



北京交通大学
BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY

2026 年 4 月

科技

Monthly Report
on Science and Technology

工作月度简报

School of
Traffic and Transportation
交通运输学院

思源 / 交融 / 创新

SINCE — 1896



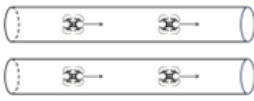
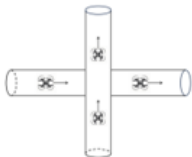
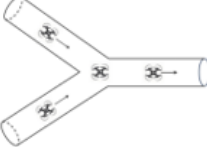
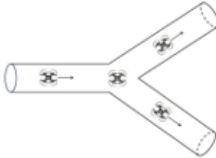
● 运输知行大讲堂成功举办（下期）——低空天轨交通系统概念设计与运行管控

为进一步拓展师生学术视野，促进交通领域前沿技术交流，2026 年 3 月 20 日，“运输知行大讲堂”系列活动顺利举行。本次讲座以“低空天轨交通系统概念设计与运行管控”为题，由航空运输与系统工程系副主任、副教授主讲，吸引了相关专业师生积极参与，以下是报告主要内容。



低空交通是一种新型的交通方式，采用什么样的运行规则，如何设计，如何管控，目前国内外均尚处于探索中。没有安全就没有低空经济，安全是低空交通的生命线。面向高度异构机型、高频次低空交通需求，以及复杂运行环境，如何确保安全运行？刘志硕副教授团队针对垂直起降航空器，提出并设计了低空天轨交通系统。该系统的航路类似铁轨，采取廊道航路模式，即每条航路只设置一个航道，单向行驶，不允许超越。航路存在交汇和分岔之处，也存在交叉之处（视空域情况，可立体无冲突交叉，也可平面有冲突交叉），航空器在此处会产生冲突。在直线段，航空器因速度差异，也可能会产生追尾冲突。航路如表 1 所示。

图 1 航路构型

航路类型	飞行场景	间隔要求
单一航路		确保后机与前机的间距满足纵向安全间隔
平行航路		设计平行航路间隔大于航空器间的横向安全间隔，以确保两条航路的航空器保持安全的横向间隔
交叉航路		设计交叉路口的运行规则，错开两个方向的航空器占用或接近航路交叉口的时间，以确保通过交叉口的两架航空器保持安全的横向间隔
汇聚航路		设计汇聚点处的运行规则，以保证不同方向飞往汇聚点的航空器保持安全的横向间隔
脱离航路		与汇聚航路类似，航空器经过脱离点后，需要保证飞往不同方向的航空器保持安全的横向间隔

在运行控制方式上，采用移动闭塞模式。为保障安全性，先采用准移动闭塞模式。具体地，结合各型号有人机和无人机的飞行性能，考虑各航段的曲率、气象、导航、通信等因素，给航路设置固定分区。根据每架航空器的状态，动态构建它的“自由区-缓冲区-闭塞区”三级空间结构和红绿灯信号，实现对航空器的实时控制，确保在各种扰动情况下航空器之间能够保持安全间隔。在出现故障时（如接收不到地面信号），采用降级运行模式，航空器降低飞行速度。

