

基于二次开发的知识集成夹具设计方法

刘峻城¹, 张胜兰¹, 赵羽沛¹, 戚 丹², 胡明星², 刘军伍²

(1. 湖北汽车工业学院汽车工程学院, 湖北 十堰 442002; 2. 东风锻造有限公司, 湖北 十堰 442008)

摘要: 从现存的夹具设计知识衍生出不同的产品规格是一种高效的设计方法,而传统的参数化方法难以应对拓扑结构的变化。为了改善传统参数化方法的缺陷,提出一种基于二次开发的知识集成设计方法。利用知识工程组织夹具现存知识并建立参数化模板,通过二次开发技术开发个性化的夹具实例化工具。首先,分析了夹具总成模型的结构特点,明确夹具总成设计目标。然后,确定影响全局尺寸的驱动参数,结合知识工程与关联设计建立夹具总成参数化模板。最后,利用 CAA 定制实例化工具交互界面,编写界面控件的响应代码,实现夹具快速设计工具的开发。

关键词: 夹具; 参数化设计; 知识工程; 二次开发

中图分类号: TP391.7 **文献标识码:** A

1 引言

夹具是机床夹具的重要组成,主要用于回转特征零件的夹紧。为了适应不同系列的零件加工,需更换不同尺寸规格的夹具。在实际生产中,准备夹具的时间占总生产设备准备时间的 70% ~ 80%^[1]。因此,提高夹具的设计效率在产品开发生命周期中具有重要地位。采用 CAD 系统的零件设计一般要经历从草图绘制到特征生成,再到实体的布尔运算,最终形成三维模型的流程,整个过程上下文关联紧密^[2-3]。然而,面对夹具此类系列化零件设计,系列之间的拓扑结构大相径庭,它们的三维模型建模逻辑固定,采用通常的设计方法将涉及大量重复性工

作^[4]。因而,在现有的知识基础上进行知识的集成和重用能够减少建模工作量。通过参数化设计手段将模型的建模逻辑、几何参数联系等建模知识集成到可重用的模板,通过模板衍生出不同系列的产品,从而快速完成建模工作,将更多精力投入到结构优化设计。目前,许多学者对参数化建模方法进行了研究,并取得了不错的应用效果。文献 [5]~[7] 基于不同的 CAD 系统,利用其二次开发方式建立了夹具库,实现夹具零部件的实例化,但这种方式最小单位为零件,无法满足拓扑结构变化的需求。这些通常的参数化手段丧失了一定的建模自主性^[8]。为了解决这一问题,本文探究了拓扑结构变化的零件参数化

基金项目: 汽车动力传动与电子控制湖北省重点实验室创新基金项目 (2015XTZX0428)

设计方法，结合 CATIA 软件的二次开发技术对参数化实现过程进行改进，并开发个性化的参数化工具提升设计效率。

2 知识集成的参数化方法的技术路线

现存知识由产品结构、几何体素、模型建模逻辑和尺寸关联等要素组成。基于二次开发的知识集成设计方法的核心是知识的集成和二次开发技术的应用。具体来说，首先分析爪爪总成零部件特点，了解零部件尺寸的关联关系。通过知识工程的规则、检查、方程组、设计表格和关联设计等参数化工具将设计知识转化为可重用的模板，实现现有知识的集成。由于爪爪总成在系列化设计中涉及到爪钉的拓扑结构变化，要求能够依照不同系列的尺寸选择不同类型的夹紧固钉。为了解决这一问题，需要利用二次开发技术定制拓扑结构选择工具，满足拓扑结构的交互选择和知识模板实例化的需求，最终完成总成参数化设计工具的开发。总成参数化设计工具的技术路线如图 1 所示。

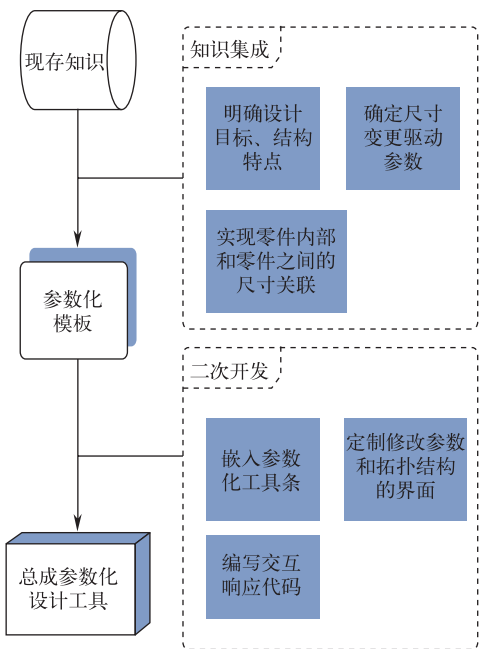


图 1 知识集成的参数化设计方法的技术路线

前提。爪爪总成的零件主要由爪盘本体和爪钉组成。爪盘本体安装有两个爪钉，实现工件的夹紧功能。整个爪爪总成由三个这样的子装配构成，且这三个子装配径向均匀分布，以确保稳定和均衡的夹紧力。爪爪零部件特点与尺寸之间的关联关系见表 1。

