

飞机智能装配技术

Intelligent Assembly Technology of Aircraft

中航工业北京航空制造工程研究所 姚艳彬 邹方 刘华东



姚艳彬

博士, 工程师, 任职于北京航空制造工程研究所数字化制造与柔性装配技术研究室。研究方向为飞机先进装配技术, 机器人技术。发表论文 10 余篇, 并获得多项专利。

随着经济与技术的变革, 全球正朝着以智能装备及信息通信为代表新一轮工业革命发展。当前, 以德国和美国为代表的工业发达国家都十分重视智能制造技术的研究和智能制造系统的研发。智能制造 (Intelligent Manufacturing, IM) 的概念提出于 20 世纪 90 年代。近年来, 随着数字化、自动化、信息化、网络化和智能技术的发展, 特别是 2013 年德国工业 4.0 概念的正式推出, 智能制造已成为现在制造业新的发展方向, 其概念和内涵也在不断发展

由于飞机装配工作的高复杂性和高精度, 飞机智能装配技术已经成为飞机装配技术发展的新方向, 对飞机智能装配技术的研究将对我国飞机装配水平及航空企业智能制造水平的全面提升起到重要的推动作用。

和丰富。“工业 4.0” 战略的核心就是通过物理—信息融合系统 (Cyber Physical Systems, CPS) 实现人、设备与产品的实时连通、相互识别和有效交流, 从而构建高度灵活的个性化和数字化的智能制造模式。

智能制造是一种高度网络连接、知识驱动的制造模式, 它优化了企业全部业务和作业流程, 实现生产力可持续增长、能源可持续利用、高经济效益目标。智能制造结合信息技术、工程技术和人类智慧, 从根本上改变产品研发、制造、运输和销售过程, 通过零排放、零事故制造提高人身安全、保护环境^[1]。

智能制造已成为飞机制造业的发展方向。同工业革命的发展规律一致, 飞机装配技术经历了从手工装配、半机械/半自动化装配、机械/自动化装配到柔性化装配的发展历程, 目前, 正向着智能装配方向迈进。2006 年, 美国国家标准和技术研究院 (NIST) 主办的装配技术研讨会第一次提出了智能装配 (Smart

Assembly) 的概念。由于飞机装配工作的高复杂性和高精度, 飞机智能装配技术已经成为飞机装配技术发展的新方向, 对飞机智能装配技术的研究将对我国飞机装配水平及航空企业智能制造水平的全面提升起到重要的推动作用。

飞机智能装配的内涵

NIST 提出, 智能装配侧重于智能工具的开发和集成, 如传感器、无线网络、机器人、智能控制等, 以便解决今天产品种类变化的强烈需求和后续生产制造的复杂性。智能装配就是利用虚拟和现实的方法将生产工艺、人、设备和信息进行集成, 实现生产效率、交货时间和制造敏捷性的显著改善。

飞机智能装配就是将飞机装配过程中的零部件、工装夹具、机器设备、物流、人、系统等深度融合, 借鉴高度智能化的人体神经系统原理, 将智能化装配系统模型构建为与之相对应的物理—信息融合系统, 逐次建

立自动化装配单元、装配生产线/车间、智能检测与监控系统、信息获取与集成、信息处理与决策、知识积累与自适应控制等技术,形成飞机智能化装配系统,其特点主要体现在:装配单元自动化、装配过程数字化、信息传递网络化、过程控制智能化、质量监控精确化,达到飞机装配质量的高可靠性和全生命周期可追溯性^[2]。

飞机智能装配技术涉及飞机设计、智能装配工艺设计、虚拟装配、智能装配制造执行等众多先进技术,是机械、电子、控制、计算机、人工智能等多学科交叉融合的高新技术。飞机智能化装配技术架构主要包括飞机智能化装配支撑技术、飞机智能化装配关键技术和飞机智能化装配应用系统,其体系架构如图1所示。其中,飞机智能装配支撑技术是指用于智能制造和装配的通用技术,飞机智能装配关键技术是面向飞机智能装配的专用技术。

