

基于特征的航空钣金零件快速设计方法研究与应用

张石磊, 刘俊堂

(中航工业第一飞机设计研究院, 西安 710089)

[摘要] 在航空钣金零件设计知识没有得到管理和应用的情形下, 钣金零件设计需要查询大量的纸质文件, 导致建模时间长, 重复劳动多, 设计效率低下, 容易产生人因错误。由于设计人员水平和习惯差异, 航空钣金零件建模过程和方法不统一, 模型质量参差不齐, 难以实现规范化建模和最优化设计, 也给后续工艺设计及加工制造带来不便。本文使用 CATIA 二次开发技术、基于知识工程的设计技术和 CATIA 航空钣金设计模块接口配置技术等, 在总结提炼钣金特征设计知识、建立标准规范库和特征模板库的基础上, 构建了基于特征的航空钣金零件快速设计系统, 实现了航空钣金零件的快速规范化建模和最优化设计。系统已在型号研制中得到验证和使用, 效果明显, 大大提高了航空钣金零件的设计效率和质量。

关键词: 特征; 航空钣金; 规范化建模; 最优化设计

DOI: 10.16080/j.issn1671-833x.2016.18.058



张石磊

工程师, 主要从事 CAD/PDM 方面的研究。

技术分析

CATIA 航空钣金模块^[1]提供了标准文件输入接口可以实现部分特

征的规范化建模; CATIA 知识工程模块^[2-3]适用于部分相对简单的特征; 使用 CATIA 二次开发^[4-5]可以实现所有的特征的快速设计, 但二次开发所有特征费时费力, 难度大。因此, 本文结合 CATIA 二次开发、知识工程和航空钣金模块提供的标准文件输入接口等 3 种方法, 实现了航空钣金零件的快速规范化建模和最优化设计。基于特征的航空钣金零件快速设计系统实现了图 1 中所有特征的快速规范化建模和最优化设计。

系统架构

根据业务需求特点, 基于特征的航空钣金零件快速设计系统架构包括数据层、功能层、业务层和用例层, 如图 2 所示。

(1) 用例层: 根据不同的类型建立的实例化模型;

(2) 业务层: 根据项目需求, 对

航空钣金零件设计过程进行分析, 划分出业务模块;

(3) 功能层: 按照业务模块, 分解出功能点, 以此为单元完成软件开发;

(4) 数据层: 围绕业务和功能需求组织数据, 支撑功能层对各类数据的查询与互操作, 驱动航空钣金零件规范化建模, 包括标准规范库和征模板库等数据库。

解决思路

首先, 基于特征的航空钣金零件快速设计根据不同的钣金特征选择不同的实现方法: (1) 对于下陷和缺口特征, 使用 CATIA 二次开发实现; (2) 对于 HB 0-11-2003 加强槽中的 2 型加强槽、HB 0-14-2003 弯边减轻孔与 HB 0-16-2003 直角减轻孔等特征, 使用 CATIA 知识工程实现; (3) 对于 HB 0-10-2003 板材最小弯

