

# 让中国的飞机用上更加强劲的“中国心”

曹建国

习近平总书记指出，“科技创新、科学普及是实现创新发展的两翼，要把科学普及放在与科技创新同等重要的位置”。中国航发成立以来，高度重视开展航空发动机科普工作，采取一系列重要举措，取得一系列重要成果，为加快航空发动机自主研发、实现高水平科技自立自强奠定了重要基础。2023年9月1日，习近平总书记给中国航发黎明发动机装配厂“李志强班”职工的回信中指出，“这些年，中国航空发动机事业有了长足进步，初步探索出一条自主创新发展的新路子”，这是对包括科普工作在内的各项工作的充分肯定和激励鞭策。

同时，我们也深刻认识到，航空发动机是国之重器，是国家科技实力和创新能力的重要体现。先进航空发动机的研制难度极大，推进航空发动机自主创新，必须把加强航空发动机科普摆在与科技创新同等重要的位置，让社会各界充分认识了解航空发动机的战略地位、研制难度和研制规律，为加快自主研发争取更多支持。

## 无动力 不远航

航空发动机是飞机的“心脏”，被誉为现代工业“皇冠上的明珠”。先进航空发动机技术是经典力学在工程应用上逼近极限的一门技术，涉及了几乎所有的工业和技术领域，集成了冶金、材料、机械制造、力学、热力学、控制学等众多专业学科的最高成就，是人类有史以来最复杂、最精密的工业产品之一。

动力技术的进步是推动人类文明不断向前发展的源头，更是实现飞行的基础。从1903年美国莱特兄弟的首次动力飞行到今天的各类燃气涡轮发动机，已经走过了120多年。航空动力的发展，艰辛曲折、投入惊人，创新难度越来越大，强国竞争越来越激烈。

1954年，新中国第一台航空发动机M11活塞发动机通过国家鉴定试车，标志着我国航空发动机行业实现由修理转向制造新阶段，毛泽东主席闻讯亲自签发嘉勉信，指出“这在建立我国的飞机制造业和增强国防力量上都是一个良好的开端”。1956年，我国第一台喷气式发动机——涡喷5发动机研制成功，标志着我国跻身“喷气时代”，成为当时世界上少数几个可以批量生产喷气式航空发动机的国家之一。

随着人们对航空动力装备的深入探索，涡轴、涡桨、涡扇等更多类型的航空发动机让飞行更加自由，但技术难度已远超早期活塞式航空发动机的水平。目前能自行制造先进航空发动机的国家只有5个：美国、俄罗斯、英国、法国、中国，我们国家就是其中之一。



## 攻难题 强动力

新中国航空发动机事业发展历程启示我们，“先进技术是买不来的、讨不来的”“没有核心技术，必然受制于人”“自主研发航空发动机的信念必须十分坚定”。

在加快航空发动机自主研发的道路上，首先要攻克航空发动机的“五高”难题，高温、高压、高转速、高载荷、高可靠。

首先是高温，涡轮可以说是一个“风车”，在高温气流冲击下转动，温度越高说明气流能量越大，发动机的性能就越好。现代航空发动机涡轮前温度超过1800℃，已经超过大多数金属的熔点。想要提升航空发动机的性能，就必须提高涡轮叶片的耐高温性能。

航空发动机研发人员想出了三个好办法，先从材料本身出发，开发新型高温合金材料，普通的碳钢在800~900℃时强度就大大降低，而研制的新型高温合金，特别是单晶高温合金材料耐高温水平大幅提高。再从叶片结构设计入手，研发人员在小小的涡轮叶片内部设计很多气体通道，在表面打上细小的孔，让冷气从叶片内部吹向叶片表面形成气膜，起到强制冷却的作用。还有就是给涡轮叶片穿上“衣服”，在涡轮叶片表面涂一种特殊涂层隔绝热量，来延长涡轮叶片的使用寿命。虽然这三个好办法让叶片的制造难度显著增加，但是设计人员巧妙采用各类先进技术攻克了这些难题，让空心气冷叶片广泛应用在各类航空发动机上。一个“巴掌大”的涡轮叶片，价值相当于一辆小轿车，涡轮叶片研制就像“明珠上镶钻石”。

