

基于两化融合管理体系的航天产品制造数字化工艺设计能力建设

文 | 仵永亮 王贺 丁志强 刘辉 首都航天机械有限公司

航天产品制造具有高可靠性和高性能等特点,涉及工装研制、锻铸造、机加、钣金、管路、热表处理、焊接和装配等多个相对独立的专业方向,各制造过程细节要求严格,部分情况需多次返工以达到产品设计要求,部分零部件需要通过大量的试制和试验才能正式生产,是一个过程复杂、耗时较长的工作。当前信息化和数字化技术在航天产品制造工艺设计方面得到了广泛的应用,一定程度上提高了高端装备工艺设计的质量和效率,提高了产品的可靠性。然而,航天产品制造数字化工艺设计能力建设是一个大的系统工程,缺乏一套系统性管理方法论,难以满足进一步提升工艺技术和质量控制等可持续竞争优势的要求。

一、数字化工艺设计能力建设存在的问题

工艺设计流程管理缺位、信息化与工艺管理两张皮等不足,严重阻碍了工艺设计各过程综合集成的有效实现。主要存在以下方面的问题。

1、与企业战略不匹配

企业花费大量的精力和经费建设一个先进的、功能强大且完备的工艺信息系统的同时,但对与企业战略密切相关的可持续竞争优势方面考虑较少。

2、缺乏系统规划

由于缺乏系统性的管理方法论指导,以及对数字化工艺设计能力建设的目标不明确,不能从工艺数据、工艺流程和职责以及数字化工艺技术等要素进行统筹规划,尤其是对工艺数据这一核心驱动要素的重视度不够,不能按照

PDCA的思想开展实施方案的策划,造成对过程控制环节重视度不够。

3、忽视管理创新

数字化工艺设计是两化融合在制造业工艺设计方面的具体体现,不仅涉及到信息化、数字化技术与工艺设计技术的融合,更是工艺设计管理优化的过程。航天产品制造企业在前期数字化工艺设计能力建设和提升过程中,投入很大的资金进行设备购置和技术更新,忽视了与此相关的组织模式和管理模式的变革,造成局部降低了工艺设计的效率,以及在工艺设计质量和可靠性分析重视不够。

二、数字化工艺设计能力建设基本框架

两化融合管理体系要求企业按照 PDCA 的思想,以与战略匹配的可持续竞争优势为关注焦点,围绕拟打造的信息环境下的新型能力及其目标,推动策划、实施与运行、测评、改进这四个管理域闭环联动及持续改进,充分发挥数据创新驱动潜能,促进和实现数据、技术、业务流程与组织结构互动创新和不断优化,不断打造信息化环境下的新型能力,获取可持续竞争优势。

在航天产品制造数字化工艺设计能力建设过程中,首都航天机械有限公司严格按照两化融合管理体系的要求,以工艺数据为核心,按照四个管理域要求,积极推进工艺数据、数字化工艺技术及相关业务流程、组织机构的互动创新和不断优化,不断建设和提升数字化工艺设计能力,提升航天产品制造企业工艺技术优势。能力建设基本框架如图 1 所示。

1、策划阶段（Plan）

按照企业发展战略对航天产品制造抓总优势、关键技术优势和质量控制优势的需求，确定建设航天产品制造数字化工艺设计能力及其目标，系统梳理相关数据、技术、业务流程、组织结构以及支持条件和资源现状，分析确定工艺业务流程与组织结构优化需求、数字化工艺技术实现需求、工艺数据开发利用需求、相关支持条件和资源需求，从全局层面进行实施过程的统筹分析和集中部署。

2、实施与运行阶段（Do）

根据数字化工艺设计能力体系和实施方案要求，以效能提升为导向开展工艺相关业务流程与组织结构优化、数字化工艺技术实现、工艺数据开发利用、匹配与规范及运行控制，综合发挥各要素的协同作用，确保稳定获取数字化工艺设计能力并实现其目标。

3、评测阶段（Check）

围绕数字化工艺设计能力目标的相关指标完成情况，实施方案执行过程以及数据、技术、业务流程与组织结构匹配调整后的制度规范执行过程进行评测，分析工艺数据、数字化工艺技术、工艺相关业务流程与组织结构等基本要素，准

