

基于 CAD 软件的二次开发技术在轮胎设计中的应用

李廷照¹, 董玉德¹, 鲁 军¹, 张方亮², 刘彦超², 杨 洋², 李 炜²

[1. 合肥工业大学 机械与汽车工程学院, 安徽 合肥 230009; 2. 佳通轮胎(中国)研发中心, 安徽 合肥 230601]

摘要: 简要介绍二次开发技术的概念和方法。以 CATIA 为例介绍了常见的两种开发方式——外挂式和嵌入式在轮胎设计中的应用。首先根据外挂式系统的特点, 介绍了一种基于 CATIA 平台的集设计和管理于一体的系统的开发方法。然后着重介绍了嵌入式开发方法, 提出了一种可用于轮胎 3D 设计并极大提高轮胎设计效率的系统设计方法。

关键词: 轮胎; 花纹; 二次开发; 嵌入式; 外挂式; 计算机辅助设计

中图分类号: TQ336.1+1; TP391.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-8171(2014)07-0404-06

汽车行业的发展对轮胎性能要求越来越高, 设计人员需要有更快、更准确的设计方法, 计算机辅助设计便在轮胎企业中开始应用。轮胎计算机辅助系统开发分两方面。在二维花纹设计方面, 子午线轮胎 CAD 系统^[1] 给出轮胎断面轮廓图、花纹图和侧面图; 轮胎二维 CAD 系统^[2] 功能涵盖了轮胎常规设计、计算和绘图全过程。在三维花纹设计方面, 研制出轮胎花纹设计专家系统^[3]; 利用 CATIA 的交互功能设计轮胎花纹^[4]; 通过对沟槽的参数化快速构建不同沟槽, 并给出校验无效沟槽参数的几何算法^[5]; 开发了自动绘制轮胎的设计系统^[6], 利用预先设置的设计知识库和数据库设计轮胎。

本工作结合前人经验给出了基于二次开发技术的轮胎辅助设计系统的开发方法。下面首先介绍二次开发技术的概念和方法及轮胎的设计流程, 然后以 CATIA 为例, 通过原型系统的设计, 具体介绍二次开发技术在轮胎设计中的应用。

1 设计软件及二次开发技术概述

1.1 二次开发技术的概念和方法

二次开发, 即在现有的软件上进行定制修改,

扩展功能, 以得到自己想要的功能, 一般来说都不会改变原有系统的内核。当前主流的机械软件主要有 AutoCAD, UG, Pro/E 和 CATIA 等, 都提供了二次开发接口(API), 使用户能在软件本身的基础上通过提供的 API 和开发软件如 VC, VB 和 Delphi 等开发出用户想要的功能。

不同的机械软件提供的二次开发方法不同, 但基本上都是基于 COM 接口技术的 API 函数库。通过此函数库可以开发两类应用文件: 一类是动态的链接库(DLL); 一类是独立于设计软件之外的应用程序(EXE)。两种程序各有优劣。DLL 是集成在设计软件之内的, 可与设计软件融为一体, 有良好的互补性和易修改性。EXE 是独立于设计软件之外的, 可独立运行, 不受设计软件限制, 适用于管理系统方面的设计。

1.2 设计软件在轮胎设计中的应用

目前在轮胎设计中能够达到设计精度要求和设计标准的设计软件主要有以下几款。

(1) AutoCAD——主要用于轮胎工程图的绘制和生成。AutoCAD 是传统的机械设计软件, 有强大的 2D 图形工具, 在轮胎行业中很多企业依然采用 AutoCAD 作为主要设计工具。但 AutoCAD 只能用于 2D 设计, 已经无法满足现阶段轮胎的设计要求。

(2) UG——用于轮胎 3D 图的绘制。UG 是

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51275145)

作者简介: 李廷照(1987—), 男, 山西大同人, 合肥工业大学硕士研究生, 现任职于佳通轮胎(中国)研发中心, 主要从事计算机辅助设计研究。

一款不错的 3D 设计软件,其曲面设计精度和易操作性都达到了轮胎设计的要求,故已大量在轮胎设计中应用。

(3) CATIA——用于轮胎 3D 图的绘制。CATIA 是目前为止机械设计软件中最易操作、精度最高的设计软件,大量应用于飞机、汽车等制造行业,也是轮胎 3D 设计中应用最广泛的软件^[7]。

