

# 基于 CATIA 的飞机工装标准件库开发与应用 \*

## Development and Application of Standard Part Library for Aircraft Tooling Based on CATIA

南京航空航天大学 陆 旻 卫 炜 安鲁陵 黄斌达 王 岩

[摘要] 在飞机工装设计过程中,标准件的设计存在着大量的重复劳动。为了提高设计效率和设计标准化程度,研究了标准件的模板建模技术,利用 Oracle 数据库,开发基于 CATIA 的飞机工装标准件库。该工装标准件库在开发的复合材料工装数字化设计系统中应用,取得了满意的效果。

关键词: CATIA 飞机工装标准件库 模板建模技术 Oracle 数据库

[ABSTRACT] In order to get rid of repetitive tasks existing in the process of standard part designing of aircraft tooling and improve the design efficiency and the level of standardization, parametric design technology is focused on. The technology of Oracle database is used to develop the standard part library of aircraft tooling based on CATIA/CAA. Satisfactory results are achieved in the application of the standard part library in digital design system of composite material of aircraft tooling.

Keywords: CATIA Standard part library of aircraft tooling Parametric design technology Oracle database

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.S1.024

飞机产品结构和工作环境不同于一般的机械产品,在飞机制造过程中,除了使用通用机床和试验设备外,还需要根据不同机型的零件、组件和部件来制造专用的工艺装备。而设计、制造这些工艺装备要消耗大量的工时,其中标准件是工装设计过程中用量最多的基本单元。工装设计人员在设计中对大量标准件的频繁使用,使之对三维 CAD 软件提出了建立标准件库的需求。

计算机辅助三维交互设计应用(Computer Aided Tri-Dimensional Interface Application, CATIA)是法国达索系统公司开发的。不同于老一代 CAD/CAM 的产品,它采用全新的、基于组件的开放式体系结构,应用了许多现代软件工程思想,虽然整个体系结构十分庞大,但是结构清晰、合理,有良好的扩展性能,其组件应

用架构如图 1 所示,允许更多的第三方供应商针对用户的需求定制解决方案<sup>[1]</sup>。

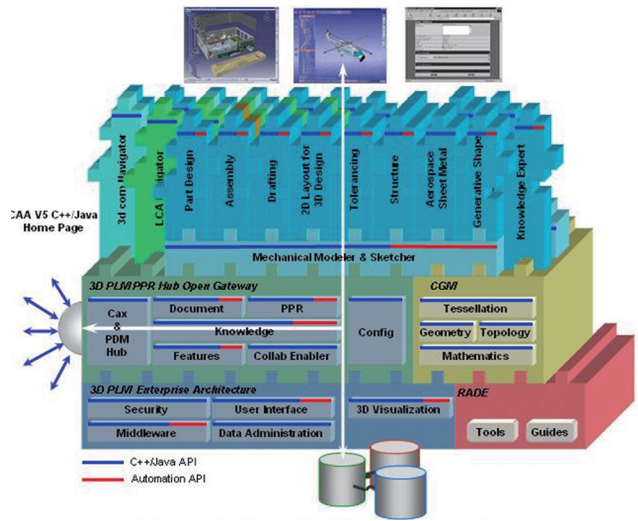


图1 组件应用架构

Fig.1 Component application architecture

目前在 CAITA 中建立飞机工装标准件库的方法主要有 2 种:一种是运用 CAITA 软件的知识工程模块,另一种是对 CAITA 软件进行二次开发。知识工程模块能让开发人员把产品的设计知识用知识工程原理表达出来,属于 CATIA 自带模块,因此开发难度低,稳定性高,调用时响应速度快,但是实现的功能有限;第 2 种方法又分为进程内应用程序(In-process Application)开发方式和进程外应用程序(Out-process Application)开发方式<sup>[2]</sup>。进程内应用程序开发方式是利用 CATIA 功能记录用户的操作过程,通过 VB Script 或 Java Script 来录制成宏,自动生成代码,但这种方法灵活性差。进程外应用程序开发方式是利用 CATIA/API 实现基于组件的定制开发,利用这种方式开发的标准件库功能强大,能很好地与 CATIA 融合在一起,本文基于企业的实际需求采用该方式开发飞机工装标准件库。