3 爪爪总成知识集成实现

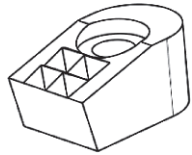
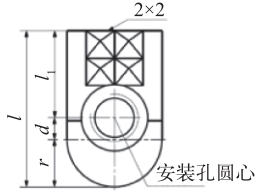
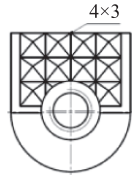
3.1 爪爪总成结构特点分析

明确爪爪零部件之间的参数关联是实现知识集成的

表 1 爪爪零部件特征与尺寸关系表

零件	结构特征	主要尺寸	尺寸关系	示意图
爪盘本体	圆环形主体凸台	W : 爪盘本体宽度 H : 爪盘本体高度 R_1 : 爪盘本体外径 R_2 : 爪盘本体内径	基本参数，作为参数化模型的驱动参数驱动几何尺寸变化	
	安装沉孔	c : 安装沉孔间距 R_3 : 安装沉孔所处半径	安装沉孔间距大小与爪盘本体宽度关联 安装沉孔所处半径大小与爪盘本体内径关联	
	爪钉安装槽	α : 爪钉安装槽之间的夹角 r' : 爪钉安装槽内径 d : 爪钉安装槽内径到爪钉安装孔间距 β : 爪钉安装孔倾斜角	两个安装槽之间的夹角 α ，其角度与爪盘本体宽度关联 r' 、 d 分别与爪钉的尺寸 r 、 d 关联 爪钉安装孔轴线有一倾斜角 β	

(续)

零件	结构特征	主要尺寸	尺寸关系	示意图
	爪钉凸台	r : 爪钉半径 l : 爪钉长 d : 安装孔圆心与爪钉半径圆心的间距	l 为固定大小的尺寸 尺寸 d 与爪钉半径、爪钉长关联	
爪钉	安装孔	l_1 : 安装孔圆心与爪钉上沿的距离	l_1 根据尺寸 d 变化	
夹紧钉	两种拓扑结构: Type1 和 Type2		分布形式与取决于尺寸 r	

3.2 提取驱动参数

驱动参数的作用是零件几何尺寸、拓扑结构变更的参考。通过发布这些驱动参数,使子零件的尺寸变更产生关联关系,被发布的参数作为全局变量驱动尺寸变更。这种方式确保了驱动参数能够控制子零件的变化,实现总成级别的变形设计。根据夹爪的结构特点,在夹爪总成下建立驱动参数见表2。

表2 驱动参数表

驱动参数	直接关联尺寸
GRadius	r : 爪钉的半径
MOutsideRadius	R_1 : 爪盘本体外径
MInsideRadius	R_2 : 爪盘本体内径
MHeight	H : 爪盘本体高度
MWidth	W : 爪盘本体宽度

3.3 实现参数关联

参数与特征尺寸之间的关联是参数化设计中关键的一环,关联关系通过知识工程的公式和规则工具实现,公式记录驱动参数与尺寸之间的简单数学关系。夹爪总成大部分几何尺寸、建模逻辑之间的关系通过公式描述,按照表1描述的尺寸关系建立驱动参数与几何尺寸的关联。通过公式和规则确保了参数化模板在实例化过

程中的一致性。

1) 尺寸关联方案。爪钉包含两种结构,如表1中爪钉的示意图,爪钉的 l 和 l_1 是两个不变的尺寸, r 与驱动参数 GRadius (爪钉半径) 直接关联,由于 l 是一个不变的尺寸,当爪钉半径改变时,则会引起爪钉半径 r 圆心位置发生变化。当爪钉系列改变时,需对尺寸 r 的圆心的位置进行控制,即尺寸 d 的变化按照公式(1)更新:

$$d = l - (r + l_1) \quad (1)$$

本体安装孔的定位取决于车床卡盘上的装配孔的尺寸,并且在装配完成之后三个本体内径 R_2 为同心关系,所以安装孔与尺寸 R_2 之间具有公式关系,为保证安装孔周向均布,安装孔的尺寸满足以下关系:

$$R_3 = (R_1 + R_2) / 2 \quad (2)$$

$$c = pW \quad (3)$$

式中, p 为固定比例常数。

2) 实现拓扑结构变更方案。鉴于夹紧钉的拓扑结构变化无法通过数学函数进行表达,运用规则进行描述更为合适。规则作用对象涵盖了对象所有类型的参数,采用脚本语言描述对象之间的关系。爪钉规格由爪钉半径大小决定,夹紧钉特征是由一个子钉元素通过阵列而来,两种规格对应不同的阵列结果。特征由一个布尔类型的参数控制激活,使用条件语句,通过爪钉半径大小控制不同阵列特征的激活实现不同系列爪钉的变换。控制爪