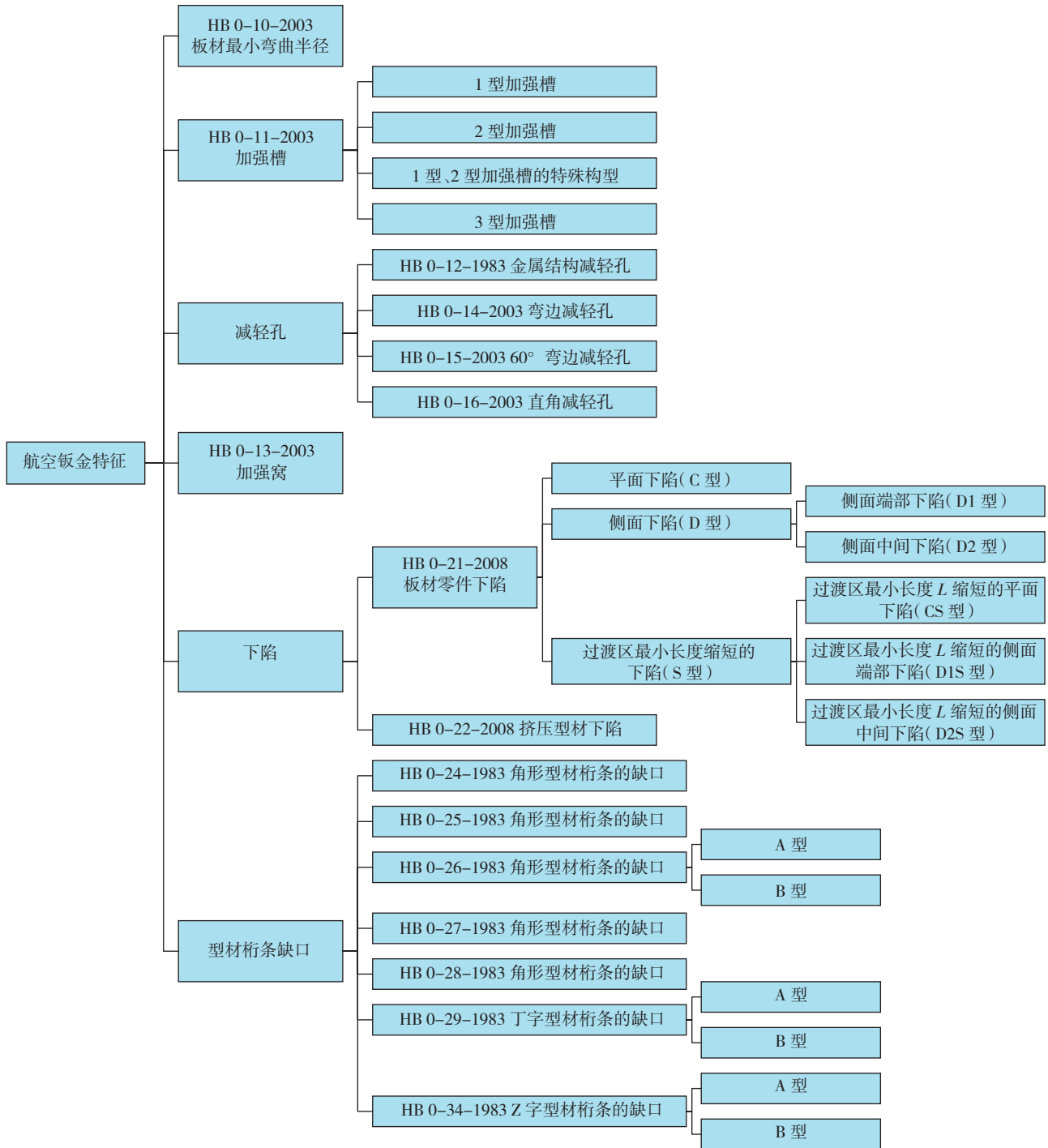


图1 航空钣金特征
Fig.1 Aircraft sheet metal features

曲半径、HB 0-11-2003 加强槽中的 1 型加强槽和 3 型加强槽、HB 0-12-1983 金属结构减轻孔、HB 0-13-2003 加强窝、HB 0-15-2003 60° 弯边减轻孔等特征,使用 CATIA 航空钣金模块提供的标准文件输入接口

