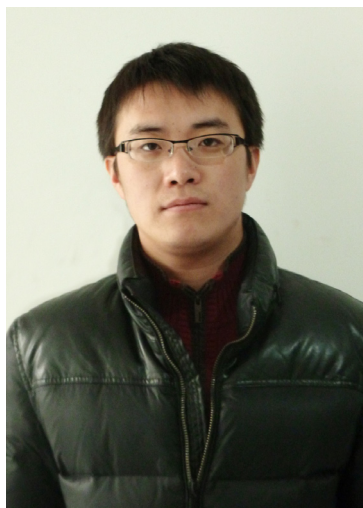


基于 MBD 的零件数字化工艺设计技术

MBD-Based Part Digital Process Design Technology

北京航空航天大学机械工程及自动化学院 吴建平 梅中义



吴建平

硕士研究生。研究方向为数字化设计与制造。

近年来,国内飞机研制已经由三维数模取代二维图纸,采用基于模型定义 MBD (Model Based Definition) 技术的产品定义模型成为新机研制的唯一制造依据。零件工艺设计也在逐渐采用计算机辅助工艺设计 (CAPP) 系统。但是对于飞机零件的工艺设计,二维工艺设计不能直接利用全数字化 MBD 模型,需要手工维护大量 3D 到 2D 转换等不增值环节,

MBD 技术的应用使三维实体模型成为制造过程中的唯一依据。在零件工艺设计过程中,依据 MBD 三维模型,首先进行几何特征及工艺信息识别,将工艺路线与制造特征关联起来,形成基于 MBD 的工艺信息模型存储在数据库中,在制定零件工艺规程同时生成工艺状态模型。

没有从根本上实现零件 MBD 模型到零件工艺信息模型的转变^[1]。

根据以上分析,本文对基于 MBD 技术的机加件工艺信息组织结构进行分析研究,提出了基于几何和特征的工艺信息模型和工艺规划方法,利用 CAITA Automation 技术与创成式工艺规划方法完成了基于 MBD 技术飞机机加件的工艺信息模型存储和工艺规程设计,实现了从 CAD 到 CAPP 和 CAM 的零件工艺信息传递。

相关技术

1 MBD 技术

MBD 技术是将产品的所有相关设计定义、工艺描述、属性和管理等信息都附着在产品三维模型中的先

进的数字化定义方法^[2]。狭义上说,MBD 就是对数字化模型进行规范化的全三维标注;广义上说,MBD 不仅是对模型进行三维标注,和传统的以工程图为核心授权资料的生产模式相比,以 MBD 数据集为唯一依据的制造技术带来了生产模式的变革,更有效地提高了数字化技术带来的便利。

2 CATIA Automation 技术

CATIA 使用基于 COM(Component Object Model,组件对象模型)技术的自动化提供二次开发接口。COM 是一种二进制兼容规范,使不同语言开发的组件在二进制可执行代码级基础上相互通信,增强了代码的重用,提供对外访问接口。自动化在解释环境下执行,

在 COM 基础上实现,继承了 COM 的与语言无关、进程透明特点,简化了 COM 的底层细节,应用更广泛^[3]。

总体方案设计

零件工艺信息模型是描述零件工艺信息结构及特征几何关系的数据结构模型,是设计管理系统、工艺管理系统和生产现场管理系统的数据库模型^[1]。通过对基于 MBD 零件工艺设计不同阶段模型的表现形式以及零件工艺规划分析,本文提出了基于 MBD 飞机零件工艺设计总体方案(图 1)。零件工艺信息提取采用 CATIA 二次开发技术,实现从 MBD 工艺数模中直接提取相关工艺信息并保存在数据库中,形成了零件工艺信息模型。基于 MBD 工艺规程设计、基于 MBD 工艺状态仿真通过读取零件工艺信息模型相关工艺信息实现基于特征几何的工艺规程设计以及工艺状态仿真。

本文选取典型机械加工零件对上述工艺设计技术进行实例应用,具体过程见下文。

基于 MBD 的机加件工艺信息组织分析

一个完整的基于 MBD 的机加件应该包括产品的三维几何信息而非几何信息。在 CATIA 软件中,这些非几何信息都定义在规范树之中。为合理安排信息,规范树采用分类集合的方法,把产品信息进行分类组织管理。表 1 列出了完整的 MBD 模型规范树结点信息^[4]。表 1 中在适用范围内容为必需的,一定要在结构树中体现出来,其他则为可选项。

基于 MBD 机加件的工艺信息模型中应该包含在工艺设计过程中的所有工艺信息,主要有以下几类:基准信息、几何尺寸信息、公差信息(尺寸公差、位置公差)、材料信息、热处理信息。对于零件工艺规程制定需要提取的信息依据是:(1)定位基准

