

绿色飞机发展的现状与展望(一)

SAF: 从掺混到深度脱碳

□ 李拥军 杨慧娟

在2050年实现净零碳排放的共同目标下,全球航空业正从理念共识走向实质性技术与产业重构。以全生命周期低碳、节能、降噪为核心价值,以可持续航空燃料(SAF)、电能和氢能为主要动力的“绿色飞机”,正在推动从示范试飞到局部应用,从动能到整机设计、运行模式等各方面的深度变革。



围绕动力与能源的差异组合,业界已形成掺混SAF、100%SAF、混电、纯电、氢燃料电池和氢涡轮推进等6条主要路径。聚焦这3大类别、6条路径,梳理其发展现状,对于布局商用飞机产业发展具有重要意义。

先来说可持续航空燃料的发展。可持续航空燃料飞机因其对现有体系的兼容性,成为近中期最具现实意义的减排路径。业界围绕SAF形成了掺混与100%两条主要路线。

掺混SAF

近中期减排主力

在绿色飞机路径中,掺混SAF是最具现实应用性的方案。其最大特点在于兼容现有飞机、发动机和机场供油体系,无需对现役机队进行颠覆式改造,因而能够以较低成本实现行业减排,对于航空公司和主制造商而言,这一路径目前是最具操作性的减排选项之一。国际上,欧盟制定强制掺混比例,建立较为确定的需求预期,美国借助联邦税收抵免等产业政策来激励产能投资。

目前,主流机型和发动机掺混SAF已完成大量验证,核心问题已不是能否安全使用,而是能否持续稳定推广。据国际航空运输协会统计,2025年全球SAF产量约190万吨,2026年约240万吨,占航空燃料消费比重仍不足1%,高成本是制约其扩大应用的主要瓶颈。掺混SAF虽然技术成熟度高,但其产业化节奏更多取决于政策力度、炼化投资和供给体系的协同闭环。对我国而言,掺混SAF是形成规模减排效果的现实路径。C909、C919等飞机已具备使用既定掺混比例SAF开展运行的能力,政策层面也明确提出推进国产商用飞机的SAF示范应用。下一步,在于尽快打通通航、油料供应、机场保障和航司运营之间的全链条协同,把示范应用转化为稳定的产业能力。

100%SAF

深度脱碳的液体燃料方案

如果说掺混SAF是对现有航油体系的低风险延伸,那么100%SAF则是液体燃料飞机向深度脱碳迈出的关键一步。它的产业价值在于,在不彻底改变喷气客机总体构型和航空运输体系的前提下,为中远程飞机保留了一条高减排潜力的升级路线。对于依赖长航程和高载运效率的干线市场而言,这一路径的重要性尤为突出。

目前,100%SAF正在从技术验证走向适航和工程数据积累阶段。近年来,波音、空客、GE、罗罗等企业围绕多型机体和发动机开展了100%SAF地面和飞行试验,验证重点包括燃油系统适应性、材料和密封件兼容等。罗罗已宣布完成其在产商用发动机的100%SAF兼容性验证,这表明头部制造商正把这条路径视为新产品准备的重要环节,而不是单纯的演示项目。

从产业逻辑看,100%SAF的瓶颈更多在“机外”而非“机上”。一方面,国际燃料标准和适航规则扩展仍需时间,常态化商业运行尚未建立;另一方面,高减排属性的SAF,尤其是由可再生能源驱动生产的电可持续航空燃料(e-SAF)产能有限,成本高企,决定了即便飞机和发动机具备适配能力,也未必能迅速转化为规模市场。100%SAF不是简单的飞机技术升级,而是一项需要整机制造商、发动机企业、燃料供应商和监管机构同步推进的系统工程。

对中国商用飞机产业而言,100%SAF更像是一项必须提前布局的“能力储备”。它未必会在短期内直接改变机队结构,却关系到国产商用飞机和发动机未来参与全球深度脱碳的进程。因此,在掺混SAF示范应用基础上,围绕国产商用飞机和发动机逐步开展100%SAF适配试验,标准研究和自主数据积累,将是我们从“能用SAF”走向“用好SAF”的关键一步。