2 基于二次开发的系统设计方案

下面以 CATIA 为例,介绍外挂式和嵌入式两种设计方法在系统设计中的应用,其他设计软件的方法基本相同。首先简要介绍轮胎的设计流程,以轮胎轮廓线为基础旋转得到轮胎光胎面,并以此光胎面和 2D 曲线为输入,轮胎设计的具体步骤如图 1 所示。

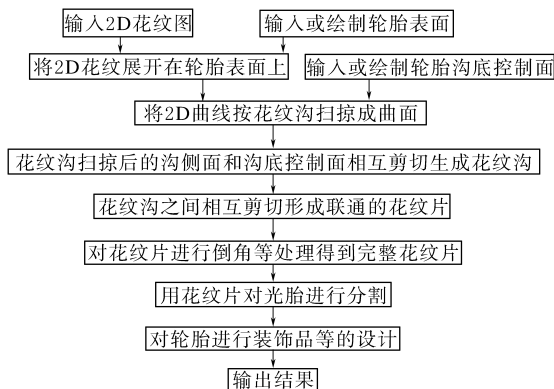


图 1 轮胎设计流程

2.1 外挂式系统的设计方案

2.1.1 系统设计概述

外挂式系统的实现原理是通过该系统内部调用软件注册表内的注册信息,使其能够在软件未被打开时后台运行于计算机中,从而通过系统外部调用该软件 API 函数库时能够给予相应的操作响应,并返回所需的输出结果。以 VC 为例说明外挂式系统设计方案实现过程。

(1) 建立一个基于单文档的 EXE 程序。通过建立类向导添加所需要的类库:...\intel_a\code\bin\..。

(2) 在程序初始化的过程中后台运行 CATIA 软件,通过函数 GetObject(, "CATIA.Application")从注册表内调用 CATIA,通过 Setvisible(FALSE),设置 CATIA 为后台运行。

(3) CATIA 处于激活状态后,可调用函数对其进行处理,通过 AutoVue 插件将已生成的轮胎模型图显示在程序界面上并查看是否为所需零件图,以做相应处理。

2.1.2 具体程序设计方案

根据外挂式系统的特点,提出一种基于 CATIA 平台的集设计和管理于一体的轮胎管理和设计系统,应用数据库记录已有的轮胎模型各参数,通过修改部分参数实现新轮胎的生成。具体实例如图 2 所示。



图 2 轮胎管理及设计系统实例

具体程序设计方案如下。

(1) 手动绘制轮胎图并满足如下规则:轮胎图的绘制过程需要将每一条花纹沟分别以不同的几何体进行区分,确定每一个尺寸的先后顺序,以便能在数据库中识别并做出修改。轮胎轮廓也采用相同的方法设计。

(2) 系统采用 ADO 方式连接 ACCESS 数据库,数据库保存于服务器中,这样就可以保证所有用户均可调用。

(3) 所有轮胎模型都以参数形式保存于数据库中。实体轮胎不保存,因为其占据空间较大,需要时只需调用相应的轮胎参数,重新生成即可。

(4) 在轮胎调用过程中程序内部执行轮胎重绘命令,故轮胎参数中保存有轮胎设计所需的必要信息,但不显示于程序界面上。

(5) 通过 API 函数实现轮胎绘制,并输出于 AutoVue,以便查看和修改。

(6) 保存零件,完成。

2.2 嵌入式系统的设计方案

2.2.1 系统设计概述

嵌入式系统主要有以下几种设计方法,以 CATIA 为例进行说明,其他软件基本相同。目前

CATIA 下的开发分为两大类:普通接口的二次开发和自定义接口的特征化开发。

普通接口的二次开发中,参数化设计又分为三类:①绘图法,将要参数化的零件通过 CAA 的接口函数绘制出来;②修改参数法,导入已生成的零件,通过对其尺寸进行修改,实现参数化;③函数法,通过调用已设置的函数公式实现参数化。

