

# 人工智能在波音 787 上的应用与思考

张新苗,余自武,杨雨绮

(中国商用飞机有限责任公司,上海 200126)

**摘要:** 将人工智能技术应用于未来民机,是全面提升我国民用飞机国际竞争力的重要手段。研究智能装配技术、智能驾驶舱技术、智能飞控系统、智能维护技术、智能材料和标签等在波音 787 上的成功应用,是识别和借鉴新型民机智能技术的有效途径。新形势下,我国民机主制造商应积极把握人工智能发展动向,从产品设计创新、生产制造优化、管理效率提升、个性服务定制和飞机健康管理等方面进行智能技术的变革,不断研究和储备新型智能技术,从容应对技术变革的挑战。

**关键词:** 人工智能;民用飞机;技术变革

**中图分类号:** F270

**文献标识码:** A

## Application and Consideration to Boeing 787 Influenced by Artificial Intelligence

ZHANG Xin-miao, YU Zi-wu, YANG Yu-qi

(Commercial Aircraft Corporation of China Ltd, Shanghai 200126, China)

**Abstract:** Applying artificial intelligence technology to the future aircraft is an important way to enhance the international competitiveness of civil aircraft of our country. It is a good method to identify and refer advanced aircraft intelligent technology from learning the successful applications on Boeing 787, such as intelligent assembly technology, intelligent cockpit technology, intelligent flight control system, intelligent maintenance technology, intelligent materials and tags. Under the new situation, the main manufacturer of civil aircraft in China should grasp advanced development trend of artificial intelligence, and reform intelligent technology from the aspects of product design innovation, manufacturing optimization, management efficiency improvement, personalized service customization and aircraft health management. Researches and reservation of new intelligent technology should be conducted constantly to face the challenges of technological changes calmly.

**Key words:** AI; civil aircraft; technological changes

## 1 引言

从人工智能(Artificial Intelligence, AI)的首次提出到现在,历经了六十多年的长足发展。Google、Facebook、亚马逊、百度等科技行业均将人工智能

作为公司未来的核心业务。近年来,美国、欧盟和日本都大力投入资金,并在政策层面强调和推动人工智能的发展,我国人工智能在 2017 年 7 月国务院颁布《新一代人工智能发展规划》后正式上升为国家战略。《新一代人工智能发展规划》从构建开放协同的

收稿日期:2017-04-20; 修回日期:2017-06-20

作者简介:张新苗(1972-),江苏靖江人,高级工程师,主要研究方向为民用航空产业、园区经济、产业发展与企业战略等。

E-mail: zhangxinmiao@comac.cc。

余自武(联系人),副教授, E-mail: shceo@126.com。

人工智能科技创新体系,把握技术属性和社会属性高度融合,强化科技发展、经济发展、社会发展和国家安全的总体布局入手,指出到 2030 年,人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平,成为世界主要人工智能创新中心。智能飞机将是服务于 2030 年未来客户和市场需求的主要产品,引领着新一代民机技术升级换代。将人工智能技术应用于民用飞机,发展前景十分广阔<sup>[1]</sup>。

## 2 AI 的内涵及应用

自 1956 年达特茅斯会议提出人工智能以来,

学界对人工智能的定义还没有统一的表述。究其本质,人工智能(Artificial Intelligence, AI)是研究如何构造类似于人脑的智能机器或智能系统,应用计算机的软硬件技术来模拟、延伸、扩展人的智能的理论、方法和技术以及应用系统。其研究的范畴远超出计算机科学,还涉及到心理学、语言学和思维学等学科。AI 还将思维学理论付诸于实践,处于思维科学的技术应用层面。人工智能框架如图 1 所示。