□ 曾毓群

进入2026年,行业依然在快速发展,新的技术、新的产品、新的表达不断出现。越是在这样的阶段,我们越需要回到一些更底层的问题。如何看待技术?如何看待创新?我的看法其实一直没有变——我们不迷信“新”,不迷信“大”,不迷信“热”,而是对问题保持诚实,对规律心怀敬畏,对结果严谨验证。

在我看来,科学精神,首先不是创新冲动,而是证伪能力。很多人理解创新,就是“提出新想法”。但真正的科学精神,不是只提出想法,而是不断证明自己有没有可能出错。在宁德时代内部,任何新技术、新产品提出后,团队的第一反应不仅是兴奋,更多的是追问:它可能在什么情况下出问题?

宁德时代是行业里第一个设立安全可靠部门的企业,内部称为“对抗组”。他们的KPI不是证明产品有多好,参数有多强,而是找出产品可能在某些条件下出什么问题,问题有多大,会不会影响公司的生态,会不会影响消费者的生命安全,会不会影响我们合作伙伴的声誉。正是因为他们,让我们的产品上市之后,能够经受得住各种各样不同工况的考验。一个团队,始终保留“证伪机制”,才更可能逼近真相。

科学精神最大的敌人,不是无知,而是把复杂问题过早地“想简单”“讲简单”。真正的科学精神,是承认复杂、拆解复杂、在复杂约束下把问题做对、做成。科学,不是漂亮话,是严谨的、可复制的、可验证的东西。脱离客观规律谈颠覆,本质上都是对代价的假装看不见。

真正的科学精神,不是对概念兴奋,而是对误差敏感。“恐惧源于无知,敬畏源于深知”。电池背后是电化学的铁律,是热力学的边界。宁德时代从不幻想“一夜颠覆”的奇迹,而是对边界心存敬畏。在电池领域,微米级的缺陷,ppm(百万分之一)级的杂质,毫伏级的电压波动,这些普通人感知不到的东西,最终都可能演变成安全事

新能源时代更需要科学精神

故。我们的“极限制造”把缺陷率从行业的百万分之几,压到十亿分之一,也就是ppb级别。这解决的不仅是今天安不安全,而是5年、10年、15年、20年、25年后,乃至整个生命周期里,依然能安全、稳定、可靠。

真正的创新,很多时候不发生在最热闹的地方,而是在材料体系的细节里,在结构设计的细节里,在热管理、制造工艺、质量控制的无数个细节里,这就是所谓的“螺蛳壳里做道场”。做科学、做技术的人,往往不容易被概念打动,反而对微小的偏差和异常,格外地敏感。科学精神,还是持续投入,用第一性原理探索边界。过去10年,我们在研发投入上投入超过1000亿元,仅仅2025年就超过200亿元,拥有专利超过6万项,连续6年专利申请增量全行业第一。

有人问我:每年花200多亿元做研发,值吗?我的回答是:这个问题本身就问错了。对宁德时代来说,研发投入不是成本,是穿越周期的能力。2020年行业低谷的时候我们在投,2022年原材料暴涨的时候我们在投,2024年行业打价格战的时候我们在投。因为第一性原理告诉我们:电化学的边界还没有到,材料科学的可能性还没有穷尽。每一块钱的研发投入,都是在向这个边界再进一步。

今天,人工智能(AI)正在深刻改变科学研究和工程开发的方式。但在我们这里,它不是用来替代判断的,而是用来把问题看得更深,把验证做得更快的手段。具体来说,我们的做法是“物理机理推演+大数据学习”两条腿走路:一方面,用AI加速量子化学计算,把微观机理算得更准;另一方面,深度挖掘大量实验和运行数据,让数据为研发服务。我们的“增强智能”项目,今年拿了世界经济论坛的MINDS大奖,被认定为“AI驱动产业转型全球标杆”。这背后,本质上还是科学精神。因为无论工具怎么变,科学研究最根本的事情没有变:还是要尊重规律,尊重证据,尊重验证。

