应用技术

基于模板的汽车覆盖件交互式模具设计系统的研究

张智霞[1]，章志兵[1]，柳玉起[1]，武朋飞[2]
（1.华中科技大学 材料成形与模具技术国家重点实验室，武汉 430074；
2.上海大众规划部模具中心，上海 201805）

摘要：目的 系统研究在已有参数化模板的基础上，利用与模板参数匹配的参数信息文件，通过适当的人机交互，快速地进行模具参数化设计。**方法** 利用CAA技术在CATIA平台上，开发了基于模板的汽车覆盖件交互式模具设计系统，将模板化与参数化的思想相结合，达到了拉延模具设计全流程的标准化。**结果** 系统提供了新产品型面导入、参数批量调整、标准件快速定位和模具结构设计检查等功能，将拉延模具的设计过程流程化。**结论** 系统实现在已有模板基础上全流程完整的模具“再设计”方案，有效地减少了设计人员的重复性工作，提高了模具的设计速度。

关键词： 参数化设计；CATIA二次开发；模板库；标准件定位
DOI： 10.3969/j.issn.1674-6457.2014.06.021
中图分类号： TP391.9 **文献标识码：** A **文章编号：** 1674-6457(2014)06-0127-06

Template-Based Interactive Die Design System of Automobile Panel

ZHANG Zhi-xia[1], *ZHANG Zhi-bing*[1], *LIU Yu-qi*[1], *WU Peng-fei*[2]
(1. State Key Laboratory of Material Processing and Die & Mould Technology, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China; 2. SVW, Shanghai 201805, China)

ABSTRACT: Objective The System for automobile panel was developed based on the parametric die template, it was used to do parametric design through appropriate human-computer interactive operations. **Methods** The system was developed by CATIA platform with CAA technology, which combined the ideas of parameterization and template to instruct the whole process of drawing die design. **Results** The system provides the functions of 3D model replacing, batch editing parameters, standard parts re-position and die structure checking toachieve the whole process operated in a standard way. **Conclusion** This die design system achieve the goal that on the basis of an existing template model, effectively reducing the designer's repetitive work and improving the speed of mold designing.

KEY WORDS: parametric design; CATIA application development; templatelibrary; standard parts locating

随着汽车产品生产周期的不断缩短和用户需求个性化的增强，汽车企业面临更加快速开发新产品的挑战，汽车覆盖件模具的设计与制造是制约整车更新换代的主要因素[1]。在汽车覆盖件产品设计

收稿日期： 2014-10-20
作者简介： 张智霞(1988—)，女，内蒙古包头人，硕士生，主要研究方向为板料冲压成形模拟。

中,存在大量具有相似结构特征的零部件[2],这决定了汽车覆盖件模具虽种类繁多,但每一类都有很大的相似性和继承性,使得在通用 CAD 软件支持下,建立汽车覆盖件模具模板库具有实际的工程意义。

目前美国通用公司的模板库已包含 3000 多个模板,日本丰田公司选择模板化设计方法实现了模具设计自动化的重大突破[3]。参数化模板库使设计人员可以利用以前的模型方便地进行模型重建,并在遵循原设计意图的情况下,生成系列化产品。

国内对创建参数化模板库的方法已有很多探索,如王志峰等人应用零件家族表和自定义特征创建了标准件库和标准结构库[3],孟冠军等人研究了模具结构中各零件的几何造型和尺寸规格库的创建[4]。这类研究重点集中在如何建立参数化模板库,对模板库的使用多是进行匹配调用后,手工更改参数进行模型重建。一套完整的模具,其组成零件数量庞大,手动修改不仅耗费大量的时间,造成繁杂的重复工作,而且易出现操作失误,导致模型更新失效。

文中利用 CATIA 平台强大的参数化建模功能,采用 CAA 技术开发了基于模板的汽车覆盖件交互式模具设计系统,将模板化与参数化的思想相结合,着重研究在已有模板上,利用与模板参数匹配的参数文件,通过适当的人机交互快速进行模具参数更新,同时提供了新产品型面导入、标准件定位和模具结构检查的功能,实现在已有模板基础上全流程完整的模具“再设计”方案,有效地减少设计人员的重复性工作,提高模具的设计速度和质量。