AI 的目标是代替人类完成一些智力劳动,帮助人们进行判断和决策。其核心能力体现在计算智

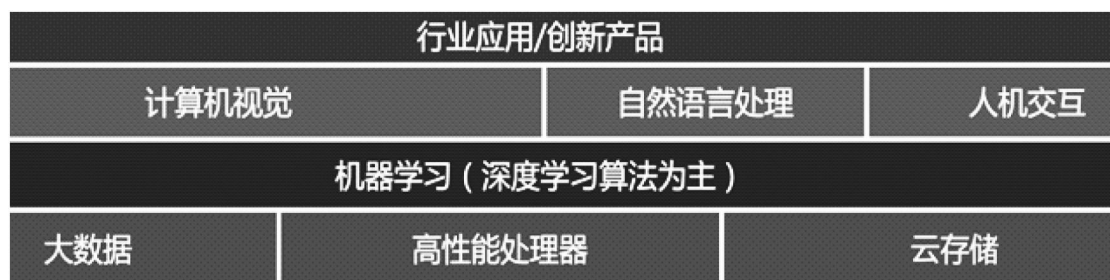


图 1 人工智能框架

能、感知智能和认知智能三个层面。计算智能指机器可以从海量数据中进行学习、积累与归纳。感知智能指机器具备视觉、听觉、触觉等感知能力。认知智能是指机器能像人类一样并主动行动和思考,实现以多种方式推理和预测结果<sup>[2]</sup>。从发展层次划分, AI 可分为专用人工智能、通用人工智能和超级人工智能。现阶段专用人工智能的应用以一个或多个专门的领域和功能为主<sup>[3]</sup>。

AI 概念的兴起至今已有 60 年,从 AI 技术及产业发展的趋势可以划分为三个阶段。20 世纪 50 年代中至 80 年代初,这 30 年的基础理论和技术发展是 AI 产业化的基石。20 世纪 80 年代初至 21 世纪初,“专家系统”广泛普及,理论研究在实践中形成应用, AI 步入产业化,但跨越式发展规划以失败告终。21 世纪初至今,互联网的迅速发展,海量数据、算法模型和运算能力的突破使 AI 迎来了爆发式的发展,基于深度学习的语音识别、计算机视觉等技术快速产业化。AI 深入到各个领域,逐渐改变人类的生产生活方式<sup>[4]</sup>。

当前, AI 已经逐步渗透各个行业和领域中。以科技行业为首, Google、Facebook、IBM、百度均将 AI 作为公司未来的核心业务。谷歌以深度学习为技术依托,涉足众多 AI 核心技术应用领域, Google 的 AlphaGo 利用深度学习技术,借助价值网络与策

略网络这两种深度神经网络, 完胜世界围棋冠军。Facebook 的智能社交图谱已经取得了一定的成绩, 其将对 AI 系统进行开源来进一步提升技术水平。IBM 在认知计算平台 Waston 项目上持续推动其商业化, 目前 Waston 海量内容的分析能力已在医疗领域率先使用。百度是国内 AI 的先行者, 希望依托 AI 技术进行全面转型, 建立完整的人工智能生态体系, 自动驾驶汽车是百度的重点发展方向, 其计划联合江淮汽车于 2019 年量产无人驾驶汽车。百度以外, 阿里巴巴、腾讯、滴滴出行、科大讯飞等也都积极推动 AI 产业化。

在众多科技公司的布局下, 金融、医疗、安防、家居等领域也与 AI 结合, 推动行业发展。金融领域中, 智能投顾、征信、风控和银行业务中已融入 AI 技术, 例如中信银行引入 Face++ 人脸识别技术帮助客户在办理银行业务中进行远程在线身份核查。医疗领域中, 医疗机器人、手术机器人、医疗影像和远程问诊的运用丰富了医疗资源, 将 AI 赋能于医疗, 是一种降本增效的工具。安防领域中, AI 监控系统使城市安防、金融安防、物业安防更高效、更精准、覆盖面更广。家居领域中, 物联网技术利用深度学习, 通过收集、分析用户行为数据为用户打造个性化服务, 使家居生活更舒适、便捷<sup>[5]</sup>。

