

中国交通运输

TRANSPORTATION OF

CHINA



2024

中国公路学会

主编单位

中国公路学会

技术合作单位

清华大学

中国物流与采购联合会

中国铁道科学研究院

交通运输部科学研究院

交通运输部水运科学研究院

中国民航科学技术研究院

北京交通发展研究院

中国公路工程咨询集团有限公司

同济大学

苏交科集团股份有限公司

腾讯智慧交通

数据支持单位

高德软件有限公司

北京明树数据科技有限公司

媒体支持单位

《中国公路》杂志社

交通运输科技传媒(北京)有限公司

《中国交通运输 2024》

主编

孙虎成

副主编

付振茹

编委会 (按单位排序)

孟晓阳	孙 静	张晓璇	刘 飞	毕 鑫	付振茹	孙虎成
张永波	黄文静	王 杰	王冉冉	周志成	杨达卿	王雅群
贾光智	常 山	王镠莹	刘 诺	李 平	欧阳斌	褚春超
翁燕珍	凤振华	陈书雪	蒋桂芹	邹光华	宁 涛	张哲辉
陈以浩	蔡 鹏	齐险峰	田 峰	李春艳	杜华兵	徐 擎
杨春晖	张 伟	郭骁炜	彭 敏	成 诚	石伟宏	李知宇
韩先科	杨 超	李学朝	潘 华	陈梦珂	唐明夏	王宇静
洪志强	李 妍	李 飞				



前言

P R F A C E

交通运输年度发展报告由中国公路学会牵头,联合多家科研机构、院校和相关科技企业,共同编制,以独立智库身份,对交通运输发展绩效进行评估,跟踪行业改革热点和技术发展趋势,及时反应市场动态,让世界更深入了解中国交通。

报告编制秉持“科学、专业、独立、客观”的原则,涵盖铁路、公路、水路、民航、邮政等多种运输方式,期望达到两个层面的目标:一是为行业政府治理提供一面镜子,为记录交通强国建设印迹提供一把尺子,为公众了解交通行业提供一扇窗子,为智库间合作搭建一个平台;二是向世界展示中国交通的发展水平,展现中国交通发展对经济社会发展的贡献,提升中国交通的影响力。

《中国交通运输 2024》由上篇、中篇、下篇三部分组成。上篇沿袭了往年交通运输年度报告的内容架构,按照“继承、丰富、提高、创新”的思路,系统总结了 2024 年中国交通基础设施、出行服务、货运物流、投资融资、交通市场、安全应急、绿色低碳、智慧交通、开放合作等领域的发展成绩,全方位展示了中国交通运输的发展水平、对经济社会发展所做的贡献。

中篇为主题研究报告,由智库与专家研究成果汇集而成,提供一个立体多维包容的研究参考。2024 年聚焦的主题是“低空经济赋能公路发展”,“路空一体”推进立体交通发展新模式。受篇幅限制,此次收录了“路空一体”基础理论、技术创新、实践案例、保障四方面的成果。

下篇为地方创新实践。地方创新实践是指 2024 年交通运输行业贯彻落实二十大精神和党中央国务院工作部署,由各地、各单位实施的具有重大性、创新性、先进性、显著效果性的重要工作、工程、项目,内容涵盖公路水路交通基础设施数字化转型、智慧绿色发展、低空经济等



领域,便于读者研究借鉴。

报告编制凝聚了各方的智慧,得到了傅志寰院士的关心支持,得到了陆化普、李兴华、魏际刚、罗庆中、胡华清、施雪松、杨春晖、李平、李忠奎等专家的无私帮助支持,在此向各个技术合作和支持单位、专家以及长期关注报告的朋友们表示衷心的感谢。

多家单位和企业为报告提供了优秀的研究成果、创新实践案例。在此特别鸣谢中国科协服务国家战略专项《低空经济赋能公路发展研究》项目组、南湖路空协同立体交通产业研究院。

“中国交通智库”公众号是中国交通运输年度发展报告指定发布平台。



“中国交通智库”公众号



目录

CONTENTS

||| 上篇 |||

综 述	002
交通运输现代化指数	004
重大事件	007
第一章 基础设施	010
(一)基础设施建设	010
(二)基础设施网络	011
观察专栏01 打造“路空协同”立体交通网	013
第二章 出行服务	016
(一)旅客运输	016
(二)城市交通	019
(三)跨境出行	023
(四)重大节假日出行	024
观察专栏02 我国适老化出行服务的发展路径	026
第三章 货运物流	030
(一)货运发展	030
(二)物流总额与成本	032



(三)专业化运输	034
(四)快递物流	035
(五)国际物流	037
观察专栏03 我国物流行业降本增效的探索之路	039
第四章 交通投融资	042
(一)交通投资	042
(二)交通融资	045
(三)PPP新机制	047
(四)REITs运行	050
第五章 交通市场	054
(一)市场环境	054
(二)市场发展	055
(三)市场动态	057
观察专栏04 “2025 中国交通企业发展指数”“中国交通企业营收信息”	061
第六章 安全应急	084
(一)制度体系建设	084
(二)交通安全建设	086
(三)交通安全水平	088
(四)应急保障	088



目录

CONTENTS

第七章 绿色低碳	090
(一) 交通运输绿色低碳转型政策体系	090
(二) 持续优化交通运输结构	092
(三) 推进交通运输装备绿色低碳转型	093
(四) 持续推进绿色低碳交通基础设施建设	094
观察专栏 05 交通运输大规模设备更新	096
第八章 智慧交通	098
(一) 智慧交通政策导向	098
(二) 智慧交通基础设施建设	099
(三) 智能交通运输工具与装备发展	102
(四) 智慧交通场景和服务	104
(五) 未来智慧交通科技发展	106
观察专栏 06 交通基础设施数字化转型升级	107
第九章 开放合作	110
(一) “一带一路”互联互通	110
(二) 交通走出去	112
(三) 国际合作	113
展望	114



||| 中篇 |||

第一章 理论基础	120
以“路空一体”引领低空经济规模化、产业化落地	120
路空协同是发展低空经济的重要抓手	122
低空经济赋能公路交通:五位院士共话路空廊道关键技术	125
发展低空交通运输,助力完善现代化综合交通运输体系	130
路空协同:破解物流“一高两低”困局	134
“路空一体”领航,绘就立体发展新图景	139
第二章 技术创新	142
飞行汽车:开启路空一体新纪元	142
数据轻量化与超算技术在“路空一体”智慧公路管理中的应用研究	147
以数据为要素,以算力为驱动,打造路空一体产业平台	151
路空一体新基建:基于高速公路光纤网的低空经济发展路径	154
“路空一体”视角下大型固定翼无人运输机发展路径	157
低空破局:地理信息融合或为关键引擎	160
空地一体化协同巡检关键技术与实践	163
基于多模态 AI 大模型的立体交通全生命周期智慧巡检系统探索	166
低空经济重塑交通安全:构建空地一体的立体防控新格局	169

目录

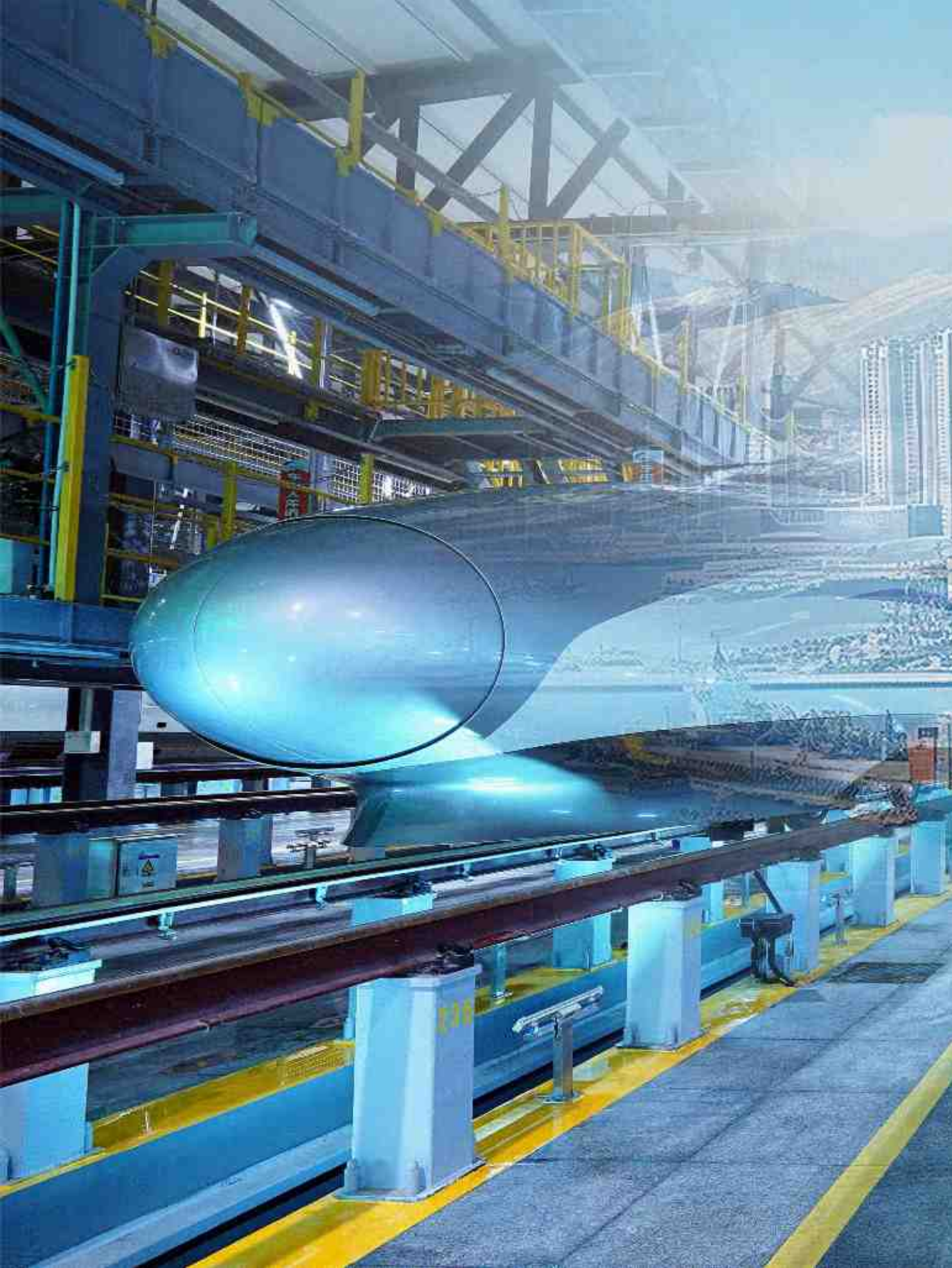
CONTENTS

守护低空 畅通未来构建“路空一体”多维协同安全新生态	173
第三章 实践	178
中国铁塔:从“通信塔”到“数字塔”,AI巡检引领公路治理升级	178
北斗时空智能:构筑立体交通融合发展的数字基石	181
浙江高速公路服务区路空协同建设思考	184
“1+1+2”蜀道实践:构建路空协同立体交通新范式	187
无人机“慧眼”巡检,福建高速开启智能建管新篇章	190
低空经济“起飞”,城市综合治理体系如何“立体重构”?	193
定义下一代交通:华设集团的“路空一体”发展答卷	195
秀洲样本:“路空一体”如何从规划到落地	199
第四章 保障	204
低空经济热潮下,资金“活水”如何滋养产业未来?	204
“保险+服务+科技”:平安产险赋能低空经济与公路交通融合新路径	207
低空经济视角下的路空一体化与文旅创新	209
新质生产力引领无人驾驶航空器治理技术体系构建	213
聚焦低空经济新赛道:人才培养如何筑牢产业根基?	216
路空协同领域复合型人才培养创新实践	218



||| 下篇 |||

智慧交通	224
广东:基于数字底座的交通基础设施数字化转型关键技术研究及应用	224
湖北:空天地一体化智慧感知与智能决策的高速公路指挥调度平台	228
甘肃:基于云边协同的辅助巡检公路养护关键技术	232
广东:数智转型,畅享出行——东莞智慧交通系统建设(交通侧)	240
甘肃:自动驾驶货运编队物流运输体系运行示范	247
江苏实践	256
公路:推动江苏公路水路基础设施数字化转型升级,打造交通运输新质生产力	256
铁路:持续深化铁路改革,进一步加强江苏铁路管理体系建设	259
水运:打造航网运调系统,实现“水运江苏”智慧赋能	261
轨道:深化跨省市(域)铁路协同发展,共建轨道上的南京都市圈	265
低空:低空经济发展江苏实践	268



中国交通运输
CHINA
2024

上篇



综述

2024年,是中华人民共和国成立75周年,是实施“十四五”规划目标任务的关键一年。面对外部压力加大、内部困难增多的复杂严峻形势,交通运输行业全面贯彻落实党的二十大和二十届二中、三中全会精神,深入贯彻落实中央经济工作会议精神,坚持稳中求进工作总基调,埋头苦干、担当奉献,交通运输经济运行总体平稳、稳中有进,转方式、调结构、提质量、增效益积极进取,智慧绿色交通加快推进,交通运输市场活跃,圆满完成了全年各项任务。

交通运输经济运行总体平稳、稳中有进。交通基础设施规模稳步增长,高铁、高速公路、航空服务等快速交通网覆盖范围不断拓展,综合立体交通网服务能力和水平进一步提升。客货运量保持增长,呈现“人流快于物流,外贸快于内贸”的特点。货运总量稳定增长,货运结构不断优化,货运强度持续下降,运距结构基本稳定。物流成本占GDP的比重进一步下降,快递物流保持快速增长态势,国际物流运输平稳增长,跨境电商成为我国对外贸易和全球经贸领域的新亮点。安全应急保障总体稳定,铁路未发生重大及以上事故,公路水路安全生产事故同比下降,运输航空安全保持总体平稳。

稳增长、调结构、促改革扎实推进。交通基础设施固定资产投资保持高位运行,铁路投资创历史新高,对稳增长发挥了重要作用,公路发展重点正逐步由大规模建设转向高质量运营服务。交通网络技术等级结构持续优化,运输结构加快调整,运输组织模式不断优化。综合交通运输体系改革持续深化,交通物流降本提质增效行动加快实施,公路水运营商环境不断优化。

智慧交通快速发展。出台专项政策推进公路水路交通基础设施数字化转型升级,八省份开展第一批示范。智慧公路、智慧航道、智慧港口、智慧民航建设加快推进,智能交通先导应用试点项目稳步实施。标准体系建设纵深推进,出台多项新兴智慧交通业态标准。智能交通运输工具与装备研发取得新突破,铁路无人驾驶重载列车试运行,高速公路监测预警设备大

力推广,水运智能装备取得新进展,无人物流设备、低空航空器蓬勃发展。智慧交通应用场景和服务不断丰富,智能建造在公路、桥梁、隧道、高铁建设等领域广泛应用,智慧出行服务更加便捷智能。以数据要素价值释放为核心的智能交通科技发展持续加快,交通大模型应用场景不断拓展,低空经济掀起热潮。

绿色交通加快推进。交通运输绿色低碳发展顶层设计不断完善,绿色公路、绿色港口、绿色航道建设持续推进。公路沿线充电基础设施加快建设,绿色低碳交通强国建设专项试点项目有序推进。交通运输结构持续优化,推动大宗货物和中长途货物运输“公转铁”“公转水”。有序开展交通运输大规模设备更新行动,加强污染防治,推广新能源清洁能源运输装备。持续深入推进城市公共交通优先发展,绿色出行服务体系不断完善。

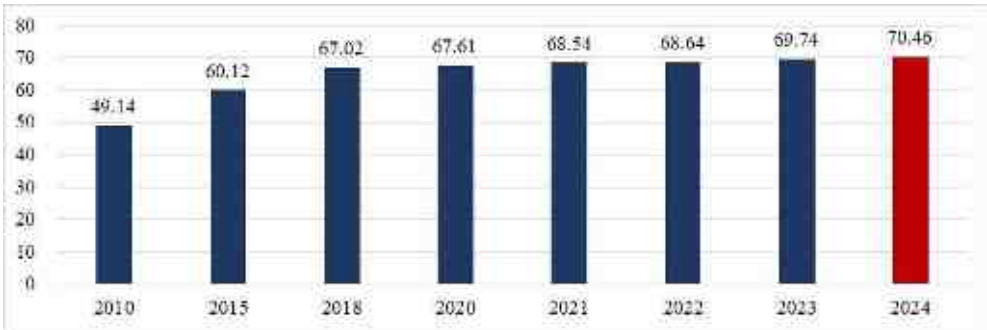
交通运输市场保持繁荣稳定。法规体系逐步健全,营商环境持续优化,交通运输改革不断深化。铁路加快推进现代物流体系建设,优化铁路产品供给和运输组织。民航制定进一步深化民航改革的实施意见,明确64项改革重点任务。港航企业大力发展供应链集成服务,构建工贸港航协同发展新生态。物流景气水平保持稳定,公路运价持续升高,快递价格延续下降态势但降幅明显收窄。物流市场活跃度持续增强,市场集中度进一步提升,农村快递市场潜力进一步释放。

对外开放合作进一步深化。“一带一路”交通立体互联互通网络不断完善,中吉乌铁路项目启动,跨里海国际运输走廊多元立体格局正式建成,西部陆海新通道班列开行量首破万列,中欧班列运量平稳增长。交通基础设施、装备、标准、管理“走出去”稳步推进。全球可持续交通创新联盟正式登记成立,交通国际合作进一步深化。

交通运输现代化指数

十九大提出“交通强国”国家战略,目标是建成“安全、便捷、高效、绿色、经济”的现代化综合交通运输体系。报告在《交通强国战略研究》、“国家综合立体交通网规划纲要咨询评估”项目的“交通强国评价指标体系”相关成果的基础上,选取“安全、便捷、高效、绿色、经济、包容、韧性”七大类共计16个指标,对全国及各地的交通运输现代化程度进行了评价。

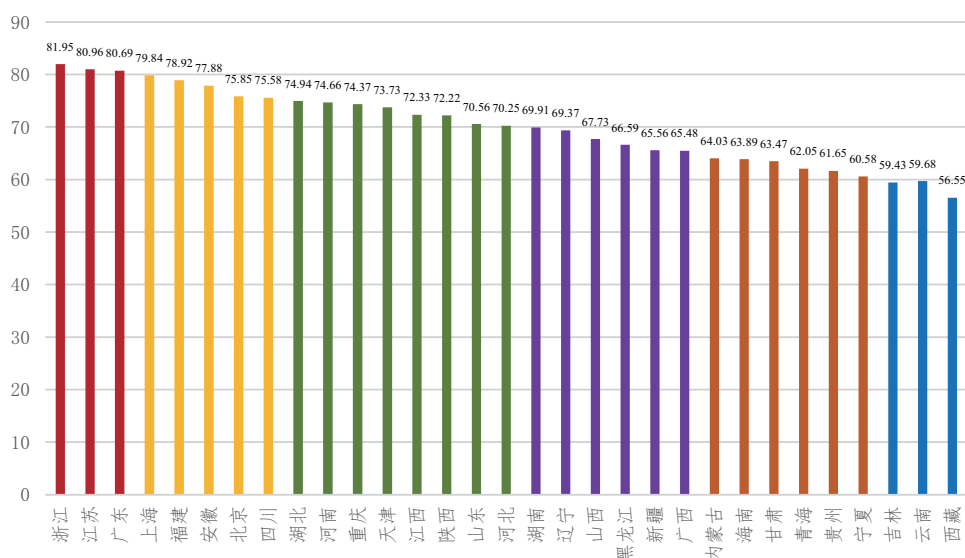
2024年,全国交通运输现代化综合指数得分为70.46分,比2023年增加0.72分,总体处于初级阶段III级水平。



图综-1 中国交通运输现代化指数得分

如图综-1所示,近年来,我国交通运输现代化水平在不断提高,2024年交通运输现代化综合指数较2010年、2020年分别提高了21.32分、2.85分,2010年处于交通运输现代化雏形阶段,2015年进入初级阶段I级水平,2020年进入初级阶段II级水平,2024年进入了初级阶段III级水平。与经济发达国家相比,中国交通运输现代化水平还有一定差距,但差距在进一步缩小,而且部分领域处于国际领先水平。

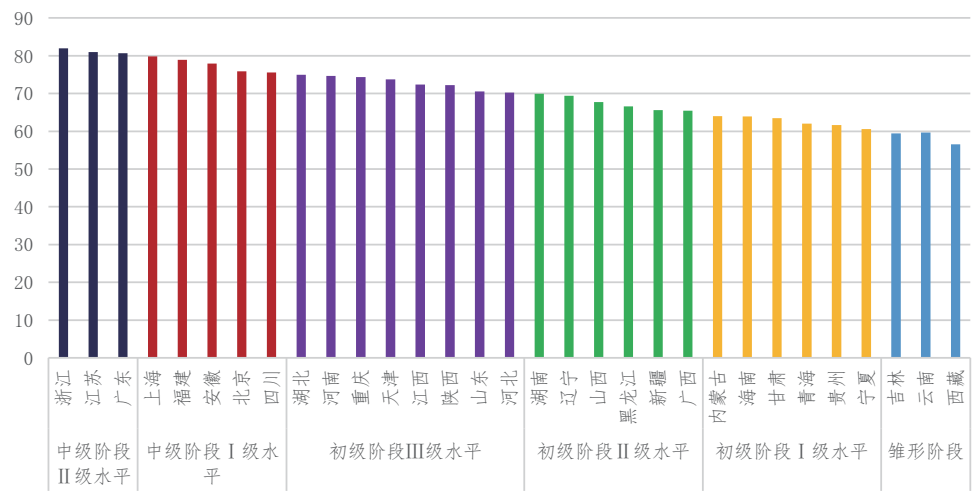
经测算,欧盟、美国、日本均处于交通运输现代化水平的中级阶段,并且正在逐步进入交通运输现代化的高级阶段。与欧盟、美国、日本相比,我国在共享交通水平、主要通道平均旅行速度、快货123物流圈达成率、综合货物运输绿色化水平方面水平相对较高;在城市交通拥堵指数、综合交通智慧化水平、交通系统韧性、交通排放指数、国家交通主要通道能力利用等方面,相对落后但差距不大,并有所减小,在交通强国建设中应实现快速突破;在交通运输死亡率、物流费用占GDP比例、客运123交通圈人口覆盖率、TOD发展综合指数、通道资源集约化利用比例、绿色交通分担率、大型综合枢纽可达性等方面,我国处于劣势且差距明显,需要在交通强国建设中持续全力提升,弥补短板,尽早实现追赶、加速我国交通强国战略进程。



图综-2 各省(直辖市、自治区)交通运输现代化指数得分

交通运输现代化指数排名前10名地区分别是浙江、江苏、广东、上海、福建、安徽、北京、四川、湖北、河南。现代化指数得分高于80分的有浙江、江苏、广东;现代化指数得分介于75-80分的有上海、福建、安徽、北京、四川;现代化指数得分介于70-75分的有湖北、河南、重庆、天津、江西、陕西、山东、河北;现代化指数得分介于65-70分的有湖南、辽宁、山西、黑龙江、新疆、广西;现代化指数得分介于60-65分的有内蒙古、海南、甘肃、青海、贵州、宁夏;吉林、云南、西藏等地现代化指数低于60分。

全国有28个省(直辖市、自治区)进入交通运输现代化阶段,与上年相比增加2个。其中,浙江、江苏、广东进入现代化中级阶段Ⅱ级水平,上海、福建、安徽、北京、四川进入现代化中级阶段Ⅰ级水平,湖北、河南、重庆、天津、江西、陕西、山东、河北进入现代化初级阶段Ⅲ级水平,湖南、辽宁、山西、黑龙江、新疆、广西进入现代化初级阶段Ⅱ级水平,内蒙古、海南、甘肃、青海、贵州、宁夏进入现代化初级阶段Ⅰ级水平,吉林、云南、西藏目前还处于雏形阶段,但比上年均有所提升。



图综-3 各省(直辖市、自治区)交通运输现代化阶段

总体来看,在不考虑人口密度的情况下,东南部沿海省份的交通运输现代化建设水平普遍较高,西南部欠发达省份的交通运输现代化建设水平普遍较低。



重大事件

2024年,中国交通运输发展的十大事件为:

1. 中办、国办发加快建设统一开放的交通运输市场

2024年12月,中共中央办公厅、国务院办公厅发布《关于加快建设统一开放的交通运输市场的意见》,提出以深化交通运输重点领域改革、完善交通运输市场制度、优化交通运输市场要素资源配置、完善交通运输市场监管机制四方面,完善制度规则,推动交通运输跨区域统筹布局、跨方式一体衔接、跨领域协同发展,形成统一开放的交通运输市场,更好服务经济社会高质量发展。

2. 交通运输部等十三部门印发《交通运输大规模设备更新行动方案》

2024年6月,交通运输部等十三部门印发《交通运输大规模设备更新行动方案》,实施城市公交车电动化替代、老旧营运柴油货车淘汰更新、老旧营运船舶报废更新、老旧机车淘汰更新、邮政快递老旧设备替代、物流设施设备更新改造、标准提升七大行动,大力促进先进设备和北斗终端应用,促进交通能源动力系统清洁化、低碳化、高效化发展,支撑构建绿色低碳交通运输体系。

3. “低空经济”首次被写入《政府工作报告》

低空经济是以各种有人驾驶和无人驾驶航空器的各类低空飞行活动为牵引,辐射带动相关领域融合发展的综合性经济形态。2024年3月,《政府工作报告》提出“积极打造低空经济等新增长引擎”。《通用航空装备创新应用实施方案(2024-2030年)》提出到2030年,以高端化、智能化、绿色化为特征的通用航空产业发展新模式基本建立,推动低空经济形成万亿级市场规模。

4. 财政部、交通运输部联合推进公路水路交通基础设施数字化转型升级工作

2024年4月,财政部、交通运输部发文支持引导公路水路交通基础设施数字化转型升级,提出自2024年起,通过3年左右时间,支持30个左右的示范区域,打造一批线网一体化的示范通道及网络,力争推动85%左右的繁忙国家高速公路、25%左右的繁忙普通国道和70%左右的重要国家高等级航道实现数字化转型升级,实施第一年按照每个示范区域奖补资金的40%予以补助。经评审,北京、江苏、浙江、福建、河南、湖南、广东、四川纳入第一批公路水路

交通基础设施数字化转型升级示范区域名单。

5. 上海港成为全球首个年集装箱吞吐量突破 5000 万标箱港口

2024 年 12 月,上海港集装箱吞吐量突破 5000 万标准箱大关,创下全球港口集装箱运输史上最高纪录,同时标志着上海港集装箱吞吐量连续 15 年蝉联全球第一。上海港拥有近 350 条国际航线,覆盖 200 多个国家和地区的 700 多个港口,同时具备液化天然气、绿色甲醇加注服务能力,上海国际航运中心在全球航运中心城市综合实力排名中连续 5 年稳居前三。

6. 深圳至中山跨江通道建成开通

2024 年 6 月,深圳至中山跨江通道建成开通。深中通道是深圳至岑溪国家高速公路跨珠江江口的关键控制性工程,路线全长约 24 公里。深中通道于 2017 年 2 月开工建设,历时 7 年建成开通,是全球首个集“桥、岛、隧、水下互通”为一体的跨海集群工程。项目通车后,深圳至中山的车程将从目前约 2 小时缩短至 30 分钟,是继港珠澳大桥后粤港澳大湾区建成的又一超大型交通工程。

7. 比亚迪成为全球销量第五大汽车品牌

2024 年,中国品牌比亚迪新能源汽车销量为 427 万辆,位列全球第五,较 2023 年跃升 4 位。据统计,比亚迪新能源汽车足迹已覆盖全球六大洲,遍布 100 多个国家和地区的 400 多个城市。2024 年中国新能源汽车产销分别完成 1288.8 万辆和 1286.6 万辆,同比分别增长 34.4% 和 35.5%,产销连续 10 年位居全球第一。新能源汽车新车销量达到汽车新车总销量的 40.9%,较 2023 年提高 9.3%。

8. 全球首条跨海跨城 eVTOL 航线首飞成功

2024 年 2 月,全球首条跨海跨城 eVTOL(电动垂直起降航空器)航线首飞。在“盛世龙”复合翼电动垂直起降航空器的支持下,珠海九洲港码头与深圳蛇口间单程 3 小时的地面车程可缩短至 20 分钟。“盛世龙”航空器可搭载 5 人,核心模组 100% 国产化,巡航速度可达每小时 200 公里。未来,电动环保、安全舒适的 eVTOL 载人航空器将成为公众在城市内及城际出行的新选择。

9. 时速 400 公里 CR450 动车组样车发布

2024 年 12 月,时速 400 公里的 CR450 动车组样车在北京发布。CR450 动车组样车试验时速 450 公里,运营时速 400 公里,动车组整车运行阻力降低 22%,减重 10%,制动距离更短、

运行稳定性更优,车内噪声降低2分贝,客室服务空间增加4%,行车与控制、司机智能交互、安全监控、旅客智能服务等领域均得到全面升级,可为旅客提供多样化、便利化、个性化服务。

10. 国内首台新型智能重载电力机车下线

2024年5月,国内首台新型智能重载电力机车在湖南株洲下线。新型智能重载电力机车是我国自主研发、将运用于我国西煤东运第二大通道朔黄铁路重载运输的新一代主型电力机车,是全球最大功率永磁直驱重载货运电力机车,单台最大牵引功率可达10400千瓦,整车能量转化效率由85%提升至90%,单台机车单趟运量可提升近1200吨,综合年运量可提升近28万吨。



第一章 基础设施

(一)基础设施建设

2024年是中华人民共和国成立75周年,也是实现“十四五”规划目标任务的关键一年。交通运输作为经济发展的“先行官”,持续担当作为,顺利完成各项年度目标任务,国家综合立体交通网建设扎实推进。

铁路建设。全国铁路完成固定资产投资8506亿元。其中,基建投资完成5705亿元。龙龙高铁武梅段等17个项目开工建设,杭温高铁等42个项目开通运营。全年投产新线3113公里,其中高铁2457公里。近两年安排的联网补网强链项目中,21项已建成投产,建成44条铁路专用线和12个物流基地。持续加大老少边和脱贫地区铁路规划建设力度,完成铁路基建投资4342亿元,占基建总投资的76.1%。坚持聚焦联网、补网、强链,深入开展项目前期工作,沿江高铁宜昌至涪陵段等20个项目可研获得批复,投资总规模3900亿元。

公路建设。公路完成固定资产投资25774亿元,其中,高速公路、普通国省道、农村公路分别完成14015亿元、5620亿元、4550亿元。全年公路网新增里程5.35万公里。其中,高速公路网规模新增7000公里,国道、省道新增里程分别为2700公里、6000公里。深中通道、黄茅海跨海通道通车,兰海、银昆国家高速公路主线实现贯通。深入推进“四好农村路”建设,农村公路新增里程4.51万公里。公路桥梁增加2.87万座、668.76万延米,其中特大桥11329座、2060.47万延米。公路隧道增加1427处、236.48万延米,其中特长隧道2261处、1032.87万延米。

水运建设。全年完成水路固定资产投资2208亿元,投资规模创2014年以来新高,连续5年回升。其中,内河建设完成1191亿元,沿海建设完成981亿元。平陆运河加快建设,长江中游荆江河段航道整治二期工程开工建设,三峡水运新通道前期工作有序推进。沿海港口不

断推进世界级港口群和世界一流港口建设,推动智慧、绿色转型发展,上海港加快推进小洋山北作业区集装箱码头建设,天津港打造智慧绿色枢纽港口升级版,山东港口加速创建世界级海洋港口群,宁波舟山港加快建设大宗商品资源配置枢纽,广州港南沙港区四期工程(二期)竣工验收。

民航机场建设。截至2024年底,我国境内运输机场(不含香港、澳门和台湾地区)263个,同比净增4个,分别是河北邢台褡裢机场、新疆奇台江布拉克机场、新疆和静巴音布鲁克机场、黑龙江绥芬河东宁机场。相较“十四五”预期目标,运输机场建设完成率达到97.4%。通用机场持续发展,2024年净增通用机场26个,全国在册管理的通用机场数量达475个。相较“十四五”预期目标,通用机场建设完成率达到95.0%。

城市轨道交通建设。全年城市轨道在建规模稳中略降,有44个城市在建线路总规模5833.04公里,在建线路条数共计226条;有22个城市在建城轨交通线路长度超过100公里,其中,深圳、上海两市在建线路规模均超过400公里。全年新增城市轨道交通运营线路25条,新增运营线路长度净增936.23公里。北京、上海等25个城市有新线或新段开通运营,其中,西安新增108.39公里,位居全国首位;郑州、苏州、成都、上海、广州5市增量均超过50公里,运营线路规模增量居前。新增运营路线长度增长率最高的城市是苏州和西安,分别为32.28%和32.11%。

交通基础设施建设“十四五”规划目标完成率表 表 1-1

交通基础设施主要任务指标	2020年	2025年 规划目标	2024年 达到指标	“十四五” 规划完成率
铁路营业里程(万公里)	14.6	16.5	16.2	84.21%
高速铁路营业里程(万公里)	3.8	5	4.8	83.33%
公路通车里程(万公里)	519.81	550	549.04	96.82%
高速公路建成里程(万公里)	16.1	19	19.07	102.41%
民用运输机场数(个)	241	>270	263	75.86%

(二)基础设施网络

网络规模和覆盖率进一步扩大。截至2024年底,全国综合交通线路总里程达到578.11万公。铁路方面,全国铁路营业里程达到16.2万公里,其中高铁营业里程4.8万公里,遥居世界第一;全国铁路路网密度168.5公里/万平方公里,同比增加3.3公里/万平方公里。西部地区铁路营业里程达到6.6万公里,国家铁路营业里程达到13.4万公里。铁路网覆盖99%的城

区人口20万以上城市,高铁网覆盖97%的城区人口50万以上城市,同比提高1个百分点。全国19个主要城市群已全部高铁连通。公路方面,全国公路里程达到549.04万公里,其中高速公路里程19.07万公里(国家高速公路里程12.41万公里)。公路路网密度57.19公里/百平方公里,同比增加0.56公里/百平方公里。农村公路里程达到464.37万公里,具备条件的乡镇和建制村全部通硬化路,农村公路覆盖范围、通达深度显著提高。水运方面,全国内河航道通航里程12.87万公里,同比增加528公里,其中等级航道通航里程6.84万公里,占内河航道通航里程比重为53.2%。全国港口生产用码头泊位22219个,同比增加196个。其中,内河港口生产用码头泊位16489个、增加56个,沿海港口生产用码头泊位5730个、增加140个。民航方面,颁证民航运输机场263个,其中,东部地区57个,占比21.7%;中部地区44个,占比16.7%;西部地区134个,占比51.0%;东北地区28个,占比10.6%。城市轨道交通方面,全国大陆地区轨道交通运营线路里程达到12160.77公里,同比增长8.34%;运营线路361条,新增23条,城市轨道交通规模持续扩大。4个主要城市群城轨交通运营线路规模占比近三分之二,城轨交通正在由服务城市向服务城市群、都市圈转变,区域协同发展效应显现。

网络技术等级持续提升。铁路方面,截至2024年底,铁路复线率为60.8%,同比提高0.5个百分点;电化率76.2%,同比提高1个百分点。高速铁路营业里程达4.8万公里,同比增加0.3万公里,占世界高铁总里程的70%以上,继续遥居世界第一。公路方面,高速公路里程19.07万公里,同比增加0.71万公里;二级及以上等级公路里程77.75万公里,同比增加1.53万公里,占公路总里程比重为14.2%,同比提高0.2个百分点。水运方面,内河三级及以上航道通航里程1.60万公里,占内河航道通航总里程的比重为12.4%,同比提高0.4个百分点;全国港口万吨级及以上泊位2971个,同比增加93个,其中,内河港口万吨级及以上泊位487个、增加18个,沿海港口万吨级及以上泊位2484个、增加75个。

高速铁路营业里程达**4.8**万公里

高速公路里程**19.07**万公里

内河三级及以上航道通航里程**1.60**万公里

观察专栏 01 打造“路空协同”立体交通网

低空经济的国家战略性新兴产业地位已经明确,并被确立为经济增长新引擎。作为新质生产力的典型代表,低空经济为公路交通高质量发展开辟了立体空间。为推动公路、水路交通与低空经济高质量融合发展,提出以“路空协同”为战略抓手,打造全国智能立体交通网。

“路空协同”立体交通网,是依托公路、水路等现有国家交通基础设施网络,统筹高效利用低空资源,融合信息智能技术与交通运输装备,形成服务于巡查巡检、应急救援、物流配送、城市治理、旅游观光等场景的智能立体交通体系。

一、打造“路空协同”立体交通网,具有多重战略价值,意义重大

(一)统筹集约利用“路空”基础设施,推动综合立体交通体系高质量发展

“路空协同”通过加强对现有公路、水路等交通基础设施及沿路铁塔、电力、通信、导航设施等利旧复用、资源共享与模式创新,构建立体化、网络化、一体化的路空协同高质量发展格局,打破区域、城乡、空地发展的不均衡状态,避免重复建设与资源浪费。例如,通过改造高速公路服务区,形成覆盖周边县域的低空服务网,低成本促进城乡服务均等化。

(二)全面优化运输资源配置,促进全国统一大市场建设

坚持“路空协同”发展低空经济,统筹使用空域资源,发挥地面与低空的比较优势,宜“路”则“路”、宜“空”则“空”、空地联合,推动要素顺畅流通,提升经济运行效率,促进全国统一大市场建设。例如,地面智能车与空中无人机协同开展路桥巡检和交通巡查,能互补视线盲区和管理死角;构建“公路干线+低空支线”或者“公路短途接驳+低空长距运输”的功能互补运输网络,按场景精准匹配经济高效的运输资源,提升整体运输效能。

(三)深化军民融合发展,实现高质量发展与高水平安全良性互动

“路空协同”通过军民融合可转化形成新质战斗力。例如,公路服务区、边海防公路可改造为低空起降场,平时作为应急保障、物资转运节点,战时作为攻击无人机集群作战集结区、

低空侦察监视防御节点、军事装备及物资补给点、伤员转运救治站等,实现高质量发展与高水平安全深度融合和良性互动。

二、打造“路空协同”立体交通网存在的问题

一是缺乏全国统筹的管理举措和协同机制。“路空协同”建设管理分属多个部门,军地、央地、部门间的管理职责、权限及协同机制不够明确,导致统筹协调效率不高,低空空域资源利用开发不足。

二是政策法规与标准规范不够完善。目前适航认证流程耗时较长,关于“路空协同”的政策法规、标准规范尚未形成建立健全,制约了“路空协同”跨领域协同、跨区域发展和规模化应用。

三是低空安全保障系统尚未有效建立。由于低空空域建筑多、电磁干扰多、气象多变,环境复杂,全时段、高精度监控技术有待进一步突破,跨区域协同监管效率有待提升。

四是基础设施建设连通不足、水平不高。目前各地建立的“路空协同”平台间尚未实现互联互通,容易造成空域割裂和数据孤岛,资源浪费和低水平重复建设现象较突出。

五是尚未形成可持续的商业模式。运营企业压力大,普遍面临“三高两低”困境(研发投入高、人才成本高、设备投资高;毛利率低、现金流低);基础设施盈利难,高速公路服务区改造的低空起降点的收益来源不足,亟需政策和市场机制引导支持。

三、打造“路空协同”立体交通网的对策建议

(一)深化“全国一盘棋”思想,构建统筹协同机制

一是加强组织领导。设立国家级“路空协同”领导机构,明确各地区、各部门、军地等职能任务,建立常态化工作机制,重点协调跨部门、跨区域等问题,凝聚思想共识,形成工作合力。二是完善标准规范。同步编制公路改扩建与低空基础设施规划,制定《公路-低空协同运输标准体系》,研究公路和低空基础设施建设的收费模式及相关标准,建立公路交通和低空空域联合执法机制,简化空域审批流程、缩短审批时间。三是搭建信息平台。统一信息平台功能界面、飞行管控、通信导航、预警监视、地理信息、场站接驳、安全管理、应急处置等关键标准,研究建立“路空协同”综合立体交通管控平台,引领低空经济高质量发展。

(二)推进新型基础设施建设,打牢协同根基

一是坚持利旧复用原则,统一规划建设。推动交通、通信、导航、监视、能源、起降场等基础设施一体化规划、设计、建设、运营及管理,形成协同联动格局;改造部分高速公路服务区(优先选择物流枢纽、景区周边)为“路空联运站”,沿干线高速规划低空航路及应急备降点,在乡镇公路建设无人机起降场,构建全域联运节点网络。二是构建通导监一体网络,奠定协同基础。充分利用现有铁塔、高速公路5G基站及北斗卫星导航基站等资源,搭建“路基-空域融合感知塔”,集成气象、通信、导航、雷达、光电等设备,实现路面与低空目标提前预警、实时监测,强化全域动态感知能力。三是完善服务保障体系,提升运营能力。在高速公路服务区和起降场建设“光储充”一体化站,兼顾新能源汽车与无人机充电补给;公路枢纽城市设立低空飞行服务站,实现“一次申报、路空通行”;依托物流园区建立无人机分拨中心,推动“货车+无人机”联运转运无缝衔接。

(三)聚焦低空经济发展的首要前提,筑牢安全底线

坚持“无安全不低空”原则,突破“路空协同”重难点问题和关键技术瓶颈,加快构建安全保障系统,确保低空空域能够“预警准、看得见、飞得稳、管得住”。一是加快关键装备研发。开发适配公路接驳的无人机(如可与货车自动对接的货舱)、轻量化飞行汽车,推广公路-低空一体化巡检机器人。二是加强预警监视攻关。研发国产化低空气象雷达,在公路沿线布设微型气象站,实现灾害性天气提前预警;融合激光雷达与AI算法,开发公路沿线低空目标识别系统,提高识别准确度;进一步利用北斗等导航设备和先进技术,提高飞行器空间定位精度,确保飞行安全。三是健全安全管控体系。推进交通安全与低空安全信息互联互通,将路况、事故等信息推送低空信息平台,助力应急指挥救援快速响应;重点区域(加油站、隧道等)设置低空电子围栏,自动拦截违规飞行器;部署救援无人机及反制设备,配套公路应急队伍执行低空救援任务。



第二章 出行服务

(一)旅客运输

客运量持续提升。2024年完成跨区域人员流动量645.92亿人次,同比增长5.4%。铁路完成旅客发送量43.12亿人,同比增长11.9%;完成旅客周转量15799.10亿人公里,同比增长7.3%。公路完成公路人员流动量592.90亿人次,同比增长4.8%,其中,完成营业性客运量117.81亿人次、增长7.0%,营业性旅客周转量5117亿人公里、增长8.0%,完成非营业性小客车出行量475.09亿人次、增长4.3%。民航航空运输市场全面恢复,三大运输生产指标均创历史新高,完成运输总周转量1485.2亿吨公里、旅客运输量7.3亿人次,同比分别增长25.0%、17.9%。国际客运量增长翻一倍以上,全年国际航线完成旅客运输量6555.55万人次,同比增长125.6%。民航旅客运输量继续保持大幅攀升,铁路、公路的旅客运输增长明显。

客运结构进一步调整。2024年全社会营运客运量中,铁路、公路、民航的比重分别为25.6%、70.0%、4.3%,同比分别提高了0.8、-1.1、0.3个百分点,铁路、民航分担量有所提升,公路分担量有所下降。全社会客运周转量中,铁路、公路、民航的比重分别为46.7%、15.1%、38.2%,同比分别提高了-2.8、-0.8、3.6个百分点,民航分担量明显提升,铁路、公路分担量有所下降。

2024年完成跨区域人员流动量 **645.92** 亿人次

铁路完成旅客发送量 **43.12** 亿人

公路完成公路人员流动量 **592.90** 亿人次

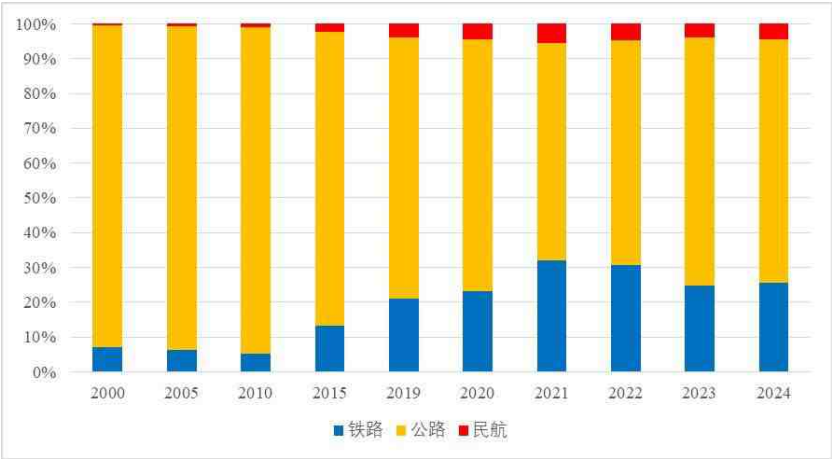


图2-1 铁路公路民航客运量结构变化图

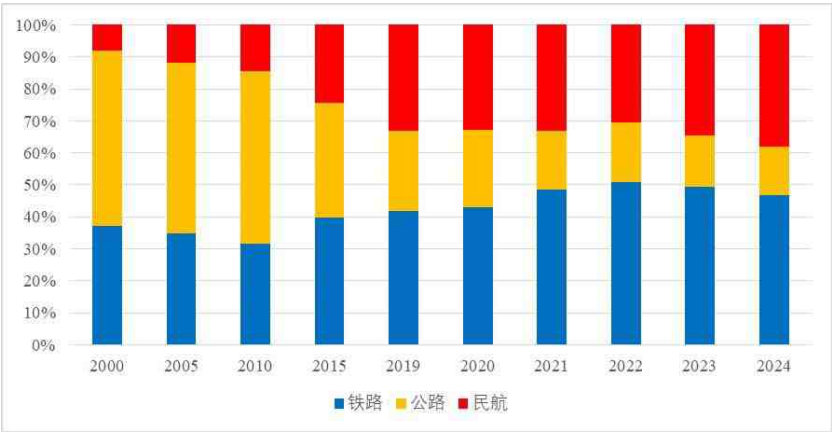


图2-2 铁路公路民航客运周转量结构变化图

客运运距总体有所提升。客运平均运距198.4公里,同比增长4.7%。其中,铁路客运运距同比下降4.2%,公路、民航客运运距分别增长0.9%、6.4%。民航客运距离有较多提升,铁路客运运距有所下降,民航在长距离客运上发挥比较优势。

综合运输服务一体化加速推进。各地大力发展旅客联程运输服务,加大跨方式运输资源整合力度。全国80多个枢纽城市、2000多条线路实现空铁联运,枢纽机场轨道接入率达到81%,旅客换乘更加便捷。北京西站、南昌西站、广州南站等铁路客运站实现与城市轨道交通的安检流程优化,旅客换乘时间大幅缩短。积极推出空铁联运、空巴联运等服务产品,国航、东航等6家航空公司APP已与铁路12306实现系统对接,推出“一票制”联运服务,覆盖全国79个城市、1156个火车站点。

铁路客运进一步提升服务品质。国家铁路继续优化高铁列车开行结构,增加主要城市间列车开行数量,扩大复兴号智能型动车组开行范围,首次投用复兴号高铁动卧,客运连创历史新高,全国铁路高峰日旅客发送量达到 2144.8 万人。积极开展客运服务品质提升专项活动和列车餐饮提质行动,逐步改善普速站车服务设施,推广应用电子发票,扩大静音车厢实施范围,推动旅客出行体验进一步提升。实施增开银发旅游列车、促进服务消费行动,全年开行旅游列车 1860 列,同比增长 20%。在春运、暑运、黄金周、小长假等旅游旺季,铁路部门深挖运力资源潜力,大幅增加热点方向运力,妥善应对恶劣天气,取得良好社会效益和经济效益。

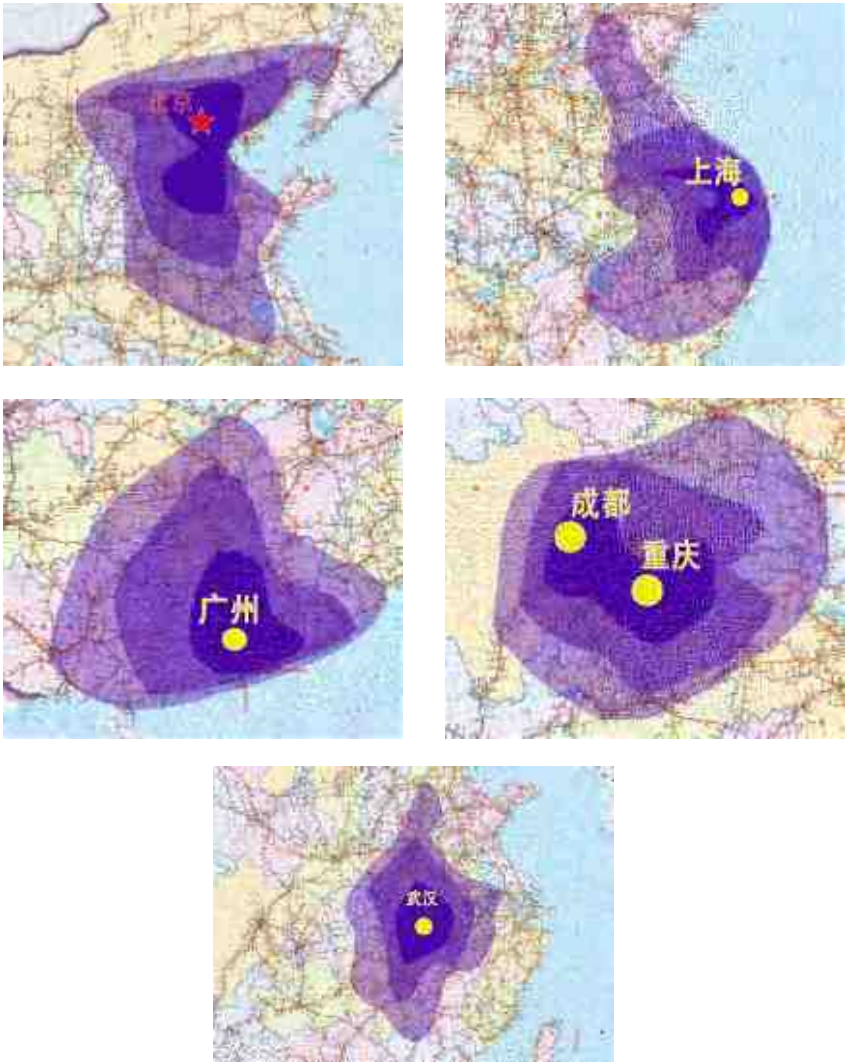


图2-3 五大城市群三小时高铁出行圈

运营性公路客运服务加快转型升级步伐。截至2024年底,全国已开通定制客运班线约6600条,投入运营车辆3万余台,定制客运“门到门,点到点”的竞争优势凸显。基本实现道路客运电子客票全覆盖,实名制管理的二级以上汽车客运站、定制客运线路电子客票覆盖率达99%以上,省际市际线路电子客票覆盖率达95%以上。定制班线的线路场景向多元化延伸,不仅有对接火车站、机场的联程运输线路,还涌现出旅游、就医、通勤等场景线路,加快构建灵活便捷、服务优质、安全可靠的定制客运服务体系。

小客车出行服务能力智能升级。各地在交通运输部《关于推进公路数字化转型 加快智慧公路建设发展的意见》指导下,结合公路基础设施数字化转型升级试点,综合应用ETC门架、通信基站以及视频、雷达、气象监测等手段,打造路网智能感知体系。同时,推动服务设施及充电桩等数字化,面向公众提供行前规划、定制出行、预约停车以及途中信息获取、事后反馈评价等菜单式服务,推动实现一单到底、无感无障碍出行和公路伴随式服务、一站式服务。全国高速公路服务区(含停车区)累计建成充电桩约3.5万个;全国已建设充电设施的高速公路服务区总数达5929个,占比从2023年底的85%提升到97%。除少数高海拔服务区外,基本实现了全国高速公路服务区充电基础设施全覆盖。

水路客运服务规模和质量持续提升。全国各地邮轮港口陆续复航,全年接待进出境邮轮游客超100万人次,同比大幅增长。扎实落实推进“水路客运服务提升行动”民生实事,渤海湾、琼州海峡、三峡库区等国内重点水域省际客运航线在区域联网售票基础上,已全面落实电子船票应用。

民航客运准点率保持高位。尽管民航航班量持续增长,但航班正常率始终保持在较高水平。2024年航班正常率为87.1%,同比略降0.6个百分点;航班平均延误时间10分钟,与上年持平。

(二)城市交通

城市客运量持续增长。全年完成城市客运量1067.97亿人次,同比增长5.7%。其中,公共汽电车城市客运量386.70亿人次、增长1.6%,城市轨道交通客运量322.09亿人次、增长9.6%,出租汽车(含巡游出租汽车、网络预约出租汽车)城市客运量358.41亿人次、增长7.1%,城市客运轮渡客运量0.77亿人次、下降6.9%。全国城市客运量中,公共汽电车占比最高,达36.2%,其次为出租汽车和城市轨道交通,分别占比33.6%和30.2%。

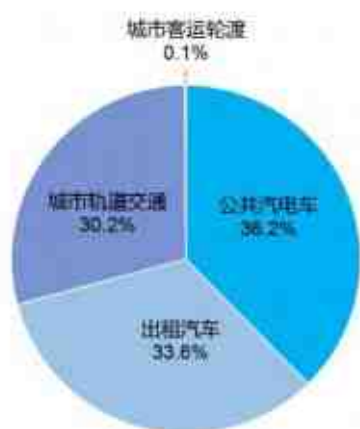


图2-4 2024年全国城市客运量构成(按运输方式分)

公共汽电车线路规模与公交专用道长度增加。截至2024年底,全国公共汽电车运营线路8.01万条,同比增加0.02万条,运营线路总长度175.26万公里,同比增加1.88万公里,其中公交专用车道2.04万公里、增加81.4公里。全国拥有公共汽电车65.81万辆,同比减少2.45万辆,其中纯电动车48.75万辆,同比增加1.36万辆,占公共汽电车比重为74.1%,同比提高4.7个百分点。

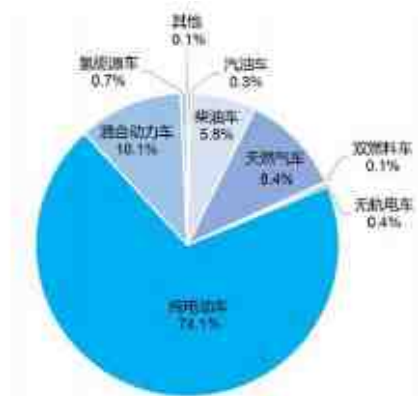


图2-5 2024年年末公共汽电车构成(按燃料类型分)

出租汽车客运量有所增加。截至2024年底,全国拥有巡游出租汽车135.20万辆,减少1.54万辆。出租汽车(含巡游出租汽车、网络预约出租汽车)城市客运量358.41亿人,同比增长7.1%。城市客运轮渡运营航线68条、减少12条,运营航线总长度211.3公里、减少95.1公里,轮渡客运量为0.77亿人次,同比下降6.9%。



图2-6 2020-2024年年末全国城市客运装备拥有量

网约车行业继续快速发展。截至2024年底,我国网约车用户规模达5.39亿人,同比增长1180万人,占网民整体的48.7%。网约车平台数与订单量均有所增长。截至2024年10月31日,全国共有362家网约车平台公司取得经营许可,较上年同期增加2家。根据交通运输部网约车监管信息交互系统数据,2024年1-10月完成订单94.24亿单,较上年同期上升27.44%。网约车平台企业业绩快速增长,2024年滴滴实现全年总营收同比增长18.8%,其中国内出行业务和国际业务同比分别增长14.6%和35.8%。



图2-7 2020.12-2024.12网约车用户规模及使用率

共享单车电车出行。共享单车单次骑行平均距离1.5公里,同比增长30米。超大、特大城市骑行目的更多元,2公里以上生活骑行订单同比分别提高2.1、2.5个百分点,达到21.7%、25.6%。单次平均骑行时长12.1分钟,同比增加0.4分钟,特大城市增幅最高,增加0.7分钟,哈尔滨骑行时长上涨相对突出,增加2.2分钟;其次为天津、沈阳、石家庄,分别增加约1分钟。夜间骑行占比7.6%,同比下降0.5%,北方城市下降幅度更大。共享电单车单次骑行平均距离2.2公里,同比下降28米;单次骑行时长11.6分钟,同比下降0.7分钟。沈阳、石家庄、拉萨等3个城市平均骑行时长最高,厦门、银川、呼和浩特等3个城市有所下降。夜间骑行占比

9.9%,同比下降1个百分点。

城市拥堵水平有所缓解。根据高德地图交通大数据持续监测的50个主要城市路网高峰行程延时指数,与上年相比,50城市中21个城市路网高峰行程延时指数下降,占比42%;仅1个城市路网高峰行程延时指数上升,占比2%;28个城市基本持平,占比56%。拥堵下降城市中长春降幅最大,其次是石家庄、广州、重庆等。



图2-8 50个主要城市路网高峰行程延时指数和拥堵同比上升城市排名

全国50个主要城市中,高峰平均速度TOP10城市分别为南通、绍兴、石家庄、苏州、常州、台州、合肥、洛阳、郑州、呼和浩特;城市自由流速度方面,汽车保有量超400万的城市中,苏州自由流速度最高,达48.75公里/小时;汽车保有量超300万、超200万、200万以下自由流速度最高的城市分别为石家庄、南通、呼和浩特。

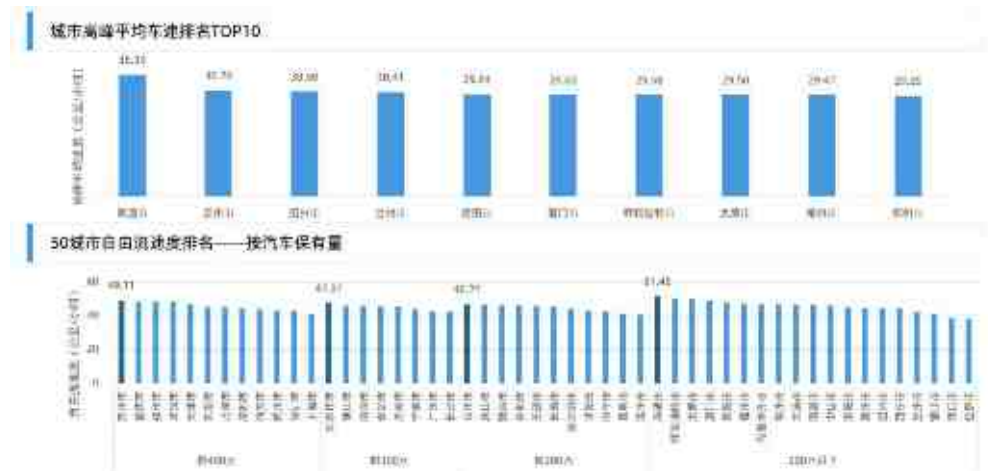


图2-9 50个主要城市高峰平均车速排名和自由流速度排名

(三) 跨境出行

出入境人数大幅增长。全年累计查验出入境人员 6.1 亿人次,同比增长 43.9%,其中内地居民、港澳台居民、外国人同比分别增长 41.3%、38.8%、82.9%。全年累计查验出入境交通运输工具 3256.6 万架(列、艘、辆)次,同比增长 38.8%;其中飞机、列车、船舶、机动车辆同比分别增长 62.6%、11%、8.2%、38.9%。

民航国际客运市场大幅回升。全年民航国际航线完成旅客吞吐量 9927.9 万人次,同比增长 109.8%;完成国际旅客运输量 6555.5 万人次,同比增长 125.6%;完成旅客周转量 2713.9 亿人公里,同比增长 120.7%;完成运输飞行小时 1382.17 万小时,同比增长 13.2%;完成运输起飞架次 537.95 万架次,同比增长 9.3%。

邮轮运输韧性恢复。爱达邮轮旗下两艘大型邮轮——首艘国产大型邮轮“爱达·魔都”号和艺术之船“爱达·地中海”号 2024 年总计服务超过 45 万国内外游客;皇家加勒比旗下“海洋光谱”号自 2024 年 4 月重返上海母港后,全年运营 48 个航次,接待游客超 22 万人次,载客率近 120%。





(四)重大节假日出行

铁路单日旅客发送量创历史新高。春运期间,全国铁路运输安全平稳有序,铁路部门创新推出客运服务举措,铁路12306售票系统进行升级扩容,单日售票量最高达2091.6万张,全国铁路累计发送旅客4.84亿人次,日均发送1208.9万人次,同比增长39%,其中2月17日发送旅客1606.7万人次,创春运单日旅客发送量历史新高。“五一”假期期间,全国铁路累计发送旅客1.37亿人次,日均1710万人次、同比增长3%。其中,5月1日全国铁路旅客发送量再次突破2000万关口,超越2023年9月29日的2009.8万人次,创单日旅客发送量历史新高;当日动车组旅客发送量达到1409.5万人次,也刷新单日纪录。国庆黄金周期间,日均开行旅客列车12237列,创运力投放历史新高,全国铁路累计发送旅客1.77亿人次,日均发送旅客1773.9万人次,连续8天单日旅客发送量超1700万人次,其中10月1日发送旅客2144.8万人次,再创单日旅客发送量历史新高。

民航客运量大幅增长。春运期间,全国民航累计运输旅客8345万人次,创历史新高;日均208.6万人次,同比增长51.1%;平均客座率83.2%,同比提高9.2个百分点。国庆假期,全国民航累计发送旅客近1610万人次,日均230万人次,日均旅客量较同比增长11%;全国实际飞行航班12.8万班,日均18306班,同比增长9.3%;航班正常率达96.9%,同比增长2.3个百分点。

高速公路交通拥堵状况与上年持平。2024年全国高速拥堵率同比持平,2月15日(正月初六)全国高速拥堵程度最高,其次是10月1日国庆节拥堵程度较高,平日期间高速路况整体

平稳。从各节假日来看,2024年五一、国庆假期高速拥堵同比下降,分别下降 20.4% 和 6.12%;春节长假高速拥堵同比上升 50%,元旦高速拥堵同比上升 111.4%,清明假期同比上升 120.6%,端午高速拥堵同比上升 14.3%。

