流平衡、列车运输能力、可用车底总数等为约束，构建城市轨道交通车底周转与客货流分配一体化优化模型。为了对模型进行有效求解，针对模型的客货混运特点，设计了一种基于 constrained gap 的分支定界分解算法，考虑可行车底方案下的客运效益和货运效益的上界和下界，通过对超过规定上界的分支的剪枝来控制解的客运目标值与货运目标值，同时利用束搜索进一步限制搜索范围，实现各线路车底周转方案有效决策。最后，以北京地铁网络为背景对所提方法进行了测试，结果表明灵活编组策略能带来目标值的整体提高，在地铁非高峰时段开展客货混运能显著提高列车的能力利用率，同时，实例结果揭示了在不同客流分布和可用车底数量的影响下，如何科学地设计车底周转方案和客货混运策略来取得客货平衡。

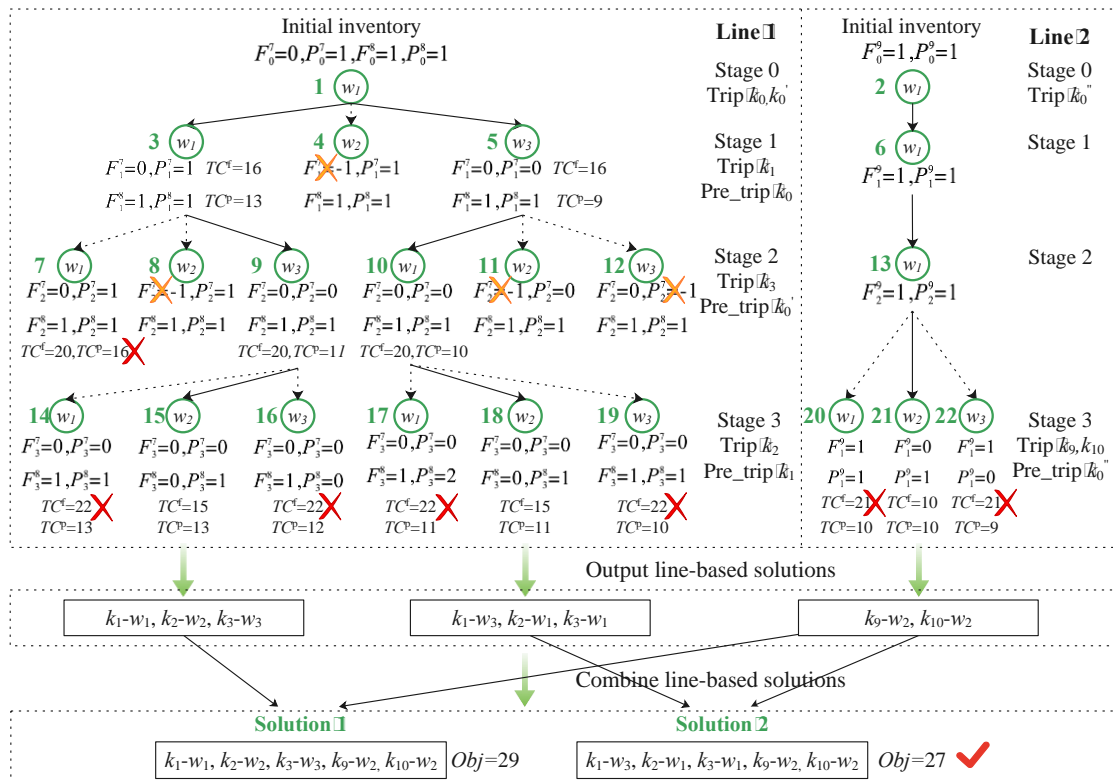


图 1 基于 constrained gap 的分支定界算法示意图





## ● 托盘运输模式下的库存优化研究

在国家自然科学基金项目（批准号：72101021）资助下，北京交通大学交通运输学院刘康琳副教授团队对托盘运输模式下的库存管理优化问题开展研究。该成果以“Inventory management with actual palletized transportation costs and lost sales”为题，于2024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），论文链接：<https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103462>。

托盘运输在货运领域占据重要地位，本文研究了离散化、非线性托盘运输费率下的库存管理问题，考虑了多周期、多产品、随机需求条件下的订货、缺货及运输策略。本文考虑的托盘运输费率来源于实际企业数据，该企业运输费率随运输托盘的数量呈现凹增长，且当托盘数大于一定阈值时，按整车收费，详见图 1。