### 3 波音 787 上的智能应用

近年来, AI 产业形成跨越式发展。随着新型技术在航空领域的广泛应用, 民用飞机的综合化、系统化、信息化程度越来越高, 一些 AI 技术也扩展到民用飞机领域。到 2030 年, 智能飞机将是服务于未来客户和市场需求的主要产品, 将引领未来新一代民机技术升级换代, 世界主要民用飞机制造商都在为这一目标进行技术研究和储备。世界主要大型民用飞机制造商产品发展脉络图如图 2 所示。波音 787 (B787) 梦幻客机是集成当代航空智能技术应用的典型代表, 电子飞行包 (EFB)、电子记录本 (ELB)、飞机状态监控系统 (AHM) 等智能信息管理系统都已在 B787 上获得成功运用。AI 的相关应用将为航空技术的发展翻开新的篇章。

#### 3.1 智能装配技术

早在 2001 年的巴黎航展上就曾揭示了世界航

空发展的几大趋势, 其中之一就是工业机器人的应用。2002 年, 波音率先在 F/A-18E/F“超级大黄蜂”的机翼后缘襟翼装配中使用机器人进行制孔和测量紧固件。2014 年开始, 波音将先进工业机器人应用于钻柳、密封、表面材料涂覆, 以及材料处理、碳纤维铺放和机加操作等任务。B787 的移动后缘装配中采用了机器人集成装配技术, 集成了钻孔、检测、紧固的功能, 这种新型机器人系统可以在一个月内生产 14 组、每组多达 2 万个紧固件的移动后缘, 完成了 28 万个紧固件的钻孔和定位, 大幅度提升了飞机智能装配水平。2016 年, 波音获得了一项“拼装式飞机机身自动化”的可移动智能的概念: 6 个装配单元将基于生产速度和订单分派任务, 通过运送物料的自动导引车控制工作流程和时间节点, 一旦各就各位, 可移动机器人将从等候区域进入装配单元开始工作。如果这一概念得到实现和运用, 将为民机智能生产体系带来革命性的突破。

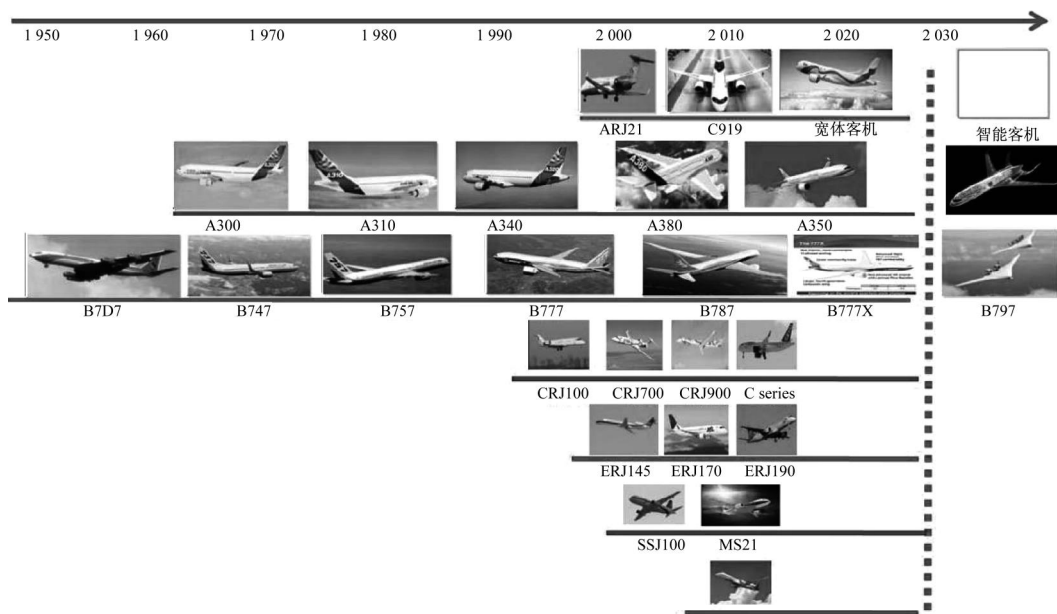


图 2 世界主要大型民用飞机制造商产品发展脉络图

#### 3.2 智能驾驶舱技术

目前民用驾驶舱技术已经综合了多项新型信息化技术, 打造智能驾驶舱的目标是进一步改善飞行员的工作环境, 降低飞行员的工作负担, 提高飞行的安全性。利用 AI 原理设计智能驾驶舱, 需要结合驾驶舱布局和人因工程的原理, 进一步结合物理功能仿真, 实现切合实际的智能驾驶舱设计。B787 驾驶舱既采用了新技术, 又保留了其它波音机型的操作相似性。智能驾驶舱根据环境自动调节增湿, 改

