

低空经济与无人机发展中的 人工智能驱动

张聚恩 中国航空工业集团有限公司

本文是作者于2025年9月27日在第四届全球数字贸易博览会——低空经济新兴技术与产业发展对接会上所作的主旨报告。原文于2025年10月14日发表于微信公众号“聚恩君”(第853篇同名文章)。本刊经授权同意，特此转载，以飨读者。



朋友们，大家下午好。很荣幸受邀在这个论坛上发言。我发言的题目是“低空经济与无人机发展中的人工智能驱动”。我的核心思路是：人工智能正在快速发展，低空经济也在中国孕育，拥有良好前景，但是也面临诸多难题。解决难题的最重要任务是：低空智联（低空智能联网）和提升无人驾驶航空器的性能。而要做好这两件事，AI驱动是必不可少的。我会用很短的时间讲一下我对这两件事的认知。

首先，关于人工智能，无论我们是否从事这个领域的科技工作，都应有一些基本了解，都应

该积极拥抱 AI。可以说,人工智能是 21 世纪以来发展最迅猛的高新技术,对人类未来将影响巨大。AI 发展经历了三次浪潮,从 21 世纪第二个十年至今、基于大模型和深度学习算法的第三次浪潮正呈现集群式技术发展的格局。其当前的三大任务是:研究和理解人类智能、模拟人类认知、产出以人类智能为主要任务能力的机器。AI 生态正在基于技术的最新发展而构建,这些发展可以从多个方面描述,我列举如下:机器学习、自然语言处理、计算机视觉、多模态认知、机器人学、具身智能(我后面还会专门讲对具身智能的理解)、边缘计算和 AI 部署优化,以及我们无法回避的可解释 AI 和 AI 伦理建立。

对于我们当前正在从事的低空经济,究竟应如何认识?应该承认,我们在理论准备上至今仍显不足,到现在没有一个官方权威的低空经济定义。我在此引用两个定义:一个是全国科学技术名词审定委员会在 2024 年年底发布的“解读”,将低空经济解释为“以低空飞行活动为核心,以无人驾驶和低空智联等技术组成的新质生产力与空域、市场等要素相互作用,带动低空基础设施、低空飞行器智造、低空运营服务和低空飞行保障等领域协同发展的模式”。“解读”中突出两个要点:一是无人驾驶,二是低空智联。

另一个定义是在 2025 年 2 月 20 日发改委低空经济司召开统计工作座谈会的官方综述通稿中给出的:“基于特定低空区域(通常指地面上不超过 1000 米的高度,但在某些情况下可根据地方特性和需求扩展到 4000 米),并以通用航空业为基础的综合性经济形态”。两个解读都落脚于经济形态,这是我们需要特别重视的。

关于高度问题,在低空司的会议综述中,首次提出了 4000 米。而我要告诉大家的是,在 2025 年 6 月发布的中央 44 号文件中有一句话:“有序



开放标准气压 6000 米以下空域”,这已经实际上回答了关于高度范围的认知问题。在此之前的所有混乱都应该“翻篇”了,因为 6000 米是我国公共基础空域划分中 A 类的下限(A 类空域指 6000 米至 20000 米),这样就能实现无缝衔接。

当前低空经济发展面临很多问题,不同程度地存在着范围迷茫、安全焦虑、场景虚化和技术缺失等。我所说的范围主要指高度范围,刚才介绍 44 号文时这个问题已经解决了。在此基础上,我们应该做什么呢?应该把适应这个高度范围的所有通用航空器(包括民用直升机和螺旋桨飞机)和最新发展的低空飞行器综合起来,让它们各得其所,发挥各自作用。无宽广的高度范围,则无低空经济;无足够容量与规模,也就谈不上低空经济。

现在,我们的眼光更多地是在关注新型低空飞行器。安全焦虑,既来自我们常说的“看不见、管不住”,也源于飞行器本身安全性能的不足。场景虚化,意味着宣传展示虽然必要,但距离真正实现常态化、规模化运营,仍有较大差距。技术缺失,主要是指大量新兴企业进入航空领域时,没有足够重视安全性设计与验证试验。这使我们

