

智能制造——航空制造业由大变强

我国航空工业经过60多年的发展,已经从最初的仿制和改进设计阶段,走到今天的自主设计和创新研发阶段。当前,新一轮科技革命和产业变革蓄势待发,工业发达国家纷纷出台制造业发展战略,揭开了全球新一轮工业革命浪潮的序幕。航空制造业兼具高新技术产业和先进制造业的典型特征,是国家科技、经济、国防实力和工业化水平的重要标志。智能制造是航空工业落实创新驱动发展、实现工业转型升级和跨越式发展的关键举措。

航空工业经过多年发展,在信息化、数字化、自动化和网络化发展上取得了长足进步,产品定义实现了全三维无纸设计,在广域协同、数字化装配、生产制造执行与集成以及自动化运维等方面获得了应用经验,取得较大成绩。但综合而言,航空工业尚处于机械化、电气化、自动化和信息化并进的状态,大部分企业处于2.0到3.0的转型期,部分重点企业已经开始进入3.0的状态。与国际先进航空制造业相比,航空工业的智能制造水平尚有较大差距,存在整体水平不高、发展不平衡、部分领域存在短板、关键核心技术有待突破、高端装备对外依存度高的突出问题。航空制造业要基于长期以来良好的两化融合基

础,充分利用智能制造技术,逐步向数字技术全面覆盖、智能装备广泛应用、系统平台集成统一、网络空间深度利用等方向发展。要通过建立工业CPS,推动数字化、网络化和智能化技术应用,深度影响航空制造业的未来,促进航空产品研制、生产和服务保障模式转型升级,实现数字航空的愿景。

航空工业智能制造总体工作及成效

为抢抓新一轮科技革命和重大机遇,加快推进集团公司智能制造工作,集团公司从顶层牵引开展相关工作,主要包括以下几方面:

抓好顶层设计,明确技术路径

集团公司牵头组织专家研究制定了《中国航空工业集团有限公司智能制造架构(V1.0)》,明确了航空工业智能制造的总体架构与总体发展思路。提出“动态感知、实时分析、自主决策、精准执行”的智能制造典型特征,从数字化、网络化、智能化出发解读了智能制造的核心要素,设计了包括企业联盟层、企业管理层、生产管理层次和控制执行层的航空工业智能制造总架构和分层架构,明确统一规划、统一架构和统一标准的原则要求,为航空工业各成员单位开展智能制造项目工作提供了顶层设计指导。

为支撑架构的落地,明确行动路径,集团公司研究制定了《中国航空工业集团有限公司智能制造推进计划》,提出建立一个中心、突破三项关键技术、实施七项重点任务,给出了需求导向、顶层规划、示范带动和整体推动的发展思路,明确2020年和2025年的智能制造发展目标。

推动模式转型,突破关键技术

航空工业在“工程与制造”领域大力推进基于模型的系统工程,系统工程方法从局部试点到体系推进广泛应用,并在多个机型研制中得到应用,覆盖系统之系统到系统、子系统、组件,航空武器装备创新开发能力大幅提升,模型驱动的先研飞机研发模式逐渐形成。

在“组织与管理”领域推行AOS流程体系建设,引进国际先进管理方法论,着力构建“架构—模型—流程—IT—标准”为一体的业务流程管理体系。AOS流程体系向上承接企业架构和业务模型,向下衍生IT执行系统,实现战略、业务和IT的一致性对;以流程为线家集成质量、风险、绩效等各种管理要素,增强管理的协同性。目前集团正在组织开展总部和19家单位AOS流程体系试点工作,取得初步成效。

智能制造创新中心与国外先进供应商开展技术合作,深入开展了智能互联和监测的技术体系研究和验证工作,解决了异构异类设备互连的技术难关,为构建CPSS环境做出了成功的探索。开展工业机器人集成应用技术研发平台建设,针对航空产品制造中特有的自动铆接、激光焊接、搅拌摩擦焊接等加工工序,突破了针对工艺需求的末端执行器设计技术、柔性工装技术、加工运动轨迹规划与仿真技术、加工状态检测与监控技术、加工过程智能分析与决策方法、面向应用场景的机器人系统集成技术等关键技术,形成工业机器人成套系统的技术研发能力。