确定可能造成数字化工艺设计能力存在偏差的影响因素。

4、纠偏和持续改进阶段（Action）

利用数字化工艺设计能力评测结果，得出相应的纠偏和改进措施并付诸实施，及时考核改进结果是否达标，确保受控，同时将取得的经验用于下一个循环的数字化工艺设计能力策划的制订。

三、数字化工艺设计能力的整体策划

企业按照两化融合管理体系要求，开展建设航天产品制造数字化工艺设计能力的整体策划，形成基于两化融合管理体系的航天产品制造企业数字化工艺设计能力体系和实施方案，如图2所示。要求企业要重点围绕航天产品制造数字化工艺设计及与之密切相关的风险分析、验证评估和优化改进等进行业务流程与组织结构梳理、分析和优化，基于流程开展三维数字化工艺设计平台开发，构建工艺设计模块、工艺流程管理模块和工艺仿真集成应用模块，构建工艺知识管理系统、工艺数据分析及集成管理模块，并围绕新型能力规范运行制修订相关管理制度，实现航天产品制造工艺设计由经验驱动型向数据驱动型的转变，实现工艺设计流程化、科

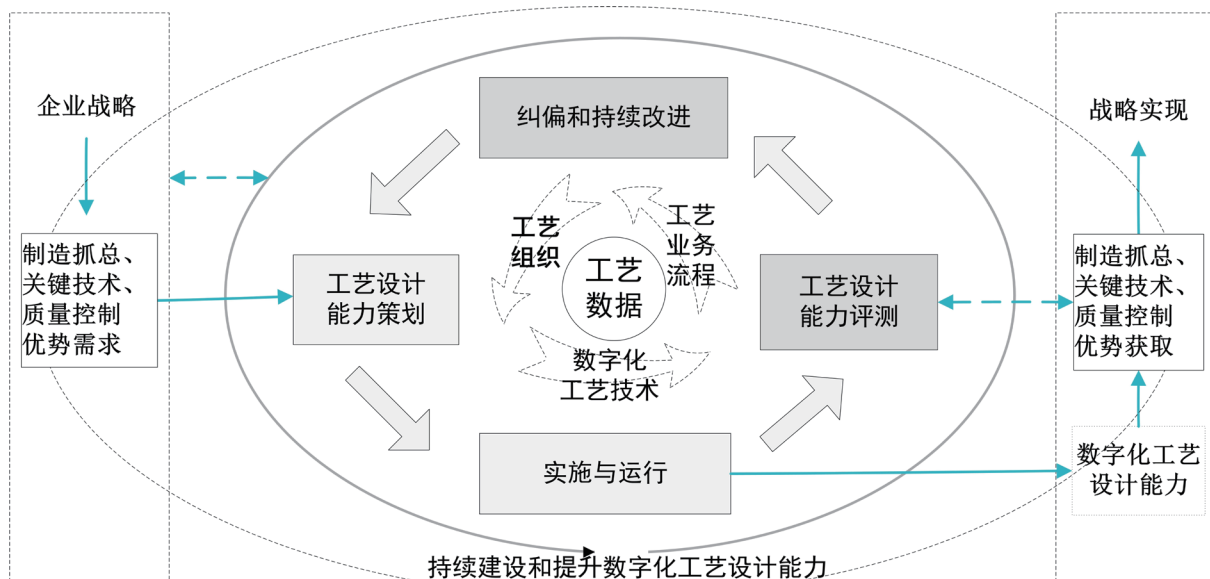


图1 数字化工艺设计能力建设基本框架

学化、规范化和精细化，提高工艺设计质量和效率。

四、数字化工艺设计能力建设

实施与运行过程包括业务流程与组织结构优化、技术实现、数据开发利用、匹配与规范和运行控制等过程，本文重点介绍业务流程与组织结构优化、技术实现和数据开发利用等建设过程。

1、业务流程与组织结构优化

企业围绕数字化工艺设计能力体系，将航天产品制造企业

业数字化工艺设计主流程分为三维工艺设计协同、工艺总方案设计、工艺可行性分析、详细工艺方案设计、工艺风险分析、工装设计、工艺仿真验证、详细工艺设计、生产验证和工艺评价等 10 个子流程，各子流程之间的关系如图 3 所示。其中工艺风险分析和工艺仿真验证 2 个子流程是本能力首轮建设优化的重点。

