热点追踪

9月11日，2026中国航空科学技术大会在江苏无锡开幕。会上发布的2026年度航空领域重大科技问题中，超声速客机引发广泛关注。

大会传出消息：由天目山实验室研制的低声爆超声速验证机，已进入总装收尾阶段，计划于今年底开展超声速试飞。这意味着，从北京飞上海仅需半小时的梦想，正在一步步走向现实。

上世纪曾经把跨洋飞行时间压缩到3个多小时的超声速客机，在沉寂20余年后，真的要回来了吗？中国航空人，又将如何破解这道世纪难题？请看本期解读。

超声速客机的世纪突围

■陈 迪



天目山十号验证机。 资料图片

第一代超声速客机的历史镜鉴

超声速客机的起源，深深烙印着时代的印记。

20世纪60年代，世界主要航空大国为了争夺“第一架超声速客机”的名头，展开了激烈角逐。

1968年12月31日，苏联图波列夫设计局研制的图-144完成首飞，比英法联合研制的协和号早了两个月。1969年6月5日，图-144首次突破声障，再度领先。

然而，速度上的先发优势并未换来商业上的成功。图-144的运营之路一波三折：1973年巴黎航展表演时，图-144空中解体，导致14人遇难；客运服务仅维持数年便告中止，可靠性问题突出；发动机寿命短促，油耗居高不下……1983年，图-144彻底退出商业运营。

英法合作研制的协和号命运稍好。在27年的服役生涯中，它累计运送数百万名乘客，是人类历史上唯一取得商业成功的超声速客机。

从伦敦希思罗到纽约肯尼迪，协和号把跨大西洋航程压缩到不足3个半小时。乘客在万米高空看到太阳从西边升起的画面，成了那个时代留下的难忘记忆。然而，高昂的运营成本始终是其难以承受之重——超声速客机每小时耗油约25吨，是亚声速宽体客机的数倍，票价动辄上万美元，普通旅客望而却步。2000年法航协和号空难成为压垮骆驼的最后一根稻草，英航与法航最终于2003年将其全面停飞。

另一方面的障碍，来自声爆。

打个比方，我们向平静的湖面投一颗石子，涟漪会一圈圈向外扩散。如果有一艘小船越开越快，快到接近涟漪扩散的速度，前方的水波来不及散开，就会堆积成一道水墙。声波在空气中的传播，也是同样的道理。

声音在空气中的传播速度约为每秒340米。当飞机的飞行速度接近这一数值时，它发出的声波便会在前方不断堆积、压缩，最终形成一道无形的屏障——这就是人们常说的“声障”。一旦飞机突破声障，被压缩的空气能量便会瞬间释放，产生强烈的冲击波。这道冲击波传到地面，就会化作一声惊雷般的巨响。这就是声爆。

第一代超声速客机的声爆超过100分贝，足以震得窗户颤抖、玻璃碎裂。正因如此，大部分国家自20世纪70年代起，便明令禁止民用飞机在陆地上空进行超声速飞行。第一代超声速客机的航线选择大受限制，只能在大洋上空以超声速飞行。

国家意志可以催生出超声速飞机，却难以造就可持续的商业航线。成本之高、安全之难、声爆之困，如同三座大山，让超声速客机沉寂了下来。

从战斗机到客机的技术鸿沟

不少人或许会问：超声速战斗机技术早已成熟，为何不能直接改作民用？这个问题，恰恰点中了超声速客机的要害。

如果说军用战斗机是“短跑健将”，那么民用客机就是“马拉松选手”。战斗机可以短时间加速至超声速，完成任务后再减速返航，发动机寿命以小时计也能接受。民用客机如果想保持几个小时的超声速巡航，发动机必须经得起反复启停和长时间满负荷运转。这就像赛车和出租车的区别：赛车百公里加速惊人，但跑不了两圈就得进维修站；出租车速度慢一些，但能天天在路上跑。归根结底，超声速客机能否实现长期商业化运营，关键在于发动机能否以足够的寿命、良好的可靠性和经济性支撑长时间超声速巡航。