善了飞行员的呼吸道舒适度。驾驶舱的五个显示屏总面积为 546 平方英寸, 是 B777 屏幕面积的两倍, 实现了许多标准功能, 如更安全地进行地面滑行的高清晰度的机场滑行道地图, 增强型垂直状况显示, 提供近区地形剖面图。B787 驾驶舱还包括双平视显示及双电子飞行包, 平视显示使飞行员在观察窗外的情况时可同时看到飞行数据, 双电子飞行包是可通过触摸屏操作的第三类智能信息系统, 可以提供实时数据, 便于更精密、准确地管理飞机性能。

### 3.3 智能飞控系统

飞机的自主飞行任务包括了动态规划任务和飞行剖面任务。动态飞行任务包括 4D 飞行管理、动态计划管理、授权管理等,飞行剖面任务包括智能滑行、智能滑跑、智能爬升、智能巡航、智能进近等。为实现自主飞行,飞机采用包括物理和软件的全集成开放式系统智能架构,该架构满足了综合信息处理和计算的需求,保证了智能飞机的升级迭代和自主学习能力的实现。随着波音公司计划未来两年在一架 B787 飞机上进行民用飞机的自主飞行研究计划,该研究的目的是确定在采用一名飞行员甚至无人驾驶的自主系统操控下,保证飞行的安全性和完整性。随着地面车辆自动驾驶技术的演进,波音也通过公司研发机构鬼怪工厂发展了一系列水下潜艇自主性技术,如无人水下航行器“回声航行者”。波音的空中自主技术是由与英国因斯特公司联合研制的“扫描鹰”无人机发展而来。目前,该自主飞行研究计划需要应对的技术挑战是地面自主运行,包括推出、发动机启动、滑行和飞行。飞机运行时的挑战主要包括自主传感与规避、飞行路径优化和紧急情况规划<sup>[6]</sup>。

### 3.4 智能维护技术

智能维护是一种新型维护理念,由传统的被动维护模式转变成主动维护模式,在数字化信息收集、分析以及处理的基础上对机载设备进行性能和故障预测,达到自我维护状态。智能飞机状态监控系统、智能维护系统是飞机智能维护的两个系统。智能化飞机状态监控通过部署传感器对飞机运行状态、飞机结构腐蚀状态进行检测,同时不间断地通过卫星、数据链和无线网络等通信技术将信息源数据传送给地面维护系统。智能维护系统通过接收智能飞机状态监控系统的源数据,并对源数据信息进行数字化分析、处理,从而给飞机提供快速、精准的维护方案,提高维护效率,减少维护人员的工作负担。国际先进的飞机制造商已经建立起了基于空地双向数据通信系统的健康管理系统。B787 飞机沿用了 B777 的第四代飞机健康管理系統,该系统能远距离连接地面系统,在飞机的全寿命周期内进行健康管理,通过实时收集飞机状态信息,及时获取飞机健康状态,使维修人员在飞机落地前做好检修准备工作。B787 所使用的通用公司新一代 GENx 发动机,拥有 26 个传感器,监控 300 个参数,传输信息量达 15 亿组数据,从而有效地预告发动机健康状况。这一发动机

