

筑牢低空经济安全屏障

低空经济是新质生产力的典型代表。近年来,我国低空经济快速发展,2025年市场规模预计达1.5万亿元。作为新兴产业,低空经济尚处于起步阶段。党的二十届三中全会通过的《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》提出,发展通用航空和低空经济。今年《政府工作报告》强调,推动商业航天、低空经济等新兴产业安全健康发展。本期邀请专家围绕相关问题进行研讨。



低空经济发展情况如何?为何强调推动低空经济安全健康发展?

朱克力【国研新经济研究院副院长、国空科技(中国)低空经济研究院院长】:低空经济是以低空飞行活动为核心,以无人驾驶飞行、低空物联网等技术组成的新质生产力与空域、市场等要素相互作用,来带动低空基础设施、低空飞行器制造、低空运营服务和低空飞行保障等领域发展的综合性经济形态。

低空经济具有科技含量高、创新要素集中、产业链条长、使用主体多元、辐射范围广等特点。在新一轮科技革命和产业变革浪潮中,低空经济成为全球科技竞争新赛道,蕴含着巨大的经济潜力和创新活力,受到世界各国广泛关注,各主要经济体积极布局,抢占发展先机。

美国在通用航空、无人机运输、城市空中交通等领域处于领先地位。拥有超5000个通用航空机场,在册航空器数量稳定保持在20万架以上,飞行员数量突破80万人,对GDP的贡献率超0.5%;拥有强大的科研实力,政府和企业每年投入大量资金开展技术研发,众多高校和科研机构为技术创新提供支持;在产业应用方面,多数城市已开展通用航空旅游业务,超5000架直升机和固定翼飞机参与其中。

日本明确2025年和2030年发展目标,包括启动先进空中交通服务、实现电动垂直起降飞行器空中出租车和重型货



我国推动低空经济安全健康发展取得哪些进展?成效如何?

王杨堃(中国宏观经济研究院运输所交通运输技术发展中心主任、研究员):推动低空经济发展,安全是基本前提,空域是关键资源。在空域中,有类似于地面交通的运行网络,地面交通有车道、红绿灯和交警,空域则有航线、通信导航、监管指令。空域的使用和管理需要遵循特定规则,以确保飞行安全和效率。

《中华人民共和国民用航空法(修订草案)》(以下简称《草案》)提出,在划分空域上,应当兼顾民用航空和国防安全、低空经济发展需要以及公众利益,使空域得到合理、充分、有效利用。这不仅表明国家将合理释放更多空域资源用于发展低空经济,也意味着低空经济安全健康发展将有更加坚实的法律保障,低空经济的安全性和效率将得到进一步提升。

近年来,推动低空经济安全健康发展取得积极成效,低空经济迎来新的机遇和发展空间。

一是空域管理体制改革进程加快,带来更多政策红利。特别是《草案》的审议,为推动空域管理体制改革释放了更加积极的信号,有助于更好推动军民三方在空域划设、流程审批、运行管理、安全防护等方面形成精准的协同效应,



各地在推动低空经济安全健康发展方面积累了哪些经验做法?

沈映春(北京航空航天大学教授、知识产权经济研究所所长):推动低空经济安全健康发展,除进一步完善政策法规、建立健全行业标准和监管体系外,还需重点构建智能运行体系,加强低空飞行器安全管理。

规模化的低空飞行活动,具有多元、高频及复杂的运行特性,需构建完善的低空信息基础设施,提供全面的低空通信服务、精准的飞行导航支持以及高效的空域监管能力,确保低空飞行活动实现互联互通、精准导航、实时感知与有效控制。2024年,深圳发布智能融合低空系统,将市级低空空域数字化,并融合了城市级信息模型底座与全域智算算力的低空管理和股份操作系统。高新技术企业纵横股份推出低空数字经济领域全场景、全链条解决方案,旨在解决低空经济发展中的安全管理难题和飞行服务需求。该系统融合了通信保障、导航服务、低空监视网、空地结合气象监测网、感知探测网及反制安全网六大基础设施,为低空飞行的空域管理、安全监管、飞行服务和信息共

运无人机业务的全面商业化。本田、丰田等企业积极参与电动垂直起降飞行器研发。在应用场景拓展上,日本不仅在石油海上平台飞行、港口直升机引航等工业领域开展广泛应用,还在观光娱乐、医疗救护、山区搜救等民生领域进行积极探索。

欧盟着力丰富应用场景。围绕机场运营、空中交通服务、空中交通管理和航空基础设施四大领域进行布局。德国聚焦工业和物流应用,通过严格的空中管制法律引导,鼓励相关公司开发空中出租车、载人飞行器等产品。欧盟还通过“地平线2020”和“地平线欧洲”两期计划,孵化出多个城市空中交通项目和企业,为电动垂直起降飞行器产业发展提供全方位支持。

