

# 基于 CATIA V5 的装配工具快速建模技术研究

郭喜锋,詹有河,贾朝定,李 松

(中航工业成都飞机工业(集团)有限责任公司,成都 610092)

**[摘要]** 针对装配工具种类繁多、建模过程费时费力的情况,通过完善 CATIA V5 参数化建模功能,构建一种基于 CATIA 的可视化快速建模方案。在 Visual Studio2005 平台下,利用 CAA 技术对 CATIA 进行二次开发,实现 3 种类型气钻的应用开发实例。实例表明,利用该建模方案可以大大提高装配工具建模的效率,为进一步实现装配工具模型库的建立奠定基础。

**关键词:** 装配工具;参数化建模;CATIA;CAA

## Research on Rapid Creating Assembly Tool Model Based on CATIA V5

GUO Xifeng, ZHAN Youhe, JIA Chaoding, LI Song

(AVIC Chengdu Aircraft Industrial (Group) Co., Ltd., Chengdu 610092, China)

**[ABSTRACT]** In view of the assembly tool variety, the time-consuming and laborious process of modeling, a visual modeling scheme based on CATIA through improving the function of parametric modeling is constructed. Application examples of the development of three types of drill are realized by the secondary development of CATIA using CAA technology with Visual Studio 2005 as platform. The application shows that the modeling scheme can improve the efficiency of assembly tool modeling greatly and laid the foundation for the further implementation of assembly model library.

**Keywords:** Assembly tool; Parametric modeling; CATIA; CAA

**DOI:**10.16080/j.issn1671-833x.2016.1/2.087

装配仿真资源模型库是装配仿真的前提和基础。随着仿真技术在装配工艺过程应用的不断深入,装配模型缺乏这一问题也随之暴露出来。

目前,在航空企业内部,气钻、铆枪等常用装配工具大部分还没有三维模型。缺少装配工具数模,就难以在仿真过程中验证装配工具的空间可达性。同时,企业数字化、信息化的发展也对装配工具的管理提出了更高的要求。装配工具的管理主要是通过企业内部的协同平台实现,平台将装配工具的名称和种类信息录入,并配以图片显示装配工具的外形和少量尺寸信息(图1),以方便装配工具的借用。但是,大量尺寸信息在二维图形中仍无法显示,迫切需要三维数模。



图1 协同平台中的装配工具

Fig.1 Assembly tool in collaborative platform

然而,由于装配工具种类繁多、结构复杂,而且生产厂家也没有完全给出相应尺寸,装配工具数模库的建立费时费力。CATIA 已经是航空工业主机厂所普遍采用的三维设计软件,利用 CATIA 进行建模便于实现数模的传递和统一。CATIA V5 是目前国内 CATIA 软件的主要版本。研究基于 CATIA V5 的装配工具快速建模方法,实现装配工具的快速建模,既可以为装配仿真提供技术支持,也方便装配工具的管理和使用,具有很大实用价值。

## 1 CATIA V5 参数化建模

### 1.1 参数化建模技术

参数化建模就是采用预定义的方法建立图形的几何约束集,指定一组尺寸作为参数与几何约束集相关联,并将所有的关联式融入到应用程序中,然后采用人机交互通过对话框修改参数尺寸,最终由程序根据这些参数顺序地执行表达式来实现的方法<sup>[1]</sup>。其基本思想是:通过对产品进行结构特征分析,提取构建产品模型和用户关心的主要尺寸,定义一组或者几组自变量,并