1 系统设计

1.1 系统分析

实现模具结构参数化,在设计一套新的模具时就不需每一次都重新开始,只需利用已有的模板经过简单的型面替换和参数修改,即可得到一套新的模具,极大缩短设计周期。如图 1 是在已有模板上进行模具设计的一般步骤。

其中关键步骤是模具结构设计,根据新产品型面特点对模板的各类参数进行合理调整。实际工程中,一套完整的模具包含几百个零部件,如果仅靠设计人员手动在模型上更改各零件的参数值,不仅花费大量时间进行重复性的查找修改工作,而且庞大复杂的特征树会使手动更改出现误操作、漏操作的可能。如果用户将模具参数进行分类,写成与模板匹配的参数文件,不仅可以对需要修改的参数一目了然,而且能够批量快速地更改目标节点下的参数值,实现特征更新。

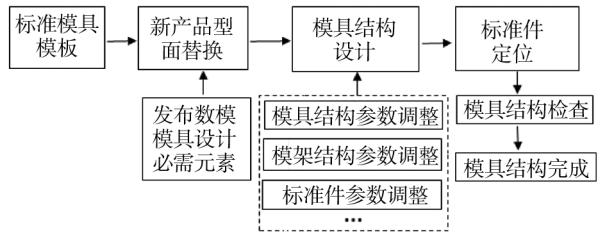


图 1 基于模板的模具设计一般步骤

Fig. 1 The general mold design steps based on template

另一个主要步骤是标准件定位。由于主体结构的一些改变,某些标准件的位置需进行微小的调整。在定位过程中,设计人员最关心的是其与一些相邻面之间的距离,既能避免与其他零件之间的干涉,又能满足其支撑面的制造要求。因此在标准件移动过程中,能够时时自动测量并显示其与相邻面之间的距离十分必要。

基于以上分析,本系统需解决三项关键技术。

1)新产品数模自动替换。将用户提供的三维工艺数模中的模具设计必需元素,包括工艺曲线(如分模线)、曲面等,按照已导入模板的要求,自动更新各个外部引用节点下的信息,实现产品型面的自动替换,为模具设计做好准备。

2)参数快速批量更新。根据用户提供的参数文件及文件中各参数在模板中相应的数值,构建模具参数设计的动态交互界面。用户在交互界面中一次性对多个参数值进行更改,程序自动反馈到相应参数节点,实现参数的快速批量更新。

3)动态测量。根据用户设定的与标准件相邻的面,在标准件移动过程中,程序自动时时测量并动态显示几组面之间的距离,方便用户快速判断其位置的合理性,实现标准件的准确定位。

1.2 系统构架

采用 CATIA 平台的 CAA 技术开发的系统,包

括 4 个功能模块,为了保证系统的功能明确、可扩展性强,采用 3 层系统结构,如图 2 所示,依次为物理层、数据层和技术层。

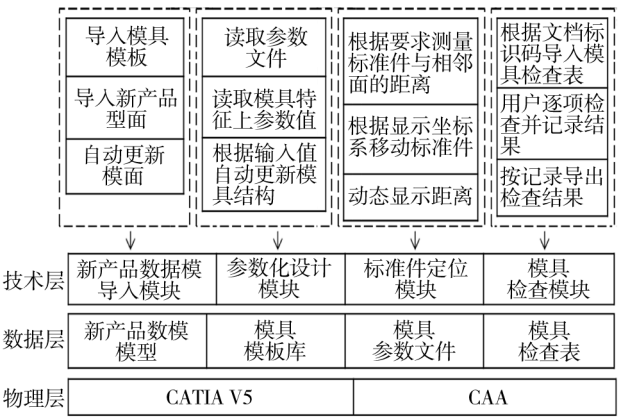


图 2　系统总体设计方案

Fig. 2 The overall design method of the system

物理层:应用 CAA 提供的各种 API 接口程序,实现在 CAITA 平台上系统的开发。

数据层:用户提供包括新产品工艺数模、模具模板,模板匹配参数文件以及模具结构设计检查表在内的必需数据,为新产品模具的快速设计做好数据准备。

技术层:系统以参数化模板为核心,采用向导式模具自动化设计工具,提供了以模具参数自动更新为核心的包括新产品数模导入、模具参数化设计、标准件定位和模具检查在内的 4 个功能模块,完整地实现了在已有模板基础上快速进行模具“再设计”的流程。

