

# 如何守护低空天“路”安全

► 本报记者 李洋

在“十四五”规划收官与“十五五”规划即将启航的交汇点,低空经济正以“空中新赛道”的姿态,为城市治理、产业升级、民生改善注入全新动能。在近日举行的2025中国互联网大会低空经济论坛上,与会专家围绕如何推动低空经济既要“飞得多”更要“飞得稳”话题,展开交流。

## 低空天“路”不是坦途

“我们常把低空行业和自动驾驶、电动汽车行业进行类比。三者虽有相通之处,比如都涉及‘无人’概念,但差异也很明显:地面交通的路早已存在,而天上的‘路’是全新概念,这就导致两者在安全定义、管理模式上大不相同。如,开车无须提前报备路线,但低空飞行必须报备;地面事故多为碰撞,而低空安全还涉及空域管控、实时追踪等问题,在低空领域更需警惕。”联通数字科技有限公司首席技术官(CTO)杨海明说。

加拿大工程院院士、深思实验室主任杨军进一步介绍说,低空经济核心活动空间在1000米以下,部分试点城市开放场景甚至在600米以下,而这一区域属于典型的对流层,与万米高空的平流层差异显著。平流层空气流动稳定,环境相对简单;

对流层则因温差存在大量上升下降气流,且近年来强对流天气频发,这些都让对流层飞行充满挑战。尤其是在城市上空,夏季楼宇空调等热源形成的热岛效应会引发复杂气流,加上高楼林立产生的“城市峡谷风”“建筑绕流风”,给飞行控制和路线规划带来诸多新难题。因此,低空飞行的挑战远大于高空飞行。

针对这些挑战,深思实验室建设了全球首个低空复杂环境模拟装置“风矩阵”(即对流层风洞)。该装置于2021年谋划、2022年动工,2023年投入运行至今已满负荷运转一年多,为众多头部企业提供测试服务。“风矩阵”通过X、Y、Z这3个方向的风机阵列,可模拟垂直风、上升下降气流等复杂风场,这是传统航空风洞所不具备的却能精准应对低空经济的环境挑战。

值得关注的是,地面有完善的道路、红绿灯,甚至车路协同系统在持续升级,但空中是全新领域,不仅投资规模巨大,而且相关标准亟待明确。

## “安全健康”成为行业发展主旋律

相比2024年更多地是“大上快上、全面试错”,今年低空经济的主旋律是“安全健康”。“无安全,不低空”已为低空经

济定调,“先载货后载人、先隔离后融合、先远郊后城区”18字原则则为低空经济划出一条不可逾越的安全红线。

杨海明表示,低空飞行的全过程涉及多重安全:飞行器物理安全、航路安全、空间环境安全、公共安全(飞行器与地面的互动),以及信息安全。这决定了低空基础设施的安全建设需要融合新技术。比如运营商正在推进的5G-A、北斗、卫星通信等,目标是构建一个涵盖通信、感知、导航、气象、监管、人工智能(AI)的综合体系。同时,“空域建模也是一大挑战:地面建模是三维的,但空域尺度更大,还涉及地球球面特性,加上动态气象条件(早晚差异、局部气候),复杂度远超地面。”杨海明表示,这需要两种融合:一是网络融合,通过整合现有通信手段,实现低空场景的全域覆盖;二是应用融合,将通信、导航、气象等应用整合,形成“五网合一”(通、导、监、气象、算力)能力,为低空飞行提供管理服务保障。

“我们可以从3个层级理解安全:一是自己认为自己很安全,二是别人认为自己很安全,三是自己认为别人很安全。”中航(成都)无人机系统股份有限公司副总设计师郑勇峰建议,一是加快制定低空经济领域传

感探测的技术标准和行业规范。二是开展低空监管网络试点。三是组建反无人机系统。四是加快无人机相关检测能力建设。五是制定低空飞行器航路规划。

## 基础设施建设有序推进

中国信息通信研究院技术与标准所主任工程师王琦表示,低空经济既要“飞得多”更要“飞得稳”,而支撑这一目标的关键,离不开空域管理、飞行管理、安防监管这三大环节,以及数字化基础设施和低空航空装备两大支撑。

当前,如何利用5G、AI等技术满足不同高度、不同业务场景下的通感导监需求,以及数据汇聚所需的数字化平台,是探索的重点。同时,网络安全、数据安全、电磁安全等问题也需同步关注。

“基于此,我们提出‘低空智联网’框架,其核心是具备通信、感知、导航、计算四大能力:通信用于传输飞控数据、运行识别信息等;感知实现对飞行器的探测、识别、追踪;导航构建三维高精度服务;计算能力为飞行器提供算力支持。从技术路线看,未来低空通信将从现有Wi-Fi、私有协议等向5G、5G-A演进,结合卫星通信实现广域覆盖,按不同高度分层分

域部署;感知需融合雷达、光电、电磁监测等多种技术,针对不同场景组合应用,并联动反制系统;导航以北斗高精度为基础,辅以地面差分增强、视觉导航等,解决城市复杂区域的导航难题。”王琦介绍说。