用户自定义特征化的实现方法如下:建立自己的接口函数、实现函数和更新函数,通过 cmd 调用完成特征生成。

本文采用自定义接口的特征化开发方式,在这种开发方式下开发的系统工具与 CATIA 自有工具完全相同,可以最大程度嵌入其中。系统按功能分为 5 个主模块。

(1)轮胎光胎设计模块:用于生成轮胎的胎体(由于轮胎 3D 设计中不包括带束层、钢丝圈等,故此处不做设计,只做外轮廓)。

(2)花纹沟设计模块:用于生成轮胎的各花纹沟。按花纹沟的截面和表面种类可分为一层花纹沟设计、两层花纹沟设计、三层花纹沟设计、多曲线花纹沟设计及特殊花纹沟设计 5 个子模块。

(3)花纹沟交汇处理模块:用于对已生成花纹沟之间的连接部分进行相互处理,保证花纹沟的相互贯通,且没有缝隙。按交汇类型又可分为“T”型交汇处理、“X”型交汇处理、“V”型交汇处理 3 个子模块。

(4)装饰品设计模块:用于设计轮胎装饰品,可分为肩沟设计、沟底凸台设计、肋条设计、新胎标识线设计等子模块。

(5)工程图设计模块:用于把已经生成的 3D 花纹沟转化为 2D 工程图。设计过程中要把 3D 轮胎展开为平面的 2D 工程图,并对花纹沟截面进行标注。

2.2.2 部分程序设计方法

2.2.2.1 花纹沟的设计

文件输入元素为 CATISpecObject,将其转化为 CATBody,然后通过函数 CATCreateTopProject()把输入的曲线投影到轮胎表面上,通过函数 CATCreateFrFTopologicalSegmentSweep()进行扫掠。

以二层花纹沟为例,对得到的曲面进行保留方向智能判别,如图 3 所示。

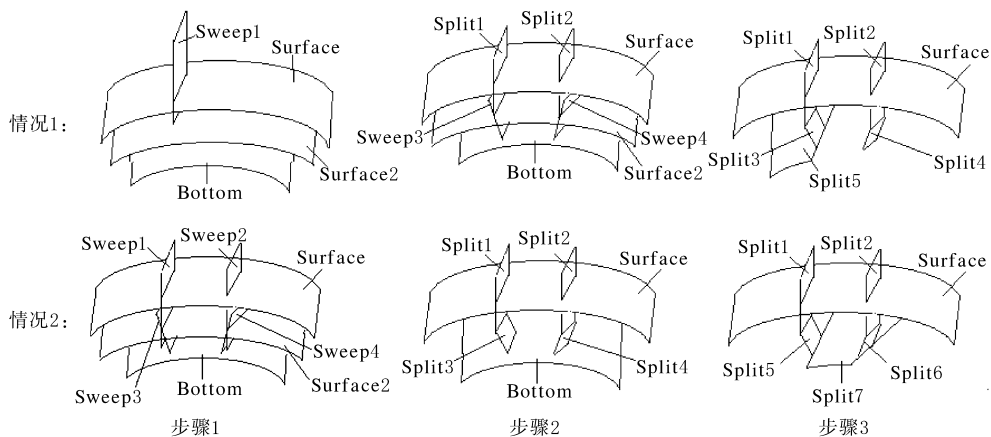


图3 保留方向智能判别

步骤 1:情况 1 中 Sweep1 未与 Surface2 相交,经过修改后与 Surface2 相交,如情况 2 所示。Sweep2, Sweep3 和 Sweep4 同理,经过智能判别后得到所需结果。

步骤 2:通过 CATCreateTopSplitShell() 函数用 Sweep3 对 Surface2 进行剪切,然后通过 CATCreateDistanceMinTopo() 判别函数对

Split3 方向进行判别,如情况 1 所示。判别 Split4 与 Sweep2 是否相交,处理结果如情况 2 所示。

步骤 3:对 Bottom 剪切,并判别是否与 Split4 相交,不相交则做反向处理,如情况 1 所示。同理,用 Split3 对 Sweep1 或 Split4 对 Sweep2 进行剪切时也会出现反向的情况,处理方法相同。最终处理结果如情况 2 所示。

