低空经济是新的经济增长点

王 强，吴红洪，陈志伟，刘光赋

（成都佰行航空技术服务有限公司，成都 610000）

摘要： 2024年3月5日，“低空经济”首次被明确写入全国两会的政府工作报告中；紧接着，在3月27日，由工业和信息化部、科学技术部、财政部以及中国民用航空局联合印发的《通用航空装备创新应用实施方案（2024—2030年）》中，进一步强调了低空经济的重要性，并设定了到2030年推动其形成万亿级市场规模的宏伟目标。这一连串的政策举措都在说明低空经济已成为2024年热议的关键词。在此背景下，以低空经济定义、相关政策、应用领域为基础，通过对低空经济成为新的经济增长点的原因的分析，提出在中国式现代化低空经济发展趋势下，航空技术服务性质公司参与低空经济发展的策略建议。

关键词： 低空经济；原因分析；策略建议

中图分类号： F56 **文献标志码：** A **文章编号：** 1671－1807(2024)24－0190－07

2021年，“低空经济”的概念首次在国务院发布的《国家综合立体交通网规划纲要》一文中提出，紧接着，为了深入探索并推动低空经济的发展，安徽、四川、湖南、江西、海南五个省份被选定为低空经济的试验区域。这些试验区域的设立，不仅体现了国家对于低空经济的高度重视，也为低空经济在全国范围内的推广和应用奠定了坚实基础[1]。2024年3月，在全国两会上，政府工作报告首次提及低空经济，标志着这一新兴产业已经得到了国家层面的高度认可与重视。此外，为了加快低空经济的繁荣发展，《通用航空装备创新应用实施方案（2024—2030年）》中为低空经济的增长设定了一个明确的目标，这个目标便是在2030年，预计低空经济的市场规模达到万亿级。这一目标的实现，不仅体现国家对低空经济未来发展的坚定信心，也预示着低空经济将成为推动经济增长的新动力。

在此背景下，各地政府积极响应，据不完全统计，已有17个省（直辖市、自治区）的政府工作报告中均提及了要积极探索发展低空经济[2]。例如，四川提出“争取创建民用无人驾驶航空试验区，加快低空物流网络建设，发展无人机配送”的地方政策；重庆正积极构建其机场网络，以民用枢纽机场为核心，支线机场作为关键节点，同时辅以各类通用机场，形成一个全面而完善的航空交通体系；内蒙古则设定了明确的发展目标，计划在2025年前显著提升全区通用航空基础设施水平，计划建设约100个通用机场，以满足地区内航空交通的持续增长需求等。

这些政策、方案的提出都说明低空经济已成为2024年热议的关键词，都在表明我国低空经济有望在未来实现更加快速的发展，并未全球经济注入新的活力。毋庸置疑，在此背景下国家、政府、企业都会参与到低空经济的发展中去，作为航空技术服务性质的公司同样也毫不例外。那么，究竟何为低空经济？它又如何成为经济新的增长点呢？作为航空技术服务性质公司又该怎样做才能搭乘这一新的经济快车呢？

2 低空经济

2.1 低空经济的概念

当提及低空经济时，许多人可能首先联想到通用航空或无人机。然而，值得注意的是，低空经济的内涵并非仅仅局限于这两者。低空经济并不直接等同于通用航空或无人机，它涵盖了更为广泛和复杂的经济活动和领域。

根据官方定义，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[3]。

其中，通用航空在低空经济中占据重要地位，

收稿日期： 2024-07-14

作者简介： 王强（1978—），男，江苏南通人，硕士，工程师，研究方向为飞行程序设计、低空经济；通信作者吴红洪（1998—），女，河南南阳人，硕士，工程师，研究方向为低空经济；陈志伟（1980—），男，四川自贡人，工程师，研究方向为飞行程序设计；刘光赋（1949—），男，四川成都人，工程师，研究方向为飞行程度设计。

是其主要构成部分之一,在推动经济增长、强化社会保障、支持国防等领域,起着关键的作用;无人机是低空经济的主导产业之一,在城市场景(如城市空中交通)和非城市场景(如偏远地区的作业飞行)中都有广泛应用。无人机的发展和应用推动了低空经济的增长,同时低空经济的发展也为无人机提供了更广阔的市场空间和应用场景。