实现。

其次,针对每一种航空钣金特征,根据《中华人民共和国航空行业标准》,将特征的相关标准数据录入数据库表格中,建立标准规范库;然后在系统中根据数据库主键选择标

准;最后,选择参考元素即可实现标准钣金特征的生成。

最后,在三类功能分别实现之后,采用 CATIA 二次开发方法将其调用并集成在基于特征的航空钣金零件快速设计系统工具条中,实现系

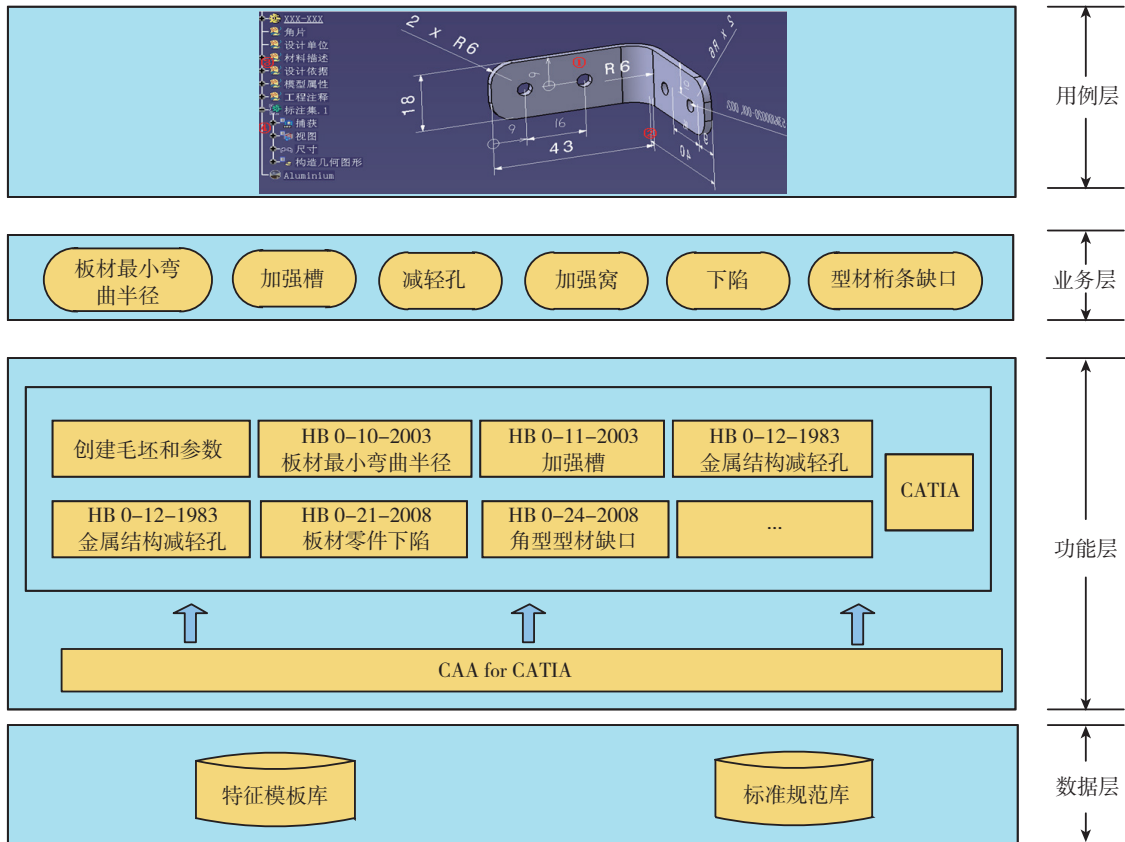


图2 系统架构
Fig.2 System architecture

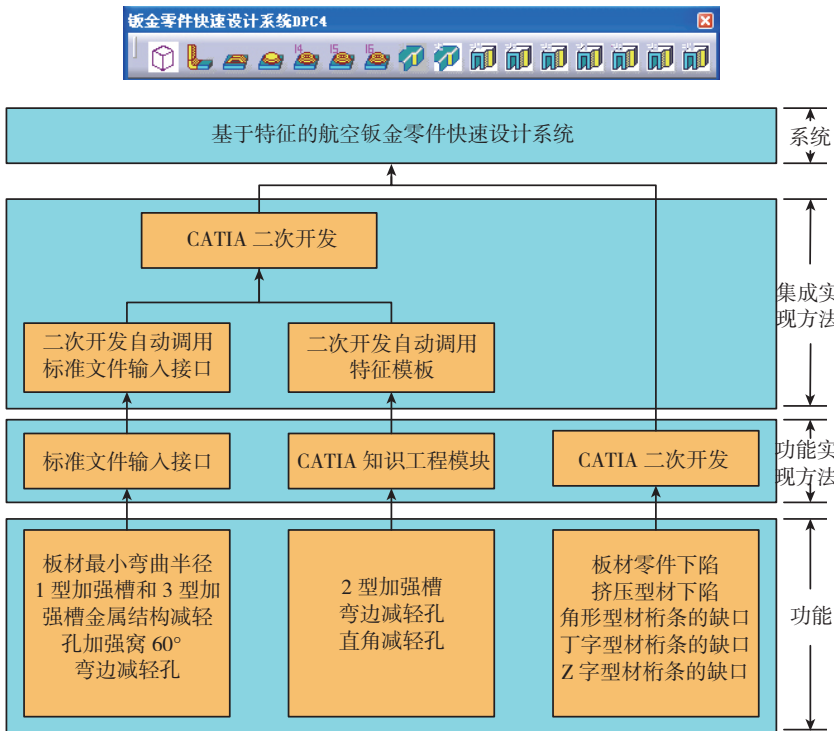


图3 系统集成
Fig.3 system integration

系统集成,如图3所示。

关键技术

1 标准文件输入接口

针对 HB 0-10-2003 板材最小弯曲半径、HB 0-11-2003 加强槽中的 1 型加强槽和 3 型加强槽、HB 0-12-1983 金属结构减轻孔、HB 0-13-2003 加强窝、HB 0-15-2003 60° 弯边减轻孔等特征,使用 CATIA 航空钣金设计模块提供额外标准文件输入接口实现,可以通过该接口加载表格形式存在的标准参数,从而实现标准钣金特征设计。

标准文件输入接口可以加载的表格分为总表和专项设计表,总表(表1)定义了标准板材在相应厚度下的最小弯曲半径、加强槽、金属结构减轻孔、加强窝和 60° 弯边减轻孔的设计标准参数,若标准包含多个

表1 总表定义

列名	对应标准	说明
SheetMetalStandard(标准板材名)		文本
Thickness(厚度)		标量数据
MinimumBendRadius(最小弯曲半径)	HB 0-10-2003	标量数据
BeadStd(加强槽)	HB 0-11-2003	专项设计表文件名
ClearanceHoleStd(金属结构减轻孔)	HB 0-12-1983	专项设计表文件名
CircularStampStd(加强窝)	HB 0-13-2003	专项设计表文件名