钉结构的主要规则如图 2 所示。

```
if `零件几何体\混合.1\草图.1\半径.1\半径` <= 5mm
{
    `零件几何体\矩形阵列.2\活动` = FALSE
    `零件几何体\矩形阵列.1\活动` = TRUE
}
else
{
    `零件几何体\矩形阵列.2\活动` = TRUE
    `零件几何体\矩形阵列.1\活动` = FALSE
}
```

图 2 爪钉结构控制规则

“阵列 1”和“阵列 2”分别是两种类型的爪钉拓扑，其结构通过尺寸的值确定。

4 知识集成设计工具开发

4.1 CATIA 二次开发技术

CATIA 主要有两种二次开发技术^[9]：自动化程序（VB Automation, VBA）和组件应用架构（Component Application Architectural, CAA）。VBA 是通过宏脚本的录制或编写 VB 应用程序实现 CATIA 的功能开发，其开发流程相对简单，开发者无需掌握复杂的编程语言就能完成简单的程序开发，但 VBA 属于进程外的程序开发，面对大量的批量处理和复杂功能开发时存在明显的缺陷。相较而言，CAA 是一种集成在 Visual Studio 环境中利用 C++ 语言编程的开发方式，采用面向对象的程序设计思想，基于 COM 和 OLE 技术，使得 CAA 开发程序具备标准化、独立性和拓展性的特点^[10]。CAA 开发程序是一种进程内的开发模式，其运行方式与 CATIA 自带功能无任何差异，因此，运用 CAA 方式实现夹爪快速设计工具条的开发是合理的选择。

4.2 参数化工具开发的实现

夹爪总成参数化工具的开发通过三个层面展开：应用层、交互层、功能层。应用层实现了参数化程序与 CATIA 应用的嵌入；交互层为用户提供了参数化设计对话框、修改参数的编辑器及发出指令的按钮等控件；功能层实现了三维模型的实例化及尺寸修改与更新。夹爪总成参数化工具架构如图 3 所示。

1) 应用层的开发。完成调试、编译的代码被封装为动态链接库（dll），参数化程序通过动态链接库嵌入 CATIA 进程当中，通过工具条的方式访问程序。工具条的创建通过 MacDeclarHeader 宏申明工

具条的命令头 GripperHeader，然后实例化命令头：
new GripperHeader("GripperHdr", "GripperPara",
"GripperParaCmd", (void*) NULL)。

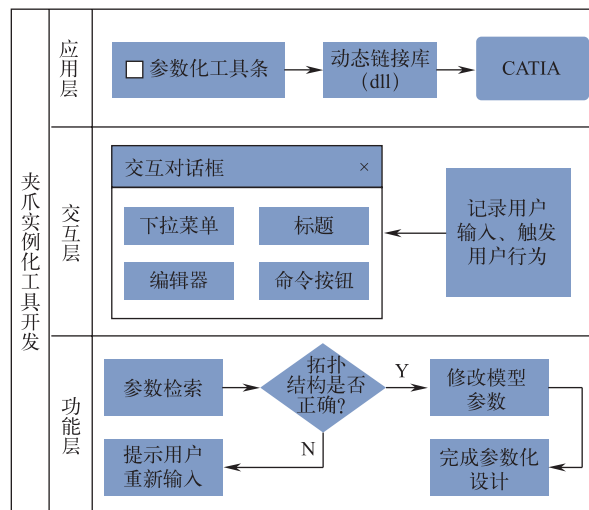


图 3 夹爪参数化工具架构

2) 交互层的开发。CAA 开发方式拥有强大的界面设计功能，利用 RADE 工具进行对话框布局设计，交互对话框由框架（Frame）、标题（Label）、编辑器（Editor）、下拉菜单（Combo）及命令按钮（Command button）组成。