2.2　低空经济的内涵

什么是"低空"?国务院及相关部门于2021年发布的《关于深化我国低空空域管理改革的意见》中提到了关于低空的概念,此文中所指出的低空是指真高在1 000 m以下的垂直范围,但是这个高度不是固定不变的,因为每个地区的实际情况不同,可以根据每个地区的实际情况,从而对低空的高度范围进行灵活设定。与此同时,2016年国务院办公厅印的《关于促进通用航空产业发展的指导意见》中也提到了关于低空的定义,其所规定的低空的高度范围是指真高在3 000 m以下的范围。综合两个文件的定义,如今的低空是指距离地面垂直高度1 000 m以下,视情况可以拓展到3 000 m以下的活动空间[4]。

什么是"经济"?关于低空所产生的"经济"具体来讲就是一开始从低空设备开始研发,即航空器、低空飞行器等设备主体的研发,此领域也称为经济,待设备主体研发出来之后,就要进行销售、进行飞行作业、进行综合服务以及在此过程中若产生故障进行维修和保障措施,在这一系列的操作中涉及金钱的过程都称为"经济"。

因此,低空经济被定义为在距离地面垂直高度1 000 m以下,视情况可以拓展到3 000 m以下的活动空间内,以垂直起降型飞机和无人驾驶航空器作为主要平台,通过多种低空飞行活动(如载人、载货等)为推动力,促进相关产业融合发展的综合性经济形态。

3　低空经济成为经济新的增长点的原因

低空空域在促进经济发展、加强社会保障、服务国防建设等方面发挥着重要作用,具有巨大的经济价值和战略意义。随着相关政策的推动和市场的发展,低空经济将迎来更加广阔的发展前景。但是目前该空域基本处于"真空"地带,尚未开发[5]。

目前我国国内经济步入长期增长中枢下行的"新常态","新常态"之下,国家亟待挖掘新质生产力。低空经济的商业价值主要还是源于低空空中作业,在此背景下,它成为空中经济竞争的关键一环,同时也成为实现新质生产力的重要抓手之一。

国家政策的支持、科学技术的突破、广阔的应用场景等都成为推动低空经济成为经济新的增长点的重要因素。

3.1　国家政策的支持

我国自2010年起便深刻认识到低空经济的重要性,此后每年更是为支持低空经济的发展而连续出台了一系列相关政策法规(图1)。从图1相关的政策法规中可以了解到,"低空经济"这个概念首次被纳入国家级战略规划是在2021年2月中共中央和国务院联合发布的《国家综合立体交通网规划纲要》中,这份纲要不仅为低空经济的持续繁荣奠定了坚实基础,更在时代发展中留下了重要的印记,具有里程碑式的意义。在2023年12月举行的中央经济工作会议上,低空经济被赋予重要的战略地位,与生物制造、商业航天等产业一同被列为未来重点发展的新兴产业。据预测,至2025年,低空经济有望为我国国民经济带来显著的综合贡献,彰显其在经济发展中的巨大潜力和价值。预计贡献值预计在3万亿～5万亿元[5]。2024年3月5日的十