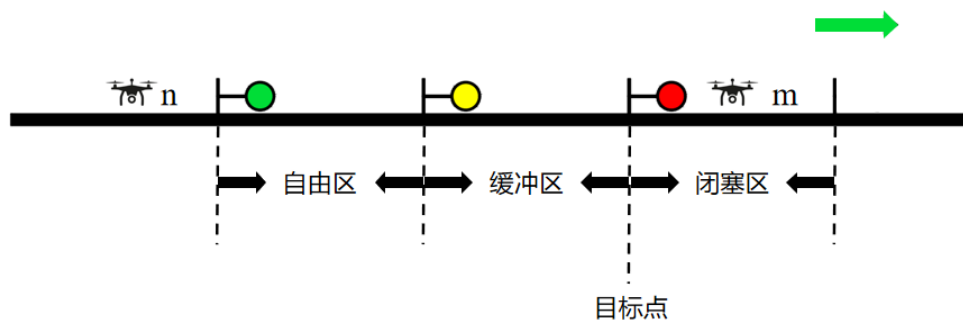


图1 “闭塞区-缓冲区-自由区”示意图

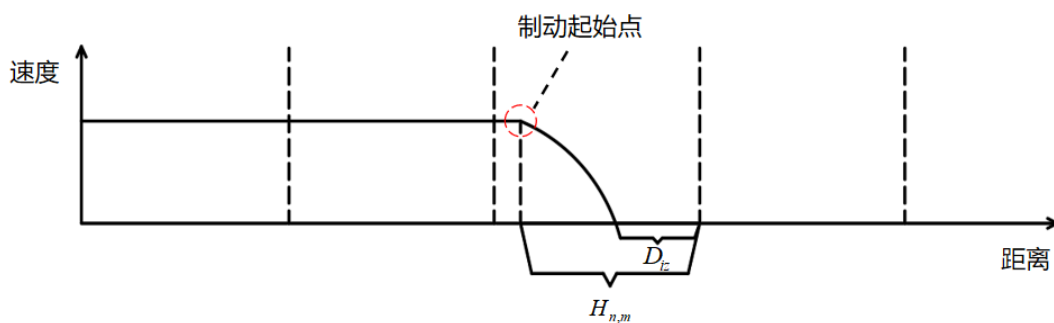


图2 直线飞行后机制动曲线

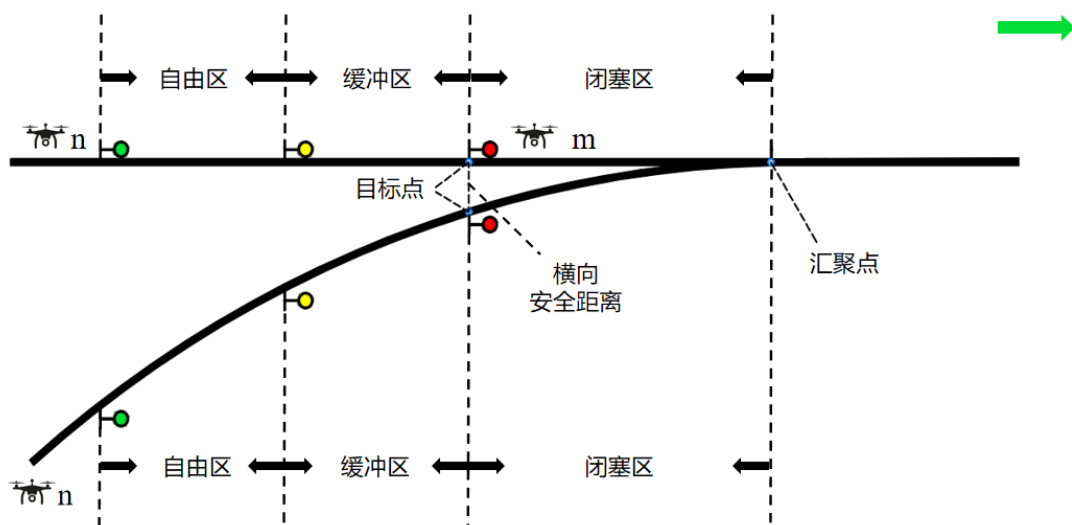


图3 汇聚点飞行示意图

在垂直起降场的终端区设计上，设计为多分区-多圆环结构。航空器进场与离场路径分别设置于两侧。起始进近点、中间进近点和最后进近点对应的环路根据实际情况设置为单向或者双向，航空器按环路所设置的方向绕飞。运行中，航空器可选择在环路任意位置悬停，或仅在进近点位置悬停而其他位置保持绕飞。

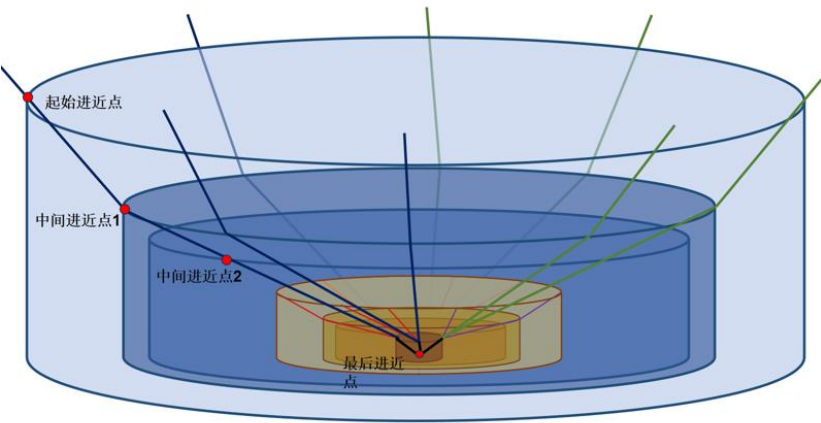


图 4 进离场垂直剖面图

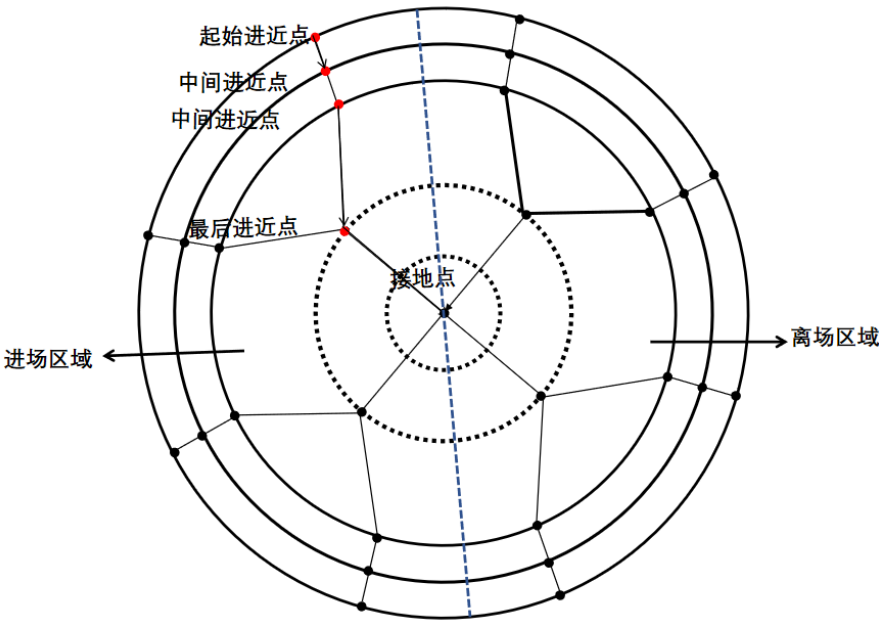


图 5 垂直起降场进近程序俯视图

低空天轨交通系统的关键技术研发主要包括低空天轨交通系统规划与运行理论体系、低空天轨交通系统运行控制技术与装备、低空天轨交通系统设计规范、系统测试与验证等。

● **李艳华教授团队：**枢纽机场中转运营与机场群协同机理方面取得系列研究成果

航空运输与系统工程系李艳华教授、任广建老师团队，长期聚焦枢纽机场中转运营优化、机场群协同发展、航空网络韧性提升等核心方向，先后承担国家自然科学基金民航联合研究基金、北京市社科重点项目、国家民用飞机专项等多项国家级与省部级科研项目，紧扣民航重大战略需求开展系统性攻关。近期，团队在相关领域取得多项理论突破与应用创新成果，相关研究陆续发表于《Transport Policy》、《Journal of Air Transport Management》、《Transportation Research Record》、《交通运输系统工程与信息》、《北京航空航天大学学报》、《北京交通大学学报》等国内外交通运输领域知名期刊，同时获得 2 项国家发明专利授权，形成了兼具理论创新性与行业实用性的系列研究成果。