3) 功能层的开发。夹爪总成参数化设计工具关键的功能包括获取用户输入参数、检查参数合理性、实例化三维模型。模型参数通过知识工程 CATICkeParm 接口实现修改。在进行参数修改之前，首要步骤是获取产品文件的根对象。由 CATIDocRoots 接口得以实现，该接口提供了访问产品根对象的途径。随后，为根对象指针查询 CATICkeParm 接口，利用 GetAllChildren() 方法可检索所有参数，并通过 Valuate() 方法对特定参数值进行修改。修改参数之前，为了确保输入参数能够正确生成几何模型，避免模型更新错误，必须检查参数的合理性。设置参数在正确的拓扑结构的尺寸范围，通过条件转换函数 CATBoolean CheckParam(void * data) 实现，此函数在更新模型操作之前执行，返回值为 CATTrue 表示参数合理，进入修改参数化模板的参数程序，并实例化模型。反之，提示用户重新输入参数，直到出现合适的参数组合为止。

5 夹爪知识集成工具实例

夹爪总成参数化工具界面如图 4 所示，“爪钉类型”为下拉菜单，用于选择预设的不同拓扑结构的爪钉，爪

盘本体的内径、外径、高和宽通过编辑器修改大小,选择爪钉类型并输入值之后,点击“确定”实现模型的生成。结果如图5所示,分别是两种通过参数化工具生成的不同系列尺寸规格的夹爪总成。

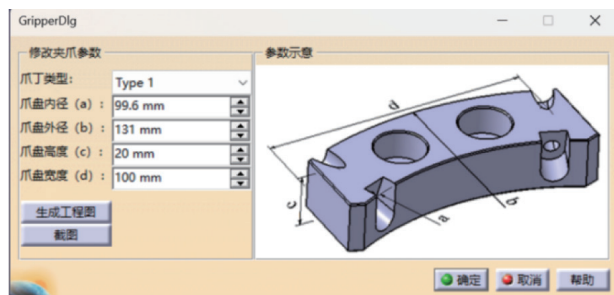


图4 交互对话框界面

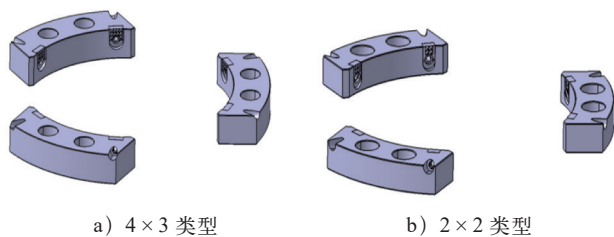


图5 夹爪总成生成实例

6 总结

利用二次开发技术改进了参数化设计中难以实现拓扑结构的实例化问题,详细阐述了此方法原理和实现并基于CATIA三维设计软件实现了夹爪的参数化工具开发。从参数化工具运行实例结果来看,参数化设计工具能集成现有知识,为用户提供交互界面方便修改零件的尺寸和结构,帮助设计师快速设计。一定程度上简化了设计流程,缩短了夹爪的设计时间,使设计趋于数字化、可

视化,具有一定的工程应用价值。

参考文献

- [1] 胡双军. 数控加工工艺及夹具设计主要问题研究[J]. 模具制造, 2023, 23(9): 53-56.
- [2] 王相兵, 杜全斌, 周航, 等. 基于主从关联优化的产品族参数规划方法研究[J]. 机械设计与制造, 2024(5): 119-125.
- [3] 高建. 基于Catia知识工程及二次开发的快速建模技术[J]. 工程与试验, 2019, 59(3): 8-10.
- [4] 陈靖芯, 徐晶, 陆国民, 等. 基于CATIA的三维参数化建模方法及其应用[J]. 机械设计, 2003(8): 48-50.
- [5] 李新红, 蒋德云, 孔晓玲, 等. 机床专用夹具库系统的开发与应用[J]. 机械设计, 2016, 33(4): 18-23.
- [6] 王勇, 于洒, 祝鑫, 等. 基于CAA的组合夹具快速设计模块研究与实现[J]. 新型工业化, 2017, 7(11): 1-4.
- [7] 花同全. 机床夹具参数化设计研究[J]. 机械, 2016, 43(3): 58-62.
- [8] 程锦, 叶虎强, 谭建荣, 等. 三维CAD技术研究进展及其发展趋势综述[J]. 机械工程学报, 2023, 59(23): 158-185.
- [9] 莫杰, 张胜兰, 王英明, 等. 基于CATIA/CAA的图框、标题栏和明细表生成工具开发[J]. 湖北汽车工业学院学报, 2023, 37(1): 56-60.
- [10] 张信淋, 郝博, 刘滕. 基于CATIA二次开发的快速建模技术[J]. 成组技术与生产现代化, 2015, 32(3): 15-18, 50.

收稿日期: 2024-08-20