其中,在新产品数模导入模块,应用数模自动替换技术完成工艺数模的替换更新工作,为后续的参数化设计打好基础;参数化设计模块通过参数自动更新技术,利用用户提供的参数文件和交互界面,对各类参数进行快速批量更新;在标准件定位模块,应用动态测量技术,实现标准件的快速定位;在模具检查模块,根据用户提供的模具检查表,在 CATIA 环境中对模具逐项进行检查,并自动输出审核结果。

2　关键技术

2.1　新产品数模自动替换

数模自动替换功能基于 CATIA 的“发布”(Publication)命令,此命令主要用于参数化装配建模(Parametric Assembly Modeling)[5],使用发布命令可以智能地实现组件之间的替换。

发布元素的几何特征可以根据用户需求进行修改变化,但只要发布名称不改变,其外部引用就会根据发布元素的变化而重新构建“发布”与“外部参考”之间的关联关系。发布命令实现几何元素之间的关联,由发布的名称和原几何元素所在零件在装配环境下的实例名称共同决定。因此即使将整个 Part 文档替换,只要保持新 Part 在装配环境下的实例名称和发布元素的名称均与原 Part 一致,那么几何元素之间依然有效关联,并会根据当前发布几何特征的变化智能地构建出全新的几何特征。

基于发布命令的关联原理,程序实现数模自动替换的过程如图 3 所示。用户将提供的新产品数模的模具设计必需元素(如板料轮廓线、分模线、曲面等),按照已导入模板的要求进行发布,保证发布元素名称的一致。程序自动获取数模在装配体中的实例名称,赋给替换后的新产品零件。各个外部参考节点根据新的发布元素几何特征进行相关特征的关联重构,完成模具产品型面的自动替换。对于已更新的型面模型,可以实现各个子节点的重复替换。

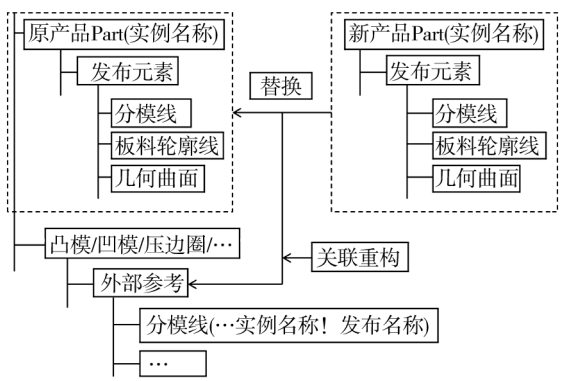


图 3　发布命令的关联过程示意图

Fig. 3 Correlation process of publication action

2.2　参数快速批量更新

2.2.1　构建动态交互界面

交互界面的动态构建基于用户提供的与模板相匹配的参数文件。参数文件的格式如表 1 所示,依次为参数所属类别、参数类别表示图片、参数名称及参数所在部件。参数类型和每一类型包含参数的个数由用户自己确定,这种方法不受模具类型的限制,

也为初级设计人员提供良好的引导。

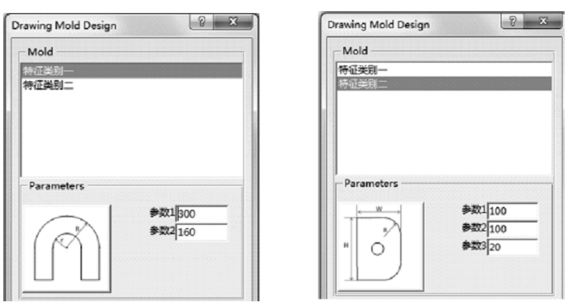
表 1 模板参数文件格式

Table 1 Format of parameter file

参数类别	图片名称	参数名称	参数所在部件
特征类别一	图片 1	参数 1	部件 1
		参数 2	部件 1
特征类别二	图片 2	参数 1	部件 2
		参数 2	部件 2
		参数 3	部件 2