关于枢纽机场中转运营优化

围绕我国民航“干支通，全网联”服务体系建设与枢纽高质量发展核心任务，针对双枢纽航线同质化竞争、多航站楼中转流程不畅、机场群协同效应不足等行业痛点，团队从三大维度开展研究，形成完整的理论方法与实践方案体系。

在双枢纽航线网络差异化优化方面，针对一市两场双枢纽航线同质化、功能定位重叠、中转协同不足的核心痛点，突破传统单机场航线优化的局限，构建航线效率评估体系，针对不同合作/竞争模式建立双枢纽航线网络优化模型，量化了航司运营策略、旅客选择偏好、机场功能定位的耦合影响机制，形成双枢纽差异化航线布局与协同运营的完整方案。相关研究成果发表于《Transportation Research Record》（2025）、《北京航空航天大学学报》（2024），并获国家发明专利《一种双枢纽航线网络优化方法及系统》授权，为我国双枢纽机场高质量建设与协同运营提供了核心技术支撑。

考虑枢纽机场多航站楼发展的趋势，进行多航站楼中转运营效率提升和全流程优化研究，针对多航站楼机场跨楼中转流程不畅、航班时刻与旅客中转需求错配、中转衔接机会不足等行业共性难题，团队开展了从航站楼资源分配到航班计划精细化管控的全链条优化研究。通过大样本实证分析与离散选择模型，精准刻画了不同类型旅客的中转选择偏好，构建了中转航班时刻优化、航班供需适配等系列优化模型。相关研究成果相继发表于《交通运输系统工程与信息》（2023）、《北京航空航天大学学报》（2025）等期刊，为我国大型枢纽机场中转能力提升与精细化运营提供了系统的理论方法与实践方案。

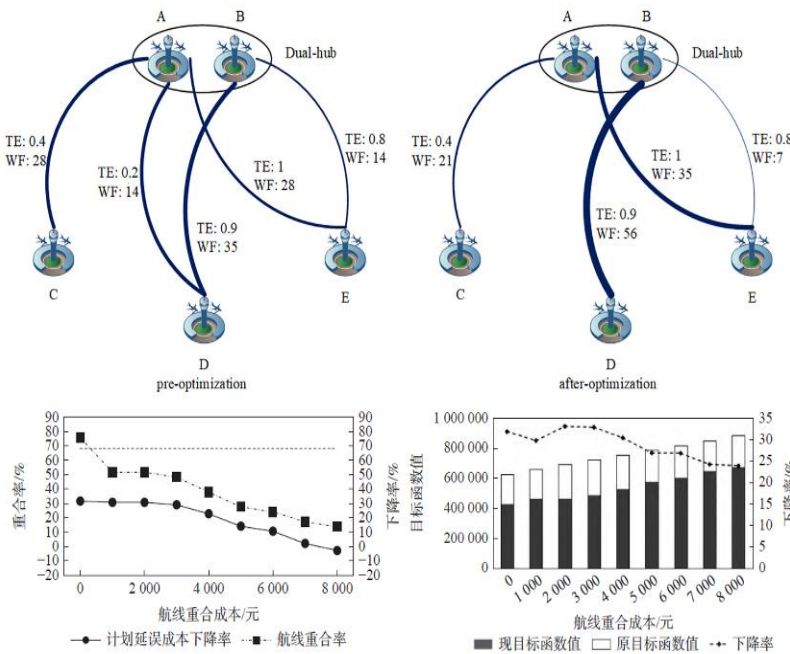


图5 计划延误成本下降率及航线重合率变化趋势

图6 目标函数值变化趋势



图1 双枢纽航线网络优化策略、效果对比及授权的发明专利

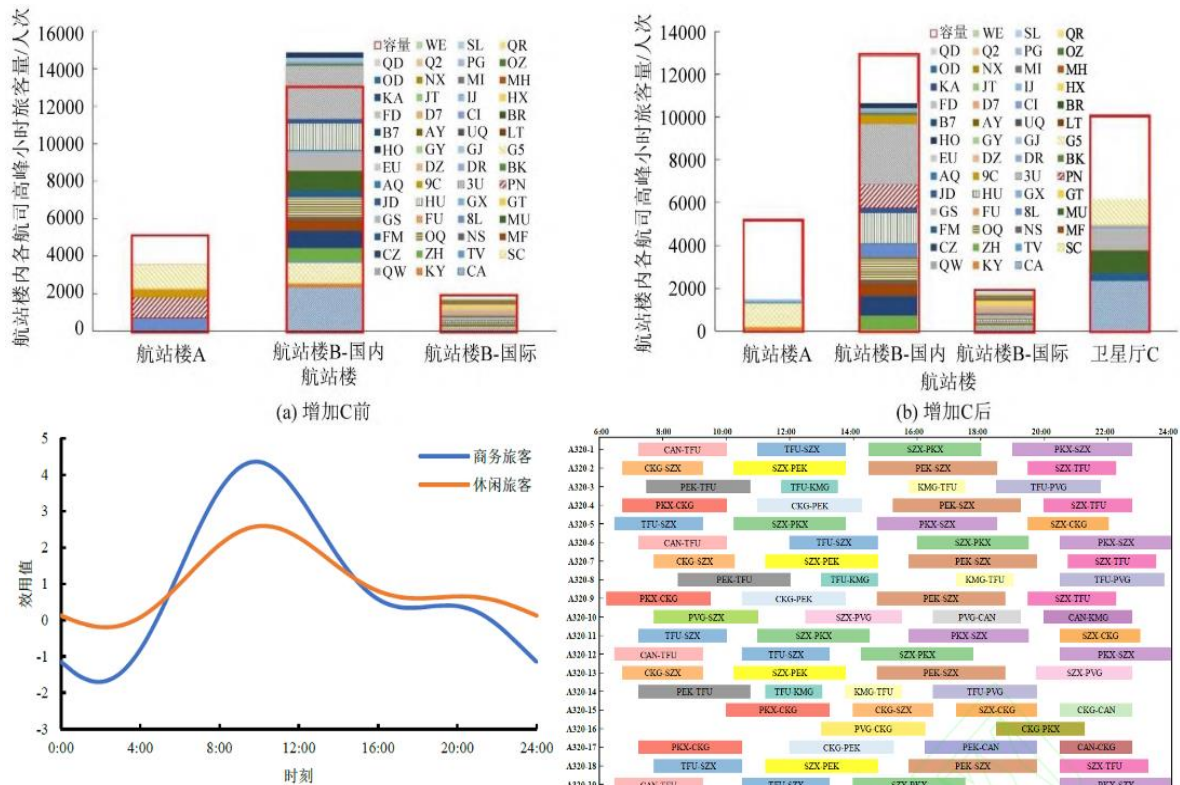


图1 航班时刻偏好曲线

图4 优化后A航空公司某日航班甘特图(部分)