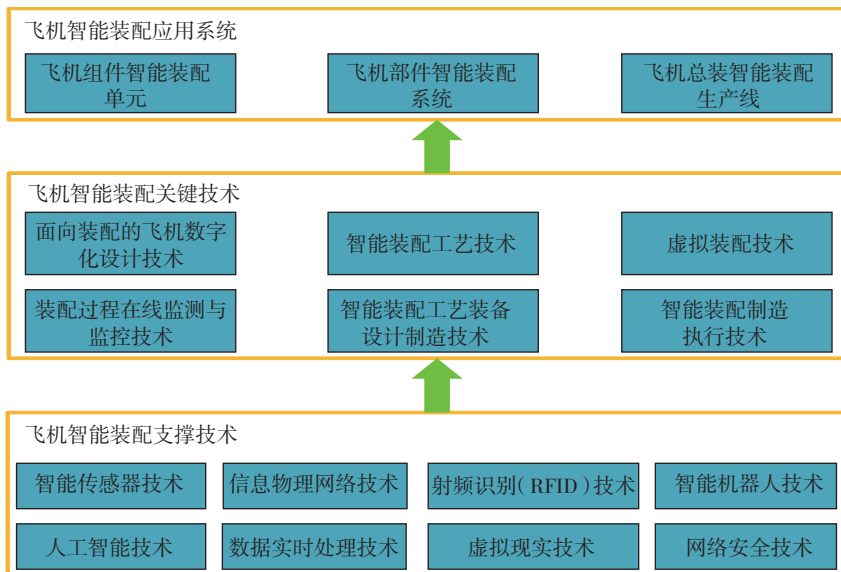


图1 飞机智能装配技术体系

飞机智能装配关键技术

飞机智能装配关键技术是整个飞机智能化装配的基础,它涵盖了飞机装配的设计、工艺、现场、规范等众多环节。

(1) 面向智能装配的飞机数字

化设计技术。

将用户对飞机产品的需求和研发人员对产品的构想建立成虚拟产品模型,并考虑产品装配工艺分离面的划分,对产品进行模块化设计。基于模型和知识开展产品的功能性能仿真分析与迭代优化,保证产品功能性能满足用户要求,使用户可以全过程参与减少技术风险。

(2) 智能装配工艺技术。

把机器学习、人工神经网络、Agent 系统、知识工程等人工智能领域的理论技术应用到飞机装配工艺设计中,建立装配工艺知识库及其相应的索引与推理机制,并且开发具有一定智能的飞机装配工艺设计系统。进而把装配工艺师的经验知识利用起来,以提高对飞机进行装配工艺设计的效率与水平,是缩短新机研制周期、降低研制成本的关键。

(3) 虚拟装配技术。

虚拟装配是一种将 CAD 技术、

生活中的各种过程、物件等,从感官和视觉上使人获得完全如同真实的感受,在人机工效分析的基础上对装配全过程进行优化,保证装配全过程顺利实施。

(4) 装配过程在线监测与监控技术。

建立可覆盖飞机装配全过程的数字化测量与监控网络,通过传感器、RFID、泛在物联工业网络等实时感知、监控、分析装配状态,并利用云计算、大数据等先进技术对收集到的海量数据进行系统分析,做出判断并下达相应指令,实现装配过程的描述、监控、跟踪和反馈。

(5) 专用智能装配工艺装备的设计制造技术。

飞机装配过程的自动化、智能化必须借助专用智能化工艺装备来实现。首先要全面实施装配过程的机械化和自动化,大量采用智能机器人或设备替代人的重复性工作。在此基础上,通过嵌入式系统实现系统与设备、设备与设备、设备与人之间的互联互通,为实现智能化装配奠定基础。

(6) 智能装配制造执行技术。

飞机装配是典型的离散制造过程,为提高其制造效率,需要对工艺、计划、生产、物流、质量等过程进行全面的数字化管控,智能装配制造执行技术(Manufacture Execution System, MES)是实现这一目标的基本手段。需要开展 MES 对装配知识的管理、人工智能算法与 MES 的融合、MES 对生产行为实时化、精细化管理以及生产管控指标体系的实时重构等技术,进而使得智能装配具有对装配环境和装配流程的自适应能力。