在航空发动机的压气机内，空气就像搭上了一辆不停刹车的“公交车”，每过一级就被挤压一次。发动机进气经压气机增压体积缩小、压力增大，相当于把一整间屋子的空气压缩到一个小瓶子中，内部压力可超过20

多个标准大气压，而一般人潜水，只能潜到10米左右，承受一个大气压。

之所以能够形成这么大的压力，关键是发动机内部高速旋转。在所有的热力机械中，航空发动机内部转速是最快的，达到每分钟几万转。转速越高、叶片承受的力越大。大涵道比涡扇发动机高速运转时，叶片要承受数十吨的离心力，相当于吊着3辆满载砂石的大卡车在飞转。

航空发动机内部运转条件严苛，使用要求更高。为了保证飞机和乘客安全，航空发动机需要在高温、高寒、高原、海洋等环境下长时间可靠工作，这些都需要通过长达数十万小时的部件和数千小时的整机试验验证，还必须经过吞冰、吞鸟、吞砂的考核才能投入使用。现代民用航空发动机寿命普遍在3万小时以上，相当于每天飞行8小时，可以连续使用10年。

在直径1米左右、长度4米左右的战斗机发动机中，要塞进风扇、压气机、燃烧室、涡轮、加力燃烧室和喷口，还要在之间安排冷却空气通道，周围安装燃油和控制系统等等，航空发动机研制可谓“螺蛳壳里做道场”。

## 中国心 动力梦

回顾新中国航空发展史，早期都是先确定飞机项目再研究配套航空发动机项目。然而航空发动机研制周期一般是飞机的两倍多，需要大量的预先研究和基础研究。从属飞机项目立项的航空发动机往往跟不上飞机研制进度需求。以往，航空发动机要么因为基础研究不扎实来回反复，要么研制目标不断调整，很多型号研制周期因此拉长。2016年，党中央决策成立中国航空发动机集团，航空发动机事业迎来新的明媚春天，进入高速发展的新时代。

国外航空强国一款新型航空发动机立项时，与发动机相关的关键技术、材料工艺、试验条件等已基本具备。过去，由于技术基础薄弱，人才

和经验短缺，我国只有型号立项之后才能够启动这些相关技术研究或条件建设。事实证明，最终阻碍型号发展的正是这些前面缺乏储备的技术、工艺和条件等。这些年，国家加大支持力度，国家级创新平台起步入轨，一批联合创新中心陆续组建，基础研究和预先研究能力不断加强，模拟不同高空、室外条件的重大试验设施建成使用，领军人才、创新人才不断涌现。

航空发动机本身技术难度极大，是一个复杂的大系统工程。传统的航空发动机研制通常依靠物理试验暴露设计问题，采用反复迭代的研制模式，周期长、耗资大、风险高。从前，行业里有“一代人，一代航空发动机”的说法。如今，实现从“传统设计”到“预测设计”的模式变革，使用仿真技术手段深化对航空发动机内部运行规律的认识，在电脑上就可以看到发动机的运转状态，大幅提高研制效率和质量。通过数字化变革，推动数据信息融合，打造自动化生产线和智能车间，许多关键核心技术得以在较短时间实现突破，许多型号研发制造周期大幅缩短。比如，先进民用涡轴发动机AES100，是2016年中国航发成立后启动立项的，今年就有望完成适航取证、走向市场，创造自主研发先进航空发动机的新纪录。

国家寄予厚望，人民翘首以待。中国航发成立7年多来，坚决扛起动力强军、科技报国使命，全力打造原创技术“策源地”、勇当现代产业链“链长”，研制步伐不断加快、生产交付更加及时、产品可靠性明显提高，自主研发和保障能力显著增强。在近年航展中先后展出“太行”“玉龙”等军用发动机，CJ1000A、CJ2000等商用发动机和AES100、AEP100等通航动力，以及各类新型发动机，都是比肩世界一流的先进产品。