(1) 工艺风险分析子流程。

传统条件下，航天企业对工艺设计前期的风险分析、工艺可靠性的评价手段不够，制约了产品制造工艺稳定性和可

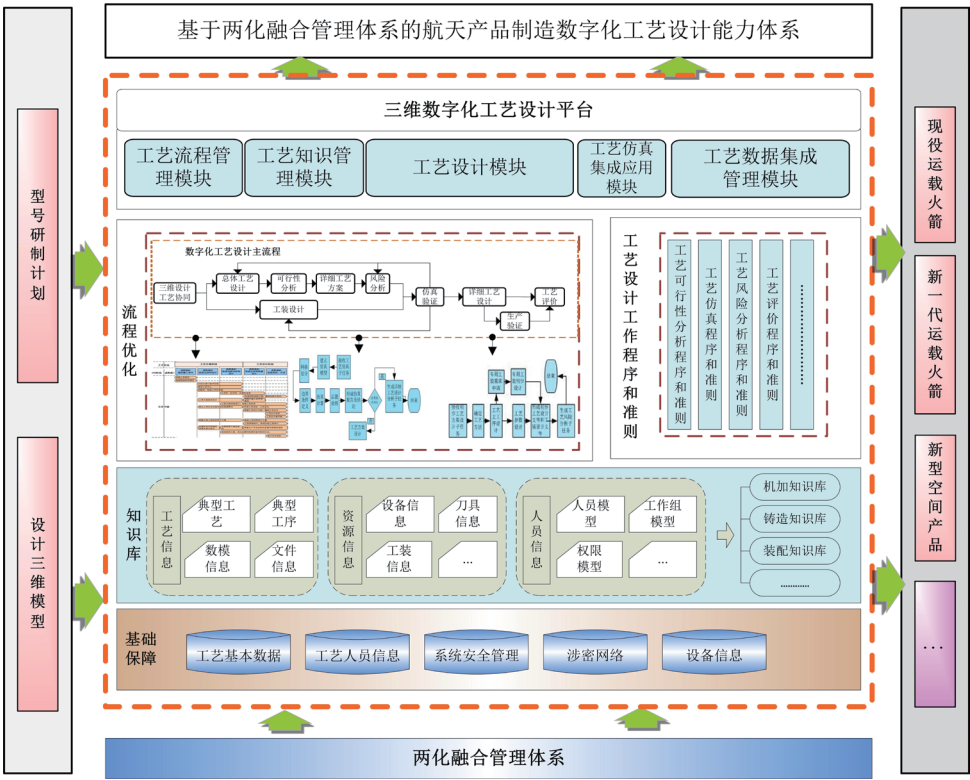


图2 基于两化融合管理体系的航天产品制造数字化工艺设计能力体系总体框架

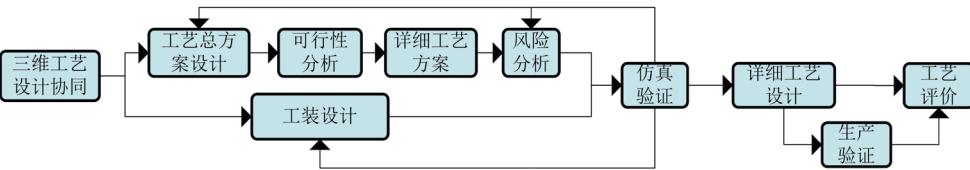


图3 航天产品制造数字化工艺设计主流程

靠性的提升。公司对以往工艺风险分析事件进行总结、分析,制定规范化的工艺风险分析业务流程,为普及工艺风险分析奠定保障。这就要求工艺主管根据详细工艺方案,基于故障模式库等信息化条件,按照故障树分析、工艺 FMEA、仿真计算、专家技术评估和逻辑推理等方法确定风险产生的现象、原因和后果,提出预防措施以控制风险,如风险可控。平台自动启动详细工艺设计子流程。流程如图 4 所示。

(2) 工艺仿真验证子流程。

随着工艺仿真技术应用不断加深,企业对工艺仿真管理提出了更高的要求,必须借助仿真平台建立规范的管理流程。规范后的流程要求工艺主管在工艺仿真集成应用平台中开

工作。其基本框架如图 6 所示。

(1) 数字化工艺设计模块。

企业以航天产品 BOM 和三维模型为核心,开发建立工艺总方案、详细工艺方案、工装方案、工艺攻关、工艺试验、详细工艺设计、可视化工艺设计、工艺技术状态管理和工艺执行跟踪管理等数字化工艺设计模块。通过基于成熟度的协同工作模式,实现流程化的工艺研发过程。

