

MBD 模式下生产准备探索与实践

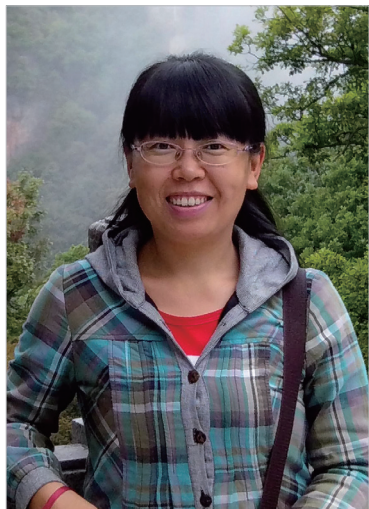
金艳玲, 孙建波, 王 娜

(中航工业西安飞行自动控制研究所, 西安 710065)

[摘要] 生产准备是影响航空产品快速切换的主要环节。为实现航空产品在 MBD 模式下的快速切换, 剖析了航空产品生产准备的主要内容, 探讨了 MBD 模式下航空产品生产准备信息传递模式以及影响航空产品生产快速切换的关键因素。

关键词: MBD 模式; 生产准备; 信息传递模式; 快速切换

DOI: 10.16080/j.issn1671-833x.2016.03.062



金艳玲

高级工程师, 主要从事数控通用刀具选型与应用方面的技术支持工作。

MBD 技术作为数字化协同设计制造技术中的关键应用技术, 已在航空制造业得到了广泛的应用。文献 [1-2] 从宏观上介绍了基于 MBD 的飞机数字化制造技术应用体系及其在协同设计制造中的应用; 文献 [3] 从基于 MBD 的数字化定义技术、数

字化工艺设计与仿真技术、工艺装备设计制造集成技术、数字化检测与质量控制技术以及基于轻量化模型的装配过程可视化技术等方面介绍了基于 MBD 的数字化制造流程; 文献 [4-5] 研究了 MBD 环境下的飞机数字化装配技术; 文献 [6] 研究了 MBD 环境下航空产品的首件检验关键技术; 文献 [7] 讨论了制造资源冲突引起的三维机加工工艺设计与变更, 建立了一种封装制造资源信息与机加工工艺设计的闭环体系结构; 文献 [8] 探讨了飞机全生命周期过程中 MBD 数据的管理方案。上述探讨研究忽视了生产制造过程中最不可控的生产准备这一环节, 将生产准备看作是节拍稳定或可控的, 而实际的应用中, 由于受到 MBD 模型及制造资源变更的影响^[7], 某些产品 / 工序生产准备节拍被打乱, 如何在 MBD 环境下使生产准备工作快速响应动态的工序模型变化是一个需要解决的问题。本文在企业实践及国内外相关研究的基础上, 研究 MBD 环境下航空产品生

产准备的主要内容, 探讨 MBD 环境下航空产品生产准备信息传递模式以及影响航空产品生产准备快速切换, 均衡实现的关键因素。

生产准备信息定义

生产准备是指企业为了保证日常生产的顺利进行, 为顺利实现生产作业计划所从事的各项准备工作, 包括: 技术准备、机械设备准备、物资准备、劳动力的配备和调整、工作地准备等。航空制造企业的生产特点虽多为多品种、小批量、多批次型, 但技术准备、劳动力的配备和调整、工作地准备仍属相对固定型, 唯机械设备准备、物资准备变换频繁。本文仅考虑物资准备变更对 MBD 环境下生产的影响, 这里的物资准备包含了实现机械加工所需的模具、刀具、工装夹具、零部件等的准备。定义如下:

定义 1: 生产准备时间是指设备从一批中的最后一件合格产品的生产结束转换为另一批中第一个合格产品的生产开始所需的所有时间, 也

称为作业切换时间,分为外部切换时间和内部切换时间。生产现场的作业切换主要包含以下几方面内容:模具的切换、刀具的切换、工装夹具的切换;零部件、材料的切换;制造前的其他准备工作(如数控程序的准备)。生产准备时间为:

$$T_W = (T_M, T_D, T_G, T_L, T_Q), \quad (1)$$

$$T_M = \sum_{i=1}^n T_{m_i}, T_D = \sum_{i=1}^n T_{d_i},$$

$$T_G = \sum_{i=1}^n T_{g_i}, T_L = \sum_{i=1}^n T_{l_i},$$

$$T_Q = \sum_{i=1}^n T_{q_i}, \quad (2)$$

式中, T_{m_i} 表示该批产品第 i 个模具所需的准备时间; T_{d_i} 表示该批产品第 i 个刀具所需的准备时间; T_{g_i} 表示该批产品第 i 个工装夹具所需的准备时间; T_{l_i} 表示该批产品第 i 个零部件、材料所需的准备时间; T_{q_i} 表示该批产品第 i 个需要进行的其他准备时间。

定义 2: 外部切换时间 T_W 即不需停机进行的作业切换时间,包括模具、刀具、工装夹具的调整、装配、测试时间,则:

$$T_W = (T_{M_w}, T_{D_w}, T_{G_w}, T_{L_w}, T_{Q_w}), \quad (3)$$

式中, T_{M_w} 表示该批产品所需的模具调整、装配、测试时间; T_{D_w} 表示该批产品所需的刀具调整、装配、测试时间; T_{G_w} 表示该批产品所需的工装夹具调整、装配、测试时间; T_{L_w} 表示该批产品所需的零部件调整、装配时间; T_{Q_w} 表示该批产品所需的其他调整时间。

定义 3: 内部切换时间 T_N 为必须停机才能进行的作业切换时间,主要指模具、刀具、工装夹具、零部件等在机械设备上的安装时间,则:

$$T_N = (T_{M_n}, T_{D_n}, T_{G_n}, T_{L_n}, T_{Q_n}), \quad (4)$$

式中, T_{M_n} 表示该批产品所需机械设备上安装模具的时间; T_{D_n} 表示该批产品所需机械设备上安装刀具的时

间; T_{G_n} 表示该批产品所需机械设备上安装工装夹具的时间; T_{L_n} 表示该批产品所需机械设备上安装零部件、材料的时间; T_{Q_n} 表示该批产品所需机械设备上安装其他辅具的时间。

由定义可知, MBD 环境下实现航空产品快速切换的关键是使 $T_W \rightarrow 0, T \rightarrow T_N$, 因此从三维制造工艺数模中提取生产准备信息成为实现切换工作的前提。

MBD 模式下的生产准备信息传递

MBD 是用集成的三维实体模型来完整地表达产品定义信息的技术标准^[9], 现场加工过程中使用的三维机加工序模型包含了机加工工艺设计

下工序 / 工步级的所有信息。生产准备信息作为工步属性或注释信息由工艺员使用 MBD 技术设计生成并上传至制造信息系统, 通过数字化应用终端, 操作人员能够浏览产品制造工艺数据和工艺图解, 并获取相关准备信息(制造过程动画、程序、刀具、工装、辅料等), 使传统生产准备信息(图 1)在开工指令下达后提取的模式变为自工艺模型生成阶段直接提取(图 2), 改变了航空制造企业的生产准备模式(虚线内为生产准备信息)。