推进试点示范,形成最佳实践

目前大部分航空制造企业已经开展以企业资源计划(ERP)和制造执行系统(MES)为核心的信息化平台建设,创建了以移动生产线和优异中心全局协同为代表的新型制造模式。部分领先企业数字化管控模式已从制造现场向组织管理全局延伸,带动计划流、物流、信息流、资金流的全面集成,支撑生产精益化和交付质量的提升。部分企业已经开始应用3D打印、复杂结构件数控加工等由模型直接驱动智能设备制造技术。工业机器人广泛应用于制孔、铆接、

喷涂、密封、复材铺敷、无损探伤、切割、检测等工业领域。

航空工业积极组织参与国家级智能制造试点示范和智能制造专项的项目建设,2015年至2017年共计承担国家级智能制造综合标准化和新模式、智能制造试点示范项目共计18项,覆盖13个单位。集团公司建立智能制造试点生产线16条,在此基础上组织开展航空智能制造最佳实践总结提炼并予以推广,带动智能制造工作的整体推进和能力提升。目前已经形成航空智能机加车间/生产线车间实施指南和昌飞、成飞智能机加车间最佳实践提炼。

航空工业智能制造推进工作展望

集团公司要在智能制造架构指引下,加强数字孪生和仿真技术、3D打印技术、机器人系统集成、大数据分析等领域的技术研究工作,抓好智能制造专项和试点示范的实施推进,及时提炼推广最佳实践,打通产品研制生产的设计、制造、试验和管理智能处理流程,形成航空工业全局推进和协同发展的制造新模式,建成一批具有国际先进水平的智能企业,智能制造水平和整体能力位居全国制造业领先地位。

(航空工业科技部供稿)

架构引领 计划推进 航空工业制造院智能制造技术研究与应用取得新突破

按照航空工业的部署,航空工业制造院定位于集团公司智能制造架构中生产管理层次和控制执行层面,发挥其在先进工艺技术和专用工艺装备研发领域的优势,突破智能制造关键技术,形成了智能制造系统总体规划、设计、系统开发与集成能力。基于精益生产和专业相结合的理念,采用自主研发与系统集成相结合的方式,为飞机、发动机、机载系统零部件加工与装配企业提供智能制造车间/生产线规划咨询和智能制造系统项目实施,近年来在装备研制及其智能化、生产线建设以及工业软件开发等方面取得了一定进展。

架构引领,计划推动, 指导智能制造项目实施

2014年11月,集团公司启动智能制造专项论证,制造院作为论证的牵头单位之一,深入研究航空智能制造的特征,提出了航空智能制造特征:“动态感知、实时分析、自主决策、精准执行”,获得行业内外广泛认可;制订了集团公司智能制造架构和推进计划,为集团公司各单位开展智能制造实践和项目实施提供了准则和目标。

制造院组建了一支由生产组织、装备研制和工艺研究等各类专家组成的智能制造系统咨询团队,按照精益生产的理念,结合制造院在工艺研究、装备研制和生产组织方面多年的经验,总结提炼了一套智能制造系统规划方法,帮助企业开展智能制造现状、需求分析,提出实施方案。2015年至今,先后帮助力源液压、陕飞、新航等单位成功获批工信部智能制造试点示范或新模式项目,参与南京中心、