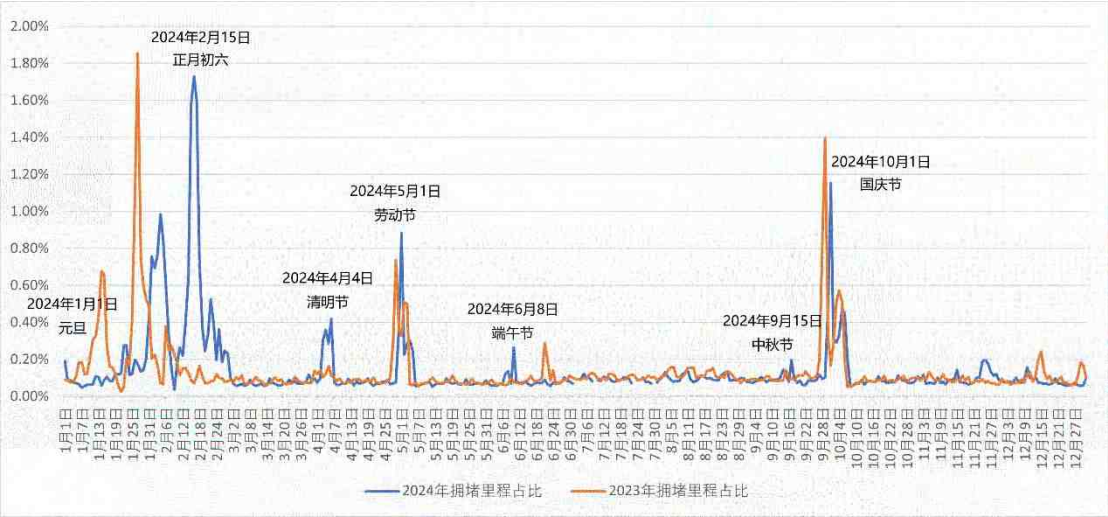


图 2-10 2023-2024 年全国高速每日拥堵变化趋势

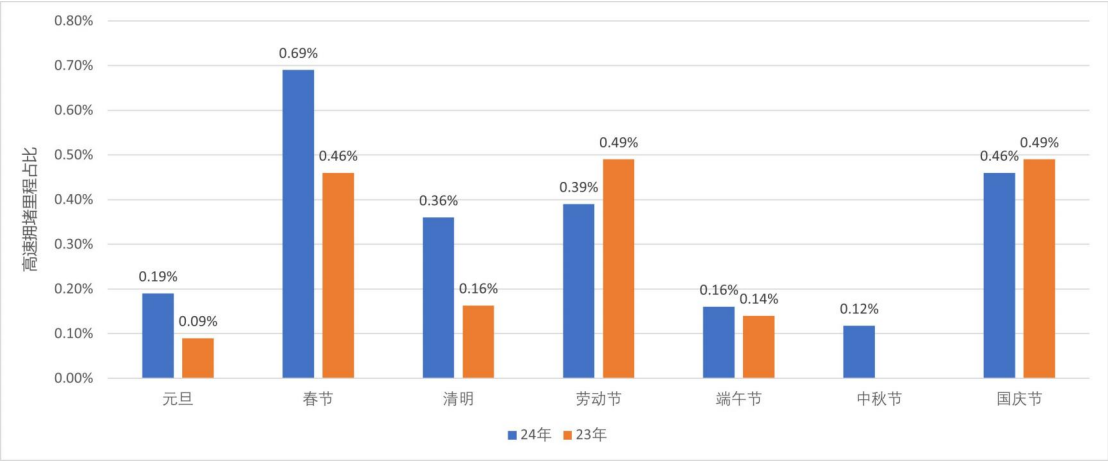


图 2-11 2023-2024 年全国高速各节假日、工作日拥堵情况及同比变化

观察专栏 02

我国适老化出行服务的发展路径

我国已进入中度老龄化社会,适老化出行服务成为保障民生福祉、推进社会治理现代化的重要课题。老年人出行需求呈现多层次、多样化特征,既有买菜就医、日常通勤等基础需求,也有休闲旅游、社交娱乐等品质需求。然而,传统交通出行服务体系在设施设计、服务模式、技术应用等方面存在的适配性不足,导致老年人“出行难、转乘难、使用难”等问题依然突出。

交通运输部将适老化无障碍出行服务纳入民生实事,各地积极探索公交敬老专线、网约车一键叫车等创新举措,取得了阶段性成效。但面对日益增长的老年出行需求,适老化出行服务仍需突破系统性、前瞻性不足等瓶颈。因此,构建覆盖全链条、适配多场景的适老化出行服务体系,既是应对人口结构变革的必然要求,也是建设人民满意交通、推进社会文明进步的重要内容。

一、适老化出行服务的发展现状与实践成效

近年来,我国从政策引导、设施改造、服务创新等多方面推进适老化出行服务建设,形成了政府主导、企业参与、社会协同的发展格局,取得了显著实践成效。

在政策保障层面,国家层面持续完善制度设计,《无障碍环境建设法》《城市公共交通条例》等法律法规为适老化出行提供了法治保障,交通运输部联合相关部门制定专项政策文件,对适老化设施建设、服务标准作出系统部署。各地纷纷响应政策号召,将适老化出行纳入城市发展规划,推出敬老卡优惠、专项改造资金扶持等配套措施。

在设施改造层面,重点推进交通工具与停靠站点的适老化升级。全国已推广应用低地板及低入口城市公交车 13.6 万辆,完成超过 3.5 万个城市公交站台适老化改造,5000 余座地铁车站全部配备无障碍渡板。部分地区对公交车开展暖风系统检修、车门密封胶条更换等“锁温”改造,车内设施也不断优化,防滑地板、无锐角扶手、智能语音报站等配置逐步普及,还在车厢内配备便民包裹,内含口罩、酒精湿巾等物品,满足老年人赶集、出游等多场景需求。

在服务创新层面,形成了“基础服务+特色服务”的供给模式。全国已打造敬老爱老公交线路超过 4700 条,城市轨道交通运营服务品牌线路案例 32 个,城市轨道交通线路均开通“爱心预约”服务。青岛公交推出“搀一把+”特色服务,以“暖、稳、对、准”为核心,驾驶员将关怀老年乘客作为习惯与责任,实现乘客满意度百分之百;银川 35 路驾驶员践行“四多一让”服务准

则,老年专座让座率达98%,雨天缓停贴站台、等候老人落座等细节服务赢得广泛赞誉。针对老年人使用智能设备不便的问题,220多个城市开通95128约车服务电话,320多个城市上线网约车“一键叫车”服务,累计服务超过2.8亿单,同时保留投币、刷卡、人工售票等传统支付方式,保障老年群体出行权益。

二、适老化出行服务面临的现实困境

尽管适老化出行服务取得了一定进展,但在系统性建设、供需适配性等方面仍存在诸多短板,难以完全满足老年人多样化出行需求。

法规体系与标准规范尚不健全。目前适老化出行服务主要依据部门规章进行规范,缺乏更高层级的专项立法,《城市公共交通条例》虽多次列入国务院立法计划但尚未出台,导致适老化改造的责任划分、考核评估等缺乏明确依据。部分地区的设施建设和服务供给缺乏统一标准,如无障碍公交站台设置比例较低,部分改造存在形式主义倾向,未能真正贴合老年人实际需求。

设施建设的前瞻性与系统性不足。多数城市的出行设施设计仍以青壮年群体为核心,对老年人行动迟缓、视力听力下降等生理特征考量不足,缺少全景式出行设计。部分公交站台未同步进行适老化改造,存在坡道坡度不合理、标识不清晰等问题;城乡适老化设施差距明显,农村地区的适老化出行服务几乎处于空白状态,老年人进城就医、购物等出行需求难以得到保障。

服务供给仍需进一步匹配老年需求。老年人出行场景丰富,但当前服务供给仍集中于基础通勤,针对就医、旅游等场景的专项服务不足。同时,从业人员服务意识参差不齐,部分驾驶员缺乏应对老年人突发状况的专业能力,对行动不便的老年人帮扶不够主动。

技术赋能的适老化转化不够充分。智能出行工具的操作复杂度超出老年人接受能力,部分公交APP、网约车平台的界面设计不够简洁,字体偏小、功能繁琐。适老化技术应用存在“重开发、轻推广”现象,许多老年人因不熟悉操作流程未能受益,技术红利未能有效转化为出行便利。

三、优化适老化出行服务的发展路径

构建高质量的适老化出行服务体系,要坚持问题导向与需求导向,从政策完善、设施升级、服务提质、技术适配四个维度协同发力,打造全链条、有温度的老年出行生态。

(一)完善法规标准,强化制度保障

加快推进适老化出行专项立法,将适老化出行服务纳入《城市公共交通条例》核心内容,明确政府、企业、社会的责任边界,建立健全考核评估与监督机制。制定统一的适老化设施建设标准,对公交站台坡道坡度、车厢扶手高度、标识字体大小等作出具体规定,确保改造工作有章可循。加大财政投入力度,设立适老化出行改造专项基金,重点支持农村地区和老旧小区周边的设施升级,缩小城乡发展差距。

(二)深化设施改造,筑牢硬件基础

推进交通工具全链条适老化升级,扩大低地板公交车、无障碍出租车的投放规模,在列车、轮渡等交通工具上增设老年专座、急救设备等设施。优化停靠站点设计,推广公交“时间转盘”等便民举措,在站台设置清晰醒目的标识牌、防滑地面和遮阳避雨设施,为老年人提供舒适的等候环境。完善无障碍连接通道,确保公交站台、地铁车站与周边社区、医院、商场等场所的无障碍设施互联互通,解决“最后一公里”出行难题。



(三) 创新服务模式,提升供给质量

优化基础服务供给,推广“搀一把+”、“四多一让”等服务经验,加强从业人员的敬老爱老培训,提升服务的主动性与专业性。针对不同出行场景打造特色服务,开通医院专线、菜市场专线、公园专线等定制线路,在旅游专列中配备随车医护人员和健康讲座,满足老年人多样化需求。健全预约服务机制,拓展“爱心预约”服务范围,实现公交、地铁、网约车等多业态预约服务全覆盖,为行动不便的老年人提供“门到门”接送服务。

(四) 推进技术适老,弥合数字鸿沟

坚持“科技向善”理念,优化智能出行工具的界面设计,简化操作流程,增大字体、提高音量,增设语音引导功能。开展适老化数字技能培训,通过社区课堂、志愿者帮扶等方式,帮助老年人掌握网约车叫车、公交查询等智能应用。构建“智能+传统”双轨服务体系,在推广新技术的同时,保留投币、刷卡、人工窗口等传统服务方式,确保老年人“用得上、用得好”,不让任何一个群体掉队。



第三章 货运物流

(一) 货运发展

货运总量稳定增长。2024年完成营业性货运量 568.75 亿吨,同比增长 3.9%,完成货物周转量 254486 亿吨公里,同比增长 5.7%。其中,铁路货运量同比增长 2.8%;公路货运量同比增长 3.8%;水路货运量同比增长 4.7%,港口完成货物吞吐量同比增长 3.7%;民航货邮运输量累计完成 2006.2 万吨,同比增长 19.2%。

货运结构不断优化。2024年铁路货运量、货运周转量占比分别为 9.1%和 14.1%,同比分别降低 0.1 个、1.06 个百分点。公路货运量、货运周转量占比分别为 73.6%、30.2%,同比分别降低 0.04 个、0.53 个百分点。水运货运量和周转量占比分别为 17.3%、55.6%,同比分别增长 0.14 个、1.57 个百分点。

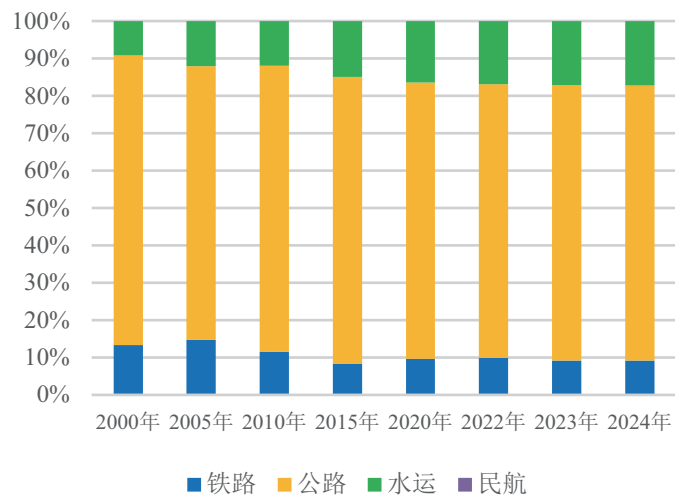


图 3-1 各种运输方式货运量结构变化

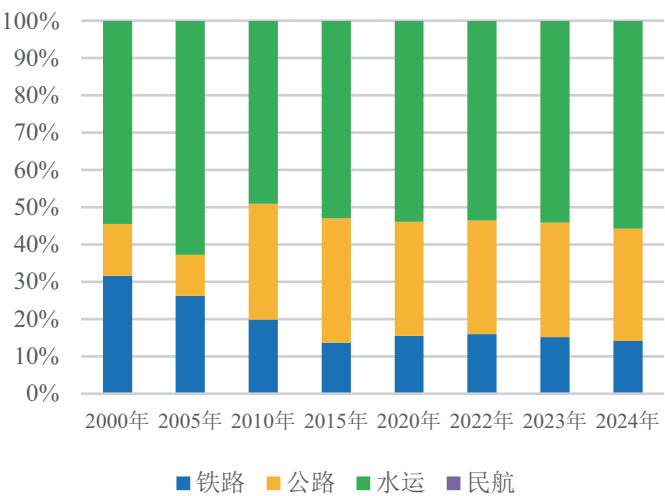


图3-2 各种运输方式货运周转量结构变化

货运强度持续下降,运距结构基本稳定。2024年全国货物运输强度为4.22吨/万元,同比降低0.13吨/万元,继续保持连续多年下降态势。货物运输平均运距为447公里,同比增长8公里;水运运距增幅明显,由1387公里增长至1441公里,是近五年来的最高值;铁路运距小幅降低,由724公里降低至693公里;民航运距由3857公里增加至3940公里;公路运距183公里,与去年基本一致。

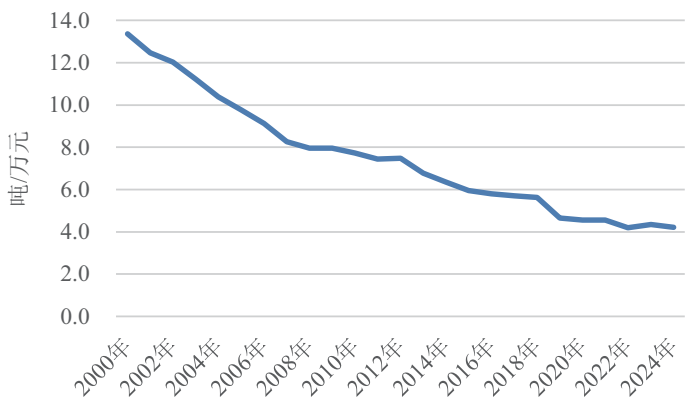


图3-3 全国货运强度变化

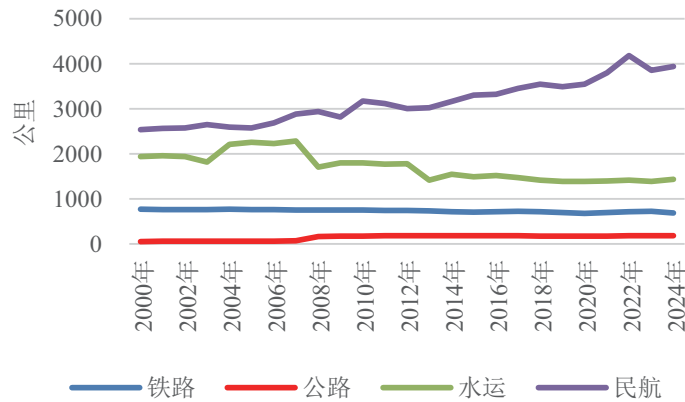


图3-4 各种运输方式货运平均运距变化

(二)物流总额与成本

物流总额进一步增长。2024年,全国社会物流总额为 360.6 万亿元,按可比价格计算,同比增长 5.8%。从年内走势看一季度、二季度、三季度、四季度同比增长 5.9%、5.7%、5.3%、5.8%,全年物流需求增速稳中有进。按构成分,农产品物流总额 5.5 万亿元,同比增长 4.0%;工业品物流总额 318.4 万亿元,同比增长 5.8%;进口货物物流总额 18.4 万亿元,同比增长 3.9%;再生资源物流总额 4.4 万亿元,同比增长 15.7%;单位与居民物品物流总额 13.9 万亿元,同比增长 6.7%。

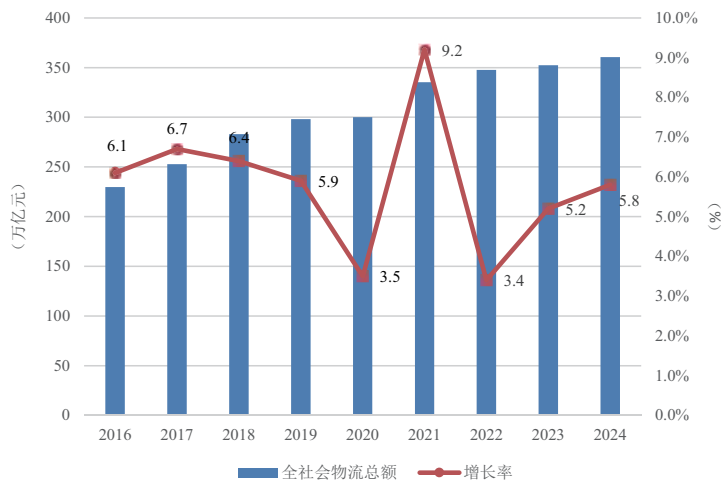


图3-5 2016-2024年社会物流总额及增速

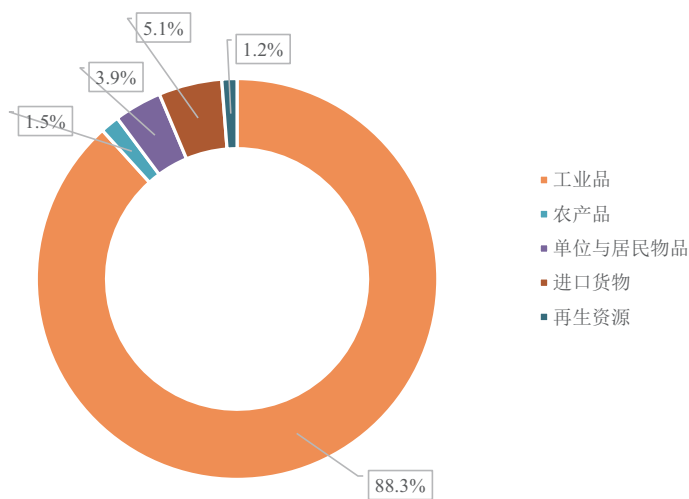


图3-6 2024年社会物流总额结构

物流需求从粗放式向高品质加快转型。从增长贡献看,工业品物流增长贡献率为77%,是物流需求增长的主要动力;在新业态发展带动下,单位与居民是物流需求增长的重要潜力。从结构看,再生资源物流总额、单位与居民物流总额占比合计为5%,与上年相比小幅提高,绿色化、数字化类型物流需求发展态势明显;农产品物流总额、进口货物物流总额占比合计为7%,比重保持稳定;工业品物流总额占比88%,同比略有回落。

物流总成本占比下降。2024年全社会物流总费用19.0万亿元,同比增长4.1%。社会物流总费用占GDP的比重为14.1%,同比减少0.3个百分点。从费用结构看,全年保管费用、管理费用、运输费用分别为6.4万亿元、2.3万亿元、10.3万亿元,占GDP的比重同比分别减少0.35个百分点、0.10个百分点、0.14个百分点。其中,运输费用占物流成本比重为54.21%,同比增加0.36个百分点。

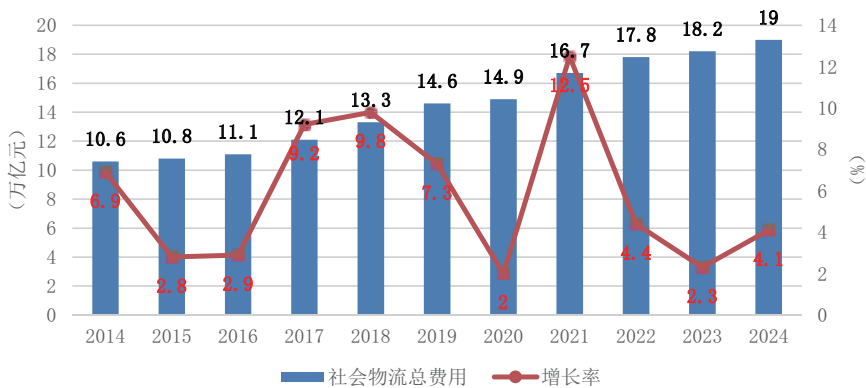


图3-7 2014-2024年社会物流总费用及增速

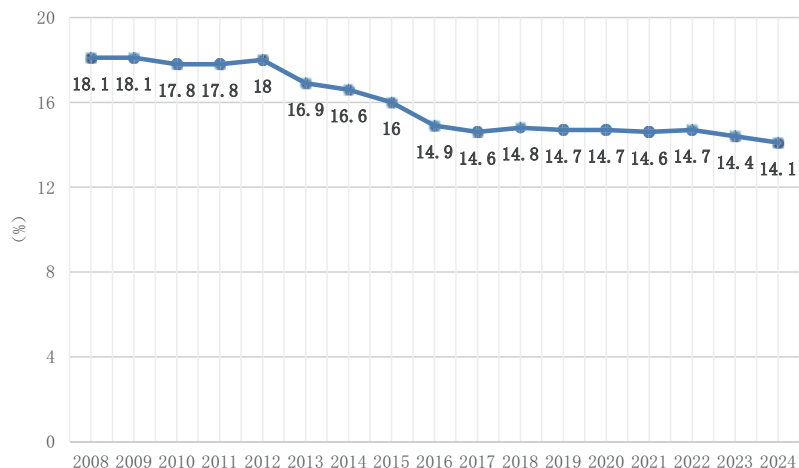


图3-8 社会物流总费用与GDP比率变化

(三) 专业化运输

集装箱吞吐量增长明显。全国港口完成集装箱吞吐量超过 3.32 亿 TEU, 同比增长 7.0%, 创近 7 年来的新高。得益于国内经济平稳增长, 内支内贸航线集装箱吞吐量同比增长 5.4%。国际航线集装箱吞吐量增速约 9.0%。沿海港口集装箱吞吐量为 2.92 亿 TEU, 同比增长 7.4%, 近 4 年来增速首次超过内河港口。分区域看, 环渤海、长三角、珠三角三大区域集装箱吞吐量增长分别约为 7.1%、8.5% 和 8.7%。集装箱铁水联运保持快速增长态势, 全国港口完成集装箱铁水联运量约 1150 万 TEU, 同比增长 14%, 占港口集装箱吞吐量比重为 3.5%, 同比增加 0.2 个百分点。

大宗货物吞吐量稳定增长。全国港口完成煤炭及制品吞吐量 31.07 亿吨, 同比增长 2.3%。进口煤炭需求旺盛, 沿海港口外贸煤炭进口量约 3.9 亿吨, 同比增长 16.6%, 连续两年创历史新高。全国港口石油、天然气及制品吞吐量 14.07 亿吨, 同比下降 1.9%。全国港口金属矿石吞吐量为 27.21 亿吨, 同比增长 4.0%。

冷链运输发展势头良好。2024 年我国冷链物流总额为 9.26 万亿元, 比 2023 年增长 360 亿元, 同比增长 4.0%, 冷链物流需求总量约 3.65 亿吨, 同比增长 4.3%。全国公共型冷库容量为 2.53 亿立方米, 同比增长 10.96%。受冷链物流需求增长的带动, 全年冷库求租量为 1759.53 万立方米, 同比增长 16.51%, 出租量为 3653.71 万立方米, 同比增长 33.44%, 供需剪刀差进一步拉大。冷藏车市场保有量达到 49.50 万辆, 同比增长 6.3 万辆, 同比增长 14.58%。其中, 新能源冷藏车销量为 21368 辆, 同比增长 350.8%, 新能源冷藏车渗透率为 33.9%, 同比

增长25.2个百分点。

西部陆海新通道蓬勃发展。2024年,西部陆海新通道发展指数为192.3点。在国家战略引领下,通道建设成果持续显现,高质量发展动能全面增强。其中,通道规模指数189.6点,同比增长10.0%;质量指数152.0,同比增长15.4%;竞争力指数为245.5,同比增长22.5%。铁路口岸外贸吞吐量和口岸集装箱吞吐量分别实现57.9%和33.5%的显著增长。通道在提升物流服务能力、增强口岸功能方面持续取得进展,整体竞争力稳步迈向新台阶。在物流规模方面,通道班列全年运输量达到96.57万标箱。在港口能级方面,北部湾港集装箱吞吐量突破901.52万标箱。在铁路基建方面,截至2024年底,通道沿线铁路营业里程已达7.1万公里,为区域经济发展提供了有力支撑。

(四)快递物流

邮政行业业务稳定增长。全年完成邮政行业寄递业务量1936.78亿件,同比增长19.2%。全年完成邮政行业业务收入(不包括邮政储蓄银行直接营业收入)16926.07亿元,同比增长10.7%。全年函件业务量完成9.6亿件,同比下降0.7%;包裹业务量完成3115.8万件,同比增长26.0%;订销报纸业务完成169.5亿份,同比增长1.5%;订销杂志业务完成6.3亿份,同比下降3.3%;汇兑业务完成274.0万笔,同比下降21.5%。

快递业务继续快速增长。全年完成快递业务量1750.84亿件,同比增长21.5%,完成快递业务收入14033.54亿元,同比增长13.8%。快递业务收入在行业中占比为82.9%,比上年提高3.9个百分点。从业务结构看,2024年同城快递业务量完成156.4亿件,同比增长14.6%;异地快递业务量完成1555.7亿件,同比增长22.1%;国际/港澳台快递业务量完成38.7亿件,同比增长26.3%。同城、异地、国际/港澳台快递业务量占全部比例分别为8.9%、88.9%和2.2%。

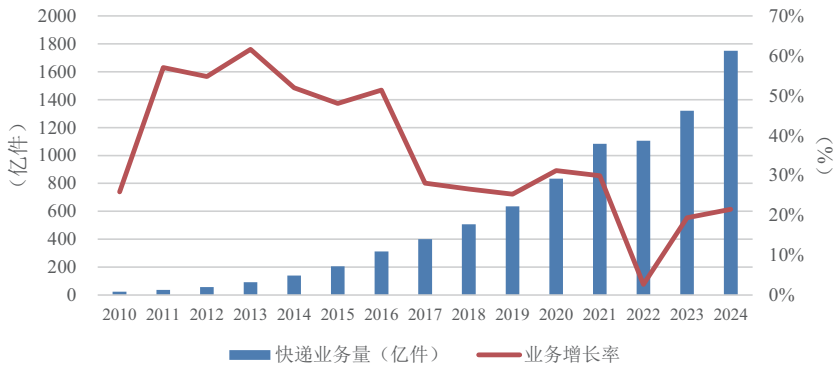


图3-9 全国快递业务量变化情况

按区域结构分,东、中、西部地区快递业务收入占比分别为 74.8%、14.9% 和 10.3%,快递业务量占比分别为 72.4%、18.7% 和 8.9%。东部地区完成快递业务收入 10502.9 亿元,同比增长 12.2%;完成快递业务量 1267.1 亿件,同比增长 18.1%。中部地区完成快递业务收入 2092.8 亿元,同比增长 18.2%;完成快递业务量 328.0 亿件,同比增长 30.0%。西部地区完成快递业务收入 1437.9 亿元,同比增长 19.5%;完成快递业务量 155.8 亿件,同比增长 34.4%。

快递业务收入排名前五位的地区依次是广东、上海、浙江、江苏、山东,其快递业务收入合计占全部快递业务收入的比重达到 62.0%。快递业务量排名前五位的地区依次是广东、浙江、江苏、河北、山东,其快递业务量合计占全部快递业务量的比重达到 61.5%。

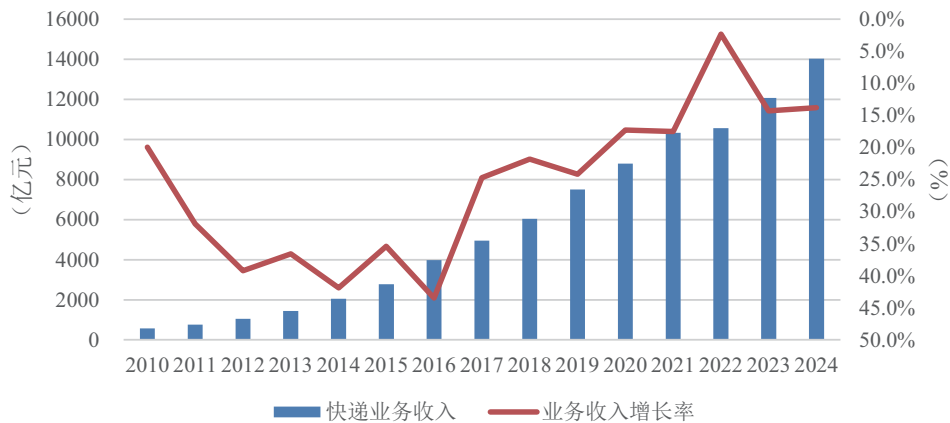


图3-10 全国快递业务收入情况

快递服务时限水平保持稳定。2024年全国重点地区快递服务全程时限为 53.88 小时,同比缩短 2.54 小时;72 小时妥投率为 83.95%,同比提升 2.98 个百分点。分环节看,寄出地处理环节平均时限为 7.49 小时,同比缩短 0.11 小时;运输环节平均时限为 33.95 小时,同比缩短 1.56 小时;寄达地处理环节平均时限为 9.27 小时,同比缩短 0.81 小时;投递环节平均时限为 3.17 小时,同比缩短 0.07 小时。

快递服务公众满意度持续上升。根据国家邮政局公布的快递服务满意度调查和时限妥投率测试结果,2024 年快递服务公众满意度得分为 84.6 分,同比上升 0.3 分。涉及评价的 5 项二级指标满意度中,下单、服务问题处理和信息环节满意度得分分别为 90.5 分、77.6 分、85.6 分,同比分别上升 1.0 分、1.3 分、1.1 分。从快递服务品牌来看,顺丰速运、京东快递的快递服务公众满意度得分排名前两位。从服务区域看,东、中、西部地区满意度均有较大幅度提升。其中,东部地区服务表现最好,西部地区服务提升最多。

(五) 国际物流

2024年,我国外贸进出口总值43.85万亿元,同比增长5%,中国外贸经受住多重挑战,规模再创历史新高。2024年,我国出口规模达25.45万亿元,同比增长7.1%。出口产品结构不断优化升级,机电产品出口增长8.7%,占出口总值的比重提升至59.4%。同期,我国进口18.39万亿元,同比增长2.3%。服装、水果、葡萄酒等民生消费品进口需求较为旺盛,进口值分别增长5.6%、8.6%、38.8%。

跨境电商成为我国对外贸易和全球经贸领域的新亮点。全年我国跨境电商进出口2.71万亿元,同比增长14%。其中,出口2.15万亿元,同比增长16.9%;进口5552.5亿元,同比增长4.1%。跨境电商的发展与全球数字化浪潮紧密相连,促进高效便捷的交易发展,在供应链管理、海外仓布局、品牌建设等方面也有深度技术应用。2024年,我国出台《中共中央办公厅 国务院办公厅关于数字贸易改革创新发展的意见》提出,推进跨境电商综合试验区建设,支持“跨境电商+产业带”发展。越来越多的传统外贸企业立足本地特色产业带,推动自主品牌“触网升级”,不断提升海外市场拓展能力。浙江义乌的小商品产业带利用跨境电商平台拓宽国际市场,实现小商品的“大出口”。广东深圳的电子产品产业带凭借技术创新和快速响应能力,在跨境电商领域构建了强大的供应链体系。福建泉州的鞋服产业带通过跨境电商转型,直接对接海外消费者需求,提升了品牌国际影响力。

中欧班列运量平稳增长。2024年,中欧班列全年共开行19392列、发运货物207.7万标箱,同比分别增长10.7%、9.2%,其中去程10546列,回程8846列,去回程比为1.192:1,延续去回程基本平衡的水平。其中,阿拉山口口岸累计开行中欧班列6797列,发送货物746920标箱,班列开行量和货物发运量均列首位。满洲里口岸累计开行中欧班列4378列,发送货物466208标箱,班列开行量和货物发运量均居第二。第三是二连浩特口岸,累计开行中欧班列3800列,发送货物404764标箱。



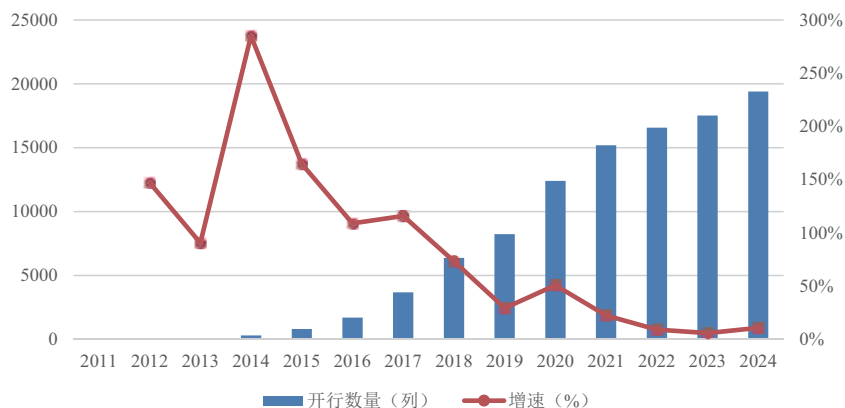


图 3-11 中欧班列开行数量

西部陆海新通道跨境公路班车物流联盟成立。2016年4月,西部陆海新通道跨境公路班车正式首发,2024中国-东盟跨境公路班车物流联盟成立,该联盟由中国与马来西亚、泰国、文莱、老挝、缅甸、越南等东盟国家的商协会及企业代表共同组建,通过搭建跨境公路信息交互平台,提供货物追踪、订单管理、运输调度等数字化服务,提升跨境物流效率。联盟建立资源共享机制和互联互通信息平台,推动中国(重庆)-东盟物流行业合作深化,促进西部陆海新通道建设。至2024年底,西部陆海新通道跨境公路班车累计开行车次突破2万车次,累计发运货值超130亿元,形成了联动欧洲、中亚,覆盖东南亚的跨境公路运输网络,构建起“3向11线24口岸”通道格局,开通线路11条,出入境扩展到24个口岸,实现东盟陆路国家一、二线城市全覆盖。

国际航运地位持续稳固^①。2024年,我国外贸海运量占世界海运量的比重达31.3%,同比增加1.2个百分点。其中,铁矿石、煤炭、原油和集装箱占比分别为76.2%、30.8%、25.6%和24.5%,同比分别上升1.1、3.4、0.02和0.5个百分点。全年全国沿海港口外贸吞吐量53.0亿吨,同比增长3.6%。

全年全国沿海港口外贸吞吐量 **53.0** 亿吨

同比增长 **3.6%**

① 数据来源:《2024年度中国港口运行分析报告》,交通运输部规划研究院。

观察专栏 03 我国物流行业降本增效的探索之路

一辆新能源汽车从安徽合肥出发,抵达上海洋山港准备出口,过去需要5-6天,而现在只需2-3天,运输成本直降15%——这一变化背后,是长三角地区试点的“一单制”“一箱制”物流改革。

社会物流总费用与GDP的比率,是衡量一国物流体系效率的关键指标。2012年,我国这一比例高达18%,而发达国家平均水平仅为8%~9%,巨大的差距背后,也意味着巨大的提升空间。经过十余年努力,到2024年,我国社会物流总费用与GDP的比率已降至14.1%,创2006年有统计以来最低水平。

我国物流行业降本增效之路始于2014年,国务院发布《物流业发展中长期规划(2014—2020年)》中提出:到2020年基本建立现代物流服务体系,物流总费用占GDP比重下降到16%左右。2015年中央经济工作会议提出“要降低物流成本,推进流通体制改革”,降低物流成本成为国家推动物流行业发展、促进经济提质增效的重要工作方向之一。



在此之后,我国陆续出台一系列政策和举措持续推动物流降本增效,如2017年国家发展改革委印发《关于进一步推进物流降本增效促进实体经济发展的意见》等,不断聚焦物流领域成本高、效率低等突出问题,推动降低制度性交易成本、运输成本、仓储成本等。2024年,中共中央办公厅、国务院办公厅联合印发《有效降低全社会物流成本行动方案》(以下简称《行动方案》),《行动方案》是现代物流领域第一份中央文件,把“降低物流成本”的范围扩大到“全社会”,强调通过调结构、促改革,加强物流各环节协同衔接,全面提升物流体系运行效率,用尽可能少的物流费用支出,支撑尽可能多的经济产出。而不是简单降低运输成本,也不是要压缩物流企业的合理利润,更不是要影响物流从业人员的收入。其中,技术赋能成为物流降本增效的新引擎。鼓励企业发展与平台经济、低空经济、无人驾驶相结合的物流新模式,加强仓配运智能一体化技术、数字孪生技术的应用。创新商业应用场景,并且逐步实现规模化。鼓励物流技术创新平台和龙头企业为中小物流企业数智化赋能,加快培育智慧物流的产业生态。

试点示范是探索物流降本增效路径的重要手段。长三角地区试点的“新三样”危险货物“一单制”“一箱制”运输模式,是区域协同推进物流降本增效的典型案例。通过试点使长三角地区新能源汽车从始发铁路运输到港口的时间从过去5~6天缩短到2~3天,运输成本直降15%。浙江省通过推动海港、陆港、空港、信息港“四港”联动,大力发展多式联运,显著推动物



流行业降本增效。虽然中国物流降本增效取得了显著成效,但仍然面临诸多挑战。单一环节成本低、全链条运行成本高仍是物流运行中较为突出的矛盾。

按照《行动方案》部署,到2027年,社会物流总费用与国内生产总值的比率力争降至13.5%左右。这意味着,每创造100元GDP所支出的物流费用,将从14.4元下降到13.5元。实现这0.9个百分点的下降,可节约社会物流总费用1万亿元以上。各地区也制定了更加精准的目标,上海发布的《交通物流降本提质增效上海行动计划》提出,到2027年,上海社会物流总费用与国内生产总值的比率力争降至12%以下。

未来一段时间,中国物流业降本增效将呈现多元化发展趋势,多式联运将成为重要突破口,通过推进多式联运“一单制”,发展集装箱运输“一箱制”,不断扩大试点示范效应。数智化转型将加速推进。国家发展改革委等部门将提高全社会物流实体硬件和物流活动数字化水平,促进大数据、5G等新技术广泛应用。通过推动物流数智化发展等举措,助力物流成本实质性下降。

降低全社会物流成本不仅是企业的事情,更是关乎国家经济竞争力的战略议题。交通运输部、国家发展改革委等部门正致力于通过提高全社会的物流数字化水平,促进大数据、5G等技术的广泛应用。随着人工智能、物联网等新一代信息技术与现代物流深度融合,智慧物流新业态将继续推动物流业降本提质增效。

第四章 交通投融资

(一) 交通投资

2024年,我国经济持续恢复向好,但仍面临有效需求不足、部分行业产能过剩、社会预期偏弱等多重压力。国家继续实施积极的财政政策、稳定的货币政策,交通运输行业全年完成交通固定资产投资保持高位,投资结构进一步优化,交通投资对优化供给结构、畅通经济循环、稳定经济增长发挥了重要作用。

交通基础设施建设投资高位运行。2024年完成交通固定资产投资42642亿元,较2023年同比下降3.86%。其中,铁路8506亿元、公路25774亿元、水路2208亿元、民航1404亿元、城市轨道交通4749亿元,同比分别增长11.26%、-8.73%、9.52%、13.13%、-8.92%。交通基础设施固定资产投资占GDP的比重为3.16%,同比下降0.36个百分点。

铁路投资创历史新高,投资结构不断优化。2024年全国铁路完成固定资产投资8506亿元,时隔5年再次突破8000亿元大关,创历史新高。交通运输部、国铁集团着力推进铁路专用线进厂矿、进码头、进园区,铁路专用线建设成为降本增效关键抓手。2024年,全国新增专用线59条,在建30余条,新增货物发到量近2000万吨,有效减少短驳运输环节,推动“门到门”运输模式普及。国家铁路建设投资占全国铁路总投资的90%,占比连续六年下降后有所回升;地方铁路完成投资851亿元,占全国铁路总投资的10%,同比下降0.92个百分点;装备投资占比提升至约20%,反映出中国铁路网络在经过大规模建设后,重心正从“建线路”向“增车辆”“优运营”转变。

铁路建设总投资中,铁路建设基金投入589.75亿元,超长期特别国债投入369.65亿元,为重大战略项目提供了支持。国家铁路投资除中央财政资金外,其余资金来源于国铁集团自有或自筹资金、铁路建设债券、银行贷款等市场化融资。地方铁路建设形成了政府主导、专项

债券支撑、国铁参股、社会资本参与的多元投资格局。

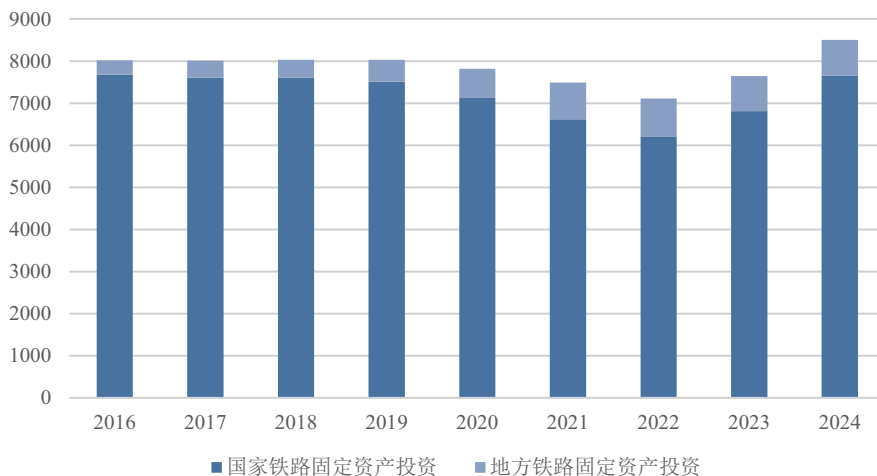


图4-1 2016-2024年国家铁路和地方铁路投资规模(单位:亿元)



图4-2 2016-2024年国家铁路和地方铁路投资占比

公路建设投资继续发挥主力军作用,投资强度呈下降趋势。2024年公路建设占交通基础设施固定资产总投资比重为60.4%,同比下降3.3个百分点。公路建设投资连续两年负增长,2024年占GDP比重为1.91%,同比下降0.33个百分点,自1998年以来首次跌破2%,公路发展重点正逐步由大规模建设转向高质量运营服务,符合公路网建设的自身发展规律。东、中、西、东北部地区公路建设投资占GDP的比重分别为1.32%、2.38%、3.05%、1.42%。

高速公路完成投资14015亿元,同比下降12.2%,占公路建设总投资的54.38%;普通国道完成投资5620亿元,同比增长8.4%;农村公路完成投资4550亿元,同比增长6.1%。东、中、西、东北部地区公路建设投资占全国公路建设总投资比重分别为35.96%、26.55%、34.00%、3.49%。公路投资规模最高的六个省份是四川、浙江、广东、湖北、山东、安徽,合计规模占全国公路总投资的45.8%。公路投资占GDP比重最高的五个省(自治区)是西藏、广西、

新疆、贵州、四川,均属西部地区。公路投资占GDP比重最低的五个省(直辖市)是上海、天津、北京、辽宁、江苏。

2023-2024年全国31个省市区公路建设投资占GDP的比重(%) 表 4-1

排名	地区	2024年占比	2023年占比	同比变动	排名	地区	2024年占比	2023年占比	同比变动	排名	地区	2024年占比	2023年占比	同比变动
1	西藏	9.93	10.14	-0.21	12	江西	2.35	2.57	-0.22	23	广东	1.36	1.55	-0.19
2	广西	4.71	6.41	-1.7	13	山西	2.30	2.73	-0.43	24	内蒙古	1.24	1.46	-0.22
3	新疆	4.13	4.91	-0.78	14	黑龙江	2.08	2.55	-0.47	25	福建	1.21	1.20	0.01
4	贵州	3.96	5.49	-1.53	15	海南	2.07	2.01	0.06	26	陕西	1.18	1.38	-0.2
5	四川	3.93	4.36	-0.43	16	河南	1.92	2.55	-0.63	27	江苏	0.97	1.28	-0.31
6	青海	3.20	4.30	-1.1	17	吉林	1.89	1.89	0	28	辽宁	0.88	0.81	0.07
7	湖北	3.14	3.14	0	18	重庆	1.85	2.21	-0.36	29	北京	0.44	0.33	0.11
8	甘肃	3.02	4.93	-1.91	19	河北	1.76	1.76	0	30	天津	0.34	0.17	0.17
9	安徽	2.94	3.01	-0.07	20	山东	1.63	1.91	-0.28	31	上海	0.28	0.32	-0.04
10	云南	2.88	5.35	-2.47	21	湖南	1.62	1.84	-0.22					
11	浙江	2.53	2.59	-0.06	22	宁夏	1.47	2.33	-0.86					

水运建设投资增长明显。2024年完成水路固定资产投资2208亿元,占交通基础设施固定资产投资总投资比重为5.18%。其中,内河建设(含内河航道及港口)完成1191亿元,同比增长13.2%。内河建设投资规模最高的六个省(自治区)是广西、浙江、江苏、湖北、湖南、河南,合计约占全国总投资的69.64%。沿海建设(含沿海港口及航道)完成投资981亿元,同比增长7.6%,连续五年保持较快增长。

民航投资增长势头强劲。2024年,民航完成固定资产投资2040.3亿元,创历史新高。其中,民航基本建设和技术改造投资1404.3亿元,同比增长13.1%。基础设施投资占主导地位,机场和空管投资占比超80%,支撑航空网络扩容升级。中西部投资提速,中西部地区投资570亿元,同比增长14.6%,增速高于东部地区。枢纽机场扩容,10大国际枢纽机场(北京、上海、广州等)投资占比超40%,强化全球航空竞争力。

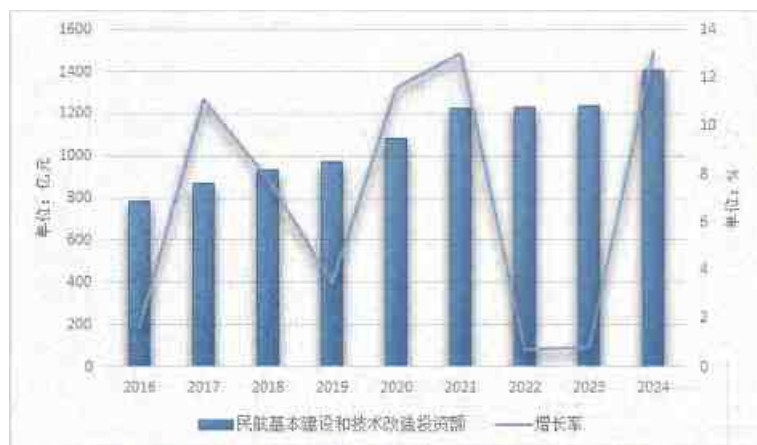


图4-3 2016-2024年民航基本建设和技术改造投资额

城市轨道交通建设投资持续下滑。2024年全国城市轨道交通建设完成投资4749.41亿元,同比下降8.91%,连续四年投资负增长。全国共有8个城市全年完成建设投资超过200亿元,合计完成建设投资2428.24亿元,占全国建设总投资的51.13%。其中,深圳市完成建设投资超过460亿元;宁波、上海2市完成建设投资额均超过300亿元;北京、重庆、武汉、杭州、成都5市完成建设投资均超过200亿元。另有西安、南京、广州、苏州、天津、青岛6市完成建设投资额均超过150亿元;厦门、沈阳、长春、郑州4市完成建设投资均超过100亿元。

(二)交通融资

2024年国内宏观经济面临诸多挑战,宏观政策逆周期调节力度加大,海外多数发达经济体转向降息进程,我国稳健的货币政策进一步宽松,积极的财政政策适度加力、提质增效,融资环境呈现“政策持续优化、结构分化明显、风险总体可控”的特点。

交通项目贷款成本进一步下降。2024年2月和9月,央行两次降准50个基点。2月、7月、10月,央行连续两次下调1年期以上LPR、3次下调5年期以上LPR,1年期LPR和5年期以上LPR分别较上年12月下降35个基点和60个基点,分别为3.1%、3.6%。2024年12月新发放企业贷款加权平均利率为3.34%,较上年同期低0.41个百分点,持续处于历史低位。央行两次降准、三次下调LPR传递出明确的“宽货币、宽信用”政策信号,带动交通基础设施投资项目贷款利率更大幅度下调,并显著减轻了交通基础设施存量债务利息负担,为地方化解债务风险提供更有利条件。

地方政府专项债券投入进一步加大。2024年,交通基础设施领域发行地方政府专项债券约1.0万亿元,同比增长约28.1%,占全国新增地方政府专项债券发行规模的约24.9%。全

国有18个地方政府发行收费公路专项债券,规模合计841.0亿元,约占交通基础设施领域地方政府专项债券发行规模的8.9%、全国新增地方政府债券发行总规模的2.1%。其中,海南发行规模最大,接近150亿元,占全国收费公路专项债券发行总规模的17.8%;其次是云南和甘肃,发行规模在105亿元左右;江西、黑龙江、广西发行规模在50-100亿元。

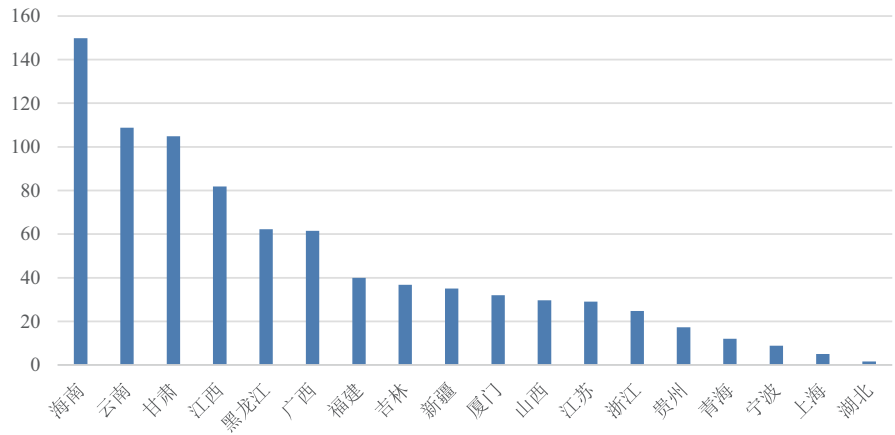


图4-4 2024年各地政府收费公路专项债券发行规模(单位:亿元)

收费公路专项债券投入到收费公路领域项目包括两种情形:一是投入项目建设。经不完全统计,2024年全国约144个政府收费公路项目使用了收费公路专项债券,项目总投资超过1.0万亿元,收费公路专项债券占比约8.4%。二是用作项目资本金。全国有9个省约250亿元收费公路专项债券用作项目资本金,占收费公路专项债券发行总规模的30.8%。云南收费公路专项债券用作项目资本金规模最大,接近90亿元,占全国收费公路专项债券用作项目资本金总规模的34.7%、本省收费公路专项债券发行规模的82.6%;其次是广西,收费公路专项债券用作项目资本金规模约60亿元;厦门、海口、吉林、江西、福建收费公路专项债券用作项目资本金规模在10-50亿元。

交通运输上市公司整体情况。截至2024年底,全国交通运输领域A股上市公司134个,总市值约2.95万亿元,占A股总市值的3.19%。交通运输领域上市公司总资产约6.98万亿元,总负债约3.92万亿元,平均资产负债率约为56.15%。航空机场上市公司13个,市值5280亿元,分别占比交通运输领域A股上市公司数量和市值的9.70%和17.9%;航运港口上市公司37个,市值9650亿元,分别占比27.61%和32.71%;公路铁路上市公司36个,市值8850亿元,分别占比26.87%和30%;物流领域上市公司48个,市值5720亿元,分别占比35.82%和19.39%。

(三)PPP新机制

2023年,受《关于规范实施政府和社会资本合作新机制的指导意见》及系列文件政策影响,全国PPP项目投资数量和规模出现大规模下降。2024年,《基础设施和公用事业特许经营管理办法》《政府和社会资本合作项目特许经营方案编写大纲(2024年试行版)》等系列文件发布,PPP新机制进入到全面推进阶段,全国PPP新机制项目投资数量和规模再次出现回暖、上升。

交通PPP项目大幅增长。随着PPP新机制的全面推进,以及《收费公路政府和社会资本合作新机制操作指南》等配套政策出台,在交通运输领域发展呈现大幅跃升态势。2024年^①全国交通运输类PPP新机制项目投资数量为84个,较2023年^②增加57个;投资规模达到9811.53亿元,为近五年最高,同比增加了498%。

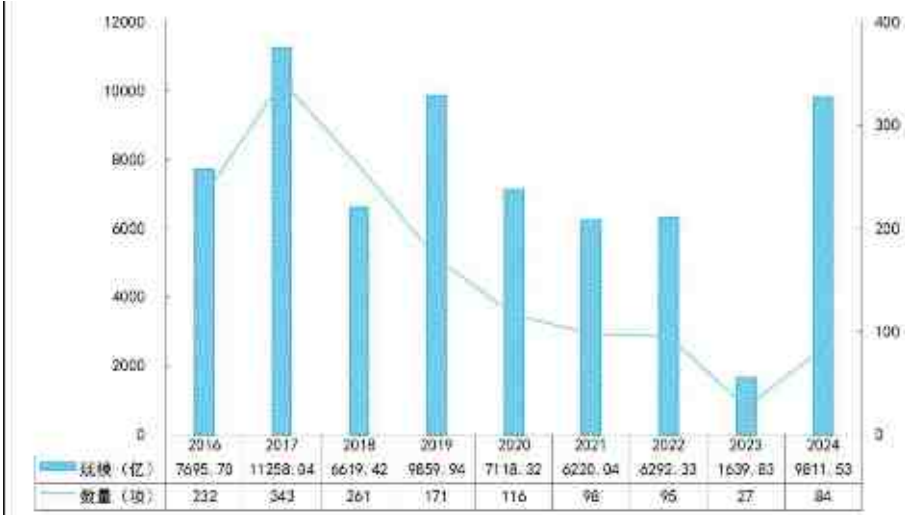


图4-5 交通运输类PPP新机制项目数量及规模

高速公路PPP项目表现亮眼。交通运输领域PPP新机制项目“整体向好、局部调整”,除了港口码头项目投资规模有所减少,其他细分行业均实现不同幅度的增长。高速公路PPP项目在交通运输领域占据主导地位,2024年实现大幅增长,投资规模同比增长了500%,占交通运输领域PPP项目的总投资比重高达80.84%,单体项目平均投资规模达到165.23亿元。其他公路投资规模也有较大提升。

① 2024年的数据则是以PPP新机制项目统计为主,即全部为交通运输类特许经营项目。
② 仅统计2023年1-2月(PPP)、2023年11月8日-12月31日(PPP新机制)两个区间内成交的交通运输类项目。

2024年交通运输类PPP新机制项目细分行业投资变动情况(亿元) 表 4-2

行业细分	2023	2024	变动值(括号为减少)
高速公路	1321.41	7931.18	6609.77
其他公路	252.04	988.59	736.55
一级公路	/	267.05	267.05
铁路(不含轨道交通)	/	216.71	216.71
公路桥梁	/	169.20	169.20
市政桥梁	32.00	155.06	123.06
仓储物流	/	35.00	35.00
航道航运	2.29	33.21	30.92
港口码头	32.09	15.53	(16.56)
总计	1639.83	9811.53	8171.70

数据来源:明树数据

各地PPP项目情况。2024年,交通运输领域PPP项目投资规模超千亿的省份有四川、安徽和甘肃。四川以2126.23亿元成交规模稳居第一,由阿坝藏族羌族自治州交通运输局建设的G0611郎木寺(川甘界)至川主寺段、G0611川主寺至汶川段、S14川主寺至红原高速公路项目,投资金额达近千亿(994.09亿元)。安徽和甘肃以1288.70亿元和1259.67亿元居全国第二和第三。山西、贵州和安徽的排名较2023年有大幅提升。甘肃、湖南、辽宁、广西、云南是新增交通运输领域投资的省(自治区)

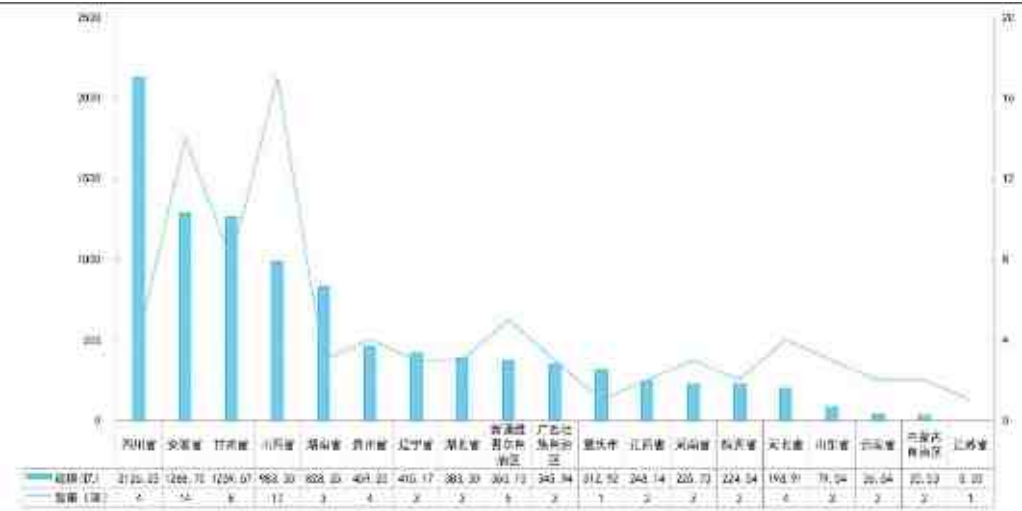


图4-6 交通运输类PPP新机制项目各地分布情况

各地 2024 年交通运输类 PPP 新机制项目排名(按投资规模) 表 4-3

省份	2024年排名	2023年排名	排名变化(括号值下降)
四川省	1	2	1
安徽省	2	7	5
甘肃省	3	/	/
山西省	4	12	8
湖南省	5	/	/
贵州省	6	13	7
辽宁省	7	/	/
湖北省	8	1	(7)
新疆维吾尔自治区	9	9	0
广西壮族自治区	10	/	/
重庆市	11	3	(8)
江西省	12	8	(4)
河南省	13	5	(8)
陕西省	14	11	(3)
河北省	15	10	(5)
山东省	16	4	(12)
云南省	17	/	/
内蒙古自治区	18	14	(4)
广东省	/	6	/

数据来源:明树数据

地方国企是投资主力。2024 年,地方国企 PPP 项目投资规模和项目数量占交通运输领域 PPP 项目的比重比分别 69.73% 和 70.24%, 尽管较 2023 年的 81.33% 和 74.07% 有所变化, 但仍占据主导地位。地方国企 PPP 单体项目投资规模同比有所收缩。央企及下属公司凭借资源与资金优势,在交通运输领域的市场竞争力显著提升。民营企业的参与程度依旧不高。

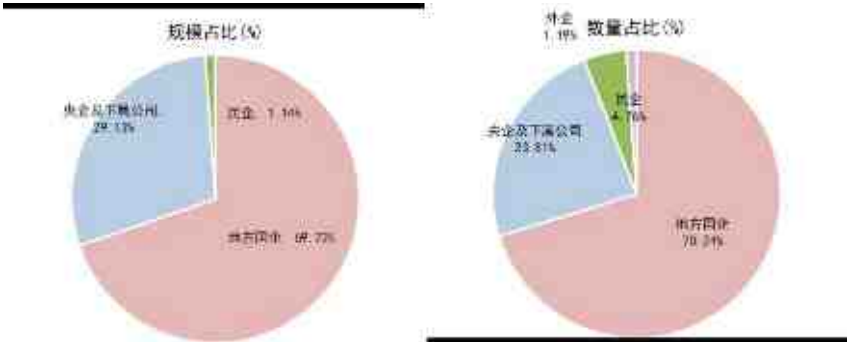


图 4-7 2024 年交通运输类 PPP 新机制项目牵头中标企业项目规模(左)与数量(右)

四川藏区高速公路有限责任公司是2024年交通运输类PPP项目最大的社会投资人,项目投资总额达1264.79亿元。2024年交通运输类PPP项目十大社会资本投资人如下:

2024年交通运输类PPP新机制项目十大社会资本投资人 表 4-4

排名	企业名称	总中标规模(亿元)
1	四川藏区高速公路有限责任公司	1264.79
2	山西路桥建设集团有限公司	848.06
3	甘肃省公路交通建设集团有限公司	684.23
4	四川高速公路建设开发集团有限公司	673.23
5	湖南省高速公路集团有限公司	572.16
6	安徽建工集团股份有限公司	515.31
7	中铁开发投资集团有限公司	404.51
8	武汉交通工程建设投资集团有限公司	383.00
9	中铁城市发展投资集团有限公司	375.05
10	新疆交通投资(集团)有限责任公司	365.10

数据来源:明树数据

(四)REITs 运行

REITs 募资规模。截至2024年12月底,全国累计发行58单REITs,已完成扩募4单REITs,累计募集资金(含扩募)1647.53亿元。交通物流领域累计发行19单REITs,募集资金规模(含扩募)842.99亿元,分别占全国REITs市场的32.76%和51.17%。其中,高速公路REITs发行13单,募集资金规模687.71亿元;仓储物流REITs发行6单,募集资金规模155.28亿元。交通物流REITs项目主要集中在东中部地区,涵盖浙江、广东、江苏、山东、湖北、湖南、安徽、重庆、河北等省份;交通物流REITs项目主要由省级交通企业和交通类央企发行。

2024年度,交通物流领域成功上市8单REITs,募集资金规模达258.84亿元,分别占全国REITs市场的27.59%和40.30%。其中,高速公路REITs发行5单,分别是深圳高速集团持有的益常高速,河北高速集团持有的荣乌高速,南京公路发展集团持有的南京绕城高速东南段,招商公路持有的亳阜高速,宁波交投、大通公司、上海济沅及嘉高公司等持有的杭州湾跨海大桥;仓储物流REITs发行3单,分别是深国际物流公司持有的杭州和贵州仓储物流项目,宝湾物流控股有限公司持有的天津宝湾、南京宝湾和嘉兴宝湾物流园项目,上海外高桥集团持有的外高桥物流园区(二期)部分仓库仓储物流项目。

2024年度高速公路和物流仓储领域发行公募REITs情况 表 4-5

基金名称	发行规模 (亿元)	发行日期	基金存续期 (年)	核心权益人	项目 所在省份
易方达深高速 RE-ITs	20.475	2024/3/29	11	深圳高速公路集团股份有限公司	湖南
工银河北高速 RE-ITs	56.98	2024/6/28	18	河北高速公路集团有限公司	河北
华夏深国际仓储物流 REITs	14.94	2024/7/9	44	深圳市深国际物流发展有限公司	浙江、贵州
华泰紫金宝湾物流 REITs	12.186	2024/10/29	44	天津宝湾国际物流有限公司、南京宝湾国际物流有限公司、嘉兴宝湾物流有限公司	天津、江苏、浙江
华夏南京交通高速公路 REITs	27.26	2024/11/1	12	南京公路发展(集团)有限公司	江苏
招商基金招商公路高速公路 REIT	34.96	2024/11/21	15	招商局公路网络科技控股股份有限公司	安徽
华安外高桥仓储物流 REIT	11.16	2024/12/25	36	上海外高桥集团股份有限公司	上海
平安宁波交投杭州湾跨海大桥 REIT	80.88	2024/12/26	10	宁波交通投资集团有限公司、宁波大通开发有限公司等 18 家公司	浙江

高速公路 REITs 经营。2024 年,8 只上市满一年的高速 REITs 中,仅浙商沪杭甬 REIT 和华泰江苏交控 REIT 实现车流量的同比增长,其余高速公路 REITs 的车流量均出现不同程度下滑。其中,中金安徽交控 REIT、国金中国铁建 REIT、华夏中国交建 REIT 车流量同比下降分别为 13.83%、4.08% 和 3.18%。路费收入方面,2024 年 8 只高速 REITs 全部下降,其中,浙商沪杭甬 REIT、中金山东高速 REIT 下滑幅度相对较小,中金安徽交控 REIT(-14.39%)、华夏中国交建 REIT(-7.60%)、华夏越秀 REIT(-6.68%)降幅较大。

仓储物流 REITs 经营。2024 年,上市满一年的仓储物流 REITs 有三只,分别是中金普洛斯 REIT、红土创新盐田港 REIT 和嘉实京东仓储物流 REIT。中金普洛斯 REIT 在 2024 年实现营业总收入约 4.5 亿元、同比下滑了 2.53%,截至 2024 年末平均出租率 86.37%、同比下降了 3.26%,平均租金单价为 35.74 元/平方米/月,同比下降了 5.27%。红土创新盐田港 REIT 在 2024 年市场表现整体稳健,实现营业总收入 1.3 亿元、同比微降 0.7%;净利润因商誉减值大幅下滑、约 2300 万元;全年累计分红和年化现金流分派率分别为 1.23 亿元和 4.88%、均高于预期。截至 2024 年末,综合出租率 94.15%、平均租金单价为 1.27 元/平方米/天,同比下降 1.55%。嘉实京东仓储物流 REIT 整体市场呈现盈利改善,但价格波动较大,实现营业总收入