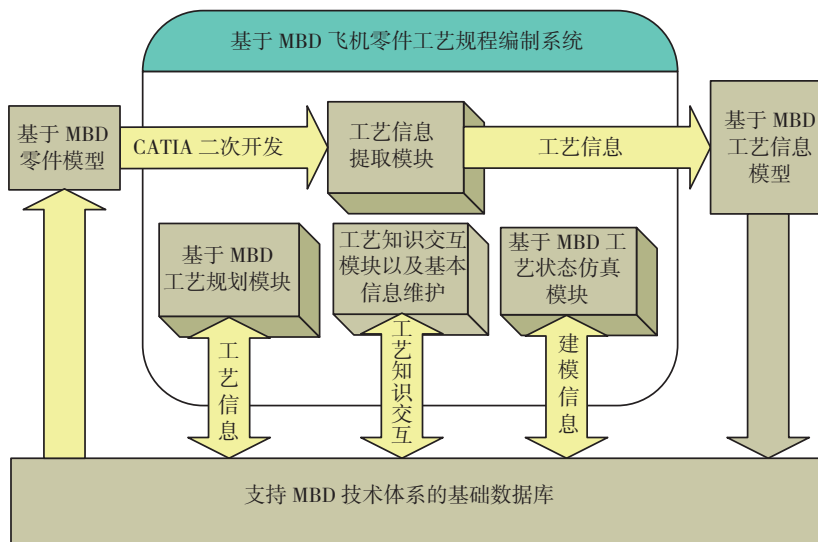


图1 总体方案设计

的选择:正确选择定位基准,特别是主要的精基准,对保证零件加工精度、合理安排加工顺序起决定性的作用。定位基准在标注集的基准节点中读取。(2)零件表面加工工艺方案的选择:由于表面的要求(尺寸、形状、表面质量、机械性能等)不同,往往同一表面的加工需采用多种加工方法完成。加工方案主要根据表

面粗糙度信息以及热处理信息来决定。零件热处理信息位于 MBD 数据集规范树的零件说明节点下。同时包括零部件的最终处理和零部件标记等信息。(3)加工阶段的划分:对于那些加工质量要求高或比较复杂的零件,通常将整个工艺路线划分为几个阶段,需要从 MBD 模型中读取尺寸和公差信息以及加工细节特征

表1 机加件MBD规范树结点信息

结点类型	说明	适用范围
xy plane	CATIA 默认	必需
yz plane	CATIA 默认	必需
zx plane	CATIA 默认	必需
PartBody	实体特征造型	零件模型根据需要
External References	关联设计时引用的其它模型几何元素	根据需要
Construction Geometry	建造本模型所必需的一些基础点线面	根据建模需要
Engineering Geometry	有关坐标系与基准面信息	根据建模需要
Reference Geometry	引用有关零件实体模型	安装模型根据需要
Standard Notes	标准说明	必需
Part Notes	零件说明	必需
Annotation Notes	标注说明	必需
Material Description	材料描述信息	零件模型必需
Approval Status	管理信息	必需
Annotation Set	标注集	根据需要
Publication	其他模型关联设计时引用信息	零件模型根据需要

的要求,然后通过工艺决策制定出较优的加工路线,尺寸和公差信息位于 MBD 数据规范树的标注集节点下的形位公差与尺寸中。加工细节特征的要求从零件说明和标注说明节点下读取。零件的材料信息位于 MBD 数据规范树下的材料信息节点下。

基于 MBD 的零件工艺信息提取与存储

近年来,MBD 技术已经应用于国内航空企业的飞机研制过程中。但是在对飞机零件工艺规程制定过程中,依然采用手动输入相关的零件工艺信息,由此可以看出,这些工艺信息仍然作为一个相对独立的单元,没有融入到制造业信息化的过程中,在企业生产管理系统中以一种离散的、非标准的形态存在,不利于制造业信息化的推行。

本文采用 CATIA 二次开发技术,通过 CATIA 提供的 API 实现零件工艺信息读取,并通过确定不同几何特征的工艺信息数据结构形式,将读取的工艺信息以特定的工艺信息模型存储在数据库中,为飞机零件工艺规程制定提供了唯一的数据源。