航宇、庆安、三江等单位的智能制造车间/生产线规划,推动机载企业逐步向智能企业发展。

突破CPS关键技术, 自主开发车间级工业软件

赛博物理系统(CPS)是智能制造的核心,制造院通过开展单元级CPS和系统级CPS的研发,全面突破了生产系统、加工设备以及物料的动态感知、实时分析、自主决策和精准执行等关键技术,形成了针对不同制造环节具备感知能力和数据洞察能力的生产运行管控系统平台,解决产品研制和生产的成本、质量和效率问题。如针对发动机叶片柔性生产线研发了自动化生产控制系统,实现了多约束满足的排程仿真、关键决策参数自动优化,对柔性生产线可以进行全方位的管理与调度;针对金属热成形产品生产,重点关注热成形过程设备参数对产品质量的影响,自主开发了一套体现CPS核心要素的热成形MES系统,实现了热成形设备的互联和数据采集,以及制造系统虚拟空间与实物空间的实时映射;针对国产数控设备在加工过程中出现的故障引起设备和工件损伤、故障诊断功能不够完善等问题,通过在数控设备上安装传感器或提取数控系统数据总线协议等方式,实时获取设备的系统数据(如驱动坐标数据、控制系统数据)、主要功能部件数据(如主轴温度、振动等)、加工状态数据等,实现对设备状态的实时监控,进而对设备进行故障机理分析,提取故障特征信号,建立数控设备故障树,构建故障诊断模型和故障诊断专家系统。

突破工业机器人集成应用 关键技术, 获得应用

为了加快工业机器人系统在航空领域的集成应用,制造院建立了工业机器人系统集成应用技术研发平台,开展机器人激光焊接、打磨抛光、钻铆等工艺和相关控制技术研究,开发了特种末端执行器和搬运特种机器人,取得突破。

自主开发的机器人双光束激光焊接系统突破了激光焊缝自动寻位与跟踪、多机器人协同控制等关键技术,实现了焊接、定位、跟踪一体化集成的末端执行器设计和制造,解决带筋整体壁板(曲面、变截面、夹层结构)焊接面临的工件定位位置不准确,人工示教误差大、效率低等问题。

金属复杂结构件/复合材料构件机器人打磨系统突破了基于力控制的被动柔顺磨抛技术、恒力末端执行器结构和控制技术、柔性自适应工装技术以及基于视觉识别的打磨质量在线测量和控制技术,实现了金属结构件、复合材料树脂层/腻子层的机器人自动打磨抛光。系统在部分航空企业进行了验证应用。

作为航空工业智能制造创新中心的依托单位,制造院将结合航空工业的应用需求,不断探索突破动态感知、基于知识和规则的决策、自适应加工、基于工业网络的实时执行和智能工艺装备研制等关键技术,扩展具有自主知识产权的车间/生产线集成控制软件的应用范围,推动航空专用工艺装备的智能化,强化航空智能车间/生产线整体解决方案集成能力,为航空工业企业的智能化生产和改造做出贡献。(航空工业制造院)

航空工业昌飞着力构建智能制造企业

近年来,航空工业昌飞已突破智能制造核心技术,建成了直升机旋翼系统智能制造车间、智能物流配送中心,以促进企业质量、效率、效益和服务实现最大化。

昌飞公司立足公司科研和批生产效率和质量,探索直升机零部件智能制造新模式,助推型号发展。由于动部件是直升机的核心部件,代表直升机制造企业的整体水平,为此公司率先选取旋翼系统制造车间作为智能制造建设的切入点,建设旋翼系统智能制造化车间。

直升机旋翼系统智能制造车间以专业化生产线、装配线、数字化库房和智能物流等实体构成,基本具备了自适应加工、物料与工件自动识别、机器人装卸与自动对接装配、制造过程主动调度、运行管理与现场控制集成等典型功能;形成了以“状态感知、实时分析、自主决策和精准执行”为特征,以数据驱动、交互识别、自主决策为核心的“智能制造系统”;增强

了关键工艺装备自适应加工能力、扩展了生产运行的智能管控能力,实现了生产资源的优化配置。同时,攻关并应用了一批生产制造过程中的关键智能技术,如锻件毛坯智能余量均匀分配及基准准备、数控加工智能防错、数控设备自适应加工、在机检测与智能补偿等技术。生产过程各环节通过最少的人工干预,实现信息流实物流自动流转,提高质量效益,降低人工劳动强度。

为解决车间生产库存仓储管理呈分散状态、资源浪费较重、人工决策式物流管理、大宗物资占地面积巨大挤占生产区域等问题,昌飞公司成功启动了零部件物流配送中心的规划与建设。物流配送中心将立体库、物流线与采购系统、生产系统、配送系统等有机集成,形成工厂级智能配送物流系统,对上承接公司生产配套计划,拉动上游零件车间、供应部门实现准时配套,对下服务铆装、总装及试飞等集成生产单位,

