

基于模型定义的孔特征实例化方法及应用

晏阳,田威,胡俊山,李鹏程,葛朝廷,钱晓硕

(南京航空航天大学 机电学院,江苏 南京 210016)

摘要:针对自动钻铆过程中对于装配信息的需求,设计一种基于模型定义的孔特征实例化方法。以孔特征为单元利用孔特征实例模板的循环匹配创建实现产品装配工艺信息的数据定义。根据实际加工需求进行未定义孔特征实例信息的属性值添加,保证装配信息的完整性。通过将装配信息储存在产品装配信息数据库中实现向后续制造活动的信息传递。实验表明:该方法可以有效实现装配信息的组织和传递,有效驱动机床进行制孔加工作业,实现 CAD、CAM 系统数据源的统一。

关键词:自动钻铆平台;装配;孔特征;建模;实例化

中图分类号:TP391.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2023)04-0090-03

Method and Application of Hole Feature Instantiation Based on Model Definition

YAN Yang, TIAN Wei, HU Junshan, LI Pengcheng, GE Chaoting, QIAN Xiaoshuo

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: To meet the demand for assembly information in the process of automatic drilling and riveting, a method of instantiation of hole features based on model definition is designed. With hole feature as a unit, the data definition that realizes product assembly process information is created by cyclic matching of hole feature instance templates. According to actual processing requirements, unidentified hole feature instance information are added to ensure the integrity of assembly information. The information transfer to subsequent manufacturing activities is realized by storing the assembly information in the product assembly information database. The experiment results show that the method can effectively realize the organization and transmission of assembly information and accomplish the unification of CAD and CAM system data sources.

Keywords: automatic drilling and riveting; assembly; hole feature; modeling; instantiation

0 引言

随着计算机辅助设计(computer aided design, CAD)技术以及计算机辅助制造(computer aided manufacturing, CAM)技术的快速发展,改变了传统以工程图样为主、三维数字模型为辅的制造方式,数字化制造技术成为制造业信息化的发展趋势^[1-2]。基于模型定义的数字化设计与制造技术通过将二维图样所定义的工艺描述信息、属性信息和管理信息附着在产品的三维模型中实现产品信息向工艺准备和生产制造活动中的传递。文献[1]综合制造特征的几何形状要素与制造信息要素,通过定义产品不同制造特征的信息内容和信息关系,获取相对应的制造特征实例信息,从而将产品模型转化为制造特征信息的集合;文献[3]以飞机自动化装配过程为例,针对飞机产品建模特点,建立装配孔工艺特征模型,深入剖析了孔工艺特征的添加技术,为后续制造活动提供信息支持。

综上所述,现有的基于模型定义的信息建模主要分为两类:1)通过特征识别方法,获取产品模型中所包含的几

何拓扑信息和特征关系信息,实现产品信息向加工生产的传递和推演,但是这种方法包含的特征类型过多,有大量的无用冗余信息;2)按照工艺规划对加工信息的需求,将信息进行组织和划分并向生产加工过程传递,但是这种方式仅能完成已在数模中进行定义的加工信息,无法根据实际加工需求完成未定义加工信息的定义和赋值。

针对上述问题,本文提出一种基于模型定义的孔特征实例化方法,从信息的本质关系上解决了自动钻铆装配过程中孔位信息的来源问题:通过建立孔特征实例模板实现数模中已有信息的传递;对于没有形成完整定义的孔特征模型,根据实际加工需要进行未定义实例信息的定义之后再行数据输出,从而实现制造信息向生产活动的有序传递。

1 产品装配信息实例化

尽管大多数产品数模在设计时采用了几何特征作为建模方法,但是在实际加工生产中往往难以将产品设计特征和加工相统一,需要实现从设计特征向加工特征的映射^[4]。

基金项目:国家重点研发计划课题项目(2019YFB1310101);国家重点研发计划重点专项课题项目(2019YFB1707403)

第一作者简介:晏阳(1997—),女,安徽阜阳人,硕士研究生,研究方向为数字化装配,929507254@qq.com。

1.1 孔特征实例化概念描述

孔特征实例模板是实现批量封装孔特征实例信息的前提。通过将具有相似几何特征、相似加工方式的孔特征进行抽象定义,进而将孔特征类型定义为一种包含几何属性和装配信息属性以及相应层次关系的模板。

$$H_T = \{ (f_p, e_p, d_p, t_p, n_p) | f_{HT} \} \quad (1)$$

式中: H_T 为孔特征类型; f_p, e_p, d_p, t_p, n_p 分别代表所包含的几何特征属性、几何形面属性、尺寸属性、尺寸公差属性和注释属性; f_{HT} 是孔特征与其所关联属性之间的关系。孔特征实例表达为

$$H_I = \{ (f_v, e_v, d_v, t_v, n_v) | f_{HI}, f_{HIHT} \} \quad (2)$$

式中: H_I 为孔特征实例; f_v, e_v, d_v, t_v, n_v 分别为构成孔特征实例的几何特征、几何形面、尺寸值、尺寸公差值和注释内容; f_{HI}, f_{HIHT} 分别定义为孔特征制造实例与其所关联的形状信息之间的关系以及孔特征模板到孔特征实例之间的匹配关系。