油耗同样是一道鸿沟。战斗机不讲究省油，作战半径够用就行；但民航客机多烧油，就意味着票价上涨、利润降低。在燃油成本占航司运营成本三成以上的今天，这种油耗水平显然不具备商业可持续性。

此外，还有“热障”这道关卡。当飞机以2马赫以上的速度飞行时，机身表面与空气摩擦产生的高温，足以让传统铝合金材料性能下降。战斗机飞行员可以依靠抗荷服等装备承受短时间过载，并采取隔热措施应对高温；但客机要承载上百名乘客，在万米高空舒适地飞完整个航程，这对材料隔热、座舱环境控制、结构疲劳的要求完全不在一个量级。

技术之外，还有规则。长期以来，民用飞机在陆地上空超声速飞行被严格禁止。战斗机在训练空域突破声障是另一回事，民航客机却要面对适航认证、噪声标准、地面居民投诉等一整套监管体系。近年来，国际民航界的思路正在转变：不再简单地禁止超声速飞行，而是以噪声为核心建立适航认证标准。换言之，只要飞机的声爆水平足够低，就可以合法地飞得更快。

说到底，军用超声速飞机追求的是“飞得快”，民用超声速飞机追求的是“飞得快、飞得省、飞得安静、飞得安全”。这中间的差距，不是简单地改装就能弥合的，而是需要从零开始的系统工程。

中国超声速客机的探索之路

其实，第一代超声速客机退出历史舞台后的20余年里，各国科研人员对超声速客机的探索并未停止。

要让超声速客机重返蓝天，首先要驯服“声爆”这头猛兽。我国科研工作者选择的技术路径是低声爆气动设计——通过特殊的气动布局，让机头、机翼与尾翼产生的多道激波，在向后传播的过程中逐渐散开、相互削弱。打个比方，上一代超声速客机的声爆像一记重锤砸在地面上，新方案要做的，就是把一记重锤拆成一串轻拍，让地面上的人几乎感觉不到。

这一方向的最新进展，来自天目山实验室。2025年6月，“天目山十号”低阻低声爆超声速气动布局验证机在河北定州机场成功完成首飞。该机采用“三翼面加T尾”气动布局，三组翼面产生的激波在后下方相互干涉、相互削弱，最终抵达地面时已是一波散开的低声波。后续改进型高速验证机计划于今年年底开展超声速试飞，设计巡航速度1.8至2马赫，目标将地面声爆控制在80分贝以内——大致相当于一辆重型卡车从身旁驶过。

80分贝，与当年惊雷般的声爆相比，已是质的飞跃。声爆之困，正在被中国航空人的智慧逐步破解。

超声速民航的复兴之路，绕不开一个“不可能三角”，即速度、经济性、环保合规，三者难以兼得。追求极致速度，必然推高油耗与维护成本；满足环保合规，就得使用价格不菲的可持续航空燃料；想要降低成本，又可能牺牲速度或环保性能。从物理层面看，当飞行器速度超过声速，空气压缩无法迅速传播，必然形成激波面，伴随更高的能量消耗与噪声。这是物理定律使然，无法通过技术手段完全消除。

那么，破局之路在何方？技术层面，主要依靠气动优化降低阻力，提升发动机循环效率，研发更高效的可持续燃料；政策层面，随着国际民航界逐渐建立新的适航认证标准，航线网络扩大，运营成本有望逐步摊薄；应用层面，超声速客机的核心价值在于缩短长途飞行时间，对时间成本要求极高的旅客人群具有难以比拟的吸引力。

值得注意的是，中国发展超声速客机，走的不是当年“先搞出来再说”的老路，而是从验证机起步，先把声爆、气动、动力这些底层问题摸透，再逐步放大到全尺寸机型。这种“小步快跑、步步为营”的路径，既尊重航空工程的客观规律，也体现了后发优势。

