

# 自动化生产线数字化工艺设计

罗孝鹏

中国特种飞行器研究所 湖北 荆门 448000

**摘要:** 随着机械制造业自动化、数字化、智能化发展的不断推进,传统加工模式和工艺流程显露出诸多弊端,无法为自动化生产线提供可靠的数据支持。针对这一问题,进行了自动化生产线数字化工艺设计。介绍了自动化生产线的工艺阶段,分析了三维数字化工艺设计体系,并进行了三维数字化工艺设计技术分析。

**关键词:** 生产线; 数字化; 工艺; 关键问题

引言: 智能制造是基于信息化网络、智能装备、工业软件的建设与应用的一种新型生产方式,是需要从生命周期、系统层级、智能特征等3个维度协同推进的系统工程。当前,在设计环节基本实现了型号产品的全三维设计及数字化定义,生产环节由于牵涉设计数据重用、工艺设计数据生成与传递、生产数据监控与处理等,不同体制的数据交换任务繁杂且技术难度大,尚未系统解决资源要素的数字化定义及制造信息的互联互通问题,还处于智能制造的初级建设阶段,即传统制造迈向数字化制造的数字化转型发展阶段。

## 1 数字化工艺设计的内涵

数字化工艺设计的目标是以产品零件数字化模型为基础,建立数字化加工工艺设计与管理方法,开发实现面向生产现场可视化的三维工序模型快速建立、工艺过程设计、资源定义与选择、数控编程、仿真、工艺规程生成、工艺设计业务过程管理及工艺数据管理的方法,进而构建数字化工艺设计环境,实现基于三维产品模型的工艺方案制定及详细工艺设计,并生成数字化工艺,指导生产加工,提升产品零件数字化工艺设计与管理的水平和效率。数字化工艺设计的特点是,工艺设计人员在数字化环境下,基于三维产品模型建立与三维产品设计集成的数字化工艺模型,通过工艺决策生成工艺信息和三维工序模型。数字化工艺便于利用仿真技术验证制造工艺的可行性和合理性;同时,也便于完整反映工艺信息的过程性和动态性,提供多视角三维工艺信息的表达,从而便于后续制造过程实现对工艺过程的可视化应用。通过以产品数字样机

和EBOM为基础,改变现有的工艺协调制造体系,建立工艺数字样机,形成以工艺数字样机为核心的数字化工艺设计体系。在数字化工艺设计中,建立的数字化工艺模型包含描述产品零件制造状态的几何信息、加工或装配等制造工艺技术要求、尺寸和工序说明信息等,即包含了可直接提供给加工、装配等制造过程使用的、能完整描述产品零件的制造工艺过程的工艺规程信息<sup>[1]</sup>。

## 2 工艺工作现状

工艺工作是产品生命周期的重要组成部分,工作内容跨越设计、生产两个环节,具体包括设计文件的工艺性审查、工艺文件编制、工装设计与验证、生产现场工艺管理等。在设计与制造相分离的工作体制下,除设计文件的工艺性审查由设计单位组织实施、生产单位工艺人员参与外,其他工艺工作都是由生产单位负责完成,并应用于生产的各个环节。工艺文件是工艺工作的核心成果,是生产活动的技术依据和数据来源。传统制造模式下,工艺人员依据设计文件编制工艺路线、工艺规程等纸质工艺文件,传递给一线生产、检验人员用于指导生产。近年来,随着信息化条件建设,计算机辅助工艺设计软件(Computer Aided Process Planning, CAPP)得到了推广应用,部分单位实现了结构化工艺设计、电子看板等,但现有的基于CAPP的工艺设计,不是建立在MBD技术应用基础上的,尚还不属于数字化制造的范畴。数字化制造颠覆了传统的基于纸质文件的信息传递模式,开创了以三维模型及数据驱动为基本特征的工作流模式(见图1)。面向数字化制造的工艺工作,以设备、单元、车间、企业乃至协同层面



