

# 人工智能技术在航空发动机中的应用探索

## The Application of Artificial Intelligence in Aero Engine

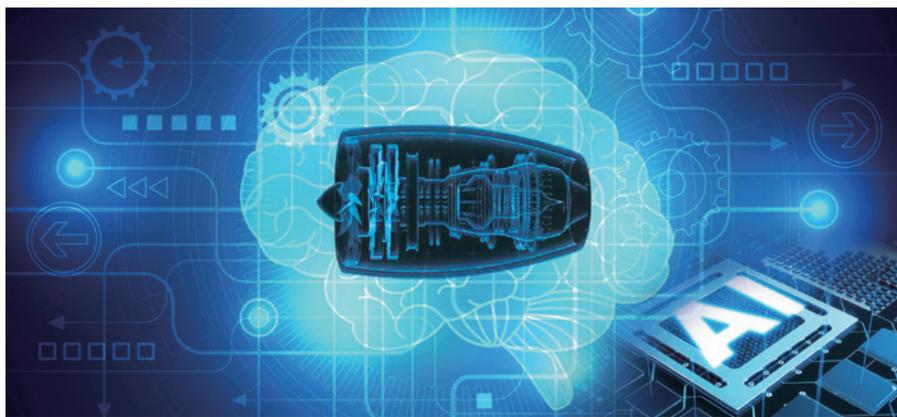
■ 崔一辉/中国航发

人工智能技术在自动驾驶、机器人、医疗等诸多领域的应用发展正如火如荼，航空发动机行业也早早加入了探索其应用可能性的行列。从产业升级发展需求出发，人工智能在航空发动机全生命周期的各个环节已拥有众多典型的应用场景，而其未来应用前景也必将更加广阔。

大数据、人工智能、物联网、数字孪生等新一代信息技术与传统制造业相融合，正在引发第四次工业革命。这次工业革命将基于数字和互联网形成价值创造的新生态系统，为社会发展带来新的挑战与机遇<sup>[1]</sup>。世界各国对此高度重视，并相继提出“先进制造业国家战略计划”“工业4.0”等国家战略规划，力图抢占先机，巩固制造业优势。中国也于2015年发布了“中国制造2025”，制订了一系列配套支撑计划，推动人工智能、互联网、大数据等技术转化为产业升级的驱动力。2019年，政府工作报告中首次提出“智能+”概念，这是继“互联网+”之后，再次为制造业加快数字化转型指明了突破方向。

### 人工智能起源及发展阶段

1956年，约翰·麦卡锡等美国科学家提出，“让机器达到这样的行为，即与人类做同样的行为”，正式揭开人工智能发展的序幕<sup>[2]</sup>。人工智能(Artificial Intelligence, AI)作为一门前沿交叉学科，受认知维度的不同，仍没有一个统一的定义。大英百科全书指出，“人工智能是指数字



计算机或计算机控制的机器人执行与智能生物有关的的任务的能力”。百度百科定义人工智能是“研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学”。人工智能涵盖了大量的具体技术领域，如语音识别、图像识别、自然语言处理、机器学习、机器翻译、检索分析、规划决策等，是一组技术的统称，如果一个系统拥有其中一项或多项能力，就可以认为拥有人工智能特征。根据人工智能与人类推理、思考能力的比拟，可以将人工智能分为弱人工智能和强人工智能。弱人工智能是指不能真正实现推理和解决问题、不具有自主意识的智能系统；

强人工智能是指具备处理多种类型任务和突发事件的能力、具有真正思维的智能系统。受技术发展水平限制，到目前为止，几乎所有的应用都是面向特定需求的弱人工智能系统。

人工智能的发展以算法和基础设施的发展为前提，在过去的60多年里，人工智能经历了三个重要发展阶段<sup>[3]</sup>。20世纪五六十年代，人工智能处于萌芽阶段，电子计算机刚刚问世，随着人工智能概念的提出，大量科学家被吸引到相关研究领域，机器翻译、图像识别、自然语言处理、规划决策等技术领域得到初步发展。20世纪90年代开始，人工智能进入应用突破阶段，计算机运算速度和

存储能力显著增加，支持向量机算法广泛地应用于统计分类以及回归分析，推动人工智能技术在工业环境得到实际应用，机器翻译、语音交互、规划决策等技术呈现出旺盛的生命力，开始有稳定的人工智能产品进入消费领域。进入21世纪以来，人工智能逐步进入产业化阶段，基于图形处理器（GPU）和高性能芯片的并行计算得到飞速发展，深度神经网络算法与强化学习算法相结合，助力AlphaGo一举战胜围棋世界冠军李世石。至此，人工智能技术已经产生了巨大的社会及经济价值。