从第一代超声速客机的仓促谢幕，到今日新一代超声速客机的蓄势待发，人类对速度的追求从未停歇。超声速客机的复兴之路，不仅是一场技术革命，更是一次对人类智慧与社会责任的考验。它追求的不只是飞得更快，更是飞得更安静、更清洁、更可持续。

从北京飞上海仅需半小时的梦想，或许终将实现。但在此之前，仍需我们保持耐心，一步一个脚印地走下去。

（**杨帆**整理）

论 见

久久为功，深耕基础研究

■李巧明

长期以来，不少人对基础研究存在认知偏差，简单地将其等同于科学家的纯理论研究，认为其远离实践、见效缓慢，而更加重视紧贴任务、破解难题的应用攻关，人为地将基础研究与应用研究割裂对立。这种看法并不科学。界定一项研究是否属于基础研究，关键在于它能否透过外在现象，揭示事物内在的原理与运行机制。基础研究不是脱离实践的空中楼阁。现实难题的攻坚突破，永远离不开底层规律的支撑引领。

法国微生物学家巴斯德的科研实践，为我们正确认识基础研究提供了深刻启示。1865年，法国养蚕业遭遇毁灭性疫病冲击，大批蚕体染病死亡。受政府委托，巴斯德前往法国南部展开调查。彼时，他深耕化学领域，对养蚕几乎一无所知，政府看重的正是他善于从微观入手、探究事物底层机理的科研能力。巴斯德扎根简陋的实验场地，借助显微镜开展对照试验、梳理病害规律。历经潜心攻关，他成功探明了病菌传播的机理，创建“母蛾镜检法”，高效遏制了疫情。通过追问微生物与疾病的内在关联，他成功证实了微生物致病原理，为后续疫苗研发和现代防疫体系构建筑牢了核心理论根基。

这一事例正是“应用激发基础研究”的生动实践。始于紧迫的现实应用难题，研究者并未止步于“快速治病”的表层目标，而是深挖现象背后的科学本质。

放到军事科研领域，道理同样如此。当今世界新军事革命加速演进，大国军事科技竞争日趋激烈，前沿技术迭代速度持续加快。军事领域的竞争，早已从单一装备、单一技术的比拼，转向底层基础、核心机理、原始创新的较量。越是关键领域、核心技术，越无法依赖从外部引进。很多“卡脖子”难题，表面看是装备性能不足、系统能力短板，根源却在于基础理论不清、底层机理不明。没有基础研究的持续深耕，应用创新就是无源之水、无本之木。

深耕军事基础研究，需要定力，更需要担当。广大军事科研工作者应摒弃浮躁功利心态，树立“久久为功、利在长远”的科研理念，甘于坐冷板凳、啃硬骨头，聚焦军事领域短板弱项，在基础理论、底层机理上持续深耕。科研单位也应完善科研评价激励机制，包容基础研究的试错过程，鼓励长期深耕、持续攻关，为基础研究人才搭建成长平台、提供坚实保障。

九层之台，起于累土；千里之行，始于足下。基础研究没有捷径可走，唯有脚踏实地、潜心耕耘，才能为军事科技自主创新注入不竭动力，为强军事业高质量发展、决胜未来战场厚积科技底气。

细胞工厂：微观世界中超级食品生产车间

■王云天 本报特约记者 李 芮

科普笔记



细胞工厂设备图。 资料图片

酵母酿香、淀粉产粮、霉菌造蛋白、废物变营养……凭借几个发酵罐和一群微生物，就能造出粮食和蛋白吗？事实上，这些看似毫不相干的事情，背后指向同一个主角：细胞工厂。

近日，华南理工大学科研团队发表了题为《单细胞蛋白生物制造》的文章，总结了基于生物合成的单细胞蛋白在应急与特殊需求食品中的研究进展和发展前景，这与细胞工厂有着紧密的联系。