处于一种焦虑状态中。

人们都寄望于适航，但适航的标准从哪里来？大型客机有相对成熟的适航规章，适航本身绝对是积极的，是代表运营公司和广大乘客对制造商的最低安全门槛要求。我们必须抱定踏踏实实做好适航管理每一项工作的态度，认真对待大飞机的适航认证。但是大量的无人机和新兴航空器出现后，我们没有合用的适航标准。这就形成了一个怪圈：无适航，无安全；但无经验、无数据，何来适航标准？没有地方可以抄来。所以我这里所说的技术，指的就是通过充分的试点工程和大量的工程数据——尤其是安全数据——进行数据积累。没有这种积累、没有这种积淀，是行不通的。

在全国科学技术名词审定委员会对于低空经济的解读中，突出了低空智联，这是推动低空经济发展的一项关键内容。低空智联包含两大任务：第一是精细化的管理和服务（不要光说管理，还要有服务）；第二是实现体系性的安全，这至关重要，是低空智联的根本任务。现在飞行器的规模设想很大，虽然还未大规模运营，但在真正形成规模经济效益的时候，它一定是数十万级的飞行。为解决地面交通问题，其数量需达到地面交通工具总量的至少 10%。这是一个多么巨大的数字！没有低空智联是绝对不可想象的。必须以“三网”（数据网、感知网、导航网）为基础支撑，有计划、有规模地建成国家综合监管与服务平台，从而实现服务与管理，以及体系性的安全。

构筑一个低空智联系统至少需要以下六项关键技术：智能感知与环境理解、数据传输与通信网络、智能决策与计算技术、协同控制与执行技术、安全与可信技术、关键性使能技术。而要实现这些关键技术，几乎每一项都离不开 AI 赋能。包括多模态传感器融合、实时目标检测与跟踪、边缘计算与分布式算力、路径规划与动态调度、群



体智能与协同控制、高精度飞控系统、自主避障与安全容错、风险预测与安全防御、通信、感知、计算和控制一体化架构以及低空专用 AI 行业大模型等。

以边缘计算和分布式算力为例，就是要在靠近数据源的网络边缘侧部署算力，对数据进行实时的处理、解算和分析，减少传输到云端的时间消耗，从而满足飞控和其他各种任务系统的需要。再以低空智联的新技术架构为例，就是要将通信、感知、计算和控制这四大能力，在底层进行深度融合和协同优化。而低空专用 AI 大模型则是基于通用大模型，注入低空飞行、空域管理、气象等专业知识进行训练和微调，形成航空行业模型，以精准理解和处理低空领域特定任务。所有这些，都需要上下结合地进行规划和开展研究。

我们再来讨论一下无人机。无人机是在“解读”中特别强调的新质生产力的另一要素。但无人机并不是新事物。事实上，无人机是最早出现的航空器，后来逐渐由无人变为有人，飞得越来越快、越来越高、越来越远。有人驾驶的飞行纪录不断刷新，突破了声障，突破了热障，创造了高度 108 千米、速度 7200 千米每小时的有人驾驶飞行纪录。

但是人在飞行器里，不管是驾驶还是作为乘员，飞行器的发展都因人的生理条件而受限。现在自动化的机器发展了，人工智能又把机器的性能大幅度提升，人的能力已经难以跟机器相比了，差出一个数量级是常态。因此，在当下和未来 AI 飞速进步的时代中，有人机又被无人机取代是一个历史的必然，是由内在的技术规律决定的。