约 1.15 亿元,净利润为 -3600 万元左右,但可供分配金额 7873.16 万元,单位可供分配金额 0.1575 元。从三只 REITs 市场价格表现看,中金普洛斯 REIT 市场价格下滑幅度相对较小(-0.88%),红土创新盐田港 REIT(-13.62%)、嘉实京东仓储基础设施 REIT(-10.92%)降幅较大。





第五章 交通市场

(一)市场环境

健全法规体系。出台《城市公共交通条例》,《海商法》经全国人大常委会第一次审议,《民用航空法》经国务院常务会议审议通过。制修订《快递市场管理办法》、《邮政普遍服务监督管理办法》、《国际客运航权市场准入和配置规则》、《大型飞机公共航空运输承运人运行合格审定规则》等行业管理规范。印发《交通运输行业标准管理办法》,全年发布 296 项标准。

优化营商环境。组织开展优化公路水运营商环境行动。全国开办道路货运企业实现办事材料“一次告知、一表申请、一次提交”,道路运输、民航政务服务等“一网通办”加快推进。铁路监管部门共发布行政许可决定书 622 件,经行政许可的铁路运输企业新增 4 家,达到 81 家。全国大件运输审批日均发证约 8000 件,平均办结时间较规定最长时限压缩 80%。上线运行“海事通”APP 和智慧海事监管系统,在全国主要水域实施“一次性船位报告”便利化措施。

深化交通运输改革。深化综合交通运输体系改革,中办、国办印发《加快建设统一开放的交通运输市场的意见》。深化交通运输行政执法“四基四化”建设。推动上海国际航运中心提质升级,指导开展航运贸易数字化试点,沿海捎带业务规模不断扩大。联合出台《交通物流降本提质增效行动计划》,印发铁路、公路、水运、民航、邮政领域实施方案。民航研究制定进一步深化民航改革的实施意见,明确 64 项改革重点任务,配套制定分工方案和具体实施方案。铁路行业持续深化市场化改革,加快推进铁路现代物流体系建设,优化铁路产品供给和运输组织,为满足旅客出行需求、降低全社会物流成本提供了有力支撑。

(二)市场发展

物流需求规模总量扩张。2024年,全国社会物流总额 360.6 万亿元,按可比价格计算,同比增长 5.8%,增速较上年提高 0.6 个百分点。农产品、工业、进口、再生资源、单位与居民物品等领域的物流需求均有不同程度的增长。全年物流景气水平保持稳定,物流景气指数全年均值为 51.7%,呈现“前稳后升”格局,物流运行整体稳中有升态势保持不变。全年 11 个月景气指数超过 50%,特别是下半年以来,业务总量、库存周转、设备利用率和从业人员等细分指数保持连续上升势头,物流市场活跃度持续增强,高效率供给能力助力经济明显企稳回升。

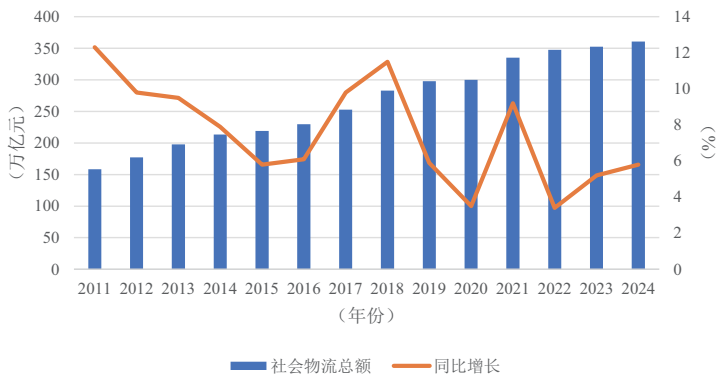


图 5-1 2011-2024 年我国社会物流总额及同比增长情况^①

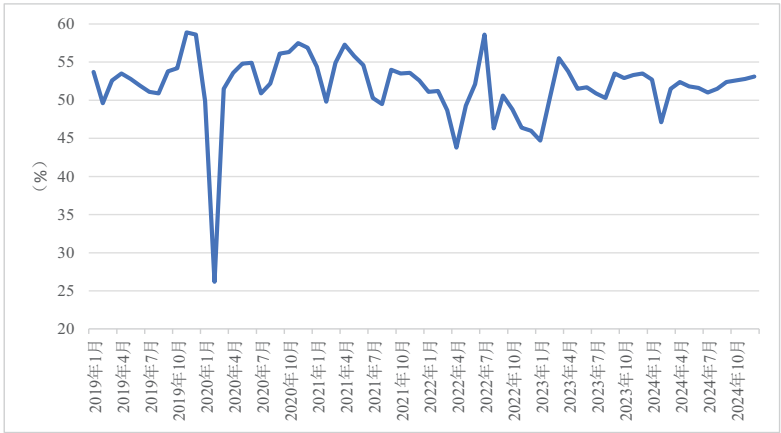


图 5-2 2019-2024 年中国物流业景气指数 LPI

物流运输价格有升有降。公路运价持续升高,2024 年公路物流运价指数年均值为 103.7 点,同比增长 1.6%,处于近年较高水平。上海航运交易所发布的沿海(散货)综合运价指数全年平均值为 1008.1 点,同比下降 0.7%。中国出口集装箱运价指数全年平均值为 1550.6 点,

① 数据来源:中国物流信息中心

同比增长 65.4%。内贸集装箱运输市场综合运价指数均值仅为 1101.42 点,同比下降 12.41%,是 2016 年以来的最低平均运价水平。快递平均单价为 8 元/件,较去年同期下降 12.1%,价格延续下降态势但降幅明显收窄,各领域价格竞争的激烈程度有所缓解。

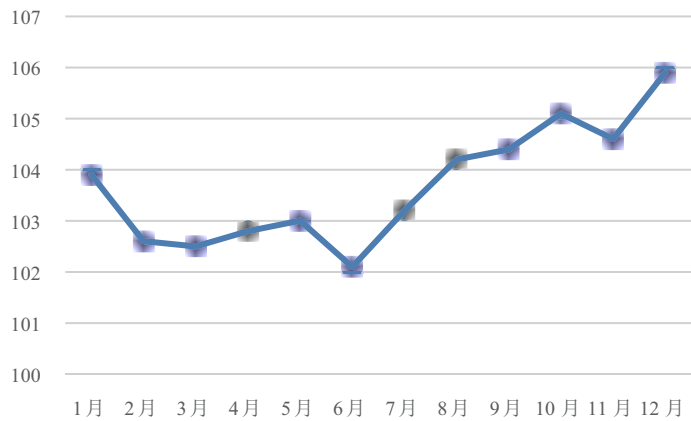


图 5-3 2024 年公路物流运价指数变化

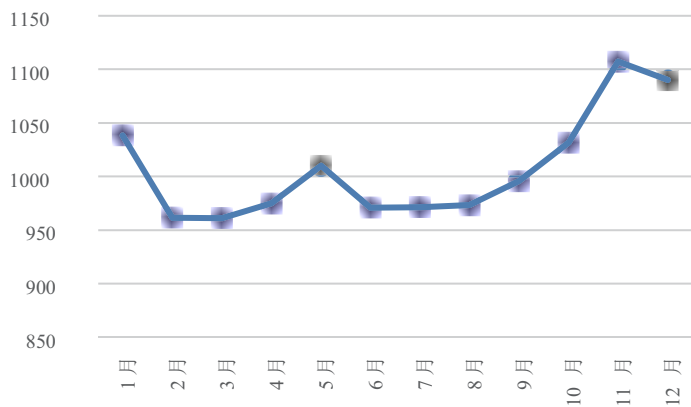


图 5-4 2024 年沿海散货运价指数变化

企业经营效益继续改善。2024 年,中国国家铁路集团有限公司全年完成经营总收入 12830 亿元,同比增长 3.0%,净利润 39 亿元;完成客货运输总收入 9901 亿元,同比增长 2.7%,利润总额创历史最好水平。2024 年末,国铁集团资产负债率 63.51%,较上年末降低 2.03 个百分点,铁路高质量发展取得明显成效。中国交建全年实现营业收入 7719 亿元,同比增长 1.74%。利润总额 364 亿元,同比增长 0.09%;归属于公司股东的净利润为 234 亿元,每股收益为 1.37 元。民航全年全行业实现营业收入 11341.5 亿元,同比增长 10.8%;利润总额 1.2 亿元,比上年减亏增盈 206.1 亿元,结束了连续四年的亏损。全行业运输收入水平为 4.72 元/吨公里,比上年降低 9.9%。2024 年上市的 70 家港航船企营业收入总额为 15627.01 亿



元,同比增长19.02%;净利润总额为2202.90亿元,同比大幅上升76.55%^①。2024年重点企业物流业务收入同比增长5.6%,每百元营业收入中的成本维持在95元左右水平,平均收入利润率回升至3%以上,企业效益边际改善。

市场主体结构发生变化。物流市场集中度进一步提升,中国物流企业50强物流业务收入合计超过21437亿元,50强物流企业门槛约为74.3亿元,占物流业总收入的比重超过16%。民航市场集中度有所提升,中航、东航、南航三大航空集团占民航运输总周转量比重同比提高了2个百分点。

中国物流企业50强物流业务收入合计超过 **21437** 亿元

50强物流企业门槛约为 **74.3** 亿元

(三)市场动态

铁路市场化改革持续推进。深化铁路货运改革,推进现代物流组织体系建设,建立完善铁路物流中心运行机制,大力开展物流总包和合同制运输,建立运输组织协同机制,确保履约

^① 数据来源:《2024年度中国港航船企创富榜》,上海航运交易所。

兑现,稳定客户预期。构建铁路运输市场化财务清算体系,优化联合运输清算规则,稳妥开展模拟运行,支持各类铁路运输企业平等公平参与联合运输。积极优化行车组织和调度指挥,开展客货运产品谱系化设计,逐步实施以产品产出、效率产出、效果产出为导向的激励约束机制。客运方面,京广高铁武广段、杭深铁路杭甬段和沪昆高铁沪杭段、杭长段4条高铁运行的时速300公里及以上动车组列车,由原来的固定、单一票价机制优化调整为灵活折扣、有升有降的市场化票价机制。

港航企业大力发展供应链集成服务,构建工贸港航协同发展新生态。河南港航集团立足“港口+物流+贸易+产业”全产业链生态链定位,系统发展“港口运营、航道建设、现代物流、航运服务、船舶制造、物资贸易、临港产业、信息科创”八大核心业务板块。苏州港航集团与上港集团合作设立上港集团苏州内河港集装箱空箱中心,前置上海港集装箱空箱资源和港口服务功能,实现“两港融合、视同一港”,企业每使用一个集装箱可节约成本2000~3000元,时长可缩短2~3天。太仓港疏港铁路专用线运能提升至“4进4出”,常态化运行海铁联运JSQ笼车班列,构建国内商品小汽车出海多式联运新通道。沿海港口不断推进产业链物流链延伸,拓展港口物流、期货交割、保税混矿、船舶修造等业态,做优新能源、冷链等特色产业,壮大港口经济。天津港不断拓展冷链增值服务,打造中国北方冷链物流基地和环渤海进口冻品交易中心,多种货物获批大商所指定交割库资质。上海港深入推进区域合作,着力提升服务辐射腹地的能力,为长三角和长江经济带的经贸发展打造便捷的物流通道。

港口经济平稳增长。2024年,我国海港城市^①港口经济^②增加值达到6.7万亿元,占到这些城市经济总量的13.6%,与2023年相比,规模增长3606亿元,增幅高于前两年,呈现出“一核、两区、多片”的空间格局。港口对海港城市二产发展的支撑作用显著,计算机通信和其他电子设备制造业、化学原料和化学制品制造业等战略性新兴产业港口经济增长较快,港口在促进腹地产业转型升级中发挥了重要作用。区域港口经济总体呈现规模上“北轻南重”、产业类型上“北重南新”等特点,上海市、苏州市、深圳市和宁波市港口经济增长较快。长三角区域海港城市港口经济增加值占到全国海港城市的44.9%,是中国沿海地区港口经济最发达的区域。与2023年相比,津冀、山东、长三角、福建沿海地区海港城市港口经济在全国的占比分别提升了0.1个百分点、0.3个百分点、0.2个百分点和0.1个百分点,辽宁、广东和西南沿海地区海港城市港口经济在全国的占比分别下降了0.1个百分点、0.5个百分点和0.1个百分点^③。

① 海港城市是指我国沿海港口所在的地级市或直辖市,江苏省长江沿线港口城市亦纳入其中。

② 港口经济是以港口为中心、港口城市为载体,依托和利用港口的各类产业的相关经济活动的总和,是港口、产业、城市相互联系、有机结合、共同发展的开放型经济。

③ 数据来源,《2024年度中国海港城市港口经济发展报告》,交通运输部规划研究院,北京北达城市规划设计研究院。

一体化物流服务供给能力提升。降低物流成本逐渐成为工商企业拓展盈利空间的重要方式,业务外包需求加快从单一运输、仓储向综合供应链升级,产业融合呈现出良好态势。重点工商企业物流业务外包比重超过65%,一体化物流业务收入增长近13.7%,物流企业供应链服务订单量增速超过10%。调研显示大型制造企业和物流企业供应链战略合作关系日趋紧密,通过流程优化、设施共享、信息对接等手段推进全链条物流降本。

科技创新深度赋能现代物流发展。部分领军物流企业将大模型深度嵌入供应链与物流各环节,在需求预测、订单管理、运营优化、决策分析、异常监控等方面深化应用,探索打造物流行业专用大模型。无人车、无人机应用场景拓展深化,无人仓、无人码头、无人场站覆盖范围不断扩大。全国网络货运企业超过3000家,平台竞争向产业渗透、向技术升维。中国数联物流信息有限公司成立,推动国家级物流数据平台建设,着力破解信息孤岛现象。

快递市场蓬勃发展。2015-2024年中国快递服务行业业务量保持稳定上升的趋势。2024年,我国快递业务量达1750亿件,业务量规模连续11年稳居世界第一,年业务收入达到1.4万亿元。行业作为降低物流成本和提升流通效率的前沿阵地,日均业务量4.8亿件,年人均快递使用量超过120件。快递“规模经济”效应持续放大,支撑实物商品网上零售额超13万亿元,有力激发消费潜能、畅通实体经济“筋络”。快递服务公众满意度得分为84.6分,同比上升0.3分。全国重点地区快递服务全程时限为53.88小时,同比缩短2.54小时。72小时妥投率为83.95%,同比提升2.98个百分点。分品牌来看,72小时妥投率较高的为顺丰速运、中通快递。市场品牌集中度有所上升,2024年快递与包裹服务品牌集中度指数CR8为85.2,同比上升1.2。旺季保障能力不断提高,2024年10月21日至11月10日,全国快递揽收量约为120.82亿件,同比增长21.4%;累计投递量约121.24亿件,同比增长25.3%;最高日处理量达到7.29亿件(10月22日),同比增长74%,刷新单日业务量纪录^①。

2024年,我国快递业务量达1750亿件

业务量规模连续11年稳居世界第一

农村快递市场潜力进一步释放。2024年,全国农村网络零售额同比增长6.4%,农产品网络零售额同比增长15.8%。农村快递网络的持续下沉,让消费品下乡进村、农产品出村进城更加畅通,为农产品在线销售提供了可靠的寄递服务支撑^②。

① 数据来源:《2024年度快递市场监管报告》,国家邮政局。

② 数据来源:《2024年度快递市场监管报告》,国家邮政局。

交通新业态蓬勃发展。自动驾驶领域,商业化运营成为主旋律。技术迭代加速,应用场景不断拓宽。以百度、小马智行、文远知行为代表的多个企业在数个城市的布局和商业运营加速了RoboTaxi服务的普及。公共服务领域,南昌市创新推出“需求响应式公交”取得了显著成效,展现了一种更加灵活、高效的未来公共交通新模式。低空经济领域,国家和地方政策支持力度空前,应用场景迅速拓展至物流、文旅、城市管理等多个领域。基础设施加快建设,湖北省成功获批近百条低空航线,并开通了“十堰-花湖”、“天河-花湖”等低空物流航线,为“无人机送快递”提供了现实样板。山东平阴县成为全国首个获得低空经济特许经营权的地区,为低空经济的规范化、商业化发展探索了重要经验。



观察专栏 06

“2025 中国交通企业发展指数”“中国交通企业营收信息”

为帮助行业了解交通企业的整体发展和动态,激发交通企业市场活力,引导交通企业高质量发展,树立中国交通企业发展综合品牌形象,促进高标准交通市场体系建设,提升中国交通企业影响力,助力中国交通强国建设,“中国交通运输”年度发展报告编委会联合“中国交通智库公众号”,于2025年11月28日,正式发布最新“中国交通企业发展指数”(CT500-EDI)及“中国交通企业营收信息”(CT500-ERD)研究成果。

依据中国交通企业发展指数和营收信息,人们可以了解中国交通企业的发展态势和竞争力水平,了解中国交通最大企业的最新发展位置,通过纵向不同年份和横向不同领域的比较,既可以了解中国交通运输行业发展周期的演变、发展趋势的变迁、投资热点的变化、企业的兴衰,也可以了解公司经营状况的变化。企业统计范围将深入到不同区域、业务领域,揭示交通运输大企业群体分布的变化,便于行业所有的企业深入了解竞争趋势、优劣势和潜在差距。

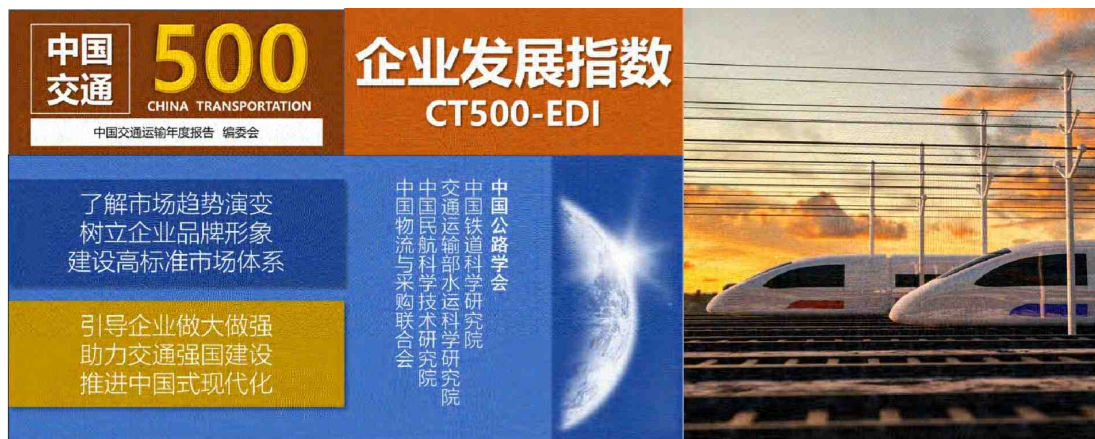
“中国交通企业发展指数”(CT500-EDI)是反映交通运输企业发展质量和能力的综合性观察指标,具体根据企业营业收入、净利润、资产负债率、研发投入占比等四项核心参数,赋予不同权重进行测算,测算样本是年营业收入居前500位的中国交通运输企业(CT500)。

“中国交通企业发展指数”以2021年为基准年,基准年指数值为100。

“中国交通企业营收信息”(CT500-ERD)统计范围覆盖铁路、公路、水运、民航、物流、管道多种运输方式,以及交通工程、投资运营、交通运输工具和装备制造、运输物流、研究咨询设计、智慧交通等各个领域,统计对象为注册地在中国境内的、主营业务为交通运输的独立法人企业。“中国交通企业营收信息”统计样本范围为年营业收入居前500名的中国交通企业(CT500)。

本次发布的“2025 中国交通企业发展指数”的测算依据是2024年统计数据,在测算时选取了CT500中四项核心参数都齐全的300个左右企业样本。为保证数据质量,本次发布的“中国交通企业营收信息”是2023年的统计数据。

未来深度报道和数据更新,请关注“中国交通智库公众号”。



一、2025 中国交通企业发展指数(CT500-EDI)

2024年,交通运输行业全面贯彻落实党的二十大和二十届二中、三中全会精神,认真贯彻落实中央经济工作会议部署,坚持稳中求进工作总基调,完整、准确、全面贯彻新发展理念,加快构建新发展格局,着力推动高质量发展,科学统筹经济社会发展交通运输各项工作,交通运输经济运行总体平稳,实现质的有效提升和量的合理增长,交通运输市场繁荣活跃,交通运输企业在转方式、调结构、提质量、增效益上积极进取,不断巩固稳中向好的基础。

经测算,“2025中国交通企业发展指数”(CT500-EDI)值为112.80,与2021年基准年相比增加了12.80点,比2023年增加了4.90点。计算样本企业总营业收入较基准年增长了17.57%;平均净利润率为5.05%,较基准年降低了0.14个百分点;平均资产负债率为69.03%,较基准年增加了0.24个百分点;平均研发投入占比为2.14%,较基准年增加了0.48个百分点。指数结果表明,交通运输企业发展呈现出稳中向好的态势。

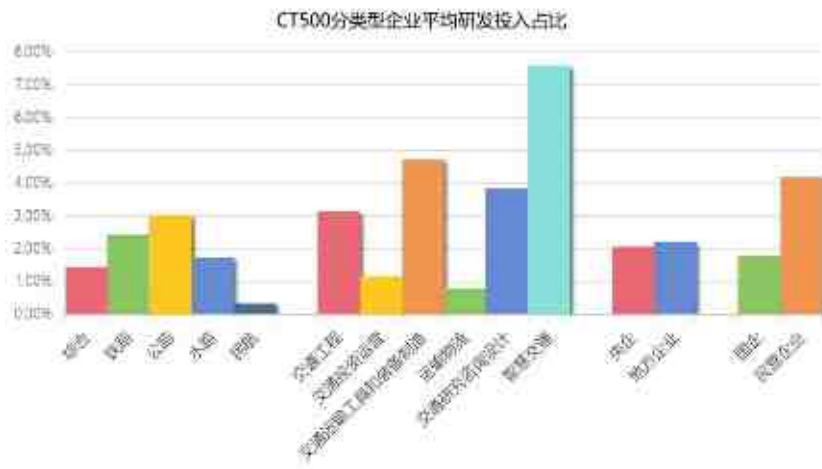
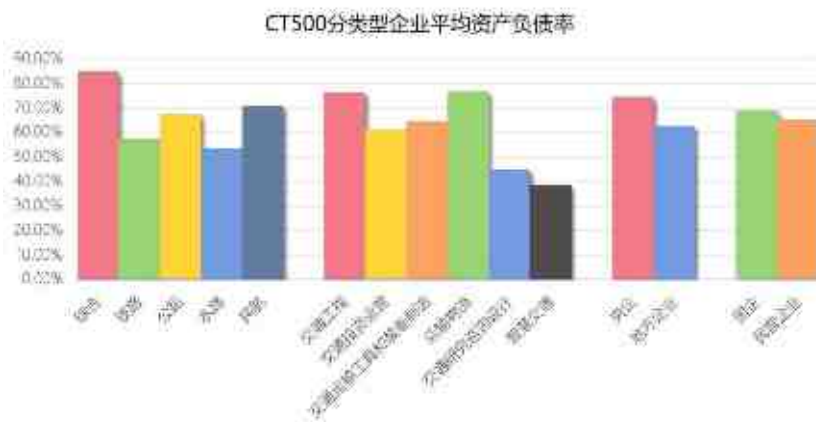




综合、铁路、公路、水路、民航类企业的平均净利润率分别为 6.10%、2.57%、3.89%、11.22%、-1.15%；平均资产负债率分别为 85.13%、57.57%、67.52%、53.75%、70.86%；平均研发投入占比分别为 1.44%、2.42%、3.01%、1.74%、0.34%。

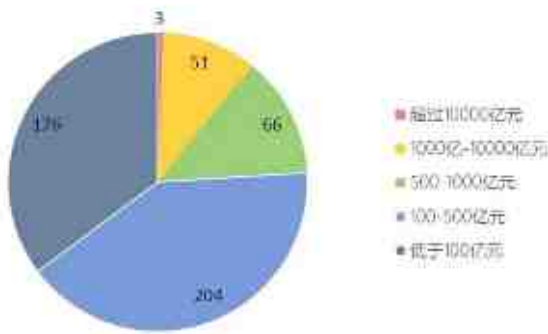
交通工程、交通投资运营、交通运输工具和装备制造、运输物流、交通研究咨询设计、智慧交通类企业的平均净利润率分别为 2.96%、5.24%、3.79%、6.77%、4.70%、5.61%；平均资产负债率分别为 76.59%、61.20%、64.75%、76.87%、44.95%、38.49%；平均研发投入占比分别为 3.14%、1.16%、4.72%、0.80%、3.84%、7.59%，智慧交通类企业研发投入占比最高。

交通运输央企和地方企业的平均净利润率分别为 5.93%、4.11%；平均资产负债率分别为 74.45%、62.55%；平均研发投入占比分别为 2.06%、2.22%。交通运输国企和民企的平均净利润率分别为 5.20%、4.23%；平均资产负债率分别为 69.15%、65.70%；平均研发投入占比分别为 1.77%、4.19%。



2023年,CT500中国交通企业完成总营业收入278257亿元,较2022年增加了19224亿元。CT500营收门槛约33.8亿元。营业收入超过10000亿元的企业共3家,与2022年持平;营业收入1000亿-10000亿元的企业51家,较2022年增加12家;营业收入500-1000亿元的企业66家,较2022年增加3家;营业收入100-500亿元的企业204家;营业收入低于100亿元的企业176家。

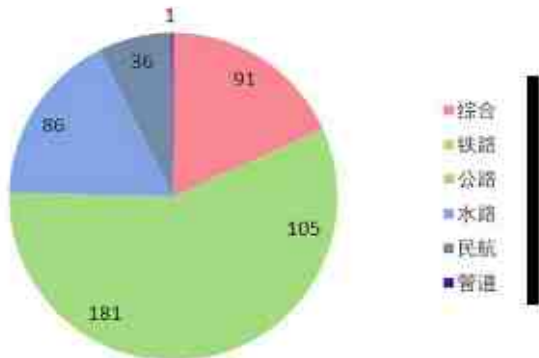
CT500不同营收区间企业数量分布图(个)



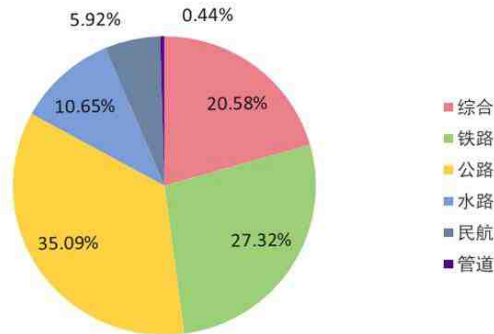
中国铁路工程集团有限公司位居CT500之首,第2、3名分别为中国国家铁路集团有限公司、中国铁道建筑集团有限公司,营收均超万亿元。其余前十名分别为中国交通建设集团有限公司、中国邮政集团有限公司、中国交通建设股份有限公司、上海汽车集团股份有限公司、中国第一汽车集团有限公司、比亚迪股份有限公司、广州汽车工业集团有限公司。前十名企业排序较2022年有较大变化。

按运输方式,综合、铁路、公路、水路、民航、管道类企业数量分别为91、105、181、86、36、1家,营收占CT500总营收的比重分别为20.58%、27.32%、35.09%、10.65%、5.92%、0.44%。公路领域企业数量和营收均最多。

CT500不同运输方式企业数量分布图(个)

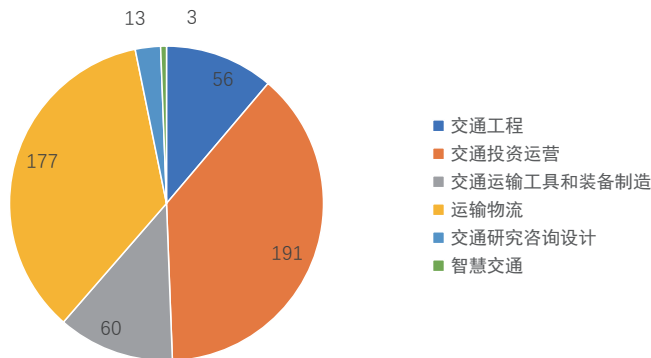


CT500不同运输方式企业营收占比图

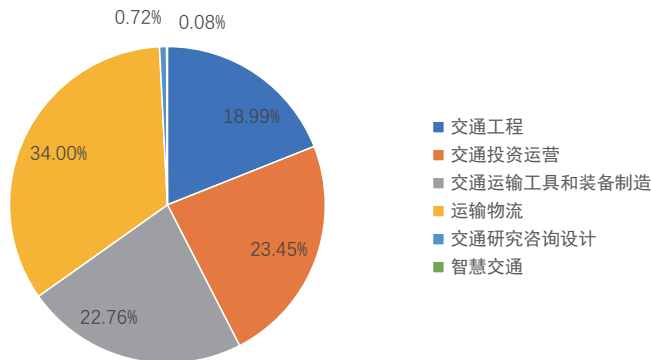


按主营业务分,交通工程、交通投资运营、交通运输工具和装备制造、运输物流、交通研究咨询设计、智慧交通类的企业数量分别为 56、191、60、177、13、3 家,营收占 CT500 总营收的比重分别为 18.99%、23.45%、22.76%、34.00%、0.72%、0.08%。交通投资运营企业数量最多,运输物流企业营业收入最多。

CT500不同主营业务企业数量分布图(个)



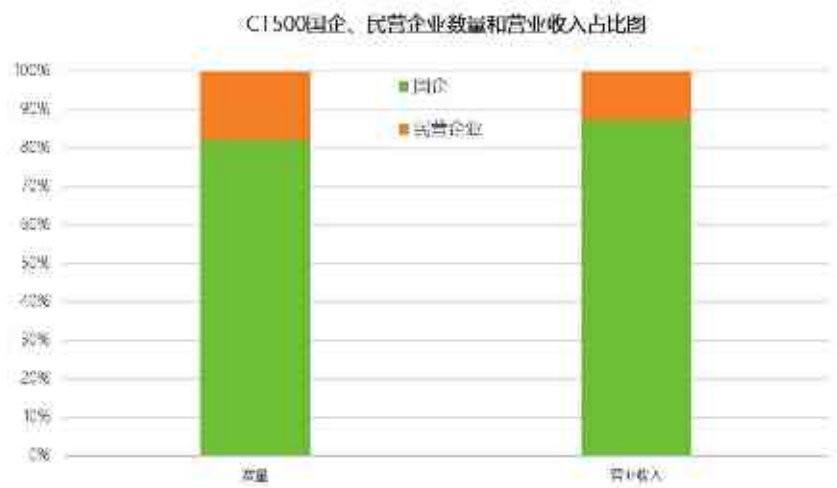
CT500不同主营业务企业营收占比图



CT500企业中,央企共 157 家,总营收占比为 55.51%;地方企业共 343 家,总营收占比为 44.49%。前 10 名企业央企占据 7 席,前 50 名企业,央企占据 28 席。



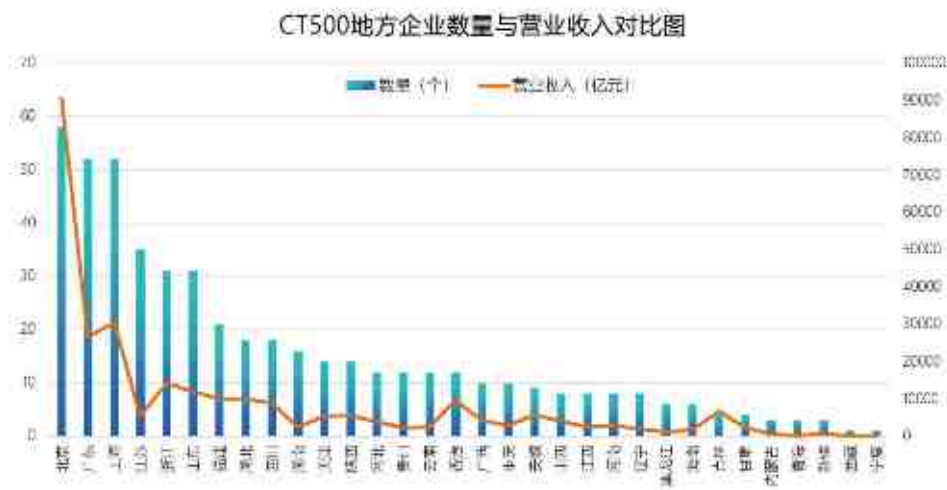
国企在 CT500 中占主导地位,数量共 410 家,总营收占比高达 87.19%;民营企业共 90 家,总营收占比为 12.81%。前 50 名企业国企占据 44 席,前 100 名企业国企占据 86 席。



民营企业前十名分别为比亚迪股份有限公司、浙江吉利控股集团有限公司、顺丰控股股份有限公司、北京小桔科技有限公司、长城汽车股份有限公司、京东物流股份有限公司、浙江菜鸟供应链管理有限公司、海航航空集团有限公司、国泰航空有限公司、上海三快智送科技有

限公司,主要集中在汽车制造、运输物流、航空三大领域。

按地域分布看,CT500中数量最多的地区是北京,共58家,上海、广东分别以52家、52家紧随其后,然后是江苏35家,浙江31家,山东31家。总营业收入北京遥遥领先,占CT500总营收的32.51%,后面依次为上海、广东、浙江、山东、湖北、福建、香港、四川、吉林,占CT500总营收的占比分别为10.98%、9.56%、5.14%、4.30%、3.62%、3.60%、3.46%、3.19%、2.46%。



附:中国交通企业营收完整信息 CT500-ERD



2024 中国交通企业营收信息			
2024 China Transportation 500 Enterprise Revenue Data(CT500-ERD)			
序号	企业名称	2023年营业收入(亿元)	地区
1	中国铁路工程集团有限公司	12641	北京
2	中国国家铁路集团有限公司	12454	北京
3	中国铁道建筑集团有限公司	11387	北京
4	中国交通建设集团有限公司	9675	北京
5	中国邮政集团有限公司	7984	北京
6	中国交通建设股份有限公司	7587	北京
7	上海汽车集团股份有限公司	7447	上海
8	中国第一汽车集团有限公司	6335	吉林
9	比亚迪股份有限公司	6023	广东
10	广州汽车工业集团有限公司	5054	广东
11	浙江吉利控股集团有限公司	4981	浙江
12	厦门象屿集团有限公司	4905	福建
13	招商局集团有限公司	4475	香港
14	东风汽车集团有限公司	4077	湖北
15	中国远洋海运集团有限公司	3818	上海
16	中国船舶集团有限公司	3461	上海
17	浙江省交通投资集团有限公司	3240	浙江
18	北京汽车集团有限公司	2876	北京
19	奇瑞控股集团有限公司	2767	安徽
20	山东高速集团有限公司	2601	山东
21	顺丰控股股份有限公司	2584	广东
22	蜀道投资集团有限责任公司	2505	四川

序号	企业名称	2023年营业收入(亿元)	地区
23	中国中车集团有限公司	2444	北京
24	中国航空油料集团有限公司	2335	北京
25	北京小桔科技有限公司	1924	北京
26	中远海运控股股份有限公司	1754	天津
27	长城汽车股份有限公司	1732	河北
28	中国重型汽车集团有限公司	1713	山东
29	京东物流股份有限公司	1666	香港
30	中国南方航空集团有限公司	1619	广东
31	中国南方航空股份有限公司	1599	广东
32	山东省港口集团有限公司	1541	山东
33	甘肃省公路航空旅游投资集团有限公司	1524	甘肃
34	中国航空集团有限公司	1519	北京
35	重庆长安汽车股份有限公司	1513	重庆
36	中国物流集团有限公司	1511	北京
37	中国国际航空股份有限公司	1411	北京
38	中国东方航空集团有限公司	1376	上海
39	中铁四局集团有限公司	1336	安徽
40	中交一公局集团有限公司	1304	北京
41	中国国际海运集装箱(集团)股份有限公司	1278	广东
42	中铁一局集团有限公司	1269	陕西
43	国家石油天然气管网集团有限公司	1211	北京
44	中国铁路上海局集团有限公司	1205	上海
45	中国铁路广州局集团有限公司	1161	广东
46	四川路桥建设集团股份有限公司	1150	四川
47	河南交通投资集团有限公司	1150	河南
48	中国东方航空股份有限公司	1137	上海
49	厦门路桥建设集团有限公司	1095	福建
50	湖北交通投资集团有限公司	1055	湖北
51	江苏交通控股有限公司	1037	江苏
52	广西北部湾国际港务集团有限公司	1027	广西
53	中铁十一局集团有限公司	1019	湖北
54	中国外运股份有限公司	1017	北京
55	中国铁路太原局集团有限公司	931	山西
56	浙江菜鸟供应链管理有限公司	905	浙江

序号	企业名称	2023年营业收入(亿元)	地区
57	海航航空集团有限公司	903	海南
58	中交第二航务工程局有限公司	884	湖北
59	国泰航空有限公司	859	香港
60	云南省交通投资建设集团有限公司	844	云南
61	中国铁路武汉局集团有限公司	843	湖北
62	中铁十四局集团有限公司	835	山东
63	上海三快智送科技有限公司	822	上海
64	南昌市交通投资集团有限公司	819	江西
65	大秦铁路股份有限公司	810	山西
66	广西北部湾投资集团有限公司	790	广西
67	中国铁路投资集团有限公司	767	北京
68	中铁三局集团有限公司	762	山西
69	中国铁路西安局集团有限公司	760	陕西
70	中铁五局集团有限公司	757	贵州
71	河北省物流产业集团有限公司	749	河北
72	中国船舶工业股份有限公司	748	上海
73	中国铁路北京局集团有限公司	746	北京
74	上海隧道工程股份有限公司	742	上海
75	中交第二公路工程局有限公司	740	陕西
76	中铁十八局集团有限公司	734	天津
77	山东高速路桥集团股份有限公司	730	山东
78	中铁二局集团有限公司	690	四川
79	中国物资储运集团有限公司	684	北京
80	中铁十局集团有限公司	684	山东
81	安徽省交通控股集团有限公司	683	安徽
82	四川省港航投资集团有限责任公司	677	四川
83	陕西交通控股集团有限公司	670	陕西
84	广西交通投资集团有限公司	667	广西
85	江铃汽车集团有限公司	665	江西
86	福建省港口集团有限责任公司	657	福建
87	中铁七局集团有限公司	651	河南
88	陕西汽车控股集团有限公司	650	陕西
89	极兔速递有限公司	628	上海
90	中铁隧道局集团有限公司	626	广东

序号	企业名称	2023年营业收入(亿元)	地区
91	江苏满运软件科技有限公司	613	江苏
92	四川公路桥梁建设集团有限公司	610	四川
93	中远海运物流供应链有限公司	610	上海
94	东方海外(国际)有限公司	592	香港
95	海南航空控股股份有限公司	586	海南
96	圆通速递股份有限公司	577	辽宁
97	广东省交通集团有限公司	567	广东
98	中国铁路成都局集团有限公司	566	四川
99	中铁集装箱运输有限责任公司	565	北京
100	华远国际陆港集团有限公司	557	山西
101	上海蔚来汽车有限公司	556	上海
102	中铁十五局集团有限公司	555	上海
103	中铁上海工程局集团有限公司	552	上海
104	中交路桥建设有限公司	551	北京
105	中铁十六局集团有限公司	548	北京
106	中交疏浚(集团)股份有限公司	546	上海
107	中交第一航务工程局有限公司	545	天津
108	中铁大桥局集团有限公司	544	湖北
109	中国铁路乌鲁木齐局集团有限公司	541	新疆
110	中国铁建投资集团有限公司	533	广东
111	中国铁路哈尔滨局集团有限公司	528	黑龙江
112	山西交通控股集团有限公司	528	山西
113	中车株洲电力机车研究所有限公司	523	湖南
114	山东省路桥集团有限公司	522	山东
115	香港铁路有限公司	518	香港
116	湖南省高速公路集团有限公司	509	湖南
117	中交第四航务工程局有限公司	508	广东
118	厦门港务控股集团有限公司	507	福建
119	中交第三航务工程局有限公司	505	上海
120	中铁二十局集团有限公司	502	陕西
121	广西现代物流集团有限公司	499	广西
122	中国铁路沈阳局集团有限公司	489	辽宁
123	中铁电气化局集团有限公司	483	北京
124	中铁物资集团有限公司	476	北京

序号	企业名称	2023年营业收入(亿元)	地区
125	四川高速公路建设开发集团有限公司	474	四川
126	中国船舶重工股份有限公司	467	北京
127	江西省交通投资集团有限责任公司	466	江西
128	浙江交工集团股份有限公司	461	浙江
129	浙江交通科技股份有限公司	460	浙江
130	贵州交通建设集团有限公司	453	贵州
131	中国铁路物资股份有限公司	451	天津
132	安徽江淮汽车集团控股有限公司	450	安徽
133	韵达控股股份有限公司	450	浙江
134	陕西重型汽车有限公司	450	陕西
135	中国铁路济南局集团有限公司	448	山东
136	中铁八局集团有限公司	442	四川
137	中国铁路郑州局集团有限公司	433	河南
138	嘉里物流联网有限公司	431	香港
139	中国铁路设计集团有限公司	431	天津
140	中电建路桥集团有限公司	423	北京
141	中铁二十四局集团有限公司	422	上海
142	理想汽车	417	香港
143	申通快递股份有限公司	409	浙江
144	京沪高速铁路股份有限公司	407	北京
145	浙江省海港投资运营集团有限公司	397	浙江
146	中铁国际多式联运有限公司	394	北京
147	建发物流集团有限公司	392	福建
148	广西铁路投资集团有限公司	392	广西
149	北京市政路桥股份有限公司	391	北京
150	四川省交通建设集团有限责任公司	390	四川
151	中通快递股份有限公司	384	上海
152	沙师弟(重庆)网络科技有限公司	382	重庆
153	上海国际港务(集团)股份有限公司	376	上海
154	宁波舟山港集团有限公司	373	浙江
155	中国铁路通信信号股份有限公司	371	北京
156	四川蜀道物流集团有限公司	365	四川
157	德邦物流股份有限公司	363	上海
158	赛力斯集团股份有限公司	358	重庆

序号	企业名称	2023年营业收入(亿元)	地区
159	中铁六局集团有限公司	353	北京
160	昆明市交通投资有限责任公司	352	云南
161	广西路桥工程集团有限公司	351	广西
162	雅迪科技集团有限公司	348	江苏
163	中国铁路呼和浩特局集团有限公司	345	内蒙古
164	中国铁路昆明局集团有限公司	344	云南
165	中国铁路南昌局集团有限公司	343	江西
166	宁波交通投资集团有限公司	341	浙江
167	中铁北京工程局集团有限公司	337	北京
168	传化智联股份有限公司	336	浙江
169	厦门航空有限公司	336	福建
170	福建省高速公路集团有限公司	330	福建
171	上海振华重工(集团)股份有限公司	329	上海
172	中车青岛四方机车车辆股份有限公司	329	山东
173	天津满运软件科技有限公司	321	天津
174	小鹏汽车有限公司	307	香港
175	中铁高新工业股份有限公司	301	北京
176	湖北交投物流集团有限公司	300	湖北
177	中铁二十二局集团有限公司	300	北京
178	深圳航空有限责任公司	300	广东
179	江南造船(集团)有限责任公司	299	上海
180	河北交通投资集团有限公司	295	河北
181	江苏扬子江船业集团公司	294	江苏
182	中国铁路南宁局集团有限公司	293	广西
183	中车长春轨道客车股份有限公司	293	吉林
184	浙江沪杭甬高速公路股份有限公司	291	浙江
185	贵州现代物流产业(集团)有限责任公司	290	贵州
186	济宁港航发展集团有限公司	286	山东
187	甘肃省公路交通建设集团有限公司	285	甘肃
188	四川安吉物流集团有限公司	280	四川
189	无锡华东重机科技集团有限公司	280	江苏
190	湖南省交通水利建设集团有限公司	279	湖南
191	中国铁路兰州局集团有限公司	275	甘肃
192	宇通客车股份有限公司	270	河南

序号	企业名称	2023年营业收入(亿元)	地区
193	上汽安吉物流股份有限公司	268	上海
194	河北高速公路集团有限公司	266	河北
195	山东高速股份有限公司	265	山东
196	云南交投集团现代物流有限公司	265	云南
197	广深铁路股份有限公司	262	广东
198	河北港口集团有限公司	261	河北
199	重庆高速公路集团有限公司	260	重庆
200	宁波舟山港股份有限公司	260	浙江
201	中交第三公路工程局有限公司	259	北京
202	招商局能源运输股份有限公司	259	上海
203	山西路桥建设集团有限公司	258	山西
204	中铁二十五局集团有限公司	256	广东
205	甘肃省国际物流集团有限公司	254	甘肃
206	厦门国际港务有限公司	254	福建
207	深圳市地铁集团有限公司	252	广东
208	中集车辆(集团)股份有限公司	251	广东
209	贵州高速公路集团有限公司	248	贵州
210	江苏省港口集团有限公司	245	江苏
211	中车株洲电力机车有限公司	245	湖南
212	无锡市交通产业集团有限公司	241	江苏
213	珠海港控股集团有限公司	235	广东
214	厦门港务发展股份有限公司	229	福建
215	中交上海航道局有限公司	225	上海
216	沪东中华造船(集团)有限公司	223	上海
217	中远海运能源运输股份有限公司	221	上海
218	物泊科技有限公司	220	福建
219	北京市基础设施投资有限公司	218	北京
220	株洲中车时代电气股份有限公司	218	湖南
221	中国铁道科学研究院集团有限公司	217	北京
222	湖北港口集团有限公司	216	湖北
223	上海外高桥造船有限公司	210	上海
224	爱玛科技集团股份有限公司	210	天津
225	内蒙古交通集团有限公司	208	内蒙古
226	中铁第四勘察设计院集团有限公司	208	湖北

序号	企业名称	2023年营业收入(亿元)	地区
227	中交天津航道局有限公司	207	天津
228	东方航空物流股份有限公司	206	上海
229	中国石油昆仑物流有限公司	203	北京
230	山东港口青岛港集团有限公司	203	山东
231	中集世联达物流科技(集团)股份有限公司	202	天津
232	黑龙江省交通投资集团有限公司	201	黑龙江
233	上海吉祥航空股份有限公司	201	上海
234	福建省汽车工业集团有限公司	196	福建
235	天津港(集团)有限公司	193	天津
236	深圳市富森供应链管理有限公司	192	广东
237	河南省铁路建设投资集团有限公司	191	河南
238	中车齐车集团有限公司	189	黑龙江
239	山东港口烟台港集团有限公司	188	山东
240	大运九州集团有限公司	186	山西
241	浙商中拓集团股份有限公司	185	浙江
242	日日顺供应链科技股份有限公司	184	山东
243	山东航空股份有限公司	183	山东
244	青岛港国际股份有限公司	182	山东
245	春秋航空股份有限公司	179	上海
246	北京市首都公路发展集团有限公司	177	北京
247	深圳市九立供应链股份有限公司	176	广东
248	株洲时代新材料科技股份有限公司	175	湖南
249	首都机场集团有限公司	175	北京
250	龙建路桥股份有限公司	174	黑龙江
251	贵州省公路工程集团有限公司	173	贵州
252	深圳市博科供应链管理有限公司	173	广东
253	江苏盐城港控股集团有限公司	173	江苏
254	深圳市跨越速运有限公司	168	广东
255	南方航空物流股份有限公司	166	广东
256	连云港港口集团有限公司	165	江苏
257	厦门翔业集团有限公司	165	福建
258	安徽省港航集团有限公司	162	安徽
259	安得智联供应链科技有限公司	161	安徽
260	中车长江运输设备集团有限公司	160	湖北

序号	企业名称	2023年营业收入(亿元)	地区
261	云南交投集团公路建设有限公司	160	云南
262	辽宁港口集团有限公司	159	辽宁
263	成都轨道交通集团有限公司	158	四川
264	招商局港口集团股份有限公司	158	广东
265	中远海运发展股份有限公司	157	上海
266	山东港口日照港集团有限公司	153	山东
267	广州港集团有限公司	153	广东
268	江苏宁沪高速公路股份有限公司	152	江苏
269	中国国际货运航空股份有限公司	149	北京
270	中国铁路青藏集团有限公司	147	青海
271	大连港集团有限公司	147	辽宁
272	中铁铁龙集装箱物流股份有限公司	147	辽宁
273	港中旅华贸国际物流股份有限公司	146	上海
274	中车南京浦镇车辆有限公司	145	江苏
275	徐州东方物流集团有限公司	143	江苏
276	湖北省路桥集团有限公司	142	湖北
277	广州地铁集团有限公司	141	广东
278	物产中大物流投资集团有限公司	140	浙江
279	中建交通建设集团有限公司	140	北京
280	广州交通投资集团有限公司	140	广东
281	营口港务集团有限公司	140	辽宁
282	成都交通投资集团有限公司	137	四川
283	上海哪吒聚行信息科技有限公司	136	上海
284	上海机场(集团)有限公司	133	上海
285	广东省高速公路有限公司	133	广东
286	广州港股份有限公司	132	广东
287	隆鑫通用动力股份有限公司	131	重庆
288	西安港口控股集团有限公司	125	陕西
289	江苏新时代造船有限公司	125	江苏
290	上海中谷物流股份有限公司	124	上海
291	武汉航科物流有限公司	124	湖北
292	安徽建工公路桥梁建设集团有限公司	124	安徽
293	中国长江航运集团有限公司	124	湖北
294	天津港发展控股有限公司	123	香港

序号	企业名称	2023年营业收入(亿元)	地区
295	辽宁港口股份有限公司	122	辽宁
296	贵州路桥集团有限公司	122	贵州
297	中远海运特种运输股份有限公司	120	广东
298	湖南和立东升实业集团有限公司	120	湖南
299	贵州桥梁建设集团有限责任公司	119	贵州
300	中通供应链管理有限公司	118	浙江
301	云南能投物流有限责任公司	117	云南
302	天津港股份有限公司	117	天津
303	华晨汽车集团控股有限公司	117	辽宁
304	四川成渝高速公路股份有限公司	117	四川
305	广东省公路建设有限公司	114	广东
306	苏州市轨道交通集团有限公司	114	江苏
307	西安货达网络科技有限公司	112	陕西
308	中铝物流集团有限公司	111	北京
309	一汽物流有限公司	111	吉林
310	上海国际机场股份有限公司	110	上海
311	玖隆钢铁物流有限公司	109	江苏
312	福建省交通运输集团有限责任公司	109	福建
313	中铁特货物流股份有限公司	107	北京
314	云南交投集团经营开发有限公司	107	云南
315	吉旗物联科技(天津)有限公司	107	天津
316	宁波市轨道交通集团有限公司	105	浙江
317	杭州市交通投资集团有限公司	104	浙江
318	招商局港口控股有限公司	104	香港
319	中远海运港口有限公司	103	香港
320	武昌船舶重工集团有限公司	103	湖北
321	四川川交路桥有限责任公司	103	四川
322	邢台市交通建设集团有限公司	102	河北
323	中国铁建重工集团股份有限公司	100	湖南
324	漳州市交通发展集团有限公司	100	福建
325	四川省交通运输集团有限责任公司	100	四川
326	上海安能聚创供应链管理有限公司	99	上海
327	东莞市交通投资集团有限公司	98	广东
328	山东高速物流集团有限公司	98	山东

序号	企业名称	2023年营业收入(亿元)	地区
329	广州市公共交通集团有限公司	98	广东
330	济南轨道交通集团有限公司	98	山东
331	密尔克卫智能供应链服务集团股份有限公司	98	上海
332	招商局公路网络科技控股股份有限公司	97	天津
333	中国公路工程咨询集团有限公司	97	北京
334	南京市交通建设投资控股(集团)有限责任公司	96	江苏
335	福建路港(集团)有限公司	94	福建
336	中铁武汉电气化局集团有限公司	94	湖北
337	深圳高速公路集团股份有限公司	93	广东
338	福建省船舶工业集团有限公司	93	福建
339	广州发展能源物流集团有限公司	92	广东
340	吉林省高速公路集团有限公司	91	吉林
341	广西玉柴物流集团有限公司	90	广西
342	天津航空有限责任公司	89	天津
343	北京公共交通控股(集团)有限公司	88	北京
344	邢台路桥建设集团有限公司	88	河北
345	深圳市华富洋供应链有限公司	88	广东
346	昆明市高速公路建设开发股份有限公司	87	云南
347	包头钢铁(集团)铁捷物流有限公司	87	内蒙古
348	徐州市交通控股集团有限公司	86	江苏
349	厦门轨道建设发展集团有限公司	86	福建
350	新疆北新路桥集团股份有限公司	85	新疆
351	现代投资股份有限公司	85	湖南
352	湖州市交通投资集团有限公司	85	浙江
353	中铁快运股份有限公司	84	北京
354	百世物流科技(中国)有限公司	83	浙江
355	陕西延长石油物流集团有限公司	82	陕西
356	日照港股份有限公司	82	山东
357	新疆交通建设集团股份有限公司	81	新疆
358	中国物流股份有限公司	81	北京
359	重庆长安民生物流股份有限公司	80	重庆
360	北京千方科技股份有限公司	78	北京
361	河南省路桥建设集团有限公司	77	河南
362	中铁宝桥集团有限公司	77	陕西

序号	企业名称	2023年营业收入(亿元)	地区
363	厦门国贸泰达物流有限公司	76	福建
364	泉州交通发展集团有限责任公司	76	福建
365	唐山港口实业集团有限公司	76	河北
366	绍兴市交通投资集团有限公司	76	浙江
367	广东省路桥建设发展有限公司	76	广东
368	江苏省铁路集团有限公司	75	江苏
369	江西赣粤高速公路股份有限公司	75	江西
370	运连网科技有限公司	75	广东
371	中国外运长江有限公司	74	江苏
372	九州通医药集团物流有限公司	74	湖北
373	中创物流股份有限公司	74	山东
374	镇江交通产业集团有限公司	74	江苏
375	安通控股股份有限公司	73	黑龙江
376	全球捷运物流有限公司	73	上海
377	广东粤运交通股份有限公司	72	广东
378	日照交通能源发展集团有限公司	72	山东
379	秦皇岛港股份有限公司	71	河北
380	嘉友国际物流股份有限公司	70	北京
381	中国民航信息网络股份有限公司	70	北京
382	林森物流集团有限公司	70	江苏
383	北部湾港股份有限公司	70	广西
384	深圳市机场(集团)有限公司	69	广东
385	广州欧华国际货运代理有限公司	68	广东
386	中车青岛四方车辆研究所有限公司	68	山东
387	青海省交通控股集团有限公司	68	青海
388	惠州市交通投资集团有限公司	68	广东
389	力帆科技(集团)股份有限公司	68	重庆
390	海南机场设施股份有限公司	68	海南
391	连云港市交通控股集团有限公司	67	江苏
392	武汉地铁集团有限公司	67	湖北
393	山东海运股份有限公司	67	山东
394	安徽皖通高速公路股份有限公司	66	安徽
395	湖南一力股份有限公司	66	湖南
396	贵州铁路投资集团有限责任公司	66	贵州

序号	企业名称	2023年营业收入(亿元)	地区
397	云南滇中好运物流集团有限公司	66	云南
398	中车株洲电机有限公司	65	湖南
399	哒哒智运(黑龙江)物联科技有限公司	64	黑龙江
400	广州白云国际机场股份有限公司	64	广东
401	中国船舶集团青岛北海造船有限公司	64	山东
402	嘉宏国际运输代理有限公司	64	上海
403	山东铁路投资控股集团有限公司	64	山东
404	海程邦达供应链管理股份有限公司	63	山东
405	石家庄交通投资发展集团有限责任公司	63	河北
406	江西省铁路航空投资集团有限公司	63	江西
407	宁波雅戈尔国际贸易运输有限公司	63	浙江
408	上海环世物流(集团)有限公司	63	上海
409	西部机场集团有限公司	63	陕西
410	佳都科技集团股份有限公司	62	广东
411	浙江吉速物流有限公司	62	浙江
412	招商局南京油运股份有限公司	62	江苏
413	龙岩交通发展集团有限公司	62	福建
414	中铁第一勘察设计院集团有限公司	62	陕西
415	深圳市华运国际物流有限公司	62	广东
416	海口美兰国际机场有限责任公司	61	海南
417	泰州市交通产业集团有限公司	61	江苏
418	上海则一供应链管理有限公司	60	上海
419	日通国际物流(中国)有限公司	60	北京
420	杭州萧山交通投资集团有限公司	59	浙江
421	珠海交通集团有限公司	59	广东
422	唐山港集团股份有限公司	58	河北
423	浙江省机场集团有限公司	58	浙江
424	重庆城市交通开发投资(集团)有限公司	58	重庆
425	深圳港集团有限公司	58	广东
426	四川省机场集团有限公司	58	四川
427	河南中原高速公路股份有限公司	57	河南
428	广东顺心快运有限公司	55	广东
429	深圳市递四方速递有限公司	55	广东
430	珠海港股份有限公司	55	广东
431	中车大同电力机车有限公司	54	山西

序号	企业名称	2023年营业收入(亿元)	地区
432	贵州省公路开发集团有限公司	54	贵州
433	华设设计集团股份有限公司	54	江苏
434	云南机场集团有限责任公司	53	云南
435	苏交科集团股份有限公司	53	江苏
436	上海锦江航运(集团)股份有限公司	53	上海
437	靖江港口集团有限公司	52	江苏
438	上海交运集团股份有限公司	52	上海
439	河南中豫国际港务集团有限公司	52	河南
440	杭州余杭交通投资集团有限公司	52	浙江
441	重庆公路运输(集团)有限公司	52	重庆
442	华夏航空股份有限公司	52	贵州
443	苏州交通投资集团有限责任公司	51	江苏
444	江苏飞力达国际物流股份有限公司	50	江苏
445	贵州民航产业集团有限公司	50	贵州
446	重庆港股份有限公司	49	重庆
447	广汇物流股份有限公司	49	四川
448	上海壹米滴答快运有限公司	49	上海
449	广东省高速公路发展股份有限公司	49	广东
450	安徽省交通建设股份有限公司	48	安徽
451	青海省物产集团有限公司	48	青海
452	东莞发展控股股份有限公司	48	广东
453	德州市交通运输投资发展集团有限公司	47	山东
454	长沙市交通投资控股集团有限公司	46	湖南
455	青岛地铁集团有限公司	46	山东
456	北京首都国际机场股份有限公司	46	北京
457	美设国际物流集团股份有限公司	45	上海
458	大众交通(集团)股份有限公司	45	上海
459	宁夏交通投资集团有限公司	45	宁夏
460	宁波远洋运输股份有限公司	45	浙江
461	昆明交通产业股份有限公司	44	云南
462	长沙市轨道交通集团有限公司	44	湖南
463	近铁国际物流(中国)有限公司	44	上海
464	宜春交通投资集团有限公司	44	江西
465	江西公路开发有限责任公司	44	江西
466	中通客车股份有限公司	42	山东

序号	企业名称	2023年营业收入(亿元)	地区
467	广东省港航集团有限公司	42	广东
468	长兴交通投资集团有限公司	41	浙江
469	西藏天路股份有限公司	41	西藏
470	东方国际物流(集团)有限公司	41	上海
471	株洲联诚集团控股股份有限公司	41	湖南
472	常州市交通产业集团有限公司	41	江苏
473	湖南省港航水利集团有限公司	41	湖南
474	贵阳市公共交通投资运营集团有限公司	40	贵州
475	中交第二公路勘察设计研究院有限公司	40	湖北
476	远孚物流集团有限公司	40	上海
477	越秀交通基建有限公司	40	香港
478	南宁轨道交通集团有限责任公司	40	广西
479	海南海峡航运股份有限公司	39	海南
480	国投交通控股有限公司	39	北京
481	如皋市交通产业集团有限公司	39	江苏
482	嘉兴市高等级公路投资有限公司	39	浙江
483	温州市交通发展集团有限公司	38	浙江
484	北京长久物流股份有限公司	38	北京
485	恒通物流股份有限公司	38	山东
486	中铁第五勘察设计院集团有限公司	37	北京
487	硕达(上海)国际货运有限公司	37	上海
488	邯郸市交通投资集团有限公司	37	河北
489	龙洲集团股份有限公司	37	福建
490	北京大田智慧物流有限公司	37	北京
491	昆山交通发展控股集团有限公司	36	江苏
492	云南省交通科学研究院有限公司	36	云南
493	盐城市交通投资建设控股集团有限公司	35	江苏
494	南京康尼机电股份有限公司	35	江苏
495	南京地铁集团有限公司	35	江苏
496	舟山交通投资集团有限公司	35	浙江
497	中国航空器材集团有限公司	35	北京
498	琼州海峡(海南)轮渡运输有限公司	35	海南
499	湖南轨道交通控股集团有限公司	34	湖南
500	西安市轨道交通集团有限公司	34	陕西

资料来源:中国交通智库公众号

第六章 安全应急

(一) 制度体系建设

强化顶层制度建设。2024年,交通运输部 工业和信息化部 公安部 商务部 应急管理部 市场监管总局 国家铁路局 中国民用航空局 国家消防救援局 中国国家铁路集团有限公司印发《关于加快提升新能源汽车动力锂电池运输服务和安全保障能力的若干措施》的通知,从强化动力锂电池源头安全监管、提升动力锂电池运输安全管控能力、提升动力锂电池国际供应链韧性和安全水平等方面提升新能源汽车动力锂电池运输服务和安全保障能力,促进新能源汽车动力锂电池安全、便捷、高效运输。2024年交通运输部第2号部令公布《交通运输工程施工单位主要负责人、项目负责人和专职安全生产管理人员安全生产考核管理办法》,规范交通运输工程施工单位主要负责人、项目负责人和专职安全生产管理人员安全生产考核管理工作,并于同年3月,印发关于做好该管理办法实施工作的通知。印发《做好平安百年品质工程创建示范 推动交通运输基础设施建设高质量发展的指导意见》,深化全生命周期建设发展理念,加快构建现代化工程建设质量安全管理体系,推进高水平建造和精细化管理。

铁路领域。2024年,交通运输部 国家铁路局印发《关于加强城际铁路、市域(郊)铁路监督管理的意见》,加强厘清监管界面、落实监管责任,完善制度规则、强化标准供给,加强系统治理,确保城际铁路、市域(郊)铁路规范有序、健康持续发展。国家铁路局发布《铁路运营安全评估规范》,明确了新建/改建铁路投入运营前的安全评估要求,涵盖安全管理、设备管理、规章制度管理、劳动安全管理、安全环境管理等五大评估维度。发布《铁路设备使用和维修质量安全监督管理实施细则》,进一步强化铁路设备使用和维修质量安全监督管理。修订了《铁路旅客运输安全检查管理办法》,从进一步压实铁路运输企业主体责任、进一步完善铁路旅客运输各环节安全检查工作、进一步明确禁限物品处置措施三个方面完善管理制度。强化安全