建立产品模型尺寸和用户定义变量之间的联系。被参数化的零件模型可以看作一个模板,通过修改特征参数的值,即可创建出一系列具有相似特征的零件数模。

### 1.2 CATIA V5 参数化建模相关模块

CATIA 是一款强大的 CAD/CAM/CAE 综合应用软件系统,已经广泛应用于航空、航天、船舶、汽车等领域。在 CATIA 中进行参数化建模主要涉及零件设计 (Part Design)、线框与曲面设计 (Wireframe and Surface Design)、知识顾问 (Knowledge Advisor, KA) 3 个模块。前两个模块主要用于完成零件特征的构建和修饰。知识顾问模块是一个基于知识工程的模块,是实现参数化建模的关键模块。该模块把产品知识库融入到产品的设计中,使设计人员在设计时便能遵循工程规则。KA 模块主要是通过公式 (Formulas)、规则 (Rules) 和检查 (Checks) 等方法来实现其功能的。Formulas 命令主要用于建立自定义变量和零件尺寸之间的关系,从而实现借助于公式驱动尺寸值; Rules 选项用于通过一定的规则有条件地改变尺寸值,或者改变特征的属性 (显示和隐藏) 来实现参数驱动和特征驱动; Checks 用于核对产品模型是否符合设计要求,并给出相应的提示。

CATIA V5 实现参数化建模的方法主要有: 利用系统参数和尺寸约束驱动图形,利用用户参数 (几何参数和物理参数) 和公式驱动图形 (定义公式是联系用户参数和系统参数的枢纽),利用表格数据驱动图形,利用规则与检验控制特征驱动图形。

CATIA V5 提供一个强大的参数化建模平台,它能使与产品相关联的信息以设计参数、设计表、方程、检查以及规则等知识融入到产品模型中去。但这些知识的加入均是设计人员在产品设计时手动完成的。如何将这些知识快速加入零件模型中,并实现零件模型的参数化是本文研究的内容。

## 2 CATIA 二次开发

二次开发是解决 CAD 系统通用性和专用性矛盾的有效途径。作为一个通用软件,CATIA 也提供了二次开发的接口。对外接口共有 5 种<sup>[2]</sup>,分别是:

- (1) 标准格式导入 / 导出 (Standard format import / export)。
- (2) 智能软件 (Knowledge ware)。
- (3) 交互模式下的用户自定义特征。
- (4) 使用 Automation API 的宏命令模式。
- (5) CAA V5 C++&Java。

前两种方式只适用于简单的数据交换,严格来讲不算 CATIA 二次开发的方式。目前,CATIA 二次开发的方式主要有 Automation 和 CAA V5 C++&Java 两种。

Automation 是通过 VB Script 或 Java Script 录制宏自动生成代码,使用进程内应用程序与 CATIA 进行通信。这种开发方式入门相对简单,缺点是功能有限、调用不方便、界面设计风格也与 CATIA 本身有差异。

CAA (Component Application Architecture, 组件应用架构),对于编程者要求高些,除了需要掌握 VC++ 的知识外,还要了解 CATIA 本身的组织架构,加上目前国内没有系统学习 CAA 的相关资料,CAA 入门就比较困难。尽管如此,但它功能强大,能完成从简单到复杂的一系列二次开发工作,并能和 CATIA 本身无缝集成。CAA 主要是通过快速开发环境 RADE (Rapid Application Development Enviroment) 和 API 来实现 CATIA 的不同功能。RADE 以 Microsoft Visual Studio VC++.net 为载体,并提供一整套编程所需工具集,API 则提供各种对象的属性和操作方法。

安装 CAA 以后,通过达索系统公司提供的百科全书 (CAA V5 Encyclopedia),可以看到 CAA 的架构,如图 2 所示。

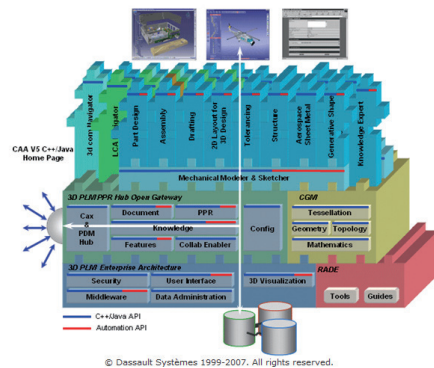


图2 CAA V5组件架构

Fig.2 CAA V5 component architecture

点击相应模块即可看到达索公司提供的一些技术文章 (Technical Articals)、应用实例 (Use cases)、快速指南 (Quick Reference)。图 3 是点击 Part Design 进入的界面。