### 1 飞机工装标准件库系统设计总体架构

飞机工装标准件库依据企业常用的工装标准件类型进行分类,涉及国标、机械标准、航标、企标等标准件。标准件采用模板建模设计技术进行建模,将参数

\* 南京航空航天大学青年科技创新基金项目(NS2012103)资助。

存储于外部 Excel 表格中,实现标准件模型和参数的分离,可通过外部 Excel 表格增删参数来控制标准件模型的系列。标准件库系统以大型关系数据库 Oracle 作为数据库管理平台,采用 ADO 数据库访问方式,将标准件信息存储在服务器端的数据库中,客户端动态调用生成标准件。整个系统以 Windows 系统和 CATIA 为操作平台,通过 CATIA/API 实现用户权限管理功能、标准件库维护功能、标准件初定位功能以及标准件库系统的应用。工装标准件库系统界面友好、响应速度快、集成性好、易于扩充,只需通过鼠标选择待选用的标准件类型、参数和初定位点,即可在给定位置生成所需标准件。标准件库系统总体架构如图 2 所示。

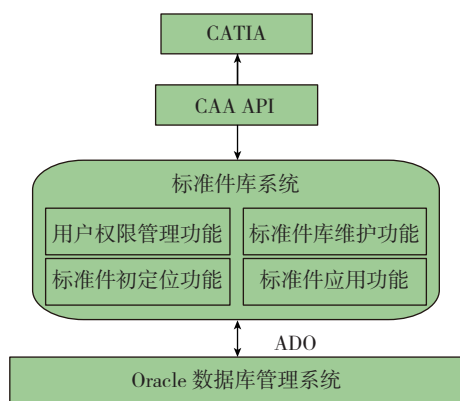


图2 标准件库系统总体架构

Fig.2 General architecture of standard part library system

## 2 飞机工装标准件库的建立

飞机工装标准件库建立的具体步骤如下。

根据企业实际需求和通用规范,对涉及的国标、机械标准、航标和企标等标准件进行分类,并将分类信息存储到 Oracle 数据库中。

分析标准件实体并提取其特征参数,利用 CATIA 建模功能建立标准件三维模型。根据提取的特征参数,利用 Formula 功能设定参数变量以及参数间的关系表达式。根据设定的参数变量,创建与模型文件对应的 Excel 表格。

将标准件相关信息依据标准件分类方式存入数据库中,完成标准件库的建立。

### 2.1 飞机工装标准件模板建模技术

飞机工装标准件采用参数化设计方法——基于模板建模技术来进行建模,参数化设计的基本思想是以约束来表达产品模型的形状特征,通过从模型中提取一些主要的定形、定位或装配尺寸作为自定义的变量,修改这些变量的同时由一些公式计算出并变动其他相关尺寸,从而方便地创建一系列形状相似的零件<sup>[3]</sup>。

飞机工装标准件利用 CATIA 软件以交互方式生成,通过 CATIA 软件的实体造型功能,建立标准件各系列的参数化模型,生成包含大量标准件模板的模板库,对于同一类型的标准件建立一个 Excel 表格,在 Excel 表格的首行对关键字进行定义,关键字包括标准件编号(PartNum)、标准件名称(PartName)、参数过滤关键字(MM)以及描述三维模型的参数变量,通过程序对模板进行操作生成各种规格的标准件,构成标准件库。这种建模方法不需编制大量的程序,大大减少了数据的冗余和建库的工作量。

### 2.2 飞机工装标准件信息的数据库存储模式设计

数据库设计的基本目标是实现标准件的分类管理,为标准件库提供所需的数据,并且使这些数据在使用时具有较高的稳定性<sup>[4]</sup>。Oracle 数据库以高级结构化查询语言 SQL 为基础,同时支持大量多种类型数据,如二进制图形、CATIA 相关文档等。CAA 支持多种数据库访问方式,如 ADO、DAO、ODBC 以及 RDC 等,其中 ADO 可以实现更复杂、更灵活的数据库访问逻辑,所以本文选用 Oracle 作为数据库管理平台,同时采用 ADO 数据库访问方式。

