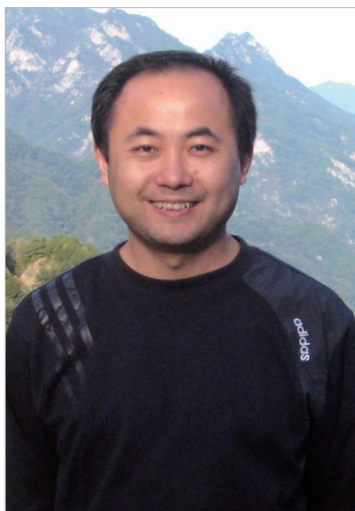


数字化COE模式的研究及在航空发动机叶片中的应用

Research and Application on Digital Center of Excellence Mode for Aeroengine Blade Manufacturing

西北工业大学机电学院 杨海 宁诺拉
中航工业西安航空发动机(集团)有限公司 白代敏



杨海
博士研究生,高级工程师,研究方向为数字化协同设计与制造。

通过发动机叶片数字化 COE 模式的应用实践,验证了航空发动机零件加工 COE 模型的数字化解决方案,对航空发动机装配、修理等业务模型的 COE 具有一定的借鉴意义。

能与寿命。在现代战争条件下,对于航空发动机的零部件制造效率和制造质量提出较高要求,其中叶片作为发动机中数量最大的一类零件,其制造效率直接影响发动机整体制造效率,而叶片的制造品质直接影响到发动机性能与寿命。对叶片加工采用数字化技术,已成为当今世界发动机叶片制造手段的潮流与方向^[1-5]。

目前,中航工业西安航空发动机集团有限公司(以下简称:西航)借鉴国外航空企业成功实践,逐步对生产线进行调整,组建各类制造 COE (Center of Excellence)。新的组织模式不仅强调产品制造过程的集成与整体优化,它还关注产品制造技术的进步和管理创新发展,通过优化使

研制、生产过程效率更高。但随着时代的变化以及信息技术的快速发展,COE 的组织架构优势逐渐减弱,其核心竞争力要素也要随着时代的变化而变化。结合西航 COE 特点,如何通过信息技术的综合作用,进一步挖掘 COE 在组织架构上的潜力,强化 COE 在管理和专业上的特长,打造特色鲜明的 COE,成为西航制造信息化发展过程中的重要研究内容。

航空发动机研制 数字化 COE 需求

1 生产任务对建设数字化 COE 需求

西航的生产制造系统承担着多种重点产品的生产和研制项目试制任务。“十二五”期间,随着产品需

如果说航空发动机是飞机的心脏,那么叶片就是发动机心脏中的关键组成部分。叶片是航空发动机中非常关键的一类典型零件,具有种类多、数量大、形面复杂、几何精度要求高等特点。在航空发动机零件中,叶片是寿命较短的零件,因此发动机叶片的制造品质直接影响到发动机性

求数量增加,新型发动机研制品种不断增多,面临交付任务总量逐年攀升的艰巨形势和日趋激烈的竞争压力。同时科研机种质量的不确定性,加剧了各生产线混线生产的程度,给生产计划安排和过程组织带来了困扰。尽管在部分生产线中采取了柔性生产的措施,但仍无法从根本上满足“均衡生产,高效产出”的要求。因此,迫切需要提升信息技术手段,在总量均衡的基础之上实现批产型号的均衡,主制车间和辅助车间能力之间的均衡,进度、产量与产品质量的均衡,成附件、原材料供应与生产需求之间的均衡,生产现场在制品、待处理品周转和处理速度之间的均衡,提高生产线制造技术、管理水平等综合能力。

2 数字化 COE 对信息技术的需求

西航信息化应用水平还比较低,尚未形成一种强大的生产力,距离大

规模数字化技术在型号工程中的应用仍有很大的差距,对数字化 COE 的支持还不够。主要表现在:

(1) 数字化技术应用的范围和深度有限。

数字化技术在航空发动机行业的应用还没有经历一个完整的型号研制过程的全面应用验证,无法形成有效的数字化技术体系,数字化技术应用的效益、效果尚不能充分发挥。目前发动机研制过程还是按专业划分,整个设计任务还是以“发图”为核心节点来控制;制造过程仍然是串行工作过程,从接收产品数据开始,进行工艺评审、工艺流水设计、工艺设计、工装设计与制造、零件加工、部装、总装、试车到产品交付,只是在部分环节上辅以数字化技术的手段。这就妨碍了数字化 COE 的建设和应用,需要进一步扩大数字化技术应用范围和应用深度。

(2) 数字化技术应用仍以单项应用为主,集成度低,不利于数字化 COE 的建设与应用。

各单位、甚至同一单位的不同部门之间,数字化技术应用自成体系、相互隔离、低水平重复建设,没有通过有效的数字化手段将异构、分散和孤立的各种资源有效地集成和共享。各厂所之间建立的数据共享与传递平台尚不完善,设计制造数据通道基本不通畅,仍不能进行有效的数据互通。

另外,发动机关重件生产线数字化技术应用水平低,生产线的潜能挖掘空间仍然很大。传统的运行机制、运作模式、人员的观念和素质等成为新技术应用的一种束缚。

航空发动机研制数字化 COE 模式研究

1 数字化 COE 内涵

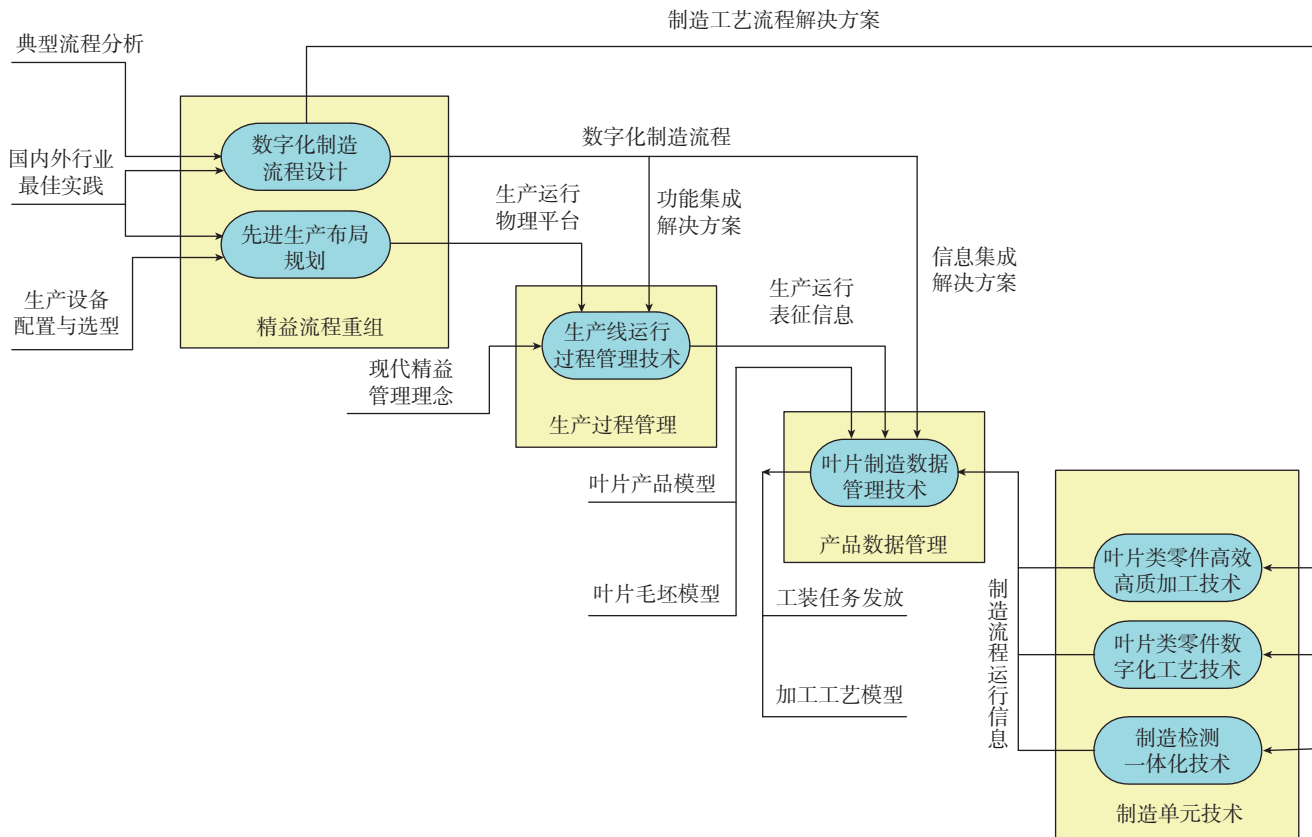


图1 基于协同制造的航空发动机叶片数字化COE体系架构

根据航空发动机零部件研制特点,并结合航空发动机制造 COE 职责定位,数字化 COE 内涵是:在“高速安全的计算机网络、精密的制造装备”支撑下,以精益生产、知识管理、并行工程先进理念为指导,通过 PDM/CAPP/MES/DNC 等综合应用,构建了一个技术、管理与生产有机融合的“物流、信息流、控制流”一体化信息平台。通过该平台的应用,实现先进的制造技术、管理技术和信息技术在航空发动机零部件生产线上的集成应用,全面提升生产线的快速响应制造能力与技术水平。