如图1所示,以孔特征为单位按照孔特征实例模板中的属性定义匹配获取工艺信息,使每个孔特征制造实例具有孔特征模板所定义的几何特征属性值和装配信息属性值,从而实现孔特征的实例化。

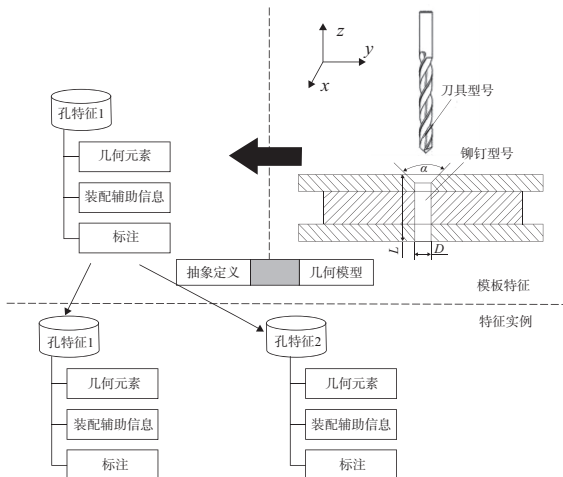


图1 孔特征模板和孔特征实例

1.2 装配信息实例化应用

基于上述孔特征实例化方法,在 DELMIA 平台利用 Automation 方式中的 VBA (visual basic for application) 进行二次开发。通过判断装配信息完整性,将未定义的装配信息添加到产品数模上,实现最终产品数模的建立。在后续规划中,以该信息模型为数据源提取后续装配所需要的几何信息和非几何信息,并将装配信息导入装配信息数据库中为后续制造活动服务。应用过程如图2所示。

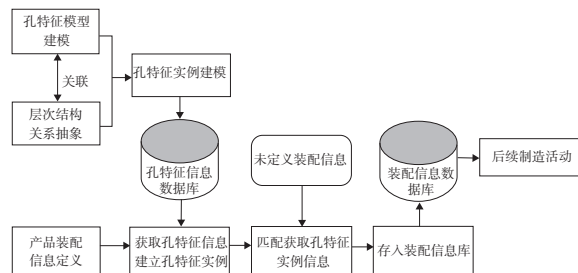


图2 实例化应用过程

2 装配信息应用实例

2.1 制孔坐标获取

在自动化装配过程中,客观存在的制造误差、装配误差会随着尺寸链的积累最终反映在实际加工孔位上,因此理论数模与被加工工件的一致性往往难以保证。在箱体装配时为保证钻铆加工的效率,往往采用人工在制孔区域的边角制出预连孔并进行预连接。通过将预连孔定义为基准孔来构造孔位误差补偿模型,以基准孔的偏差向量计算待制孔偏差,实现待制孔的理论位置补偿^[5]。按照实际加工流程将孔特征类型划分为基准孔和加工孔,并分别对其进行定义,实现孔工艺信息的分层次、分组定义。图3所示为以某航空大部件试验件为对象进行孔特征实例化生成举例。

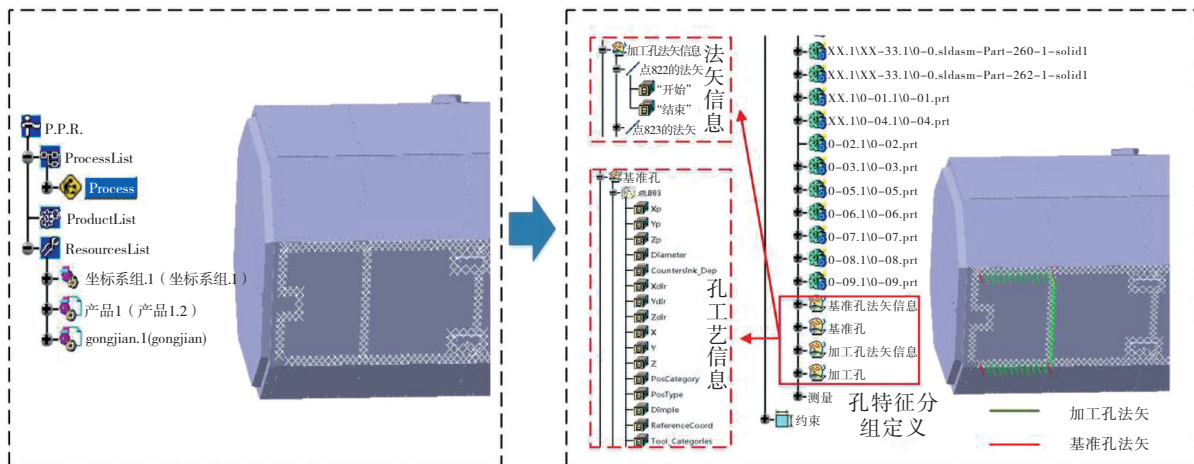


图3 孔特征实例化生成举例

由于箱体试验件尺寸较大,故选择其局部区域进行制孔实验。这里选取蒙皮上、下两排孔带进行制孔,制孔区域孔位分布如图4所示,其中A、B、C、D为该制孔区域的边角基准孔,待制孔呈线性均匀分布。