一套完整的参数化模板拥有庞大的参数信息，用户将模板中的参数进行分类整理，写成与模板匹配的参数文件，程序根据文件驱动生成动态交互界面。即当用户选择不同特征类别时，程序自动在交互界面中显示表示该类别的图片和所包含的所有参数，并根据参数所在部件获取其在特征树上的数值，达到根据类别的不同，智能地动态构造交互界面的目的，方便用户一次性修改某类别的所有参数。

例如，用户提供如表 1 的参数文件，在构建的交互界面中分别选择“特征类别一”和“特征类别二”时，动态参数区分别如图 4a 和 4b。



a 特征类别一参数界面　　b 特征类别二参数界面

图 4 参数化设计模块的动态界面

Fig. 4 Dynamic dialog of parametric design module

以拉延模为例，可以模具主控参数作为特征类别一，所属 2 个参数为模具总体高度、总体长度；以导板参数作为特征类别二，所属 3 个参数为导板长度、宽度、厚度。修改时以类为单位，每次批量修改此几何特征类所属参数的数值，方便快速有效更新。

2.2.2 参数批量修改

CATIA 中参数化过程的实现基于知识工程顾问模块提供的公式（Formulas）、规则（Rules）等方法，即用一组参数约束该几何图形的结构尺寸和零部件的特征。参数与设计对象的尺寸和特征有显式对应关系，当赋予不同的参数值时，可通过函数关系公式和尺寸驱动达到新的目标几何形状和特征[6]。

具体设计时，用户根据新产品的数模型面特点，通过交互界面，对参数值按类别进行一次性批量修改，利用参数驱动重构原理实现模板相关几何特征的更新。借助 CAA 中 CATIProduct，CATIParmPublisher，CATICkeParm 等几个主要接口提供的函数，程序将用户在对话框中输入的目标参数值自动更新到模板特征树上相应的参数节点下，参数值及引用到该参数值的外部参数值同步更新，通过相应的函数关系公式完成几何特征重构（见图 5）。用户根据需要，完成参数文件中所列出参数的更新，最终完成新产品模具的设计。

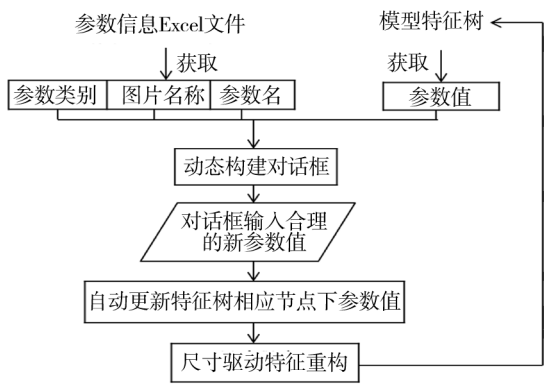


图 5 几何特征更新过程示意图

Fig. 5 The update process of geometric features

2.3 动态测量

测量距离时，用户通过交互界面选择几组目标测量面，程序自动获取这几组面所在零件的位置矩阵。一般平面上的标准件，其局部坐标系与全局坐标系一致。对于斜面上的标准件，为了使移动功能更符合实际需要，使其可以沿斜面方向移动，程序将其局部坐标系从位置矩阵给出的坐标系原点 O_1，平移至标准件表面点 W 处（用户选择 W），移动时的方向以该局部坐标系为准（图 6）。

移动时，程序根据用户选择的移动方向和设定的移动距离构造移动矩阵，与标准件当前的位置矩阵作 CATMathTransformation 函数的乘积运算，并以运算结果定位标准件的新位置。例如，将某标准件从其当前位置沿向量 (a,b,c) 移动 *iDis* 个单位，则：移动后位置矩阵 = 当前位置矩阵×移动矩阵，如式（1）：

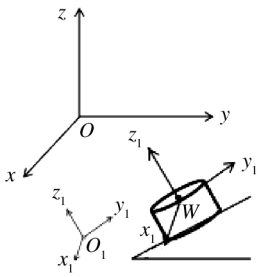


图 6　斜面上零件局部坐标系的创建

Fig. 6 Local axis system creation of part on the inclined plane

$$(x_1 \cdot y_1 \cdot z_0) - \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}} \times iDis \cdot (x_2 \cdot y_2 \cdot z_2) \tag{1}$$