2 数字化 COE 架构研究

研究紧密围绕航空发动机数字化协同生产线建设,围绕多品种、大批量发动机零件制造需求,以发动机叶片类零件的先进制造技术为典型应用对象,进行数字化 COE 建设的

前期技术攻关和关键技术研发,研究内容的核心是“精益流程再造→生产过程管理→产品数据集成→单元技术攻关”,研究内容设置自成体系,涵盖了航空发动机数字化协同生产线建设的主要瓶颈环节,研究内容之间的内在关联如图 1 所示。

对 4 个主要方面的研究内容简述如下:

(1) 精益流程再造——进行以精益思想为指导思想,以新厂房规划建设、数字化流程设计为特征的精益流程再造及发动机叶片协同制造生产线生产布局规划、面向叶片类零件的制造流程设计与数字化定义等关键技术研究。

(2) 生产过程管理——进行数字化并行协同运行条件下,以条码应用技术、生产运行动态管理、生产过程实时监控为特征的生产过程管理

及其关键技术研究。

(3) 产品数据集成——进行协同制造系统 PDM 为基础运行平台,以 CAD/CAPP/CAM/CAQ 集成为特征的产品数据管理及其关键技术研究。

(4) 单元技术攻关——进行以数字化条件下发动机叶片核心制造工艺优化为导引,以高效高质低成本制造工艺流程为主线,以数字化工艺流程设计和发放、制造检测一体化为特征的制造单元技术研究。

通过信息化将 COE 的资源、过程、信息、组织形态等构建成“多方位一体化”的组织模式,其基本内容如图 2 所示。包括 1 个支撑系统(COE 门户管理系统),2 个层次的管理与控制(生产计划管理和 COE 全方位管理),3 个核心的应用系统(PDM、MES 和 DNC 系统),4 个基本的要素(信息技术、制造技术、组织形态和劳