此时二层花纹沟已生成,但一般花纹沟底都有倒角,为全圆弧倒角或两侧圆弧倒角。全圆弧倒角用 CATDynRemoveFaceFilletRibbon () 函数设置参数,半圆弧倒角用 CATDynFaceFaceFilletRibbon () 设置参数。设置参数后通过 CATCreateDynFillet () 生成相应的倒角。

算法 1: 花纹沟各曲面保留方向选择, C++ 伪码设计如下。

```
sweep line1 and line2 get two face: SweepBody1
and SweepBody2;
get distance between SweepBody1, SweepBody2
and Bottom = D1 and D2;
```

```
If ( D1 == 0 || D2 == 0 )
```

```
{ turn the other side SweepBody1 or Sweep-
Body2; }
```

```
Split SweepBody3 use SweepBody1, get the dis-
tance between SplitBody3 and Bottom = N1;
```

```
split SplitBody4 use SweepBody2, get the Dis-
tance between SplitBody4 Bottom = N2;
```

```
If ( N1 == 0 ) { change SplitBody3 direction; }
```

```
If ( N2 == 0 ) { change SplitBody4 direction; }
```

```
use Bottom split SplitBody3, get the distance be-
tween SplitBody3 and Surface = K1;
```

```
use Bottom split SplitBody4, get the distance be-
tween SplitBody3 and Surface = K2;
```

```
If ( K1 == 0 || K2 == 0 )
```

```
change SplitBody3 or SplitBody4 direction;
```

```
use SplitBody3 split Bottom, get the distance be-
tween SplitBody5 and SplitBody4 = M1;
```

```
use SplitBody4 split Bottom, get the distance be-
tween SplitBody6 and SplitBody3 = M2;
```

```
If ( M1 == 0 || M2 == 0 )
```

```
change SplitBody5 or SplitBody6 direction;
```

```
assemble SplitBody1、SplitBody2、SplitBody5、
SplitBody6 and SplitBody7;
```

```
output;
```

二层沟程序实例如图 4 所示。

2.2.2.2 交汇处理的特征化设计

花纹沟交汇主要可分为“T”型、“X”型和“V”型 3 种方式,如图 5 所示。3 种交汇方式处理时需要用到的花纹沟的面不相同,系统需要根据不

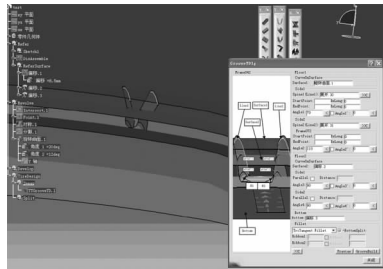


图 4 二层沟程序实例

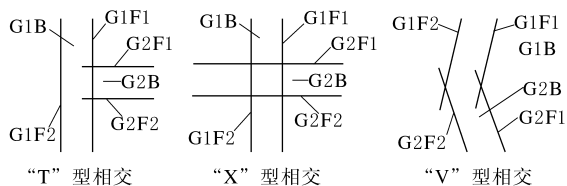


图 5 3 种交汇方式

同的情况智能选择所需要的面。

首先假设需要处理的花纹沟分别为 G1 和 G2, 他们对应的面为 G1F1, G1F2 和 G1B 等, 如图 5 所示。以“V”型交汇为例, 给出智能识别所需面以及剪切的程序算法。

算法 2: “V”型交汇方向智能选择, C++ 伪码设计如下。

```
N = GetNbDomains(Groove1);
```

```
M = GetNbDomains(Groove2);
```

```
use GetDomain(), GetAllCells(), AddCell(),
```

```
AddDomain ( ) ... separate surfaces, named as
G1FX(1), G1FX(2), G2FX(1), G2FX(2) ...;
```

```
for (int i=1; i<=N; i++)
```

```
{ for (int j=1; j<=M; j++)
```

```
{ use CATCreateDistanceMinTopo ( ) check if
G1FX(i) and G2FX(j) intersect;
```

```
Intersect with three other faces = G1F1;
```

```
use GetSurface ( ) determine the direction get
G2F1, G2F2, G2B;
```

```
determining faces correspondence; } }
```

```
use CATCreateTopSplitShell ( ) split faces and
distinguish direction;
```

```
output;
```