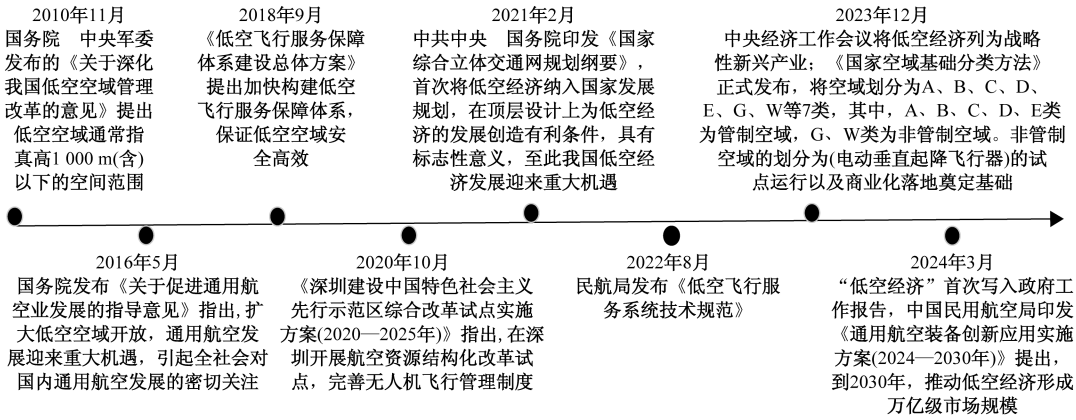

图1　我国在低空经济发展方面的政策支持情况

四届全国人大二次会议报告中首次出现了“低空经济”,此外报告中还明确指出,要积极培育和发展低空经济等新增长引擎,加快产业结构升级和经济转型升级。这意味着在未来一段时间内,政府将采取一系列政策措施,推动低空经济领域的快速发展。这些政策的出台都为低空经济的发展提供了强有力的支持,为低空经济成为新的经济增长点提供了全面的指导。

3.2 科学技术的突破

低空经济的相关产品主要包括无人机、电动垂直起降飞行器(eVTOL)、直升飞机、传统固定翼飞机等。

未来,随着技术的不断进步和应用领域的不断拓展,无人机将在低空经济中发挥更加重要的作用,为推动我国经济的高质量发展做出更大的贡献[6]。目前,我国无人机技术的自主创新能力、研发实力以及关键技术,如飞行控制、导航系统、载荷设计等的突破均处于全球领先地位;翼龙3无人机在航程、航时和巡航高度等重要指标上也都达到了国际一流水平。

2023年2月,峰飞公司的eVTOL盛世龙成功完成了一次单次充电下的长距离飞行,达到了250.3 km的航程,这一壮举刷新了2吨级eVTOL飞行器的航程纪录。同时,eVTOL在短途出行方面展现令人瞩目的潜力。与传统地面交通工具相比,它不仅具有卓越的效率和便利性,而且其噪声和碳排放相较于其他出行方式更低,为乘客提供了前所未有的舒适和私密体验。相较于直升机,eVTOL在成本效益和环保性能上占据显著优势,成为一种极具吸引力的选择。对于时间敏感且追求高品质生活的用户群体,eVTOL提供了一种高性价比的出行方案。据推算,一个60 km的单程飞行,仅需15 min即可完成。这一高速和高效的特点,不仅极大地缩短了城市间的实际距离,也为缓解城市交通拥堵提供了新的视角和解决方案[5]。这些技术的突破为低空经济的应用场景提供了更多的可能性,同时也为未来低空经济的发展奠定了坚实的基础。

3.3 应用前景广阔

我国在低空经济领域展现出积极的推动态势,如在农业植保、巡线检查以及工业吊装等作业中,成为不可或缺的助力。同时,在城市安全、医疗援助、紧急救援以及通信中继等民生保障方面,低空经济同样发挥了重要作用。在旅游和娱乐行业,低空经济展现了其独特的创意价值。以哈尔滨圣索菲亚大教堂上空的人造月亮为例,无人机技术的运用为城市增添了新的景观,并促进了旅游业的发展。在物流配送领域,无人机拥有巨大的潜力和优势。例如,在广东深圳、上海等地,已有快递企业开通了无人机配送航线,大大提高了配送效率;在西部地区,无人机运输的应用极大地缩短了物流时间。以往需要人工耗时一到两小时的运输过程,现在通过无人机仅需15分钟到半小时即可完成。这一技术的应用不仅提高了生产效率,还促进了低空经济在新业态中的发展,为我国千行百业带来了新的活力。

综上所述,我国的低空经济因其独特优势与巨大潜力,正逐步成为全球经济的新兴增长动力。低空经济的发展,空域是关键,技术是支撑,基础设施是保障,安全是底线。所以为了低空经济能够安全高效的发展,配套的低空空域研究、低空基础设施的建设、航路构建、运行评估要同步进行。此时,作为航空服务技术性质的公司可以发挥技术特长,以低空空域、低空基础设施、低空航路规划、低空安全评估为着手点,以图2具体规划内容为基础展开研究,一方面推动低空经济的增长,另一方面顺利搭乘这一新的经济快车。

4 搭乘新的经济快车的策略建议

4.1 低空空域研究

对低空空域的研究可以分为两个方面,一方面是对低空空域进行规划研究,另一方面是对低空空域容量进行研究。

4.1.1 低空空域规划研究

在国家空管委组织制定的《国家空域基础分类方法》中依据航空器飞行规则和性能要求、空域环境、空管服务内容等要素,将空域划分为A、B、C、D、E、G、W等7类,A、B、C、D、E类为管制空域,G、W类为非管制空域。G、W类空域主要为无人驾驶航空器飞行提供法规上的支持,G类空域的高度在真高120~300 m,此类空域多用于eVTOL、物流、巡检等行业类无人机飞行;W类空域的范围在真高120 m以下,主要用于轻型无人机的飞行。