由于 CATIA 文件和相关电子设计手册格式和容量的特殊性,进行标准件的信息存储时,为了保证软件运行效率,采用将 CATIA 文件、相关电子设计手册与数据库分开存储的方式,即数据库仅存储 CATIA 文件和相关电子设计手册的路径和文件名。根据关系数据库的原理和需求分析,工装标准件库系统共设计了 3 个数据表,分别为标准件类型表(TYPELIST)、标准件信息表(STANDLIST)和用户信息表(USERREG)。其中,用户信息表主要用于存储用户权限信息,标准件信息存储在标准件信息表中,分类信息存储在标准件类型表中,标准件类型表和标准件信息表通过类型 ID 建立关系,如图 3 所示。

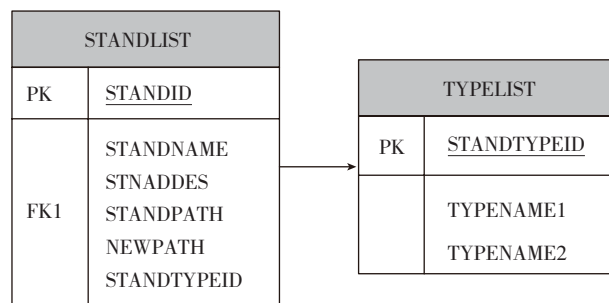


图3 标准件信息的数据库存储模式

Fig.3 Database storage mode of standard part information

## 3 标准件库系统开发与应用

标准件库系统的开发是整合标准件模板建模技术

和 Oracle 数据库信息存储技术的重要环节,利用 CAA 提供的 Addin 开发方式,可以将开发的用户权限管理功能、标准件库维护功能、标准件初定位功能以及标准件应用功能无缝内嵌到 CATIA 环境中。

### 3.1 用户权限管理功能

用户权限管理功能是大部分应用系统重要的组成部分,系统权限的有效控制也是应用系统实施成功的保证。工装标准件库系统为了控制用户对标准件库资源的操作权限,开发了用户登录、用户注销和用户信息修改这 3 个子功能模块,高级管理员可以根据其分配的用户名和密码,通过数据库验证后,对标准件库信息进行维护。

### 3.2 标准件库维护功能

为了管理工装标准件数据,本系统开发标准件添加、删除和修改 3 个子功能模块,高级管理员可以方便、实时地更新标准件信息。标准件库维护界面如图 4 (a)、图 4 (b)、图 4 (c)、图 4 (d) 所示,高级管理员点击添加标准件按钮即可进入标准件入库界面,进行向 Oracle 数据库添加标准件类型和标准件等操作;点击修改标准件按钮即可进入标准件修改界面,选择需要修改的标准件即可进行修改标准件相关信息的操作;点击删除标准件按钮即可进入标准件删除界面,选择需要删除的标准件即可。

### 3.3 标准件初定位功能

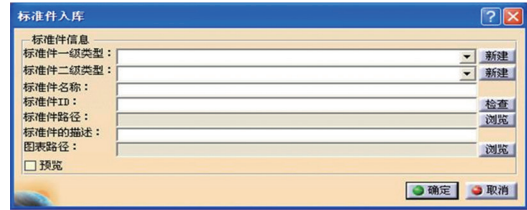
基于 CATIA 的飞机工装设计过程中,工装设计人员每次调入的工装标准件都会根据标准件绘图方式自动放置在装配产品的某处,当标准件尺寸相对较小或装配产品较大时,设计人员很难找到调入的标准件。传统的基于装配特征的标准件快速装配功能虽然能解决这一问题,但是在实际生产中工装设计人员往往希望能将标准件定位到某个期望的位置,再根据实际情况进行约束装配。为了提高装配效率,本文根据企业的实际需求实现了标准件的初定位功能。

在 CATIA 装配环境中,无论是移动标准件还是调整标准件的姿态,都要通过改变标准件的位姿矩阵来实现<sup>[9]</sup>。标准件的位姿矩阵包含了标准件的位置信息和姿态信息,是对标准件进行平移和旋转的信息依据。位置信息反映的是标准件相对于坐标系原点的信息,姿态信息是指标准件相对于坐标系原点沿各个坐标轴旋转的角度信息。这些内容都是通过三维图形的几何变换矩阵  $D$  来反映的,根据计算机图形学基本知识可知,三维图形的几何变换矩阵  $D$  可以用下列数组表示:

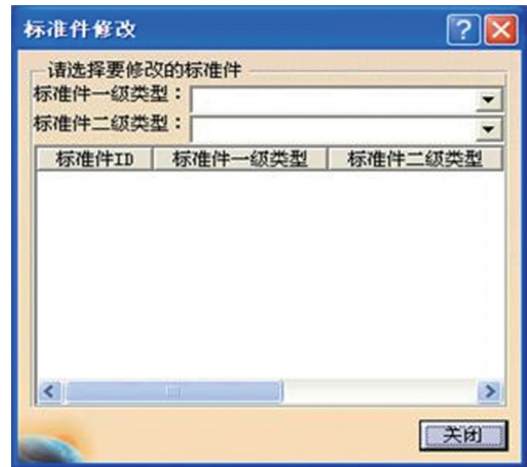
$$D = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & d_{14} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & d_{24} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & d_{34} \\ d_{41} & d_{42} & d_{43} & d_{44} \end{pmatrix} \circ$$



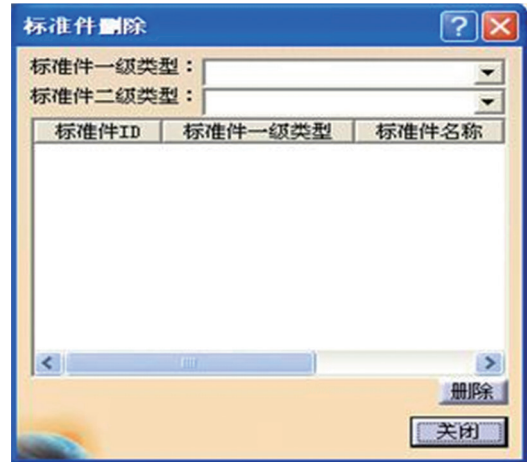
(a) 标准件库维护操作界面



(b) 添加标准件信息界面



(c) 修改标准件信息界面



(d) 删除标准件信息界面

图4 标准件库维护界面

Fig.4 Maintenance interfaces of standard part library

将上述数组分为 4 个矩阵,其中,矩阵

$$D_1 = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} \end{pmatrix} \text{ 与比例、旋转、错切等几何变}$$

换相关;矩阵  $D_2 = (d_{41} \ d_{42} \ d_{43})$  与平移相关;矩阵

$D_3 = \begin{pmatrix} d_{14} \\ d_{24} \\ d_{34} \end{pmatrix}$  与投影变换相关; 矩阵  $D_4 = (d_{44})$  与整体比

例变换相关。因为在 CATIA 环境下, 标准件的初定位仅仅进行平移和旋转 2 种运动, 所以标准件的位姿矩阵可由数组  $A$  表示:

$$A = \begin{pmatrix} A_0 & A_1 & A_2 \\ A_3 & A_4 & A_5 \\ A_6 & A_7 & A_8 \\ A_9 & A_{10} & A_{11} \end{pmatrix},$$

其中,  $\begin{pmatrix} A_0 & A_1 & A_2 \\ A_3 & A_4 & A_5 \\ A_6 & A_7 & A_8 \end{pmatrix}$  组成一个  $3 \times 3$  的矩阵, 用来描述

物体的姿态信息, 这 9 个数值之间有相互联系, 若 9 个数值不能满足直角坐标系, 则进行标准件姿态调整时标准件会发生变形; 标准件的位置信息则由  $(A_9, A_{10}, A_{11})$  来描述。

通过 CAA 的 Agent 机制, 获取标准件初定位时定位位置的相关信息后, 动态重组所需的位姿矩阵, 通过 CATIA/API 中的 CATIMovable 接口, 调用该接口下的 SetPosition() 等函数来实现该功能。

### 3.4 标准件库系统的应用

标准件库系统的应用包括参数过滤、快速建模、查看电子设计手册和三维预览等子功能, 如图 5 所示, 设计人员根据实际需要选取标准件类型和相关参数(若对选取参数不明确, 可查看电子设计手册。若该标准件参数过多, 可使用参数过滤功能, 筛选出指定的标准件参数类), 图 5 右侧的三维预览图可根据所选定的标准件信息动态生成, 用户可对其进行旋转和缩放。