1 机加件工艺信息的获取

分析基于 MBD 的机加件工艺信息的组织,其工艺信息标注于标注集节点下;一些说明信息、热处理信息以及材料信息分别标注在零件注释、材料描述以及标注说明节点下。

标注集节点主要包含零件几何特征的一些尺寸公差信息、基准信息。以外圆为例,一个外圆特征主要包括尺寸、公差和表面粗糙度信息。

分别点取某外圆几何特征的工艺信息,然后在系统内点击相应的获取按钮,即可获得该几何特征的所有工艺信息。

其他节点下的工艺信息包括材料信息、热处理信息等,获取也采用相应的方法和步骤。

2 工艺信息存储方式及存储表的设计

特征是零件表面上具有特定形状的部分区域,代表零件的某种功能(即设计特征)或制造方法(即制造特征)^[5]。集成 CAD 与工艺设计系统必须识别出 CAD 模型中具有工程意义的制造特征,特征识别是对零件实体模型进行解释^[6]。基于 MBD 飞机零件工艺设计技术通过基于特征的工艺信息描述方法,分析不同零件特征类型,建立相应几何特征的存储表。主要针对一些简单零件,可以分为回转类零件和简单非回转类零件。

回转类零件按照加工类型将其特征分为外环槽、外倒角、径向孔、齿轮和外螺纹等基本几何特征类型。简单非回转类零件按照加工类型将其特征分为端面、凹槽、通槽、孔、倒角和倒圆角等基本几何特征类型。

在对 MBD 零件进行工艺信息提取之前首先需读取该零件的所有几何特征。

基于 MBD 零件的特征信息的存储和组织是数字化工艺设计技术实施的关键,在零件特征信息读取结束后再对每个几何特征的工艺信息进行读取。获取的 MBD 零件工艺信息采用 oracle 数据库存储,基于特征的工艺信息存储方式是将工艺信息存储在与其相对应的特征表中。图 2 所示为零件特征与几何特征工艺信息表的关系。

到目前为止,针对特征的工艺设计还仅仅是以各种特征表达的数据模型的形式停留在数据库内部,要想指导实际生产还需要制定零件的工艺规程并输出,为工人进行实际生产提供依据。

工艺规程编制过程

基于 MBD 的零件工艺规程设计采用从特征到加工工艺的生成过程。这一方式就是通过所选择的特征实例的类型和该特征存储在数据库中的工艺信息,选择合适的加工方法、加工设备和加工工具并最终形成该特征的有序的加工过程(图 3)。

首先是确定零件的毛坯以及零件加工特征序列,然后通过所选择的零件特征查询工艺信息库,以交互或者创成两种方式选择加工方法、加工设备和加工工具组成的特征的加工工序。这里需要一个比较完备的机加件工艺知识库,为加工刀具和设备选择提供依据。

零件加工过程中特征加工序列是通过数据库中特征顺序编号以及工艺人员的设计经验确定的。同一零件的相同特征类型在特征提取过程中由工艺人员确定其加工顺序并标记在数据库中,在零件特征加工序列确定过程中,不同特征类型之间的加工顺序由工艺人员自己确定其加工顺序,这样可以充分发挥工艺人员的经验,提高了工艺设计的实用性,