移动过程中,程序时时获取标准件当前位置矩阵,并分别测量几组面当前最小距离显示在屏幕上,以便用户参考。在用户选择测量面之前,可根据经验在交互界面设定每组面之间的最小距离值。移动过程中,程序动态测量几组面的最小距离,如果测量的最小距离小于用户设定的最小距离,则程序自动判断后,以红色显示该距离以示提醒,方便用户对标准件的位置及时做出调整。图 7 为某型号平衡垫块在移动时的距离显示和相应的部分对话框界面。

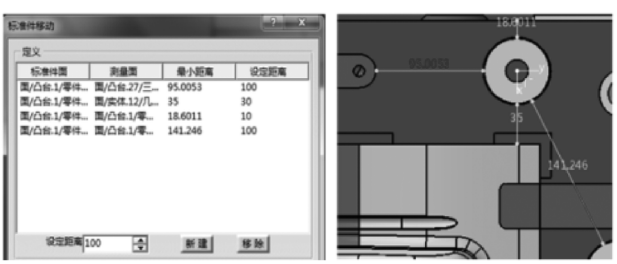


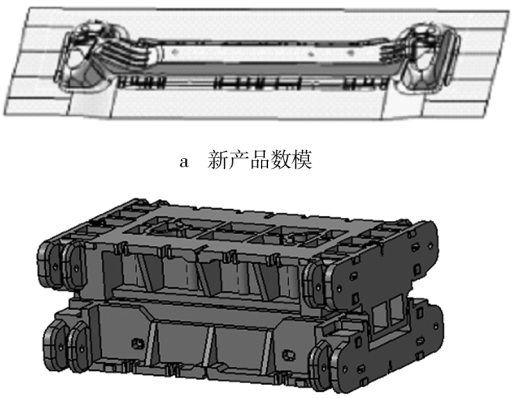
图 7　标准件移动时动态测量数值的显示

Fig. 7 Dynamic measuring numerical displayed of standard part

3　应用实例

利用本系统对某汽车的某覆盖件零件数模(图 8a)进行模具设计。首先在新产品数模导入模块,选择合适的模具模板(图 8b),保证该产品与模板中型面零件的发布元素名称保持一致的前提下,导入该产品数模零件,完成新产品型面替换工作。

在参数化设计模块,导入用户提供的与模板参数相匹配的参数文件(如图 9a),用户根据新产品型面的特点,在交互界面中选择类别列表中不同的类别,按类别合理修改界面下方参数区动态显示出的参数值,完成模具参数化设计工作。如图 9b 和 9c 分别是修改模耳吊座和导板参数时动态显示的交互界面。



a　新产品数模

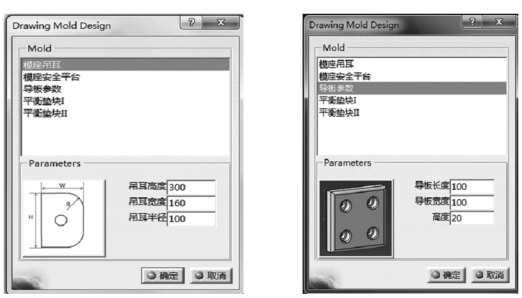
b　模具模板

图 8　模具设计模板和数模

Fig. 8 Die template and the new structure part

A	B	C	
参数类别	图片名称	参数名称	参数所在产品（Product）
模座吊耳	I_Mold_Lug	吊耳高度	FR-K820221J-F0300-OP10-20130102
		吊耳宽度	FR-K820221J-F0300-OP10-20130102
		吊耳半径	FR-K820221J-F0300-OP10-20130102
模座安全平台	I_Clamp_Slot	安全平台高度	FR-K820221J-F0300-OP10-20130102
		安全平台宽度	FR-K820221J-F0300-OP10-20130102
导板参数	I_Wear_Plate	导板长度	MWF-100-100
		导板宽度	MWF-100-100
		高度	MWF-100-100
平衡垫块I	I_Balance	高度	DMC2530-DEB
		直径d	DMC2530-DEB
平衡垫块II	I_Balance	高度	DMC2530-DSB
		直径D	DMC2530-DSB

a　Excel参数文件部分信息



b　模座吊耳参数界面　　c　导板参数界面

图 9　参数文件和参数化设计模块的动态界面

Fig. 9 Parameter files and dynamic dialog

在调整好的模具主体上对标准件进行重新定位,注意屏幕上红色显示的距离数值(如图 7),移动过程中避免与其他零件的干涉。最后在模具结构设计检查模块,导入用户提供的模具结构设计检查表,