治理,提升服务保障能力。

公路水运领域。2024年,印发《公路水运平安百年品质工程创建示范工作管理办法》,规范公路水运平安百年品质工程创建示范工作,推动公路水运工程建设安全发展、高质量发展,加快建设交通强国、质量强国。发布《小交通量农村公路交通安全设施设计细则》,进一步提升小交通量农村公路交通安全设施防护水平,保障农村地区群众安全便捷出行。交通运输部、公安部、应急管理部三部门办公厅联合印发《道路运输安全生产治本攻坚三年行动实施方案》要求持续提升交通参与者安全素养、有效提升营运车辆本质安全水平、落实落细企业安全生产主体责任、优化道路运输安全生产环境、完善道路运输安全监管长效机制,努力从根本上消除重大事故隐患,加快道路交通运输安全生产监管向事前预防转型。交通运输部印发修订后的《汽车客运站安全生产规范》,进一步规范汽车客运站安全生产管理工作,落实汽车客运站安全生产主体责任,保障人民群众生命和财产安全。交通运输部 公安部联合印发《关于进一步建立健全“一路多方”工作机制加强公路突发险情监测预警处置工作的通知》,强化公路突发险情巡查监测、预警干预、应急处置,全力保障人民群众出行安全。为贯彻国家安全生产法律法规,进一步指导港口所在地港口行政管理部门履职尽责,规范港口危险货物安全检查工作,发布《港口危险货物安全检查通用技术规程》。印发《危险货物港口作业重大事故隐患判定标准》,加强深入排查治理危险货物港口作业重大事故隐患。



民航领域。2024年,交通运输部第1号部令公布《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》,规范民用无人驾驶航空器的运行安全管理工作。第4号部令公布《民用航空危险品运输管理规定》,加强民用航空危险品运输管理,规范危险品航空运输活动,保障民用航空运输安全。第8号部令公布《民用航空货物运输管理规定》,规范民用航空货物运输管理,保障民用航空运输安全,突出关键环节安全监管,明确各方市场主体责任,强化货运服务质量要求。民航局印发《关于进一步加强和改进新时期客舱安全管理工作的意见》,推动客舱安全工作走深走实,提升广大旅客乘机出行的安全感和幸福感,服务高质量民航发展。

(二)交通安全建设

铁路领域。2024年,铁路行业深入贯彻落实习近平总书记关于安全生产的重要论述和对铁路安全工作的重要指示批示精神,坚定不移践行总体国家安全观,树牢大安全意识,坚持主动预防、超前防范、源头治理,加快构建现代化铁路安全保障体系,运输安全保持总体稳定。深入开展了安全生产治本攻坚“十大行动”,制定车务、客运、货运安全管理规则,印发了铁路建设管理人员责任追究等办法,持续深化标准化规范化建设,安全管理基础进一步夯实。扎实开展安全标准示范线建设,京广高铁武广段实现时速350公里高标准运营。实施陇海、宝成等线路集中修,大力整治线路季节性惯性故障,连续四年防胀“零事故”。整治动车组源头质量问题,修订物资供应商信用评价等制度,推动设备设施可靠性大幅提升。深化沿线环境治理,健全部际联席会议、“双段长”制、检企联动等综合治理长效机制,常态化排查整治沿线隐患,增补安全保护区标桩1.4万个,实施道口“平改立”130余处,增设高风险桥梁碰撞报警装置630余处,加装限高架1800余处,全年因沿线环境引发的事故同比下降27%。

公路领域。2024年,完成公路安全生命防护工程超过10万公里,改造公路危旧桥梁7242座。800万辆“两客一危”车辆和重型货运车辆实现北斗动态监管全覆盖。全力应对广东梅大高速茶阳路段塌方、陕西丹宁高速水阳段公路桥梁垮塌及低温雨雪冰冻、台风、洪涝等自然灾害,出台《进一步提升公路防灾抗灾能力的指导意见》等政策文件。结合国务院安全生产委员会办公室印发的《安全生产治本攻坚三年行动方案(2024-2026)年》中提出的具体措施,开展重大灾害风险隐患排查整治,强化重点时段安全防控,持续防范化解重大风险,实现了行业安全生产形势的总体稳定。

水运领域。2024年,水上交通安全监管和救助打捞能力稳步提升,组织海上搜救行动1410次,搜救成功率达到96%。开展水上交通安全信息共享共治专项行动、“商渔共治”三年攻坚行动、船舶碰撞桥梁安全隐患治理、船舶载运危险货物安全风险专项治理等治本攻坚三



年行动重点任务。落实治本攻坚包保、点调机制运行和航运企业主体责任。开展全国海事监管与服务保障一体化建设、新业态船舶安全监督和交通秩序管理、海事劳工检查、交通运输重大工程建设期间的水上交通安全监管和服务保障等重点工作。

民航领域。民航业深入学习贯彻落实习近平总书记关于安全生产重要论述和对民航安全工作的重要指示批示精神,以及给厦航全体员工的重要回信精神,印发《关于贯彻习近平总书记重要指示批示精神 进一步加强民航安全管理工作的指导意见》,牢固树立安全发展理念,持续加强安全管理。认真落实国务院安委会关于《安全生产治本攻坚三年行动方案(2024-2026)》,持续加大安全投入,深入开展民航安全生产治本攻坚三年行动,组织实施《“1+4+6”民航安全风险管控总体方案》。加强安全体系建设和系统管理,坚持系统思维,进一步健全法规标准、安全管理、航空安保等基础规范类体系,着力强化对安全系统的综合管理和安全链条的全面把控。加强责任落实和检查督导,指导健全“党政同责”“三管三必须”责任体系。加强风险防控和隐患排查治理,制定重大安全隐患判定标准,坚持抓早抓小,及时采取主动性、预防性措施,全年累计排查各类问题隐患4.11万项、完成整改4.05万项,有效防止小概率事件形成大问题。

(三)交通安全水平

铁路交通安全。2024年,全国铁路运输安全保持总体稳定,未发生铁路交通特别重大、重大事故;发生较大事故2件,与上年持平。铁路交通事故死亡人数同比下降18.0%,铁路交通事故、行车事故件数同比分别下降21%、18%,从业人员作业伤亡事故、路外死亡人数分别下降22.5%、25.2%。

公路水运交通安全。2024年,全年公路水运工程建设领域未发生重特大事故,发生安全生产事故61起、死亡75人。广东梅大高速路面塌方灾害、陕西丹宁高速桥梁垮塌事故让行业高度重视在役公路的安全韧性问题。全年共发生运输船舶水上交通事故(等级事故)66起,比上年下降25.8%,死亡失踪63人、下降19.2%,沉船15艘、下降37.5%。全国各级海上搜救中心共组织、协调搜救行动1516次,在我国搜救责任区内成功搜救832艘中外遇险船舶、8422名中外遇险人员。

民航交通安全。2024年,在运输总量创历史新高的情况下实现了行业安全平稳运行,全行业未发生运输航空事故。发生运输航空征候619起,征候万时率为0.45,同比下降1.7%。其中,严重征候4起,同比持平,万时率为0.0029,同比下降11.7%;人为责任征候8起,同比减少1起,万时率为0.0058,同比下降21.5%。通航事故8起、死亡5人,同比分别减少3起、7人。空防连续22年未发生责任事故。在国际民航组织对我国普遍安全监督审计中,我国民航取得90.19分的优异成绩,位居航空大国前列。

城市轨道交通安全。2024年,据不完全统计(据可统计的45市数据,同比数据做同口径调整),共发生5分钟及以上延误事件775次,平均5分钟及以上延误率0.103次/百万车公里,同比下降11.78%。列车退出正线运营故障次数共计5346次,平均退出正线运营故障率0.007次/万车公里,同比下降7.69%。

(四)应急保障

重点时段服务保障。2024年重点时段出行服务平稳有序,有效为全国“两会”、中非合作论坛北京峰会、黎巴嫩撤侨、抢险救灾等重点时段、重大活动期间提供交通运输服务保障工作。

自然灾害。2024年,国家铁路着力增强自然灾害防范能力,明确旅客列车重大涉险事件判定标准,健全灾害预警、会商决策等机制,实行“以预警为令”,主动采取旅客列车停运、降速、折返、绕避等措施,有效应对44轮大范围强降雨、6次强台风影响,没有发生旅客列车涉险

问题。推进高铁地震预警监测系统建设,有效应对 279 次地震影响。民航局完成应急救援、紧急撤离我在海外人员等各项重大紧急航空运输保障任务,共执行航班 160 架次,运输人员 1.78 万名,物资 587 吨。

空防安全。截至 2024 年底,全行业共有安检员、监护护卫员 78596 名,比上年增加 3961 名。全国民航安检部门共检查旅客 7.14 亿人次,检查旅客托运行李 3.47 亿件次,检查航空货物(不含邮件、快件)6.94 亿件次,检查邮件、快件 2.3 亿件次,全国民航公安机关共处置故意传播危害民航安全、运营秩序虚假爆炸物信息事件 51 起,查处各类安保事件 14887 起,确保了民航空防持续安全,实现了 271 个空防安全月。



第七章 绿色低碳

(一) 交通运输绿色低碳转型政策体系

强化顶层设计。交通运输行业贯彻落实《中共中央国务院关于全面推进美丽中国建设的意见》部署要求,制定印发《交通运输领域美丽中国建设行动方案》,全面推进交通运输领域美丽中国建设,支撑经济社会全面绿色低碳转型。2024年5月国务院印发的《2024-2025年节能降碳行动方案》,明确了交通运输低碳转型的目标和线路图,要求推进低碳交通基础设施建设,提升车站、铁路、机场等用能电气化水平,推动非道路移动机械新能源化,加快国内运输船舶和港口岸电设施匹配改造,到2025年底,铁路和水路货运量分别较2020年增长10%、12%,铁路单位换算周转量综合能耗较2020年降低4.5%。2024年7月,中共中央、国务院《关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》指出加快交通运输行业的数字化绿色化协同转型发展。推动交通运输能耗双控逐步转向碳排放双控,印发《推动铁路行业低碳发展实施方案》《公路水路行业营运工具二氧化碳排放强度核算指南(试行)》,强化交通运输碳排放核算和统计数据基础。交通运输部联合国家发展改革委等12个部门印发《交通运输大规模设备更新行动方案》,实施城市公交车电动化替代、老旧营运柴油货车淘汰更新、老旧营运船舶报废更新、老旧机车淘汰更新、邮政快递老旧设备替代、物流设施设备更新改造、标准提升七大行动,大力促进先进设备和北斗终端应用,促进交通能源动力系统清洁化、低碳化、高效化发展。

组织实施绿色低碳交通强国建设专项试点。印发《关于做好绿色低碳交通强国建设专项试点任务(第一批)有关工作的通知》(简称《通知》),确定61项绿色低碳交通强国建设专项试点任务入选第一批试点名单。61项任务包括上海市交通领域能耗与碳排放监测平台等5项综合性试点项目,石家庄国际陆港运输结构调整优化等6项运输结构调整优化试点项目,北

京绿色出行一体化服务(MaaS)体系2.0建设等3项推广城市绿色出行试点项目,平陆运河绿色航道建设试点等16项公路水路基础设施资源节约集约利用试点项目,宁波舟山港多源融合全场景绿色低碳港航试点等17项公路水路基础设施节能降碳试点项目,打造氢能物流产业链示范应用场景等6项新能源和清洁能源车辆装备推广应用试点任务,长江干线船舶新能源和清洁能源应用与监控体系建设等8项新能源和清洁能源船舶推广应用试点项目。

组织开展公路水路典型运输和设施零碳试点。发布全国第一批公路水路典型运输和设施零碳试点项目名单,包括零碳运输路线、零碳货运枢纽、零碳高速公路服务区、近零碳码头四个类别共20个项目,有序推进零碳交通建设。组织开展第二批公路水路典型运输和设施零碳试点申报工作。



有序开展交通运输大规模设备更新行动。交通运输部联合有关部门印发《关于实施老旧营运货车报废更新的通知》《老旧营运船舶报废更新补贴实施细则》《关于进一步做好老旧营运货车报废更新工作的通知》《新能源城市公交车及动力电池更新补贴实施细则》《关于进一步做好新能源城市公交车及动力电池更新工作的补充通知》等补贴政策,对老旧营运车船报废更新、新能源公交车及动力电池淘汰更新补贴范围和标准、补贴申报、补贴审核和发放、补贴资金管理 etc 作出安排。印发《关于报送交通运输领域设备更新专项再贷款项目的通知》,强化设备更新金融政策保障。

开展节能降碳宣传活动,营造全行业节能降碳氛围。印发《交通运输部办公厅关于开展交通运输行业 2024 年全国节能宣传周和全国低碳日活动的通知》。组织地方申报重点节能技术,鼓励引导交通运输行业应用先进适用的节能低碳技术,编制了《交通运输行业节能低碳技术推广目录(2024 年度)》。开展讲好交通节能故事宣传素材征集工作,征集内容类型包括技术创新、模式创新和政策创新等,组织地方等开展申报工作。

(二)持续优化交通运输结构

构建绿色低碳货运体系。在调结构方面,持续发挥好铁路、水运等大运量、低成本优势,促进货物运输特别是大宗商品运输“公转铁”“公转水”。2024 年,全国铁路、水路完成货运量同比增长 2.8%、4.7%。推动铁路专用线进港区、进园区、进厂区,全国港口完成集装箱铁水联运量同比增长 16.5%,我国沿海主要港口煤炭、铁矿石等大宗货物绿色疏运比例达 88.4%,同比提高 2.7 个百分点。完善多式联运“一单制”“一箱制”,2024 年集装箱铁水联运量达到约 1150 万标准箱,同比增长 15% 左右。江苏、内蒙古、安徽等地多部门联合印发《加快推进多式联运“一单制”“一箱制”发展实施方案》。

积极引导绿色低碳出行。国务院颁布《城市公共交通条例》(国务院令 第 793 号),从法规层面进一步明确国家实施城市公共交通优先发展战略,加快构建安全、便捷、高效、绿色、经济的城市公共交通体系。交通运输行业持续深入推进城市公共交通优先发展,构建完善绿色出



行服务体系,印发城市公共交通优先发展和绿色出行典型案例,引导公众选择绿色低碳出行方式。2024年,城市内平均每天约2.9亿人次通过公交、出租、城市轨道等方式出行。交通运输部科学研究院等机构联合发布《典型城市绿色出行发展研究报告(2024年度)》,选取36个典型城市(含直辖市、省会及计划单列市),分析绿色出行发展现状,36个城市绿色出行比例平均达73.9%,超大城市可达75.4%。

(三)推进交通运输装备绿色低碳转型

大规模推广新能源车辆。持续推进城市公交、出租汽车、城市物流配送等领域新能源汽车推广应用,有序推进中重型货车新能源清洁能源替代,加强道路运输车辆燃料消耗量限值管理,按程序发布符合安全、节能要求的营运客货车达标车型,报废更新国三排放标准柴油货车16万余辆,更新新能源城市公交车及动力电池5.8万辆(组)。截至到2024年底,全国新能源城市公交车数量达到54.4万辆,占比达82.7%。新能源巡游出租汽车、营运载客汽车、营运载货汽车分别达到53.83万辆、4.64万辆、13.27万辆。



积极推进船舶使用清洁能源。中远海运集团等航运企业开展电动船、LNG 动力船试点、开展液化天然气、生物燃料、甲醇等船舶清洁燃料加注作业,上海港完成国内首次为国际航行大型甲醇燃料动力集装箱船舶开展绿色甲醇燃料“船-船”同步加注作业。持续推进重点区域、重点航线、重点船舶靠港使用岸电,示范推进国际航线集装箱船舶和邮轮靠港使用岸电。2024年,报废更新老旧营运船舶 2400 余艘。

同步推进铁空邮绿色发展。铁路方面。推进既有铁路电气化改造,开展铁路低碳发展标准体系、铁路碳排放核算、监测研究,国家铁路局印发《老旧型铁路内燃机车淘汰更新监督管理办法》,加快污染重、耗能高、噪音大的老旧型铁路内燃机车淘汰报废,推动新能源铁路装备替代应用。2024年,全国铁路电力机车占比达 65.3%,完成 200 余台新能源铁路机车替代。

民航方面。启动可持续航空燃料试点,深入推进机场运行电动化。截至 2024 年底,机场场内电动车辆占比超过 28%,APU(辅助动力装置)替代设施设备安装使用率达到 95%。2024 年,中国民航吨公里油耗为 0.271 千克,较 2005 年下降 20.5%,机场平均每客能耗和每客二氧化碳排放分别较基线(2013 年-2015 年均值)分别下降 42.5% 和 64.8%。

邮政方面。紧扣运单“瘦脸”、胶带“瘦身”、纸箱变薄、循环复用,接续实施 5 项绿色工程。开展快递包装循环应用试点,促进包装耗材整体减量,组织 10 家寄递企业开展碳排放量测算,建设绿色分拨中心(网点),电商快件不再二次包装比例超过 95%。邮政行业新能源和清洁能源车保有量超 7 万辆。截至 2024 年年底,全行业电子运单代替纸质运单,中转环节循环包装基本实现全覆盖,胶带宽度减少 25%,同城快递使用可循环包装比例达 9%,年回收复用质量完好的瓦楞纸箱超 8 亿个。

(四)持续推进绿色低碳交通基础设施建设

推动公路沿线充电基础设施建设。交通运输部印发《关于加快推进 2024 年公路服务区充电基础设施建设工作的通知》,部署推动公路沿线充电基础设施建设,持续提升公路沿线充电服务保障能力,除高寒高海拔以外区域的高速公路服务区充电桩覆盖率要达到 100%,新建和改扩建高速公路服务区充电基础设施要与主体工程同步设计、同步建设、同步验收运行,并因地制宜推动普通国省干线公路服务区(站)建设充电基础设施。截至 2024 年底,全国已建设充电设施的高速公路服务区总数为 5929 个,覆盖 98% 的高速公路服务区,全国高速公路服务区(含停车区)累计建成充电桩约 3.5 万个,较 2023 年底新增 1.21 万个,充电停车位新增 1.66 万个,达到 4.93 万个,同比分别增长 57.6%、50.8%。

持续推进绿色公路建设。推进高速公路绿色转型,服务区是重要载体。交通运输部印发



《2024年全国公路服务区工作要点》提出,围绕“双碳”目标,落实交通运输领域和公路行业绿色低碳发展有关工作要求,推动近零碳服务区建设,推进服务区光伏基础设施建设。各地发挥国土空间规划、公路规划及建设项目环境影响评价作用,规范生态保护红线、自然保护地、饮用水水源保护区内建设管理,推进基础设施避让生态保护红线及各类生态环境敏感区。加大旧路面再生、固体废弃物循环利用技术的应用。截至2024年底,高速公路沥青路面循环利用率超过97%。

加快绿色港口和航道建设。鼓励光伏、风能、岸电等相关设施建设使用,推进港口作业机械、港内车辆清洁低碳应用,推进港口码头绿色化改造,强化生态环境保护和污染治理工作,节约、集约利用土地等资源,推动长江干线疏浚砂利用。持续推广内河航道绿色建设养护技术,鼓励在平陆运河工程等航运工程建设中应用新结构、新材料、新工艺。推进长江经济带船舶和港口污染防治长效机制常态化运行。2024年,长江经济带11省市船舶靠港累计使用岸电共128.4万余艘次、1600.2万余小时、19054.1万余千瓦时,同比分别增长20%、37%、54%,用电量较“十三五”最高峰翻近两番,相当于替代节省燃油4.3万余吨,减少二氧化碳排放约13.3万余吨。

观察专栏 04 交通运输大规模设备更新

2024年3月,国务院印发《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》(以下简称《行动方案》)。《行动方案》以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,深入贯彻党的二十大精神,贯彻落实中央经济工作会议和中央财经委员会第四次会议部署,要求统筹扩大内需和深化供给侧结构性改革,实施设备更新、消费品以旧换新、回收循环利用、标准提升四大行动,并明确了5方面20项重点任务。《行动方案》支持交通运输设备更新,提出到2027年,交通等领域设备投资规模较2023年增长25%以上。持续推进城市公交车电动化替代,支持老旧新能源公交车和动力电池更新换代。加快淘汰国三及以下排放标准营运类柴油货车。加强电动、氢能等绿色航空装备产业化能力建设。加快高耗能高排放老旧船舶报废更新,大力支持新能源动力船舶发展,完善新能源动力船舶配套基础设施和标准规范,逐步扩大电动、液化天然气动力、生物柴油动力、绿色甲醇动力等新能源船舶应用范围。

为深入贯彻党中央、国务院决策部署,落实《行动方案》要求,推动新一轮交通运输设备更新换代,支撑构建绿色低碳交通运输体系,2024年5月,交通运输部等十三部门出台《交通运输大规模设备更新行动方案》(交规划发〔2024〕62号)。提出实施七大行动,促进交通能源动



力系统清洁化、低碳化、高效化发展,有序推进交通运输行业绿色低碳转型。一是城市公交车电动化替代行动,鼓励老旧新能源公交车及动力电池更新等;二是老旧营运柴油货车淘汰更新行动,加快淘汰更新老旧营运柴油货车,有序推广新能源营运货车等;三是老旧营运船舶报废更新行动,加快高能耗高排放老旧运输船舶报废更新,大力支持新能源清洁能源动力运输船舶发展,完善新能源清洁能源动力运输船舶配套基础设施;四是老旧机车淘汰更新行动,加快老旧机车淘汰,鼓励新能源机车更新等;五是邮政快递老旧设备替代行动,支持老旧安检设备更新,开展邮政快递末端配送车辆更新,支持老旧分拣设备更新;六是物流设施设备更新改造行动;七是标准提升行动,强化营运车船能耗、排放、技术标准升级,建立新能源机车及配套工程的标准体系等。

2024年7月,交通运输部 财政部印发《关于实施老旧营运货车报废更新的通知》,支持报废国三及以下排放标准营运类柴油货车,加快更新一批高标准低排放货车。对提前报废国三及以下排放标准营运柴油货车、提前报废并新购国六排放标准货车或新能源货车、仅新购符合条件的新能源货车,分档予以补贴。补贴资金由中央和地方总体按9:1比例共担。东部、中部、西部地区中央承担比例分别为85%、90%、95%。各省级财政根据中央资金分配情况按比例安排配套资金。

2024年8月,交通运输部 国家发展改革委联合印发《交通运输老旧营运船舶报废更新补贴实施细则》,对中华人民共和国境内的中国籍老旧营运船舶报废更新,按照规定的标准给予资金补贴。要求各地交通运输主管部门应当会同发展改革部门,研究制定老旧营运船舶报废更新资金补贴工作方案,报本级人民政府批准后组织实施。按要求报送省级发展改革部门、交通运输主管部门。设区的市级发展改革部门会同同级交通运输主管部门根据老旧营运船舶报废更新补贴的资金申请情况,编制老旧营运船舶报废更新资金申请文件,按要求报送省级发展改革部门、交通运输主管部门,经同级人民政府同意后,将正式申请文件报送国家发展改革委、交通运输部。交通运输部对老旧营运船舶报废更新资金申请文件及项目清单进行初步审核,将结果反馈国家发展改革委。国家发展改革委会同交通运输部进行筛选审核后,正式向各省级发展改革部门、交通运输主管部门下达老旧营运船舶报废更新项目清单,并抄送财政部、交通运输部、审计署,同时通过国家重大建设项目库推送有关信息。财政部根据项目清单拨付国债资金。

第八章 智慧交通

(一)智慧交通政策导向

专项引导政策有序实施。国家数据局会同交通运输部等十六部门印发《“数据要素×”三年行动计划(2024—2026年)》,提出积极推进数据跨领域应用、高质量数据集、智能网联等领域交通数据要素价值释放。财政部、交通运输部联合印发《关于支持引导公路水路交通基础设施数字化转型升级的通知》,提出推动85%繁忙国家高速、25%普通国道实现数字化转型升级。中国气象局部署《“十四五”交通气象保障规划》2024年重点工作,推动交通气象监测预报预警服务能力进一步提升。交通运输部等十三部门印发《交通运输大规模设备更新行动方案》,支持物流园区与专业化设施设备智慧化更新改造,促进北斗终端应用,加快现代信息技术与交通运输有效融合。交通运输部会同国家发改委出台《交通物流降本提质增效行动计划》,加快推进多式联运信息互联共享,推动交通运输智慧物流创新发展,实现交通物流技术性降本提质增效。中共中央办公厅、国务院办公厅发布《关于加快建设统一开放的交通运输市场的意见》,要求加快推动交通运输绿色智慧转型升级,推进数据和技术赋能交通运输发展,积极建设统一开放的交通运输市场。《深圳经济特区低空经济产业促进条例》成为地方低空经济第一部专项立法。

标准体系建设纵深推进。在智慧交通领域,全年出台行业标准30余项,在推动智慧交通基础技术标准化应用的同时,重点加强了合作式智能运输系统、车路协同、交通移动应急通信指挥、综合交通运输信息平台、交通运输数据安全分级和保护、客运枢纽智能化等新兴智慧交通业态标准供给,引导新兴交通业态规模化推广应用。完善智慧交通行业标准编制计划,重点深化北斗导航、智慧枢纽、数字港航产品技术、交通数据要素等细分领域标准编制,促进交通产业数字化转型升级。首次发布《智能网联汽车自动驾驶数据记录系统》等3项强制性国



家标准。启动国家级服务业标准化试点(智慧交通专项)征集工作,围绕智慧物流、智慧出行及相关新型基础设施等方向推动产品、服务和技术等成套标准验证与先进标准研制、应用、推广。

技术先导试点稳步实施。工信部联合五部门印发《关于开展智能网联汽车“车路云一体化”应用试点工作的通知》,北京、上海、广州、深圳、重庆、沈阳等20个城市获批“车路云一体化”首批试点。交通运输部公布第二批智能交通先导应用试点项目,32个项目聚焦自动驾驶和智能建造,面向公路货运、城市出行、物流配送、安全巡查、旅游观光等场景。遴选出公路水路交通基础设施数字化转型升级10大典型案例和18个代表案例。山东省智慧港口建设、江苏省推动综合交通改革创新等交通强国建设试点任务通过验收,在自动化码头建设、传统码头智能化改造、“一体化+智慧执法+信用监管”综合执法新模式、“信用交通城市”建设、一站式出行服务等智慧交通技术应用领域形成突出成果。

(二)智慧交通基础设施建设

数字铁路建设成效明显。国铁集团主数据中心扩容工程有序推进。铁路5G专网技术取得突破,完成5G-R系统环行道试验。国铁集团人工智能大模型在电子公文、铁路知识问答等领域开展试点应用。推进新型列控系统在和若铁路试用。国铁集团智能调度系统通过算法优化列车运行图,全年减少冗余能耗超5%。打造“CTCS-3+ATO”智能列控系统,应用北斗卫星定位和移动闭塞技术的新型列控系统,让高铁运行更智能精准。沈阳铁路局运用数字孪生技术构建接触网三维模型,设备故障定位时间由2小时缩短至10分钟。济南铁路物流中心推

广应用铁路货运生产作业与管控平台,为货运场站装上“智慧大脑”。

公路基础设施数字化转型加快推进。北京、江苏、浙江等八个省份入选首批公路交通基础设施数字化转型升级试点,示范通道聚焦国家综合立体交通网主骨架“6轴7廊8通道”,以京港澳高速、沈海高速等繁忙国家公路为主,国家高速公路占比超过60%。公路数字化转型重点任务方向包括智慧站点、一张网出行等5个一体化任务,出入口协调控制、智慧隧道等10个示范性任务,促进交通基础设施智慧扩容、安全增效、产业融合。其中,部分省份的干线通道主动管控、路网运行监测预警、基础设施监测预警等11项任务入选首批公路水路基础设施数字化转型升级交通强国专项试点任务,推动运输服务数字化普惠升级、基础设施安全防护能力提升、交通数据要素开发利用。

港口智慧化水平不断提升。广州港、厦门港先后建成粤港澳大湾区首个全自动化码头,应用我国首台自主可控远程控制电动空箱堆高机,提升土地利用率与装载效率。青岛港自动化码头桥吊平均单机作业效率达每小时60.9自然箱,第十二次刷新装卸效率世界纪录。天津打造智慧港口建设升级版,研发港口大模型PortGPT1.0。宁波舟山港打造“智享领航”平台,



实现港区“车-路-云”闭环全流程智能运营管理,自主研发“无人+有人”集卡混行技术,实现堆场周转效率提升约30%。中远海运围绕船舶服务“大数据”、“大模型”、“大平台”持续发力,推动航运船舶监测、运维管理、燃料供应、备件管理等业务数字化转型提升。

高等级航道数字化转型示范先行。遴选江苏、广东、浙江、湖南等四省共计5129公里航道网络开展数字化转型提升,重点做好智慧船闸、锚地联合调度、航道养护尺度动态发布、人工航道回淤分析、电子航道图“一张网”服务、水上(海上)智慧服务区、航道演变分析、航道运行监测预警、突发事件异常预警、应急指挥智能调度、船岸云协同服务、北斗导航服务等场景规模化应用。其中,浙江省船岸云协同、广东省、浙江省智慧船闸、湖南省航道运行监测预警等4项任务入选首批公路水路基础设施数字化转型升级交通强国专项试点任务。长江航道局加快推进长江航道数字化转型,率先构建“一图、一网、一站、一标”电子航道图,打造智慧管养与智慧服务一体化协同平台,提升内河航运数字化标准化水平与航运服务满意度。

智慧民航建设稳步推进。加快推动自助值机、自助行李托运、安检自助验证闸机等自动化、便民化服务设施,提升出行服务综合体验。257家机场实现“无纸化”便捷出行,为6300

万人提供首乘便利服务。民航旅客运输服务领域推广使用全面数字化的电子发票。民航局发布中国民航国产导航数据合作产品,实现在导航数据生产方面“零的突破”。“千穰”大模型落地应用,为全行业提供智能化生成式大模型解决方案。北京大兴机场发布“兴享适程”服务品牌升级版,国际无纸化服务使旅客的平均出行时间节约15分钟至30分钟。天津滨海国际机场基于RNP AR的独立平行进近(EoR)试验运行正式启动,解决大型机场机场空域资源受限难题、提高空中运行效率。重庆、西安等8座机场积极开展数字化场景试点,在空地协同、场面调度等方面实现技术能力提升。南方航空在南航长春始发航线上首次试行电子邮单,开创业内先河。出台《民航数据管理办法》《民航数据共享管理办法》并广泛征求意见,积极推动民航大数据高质量应用。

智能网联汽车基础设施加快建设。北京市高



级别自动驾驶示范区3.0阶段建设基本完成,将范围扩大至通州和顺义,在覆盖440平方公里的1115个路口建设路侧智能化设备。北京大兴国际机场、北京南站、亦庄火车站开通自动驾驶接驳测试,京津塘高速自动驾驶干线物流场景全面打通。广州市新增测试道路包含高快速一级、二级和三级测试路段。济南、青岛、深圳、芜湖、鄂州等地新增多条开放测试道路。上海在嘉定、杨浦等多个区域建成国内最大的5G-A“双20”车联网示范区。成都市经开区实现智能网联汽车测试道路全域开放,既包括城市道路,又覆盖山地路段。工信部规划了1亿个11位公众移动通信网号码专用于车联网业务。

(三)智能交通运输工具与装备发展

智能列车实现新突破。CR450动车组样车发布,试验速度时速450公里,运营速度时速400公里,构建世界上首个时速400公里动车组顶层指标体系。复兴号智能动车组全面升级,复兴号CR400AF-AE智能动卧列车投入运营,是世界上首批量产的速度达到350km/h的高速卧铺动车组。朔黄铁路完成全球首次1.08万吨无人驾驶重载列车试运行,货运铁路实现无人化突破。国铁集团新研发BH10冷藏车、FXD2BA电力机车、FXD1BA电力机车等3个型号铁路装备。大准铁路开行首列重控机车无人值守万吨列车,重载列车智慧驾驶领域取得新突破。创新性绿色智能列车、氢能源智能城际动车组CINOVA H2全球首发,行驶全程“零碳”排放。时速600公里超导电动磁浮列车完成测试,具备全自动驾驶功能。

低空航空器蓬勃发展。“盛世龙”eVTOL完成全球首条跨海跨城eVTOL航线的首次演示飞行。全球首个吨级eVTOL V2000CG无人驾驶航空器系统获得民航型号合格证。彩虹-4无人机、DJI FlyCart 30、丰翼方舟ARK40、ZT-120V无人机等多款中大型无人机获得适航和型号合格证,为无人机商业运营打下了坚实基础。中国自主研发的电动飞机RX4E获全球首张23部电动飞机型号合格证,主导制定电动飞机适航标准并被国际民航组织(ICAO)采纳,推动中国从“规则跟随者”向“标准制定者”转变。中央空管委在合肥、杭州等6个城市开展电动垂直起降飞行器试点。

水运智能装备取得新进展。全球首艘智能研究与教学实训两用船“新红专”轮投入运营,拥有中国船级社最全级别智能船级符号。全球首艘具备自主伴航功能拖轮“津港轮36”完成实船试验并在天津港投产启用,关键硬件国产化达90%,核心算法软件100%自主研发。国内首艘内河远程控制智能货运船舶“浙港内河002”完成试航,推动内河航运智能化发展。天津港码头采用L4级无人驾驶智能运输机器人(ART),应用“5G+北斗”融合定位,作业效率提升20%,人工减少70%。我国首艘自主航行300TEU集装箱船“智飞”号完成两年无人化运营,

累计航次接近600次,标志我国在船舶自主航行研发与应用领域走在世界前列。我国首架固定翼海上专业搜救航空器列编,标志着海上专业救捞力量飞行搜救半径由200海里扩展到1000海里。

无人物流设备蓬勃发展。京东物流发布自研的具备L4级自动驾驶能力的无人轻卡“京东物流VAN”,替代传统4.2米货车,用于物流摆渡及传站运输。杭州顺丰同城联合肯德基推出“骑手+无人车”混合配送模式。京东物流发布“智狼货到人系统”,融合智狼搬运机器人、智狼飞梯机器人、立体货架,实现自动化入库、上架、拣选、出库。西井科技发布新能源自动驾驶牵引车Q-Tractor P40,为空港带来零排放且自动化的可靠运力。顺丰丰翼无人机飞行23万架次,运输货物427万件,业务覆盖范围包括乡村配送、海岛运输、城际运输等。

高速公路监测预警设备大力推广。交通运输部征集遴选高速公路灾害监测预警设备,其中,G12珲乌高速部分边坡应用基于“八爪鱼光纤探针&北斗”边坡健康监测设备。青兰高速、济潍高速应用护栏应急灯、低色温透雾应急灯等智能照明,实现多场景夜间及恶劣天气条件下行车环境保障。广连高速在灾害高风险路段设置爆闪警示装置,以文字提示和语音播报实现灾害的实时连续性预警。浙江长宜高速设置水平旋转栏杆机,与监测系统联动,在边坡发生灾害时自动触发阻拦指令,保障匝道通行安全。



(四)智慧交通场景和服务

智能建造广泛应用。智能建造在公路、桥梁、隧道、高铁建设等领域广泛应用,京港澳湖北段改扩建工程打造了集成智慧混凝土拌和站、钢筋自动加工配送中心等一体化智能建造基地。燕矶长江大桥应用一体化智能筑塔机,采用低位支撑系统+双层智能养护系统,提升爬升速度,保障施工的安全性和效率。巫南高速兴隆2号隧道应用了GTR悬臂掘进机、双曲臂凿岩台车等“八件套”隧道全系列智能工装,承担大部分开挖工作。超大直径盾构机“定海号”在世界最长、直径最大的海底高铁隧道甬舟铁路金塘海底隧道投用,搭载“第六代智慧盾构系统”,引入超前地质预报、盾体双层壳体等12项尖端科技。京雄城际铁路工程绿色智能建造将全生命周期快速建造、全方位噪声控制、全过程节能环保融为一体。渝昆高铁上线国内首条高铁双块式轨枕与小型预制构件共线智能生产线,集成智能打磨、全自动安装、智能检测等14个先进工位,大幅提高生产效率。

大力提升智慧出行服务。交通运输部研发综合客运大数据监测分析与决策支持系统,汇集公路、铁路、水运、民航等多领域数据,为研判全国综合客运态势、分析旅客联程出行特点提供支撑。出台《关于全面推广应用道路运输电子证照的通知》,推动电子证照在运输服务领域全面应用。支付宝覆盖公交、地铁、两轮、网约车、12306、航司等八大场景,为6亿用户提供出行服务。蚂蚁出行推出“AI出行助手”为用户提供一站式出行解决方案,简化出行流程。6家



航空公司与12306实现系统对接,空铁联运服务更加便捷。滴滴出行为老年群体推出“滴滴老年版”小程序,页面简化设计,以大字体呈现,实现一键叫车、无目的地叫车。

高精度地图应用愈发广泛。北京高速数字地图平台上线运行,覆盖北京市全域4000多公里里程的高速公路数字化建设场景,汇聚北京高速公路运营的各类资产及运行信息。江苏高速全力推进全省“高精一张图”建设。杭绍甬高速杭绍段通车,基于高精地图等技术,打造浙江版的协作式智能交通管理系统。广东省依托高精度数字底图技术,打造“粤通行”出行服务品牌,在春运期间上线试运行。高德地图发布高速公路“一张图”方案。

北京高速数字地图平台上线运行

覆盖北京市全域 **4000** 多公里



车路云一体化取得显著进展。蘑菇车联车路云网络算法精度达到“车路协同路侧感知系统技术要求及测试方法”双SL3最高要求。浙江桐乡建成全息实时数字孪生路口,准确率接近99.9%,车路云端到端时延小于0.1秒,数据质量达“双SL3”要求。上海嘉定162辆公交车升级网联化设备,实时接收网联路口的地图和信号灯数据。北京投入近百亿元投资建设“车路云一体化”项目,北京亦庄高级别自动驾驶示范区率先实现同时支持C-V2X和5G-A两种通信方式。京津唐高速实现国内首条跨京津冀三地的自动驾驶牌照的互认,围绕测试运行、场景应用、商业模式等制定了统一的标准规则。截至2024年9月,全国共建设17个国家级测试示范区、7个车联网先导区、16个智慧城市与智能网联汽车协同发展试点城市,50多个省市出台道路测试与示范应用配套文件,开放智能网联汽车测试道路3.2万公里,发放测试示范牌照

超过 7700 张,测试里程超过 1.2 亿公里,各地智能化路侧单元(RSU)部署超过 8700 套。

开放智能网联汽车测试道路 **3.2** 万公里

发放测试示范牌照超过 **7700** 张

测试里程超过 **1.2** 亿公里

(五)未来智慧交通科技发展

交通大模型应用场景不断拓展。臻识科技推出的 VTraffic 大模型,在城市路内停车、交通治理、国省道等场景进行测试性应用。卓视智通发布“智通卓识 AI 多模态大模型”,具备交通态势判别能力。百度发布百度智能交通引擎 4.0,挖掘网联、交管、高速等各细分场景应用。浙江高信发布高速 AI 管家“鹿宝”,是首款基于大模型及 AI 分析的高速专业数据报告产品。香港大学发布 OpenCity 交通大模型预测路况,同济大学发布“行之”智慧交通大模型,为教育、出行者、交通部门及企业提供智能化、精准化服务。隧道股份、云南交投、松立集团先后发布“通达交通”、“绿美通道”、“静态交通”大模型,实现“桥隧管养”、高速公路建运养一体、静态停车等垂域领域辅助决策技术突破。

数据要素价值释放加快推进。各地交通运输主体单位积极推进数据资产化建设,在城市公交、地铁运营、停车管理、公路收费、物流运输、港口航运、设施施工等交通运输典型场景已实现数据资产化“0到1”的突破。依托公路水路交通基础设施数字化转型示范工程,各地加快建设交通公共数据运营体系,通过指定数据运营主体、建立数据合作联盟,打造可信数据空间等方式推动数据资源价值化利用。“跨域大数据驱动的高速公路公众出行新质服务体系”、“多源数据融合助力恶劣天气交通保通保畅”等 9 项案例入选 2024 年“数据要素 X”优秀案例项目集,实现数据要素价值释放行业引领。

低空经济掀起热潮。“低空经济”在 2024 年首次写入政府工作报告,党的二十届三中全会明确“发展通用航空和低空经济”。近 30 个省份将发展低空经济写入政府工作报告或出台相关政策,国家发改委正式设立低空经济发展司,负责拟订并组织实施低空经济发展战略及规划。低空经济的应用场景从农林植保、电力巡检到物流配送、空中游览、应急救援、城市安防等,不断扩大探索范围。浙江常态化低空载人航线首航试飞,海南首次无人机配送离岛免税品,吉林省长白山脚下的天空之城飞行基地推出特色飞行航线,北京、上海、常州等 15 个城市

宣布联合共建低空经济生态圈,计划打造100个示范项目。深圳市加快推进低空经济网络设施布局,积极建设全球首个市域级“5G+毫米波+卫星”空天地一体化的低空全覆盖安全网络。并出台《低空经济标准框架体系1.0》,启动18项地方标准编制工作。在技术发展方面,亿航EH216-S取得全球首张民用无人驾驶航空器运营合格证,并在合肥、深圳两地推广应用,累计安全载客飞行超过2000架次。峰飞航空“盛世龙”纯电动eVTOL成功验证50km跨海航线运输服务。顺丰、美团等企业积极研发城市级配送机,在跨城急件、医疗配送方面形成“低空服务”解决方案。

观察专栏 05 交通基础设施数字化转型升级

2024年4月,财政部、交通运输部联合发布《关于支持引导公路水路交通基础设施数字化转型升级的通知》,提出自2024年起,通过3年左右时间,支持30个左右的示范区域,打造一批线网一体化的示范通道及网络,力争推动85%左右的繁忙国家高速公路、25%左右的繁忙普通国道实现数字化转型升级。在智慧扩容方面实现示范通道通行效率提升20%左右;在安全增效方面实现突发事件应急响应效率提升30%左右;在融合创新方面凝练总结一批具有较高推广价值的车路云应用场景和关键技术、标准规范;在体制机制创新方面推动培育一批个性化定制、网络化协同、产业化融合等新业态新模式。

公路交通基础设施数字化转型升级的重点任务方向包括5个一体化任务和10个示范性任务,同时对体制机制创新工作提出了明确的要求。

公路基础设施数字化转型升级任务方向 表 8-1

工作内容	重点任务方向	任务类型
基础设施智慧扩容	智慧站点	一体化任务
	出入口协调控制	示范性任务
	动态车道管控	示范性任务
	动态开放应急车道	示范性任务
	“一张网”出行服务	一体化任务
	智慧服务区	一体化任务
基础设施安全增效	智慧隧道	示范性任务
	基础设施监测预警	示范性任务
	路网运行监测预警	一体化任务
	重点车辆主动预警	示范性任务

续上表

工作内容	重点任务方向	任务类型
基础设施安全 增效	数字治超及大件运输全链条监管	一体化任务
	恶劣气象通行安全预警	示范性任务
	应急指挥智能调度	示范性任务
跨领域产业融合	车路云协同应用	示范性任务
	北斗导航服务	示范性任务
体制机制创新	建立协同联动管理和服务机制	
	探索建立数据运营机制	
	构筑共建共享数字底座	
	完善标准规范体系	

2024年7月,公路水路交通基础设施数字化转型升级第一批申报工作结束,共有27个省份申报,其中北京、江苏、浙江、福建、河南、湖南、广东、四川8个省份入选,整体分布为东部5个,中部2个,西部1个。

第一批示范区域情况 表 8-2

序号	区域	省份	申报名称
1	东部	北京	“路城一体”公路交通基础设施数字化转型升级示范通道及网络
2		江苏	“一轴一网两融合”大流量交通基础设施数字化转型升级示范通道及网络
3		浙江	“一廊两翼全网”高品质一体化交通基础设施数字化转型升级示范通道及网络
4		福建	两岸融合发展交通基础设施数字化转型升级示范通道及网络
5		广东	“一轴两网”交通基础设施数字化转型升级示范通道及网络
6	中部	河南	“一轴一廊”十字大通道交通基础设施数字化转型升级示范通道及网络
7		湖南	“一圈二轴三区”畅安舒美大通道
8	西部	四川	“大蜀道”主骨架公路基础设施数字化转型升级示范通道

第一批示范区域通道及网络,聚焦国家综合立体交通网主骨架“6轴7廊8通道”,实现了G4京港澳高速、G30连霍高速、G60沪昆高速等干线公路的联合布局,并均考虑与通道上相邻省份联合实施。其中公路里程约占总里程的81%,纳入国家综合立体交通网主骨架的里程占比超过90%。

第一批示范区域对上述15个任务均有所响应,基本实现示范通道内应用场景连续贯通。根据第一批示范区域建设内容及规模,公路领域数字化转型升级的重心主要集中在路网运行监测预警、干线主动管控、智慧站点和基础设施监测预警等应用场景。

第一批示范区域均设定了明确的数字化转型目标,通过推进创新应用场景规模化落地,

预计所选通道通行效率提升 20% 左右,突发事件应急响应效率预计提升 30% 左右,推动行业流程再造、系统重塑、制度重构,有效提升公共服务能力、行业管理效能和产业协同创新水平。



图 8-1 示范通道类型

交通基础设施数字化转型升级是交通行业未来发展的必然趋势,要做好数字化转型,需强化应用场景牵引、充分激发数据价值,深入开展应用场景的针对性专项设计及细化设计。随着第一批省份的示范引领,基础设施数字化市场的广度和深度也将进一步拓展。可以预见,未来更多的区域、线路、项目将加入基础设施数字化转型升级的建设行列,带动数字化建设的加速演进。

需要注意的是,交通基础设施数字化转型并非单纯的技术叠加或流程在线化,而是涉及组织机构、业务模式、管理体系的全方位重构,具体落地离不开配套机制体制的系统性建设。

未来,随着技术的不断进步和政策的持续支持,交通基础设施数字化转型升级将取得更加显著的成效,为建设交通强国提供有力支撑。



第九章 开放合作

(一)“一带一路”互联互通

陆上丝绸之路。公路合作方面,大湄公河次区域国际道路运输完成试运行,克罗地亚斯普利特武切维察道路连接线项目开工,中国援助纽埃环岛公路升级项目竣工移交,泛欧5C走廊高速公路波黑查普利纳段、塞尔维亚上米拉诺瓦茨绕城公路、坦桑尼亚桑给巴尔100公里市政道路升级改造项目1号路陆续通车,秘鲁首条马丘比丘公路隧道全线贯通,柬埔寨百达隆巴萨河大桥项目开工。铁路合作方面,孟加拉帕德玛大桥铁路连接线全线通车,马来西亚古晋智能轨道快运系统(蓝线2标)基础设施项目中标,蒙古国中西部扎查·努尔地区1450公里铁路项目签约,中吉乌铁路项目启动,马来西亚东海岸铁路联合运维协议签署。中欧班列全年开行1.9万列、发送207万标箱,同比分别增长10%、9%。截至2024年底,铁路部门在国内已铺画时速120公里图定中欧班列运行线93条,联通中国境内125个城市;在境外,中欧班列通达欧洲25个国家227个城市及11个亚洲国家超100个城市。

中欧班列全年开行 **1.9** 万列、发送 **207** 万标箱

铺画时速 **120** 公里图定中欧班列运行线 **93** 条

联通中国境内 **125** 个城市

海上丝绸之路。截至2024年底,我国在海外投资、运营的码头超过60个,遍布40多个国家和地区,集中分布在南亚、欧洲、非洲、南美等国家。全球集装箱吞吐量前100位港口中,中



资企业参与投资运营的海外码头达到19个。南美首个智慧港口和绿色港口——秘鲁钱凯港开港,中秘间单程海运时间将缩短至23天,节约20%以上的物流成本。招商局港口收购印尼NPH集团51%股权项目顺利完成交割,实现东南亚主控集装箱码头“零”突破。比雷埃夫斯港赫拉克莱乌斯滚装码头扩建工程正式落成,比雷埃夫斯港已站稳地中海领先集装箱大港、欧洲第三大邮轮母港、欧洲第一大渡轮港口、东地中海修船中心和汽车船中转枢纽的行业地位。

空中丝绸之路。瓜达尔新国际机场项目竣工,贵州至巴基斯坦“一带一路”国际货运航线正式开通,江苏首条直飞拉美地区全货运航线开通。2024年,我国先后与23个国家或地区举行双边航空会谈或书面磋商。截至2024年底,我国与其他国家或地区签订双边航空运输协定132个,比上年底增加2个(分别为东帝汶和瓦努阿图)。其中,亚洲45个,非洲27个,欧洲38个,美洲14个,大洋洲8个。与我国建立双边适航关系的国家或地区共32个,现行有效的双边适航文件共195份。

多元立体互联互通。中欧跨里海直达快运开通,标志着跨里海国际运输走廊集公路、铁路、航空、管道运输为一体的多元立体互联互通格局正式建成。跨里海国际运输走廊从中国横跨哈萨克斯坦、里海沿岸、阿塞拜疆、格鲁吉亚并延伸至土耳其和欧洲国家,全长1.1万公里,已成为从东南亚和中国向欧洲运输货物的重要动脉,年货物吞吐量约为600万吨。2024年西部陆海新通道班列开行量首破万列,同比增长5.1%,西部陆海新通道班列开行量从2017年的178列,增长到2024年的超过10000列,增长了55倍,重庆经西部陆海新通道三种主要运输组织方式共运输货物25.18万标箱、同比增长41%,货值达467亿元、同比增长67%。目

前,西部陆海新通道辐射我国18个省(区、市)73个城市的157个站点,通达全球127个国家及地区的555个港口。

(二)交通走出去

海外交通基础设施投资运营。雅万高铁全线站点投入运营,自2023年10月17日投入运营以来,雅万高铁已累计运送旅客700万人次。由中印尼两国合作建设的雅万高铁全长142.3公里,最高运行时速350公里,将雅加达和万隆之间的旅行时间由原来的3个多小时缩短至46分钟,为当地民众提供了安全、绿色、高效、舒适的出行方式。

雅万高铁已累计运送旅客 **700** 万人次

雅万高铁全长 **142.3** 公里,最高运行时速 **350** 公里

交通装备出口。中国中车为墨西哥首都墨西哥城研制的轻轨列车投入商业运营,这是中国制造的轻轨列车首次服务墨西哥城公共交通系统;中国中车出口智利电力内燃双动力动车组投入载客运营;迪拜地铁蓝线项目中标,迪拜地铁蓝线项目是“迪拜2040”城市总体规划的重要组成部分,全长30公里,包括14个车站,中标项目主要建设内容包括线路设计、施工、调试、系统维护及车辆供应。

交通标准国际化。由中铁隧道局承建的格鲁吉亚南北交通走廊科维谢提至科比段公路古多里隧道顺利贯通。古多里隧道工程建设采用全断面硬岩掘进机“高加索号”,该掘进机完全采用中国设计、中国标准,由中方独立制造。匈塞高铁首列车在塞尔维亚贝尔格莱德泽蒙车辆段亮相,标志着带有“复兴号”基因的中国标准动车组首次进入欧洲。中老铁路北起中国云南昆明,南至老挝首都万象,是第一条采用中国标准、中老合作建设运营,并与中国铁路网直接连通的跨国铁路,全长1035公里。2024年,中老铁路运输货物总量达1960万吨,日均保持在5万吨以上。

中老铁路运输货物总量达 **1960** 万吨

日均保持在 **5** 万吨以上

(三) 国际合作

成立全球可持续交通创新联盟。2024年4月,全球可持续交通创新联盟正式获批成立,会员为来自13个国家的56家交通运输、金融和科技领域的公司和机构。联盟宗旨是打造可持续交通创新的合作平台,推动全球可持续交通发展,定位于国际性、行业性、非营利性社会组织。2024年,国际中心、空中客车公司、中国南方航空,共同研究发布了《可持续航空燃料发展路径研究报告》。2024年组织联盟成员支持湖北花湖国际自由贸易航空港、河南郑州航空港国际枢纽的投资推介活动,组织召开了中日韩运输与物流政企对话会议。

完善共建“一带一路”合作新机制。西部陆海新通道国际商事仲裁论坛在渝举行,重庆国际商事仲裁院揭牌,主要受理国际或者涉外商事仲裁案件,以及涉及香港特别行政区、澳门特别行政区或者台湾地区的商事仲裁案件、一国政府与外国投资者之间的投资争议仲裁案件。适用于重庆国际商事仲裁院的《重庆国际商事仲裁院国际仲裁规则》于当日发布。活动中,重庆市司法局与中国国际经济贸易仲裁委员会(贸仲)、中国海事仲裁委员会(海仲)签署《合作备忘录》;重庆仲裁委员会与来自东南亚、南亚、中亚等地的8家境外仲裁机构代表签署《仲裁合作协议》。通过与国内外多家仲裁机构的交流与合作,进一步推动创新国际仲裁合作机制,为通道沿线企业带来更为便捷、高效的争端解决途径,进一步提升西部陆海新通道的营商环境,为促进区域经济一体化发展贡献仲裁力量。



展望

2025年是“十四五”规划的收官之年。

世界百年变局加速演进,外部环境更趋复杂严峻,可能对我国贸易、科技等领域造成更大冲击。世界经济增长动能不足,单边主义、保护主义加剧,多边贸易体制受阻,关税壁垒增多,冲击全球产业链供应链稳定,对国际经济循环造成阻碍。地缘政治紧张因素依然较多,影响全球市场预期和投资信心,加剧国际市场波动风险。我国经济回升向好基础还不稳固,有效需求不足,特别是消费不振。部分企业生产经营困难,账款拖欠问题仍较突出。群众就业增收面临压力。民生领域存在短板。一些地方基层财政困难。社会矛盾化解和风险防范工作还需要加强。政府效能和依法行政能力有待提升。一些工作协调配合不够,有的政策落地偏慢、效果不及预期。有的部门服务观念不强、办事效率不高。一些干部乱作为、不作为、不善为,一些领域和地方腐败问题依然多发。总体来看,我国经济基础稳、优势多、韧性强、潜能大,长期向好的支撑条件和基本趋势没有改变。

应对复杂形势,中央统筹谋划,精心布局。2024年12月中央经济工作会和2025年政府工作报告提出,要坚持稳中求进工作总基调,完整准确全面贯彻新发展理念,加快构建新发展格局,扎实推动高质量发展,进一步全面深化改革,扩大高水平对外开放,建设现代化产业体系,更好统筹发展和安全,实施更加积极有为的宏观政策,扩大国内需求,推动科技创新和产业创新融合发展,稳住楼市股市,防范化解重点领域风险和外部冲击,稳定预期、激发活力,推动经济持续回升向好,不断提高人民生活水平,保持社会和谐稳定。

中国交通运输发展正处于加快建设交通强国、推进交通运输高质量发展的新阶段。展望2025,交通运输行业将以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,全面贯彻党的二十大和二十届二中、三中、四中全会精神,认真落实中央经济工作会议精神,深入学习贯彻习近平总书记关于交通强国的重要论述精神,坚持稳中求进工作总基调,完整准确全面贯彻新发展理念,服务加快构建新发展格局,扎实推动高质量发展。

持续助力稳增长。积极扩大交通有效投资,加快建设国家综合立体交通网主骨架,全力推动交通强国重大工程交通项目和“十四五”规划重大工程顺利收官。加快推进国家公路网络贯通提质工程,加快沿海沿边“大环线”提质改造,加强出疆入藏等战略骨干通道建设。加快推动交通数字经济发展,拓展多元化融资渠道,为经济增长持续发挥稳定贡献。

着力推进国家战略,当好先行。深入推动“一带一路”交通建设,加强基础设施和规则标准的互联互通。充分利用中国国际可持续交通创新和知识中心等现有平台促进全球交通合作。推进京津冀协同发展、长江经济带发展、粤港澳大湾区建设、长三角一体化发展等重大国家战略交通支撑项目落地实施。加快现代物流体系建设,构建国际物流供应链体系,提升物流供应链韧性和安全水平。



持续深化改革,推进高质量发展。深化综合交通运输体系改革,深入推进铁路、公路、水运、民航、邮政等重点领域改革。深化供给侧结构性改革,推进交通运输设施、装备、服务等供给体系持续完善。持续推动公路收费制度和养护体制改革,优化收费公路政策,建议研究里程税改革的可行性,推动电子不停车自由流收费应用服务及技术升级。推动交通运输新业态规范健康持续发展,大力发展通用航空和低空经济。持续优化交通运输营商环境,建设统一开放的交通运输市场。

调整优化运输结构,推进物流降本增效。推动重点地区大宗货物运输“公转铁”“公转水”,降低全社会运输成本和促进运输节能减排。大力发展多式联运,积极发展铁路(高铁)快运、甩挂运输、网络货运、江海直达、水水中转等运输组织模式,加快推动“一单制”“一箱制”发展,促进交通物流降本提质增效。



大力发展新质生产力,加快智慧交通建设。进一步推动大数据、物联网、云计算、人工智能、北斗导航等新一代通信信息技术与交通运输行业的深度融合。全面推进交通运输数字化转型升级,改造提升传统产业。持续实施自动驾驶、智能航运等智能交通先导应用试点。加强智慧交通关键核心技术研究,推进创新应用场景规模化落地。推进无人驾驶、低空经济等新兴产业的发展。

促进交通运输体系绿色低碳转型发展。完善交通运输领域碳达峰碳中和顶层设计,加快推动交通运输领域美丽中国建设。继续推进绿色交通基础设施建设,加快交通运输装备应用新能源、清洁能源,深入推进城市绿色货运配送发展。推动交通运输与能源融合发展,加大交通基础设施沿线充换电、加氢站等配套基础设施建设力度。





中国交通运输
TRANSPORT OF
CHINA
2024

中篇



第一章 理论基础

以“路空一体” 引领低空经济规模化、产业化落地

中国科协服务国家战略专项“低空经济赋能公路交通研究”课题组

为深入贯彻落实党的二十大和二十届三中全会精神,全面落实全国科技大会精神,加快推进高水平科技自立自强,中国科学技术协会(以下简称“中国科协”)组织实施了 2024 年度全国学会服务国家战略专项研究。“低空经济赋能公路交通研究”项目作为该专项中产业前沿报告方向的立项课题,聚焦低空经济这一国家战略性新兴产业,通过分析其产业基础、发展状况及创新趋势,结合国家政策、产业链分布及企业实践,研判融合发展方向与实现路径。研究认为,交通发展始终是空间维度的突破,如今低空经济正推动从二维地面交通向三维立体交通跨越,并提出低空经济“三分在天,七分在地”的融合发展理念,为公路交通与低空经济的协同创新指明方向。

一、融合之基:公路交通是低空经济应用的重要领域

“低空经济赋能公路交通研究”课题组(以下简称“课题组”)在研究中强调,公路交通是低空经济应用的重要领域,要把安全有序的发展置于重要位置。公路网络既是低空飞行器的起降支点,也是其应用场景的延伸载体。这一结论源于对交通基础设施系统性的深度分析—截至 2024 年底,我国公路总里程达 549.04 万公里,高速公路里程达 19.07 万公里,覆盖 99% 的 20 万人口以上城市,为低空经济提供了天然的“地面跑道”。

当前,低空经济与公路交通的融合已进入试点突破阶段。课题组调研时发现,甘肃 G30 连霍高速公路启用“国省干线公路无人巡检系统”,通过“无人机+智能机库+5G 云平台”模式,实现了路段裂缝、沉降等病害的智能识别。该实践不仅大幅降低成本,人工巡检频次减少超 50%,单次巡查效率提升 3 倍,年节约养护成本超百万,更升级了安全保障,复杂地形高风险区域可实现无死角覆盖,施工质控中偏差纠正响应时间缩至 1 小时内。此类案例印证了“七分在地”的实践价值—公路服务区养护站、应急基地正逐步改造为低空起降点,形成“路空一体”的基础设施网络。

然而,课题组在资料分析中也发现,融合发展面临着“成长的烦恼”—空域管理规则、技术标准衔接、安全责任划分等问题尚未完全破题。例如,虽然《民用航空法(修订草案)》已将低空经济纳入法律体系,但不同地区空域开放程度差异导致跨区域低空物流难以规模化。据中国物流与采购联合会航空物流分会统计,2024 年我国新开低空物流航线超 140 条,其中跨省、市航线仅占 10%。课题组认为,这需要行业以“摸着石头过河”的勇气探索路径,参考高速公路建设初期的实践经验,在试点中完善规则体系。

二、技术赋能:AI 与数字化转型构建“智慧大脑”

人工智能的崛起为交通运输行业带来深刻变革。根据交通运输部相关规划,到 2027 年,公路数字化转型需取得明显进展;到 2035 年,全面实现公路数字化转型,建成实体公路与数字孪生公路双体系。基于此,课题组分析认为,公路交通行业的数字化转型是技术应用的“地基”。

这一理念已在多地落地。课题组调研浙江绍兴某高速公路段案例发现,两辆货车刮擦事故发生后,“数智交管”智慧系统迅速锁定警情,派出的无人机在 1 分 40 秒后抵达现场上空,通过空中预警、灯光警示、语音引导等无缝衔接,仅用 4 分 40 秒便引导事故车辆安全驶离。该案例印证了数字化转型对提升应急响应效率的显著作用。

课题组特别指出,低空飞行安全管控需依托技术创新实现“看得见、管得住”。例如,深圳电信构建的低空超宽智联网、低空高精度感知网,已实现对无人机飞行轨迹、速度、经纬度等数据的精确感知,为低空空域开放提供了技术保障。研究预判,到 2035 年数字孪生公路建成后,低空飞行器将像地面车辆一样纳入智慧交通体系,实现“空地协同”的全流程管理。

三、未来之路：从试点示范到规模化运营的跨越

课题组在分析中发现,当前行业仍需解决“重技术研发、轻场景落地”的问题。在政策层面,交通运输部“六大创新工程”已将“低空陆空协同”列为重点;在市场层面,深圳美团无人机配送单量突破 50 万单,平均配送时长 12 分钟,效率较传统模式提升 3 倍;成都 eVTOL 测试里程累计达 1200 公里,最高速度 130 公里/小时。这些实践为低空经济与公路交通的融合提供了场景验证。

课题组认为,低空经济为公路交通行业带来更多创新可能性,具有广阔的应用前景,需基于现状与挑战分析,按照“路空一体”发展方向,推进低空经济规模化、产业化应用:一方面,持续完善“地面跑道”基础设施,推动公路服务区、养护站等改造为低空起降点;另一方面,加快空域管理规则、技术标准、安全责任划分等机制创新,结合数字孪生、AI 等技术构建智慧管控体系。

课题组研究表明,低空经济与公路交通的融合是交通强国建设的重要路径。唯有以“路空一体”思维筑牢基础设施网络,以技术创新驱动数字化转型,才能推动低空经济从试点示范迈向规模化运营,为三维立体交通体系构建提供支撑。这既是对交通空间维度突破的延续,也是服务国家战略、培育战略性新兴产业的必然要求。

路空协同是 发展低空经济的重要抓手

全国政协经济委员会副主任,交通运输部原副部长 戴东昌

在低空经济上升为国家战略性新兴产业的背景下,如何推动其与现有交通基础设施深度融合?全国政协经济委员会副主任、交通运输部原副部长戴东昌在接受专访时明确指出,路空协同是发展低空经济的重要抓手,需依托全国 600 万公里综合立体交通网,构建“设施、管理、运营、产业”四位一体的融合体系,打造覆盖全国、标准统一的低空交通网络,避免资源浪费和路空割裂、数据孤岛等问题。

一、路空协同是发展低空经济的必然要求

我国已建成全球最大规模的综合立体交通网:截至 2024 年底,国家综合立体交通网主骨架“6 轴 7 廊 8 通道”已基本建成,路线里程超过 26 万公里,建成率约 90%,为低空经济发展提供了坚实的底座支撑。

戴东昌指出,低空经济是一个全新的概念,与传统通用航空虽然紧密关联,但并不等同于通用航空,也不是通用航空的简单延伸,其内涵和外延有着显著区别。发展低空经济应充分认识和深刻理解中央对其战略性新兴产业的定位,按照新增长引擎来谋篇布局,不能沿用传统通用航空的发展模式。

路空协同则是发展低空经济的必然要求,其旨在依托国家现有交通基础设施网络和场站服务区等设施,有效释放低空资源优势,推动地面交通资源与低空资源深度融合,打造覆盖全国、标准统一的低空交通网络,形成“设施协同、管理协同、运营协同、产业协同”的低空经济体系。

二、地方先行探索差异化发展路径

当前,多地已启动路空协同的探索,重点围绕路空廊道和数字化平台建设展开:

浙江省沿交通廊道研究布局低空航路,通过建设“智慧高速+低空交通”管理平台,将高速公路摄像头、雷达等监控设施升级为低空交通管理系统,实现无人机与地面车辆的安全监控和协同调度。