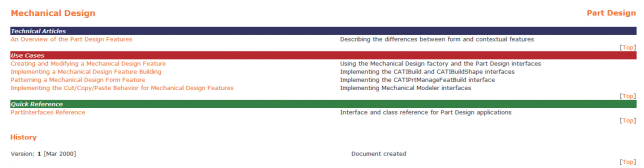


图3 Encyclopedia 里 Part Design 模块的内容

Fig.3 Content of Part Design module in Encyclopedia

## 3 建模思路与实例

利用 CAA 进行 CATIA 二次开发实现快速建模思路为: 第一步,测量获取建模对象尺寸; 第二步,对建模

对象进行特征分析;第三步,提取主要尺寸,将建模对象离散化;第四步,设置变量,建立变量与尺寸关系;第五步,设计窗体,程序完成建模过程。

以某型号 90° 气钻为例介绍建模过程。

#### (1) 测量。

用卡尺等工具对工具手册中没有给出的尺寸进行测量。

#### (2) 特征分析。

气钻由手柄和主体部分组成。主体部分可以通过分别创建草图、拉伸凸台实现。

基于参数化建模的需要,要对凸台的拉伸方向进行控制。手柄部分可以通过轮廓加中心线扫掠而成,其对应的函数为(CATISpecObject\_var CreateRib())。

#### (3) 提取尺寸。

提取每个凸台对应草图(圆)的半径和凸台高度作为气钻的主要尺寸,并用 CreateConstraint (CATBaseUnknown\*,double\*,CATBaseUnknown\*,double\*,CATBaseUnknown\*,double\*,CATBaseUnknown\*,CAT2DCstType,int,int)函数对草图半径作出约束,如图 4 所示。

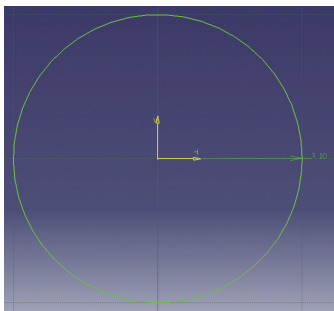


图4 草图的约束

Fig.4 Sketch constraints

#### (4) 设置变量并与尺寸建立联系。

利用函数 CreateLength (const CATUnicodeString&iParameterName, const double iParameterValue) 创建对应草图(圆)半径和凸台高度的变量,并对参数赋初始值,创建它们之间的联系。建立联系之后,图形和结构树的显示情况如图 5 和图 6 所示。

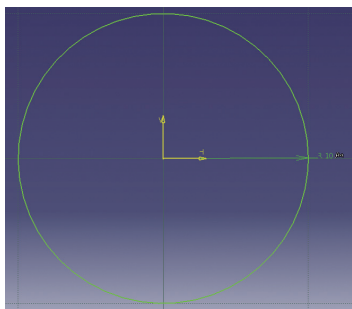


图5 变量与尺寸对应的关系(草图)

Fig.5 Relationship between variable and size(sketch)

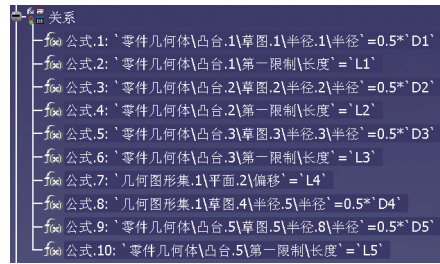
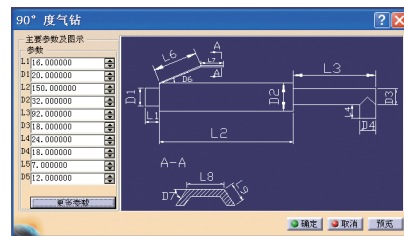