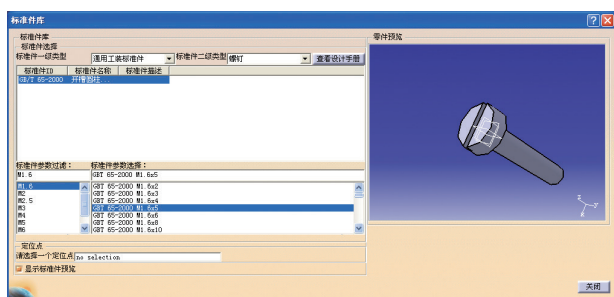


图5 标准件库应用界面

Fig.5 Application interface of standard part library

针对标准件库系统应用过程中设计手册的查看功能, 由于电子设计手册的存储机制采用将电子设计手册与数据库分开存储, 数据库存储设计手册文件路径的方式。用户点击查看设计手册按钮后, CATIA 应用程序从 Oracle 数据库中获取相应设计手册的存储路径, 并传递给基于 MFC 开发的设计手册查看器。此二者属于 2 个应用层面, 所以传递过程属于程序间的消息传

递。在 Windows 编程中, 有 3 种方法可以实现应用程序间的消息传递<sup>[6]</sup>: 一是内存传递; 二是通过消息响应传递; 三是通过剪贴板传递。因为 CATIA 系统内存动态定义无法确定, 而且 CATIA 的消息响应定义方式与 MFC 不完全一致, 所以采用剪贴板实现二者之间的消息传递。

## 4 结束语

本文研究了基于 CATIA 的飞机工装标准件库的开发与应用, 提出了飞机工装标准件库系统设计总体框架, 分析标准件的模板建模技术和 Oracle 数据库信息存储技术, 实现了标准件用户权限管理功能、标准件库维护功能、标准件初定位功能和标准件库系统的应用, 大大提高了设计效率和设计标准化程度。该标准件库在开发的复合材料工装数字化设计系统中应用, 取得了满意的效果。

## 参考文献

- [1] 李原, 彭培林, 邵毅. 基于 CATIA 的标准件库设计与实现. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(8): 1873-1877.
- [2] 邓冬梅, 周末水, 陈功, 等. 基于 CATIA 的组件库建库工具的设计与实现. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2007, 35(1): 138-142.
- [3] Ye X F, Li J J. Realizing knowledge reuse in standard parts library management system. Computer Aided Drafting, Design and Manufacturing, 2008 (1): 32-38.
- [4] 黄翔, 万久团. 全息智能夹具三维标准件库建立的研究. 机械科学与技术, 2003, 22(2): 332-334.
- [5] 何朝良. 基于 CATIA/CAA 平台的虚拟装配路径规划的研究 [D]. 南京: 南京航空航天大学机电学院, 2005.
- [6] 叶鹏. 基于 CATIA V5 的汽车制动器零件库研究与开发 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2011.

(责编 叶枫)

(上接第 19 页)

2013: 40-45.

- [2] Sexton L, Lavin S, Byrne G, et al. Laser cladding of aerospace materials. Journal of Materials Processing Technology, 2002, 122: 63-68.
- [3] Manvatkar V D, Gokhale A A, Jaganreddy G, et al. Estimation of melt pool dimensions, thermal cycle, and hardness distribution in the laser-engineered net shaping process of austenitic stain-less steel. Metallurgical and Materials Transactions A, 2011, 42A: 4080-4087.
- [4] Amato K N, Gaytan S M, Murr L E, et al. Microstructures and mechanical behavior of Inconel 718 fabricated by selective laser melting. Acta Materialia, 2012, 60(5): 2229-2239.
- [5] 张靖. 电子束选区熔化数字式扫描控制系统研究 [D]. 北京: 清华大学, 2011.
- [6] 陈哲源, 锁红波, 李晋炜. 电子束熔丝沉积快速制造成型技术与组织特征. 制造技术研究, 2010(1): 36-39.
- [7] 向永华, 徐滨士, 吕耀辉, 等. 微束等离子粉末熔覆金属零件直接快速成形研究. 中国表面工程, 2009, 22(4): 44-48.

(责编 亿霖)