江苏交控集团积极建设“一个能力底座”(低空数据一体化管理系统)与“三个平台”(高速公路空域协同平台、业务应用管理平台和飞行安全监控平台)。

山东高速集团利用服务区、收费站,构建省域“路空协同”低空天网,打造“地面+低空”一体化交通网络。

上海海事局、浙江海事局、江苏海事局及东海航海保障中心,科学谋划长三角“陆海空天一体化”海事监管体系建设。

山西省左权县开展飞行汽车太行山观光和上下山短途接驳,成为革命老区红色旅游新业态。

成都正式投用全国首个阶梯式低空空域,建成低空交通管理服务平台一期,低空运营航线超 70 条。

国外也在积极探索路空协同发展路径。据有关资料,美国联邦航空管理局(FAA)推出了

“高速公路低空走廊”试点计划。

三、打造路空协同综合立体交通廊道

尽管发展势头迅猛,戴东昌坦言路空协同仍面临三大挑战:理念融合不足(空地统筹不足)、管控平台缺失(多主体数据孤岛)、标准体系待完善(技术接口不统一)。对此,他提出几个方面建议:

一是做好路空协同发展的顶层设计。强化组织协调,建立中央统筹、部委协同、地方联动的路空协同工作机制,研究出台加快路空协同综合立体交通体系建设的指导性文件,研究建立路空协同规划导则、技术方案和标准体系。

二是打造路空协同的综合立体交通廊道。依托公路、水路等交通廊道,向低空交通拓展,研究提出国家级、区域级路空协同的综合立体交通廊道建设内容和相关标准,推动示范廊道建设,推进地面交通和低空交通协同发展。

三是搭建路空协同的“一张网”统管平台。以“一张网”建设实现数据复用,在“路空协同综合立体交通廊道”构建基础上,融合通信、立体导航、立体监管、立体运营于一体,建构具有全数字化、丰富场景、多领域技术融合特点的综合立体交通“建、管、养、运”一张网,打造“天网、路网、信息网”三网融合监管体系,实现规划协同、管理协同和运营协同,打造立体互联、高效协同、平急战结合的路空协同服务新模式。

四是在国家实施层面,优先依托全国高速公路网及其场站、服务区和充电设施,加快建设覆盖全国、路空协同的综合立体交通廊道和数字底座,建立综合立体交通管控平台,加快形成路空协同综合立体交通体系,推动低空经济等新兴产业安全健康发展。

五是建构完整的低空产业生态发展路径。开展正向研发,研究制定路空协同基础设施路线图、技术路线图和人才培养路线图,明确产业化推进重点,出台相关法规和标准,出台政策推动低空经济交通运输全场景打造,开展飞行汽车等路空协同未来交通装具载具研发,纳入重大专项。谋划实施一批重大工程项目,争取超长期特别国债、产业基金等多元化资金支持。

低空经济赋能公路交通： 五位院士共话路空廊道关键技术

南湖路空协同立体交通产业研究院

当下,伴随低空经济上升为国家战略性新兴产业,其与公路交通的深度融合正成为构建现代化综合交通运输体系的核心方向。然而,电磁干扰、空域管理、导航安全等同样困扰着行业发展。

2024年7月16日,一场聚焦低空经济发展的关键评审会悄然牵动着交通运输领域的创新脉搏——《基于路空协同的低空立体交通廊道关键技术与产业化应用研究》项目研究大纲评审会顺利召开,全国政协经济委员会副主任、交通运输部原副部长戴东昌与苏东林、杨元喜、陈志杰、杨长风等院士齐聚一堂,以深厚的学术积淀与行业洞察力,不仅为项目研究注入权威视角,更直指低空立体交通廊道建设的核心瓶颈与突破路径。



苏东林院士：

电磁技术是路空廊道的核心基石

在现代交通与通信体系中,电磁技术的作用愈发关键,广泛渗透于低空飞行、地面交通及空中通信等多个方面。中国工程院院士、北京航空航天大学教授苏东林指出,当前电磁环境的复杂性与管理短板已成为制约低空经济发展的关键瓶颈,需从技术标准、动态调控与法规体系等多个方面系统性地加以完善和强化。

“飞机导航信号受电磁干扰可能导致灾难性后果,而当前民航、铁路等领域的电磁监测标准不统一,数据难以支撑问题诊断。”苏东林强调,电磁技术应用存在三大核心问题:一是规划缺失,相关报告中电磁与无线技术内容稀缺,导致频谱干扰频发;二是取证困难,电磁事件具有瞬时性,事后难以还原事实;三是安全威胁全球化,境外电磁源可能对我国电磁安全带来潜在危险。

面对当前规划与管理中的诸多不足,苏东林提出了五大解决方案:其一,将电磁要素全面纳入通道规划中,明确频谱与场强要求,各产品与平台都应有清晰的电磁环境标准与认证机制。

其二,制定差异化安全标准,针对不同厂家与成本的产品实施分级管理规则。

其三,构建动态调控系统,应结合周边经济发展与基础设施建设实时调整电磁环境参数,并建立安全等级认证体系,确保飞行器在达标通道中运行。

其四,设立专业检测机构,对设备开展定期检测,并推动自检技术发展,使用户能自主查验设备的电磁安全性能,从而提升整体安全水平。

其五,完善法规体系,确保能够迅速、准确地裁定与处理电磁安全问题。设备应配备取证功能,为事故调查提供可靠数据支撑。如在交通领域,事故发生后警方可依法研判与处理;而在电磁安全领域,也需建立相应的事故处理与法规机制,以保障问题的高效解决。

“电磁安全是‘技术+管理+法规’系统工程,需多部门协同筑牢低空交通的‘电磁防线’。”苏东林表示,唯有通过标准化、动态化、法治化管理,才能确保低空与公路交通在电磁层面的安全协同。

杨长风院士：

北斗导航赋能路空协同发展

北斗系统是我国自行研制的全球卫星导航系统,凭借其高精度、高可靠定位、导航、授时服务、短报文通信等核心功能,已成为低空经济与公路交通融合的核心技术支撑,对推进路空协同发展具有重要意义。

为持续推动路空协同低空交通领域相关研究工作,打通低空壁垒,交通运输部科学研究院 2024 年开展了“基于路空协同的低空立体交通廊道关键技术与产业化应用研究”项目,在研究大纲评审会上,北斗卫星导航系统工程总设计师、中国工程院院士杨长风认为,该项目关键技术的梳理应围绕“路空协同”与“立体交通廊道”两大核心,聚焦协同机制与廊道优化等关键技术。

“应明确其战略咨询定位,而非大型科研或产业化项目,该定位将直接影响项目的实施策略和预期成果。”杨长风表示。他指出,在产业化应用方面,应结合车路协同与低空立体交通廊道,遴选代表性应用场景,开发相应应用产品,以示范带动产业化推广。同时,项目应在有限资源下聚焦路空协同关键技术梳理与产业化应用研究,通过明确技术路径、构建应用场景、开发产品并提出决策建议,短期形成高质量成果,为低空立体交通发展提供理论支撑与政策参考。

杨长风建议,尽管该项目无法覆盖全部研究,但应在一年期内明确这些技术方向,具体包括:路空之间的信息共享、资源调度与运行管理协同,立体交通廊道的设计与布局优化以及关键核心技术的提炼,为后续应用提供支撑。

杨元喜院士：

路空廊道需以理论创新和技术突破双轮驱动

精准导航与时空服务 (PNT) 是低空飞行器与公路交通协同运行的核心支撑。北斗导航系统副总设计师、中国科学院院士杨元喜从理论研究与技术突破双重视角,提出构建低空立体交通 PNT 体系的方向建议。

在理论研究层面,杨元喜强调需优先破解两大问题:一是低空交通环境与电磁环境的耦合机制,系统分析电磁因素对航空飞行的作用机理,这也是构建低空航空理论的基础;二是立体交通网络布局中的路径优化问题,包括可行路径与基站的最优选取及其校验能力,以提升

路网与空域资源的协同效率。

“此外,还应从环境友好角度分析杨元喜院士:路空廊道需以理论创新和技术突破双轮驱动无人机的自身安全及其对地面安全的影响,一方面,要保障电磁环境等条件满足无人机平稳飞行,避免环境干扰导致事故,另一方面,应强调无人机运行不对环境造成污染等负面影响,实现人机与环境和谐共存。”

在关键技术层面,杨元喜建议聚焦五大核心领域:一是无人飞行集群全域制导下的自动导航技术,面对压制类干扰需具备相应的自动防控能力;二是无人飞行器在复杂低空环境下的路径自适应规划算法,使其能根据环境变化自主调整航迹,保障飞行安全;三是核心节点的控制有效性评估,这是立体交通系统的关键;四是立体交通平行系统概念具备良好的应用前景与安全性,尽管未必能完全落地,但其理念与方法有助于提升系统运行状态及环境友好性;五是应针对突发环境设计交通应急策略,以保障系统在紧急状况下稳定运行。

陈志杰院士:

空域管理需以“路空协同”为核心

空域资源的高效利用是低空经济与公路交通融合的前提。中国工程院院士陈志杰指出,在当前科研资源有限的背景下,需聚焦“路空协同”关键技术,分阶段推动理论落地与产业转化。

“低空交通不是空中单独运行的系统,而是与公路网络深度绑定的立体网络。”陈志杰强调。针对低空交通科研课题经费有限、时间紧张等问题,他认为,应集中资源突破关键技术,避免研究泛化。即使条件有限,通过聚焦关键问题,仍可为产业化提供支撑。

“研究方向上,建议重点构建立体化交通网络,实现道路与空域之间的衔接、资源共享与协同管理。要围绕路空协同的核心技术展开,而非过度扩展至无人机飞行等技术细节,以增强研究的针对性和实效性。”陈志杰表示。

同时,他指出,研究需避免与现有低空航空航线等概念重合,要注重路空协同特有要素的融入,在背景与方法上突出创新性。研究成果应对低空经济中的起降场与航网建设提供理论约束与指导,而非直接参与具体规划。研究还应保持重点清晰、关联性明确,尽管可援引相关技术,但需始终围绕路空协同这一核心,为低空交通发展提供专有视角与解决方案。

在产业化路径上,陈志杰建议将科研与产业化分为两个阶段:第一阶段,在现有条件下完成理论构建与要素提炼;第二阶段,从产业化角度拓展应用场景,推动实际落地。

王江舟院士： 构建路空一体立体交通新范式

低空经济赋能公路交通已成为推动当下我国交通运输体系高质量发展的战略方向。

“通过空域与地面交通的协同,可实现运输体系的多层次布局与资源优化配置,为构建‘路空一体’的综合立体交通体系提供基础。”中国工程院外籍院士王江舟指出。

他表示,“路空一体”的核心在于实现基础设施、运营管理和服务需求的一体化设计与衔接。具体来看:首先,以 5G-A/6G 网络为核心,构建低空通信网络,实现飞行器与地面系统的实时交互;其次,依托现有公路廊道布局低空航路,结合北斗高精度定位与 5G 时间敏感网络(TSN)以及数字孪生技术,保障飞行安全,提高效率;最后,推动服务区升级为“空天地”一体化节点,集成起降、充电、通信和调度功能,形成“一路多用、一站多能”的发展模式。

尽管前景广阔,但在王江舟看来,未来要实现深度融合仍面临挑战,需要系统谋划、稳步推进。

1、低空信道特性与抗干扰能力

低空信道存在多径效应、Doppler 频移等复杂特性,需开发专用信道模型与抗干扰算法。人工智能赋能的智能信道估计与自适应调制技术有助于提升链路的可靠性。

2、高精度定位与无缝导航

飞行器需厘米级精度定位以确保安全运行。可通过 5G 基站定位、北斗卫星导航和惯性导航等多源融合实现高精度定位。未来 6G 通感算一体化技术预计将进一步提升定位水平。

3、网络切片与服务质量保障

低空通信需同时支持控制信令、视频回传和遥测数据等多类业务,其时延和带宽需求差异较大。网络切片技术可为不同业务提供差异化服务质量保障,确保关键控制指令的优先传输。

4、安全与隐私保护

低空通信系统需防范恶意干扰、数据窃取等安全威胁。建议采用轻量级加密算法、区块链等技术,构建端到端安全防护体系,并确保隐私数据保护。

王江舟表示,目前政策、技术与市场条件已逐步具备,需要通过设施共建、数据共享与运

营协同推动融合发展。未来,随着相关技术持续成熟与应用拓展,综合立体交通体系有望逐步落地,为经济社会发展提供新动能。

编后语:

低空经济与公路交通的深度融合,是一场涉及技术革命、规则重构与生态重塑的系统性工程。从苏东林院士强调的电磁安全屏障构建,到杨长风院士主导的北斗导航技术落地;从陈志杰院士提出的空域协同管理路径,到杨元喜院士聚焦的PNT体系创新,再到王江舟院士勾勒的“路空一体”系统蓝图,五位专家的观点共同指向一个核心命题——以技术突破破解融合瓶颈,以标准体系规范发展秩序,以生态共建释放产业动能。随着“公路+低空”立体交通网络的加速成型,我国综合交通运输体系将迈向更高效、更安全、更绿色的新高度。

发展低空交通运输, 助力完善现代化综合交通运输体系

交通运输部科学研究院 王韬

低空经济作为新质生产力的典型代表,正成为推动经济高质量发展的新引擎。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》明确提出“加快低空经济等战略性新兴产业集群发展”。交通运输系统点多、线长、面广,在低空交通运输生产作业、客货运输等领域具有广泛而丰富的应用场景,是低空经济应用的主阵地。如何依托现有综合交通运输网络发展低空交通运输,做好陆空协同和资源统筹,完善现代化综合交通运输体系?近日,交通运输部科学研究院党委书记、副院长王韬就发展低空交通运输的战略意义、建设路径及应用前景做了深度解读。

一、推动低空交通运输建设意义重大

一是综合立体交通网的重要组成。我国交通运输行业已进入构建综合立体交通网的新阶段,低空交通运输作为新型运输方式,凭借其快速、灵活、受地表条件限制小的独特优势,聚

焦于高时效性物流配送、高端商务出行、应急救援响应以及特殊场景作业等领域,特别是在大城市群、地形复杂的山区、跨海跨河区域,可以有效弥补地面交通在速度、可达性及复杂地形适应能力方面的局限,提供点对点的快速连接,实现与其他运输方式形成协同,弥补现有交通网络的不足,实现交通网络从“平面”走向“立体”转变,助力推动构建综合立体交通运输体系。

二是实现交通运输行业转型升级的有效手段。交通运输行业正处于转型升级的新阶段,面临设施养护、数字化转型和现代化治理等多重挑战。发展低空交通运输,可有效提升行业运行效率、降低安全风险、优化资源配置,推动交通运输行业向更加安全、便捷、高效、绿色、经济的方向发展。

三是培育低空经济产业生态的关键环节。低空交通运输涵盖了生产作业和客货运输的产业全链条,汇聚了航空制造、人工智能、5G/6G 通信、高精度导航、新材料、新能源等一系列前沿技术,是新质生产力的典型代表。发展低空交通运输可推动相关领域的技术突破和融合发展,有助于打造涵盖航空器研发制造、飞行保障系统(起降场、通信导航监控)、场景运营服务、人员培训、后期维护等产业链条,培育新型产业生态。

二、路空一体是发展低空交通运输的重要路径

发展低空交通运输,并非凭空构建一种全新运输方式,而是围绕构建现代化综合交通运输体系,将公路、水路、铁路等地面交通资源与低空交通资源进行系统性统筹规划与协同利用,实现地面交通网络与低空资源的集约化共建、高效共享与一体化融合,其核心实现路径在于实现路空设施协同一体、路空管理协同一体、路空服务协同一体,从而推动立体综合交通立体网络的功能互补与效能整合。

一是路空一体的基础设施体系。推动传统交通基础设施与低空设施的深度融合,推动构建多层次一体化的基础设施体系。在线路层面,需依据《国家综合立体交通网规划纲要》要求,统筹综合交通通道资源,推动交通通道从“单一平面”向“综合立体”演进,积极构建低空立体交通廊道。在枢纽层面应强化既有节点功能复合化利用,需要推动铁路站场、公路枢纽、物流园区等存量设施改造为低空交通运输垂直起降场,高速公路服务区等可增设充电基站,形成“地面设施+低空资源”的高效配置,显著提升资源利用效率。

二是路空一体的运营管理体系。低空交通运输的高效与安全运行,高度依赖于通信、导航、监视等核心功能的系统整合与智能协同。需构建以群体智感知与协同控制为特征的运行架构,通过统一的数据中台与智能决策系统,实现低空航空器与地面交通状态的实时交互联动,实现从航空器飞行控制到空域资源调配的协同管理,确保在复杂环境中低空交通运输的

安全有序运行。

三是路空一体的服务保障体系。面向交通运输行业生产作业和客货运输典型应用场景,构建陆空协同的服务体系,以统一的运营调度平台为核心,确保低空交通运输生产作业安全高效、客货运输的无缝衔接与运输组织的高效协同。如在应急救援等特殊场景下,系统可自动规划最优低空航线,并同步调度地面接驳资源,建立“空中-地面”快速响应通道,从而大幅提升关键任务的执行效率与服务韧性。

三、发展低空交通运输需多维度协同发力

当前,我国低空交通发展已从概念探索步入应用拓展期,需从严控风险、科技创新、标准规范、人才培养及示范应用等多维度协同发力,加快建设安全、高效、协同的低空交通运输体系。

一是坚持严控风险,完善多元化安全保障体系。立足“管得住才能放得开”,加强“黑飞”监管和反制,建立事前、事中、事后的全链条管理体系,加强应急指挥管控,提升应急响应能力。针对低空交通运输典型场景,会同有关部门,完善低空交通运输规则和低空飞行安全管理制度,提高低空交通运输公共安全管理水平。

二是坚持创新引领,加强专业技术装备研发。充分发挥科技创新引领作用,以场景需求为牵引,以技术创新为基石,推动高续航、高集成、高精度巡检专用航空器研发,结合低空运输、生产作业等低空飞行场景,加强人工智能、云计算、边缘计算等先进技术应用,重点突破飞行器技术、空域管控技术以及通信导航监视技术的瓶颈,加强科技创新平台和支撑能力建设,布局创新应用工程,支撑构建陆空协同智能综合立体交通网。

三是坚持规范有序,完善标准与规范体系。加快构建低空交通运输标准体系,制定完善设施、运营、导航、管控等方面的技术标准,填补基础设施、场景应用、数据互联等方面的标准空白。加强国际化衔接,积极参与全球低空标准制定,为我国低空交通运输“走出去”创造有利条件。

四是坚持人才保障,培育多层次专业化人才队伍。低空经济的复合性对其人才队伍的知识广度与深度提出了极高要求。当前,既熟悉航空技术又精通交通运输管理、人工智能、政策法规的跨界人才极为稀缺,迫切需构建多层次的人才培养体系,打通从理论创新到工程应用的转化路径,推动行业整体能力提升。

五是坚持试点先行,分类培育低空交通运输应用场景。按照先载货后载人、先隔离后融合、先远郊后城区的原则,分类施策培育应用场景,有序推广巡查巡检等实践基础较好的生产

作业场景,试点培育低空交通运输物流配送场景,审慎探索低空旅客运输场景,着力打造一批“安全有保障、创新引领强、运营可持续、经验可推广”的典型试点项目,形成“示范 - 总结 - 推广”的良性循环。

推动低空交通运输发展,是贯彻党中央决策部署的具体行动,也是培育交通运输新质生产力的关键抓手。未来,随着低空飞行器性能持续提升、空域管理政策逐步开放、管理保障体系加快构建,低空交通将逐步从特定场景、区域性试点走向规模化、商业化运营,为完善我国现代化综合交通运输体系注入全新动能。



路空协同： 破解物流“一高两低”困局

中国交通运输协会“大件物流与运输信息化专业委员会”专家委员会 薛志刚

低空经济的发展历经了从认知到应用的逐步演进历程。

2024年1月1日,《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》与《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》(CCAR-92)正式颁布实施。这两部法规进一步规范了无人驾驶航空器飞行及相关活动,将航空安全、公共安全以及国家安全作为核心目标,为行业低空经济的健康可持续发展奠定了坚实基础。

当前,各相关行业围绕低空经济发展,正从政策驱动、标准制定、试点示范阶段,转向以“提质、降本、增效”为核心的场景应用拓展。聚焦高价值应用场景的商业化落地,已然成为各行业推进无人机商业化、产业化的核心动力。

一、路空协同:破解物流“一高两低”困局

低空物流作为低空经济的核心应用场景,正从技术研发、应用验证,经过“点-线-面”的试点示范,朝着以“干-支-末”快递物流运行组网规模化、常态化、商业化的方向发展。其发展在“需求-技术-政策-标准”这几个维度全面展开。各地积极尝试运用无人机进行时效性快递邮件、急救品、冷链货品、供应链产业链物流,以及田间地头生产作业中农副果蔬类货品的投送。

实践表明,这一举措明显提升了生产效率,但运营成本成为运营方衡量经济效益的关键要素。如何实现“能盈利、可持续、全程‘双效’提升”,成为从行业运营方、研发制造方、低空经济理论研究方到各级政府部门共同关注的话题。简单来说,要实现低空物流运行成本可控、可持续发展,就必须在低空物流的“规模化、常态化”方面下功夫。

众所周知,要使低空物流达成“规模化、常态化”,仅依靠末端的飞行应用是难以持续的,而是要基于快递物流行业通行的“干线运输、支线盘驳、末端投送”运行模式,汇聚大数据、云计算、人工智能、自动化装备等技术。尤其是要在行业的数字化转型、智能化改造、网络化升

级、多元化整合、多源化融合等方面发力,以此支撑快递物流行业在利用低空领域实现“革命性突破、创新性配置、深度转型升级及路空资源优化组合”。这就需要深入探讨:传统快递物流业在“提质、降本、增效”方面应如何进行转型创新?如何借助新质生产力推动快递物流产业发展,构建新生态?

当下,快递物流运行的短板问题在行业内十分突出:其中,包括成本居高不下,时效不稳定,行业内卷严重;市场分布不均衡,产业结构和生产力布局不合理,运输结构不合理,车货匹配效率低,跨地区物流运输成本高;快递物流业自身的标准化应用不统一、信息化差异大、集约化程度低等问题普遍存在。“高成本、低效率、低效益”的传统物流发展模式,已无法满足我国实体经济高质量发展的需求。

2024年2月,习近平总书记在中央财经委员会第四次会议上指出:物流是实体经济的“筋络”,联接生产和消费、内贸和外贸,必须有效降低全社会物流成本,增强产业核心竞争力,提高经济运行效率。解决快递物流行业“提质、降本、增效”问题的关键,在于研究新质生产力如何赋能快递物流,以及以“干-支-末”路空协同新组网模式在“收寄、仓储、分拣、运输、投递”生产环节实现高质量运行。

二、构建“干-支-末”路空协同新体系

众所周知,基于现行的快递物流“干线运输、支线盘驳、末端投送”运行模式,所涉及的运输主要是邮件货品依靠公路、铁路、航空运力从甲地到乙地的简单位移活动。而快递物流体系建设的价值在于实现空间价值和时间的最优,这就要求在行业生产作业中采取路空协同的方式组织开展。

同样,与现行快递物流运输相比,在相同的空间距离下,低空物流所需时间会显著缩短;无论是速度还是线路,低空运输采用小批量、多批次的运输方式,能够大幅节约通达时间,这对于全程运力调度、仓储管理、中转盘驳等环节的作业时长具有重要的经济意义。

“把白天留给营收服务、把夜晚留给低空干/支线运送”将使“路空协同”的全天候低空物流“干-支-末”运行优势最大化。

基于此,低空物流“干-支-末”新组网模式可定义为:依托国家现有的交通基础设施网络布局,充分利用低空资源,运用无人机实现“干线配送、支线运送、末端投送”,服务于物流配送、医疗救助、应急救援等生产活动。

具体而言:干线方面,利用大载重、远距离长航时跑道起降的固定翼无人机,其飞行直线距离超过800千米,载重5~10吨级,在区域间的干线和省际干线,实现大区域之间的货品流

通;支线方面,采用大中载重、中长距离的固定翼或垂直起降无人机,飞行直线距离为100~500千米,载重吨级为1~3吨,主要应用于区域内ToB、跨地区等多批次快递物流运输以及物流分拨中心之间的货品盘驳运送,在省际干线到区域的支线,以及城市群之间的辐射/环形支线,将干线的运输任务分解盘驳到多个分支机构;末端方面,使用多旋翼无人机,空中直线距离一般在10千米以内(对应地面路程可能达到20~30千米),载重5~25千克,在城市集散中心到区县中心的末端线路,以及区县乡村快递员接卸点的末端线路,重点解决“最后一公里”投送急救物资、医疗用品、农产品、时效性快递邮件等。按照“干线配送、支线运送、末端投送”的起降作业需求,利用通航/支线机场+(垂直)起降场(点)的“空空”衔接、“空地”协同,打造“干线大型有/无人运输机+支线中/大型无人机(固定翼、垂起)+末端小型多旋翼无人机”及地面路运的模式,搭建起航空/低空/陆运运输网络。



图1-1 “干-支-末”路空协同新组网模式一



图1-2 “干-支-末”路空协同新组网模式二



图1-3 高速公路沿线空中廊道示意图

三、低空物流运行组织“三大原则”“九种模式”

低空物流的应用场景划分,需要以快递物流的流量流向数据为基础综合考量运输距离(干线、支线、末端)、起飞重量(大件、集包件、轻小件)、业务类型(应急类、贵品类、时效件)以及地理特征(高原、山地丘陵林牧区、跨海及江湖河等特殊地形)等诸多要素,以及配备低空物流全产业链的不同机型集装箱/板/盒等转运容器的全尺寸链容器衔接等。同时,依据快递物流的流量流向、产业链供应链物流以及政府公共服务等方面的差异化需求,以此构建高效的、全方位的低空物流运行体系。

低空物流运输组织应遵循以下原则:

——多频发运原则:低空物流应依据航路规划以及客户需求,针对不同的收寄频次,核定各通航/支线机场的快递物流发运计划,切实做到按频次发运。同一收寄频次对应唯一固定的发运路向,不同收寄频次可对应不同的发运路向或在途接驳枢纽转运。

——时限优先原则:由于低空运输容易受到气象、空域管制等因素的影响,因此必须组开通航/支线机场所在城市间的路运直达汽车邮路,以实现路空协同的效果。

——兼顾成本原则:当区域内、省际间,或者运输距离在500千米以内且点对点起降受限时,需编制陆路运输计划以实现次日递。对于500~800千米以上的运输,要充分利用有人全货机或大型无人机舱位来组织运输,进一步提升时效并降低干线运输成本。在本区域10千米以内的末端投送环节,目前主要是解决分支机构到网点、网点到投递员的大/小ToB之间的运输,或者投送到智能包裹柜,以此减少市内趟次运输往返所带来的时效与成本问题。

同时需要强调的是,区域内或跨行政区划的干支线运送航路及末端投送,需依据以下几点:一是两地间快递物流的流量流向需求;二是综合评估两地间通航/支线机场、起降场/点的地面服务情况(涵盖通信、气象、跑道、场站、电力、油料及噪声评估等方面),以及航路的报审和机坪接卸作业的条件;三是通航/支线机场距离所在城区枢纽/分拨中心的距离,还有路网条件,并拟定双向的路空协同动态预案。

整体的低空物流“干-支-末”新组网模式,可进一步细分为多种具体模式。包括“干-支-末”线路的点对点直飞模式,点对多点辐射/环线模式;大的货源地到大的需求地之间的直达航班模式;区域枢纽-支线枢纽/分拨中心起降场的支线航班模式;一、二线城市之间(干支线)更为灵活的航班模式;短途、运量小、对价格不敏感的场景模式;高原、内陆江河湖等地形复杂地带的短途航线模式;跨海运送航班模式,国际航线的国内接驳航班模式等。

此外,还可拓展一种高速公路沿线垂直空域飞行,服务区逐点起降模式。即在高速公路(以G30、G50为例)沿线垂直高度300米~600米~1000米的空域,按照高速公路沿线空中建立固定“廊道”的思路来设计无人机航路。沿途的地面服务区可进行改造,设置相应的无人机起降点,作为货品模块化运输交接的场站,对接公路运输,服务本地经济。

低空物流运输的指挥调度原则为:秉持“时限优先、兼顾成本、静态计划、动态预案、应急为辅”的生产运行调度理念;加强管控,实现低空网与陆运网的有效融合。进一步提升应急处理能力,借助地区/行业低空运管平台管控系统,建立纠错机制,确保在异常情况下低空网与陆运网能够有效结合并快速转换接驳。同时,要实现静态计划管控与动态指挥调度运行的有效结合。

总之,低空物流要实现可持续发展,重点在于“政策、标准、运行机制、运营模式”等方面的

创新;并且要以“航空安全、公共安全、国家安全”为准则,建立全省或跨行政区划统一的低空空域监管、运行数智化平台。按照“政策引领、统筹规划、分区管理、跨区协同、场景牵引、因地施策、先货后人、先易后难、适选机型、以点带面、市场培育、示范应用”的路空协同低空物流运行指导思想,逐步在本区域、本省内部的城郊区、农牧林区、山地丘陵、江河湖流域以及跨区域开展无人机在快递物流、医疗救援、冷链货品、产业链供应链物流等产业服务。

低空物流“干-支-末”路空协同新组网模式体系的建立,更需要各方携手联动,以低空经济赋能快递物流,共同推动本地区、跨地区低空物流在“组网、运行、管控、技术”等方面的融合发展,最终构建高效、安全、经济的现代低空物流生态体系。

“路空一体”领航， 绘就立体发展新图景

嘉兴市南湖区党委 陈群伟

作为中国革命红船起航地、嘉兴市主城区,南湖区正以敢为人先的姿态,在低空经济的新赛道上加速奔跑。近年来,这片处长三角核心腹地的区域,以“路空一体”创新实践为抓手,从基础设施建设到场景应用落地,从产业生态构建到人才体系培育,正奋力书写一份低空经济发展的“南湖答卷”。近日,嘉兴市南湖区委书记陈群伟就南湖区低空经济的探索路径、实践成效与未来规划接受本刊专访,详解这片“天空蓝海”如何赋能城市发展与民生福祉。

一、“区位+产业”双优势 南湖沃土育新机

“南湖区发展低空经济,既有‘先天禀赋’,又有‘后天努力’。”专访伊始,陈群伟便点明南湖区的核心竞争力。作为嘉兴市的主城区,南湖区总面积 439 平方公里,常住人口约 87.2 万人,2024 年地区生产总值达 1101 亿元,产业结构持续优化,为低空经济发展提供了坚实底盘。

从区位看,南湖区地处上海、杭州、苏州、宁波四大城市的“黄金十字中心”,是 G60 科创走廊的重要节点,沪杭高铁、沪昆高速等陆上交通动脉贯穿全域,毗邻嘉兴港,嘉兴南湖机场更可联动杭州萧山、上海虹桥等国际航空枢纽,形成“公铁水空”立体交通网络。“这种区位优势

势,让南湖区能够快速链接长三角低空经济资源,实现协同发展。”陈群伟说。

产业基础同样亮眼。南湖区积极打造“3221”现代化产业格局,聚力发展微电子、智能装备、高端新材料三大主导产业,低空经济、人工智能两大未来产业,集聚了一批高水平的科研机构和有竞争力的创新企业,成立于2022年的嘉兴南湖区路空协同立体交通产业研究院(以下简称“南湖院”)便是其中代表之一。

陈群伟表示,南湖院作为“路空一体”建设的主要支撑单位,为南湖区低空经济关键技术研发、标准制定和产业孵化提供了核心智力支撑。“南湖院的成立,让我们在低空经济赛道上起步开始就占据了优势。”

二、“南湖实践”:从基建到应用的低空突破

如今在南湖区,从跨城通勤到医疗救援,从城市治理到工地监管,“低空+”的多元场景正悄然改变着人们的日常生活与城市运转模式。

(一)硬件先行:低空基础设施建设加速推进

南湖区以“硬联通”与“软联通”协同推进低空基础设施建设。目前,由南湖院牵头编制的浙江省首个县域级低空空域规划《南湖区低空空域管制区与航路航线规划》已顺利完成;重点商圈、嘉兴市南湖区园区、景区、医疗机构等建成52个起降点(含直升机起降点),构建“空中通道+地面节点”网络;总投资3.5亿元的长三角首个eVTOL无人机全场景测试中心正加快推进,可模拟极端气象,预计缩短飞行器适航周期50%。“今年3月,长三角核心区首条连接上海浦东、嘉兴南湖、苏州金鸡湖三地的低空交通环线正式开通。”陈群伟补充道。

(二)场景融合:“低空+”赋能民生产业

应急救援领域,建成“血站—三甲医院—乡镇卫生院—村卫生室”立体空中医疗配送网络,11条常态化航线累计飞行超5.1万公里,实现急救物资“30分钟送达”。南湖新区“低空+城市治理”项目是全省单个镇(街道)中涉及部门和场景最广泛的项目,提升了治理的精准度。在农业植保领域,凤桥镇万亩良田通过无人机植保,效率提升5倍、农药减量30%,助力乡村振兴。

(三)产业集聚:全链条企业加速落地

通过精准招商与内生培育,南湖区已集聚中创航空、隆通智能等企业,覆盖研发设计、核心零部件、整机制造。今年10月,惠达科技重载多旋翼无人机产业基地落户,达产后年产值将破15亿元;韩国韩菱液氢动力无人机项目及基金签约落户南湖高新区,总投资20亿元,将建生产基地并设氢能产业并购基金。“这些项目,特别是氢能动力无人机等前沿技术,将有力带动上下游产业集聚,助力打造具有区域竞争力的低空经济产业集群。”陈群伟强调。

(四)科教支撑:创新人才双向驱动

依托南湖院、浙江清华长三角研究院、南湖实验室等,构建从研发、中试到产业化的全链条创新体系。2024年,“城乡无人机运输和城市出行与物流服务自动驾驶先导应用”入选交通运输部第二批智能交通先导应用试点。

依托该试点,已产出专利54项、软著39项、标准11项。人才培养上,南湖院与中国民航大学等高校共建研究生联合培养基地,深化产学研协同育人机制;同时,培养无人机飞手,为产业可持续发展提供了坚实的人才支撑。

“下一步,南湖区将沿着‘路空一体’这一发展方向,从‘建生态、强产业、拓应用、优环境’四个方面持续发力,全力打造低空经济发展的‘南湖模式’,更好地推动区域经济发展,助力乡村振兴,提升人民群众的幸福感和满足感。”面对未来发展,陈群伟充满了信心。

从长三角腹地的产业沃土,到“路空一体”的实践探索,南湖区正以低空经济为笔,书写区域高质量发展的新篇章。在这里,科技创新的高度与民生服务的温度交织,一幅“立体融合”的城市发展图景正徐徐展开。

第二章 技术创新

飞行汽车： 开启路空一体新纪元

清华大学车辆与运载学院 张扬军 赵露
南湖路空协同立体交通产业研究院 郑华

低空经济的本质是立体经济,其发展的高级阶段以交通级飞行汽车为核心载体。“路空一体”作为低空经济发展的关键战略方向,是实现空域资源化与交通结构系统性升级的主赛道。作为面向路空一体的低空交通工具,飞行汽车凭借电动垂直起降等核心技术特征,将有效推动“路空一体”三维交通新格局的形成,并成为衔接地面路网与低空路径的关键载体。

飞行汽车不仅是交通工具的形态创新,更是低空经济与公路交通协同发展的重要纽带。作为路空一体体系中的核心交通工具,其空中飞行能力与多样化的地面适配特性,将推动低空与地面交通在设施规划、运行管控与系统治理层面的深度融合,从而成为低空经济赋能公路交通、推动“路空一体”交通新纪元到来的集中体现与关键驱动力。

一、低空经济:驱动公路交通升维的战略空域

低空经济是以低空飞行活动为牵引的综合经济形态,其深度融合了高端制造、运营服务与数字技术,推动地面交通系统及其关联产业向三维空间拓展,是培育交通领域新质生产力的重要途径。

低空经济主要由装备制造、基础设施、商业化运营及飞行保障与数据服务四大关键板块

构成,形成协同发展的产业生态。其中,装备制造作为技术基础,涵盖飞行汽车整机、飞控系统与动力系统;基础设施包括起降场站与能源网络,构成物理支撑体系,并与现有交通枢纽实现无缝衔接;商业化运营实现经济价值转化,覆盖城市通勤、城际交通与物流配送等多类场景;飞行保障与数据服务则进一步延伸产业链条,形成完整服务闭环。这四大板块共同构建低空经济发展的系统架构。

低空经济在技术上呈现清晰的演进路径:从消费级无人机、工业级无人机,逐步发展至交通级飞行汽车,技术集成度与产业带动能力持续增强。当前,交通级飞行汽车已成为战略焦点,预计在“十五五”期间实现关键技术突破,“十六五”期间有望步入规模化发展阶段。

飞行汽车作为低空交通系统的核心载体与路空一体的关键接口,有效融合公路网络的覆盖广度与低空飞行的效率优势,突破平面路网的物理限制,显著提升通行效率,并催生新型服务模式与经济增长点。

路空一体代表公路交通的未来演进方向,其核心在于通过基础设施与交通管理的系统协同,推动公路网络从二维平面向三维立体化跃升,构建高效互联的三维立体交通体系。未来应重点围绕空域管理、起降设施与法规标准等方面构建支撑体系,促进低空经济与公路交通的深度融合。

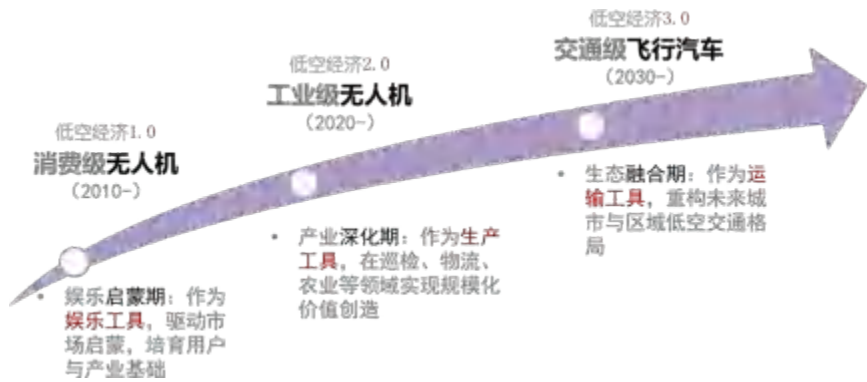


图2-1 低空经济三阶段演进路径

二、飞行汽车:构建路空一体的关键载体

飞行汽车是 21 世纪电动化与智能化技术驱动下产生的面向路空一体交通的新型低空载运工具,以电动垂直起降(eVTOL)与智能飞控为核心技术,正逐步从概念探索迈向产业化阶段。作为连接公路网络与低空网络的物理接口,它既是航空技术大众化应用的重要突破,也是汽车产业向立体化升级的战略方向。飞行汽车融合航空安全标准、汽车规模制造优势与新

一代信息通信技术,构成路空一体化交通体系的关键支撑。

目前,飞行汽车的研发呈现多元技术路径并行的态势:

1、航空制造企业主要遵循“机械航空电动化”路径,依托成熟的飞行器设计经验推进动力系统电动化革新;

2、汽车企业推动“新能源汽车立体化”路径,充分利用电动汽车产业链基础,深度复用“三电”系统与智能驾驶技术,可实现约 70% ~ 80% 的产业链协同;

3、科技创新企业则引领“无人机交通化”路径,基于飞控技术与集群管理经验,采用快速迭代的开发模式推动产品创新。

上述路径在中国的实践中相互融合,呈现出“航空标准+汽车产业链”的独特发展范式,核心目标在于实现汽车级制造效率与航规级安全要求的统一。

飞行汽车主要呈现三种产品形态,分别对应路空一体从起步到成熟的三个发展阶段:

1、纯飞式(eVTOL)-节点衔接阶段(发展初期)

纯飞行式飞行汽车依托专用垂直起降场,实现路空系统的物理节点对接。通过将起降场与公路枢纽(如高铁站、高速服务区、城市核心区)结合,构建点对点低空航线,初步连接地面节点与低空网络,旨在突破特定通道的运输效率瓶颈,标志着路空一体化进程的启动。

2、分体式-网络协同阶段(发展中期)

分体式飞行汽车采用模块化设计,实现飞行平台与任务舱体的分离。该形态推动路空系统从节点衔接向网络协同演进,建立“门到门”连续出行体系。在此阶段,地面交通承担客货集散与末端配送,飞行平台负责区域快速干线运输,两者在调度、能源与信息层面深度融合,形成区域性立体交通网络。

3、两栖式-立体融合阶段(发展远期)

陆空两栖式飞行汽车作为远期技术集成形态,通过突破性结构设计打破公路与空域的物理界限。其普及应用代表路空一体进入“基础设施立体融合”高级阶段,实现“道路空中化”。该形态支持在普通道路上起降并融入车流,显著降低低空交通使用门槛,推动形成全域覆盖、按需使用的三维交通体系。

这三种形态及其对应的阶段,共同确立了飞行汽车作为连接公路与低空网络的接口主体与功能核心,构成了推动公路交通由传统地面运输网络逐步升级为支撑三维立体出行的基础设施平台与服务走廊的完整路径。



图 2-2 纯飞式飞行汽车示意图



图 2-3 分体式飞行汽车

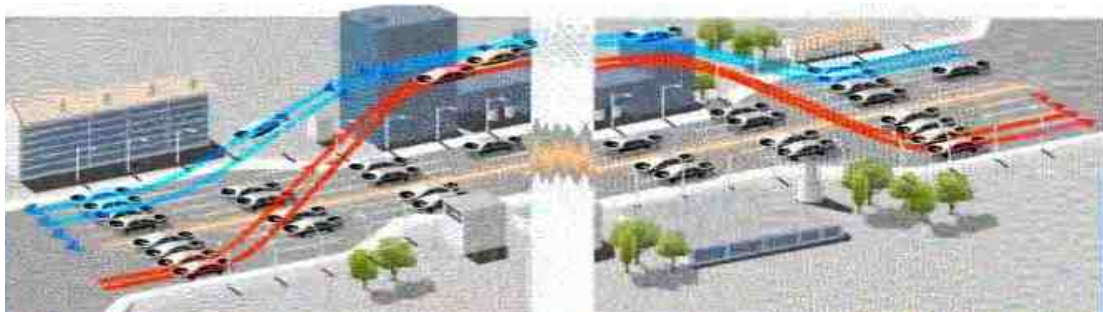


图 2-4 陆空两栖式飞行汽车示意图

三、攻坚与示范:培育低空新质生产力的实践探索

飞行汽车要实现从概念验证到产业化的实质性跨越,需系统攻克三大核心挑战:在安全性方面,必须建立全新的适航审定标准体系,以满足航空级可靠性要求;在实用性层面,需实现有效载荷不低于 100 公斤、航程不低于 100 公里的基本运营门槛;在普及性方面,则需依托全自动智能驾驶系统,显著降低用户操作复杂度,为规模化应用奠定基础。

从系统架构看,纯飞式、分体式与两栖式飞行汽车均可划分为飞行平台与任务舱体。飞行平台作为核心,集成了新能源动力与智能交通这两大共性关键技术,承担能源供给与飞行控制等基础功能。

在新能源动力技术攻坚方面,应以涡轮电力技术为核心平台,统筹纯电、混电、氢电三类技术路径,构建适用于低空场景的先进动力技术体系,重点解决飞行器在起降性能、续航能力与环保属性方面的基础问题。通过“航规引领、车链支撑、适航前置”的发展路径,以航空级标准牵引整机设计,依托新能源汽车产业链实现低成本制造,并将适航要求贯穿研发

全过程,推动动力系统从技术突破迈向产业化应用,最终实现高性能、低成本与高安全性的统一。

在智能交通技术验证方面,应融合智能驾驶、集群控制与空地协同等关键技术,遵循“安全可控-载物先行-特定载人-大众普及”的推进逻辑,在沿江、沿路、沿海等重点区域布局示范航线,构建“三维交通黄金走廊”。同步推进“场景教育-价格普惠-安全信任-模式复制”的培育策略,以场景验证牵引技术迭代,逐步构建可持续的商业模式,为产业应用奠定基础。

“新能源动力攻关”与“智能交通验证”共同构成飞行汽车发展的双轮驱动路径。前者是赋能公路交通的基础支撑,保障飞行汽车具备安全、高效与经济的运行能力;后者是实现技术落地与系统融合的关键桥梁,通过在真实场景中验证飞行汽车与公路枢纽的协同机制、路空一体化管理规则及商业闭环,将技术潜力转化为产业能力,推动整个公路交通体系实现立体化升级。



图2-5 飞行汽车两大共性关键技术群

目前,清华大学以跨院系“特种动力团队”与国际化“智能交通团队”为基础,联合行业优势力量,致力于打造该领域的国家战略科技力量。通过聚焦技术突破与场景验证,飞行汽车将逐步实现从示范运行到规模化运营的跨越,从而为未来的产业应用与交通体系升级奠定基础,推动“路空一体”三维交通格局加快形成。

回顾发展历程,我们正站在一个历史性关口:交通体系即将迎来从单一地面路网向“路空一体”三维网络的深刻变革,一个全新的交通纪元呼之欲出。飞行汽车作为面向路空一体的低空交通工具,有效拓展了公路交通的服务维度,将其覆盖范围从地面网络系统延伸至低空交通空间。

面向未来,构建高效协同的三维立体交通网络是一项长期而复杂的系统工程。其实现既依赖于动力、载具等技术的持续突破,更需依托前瞻的产业布局、统一的运行标准与开放的创新生态。上所述,低空经济的立体化本质、飞行汽车作为路空一体交通工具的核心功能,以及

路空一体对公路交通的结构性升维作用,共同构成了未来立体交通发展的核心逻辑。推动“路空一体”从战略构想走向规模化实践,这不仅将开拓经济社会高质量发展的全新增长空间,更意味着一个高效、立体、智能的交通新纪元正式到来。

数据轻量化与超算技术 在“路空一体”智慧公路管理中的应用研究

交通信息融合与系统控制工业和信息化部重点实验室 徐永能 曹俊 茆佳能

交通运输业正朝着主动、数据驱动的现代化立体交通体系转型。无人机等低空飞行平台搭载多种传感器,极大提升了公路基础设施感知精度,但这也导致了目前难以处理的高流量、高精度流式数据的产生,使得构造高保真度数字孪生公路系统变得棘手。

实现公路交通全链条集成化的高保真智慧系统,关键在于突破数据瓶颈。如,江苏沿江高速、广州公路管理部门的实践表明,“数据轻量化”与“超算应用”的深度融合,正是推进智慧化建设的重要突破口。

一、低空经济赋能公路智慧化管理的内在逻辑

公路智慧化管理致力于构建与物理世界实时同步的高保真数字孪生体,推动管理模式由“被动响应”转变为“主动预警”,由“经验决策”转变为“数据驱动”。

无人机作为“空中感官”,具备强大的三维视角和全方位观测能力,突破了传统二维监测手段的局限。依托公路网这一线性走廊及地面保障设施,“路空一体”架构使无人机深度融入公路场景,形成纵深化、立体化的管理布局,为公路管理模式变革提供关键数据支撑。

然而,随着低空感知能力的指数级提升,数据量也呈现爆炸式增长,数据在传输、存储、计算等环节均面临挑战,导致现有系统多表现为延迟较高的三维可视化平台,难以实现真正意义上的实时交互智慧系统。

二、数据轻量化与超算：公路智慧管理的技术基石

(一)数据轻量化:构建高效的数据传输管道

数据轻量化是破解传输与存储瓶颈的关键所在。它不同于传统视频压缩,而是基于图像纹理和梯度特征的轻载视频图片编码优化技术。其核心在于,在满足执法原始性与真实性需求的前提下,对视频图像帧内及帧间的无效冗余信息进行整合,实现高效“编码”而非简单的“压缩”,其关键优势体现在高效降载、高保真度以及高兼容性。

(二)超算应用:驱动虚拟世界的仿真与决策引擎

若将数据轻量化视为系统的“数据管道”,那么超算技术则扮演着系统的“中央处理器”角色。超算技术主要从四个维度为系统赋能:海量数据的融合管理、高精度模型的迭代更新、复杂算法的训练推理,以及大规模仿真推演及决策支撑。

(三)技术协同:1+1>2 的倍增效应

数据轻量化与超算应用协作形成“智能进化闭环”。超算训练AI模型需要大量数据,而原始数据全量传输成本高昂。数据轻量化技术提供规模可控、信息丰富的输入;超算将数据训练成先进算法模型后下派至前端设备,增强源头信息提炼能力,减轻后台负担。“采集-轻量化-超算训练-模型下发-智能采集”的闭环,推动系统持续进化。



图2-6 数据轻量化效果对比图

数据轻量化技术与传统压缩技术性能对比 表 2-1

性能指标	传统压缩技术	数据轻量化技术
码率降低效果	显著,但以牺牲画质为代价	在保持图像参数和画质不变的前提下,码率降低至 12.5% ~ 25%
图像信噪比(PSNR)	通常低于 37dB,画质有明显损失	可达 43.9dB,画质几乎无损
原始格式保留	否,通常转为私有格式,需专用解码	是,与 H.264/H.265 等原始格式一致
分辨率 / 帧率保留	否,常通过降低分辨率或帧率实现	是,保持与源视频一致
部署架构	前后端串联部署,增加系统风险点	前端或后端旁路部署,不影响原系统稳定性
硬件处理单元	GPU	CPU
是否符合取证要求	不确定	符合

三、浙江应用实践:智护高速,极速响应

以浙江省 G4012 溧宁高速淳安段试点项目为例,该技术范式在具体业务中取得显著成效。

(一)高速公路边坡灾害智能监测与预警

构建“地空一体”立体化监测体系。地面设备发现异常后,系统自动调度无人机进行三维激光扫描;通过数据轻量化技术实现海量点云和影像快速回传;利用超算完成数据融合分析、三维建模及稳定性仿真。监测覆盖率从 20% 提升至 95%,预警提前量从 2 小时提升至 6 小时,单次巡检成本下降 55%。

(二)高速公路应急勘察与快速响应

沿线建立无人机全自动机巢,事件发生后 5 分钟内抵达现场,通过数据轻量化稳定回传高清视频流。超算平台融合多源信息,生成“一张图”,通过算法提供处置措施建议,构建“5 分钟应急响应圈”。

(三)应急预案动态优化与仿真推演

将预案“植入”智慧管理系统,可用超算实现“超级推演沙盘”。该沙盘不仅能够利用先进的数据处理技术分析无人机实景演练数据,还能执行高达万次的“what-if”虚拟仿真推演,以

优化决策和提高任务规划效率。此外,系统可通过机器学习识别预案缺陷,智能生成优化建议,使预案从静态文本转变为动态智能决策模型。



图2-7 数据轻量化与超算技术在高速公路场景的应用

四、数算融合,智启未来

低空经济为公路管理带来机遇的同时,也因数据量过大形成制约。“数据轻量化+超算应用”的协同范式是解决海量数据问题、促进智能管理发展的关键。数据轻量化构建了物理世界与数字世界的高效连接,超算应用则提供了强劲的算力支撑。

展望未来,随着多源数据集成与AI决策能力提升,智慧系统将从“决策支持”向“闭环控制”演进,从单一道路应用扩展到区域路网,最终形成“国家公路大脑”,推动“路空一体”综合立体交通网建设。

以数据为要素,以算力为驱动, 打造路空一体产业平台

——迈向以端到端大模型为核心的路空一体区域实践方案

中航信云数据有限公司 王晓蕾

当前,端到端大模型在自动驾驶领域的突破,推动路空一体产业进入新发展阶段。将海量路空数据转化为关键生产要素,借助算力炼化为“交通大脑”,这成为实现地面交通与低空经济深度融合的关键。

一、顶层设计:南湖院的行业引领优势

南湖院作为交通运输领域的重要科研机构,构建路空协同技术体系框架,牵头制定多项行业标准,在智能网联、低空交通、数据融合等领域开展技术攻关,自主研发的“路空灵境”平台已实现13条低空航线的数字化管理与智能调度。

二、数据要素:构筑路空一体平台的基石与血脉

对于南湖院而言,构建平台的数据基石,关键在于激活、整合及融合多维数据资源,进而打造全域高质量数据集。

(一)全域数据的采集:为大模型提供高质量养料

南湖院依托“南数湾”产业与制度优势,能够系统性地采集多源标准化数据:一是“路”侧数据,包括智能网联汽车轨迹与状态信息、道路基础设施运行数据、路侧感知设备的全息交通流数据;二是“空”侧数据,涵盖无人机物流飞控数据、电动垂直起降飞行器(eVTOL)试运行数据,融合多光谱卫星遥感数据;三是中国航信入驻南湖院,也为民航数据融合带来了可能性。三者深度融合,将形成“车-路-空-管”全链条实时数据湖,为交通大模型提供高质量训练数据。

(二)数据价值的释放:驱动自动驾驶范式革命

原始数据需结合“端到端大模型”释放价值。端到端大模型直接输入传感器数据、输出驾驶动作,实现感知到决策的飞跃。在路空一体平台中,融合低空与地面数据的模型,可具备三维空间环境理解能力,推动交通系统从“规则驱动”迈向“智能涌现”。

三、算力驱动:炼就路空一体“大脑”的核心引擎

面对端到端大模型训练所需的巨量计算资源,算力已从支撑性角色跃升为决定路空一体平台成败的关键战略性资源。南湖区依托中国航信云数据中心的强大算力,具备了打造这一“超级大脑”的核心优势。

(一)集中算力攻坚大模型训练

端到端大模型训练需巨量算力,中国航信云数据中心可构建路空一体大模型专属的高性能计算集群,利用南湖区百PB级路空数据进行深度学习,完成基础大模型的预训练与微调。通过与多行业领先企业的合作,中国航信可以提升模型的分析精度,确保模型在路空协同决策能力上的高成熟度,最终产出平台最核心的资产—一个具备路空协同决策能力的、高成熟度的“路空一体交通大模型”。

(二)“云-边-端”协同的智能决策体系

在实际应用中,路空一体平台的决策需要“云-边-端”多层次算力的高效协同。

——在云端,中国航信的算力集群作为“中枢大脑”,负责处理最复杂的全局优化问题。

——在边缘侧,南湖区已建成节点数据中心27个,作为“区域神经中枢”,负责处理高实时性任务。

——在终端侧,自动驾驶车辆和无人机依托车载芯片进行毫秒级的本地感知与决策,确保基本安全。

这种协同体系实现了算力资源的最优配置,既能保证系统的整体智能,也确保了局部响应的即时与可靠。

四、实践路径:三阶演进,智绘蓝图

在前述构想的基础上,南湖区可制定出一条明确的三阶段实践路径。

(一)第一阶段:筑基与协同(近期:1~2年)

打通数据链,构建基础模型,并开展闭环测试。

——数据汇聚:依托“南数湾”数据产业公共服务平台,优先完成区内主要道路的智能网联化改造。

——算力建设:在中国航信云数据中心内规划并部署面向大模型训练的高性能计算集群,初期可优先采用国产化算力方案。



——场景选择:选取亚太路科创带-梅花洲景区等固定路线,作为首批自动驾驶巴士与无人机物流协同的示范场景,在此有限范围内开始数据采集与基础模型训练。

(二)第二阶段:融合与示范(中期:2~4年)

验证端到端大模型能力,并拓展商业化应用。

——模型迭代:在中国航信算力底座上对“路空一体交通大模型”进行高强度迭代训练,使其初步具备路空一体协同调度的能力。

——平台运营:升级“路空灵境”平台,集成大模型决策引擎。

(三)第三阶段:拓展与赋能(远期:4年以上)

实现平台自我进化,并输出能力与标准。

——自我进化:平台形成“数据-模型-应用-新数据”的自动迭代闭环,使系统智能水平持续自主提升。

——模式输出:将南湖区验证成功的“数据-算力-平台”一体化解决方案,向长三角乃至全国进行技术和标准输出。

——生态繁荣:全面开放平台API,鼓励开发者创新应用,最终形成涵盖载人交通、物流配送等繁荣产业生态,使区域成为全国路空一体产业发展的高地。

四、数算赋能,智启新篇

拥抱智变,共创路空一体新篇章以数据为要素、以算力为驱动,打造以端到端大模型为核心的路空一体产业平台,是南湖区抢占新质生产力制高点的关键路径。

依托南湖院、中国航信云数据中心及“南数湾”基础,沿“筑基-融合-拓展”路径推进,不仅能赋能区域经济发展,而且将形成低空经济与公路发展融合的全局先行实践方案,推动立体智慧交通体系建设。

路空一体新基建: 基于高速公路光纤网的低空经济发展路径

中交信通网络科技有限公司董事长 江亮

在当前数字交通与低空经济融合发展的战略机遇下,高速公路光纤网依托其独特的基础设施优势,正成为推动高速公路场景下低空经济发展的重要支撑。通过沿线部署无线节点与算力资源,可构建低空专用通信系统,服务于无人机物流、巡检等场景。

同时,服务区、收费站等设施可改造为起降与管控节点,实现基础设施集约利用,形成高效的路空协同服务模式,助力公路系统向支撑地面与低空飞行的复合型基础设施转型升级。

一、高速公路光纤网成为低空经济的通信大动脉

作为国家数字交通的关键基础设施,全国高速公路光纤网已建成总里程达4.2万公里的骨干网络,覆盖30个省(区、市)及239个重点城市,采用96芯大容量光缆,构建起贯通南北、连接东西的高速信息通道。

作为国家数字交通的关键基础设施,全国高速公路光纤网已建成总里程达4.2万公里的骨干网络,覆盖30个省(区、市)及239个重点城市,采用96芯大容量光缆,构建起贯通南北、连接东西的高速信息通道。《数字交通“十四五”发展规划》明确其行业骨干网地位,标志着该

网络已成为支撑低空经济发展的重要通信基石。

全国高速公路光纤网凭借其大带宽、低时延、高可靠、高安全的技术优势,成为推动低空经济发展的通信基础设施。

一是空间复用,光缆与公路同步铺设,实现设施深度融合,保障连续覆盖,避免重复建设;二是超大容量,采用 96 芯光缆,提供 Tbps 级带宽,满足高清视频、三维模型等大数据传输需求;三是传输高效,信号以近光速传输,结合最短路径拓扑,为无人机精准控制提供低时延保障;四是可靠稳定,通过“环形+网状”混合组网,利用确定性网络技术,实现毫秒级故障自动倒换,确保业务连续性;五是安全专属,采用波道级硬管道技术,为关键业务建立物理隔离的“安全走廊”,杜绝数据泄露与干扰风险。

这五大核心优势共同构建支撑低空经济发展的光纤通信基础设施体系,为无人机物流、低空巡检等应用场景提供高质量的通信保障。该体系以高速公路光纤网络为主线,推动路空一体化新型基础设施建设。

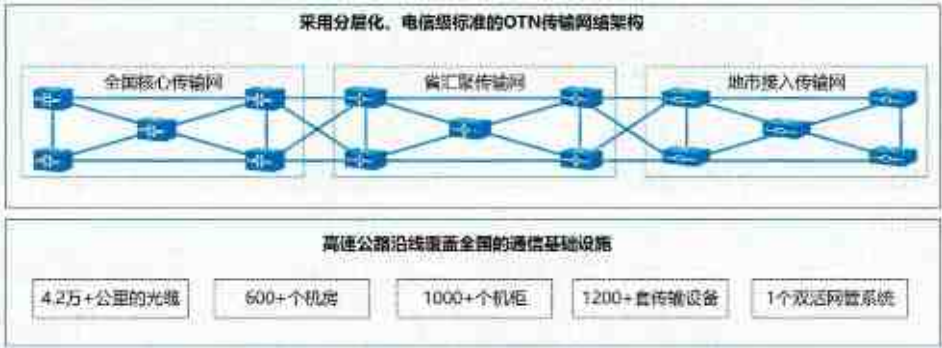


图2-8 全国高速公路光纤网



图2-9 基于高速公路光纤网的可信数据空间

二、可信数据空间成为低空经济的数据流通设施

基于高速公路光纤网络,整合沿线服务区、收费站等机房的分布式计算资源,构建集约化算力平台,深度融合区块链、隐私计算与标识解析三大关键技术,打造面向低空经济的可信数据空间,形成“网络+算力+安全”一体化的低空数字基础设施。

通过区块链技术实现分布式账本建立不可篡改的飞行数据档案,智能合约将空域审批时间大幅压缩至分钟级;隐私计算技术通过安全多方计算实现航线协同优化,联邦学习框架使企业数据不出域即可共同训练风险模型;标识解析系统为无人机分配全球唯一数字身份,实现跨系统身份互认。三大技术共同构建涵盖数据可信、安全流通、数字身份的低空经济完整技术支撑体系。

这种基于高速公路光纤网的可信数据空间架构,不仅保障数据真实性与可靠性,更通过隐私计算技术实现“数据可用不可见”的安全协同机制,为低空经济安全合规与高效协同提供核心支撑。

三、高速公路成为跨域低空经济的天然战略载体

高速公路以其线性延展特征与低空飞行廊道高度契合,为低空经济发展提供了理想的物理空间。其沿线服务区、收费站等配套设施,经改造即可成为飞行器的起降点、充电站与控制节点,大幅降低新增设施成本。

同时,高速公路相对封闭的管理环境为低空飞行提供了天然安全屏障,借助现有监控系统可实现飞行区域精准管控。其连接城乡的廊道效应,更使其成为无人机物流、应急救援等广域覆盖场景延伸的理想通道。这种“物理空间+管控能力”的双重优势,让高速公路成为推动低空经济规模化发展的优质平台。

四、建设分层架构的路空一体数字底座

基于高速公路光纤网的低空经济系统采用分层架构设计,构建从感知、传输到决策的完整闭环。感知层通过沿线部署雷达、摄像头等设备,实现低空目标全域实时感知;网络层采用“无线接入+光纤回传”融合组网,构建高可靠、低时延的通信通道;平台层作为智慧中枢,统一处理空域审批、资源分配与飞行监控,实现空域高效调配与全程可控。

这一协同联动架构实现了低空运营的集约化与智能化,为“路空一体”新型交通生态提供

坚实技术支撑。

五、高速公路资源整合新发展模式

为构建低空经济通信基础设施体系,依托全国高速公路光纤网具有显著优势。通过整合各省通信资源,以市场化、集约化方式引入交投资本,可形成专业化、规模化发展新业态,利用统一标准,统一运营,统一管控的运营模式,充分发挥交通网络的基础支撑作用。

利用已建成的公路沿线资源部署网络,可快速形成覆盖全国主要经济区的低空通信能力,大幅降低建设成本。在应用方面,该体系可直接服务无人机物流,并推广至农业植保、电力巡检等场景,特别是在山区和偏远地区,依托光纤网可实现可靠的超视距飞行作业。这一基础设施模式具备强大扩展性,未来可平滑升级支持城市空中交通、应急救援等复杂需求。

“路空一体”视角下 大型固定翼无人运输机发展路径

四川星途领航商用飞机有限责任公司总经理 孙延杨

供图/星途领航经营管理部

当前,我国物流业正处在迈向高质量发展的关键阶段,面临着进一步提升物流网络承载能力、优化支线运输效率、探索基础设施建设新模式等重要挑战。有效应对这些挑战,将为应急保障、农村电商、高端冷链等新兴领域的蓬勃发展提供更坚实有力的支撑。

低空经济,特别是无人机物流的应用,正在重塑物流运输的格局。利用无人机等飞行器进行货物运输,不仅打破了传统地面物流的限制,还以更快的速度和更便捷的方式,有效地实现了城市间以及城乡间的货物传递。

可以说,低空物流正在推动物流体系从传统的“平面流通”向更高效的“立体协同”模式转变。

要实现真正的“立体协同”,关键在于构建融合地面路网与空中航路网的“路空一体”体系。该体系要求基础设施、运载工具、运营管理模式乃至法规标准进行系统性协同,让货物能够根据需求,在公路平面与空中立体两种模式间高效切换。

在这一体系中,大型固定翼无人运输机作为核心载体,承担着实现路空高效衔接的重要任务。因此,对其进行系统性研究不仅是应对当下物流挑战的必然选择,更是构建现代化综合立体交通网的战略性举措。