低空空域是除去公共航空运输主要运营的严格管制区域(如A类绝对管制区、B类、C类进近管制区及D类机场管制区)和特殊用途空域(如军事航空训练区域、禁止进入的区域、受限区域和危险区域)之后,剩余的所有空域范围。这些未被特定管制或限制的空域,统称为低空空域。

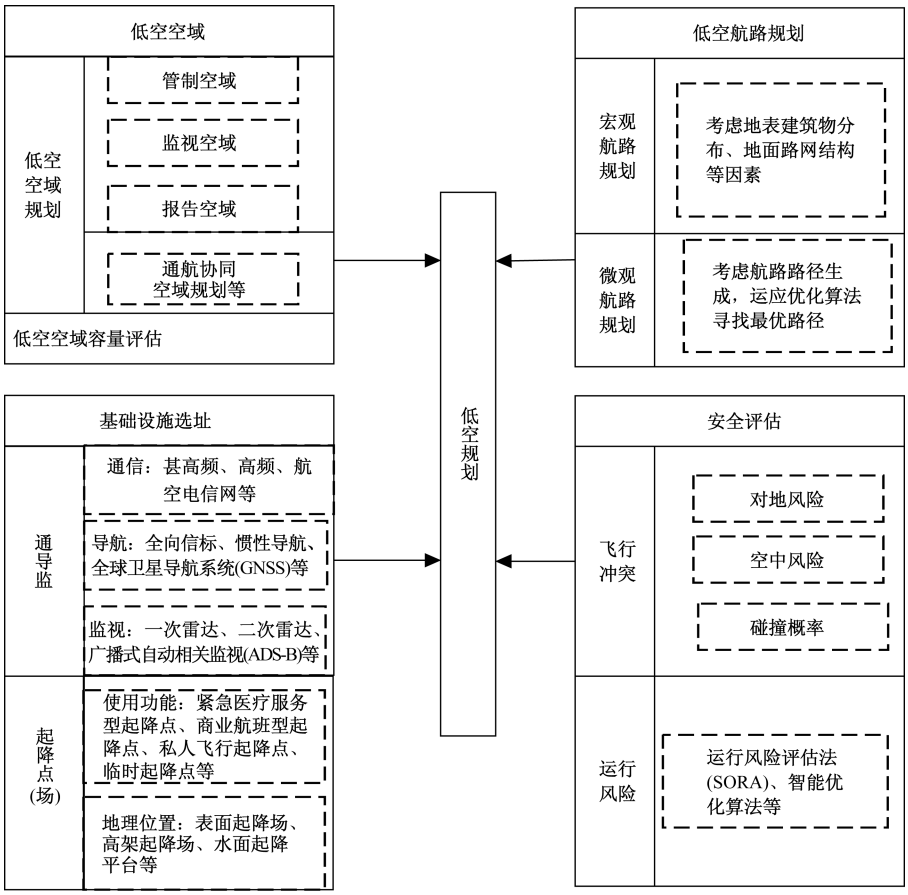

图 2　低空规划框架

《关于深化中国低空空域管理改革的意见》中明确指出,基于服务类型和限制等级,低空空域被进一步细化为 E、F、G 类空域,分别对应管制空域、监视空域和报告空域,以实现更为精细化和差异化的管理[7]。不同空域的作用及管理模式各不相同,这三类空域对通信、导航、监视这些基础设施的需求也各不相同。所以可以在这三类空域的基础上,可以考虑划设出其他类空域,以预防突发情况的发生,同时在划设出的特殊空域的情况下,需要配套同样应对突发情况的通信、导航、监视设施。通过这样的规划,一方面可以保障低空空域的全安运行,另一方面也为不安全事件的发生增加了预警缓冲。