图2 多航站楼枢纽中转资源分配及考虑旅客选择偏好的航班计划优化结果

关于机场群腹地识别与协同发展机理研究

针对我国世界级机场群建设中机场群腹地边界模糊、网络连通性不足、干支协同效应弱、中小机场可

持续发展动力不足等痛点问题，团队开展了系统性的理论与实证研究。基于羽流模型构建机场群腹地精准识别体系，量化解析了机场竞争力、地面交通可达性对机场群腹地分布的影响机制，为机场群差异化功能定位提供了空间决策依据；基于相对熵理论创新性构建了机场群网络连通性评估模型，系统刻画了我国四大机场群航线网络连通性的时空演化规律，识别了核心驱动因素并形成针对性优化策略；构建地方政府、机场、航空公司三方演化博弈模型，揭示了补贴政策、收益分配机制对协同运营策略的影响规律，提出了中小机场群协同发展的补贴政策优化体系。相关研究成果发表于《Transport Policy》（2026）、《Journal of Air Transport Management》（2026）、《Journal of Urban Planning and Development》（2026）等国际期刊，并获国家发明专利《一种基于相对熵理论的机场群网络连通性分析方法及系统》授权，为我国世界级机场群协同高质量发展提供了重要的理论支撑与决策参考。

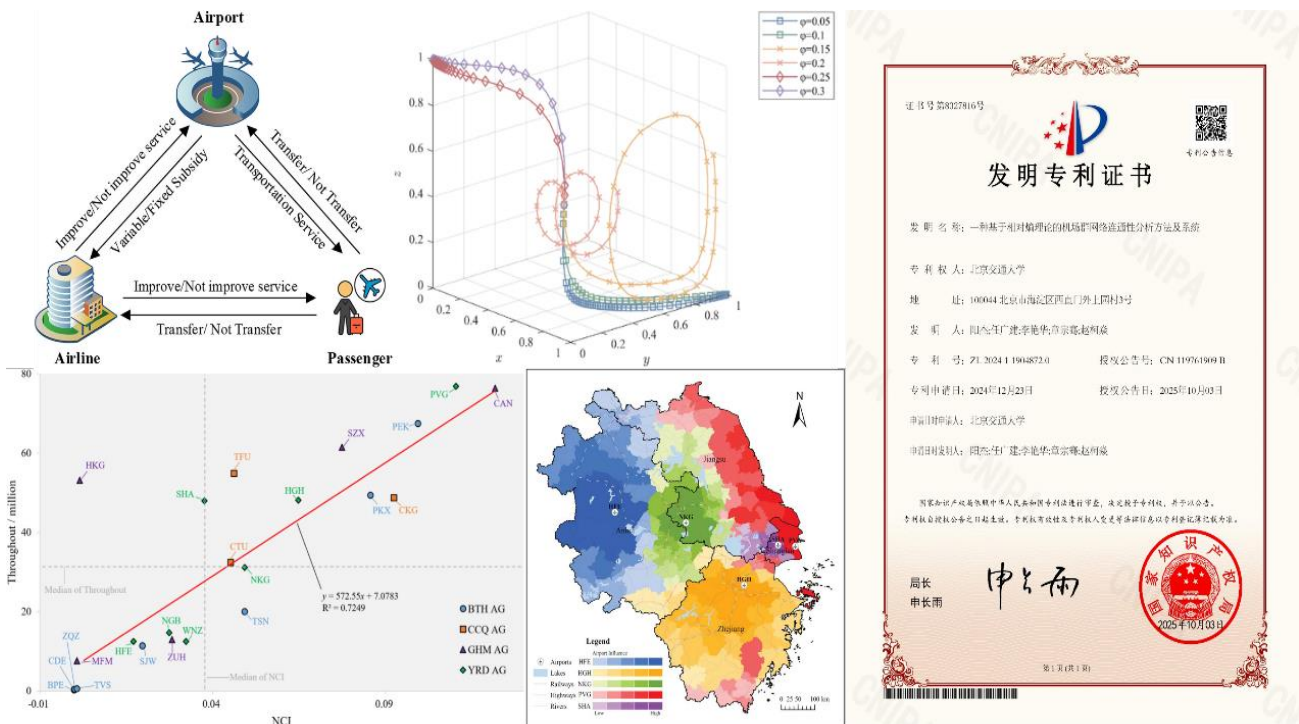


图3 机场群协同运营博弈模型、网络连通性分析评估结果及授权的发明专利

关于网络鲁棒性和韧性评估方面研究

在航空网络拓扑特性与关键节点识别研究方面，团队突破传统单层网络分析的局限，构建了考虑高度层的多层空中交通网络模型、航空器控制多层网络模型，系统解析了我国航路网络、机场网络的核心拓扑特征，填补了多层空中交通网络结构特性分析的研究空白。针对传统网络关键节点识别方法精度不足、适配性差的问题，团队创新性提出了基于先进拓扑势、注意力机制、拉普拉斯能量相对熵的三类关键节点识别新方法，显著提升了机场网络与航路网络关键节点识别的精准度，实现了对节点网络贡献度的量化刻画，为航空网络枢纽节点布局、资源优化配置提供了核心理论方法。