## 人工智能应用现状

人工智能已经在计算机视觉/语音识别、机器学习、自然语言处理等技术领域得到了快速发展，群体智能、大数据智能、人机混合智能等新的技术领域正在成为学术界和工业界的研究热点。人工智能已经渗透到了医疗、安防、汽车、机器人等各个领域，开始发挥部分取代人类的作用。

在产品研发方面，美国博戈海斯（BergHealth）生物医药公司通过人工智能平台和大数据分析细胞防御和发病机理，显著缩短了新药研发周期。阿尔通怀兹（Altomwise）公司仅用一天时间就完成了埃博拉病毒防控药物的辅助筛选。谷歌和百度公司综合利用图像识别、语音识别、深度学习等技术研发的自动驾驶系统达到了高度自动化（L4）等级。空客公司为A350XWB搭建了多学科优化设计和全生命周期管理虚拟环境，并通过逼真人机工程分析（RHEA）工具与A350XWB全尺寸3D模型进行交互。

在产品制造方面，更多的应用场景集中在智能机器人、状态感知和制造数据分析挖掘，帮助企业提升整体生产效益。富士康公司柔性装配智能工厂入选制造业灯塔工厂，人力节省88%，效益提升2.5倍。波音公司基于美国陆军未来战斗系统的理念，正在实施网络化制造和操作（NEMO）创新计划，该计划将“态势感知”技术引入到飞机装配生产线中，采用数字电子测量和检验系统监测装配过程各个方面的在线信息。罗罗公司成立数据实验室，加强与微软、塔塔咨询服务公司等企业的横向合作，不仅收集发动机和零部件的制造数据，还收集飞行模式、天气、航线等使用数据，利用先进的数据分析、人工智能技术，对发动机进行整体性能优化和预防性维护和修理，提升综合运行效率。

在服务方面，GE公司在辛辛那提、上海等地建立了4个航空客户支援中心，通过对商用航空发动机飞行数据的采集、挖掘和分析，建立了基于大数据的预测式服务保障及智能决策模式，实现了服务模式的快速转型。美国卫星数据分析公司Orbital Insight将机器学习技术用于分析卫星提供的低分辨率卫星图像，能够更精确、更快速地识别图像中的物体，从而提供数据增值服务。IBM公司Watson系统采用机器学习、自动语言处理、自动推理等技术，提供多种癌症的辅助诊疗服务，通过了美国职业医师资格考试<sup>[4]</sup>。

人工智能在生活消费、投资理财、气候分析、政务管理等领域也得到了广泛应用，人工智能不再是空中楼阁，已经融入了社会生活的方方面面，它能与人类智能互补，

辅助人类从事更有创造性的工作。

## 航空发动机产业升级发展需求

以GE、罗罗公司为代表的先进航空发动机制造企业在新一代信息技术支撑下，正在逐步形成联合设计、智能化生产、预测式服务等协同创新模式。与国外同行相比，国内航空发动机产业正处于关键技术攻关、数字化深化应用、网络化和智能化起步等三期叠加突破的时期。为满足未来先进航空发动机研发迭代、快速试制、全产业链协同、主动式服务的发展需要，航空发动机产业必须更加积极地利用人工智能、大数据等新一代信息技术，提升数据驱动的产品自主创新能力和智能生产能力和综合运营保障能力，加快业务模式的同步转变。

一是技术研究模式从封闭式研究转变为开放型技术创新：实现内外部企业的联合研究和能力互补，形成良性的产、学、研、用技术发展模式。

二是产品研发模式从试错式和串行研制转变为流程和数据驱动的并行研制：将分散的经验知识和产品研制数据汇聚到行业共性平台，为流程驱动的协同研发提供智能化的数据增值服务。

三是生产制造模式从传统制造方式转变为智能制造模式：通过数字线索贯穿从设计到制造现场的各个业务环节，打通数字化应用“最后一公里”，提高生产可预测性、可靠性和灵活性，降低制造成本和管理决策成本。

四是服务保障模式从事后处理的传统服务转变为快速响应服务：

提供航空发动机产品全天候、全方位的状态监控与快速、精确的综合服务保障。

五是供应商管理模式从经验式管理转变为平台式服务：形成基于产品系列的供应链智能监控、预警能力、实时通信能力和配套资源供给能力，实现航空发动机制造产业链整体集成和高效协同。