在 CATIA 环境中对模具进行逐项审查,并保存审查记录,程序自动输出审核结果。

经过以上 4 个模块流程,在模具模板上快速完成相似结构数模的模具设计,有效减少设计人员的工作量和设计时间。

4 结语

重点研究了使用参数化模板快速进行模具“再设计”的方法。采用 CATIA 提供的参数化建模功能和 CAA 技术,开发了完整的全流程模具设计工具,集成了新产品数模导入、参数化设计、标准件定位、模具检查 4 个功能模块,可以有效地解决实际工程中大规模参数数据的读取和更新问题,避免设计人员手工操作过程中可能存在的误操作、漏操作现象,减少重复性工作。同时在标准件定位方面,提出了在移动过程中动态显示测量距离的方法,可以有效地避免标准件与其他零件之间的干涉问题,为标准件的快速准确定位提出了一种新的方法。本系统的使用不受模具类型的限制,在实际工程中更具灵活性和实用性。

参考文献:

[1] 杜亭,戴隆明,章志兵,等. 汽车覆盖件设计全流程 CAD/CAE 系统开发与应用[J]. 材料科学与工艺,2010,18(4):494—498.
DU Ting, DAI Long-ming, ZHANG Zhi-bing, et al. Research and Application of CAD/CAE System for the Whole Development Cycle of Automobile Panel[J]. Materials Science & Technology, 2010, 18(14): 494—498.

[2] 杨才峰,沈利冰,来新民. 车身零部件特征参数化设计模板的实现方案[J]. 机械设计与研究,2009(5):94—96.
YANG Cai-feng, SHEN Li-bing, LAI Xin-ming. The Method of Realizing the Parametric Design Template for Features of Auto-body Parts[J]. Machine Design and Research, 2009(5): 94—96.

[3] 王志峰,高锦辉,赵维民. 基于 UG 的汽车覆盖件模具的模板化设计[J]. 模具工业,2007(5):8—11.
WANG Zhi-feng, GAO Jin-hui, ZHAO Wei-min. UG-based Templating Design of Die for Automobile Metal Sheets[J]. Die Industry, 2007(5): 8—11.

[4] 孟冠军,屈新怀. 基于 CATIA 的模具结构参数化及虚拟装配[J]. 机械研究与应用,2007(6):40—41.
MENG Guan-jun, QU Xin-huai. Parameterization and Virtual Assemble of Mould Configuration Based on CATIA [J]. Mechnical Research & Application, 2007(6): 40—41.

[5] 黄兵锋. CATIA V5 的 Publication 功能及应用[J]. 湖北汽车工业学院学报,2009,23(2):9—11.
HUANG Bing-feng. Application of Publication of CATIA V5[J]. Journal of Hubei Automobile Industries Institute, 2009, 23(2): 9—11.

[6] 杨超云. 基于 CATIA V5 的零件参数化设计及运动仿真[J]. 汽车零部件,2011(6):55—58.
YANG Chao-yun. The Parametric Design of Part Oriented to CATIA V5 and Kinematic Simulation[J]. Automobile Industry, 2011(6): 55—58.

[7] LIU Yu-qi, LI Zhi-gang, YAN Ya-kun. Fast Accurate Prediction of Blank Shape in Sheet Metal Stamping Forming[J]. Acta Mechanica Solida Sinica, 2004, 17: 36—42.

[8] 文伏灵,柳玉起,杜亭. 基于 CATIA 自定义特征的汽车覆盖件产品设计同步仿真系统[J]. 塑形工程学报,2013,(4):14—19.
WEN Fu-ling, LIU Yu-qi, DU Ting. Formability Synchronous Simulation System for Automobile Panel Design Based on CATIA User-defined Features[J]. Journal of Plasticity Engineering, 2013, (4): 14—19.