(2) 工艺仿真验证集成应用模块。

企业开展多工艺连续仿真平台的建设,将制造过程中机加、钣金、焊接和装配等各专业的仿真分析工作集成在该平台,并实现多工艺连续仿真平台与工艺设计模块间数据传递

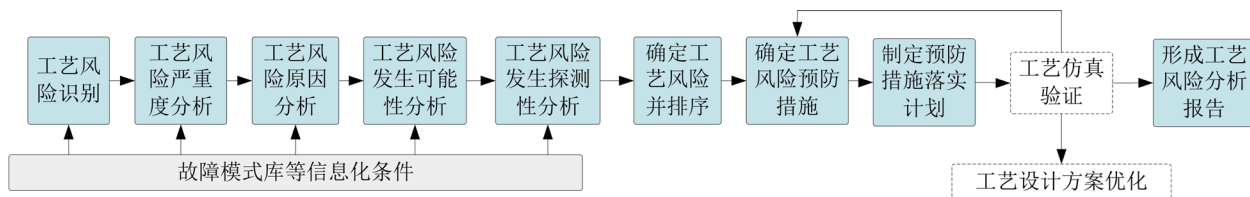


图4 工艺风险分析子流程

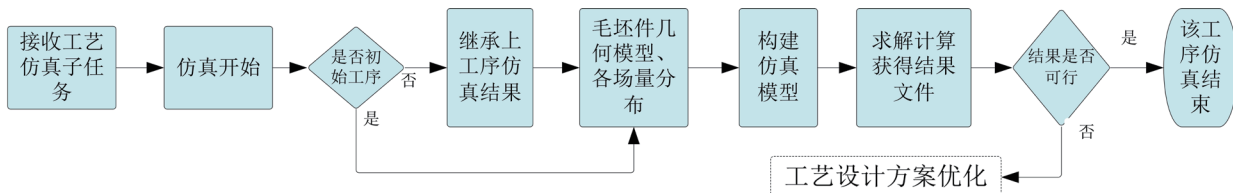


图5 工艺仿真验证子流程

展本专业工艺仿真工作。将形成的后置处理文件、工艺仿真报告和结论提交后,若工艺仿真结果不可行,则该工艺设计任务返回工艺方案设计子任务中,若仿真结果可行,则开展详细工艺设计。工艺仿真验证子流程如图 5 所示。

2、技术实现

三维数字化工艺设计平台应能有效维护各种数据的关联关系,实现有效的数据集成和功能扩展。为此企业选择了某成熟的 PLM 系统作为三维数字化工艺设计的基础平台,并按照两化融合管理体系的要求开展技术实现

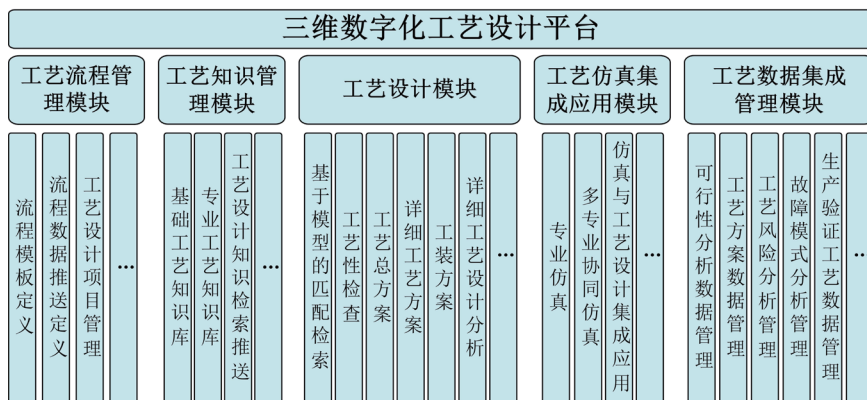


图6 三维数字化工艺设计平台框架

功能,实现对工艺方案进行综合仿真验证和优化。工艺仿真验证集成应用模块大规模简化了仿真操作的复杂性,降低了工艺人员知识储备要求,充分体现了工艺仿真对优化工艺设计、提高产品质量、降低制造成本的突出作用。