据《中国化工报》,作者系宁德时代董事长

四部门联合印发行动方案促进人工智能与能源双向赋能 推动算力电力高效经济协同

□ 衣韵潼

日前,国家能源局会同国家发展改革委、工业和信息化部、国家数据局印发《关于促进人工智能与能源双向赋能的实施方案》(以下简称《方案》),为算与电深度融合按下“加速键”。

首次确立“双向赋能”顶层范式

《方案》聚焦保障算力设施安全可靠的能源供给,推动算力设施绿色低碳转型、促进算力电力高效经济协同等部署了29项重点任务,构建人工智能与能源双向赋能、深度融合的发展新格局。

“此次《方案》一改能源单向赋能AI的认知,强调AI反向赋能能源转型,对传统‘AI的DC(数据中心)’这一单向思维进行了纠偏。”行业分析师严家源认为。

行业分析师孙辉贤表示,《方案》标志着我国首次将“人工智能+能源”从分散的技术试点提升至国家层面的战略整合,核心价值在于以“双向赋能”重构算力与电力的战略关系,通过阶梯式目标与物理空间重组,将人工智能从能源的消费者转变为绿电消纳的承接者,为新能源利用率承压下的产业协同提供了顶层设计。

以2027年与2030年为节点,《方案》设定了量化的“发展坐标”——到2027年,初步构建安全、绿色、经济的能源保障体系,提升清洁能源与算力设施的双向互动能力;到2030年,实现算力设施清洁能源供给保障能力与能源领域人工智能专用技术研发应用水平双领先。

倒排“工期”,为统筹优化能源资源与算力布局,在空间与供能模式上,《方案》首次提出统筹大型新能源基地与国家算力枢纽规划布局,推动算力设施向新能源富集地区有序合理汇集。

“《方案》的战略路径非常清晰,以阶梯目标牵引算力空间重构,以‘双向赋能’作为核心方略,意在同步破解用能焦虑与弃风弃光双重命题。”孙辉贤指出。

当前,我国新能源消纳压力加剧,区域分化显著。电力行业规划研究与监测预警中心数据显示,一季度,全国光伏、风电发电利用率分别为91.2%、91.9%,较去年同期下降2.6、1.5个百分点;西藏、青海的光伏发电利用率仅为63.8%、76.8%,上海、福建、重庆则达到100%。

同时,算力需求快速攀升推高电力消耗,使得

电力供给端压力持续加大。

“在此背景下,将大型智算集群布局于新能源基地周边,相当于为波动性、间歇性的风光资源提供了稳定且可规模化的本地负荷,形成‘源随荷动、荷随源调’的良性互动,破解绿电‘发得出、送不走、用不上’等一系列困局。”孙辉贤称。

为提高算力设施多元电力供给能力,《方案》还对“探索核能、氢能等能源以直连方式为算力设施供能”作出安排。

对此,行业分析师殷中研研判,核电有利于为东部地区低延迟交互型AIDC(人工智能数据中心)提供绿电保障,氢能有利于离网微网模式下缩减备用电源投资而降低综合电价成本。多元协同之下,能源安全与数字安全屏障将得到进一步巩固。

重塑绿电价值

随着算力全链条实现制度突破,市场化落地路径愈加清晰。机构普遍认为,《方案》为“算力协同”主线布局打开窗口,绿电运营商将受益于项目推进获得价值重估。

《方案》明确,将扎实推进算力设施绿电消费占比统计以及碳排放核算工作,加强绿电直连政策指引,持续提升算力设施能效碳效,构建绿电供给、高效用能、碳排放管控协同的全链条绿色低碳发展体系。

据《中国电力报》



本图由AI生成。