细胞工厂是什么？简单说，就是运用合成生物学技术，对微生物细胞进行定向改造，删掉不必要的“工序”，插入新的“生产模块”，把微小生命体变成一座座微型生产车间，让细胞按照人的意志通过代谢去合成目标产物。

理解细胞工厂的原理，先要厘清细胞与细菌、酵母等微生物的关系。简单来说，细胞是生命体结构和功能的基本单位；细菌、酵母等肉眼看不见的微小生命体，统称为微生物。它们大多属于单细胞生物，结构简单，仅靠一个细胞就能完成生长、代谢、繁殖等生命活动。正因为单个细胞本身就具备独立生存和运作的能力，科学家们才得以通过定向改造其代谢途径，让它们按照人的意愿合成目标产物。

细胞工厂生产的产品并非千篇一律。有的擅长把二氧化碳变成淀粉，有的能把废弃生物质转化为蛋白，有的专攻功能性食品配料的合成。细胞工厂的生产速度还很快，它的代谢转化周期以小时计，不需要大面积土地，而且对水资源的消耗很少。

正是由于具备上述特性，人们可以筛选优良菌种，调整菌种细胞的反应条件，按需生产各种人造食物，实现从“向土地要粮”到“向微生物要蛋白”的跨越。

其实，人类对细胞工厂的研究早在20世纪60年代便开始了。1961年，法国科学家雅各布和莫诺提出了调节基因回路的概念，人们开始思考构建在细胞内就能实现调控的系统，奠定了细胞工厂的核心理论基础。2000年，美国的加德纳和柯林斯构建了基因拨动开关，埃洛维茨和莱布利布设计了生物振荡器，人们开始进一步探索合成生物学；2005年，恩迪提出标准化、去耦合、抽象化三个理念，大大促进了合成生物学的发展。2010年，美国文特尔研究所宣布首个人工合成的原核生物基因组及细胞诞生，研究成果入选《科学》年度十大科学突破，细胞工厂研究迎来跨越式发展。

时至今日，细胞工厂已打通从实验室到生产线的壁垒，完成了质的蜕变。中国科学院天津工业生物技术研究所实现二氧化碳人工合成淀粉吨级中试，南京农业大学联合其孵化企业建成国内首个细胞培养肉全产业链研发生产平台。从人造淀粉到细胞培养肉，食品生产的边界正在被微生物重新定义。

如今，对细胞工厂的研究早已超出日常生活需要。放眼全球，美军已开展细胞工厂在军用食品中的应用探索。

2023年，美国国防高级研究计划局正式启动了“聚宝盆”项目，探索依托微生物，利用空气、水和电生产食品，目标是满足小规模作战部队45天的营养需求。2024年，美陆军作战能力发展司令部化学生物中心开始攻关“前沿部署生物制造”技术，利用重编程微生物在战地生产食品与营养制品。2026年，美陆军作战能力发展司令部士兵中心着手开展野战口粮蛋白技术项目征集，探索利用细胞工厂生产蛋白原料，支撑单兵口粮升级。虽然上述项目还处于研发调研阶段，但已清晰表明：细胞工厂正加速从实验室向军事领域延伸。

由此可见，对于军队而言，细胞工厂的意义不仅在于多一种物资来源，更在于增强极端环境下的自持力。细胞工厂一旦在野战食品中实现工业化生产，前沿战场便有望利用本地资源就地生产各类食物，最大程度维持生存力和战斗力。

尽管细胞工厂具有广阔的应用前景，但菌种自主可控、生产成本、行业标准、安全评估等，仍是其从实验室走向战场必须跨越的关口。在世界细胞农业方兴未艾之际，既要实现“0到1”的原始创新，也要打通“1到100”的成果转化，汇聚产学研合力，筑牢自主可控生物制造底座，让这座“无形良田”的产能真正释放。