

# 基于数据驱动飞机结构件制造关键技术

冯浩源

(海装西安局驻成都地区第三军事代表室 四川 成都 610090)

**[摘要]**国内飞机结构件制造过程中存在的制造依据传递方式落后,管理方式粗放,工艺数据不规范,质量控制力度薄弱等问题,严重影响了数控结构件制造过程流程的稳定性和操作的规范性,严重制约了产品质量的保证和生产效率的提升。通过构建以数据为核心、装备制造自动化与生产管理数字化为基础的飞机结构件数字化制造综合集成平台和管控体系,突破相关关键技术、创新生产管理新模式,实现从制造驱动向数据驱动的彻底转变,对航空装备制造行业向柔性化生产发展具有重要的借鉴意义。

**[关键词]**数据驱动;数字化制造;数控结构件

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-6288.2020.09.999

近年来,在航空装备制造领域的信息化转型建设过程中,工程数字化领域已全面转向基于产品三维数模的工艺设计、管理模式,CAD、CAM应用已全面三维化,同时三维计算机辅助工艺规划系统(CAPP)也已进入研发及验证阶段。随着基于PDM平台的工程数字化管理流程的理顺和设计-制造技术体系的逐步完善,产品的全三维设计技术已基本走通,但在制造作业现场,传统的基于二维图、模拟量传递的制造依据传递模式及相应的技术管理体系、质量管理体系并未改变,要全面实施飞机结构件的全面数字化制造,必须在制造过程数字化管理体系,技术管理体系及质量管理体系文件方面取得有效突破。通过开展飞机结构件数字化制造模式的模式研究和试点验证工作,可在上述技术及管理层验证可行性和管理模式可实施性,为航空装备制造领域全数字化设计-制造体系的构建突破核心关键技术、扫清管理模式障碍。

根据飞机结构件生产管控实际需求和信息交互、流程控制等技术要点,提出基于数据驱动的实现制造、检验、质量控制一体化的飞机结构件制造平台,实现制造数据数字化;同时突破基于多源异构数据模型的数据传递与评价技术,提升数据传递精度;采用智能监控与智能保障及过程记录数字化采集技术,通过数字化技术与机电控制技术相融合,实现飞机结构件制造过程智能监控与智能保障及过程记录数字化采集,提升产品质量和生产效率。

## 一、基于数据驱动的飞机结构件制造关键技术

实现现场数字化制造,有效地控制制造生产数据的技术状态,提高产品制造生产信息传递效率,应用数字化、集成化技术建立数控机加车间数字化综合集成平台,实现制造车间生产管理、资源管理、现场管理的全面集成,需要突破以下技术:1.基于飞机结构件制造过程的多源异构数据融合模型和其处理算法;2.飞机结构件制造全生命周期数据跟踪及归档的安全加密技术,提供永久性的质量追溯;3.基于多源异构数据融合模型的时间序列分析技术,建立了预测分析机制。

### (一) 数控结构件制造依据的结构化定义与存储

制造依据的准确数据传递是整个飞机结构件制造过程最重要的源头数据之一,指导整个零件的加工全过程。但是现有工艺数据存在很多数据结构化问题:标准工序名称、制造单位代码、工种类别、资源类别及名称、关重件标识、民机一二类标识、工序检验标识、数控测量标识等非结构化信息,这些关键信息的非结构化问题严重制约了数字化系统的应用与数字化零件的管控。基于现有CAPP系统,结合数控厂数字化应用需求,进行二次开发,解决了工艺更改、审签流程集成、非结构化数据结构化管理、制造大纲(FO)、工序说明书电子化浏览、临时工艺更改工艺数据管理等问题。

### (二) 基于多源异构数据模型的数据传递与评价技术

制造依据传递中存在的大量纸质文档及非结构化电子数据进行结构化定义后,如何进行统一管理,既能满足制度要求,又能满足应用需求,是需要解决的技术难题。以三维模型为载体融合加工实时信息,制造流程信息,通过对异构数据融合模型的识别、处理、评价与存储,将飞机结构件工艺信息、生产计划信息、实时加工信息融为一体,为后续进行特征识别、智能过程控制打下坚实基础。

### (三) 飞机结构件制造过程智能监控与智能保障及过程记录数字化采集技术

目前国内数控设备硬件水平大幅度提高。然而由于技术、管理等诸多因素的影响,数控设备利用率仅为20%-30%,国外先进企业普遍达到60%-80%,提高数控利用率已成为国内数控行业的共性需求。通过数字化技术与机电控制技术相融合,实现飞机结构件制造过程智能监控与智能保障及过程记录数字化采集,是提高数控效率的关键技术途径。

但是高档数控机床的关键核心技术仍掌握在欧美发达国家手里,国内的数控机床应用与维护水平整体较低。国内数控机床完好率和利用率低;机床运行状态、精度监控不力对产品质量造成极大的威胁;机械加工成本高;严重制约着产品的质量和交付进度。国内数控机械加工行业每年因设备突发故障造成的零件质量事故损失占总量的30%。针对高档数控机床维护保障难的问题,国内外数控机床和系统厂家开展了“故障预警和诊断技术”和“远程监测技术”等方面的研究,取得了一定的研究成果。国外机床厂家已开发了一些用于本公司产品的远程监控和诊断系统,但其需要在机床研制初期进行同设计、同制造,且其通用性、实用性差。引进使用存在诸多问题和隐患:不能实现面向整条生产线的现场状态监测和网络化远程诊断;无法在现有进口和国产高档数控机床推广上推广应用;不能满足军工产品生产的保密要求等。