图6 变量与尺寸对应的关系(结构树)

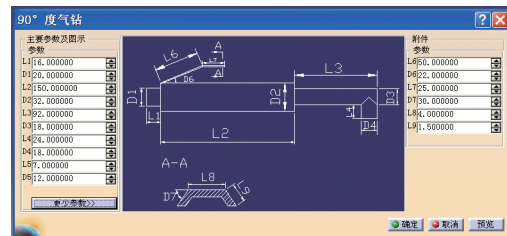
Fig.6 Relationship between variable and size(specification tree)

#### (5) 对话框设计与程序实现。

由于参数过多,本文采用可折叠对话框,初始状态将手柄参数隐藏。点击“更多参数”按钮,对话框将被展开,“更多参数”按钮显示为“更少参数”,点击后对话框重新折叠。同时,将用户定义的特征变量标注于气钻的二维尺寸上,并以图片的形式嵌入对话框,使建模过程可视化,并采用微调按钮 CATDlgSpinner 作为参数输入值,方便用户进行参数值微调。某型号 90° 气钻对话框如图 7 所示。



(a) 对话框(一)



(b) 对话框(二)

图7 可折叠对话框

Fig.7 Foldable dialog

在 Visual Studio2005 平台下,将特征分析的结果通过 CAA 在程序中完成气钻模型的建立,整个操作流程如图 8 所示,图 9 是生成的某型号 3 种类型气钻零件模型。当尺寸小于某一值不能构成实体模型时,程序会弹出提示对话框,提示用户修改尺寸,扩展了 CATIA KA 模块本身的功能。

## 4 结束语

文章提出一种快速建模的思路,并利用 CAA 对  
(下转第 95 页)

induced shape distortion for resin matrix thermosetting composites[J]. Aerospace Materials & Technology, 2006(S1):7-11.

[4] LOOS A C, SPRINGER G S. Curing of epoxy matrix composites[J]. Compos. Mater., 1983, 17:135-169.

[5] KAYS A O. Exploratory development on processing science of thick section composites, AFWAL-TR-85-4090 [R]. Wright Patterson: US Air Force Wright Aeronautical Laboratories, 1985.

[6] ZHU Q, PHILIPPE H G. Dimensional accuracy of thermoset composites: simulation of process-induced residual stress[J]. Journal of Composite Material, 2001, 35(24):2171-2205.

[7] BOGETTI T A, GILIESPIE J W. Two-dimensional cure simulation of thick thermoset composite laminate[J]. Compos. Mater., 1991, 25:239-273.

[8] 左德峰, 朱金福, 黄再兴. 树脂基复合材料固化过程中温度场的数值模拟 [J]. 南京航空航天大学学报, 1999, 31(6):701-705.

ZUO D F, ZHU J F, HUANG Z X. Numerical modeling of temperature field in curing process of thermosetting resin matrix composite materials[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 1999, 31(6): 701-705.

[9] 陈祥宝, 邢丽英, 周正刚. 树脂基复合材料制造过程温度变化模拟研究 [J]. 航空材料学报, 2009, 29 (2):61-64.

CHEN X B, XING L Y, ZHOU Z G. Simulation and modeling of polymeric composite temperature change during manufacturing process[J]. Journal of Aeronautical Materials, 2009, 29 (2):61-64.

[10] 王永贵, 梁宪珠, 曹正华. 热压罐工艺成型先进复合材料构件的温度场研究综述 [J]. 玻璃钢 / 复合材料, 2009(4):70-76.

WANG Y G, LIANG X Z, CAO Z H. Review of the temperature field research of autoclave moulding for advanced composite components[J]. Fiber Reinforced Plastics/Composites, 2009(4):70-76.

[11] 王永贵, 梁宪珠, 薛向晨, 等. 热压罐工艺的传热分析和框架式模具温度场分布 [J]. 航空制造技术, 2008(22):80-83.