实践案例

以图 3 所示壳体零件加工过程为例, 说明 MBD 模式下的生产准备高效实践。

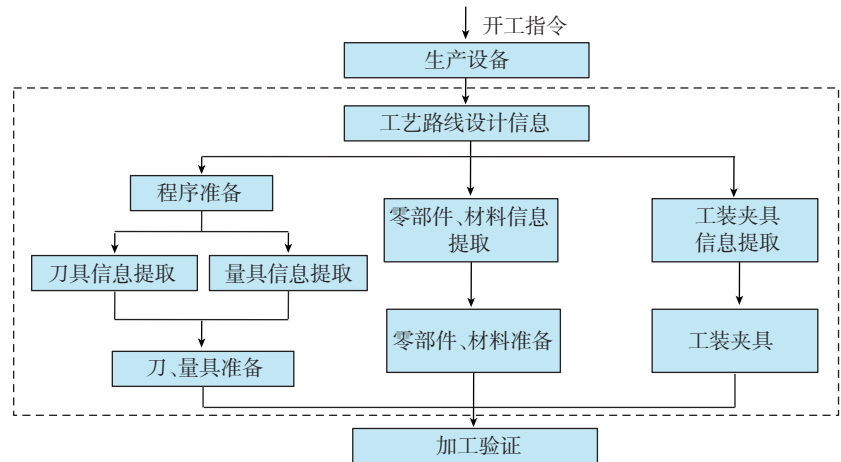


图1 传统的生产准备信息传递模型

Fig.1 Traditional information transmission model for production preparation

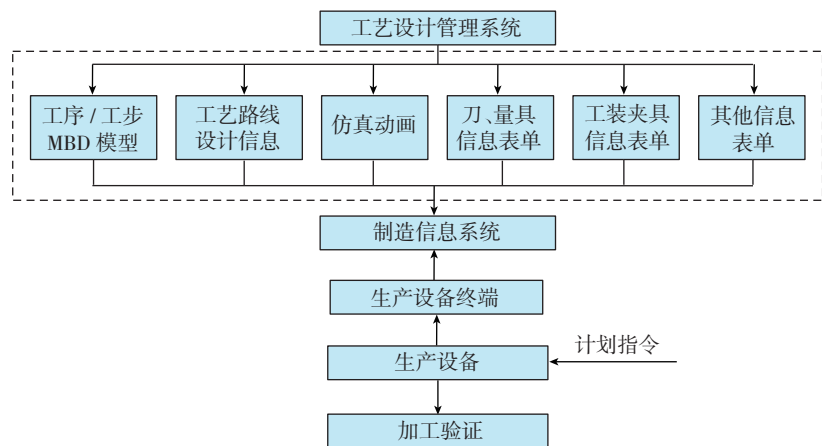


图2 MBD模式下的生产准备信息传递模型

Fig.2 Information transmission model for production preparation in MBD mode

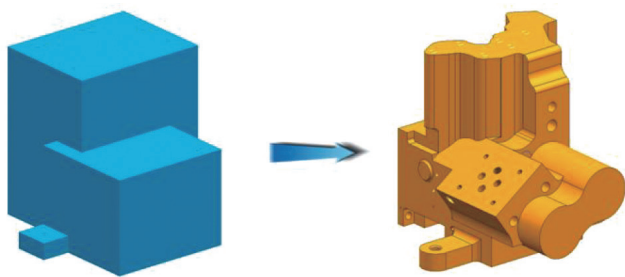


图3 某壳体零件
Fig.3 A shell part

在加工前根据刀具清单(图7)进行刀具准备和配送;为减少 T_{0w} ,通过NX-CAM和Vericut实现程序离线设计和加工仿真,并将程序提前放在DNC服务器,在即将加工前,通过机床双工模式,在加工当前零件的同时将即将加工的工序传输到机床上,不占用机床任何工作时间。

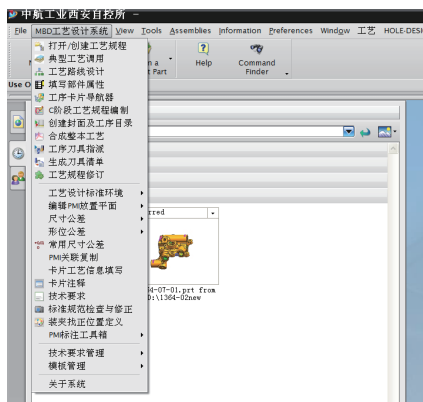


图4 产品制造信息生成
Fig.4 Generation of the product manufacturing information

1 生产准备信息提取

工艺设计人员通过工艺设计系统(图4)生成该壳体零件的产品制造信息后,上传至制造信息系统,机械设备收到生产计划指令后,在制造信息系统中提取本工序所需的生产准备信息,进行外部切换的准备。

2 缩短 T_w 实践

为最大化降低 T_w ,该壳体从工艺路线设计之初即充分考虑了 T_C 、 T_D 、 T_L 、 T_Q 对 T_w 的影响。为降低 T_{0w} ,实现快换夹具链中零件安装及拆卸在机外完成,引用了EROWA夹具链标准基础板形成系列化的工装夹具链基础板(图5);为降低 T_{Lw} ,设计加工了机外快速装拆夹具模块(图6),在机床需要切换零件时候,将已经安装预调好的零件直接安装在机床已固定的基础板上,占机安装时间不超过30s;为减少 T_{Dw} ,刀具清单通过NX离线程序设计后自动生成并输出,