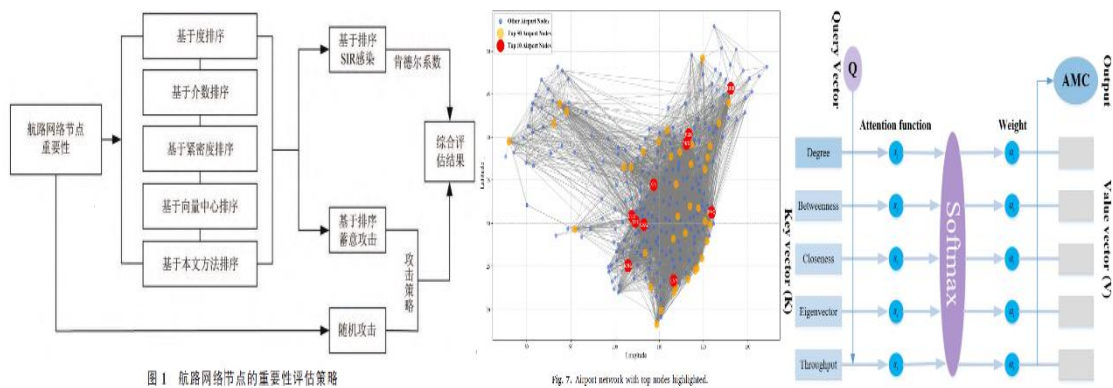


图 4 航空网络关键节点重要性综合评估框架

在航空网络鲁棒性与韧性评估研究方面，针对航空网络运行面临的随机干扰与蓄意攻击风险，团队融合拓扑势与相对熵理论构建了航路网络鲁棒性量化评估模型，系统分析了北京管制区等典型空域航路网络在不同攻击场景下的抗毁性变化规律，精准识别了影响网络韧性的核心短板，揭示了网络拓扑结构与鲁棒性之间的内在耦合机制，形成了针对性的航空网络韧性提升策略。相关研究成果发表于《Physics Letters A》、《International Journal of Aerospace Engineering》（2023）、《Journal of Advanced Transportation》（2021、2022），为我国空域资源优化配置、空中交通安全韧性提升提供了重要的理论支撑与技术方法。

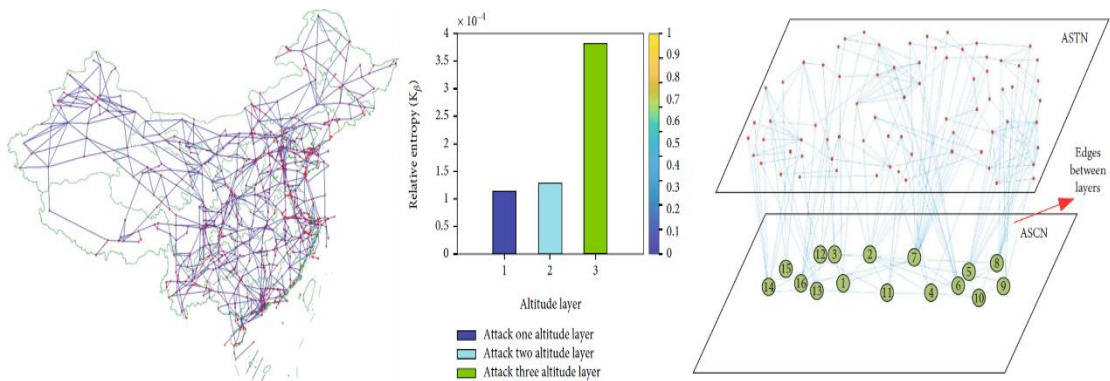


图 5 多层空中交通网络不同攻击场景下鲁棒性分析

● 许心越教授团队：与铁科院电子所举行铁路工务智能化技术交流会

2026年4月28日，交通运输学院交通信息管理工程系与中国铁道科学研究院集团有限公司电子计算技术研究所铁路工务智能化技术为主题在土建308会议室举行交流会。交通信息管理工程系主任许心越教授以及汪晓霞、赖晴鹰、庄勇等教师代表，与电子所安全系统部副总经理沈鹏正高工、基础设施技术部部长吴霞正高工、项目经理郭心全等一同参会。双方围绕铁路工务智能化领域的科研合作、技术攻关及成果转化等议题展开深入交流。



许心越教授首先代表学院系对所沈鹏一行的到访表示欢迎，并介绍了相关科研团队在网络化客流预测与诱导技术、轨道交通AI应用、设备故障预测等方向的研究积累与人才优势。他表示，交通信息管理工程系在数据驱动的运输组织优化、深度学习与设备健康管理等方面形成鲜明特色，尤其在交通运输行业大模型研究、多源数据融合分析等前沿领域具有扎实基础，希望以此次交流为契机，推动与铁科院电子所在铁路工务智能化领域的深度协同，实现高校前沿算法研究与行业系统应用的精准对接。

沈鹏正高工系统介绍了铁科院电子所在铁路工务信息化领域的全链条技术布局与最新成果。电子所近年来对标《“十四五”铁路网络安全和信息化规划》《数字铁路规划》等要求，持续深化相关系统建设，形成以“检测检查→状态分析→生产计划→现场作业→质量评价”为主线的闭环管理体系。交流会上重点展示了最新研发的数智工务AI平台、普速铁路线路及桥隧设备PHM系统、线路安全环境管理系统等相关成果及其在科学运维、安全保障方面的支撑作用。

随后，双方参会人员围绕工务大数据智能分析与挖掘、设备状态评估与预测性维护算法、维修方案智能决策优化、AI技术在工务专业领域的深化应用、作业全过程安全监控与风险预警等关键技术难点、对策方向与工程落地需求展开研讨。双方在共建铁路工务智能化实验平台与基础数据池、推动前沿AI算法与现场系统融合应用、协同培养高层次应用人才等方面达成初步共识，为后续产学研深度协同与成果转化奠定基础。

