

基于 CAA-RADE 的轮胎三维花纹 参数化设计的实现

鲁 军¹,董玉德¹,李廷照¹,张方亮²,刘彦超²,杨 洋²

(1. 合肥工业大学 机械与汽车工程学院,安徽 合肥 230009;2. 佳通乘用车子午线轮胎有限公司,安徽 合肥 230601)

摘要:为了实现轮胎花纹的快速设计,提出一种基于 CAA-RADE 的轮胎三维花纹参数化设计方法。在讨论轮胎花纹关键问题的基础上,给出了轮胎花纹沟曲面创建的基本方法;采用 VC++ 语言作为 CATIA 软件的二次开发工具,并借助 CATIA 的组件开发环境,实现轮胎三维花纹的参数化设计;给出了轮胎三维花纹参数化设计的实例。测试结果表明,该程序可以减少轮胎花纹设计过程中存在的大量重复性劳动,使轮胎花纹设计更加简单和高效。

关键词:轮胎;三维花纹;参数化设计

中图分类号:U463.341;TP391.72 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2014)05-0272-05

伴随着汽车工业的高速发展,轮胎行业受到越来越多的重视。随着轮胎的种类越来越多,轮胎花纹的更新速度越来越快,各种新的轮胎花纹不断出现,相应的花纹形状越来越复杂,对轮胎的质量要求也就越来越高^[1]。由于轮胎花纹不仅与轮胎表面发热、耐磨性、排水以及噪声等有密切的关系,而且对汽车的牵引、制动、转弯、操纵性能及汽车驾驶的安全性和舒适性有直接影响^[2-3],因此轮胎设计对汽车尤为重要。当前主流的三维软件都提供了二次开发接口^[4],使用户能在软件本身功能的基础上开发出新的功能模块,满足特定的需求。CATIA 作为一款功能强大的三维 CAD 软件在轮胎行业中的应用已经相当普遍。轮胎企业为了提高效率和市场竞争力,必然有快速开发新产品、形成自身产品特色的需求,针对 CATIA 软件进行二次开发也就变得非常重要。CATIA 为用户提供的二次开发接口和开放式的内部命令集合为用户二次开发带来了方便^[5]。

为了提高轮胎花纹的设计效率、规范设计流程,本研究提出以 CAA-RADE 作为 CATIA 的二次开发方式,实现轮胎花纹的参数化设计。

1 程序开发环境

CAA 是法国达索公司提供的开放开发平台。它涵盖了二次应用、系统扩展和系统集成 3 个领域,可以实现 CATIA 的几乎所有功能的开发工作,是 CATIA 二次开发中应用最广泛、功能最强大的开发方式^[6-7]。CAA 是通过快速应用开发环境 RADE 以及众多的用户接口来实现程序开发的^[8]。RADE 作为一个可视化的编程环境,以 VC++ 语言为载体,在其中添加用于 CAA 二次开发的各种工具,并有相应 API 函数库可供调用。CATIA 本身是按照组件模型建立起来的,用户可以通过开发自己的 CAA 组件,对 CATIA 进行扩展,也可以把自己开发的 CAA 组件结合起来,实现用户自定义应用,非常有利于用户的使用和集成。

2 轮胎花纹关键问题

2.1 轮胎花纹的特点

轮胎花纹的形状是由花纹沟引导线和花纹沟截面决定的。一种典型花纹沟样式如图 1 所示。

该花纹由多种不同类型的花纹沟组成,花纹沟自身的特点及相互间的交错形式决定了整个轮胎的形状。轮胎花纹展开图[图 1(a)]反映了组成花纹沟的样条曲线,样条曲线用于控制花纹沟的走向,并决定花纹沟的基本形状。花纹沟的精

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51275145)

