智能制造技术与应用

■ 中航工业沈阳飞机工业（集团）有限公司新机试制部先进装配技术研究室主任　郭洪杰



改革开放以来，我国先进制造技术和高端装备制造业得到了飞速发展，突破了一批长期受制于国外、长期依赖进口的高端装备，形成了一定的工业基础，对于我国传统制造产业的结构转型升级发挥了重要作用，但与新时期武器装备对制造业的要求还相距甚远。纵观各大军事强国，无不把加快发展制造业特别是新时代下的智能制造作为提升武器装备水平的重要途径，同时智能制造技术也是新的产业革命的核心技术，代表着未来科技和产业的发展新方向。

智能制造基本内涵

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，智能制造已成为现代先进制造业新的发展方向，其概念及内涵也在不断的发展和丰富。

学术界普遍认为智能制造是人工智能技术和制造技术结合的产物。目前，有关智能制造技术的概念，国内比较权威的表述有两种。一是由中国机械工程学会2011年制订的《中国机械工程技术路线图》中指出，智能制造是研究制造活动中的信息感知与分析、知识表达与学习、智能决策与执行的一门综合交叉技术。智能制造技术涉及产品全生命周期中的设计、生产、管理和服务等环节的制造活动。二是由科技部2012年组织编制的《智能制造科技发展“十二五”专项规划》中指出，智能制造是面向产品全生命周期，实现泛在感知条件下的信息化制造。智能制造技术是在现代传感技术、网络技术、自动化技术、拟人化智能技术等先进技术的基础上，通过智能化的感知、人机交互、决策和执行技术，实现设计过程、制造过程和制造装备智能化，是信息技术和智能技术与装备制造过程技术的深度融合与集成。

笔者认为智能制造是在制造过程中由具有一定感知、推理、决策能力的机器部分取代或延伸了人类智能，从而形成的一种由人机共同构成制造决策与执行主体、高度自主化的制造模式与方法。智能制造的内涵包括智能制造技术与智能制造系统。智能制造技术是指在相关技术的支撑下，面向产品全生命周期的智能设计、智能加工与装配、智能服务、智能管理等专门技术及其集成。智能制造系统是指应用智能制造技术、达成全面或部分智能化的制造过程或组织，按其规模与功能可分为智能单元、智能生产线、智能车间、智能工厂、智能制造联盟等层级。

智能制造基本原理如图1所示。人类智能主要包括三个方面，即感知能力、思维能力、行为能力。人工智能是指由人类制造出来的“机器”所表现出来的智能行为，即用机械和电子装备来模仿、延伸和扩展人的智能，进行如求解、推理、分析和决策等智能活动，使机器能够胜任一些通常需要人类智能才能完成的复杂工作。把人工智能引入制造过程的各阶段、各环节，即可构成具有不同程度智能行为的智能执行单元。每一智能执行单元

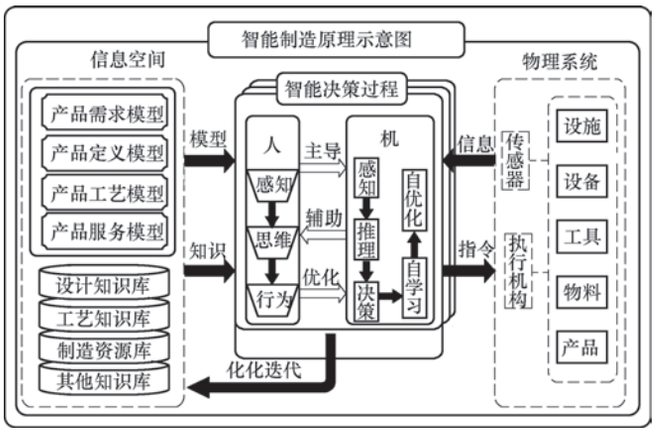


图 1

均包含人与“机器”，两者之间实现交互，共同构成决策主体。人进行基于知识与经验的思维，形成正向和主导的决策与指令；具有智能行为的机器通过自检测、自分析，形成自适应的决策调整，反馈到系统的前端，构成新一轮的决策指令生成，并丰富知识与经验积累。多个智能执行单元共同组成特定的智能制造系统，其中，信息控制系统（CPS赛博系统）与物理系统互为支撑、深度融合。

智能制造强调物理过程与信息之间的反馈。CPS赛博空间中的对象包括三维模型、仿真模型、文档、关系及工作条件等数据，其能够通过可变信息网络在任何地点和任何时间进行搜集。物理系统中的对象具有智能化、自我解释、自我意识、自我诊断及交互评估能力。物理空间中的对象和相应的虚拟对象通过泛在信息网络进行深度的融合与通信。

智能制造应用

智能制造水平主要从智能制造系统的技术基础、实施规模、体量等方面进行评定，主要划分为单元级、生产线级、车间级、工厂级及联盟级。智能制造单元是智能制造系统中的最底层、最基础的构成部分，是由智能制造设备以及与之相适应的配套设施构成。智能生产线将若干智能制造单元从物理或逻辑上进行关联，并通过生产线内部的智能调度与管控系统实现各制造单元的协作。智能车间则是由若干条智能生产线以及车间层级的智能决策系统、仓储/物流系统等构成。若干智能车间形成了智能工厂的生产能力，此外智能工厂还包括经营决策系统、采购系统、订购与交付系统等。若干智能工厂可共同构成智能制造联盟，这种制造联盟将是动态的、灵活的，可充分集成各智能工厂的优势资源，实现制造过程的异地协同。

航空制造是国内制造业发展相对较快、软硬件条件都较好地领域，也是“中国制造2025”强国战略规划10大重点发展领域之一。飞机结构件智能加工车间应运而生，无论从生产需求上还是从设备环境、技术能力上均具备实施智能制造试点应用的基础条件，目前，已初步建立了“人”、“机器”、“资源”互联互通的网络化环境，将现有数控设备进行智能改造，增加传感器、自动识别芯片等智能元件，形成智能化加工设备（见图2），配套自动换刀、工装等智能生产准备系统，自动物料运输系统，通过智能工艺设计仿真平台形成加工程序，智能生产控制中心依据生产需求和设备状态自动发出生产指令实现智能化生产。与常规数控车间比较，智能加工车间可大幅度提高设备利用率，保证设备的完好性，零件的加工质量和效率均得到不同程度的提升，智能制造是航空制造业发展的必然选择。

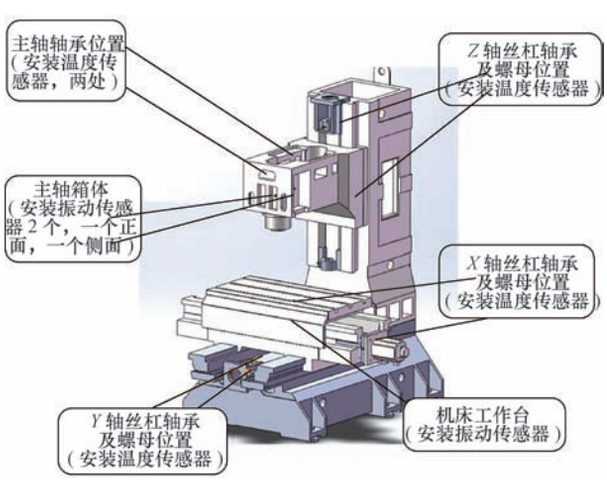


图 2

MW （收稿日期：20150730）