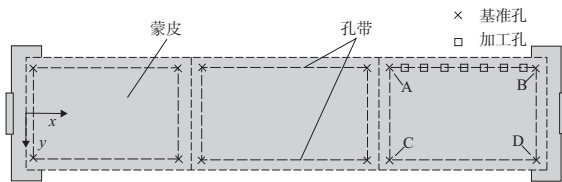


图4 试验件孔位分布图

按照孔特征实例化流程进行加工信息的封装。并将封装的理论坐标和法矢提取出来作为制孔的依据。试验件制孔区域基准孔理论坐标如表1所示。

表1 边角基准孔理论坐标 单位:mm

基准孔	(x,y,z)
A	(573.872,765.862,940.543)
B	(893.871,766.248,940.623)
C	(573.015,805.835,946.743)
D	(893.015,806.220,946.823)

2.2 实际制孔分析

为了验证孔特征实例化方法的有效性,以箱体试验件为实验对象搭建自动化钻铆平台。自动钻铆平台包括复合加工机床、钻铆末端执行器、旋转工装和试验件等。提取实例化方法所输出的加工孔装配信息驱动机床进行自动钻孔实验,每个桁条共制9个孔位,共计18个孔。制孔完成后的试验件如图5所示,A、B、C、D为基准孔,自动制孔的顺序为“a1—a2”。

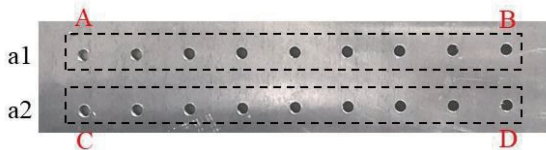


图5 制孔完成后的试验件

对制孔完成后的试验件进行分析:按照孔特征实例化方法封装的装配信息可以顺利驱动机床进行制孔加工作业,验证了模型封装信息的完整性。利用激光跟踪仪及其附属的测绘软件完成制孔位置精度的评估,制孔点在桁条a1、a2上呈线性分布,且孔间距在(40.00±0.60)mm,孔排距在(40.00±0.50)mm。由此可以看出根据实例化方法导出的数据可以实现机床的规律制孔但加工孔位置精度较低。这是由于没有进行孔位修正导致理论加工孔和实际加工孔之间存在误差造成的,为确保孔位精度满足加工要求,后续应构建孔位修正模型进行孔位修正。

3 结语

1) 针对自动钻铆过程中对孔特征工艺信息的需求,利用孔特征模板匹配获取孔特征实例信息,并传递到装配信息数据库解决钻铆装配工艺数据来源问题。

2) 以某航空大部件箱体试验件为实验对象搭建自动化钻铆平台。实验结果表明:依据孔特征实例化方法建立的产品数模,包含进行装配作业的全部加工信息,可以有效驱动机床进行制孔加工作业。

参考文献:

[1] 葛晨,乔立红. 制造特征信息建模及其实例化方法[J]. 计算机集成制造系统,2010,16(12):2570-2576.

[2] QIAO L, LV S P, GE C. Process planning and supply chain integration; Implications for design process[C]//Global Product Development, Nantes; 2011:9-17.

[3] 陈亚丽,田威,廖文和,等. 基于MBD的飞机自动化装配孔工艺特征快速添加技术[J]. 航空制造技术,2016,59(增刊2):82-86.

[4] 于芳芳,郑国磊,任文杰,等. 基于设计特征模型的加工特征映射技术[J]. 北京航空航天大学学报,2007,33(7):842-845.

[5] 孙新月,田威,胡俊山,等. 基于遗传算法的插值Coons曲面孔位修正方法[J]. 北京航空航天大学学报,2021,47(9):1814-1822.

收稿日期:2022-02-18

(上接第79页)

参考文献:

[1] 郭生荣. 航空机电系统综合技术发展[J]. 航空精密制造技术,2016,52(1):1-6.

[2] 刘晓军,刘金锋,倪中华,等. 基于三维模型的机加工工艺设计关键技术[J]. 机械制造与自动化,2019,48(6):1-6.

[3] 谢飞,郭宇,张红蕾,等. 基于图和子图同构算法的制造特征识别方法[J]. 南京航空航天大学学报,2018,50(3):390-396.

[4] 齐吉燕. 基于工艺路径规划的加工工序模型构建研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2019.

[5] 尚佳策. 飞机舵机壳体数控加工快速编程系统研究与开发[D]. 南京:南京航空航天大学,2020.

[6] ALEMANNI M, DESTEFANIS F, VEZZETTI E. Model-based definition design in the product lifecycle management scenario[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2011,52(1/2/3/4):1-14.

[7] SANDBERG M, TYAPIN I, KOKKOLARAS M, et al. A knowledge-based master model approach exemplified with jet engine structural design[J]. Computers in Industry, 2017,85:31-38.

[8] 余莹. 模型驱动的航空环控散热器总装焊接夹具变型设计[D]. 南京:南京航空航天大学,2020.

收稿日期:2022-02-28