在加快航空发动机自主研发的实践中，中国航发积极发挥专业优势，培育科普工作队伍，打造特色科普基地，建强科普传播阵地，开展“航发科普进校园”等系列科普活动，出版《航空发动机图鉴》《发仔带你去历险》《发仔最“靓”的仔》等系列科普图书，促进航空发动机科学知识、科学思想、科学方法、科学精神大普及。一系列科普宣传实践活动，让新时代航空发动机科技创新成果持续走向公众，全社会对航空发动机自主创新研制的自信不断增强，关注航空动力、崇尚科技创新的社会氛围愈加浓厚，为加快航空发动机自主研发厚植了沃土。

推进新时代航空发动机事业高质量发展，是一项伟大而艰巨的事业，前途光明、使命光荣。中国航发将继续开足马力、久久为功，推动科技创新与科学普及比翼齐飞，为建设航空强国、实现高水平科技自立自强积极贡献力量，让中国的飞机用上更加强劲的“中国心”！

（作者系全国政协委员，中国工程院院士、中国航空发动机集团有限公司董事长、党组书记）

值得一提的是，美国空军的快速能力办公室，角色特别。此办公室能协调指挥“X37B”“X37C”；美最新的隐身轰炸机B21，也在美国空军快速能力办公室旗下。“X37B”、“X37C”具有快速发射，能够长期在轨、驻留，而且能够自主返航，像飞机一样自行着陆。

对于我国而言，中国很早就开始跟踪和预研航天飞机技术。中国载人航天工程前期论证时期，曾遴选出五个比较方案，其中三个半属于航天飞机，分别是两级全复用航天飞机，V-2号、带主动力和不带主动力小型航天飞机，长城一号、天骄一号，以及亚轨道空天飞机和小型航天飞机。最后一个方案是一次性飞船。1988年，对入围方案的投票中，不带主动力小型航天飞机以不到一分之差落败于载人飞船，否则历史就要重写了。

2020年9月4日，沉寂30多年后，中国宣布成功发射“可重复使用试验航天器”。2天后，试验飞行器成功返回预定着陆场，成为史上第四型成功在跑道上着陆的轨道级航天飞机。

未来第五型跑道着陆的轨道级航天飞机明年也要入轨，美国内华达山脉公司的追梦者小型无人航天飞机也应无悬念。明年，它将成为国际空间站第三款商业补给飞船，进行首次示范飞行。它的运载工具是联合发射联盟（ULA）新型重型火箭“火神”（Vulcan）的第二次发射。

在太空领域，美国打造造新的战略和技术制高点的决心和行动是不会变的。真正的竞争其实刚刚开始。

（作者系全国政协委员、中国航天科技集团有限公司第十一研究院研究员）



## 陕西省政协全会聚焦人工智能产业发展 将技术优势转变为产业优势

本报讯（记者 路强）近年来，陕西省人工智能产业快速崛起，构建了以人工智能关键技术为导向，龙头企业与科研单位产研结合的新型创新发展体系，初步形成传统产业智能化升级、战略性新兴产业驱动引领的多层次产业集群格局。谈到人工智能产业在陕西的现状，参加陕西省政协十三届二次会议的省政协委员、西安睿博智能股份有限公司董事长周鑫如数家珍。

据统计，截至2022年，陕西省人工智能产业链企业总计超过400家，产值超过1200亿元。“陕西人工智能产业发展基础优势明显，创新人才国内领先，科技基础实力雄厚”，但是与其他发达省份对比，目前还存在人工智能产业规模偏小、产业链上下游协同配套不足、产业链梯度分布明显等问题，不能很好支撑人工智能技术优势向产业优势的转变。她建议，未来应紧紧抓住全球人工智能技术迅猛发展的重大机遇，从技术研究、产学研创新、人才培养等方面持续发力。

“在以人才、数据、资本和硬件为四大因素的人工智能生态系统中，人才的重要性最为突出。近年来，尽管我国人工智能人才数量不断上升，但人才储备依然是制约人工智能产业发展的重要因素之一。”农工党陕西省委