“V”型相交程序实例如图 6 所示。

2.2.2.3 装饰品的特征化设计

轮胎的装饰品主要有以下几种: 肩沟、钢片、沟底凸台、沟底肋条、新胎标识线等。下面对其中

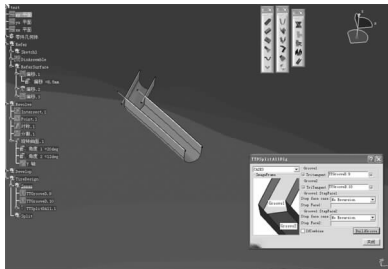


图6 “V”型相交程序实例

典型的2种装饰品的特征化设计做简要介绍。

(1)钢片:以一条引导曲线和控制面为输入对象,通过 Sweep 将其扫掠为面,再用函数 CAT-CreateThickenOp()对其进行加厚处理,并通过函数 CATCreateDynFillet()对需要的钢片进行边倒角或底倒角,最后形成相应的特征,合并结果输出。钢片生成程序实例如图7所示。

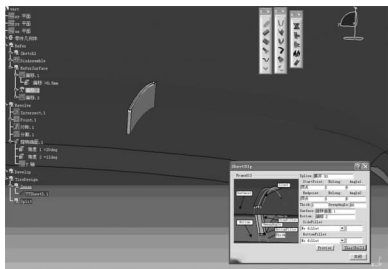


图7 钢片生成程序实例

(2)沟底凸台:将凸台轮廓通过函数 CAT-CreateTopologicalFill()填充后,通过函数 CAT-CreateThickenOp()对其进行加厚处理,然后将不需要的部分通过函数 CATCreateTopSplitShell()剪切掉即可,合并结果输出。

2.2.2.4 由3D图转2D工程图

将轮胎的3D图转化为2D工程图是轮胎整个设计环节中一大难点。由于3D图中的各曲线在2D图中都发生了较大改变,本文采用记录重绘的方法完成设计,具体方法如下。

(1)任选轮胎的一个截距,通过CATCreate

TopDevelop()函数把表面花纹曲线展开到其正上方一平面上。通过函数 GetAllDomains(), GetAllCells()和 GetVertices()获取各曲线及其参数(如起点、终点和半径等)保存于数据库中。

(2)读取保存的数据,通过函数 CreateLine()和 CreateArc()等将其重新绘制出来。

(3)其他截距采用相同的办法处理。

3 结语

对几种方法在轮胎设计中的应用做了具体阐述,并提出了相应的系统设计方法。针对系统设计过程中的每一个步骤,具体分析了其中采用的关键技术,给出了相应的算法、思路和具体实施方法。上述系统方案已经在CATIA平台上得到了实现,开发的高效、智能的系统均能够规范设计出常见的轮胎3D花纹。

参考文献:

- [1] 黄文龙,杨卫民,聂秋海,等.基于Windows平台的子午线轮胎CAD系统[J].北京化工大学学报,2000,27(4):99-102.
- [2] 刘大众.视窗平台图形界面的轮胎CAD系统[J].轮胎工业,2001,21(3):135-142.
- [3] 陈作炳.汽车轮胎花纹设计专家系统的研究[J].武汉工业大学学报,1995,19(1):85-88.
- [4] 郝泳涛,曾锦华,陈振艺,等.CAD三维轮胎数字化模型开发设计平台[J].同济大学学报(自然科学版),2010,38(2):290-294.
- [5] Chih-Hsing Chu, Mu-Chi Song, Vincent C. S. Luo. Computer Aided Parametric Design for 3D Tire Mold Production[J]. Computers in Industry, 2006, 57(1): 11-25.
- [6] Bor-Tsuen Lin, Shih-Hsin Hsu. Automated Design System for Drawing Dies[J]. Expert Systems with Applications, 2008, 34(2): 1586-1598.
- [7] Dassault Corporation. CAA_V5_For_CATIA_Foundations [CP/DK]. Concord, Massachusetts: Dassault Corporation, 2009.