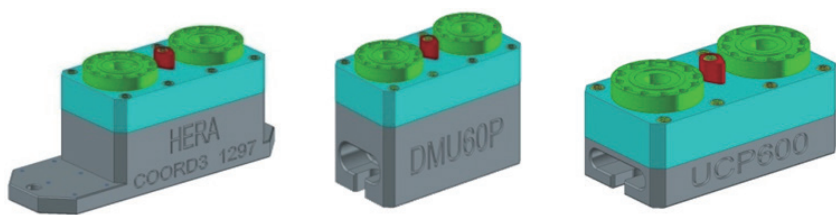


图5 系列化基础板
Fig.5 Serialized baseboard

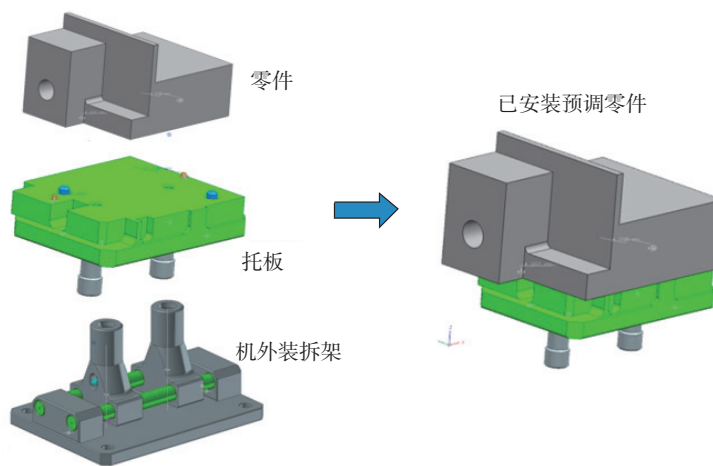


图6 机外快速装拆模块
Fig.6 Offline fast assembly-disassembly module

xxx 20 工序刀具清单

刀具号	名称	露出长度	直径	根部 R 或角度	刃长
12	ZXZD2L20	20	2.0000	120.0000	5.0000
13	ZTD5L20	20	5.0000	118.0000	10.0000
15	ZTD6.2L20	20	6.2000	118.0000	15.0000
14	ZTD4L40	40	4.0000	118.0000	35.0000
16	ZTD4L90	90	4.0000	118.0000	90.0000
11	铣刀 XD10L55	55	10.0000	0.0000	40.0000 或缩柄
3	铣刀 XD10R1.5L55	55	10.0500	1.5000	40.0000 或缩柄
9	铣刀 XD4R0.3L20	22	4.0000	0.3000	21.0000 或缩柄
6	球铣刀 QXD8L40	40	8.0000	4.0000	10.0000
7	球铣刀 QXD6L30	30	6.0000	3.0000	30.0000
10	球铣刀 QXD4L22	22	4.0000	2.0000	20.0000

图7 NX生成的刀具清单
Fig.7 Tool list generated in NX

影响生产准备的关键因素

1 信息提取的有效性

在 MBD 模式下,三维机加工序模型是指导现场生产的唯一有效文件,现场加工人员通过扫描工序模型获取加工信息(刀具、工装、程序、辅料等)。在多工艺任务的敏捷制造环境中因资源冲突导致的工艺路线变更使三维机加工序模型产生相应的变更^[7],则 T_M 、 T_D 、 T_C 、 T_L 、 T_Q 随之产生变更,使 T_w 增加。因此,提取 MBD 模型中的生产准备信息时必须确保所使用的模型与生产现场的模型版本一致,链接的各文件列表现实有效。

2 信息传递的准确性

MBD 以三维模型作为唯一的产品定义依据,三维模型必须以电子化形式存在,意味着过去基于纸质数据就能进行的生产准备工作必须转变到基于电子数据的工作方式。工序模型、数据提取工具和技巧、数据管理系统的集成和组织、生产准备过程等都将影响到生产准备信息的传递。鉴于生产准备与工艺设计分离,MBD 包含的信息远多于传统图纸,而生产准备却只需要确定的局部信息,因此基于 MBD 模型提取的生产准备信息能否准确传递将直接决定程序越程、过切、碰撞等影响产品质量事件的发生机率。