WANG Y G, LIANG X Z, XUE X C, et al. Analysis of heat transfer and temperature field distribution on frame tooling in autoclave process[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2008(22):80-83.

[12] 张旭生, 甘忠, 张海燕. 热压罐时效成形模具温度场优化研究 [J]. 中国制造业信息化, 2011, 40(19):30-32.

ZHANG X S, GAN Z, ZHANG H Y. Research on optimization of mold temperature fields in autoclave age forming[J]. Manufacture Information Engineering of China, 2011, 40(19):30-32.

[13] 于刚. 飞机复合材料构件热压罐成型温度场分析技术 [D]. 南京: 南京航空航天大学, 2011.

YU G. A technology of temperature field analysis in autoclave processing for airplane composite structures[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2011.

[14] 张铖. 大型复合材料结构热压罐工艺温度场权衡设计 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2009.

ZHANG C. Curing temperature field tradeoff design method of large-scale composite material structure in autoclave process[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2009.

[15] 李桂东. 复合材料构件热压罐成型工装设计关键技术研究 [D]. 南京: 南京航空航天大学, 2010.

LI G D. Research on key technologies for tool design of composite components undergoing autoclave processing[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2011. (责编 李丹)

(上接第 89 页)

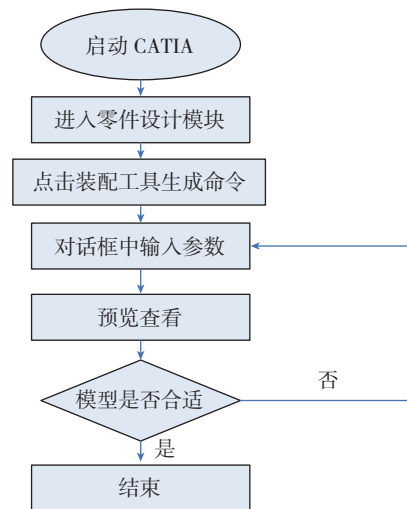


图8 操作流程

Fig.8 Operating procedures

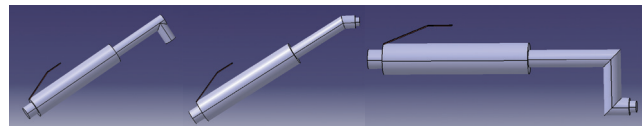


图9 某型号3种类型气钻零件模型

Fig.9 Three types of gas drilling part model of a model

CATIA 进行二次开发, 实现了某型号气钻的快速建模。由于是在后台通过程序完成模型的建立, 对于倒圆角等模型的修饰工作还需要一定的人工交互, 但是其建模速度相比利用目前的测量设备扫描出表示工具外形的一系列点, 然后通过处理点云做逆向工程建模速度更快、效率更高。相比传统的建模, 将装配工具的二维图以图片的形式显示到对话框中, 使参数更加容易理解, 建模过程直观可视化。在建模过程中, 将工程的一些规则融入到建模过程中, 扩展了 CATIA 智能检查功能, 这种方式易于将企业内部的建模规范、标准等知识显性表示在产品数模中, 实现企业知识与三维模型统一。将该建模思路加以扩展应用, 可以建立更多的装配工具数模, 从而建立装配工具模型库。

## 参考文献

[1] 陈田, 殷国富, 舒斌, 等. 参数化特征造型技术在水泵叶轮设计中的应用 [J]. 机械设计与研究, 2000 (2):24-26.

CHEN T, YIN G F, SHU B, et al. Parametric feature modeling technology in the pump impeller design[J]. Machine Design & Research, 2000(2):24-26.

[2] 张敏, 苏兰海, 王君英. 基于 CAA 的 CATIA 用户自定义特征创建 [J]. 机械设计与制造, 2008 (9):87-89.

ZHANG M, SU L H, WANG J Y. The creation of user defined geometric feature based on CAA/CATIA[J]. Machinery Design & Manufacture, 2008 (9):87-89. (责编 谷雨)