本月成果

● 项目：

2026 年 4 月共完成科研项目立项 **36** 项。

其中：国家铁路局课题计划 **3** 项，国铁集团科技开发计划课题 **10** 项，知识产权许可项目 **1** 项，横向及其他项目 **22** 项。

● 专利：

2026 年 4 月新提交专利申请 **11** 项，已获得授权专利 **5** 项。

● 软件著作权：

2026 年 4 月新提交软件著作权申请 **14** 项，已获得授权软件著作权 **8** 项。

学术征稿

● 第六届“铁路运输组织与运营管理创新研讨会”征文通知

为实现路网规模质量、运输保障能力、科技创新水平、企业经营质效、铁路治理体系“五个世界一流”目标任务，铁路运输组织与运营管理模式亟需变革创新。在此背景下，中国铁道学会运输委员会拟召开第六届“铁路运输组织与运营管理创新研讨会”，面向政府部门、运输企业、科研院所、高等院校、设计院所等单位征集会议论文，共同开拓思路，探讨铁路运输组织与运营管理创新理论与技术，不断推动铁路运输组织现代化。现将研讨会征文有关事宜通知如下：

举办时间：2026 年 10 月下旬，会期 1 天

举办地点：北京

主办单位：中国铁道学会运输委员会

承办单位：北京交通大学交通运输学院

征文范围包括但不限于：

1. 区域多层次轨道交通运输组织协同创新理论与技术；
2. 智能铁路运输组织技术；

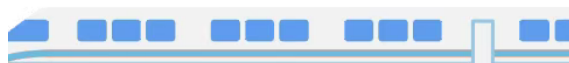
.....

在线投稿系统链接：

<https://www.rtoom.com/submit>

第六届
“铁路运输组织与运营管理创新研讨会”
征文通知

中国铁道学会运输委员会



运输喜报

● 北京交通大学铁路现代物流研究中心入选中国多式联运发展联盟首批成员单位

2026年4月29日，中国多式联运发展联盟（以下简称：联盟）在北京成立。我校铁路现代物流研究中心（以下简称：中心）入选联盟首批成员单位，成为首批成员单位中唯一的高校研究机构。中心在国铁集团货运部指导下深度参与了多式联运发展联盟前期筹建的相关研究论证与策划工作。

该联盟由国铁集团牵头，会同中国远洋海运集团有限公司、招商局集团有限公司、中国物流集团有限公司、中国数联物流信息有限公司等4家我国物流领域骨干央企，共同发起成立，旨在打造全国性、跨行业、开放型、非盈利的企业协作平台，以充分发挥各种交通运输方式优势和多元市场主体作用，助力运输结构调整、物流降本增效，推动我国多式联运高质量发展。



此次，中心加入联盟是践行总书记给四所交通大学全体师生回信要求的重要举措。2026年，4月7日总书记给四所交通大学全体师生回信，对学校发展提出殷切期望，强调秉持“求实学、务实业”办学宗旨，聚焦国家重大战略需求，在促进产学研深度融合上实现更多突破，为建设教育强国、科技强国、人才强国作出新贡献。

北京交通大学铁路现代物流研究中心，2024年7月中国国家铁路集团有限公司批复支持建设，由北京交通大学交通运输学院牵头，联合路内外相关科研院所和企业共同组建。中心围绕铁路现代物流体系建设的关键问题开展系统性、关键性、原创性研究，重点在产业政策研究、理论创新攻关、技术装备孵化、智库服务支撑、创新人才培养等方面开展工作。中心将以此次加入联盟为契机，深入参加联盟后续相关工作，进一步发挥“沟通上下游、融合路内外、联系产学研”的桥梁作用，助力我国多式联运和铁路现代物流高质量发展。



学术活动

● 交通运输学院赴中铁快运股份有限公司走访调研

2026年4月1日下午，交通运输学院一行赴中铁快运股份有限公司开展走访调研。公司党委书记、董事长、我院93级校友吴景海，党委副书记、总经理王洪光，副总经理李辰中，副总工程师邹振胜及各业务部门主要负责同志出席会议。学院党委书记孙冬梅、院长孟令云、党委副书记于海妹及各系所和学工办负责人参加调研，双方围绕校企发展、科研合作、产学研协同、毕业生就业等方面进行了深入交流。



吴景海对学院的到访表示热烈欢迎，对母校的培养表达了感激之情。他重点介绍了公司近年来的快速发展和多元业务拓展，对高素质人才始终有着迫切需求，提出进一步加强校企合作的期盼，重点围绕校企“十五五”规划联合攻关、科研课题协同申报、定制化培训、高质量实习就业等方向推进实质落地。

孙冬梅对中铁快运长期以来支持学院发展建设表示感谢。她指出，学院始终把人才培养和科学研究同服务重点行业紧密结合，此次专题调研是学院主动对接行业重点单位、深入了解企业发展需求、持续提高人才培养实效和提升就业质量的重要举措，希望双方加强合作为十五五期间运输行业高质量发展贡献智慧和力量。

王洪光表示中铁快运已进入新发展阶段，深度融入货运物流与客运服务体系之中，强调未来校企合作应聚焦人才输送、提速培养及产学研深度融合三大方向，为业务发展提供前沿支撑。

孟令云详细介绍了学院情况，希望以此次调研交流为契机，进一步深化学院与企业之间的沟通联系，在人才培养、科研协同、学生就业等方面拓展合作空间，提升合作实效。

公司副总经理李辰中，副总工程师邹振胜及各业务部门负责人围绕科研协同、企业招聘等方面，重点讨论了物流组织、多式联运等业务拓展和人才需求。

学院各系所负责同志围绕研究重点、校企合作模式、产学研联合培养、实习实践基地建设、应届毕业生情况等内容进行深入交流。

学术活动

● 中铁集装箱运输有限责任公司一行来院交流合作

2026年4月14日上午，中铁集装箱运输有限责任公司党委书记、董事长杨斌一行到访我院就深化校企合作交流合作进行座谈。副院长赵鹏，学院党委书记孙冬梅，院长孟令云，党委副书记、副院长陈军华，党委副书记于海妹，副院长何世伟以及各系所负责人参加座谈。会议由党委书记孙冬梅主持。