不同的空域对飞行类别、提供的服务、速度限制、通信要求、空中交通管制(ATC)许可、监视设备都做出了不同的要求,因此不同的飞行器所使用的空域也各不相同。无人机作为低空经济中的新兴领域,近年来的发展比较迅猛,同时也带来了一系列严重的问题,如低空空域资源紧缺、低空空域交通安全隐患增大等[8]。所以为了未来低空能够安全运行及发展,对无人机使用的低空空域进行合理的划分是刻不容缓的。

随着低空空域逐渐放宽限制,国内通用航空产业展现出强劲的发展势头,通航领域呈现多样化的发展特点。近年来,随着通航产业的蓬勃发展和空中交通流量的日益增长,当前依据经验设定的协同空域在实用性和便捷性上已难以匹配通航产业链迅猛发展的实际需求。因此,合理规划和设定通航协同空域对于保障其高效、安全的运营具有至关重要的意义[9]。

通过对低空空域的研究,一方面可以更好地利用低空资源,另一方面也可以使无人机和通用航空安全、高效的运营。

4.1.2　低空空域容量评估

在确保无人机、直升机、eVTOL 等低空航空器未来能够实现规模化、常态化的安全运行中低空空域容量评估具有至关重要的作用。随着低空航空器的普及和应用领域的扩展,随之带来的低空空域的应用管理问题越来越显著,更主要的是,随着低空经济的发展,无人机的投入使用量越来越大。此

时，地空中空域的容纳为无人机以及其他飞行器的数量就成了必须关注的问题，当容量超过一定限制后就会带来安全问题，为此研究出一套低空空域容量评估方法进而对低空空域的容量进行评估是至关重要的。然而，在我国当前阶段，对于低空空域容量评估的研究尚处于初步阶段，需要根据现有研究，结合中国空域管理特点，以影响低空空域容量的因素为评估指标，根据不同的评估环境，采用基于阈值的空域容量评估技术、基于几何拓扑的空域容量评估技术、基于控制变量法的空域容量评估技术等容量评估技术对起降机场以及低空空域进行容量评估[10]，具体的低空容量评估内容如图 3 所示。

4.2　基础设施选址研究

对低空基础设施选址的研究可以基于对通导监（通信、导航、监视）基础设施和起降点的选址研究展开。

4.2.1　通导监选址研究

在低空运行管理中，通信、导航与监视技术占据核心地位，是航空器实现平稳、安全、高效飞行的基石。与高空相比，低空环境更加多变复杂，且随着技术进步，低空交通将逐渐趋向人机与无人机混合。在此背景下，通信、导航与监视技术的重要性进一步显现，成为航空器在规划航路内稳定飞行的必要保障。

合理科学的通信基站选址与天线覆盖范围，可以在飞行的过程中与航空器实现较好的通信联络，从而保障航空器飞行过程的安全情况；导航监视台（站）如同航空器的眼睛一般，合理科学的导航监视台（站）的选址不仅能够在航空器飞行中为其准确指定前进的没一个方向，而且还有助于在飞行中主动或被动地发送位置信息、状态数据等关键数据至地面管制中心，从而有助于地面管制中心更加高效地管理航空器，精准预测潜在冲突，最终确保飞行安全并提升飞行效率[11]。

4.2.2　起降点选址研究

起降点作为航路网络的枢纽节点，其所在的地理位置和内部的构造对于起降点的容纳能力，以及整个航路网络的服务质量具有直接且显著的影响。

在低空空域体系中起降机场的服务内容的多样性不容忽视，涵盖物流运输、紧急救援、休闲观光乃至短途通勤等多个领域。为了更精准地满足这些应用场景和服务需求，起降场的选址工作需根据具体规模进行细致规划。在选址过程中，必须全面考虑新型低空航空器的特性，如 eVTOL 和飞行汽车等。这些航空器的性能、运行规则以及活动范围都是影响选址决策的关键因素。而成本、效率、路程、覆盖范围等影响因素无论是高空飞行时还是低空飞行时，都是限制起降点选址的关键因素，因此也可以这些影响因素为目标构建优化模型，求解出合适的低空起降点[12-14]。