实现节拍生产,以进一步探索并验证昌飞智能工厂的构建。

在智能物流配送中心建设中,通过对硬件设备改造和配套物流配送管理系统开发,实现站位组策略、配送路径优化选择及自动配送,库存资产智能控制、缺料自动预警等主要功能,满足节拍生产所需库存量的最优控制,既保证节拍生产所需的库存保有量,又保证库存量不能太多,以免造成库存资金积压,以实现昌飞公司从建设“智能车间”逐步走向建设“智能工厂”的提升。

昌飞公司在构建旋翼系统智能制造车间及探索企业级智能物流中心的同时,在未来还将开展直升机桨叶智能生产线、直升机部装、总装智能制造模式的软硬件建设工作;同时,以航空产业园为切入,强化供应链的智能协同,补充智能化综合保障,实现企业由数字化向智能化方向发展。

(航空工业昌飞)

复杂机载系统产品智能制造新模式推进实践——GNC产品可重构智能制造系统建设

航空工业自控所是飞行、导航、制导等复杂机载系统产品的制造企业,集设计、制造、服务于一体,业务覆盖端到端的全价值链。近年来,根据集团公司智能制造总体架构和整体要求,自控所深入分析产品特点、专业特点和生产特点,面向“设计依靠个人水平、生产依靠工人经验、管理依靠人工协调”的现状,以“减少人员重复劳动、整体提升决策管控水平、整体提升企业运行效率”为目标,从“知识工作自动化、设备自动化、信息自动化”三方面进行突破,构建GNC产品可重构智能制造系统,践行智能制造新模式。

知识工作自动化主要基于模型的系统工程(MBSE)、自动化设计环境两方面深入推进。目前,自控所已经从需求捕获、功能架构、逻辑架构、物理架构等多层级同步开展,形成5000多需求条目,600多知识模型,实现基于设计模型的软件代码自动生成。

自动化设计环境即通过构建模块化的知识组件,将需求模型、仿真模型、结构模型、特征参数进行封装,并根据客户需求,对不同的知识组件进行重构形成专业设计环境,实现系统级、部件级、零件级不同层次的自动化设计。目前,自控所已经规划了

10个专业设计环境,其中传感器专业设计环境实现了研发过程的“即插即用”,使得研发周期由两个月缩短至两周,且在高度凝练知识、融合工具、固化研发的基础上,有效避免了盲目创新,使得产品可靠性指标也得以大幅提升。

设备自动化是智能制造推进实践的重点工作,其核心前提是操作过程标准化,生产流程规范化,通过工艺流程分析,进行工艺参数优化、快速换装、智能防错、物料编码等技术,将加工装配单元结构化、参数化,将原有制造过程升级为适合自动化建设的制造过程,在构建加工、装调和测试试验的自动化或人机融合的半自动化单元基础上,固化制造过程,面向不同种类的产品,通过软件定义,对各单元进行动态组合,迅速形成某型号产品加工、装调、测试的生产线,保证产品快捷稳定的制造。

自控所已建成一个光学零件自动化加工单元和一个导航微小加工人机融合装配单元,其中光学零件自动化加工单元实现1台机器人控制6台数控加工中心,人员从原来的12人降为5人,产能提升37%,加工合格率从87.7%提升至97.8%;导航微小加工人机融合装配单元产能提升10%,

成活率提升30%。近几个月,自控所将逐步建成自动化搪锡、自动化表面处理、自动化喷漆、自动化涂敷、人机融合伺服阀装配等单元,产能提升30%以上,生产周期缩短20%,人员减少50%,预期效果显著。

信息自动化从打通底层信息、智能运营决策两方面进行突破。目前,自控所承建集团公司智能制造创新中心推荐的开放式物联网平台,实现了部分设备的互联互通,并针对设备与工艺过程,统一数据建模标准、统一设备接入标准、统一分析数据优化流程。在设备感知的基础上,运用可视化实现“虚—实”生产线“数字孪生”建设,构建设备层、执行层、管控层三级可重构生产管控系统,并从计划、产能、资源、质量、过程控制等5个纬度71个要素对产品制造成熟度进行评价,通过制造过程的自感知、自主决策、自优化,辅助管理者智能决策与动态指挥。