图2-10 大型模块化商用无人机更换货舱

一、何为路空一体大型无人运输机？

路空一体大型无人运输机代表着一类深度融合于国家综合立体交通网的新型智能运载单元,兼具高效飞行能力与路空无缝衔接特性。

该机型需恪守“安全、高效、通用”的核心设计理念:采用多发动机与系统冗余配置保障运行安全;模块化货舱设计可快速适配多样货物;充沛的电力供应满足冷链等高端物流需求;携带1.5吨货物时要求航程超过1500公里以满足支线运输多种场景。

其革命性突破在于货舱设计遵循多式联运愿景,实现了“无人机卸货舱、货车接货舱”的极速转运;可依托现有基础设施,编织出覆盖面积广阔的低空物流网络;通过一体化智慧平台,与无人车、无人仓协同运作,共同构成“干线-支线-末端”全链路高效运输体系。

二、路空一体大型无人运输机如何为低空经济开辟通关路径

一是提升规划协同效能。当前,部分地区在推进低空经济建设时更多聚焦于起降场地与飞行器,未来可进一步加强对路空协同内在逻辑的理解与融合。路空一体大型无人运输机以其明确的起降需求、空域使用规范和运行标准为基础,有助于推动地方规划实现从“单点布局”到“网络协同”的升级,促进起降场地与公路集疏运体系形成紧密衔接。

二是提高综合运输效率。目前,“低空+物流”示范项目已在单点飞行等方面取得初步成

果,未来可进一步推动空中运输与地面配送网络的深度融合,提升全流程运输效益。路空一体大型固定翼无人运输机通过模块化货舱实现与地面无人车、自动化分拣中心的高效对接,构建“空中快线+地面接力”的端到端运营体系,为形成具备经济性的联运模式提供支撑。

三是推动标准体系建设。当前各地在起降点建设、空域审批和运输模式等方面已开展积极探索,为建立统一规范积累了宝贵经验。路空一体大型无人运输机的常态化跨区域运行,将促进无人机飞行审批流程和货物运输标准的完善与统一,为产业规模化发展营造更加规范的制度环境。

三、发展模式:以共用、多能、协同构建无人运输体系

一是基建共用。充分利用已有基础设施,低成本建设低空物流站点,是构建低空物流网络的最优方案。该方案可显著降低专用机场建设投入,实现“下了飞机上货车”的无缝衔接。

二是一机多能。通过模块化货舱技术,同一无人机平台能够灵活适配普通货物、冷链、应急物资等不同运输需求。研发高可靠性、标准化的机械与电气接口,建立模块化货舱专用适航标准,构建多构型下的飞控策略。

三是开放协同。大型无人运输机需深度融入现有物流体系,在物理接口、数据协议、作业流程等层面主动兼容既有标准,参与构建统一的“干线-支线-末端”三级联运标准体系。通过典型区域和场景开展常态化试点,系统验证技术路线的可行性与商业模式。



图2-11 2025年8月5日,大型模块化商用无人机(D18无人机)实现首飞

四、展望路空一体的智慧物流未来

低空经济正为公路交通注入新动能,推动物流体系向“立体协同”跃升。以大型固定翼无人运输机为核心构建路空一体体系,是突破传统物流瓶颈的战略支点。

未来需要通过试点,在真实的运营环境中,让无人机带着货物安全、合规地先飞起来,实现“技术验证 - 商业探索 - 制度创新”的闭环。重点推动模块化、标准化的运输体系,完善模块化货舱快速换装标准,实现“一机多能、一舱多用”。最终构建以立法保障为支撑、标准体系为基础、产业创新为动力、金融机制为保障的全新物流生态。

路空一体的智慧物流新时代将重新定义货物运输的时空边界,为交通强国建设注入强劲动能。

低空破局： 地理信息融合或为关键引擎

长安大学运输工程学院 王建伟 王惠民

低空经济作为国家战略性新兴产业,正处于从概念探索迈向规模化发展的关键阶段。

作为现代综合交通运输体系的重要组成部分,低空经济涵盖城市空中交通、无人机物流、农林植保、应急救援等多维应用场景,其健康发展亟须建立完善的技术支撑体系。在这一背景下,地理信息技术正从传统的基础支撑角色转型升级为低空经济建设的核心要素。

一、理论基础

低空经济与地理信息的融合是基于内在需求的深度耦合,主要体现在四个方面:

地理信息是低空飞行安全的基础支撑。高精度三维模型和实时地形数据为航线规划与障碍物规避提供关键依据,保障飞行器在复杂环境中的安全运行。

地理信息是低空空域管理的技术中枢。借助地理信息系统构建网格化、数字化的空域管理体系,可实现空域资源的动态分配与高效利用,支撑未来高密度飞行需求。

地理信息是低空运营效率的提升引擎。基于地理信息的智能算法能综合地形、气象、禁飞区等约束,为物流配送等应用提供最优路径方案,提升运行效率。

地理信息是低空应用创新的催化要素。在地理信息技术向实时化、智能化发展的推动下,低空经济应用场景将持续拓展和创新。

二、现实挑战

(一)技术层面的制约因素

当前地理信息数据在精度与现势性方面存在不足,难以满足无人机分米级、厘米级导航需求,也难以支撑低空环境的动态更新要求。动态要素(如临时航空器、突发气象)与静态地理要素的融合技术尚不成熟,难以形成统一的低空态势图。此外,面对海量异构地理空间数据,智能处理与分析能力仍较为滞后,自动化提取与模拟推演能力有限。

(二)标准体系的缺失问题

地理信息数据在坐标系、格式、语义等方面标准不一,导致“数据孤岛”现象突出,制约了数据在低空管理平台中的操作与共享。服务接口与通信协议缺乏统一规范,造成系统集成成本高、兼容性差。低空空域地理编码体系尚未建立,亦阻碍了空域资源的精细化管理和跨系统信息交互。

(三)协同机制的严重不足

产学研用链条衔接不畅,使得高校与科研院所所研发的算法模型常与实际应用场景脱节,用户需求未能有效传导至研发端,制约了技术创新的实际落地。同时,跨行业、跨部门协同机制不健全,地理信息数据分散在民航、自然资源、公安等多部门,缺乏有效共享与业务协同机制,导致数据整合难、管理统筹难,限制了整体效能提升。

三、推进路径

要破解低空经济与地理信息融合面临的挑战,必须构建“产学研用”一体化发展的良性生态系统,形成以市场需求为导向、技术创新为驱动、标准规范为保障,各方共赢的发展格局。

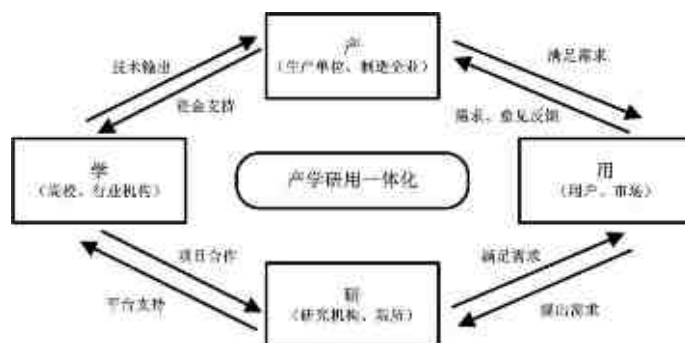


图2-12 产学研用一体化

(一)产业引领驱动应用落地

企业应开放真实低空运营场景,构建数据闭环机制,持续收集飞行轨迹、环境感知等信息,结合地理数据实现“应用-反馈-优化”迭代。同时推动企业联盟建设,促进数据接口与服务规范的标准化,引导行业规范发展。

(二)学术支撑推动理论创新

高校应开展低空地理信息建模、多源数据融合、智能路径规划等交叉学科研究,并改革课程体系,培养懂技术、通法规、会管理的复合型人才。加强与头部企业及研究机构共建创新平台,推动学术成果与产业需求对接,联合攻关关键技术。

(三)研究转化促进技术升级

专业研究机构应聚焦共性需求,研发高精度、低成本的地理信息采集处理平台,开发开源原型系统,推动技术扩散。同时牵头制定数据模型、服务接口、空域编码等标准规范,建立技术与产品验证中心,开展数据产品、定位模块及算法的可靠性与安全性评测。

(四)应用反馈定义价值尺度

用户应深度参与产品研发与标准制定,从业务逻辑出发提出需求,参与系统测试并提供反馈。积极探索地理信息服务在低空领域的可持续商业模式,如按飞行时长或数据用量计费的订阅服务。在城市管理、交通运输等领域开展创新应用试点,为完善政策提供实践依据。

低空经济与地理信息的融合是产业发展的必然趋势,这不仅是技术层面的升级,更是产业生态和治理模式的变革。

面对当前挑战,需要建立产学研用协同创新机制,构建开放协同产业生态。建议相关部门加强顶层设计,完善标准规范,促进跨部门协作,为低空经济健康发展创造良好环境。产业各方应把握发展机遇,加强技术创新和应用探索,共同推动我国低空经济实现高质量发展。

未来,应重点建设低空高精度地理信息基础设施,通过数字孪生、人工智能等技术实现低空交通的智能调度与管理,最终形成立体化、智能化的综合交通运输体系。

空地一体化协同 巡检关键技术与实践

北京航空航天大学杭州创新研究院 叶文婧 谢帅康

低空经济是国家战略性新兴产业,以无人机为代表的低空装备正成为推动传统行业数字化转型的新质生产力。在交通基础设施管理领域,传统的道路巡检模式长期面临效率瓶颈、安全风险与数据精度不足等多重挑战,局限性日益凸显。无人机凭借其独特的空中机动性、灵活的载荷适配性与快速响应能力,为构建“空地一体”的智慧巡检体系提供了关键技术路径。

在带状走廊与重点区域空地协同巡检场景下,北京航空航天大学杭州创新研究院(以下简称“杭州创新研究院”)经过多年技术攻关与工程实践,构建了多模态感知、智能研判与联动处置的闭环体系,其空地协同巡检关键技术体系与应用成效或将为空地一体化协同巡检领域的范式革新提供理论支撑与案例借鉴。

一、带状走廊日常养护巡检

道路日常养护是保障交通运输“动脉”安全畅通的基础。杭州创新研究院将无人机载荷技术与人工智能深度结合,打造了一套面向道路日常养护的智能化、数字化解决方案,实现了从“人眼巡查”到“AI智判”的根本性转变。

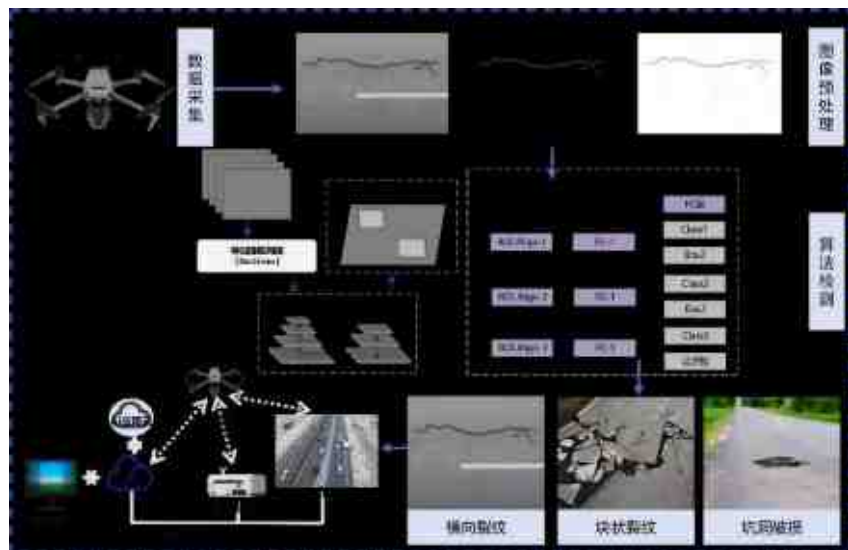


图2-13 带状走廊日常养护巡检关键技术示意图

将无人机作为统一的空中数据采集平台,杭州创新研究院通过挂载高精度光学相机、激光雷达、探照灯及超声波探伤仪等多种载荷,实现了对路面多维度数据的同步获取。为实现道路病害智能研判,还构建了大规模、多属性标注的病害数据集,采用深度学习框架训练道路病害智能识别AI模型,创新性地提出了多属性检测目标,使模型能同步识别病害部位、类型与严重程度。经测试验证,该模型综合识别精度达95%以上,主要功能包括路面病害识别与预警、道路路产巡逻与预警等。

二、道路落石边坡区段巡查

在道路基础设施养护中,落石边坡区段安全监测是重中之重。杭州创新研究院将低空无人机技术与高精度卫星定位技术深度融合,开创了一套针对道路落石边坡区域的高精度安全监测新范式。

通过将高精度GNSS接收器集成于无人机平台,并与布设在稳定区域的路侧基准站联动,杭州创新研究院构建了一个动态的高精度空间测量网络。该系统的核心技术在于GNSS表面位移监测,其测量精度可达水平方向 $\pm 2\text{mm}+1\text{ppm}$ 、高程方向 $\pm 4\text{mm}+1\text{ppm}$ 。

该系统通过在滑坡体等关键变形部位预设航点,设置无人机定期、自动飞抵点位,并利用差分定位技术精确采集其三维坐标(X,Y,Z)数据。通过分析连续监测周期内的坐标数据,即可精准获取结构物在三维空间中的位移量,进而分析其变形特征、滑动方向、速率及稳定性发展趋势,实现对边坡微观形变的精准测量。

三、空地协同道路交通事故处置

依托多种类无人机及载荷协同作业,杭州创新研究院研究团队构建了一套集感知、分析与处于一体的交通事故快处理方案,显著提升了交通事故的响应效率与处置精度。

通过部署多种类无人机并搭载高清可见光、热成像及多路通信传感器等载荷,亦构建了动态的低空感知层,与已有的高位视频监控网络相结合形成了“路空一体”的立体化监控与处置体系。主要功能包括交通违章快巡查、交通事故处置、交通应急救援、交通定点监控等。

四、重点区域空地一体化协同巡检

针对重点区域的联防巡检,杭州创新研究院构建了以数字孪生为底座的空地一体协同巡检框架,实现多源信息的同构表达与时空对齐,支撑重点区域全天候巡控与一体化指挥,形成了一套可复制运营的重点区域联防巡检新范式。

杭州奥体中心及周边5平方公里的数字孪生模型成功构建,汇聚多源异构数据,统一接入无人机、四足机器人与无人车等异构平台,支撑了重点区域多个无人系统全天候协同作业与应急指挥。

其中,无人机群承担低空巡检与高层立面监测,可实时识别高空坠物、交通拥堵等潜在风险;四足机器人依托多模态传感器完成地面障碍识别;无人船与无人机覆盖钱塘江奥体段日常巡航,持续监测可疑船只与水域污染并实现精准标记与回传。

围绕交通拥堵、火灾火情、人群聚集等事件,杭州创新研究院研发了数十类智能识别算法,平均识别误差不高于2.7%;设计跨域协同调度机制,完成信息共享、路径协同与动态任务分配,端到端通信延迟小于1秒。经过多次大型活动保障与常态化巡控场景验证,系统可稳定满足奥体区域的常规巡检需求,显著提升了该区域应急管理水平。

通过无人机多载荷协同、AI智能研判、高精度卫星定位与路空一体感知等技术的综合应用,杭州创新研究院有效突破了传统巡检在效率、安全与精度方面的瓶颈,初步实现了从地面主导到空地协同、从被动响应到主动预警、从经验驱动到数据驱动的运维管理模式变革。



图2-14 重点区域空地一体化协同巡检图

展望未来,低空经济在空地一体化协同巡检领域的深度发展仍面临诸多机遇与挑战。技术层面,需进一步突破无人机机群自主协同、多模态数据实时融合与轻量化边缘计算等关键技术。应用层面,亦须积极探索低空巡检数据与BIM、GIS及交通管理系统(TMS)的深度融合,构建覆盖基础设施全生命周期的数字孪生平台。【基金项目:浙江省“尖兵领雁+X”科技计划(2025C01053)】

基于多模态 AI 大模型的 立体交通全生命周期智慧巡检系统探索

云圣智能科技有限责任公司 陈方平 朱胜利

高速公路传统人工巡检存在耗时长、风险高、视角窄等局限。随着《公路“十四五”发展规划》明确提出大力推动公路基础设施数字化、智能化升级改造,云圣智能科技有限责任公司(以下简称“云圣智能”)以“低空+人工智能”为核心,打造了路空一体全自主无人机智慧巡检系统,为高速公路全生命周期管理提供了可落地的技术新路径。

一、从“人控”到“全自主”的无人化跃迁

为构建智慧立体交通体系,无人机技术正发挥关键作用。不过,传统无人机巡检依赖飞手操作,存在续航短、环境适应性弱、需人工更换电池与传感器等问题,难以支撑常态化运维,制约了立体交通的全面发展。

云圣智能自2017年成立以来,率先提出“工业无人机+全自动机场”理念并实现量产,创新推出无人机自动换电、换传技术,使无人机可在机场内自主更换电池与传感器,实现7×24小时无人值守巡检,彻底摆脱了对人工作业的依赖。

其所推出的全自主无人机巡检系统具备“机、网、云”一体化架构,支持集群化部署与多机协同作业,可沿高速公路线状布设,形成覆盖全路网的“空中感知神经元网络”。通过灵活调度模式,系统能够快速完成全域巡检,大幅提升巡检效率、信息采集速度及病害研判准确率。



图2-15 圣·宝莲灯全自主无人机巡检系统

二、从“单点感知”到“全域认知”跨越

多模态大模型是低空经济与智慧交通深度融合的核心驱动力,推动行业从“单点感知”迈向“全域认知”。它通过融合可见光、红外、激光点云、语音等多源数据,实现对交通场景的多维、动态、跨时空解析,构建起对物理世界的深度理解与推演能力。

在公路巡检与立体交通建设中,多模态大模型能够突破传统算法在复杂场景下的识别瓶颈,完成从“看见”到“读懂”的智能跃升,并打通“数据-认知-决策-控制”全链路,为路空一体协同提供统一的感知与决策支撑,推动交通系统向自适应、自演进、自治理方向演进。

依托自研的“AI悟空大脑”多模态大模型,云圣智能构建了异常与病害自动识别的“算法超市”,可根据高速公路不同场景加载相应算法,对无人机实时回传图像进行智能分析,实现桥下堆积物、边坡滑塌、沟渠堵塞、混凝土裂缝等多类病害的自动识别。

系统采用端边云协同架构,实现数据采集、处理与分析闭环。无人机端侧AI可在飞行中完成初步识别,数据回传后在云端深度研判,最终形成“采集-识别-预警-处置-反馈”的全流程智能管理,大幅提升巡检效率与响应速度。



图2-16 虎鲸·虎穴全自主无人机巡检系统

三、从建设到运营的全生命周期智慧守护

在高速公路全生命周期管理中,云圣智能全自主无人机巡检系统实现了建设期与运营期无缝衔接,成为提升运维效率的关键力量。

在建设期中,系统可对施工进度、安全、人员和设备资源进行管控,通过无人机AI自动识别未戴安全帽、设备乱放等违规行为并实时告警。

在运营期里,系统则承担起了基础设施巡查、车流监测、事故处理、桥梁检测等任务,助力实现道路运维的全方位管理。

在实现系统的网格化部署后,路巡员在办公室即可通过四维智慧全息操作系统一键下发任务。无人机从全自动机场自主起飞,按航线执行全域巡检,自动识别目标并生成报告,大幅

提升路面、桥梁、服务区等设施的巡检效率。

目前,该系统已在广东惠州至增城高速公路(以下简称“惠增高速”)、广西北投低空综合治理示范区首期项目、深中通道等项目中实现落地应用。

在惠增高速项目中,通过部署云圣智能“圣·宝莲灯”全自主无人机巡检系统,实现了约50公里施工路段的常态化智慧巡检与事件应急处置,有效支撑施工进度、安全与环境管理,打造了高速公路空地一体无人机巡检示范项目。

四、共筑交通互联网新业态

通过整合地面与低空资源,构建立体化交通网络,拓展低空经济应用,路空一体智慧交通体系的构建,无疑将推动“地面+空中”协同发展。

时值我国“十四五”与“十五五”交汇期,智慧交通从“单点智能”迈向“系统智能”,路空一体还需完善基础设施与技术体系支撑。云圣智能将持续深化“低空+AI”融合,推动全自主无人机系统与5G、物联网等技术协同,构建“航班化”管理的空中交通网络。

未来,云圣智能期待通过在交通沿线规模化部署全自动机场,形成覆盖全国的低空数据采集网,为交通运输网络提供实时精准的空中数据支撑,并拓展至应急救援、城市治理等领域,打造“低空经济+交通”融合新业态。

作为低空基础设施解决方案提供商,云圣智能以四维能力打造交通互联网信息高速路,为区域协同发展和低碳物流体系注入新动能,将持续助力交通运输行业智慧化升级。

低空经济重塑交通安全： 构建空地一体的立体防控新格局

交通运输部公路科学研究院道路交通安全研究中心 侯德藻

当一辆失控货车在山区高速引发追尾事故,传统路面巡查需要40分钟才能抵达现场,而搭载红外热像仪的无人机仅用8分钟便可完成现场勘查并回传高清画面—这一幕正在成为交通安全治理的新常态。

随着无人机、通用航空等技术的迅猛发展,低空经济正从概念走向现实,不仅成为经济转

型升级的新引擎,更以“空地一体”的创新模式,全方位重塑交通安全生态。从高速公路的智能巡检到城市道路的精准疏导,从突发事件的快速处置到全域风险的提前预警,低空经济正为建设更安全、更高效、更智能的现代交通体系注入强劲动能。

一、技术革新:从“地面单点”到“地空协同”的防控革命

低空经济的核心优势在于突破地面空间限制,通过技术创新与模式重构双向发力,推动交通安全从“地面单点防控”向“地空联合管控”转型。

在技术层面,低空经济整合无人机技术、大数据、人工智能等前沿科技,与公路地面监测系统网络一起构建起多层次、高精度的交通安全监测网络。无人机已实现从简单航拍向智能巡检、实时预警、应急处置等多功能升级。可根据实际需求,搭载高清摄像头、红外传感器、气象监测设备等,突破地形、交通条件的限制,对复杂路段、偏远区域进行全方位覆盖监测。

在模式层面,低空经济推动交通安全治理从“被动应对”向“主动防控”转变。传统交通安全应急处理多依赖路面巡查,存在响应慢、覆盖窄、成本高的问题,而低空经济构建的“空中巡查+地面处置”协同模式,彻底改变了这一局面,能够实现对交通违法行为的快速发现、精准定位和及时处置。

二、场景融合:四大领域破解交通安全痛点

低空经济与交通安全的融合并非单一维度的技术应用,而是覆盖公路巡检、异常事件识别、应急事件处置等多个场景的变革,为解决各类交通安全痛点提供了针对性方案。

(一)低空+公路日常巡检

低空+公路日常巡检以“自动化、智能化”为核心,打造高效精准的巡检新模式。低空端采用搭载高清摄像头、红外热像仪、激光测距模块的无人机,基于北斗高精定位与预设巡航路径,沿公路廊道自主飞行。

在路面监测上,可识别裂缝、坑槽、车辙等病害,还能通过定期采集高程数据监测路基沉降;针对桥梁,能多角度拍摄支座,识别老化、位移等问题,也能检测箱梁底部等传统盲区;对于隧道,可捕捉衬砌裂缝、渗漏水等隐患,监测隧道进出口的边坡溜塌风险。

此外,还能动态核查交通标志缺损、标线磨损、护栏变形等情况。巡检数据经通信网络实时回传,由智能算法自动识别病害类型与等级,生成结构化报告,实现巡检结果可视化追溯与

养护计划智能生成,提升巡检效率与覆盖面。部分场景还会结合机巢实现无人机自动起降、自主飞行,达成无人值守巡检。

(二)低空+公路异常事件识别

低空+公路异常事件识别聚焦路面车辆和人员的违规行为,弥补地面监控盲区。无人机通过悬停、动态巡飞,借助AI视觉识别技术,精准抓拍驾驶员不系安全带、接打电话、慢速行车等行为。

此外,对于行人误入高速、车辆占用应急车道、违反禁令标线等违规情况,无人机也能实时捕捉,还可通过语音喊话先行警示,减少事故风险。同时,依托云计算搭建的智能数据分析平台,能够对无人机采集的交通流量、车辆状态、道路环境等数据进行处理分析,预测拥堵点、事故高发路段等风险隐患,为交通管理决策提供科学依据。



图2-17 无人机识别桥面异常停车

(三)低空+公路应急事件处置

在公路交通事故、道路灾害、交通拥堵等各类应急事件处置中,无人机可实现快速响应、精准调度与高效处置。应急事件触发后,无人机快速抵近现场,通过高清摄像头、红外热像仪实时回传画面,还原事故范围、拥堵程度等核心信息。通过无人机巡查发现应急事件后,可以通过语音系统喊话,引导当事人驶离高速,联动警力快速处置,避免后方压车和二次事故;可实时掌握现场情况,远程维持秩序,还能记录事故点精准定位与画面并生成工单,大幅提升应急响应速度,改变了以往人工到达前现场难管控的困境。

(四)低空+特殊天气与地质灾害引发的异常识别

在特殊天气与灾害预警领域,无人机凭借机动性强、适配场景广、可搭载多元设备等优势,搭配先进的感知与传输技术,能突破人力监测的局限,在台风、强对流等特殊天气,以及山洪泥石流、滑坡等地质灾害的预警中发挥关键作用。在特殊天气时期,通过无人机智能分析平台自主规划航线,巡查河道、山体边坡及高空广告牌等风险区域,借助高清影像与红外热力图提前锁定隐患点位,识别公路沿线河堤渗漏、边坡塌陷及水位异常等情况,为防汛救灾提供数据支撑,避免灾害对公路通行造成更大破坏。天气过后,无人机又快速排查道路塌陷、树木倒伏等次生灾害,为后续处置提供精准依据。

三、未来展望:智慧化与场景拓展开启交通新生态

随着技术的不断进步和应用场景的持续拓展,低空经济对交通安全的赋能作用将进一步凸显,主要体现在:

智慧化水平将持续提升。随着无人机技术、人工智能、5G、北斗导航等的深度融合,无人机将具备更强大的自主决策能力,能够根据实时交通数据自动调整巡检路线、识别复杂风险隐患,并与地面智能交通系统实现无缝对接。例如,通过车联网与低空飞行网络的协同,可实现对自动驾驶车辆的全方位监控,提前预警道路风险,保障自动驾驶安全等。

应用场景向多领域拓展。除了现有场景外,低空经济还将在更多交通安全领域拓展应用。在无人机物流方面,无人机通过专用航线规划和智能避障技术,避免与地面交通的冲突,同时实现对配送车辆的空中监控,提升安全水平;在特殊天气交通管理中,搭载气象监测设备的无人机可实时传输路面结冰、暴雨、大雾等气象信息,为交通管制和疏导提供科学依据。

未来,随着政策体系的不断完善、技术创新的持续突破和应用场景的深度拓展,低空经济将进一步释放赋能价值,为保障人民群众出行安全、推动交通强国建设提供坚实支撑,让安全与效率并重的交通新时代加速到来。

守护低空 畅通未来 构建“路空一体”多维协同安全新生态

西安天和防务技术股份有限公司应用技术研究院 李丽萍

低空经济作为新质生产力的代表,正重塑空域效率,催生无人机物流、城市空中交通等多业态融合。伴随着应用场景不断扩展,安全挑战日益突出。保障低空安全不仅是技术问题,更关乎国家安全、公共安全和数据主权等命题。

作为低空安全领域的先行者,西安天和防务技术股份有限公司(以下简称“天和防务公司”)深刻认识到,唯有筑牢安全基石,方能释放低空经济万亿级潜力,推动城市治理向智能化、立体化跃升。

一、直面挑战:拆解低空安全核心难题

当前,低空交通快速发展,安全体系短板正成为其产业规模化落地的“拦路虎”,主要面对三大核心挑战:

战略统筹缺位,平战融合机制尚未健全。低空安全需贯彻“平战一体、军民两用”原则。但目前,地方在低空安全监管规划方面过度聚焦产业建设,忽视了战时低空控制权与平时安全的动态衔接。国家层面仍缺乏顶层设计,亦使得各地项目“碎片化”推进,难以实现“平时服务经济、战时支撑国防”的双目标。这不仅会削弱空域资源利用效率,更可能引发国家安全风险。

基础设施体系化不足,“看得见、联得上、管得住”存在断层。在真高6000米以下低空域,监测、通信与处置网络的割裂问题突出。具体表现为“看得见”难保障,“联得上”存瓶颈,“管得住”缺闭环。

数据安全管理体系缺失,平战转换能力薄弱。低空数据涉及飞行轨迹、地理信息、用户隐私等敏感内容,但当前治理体系存在三重漏洞:技术规范缺位、防护体系薄弱、平战转换机制空白,难以支撑“平时监管、战时防御”的无缝切换,亟需构建覆盖“采集-存储-应用-销毁”全生命周期的安全技术栈,并引入第三方存证服务提升公信力。

二、智御空域:构建“三位一体”安全体系

面对上述挑战,天和防务公司立足国家低空经济发展战略,深度融合军民需求,打造了“规划-监测-数据”三位一体的安全解决方案-“天融智航”,不仅解决“管得好”的问题,更为助力提升低空经济规模化水平提供可复制的实践范式。

(一)区域低空“路空一体”安全管理整体规划:从蓝图到落地的全链条赋能

通过科学规划低空安全管理,构建“数字底座-空域管理-设施支撑-仿真验证”的全链条体系,可实现低空空域安全划设、起降场点智能设置、“通、导、监、气、反”低空网联设施智能布设、航路智能规划等。

保障飞行安全、优化资源配置,为无人机物流、城市空中交通、应急救援等新兴业态提供制度保障和技术支撑,助力低空经济规模化发展,从而提升低空飞行监管效能,确保各类低空活动有序进行,有效预防安全事故,促进低空产业健康、可持续发展。



图2-18 低空目标飞行高度范围分布

(二)全域低空目标智能监测网络构建:打造“空天地一体”的安全感知神经

全域低空目标智能监测网络是低空经济安全发展的核心基础设施,融合通信、感知、导航、监视、探测、反制、气象、起降场等低空智能网联基础设施数据,利用AI与大数据技术,构建“感知-分析-决策-响应”闭环体系,通过对低空飞行器数据进行管理、目标识别、轨迹与状

态智能预测等分析识别安全隐患,高效支撑低空安全飞行。

构建“空天地一体化”监测体系,有望解决低空“盲区”问题,优化空域资源动态分配,提升空域管理效率,支撑低空经济规模化发展。同时,全域低空目标智能监测基础设施建设还需统筹考虑平战一体化、应急应战一体化等平战转换的要求。



图2-19 低空目标监测网络

(三)低空安全管理数据底座研究:筑牢安全运行的“数字中枢”

低空安全管理数据底座是低空经济规模化发展的“数字中枢”,需融合数据治理、AI、可信数据空间等技术,构建“采集 - 处理 - 分析 - 应用”全链条体系。包括多源数据融合、可信数据空间通用技术、隐私计算、数字孪生等关键技术,完善数据标准体系,实现低空经济合规监管、敏感数据管控、隐私保护、“平 - 战 - 急”低空安全防空体系高效联动,为低空经济安全高效运行提供坚实支撑。

三、安全为翼:共创低空经济新图景

低空安全绝非孤立的技术命题,而是“路空一体”建设的命脉所系。作为深耕低空经济

20年的企业,天和防务公司深知:每一次安全飞行的背后,是战略定力与技术创新的双重考验。

面向未来,天和防务公司将秉持“安全先行、平战一体”的核心理念,重点推进三大行动:强化战略协同,打造国家级安全样板;深化技术攻坚,定义行业安全新标准;构建生态共同体,激活安全乘数效应。

实现“路空一体”愿景需要政府、企业、科研机构及公众协同努力,通过技术创新、制度完善与社会共治构建全方位低空安全保障体系,克服安全障碍,使立体交通成为经济社会发展新动能,开启人类三维出行新时代。





第三章 实践

中国铁塔:从“通信塔”到“数字塔”, AI巡检引领公路治理升级

中国铁塔

当清晨的第一缕阳光穿透薄雾,照射在徐州 S272 省道上,一架搭载高清摄像头的无人机从通信塔顶的无人机巢悄然起飞,沿着预设航线对 54 公里路段进行巡航。实时回传的影像数据通过 5G 网络传输至后台 AI 平台,系统自动识别出一处路面抛洒物并标记位置,这是中国铁塔股份有限公司(以下简称“中国铁塔”)徐州市分公司为徐州市公路事业发展中心打造的无人机自动巡检系统的日常运作一幕。

作为服务国家战略的新央企,当下,中国铁塔正积极打造“三张网”(飞行设施网、低空智联网、低空服务网),服务低空目标态势感知、空间数智化治理、低空物流、低空消费、低空作业(巡检、救援)等“低空+”场景,助力低空经济高质量发展。徐州公路 S272 项目便是其中的典型案例之一,不仅破解了公路巡检的效率瓶颈,还为全国“低空经济+交通运输”的协同发展提供了可复制的“徐州经验”。

一、探索无人机巡检的“铁塔路径”

传统公路巡检往往依赖人工徒步或车辆巡查,不仅耗时耗力(以 54 公里路段为例,人工巡检需 2 ~ 3 人一组,每日仅能完成 1 ~ 2 次路段全覆盖),且受限于人力成本与巡查频次,难以实时发现交通拥堵、施工路段异常、路面抛洒物等突发状况,无法满足“早发现、早处置”

的现代化管理需求。

中国铁塔将“通信塔+无人机+AI”技术引入交通管理,通过预设巡查时间、巡查线路等方式,无人机可自动起飞、巡查、降落,实现日常对 S272 路段交通事件和公路基础设施的智能巡查监测。

据介绍,该项目充分利用 S272 沿线的 50 余座通信塔资源,基于现场可利用的铁塔资源、楼面机房、运营商网络、7×24 小时的备电及维护,部署了 6 套无人机及机场,可实现对全长 54 公里路段的 24 小时自动巡航任务,有效降低了建设运营成本。

“S272 项目依托于徐州路网空天一体可视化管理系统,实现了无人机移动状态下 AI 识别的技术创新。无人机采集影像实时回传、同步分析,可自动识别事件,精准标记其位置,实现第一时间监测预警。”中国铁塔徐州市分公司相关负责人表示。

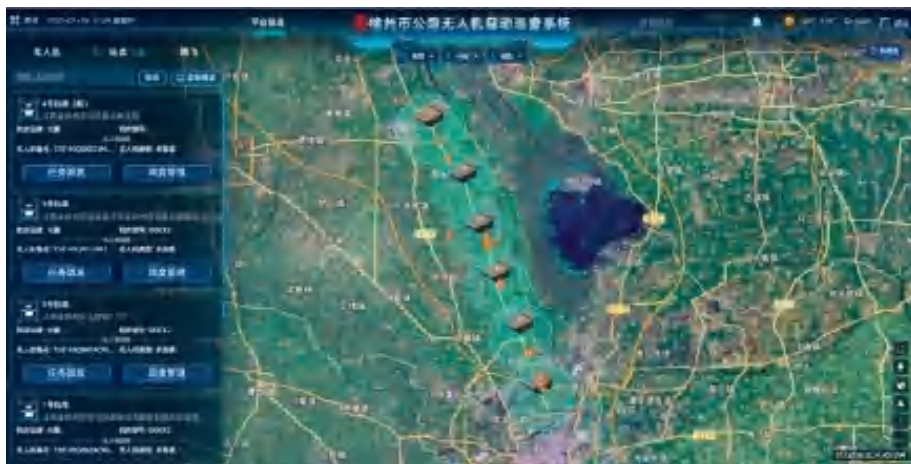


图3-1 徐州市公路无人机自动巡查系统



图3-2 多屏监控无人机机场

二、打造低空基础设施“三张网”

徐州 S272 项目的成功,离不开中国铁塔在低空经济领域的“三张网”战略布局与技术创新的深度协同。

(一)打造飞行设施网

传统无人机巡检面临“起降难、续航短”的痛点,而通信塔恰好提供了天然的基础设施支撑。徐州铁塔对沿线通信塔进行改造,在塔基或机房周边部署无人机巢,利用铁塔稳定的电力供应(7×24 小时备电系统)和维护团队,实现无人机自主充换电、存放和运维。这种“通信塔+无人机巢”的模式,不仅省去了单独建设起降场地的成本(单座无人机巢建设成本降低 60% 以上),还通过共享铁塔资源,使无人机作业半径扩展至 5 ~ 8 公里,覆盖效率提升 3 倍以上。

中国铁塔基于“塔、房、网、电、维”资源,按照地理环境、使用场景等因素进行无人机巢的整体规划和差异性选址,利用铁塔稳定的电力供应和维护团队,打造低空飞行设施网,实现无人机起降、自主充换电、存放等,不仅省去了单独建设起降场地的成本,还通过共享铁塔资源,提高无人机作业面积,为各行业低空飞行活动提供基础设施保障。

(二)打造低空智联网

“空中眼睛”的背后,是低空智联网的“智慧大脑”。中国铁塔依托铁塔 AIoT 平台,接入 Remote ID、ADS-B、低空雷达、TDOA、5G-A、摄像机、北斗地基增强站、气象监测仪等终端的数据信息,构建通信、导航、监视、气象、反制等信息基础设施,打造全时域、全空域、全要素、全连接的低空智联网,为通用航空和无人机提供低空态势感知服务。

(三)打造低空服务网

为避免“信息孤岛”,中国铁塔还依托低空智联网的接入数据,完善低空飞行器适飞空域划设、规划低空航线网,构建低空空域数字孪生系统,为空管、机场、航空公司及社会公众提供综合数据服务,以提升管理效率,确保低空飞铁塔上加装的无人机机场徐州市公路无人机自动巡查系统多屏监控无人机机场行的安全性,助力低空服务网建设。徐州 S272 项目的成功,是中国铁塔“低空+”战略的缩影。中国铁塔提供的数据显示,目前全国已有近 22 万座“通信

塔”升级为“数字塔”,广泛服务于林草、环保、水利、农业、交通等领域。根据规划,未来中国铁塔将充分发挥铁塔站址资源优势,按照“一架无人机多行业共享、一次飞行多任务共用”的总体发展思路,建设低空共享经济模式;同时,还将继续完善低空基础设施三张网建设,筑牢低空“数字底座”,助力我国低空经济高质量发展。

北斗时空智能： 构筑立体交通融合发展的数字基石

千寻位置网络有限公司泛政企事业群 张晨

当前,全球低空经济迎来战略机遇期,我国低空经济也从“概念孵化期”步入“产业爆发前夜”。推动低空经济与公路交通深度融合,已成为构建现代化综合立体交通网的关键路径。实现“路空一体”协同,核心在于解决空中与地面在统一时空基准下的精准感知、可靠通信与智能决策问题。在这一进程中,北斗卫星导航系统提供了关键支撑。2025年9月,国家主席习近平在“上海合作组织+”会议上提出“欢迎各方使用北斗卫星导航系统”。随后在第六届北斗规模应用国际峰会上,国务院副总理丁薛祥进一步强调了北斗系统在低空经济、智能交通等新兴产业发展中的核心基础设施作用。这些国家级战略将北斗时空智能赋能“路空一体”提升到新高度。

在此背景下,公路交通正从单一的运输通道演变为“低空经济的地面服务基座”和“路空协同的调度锚点”。要实现这一愿景,首先要解决“时空一致性问题”,即如何让无人机、eVTOL与智能网联汽车在统一的高精度、高可靠三维时空坐标系中协同运行。

一、厘米级时空智能构筑无缝衔接的“隐形桥梁”

“立体交通”的复杂性要求对动态、高速、多维的交通参与者实现精准实时感知与定位。千寻位置网络有限公司(以下简称“千寻位置”)提供的高精度时空智能,为攻克这些难题提供了系统性技术路径。

(一)全国覆盖的厘米级定位能力:从“粗略感知”到“精准刻画”

作为国家北斗地基增强系统的建设与运营方,千寻位置基于北斗系统,在全球部署建设了6000余座GNSS地基/星基增强站,通过自主研发的时空智能专业大模型和大规模服务平台,提供厘米级定位、毫米级感知与纳秒级授时服务。整套系统全部使用国产设备,实现自主可控——这意味着,低空飞行器航迹能被精确控制在“数字廊道”内;智能网联车辆可获车道级定位。二者信息融合后,即可构建动态、高精度的“立体交通数字地图”,为全局协同提供统一时空基准。

(二)探索“路空一体+数实融合”:赋能低空空域数字化转型

千寻位置基于北斗统一时空基准,构建分地、分时、分层可动态调整的立体柔性网格,支撑路空廊道规划,并以即时轻量化数据时空网、互联网与超算网为核心,实现路空资源深度融合。该方案可广泛应用于路空电子围栏、设施管理等场景,系统化解解决安全管理挑战。

(三)云端一体化的架构与完好性监测:从“可用”到“可靠敢用”

千寻位置已建成天地协同、异构冗余的增强服务与播发系统组成的时空网,具备为空地用户提供全要素时空智能服务的能力。通过“云端一体”架构,引入航空领域完好性监测机制,实现风险低至 10^{-7} /小时的可信定位水平,大幅提升立体交通的整体安全性。



图3-3 千寻位置建设与运营“国家北斗地基增强系统”

二、从“数字样板”到“灵境世界”的实践跨越

千寻位置的“路空一体”解决方案已在全国多地成功验证,实现多场景落地。

(一)北斗时空智能助力“路空灵境”建设

2024年,千寻位置与嘉兴南湖区路空协同立体交通产业研究院等单位共同打造“路空灵境”运行平台,以北斗时空智能为统一时空底座,融合数字孪生、大数据、超算大模型等技术,实现对无人飞行器的多维感知、精准管控与高效协同,强力支撑“北斗+”交通物流、设施养护、医疗救援等低空应用规模化落地。

(二)国家级认可的低空智联网“数字样板工程”

2024年12月,千寻位置“基于北斗时空智能的低空智联网服务解决方案”入选新华网联合中国电子信息产业发展研究院编制的《实体经济和数字经济深度融合发展报告(2024)》,被评为“数字样板工程”。该方案在江苏南京民用无人驾驶航空试验区成功应用,作为国内首个低空智联网服务项目,实现对飞行器低空运行情况的7×24小时监测分析,在服务效率、运营成本 and 安全性上成效显著。

(三)智慧公路巡检与低空物流接驳

在公路场景中,基于千寻位置服务的无人机自动巡检系统,已显著提升高速公路巡检效率5倍以上,成本降低约60%。浙江“无人机物流配送示范区”内,高速公路服务区成功转型为低空物流枢纽,打通“干线运输-低空接驳-末端配送”全链条畅通,彰显“路空一体”对物流效率的巨大提升潜力。

三、路空一体,智启未来

低空经济正深刻改变着公路交通运输体系。从国家战略引领,到“数字样板工程”与“路空灵境”的实践成果,无不印证北斗时空智能已成为驱动这场变革的核心引擎。

千寻位置将持续深耕北斗高精度应用与低空交通领域联合创新,深化生态合作,共同推动“空中红绿灯”等创新应用落地,为行业痛点提供建设性解决方案。

浙江高速公路服务区 路空协同建设思考

浙江数智交院科技股份有限公司机场与低空经济研究中心 李亮亮 张骋

根据交通运输部官网公开数据,截至2024年底,我国公路总里程已达549.04万公里。低空经济作为新质生产力的重要形态,其“空域资源开发+地面载体支撑”的核心特征,与公路交通网络形成天然互补。在此背景下,以高速公路服务区为核心节点,积极构建“路空一体”协同体系,成为推动交通运输网络向“低空”拓展、实现运输效率革命的关键路径。

一、政策引领与时代需求:低空经济赋能公路交通的必然性

低空经济与公路交通的融合,已成为国家战略导向与行业发展的共同选择。

《交通强国建设纲要》《数字交通“十四五”发展规划》等政策文件明确提出,要推动低空与地面交通协同发展。2023年9月,交通运输部印发《关于推进公路数字化转型加快智慧公路建设发展的意见》,要求研制无人机巡查等智能化装备,构建公路安全应急数字管控体系。

浙江省作为交通强国建设试点省份,积极思考并于同年12月出台了《浙江省智慧高速公路总体技术要求》,为路空协同建设提供了政策支撑。

二、基础与优势:浙江省高速公路服务区的路空协同条件

浙江凭借服务区网络完善、数字化基础扎实等优势,具备开展路空协同建设的条件,可先行先试,为全国路空协同建设提供“浙江样本”。

(一)服务区网络完善

浙江省已形成“全域覆盖、星级引领”的服务区布局,现有97对服务区和22对停车区,其中五星级服务区15对、四星级33对。通过“高速驿网”品牌建设,服务区功能已从基础服务向绿色低碳、文化融合等特色服务拓展,为路空协同提供了良好的物理空间与运营载体。

(二) 数字化基础扎实

浙江省已建成“服务区一体化管控平台”,实现了全省119对服务区(含停车区)的“一屏统览”。系统实时采集车辆驶入/驶离、停车位占用、人流量、充电桩状态等数据,年数据量超10TB,具备等保二级安全资质,为后续对接无人机飞行控制、低空监测等系统奠定了坚实基础。

三、高速服务区路空协同技术架构与场景落地的探索

基于浙江现有基础,浙江数智交院科技股份有限公司提出“1网1中心,X场景”的路空协同架构,通过“基础设施网+指挥中心+多元场景”的组合,实现“空中可飞行、地面有支撑、服务可落地”的目标。

(一)“1网”:构建路空协同基础设施网

构建包含三类设施的基础设施网:在星级服务区建设无人机机巢和直升机起降点,形成起降网络;依托5G-A基站搭建低空通信网络,融合北斗系统实现厘米级定位;在服务区设置配送接驳点和救援通道,实现空地无缝对接。

(二)“1中心”:打造全省高速路空协同指挥中心

建立具备三大功能的指挥中心:一是飞行管控,实时监控飞行轨迹,自动规划航线;二是应急调度,接收事故报警后自动匹配最近救援资源;三是数据联动,对接智慧服务区管理系统,实现数据联动调度。

(三)“X场景”:落地五大核心协同场景

结合浙江公路交通需求,重点落地五类场景,实现从技术到应用的转化。

1、道路养护巡检场景:路空协同赋能降本增效。采用“无人机+AI识别”模式替代传统人工巡检,通过自动识别路面裂缝、桥隧隐患等,生成养护工单,实现降本增效。

2、“服务区+应急”场景:路空协同赋能快速响应。构建“直升机救援+无人机物资投送”体系,实现重伤员快速转运和事故现场应急物资精准投送,提升应急响应能力。



图3-4 服务区应急救援快速响应示例

3、“服务区+物流”场景：路空协同助推物流升级。将服务区打造为“干支-末”物流网络节点,建设智慧云仓,设置甩挂接驳区,实现“货车不下高速”的货物中转。据统计,浙江服务区15公里范围内可辐射570个物流设施,覆盖率达69.51%。



图3-5 服务区低空物流示例

4、“服务区+文旅”场景：路空协同促进交旅融合。基于服务区15公里范围内覆盖505处A级旅游景区的优势,开展直升机观光、eVTOL体验等低空旅游服务,丰富旅游消费业态。

5、“服务区+乡村”场景：路空协同促进共同富裕。通过无人机输送特色农产品,设置“共富专柜”展示销售,带动农户增收。全省服务区15公里范围内覆盖112个和美乡村示范村,覆盖率达59.89%。

四、生态共建与未来展望：迈向全域路空协同服务生态圈

路空协同建设需要政府、企业、科研机构形成合力，推动生态共建。

在政策协同方面，要与交通运输部门、民航部门、军方沟通，建立“空域申请 - 飞行管控 - 应急联动”的跨部门机制，简化低空飞行审批流程。

在产业联动方面，要与无人机制造企业、航空运营公司合作，研发适用于公路场景的专用无人机，培育本地化运营团队。

在标准制定方面，要联合行业龙头单位共同推进编制《面向交通的路空协同建设技术指南》，规范起降设施建设、飞行安全管控、服务流程等标准。

五、路空一体，共筑强国

路空协同是交通运输体系从“平面”向“立体”升级的必然趋势，也是建设交通强国的重要路径。从政策“破题”到技术“筑基”，再到场景“落地”与生态“共建”，路空协同是符合国情的发展之路。

未来，随着空域管理进一步优化、技术持续迭代、场景不断拓展，路空协同将为社会全面发展注入更多新动能。

“1+1+2”蜀道实践： 构建路空协同立体交通新范式

蜀道交通服务集团有限责任公司 任志南 王浩庆 刘小龙 罗韵东 常林

在全球科技革命与产业变革加速演进的背景下，低空经济正成为推动交通运输现代化、构建新发展格局的重要引擎。蜀道投资集团有限责任公司（以下简称“蜀道集团”）作为四川省交通建设的主力军，紧抓“交通强国”“乡村振兴”“成渝地区双城经济圈”及“低空经济”等战略机遇，充分发挥路网资源与产业协同优势，前瞻布局“路空协同立体交通”设施网与服务网，积极探索低空经济与公路交通融合新路径，为综合交通运输体系建设注入新动能。

一、发展优势：资源聚集，产业协同潜力巨大

蜀道集团拥有广域覆盖的交通基础设施网络，累计投资建设运营高速公路里程超1.14万公里、铁路里程超6700公里，路网串联四川全省146个县（市、区）。这一庞大的地面交通网络，不仅构成了四川省经济社会发展的动脉，其沿线广阔的空域、良好的净空条件，也为规划建设低空起降场、航线网络提供了理想空间，有利于推动低空经济在省、市、县、乡各级孵化与落地，形成梯度发展、全域联动的产业生态。

此外，路网沿线布局的10余座现代物流园、500余座收费站、300余座服务区、20余座客货运枢纽站，以及已建成的蜀道智慧高速体系，共同构成了构建四川省低空基础设施“一张网”的坚实物理底座与数字化支撑。

蜀道集团总资产规模超1.5万亿元，旗下“综合交通建管养运”“清洁能源与矿业资源开发”“产融结合”三大核心主业，与低空经济在应用场景、能源补给、金融支持等方面高度适配，为培育壮大低空经济产业提供了广阔的应用空间和强大的内生动力。

二、工作探索：系统布局，“1+1+2”模式初见成效

蜀道交通服务集团有限责任公司以“路空协同，赋能发展”为主线，系统构建“1+1+2”产业布局，即打造一家低空服务链主企业、搭建一个低空综合服务平台、建设路网与市州两大低空应用体系，推动形成“立体接驳、多式联运”的低空服务网络。

（一）打造一家链主企业，引领产业生态构建

以四川蜀交低空经济产业发展有限公司（以下简称“蜀交低空公司”）为载体，推进低空业务先行先试。蜀交低空公司已获批“四川省低空运行管理试点企业”，并承担交通运输部“无人机公路巡查检查试点”任务。未来将聚焦高频、高价值场景，完善服务生态，构建“平台+软件+服务”一体化能力，以服务端突破带动全链发展。

（二）搭建一个综合平台，夯实智慧运营底座

加快建设蜀道“低空综合服务平台”，集成通信、导航、调度、气象、安全等服务，推动低空飞行与公路、铁路运营系统深度融合，构建“天网、路网、信息网”三网融合的“建管养运”一张网，实现规划、管理、运营协同，打造平急结合的路空服务新模式。

(三)构建两大应用体系,推动场景落地生根

路网低空应用体系。积极拓展高速公路沿线的低空巡检、工程建设监管、物流运输、商业运营等多元化应用,培育“路空一体”新型交通服务生态。



图3-6 应用场景

在西宁高速(西昌至宁南高速)成功实施高海拔地区氢能无人机巡检首例;在天全服务区实现四川省服务区无人机配送首飞;在江油服务区集成布局低空起降、巡检、反制、物流及消费体验功能;在成都东服务区打造集飞行调度、装备展销、研学培训于一体的“低空服务中心”,经交通运输部领导调研后获得肯定。下一步,将依托成都绕城、成德南等重点高速公路,持续深化“路网低空应用体系”建设,赋能高速公路全生命周期的智慧“建管养运”。

市州低空应用体系。探索“一机多用”服务模式,将路网积累的低空服务能力向沿线市(州)延伸,破解低空经济规模化、商业化发展难题。目前已密集对接四川省10余个市州,链接40余个县域合作资源,成功落地喜德县、三台县无人机灯光秀以及“天府粮仓”低空农业植保、河道巡查、城市治理等多个服务项目。未来将持续深化与地方合作,系统化探索低空经济在交通巡查、城市管理、应急响应等领域的广泛应用,构建“市州低空应用体系”。

三、发展建议：凝聚合力，共促产业行稳致远

低空经济作为战略性新兴产业，其健康发展需各方协同支持。

一是完善顶层设计。加快出台路空一体发展指导意见，明确基础设施规划、法规标准与产业路径，稳定市场预期。二是强化政策支持。针对设施网、航路网、服务平台等基础建设，给予财税、金融等政策扶持，夯实发展根基。三是促进立体融合。秉持“人民交通为人民”理念，推动公路、轨道、航空与低空多维协同，提升安全性与公众接受度，共享低空经济发展红利。

未来，蜀道集团将继续勇担使命、先行先试，不断深化路空协同实践，探索低空经济与公路交通融合发展的新范式、新经验，为服务“治蜀兴川”再上新台阶、加快建设交通强国贡献蜀道力量。

无人机“慧眼”巡检， 福建高速开启智能建管新篇章

福建省高速公路科技创新研究院有限公司 曾俊铖

我国高速公路网络已突破19万公里，如同一条条巨龙，纵横交错，支撑着经济社会的血脉流动。

然而，随着高速公路工程建设与道路管养向高质量精细化转变，传统巡检方式效率低、覆盖面有限、安全风险高、依赖个人经验判断等痛点，已成为制约高速公路高质量管养的瓶颈。如何破解这一困局？近年来兴起的低空技术提供了关键答案。

福建省高速公路集团敏锐地捕捉到这一趋势，依托丰富的在建和运营路段场景，开展专项科研攻关，成功将无人机从单一的航拍工具，升级为集智能感知、协同作业与AI分析于一体的“空中巡检员”，构建起一套覆盖公路建设与管养全生命周期的智能解决方案。

一、空地协同：为高速公路“体检”装上“千里眼”

在高速公路的日常运营中，路面是否有坑槽、边坡是否稳定、桥梁结构是否出现裂缝，这

些都是关乎安全的关键。过去,养护人员需要冒着风险,或徒步、或借助车辆进行近距离检查,不仅效率低下,且许多区域难以触及。

福建高速的创新方案,构建了一个全流程、高效能的“空地协同”的立体巡检体系。在这个体系中,地面巡检人员快速巡查常规路段,而空中无人机则凭借其灵活的机动性,对桥梁、高边坡、隧道口仰坡等复杂、危险区域进行精细化扫描,以“数字底座为基、定制航线为脉、智能平台为核”,为运营期高速公路管理与养护提供全链条技术支撑。



图3-7 运营期高速公路管养巡检技术路线

为了让飞行更智能、更安全,团队利用倾斜摄影建模技术,为高速公路及其周边环境创建了高精度的三维数字底座。这个数字模型不仅真实还原道路的每一个细节,还能自动识别出禁飞区、高压线等障碍物,为无人机规划出最优、最安全的飞行航线,为数据协同处理提供统一的空间数据基准,同时三维实景模型也有助于提升管养措施分析决策的针对性与有效性。

当无人机升空作业时,它不再是盲目飞行。后台的智能管控平台如同一个“智慧大脑”,能根据不同场景—如路面病害排查、路产路权巡查、交通事件处置—自动生成定制化的巡检任务。更值得一提的是,系统还创新了“就近调度”功能,当发生紧急事件时,能快速定位并调用最近的无人机,自动生成航线,第一时间抵达现场,为应急处置赢得宝贵时间。

采集回来的海量航拍图像,若靠人工分析将是一项浩大工程。为此,解决方案集成了强大的AI识别算法。路面抛洒物、坑槽、边坡土体裸露、桥梁混凝土裂缝……这些常见的病害与隐患,AI能自动识别、分类和标注,并一键生成巡检报告。整个过程实现了从“人找问题”到“系统发现问题”的转变,巡检效率和精度得到质的飞跃。

二、低空智巡:为工程建设系上“安全带”

无人机技术的价值,不仅体现在后期的运营管养,更深入到前期的工程建设阶段。

针对传统工程建设中“进度滞后、安全隐患、质量难控”的痛点问题,福建高速的“低空智巡”模式提供了全新的解决思路。

通过高频次的航拍与先进的三维建模技术,工地被“克隆”成一个与现实世界同步的数字孪生模型。管理者只需在电脑前,就能直观、清晰地看到工程的整体进展,甚至能将实景模型与设计图纸叠加比对,实时发现施工偏差,为精准决策提供依据。

在施工安全方面,无人机扮演着“空中安全员”的角色。它搭载的多任务AI模型,能同时检测工人是否规范佩戴安全帽、临边作业区域是否设置了合规围挡。这种高频次、无死角的智能巡查,将许多安全隐患消灭在萌芽状态,为施工现场筑起了一道坚实的安全防线。

对于高墩桥梁、高陡边坡等特殊工点质量检测数据难采集、问题难分析的困局,解决方案利用无人机的机动灵活性,通过多期航测数据构建出高精度的三维模型,精准分析结构的尺寸变化和沉降情况,有效规避了传统人工检测的风险与数据不确定性,为工程质量提供了可靠保障。

三、AI引擎:驱动智能研判的“最强大脑”

在这套智能解决方案的背后,一个强大的AI引擎是其核心驱动力。面对高速公路复杂多变的场景,福建高速团队构建了一个“多任务协同、小样本适配、多模态融合”的智能分析体系,突破了传统AI识别的诸多局限。

该AI模型能够“一专多能”,通过一次飞行采集的数据,同时完成路面、桥梁、边坡等多个场景的巡检任务,实现“一图多判”。更令人称道的是,它还具备强大的学习能力。针对一些罕见的病害或异常情况,由于真实样本稀少,传统AI模型难以识别。团队创新性地引入了AIGC(人工智能生成内容)技术,通过生成大量逼真的虚拟样本对模型进行训练,让AI学会了“见微知著”,极大提升了识别的准确性和适应性。

此外,通过部署“视觉-语言”多模态大模型,并针对高速公路垂直领域进行专项训练,这个“大脑”不仅能“看”,还能“理解”。即使在复杂环境背景下,它也能像经验丰富的专家一样,进行场景语义理解和逻辑判断,做出更精准的研判。

从被动响应到主动预判,从粗放管理到精准管控,福建高速的实践,生动诠释了“新质生产力”在交通领域的落地生根。低空技术与高速公路业务的深度融合,正以前所未有的方式,重塑着行业的未来,让每一公里公路都变得更智能、更安全、更高效。

低空经济“起飞”， 城市综合治理体系如何“立体重构”？

中交综合规划设计院有限公司 张宇 王超

当无人机物流配送穿梭于摩天大厦，当空中游览航线勾勒出天际线新图景，低空经济正以“看不见的翅膀”拉动着区域经济增长。然而，低空空域开放带来的飞行安全、监管协同等治理难题，也对传统“地面主导”的城市治理体系提出严峻挑战。

当下，低空经济与城市治理的融合，通过提供空天视角、高效连接与智能决策支持，正深刻改变着城市治理的手段和模式。在此背景下，湖北省某市高新区综合执法局率先破题，运用物联网、大数据、人工智能等技术，构建起“一中心、三平台、九大行业智能管理系统”的智能执法体系，通过信息共享、快速取证实现执法效率与精度双提升，为现代化城市治理的创新与转型提供理论指导和实践参考。

一、低空经济浪潮下，城市综合治理体系的转型思路

面对低空经济带来的机遇与挑战，城市治理体系正经历从“平面管理”到“立体治理”的深刻转型。这一转型需以基础设施为支撑、数据共享为核心、机制创新为保障，从理念、结构、机制、能力四个维度协同推进。

（一）革新治理理念：从“地面思维”到“立体规划”

低空经济背景下的城市治理首先需要革新治理理念，从传统的平面思维向立体思维转变。城市决策者需要将低空视为城市发展的战略资源和重要空间，将低空治理纳入城市整体治理体系。湖北某市高新区的实践显示，通过编制低空经济发展规划，构建低空基础设施网、低空航路航线网和低空飞行服务网，合理布局配套基础设施，与国土空间规划紧密结合，能够实现天地一体、陆空协同的治理模式。

(二)优化治理结构:从“政出多门”到“协同共治”

低空经济治理涉及民航、公安、交通、工信、自然资源、国土等多个管理部门,“政出多门”“数据孤岛”曾是普遍问题。优化治理结构应当以数据共享、业务协同为核心,打破部门壁垒,建立跨部门协同机制,以形成治理合力。各个管理部门应在同一张“低空监测网”、同一个“智能监管平台”下开展工作,探索适合自身的应用场景管理。

(三)完善运行机制:从“事后处置”到“主动预警”

传统城市治理多为“问题出现后响应”,低空经济的动态性要求治理机制从被动响应向“主动发现、智能预警”转型。通过建立基于低空数据的城市运行监测预警机制,实现了对城市问题的早期发现和快速处置,提高城市治理的前瞻性和精准性。

(四)提升治理能力:从“经验判断”到“数智决策”

低空经济的复杂性,要求城市治理能力从经验驱动向数据驱动、智能决策提升。通过引入人工智能、大数据分析等先进技术,对低空采集的多维数据进行深度挖掘和智能分析,为城市治理决策提供科学依据,提高治理的智能化水平。

二、低空技术落地城市治理,四大场景

见证空中力量改变城市低空技术与城市治理的融合,正催生一批可感知、可复制的应用场景,从公共安全到环境监管,“空中力量”正成为提升城市治理效能的关键抓手。

(一)“低空+公共安全”:构建立体化安防体系

在公共安全领域,构建了立体化安防体系,大幅提升了城市安全保障能力。通过无人机巡逻、智能识别和快速响应,城市立体化安防体系从地面向空中延伸,形成了全方位、多层次的安防网络。

（二）“低空+交通管理”：创新智能化交通治理

在交通管理领域,推动了智能化交通治理的创新。无人机凭借其高空视角和机动性,能够实时监测交通流量、识别交通违法行为、快速响应交通事故,为城市交通治理提供了新的技术手段。“低空+环境监管”:实现精准化生态保护在环境监管领域的应用,实现了精准化生态保护。通过无人机巡检、遥感监测和数据智能分析,城市环境监管能够实现全方位、全时段的监测覆盖,精准发现环境污染和生态破坏行为。

（三）“低空+基建巡检”：拓展高效化城市服务

在基础设施运维中的应用,拓展了高效化城市服务。通过无人机自动巡检和智能诊断,城市基础设施的维护管理实现了从人工到智能、从被动到主动的转变,大幅提升了运维效率和精准度。

实践表明,低空经济与城市治理的深度融合,不仅是技术层面的工具创新,更是治理理念、结构、能力的系统性变革。这一探索为其他城市提供了三重启示:需以“立体思维”重构城市空间治理逻辑,以“数据共享”打破部门协同壁垒,以“技术赋能”提升治理精度与温度。

未来,随着低空经济的持续发展和城市治理需求的不断升级,低空经济与城市治理的融合将更加深入:一方面,低空经济将推动城市治理空间分布的重构,引发超大城市治理的根本性变革;另一方面,低空经济将促进城市治理更加智能化、精细化和人性化,通过“融合数智技术与人本价值”,实现城市治理效率与居民生活品质的双重提升。

定义下一代交通： 华设集团的“路空一体”发展答卷

华设设计集团股份有限公司 王永清

以无人机、电动垂直起降飞行器(eVTOL)为代表的低空交通要素正加速与传统公路交通融合。华设设计集团股份有限公司(以下简称“华设集团”)作为国内领先的综合性工程咨询集团,凭借在公路交通全产业链的领先优势和对低空业务的前瞻布局,积极探索“路空一体”

发展新路径,推动低空经济与公路交通深度融合,为行业转型升级提供全新范式。

一、体系化布局:构建低空业务生态圈

华设集团以未来交通发展为牵引,聚焦城市空中交通(UAM)综合服务,历经十余年精心耕耘,已形成完整的低空业务体系:

在低空体系化规划设计方面,先后承接《江苏省低空经济发展规划》等重要项目,通过“宏观顶层设计 - 中观专题规划 - 微观落地咨询”三级规划体系,打造低空体系规划设计“样板间”。

在低空基础设施建设方面,重点布局低空新型基础设施,包括试飞测试基地、智慧新型起降场、低空飞行保障基地等,总体策划设计并参与建设运营了太仓民用无人机试飞运行基地、苏州(吴江)低空飞行保障基地、昆山民用无人机试飞运行基地等。

在低空飞行服务产业方面,积极拓展“低空+政务服务”应用场景,整合低空卫星、无人机数据,打造集智能调度、全流程监管、场景化应用于一体的综合性服务平台,为城市治理提供智能化解决方案。

在低空飞行保障产业方面,通过构建低空数字底座,提供低空飞行的环境感知与数据支撑能力,并探索构建“研发 - 检测 - 运营 - 服务”全链条闭环,系统性解决产业环节割裂问题。



图3-8 无人机公路巡查工作场景

二、创新实践：“路空一体”赋能公路全生命周期

（一）高普联动区域路网智慧巡查体系

针对传统路网监测痛点,创新构建全域网格化巡检体系。通过将高速公路划分为若干大片区,普通国省干线按行政区划细分为巡查网格,配置多台无人机自动机场,实现全天候自动化巡查监测。

自主研发的定制化航线规划系统,针对公路附属设施、边坡、交通流量等重点监测对象设置固定航线,实现无人机自动充电、7×24小时待命响应,确保机库覆盖范围内遇突发事件时,无人机5分钟内抵达现场。同时,建立多级协同处置机制,构建“省级指挥中心-支队指挥中心-大队分中心-现场处置组”四级责任体系,实现跨部门协同治理。

经实际应用验证,该技术体系可将传统公路巡查作业时间缩短50%以上,运营期间工作成本降低40%以上,突发事件响应速度提升50%以上,实现从人力密集型向人机交互型、经验判断型向数据分析型、被动处置型向主动发现型转变。

（二）跨海特大桥智能巡查系统

针对特大桥梁巡查中面临的盲区多、环境复杂、风险大等挑战,华设集团开创“人工巡查-无人机巡检-结构监测”三位一体协同管理模式。通过将无人机与高清成像技术、红外传感技术、激光雷达技术深度融合,构建多维度、全方位的巡查感知体系,实现对桥梁病害的精准识别和全面评估。

项目团队创新研发多旋翼无人机精准悬停控制算法和路径规划系统,成功解决斜拉桥拉索、拱桥拱肋、悬索桥主缆等复杂结构部位的拍摄难题。基于海量巡查数据和先进分析技术,建立路桥病害预测模型,实现养护决策从经验驱动向数据驱动转变。

该系统基本消除了高塔高墩、大跨径、隐蔽部位等传统方式检测盲区,有效规避人工攀爬高空作业、海上探查作业等安全风险,单桥日均减少1.2万车流延误,全电动无人机替代燃油巡查车辆作业,实现零碳目标。



图3-9 桥梁智能巡检系统

三、未来展望：智慧起降场与公路网络深度融合

面向未来,华设集团将重点推动公路与智慧新型低空起降场的融合发展。针对传统起降场存在的服务水平低、建设成本高、功能单一等痛点,提出模块化、智能化、多功能化的解决方案。

通过新型轻量技术和智慧设备管理系统,解决维保困难、运营安全无保障等难题;采用模块化设计,大幅降低建设成本,实现设施的快速部署与迁移复用;通过技术迭代研发,延展出机库收纳型起降场、城市屋顶微型场、空地一体立体交通枢纽等多功能产品。

通过“路空一体”创新实践,华设集团成功将低空要素深度融入公路交通全生命周期,开创了智慧公路建设的新范式。未来,华设集团将继续深化“空地一体”智能巡检体系,拓展巡检数据的价值链,积极参与行业标准制定,培养“低空+交通”复合型人才团队,为推动交通强国建设贡献更多“华设智慧”和“华设方案”。

秀洲样本： “路空一体”如何从规划到落地

嘉兴市秀洲区交通运输局 高峰 范利彬 汪丽玉

在低空经济被写入国家战略、各地竞相布局的时代背景下,如何将“路空一体”从概念蓝图转化为可运行的发展模式,成为区域竞争与协同的关键。嘉兴市秀洲区,并非传统意义上的空港城市,却凭借系统性的产业布局、扎实的场景创新与清晰的路径设计,走出了一条以“路空协同”驱动区域能级跃升的务实之路。

一、发展基底:这里为何能扛起“路空一体”大旗?