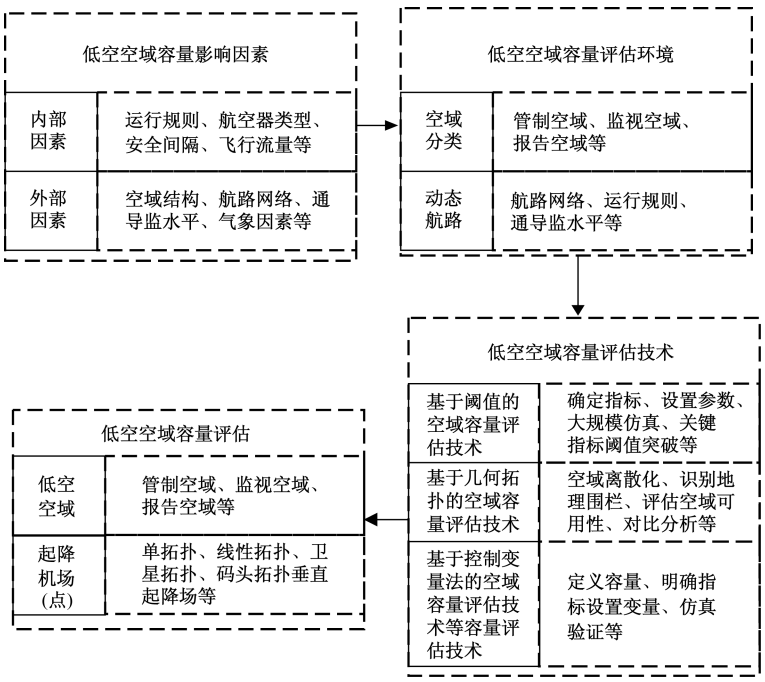

图 3　低空空域容量评估

4.3　低空航路规划研究

随着飞行需求的不断增加,安全、效率和公平性已成为低空航空器运行的关键要素。在复杂多变的低空空域环境中,航路的重要性越发凸显,它在提升空域环境监管和安全性方面扮演着不可或缺的角色。当前,低空航路的规划正逐渐向多层级、动态化方向发展。航路设计的科学与合理性,直接关系其承载能力的提升。在规划与设计低空航路网络时,现有研究主要集中在两个主要方向。一是从宏观视角出发,研究人员会综合考虑空域结构、地表建筑布局、地面交通网络等多种因素,以科学合理地划定航路;二是从航路路径生成的角度出发,借助先进的蚁群算法、粒子群算法等人工智能技术,在复杂的空域环境中搜索并构建出最优的航路网络。这种方法在无人机路径规划方面已经取得了显著成效,并得到了广泛应用[15]。

航路是航空器运行的核心通道,其合理的构型与网络布局对于确保航空器安全、稳定且高效运行至关重要。当前,随着低空航空器运行需求的持续增长,现有的低空航路划设已面临挑战。为了应对这一挑战,有必要深入研究低空空域的环境特点,并据此构建更加完善、合理的低空航路网络。

4.4　安全评估研究

4.4.1　飞行冲突研究

安全评估是一个多维度的过程,涵盖航空器在运行过程中可能面临的多种风险,包括但不限于对地面的潜在威胁、空中操作的安全挑战,以及与其他航空器或障碍物之间的碰撞可能性。这些多层次的风险因素共同构成安全评估的核心内容,确保飞行活动在安全可控的范围内进行。

鉴于低空环境的复杂特性,地面障碍物和天气条件对低空飞行的影响远超商用航空。现有的空中交通警戒与防撞系统(TCAS)及冲突探测方法在应对低空密集飞行环境时显得力不从心。为克服传统方法计算负担重、适应性有限的难题,研发新型的、更高效的冲突探测技术势在必行,以更好地契合低空飞行的实际需求[16]。此外,基于空中交通管理规则的飞行间隔规定,也可以研究出相应的预防措施,以降低航空器在低空空域飞行中发生碰撞的风险[17]。

4.4.2　运行风险评估研究

为加强对无人机行业的规范管理,2019 年中国民用航空局出台了《特定类无人机试运行管理规程(暂行)》。这一规程着重提出了针对安全风险较高的无人机运行,实施特定运行风险评估方法(SORA)的重要性,旨在通过科学评估手段,降低潜在风险,确保无人机飞行的安全与有序。基于这一规定,可以对城市物流无人机的运行进行详尽的风险评估,深入剖析潜在的风险因素,并据此提出一系列风险缓解策略。

此外,为了精准把握低空域的安全状况,可以结合低空环境的独特属性以及飞行模拟数据,采用自适应遗传算法和模糊 C 均值聚类算法的优化算法构建一套全面分析航空器在低空交互时的安全状况及其潜在变化评估系统,进而为无人机的安全运行提供坚实保障。