未来,自控所将持续以“知识工作自动化、设备自动化、信息自动化”为主线,加快建设面向需求驱动、资源自组织、动态可重构的智能制造系统,实现产品的快速研发、敏捷制造、与企业的智能运营。

(航空工业自控所)

航空工业成飞智能制造探索取得新进展

工业和信息化部、财政部联合组织相关单位和专家编制完成了《智能制造发展规划》,明确指出:“在制造业中研究和应用智能制造技术,建立智能制造标准体系,搭建智能制造系统平台,是提高我国制造业水平的重要手段。”航空工业在研究国内外先进制造模式、企业系统与控制系统共集成标准的基础上,结合集团公司发展现状,提出了航空工业智能制造的架构基础。

航空工业成飞作为国家航空重点企业,承担智能制造示范项目,针对飞机研制面临的高精度、长寿命、高可靠性和维护性、技术经济型等挑战,结合集团智能制造建设指导思想,贯彻“需求导向、顶层规划、示范带动、整体推进”的智能制造发展思路,按照“搭骨架—补短板—上台阶—通全局”的路线,结合企业内部产品的制造过程,围绕产品制造活动完成制造数据梳理、生产系统运行管理,实现信息流、物流在生产系统中的集成和融合,逐步推进智能生产单元、智能生产线、智能车间建设,建立具有“动态感知、实时分析、自主决策、精准执行”特征的智能制造系统。

成飞在智能制造方面已经开展了以下工作,并取得了一定的成效。基本实现了基于模型的设计工艺设计,实现了飞机整机基于数字样机

的工艺分离面与装配工位划分、三维环境下的装配工艺流程设计、三维工艺布局设计、零件加工工艺仿真、虚拟数字化工厂仿真,形成了完整的三维制造数据集。

建立了智能制造生产管控系统,涵盖生产计划、采购供应管理、成品管理、库房管理、配送管理(材料、毛坯、零件、成品)、工装计划、送检交接管理等功能,实现了整个生产过程的控制及闭环管理。

以数控加工车间为代表的车间制造执行系统智能化程度位居行业领先,制造执行系统以数控加工设备为基础,信息集成与信息流自动化为特征,按精益方式组织并综合应用数字化设计、制造和管理技术,构建了高效制造系统体系。

建成智能单元数十项:人机协同的智能蒙皮制造单元,实现制造数据分析、工艺参数自主敏捷决策、智能控制、多工位快速切换、自动上下料、数字化精密成形、切削、检测。自动喷涂单元实现了蒙皮、钣金件、大部分机加件及起落架零件的自动化喷涂。三维智能投影AR辅助定位,实现了装配过程中连接位置、规格及长度等相关信息在工件表面的直接投影显示。飞机翼面类部件的自动化精密制孔系统,突破了分站式机器人空间精度补偿、机器人与随动定位单元协同调型、高精度

激光测振在线检测等关键技术研究。大部件自动对合系统,实现了部件自动推进及对合过程的实时监控。

建设完成了飞机中小型零件智能生产线,突破了数控机床与工业机器人的集成控制、自动装夹、快速定位等关键技术,实现零件运输、上料、数控加工、下料、仓储的全流程自动化作业。

在建和拟建的智能车间——智能数控加工及装配生产车间,以MES、ERP、车间信息协同平台为信息源,并通过对生产过程数据、设备、传感器信息的实时采集、分析,实现对生产、设备、物流信息的多维度、分层级管控,构建“数字孪生”车间,实现物理工厂与虚拟工厂中人、机、物、环境、信息等全要素相互映射、适时交互、高效协同。

智能制造推动设计制造一体化,提高产品研制一次成功率,提升生产系统的柔性,对航空装备多品种、小批量产品带来的定制需求具备优势,对提高航空产品的研制质量和效率具有重大影响。在航空工业新一代信息技术与制造技术的深度融合,全面规划、分步实施、重点突破、务求实效,努力建设现代化航空智能制造企业。(航空工业成飞)