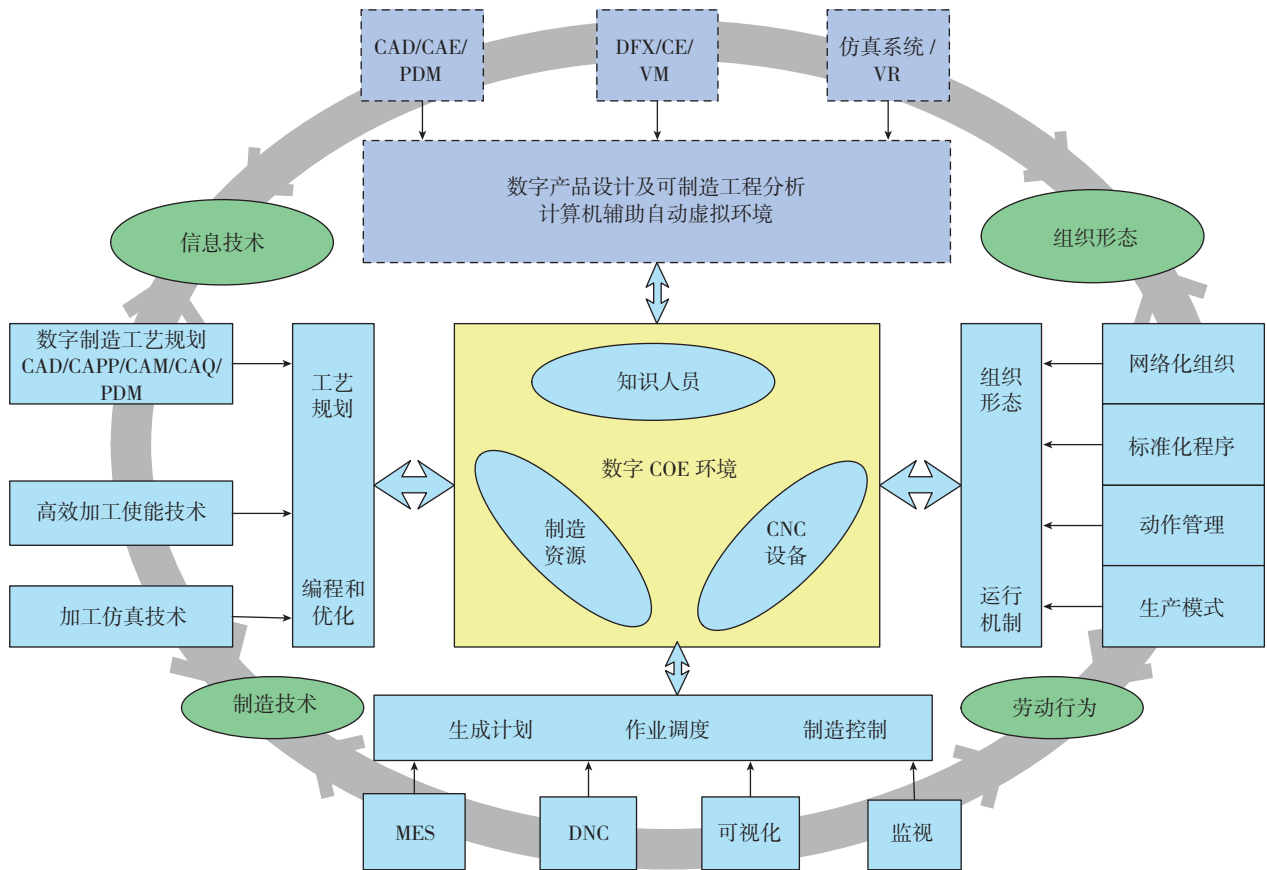


图2 基于信息技术的数字化制造COE组织模式

动行为)。通过集成的基本方法,对 COE 的数字化过程中的诸要素,如人、功能、过程、信息、技术、资源和组织实施综合集成,并通过信息技术、制造技术、组织形态和劳动行为的综合集成,形成互相促进的态势,提升制造车间的综合能力和管理水平。

数字化 COE 的总体结构需要实现公司以生产计划和执行控制为主线的主线生产管理信息系统集成应用;以 CAD/CAPP/CAM 和 PDM 集成为特征的技术信息系统集成;以及基于网络实现 DNC、现场数据采集和物流标识等监控系统集成应用。

航空发动机叶片数字化 COE 应用

围绕西航叶片加工中心的实际需求,建立了面向航空发动机叶片加工的数字化 COE 应用平台,经过几年的建设与应用,达到了以下的效果:

(1) 构建了面向 COE 全岗位协同的信息化架构。

数字化 COE 管理对象包含 COE 所有员工,涉及全部岗位,梳理了中心所有的业务流程,使每个岗位的工作得到量化、显性化、指标化,并且具备可追溯性、可考核性。解决了生产计划、生产技术准备、制造执行过程、质量控制、零件交付等管理协同的实际问题,实现信息流、数据流集成,100% 数字化工艺设计,100% 数控编程、仿真与质量分析,缩短技术准备周期,提高了产品合格率。