3 信息反馈的及时性

MBD 数据集内包含设计、工艺、

制造、检验等各部门的信息,各职能人员共同在一个产品模型上协同工作,在生产准备、产品加工过程中发生的生产准备信息变更应及时通知到相关人员(工艺设计人员、工装设计人员、生产准备人员等)。任何一次 M 、 D 、 G 、 L 、 Q 的变更都将影响到下一批次该产品基于 MBD 信息提取的准确性。

结束语

MBD 技术实现了无图纸三维设计制造技术,缩短了产品研制周期,提高了生产效率,它要求各职能部门能快速响应动态的模型变化。本文从生产准备的角度探讨了在 MBD 环境下影响航空产品生产快速切换的关键因素,为基于 MBD 的航空产品生产准备体系建立提供了技术支撑。

参考文献

- [1] 周秋忠,范玉青. MBD 技术在飞机制造中的应用[J]. 航空维修与工程,2008(3): 55-57.
- [2] 冯潼能,王铮阳,宋娅. MBD 技术在协同设计制造中的应用[J]. 航空制造技术,2010(18): 64-67.
- [3] 余志强,陈嵩,孙炜,等. 基于 MBD 的三维数模在飞机制造过程中的应用[J]. 航空制造技术,2009(25): 82-85.
- [4] 梅中义. 基于 MBD 的飞机数字化装配技术[J]. 航空制造技术,2010(18): 42-45.
- [5] MEI Zhongyi. Digital aircraft assembly technology based on MBD[J]. Aeronautical Manufacturing Technology,2010(18): 42-45.
- [6] 张魁,范玉青,卢鸽,等. 基于 MBD 制造体系的装配工艺数据集成[J]. 机械工程师,2009(1): 55-58.
- [7] ZHANG Kui, FAN Yuqing, LU Hu, et al. Assembly process data management based on digital definition technology[J]. Mechanical Engineer,2009(1): 55-58.
- [8] 杜福洲,梁海澄. 基于 MBD 的航空产品首件检验关键技术研究[J]. 航空制造技术,2010(23): 56-59.
- [9] DU Fuzhou, LIANG Haicheng. Research on key technology of MBD-based aviation first article inspection[J]. Aeronautical Manufacturing Technology,2010(23): 56-59.
- [10] 阳阳,莫蓉,万能,等. MBD 模式下基于制造资源信息的机加工工艺应用研究[J]. 制造业自动化,2012,34(14): 21-25.
- [11] YANG Yang, MO Rong, WAN Neng, et al. The research of machining process application based on manufacturing resources information in MBD mode[J]. Manufacturing Automation,2012,34(14): 21-25.
- [12] 余定方. 面向飞机全生命周期的 MBD 数据管理解决方案探讨[J]. 航空制造技术,2010(23): 124-127.
- [13] YU Dingfang. MBD data management solution for aircraft full lifecycle[J]. Aeronautical Manufacturing Technology,2010(23): 124-127.
- [14] 邹冀华. 飞机数字化测量辅助装配技术及应用[J]. 航空制造技术,2009(24): 48-52.
- [15] ZHOU Jihua. Aircraft digitized measurement aided assembly technology and application[J]. Aeronautical Manufacturing Technology,2009(24): 48-52.

Exploration and Practice of Production Preparation in MBD Mode

JIN Yanling, SUN Jianbo, WANG Na

(AVIC Xi'an Flight Automatic Control Research Institute, Xi'an 710065, China)

[ABSTRACT] Production arrangement is an important link affecting the fast switching of aviation products. To promote the realization of fast switching of aviation products in MBD mode, analysis is done on the main part of production preparation of aviation products. The information transfer mode of production arrangements of aviation products in MBD mode and the key factors which influence the fast switching of aviation products in their productive processes are also discussed.

Keywords: MBD mode; Production preparation; Information transfer mode; Fast switching

(责编 大漠)