表2 专项设计表定义

列名	说明
StandardName	文本格式标准名称
(标准参数 1)	数据
(标准参数 2)	数据
...	...

参数,则采用专项设计表(表2)专门描述,在CATIA航空钣金模块下使用相应钣金特征的命令工具时可以加载专项设计表。

专项设计表由StandardName和标准参数两部分组成,不同特征需要的标准参数也不同,可在CATIA知识工程模块下查询所需的参数名。

2 知识工程

针对HB 0-11-2003 2型加强槽、HB 0-14-2003 弯边减轻孔与HB 0-16-2003 直角减轻孔等特征,使用CATIA知识工程模块实现,重点是制作特征模板。

制作特征模板的一般流程如图4所示。需要通过标准特征工程图提炼特征的输入元素,总结该特征的建模流程。然后通过特征建模流程优选原则从多个特征建模流程中优选出最优流程,最后根据该流程制作关联了标准文件的特征模板,这里的特征模板采用CATIA航空钣金模块中的“超级副本”功能实现。

其中,特征建模流程优选原则包括:(1)操作步骤少,易于实现;(2)准确度高,不会出现其他结果,例如:草图中的倒圆角操作,结果可能出现在4个限向;(3)规避方向问题,比如偏移操作,可能出现两个方向的偏移;(4)规避抽壳、倒圆角等实例化过程中子元素难以识别的操作。

最后,将所有特征模板导入Catalog库中,实现特征模板库的构建,如图5所示,使用时只需实例化

相应的特征模板即可。

3 CATIA 二次开发

缺口和下陷特征采用CATIA二次开发方法实现。

缺口和下陷特征主要是在弯边特征的基础上创建的,因此有必要对弯边特征^[6-7]进行研究定义。弯边特征定义如下:

$$FEATRUE_{\text{bend}} = \sum_1^m IBC + \sum_1^n OBC + \sum_1^p IS + \sum_1^q OS + \sum_1^r T + \sum_1^s E, \quad (1)$$