王琦表示,低空数字化基础设施的建设将分阶段推进:第一阶段以示范验证为主,明确技术路线和标准;第二阶段实现规模化、常态化运营;第三阶段形成产业集群。而低空航空装备也将从单机向高载荷、远距离演进,从单机智能向群体智能升级,从短途遥控向远途自主发展。

中国互联网协会副秘书长戴炜表示,我国低空经济产业虽具备一定发展条件和基础资源支持,但仍然存在发展机制不够完善、基础设施建设仍待提升等问题。围绕下一步低空产业可持续发展,戴炜建议,一是推进低空基础设施建设。二是坚持低空科技创新引领。三是加强低空产业人才培养。四是拓展低空产品应用与消费。“要把低空经济和扩大内需相结合,加强前瞻性研判,深入拓展新兴服务、特色服务,布局新业态,破除需求侧限制低空消费的因素,在需求端培养新消费习惯,促进低空经济走向大众消费市场。”戴炜说。

## 低空飞行器风洞在广州南沙启用



“湾区1号”试验现场

科技日报讯(记者叶青)7月16日,专注低空飞行器气动研究的复合型风洞,在位于广州市南沙区的广东空天科技研究院(以下简称“广天院”)正式落成并启用。该风洞的启动标志着粤港澳大湾区低空经济基础科研平台建设取得新突破。

风洞作为人工控制气流流动的设备,主要用于航空飞行器的系统性测试。与户外场景测试相比,风洞测试具有测试周期短、测试成本低的优势。

“风洞测试通过将飞行器固定在设备上,让气流流动起来,实现相对运动,从而精准测量飞行器在天上飞行状态时的各

项技术参数。”广天院风洞技术负责人孙良宝表示,该风洞将承担全面验证飞行器抗风安全的核心任务。

广天院低空飞行器风洞将传统航空风洞与无人机风墙测试系统相结合,是针对低空飞行器气动特性研究和测试的4.5米量级风洞,服务于低空飞行器设计创新、可靠性与安全技术研究、检测标准体系建设,支持城市复杂飞行环境下低空飞行器特殊气动问题的研究和验证。

该风洞的启用,将为低空飞行器研发企业提供高效便捷的“家门口”检测服务,从协调

到完成实验仅需3-4个月,大幅度降低研发成本,加速技术攻关向商业应用转化。

同日启用的全空间无人体系综合试验场,包括物理试验场和数字试验场。物理试验场由33平方公里空域、垂直起降场、滑行跑道、5G-A通感一体网络、测风雷达等组成,数字试验场包括协同设计平台、超算中心、数字孪生中心以及全空间无人体系管理服务系统。

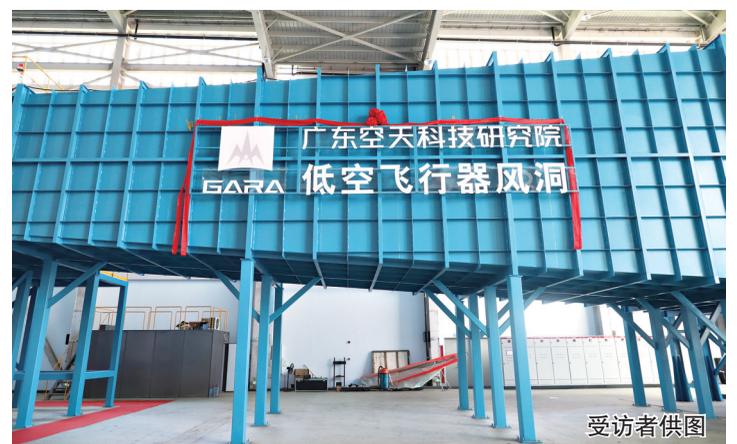
据介绍,广天院依托低空飞行器风洞、全空间无人体系综合试验场等公共技术服务平台,可向无人机制造企业、科研院所、政府监管机构等单位提供产品质量攻关、技术指标测试与验证、应用场景开拓以及产业培育等服务。目前已接到10余家单位测试需求。

未来,广天院拟建设“湾区1号”飞行器的风洞试验数据共享平台,倡导数据开放,促进技

术交流,攻克技术难关,并将与低空飞行器研发机构、高校、企业联合持续攻关低空飞行器关键技术,合作共建低空飞行器风洞试验标准化体系。

据了解,广州市高度重视低空经济产业发展,印发出台《关于加快建设“12218”现代化产业体系的意见》,明确将低空

经济与航空航天产业列为五大战略先导产业之一,力争打造全球领先的低空经济科技和产业高地。广州市科学技术局聚焦产业核心需求与发展前沿,前瞻布局低空经济科研基础设施,支持广天院建设低空飞行器风洞,为低空飞行器研发及安全运行提供关键支撑。



广东空天科技研究院低空飞行器风洞外景

受访者供图