图1 数字化制造工作流模式

工艺工作的相关资源要素的数字化定义、工艺设计及管理信息互联互通为基础,在工作组织实施方式、方法等方面与传统工艺工作有本质区别<sup>[2]</sup>。

### 3 三维数字化工艺设计体系

为了解决传统三维数字化设计所存在的不足,合数字化技术的发展,本文提出了一种新的三维数字化工艺设计体系,以工序MBD模型驱动为核心,减少了数字化工艺设计层级,并将数字化加工及数字化检测纳入到了三维数字化机加工工艺设计中。通过集成BOM管理工具、WEB管理工具并对数据建模方案和三维工艺指令的统一,减少了在图层转换过程中的数据失真问题,有效提升了三维数字化设计的效率和准确性,该三维数字化工艺设计构架如图2所示。

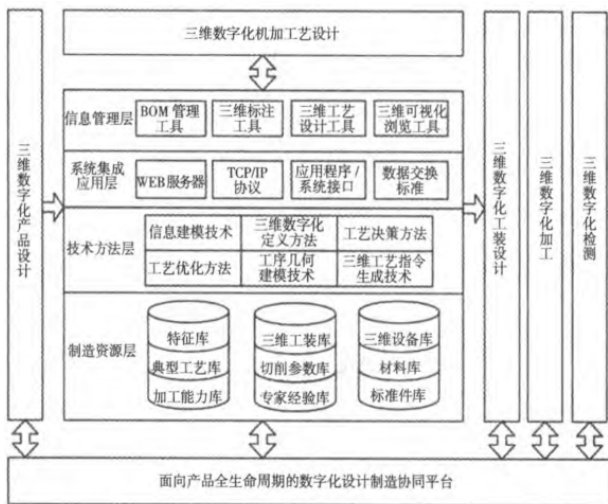


图2 三维数字化工艺设计架构示意图

由图2可知,该新的三维数字化工艺设计架构主要包括了制造资源层、技术方案层、集成层及管理层的四个部分,显著地压缩了整体系统的管理层级,且不同层级的模块化程度和信息化接口程度显著提升。

#### 3.1 制造资源层

主要是由使用单位根据各自的加工能力、加工工艺及构建的MBD模型,将其存储在数据库和服务器内,设计人员在开展三维数字化工艺设计时,能够直接从制造资源层内调取对应的数据信息,满足快速、精确设计的需求。

#### 3.2 技术方案层

主要是包括了设计单位根据自身实际情况所建立的工艺决策方法、工艺优化方法、工艺制造流程等,是一个单位技术设计和加工能力的积淀,也是实现工艺决策和优化的核心<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 集成层

主要包含了不同系统和模块之间的数据通信、标准数据交换等,保证整个三维数字化工艺设计过程中数据传输和转换的准确性。

#### 3.4 管理层

管理层的主要作用是对各类数据信息进行分析,实现对三维数字化工艺设计过程中各类工艺参数信息的有效转换和管理,通过基于BOM的数据管理方案,能够快速对产品明细、配件、更改等进行全流程监测和控制,确保数据更新的效率和及时性。该维数字化工艺设计体系通过对数字化制造工艺过程的优化,实现了数字化设计、数字化生产、数字化管理,为构建全面的数字化制造管理体系奠定了基础。

### 4 三维数字化工艺设计技术

#### 4.1 三维工艺信息建模与表达技术

通过把POM的制造数据语义化过程结构理论与产品三维信息、工艺设计、决策、计算及信息组织等过程相结合,以设计加工对象的三维几何模型为载体,精确定义工艺多视角数据信息,采用POM理论的活动网络AONN定义工艺过程间的网络化关系和过程与对象间的引用关系,通过PSL本体对工艺活动进行语义定义,基于统一制造信息模型和中性化方法进行工艺过程信息描述,建立工艺过程模型,并在此基础上,根据工艺过程语义和中性化表达方法建立工艺过程数据交换的标准接口,最终建立应用三维模型进行表达的三维工艺模型结构框架。