技术将传感器、软件和大数据相结合,形成智能健康管理机制。

### 3.5 智能材料及标签

材料的智能性体现在其感知、响应、记忆等基本特性基础上的自适应能力上。智能材料是通过内嵌实现结构的智能化设计,能够针对外界的环境变化自主改变本身的特性,使结构具有自我判断、自我修复,以及自适应响应功能。液晶材料是一种可以随电压、温度、光照改变颜色的智能材料<sup>[7]</sup>。B787 班机窗口使用“电致变色玻璃”代替了传统的遮光板,这种变色玻璃由对电磁场敏感的液晶材料制作而成,可以根据光线需要调节亮度。通过控制材料两端的电极改变电压,就能调节玻璃的透明度,选择性地吸收飞机内外部的热能,大幅度减少维持舒适温度的能源损耗。无线射频识别(RFID)技术是一种通过无线电信号识别特定目标,读写数据的通信技术。B787 使用硅片制作 RFID 智能标签,将相关设计资料封装入智能标签,以满足飞机零件对各种尺寸、形状和安装环境的要求,同时提高了数据储存和收集能力,并自动将维修记录与存储零件信息的主数据库同步。每个零件上的 RFID 标签中都存储着零件识别号、历史资料和维修数据,通过一块小芯片提供详细的电子零件跟踪资料,降低了维修和库存成本<sup>[8]</sup>。

## 4 启示与思考

民机智能制造的特征是“动态感知、实时分析、自主决策、精准执行”。智能飞机通过感知飞机内外部的信息,进行信息处理、综合、分析、判断和推理,实现飞机智能体与乘客的友好交互。智能飞机包含的智能功能如图 3 所示。我国民用飞机可以借鉴在 B787 上成功应用的智能技术,从设计、制造、管理、服务和维护等方面进行智能技术的变革,全面提升民机主制造商的市场竞争力。AI 作为智能技术的重要分支,在技术的驱动下正高速发展,将为民机制造的智能技术变革添砖加瓦。

### 4.1 产品技术创新

产品设计和系统集成是大型民机研制的最核心能力之一,有效实现机载系统的智能耦合,将体现主制造商的技术水平和行业地位。多电飞机(MEA)技术的核心是“飞机系统化的研究理念和集成化的技术思想”。MEA 技术以电能取代传统的引气、液压、机械作为飞机的二次能源,是实现飞机更高安全

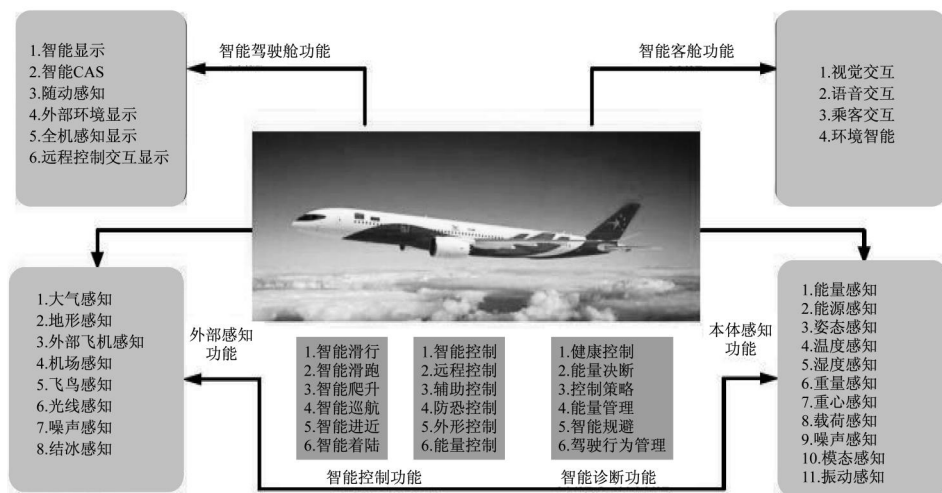


图3 智能飞机功能定义

性、经济性、环保性的重要手段。中国商飞北研中心作为前沿性技术研究单位,建立多电航电综合实验室,将为民机电气系统、机电系统、飞控系统和航电系统等研究方向提供能力平台。多电实验室将围绕智能配电技术等关键性、前瞻性和瓶颈性的问题展开技术攻关,致力于在未来 C919 大型客机和 CRJ929 宽体飞机上实现应用。北研中心还携大型民机“未来智能驾驶舱”的深入探索成果参加了“十二五”科技成果展。“简洁、智能、互联与安全”是未来驾驶舱的三大设计理念。研究采用触摸和语音控制集成增强型态势感知技术,作为驾驶舱的主要智能控制方案。采用集成地空移动宽带通信等技术手段,实现驾驶舱的空地、空空信息互联。中国商飞在多年的预研制过程中,着眼未来航空技术发展趋势,还开展了复合材料、飞发集成与一体化等技术研究,计划运用于未来国产民机。AI 技术的快速发展和进步将为这些前瞻性技术研究的实现奠定基础。