赵鹏代表学校对杨斌董事长一行的到访表示欢迎。他指出，交通运输学院是学校具有深厚历史底蕴与鲜明办学特色的学院，双方前期在人才培养、科研、社会服务等方面已经建立了良好的合作基础，希望以此次交流为契机，进一步深化校企全面战略合作，实现优势互补、协同发展。

孙冬梅介绍双方参会人员，并代表学院对中铁集装箱运输有限责任公司一行来访表示欢迎。

杨斌重点阐述企业围绕以铁路运输为骨干的多式联运龙头物流企业战略定位，在服务国家中欧班列建设、高质量共建“一带一路”、助力西部陆海新通道发展等方面的工作成效和思考。

孟令云围绕学院发展历程、学科专业、人才培养、科研成果、社会服务等方面进行介绍，并希望与中铁集装箱运输有限责任公司深化合作、加强产学研协同、助力双方事业高质量发展。

随后，双方围绕学生实习就业、科研项目合作、企业员工培训等方面深入沟通。

座谈结束后，杨斌董事长一行参观了运输设备教学馆。

成果分享——科研获奖

● 适应客货市场变化的铁路网动态运能瓶颈智能预判与疏导关键技术

在国铁集团重点课题“适应客货市场变化的铁路网动态运能瓶颈的智能预判与疏导关键技术研究”（批准号：N2020X005）、国铁集团系统性重大项目“铁路货运车流径路动态优化调整与管理关键技术研究”（批准号：P2019X004）以及国家自然科学基金项目的资助下，北京交通大学交通运输学院**何世伟教授团队**针对基于铁路大数据的铁路网动态运能瓶颈的智能预判与疏导技术问题展开深入研究，提出了车流径路知识库构建方法，构建了运输条件变化下运能动态瓶颈预警阈值及动态智能监控方法，构建了对动态运能瓶颈进行智能疏导技术，开发了路网动态运能瓶颈预判、分析和疏解等系列软件系统。**该成果“适应客货市场变化的铁路网动态运能瓶颈智能预判与疏导关键技术”获 2025 中国铁道学会科学技术奖铁道科技进步奖一等奖。**



图1 获奖证书

提升调度指挥智能化水平，是铁路高质量发展的重要内涵之一，随着我国铁路网的不断建设和发展，客货运能矛盾已得到极大缓解，但客货运输市场的波动或运营环境的变化（如春运、暑运、特定物资调拨、抢险救灾运输等），铁路在局部的区域和时间段仍然存在大量的临时或阶段性的动态运能瓶颈，需要调度部门对运输生产进行统筹考虑，综合安排。研究基于大数据的铁路网动态运能瓶颈的智能预判与疏导技术，对于更精准预判运输生产可能存在的问题和演化规律，生成适应客货市场变化的更科学合理的运输组织调整方案，提升调度生产管理水平和运输效益，有重要的理论和实用价值。

主要创新点一：首次给出了车流径路知识库构建方法，开发了基于知识计算的车流径路文本文件提取技术，基于并行计算的车流实绩径路提取技术，创新了实际与理想径路融合的知识库新车流径路智能获取技术，创建了考虑实际径路使用概率和径路可行性的全路车流径路动态知识库，填补了国内该领域空白，为车流推算以及动态运能瓶颈识别提供了更加准确完备的径路知识和数据支撑。

主要创新点二：首次构建了运输条件变化下运能动态瓶颈预警阈值及动态智能监控方法，设计了铁路

成果分享——科研获奖

网动态运能瓶颈识别指标体系，并对每个细化指标给出了可行的计算方法；采用递归神经网络学习获得运能动态瓶颈预警阈值，解决了动态运能瓶颈预警技术难题。

主要创新点三：构建了对动态运能瓶颈进行智能疏导技术，提出了考虑能力利用以及效益最大化的车流分配与调整方法，改进了基于车流调整策略与智能优化方法结合的动态运能瓶颈高效疏解方法，能更高效实现对铁路网运能瓶颈的疏解。

主要创新点四：开发了路网动态运能瓶颈预判、分析和疏解等系列软件系统，通过实时监控重要路网瓶颈指标，根据预警阈值对路网动态瓶颈相关的车流径路、装卸车等进行调控，有利支撑了调度车流调整的质量和运营管理水平提升。