5　结论

当前,我国低空经济正在以新的经济增长点进入历史性、突破性、跨越性的关键阶段。而与低空经济相关的软件和硬件如低空空域研究、低空配套的基础设施研究、低空航路规划研究以及安全评估研究都基本处于空白阶段。通过对这些方面的研究,一方面可以推动我国低空经济的发展,另一方面作为航空技术服务性质的公司也能为我国低空基础设施的建设贡献一份自己的力量。

参考文献

[1] 张旭. 低空空域开发现状与低空经济发展策略[J]. 中国航务周刊, 2024(13): 57-59.

[2] 杨楠, 苏晓珊. 低空经济时代, 无人值守系统在智慧安防的应用及前景分析[J]. 中国安防, 2024(3): 45-49.

[3] 魏进武. 低空经济发展潜力极大[J]. 中国经济周刊, 2024(Z1): 111-112.

[4] 孙晓萌. 打造低空经济新引擎, 开启万亿规模新赛道[J]. 中国经济周刊, 2024(6): 44-46.

[5] 王颖, 王谋, 印春峰. 中国低空经济发展热现象下的冷思考[J]. 中国工程咨询, 2024(3): 48-52.

[6] 赵非, 王璜. 以数智化赋能"低空经济"腾飞崛起[J]. 通信企业管理, 2024(3): 76-77.

[7] 石潇竹. 我国低空空域结构调整与划设探讨[J]. 指挥信息系统与技术, 2010, 1(3): 23-26.

[8] 赵帅. 低空空域下多无人机无冲突路径规划研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2020.

[9] 周方文, 黄晋, 胡坤. 基于熵权 TOPSIS 的通航空域规划研究[J]. 综合运输, 2023, 45(3): 53-57.

[10] 张洪海, 夷珈, 李姗, 等. 低空空域容量评估研究综述[J]. 交通运输工程学报, 2023, 23(6): 78-93.

[11] 覃睿, 史娅琪, 王明科. 面向低空飞行安全监视的 ADS-B 地面站空间布局规划方法[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2018, 37(7): 100-105.

[12] 钱欣悦, 张洪海, 张芳, 等. 末端配送物流无人机起降点选址分配问题研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2021, 45(4): 682-687.

[13] 高翔，张明，李松锐，等. 基于低空救援的无人机起降点选址问题研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版)，2023，47(5)：795-801.
[14] 张强，陈江力，陈宇，等. GIS技术在高难山地直升机起降点选址中的应用[J]. 智能城市，2022，8(1)：8-10.
[15] 张洪海，李姗，夷珈，等. 城市低空航路规划研究综述[J]. 南京航空航天大学学报，2021，53(6)：827-838.
[16] 韩冬，张学军，聂尊礼，等. 一种基于SVM的低空飞行冲突探测算法[J]. 北京航空航天大学学报，2018，44(3)：576-582.
[17] 朱代武. 低空空域飞行冲突避让算法[J]. 交通运输工程学报，2005(3)：73-76.

The Low-altitude Economy is a New Economic Growth Point

WANG Qiang, WU Honghong, CHEN Zhiwei, LIU Guangfu
(Chengdu Baihang Aviation Technical Service Co. Ltd., Chengdu 610000, China)

Abstract: On March 5, 2024, "low-altitude economy" was explicitly written into the government work report of the National People's Congress for the first time, followed by the "Implementation Plan for General Aviation Equipment Innovation and Application (2024—2030)" issued jointly by the Ministry of Industry and Information Technology, the Ministry of Science and Technology, the Ministry of Finance, and the Civil Aviation Administration of China on March 27th, further emphasized the importance of the low-altitude economy and set the ambitious goal of promoting it to form a trillion-dollar market by 2030. This flurry of policy initiatives is indicative of the fact that low altitude economy has become a hotly debated keyword in 2024. Against this background. Based on the definition of low altitude economy, related policies, and application fields, the reasons why low altitude economy has become a new economic growth point were analyzed, and the strategic suggestions are put forward for aviation technical service companies to participate in the development of low altitude economy under the development trend of modern low altitude economy in Chinese style.

Keywords: low altitude economy; reason analysis; strategy suggestion