式中, $m, n, p, q, s, t \geq 1$, IBC 表示

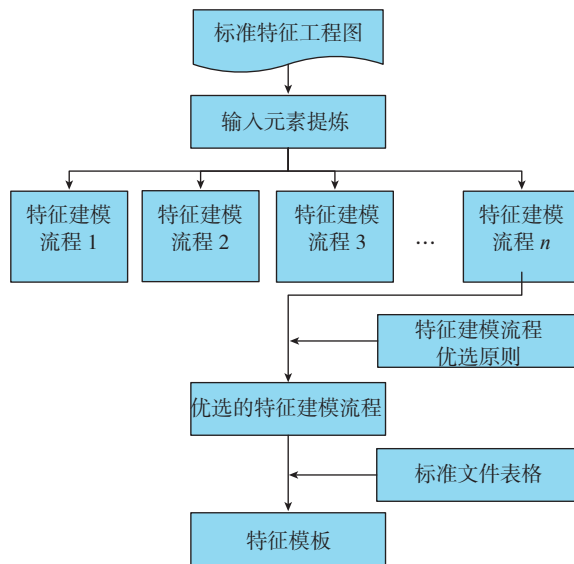


图4 制作特征模板

Fig.4 Production feature template

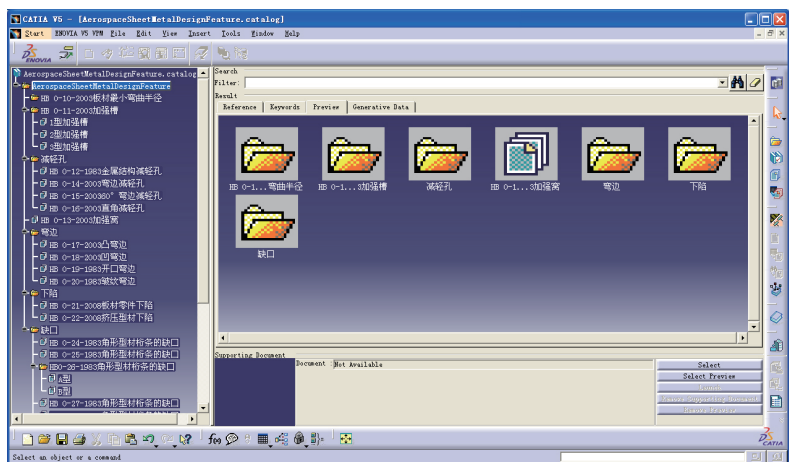


图5 特征模板库

Fig.5 Feature template library

内底角面, *OBC* 表示外底角面, *IS* 表示内侧面, *OS* 表示外侧面, *T* 表示顶面, *E* 表示端面, 相应的含义如图 6 所示。

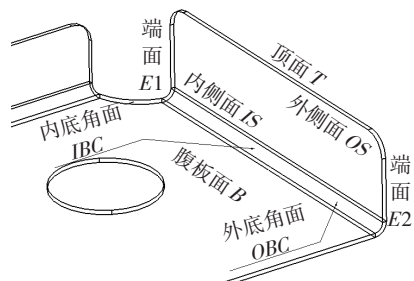


图6 弯边特征
Fig.6 Flanging feature

最后, 针对弯边特征, 将优化的缺口和下陷特征建模流程固化在软件中, 实现缺口和下陷特征的规范化建模和最优化设计。

应用实例

1 标准文件输入接口

以 HB 0-13-2003 加强窝为例, 验证标准文件输入接口的使用。

(1) 制作材料为 12 号硬铝 LY12, 厚度为 2.0mm、3.0mm 和 4.0mm 的钣金参数设计总表, 结果如表 3 所示;

表3 LY12钣金参数设计总表

Sheet Metal Standard (标准板材)	Thickness (厚度)/mm	Minimum Bend Radius (最小弯曲半径)/mm	Circular Stamp Std (加强窝)
LY12-M-δ 2.0	2	2.4	LY12-M-2.0-HB 0-13-2003.xls
LY12-M-δ 3.0	3	2.4	LY12-M-3.0-HB 0-13-2003.xls
LY12-M-δ 4.0	4	2.4	LY12-M-4.0-HB 0-13-2003.xls
...