收稿日期:2014-02-05

Application of Secondary Development in Tire Design with CAD Software

LI Ting-zhao¹, DONG Yu-de¹, LU Jun¹, ZHANG Fang-liang², LIU Yan-chao², YANG Yang², LI Wei²

[1. Hefei University of Technology, Hefei 230009, China; 2. GITI Tire (China) R&D Center, Hefei 230601, China]

Abstract: The concept and method of secondary development technology was briefly introduced,

and taking CATIA as an example, the application of two common development methods (external and embedded) in tire design was described. The external development method for design and management system based on CATIA was firstly introduced. Then the embedded development was introduced in detail. The secondary development method could greatly enhance the efficiency of 3D tire design.

Key words: tire; pattern; re-development; embedded; external; computer aided design

韩泰轮胎成为第 6 款宝马汽车的原配胎

中图分类号: TQ336.1; U463.341⁺.59 文献标志码: D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com)2014 年 4 月 1 日报道:

韩泰 Ventus S1 evo2 轮胎(见图 1)被选为新宝马 4 系轿跑原配胎, 规格为 225/50WR17。



图 1 Ventus S1 evo2 轮胎

选用新推出的韩泰 Ventus S1 evo2 轮胎为原配胎的宝马 4 系轿跑为宝马集团第 6 款原配胎为韩泰轮胎的汽车, 其余的 5 款分别为 MINI、宝马 1 系、3 系、5 系以及 X5。

韩泰公司副董事长兼首席执行官 Seung Hwa Suh 称, 为新宝马 4 系轿跑提供原配胎成为韩泰公司另一个重要的里程碑, 因为它不仅是首次在欧洲研发, 而且直接由欧洲工厂提供。“在强化试验阶段, Ventus S1 evo2 轮胎已再次体现出令人印象深刻的高水平驾驶舒适性和独特动态驾驶特征”, 韩泰欧洲技术中心负责人 Klaus Krause 说, “新 Ventus S1 evo2 轮胎采取了贯注韩泰公司研发理念的 Kontrol 技术, 研发可满足客户需求的现代高性能轮胎涉及到驾驶动力学、安全性和环保性。”

目前, 在欧洲技术中心约有 50 名工程技术人员为欧洲汽车制造商开发定制轮胎解决方案, 同时, 为宝马集团提供轮胎研发和测试。该款轮胎在韩泰欧洲匈牙利 Rácalmás 工厂生产。

韩泰 Ventus S1 evo2 轮胎为韩泰公司旗舰产品, 性能特点如下:

- 采用 DTM 衍生技术的轮胎轮廓具有多胎面半径, 通过理想轮胎印痕实现等接地压力。带束层应用超轻高耐久性钢丝帘线, 使轮胎质量显著减小;
- 采用 DTM 延伸技术的三层胎面花纹设计提供优异的牵引力;
- 最新的混炼技术和新胎面胶料可降低滚动阻力, 提高动态操纵性能和改善湿滑路面制动性能;
- 内置降温元件的先进的冷却系统提高热调节性能;
- 车辆校正仪 Siping 系统通过对比胎肩沟槽磨损和必要的调整, 使驾驶者可简单、方便地检查校正车辆。

该款高端轮胎现有 55 个规格, 轮辋直径为 16~19 英寸, 断面高宽比为 60~30。

(肖大玲摘译 吴淑华校)

摩托车越野赛用充气轮胎

中图分类号: TQ336.1; U463.341 文献标志码: D

由厦门正新橡胶工业有限公司申请的专利(公开号 CN 103707723A, 公开日期 2014-04-09)“摩托车越野赛用充气轮胎”, 涉及的摩托车越野赛用充气轮胎胎面由沿轮胎周向呈间隔设置且横向布满整个胎面宽度的横长矩形花纹块组成, 各横长矩形花纹块依轮胎走向分为先接地面与后接地面, 该先接地面与后接地面设置为圆弧面。单一横长矩形花纹块布满整个胎面宽度且沿轮胎周向呈间隔设置, 可有效增强花纹块刚性, 提高轮胎牵引性能, 而各横向矩形花纹块设置为圆弧面的先接地面与后接地面可以有效提高轮胎排沙泥性能。

(本刊编辑部 马 晓)