

航天产品三维数字化制造模式探索与实践

孙莹 汤科 邹新军

(首都航天机械公司, 北京 100076)



摘要: 阐述了国内外数字化制造现状, 并以首都航天机械公司为例, 分析了公司数字化制造现状。公司以某新型号研制为背景, 从背景需求分析、实施方案确定、研制流程梳理、支撑体系构建、关键技术攻关几个方面讲述了如何开展航天产品数字化制造模式探索; 并结合新型号研制阐述了数字化制造技术实践及应用, 为全面实现航天型号产品数字化制造奠定了坚实基础, 对其它单位数字化制造的实施具有很好的借鉴意义。

关键词: 航天产品; 数字化制造; 实践

The Mode Exploration and Practice of Aerospace Products 3D Digital Manufacturing

SunYing TangKe ZouXinjun

(Capital Aerospace Machinery Company, Beijing 100076)

Abstract: The article elaborated the present situation of domestic and foreign digital manufacturing technology, and with the Capital Aerospace Machinery Company as an example, analyzed the current situation in digital manufacturing in the company. The company took a new product development as the background, from the aspects of background requirements analysis, implementation plan determination, development process carding, construction of support system, key technology research, told us about how to carry out mode exploration of digital manufacturing, and combined with the new model development, elaborated the practice and application of digital manufacturing technology, laid a solid foundation for the full realization of aerospace products digital manufacturing. For other companies, it was a very good reference of developing digital manufacturing.

Key words: aerospace products; digital manufacturing; practice

1 引言

在国外, 基于产品数字样机的数字化设计与制造思想和方法已广泛应用于汽车、航空等领域, 成为产品制造业发展的趋势。以波音公司为例, 其在波音 787 研制过程中, 全面采用了基于产品数字样机的数字化定义技术, 基于三维数字样机进行三维标注, 应用标注完整的三维模型作为制造依据, 实现了基于三维数字样机的产品设计、工艺设计、工装设计、产品加工、部件装配、产品检验的高度集成、协同和融合。基于三维数字样机的数字化设计与制造技术的应用, 大大

减少了设计时间, 大幅降低了制造成本, 提高了设计效率和加工质量。

国内一些知名的航空企业在数字化制造探索和研究方面起步较早, 在某些领域取得了显著的成绩, 具有较好的基础。其中部分航空研究所及企业, 已经开始在新型号研制中, 采用全三维设计方法及手段, 以三维设计模型下厂生产, 在典型数控加工、总装等方面实现了产品三维数字化制造。国内航空航天领域正朝向三维数字化制造趋势发展。

首都航天机械公司是我国规模最大的运载火箭和导弹武器总装集成企业, 主要承担运载火箭、导弹

武器等型号产品的研制任务。现阶段，在型号产品研制过程中，公司主要是采用面向图纸的制造管理模式，通过近几年信息化建设及三维数字化制造模式方面的探索，已经构建了相对完善的网络环境，搭建了部分信息系统，研究应用了部分仿真软件，增加配备了一些数控加工设备和检测设备，为三维数字化制造的实施奠定了部分基础。

纵观国内外及公司数字化制造现状，在后续型号产品数字化制造的实施过程中，需认清公司数字化制造水平与国内外知名企业的差距，积极开展数字化制造模式探索与实践，为构建航天产品的数字化制造体系而不懈努力。

2 三维数字化制造模式探索与实践

国内航天数字化制造领域与国外差距较大，重点从产品需求分析、梳理研制流程、制定实施方案、构建支撑体系、突破关键技术和典型型号应用几方面展开航天产品数字化制造模式探索，为实现型号产品数字化制造奠定基础。

2.1 产品需求分析

从发展环境分析，目前，大型制造业正朝着网络化、敏捷化和虚拟化的方向发展，基于三维模型的数字化制造技术不断得到深入应用；三维数字化制造逐渐成为制造业发展的趋势，因此，公司迫切需要顺应形势与环境需求，探索一条适合国内航天企业发展的航天产品数字化制造之路。

从任务需求分析，以公司为代表的国内航天企业，承担着以运载火箭和战略导弹为代表的产品研制任务，而产品的研制已由常规二维研制模式逐步过渡到三维研制模式，这迫切需要国内航天企业充分认清三维数字化研制模式下的型号背景需求，梳理三维模式下的产品研制流程，明确三维数字化制造实施方案，加强对三维研制体系的研究和相关平台的建设，广泛开展三维数字化制造关键技术攻关，形成对型号新研制模式的有力支撑。

2.2 梳理研制流程

根据产品研制过程，梳理数字化制造模式下型号产品研制总体业务流程，即“产品三维设计→设计工艺协同→三维设计文件使用及管理→工艺设计（含工装设计）→数字化生产→数字化检测”。

在产品的设计阶段，设计、工艺人员共同完成产品三维模型建模、标注、审查及模型状态的确定、设计

基线的创建等；设计人员创建模型配套的技术说明、明细表等相关文档并进行内部审签，审签完成后由设计部门完成模型的发布。具体受控设计模型按照“产品三维设计→三维协同标注→三维工艺审查→文档的创建与签署→创建模型基线→三维模型发布”流程来实施。