我国低空经济也快速崛起。中央出台系列政策举措支持低空经济发展。2021年,中共中央、国务院印发《国家综合立体交通网规划纲要》,将“低空经济”写入国家规划,标志着低空经济正式上升为国家战略。党的二十届三中全会通过的《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》提出,发展通用航空和低空经济。2024年、2025年连续两年将低空经济写入《政府工作报告》。近年来,我国低空经济规模快速增长。据中国民航局数据,2024年我国

实现低空空域安全高效利用

也有助于稳定行业发展预期,促进标准化、规范化治理。目前,空域管理体制的改革迎来许多新突破。例如,中央空管委拟将600米以下适飞空域的管理权限交给6个开展电动垂直起降飞行器试点城市的地方政府,民航局、空管局也在重点推进300米以下和120米以下空域规划使用工作,深圳市力争于2025年实现全市120米以下适飞空域开放面积占比突破75%。此外,在低空经济标准化建设方面,全国低空经济企业参与起草的标准数量已突破1.3万条。

二是低空基础设施建设数字化、智能化发展迅速,促进了低空物联网布局建设。实现低空空域的安全高效利用,需加快补齐信息基础设施短板,低空物联网成为首要方向,这将带动通信、感知、导航、监视、算力、服务等领域相关产业快速发展。例如,依托无人机自主飞行、5G-A等新一代移动通信、低轨卫星通信等技术的推广应用,通感融合、空地一体的低空通信网络将加速实施规模化布局建设。目前,国内已有330余个城市启动5G-A网络部署,中国电信、中国移动、中国联通等基础电信运营商已形成较为系统的低空物联网建设方案,

做好应用场景安全风险防控

享提供了全要素数据支持。

现代航空器需通过集成优化多种飞行管理系统和相关技术,实现飞行控制、智能避障、故障诊断等功能,从而提高飞行安全性和稳定性。其中,智能化飞行控制技术采用先进的智能算法,可根据飞行状态和环境变化自动调整控制参数。今年3月,中国民用航空局授予联合飞机TD550D无人直升机系统型号合格证,宣告了全国首款通过适航审定的无人直升机系统诞生。该系统可实现高精度定位和路径在线规划,在智能避障技术方面结合了多种传感器和算法,使设备能够自主感知周围环境,识别并避开障碍物,实现安全、高效移动和作业。

通过对无人机的飞行高度、速度、距离等进行精确控制,有效保障飞行过程中的安全问题。深圳大漠大智控技术有限公司是一家专注于无人机飞行控制系统及集群编队技术研发应用的高新技术企业,其产业呈现安全化、自动化、智能化和网络化特点,在保障飞行安全方面制定了一套严格的安全规范,现已在深

全年新增通航企业145家、通用机场26个,颁发无人驾驶航空器型号合格证6个、新增实名登记无人机110.3万架,无人机运营单位总数超2万家。

各地因地制宜发展低空经济取得显著成效。在粤港澳大湾区,深圳作为低空经济发展先行城市,围绕引培低空经济链上企业、鼓励技术创新、扩大低空飞行应用场景、完善产业配套环境等方面推出系列举措。截至2024年11月底,深圳低空经济领域链上企业超1700家,产值规模突破900亿元。在长三角地区,苏州提出力争到2026年打造成为全国低空经济示范区,吸引众多低空经济企业和科研机构入驻,正形成集研发、制造、运营、服务于一体的产业生态。在成渝地区,成都积极推进低空基础设施建设,提升低空空域管理专业化水平,发展“低空+文旅”“低空+物流”“低空+交通”“低空+应急”等场景,加快建设西部低空经济中心。

对于低空经济而言,安全健康发展至关重要。安全是低空经济的生命线,低空飞行活动涉及航空器安全、空域安全以及地面人员和财产安全等多方面,需完善政策法规体系,明确低空飞行规则 and 标准,加强安全监管,建立健全安全保障体系。同时还应看到,低空应用场景复杂,涉及部门和领域多,需各方形成合力。在技术

筑牢低空经济安全屏障

中国联通、中国电信已在10余个城市开展高速率低空通信试验,计划2025年完成300个城市载波聚合部署。此外,大规模、高密度、高复杂度的空域管理离不开算力支撑,物联网、云计算、大数据、人工智能等新技术加速演进和融合应用,城市数据底座搭建、大数据存储处理与应用、AI大模型算法等低空算力产业也将迎来大发展。