在本次会议上提案建议，通过构建校企“AI创新联合体”推动人工智能产业发展。

“高校人工智能人才培养中存在理论与实践脱节现象；企业人工智能人才培养尚未形成有效的闭环生态体系，顶尖的人工智能企业人才培养也存在过度依赖国外生态等问题。综合来看，人工智能人才培养亟待构建基于深度产教融合的人工智能人才培养生态系统。”农工党陕西省委建议，构建全省“高校院所牵头、领军企业支撑”的“AI创新联合体”共建机制，打通人才在高校、科研院所与企业之间的流动渠道；将高校院所的科技资源、研究活动延伸到企业的研究所、实验室、博士后工作站；组建“科学家+企业家+金融家”团队，强化战略需求导向，加快产学研深度融合。构建协同创新机制，明确界定全省高校院所和企业的责、权、利关系，探索通过成果收益分享等方式合理分配创新成果，同时建立健全风险控制、风险评估和风险防范共担机制，有效应对成果转化风险和失败风险。

致公党陕西省委呼吁，要推动数字技术与实体经济深度融合，利用人工智能优化工业管理体系，提升资源配置效率，带动传统工业数字化转型，为高质量发展赋能。



寒假期间，许多中小走出家门、走进自然、走进各类科技馆，在“行走的课堂”中增进实践感悟，乐享假期。图为中小学生在青岛西海岸新区科技馆探索“镜子的秘密”。张进刚 摄

## 全国自然资源数字化发展纲领性文件出台 建成自然资源“一张网、一张图、国土空间基础信息平台”

本报讯（记者 高志民）《自然资源数字化治理能力提升总体方案》（以下简称《总体方案》）日前出炉。作为指导今后一个时期全国自然资源数字化发展的纲领性文件，《总体方案》明确，自然资源部将突出数字化的撬动、赋能和引领作用，以信息系统整合提升为突破口，强化基础设施和网络数据安全保障能力，丰富自然资源数据体系，夯实国土空间基础信息平台数据治理、智能计算、场景构建、协同共享能力，以自然资源智慧化场景驱动治理模式变革、方式重塑、能力提升为目标，大幅提高自然资源管理、国土空间治理信息化水平和效能，并融入数字中国建设，全面助力美丽中国数字化治理体系建设。

《总体方案》明确，到2025年，自然资源数字化治理体系逐步健全、管理机制趋于成熟，一体化基础设施体系基本形成，“空地海网”态势感知理解能力进一步提升，数据资源体系更加完善，分布式数据中心基本建成，数据治理和开发利用水平进一步提高，数据资产化运营初见成效。到2030年，数据驱动的业务规则重构、业务流程再造基本完成，多维数字化应用场景基本完备，与自然资源治理体系和治理能力现代化相适应的“一张网、一张图、一平台”的数字化治理体系框架更加成熟，基本形成高水平保护、高质量保障、高效率利用、高效能治理的整体智治新格局，美丽中国数字化国土空间治理体系基本建成。

## 全球农田氮减排研究取得进展

氮是主要大气污染物之一，对于雾霾的形成起重要作用。农田排放是氮的首要人为源，且主要来自水稻、小麦、玉米三大粮食作物种植。在粮食需求不断增加的压力下，削减农田氮排放是全球可持续发展面临的难题之一。

近日，在国家自然科学基金项目资助下，南方科技大学郑一教授、徐鹏助理教授团队，联合香港科技大学、北京大学、康奈尔大学等单位学者，在全球农田氮排放定量计算与管理调控方面取得新进展。

研究团队收集整理了全球2775个站点年(site-year)的氨排放率田间观测数据，成功训练和验证了随机森林机器学习模型，完成历史基准(2018年)与气候变化情景下的全球高分辨率模拟，产出5弧分(约10km)网格尺度的全球农田氨排放数据集。