产品明细表及模型技术状态说明晒蓝文件正式到公司后，档案资料部门根据模型技术状态说明文件从院信息中心服务器上下载模型，并上传到公司PDM系统中，完成设计模型的公司内受控；并将产品明细表及模型技术状态说明文件扫描成电子版上传到PDM系统中与产品模型同一节点下，作为工艺设计、工艺准备、产品生产及检验的依据。模型上传受控后，档案资料部门根据模型上的工艺路线在公司模型分发系统中向各相关单位提起模型分发流程。各有关单位在接收到流程后进行确认，完成公司内模型分发；并根据流程提供的位置在PDM系统中浏览设计模型，开展相关工作。公司内模型分发流程如图1。

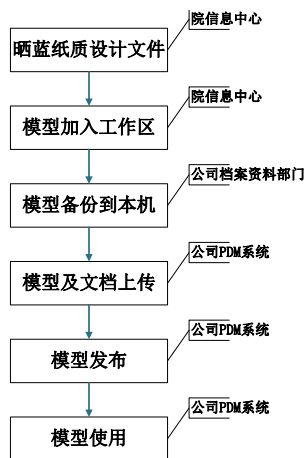


图1 公司内模型受控流程

2.3 制定实施方案

充分考虑型号研制需求及国内航天企业实际情况，梳理三维数字化制造实施思路，将数字化制造工作划分成设计工艺协同（IPT）、三维设计文件的使用及管理、工艺设计（含工装设计）、数字化生产、数字化检验共五个环节（图2），分“三维到工艺”、“三维到现场”、“三维到设备”三个阶段逐步实施（图3）。“三维到工艺”重点解决三维设计文件的尺寸标注、信息传递、状态控制等问题；“三维到现场”重点解决管理制度体系建立、工艺仿真应用、面向三维的工艺设计及管理平台建设、具备条件的现场终端建

设等问题；“三维到设备”重点解决典型产品的数字化加工与检测设备的配备，数字化软硬件环境搭建，数字化标准、规范及制度体系的建立等问题。按照“三个阶段、五个环节”实施方案的要求，本着“统筹规划、分步实施；以点带面，逐步推广；全力以赴、快速推进”的原则，最终达到全面实现产品数字化制造的目标。



图2 长征七号数字化制造五环节图



图3 长征七号数字化制造三阶段图

2.4 构建支撑体系

三维数字化制造是一种全新的模式，为保障型号研制有序进行，在研制流程梳理、实施方案制定的基础上，开始注重产品数字化制造支撑体系建设，主要包括车间现场软硬件环境体系建设、相关技术管理标准体系建设等。

从工作站、打印机、绘图仪、生产现场网络等硬件配置，相关专业仿真软件购置方面，着手搭建三维数字化制造的软硬件环境体系。

从保障三维研制顺利进行的角度，梳理贯穿三维数字化研制整个环节的技术标准及管理规范，见图4。

2.5 突破关键技术

在设计工艺协同环节（IPT），重点开展以三维标注为主的数字化设计技术攻关；在模型使用及管理阶段，重点开展以产品数据管理为主的产品制造过程管理技术攻关；在数字化生产及检验环节，重点开展以装配现场展示为主的数字化现场应用技术攻关，有效保障二维研制模式向三维研制的转变，形成对航天产

品三维研制的有效支撑。

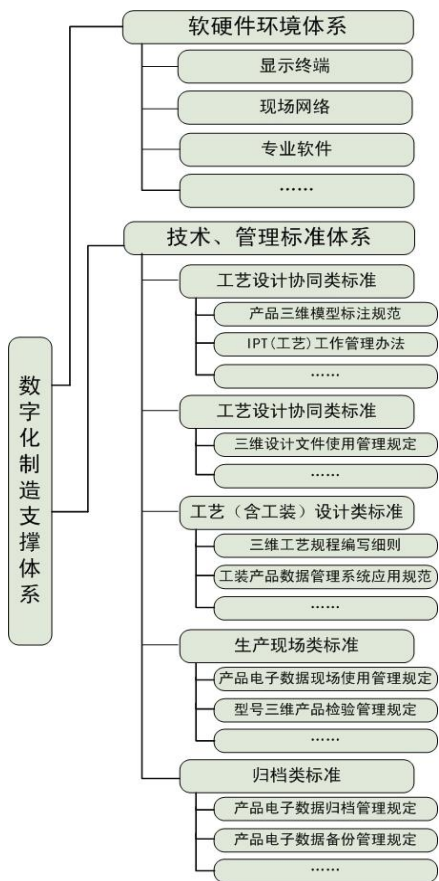


图4 数字化制造支撑体系

2.6 典型型号实践

2.6.1 研制模式变革

在长征七号运载火箭研制过程中，改变传统的二维图纸设计模式，全面采用三维设计模式，由设计人员完成产品三维设计工作。

在设计工艺协同环节，采用协同工作模式，由设计、工艺人员共同组成产品联合研发团队（IPT工作组），集中办公，除了完成传统意义的工艺审查外，还共同完成面向制造的三维模型的尺寸标注、工艺视图的生成、初步编制产品工艺要求、初步提出工装需求等工作，最终形成包含产品三维模型、产品明细表、产品技术状态说明等的三维设计文件，下发到产品制造部门。