当前我们常说的无人机分类逻辑可以理解为，在“无人驾驶航空器”这个根概念之下，有三个并行的子概念：模型航空器、遥控航空器、自主航空器。至今（2025 年 9 月），全世界还没有一款真正意义上的全自主无人航空器——指全过程无需人的干预。现在的无人机操控主要分为两大类：第一是遥控，包括视距内遥控和超视距遥控；第二是预设程序，即根据任务编制和装订程序，当需要改变时，仍由机外的人来干预修改。无人机下一步的发展方向就是自主化。无自主，就没有真正意义上的无人机。在这项高技术难度的任务面前，也只有 AI 能为无人机赋能，在广义上解决自主分析、图像识别、数据处理、协同作业等问题。

要进一步提升无人机性能，把无人机做得更好、用得更好，必须关注具身智能（Embodied Intelligence）。传统 AI 和具身智能既有关联，又有区别。我们可以从五个维度比较两者承担的使命以及需要采用的不同方法与工具，即：感知与理解、判断与决策、数据与训练、执行与控制、场景与适应。我们要迎接环境泛化、资源约束、安全可靠提升以及人机协同的挑战，通过各自的解决方案，最终满足各种复杂场景对无人机的要求。

无人机具身智能的提升，需要按照核心特征、技术架构、发展方向三方面内容去做精心规划。最终的目的是打破封闭场景，把 AI 融入无人机这样的物理实体，使其成为自主智能体，具备环境感知、任务规划、持续学习的能力，在无人干

预的情况下自主完成任务，创造全新的工作模式。当然，要根据应用环境与需求，去定义无人机具身智能的水平，设定和实现自动化直至自主化的不同等级。



最后，做几点小结与展望：

第一，推动低空经济务实发展，亟需 AI 赋能低空智联系统构建，以实现精细化服务与精细化管理，进而实现体系性安全高效。

第二，提升无人机具身智能水平，特别要重视安全性设计和验证，从而提高安全性和适应性。

第三，积极而慎重地推进无人机应用。我刚才听到省市领导提到“先载物、后载人”。我还认为应该是“先边远、后闹市”。因为，期望无人机能在闹市区解决交通堵塞问题，还有漫长的路要走。如果要取代地面交通的 10%，需要有多少架飞机在天上？以目前的体系管理能力，这是不堪设想的。何况，10% 能否解决城市拥堵问题？所以还是应先解决目前公共交通难以覆盖的边远地区、山区、海岛等地区的问题。在做这项工作时，要主动规划、应用试点。试点的目的不仅是证明某款航空器可用，更重要的是有组织、有规模地取得经验和数据，实质性加快推进适航工作。

第四,开展建设性工作,营造拥抱蓝天、勇于探索的航空文化。我们的航空文化太脆弱了。有些政策规定在出台时,未经深入调查研究,不尊重已有的上位法,随意扩展解释,导致“飞不起来”。这样下去,何谈航空文化?何谈低空经济的发展?可喜的是,昨天(9月26日),交通部、发改委、工信部、民航局等七部门发布了一个关于“人工智能+交通运输”的推进意见,列出了16项重点任务,包括我们今天讨论的低空智联和提升无人机性能。这份“推进意见”将指导我们的工作和实践。我们国家在低空经济领域的发展是大有希望的。

最后,用一句话结束我的发言:无AI,无智联,天空不自由;无AI,无具身,飞行器不智慧。在AI驱动下,我国低空无人机发展必将迎来新局面。

谢谢大家!

同期举办的“智能出行”展览中的部分无人机





【作者简介】张聚恩，1947年3月生，研究员。1964年进入北京航空航天大学学习，1969年毕业于电子工程系。现任中国航空学会名誉副理事长、中国科协航空科学传播首席专家。参加我国多型航空装备研制，参与领导和组织多轮航空科技发展战略研究与规划制定实施、歼20/运20等重大型号预先研究等。曾任中国航空系统工程研究所总师、中国航空工业第一集团公司科技部部长、中国航空研究院常务副院长、中国航空学会第七届理事会秘书长等职。著述或主编《新航空概论》《大国航空》《大道航空》《空天工程通识》《2049年中国航空科技与未来航空》等著作。运营个人微信公众号“聚恩君”，创作发表大量文章，宣传航空事业，普及科技知识，弘扬奋进精神。