三是低空领域安全防护多层次、立体化发展显著,释放安防产业发展动能。低空安全防护是低空经济发展的基石。当前,低空经济发展在网络安全、数据安全、运行安全、隐私安全等方面仍面临一些问题和挑战,安全市场需求呈快速增长态势。2024年全球低空安全市场规模为68亿美元,同比增长29.3%,国内市场规模突破150亿元,同比增长35%,其中反制设备、监控系统占比超70%。随着低空飞行活动日益频繁,运行环境更趋复杂,低空安防产业正进入技术融合创新与市场加速启动叠加的机遇期。多源融合监控、智能风险预警与反制、全流程闭环管理等多层次、智能化、立体化的新型安防技术有望得到快速推广应用。例如,虚拟空域数字孪生系统在深

圳、重庆、上海、北京等超50座城市建立天空数字新媒体常态化应用基地,并相继入驻北京古北水镇、遵义乌江寨等100余家文旅景区和主题乐园。

依托技术研发合作,构建智能制造平台,实现飞行器设计、仿真测试与生产制造的全流程数字化,降低产品成本,提升安全性能。湖南山河星航是一家专研轻型运动飞机和无人机的公司,其推出的第一架轻型运动飞机SA60L,不仅实现了航电系统完全自主开发,且构建了从设计、制造到适航认证的完整体系。该公司无人机产品线涵盖固定翼、多旋翼、直升机三大系列,搭载自主研发的飞行控制器,确保飞行安全和稳定。为更好优化低空经济产业链,该公司设计了一条涵盖航空制造、航空运营和售后市场的产业链条,形成闭环生态。2024年中报显示,其低空经济相关业务收入超5亿元。

飞行中的能源动力问题是低空飞行器提高续航能力的关键。需研发安全性能更好的新体系动力电池技术,如固态电池、氢能源等新能源电池,因为固态电

创新方面,要加大对航空技术、信息技术等关键技术的研发投入,突破技术瓶颈,提高低空飞行器的性能和安全性。在产业协同方面,要促进低空飞行器制造、运营服务、基础设施建设等各环节融通发展,形成完整产业链条。在市场培育方面,要持续拓展低空经济应用场景,激发市场需求,提升整体市场竞争力。这些环节都离不开专业人才的培养与支撑。

低空经济具有较强的数字经济属性,既是数字经济生态发展的新领域,也是数据要素赋能实体经济的新实践。未来一个时期,推动低空经济安全健康发展,需依托人工智能、5G通信等数智新技术,为飞行控制、空域管理与运营调度提供更加精准高效的支持。在此基础上,一方面要拓展数字新空间,借助数字孪生技术,构建与实体空域相对应的虚拟空间,实现对低空飞行全方位实时监测与模拟推演;另一方面要开发数据新资产,飞行数据、运营数据等的价值在未来有望被深度挖掘,成为推动产业升级的关键生产要素。促进低空经济与数智技术深度融合,加快实体空域与数字空间互融共生,推动产业链与数据链双链协同建设,释放低空经济发展活力与更大潜能。

圳试点应用,使低空飞行事故率下降56%。此外,智联网建设、监管体系升级、关键设施防护、重大活动安防等领域的市场需求也在持续增长。

四是低空空域资源要素化、市场化配置提升,提高了场景应用商业价值。适应低空经济发展需要,对空域进行合理划分和利用是将空域这一自然资源转化为经济资源的过程。目前,通过数字化技术已实现低空空域的可表达、可测量、可规划、可利用,使得空域资源成为承载海量数据处理进而具备商业价值的经济要素。作为国家标准实施的北斗网络位置码,可实现对低空空域的精细化剖分、厘米级定位、唯一性标识,为低空飞行器的识别、监测、追溯、航路规划、飞行服务等提供了数字底座,使得空域の利用更加安全、精准、高效且具备商业开发价值。低空飞行器及其航线开发、场景应用日趋多样化,对空域供给与低空需求的精准适配性提出更高要求,针对不同低空飞行器在不同应用场景下的低空空域设计进入快速验证阶段。例如,重庆融合北斗卫星导航、天地一体化通信和人工智能算法,对10多种机型103架实体无人机在80米至300米之间不同空域开展物流配送、环境监测、电网巡检等场景应用综合测试验证,为空域资源分层分类精细化供给、市场化配置提供了借鉴。

池在安全性方面有独特优势,其固态电解质不易燃、不易泄漏,极大降低了电池失控的风险。2024年11月,亿航智能EH216-S完成首次电动垂直起降飞行器固态电池飞行试验,其搭载的高性能固态锂电池稳定性极佳,使得EH216-S单次不间断飞行续航时间提升60%至90%。另外,石墨烯航空电池的研制也令人期待。相较传统电池,石墨烯航空电池能量密度可提升50%以上。

高原低氧环境对飞行安全和稳定提出更高要求。“天目山一号”无人机专为解决工业无人机续航与耐低温难题而设计,集结了众多技术突破。2024年3月,“天目山一号”在陕北的天然气管线泄漏巡检中表现出色。在黄土高原起伏的地势中,它携带多载荷仿地飞行超2小时,连续巡检了50公里,这一成果在行业内堪称突破性进展。几个月后,这款无人机又飞往海拔超4500米的西藏高原,成功完成高原低氧环境下的连续飞行测试,展现了其出色的安全性和稳定性。目前,这款无人机已在油气勘探、电力巡检、应急救援等多个领域得到示范应用,具有广阔的市场推广前景。