秀洲区是浙江省唯一的长三角生态绿色一体化发展规划协调区,具备发展低空经济的优越交通基础。区域内拥有嘉兴南湖机场、4条高速公路、5条国省道和3条千吨级航道,公路密度和航道密度均居全省前列,是长三角地区少数实现“空铁水公”多式联运协同发展的区域之一。

2022年11月,秀洲区获批嘉兴生产服务型国家物流枢纽。

2024年12月,中共中央政治局常委、国务院总理李强来到圆通“东方天地港”建设现场,听取嘉兴全球航空物流枢纽项目进展介绍,指出“要加快构建国际物流服务体系,积极发展多式联运”。当月,秀洲区被授予浙江省现代化交通产业集群试点[航空产业(低空经济)],是浙江省9个试点之一,也是嘉兴市唯一入选区域。

2025年底,长三角地区唯一专业航空货运机场—嘉兴南湖机场即将正式通航。

日渐完善的交通基础设施网络,为秀洲区低空经济发展提供了坚实的地面支撑。

二、秀洲实践:构建“一体两翼”路空协同发展新体系

近年来,秀洲区以系统思维构建以“产业发展”为主体、以“科技创新”与“市场应用”为两翼的协同发展体系,形成了多主体协同、多要素联动的良性生态。

(一)建强“产业发展”主体枝干,夯实路空协同根基

将低空经济作为区域发展引擎,秀洲区出台《嘉兴市秀洲区推动低空经济高质量发展实施方案(2024-2027年)》和《浙江省现代化交通产业集群试点秀洲区建设方案(2025-2027年)》,明确“培育1个集群、建立2个试点、搭建3张网络、拓展X个场景”发展格局。

在产业布局上,以圆通“东方天地港”全球航空物流枢纽为核心,投入超50亿元人民币建设集保税、多式联运等功能于一体的综合功能区,打造“低空+物流”服务品牌。依托本地光学产业基础,以秀水光谷为平台,以浙江蓝特光学股份有限公司为链主企业,成功引进嘉兴思谋科技有限公司、辰瓴光学机器视觉生产装备制造基地等优质项目,强化无人机产业链。

在产业链合作方面,通过深化与中国商用飞机有限责任公司合作,借力其客户服务训练基地,培育低空经济产业生态链与人才链,形成“临空制造-运维服务-人才培养”产业闭环。

在基础设施建设上,率先制定政务航空体系建设方案,全域部署8台智慧无人机舱和16台反制设备,建设统一的政务低空管理服务平台,探索“政府搭台、政私共用”模式,为低空应用规模化运行提供支撑。



图3-10 低空运营服务平台

(二)振翅“科技创新”之翼,注入路空协同动能

在科技创新层面,秀洲区采取三大举措系统推进:

一是组建产业联盟,与嘉兴南洋职业技术学院共建低空经济产业学院,创新“低空经济+”复合型人才培养体系。

二是强化技术攻关,依托北京理工大学长三角研究院(嘉兴)、浙江大学嘉兴研究院等平台,研发“海雀”水空跨介质无人机,建成首个无人水上机场,开展无人机安全技术标准体系研究。



图3-11 北理工长三院的无人水上机场

三是促进成果转化,培育嘉兴中润光学科技股份有限公司(以下简称“中润光学”)、嘉兴雅港复合材料有限公司等专精特新“小巨人”企业,形成“研发-制造-服务”一体化生态。其中,中润光学无人机载超高清变焦镜头分辨率达4K级,年营收超4.5亿元;浙江瑞通电子科技有限公司无人机侦测系统为2024年世界互联网大会乌镇峰会提供了技术支持。

(三)展翅“市场应用”之翼,释放路空协同价值

在医疗领域,秀洲区积极探索低空领域医疗资源运输,构建“三级甲等医院-镇卫生院-村卫生室”三级医疗网络体系,平均运输时长相较传统地面运输方式缩短约40%,极大提升了急救响应速度。截至2025年10月,已累计飞行超5.1万公里。

在交通运输领域,2024年3月,秀洲区交通工程项目管理云平台正式上线应用,后成功运用于524国道秀洲王江泾至新塍公路工程建设中,有效解决了施工现场不便进入的管理难题。

在农业领域,发挥浙江省农机购置补贴政策引导作用,秀洲区鼓励种粮大户、农机服务组

织等农业主体配置无人驾驶航空器,引导生产企业向购机者额外赠送至少一年的财产损失险、操作人员险和第三者责任险。截至2025年10月,已配置植保无人驾驶航空器476台,服务开展农作物播种、施肥、植保作业及水产养殖中的饲料投喂等,年作业面积达180万亩次。

秀洲区的实践表明,推动低空经济与公路交通融合发展需把握以下关键:坚持系统观念,打破部门壁垒,实现政策、空域、设施与产业协同;强化产业生态,既要引入龙头项目,也要培育本土企业;突出科技引领,突破关键核心技术,建立高效转化机制;拓展应用场景,以民生经济痛点为导向,形成市场需求与产业发展的良性循环。未来应重点关注空域资源市场化配置、跨区域标准互认、安全监管体系建设等领域,推动形成可复制推广的“路空一体”发展范式,为加快建设交通强国贡献智慧。





第四章 保障

低空经济热潮下， 资金“活水”如何滋养产业未来？

交通运输部科学研究院财政金融与审计研究中心 翁燕珍

从政策红利到市场热情，如今低空经济正站在风口。各地布局热情高涨，企业涌入赛道抢占先机。然而，记者梳理发现，当前低空经济发展呈现“三热三不”特征：政策支持热度高，但系统性不足；项目策划积极性高，但落地率偏低；市场参与热度高，但有效投入不多。成熟稳定的商业模式与投融资模式的缺失，成为制约产业从“概念”走向“实践”的关键瓶颈。

自国务院明确将低空经济纳入专项债券支持范围以来，政策杠杆撬动效应显著，引得各方热切关注，从政府端政策支持到市场端资本运作，低空经济产业投融资项目该如何谋划，相关投融资体系又应如何构建，近日本刊记者专访了交通运输部科学研究院财政金融与审计研究中心副主任翁燕珍，请她就相关问题展开了深度解析。

一、政策发力：国债和专项债券注入“强心剂”

作为新兴产业，低空经济的初期发展离不开政策资金的引导与托底。从国家到地方，国债与专项债券正成为支持低空经济的重要工具，但系统性支持仍待加强。

2025年中央财政安排1.3万亿元超长期特别国债，其中8000亿元用于更大力度支持“两重”项目，重点投向包括涉及低空领域的通用机场新建改造、直升机起降点等交通基础设施，以及空管系统升级、通信导航设施建设等领域；另有5000亿元用于“两新”政策扩围，其中

2000亿元支持设备更新,低空装备被纳入重点扶持领域,消费级无人机、eVTOL(电动垂直起降飞行器)等直接受益。

翁燕珍指出,国债资金支持方向清晰聚焦了三大领域:一是基础设施建设,破解低空飞行“硬件瓶颈”;二是核心技术研发,瞄准无人机、eVTOL的轴向磁通电机、高安全性座椅等“卡脖子”技术突破;三是应用场景拓展,推动物流运输、城市空中交通、应急救援等融合性场景落地,提升安全与交通效率。

地方层面,专项债券支持力度持续加码。2024年12月国务院办公厅印发《关于优化完善地方政府专项债券管理机制的意见》,首次将低空经济列入地方政府专项债券发行“正面清单”,并允许其用作项目资本金。

“这意味着低空经济相关项目有机会获得专项债券资金作为项目启动的关键资本金,为该领域的发展奠定了资金保障。”翁燕珍表示。

早在2021年,多地已经开始探索专项债券支持低空经济发展。截至2025年3月,全国25个省(区、市)累计实施专项债支持项目48个,总投资额约370亿元,计划发行专项债总额90亿元,占总投资比例达24.3%。

从项目特征看,区县级平台公司是主要实施主体和债券使用主体,覆盖“低空+医疗”“低空+教育培训”“低空+治理”“低空+交通”等10个应用领域、36个细分场景,其中“低空+治理”、智慧城市、应急管理 etc 公益属性较强的场景成为重点方向。

翁燕珍认为,专项债券用作项目资本金,相当于为项目提供了“启动钥匙”,能有效撬动社会资本跟进。但仅靠政府资金难以支撑产业长期发展,仍需加快市场化投融资机制建设。

二、市场涌动:千亿产业基金布局全链条

截至2025年4月底,全国已有25余个省(区、市)设立低空经济产业基金,总规模超千亿,成为推动产业从“政府主导”向“市场主导”过渡的重要力量。

然而,翁燕珍表示,在实际运作中,产业基金仍面临募资难、管理弱、协同不足等多重考验。一是募资难度大,社会资本观望情绪浓。部分地区因产业配套薄弱、应用场景不足,基金募资目标完成率低。二是基金专业化管理能力不足。低空经济产业链长、技术壁垒高,市场缺乏通晓低空经济全链条的复合型专家人才,导致资金使用效率偏低,存在项目储备不足与资金闲置现象。三是跨层级协同机制缺失。各级基金之间、基金与地方发改、工信等部门之间联动不足,可投标的项目有限,尚未形成产业链上下游联动的投资合力。

三、破局之道:构建多元协同投融资体系

针对当前投融资痛点,翁燕珍从投融资视角给出了多项建议。

(一)探索构建较为清晰的项目收益机制

收益机制的清晰化是吸引资本的核心。在基础设施领域,可对低空飞行服务站、起降平台等设施收取使用费,覆盖建设、运营及维护成本;在服务端,通过低空飞行培训、航空物流等市场化服务实现盈利。应用场景拓展方面,除传统的低空物流、应急救援外,可依托旅游资源开发空中游览、航拍摄影等消费场景,形成“低空+文旅”“低空+体育”等细分市场,创造增量收益。

(二)超前探索空域收益机制

2024年实施的《民航空管收费行为规则》中“航路费”概念,为低空空域收费提供了政策先导。可对低空空域进行网格化、精细化管理,精细剖分空域、研究分布式收费系统,探索空域收费机制。

(三)开展试点城市低空经济投融资试点示范

国家层面已开展6个试点城市建设,建议在此基础上强化投融资机制体制创新试点,选取代表性城市,在项目收益模式、空域收费标准、产业基金运作等方面先行先试,起到示范引导作用。

(四)积极构建低空经济长效的投融资体制机制

长期来看,低空经济投融资需形成“财政资金+企业资本+产业基金+金融信贷”的多元投入的投融资保障体系。一方面,积极争取超长期国债、中央预算内资金、专项债券等财政资金;另一方面,通过设立政府引导基金,吸引产业链头部企业、社会资本参与,发挥资本集聚效应。

未来,随着国债与专项债券的持续投入、市场化产业基金的逐步成熟,以及收益机制与试点示范的不断突破,低空经济投融资体系将从“单点支持”走向“系统协同”。“政府引导、企业

运作、多元协同、安全规范”的投融资生态一旦形成,将为低空经济从“政策热”转化为“发展热”、从“概念期”迈向“成长期”注入强劲动力。

“保险+服务+科技”： 平安产险赋能低空经济与公路交通融合新路径

中国平安财产保险股份有限公司

低空经济作为我国“十四五”战略性新兴产业,正成为推动交通业态升级、培育经济新动能的重要抓手。中国民航局数据显示,到2035年,我国低空经济市场规模有望突破3.5万亿元,其与公路交通的深度融合,正从政策试点迈向规模化应用。公路交通“点多线长面广”的基建网络,为低空飞行器提供了天然的起降载体与场景支撑—服务区可改造为低空起降平台,应急通道可联动空中救援,“路空协同”推动交通从“平面运输”向“立体联动”跃升。在此过程中,如何通过风险保障筑牢安全底座、支撑路空融合场景落地?平安产险以“保险+服务+科技”模式率先探索,为路空协同高质量发展提供了实践样本。

一、实践探索:以“保险+服务+科技”模式破解融合难题

作为国内首批开展低空经济保险服务的企业,平安产险以“保险+服务+科技”模式,从产品定制、科技定制两大维度切入,构建了多层次、广覆盖、差异化的低空经济风险保障体系,护航路空协同场景的高质量落地。

(一)聚焦细分场景,定制化产品适配多元需求

针对路空融合场景的差异化风险特征,平安产险打破传统保险“标准化”思维,推出定制化精准保障:独家承保河南首个无人机低空物流驿站,为无人机提供机身一切险及第三者责任险,风险保障金额超600万元;与智航飞购达成深度合作,围绕无人机配送医用物资场景定制专属保障方案,覆盖运输中的样本安全、第三方责任等风险。

(二)嵌入产业流程,科技化服务提升保障效率

在公路应急领域,平安产险联动交管部门推出“无人机+保险”模式,通过搭载高清摄像与远程喊话功能的无人机,实现交通事故现场快速查勘、交通疏导及应急救援一体化处理,将保险服务与低空技术、公路场景深度绑定。在2025年高考期间,该模式升级为专项护航行动,通过空中巡查实时监测交通态势,精准识别异常状况,为考生及家长提供全时段通行保障。

二、发展路径:路空协同下保险服务的风险解析与模式升级

路空融合场景的风险具有“交叉性”“复合型”特征,需从飞行、信息、基础设施三个方面进行解析:

(一)飞行安全风险:路空融合场景的核心挑战

一是航空安全风险。低空飞行器(无人机、低空载人设备等)自身的飞行安全隐患,比如设备故障、操作失误、极端天气干扰,可能导致飞行器失控、坠毁;二是公共安全风险。飞行活动对地面公路场景的威胁,比如飞行器坠落至公路引发交通事故、干扰公路交通信号/设施,或与公路车辆、人员发生碰撞。

(二)信息安全风险:数据时代的隐形威胁

低空经济高度依赖网络与数据,风险集中在三个环节。一是数据泄露风险。飞行数据、用户隐私、运营信息、地理空间数据等敏感信息,在传输/存储中被非法获取,威胁商业秘密、个人信息甚至国家安全;二是数据篡改/伪造风险。攻击者篡改飞行器的导航、控制指令,导致飞行器偏航、失控、碰撞,或伪造状态信息干扰管理决策;三是数据传输风险。通信网络、控制中心遭网络攻击,导致数据中断、指令失效,引发飞行器失联、服务瘫痪。

(三)基础设施安全风险:协同联动的基础隐患

路空融合依赖“低空+公路”的基础设施联动,一是低空设施风险。起降平台、导航通信设备、空域管理系统等,可能因自然环境(极端天气)或人为因素(恶意破坏、操作失误)失效,影响飞行安全;二是公路设施风险。公路服务区(改造为低空起降点)、应急设施等,若与低空设

备的适配性不足(如承重不够、信号冲突),可能导致安全事故。

基于以上风险特征分析,保险服务需从“单一保障”向“场景适配、流程联动、生态整合”三方面升级转型,构建全链条风险治理体系。

场景化适配:明确差异化风险保障规则。协同行业针对不同路空场景制定差异化保障标准—城市核心区无人机物流场景,需适配货物价值差异大、信号干扰多的特点,提升保障灵活性;针对公路、铁路巡检场景,创新“机巢+航线”全周期保险模式,覆盖设备、航线运营等全链条风险。同时研发“低空经济风险评估模型”,量化山地、水域等复杂公路地形下的飞行风险等级,为保障方案精准定价提供支撑。

流程化联动:嵌入空域与交通管理环节。将保险保障与空域审批、交通管理流程深度绑定,在空域使用申请、飞行活动报备等环节增设保险凭证审核节点,确保路空协同飞行活动具备充分风险保障;依托科技能力实现保险信息与空域管理系统、公路应急指挥系统的互联互通,构建“飞行许可-保险生效-应急响应”的全流程联动机制。

生态化整合:打造“保障+管理”综合方案。针对不同路空场景开发“一揽子”服务方案,整合机身险、责任险、货物险等险种,配套风险评估、事故预防、应急救援等增值服务。例如公路应急救援场景,可提供“低空救援飞行器保险+救援流程培训+事故定损服务”的组合方案,从风险转移、能力建设到损失补偿,全链条支撑路空协同的安全运营。

平安产险的实践表明,“保险+服务+科技”模式不仅能缓释风险,更能通过数据赋能、生态整合推动路空协同的规范化、规模化发展。面向“十五五”,随着低空开放政策深化与技术迭代,保险需进一步强化场景洞察与科技投入,从“风险保障者”向“生态赋能者”转型,为构建安全、高效、绿色的立体交通体系提供持续支撑。

低空经济视角下的 路空一体化与文旅创新

携程研究院文旅产业及数据中心、中国旅游研究院 姜文恒
中国社会科学院新闻所 李丁一

随着我国低空空域管理改革深化,低空经济已成为国家战略性新兴产业,其“空域资源产业化+通航技术民用化+多场景融合化”特征充分彰显了新质生产力。

在交通强国等国家战略的推进下,低空经济为构建现代立体交通体系注入了新动能。通过发展低空接驳、空中观光等创新模式,有效解决了传统旅游交通“节假日拥堵、末端不畅”等痛点,为构建“交通-文旅-消费”融合发展新格局奠定了坚实基础。

一、低空赋能:交通升维,空地一体

(一)从线性交通到立体交通

空间结构的重塑传统公路体系受限于地面二维通行,在节假日等高流动性场景下常面临拥堵问题。低空经济的兴起,通过建设起降点和规划接驳航线,构建了“公路+低空”互补的立体交通网络:公路继续承担大规模通勤与物流任务,而低空航线则专注于短途接驳、景区观光与应急出行,实现了交通空间从地面向空域的延伸。

(二)破解“最后一公里”难题:交通效率与体验的双重提升

公路服务区将升级为“空地一体化交通枢纽”,集成能源补给、信息服务、低空起降及文旅体验等多重功能,形成“交通节点-消费场景-体验中心”的新型空间网络。这一融合不仅优化了交通功能,还重塑了产业空间结构,推动了从“通行经济”向“体验经济”的跨越。

二、路空一体化:空地新枢纽,体验新经济

在路空一体化体系中,eVTOL承担连接高速公路、景区与城市核心区的关键功能,通过区域性低空航线网络与智能调度系统,实现不同交通层级的无缝衔接。公路服务区的升级将进一步强化其作为“空地一体化交通枢纽”的角色,集成能源补给、信息服务、低空起降与文旅体验等多重功能,形成“交通节点-消费场景-体验中心”的新型空间网络。这一融合既优化了交通功能,也重塑了产业空间结构,推动从“通行经济”向“体验经济”的跨越转型。

三、低空+文旅:空地联动,文旅焕新

(一)低空旅游的概念演化与应用创新

低空经济为文化旅游开辟了全新场景。低空旅游已从早期的“通航体验”升级为“空地一体化文旅产品”,通过空中观光、飞行体验等方式,结合地方文化与生态景观,形成独具特色的空中叙事。

(二)低空经济带动目的地文旅产业链重塑

在产业链层面,低空经济推动了目的地文旅结构的重塑。供给端通过低空航线串联景区、服务区与城市核心区,实现了资源空间的重组;消费端则催生了飞行营地、无人机表演等新业态,大幅拓展了体验边界。

同时,低空运行产生的多维数据为文旅目的地数字化治理提供了有力支撑,有效推动了“智慧文旅”向“智能文旅”转型升级。



图4-1 2025年8月NBA球星库里到访重庆时的无人机表演

四、挑战与建议:政策基建,双轮驱动

尽管低空经济与文旅融合具有巨大潜力,但其发展仍面临着政策与基础条件方面的限制,包括空域开放不足、安全监管机制不完善、基础设施布局不均衡、市场认知度不足、人才储备滞后等问题。针对上述问题,提出以下建议:

一是完善顶层设计与政策体系。建议加快制定《低空经济促进法》或专项规划,将低空交通、低空文旅纳入国家新兴产业体系,建立部际协同机制,形成标准化的监管与市场准入体系。

二是优化空域开放与分类管理。推动空域分级分类开放机制,简化地方审批流程,探索“低空空域备案制”“飞行即报制”等制度创新,提升低空运行效率。

三是加快基础设施与安全体系建设。统筹规划低空起降点、飞行走廊、能源补给与通信导航设施,建立安全评估、应急响应和保险体系,确保产业可持续发展。

四是促进文旅融合创新与市场培育。鼓励地方政府与企业联合建设低空文旅示范区,支持“低空旅游走廊”“空地一体化示范城市”等项目,打造可复制、可推广的样板经验。

五是强化技术创新与人才培养。建立跨领域复合型人才培养体系,支持高校与科研院所开展低空技术、文旅融合和智慧交通研究,形成可持续的创新能力。

六是破解“最后一公里”难题。在破解“最后一公里”难题方面,以eVTOL为代表的低空装备具有低噪、零排、起降灵活等优势,适用于城市与景区场景。配合GIS、大数据与气象模型构建的智能调度平台,可实现空地联动管理,推动交通体系从“线性运输”向“立体流动”转型,有效缓解服务区至景区的末端拥堵。

五、低空经济引领立体交通

低空经济的快速发展,推动我国交通体系从“平面交通”向“立体交通”、从“通行经济”向“体验经济”转型。在赋能公路交通、缓解出行压力、促进区域融合等方面具有重要战略价值。未来,随着空域改革的深入、eVTOL商业化进程的加速以及基础设施的不断完善,低空经济将在交通与文旅领域形成叠加效应,成为新质生产力的重要体现。构建以低空经济为纽带的“路空一体化”体系,不仅是技术创新成果,更是实现高质量出行、推动区域协调发展的关键路径。

新质生产力引领无人驾驶航空器治理技术体系构建

中国人民公安大学 孙永生 尹卓航 蔡子杰

俄乌冲突打开了无人驾驶航空器的“潘多拉魔盒”：当民用无人驾驶航空器变得武器化，无人驾驶航空器袭击关键基础设施甚至袭击要人要地，让全世界包括非国家行为体和恐怖分子了解到无人驾驶航空器以小搏大的作用。此类低空安全事件警醒我们，无人驾驶航空器等低空航空器的滥用，将对国家安全、政治安全和公共安全构成严重威胁。

面对挑战，笔者认为，以基于低空经济的新质生产力为引领，聚焦解决无人驾驶航空器衍生安全与低空电磁安全问题，促进“高素质治理主体、高效能治理工具、绿色化执法方式”目标实现，加快形成和提升低空安全新质战斗力，有望保障低空经济更高质量、更有效率、更可持续、更为安全的发展。

一、高素质治理主体

传统应急预案中包含的信息量少、无法充分描述复杂环境以及高效能实现各部门协调联动等问题，亟需通过以练促战，以数字化构建不同形态风险场景，来提高无人驾驶航空器探测、反制、应急指挥调度的实时性、精确性，进而促进信息化、智能化、系统化水平提升。

例如，研究无人驾驶航空器探测反制突发事件的分级分类、要素准备与应对措施类型化拆解方法，建立面向无人驾驶航空器探测反制应急预案的情景结构与构建方法；研究基于语义推理的应急预案表示和生成方法，以及数字化预案的生成要素和无人驾驶航空器探测反制应急预案条款与规则推理的知识表示、转化与推演方法，建立基于数字孪生的无人驾驶航空器探测反制应急预案导调、流程指挥和演练推演的基础配置框架；研究应急指挥响应流程的程序化逻辑和算法转换方法，建立面向无人驾驶航空器探测反制调度指挥的应急预案演练平台，实现应急演练的情景分析、命令下达和效能评估。

此外，现有实训体系内容固定、无法灵活应对复杂实际情况以及装备体系人机结合较差等问题，亟需构建无人驾驶航空器红蓝对抗仿真训练平台，支持各地公安机关在城市环境下

开展训练,提升人机结合能力。

模拟创新基于大模型的无人驾驶航空器防控预案动态生成与推演,构建基于数字孪生的无人驾驶航空器防控虚拟仿真训练系统,以无人驾驶航空器目标特性库、无人驾驶航空器探测反制装备特性库、地形数据库为基础,基于元宇宙镜像化技术构建公安机关无人驾驶航空器探测反制装备与民用无人驾驶航空器的对抗训练场景,开发新一代基于混合现实的无人驾驶航空器反制任务实操仿真训练系统,通过与红蓝对抗系统对接,实现从单机虚拟训练、多机协同训练到态势推演的集成环境。

同时,建立由操作熟练度、反应速度、决策准确性、协同作战能力、任务成败及战损等多元化指标构成的仿真训练评估体系,通过与各训练评估系统集成,实现适配多任务场景的训练效果评估能力。

二、高效能治理工具

非合作式无人驾驶航空器带来的安全隐患属于低概率、高风险,需要主管部门筛选最差情形并努力消除它。当前,非合作无人驾驶航空器探测技术主要有雷达探测、频谱侦测、光电跟踪识别、声音监测和5G-A通感一体化技术。反制技术亦基本实现了由传统武器向专业系统、单项技术向综合集成、分类发展向体系推进的转变。

无线电压制和导航诱骗技术被视为无人驾驶航空器反制技术中的软反制技术。

无线电压制技术可全天候、自动化工作,并实现同时干扰多台无人驾驶航空器及定向定位,却存在需要取得型号核准,对安装部署的技术要求较高,于城市复杂电磁环境中容易对正常使用的无线电信号产生干扰等缺点。

导航诱骗技术的优点在于能定向诱骗、驱离无人驾驶航空器,不容易误伤合作目标。但其技术难度较高,不能诱骗、驱离采用惯性导航或无导航的无人驾驶航空器,且会干扰周围环境中正常使用的导航信号。

网捕技术、激光烧蚀技术和微波摧毁技术是无人驾驶航空器反制技术中常见的硬反制技术。

其中,网捕技术的优点在于可针对采用惯性导航或无导航无人驾驶航空器物理捕获,并将其带到安全位置,是一种无附带损伤的安全反制;其缺点是对操作人员的技能要求较高,作用距离有限,对多个无人驾驶航空器网捕能力不足,对于速度较快、机动性较高的无人驾驶航空器效果不理想。

激光烧蚀技术可针对采用惯性导航或无导航的无人驾驶航空器实施有效末端打击,但存

在激光武器系统价格高昂且配套系统比较复杂,对大型、高速、金属、集群无人驾驶航空器的摧毁能力不足等问题,或对其他飞行器、人员或物品造成误伤风险。

微波摧毁技术的优点在于可针对采用惯性导航或无导航无人驾驶航空器和集群无人驾驶航空器实施有效末端打击;缺点则是次生伤害较为严重,可能对其他设备或人员造成误伤风险,不适用于人群密集的城市环境。

三、绿色化执法方式

无人驾驶航空器安全监管不能“头痛医头脚痛医脚”,甚至“按下葫芦浮起瓢”,亟待全局统筹、系统治理。

在无人驾驶航空器反制设备生产、使用中,应重视依法管理,加快相关法规标准的制定;规范综合管理,强化无线电阻断(压制)设备使用监管;加强源头管理,特别是反制设备生产、销售管理。

用系统治理思维加强无人驾驶航空器反制设备安全监管,应在权衡概率和成本的基础上,通过风险评估、优选方案、测试论证、部署使用等程序,科学开展无人驾驶航空器探测反制工作。

一是根据风险评估结果优选方案。依据危险评估及安保级别确定相应防御等级,同时根据防护目标具体情况,基于最低合理可行的原则,明确风险的可接受程度和应对预案,参照不同级别的性能要求,制定适合的系统方案。

二是测试场景的电磁环境、论证方案的可行性。无人驾驶航空器探测反制系统在使用前,应调查防护目标周围使用的无线电设备及工作频段情况,进行电磁环境影响评估;无人驾驶航空器探测反制系统技术体制选择,尽量考虑系统运行时应该最大限度减少对现有无线电电磁环境的改变和影响;系统建设前应充分评估系统和已有用频设备、其他正常工作设备发生电磁兼容性问题的可能性。

三是按程序申请、部署和使用无人驾驶航空器探测反制系统。建立严格的无线电阻断(压制)设备使用管理制度,明确单位内部管理流程,使用人员应留存设备使用工作日志备查备验。【基金项目:公安部科技计划应用创新项目(2024YY46)面向低空安全的科技情报工作体系研究阶段性成果;河北省科技厅科技研发专项“低空安全关键技术研究与应用示范(24460801D)”阶段性成果】

聚焦低空经济新赛道： 人才培养如何筑牢产业根基？

中国交通教育研究会 申少君

当前,低空经济正以“新质生产力”姿态写入中国经济高质量发展答卷。然而,核心零部件进口依赖、空域利用率不足、技术成熟度待提升等问题与短板挑战,归根结底需要靠人才来破解。如何培养出既能适应产业当前需求又能引领未来发展的多层次人才,成为当下产业突围的关键命题。

2025年7月25日,同济大学牵头,联合国内相关普通高校、职业院校、专业机构和企业成立中国交通教育研究会低空经济与技术教育分会(以下简称“分会”),为低空经济人才培养搭建协同创新平台。就此,中国交通教育研究会会长、交通运输部职业资格中心原主任申少君近日接受专访,深度解读低空经济人才教育培养路径。

一、低空经济正成为推动产业变革的“新引擎”

作为新兴战略性产业,2025年我国低空经济市场规模突破1.5万亿元,预计到2030年将达3.5万亿元,“万亿级蓝海”已清晰可见。

从2024年低空经济首次纳入国家发展规划,到2025年明确“安全健康发展”要求,在申少君看来,这标志着低空经济已从“产业新方向”升级为“国家战略必争领域”。

更关键的是应用场景的“革命性延伸”。“过去我们谈低空经济,可能只想到无人机植保、物流配送,现在它已渗透到应急救援(精准投送物资)、城市空中交通(立体出行)、智慧农业(高效植保)等全领域。可以说,低空经济不仅在重构传统交通业态,也正成为推动产业变革的‘新引擎’。”申少君表示。

二、低空经济“卡脖子”问题本质是人才问题

然而,在快速发展的同时,低空经济也面临着一系列问题:核心零部件如飞控系统、航空

级碳纤维的进口依赖度超过60%,多机协同路径规划技术成熟度仅达L3级,低空空域利用率低于世界平均水平,100米以下超低空存在30%的雷达监测空白。

“这些‘卡脖子’问题,表面看是技术和资源问题,本质上就是‘人才问题’。”申少君指出。他表示,低空经济的快速发展不仅需要低空技术与工程的基础支撑,随着技术的深度融合、模式的不断变革、应用场景的持续更新,对低空智能网联、低空装备检测验证、信息安全、数据软件及算力开发、垂直起降场地建设运维等创新型、复合型高技能人才的需求也将更加强烈,亟需培养出大量既能适应产业当前需求又能引领未来发展的多层次人才。

三、为构建“教育链—人才链—产业链—创新链”深度融合的生态体系凝聚平台力量

面对产业需求,国家层面已密集出台政策布局。

2024年,国务院印发《关于加快发展低空经济的意见》,明确要求“构建适应产业发展的人才培养体系”;教育部随后更新《普通高等学校本科专业目录》,批准北京航空航天大学、北京理工大学等6所高校增设“低空技术与工程”专业,为低空飞行器制造与研发、空域管理与飞行运营、适航审定与检测等关键领域培养专业技术人才。

职业教育领域同步跟进。在教育部更新发布的《职业教育专业目录》中,职业本科类增设了“电动飞行器应用技术”专业,致力于打造多层次人才培养体系。

“低空经济是现代综合交通体系的新路径,并非简单替代或补充传统运输体系,人才培养也需要政府、高校、企业等多方协同。这次分会的成立,正是顺应产业发展大势、回应时代需求的现实举措,这不仅体现了交通教育战线的责任担当,更为我国低空经济构建‘教育链—人才链—产业链—创新链’深度融合的生态体系凝聚了新的平台力量。”申少君说。

据介绍,作为连接产学研的关键纽带,分会下一步将重点推进四



方面工作,以破解人才培养“供需错配”难题:一是提高站位,锚定强国建设目标,强化分会“软实力”;二是立足本位,深化桥梁纽带作用,搭建跨界“朋友圈”;三是精准定位,秉持开放包容态度,构建产教“共同体”;四是持续升位,不断拓展能力水平,提高自身“权威性”。

“今后还要加强在国际交流、科技创新、应用推广等方面的工作,探讨与国际知名院校共建‘低空交通国际教育联盟’,引进美国联邦航空管理局(FAA)、欧洲航空安全局(EASA)认证课程体系,输出中国交通教育经验,真正发挥分支机构的价值和作用,推动我国低空经济教育事业高质量发展。”申少君表示。

低空经济的“起飞”,离不开人才的“托举”。从政策布局到教育破题,从产业需求到协同行动,我国低空经济产学研协同育人的“拼图”正逐步完整。未来,当更多“懂技术、会创新、能实干”的人才涌入赛道,我国低空经济必将书写更多“新质生产力”的精彩篇章。

路空协同领域 复合型人才培养创新实践

中国民航大学 刘萱 汪磊 洪振宇

2024年,国家发展和改革委员会设立“低空经济发展司”,标志着低空经济被正式纳入国家战略布局。教育部同步增设“低空技术与工程”专业,但核心技术研发、空域管理等领域仍存在人才缺口,尤其缺乏掌握交通信息与控制、交通运输规划等跨学科知识的复合型人才。在低空经济赋能公路发展的背景下,这一需求更为迫切。

作为民航领域高层次人才培养基地,中国民航大学构建民航顶尖学科生态,拥有安全科学与工程、交通运输工程2个一级学科博士点,近年再增设“低空安全技术与工程”研究生专业。嘉兴南湖区路空协同立体交通产业研究院(以下简称“南湖院”)是交通运输部科学研究院与地方政府共建的新型研发机构,整合500余家企事业单位资源,在“低空+交通运输”场景落地方面经验丰富。2024年起,双方展开深度合作,共同携手,围绕路空协同领域复合型人才培养开展了一系列探索与实践。



一、融合育人新范式

(一) 共建协同育人平台, 打造人才培养共同体

中国民航大学与南湖院通过资源共享、优势互补, 共同构建了协同育人平台。

2024年初, 双方建立战略合作伙伴关系, 签署协议共建研究生联合培养基地。平台实行“双导师制”, 即中国民航大学导师负责理论基础指导, 南湖院行业专家负责实践能力培养, 共同指导学生参与实际项目。

2025年3月, 南湖院、嘉兴南湖区委组织部等相关职能部门赴中国民航大学开展产教融合交流合作。双方以低空经济为切入点, 围绕科技项目成果转化、重大专项申报、研究生联合培养等方面开展深度合作并达成共识, 共同打造“人才培养 - 技术研发 - 成果转化”全链条合作模式, 推动行业创新发展。

(二) 创新人才培养模式, 构建“揭榜挂帅”协同培养范式

为适应复合型人才培养需求, 双方构建“揭榜挂帅”产学研协同培养新范式。即南湖院遴选发布一批课题“榜单”, 学生依据自身学科专业背景、研究兴趣, 自发组队“揭榜”, 以项目制的方式认领挑战, 实现从“要我学”到“我要创”的主体性转换。

项目实行“双导师+双场景”耦合育人模式。校内导师负责理论深化、方法创新与学术规范; 带教老师负责场景还原、数据供给与技术保障。通过“产业链痛点分析 - 创新链资源重组 - 教育链能力再造”的闭环运行机制, 引导各团队深入一线开展现场调查、需求挖掘、数据分析和系统设计, 于真实情境中“解真题、真解题”。

(三) 思政育人引领, 探索产教融合与党建协同创新实践

强化思政育人引领, 开展党建领航, 产教融合共谋校企协同育人建设。中国民航大学研究生院党支部与南湖院党支部等多次开展联学共建活动。以“党建领航、思政融入”为核心, 构建了产教融合协同育人机制。

通过微党课、研究生暑期专业实践、联合党日活动等形式, 强调“党建领航、思政融入”, 将红色基因与“三全育人”理念融入研究生实践。同时, 通过共建协议与建立长效交流机制加强校企育人联动, 推动党建与业务深度融合, 实现资源共享与人才共育。通过高质量党建赋能



科技成果转化与人才培养,为交通强国建设提供了坚实支撑,体现了思政教育在高等教育中的核心驱动作用。此外,双方还建立了教师交流机制,定期举办交流研讨活动。

二、共育共享新生态

(一)人才培养质量显著提升

通过双方深度合作,学生将课堂所学到的理论知识与实际工作紧密结合。全程参与南京、无锡、三亚等多个城市的低空经济项目,在做中学、学中做,有效提升了专业学位研究生解决复杂实际问题的专业能力、实践能力和职业素养,缩短了从校园到社会的适应期,为未来职业生涯规划奠定了基础。双方的合作取得了一系列产学研成果,共同参与了多项低空经济领域的研发项目。



(二)产教融合生态初步形成

通过持续合作,中国民航大学与南湖院共同构建了“人才培养 - 科研创新 - 产业服务”一体化的产教融合生态。2025年5月,中国民航大学举办低空经济人才培养研讨会暨校企供需对接会,搭建校企深度对接平台,双方实现了资源共享与优势互补。中国民航大学提供系统的理论教学与基础研究支持,南湖院则提供行业实践场景与技术创新需求,共同推动了低空经济人才培养与产业发展的良性互动。

(三)社会服务能力显著增强

通过合作,双方社会服务能力显著增强。中国民航大学依托与南湖院的合作,积极参与地方低空经济建设,为区域经济发展提供人才与智力支持。2025年5月,嘉兴市南湖区委组织人才嘉年华活动,中国民航大学和南湖区委开展合作,发布人才合作培养平台,践行党的二十大关于教育、科技、人才一体化发展的成果。



中国交通运输
TRANSPORT OF
CHINA
谷 2024

下篇



智慧交通

广东:基于数字底座的 交通基础设施数字化转型关键技术研究及应用

广东省交通集团有限公司 梁华 杨源

广东利通科技投资有限公司 邢万勇 汪作为

1. 背景介绍

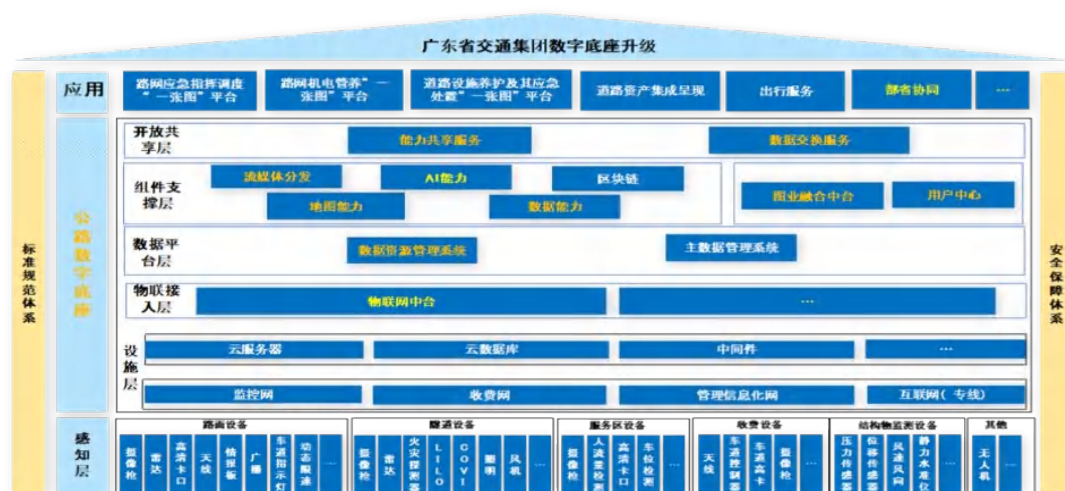
为贯彻交通强国、数字中国等战略部署,全国各地积极响应智慧公路、数字化转型示范工程。通过前期试点工作总结,行业数字化转型正面临多方协同难、能力重复建设、算力资源不足、数据烟囱效应、业务创新卡壳以及技术迭代快速等一系列问题,构筑共建共享的数字底座成为行业共识。

2. 具体工作

通过“云、网、图、链”等一系列项目前期探索,按照以通用能力共建、业务分层解耦、数据跨域贯穿、业务协同联动为核心理念,初步搭建了以高精度数字底图为核心的数字底座雏形,为各层级的应用提供强有力的能力支撑和数据共享服务,高效支撑了交通基础设施数字化转型升级。

一是制定以数字底座为核心的数字化转型技术框架体系,支撑数字化转型升级。制定了全国首个省级数字底座标准技术体系和多项团体标准,涵盖数字底座建设、数据接入、数据治理、路网协同管理等。牵头研发了3项省级重点项目,涵盖技术理论体系、AI中台、数字路网等,形成“汇、治、算、服”技术体系。基于“云、网、图、数”基本骨架,按照“横向到边、纵向到底”

理念,构建交通基础设施(公路)数字化转型技术框架体系,通过技术标准、科研项目与智慧公路应用场景的深度融合,指引数字化转型升级。



二是研制“时空对齐-图业融合-业务赋能”一体化的图支撑技术,承载行业应用。创造了6个全国首个:首个省级超万公里高精度数字底座、最大的数字公路孪生体系、交通行业首次现实多源异构数据轻量化融合、支撑省级高速公路首个“四张图”公路闭环管理机制、首个“高精度地图+行业数据”开发平台、首次统一高速公路地理要素表达、数据共享交换的技术框架。高精底图目前采集了全国范围的标精地图数据、全省范围的DEM数字高程数据和DOM数字影像数据、全省1.17万公里高速公路全域高精度地图数据,制作了504公里重点三维场景倾斜摄影模型、1147公里重点三维场景精细化模型,建成了110万+个道路资产与设备设施孪生模型,2400+个服务区、收费站、隧道、桥梁、边坡等大型结构物。以地图和业务数据为基础,完成54个图业融合图层开发,43项道路资产主数据治理,形成78项地图图层服务、451项数据服务。

三是创新路空协同应用技术体系,支撑低空应用。以无人机服务中台为核心载体,深度融合高精数字底图、AI能力中台、流媒体服务等技术资源,打通应急一张图、路运一体化平台等业务系统,形成体系化的无人机应用服务底座。当前集团无人机中台已经适配大疆、丰图、天海翔等品牌12种型号的无人机。通过与路运一体化等业务系统结合,实现7x24小时无人值守守式作业,人停数据不停,为巡查降本提效;面对应急事件一键起飞无人机,5分钟快速抵达,远程进行不少于20分钟的应急处置,隔空喊话、广播警示、拍摄取证,保障人员安全,减少

二次事故发生概率。

四是创新物联技术体系,首推硬件服务化(HaaS)理念实现云边协同新突破。打造了“硬件标准化接入、能力模块化输出、应用场景化组合”的物联感知技术体系,形成了物联感知“广东标准”。物联中台HaaS技术路径已作为核心内容纳入《广东省交通行业数字底座暂行技术规定》,成为全国首个高速公路行业实现硬件资源服务化管理的省级实践案例。针对数字化建设要求及各业务场景终端设备特点,将软件定义硬件的能力下沉至边缘末端,行业内率先提出采网算控融合的边缘接入设施(RSF),实现即插即用的设备数据接入、云边协同的应用拓展管控。通过对现役及新建数字化设备归类分析,结合高精度数字底图等项目数据体系建设,制定了涵盖50余项设备大类的标准化设备物模型库,支撑高质量的数据接入及跨区域跨部门的数据流动。

五是创新训推一体、一云多边的行业应用体系,赋能行业应用。广东省首创设计了高速公路行业AI应用“训推一体、一云多边”的创新应用模式,并在高速公路视频监控异常事件发现场景、视频质量监测、路网监测等场景完成验证。其中,视频监控异常事件发现场景完成3个试点路段,200路视频接入,试点期间发现路面事件2000多起,完成云边协同模型迭代5次,异常事件误报率降低50%。

3. 实施效果

作为交通强国数字底座及数据运营试点单位,广东省交通集团数字底座前期实践工作为广东、全国提供了可借鉴的经验。一是形成可推广复用的高精度数字底座整体技术解决方案,并成功推广至江西、辽宁等区域;二是支撑智慧扩容、安全增效场景应用,并在湾区路网管控、佛开车流数字化、汕梅扩主动交通管控、荔湾南智慧收费站等项目中成功落地;三是支撑数据运营、低空经济孵化,利通科技和联合电服获得首批数据经纪人身份。

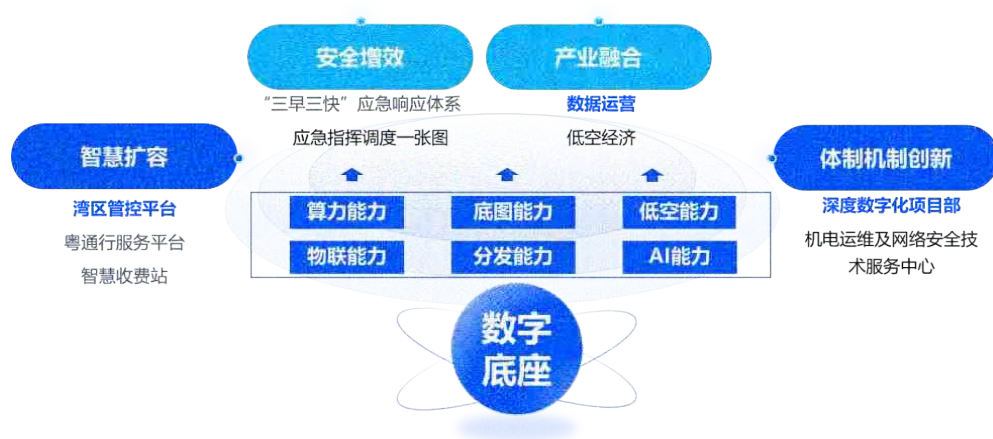
(1) 社会效益

数据赋能提升管理效能:截止到2025年5月,对外累计完成40家单位58套系统对接,地图服务累计调用约3369.33万次,数据服务累计调用约4617.06万次。深度赋能粤港澳大湾区交通管控、广珠西线高速、佛开高速等重点项目的数字化运营,显著提升交通管理的精细化水平与响应效率。

智能应用创新服务场景:完成DeepSeek大模型高速公路行业应用训推一体装备样机研发,形成覆盖高速公路“建管养运服”全链条的“问策-问数-问诊”智能服务能力,成果在中国交通信息化大会公开亮相,引发行业广泛关注,成为智慧交通领域的创新标杆。

精准治理实现绿色增效:依托数字底座的高质量数据和路网管控仿真引擎赋能“粤通行”

公众出行服务平台,累计发布692条精准诱导信息,推动节假日路网通行效率提升25%;荔湾南收费站通过车流预测模型,实现提前30分钟拥堵预警,拥堵发生率大幅下降,公众满意度达99%,以数字化手段助力节能减排与民生服务双提升。



(2) 经济效益

统建模式大幅降低建设成本:通过“统一基础架构、统一技术体系、统一数据标准、统一数字底图”的集约化建设路径,显著降低各路段业务应用开发部署的门槛。以高精度地图的采集制作为例,传统模式下1.16万公里高速公路地图建设成本需要约2.4亿元,大幅降低成本。

数据要素驱动产业延伸:依托“交通行业数字底座”探索组建无人机业务专业公司,统筹管理集团低空服务资源,孵化集团低空经济产业;联合华为、百度等互联网头部企业组建联合创新实验室,打通“车-路-云”数据流通链路,探索建立以交通领域数据产品为核心的智能互联商业模式,为交通产业注入数字化增长新动能。



湖北:空天地一体化智慧感知 与智能决策的高速公路指挥调度平台

湖北交投高速公路运营集团有限公司 黄陈 胡汉桥 吕学磊 张彬
湖北交投科技发展有限公司 罗如意 欧阳诗杰

1. 背景介绍

智慧交通是驱动国家经济蓬勃发展的“大动脉”,而应急指挥恰似维系这条“动脉”稳定搏动的关键“生命线”。我国幅员辽阔,地形复杂,公路各种灾害较多,关乎群众出行安全,也存在公路突发事件响应慢、通信难、协同弱等痛点。在此严峻形势下,湖北交投集团勇担使命、积极探索创新,全力打造空天地一体化智慧感知与智能决策体系,为高速公路的安全、高效运营筑牢坚实防线。该案例成功应用于湖北交投所辖超 6500 公里的高速路段,事件识别准确率大于 98%、事故应急响应时间缩短 50%,事件应急处置效率提升 30% 以上,有效提升路网通行效率和安全管理水平,提高公众出行安全感和满意度。

2. 具体工作

湖北交投锚定高速公路重大事件应急管理核心需求,创新打造了“空天地一体化”智慧感知与智能决策体系。该体系通过深度融合北斗卫星遥感、无人机巡航和地面感知设备(光栅、视频等)多源感知数据,构建起“空天地”一体化的立体监测网络,可实现对边坡、隧道、桥梁等重点区域的全天候精准监测;通过搭建多源异构数据融合的智能研判模型,并设计“人防+技防”的应急响应策略,发生事件后,系统将自动触发预警机制,通过“六自动”实现平台和设备的自动联动响应,辅助监控人员及时掌握事件现场动态,经人工确认后快速启动应急预案,实现快速响应和救援调度。

系统总体架构图如下:

该系统对现有人防技术进行优化升级,推动“四长制度”与日常巡查的信息化系统结合,实现相关工作状态在指挥调度平台的实时呈现;同时升级现有技防技术,深化“点线结合”监测功能,针对主线、重点边坡、桥梁、隧道等危险区域优化技术部署,整合 AI 智能分析、阵列光栅等新技术新能力,提升风险监测、预报、预警的精准度,确保隐患位置在指挥调度平台及时

精准定位并突出显示。

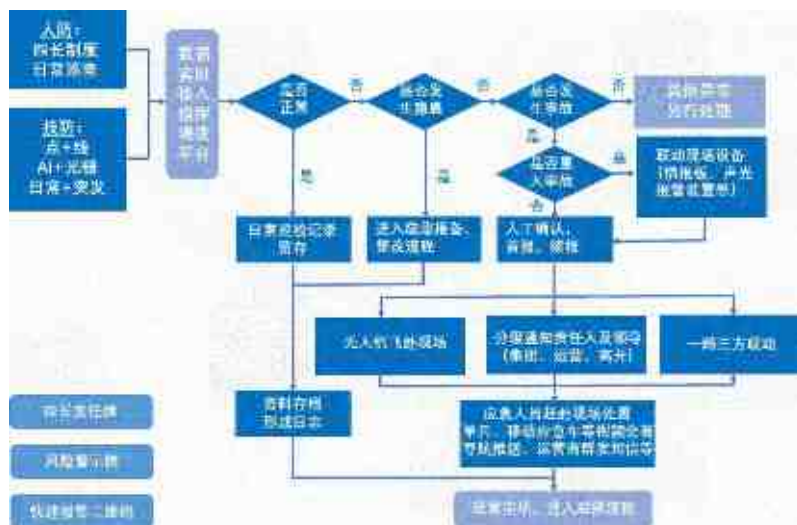


图1-1 系统总体架构图

(1) 搭建空地一体化的智慧感知体系

遵循“整体统筹、分级分类、重点覆盖”三大核心原则，构建天（北斗）空（无人机）、地（光栅、视频）“三位一体”的智慧感知体系。

①“天”——强化重点边坡监测预警能力

针对重点边坡，融合北斗卫星定位、InSAR 技术、各类传感器、雷达等设备，实时进行位移和形变监测，监测数据和预警传至指挥调度平台。利用机器学习算法，结合实时数据与历史资料搭建稳定性分析模型，精准预判失稳风险。当数据达预警阈值，系统自动生成风险评估报告，辅助灾情研判与应急决策。

②“空”——搭建智能化无人机管控平台

在重点路段收费站部署无人机，承担交通疏导、路面巡检、突发事件处置等任务的智能调度与精准执行。通过将无人机实时采集的高清影像、监测数据同步接入应急指挥调度中心，与地面感知设备数据深度融合，构建“空地立体化”监测预警体系，大幅提升高速公路应急管理效能。

③“地”——构建全路域智能感知体系

依托“视频监控优化提升”专项，完成高速公路监测视频全覆盖、视频事件全监测，搭载行为识别算法（异常停车、逆行检测）、轨迹追踪算法（抛洒物识别）、环境感知算法（能见度检测）三大核心算法模块，实现准全天候AI事件检测，精准识别交通异常和灾害灾毁风险；在重点路段融合光栅阵列、视频及雷达等多维数据，可实现全天候的车道级车辆轨迹跟踪及全域车流

密度与速度分布等交通态势感知,对抛洒物与行人闯入、异常驾驶等安全事件自动识别,以及路面脱空、裂缝、滑移、坍塌反演预算,并实现道路碎石、坑洼等安全隐患定位。

(2)构建多源数据融合的智能研判模型

①多源异构数据采集与融合分析

通过多渠道采集交通流状态、气象、事件信息及基础设施健康监测等数据,并整合无人机、移动车载、北斗等多源异构数据,经数据清洗去除噪声、异常值与重复数据,再通过标准化和归一化处理确保数据可比性,提取交通流量、车速、天气条件等关键特征,为模型训练奠定基础。

②模型选择与训练

依据高速公路重大事件特性选定 AI 模型,利用预处理数据训练,借助交叉验证、早停法防止模型过拟合,通过调参、优化算法及训练策略提升模型准确性与泛化能力。

③模型评估与优化

运用测试数据集评估模型,分析不同场景表现以识别优劣,基于评估结果调优并尝试模型融合策略,强化整体模型的准确性与鲁棒性。



图1-2 多情景下的智能研判模型

(3)设计“人防+技防”的应急响应策略

结合“人防+技防”双重机制,平台感知到异常事件时,自动启动应急响应流程。建立智能管控策略库,根据事件等级和影响范围等因素,启动不同层级的应急响应,触发路段或区域的预警与诱导。

①交通态势感知:通过视频监控摄像头、光纤光栅等感知设备实时获取道路交通流量、车辆行驶状况、路况等信息,基于AI感知、百度/高德地图厂商推送、人工上报等多途径获取各类事件;

②匹配场景:根据事件的性质、规模和影响程度等因素,将识别出的事件分为不同的类别(如交通事故、自然灾害、恶劣天气等),并制定相应的应急响应流程和预案。

③匹配管控策略:综合考虑交通组成、交通流随机性、交通事件随机性和交通行为的不确定性,通过AI或人工查看监控进行辅助验证,并基于管控算法模型、事故影响范围预测模型,输出管控策略。

④生成管控方案:通过视频监测设施或交通事件监测设施确认交通事故/事件的位置、类型、发生时间、现场交通运行情况。当确认事故/事件发生后,系统自动触发管控策略流程。

⑤执行管控方案:执行“六自动”的平台与设备自动联动响应机制,平台自动分级预警提醒、调取周边视频图像、附近情报板信息发布、开启声光报警装置、向移动端推送预警信息、无人机飞赴现场俯瞰现场情况并喊话示警;同时,为了满足恶劣天气下的综合指挥、节假日高峰管理等高速公路应急场景,运营管理人员能够通过“舱箱车兵端”系列装备的协同应用,打通路政、交警、医疗等部门的联动通道,提升应急处置效率。



图1-3 应急响应流程

3. 实施效果

(1) 提高应急预警能力

接入16000多路主线(含隧道、ETC门架、外场)视频图像AI检测,可精准识别交通异常(停车、行人、逆行、抛洒物等)和灾害灾毁风险(塌方、垮塌、塌陷等)等异常事件,事件检测的平均漏报率小于1%,平均检测时间5秒,以及在鄂州机场高速成功应用光栅阵列传感网络技术,可实现全时、全域、全天候的道路运行状态和道路结构健康状态采集与监测,识别准确率大于98%,从而实现集团路网态势感知实时监测和异常事件秒级预警。

(2)提升应急处置效率

建立基于AI的高速公路重大事件智能研判模型及应急响应策略,在异常事件精准感知、快速发现的基础上,系统能够自动关联实时交通信息,自动生成管控策略及应急预案,形成分级的联动控制,确保从发现到处置环节可追踪、可回溯的闭环管理机制。通过“空天地”数据协同、“监测-分析-决策-调度”一体化的运作模式,事故应急响应时间缩短50%,事件处理效率提升30%以上,从而有效提升了路网通行效率和安全管理水平,提高了公众出行安全感和满意度。

甘肃:基于云边协同的 辅助巡检公路养护关键技术

甘肃省酒泉公路事业发展中心 毛永强 贾延军 柳霞
兰州朗青交通科技有限公司 谢子龙 薛雪 寇玉佼

1.背景介绍

在数字化变革的推动下,交通运输领域正经历深刻转型。当前我国交通调查数据采集与服务体系虽初步建成,但路网监测仍面临覆盖率不足、数据共享不畅、深度挖掘欠缺等问题。随着低空经济的崛起,无人机技术成为破解道路监测与巡检难题的关键,无人机凭借其灵活性、覆盖能力和成本优势,在高速公路领域应用广泛,为高速公路管理市场开拓了广阔空间。

基于此,本项目以加快生产经营模式与新业态的深度联动创新为使命,紧密围绕“车”“路”“空”“天”核心要素,深度融合多模态视觉感知、双流Transformer深度神经网络、北斗导航技术、GPS定位控制等前沿技术,构建无人化道路巡检系统。通过“空中巡逻”创新实践,突破地形和高度限制,填补传统高空视频巡查的监控盲区,打通路面监控、无人机库和飞控平台的数据交互通道,实现数据高效流通与深度融合,提升公路服务品质与治理效能。项目助力数字交通建设,推动产业升级与数字经济发展,实现路域精细化管理,加速智慧公路“车空天一体化”进程,为交通强国、科技强国、数字中国建设提供坚实支撑。

2. 具体工作

(1) 基于无人机的高速公路道路巡检研究

本项目针对高速公路养护管理的迫切需求,以无人机技术的革新性应用为核心,部署实施一系列前沿探索与实践,致力于构建一个集监控、管理与维护于一体的三维立体低空无人机管理体系。该体系极大减轻养护人员面临的安全风险与现场勘查的复杂挑战,实现作业效率与测量精度的双重飞跃,有力推动成本控制的优化进程。通过无人机技术快速响应与精准定位的应用,打破传统公路巡检模式,提升巡检作业时效性与准确性,强化公路安全管理整体水平,为高速公路的长期稳定运行与高效维护奠定坚实的基础。

(2) 高速公路路面及设备设施动态自动化监测研究

本项目针对提升运维管理效率与安全保障能力的实际需求,围绕基于大数据与人工智能的先进技术,旨在建立一套 24 小时实时不间断的智能监测系统。同时,通过整合高清视频监控与无人机巡检的前沿技术,体系实现了远程可视化管理的革新,显著降低了人工现场巡检的频率与成本负担,同时大幅提升了监测的精确性与覆盖范围。此外,该体系还具备对设备性能与基础设施状态的持续监控能力,能够准确预测潜在故障,并据此提前规划维护策略,有效规避突发故障带来的服务中断风险,延长资产使用寿命,优化资源利用效率。基于实时监测数据与先进预测模型,体系通过智能调配人力资源、应急物资与维修设备,确保在紧急时刻迅速集结资源,以最高效的方式响应各类挑战,全面提升运维管理的智能化水平与整体效能。

(3) 涉路施工区安全监管关键技术研究

本项目针对涉路施工区域安全监管的迫切需求,围绕基于无人机技术的创新应用,开展涉路施工区域安全监管关键技术研究工作。通过建立无人机实时监控平台,实现对施工区域全方位、无死角的全面监控,确保安全隐患能够被及时发现并迅速采取应对措施。无人机搭载的高清摄像头与智能分析技术,能够精准识别高危区域与潜在风险,实时发出预警信息,有效预防施工事故的发生。同时,在巡查过程中,无人机实时记录施工现场的详细状况,并将图像数据即时反馈至指挥中心,为制定更为精准、科学的安全管理方案提供有力支持,提升涉路施工区域安全监管效能。