3、数据开发利用

(1) 工艺知识库建立与应用。

在初步研究的基础上,将科研实践中积累的宝贵的知识资源进行总结分类,建立了典型专业工艺知识库,包括工艺资源库、工艺规则库和工艺实例库(工艺经验类和工艺方案类数据),涵盖标准规范、科研报告、工艺文件、知识产权等显性知识,以及研制经验、技术诀窍等隐性知识,并将逐步形成工艺数据挖掘功能,帮助工艺人员发现知识、挖掘知识、评价知识和应用知识,如图7所示。

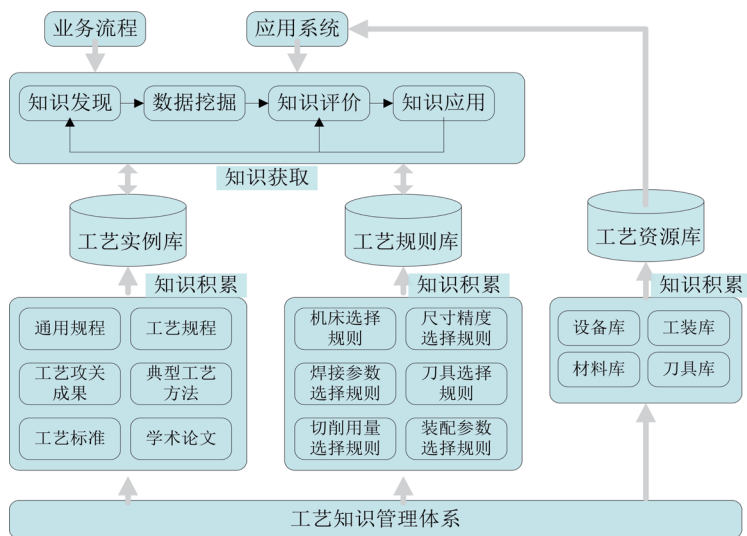


图7 基于知识的工艺数据挖掘

(2) 基于故障模式知识的工艺数据分析及集成管理。

企业建立制造专业故障模式库,包括焊接、钣金、特种加工和总装等8个专业。通过基于故障知识的智能推理,对工艺参数控制要素、顶事件等信息的提取,自动生成故障树如图8所示。在技术问题归零时实现准确、快速定位故障源,在工艺风险分析时能够快速确定故障预测及推导,为工艺风险分析工作提供有效支撑,从而提高工艺可靠性,确保产品质量。

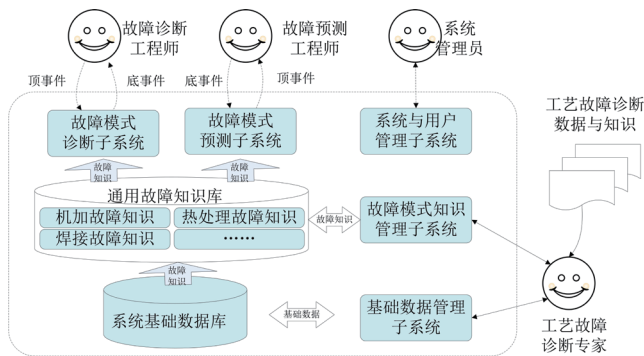


图8 故障模式知识管理系统架构

五、结束语

在数字化工艺设计能力建设过程中,公司按照两化融合管理体系的要求开展系统策划、业务流程与组织结构优化、技术实现和数据开发利用等工作,并开展试运行、匹配性调整工作,在相关数据、技术、业务流程和组织结构匹配调整后制定《工艺仿真程序和准则》、《工艺风险分析程序和准则》和《工艺评价程序和准则》等50余项数字化工艺设计及管理制

度规范。正式运行后,企业对有关目标的完成情况、实施方案的执行过程及数据、技术、业务流程和组织结构匹配调整后的制度规范执行过程进行监测,确保制度规范得以有效执行、新型能力运行风险得到有效防范。公司按照两化融合管理体系要求,定期对数字化工艺设计能力运行情况进行分析、评测,确定未来的改进方向。通过开展数字化工艺设计能力建设、运行、评测和改进,企业新型号研制周期大幅提高、工艺原因导致的产品超差占比大幅降低。