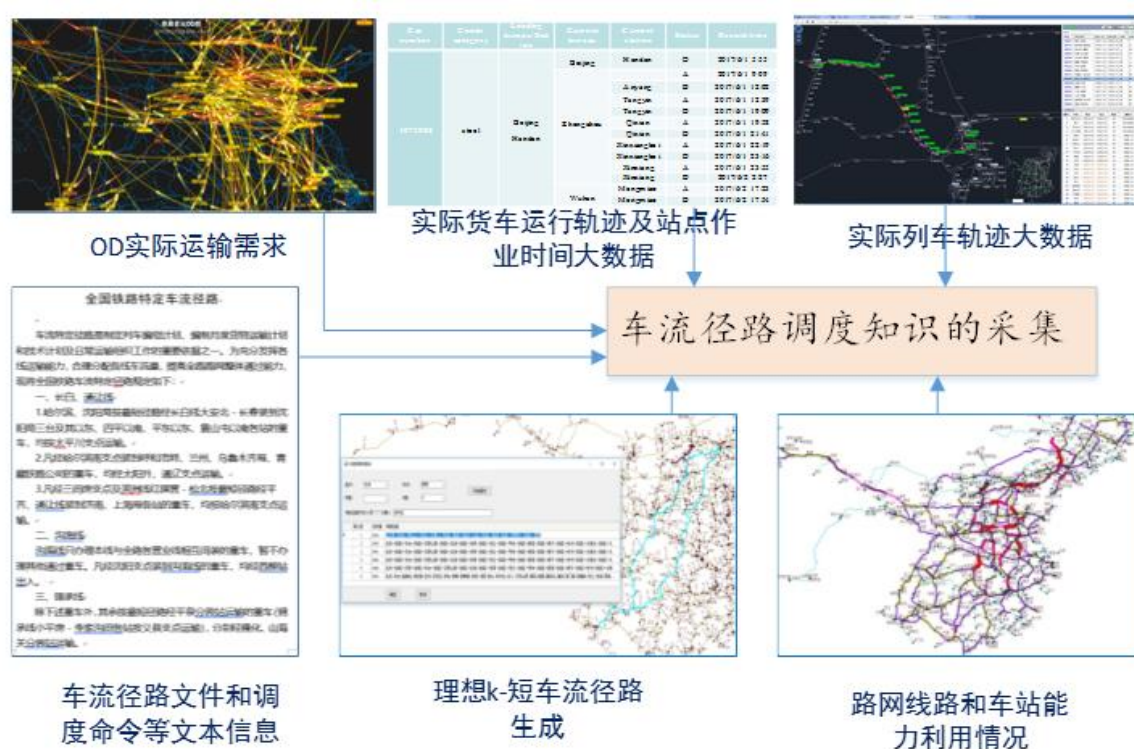


图2 车流径路调度知识采集方案图

主要完成人：何世伟，宋瑞，于洋，冀振燕，迟居尚等

科研团队简介：团队承担了多项国家重点研发计划课题、国铁集团重大重点课题等。获得中国铁道学会铁道科技奖一等奖5项、二等奖4项等奖项。发表SCI、EI检索论文200余篇。本项目获得发明专利3项、软件著作权11项、发表高水平论文46篇，出版专著1部，为研发和完善相关调度生产系统提供了理论和技术支撑。成果在国铁集团运输调度指挥中心、哈尔滨、呼和浩特、武汉等多个路局应用，降低了临时或阶段性的动态运能瓶颈对运输生产的影响，有效缓解了能力紧张分界口、线路和车站压力，减少了货车周转时间和运用车保有量，产生了较显著的社会经济效益。

● 面向运行环境的不安全驾驶行为预测研究

在国家自然科学基金项目（批准号：62272030）资助下，北京交通大学交通运输学院钱大琳教授团队针对即将面临的运行环境可能引发的不安全驾驶行为问题开展研究，提出了双侧图交互协同过滤模型（BGICF），分析研究了运行环境要素、驾驶人特征和驾驶行为之间复杂交互关系。该成果以“**Personalized prediction of unsafe driving behaviors for drivers of dangerous goods transportation trucks based on an attribute graph interaction model**”为题，于2025年发表在《Accident Analysis and Prevention》期刊上（交通安全领域顶刊，影响因子5.7），论文链接：<https://doi.org/10.1016/j.aap.2025.108179>。

危险货物具有易燃易爆等危险特性，加之道路运输环境较为复杂，其运输过程存在重大安全风险。因而危险货物道路运输安全一直是运输安全生产工作的重中之重，需要加强系统性的风险防范。鉴于驾驶人是导致危险货物道路运输事故的主要因素，除了加强其在途运输行为监控外，更重要的是运输调度环节的低风险驾驶员选派，实现源头风险把控。为此，本文开展驾驶人不安全驾驶行为预判和运输风险评估研究。针对运输环境数据特征不完整、交互信息缺失的问题，并考虑传统方法在刻画驾驶人特征、运行环境因素与不安全驾驶行为之间随机且复杂的关联关系时，存在多层次特征表达不足与交互建模能力有限等局限，本文提出了双侧图交互协同过滤（BGICF）模型，以建模驾驶人属性与警情属性之间的复杂交互关系，从而实现特定运行环境下的危货车驾驶人不安全行为预判，探讨了不同类型驾驶人的适宜运行环境，如驾驶风格激进且行为抑制控制力薄弱型驾驶人，可更多安排在白天、交通流量适中且路况清晰的环境下工作等等，为选派驾驶人提供了理论依据。

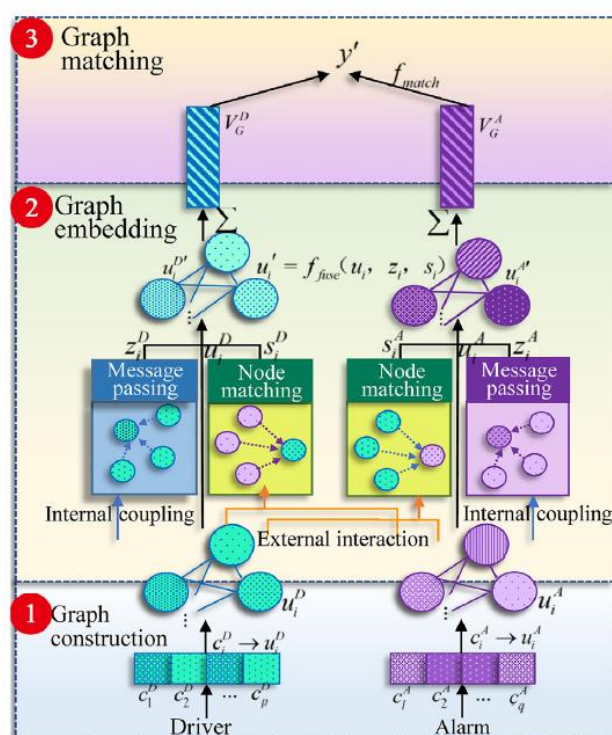


图1 BGICF 框架



欢迎扫码留下您的联系方式，期待与您的合作及交流



往期科研月报精彩回顾

联系我们：

黄老师：010-51682004, huangmc@bjtu.edu.cn

杨老师：010-51682004, 89836@bjtu.edu.cn

学院官网：<http://trans.bjtu.edu.cn/cms/>

编辑 | 黄美晨 杨娜

校对 | 何世伟

审核 | 孟令云