(4) 基于无人机的高速公路巡检与监测软件平台研发

本项目基于 SQL 数据库的架构,结合分布式计算方式与高效的存储架构,旨在研发基于无人机的高速公路巡检与监测软件平台。该平台旨在落实交通运输部对公路工程运营信息化监管的最新要求,通过“数字化”与“信息化”手段,针对性地建立全面的公路基础设施档案。同时,该平台致力于解决公路人工管养过程中数据管理难的瓶颈问题,为运营期监管养护工

作提供强有力技术支持,实现数据高效管理与利用,推动高速公路管理向智能化、精细化方向发展。

3. 实施效果

采用四旋翼无人机拍照方式对 G30 连霍高速公路嘉安段 SK2645+000-SK2658+000 段、XK2652+630-XK2653+630 段,以及 G213 线 K424 和 K426 处进行巡检,查找公路内存在隐患,使检修人员对公路隐患能够及时消除,保障公路安全运行。通过四旋翼无人机巡视 G30 连霍高速公路嘉安段的 SK2645+000-SK2658+000 段、XK2652+630-XK2653+630 段,以及 G213 线 K424、K426 处,发现各类隐患共计 6 处。

(1) 无人化巡检安装方案

分别在 G30 连霍高速公路嘉安段 SK2645+000-SK2658+000 段、XK2652+630-XK2653+630 段部署了两台大疆二代机场,分别部署至就近的两个铁塔通信基站处方便取用电与网络,一号机库安装位(经度 96.02376670;纬度 40.54251237),二号机库安装位(经度 95.96617296;纬度 40.53652365)。



图 1-4 二号机场安装处

根据项目整体布局与应用需求,设备的安装方案主要包括无人机自动机场布置、地面基站与通信节点安装、云管控平台部署、无人机充电与维护设施安装及电力与网络线路敷设。

(2) 无人机前期试点测试

试飞数据汇总表 表 1-1

气象条件	飞行时间(min)	飞行高度(m)	航迹精度(m)	拍摄清晰度评分 (满分 10 分)
晴天	8 月 30 日 上午 11 时	50m	≤0.1m	10
大风天	8 月 30 日 下午 2 点半	24.5m	≤0.2m	10



图1-5 无人机抓拍图

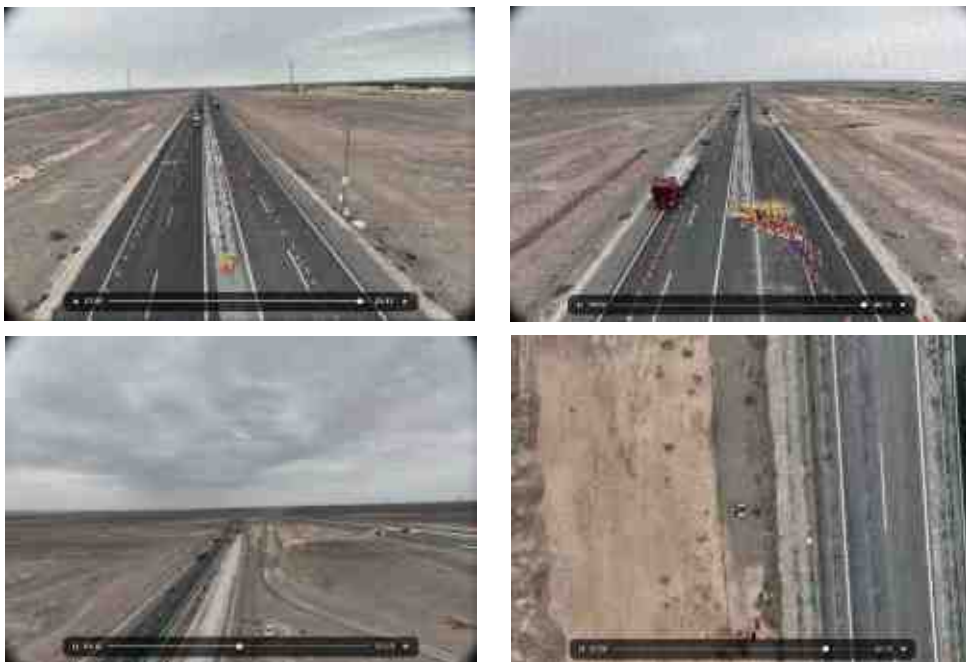


图1-6 无人机视频回传图

以下为气象实时监测图,包括风速变化图和雨量变化图。



图1-7 气象风速实时监测图



图1-8 气象雨量实时监测图



图1-9 测试现场图

(3)四旋翼综合飞行巡检工况

巡检基本信息 表 1-2

任务类型	无人化道路巡检系统建设项目				
巡检日期	2024-11-25				
巡检人员	AI 自动识别				
报告生成时间	2024-11-25 18:36:15				
巡检机型	小型四旋翼	搭载设备	正射相机	飞行高度	35 米

项目在 14km 路段设置 2 个无人机自动充电、起降点,通过专用网络连接无人机控制中心。无人机从指挥中心起点自动起飞,沿管线上空巡航采集高速公路光学图像,飞行中与最近基站、机巢通信并切换信号。完成任务后,无人机在自动机巢自动着陆、充电,随即开启下一段航线。图像处理平台对采集的海量图片、激光点云进行处理,自动识别、定位隐患位置,输出报告供处置单位处理隐患。

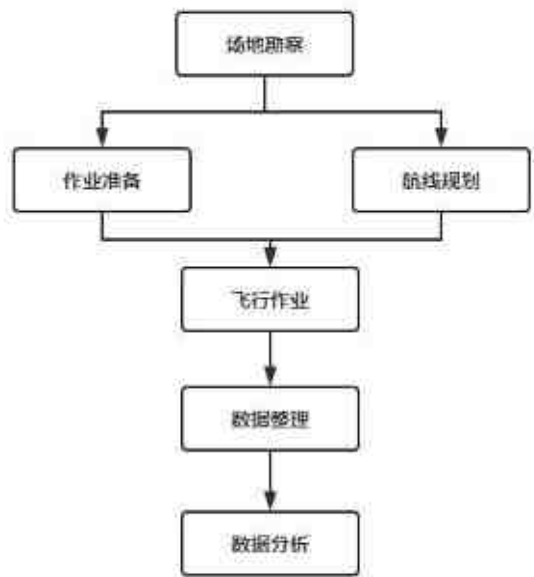


图1-10 四旋翼无人机架空公路通道巡视作业流程

(4)四旋翼综合飞行巡检工况

详情	隐患图片
1.G30连霍高速公路嘉安段(酒泉段),路面裂缝	
2.G30连霍高速公路嘉安段(酒泉段),路面裂缝	

详情	隐患图片
3.G30 连霍高速公路嘉安段(酒泉段),杂物、垃圾及堆积物	
4.G30 连霍高速公路嘉安段(酒泉段),路肩损坏	
5.G30 连霍高速公路嘉安段(酒泉段),路肩损坏	
6. G213 肃航公路,道路裂纹	

广东:数智转型, 畅享出行——东莞智慧交通系统建设(交通侧)

东莞市交通运输局 邓炯初

东莞市综合交通运行中心 江贺韬 周树森 萧立 张恩诚

1. 项目背景

党的十九大明确提出要加快推进信息化,建设“数字中国”“智慧社会”。2019年2月中共中央、国务院印发《粤港澳大湾区发展规划纲要》,纲要指出支持珠海、佛山、惠州、东莞等城市充分发挥自身优势,深化改革创新,形成特色鲜明、功能互补、具有竞争力的重要节点城市。广东省交通运输厅印发的《广东省交通运输科技协同创新“十四五”发展规划》中将“进一步提升交通运输智能化水平,建设智慧交通体系”规定为重点任务之一。

东莞市2019年启动“数字政府”建设工作,“智慧交通”建设项目属于东莞“数字政府”项目之一,按“数字政府”建设规范由东莞市政务服务和数据管理局统筹规划、建设,东莞市交通运输局和东莞市交通警察支队作为项目用户单位参与项目建设。

项目启动前,东莞交通治理面临三大瓶颈:数据分散如孤岛,113个系统“各自为政”;人工协作如临渊,突发事件响应力不足;传统管理如舟缺桨,难承市民日益增长的出行需求。在此背景下,智慧交通作为“数字政府”建设的关键板块,亟须建立统一的交通数据标准和规范体系,以确保不同交通数据系统间的互联互通与协同作业。

2. 项目内容

作为东莞“数字政府”重点工程旗舰,东莞智慧交通展现“广覆盖、高集成、深融合”特点,成为交通治理现代化先锋,为全国智慧交通建设打造可复制推广的“东莞样板”。

本项目主要建设内容包括:智慧交通小脑、大交通综合管理平台、6个智慧应用和1个运行中心信息化升级改造等4大部分。项目以“1+1+N”技术体系为核心骨架,构建“数据基座-决策中枢-场景应用”全链路智慧交通生态,技术架构深度融合分布式计算、实时数据处理与跨域协同技术。智慧交通小脑基于华为 FusionInsight MRS 构建“湖仓一体”架构,实现历史数据湖与实时数据仓的无缝融合。应用“硬件加密网关+网闸摆渡”双层架构,全省首次实现

政务外网与公安网双向数据共享。

(1) “1+1+N”智慧交通体系

东莞市智慧交通建设项目(交通侧)以“1+1+N”体系构建智慧交通树:1个小脑为根,汇聚数据之水;1个TOCC为干,串联感知与决策;N个智慧应用为果,造福市民出行。



图1-11 “1+1+N”智慧交通体系

(2) 智慧交通小脑:数据基座与核心引擎

智慧交通小脑如“数字中枢”,汇聚全市数据,为治理决策提供动能:一是数据汇聚,结合市级规范,打破数据孤岛,整合98个单位、1968亿条数据(总量26.5TB,日增37.3GB),规模全国领先。二是实时分析,“湖仓一体”架构融合历史与实时数据,实现分钟级动态更新与精准分析。三是数据共享,全省首次实现政务外网与公安网双向共享,提升跨部门数据协同与管理智能化水平,树立智慧交通标杆。



图1-12 “交通小脑”大屏

(3)TOCC:城市交通一体化监测与指挥的大脑

综合交通运行监测调度平台(简称 TOCC)成为城市交通的“大脑”,用“一张图”的3个模块看清全城脉络。



图1-13 TOCC大屏及相关模块

一是综合监测模块。实时监控路网、公交、交通事件,构建“一张图”态势感知。
二是融合决策模块。集成决策知识库,支持拥堵分析、路网优化和决策模拟,提升治理科

学性。

三是协调指挥模块。建立智能响应体系,增强交通系统韧性与安全性。

(4)智慧公交:精准调度,公交运行更高效

智慧公交系统依托大数据、AI等新一代信息技术,成功构建了运行监测、决策分析、行业管理和安全应急四大核心功能模块,推动公共交通数智化、精细化。该应用接入全市站点和线路数据,动态监控车辆运行状态,并通过客流分析优化线路调度,提升客运效率、重塑传统工作流。



图1-14 智慧公交核心功能业务流程

(5)智慧出租:全域监管,打车出行更规范

作为行业监管平台,有效打通出租行业管理的数据渠道,实现巡游出租车、网约出租车的统一管理,并使用大数据赋能出租行业监管,提升对出租车行业新业态的关联研判,整体改善出租服务品质,提升市民对出租行业的体验。系统接入19家网约车平台和268家租赁公司,聚合证照查询、轨迹查询、绕路分析等“人、车、企”功能,有效打击非法营运、绕路、财物遗失等行业痛点,规范行业秩序。



图1-15 智慧出租

(6)智慧货运:安全高效,货畅其行更安心

智慧货运建设行业信息管理、行业监管、数据分析和应急调度等四大功能模块,打造东莞首个货运行业的智能运输信息化监管系统,有效提升东莞市公路交通安全水平,提高公路路网的通行能力和汽车运输生产率。

系统已接入全市货运行业企业和货运车辆的信息数据,实现对行业基本信息的管理;针对重货和危运,实现了车辆营运数据统计、行业趋势分析、重点区域监控、危运路线热力 and 流量分析、考核分析等业务功能;对于应急突发事件,已接入应急队伍、应急物资、应急场所等3大类应急信息,实现应急预案、应急资源的管理和调度。



图1-16 智慧货运

(7)智慧工程:全程可控,工程管理更精细

智慧工程围绕“事前审、事中监、事后评”三大阶段,建设8个子系统(项目审批、工程管理、质量监管、安全监管、检测监管、造价管理、信用考核评价、移动端),完成打通“工程前期行政审批-在建过程多维监管-后期竣工验收”东莞市交通建设工程管理的业务各环节,实现东

莞市交通工程线上全链条监管,很好地提升了监管效率及水平。系统接入现场监控设备和检测数据,整合质量检测、造价管理、安全监控等模块,推动工程管理精细化与规范化。打通验收与核验流程,实现多部门高效协同。



图1-17 智慧工程全流程管理

(8)智慧检修:闭环治理,交通更绿色环保

系统打造“检验-维修-复检”闭环监管模式,全面提升质量监管与环保水平。汇聚尾气排放、维修企业与检测机构数据,实现动态监控与实时共享。闭环治理,确保超标车辆整改到位,有效减少污染物排放,提升监管效率。



图1-18 智慧检修

(9)智慧服务:一站集成,服务市民更贴心

依托“i莞家”平台,智慧服务整合交通动态信息,提供一站式出行解决方案。通过大数据分析用户出行习惯,推送个性化出行建议,提升出行便捷性。平台支持建议反馈,增强公众参

与治理透明度。



图1-19 智慧服务

3. 创新点

(1) 模式创新

“标准化”交通数据治理体系。从无到有,制定市级规范体系,构建统一的数据治理框架,数据接入和治理规模在省内领先,为全国交通数据治理提供了可复制模式。

“闭环化”数据驱动的治理新模式。实现从传统业务驱动到数据驱动的转型,构建“感知-分析-决策-跟踪”全流程数字化闭环。

“集约化”资源复用与成本优化。采用省、市、镇三级共建模式,充分整合资源,降低建设和维护成本。对于资源有限的城市,具备高实用性和可推广性。

(2) 技术创新

突破“数据孤岛”,实现双网共享。全省首次实现政务网与公安网双向数据共享;对接交投集团、19家网约车平台、268家租赁公司,实现跨部门数据流通,累计共享384个交通数据目录,向12个单位供数153次。

“湖仓一体”架构,提升数据效率。统一存储、实时响应,结合历史与实时数据,并提供“一站式”数据服务接口,提升数据利用率和开发便捷性。

(3) 应用创新

动态生长的智慧应用体系。构建六大智慧应用场景,涵盖交通全生命周期。未来可持续拓展,形成“可生长”的智慧应用体系。

与民共享的智能服务体验。通过“i莞家”平台一站式集成智慧交通信息,市民可获取精准的动态出行建议,并参与交通治理反馈,提升交通管理透明度和公众参与度。

4. 应用成效

数据汇聚与平台支撑能力提升。接入 98 个跨部门系统,汇聚数据总量 26.5TB,日增 37.7GB,日处理超 10 亿条。

实时监测与决策效率提升。动态更新 1200 余项交通指标,数据延迟 ≤ 3 秒。支持 16 万路高清视频接入,单画面切换时延 < 1 秒。应急指令下发时间 ≤ 5 分钟,提升突发事件处置效率。

交通效率与市民出行体验优化。2024 年东莞交通健康指数 64.1%,同比上升 1.08%,居全国第 3;市区路口拥堵指数下降 8.77%,平均速度提升 7.43%。道路整治 295 公里,拥堵节点治理 102 个。

交通运输行业管理提升。班次认定准确率 $\geq 95\%$,定制公交 1000 余条,服务超 100 万人次。出租车接入 19 家网约车平台、268 家租赁公司,投诉处理耗时缩短 87.5%。

工程管理与质量监测数字化。施工许可审批时间缩短 75%,出证效率提升 85%,全链条审批效率提升 60%。

检修监管与环保成效。I/M 闭环管理年检合格率 94.2%,空气质量综合排名第 18,PM2.5 浓度第 7,卫生健康支出同比减少 37.1%。

系统稳定性与可持续运营。系统全年正常率 $\geq 99.99\%$,多次攻防演练验证安全性。运维响应时间 ≤ 30 分钟,故障修复 ≤ 6 小时,保障业务连续性。

甘肃： 自动驾驶货运编队物流运输体系运行示范

甘肃新陆港科技有限公司 王锋 侯金泉 吴珊珊

甘肃路桥数智交通研究院 刘启明 荔永苍

1. 项目背景

当前,国家正大力推动自动驾驶货运产业发展,各部委已相继出台多份相关政策文件,为行业发展划定清晰方向:一方面明确商用车为自动驾驶示范应用的核心车辆类型;另一方面聚焦关键应用场景,重点强调在高速公路领域开展载物试点与试行活动,并正式支持企业使用自动驾驶汽车从事道路普通货物运输经营,同意启动自动驾驶载货示范应用项目,同时鼓

励市场主体积极提供自动驾驶载货运输服务,最终目标是实现干线货运的规范化、高效化发展。

在国家政策的引导下,甘肃省积极响应,主动优化本地政策环境,明确将自动驾驶货运发展纳入重点支持范畴,并结合省内实际规划具体落地举措:在具备基础条件的干线公路路段,推进智慧高速公路建设与自动驾驶试点示范工程;依托省内已布局的智慧交通重点工程,同步开展货车编队运行试点示范,以点带面推动技术与场景的深度融合。

从整体来看,这样的政策环境具有双重重要意义:不仅为自动驾驶货运技术从研发走向广泛商业化应用筑牢了基础,也为传统物流行业突破发展瓶颈、开辟全新市场空间提供了关键机遇,助力物流产业实现转型升级。

2. 项目内容

甘肃省智慧交通与智能网联汽车综合测试应用示范基地货运线路全长117.5公里,涵盖兰州新区城市开放道路测试区、职教园区“自动驾驶客运、货运和园区”三大示范场景,G312线清水驿至傅家窑一级公路(简称:清傅“5G+智慧公路”)是其核心部分。项目通过聚焦“车路云”一体化技术融合,集成5G通信、智能感知、云计算等前沿技术,建成智能网联汽车与智慧公路技术融合示范路段,并打造集行车安全保障、实时货运管理、车辆调度组织于一体的“三位一体”协同管控系统,为自动驾驶货运应用提供基础设施与技术平台支撑。

自动驾驶货运编队物流运输体系依托清傅“5G+智慧公路”基础设施及“三位一体”协同管控系统构建,核心通过该中枢系统实现多环节协同:行车安全保障环节借助路侧与车载设备实时交互识别风险、辅助应急处置;实时货运管理环节依托云计算监测货物状态并优化效率;车辆调度组织环节结合路况与需求规划路线。体系以支持自动驾驶货运编队稳定运行、开展常态化运营示范为目标,通过技术协同验证干线公路场景下货运编队的技术可行性与安全性,为后续规模化推广、标准化制定提供依据,推动传统货运向智能网联化转型。

(1) 打造自动驾驶货运场景

打造自动驾驶货运场景,在甘肃省智慧交通与智能网联汽车综合测试应用示范基地货运线路,落地“点对点”运输场景,全长56.5公里,开展自动驾驶货车载物示范应用。兰州新区中川北站因交通便利被选为起点,连接多条铁路和公路,自动驾驶货车从此出发,突破地域限制。终点设在兰州新区综合保税区,作为重要货物集散中心,适合自动驾驶货车运输。在清傅“5G+智慧公路”落地动态专用车道场景,设置动态专用道,全长8公里,进行自动驾驶货运编队行驶。

专用道柔性管控模型	当空车或车辆上游 x_{i-1} 所需时间 $T_{el} = \max_i \left\{ \max \left\{ \frac{x_{CEj} - x_i}{v_i} + x_{LC} \right\}, j \in S_i, j \in C_i \right\}$	当空车或车辆下游 x_i 至 x_{i+1} 所需时间 $T_{ei} = \frac{x_{CE(j+1)} - x_{ei}}{v_{i+1}}, j \in C_i$	约束条件 $\frac{x_i - x_p}{v_p - v_i} \leq t_{LCi}, i \in S_p$
	信号控制需在时段 t 转为红色交叉 $B(t) = \{j j = m, m+1, \dots, m_i, j \in C\}$	当前路段符合 k 控制目标的第一个信号控制组 $m_i = \inf \left\{ j \mid \frac{x_{CEj} - x_p}{v_p} \geq T_{ei} \text{ and } \frac{x_{CE(j+1)} - x_p}{v_p} \geq T_{ei+1}, j \in C_i, j \geq m \right\}$	

针对运输编队低渗透率、高环境要求,研发专用道柔性管控方法。基于通行能力约束,建立车道分配模型,以匹配通行能力与需求,追求低饱和度和少客货冲突,确定专用道数量和清空距离,实现柔性管控。



(2) 开发“车路云”一体化系统

“车路云”一体化系统是自动驾驶货运编队物流运输体系构建与运行的核心技术支撑载体和功能实现底座,自动驾驶货运编队物流运输体系则是其技术落地、功能集成后形成的最终应用示范形态,二者呈现“技术支撑-应用落地”的紧密逻辑关联。作为核心技术支撑载体,“车路云”一体化系统通过结构化开发,搭建起三大核心子系统与平台,分别承担编队运行的不同关键功能:

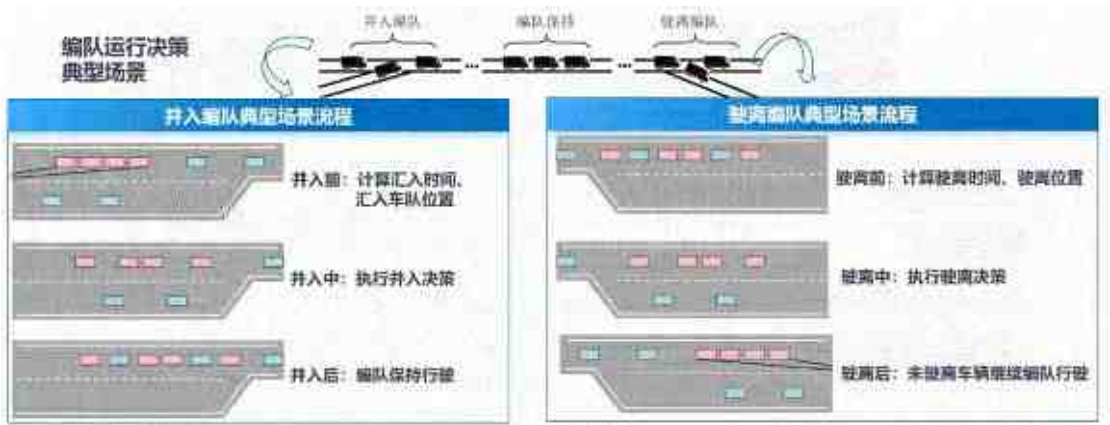
一是为自动驾驶编队系统,该系统聚焦车辆控制层面,可实现车辆自动驾驶、自动跟随及车队管理,通过精准的车辆协同控制算法,为货运编队的稳定行驶提供基础控制能力,确保多车辆在行驶过程中的间距保持、速度同步及路径一致性。



二是为车路协同信息服务系统,该系统以数据交互为核心,可实时采集路侧感知设备(如毫米波雷达、高清摄像头)、车载终端及云端平台的多维度数据,包括道路通行状态、交通流量、车辆故障信息等,并将这些数据进行实时传输与处理,为编队行驶提供动态路况支持。



三是为自动驾驶编队运营调度管理平台,该平台聚焦运营管理层面,可实现云平台与车辆、车队的的数据远程交互,包括车辆位置、行驶轨迹、货运状态等数据的实时监控,同时支持货运编队任务管理、指令下发(如调整行驶路线、变更编队顺序)及异常情况应急处置指令的传递,从运营端保障编队运输的高效与可控。



3. 主要创新点

(1) 建立了适用于普通公路的云边端协同编队协同决策机制

针对自动驾驶编队调度需求,利用自动驾驶货车编队调度功能,获取真实数据,进行仿真模拟,提供货车的编队形成决策;针对自动驾驶编队行驶需求,利用货车编队决策功能,依托快速路上、下匝道以及沿线路口进行车路协同决策理论和体系机制验证,解决路侧汇入、信号控制路口的安全和效率问题,提供货车的编队运行决策,为在途运输提供实时自动货车编队运输服务;针对自动驾驶编队管理需求,依托中快速路常规路段进行稳态编队行驶,依托水秦快速路上、下匝道开展加编、解编测试,实现编队价值,并提供物流运输支持。

(2) 研发了面向普通公路货运编队的专用道柔性管控方法

该方法针对传统静态货车专用道适应性差、客货冲突多、资源利用率低的问题,以动态适配实时交通为核心,打破“固定时空占用”局限。实施中,通过路侧感知与车路协同系统采集流量、客货比例、编队状态等数据,经边缘计算处理后,依托客货交通流协同优化模型(以“最小化冲突、最大化通行能力”为目标),动态调整专用道启用时段、权限及范围——如货运高峰时扩大专用道并保障编队通行,客运高峰时压缩资源供客车临时使用。该方法既缓解了客货混行安全风险,又提升了道路时空利用率,为自动驾驶货运编队安全高效运行提供关键交通组织支撑。

(3) 形成了包含不同自动驾驶等级的货运碳排因子库

项目充分利用参与单位数据能力和研发能力,形成了包含不同自动驾驶等级的货运碳排因子库。本项目针对燃油货车,将通过租用货运车辆以及和货运公司合作获取OBD数据,结合实验道路地图信息,通过标定形成基础碳排放因子库。针对新能源车辆,将通过新能源车

辆数据平台获取能耗数据和轨迹数据,进行标定形成基础碳排放因子库。通过分别解析L2级自动驾驶、L4级自动驾驶、车辆编队条件下车辆能耗的演变机理,在此基础上进一步构建包含不同自动驾驶等级的公路货运碳排放因子库,摆脱美、欧、日的数据依赖,实现货运道路交通消费端碳盘查方法论零的突破。

4. 实施效果

(1)自动驾驶货运编队物流运输体系平台建设成效显著,技术架构趋于完备。

项目围绕自动驾驶货运编队物流运输体系平台构建,在理论研究与技术开发层面形成关键成果:通过完成多类融合感知算法开发与验证,强化体系环境感知能力;设计货运编队调度优化模型,提升编队运行协同效率;研究碳排放核算方法,赋予体系绿色发展属性;开发“车路云”一体化系统业务界面,完善体系操作管理功能,最终打造出技术支撑有力、功能模块健全的体系平台框架,为后续应用奠定坚实技术基础。

(2)测试场测试验证效果突出,自动驾驶技术可靠性与安全性得到充分印证。

依托甘肃省智慧交通与智能网联汽车综合测试应用示范基地货运线路(II类一般风险等级道路,符合《智能网联汽车开放测试道路环境分级标准(征求意见稿)》对道路等级、车速、交通流量的要求)开展的测试,成效显著:通过专业测试员全程监控车辆与环境、后置安全车跟随警示等多重安全保障措施,成功在低风险环境下验证了自动驾驶技术的可靠性与安全性,为技术从研发走向落地提供了关键实践依据。

(3)技术落地与行业价值释放同步推进,助力智慧交通与物流转型。

项目在技术落地与价值转化层面成效明显:一方面,将测试场经验迁移至清傅“5G+智慧公路”,目前正在依托清傅公路开放道路测试环境开展自动驾驶货运编队示范,同时通过货车编队智能调度、专用道柔性管控及编队控制策略优化,实现交通干扰降低与行驶安全强化;另一方面,以“车路协同”为核心形成标杆案例,为甘肃省乃至全国智慧交通体系构建提供参考,推动物流行业向高效、环保、智能方向升级。

5. 经济和社会价值

本项目通过自动驾驶货运编队技术的应用,首先可实现短期直接经济价值:依托编队行驶的协同优化与智能化调度显著提升物流运输效率、减少无效运输环节,同时通过自动化作业替代部分人工操作降低人力资源投入成本,两者共同作用下预计能显著压缩物流运营总成本,为物流企业创造直接经济效益。

从中期发展来看,随着自动驾驶货运技术的成熟与规模化应用,其产业链带动价值将逐

步凸显:一方面推动物流行业从传统人力密集型向技术密集型转型,实现行业结构优化升级以提升物流产业整体经济效益;另一方面形成强烈的产业链带动效应,对自动驾驶装备制造、云计算服务、5G通信设备、智能感知硬件等上下游关联产业产生需求拉动作用,助力形成以智慧物流为核心的产业集群,促进区域产业生态完善。在社会民生领域,项目可有效解决货运行业关键痛点,通过自动化运输模式替代部分人工驾驶缓解长期存在的司机短缺问题,将驾驶员从高强度、高风险的驾驶作业中部分解放以改善其工作环境、降低劳动强度,同时依托自动驾驶技术的精准控制与风险预警能力减少人为操作失误引发的交通事故,显著提升公路运输安全性以保障生命财产安全。

从长期视角看,项目在生态与区域发展维度具备深远价值:生态层面,自动驾驶货运编队通过优化行驶路径、减少怠速能耗等方式降低碳排放,积极响应国家“碳达峰、碳中和”战略目标,体现环境保护社会责任;区域发展层面,技术应用可提升公路运输的服务稳定性与质量,增强公众对智慧交通体系的认可度与满意度,进而优化区域交通物流环境为区域经济高质量发展提供支撑,同时助力提升城市在智慧交通领域的竞争力,塑造现代化城市发展新优势。





江苏实践

公路:推动江苏公路水路基础设施 数字化转型升级,打造交通运输新质生产力

华设设计集团股份有限公司 郑海 王志敏

1. 工作背景

为深入贯彻落实中共中央、国务院关于加快建设交通强国、数字中国等决策部署,加快发展新质生产力,财政部、交通运输部决定支持引导公路水路交通基础设施数字化转型升级。2024年4月29日,财政部、交通运输部联合印发了《关于支持引导公路水路交通基础设施数字化转型升级的通知》(财建〔2024〕96号),计划通过3年左右时间,支持30个左右的示范区域,打造一批线网一体化的示范通道及网络,力争推动85%左右的繁忙国家高速公路、25%左右的繁忙普通国道和70%左右的重要国家高等级航道实现数字化转型升级。随后,两部委办公厅共同印发了《公路水路交通基础设施数字化转型升级工作实施细则》(交办规划〔2024〕28号)。

为落实两部委关于交通基础设施数字化转型升级的工作要求,江苏省积极响应,编制了《江苏省“一轴一网两融合”大流量示范通道及网络交通基础设施数字化转型升级实施方案》。2024年7月,江苏省入选全国首批交通基础设施数字化转型升级示范区域。

2. 总体布局

江苏省围绕“疏堵点、保畅通、强安全、优服务”等问题导向和目标导向,以“6轴7廊8通道”国家综合立体交通网主骨架为重点,构建公路水路基础设施数字化转型升级“一轴一网两

融合”总体布局,成体系、成网络开展数字化建设,覆盖全省90%的四级以上服务水平高速公路,覆盖全省船闸货物通过量排名前9位的所有船闸。

“一轴”:即京津冀-长三角数字化转型设施轴,服务南北向骨干通道拥堵缓解和交通安全精细化管理需求,主要分布在沿海通道和京沪通道沿线,包括G2京沪高速、G15沈海高速、苏北运河、淮河出海航道等干线设施。

“一网”:即沿江地区数字化转型设施网,服务沿江城市群地区高强度高密度出行需求,布局多层次、网络化、干支衔接的沿江地区数字化转型设施网,覆盖长三角-成渝主轴、大陆桥走廊支线等多条通道,包括G42沪蓉高速、G40沪陕高速、G4011扬溧高速、G25长深高速、G312、苏南运河、芜申线等干线设施。

“两融合”:一是推动高速公路与普通国道融合、内河航道与沿海航道融合,在应急指挥调度等方面实现公路水路场景融合。二是构筑标准统一、分层解耦、融合集成的数字底座,实现行业数字底座融合。

计划实施公路数字化升级改造里程2940公里,其中国家高速公路1863公里,普通国道1077公里;计划实施航道数字化升级改造里程1746公里。

3. 建设内容及成效

(1) 推动基础设施智慧扩容

公路方面。“点线面”结合打造三维立体主动管控体系。面向示范通道内的国高收费站点和服务区,推广应用站前预交易、特殊车辆智能查验等新模式,实现收费站单车平均通行时间下降20%。面向沿江区域775公里交通繁忙、易拥堵路段,布局干线主动管控等应用场景,推动实施智慧扩容的路段高峰时段平均行驶速度提升20%。面向全部示范通道,开展路网级交通流的主动诱导,均衡全路网交通流量,同步推动高速公路与普通国道智慧扩容场景联动。

水路方面。对干线航道繁忙船闸,实施数字化改造,打造干支衔接、联合调度和便捷过闸的智慧航道体系,以节点通行效率提升带动航道整体服务水平提升,实现船闸平均待闸时间下降20%左右。

(2) 推动基础设施安全增效

公路方面。构建“一体监测-主动预警-协同处置”一体化处置体系。推动视频AI检测技术的全面应用,实现高速公路示范通道全覆盖,开展多源感知数据融合工作,通过云控平台将各方关心的异常事件或融合数据分类推送,实现路网运行监测的数据共享和业务协同。推动“两客一危”车辆、大件运输车辆定位数据、运单数据与路侧门架抓拍数据、收费数据的深度融

合,精准还原和实时监测重点车辆行驶轨迹,实现重点车辆在网状态的多方实时掌握和协同安全管控。充分响应部级“阳光救援”要求,在统一应用平台、统一考核标准、统一服务标识的前提下,根据公路特征和流量水平划分三级应急救援体系和三级清障救援模式。

航道方面。推动智慧化安全措施覆盖水路运行事前、事中、事后所有环节,加强航道运行监测预警等工作,实现航道安全提升。推广完善全国首个内河船舶手机导航系统,在已建成的3650公里电子航道图基础上,加强与长江、沪浙皖等电子航道图对接,为船舶在航行路径规划、桥梁防碰撞提醒、过闸手续远程办理、船舶遇险求救等方面提供精准服务。

(3)推动跨领域产业融合

对接工信部新能源汽车数据,在安全上赋能江苏高速公路服务区、长大桥隧等关键场所运行管理,在服务上打通与在途新能源车服务渠道,为出行者提供更精细化服务。对接重载货车轨迹和驾驶行为数据,结合路网运行状态和公路基础设施监测信息,通过车载终端为货运司机提供在途安全预警、服务信息主动播报等功能。开展“北斗+施工作业监管”“北斗+基础设施监测”等场景应用,实现对基础设施、智能装备、重点车辆船舶的北斗高精度时空信息服务。

(4)推动体制机制创新

围绕智慧扩容、路网运行管理、重点车辆监管等方面深化“一路三方”合作机制,提升“一路多方”协同管理水平,共同打造“协同治理一张网”。围绕提升出行服务水平,强化与互联网企业、导航软件的合作,开发出服务产品,共同打造“出行服务一张网”。围绕提高应急联动能力,整合政企资源,强化省市县各条线协同,全面构建“综合交通应急指挥调度一张网”。围绕提升数据要素保障能力,建立行业数据产品合作开发机制,打造“数据融合应用一平台”,强化数据高效流通与高水平利用,支撑以数据为核心的基础设施数字化转型升级,鼓励和支持重点行业企业探索开展数据产品开发、资产入表、运营交易,推动数据“用得好、管得住、流得动”。

4. 近期实施重点

围绕智慧扩容、安全增效、产业融合、体制机制创新4个方面,计划实施沿江大通道智慧扩容工程等17个重点项目,总投资约33.6亿元,预计三年实施完成。其中,公路部分共11个建设项目,投资约28.5亿元;水路部分共6个建设项目,总投资约5.1亿元。

铁路:持续深化铁路改革, 进一步加强江苏铁路管理体系建设

华设计集团股份有限公司 孙宝 熊舒威 吕鹏

十八大以来,江苏铁路发展逐渐形成了系统性谋划、高质量推进、滚动式发展的新格局。截至2024年底,江苏省铁路总里程达到4676公里,其中高速铁路2594公里,“轨道上的江苏”主骨架基本形成。全省设区市全部通动车,高速铁路网基本覆盖全省,长三角核心区(沪宁杭)形成“一小时高铁圈”,基本实现各设区市到省会南京2小时通达,高速铁路发展实现了由全国相对落后到全国前列的转变、由省内交通短板到基本适应的转变。铁路的快速发展离不开有力的制度保障。落实国家铁路体制改革要求,江苏铁路在“大交通”管理体制下持续深化改革,逐步理顺和健全铁路建设体制机制,构建起了新的铁路管理格局,有力推动江苏铁路建设取得长足发展。

1. 落实改革要求,不断理顺和健全江苏铁路管理职能

江苏铁路跨越式发展源于改革创新。2006年江苏省铁路建设办公室与交通厅合并,实行“大交通”管理体制。受交通运输厅委托,江苏省铁路办公室代为履行铁路行业管理工作,并在十三个设区市设立铁路工作机构。根据中央和地方财政事权分工的意见以及江苏省铁路发展实际,为落实国铁“一省一公司”的政策导向,2018年江苏省组建成立了江苏省铁路集团有限公司,在全国范围内率先完成“一省一公司”区域性合资铁路公司重组整合。江苏省铁路的政企事权更加明确,职责分工更加清晰,已经基本形成了规划管理、行业监管等全流程铁路管理体系。

2. 加强顶层设计,为江苏省铁路高质量发展提供组织保障

近年来,江苏省出台了多项支持和规范铁路发展的政策文件,建立或完善了规划管理、前期工作、建设管理、运营管理、安全管理等方面多项机制。

规划管理方面。省发改委负责铁路规划和项目审批。各设区市深化研究铁路枢纽总图规划和都市圈市域(郊)铁路建设规划。做好铁路规划与国土空间、生态保护红线、生态空间管控区域、产业布局等规划的衔接,以及与公路、水运、航空等其他交通运输专项规划的融合。

前期工作方面。对于国家主导建设的干线铁路项目,省有关部门和沿线设区市共同配合开展前期工作,省铁路办负责预可、可研阶段的相关协调工作,省铁路集团负责初设及后续阶段相关协调工作;对于江苏省主导建设的跨越2个及以上设区市的城际铁路项目,由省牵头、相关设区市配合开展前期工作;对于只在一个设区市境内的城际铁路项目和所有的都市圈市域(郊)项目,由设区市具体承担前期工作。

建设管理方面。省铁路办负责全省铁路建设重要事项的“牵头抓总”,对省委、省政府决策部署落实情况进行督查。以省为主导的项目由省组织建设实施,以市、县(市、区)为主导的项目由项目所在地负责建设实施。对省级层面审批的铁路项目,由省交通运输(铁路)主管部门主管工程质量和安全监管。

运营管理方面。接入国铁网的国家干线铁路、江苏省主导建设的区域城际铁路项目委托国铁上海局运营管理。城市群城际铁路运营管理较为复杂,水乡旅游线、苏锡常城际铁路太仓先导段已明确委托环沪轨道交通运营公司运营管理,如通苏湖城际铁路苏州北站至苏州东 station 段作为通苏嘉甬铁路联络线则委托国铁上海局运营管理,其余城际铁路因暂没有衔接成网暂定为设区市自主运营。都市圈市域(郊)铁路目前除宁马线、宁滁线已明确后期交由苏皖轨道交通运营公司运营外,其余则由设区市地铁集团负责运营管理。

安全管理方面。省铁路办依法履行本省行政区域内铁路安全监督管理工作,加强与上海铁路监督管理局以及国铁上海局集团公司的沟通联系,以国家铁路、地方铁路界定铁路建设安全监管责任界限,以铁路红线内、红线外来界定铁路线路安全管理责任界限。市、县(市、区)各有关部门承担本行政区域内地方铁路建设安全等有关监督管理工作。

3. 推动深化改革,进一步完善地方铁路管理体制机制

(1) 持续推动地方铁路立法

省地方性法规方面。2021年12月2日,《江苏省铁路安全管理条例》经江苏省第十三届人大常委会第二十七次会议审议通过,并于2022年5月1日正式施行。《条例》适用范围为:本省行政区域内的铁路建设、线路、运营等有关安全管理活动。《条例》加强了与上位法的衔接、加强了铁路建设安全管理职责、设立了铁路保护区、推进了联合监管和区域协作等。《条例》的施行,为地方铁路管理部门实施铁路安全监管、铁路沿线治理工作提供了制度支撑,进一步加强了铁路安全管理工作常态化和制度化。

政策文件方面。江苏省自2016年起,陆续出台《关于支持铁路建设推进土地综合开发的实施意见》(苏政办发〔2016〕162号)、《江苏省地方铁路工程建设项目招标投标管理办法》(苏交规〔2021〕6号)、《省政府关于进一步加快推进铁路发展的意见》(苏政发〔2021〕39号)、《关

于印发<江苏省地方铁路建设工程质量监督管理办法>的通知》(苏交规〔2023〕1号)、《关于印发<江苏省铁路道口安全管理办法>的通知》(苏交规〔2023〕3号)和《江苏省地方铁路建设市场信用管理办法(试行)》(苏交规〔2023〕5号)、《关于铁路建设项目征地拆迁包干工作的指导意见》(苏政办规〔2023〕11号)等规范性文件、政策文件,在推进江苏省铁路建设发展过程中,起到了积极的支撑和保障作用。

(2) 理顺地方铁路管理体制机制

明晰监管责任。落实国家铁路监管部门“谁审批谁监管”原则,对国家层面审批的铁路项目,江苏省配合国家铁路主管部门开展工程质量和安全监管;对省级层面审批的铁路项目,由省交通运输(铁路)主管部门负责工程质量和安全监管。按照《江苏省地方铁路建设工程质量监督管理办法》,城际铁路以及国家铁路集团与省人民政府联合审批或者核准并由本省组织建设的铁路建设工程的质量监督管理由省质量监督机构负责;市域(郊)铁路、专用铁路、铁路专用线建设工程的质量监督管理由工程所在地设区市的质量监督机构根据职责负责。

推动多层次协同监管。加强国省市三级监管机构的协调沟通,推动构建地方铁路建设监管新模式。省铁路办、省交通综合执法局联合上海铁路监督管理局、设区市质量监督机构,围绕地方铁路质量管理、安全生产及竣工验收等事项,常态化开展江苏省地方铁路质量安全联合督查,建立国省市上下联动、区域优势互补的工作机制,融合各层级监督单位力量,逐步建立具有江苏特色的地方铁路建设监督模式。

水运:打造航网运调系统, 实现“水运江苏”智慧赋能

华设设计集团股份有限公司 吴炳良 顾介康

1. 项目背景

江苏省是我国内河航运资源最丰富的地区之一。内河航道承担了省内煤炭、矿建等大宗物资的运输任务,有力保障和促进了区域经济社会的快速、可持续发展,促进了沿河产业布局、城乡建设和跨地区经济联系,已成为江苏省经济社会发展的重要支撑。

江苏省航道运行调度与监测系统(以下简称“运调系统”)是全省智慧航运的重要组成部分

分,是开展全省港航运行管理决策、确保京杭运河安全畅通、推进航运服务提升的重要抓手。

2. 主要建设内容

通过运调系统开发建设,有力推进江苏省航闸运行管理的信息化和智能化进程,实现运行监测自动化、运行调度一体化、管理决策智能化、信息服务精准化、安全保障高效化,全面提升江苏省航运综合竞争力和行业治理现代化水平。



图2-1 运行调度与监测系统PC端界面

(1)智能感知设施全覆盖。通过布设信息化感知设备,加强相关部门数据共享,实现对全网通航环境信息、船舶全流程航运信息的自动监测和采集。一是全面汇集监测信息。通过布设航道交通量自动观测点、视频观测点等外场感知设备,汇集智能设备运行信息,共享海事AIS、水文、气象数据,做到对港航运输、设施类型、运输节点、运输流程的全覆盖,实现数据的自动采集和实时传输。二是助力监测设备应用。通过运调系统的管理要求和服务功能,强化船舶上报进出港信息,进一步完善船舶信息监测体系。

(2)运行调度一体化。通过数据汇聚展示和系统集成操作,实现了港航运行调度信息的“一张图”展示和同航线、同区域船闸的“一站式”管理。“一张图”展示方面,以电子航道图为基础平台,叠加船舶AIS、VITS或北斗导航船载终端定位信息,可以实现船舶运输信息、通航环境、设施状况的组合展示。通过通航设施定位信息和视频信息、船舶信息的整合,可以在图上展示不同船舶运输的全过程信息,船闸上下游闸门、待闸锚地、重点航段的船舶实时状况等。“一站式”管理方面,在实现船闸的自动排挡和自动缴费功能基础上,通过船舶AIS信息跟踪、

船闸可视化管理和现场安全员的优化配合,实现同航线、同区域内多个船闸的远程集中控制,统一负责闸阀门运行操作、船舶过闸登记调度等,推进船闸的自动管理和少人值守。

(3)港航运数据综合分析。整合港航基础数据、航运衍生数据、共享数据,梳理形成完整的港航运数据库,形成相应数据产品,支撑港航决策和数据共享。一是形成云端数据库。利用政务公有云,整合航道普查数据库、港口普查数据库、海事船舶数据库、船舶数据库,汇集航道运行监测数据、相关部门共享数据,形成完整港航运数据库。二是搭建数据中台。通过数据汇聚整合、提纯加工,形成数据产品,为数据共享、数据可视化、预测分析、机器学习等提供基础支撑。

(4)管理决策智能化。通过港航运大数据分析和智能航运行行为识别,为航运管理部门提供系统、全面的数据分析产品和智能化的管理决策建议。通过系统监测数据自动汇总和分析,以图表的形式快速生成定制化的运行数据分析报告。通过强化数据挖掘和数据分析,为优化航道基础设施规划建设、水上运输管理决策、航闸安全运行控制提供辅助支撑。通过既有数据变化趋势分析,预测短期港航运输瓶颈,优化待闸船舶在不同航段的分布,综合各路线船闸的拥堵情况,引导船舶选择更为便捷、通畅的运输路线,提升航运效率。

(5)信息服务精准化。一是信息交互。不再采用传统群发的形式推送航道信息,而是在移动端客户服务平台推广普及的基础上,利用船舶种类、定位、载货信息等条件对船舶进行筛选,定向化的向船舶推送有效信息和安全预警,接收船民信息反馈,提升航道信息服务的精准度和满意度。二是辅助航行。通过船主自主输入船舶起始港和目的港,结合航道线路联通、维护等级、碍航堵点、跨河桥梁及船闸拥堵等情况,为船主规划经济、快捷、安全的运输航线。

(6)安全保障高效化。结合海事部门共享的船舶定位信息、水利部门共享的航道水位信息、气象部门共享的航道区域气象信息,对船舶水位变化、气象变化等进行信息提示,对船舶超限航行、急弯段航行、狭窄段航行、拥堵段航行、不达标桥区段航行等情况进行自动预警提示,提升船民驾船行驶的安全意识,增强船舶航行的安全保障,减少航道基础设施的破损风险。



图2-2 运行调度与监测系统移动端界面

3. 成果的创造性

作为省级港航运行调度平台,运调系统为“水运江苏”引入全新的标准和技术,实现航网监测全覆盖、排档调度全智能、过闸服务全流程、过闸监测全方位,多维度多层次打造航闸精细化智慧管理。

(1)提出了基于AI视频数据、港口报港数据和过闸数据融合的交通量要素自动分析方法,构建了港航闸船等全体系、天地水等全空间的一体化监测预警体系。通过目标区域中存在的船铭牌目标进行船名识别,实现24小时不间断自动观测统计。通过船舶、水位、定位等数据,结合电子航道图基础数据,形成船舶航行的全链条安全预警。

(2)研发了多梯级联合调度和多线船闸智能排档技术,实现了待闸船舶在不同航段、不同时空的最优分布,提升船闸利用率和过闸效率。建立智能可调配调度规则的智能排档模块,由系统自动选择出最优调度方案,提升船闸的运行效率;结合上下游船闸的联合调度规则,引导形成船舶在不同航段、时空的最优分布,降低船闸拥堵。

(3)构建了船舶航行的全链条实时安全预警体系,实时反映全省航道运行状态。通过外场感知设备掌握港航设施数据动态,实时了解船舶运输、通航环境、设施运行等动态变化数据,形成船舶航行的全链条实时安全预警信息,并及时推送给船民。

(4)开发了船舶移动端APP,实现了从船舶过闸报到、缴费、调度、航闸信息查询、全流程路线引导和船舶辅助航行。移动端整合船舶过闸、信息查询、信息交互、预警提升、船舶辅助航行等功能,同时基于管理人员对于航道运行调度中关于过闸审核、运行监测、信息查询等需求,提升船舶通航效率和安全保障。

4. 实施效果

该成果已在江苏省整个航网及船闸中全面铺开运行;通过系统开发建设,极大推进了江苏省航道监测和船闸运行管理的信息化、智能化进程,对于提高航道监测管理水平、增强港航协同发展效力、提高航道的通过能力和船闸通行效率起到重要支撑作用。一是全面融合港航生产业务流程,实现全省航闸一体化管理,在13个市级港航中心、苏北航务处、53个船闸管理所铺开应用,覆盖2.4万公里航道,注册用户达6.6万个。二是整合新版船讯通,实现船舶一键过闸、全省通达,通过与浙闸通、皖航通、鲁船通的数据衔接共享,实现船舶跨省畅行。三是通过全流程智能化调度过闸,实现船舶过闸效率提升20%,闸室利用率提高10%。四是通过区域集中控制、远程调度,实现船闸现场“集中调度、少人值守”,调度业务人员减少30%以上。五是通过“天地水”一体化监测体系的建立,整个航网监测预警能力大幅增强,港航本质安全水平显著提升。

轨道:深化跨省市(域)铁路协同发展, 共建轨道上的南京都市圈

华设设计集团股份有限公司 孙宝 程红 吕鹏

1. 背景介绍

推动轨道交通“四网融合”是党中央、国务院作出的重大决策部署,也是交通强国的重要内容,旨在实现各种交通方式的连接贯通,更加方便人民群众的出行,更好地服务区域经济社会发展。南京都市圈作为江苏省轨道交通多网融合发展最为深入的区域,近年来紧扣提升中

心城市首位度的目标任务,持续提升南京都市圈城市之间联通水平,积极推进跨区域轨道交通一体化发展,规划形成了“十廊放射”的都市圈复合交通骨架,建成运营轨道交通宁句线,开工宁马、宁滁、宁扬等轨道交通线路,推动都市圈城际铁路建设取得重要进展,都市圈快速通勤水平明显提升,一体化进程加速推进。

2. 具体工作

(1) 坚持顶层设计,推进跨省市(域)铁路融合

南京都市圈紧抓《江苏省沿江城市群城际铁路网规划》编制契机,规划形成宁高城际、宁天城际、宁和城际等9条放射城际线,拟构建以南京核心的0.5-1小时通勤圈,将有效促进南京都市圈市域(郊)一体化发展。积极推动南京都市圈宁扬、宁马等6个项目成功纳入《长江三角洲地区多层次轨道交通规划》“十四五”规划建设项目表的市域(郊)铁路范畴,加快开启市域(郊)建设新纪元。围绕建设“一小时通勤圈、一日生活圈”目标,组织编制南京都市圈多层次轨道交通体系规划,成立南京都市圈城市发展联盟,签署《南京都市圈多层次轨道交通体系规划框架协议》,统筹南京都市圈内各市(区)之间的轨道交通连接线路,提出“四网融合”规划方案,打造枢纽体系,共建“轨道上的都市圈”。

(2) 坚持多方合力,共建高效运转的体制机制

南京都市圈作为全国最早启动建设的跨省都市圈,对于跨省市(域)铁路,始终坚持共同谋划和一体化发展。一方面加快破解行政壁垒和体制障碍。建立了都市圈建设办公室、联席会议、专委会工作会议等多层次工作机制,不断完善轨道交通建设管理相关体系,根据审批权限和属地监管原则,分段编制、分别报批,项目投资比例按境内长度分摊,合理分担成本、共享利益。一方面推动跨区域项目制度协同创新。南京、镇江两地针对宁句线提前谋划,首次协同立法,分别提交《关于加强跨市域轨道交通运营和执法管理若干问题的决定》获省十三届人大通过,有效破解了跨市域轨道交通“分段而治”的难题,对轨道交通引领南京都市圈发展提供了有力的法治保障,也为国内其他跨市域轨道交通管理和执法提供的示范案例。

(3) 坚持智慧引领,着力构建一体化示范工程

南京都市圈依托宁句、宁马、宁滁、宁扬四条市域线,打破都市圈行政区划、系统、制式之间的限制,构建智慧轨道示范工程,加快都市圈一体化、多层次综合交通网络建设。从网络布局、运营运维、乘客服务等方面打造顶层体系,以都市圈城轨云、大数据平台、5G公网传输网络为基础,以跨市域协同调度管理来探索都市圈一体化运营机制,以网络化多专业综合运维来探索都市圈运维管理体制,以都市圈多元票务互联互通来探索乘客服务模式,构建了“规划建设一蓝图、运营管理一张网、便捷出行一串城”轨道上的都市圈新格局。



图2-3 NCC线网指挥中心

3. 实施效果

(1)“轨道上的都市圈”初见雏形。南京都市圈作为全国最早启动建设的“跨省都市圈”，轨道交通一体化发展已经进入加速融合阶段，目前已基本形成国铁干线、城际铁路、都市圈市域(郊)铁路和城市轨道交通四网融合发展的轨道交通体系。

(2)跨省(市)的都市圈城际铁路取得重大突破。南京都市圈规划9条放射城际线，形成了以南京核心的0.5-1小时通勤圈。目前宁句城际已正式运营，宁马、宁滁、宁扬三条跨市铁路加快建设，都市圈内城市间联系及其相互作用不断增强，都市圈通勤轨道交通网络进一步完善。



图2-4 南京都市圈宁句城际宁句号主题列车

(3)智慧市域快轨示范工程更近一步。宁句城际作为江苏省第一条市域快轨,其蕴含的“智慧元素”创下多个首次:国内首次实现在轨道交通行业引入5G公网,国内首次利用高速转储平台,省内首次设置轨道交通云平台,且采用多项新技术对列车进行多方面提档升级,增强列车在高速工况下的稳定性以及密封性。

低空:低空经济发展江苏实践

华设设计集团股份有限公司 朱洁 白桦

2023年底召开的中央经济工作会议提出,打造生物制造、商业航天、低空经济等若干战略性新兴产业。国务院、中央军委发布的《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》于今年1月正式实施。2024年政府工作报告提出,积极打造生物制造、商业航天、低空经济等新增长引擎。各地掀起低空经济发展热潮,加快开展低空空域管理改革探索,将空域资源激活转化为经济资源,助推低空经济产业创新发展。

低空空域改革是低空经济发展的必要条件。如何加快推进低空空域改革,助推低空经济发展?是发展低空经济需要重点考虑的问题。

1.多地积极开展改革试点

近年来,我国无人机产业发展迅猛,截至2023年年底,无人机设计制造企业约2000家,运营企业接近2万家,实名登记无人机126.7万架,同比增长32.2%,无人机年飞行量2300万小时,同比增长11.8%。

在无人机产业快速发展的同时,低空飞行服务保障体系逐步完善。中国民用航空局发布《低空飞行服务保障体系建设总体方案》,明确将建成由1个国家信息管理系统、7个区域信息处理系统和一批飞行服务站组成的低空飞行服务保障体系,有效提升低空飞行服务效能。此外,国家大力支持无人驾驶航空器驱动的低空新经济。《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》提出,在确保安全的前提下积极创新空域供给和使用机制,完善无人驾驶航空器飞行配套基础设施和服务体系。

自开展低空空域管理改革工作以来,湖南、四川、安徽、海南、江西等试点省份先行先试,在管理机制、保障体系、平台搭建等方面取得一系列具有突破性和创新性的改革成效。

在管理机制方面,四川组建了由省政府主导的四川省低空空域协同运行管理中心,形成

以省政府负责统筹低空空域需求配置、空管部门负责论证审批、协同运行中心负责运行管理的机制。安徽构建四个“1”的支撑体系:1个领导机构——省低空空域协同运行管理委员会,统筹全省低空改革试点工作,实现空域资源的动态管理和灵活高效使用;1个管理中心——省通用航空协调管理服务中心,负责协调用空需求、提供飞行计划“一站式”受理等服务通航企业,有效激发通航市场主体内生动力;1个发展平台——省通航控股集团有限公司,发挥龙头作用,引领带动全省通航产业发展;1个智囊团——省低空空域改革专家库,为全省低空改革工作各项决策提供智力支持。



图2-5 四川省低空空域协同运行中心

在保障体系方面,海南在全国范围内率先建成覆盖省级区域的低空空域空管服务保障示范区和军民航双认证的通航飞行服务站,采取军民航联合监管模式,对通航飞行活动实行归口管理。江西建设覆盖全省的低空航管服务保障系统,对全省低空空域进行全面管控,实现低空1000米以下飞行“看得见、呼得着、叫得应”,同时建成南昌、景德镇、都阳三地的低空航管服务保障系统,并实现互联互通。

在系统平台方面,湖南建成全国首个可服务全省的A类飞行服务站,为通航用户提供飞行计划处理、航空情报服务、飞行情报服务、气象情报服务、飞行动态监视和飞行中服务,同时实现了“一窗受理、一网通办”飞行计划申报。综合运用“北斗+ADS-B+5G”三模技术建设低空监视通信系统,在全省建成53个地面监视站,基本实现全域低空监视全覆盖。安徽打造全省通航飞行服务平台,为省内通航用户提供任务审批、飞行计划、航空气象、航空情报、飞行情报及协助救援等“一站式”服务。编制《飞行服务站运行手册》等工作制度并将通航服务融入省政务窗口,实现“一窗受理,一网通办”。



图2-6 湖南省A类飞行服务站

2. 多方面制约因素待突破

随着我国低空经济快速发展,交通运输部门在这一新兴领域中被赋予新的责任和使命。低空经济涵盖无人机物流、空中游览等方面,对综合交通运输体系发展提出更高要求:一是体系标准制定。急需构建安全、高效的低空交通管理体系,推动低空空域资源合理规划与有效利用,优化空域结构,为各类低空经济业态提供广阔的发展空间。二是基础设施建设。积极推动技术创新和基础设施建设,包括但不限于低空飞行服务站、导航设施的布局和完善,以及无人驾驶航空器交通管理系统的研发应用,力求打造智能化、网络化的低空交通服务体系。三是多方协同发展。协同各方力量,强化低空经济产业链的培育与发展,通过深化政策引导、强化人才培养、鼓励企业创新等方式,助力我国低空经济实现高质量发展,使其成为带动经济社会全面进步的新引擎。



图2-7 建立高效协同管理运行机制

在低空经济这片蓝海中,交通运输部门肩负着秩序维护者、规则制定者和服务创新者的多重角色,在保障安全、促进发展、服务社会等方面发挥不可替代的重要作用。

江苏作为经济大省、制造业强省,正超前布局建设未来产业,探索低空经济发展的“江苏模式”。一是省级层面加快建立健全管理体制机制。江苏通过成立省级低空空域协同管理组织架构,推动成立江苏省低空飞行服务中心,以提高低空飞行服务保障能力,促进低空经济产业的快速发展。二是争创低空经济领域示范。南京民用无人驾驶航空试验区是国家首批试验区,建立了运行管理中心、低空服务管理平台和低空联网平台“一中心、两平台”管控服务体系,在民用无人驾驶航空试验区发展中起到了低空无人机运行精细化服务与管理的示范作用。三是积极开拓应用场景。南京无人机基地开发了无人机协同森林巡检、长江生态监测、江面物流运输、老山应急救援等一批典型应用场景,已建立起基于低空5G智联网的无人机运行生态。四是助推产业链延伸。苏州基于市域产业基础及全市低空经济发展的先发优势,提出打造“一带四区多点”的低空经济产业空间结构,与低空飞行运营、整机制造、高端装备等企业联合,优先在物流运输、空中游览、医疗救护、智能巡检等领域实现突破。



图2-8 民用无人驾驶航空运行管理中心(无人机基地飞行服务中心)

低空经济发展前景广阔,但现阶段仍面临一些制约因素。一是低空空域供给不足。我国民航使用空域大部分为管制空域,开放的低空空域没有成网连片,难以适应无人机多点飞行、便捷高效的特点。二是军地民协同机制有待完善。我国空域结构复杂,空域资源动态使用机制尚不健全,一个飞行活动可能涉及多个空域,飞行计划审批往往需要跨地区、跨部门申报,流程繁琐、周期长,直接影响了飞行组织与实施。三是低空飞行保障能力不足。低空空域飞行密集、地面障碍物多、气象条件更复杂,导致低空空域通信、导航和监视覆盖难度更高,虽已提出构建涵盖全国、区域、飞行服务站的三级低空飞行服务保障平台,但目前尚未形成一套系统、科学和完善的低空飞行运行体系,低空空域飞行服务保障能力相对不高。

3. 向有条件、有积极性的区域进行政策倾斜

为加快推进我国低空经济高质量发展,持续推动低空空域管理改革,应以政府为主导、空

域为基础、安全为关键、市场为指引,强化军、民、地协调联动,笔者提出以下建议:

强化基础配套设施建设。采用国家、地方和企业用户多元化投资相结合的方式,根据空域类别和保障需求,加强空管配套设施建设。一是完善空域管理运行机制。在全国范围内划设符合各地区特点的低空空域类型,对已经划设的三类低空空域使用方法予以明确,并简化飞行计划申请及批复程序,提高不同类型低空空域的运行管理效率。二是强化技术管理手段。建立网络化的飞行计划服务系统,提供同一管制区内所有的飞行计划及动态,且可提供基本的预警功能,从而为飞行中调配提供有效的数据支持。三是提高低空空域通导监能力。根据各地区发展特点,推广使用卫星通信系统,星基、地基导航技术等,提高低空空域的通信、导航、监视服务能力,针对飞行密集地区、边境地带,以及空中禁区、危险区、限制区和重要目标附近地区,加大雷达监视设施的建设力度和雷达覆盖范围,确保重点区域雷达监视的无缝连接。



图2-9 5G通信服务基础设施建设

积极推广试点成果运用。做好顶层设计,制定适合我国低空空域管理改革的中长期战略规划,鼓励各级空管部门和地方政府,立足现有条件,结合各地区特点,紧扣低空空域资源使用安全与效能的原则,积极推进低空空域管理改革试点工作,并总结湖南、四川、安徽、海南、江西等试点省份好的经验和做法,研究找准存在的问题,加快实现低空空域资源利用最大化、空域分类划设合理化、低空空域使用灵活化、低空空域管理法治化、低空空域使用保障系统化、低空空域建设发展长远化。

完善一体化运行管理体系。加快完善一体化运行管理体系,提升低空空域精细化管理水平。一是强化管理部门职能。通过制定国家低空空域管理政策、细化空域分类,解决低空用户与军民航之间的矛盾。二是推进信息一体化进程。加强军民航空域管理信息系统的融合,使军民航各自掌握的低空空域数据信息充分共享并提高兼容性,最大限度发挥低空空域资源

的主权性、安全性、经济性。三是健全低空空域综合评价体系。制定低空空域评估标准和程序,结合低空空域运行数据,定期对整体运行效果进行综合评估,并根据评估结果及时对低空空域进行调整和公布。

加强法律法规体系建设。建立健全国家低空空域管理改革相关法规标准。一是完善低空空域管理法规标准。根据国家空域分类及低空空域管理改革方案,细化相关法规标准,进一步明确低空空域管理的政策、主体、责任、方式与机制,制定军民航空域管理的统一规范。二是完善低空经济发展政策体系。结合市场需求,加快研究出台与低空经济发展阶段特征相适应的财政、金融、产业、市场监管等相关配套政策以及政策保障体系,强化支撑保障能力。三是鼓励地方政府研究出台配套政策。加大地方政府购买服务力度,设立专项资金,引导社会资本参与地方低空经济发展。持续关注低空空域管理改革试点省份进展情况,优先向有条件、有积极性的区域进行政策倾斜,研究出台与低空空域管理改革相适应的配套政策,形成政策叠加效应,鼓励先行先试,推进协同发展。