研究表明，高效肥施用、深施等肥料管理措施具有显著的减排效应，但也受当地气候、土壤、水文、作物类型等多方面因素的复杂影响，凸显因地制宜进行农田肥料管理的重要性。在基准情景下，通过优化农田肥料管理，全球三大作物最高可实现1.6Tg N的减排量(减排38%)，小麦、玉米和水稻分别贡献26%、27%和47%的减排量。由于气候变暖，未来农田氨排放将进一步加剧。机器学习模型预测，2030-2060年间全球农田氨排放总量将分别增加4.0%和5.5%。不过，优化农田肥料管理的减氨潜力仅可满足15%即可抵消这部分增量。

这项研究给出了全球农田氨排放的高清图景，识别了排放热点区域和减排优先路径，为世界各国制定相关的农业、环保政策提供了关键科学依据。（刘羽 孙建强）



## 揭秘太空小飞机

### ——中国的“神龙”和美国的“X37B”

曲伟

美国东部时间2023年12月28日（北京时间12月29日），美国军方“轨道试验飞行器”X-37B在佛罗里达州肯尼迪航天中心，由太空探索公司（SpaceX）的“重型猎鹰”运载火箭发射升空。这是X-37B的第七次轨道飞行任务。

同年12月14日，中国“神舟”即长征二号F火箭，成功发射我国的“可重复使用的试验航天器”（被称为“神龙”）。这是中国可重复使用航天器的第三次成功发射。

事实上，美国计划也在12月14日发射“X-37B”，因故发射推迟。中美两国没能同日发射太空小飞机，航天史上也少了一个传奇。

我国发射的“可重复使用试验航天器”和美国的“X-37B”都属于轨道级小型无人航天飞机，简称太空小飞机。当前，只有中美两国能设计、制造、完成飞行太空小飞机，所以，它们的一举一动备受世界关注。

航天飞机（Space Shuttle）指的是采用火箭动力垂直发射入轨、滑翔水平着落的航天器。空天飞机（Aerospace Plane）指的是采用吸气式发动机水平起降的航天器，即既能航空又能航天的飞机。太空飞机

（Space Plane）则是两者的统称，都是有动力进入太空的有翼飞行器或升力体。原则上，使用“空天飞机”一词不符合空天飞机一词的原意，把它们和未来自更先进、真正的空天飞机容易搞混淆。

近年来，有一个趋势越来越清晰，那就是全方位的中美太空竞争已经开始，太空小飞机也是其中之一。

在轨道级小型无人航天器的重要建设方向。X37B算是最早的尝试。在上个世纪90年代，美国就开始了可机动轨道飞行器的研究。最早，“X37B”是NASA负责的项目。后来，因为航天飞机出现了一系列的问题和灾难，这些可重复使用的航天器，被认为效率不高，不如大型的航天飞机，这个项目因此从NASA调到了美国国防部，具体由“先进研究计划局”来负责研制。这个项目被美国定为“绝密”级别。研制完成以后“X37B”有两个使用方。一是美国空军的快速能力局，或者叫快速能力办公室。二是美国太空军。

之前，“X37B”已经进行了6次飞行，最长在轨时间超过900天，成功返回预定着陆场。这次与以往不同的是，采用了重型猎鹰发射，被送

到远地点达数万公里的大椭圆轨道。这种轨道确保能对大空域卫星的可见性，弥补静止卫星无法覆盖高纬度地区的缺陷。

据透露，“X37B”本次承担的任务主要是进行扩展轨道包线试验，意味着本次可能要做更加剧烈的大幅度的轨道机动；同时，要测试它搭载的“太空感知系统”，这是一个情报侦察系统，既能监测太空碎片，也能对其他所有经过的在轨航天器、卫星进行探测、识别、定位。可以说，这个系统是一个信息收集的重要装置，为美国太空军未来的行动服务。此外，还要对一些材料进行在轨检测，测试太空环境的影响，例如种子和生物材料。

“X37B”并不是“X37”项目的终极。美国波音公司已经宣布，在2011年，对“X37B”有一个扩展版，历史也称为“X37C”。“X37C”型比现在5吨级的“X37B”型的体量要增加160%-180%，增加一个增压单元，里面可以坐6名航天员。它的任务能力得到扩展。在紧急情况下，“X37C”能实现快速的载人发射，实现对于在轨航天员的紧急救助。