#### 4.2 精益工艺设计

传统的工艺设计基本依赖于工艺人员的个人经验,且重复性工作多,工艺过程优化不足、工艺文件细化量化不足的现象较为明显,一些关键、重要技术要求仍然需要通过实物验证或者依基于经验传承的工艺设计向面向精益生产的精益工艺设计转型。精益工艺设计是对生产布局、工艺流程、工艺路线、工序、人机工程等的优化设计,基本要求包括:轻量化模型设计应在确保几何特征、装配关系、装配位置与三维设计模型保持一致的基础上,尽可能简化产品特征,满足生产单位的工程应用;三维工艺过程建模应准确建立中间工序模型并关联工艺与资源信息;工艺文件结构化设计应基于物料清单(Bill of Material, BOM)的管理模式,针对每道工序,编制多维工艺文档;数字化工艺设计、仿真验证应尽可能减少实物试制。精益工艺设计应建立在工艺技术与工艺管理协调推进的基础上,需要面向MBD技术,再造工艺设计流程<sup>[4]</sup>。

4.3 分析子流程输入、输出,明确建设内容及改善点以OTD流程组梳理为基础,利用供应者、输入、流

程、输出和客户 (SIPOC) 组织系统分析法, 关注各子流程输入、输出, 从“开工前、作业过程、质量控制、完工”4个阶段梳理操作者每日工作内容, 按照作业顺序将操作者关注的内容直接推送至工位, 提升操作者过程能力。操作者开工前需求包括生产计划、物料、生产保障。其建设重点为: 一是通过排产实现作业计划的编制、下发以及班产任务的可视化推送, 使操作者在工位直接获取当日生产任务; 二是通过流程与库存的衔接, 实现物料齐套性检查的自动化、数字化管理; 三是利用二维码和条码技术实现零组件的快速周转交接; 四是基于班产任务实现工装辅材的主动配送; 五是建立点检表管理, 可使用平板电脑进行移动点检, 并以图像、视频形式对检查结果进行记录。操作者作业过程需求包括进度反馈、数据采集、问题快反。其建设重点为: 一是基于操作者标准作业指导卡建立发动机分解、故障检查、修理、装配过程的数字化管理, 实现计划执行的实时监控、反馈; 二是作业表单电子化和数字化检测工具、手段的集成应用, 提高操作者作业数据采集的效率和准确性; 三是开发安灯系统, 成立快反团队, 实现现场问题的快速暴露与解决<sup>[5]</sup>。

结束语: 自动化生产线数字化工艺对零件、夹具、

刀具、程序等各个分散的信息进行系统且有效的数字化定义, 从而可以根据生产任务在生产制造执行系统中实现准确的数据信息下发, 为工艺数据平台的搭建提供了有力的数据支持, 同时也为自动化生产线中零件的快速换型、高效加工、过程控制、质量检测等提供了良好的工艺支持, 具有推广价值。

#### 参考文献

- [1]叶盛, 唐家霖, 鲍劲松, 黄卫东. 基于MBD技术的三维装配工艺系统构建及应用[J]. 排灌机械工程学报, 2016, (10): 60-62.
- [2]倪中华. 三维装配工艺模型的数字化建模方法[J]. 北京理工大学学报, 2017, (01): 115-116.
- [3]马伟, 孙彦锋. 基于三维模型的数字化工艺建设与实践考虑[J]. 黑龙江科技信息, 2016(16):96-98.
- [4]李海泳, 唐秀梅, 亢亚敏, 等. 基于MBD技术的航空制造数字化工艺实施应用[J]. 航空制造技术, 2017(13):40-42.
- [5]陈明月. 略论包装机械自动化水平的发展[C]. 当代包装和食品机械——2000年全国包装和食品机械及相关技术发展研讨会论文集, 2017:74-79.