表4 LY12-M-2.0-HB 0-13-2003.xls 专项设计表

StandardName (标准名)	Diameter (直径)/mm	Height (高度)/mm	Radius2 (半径 2)/mm	Radius1 (半径 1)/mm	MinorDiameter (小径)/mm
HB 0-13-50	50	7	5	5	50
HB 0-13-55	55	7	5	5	55
HB 0-13-60	60	7	5	5	60

(2) 根据标准规范文件, 分别制作 LY12-M-2.0-HB 0-13-2003.xls、LY12-M-3.0-HB 0-13-2003.xls 和 LY12-M-4.0-HB 0-13-2003.xls 三个专项设计表, 这里验证只展示 LY12-M-2.0-HB 0-13-2003.xls 专项设计表, 如表 4 所示;

(3) 在设置钣金总体参数的对话框中单击按钮“Sheet Standards Files”加载总表, 如图 7 所示;

(4) 执行加强窝生成命令, 单击按钮“Standards Files”, 即可加载专项设计表, 相应的标准参数自动设置, 如图 8 所示;

(5) 选择参考点和参考面, 生成加强窝特征, 如图 9 所示。

2 知识工程

以 HB 0-11-2003 2 型加强槽为例, 选择参考点、参考平面和参考方向, 然后选择相应的标准, 系统自动调用 2 型加强槽特征模板, 生成相应的 2 型加强槽特征, 如图 10 所示。

3 CATIA 二次开发

以 HB 0-27-83 缺口特征为例, 选择弯边的内侧面、参考端面和参考平面, 然后选择相应的标准, 系统自动生成相应的缺口特征, 结果如图 11 所示。



图7 加载总表
Fig.7 Load main table

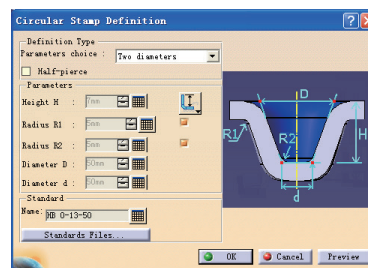


图8 加载专项设计表
Fig.8 Load special design table

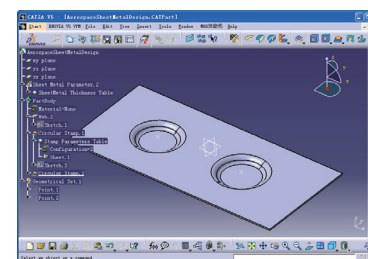


图9 加强窝特征生成
Fig.9 Create reinforced nest feature

结束语

本文结合 CATIA 二次开发、知识工程和航空钣金模块提供的标准文件输入接口等 3 种方法, 在总结提炼钣金特征设计知识且建立标准规范库和特征模板库的基础上, 构建了基于特征的航空钣金零件快速设计系统, 使设计员从原来的选择底层参数转变为直接选择标准, 彻底摆脱了大量的设计手册, 实现了航空钣金零件的快速规范化建模和最优化设计。基于特征的航空钣金零件快速设计工程应用效果明显, 也可推广应用于其他行业, 同时也可以对其他类型的结构件建模方法进行总结提炼, 形成基于特征的结构件快速建模系统。