## 4.2 生产制造优化

网络化、数字化和智能化是民机智能制造三个核心要素,其中网络化是基础,数字化是手段,智能化是方向。基于模型定义(MBD)是实现智能制造的关键技术,在飞机制造过程中采用 MBP 技术,使飞机三维数字化产品定义、数字化设计与预装配、三维工艺设计可视化成为现实,实现对飞机的全生命周期管理。我国 C919 大型客机的有关设计、制造、检验等信息都在 MBP 模型中表达,并将其作为制造的唯一依据,带来了飞机研制方法和模式的变革。融合网络化、数字化制造技术,物联网、虚拟现实等 AI 应用,将生产设施互联为一个综合计算、网络 and 物理环境的多维智能物理信息系统(CPS)。在生成

运行管理的数字虚拟空间进行生产任务编辑,并通过数字空间向物理空间智能映射,实现面向多样化的生产制造环节,实现业务和生产的数字联通。基于并行工程的概念,将生产工艺和产品本身的研制过程并行协同,缩短产品研制周期,降低总成本。通过智能完备的 CPS,使其识别并承接研制环节的 MBP 数据,并翻译成生产执行控制代码,实现产品研发和生产制造的智能集成。目前国内飞机装配技术基本处于手工装配水平,与国外的飞机装配数字化、自动化、智能化和精益制造工程应用水平还存在差距。通过对相关 AI 应用的挖掘,使生产制造过程高度有序、紧密衔接,提升民机自动化装配生产线,助力实现民机批量生产。

## 4.3 管理效率提升

管理系统的智能化水平很大程度影响了管理的效率。经过十二五建设,我国民机主制造商的内部管理信息化逐步完善,基本实现了各办公系统、生产现场的无纸化,覆盖了公司主要业务,但尚未建成统一的工程研发框架,信息化水平无法满足公司整体能力提升的需求。新形式下的公司内部管理,要基于企业架构的方法,完善企业架构的业务、产品和生产三个领域,构建中国商飞智能制造体系框架。首先,要注意梳理过程管理和结果管理的关系。要使结果管理有实际意义,必须将结果管理科学转化为过程管理。其次,为适应瞬息万变的市场,新型管理框架下要求企业变革管理结构。向扁平化组织结构靠拢,缩短管理链条长度,加速信息的传递,在优化管理效率的同时兼顾公平。中国商飞结合大型民机产品系统的特点,同时考虑到型号研制的实际情况,定义了一套系统工程方法,这是一种以客户需求为

目的,围绕产品全生命周期,通过产品集成与过程集成,实现全局最优的跨专业、跨部门、跨企业的技术和管理方法。我国民机产业发展尚处于创业期,主制造商与机体供应商、系统供应商及参研参试单位之间还存在信息壁垒。模式识别,数据挖掘等 AI 应用为公司跨界管理提供了先进工具,通过“互联网+AI”融合系统工程管理要素,打通信息传递的通道,全面优化管理业务流程。

#### 4.4 个性服务定制

客舱环境是决定乘客飞行舒适性的重要标准,在满足适航要求、兼顾经济性的条件下,不断提高客舱的舒适性和个性化水平是新一代客机客舱设计的发展趋势。其主要特点包括客舱压力、空气湿度、噪声水平等物理特性的改变和飞行体验的改善。利用 AI 技术打造智能客舱,给乘客提供更舒适的环境和更新颖的飞行体验。自动识别技术可以检测乘客在不同飞行阶段的状态,并自动调节环境条件,如计算机视觉技术能够自动识别并调节客舱的光线强度,温度传感器可以自动识别并调节环境温度。虚拟现实(VR)技术也可以给乘客带来新鲜的飞行体验,如当飞机经过城市、雨林、草原、沙漠、景区等不同区域时,可以将特定区域的画面利用 VR 技术展现在乘客面前,使乘客身临其间。还可以利用数据挖掘预测乘客偏好,打造“个人乘机助理”,提供个性化服务。将乘客的偏好及航班信息都记录在数据库中,基于不同场景进行数据分析,对乘客的需求做出合理预测,并付诸于定制化服务中,提升客机服务质量。