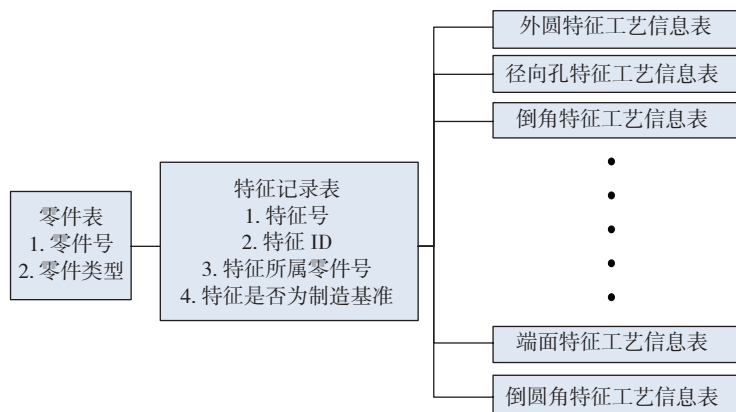


图2 零件特征及其工艺信息表

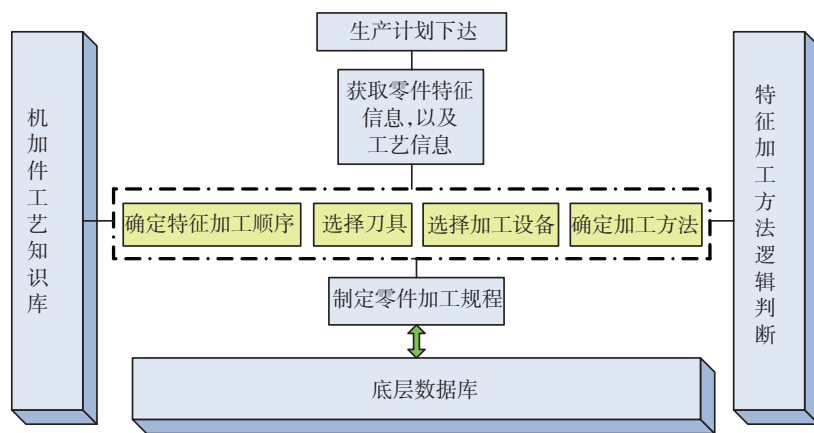


图3 零件工艺规程设计过程

具有更强的工程应用意义。

每一个特征的加工方法包含若干加工操作,每一个加工操作就是使用指定的设备和工具对特征对应的零件表面区域进行的一次相对运动,当所有这些加工操作完成时,这个特征表面就加工好了。一个加工操作的生成通常是从选择加工方法开始,对于某个特征可能存在多个适合的加工操作,所以需要通过加工逻辑判断层进行加工方法确定,并以工艺人员的经验做适当的选择。以外圆几何特征的加工方法确定为例,逻辑判断层一条关于外圆特征加工方法的选择决策如下所示:

IF(特征类型 = 外圆 AND 零件材料 = 45# 钢 AND IT6 = < 精度 <= IT9 AND 1.6 = < 粗糙度 <= 6.3)

THEN(加工方法 = 粗车 -> 半精车 -> 精车)。

确定了加工方法、设备和工具就可以组成一个加工操作,重复上面的过程,直到这些加工操作组合起来能够完成这个特征就算完成了一个特征的工艺设计,这些按照顺序生成的加工操作就组成了特征的加工工序。

工艺卡片依然是企业用来指导零件加工的主要手段,本文的零件工艺设计系统也是通过输出的零件工艺卡片作为工艺设计的依据。该系

统目前是将工艺设计结果以 excel 的形式输出,为现场工人实际加工提供依据。

零件工艺状态模型

零件的工艺状态即是每一步工序完成后的零件状态,通过仿真模拟零件工艺状态可以指导工人现场加工,依据系统编制的工艺规程结合零件工序状态形象地表示出了零件每一步所要加工的几何特征面,如图4所示。对零件加工过程工艺状态的仿真模拟主要目的是使车间工作人员对零件的加工过程认识清楚,避免出现加工过程不清楚导致加工废品率高以及无法实施加工操作等现象的发生。

本工艺设计系统采用 CATIA 二次开发技术,依据基于特征加工序列的工艺规程实现工艺状态仿真,仿真结果以 3Dxml 格式输出,工人在加工现场使用 CATIA 轻量化软件查看,实现了工艺规程和三维模型相结合的方式指导零件加工。

结论

MBD 技术的应用使三维实体模型成为制造过程中的唯一依据。在零件工艺设计过程中,依据 MBD 三维模型,首先进行几何特征及工艺信息识别,将工艺路线与制造特征关联起来,形成基于 MBD 的工艺信息模型存储在数据库中,在制定零件工艺规程同时生成工艺状态模型。这样,工人在加工过程中就可以将零件工艺规程与三维工艺状态模型结合使用,使工人更加容易理解零件加工过程,提高加工准确度和工人生产效率,这必将推动我国生产制造业的发展。

本文共有参考文献 6 篇,因篇幅所限未能一一列出,如有需要请向本刊编辑部索取。

(责编 三丰)

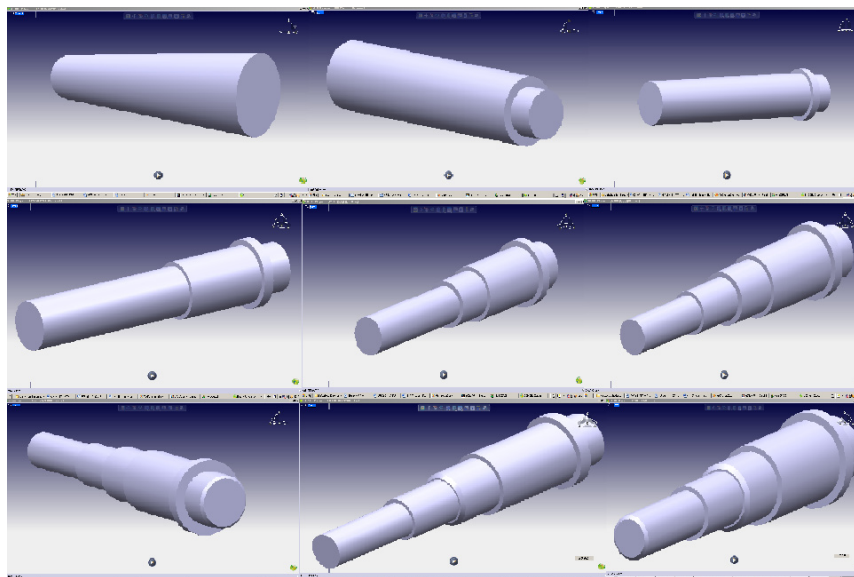


图4 某零件工艺状态示意图