## 人工智能在航空发动机中的典型应用

制造业数字化、网络化、智能化转型升级给人工智能发展带来巨大的历史机遇，航空发动机产品研制全生命周期的各个环节为人工智能提供了广阔的应用舞台<sup>[5-6]</sup>。

在技术研究环节，面向网络化用户的人工智能平台能够支持跨区域、跨组织、跨专业的研究人员开展技术探索，尤其是为高校、企业联合研究项目提供具有互补性的知识资源。既能够保持开放性，汇聚智力资源，不断从外界获取新的数据信息，继而聚合形成有价值的知识经验，又能保证信息安全，将信息的应用范围控制在不同的群体。

在产品的设计环节，人工智能有助于实现设计过程的智能化，建立知识驱动的集成研发环境和流程驱动的协同设计环境。历史存在的产品数据和经验知识数据能够有效收集、归类、分析，打通不同信息化系统的数据孤岛，形成连接上下游和多专业领域的知识中心。在航空发动机集成设计过程中，能够实现必须遵循的标准、规范以及历史经验数据、方法的自动推送，提高设计效率和设计规范化。基于知识的专业工具软件能够将多学科知

识经验和流程方法固化到应用程序（App）当中，提供航空发动机设计的辅助分析决策手段，实现设计方案的优化迭代。

在生产制造环节，人工智能技术应用的重点是智能机器人和人机交互，降低人在复杂、苛刻环境下的参与程度，提高制造执行过程的准确性。航空发动机零件结构复杂、精度要求高，工人的技术水平在很大程度上决定了产品的合格率。机器人的广泛应用，将会进一步解放人力资源，大幅提高产品的一致性和加工效率。利用人工智能技术，能够对生产现场的状态进行实时监控和数据采集，并基于大数据分析技术进行故障诊断和预测分析，减少设备停机率。在产品装配过程中，能够通过图像识别技术对装配的质量问题进行快速分析检测，通过虚拟现实（VR）、增强现实（AR）技术对装配操作过程进行在线指导，降低装配差错。

在试验验证环节，通过人工智能和大数据分析技术，对试验数据进行分类、回归、关联和特征提取，建立数据分析平台和机器学习平台，有利于建立有价值的试验分析模型，逐步用试验仿真替代物理试验，大幅缩短产品研制周期。

在服务保障环节，通过对产品使用状态的实时感知，能够智能化地快速形成维护、修理方案，建立备件预测与优化配置模型，实现航空发动机的预测性维护、修理和备件准备，提升服务保障能力。航空发动机现场维修过程中，AR等可视化工具有利于保障的规范化，降低人为差错，提高人员工作效率和工作质量，缩短维护、修理时间。

## 结束语

本轮人工智能的发展基础是海量的数据、先进的算法和强大的算力，目前各行业领域的应用仍然以弱人工智能为主，未来人工智能会从专业性较强的领域逐步向外扩展<sup>[7]</sup>。航空发动机作为传统制造业，必须转变思维方式，正视新技术带来的新的发展机遇，积极推动人工智能在各个环节的应用探索，相信人工智能，拥抱人工智能。航空发动机各业务环节对人工智能应用具有迫切的需求，但需要以建立基础网络、数据采集、信息安全、智能机器人等软硬件条件为前提，提升人工智能和大数据技术的综合应用能力。

**航空动力**

（崔一辉，中国航发，高级工程师，主要从事数字化技术和先进制造技术研究）

## 参考文献

- [1] 克劳斯·施瓦布，尼古拉斯·戴维斯. 第四次工业革命 行动路线图：打造创新型社会[M]. 北京：中信出版社，2018.
- [2] 王万森. 人工智能[M]. 北京：人民邮电出版社，2011.
- [3] 腾讯研究院，中国信通院互联网法律研究中心，等. 人工智能：国家人工智能战略行动抓手[M]. 北京：中国人民大学出版社，2017.
- [4] 周娜，李爱芹，刘广伟，等. 沃森肿瘤人工智能系统在临床中的应用[J]. 中国数字医学，2018，13（10）：23-25.
- [5] 陈明，梁乃明. 智能制造之路：数字化工厂[M]. 北京：机械工业出版社，2017.
- [6] 李伯虎，张霖，王时龙，等. 云制造：面向服务的网络化制造新模式[J]. 计算机集成制造系统，2010，16（1）：1-7.
- [7] 李广宇. 人工智能的未来之路[M]. 上海：上海交通大学出版社，2017.