#### 4.5 飞机健康管理

飞机健康管理(AHM)是一种数字化运营支持技术和增值服务,是提升航空运输安全性与经济性的的重要手段。目前,波音、空客、巴航工业等国际制造商都建立起自己的健康管理系统,实时收集飞机的状态信息,获取飞机的健康状态,并对飞机全寿命周期内的健康状态进行管理,其中典型代表是波音的飞机健康管理(AHM)系统。故障预测与健康管理的 PHM 技术是 AHM 系统的核心技术。PHM 以无线网络为数据传输手段,整合机上和地面资源,实现民机实时监控、故障诊断、健康预测和健康管理等功能。PHM 技术有助于实现从计划性的事后维

修到基于状态的维修,降低维修成本的同时,减少飞机停机时间,提高航班运行效率。目前,我国研究人员提出了一种基于云计算的远程故障诊断方法<sup>[9]</sup>。相较于传统的远程诊断方法,基于云计算的远程故障诊断将现有的诊断技术和诊断数据资源分布在一个计算机网络上,通过网络实时提供给用户,从而最大限度利用飞行数据的情况下提高故障诊断能力。未来,基于大量状态数据的故障诊断、剩余寿命预测、基于模型的维修决策将成为 AI 的典型应用场景。飞机维修行业日渐开放,我国民机主制造商应汲取 PHM 技术精髓,结合我国民用飞机维修现状,实现民机维修智能化,提高维修数据处理能力。

AI 已然是互联网发展到高级阶段的产物。我国 AI 起步较晚,随着深度学习算法理论的成熟,数据的积累和通用运算能力的增强,AI 的基础研究将越来越多地应用于现实场景中。民用航空产业是典型的高技术战略性新兴产业。新形势下,AI 技术已上升到国家战略,我国民机主制造商应积极把握 AI 先进技术发展动向,从容应对技术变革的挑战,提高国际竞争力。

#### 参考文献:

- [1] 籍成章. 计算机人工智能技术研究进展和应用分析[J]. 信息通信, 2017, (05): 80-82.
- [2] IDC 白皮书. 人工智能引领全球数字化转型[R/OL]. 2017-5-6 [2017. 9. 20] <http://www.useit.com.cn/tread-14436-1-1.html>.
- [3] 艾媒咨询. 2017 年中国人工智能产业专题研究报告[R/OL]. 2017-5-7 [2017. 9. 20]. [https://baijia.baidu.com/sold\\_id=816979](https://baijia.baidu.com/sold_id=816979).
- [4] 新智元. 2016 中国人工智能产业发展报告[R/OL] 2016-11 [2017. 9. 20]. <http://sike.news.cn/statics/sike/posts/2016/10/219508490.html>.
- [5] 杨焱. 人工智能技术的发展趋势研究[J]. 信息与电脑(理论版), 2012, (08): 151-152.
- [6] 王伟钢, 丁团结, 楚晓东. 智能化航空飞行控制技术的发展[J]. 飞行力学, 2017, 35(03): 1-5.
- [7] 宋文滨. 未来飞机的智能化技术综述与发展展望[J]. 民用飞机设计与研究, 2017, (03): 122-129.
- [8] 董全超. 波音将在 787 客机零件安装智能电子标签[J]. 中国防伪报道, 2006, (12): 50-52.
- [9] 周德新, 赵敏婕. 波音 787 飞机基于云计算的远程故障诊断方法研究[J]. 科学技术工程, 2016, 16(02): 198-202.