针对以上问题,开展了飞机结构件制造过程实时数据智能采集、智能监控及保障技术的研究,实现生产现场设备状态信息、零件加工信息的实时自动采集、状态智能监控以及保障、采集数据统计分析。其中主要研究内容包括:1.基于流数据的增量式迭代存储技术,用于解决工业现场实时海量数据的快速过滤与存储;2.采

用工业大数据分析挖掘技术,实现了数控加工过程中的几何轨迹、功率、电流、进给、主轴转速等多维度状态数据的动态跟踪和监控;3.基于数控设备综合绩效评价行业标准OAE,实现数控切削加工生产线关键绩效指标的实时统计与分析。4.应用先进信号处理技术和基于模糊聚类技术的信号特征过滤技术,构建透明性、可控制性更强的模糊驱动神经网络,应用先进的B样条模糊神经网络,实现多层次数据融合,得到更准确、可靠的信号模式识别结果。5.与维修专家知识库结合的智能智能化故障预警和诊断技术。6.高档数控机床电气和机械部件的寿命预测和影响因素分析技术。

飞机结构件制造过程智能监控系统具备生产线联网数控设备的全面信息采集和控制能力,较传统采集方式可以获得更实时、更细化、更丰富的设备控制层信息'从而实现数控机床的集中、高效、实时的监控和保障。实时监控全面支持设备控制层与管理层的综合数据交换,实现与MES其他模块的无缝集成,从而提供更准确、更实时的生产过程信息采集和反馈。

### (四) 飞机结构件数字化制造海量数据的数据挖掘应用

在结合飞机结构件制造过程的多源异构数据融合模型和其处理算法的基础上,得到了以三维模型为载体的实时加工和制造流程信息,结合对异构数据模型的识别和处理,将飞机结构件工艺信息、生产计划信息、实时加工信息融为一体,实现对车间生产、制造、物流、资源宏观和微观信息准确记录。但长期大量沉淀下来的工艺和生产数据,在非实时展示应用中,却缺乏有效的使用。实时数据在结合三维模型立体展示后,也陷入了尴尬的地步,即它们无法再次循环使用,也没有合理多次利用途径和方法。这样导致数据的利用率极低,通过大量人力物力得到的珍贵数据却大部分只用于展示实时信息,而后便毫无用处,永远成为历史,造成大量资源的浪费。

基于上述情况,同时结合智能管控的实际应用需求,研究了基于滑动平均模型进行相似性预测的时间序列分析,通过预测未来时间的数据模型从而预测未来的生产趋势,建立基于多源异构数据融合模型的时间数列分析技术和预测分析机制,为生产管控提供智能决策支持。时间序列分析是数据挖掘与系统分析的重要方法之一,其应用范围越来越广泛。在生产生产系统中存在大量时间序列,具有很强的偶发性、波动性。我们研究分析和处理时间序列,目的是揭示生产系统中各类指标本身的结构和规律,认识生产系统的动态特性,掌握生产系统与环境的联系。

时间序列模型可分为自回归(Auto Regressive, AR)模型、滑动平均(Moving Average, MA)模型、自回归滑动平均模型(Auto Regressive Moving Average, ARMA)和累积式自回归滑动平均(Auto-Regressive Integrated Moving Average, ARIMA)模型等。其中,AR模型描述的是系统对过去自身状态的记忆;MA模型描述的是系统对过去时刻进入系统的数据的记忆;而AR-MA模型则是系统对过去自身状态以及各时刻进入的数据的记忆,是AR和MA模型的结合。ARIMA模型主要用来描述非平稳时间序列。而ARMA、AR、MA模型主要用来描述平稳时间序。对于非平稳ARIMA模型可以通过差分后转化为平稳模型来处理。

利用时间序列预测法预测生产信息需要总结与归纳大量的历史实时数据得出反映其变化规律的数学表达式,进而建立起预测模型来进行预测,故输入的历史数据对预测模型的建立及参数的选取有很大的影响。因此,合理地选择输入样本,可以有效地提高预测模型的精度。利用相似性预测分析得出某生产加工过程工序实时数据子模型,得到的子模型排除了无意义数据和干扰数据,可以更好地反馈真实情况。经过相似分析后得到的子模型,也是实时数据特征数据,通过对这些特征数据的实时序列分析,将生产、加工、资源、物流等宏观和微观信息输入时序分析,再将预测结果输出,得到时序分析后的预测分析结果。最终通过时序预测分析的特征提取和特征分析,建立实时数据预测库,结合异常信息和多维扰动因素分析,建立一套完整的预测分析机制,并通过预测分析机制对生产、物流、工艺、制造、资源信息的宏观和微观实时数据分析处理,反馈未来生产趋势,为整体生产管控提供智能决策基础。

## 二、结论

基于数据驱动的飞机结构件制造关键技术研究与应用完成了数字化制造模式的关键技术研究,建立了基于数据驱动的飞机结构件数字化制造综合集成平台和管控体系,实现了制造车间生产管理、资源管理、现场管理的全面数字化,有效解决了飞机结构件制造依据传递方式落后,管理方式粗放,工艺数据不规范,质量控制力度薄弱等问题。成果已成功应用于多型飞机结构件的生产中,提高了飞机结构件的质量稳定性,大幅提高了生产效率,有效满足了用户的需求,提高了装备的自主生产、保障能力,效益显著。

作者简介:

冯浩源(1987.5—),男,四川成都,工程师,系统工程与航空装备。