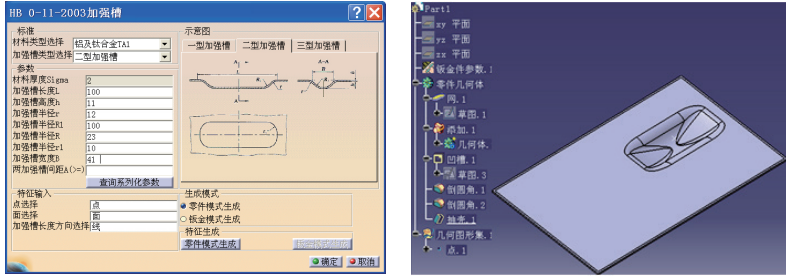


图10 加强槽特征生成
Fig.10 Create reinforced slot feature

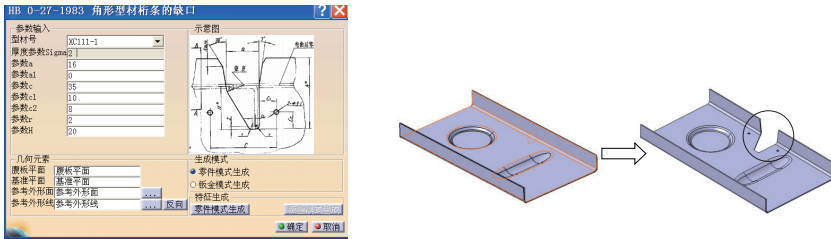


图11 缺口特征生成
Fig.11 Create notch feature

参考文献

[1] 孙中涛, 王华明. CATIA 环境下航空钣金产品的标准化设计[J]. 机械制造, 2011(1):22-25.
SUN Zhongtao, WANG Huaming. Standardization design of aerospace sheet metal products under CATIA environment [J].

Machinery,2011(1):22-25.
[2] SEHYUN M, SOONHURG H. Knowledge-based parametric design of mechanical products base on configuration design method[J].Export System With Application, 2001(21):99-107.
[3] SITARAMAN S, KINZEL G, ALTAN T. A knowledge-based system for

Process-sequence design in symmetric sheet-metal forming[J]. Mater Process Technology,1991(25):247-271.

[4] 秦海峰, 王强, 黄翔. 基于特征与知识的航空钣金快速设计系统的研究与开发[J]. 机械制造与自动化, 2010, 39(4):13-16.

QIN Haifeng, WANG Qiang, HUANG Xiang. Research on and development of rapid design system for aviation sheet metal based on features and knowledge[J]. Machine Building & Automation,2010,39(4):13-16.

[5] 吉晶晶, 廖文和, 郭宇, 等. 飞机钣金特征自动化建模技术研究[J]. 现代设计与先进制造技术, 2011(8):1873-1877.

JI Jingjing, LIAO Wenhe, GUO Yu. Research on aviation sheet feature automatic modeling technology[J]. Modern Design and Advanced Manufacturing Technology,2011(8): 1873-1877.

[6] 钟毅芳, 周济. 特征技术[J]. 工程设计, 1996(3): 45.

ZHONG Yifang, ZHOU Ji. Feature Technology[J]. Engineering Design, 1996(3):45.

[7] 李峰, 周雄辉, 阮雪榆. 钣金零件的特征设计[J]. 机械科学与技术, 1999,18(2):342-344.

LI Feng, ZHOU Xionghui, RUAN Xueyu. Feature design of sheet metal part[J]. Mechanical Science and Technology for Aerospace Engineering, 1999, 18(2): 342-344.

Research and Application of Feature-Based Rapid Design System on Aerospace Sheet Metal Part

ZHANG Shilei, LIU Juntang
(AVIC the First Aircraft Institute, Xi'an 710089, China)

[ABSTRACT] In the case of aerospace sheet metal part design knowledge has not been managed and applied, aerospace sheet metal part design needs to query a large number of paper documents. It leads to long modeling time, repeat work, low design efficiency, and human error. Moreover, due to the design level of staff and habit difference, resulting in aerospace sheet metal part, the method and process of modeling is not uniform, the uneven quality of the model, makes it difficult to achieve standardization of modeling and optimization design, also, inconvenient to the subsequent process design and processing manufacturing. The paper uses CATIA secondary development technology, technology based on knowledge engineering design and CATIA for aerospace sheet metal design module interface configuration technology, summarizes the Aerospace sheet metal characteristic design knowledge, establishes the standard specification library and feature template library, constructs feature-based rapid design system on aerospace sheet metal part, and realizes fast modeling and optimization design on aerospace sheet metal part. The system has been verified and used in the aircraft development, the effect is obvious, which greatly improves the design efficiency and quality of aerospace sheet metal part.

Keywords: Feature; Aerospace sheet metal; Standardization of modeling; Optimization design

(责编 大漠)