飞机智能装配应用系统

飞机智能装配应用系统是是实现飞机智能装配的重要支撑,按照飞机“组件—部件—总装”的装配流程,相关的装配系统可以分为3大类:飞机

组件智能装配单元,飞机部件智能装配系统,飞机总装智能装配生产线。

目前,智能传感器、射频识别技术、智能机器人、信息智能处理等一些装配基本单元和技术已在飞机装配中得到初步应用。然而,完全飞机装配的完全智能化还需要进行更多的系统顶层研究,尤其是对各个层次的飞机智能装配应用系统集成研究。

(1) 飞机组件智能装配单元。

与传统的航空生产车间不同,飞机智能装配单元中大量的智能设备与人组成了一个协同的智能装配环境。图2为波音的飞机组件智能装配单元。传感器安装在网络可用的装配区域,记录关键制造数据;RFID校验工具精度、机械状态以及工人资质等;感知代理能够完成动态、调节性的过程监控,在正确的时间,将正确的信息提供正确的人;激光发射器能够显示工程和缺陷定义,探测物体3D空间的位置;室内GPS能够提供实时的位置数据给智能手持工具以发现缺陷;智能手持工具借助网络获取位置信息和加工需求,在加工过程中,智能手持工具又将实际位置和加工参数传递给网络,系统通过网络校验,确认操作的正确性。

(2) 飞机部件智能装配系统。

将工业机器人和特种机器人(爬行、柔性导轨以及蛇形机器人)应用于飞机装配系统,将使飞机装配具备数字化、自动化、柔性化和智能化的

特点。EI、AIT、宝捷公司均开发了柔性导轨制孔系统,大量应用于波音、空客等飞机的装配作业。图3为波音公司开发的模块化柔性导轨制孔系统,柔性化且满足高质量制孔要求等特点。图4为Fatronik公司研发的一种爬行机器人自动制孔系统,工作时,机器人通过真空吸盘将自身固定在飞机产品上,在视觉系统的帮助下完成位置坐标的自适应调整,在其工作空间内完成制孔作业。

(3) 飞机总装智能装配生产线。

飞机总装智能装配生产线在航空制造领域的应用是飞机数字化柔

性装配技术的一个重要发展趋势。目前,国外已在飞机的总装生产中应用了移动生产线或脉动式生产线,以提高飞机的生产率和质量。

美国F35战斗机建立了完整的数字化智能装配移动生产线,实现了装配过程全自动控制、物流自动精确配送、信息智能处理等,达到了年产300架的能力。波音公司在波音777的飞机总装配中应用了移动装配生产线(如图5),使得生产系统更精益且更有效。在提高生产效率和质量的同时,还能使制造飞机的人员得到更大的保障。

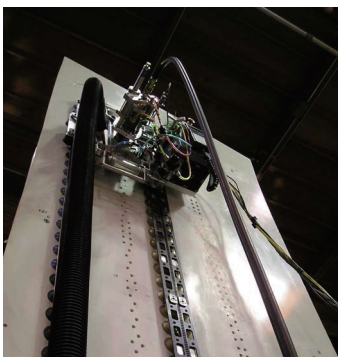


图3 模块化柔性导轨制孔系统



图4 爬行机器人自动制孔系统



图5 波音777总装移动生产线

总结与展望

目前,我国在智能制造和智能装配领域与西方发达国家尚存在一定的差距,我们要以信息化与工业化深度融合为手段,积极开展飞机智能制造和装配相关技术研究,在突破飞机智能制造和装配关键技术的基础上,形成飞机智能装配应用系统,建立飞机智能装配示范项目和工程,尽快提高技术成熟度,进而适应未来飞机产品多品种、变批量、低成本、高质量、快速研制的要求,提升我国航空产品智能化制造的水平,实现航空大国向航空强国的转变。

参考文献

- [1] 邹方. 智能制造中关键技术与实现. 航空制造技术, 2014(14):32-37.
- [2] 郭洪杰,杜宝瑞,赵建国,等. 飞机智能化装配关键技术. 第六届数字化柔性装配技术论坛, 2014: 289-293.

(责编 亿霖)



图2 波音的飞机组件智能装配车间