(2) 实现了生产计划精细化管理。

通过流程梳理、分析、优化,改变传统业务管理中存在的本位化、经验化、模糊化现象,提出并固化“计划调整、在制品流转、生产准备包配置、不合格品处理、绩效考核”等一系列规范化、标准化、精细化制造执行流程。

(3) 实现了生产过程的有效控

制和监控。

搭建计划层和业务控制层的桥梁,实现调度、工具、材料、检验、核算、管理层及生产现场的协同工作,实现“从投料到加工、从加工到检验、从检验到交付”的过程跟踪;实现从规划到运作、从运作到执行、从执行到设备的管理控制,最终达到全部门、全过程、全方位的立体化执行监控。

(4) 实现了计划拉动工具、材料、设备、人力资源计划的并行准备。

数字化 COE 中的资源根据不同梯度的计划并行准备,通过各级计划的执行对不同业务的拉动,实现不同角色对工具、物料等资源的并行拉动,确保计划的逐步实施以及生产的顺利进行。零件全年计划、季度计划拉动工具、材料、人力的远期需求,而月、周、日计划拉动资源的近期需求。使生产、技术问题得到快速协同,杜绝了生产中的“推诿扯皮”作风,工作效率显著提高。

(5) 实现了对不同角色业务信息快速、准确传递,消除纸质传递信息的延迟和误差。

数字化 COE 应用平台,一方面,对所有数据源进行唯一归口管理,避免信息的二义性。另一方面,在信息流动过程中对信息进行控制,保证其正确性。条码技术、在制品数量平衡控制、不合格品管理、生产准备包都体现了信息的精准性。

(6) 产品质量控制数字化。

通过工序级质量控制,不合格品管理、基于 SPC (统计过程控制) 的质量预控搭建了连接工艺、加工、检验、反馈等环节“数据到源头、流程不落地”的流转控制与过程整合提高了检测的快速性、准确性、有效性,实现了对不合格品处理流程的过程监控,改变了传统事后处理为事前分析,降低了质量损失。

(7) 实现了可量化的绩效管理。

通过对 COE 业务数据的分析,

发现管理环节的冗余及漏洞,对业务数据的分析,量化生产考核指标,追溯数据关系,依靠科学的方法,分析生产管理效果,不断地挖掘生产力,提高生产效率,为绩效分析控制提供科学评判依据,使决策层能及时、客观、准确地评价经营绩效,做到工作绩效的滚动评价和动态评价;建立经营状况监测指标,定期对经营状况进行评估,并对经营过程中存在的各种非正常状态进行预警,以提升 COE 科学化、规范化和标准化管理水平。

结束语

通过对航空发动机零件加工的数字化 COE 模式的研究,构建了面向全岗位协同的信息化架构,实现了 COE 业务中的物料流、信息流、工作流的集成,提升了 COE 快速响应制造能力与技术水平,使 COE 决策科学化、制造执行高效化和现场生产透明化。通过发动机叶片数字化 COE 模式的应用实践,验证了航空发动机零件加工 COE 模式的数字化解决方案,对航空发动机装配、修理等业务模型的 COE 具有一定的借鉴意义。

参考文献

- [1] 张伦彦,杨建军,郭仲福.基于仿真的单元化制造系统层次建模技术研究.成组技术与生产现代化,2006(1):15-19.
- [2] 赵骥,肖田元,韩向利.制造系统虚拟环境计算模型研究.计算机集成制造系统-CIMS,2001,7(11):22-26.
- [3] 梁瑞,李雪英,杜改梅.航空发动机数字化制造技术的研究进展及应用.第十五届中国科协年会航空发动机设计、制造与应用技术研讨会论文集,2013.
- [4] 于乃江,李山.航空发动机设计制造协同流程及关键技术研究.中国制造业信息化,2009,38(21):16-19.
- [5] Lejtman Y, Shayan E, Nagarajah R. Design of a suitable production management system for a manufacturing company. Computers & Industrial Engineering, 2002, 42:169-174.

(责编 小城)