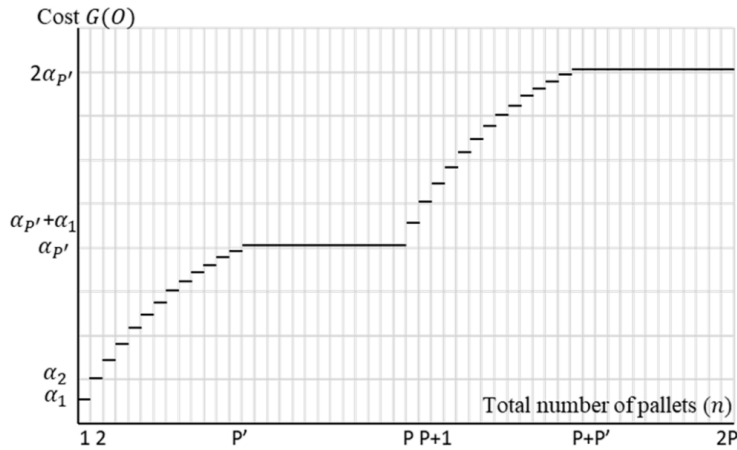


图 1 运输费率与运输托盘数量函数关系图

在进行具体研究时，首先，根据企业运输费率的实际数据量化整车及非整车运输费用函数；其次，构造货物充足与缺货条件下的两类库存管理优化模型，并利用分段线性近似和外逼近方法处理混合整数非线性模型；最后，将上述模型成功应用于包含 3196 个 SKU、五种货物类型（A+、A、B、C 和 D）、24 个月的实际算例中，得出管理意见。研究表明，非整车运输能够在考虑缺货和补货时获得更低的总运营成本。

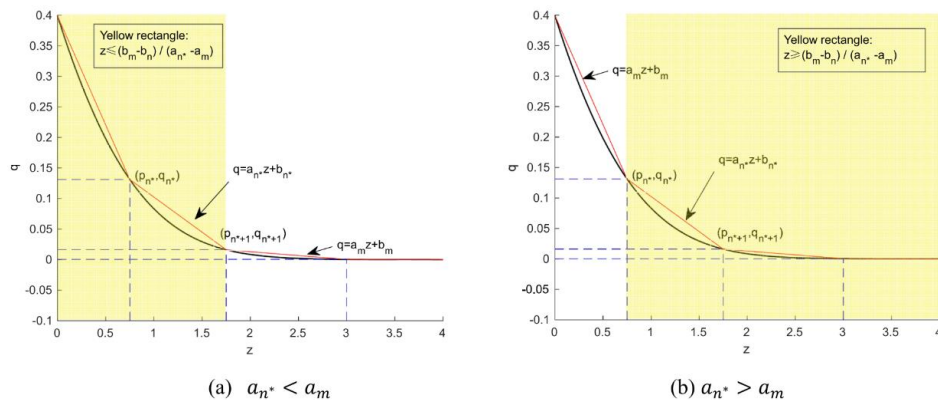


图 2 非线性近似方法示意图

## ● 受电弓精细化监测/检测研究

在中央高校基本科研基金项目（批准号：2022JBQY007）和国家重点研发计划项目（批准号：2022YFB4301204）资助下，北京交通大学交通运输学院魏秀琨教授团队该研究针对受电弓表面微小缺陷的检测问题，设计了一种集成物体检测和分割的深度学习方法，实现了对 PCCS 表面碎片和裂纹的准确检测和分析。该成果以“Subtle defect detection on the surface of railway PCCS based on deep learning”为题，于 2023 年发表在《Measurement》期刊上（工程技术领域顶刊，影响因子 5.6），论文链接：<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2023.113964>。

受电弓是铁路车辆的关键组件，其运行状态直接关系到铁路运营安全。本文涉及 PCCS（受电弓碳滑板）表面剥落和裂纹的检测。尽管最新的物体检测和分割方法被广泛用于解决工业检测领域的实际问题，但深度学习在受电弓表面缺陷检测中的应用仍然缺乏系统的研究。本研究旨在检测 PCCS 表面的典型微小缺陷。在 PCCS 图像采集和增强后，设计了碎片和裂纹缺陷数据集。首先，对于碎片检测，提出 EBF-YOLOv5，集成了聚焦微小物体的四头结构，并在 YOLOv5 的主干上增加了 ECA(Effective Channel Attention)。此外，采用 BiFPN 取代原有的 PANet，同时引入焦损，解决了物体细微、样本少、物体与背景不平衡等问题。然后，提出了一种裂纹检测-分割模型，并将语义分割的思想应用于 PCCS 表面裂纹检测。在对斑块级裂纹进行检测后，在像素级分割过程中，提出了基于 U-Net 模型，结合通道注意机制和空间注意机制的 CBAMU-Net 模型。同时，应用混合损失函数提高分割精度。最后，在分割后的二值掩模图像上进行裂缝长度和宽度的测量，同时通过分析裂骨架，确定裂缝轮廓内最大内切圆来测量裂缝。然后通过与裂长度和宽度的测量结果进行对比，计算出相对误差。实验证明 EBF-YOLOv5 和 CBAMU-Net 可以满足典型 PCCS 微小表面缺陷在实际应用中需求。