2.6.2 工艺设计及管理平台变革

传统的工艺设计是基于二维的CAPP系统来完成的，在三维研制模式下，二维图纸被三维模型所取代，工艺设计管理系统也将随之发生变革。为此，自主开发了基于B/S结构的三维工艺设计系统（PPS系统），该系统具有工艺内容规范化、信息便于统计汇总、支

持三维工艺设计、更改便捷等特点,生成的工艺文件具有直观、形象等优点。目前,所有涉及长征七号产品的制造车间已全部开始基于 PPS 系统编制工艺文件,进行实施应用及验证,实现了产品结构化工艺设计,达到了三维到工艺的第一阶段目标。

2.6.3 制度规范体系革新

传统的制度规范体系都是基于二维纸质研制模式制定的,在三维研制模式下,其实用性较差。在型号产品三维数字化制造模式探索过程中,制定了航天产品数字化制造标准体系框架,梳理了需制定的制度规范及管理标准,如图 4 所示。目前已完成了三维电子设计文件管理规定及基于 PPS 系统的工艺规程编制、使用暂行管理规定两项规范的制定,有效地保证了产品模型状态的受控及工艺文件的规范化管理。随着数字化制造实施的不断深入,将不断补充并逐渐完善三维数字化制造相关标准体系。

2.6.4 典型加工现场实践

对于目前已经具备一定在线浏览条件的生产现场或使用纸质设计模型视图无法准确表述设计状态的装配现场,通过现场终端浏览电子设计文件以及电子工艺文件(辅助以纸质工艺文件)的方式,指导车间生产及检验。

对于不具备使用终端的现场,由工艺人员生成局部纸质设计模型视图,在现场作为设计文件的辅助浏

览方式;同时由工艺人员生成纸质工艺文件,依据纸质工艺文件及其中的工艺附图进行现场生产指导及检验。此外,必须保证设计模型为产品最终检验的依据。

目前,公司基于长征七号运载火箭,全面实现了三维到工艺的目标,部分装配车间开始向三维到现场的目标延伸,已经在典型装配车间开展生产现场网络改造及硬件环境布置,随着生产进度推进,将逐步实现典型现场数字化制造。

3 结束语

三维数字化制造模式探索及实践,初步打通了产品三维数字化制造链路,采用数字化手段实现了型号生产管理,满足了型号三维数字化制造的基本需求,为未来全面推进型号数字化制造工作奠定基础,对于航天领域产品数字化制造的实施具有较好的借鉴意义。但航天型号产品三维数字化制造任重道远,公司将不断完善应用系统,细化研制流程,完善支撑体系建设,持续推进产品数字化制造进程。

参考文献

- 1 黄迪生. 数字化协同与大飞机工程. 中国制造业信息化, 2008, 9: 13~14

(上接第 26 页)

4.6 推广应用

随着工艺设计系统日臻成熟,作为航天制造企业的领军单位,各航天兄弟单位均前来进行调研,对新一代工艺设计系统做出了较高评价。目前,该系统已经在天津某火箭制造公司正式应用,有力地保障了新一代运载火箭等型号的研制;西安航天某厂也已引进该系统,并已部署完毕,即将在新一代液体航天发动机研制中发挥重要作用。

5 结束语

面向企业信息集成的工艺设计系统开发及应用,建立了国内首套面向三维的数字化工艺设计系统,实现了通过工艺设计在线或离现终端指导生产,操作简单、直观、准确。形成了一套完善的数字化工艺设计解决方案,为航天各型号的研制提供了系统保障。同

时,系统在建设过程中,建立起一套完整的数字化工艺管理规范,为保障型号数字化研制的顺利进行奠定了基础。

总之,三维工艺设计系统的不断改进、提升与推广、应用,在提升工艺设计以及管理水平的同时,将会极大地提升我国航天产品的整体工艺设计水平,也使我国数字化工艺设计及管理平台开发技术与国外同类产品技术之间的差距不断缩小。面向企业信息集成的工艺设计技术的推广应用,对我国航天产品制造工艺技术的发展具有里程碑式的意义。

参考文献

- 1 王艳玲,刘宝兴,董正卫,等. 面向协同工作的 CAPP 系统信息集成策略研究[J]. 计算机仿真, 2007 (1)
- 2 田富君,田锡天,李洲洋. 基于轻量化模型的 CAD/CAPP 系统集成技术研究[J]. 计算机集成制造系统, 2010 (3)
- 3 董红军,邓修瑾,王艳玮. 基于面向对象技术的 CAPP 系统分析[J]. 机械科学与技术, 1999, 18 (5)