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,支撑和保障“短途运输+电动垂直起降”客运网络、“干一支一末”无人机配送网络、满足工农作业需求的低空生产作业网络安全高效运行,通用航空装备全面融入人民生活生活各领域,成为低空经济增长的强大推动力,形成万亿级市场规模。

——《通用航空装备创新应用实施方案(2024—2030年)》



推动低空经济安全健康发展,必须正确处理“飞起来”和“保安全”的关系,从技术、政策、生态协同等维度深化对两者辩证统一的认识。

一方面,需激活“天、地、人、机、链”五大要素,助力低空经济飞得更快。

其一,修天路,让“飞起来”有空域。持续推进空管体制改革,深化低空空域管理改革,促进空域政策松绑与试点先行,深圳、苏州等试点地区开放更多低空航线。推进5G-A/6G网络覆盖,部署“北斗+5G”高精度定位系统,定位误差控制在厘米级。建立动态分层分区空域,通过数字孪生技术实现动态调整。制定不同高度层空域使用规则 and 标准,建立国家级低空智能监管平台,实现“一图看全域、一屏管全程”,在适飞区域实现“天路畅通,自动报备,一键智控,安全飞行”。

其二,建基地,让“飞起来”有保障。全面优化通航机场、起降点、地面服务站、空管塔台及沿途可能的应急起降点等基础设施,建设“垂直起降场+充电桩+气象站”微型枢纽网络,满足无人机智能飞行需要。规划沿高速公路、高压电网建设“5G导航+无人机巢”物流专用通道,降低通信盲区风险。推广共享起降坪,制定社区楼顶、停车场改建垂直起降场标准。

其三,育人才,让“飞起来”有队伍。近年来已建立近千家全国无人机培训机构与考试中心,数以万计无人机应用人才持证上岗,获得民航局颁发的无人机驾驶员执照。支持人社系统开展低空职业资格认证,覆盖百万从业人员。

其四,机适航,让“飞起来”有载体。目前全国有上万家无人机制造科技企业,申报适航审定的约800架机型,而取得适航证的很少。无人机适航少、适航难,是当前社会关注的一个焦点,需调行动行业协会和科研院校共同推进航空器适航审定服务。

其五,链合作,让“飞起来”有产业。发挥协会拓场景、强合作、赋效能的纽带作用,鼓励分散的无人机运营公司加盟行业协会,通过“一网通办”平台快速获取空域使用许可。支持协会与地方搭建合作平台,协办珠海航展、天津国际航运产业博览会等推动产业合作。拓展无人机在农林植保、城市物流、电网铁路、油气管道、水文监测等场景应用,倡导规划10分钟空中通勤圈、跨城1小时物流网络。携同顺丰、京东等企业推广“运山珍、采好茶、运稀矿、采样品、送海鲜”等无人机应用经验,让物流配送降本增效。

另一方面,需统筹发展和安全,实现市场需求与安全保障的动态平衡,着力构建“安全—飞行—应用—生态—发展”的正循环,让低空经济“飞得快”、更要“飞得稳”。

第一,坚持科学理念保安全。长期以来,我国民航安全监管取得世界一流的业绩,主要得益于始终坚持“安全第一”的理念,将运行安全和生命安全作为重中之重。

第二,采用科学技术保安全。科学管理低空空域,推广三维数字空域试点,推动空域网格化动态管理,通过“5G+北斗”实现厘米级实时监控,与民航局UOM系统对接和统一管理。构建低空威胁数据库,提升信号抗干扰能力,强化飞行器环境感知与自主避障等,为飞行器AI避障算法提供实时训练样本,通过区块链技术确保低空飞行实时数据传输安全。

第三,优化监管机制保安全。建立责任界定机制,激发和扶助企业切实履行好安全主体责任,引入强制保险制度分散和化解风险。加强全行业安全主体队伍能力建设,严格规章制度执行,严格安全事件调查,开展事故容错能力建设,界定“开发期、先行区”事故容错底线。建立行业黑名单共享机制,开发公众监督平台,开通“低空安全随手拍”举报通道,对违规改装飞行器、恶意黑飞等行为实施联合惩戒,对提供重大线索的单位和个人给予空域使用优先权奖励。

第四,出台规章标准保安全。按照国际民航组织公约基本框架,全面推行风险预控机制,完善法规与标准,科学评估安全等级,推行安全飞行行业自律公约、低空经济企业社会责任白皮书等,让安全发展有章可循。

(作者系中国航空器拥有者及驾驶员协会理事长)