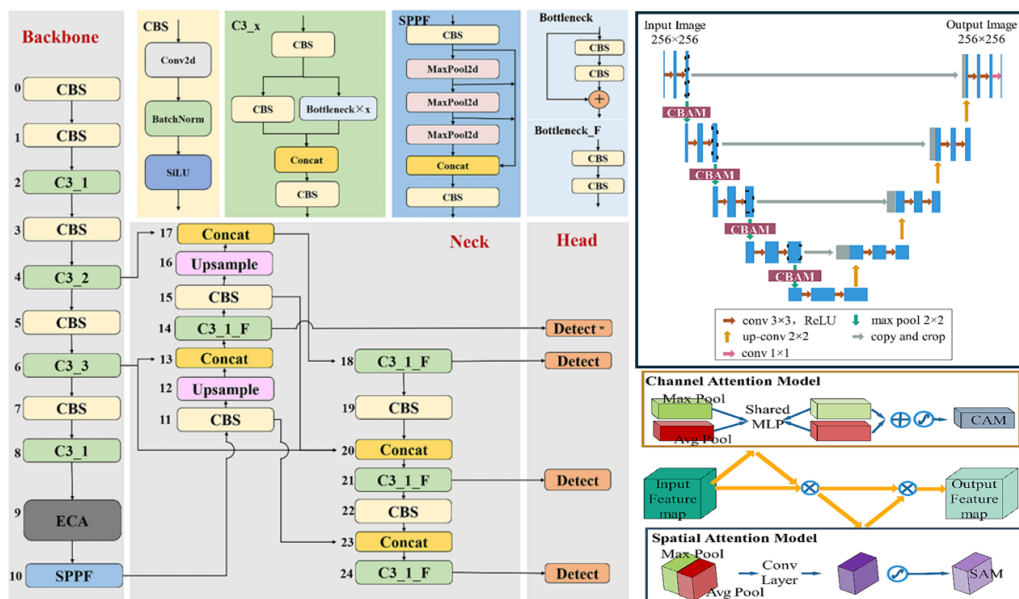


图 1 网络结构图：EBF-YOLOv5 (左) CBAMU-Net (右)



● 低空经济产业发展问题研究

北京交通大学交通运输学院**刘志硕副教授团队**针对低空经济产业发展问题开展研究，阐述了我国低空经济发展所面临的挑战、无人机产业现状与行业赋能。**成果陆续被经济日报报道。**

当前低空经济仍面临诸多挑战。一是 eVTOL、飞行汽车装备产业尚处于发展初级阶段，针对中型无人机的适航标准尚未发布。二是在空域规划方面，低空空域通常定义为离地高度 1000 米以下空域。城市空中交通空域运行边界还有待界定。三是低空交通管控方面，依赖人工的运输航空管控模式已不适用于低空飞行，尤其是在城市空中交通中。当交通量较大时，如何保障飞行安全和高效应当重视。四是在行政管理方面，国家层面出台了一系列促进无人机飞行的法律法规、标准规范，部分地方政府也出台了地方法规，但民航局和地方政府职责划分尚待清晰界定。

无人机赋能千行百业。为促进无人机产业发展，国家层面先后出台《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》《通用航空装备创新应用实施方案（2024—2030 年）》等，各地也陆续发布地方法规，推动形成了场景丰富多元、供给智慧高效、监管安全规范的低空经济健康发展局面。在交通出行方面，载人无人机的未来城市交通的重要组成部分。以电动垂直起降（eVTOL）为代表的载人无人机正引领城市空中交通变革。相比传统的直升机，采用多旋翼设计的 eVTOL 占地面积更小、机动性更强，能在城市中心、屋顶停机坪、小型空地等便捷起降，通过城市空中交通实现点对点运输，极大提高运输效率、降低延误风险。当前，载人无人机尚处于初期阶段。随着越来越多低空应用场景开启，将加速载人无人机产业发展。在物流配送方面，无人机在物流领域的应用尤为突出。无论是在地面交通拥堵的城市，还是地形复杂或交通基础设施匮乏的山区、海岛等，无人机单独或与其他交通方式协作，均能高效完成包括易腐生鲜等对时效性要求严格的物品快速递送。国内外各大企业纷纷入局无人机物流配送，显著提升了消费者体验与供应链效率。



图 1 我院学者智库成果在《经济日报》有所体现

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](mailto:huangmc@bjtu.edu.cn)

孙老师：010-51687075，[rjsun@bjtu.edu.cn](mailto:rjsun@bjtu.edu.cn)

学院官网：<http://trans.bjtu.edu.cn/cms/>