作者简介:鲁军(1986—),男,河南周口人,合肥工业大学在读硕士研究生,现在上海微电子装备有限公司工作,主要从事数字化设计与制造研究。

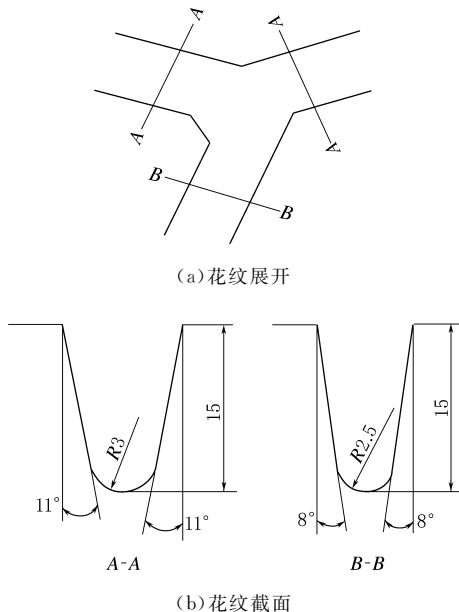


图 1 典型花纹沟样式

确设计则需要相应的花纹截面图[图 1(b)]来实现,花纹截面图包含花纹沟截面的样式及具体参数。综合利用花纹展开和截面图,并借助 CATIA 软件,就可设计各种精确的三维花纹。

2.2 花纹沟截面参数的选择

在轮胎花纹设计过程中,经常出现花纹沟截面参数选择不当^[9],导致无法生成轮胎三维花纹沟的情况。以图 2 所示花纹沟截面为例,讨论花纹沟截面参数对花纹沟的影响。

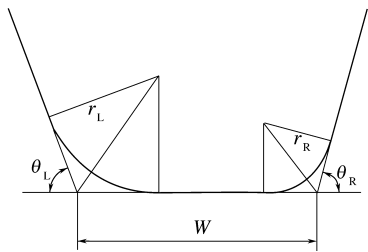


图 2 花纹沟截面参数

该截面有 2 个花纹沟壁、两个沟底圆弧和一个沟底面组成。考虑到沟底圆弧的半径远大于沟底圆角的半径,可以将沟底近似简化为一条直线。沟底宽度 W 可以表示为

$$W \geq r_L \tan\left(\frac{1}{2}\theta_L\right) + r_R \tan\left(\frac{1}{2}\theta_R\right) \quad (1)$$

式中, r_L 和 r_R 分别表示两边的圆弧半径, θ_L 和 θ_R 分别表示两边的花纹沟壁与沟底面间的夹角。

式(1)是花纹沟生成所需的必要条件。当两

沟底圆弧相交于一点时,式中的等号就会成立。针对花纹沟圆弧相交一点的情况,从以下两方面进行讨论。

(1)两沟底圆弧半径相同,沟底曲面就成为一个全圆角。该种花纹沟具有较好的连续性,全圆角半径 r_f 可以表示为

$$r_f = W / [\tan\left(\frac{1}{2}\theta_L\right) + \tan\left(\frac{1}{2}\theta_R\right)] \quad (2)$$

(2)两沟底圆弧半径不同,沟底曲面由两个相交的圆弧组成。两圆弧半径比 α 可以表示为

$$\alpha = r_R / r_L$$

沟底两圆弧半径分别表示为

$$r_L = W / [\tan\left(\frac{1}{2}\theta_L\right) + \alpha \tan\left(\frac{1}{2}\theta_R\right)] \quad (3)$$

$$r_R = W / [\frac{1}{\alpha} \tan\left(\frac{1}{2}\theta_L\right) + \tan\left(\frac{1}{2}\theta_R\right)] \quad (4)$$

2.3 花纹沟曲面创建方法

根据轮胎花纹的特点以及 CATIA 软件现有的建模方法,可以使用 CATIA 提供的创成式曲面设计模块进行建模,花纹设计流程如图 3 所示。在该设计方法中,轮胎花纹沟壁曲面使用 CATIA 提供的 Sweep 命令来生成。通过选择映射到光胎曲面上的花纹曲线,并给定花纹沟曲面生成所需的参数,可以实现花纹沟曲面特征自动建模的参数化设计。

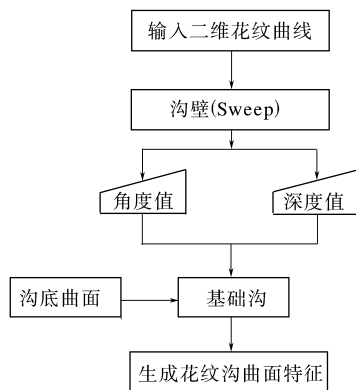


图 3 花纹沟曲面创建方法

3 参数化设计实现

3.1 程序总体设计

使用 CAA-RADE 开发方式对轮胎花纹进行参数化设计的目的是简化设计中的操作步骤,使重复性的工作由计算机自动完成。当需要使用相

应的功能模块时,选择相应的功能按钮就可调用对话框,通过输入所需参数,自动生成所要的轮胎花纹沟曲面,并在 CATIA 的特征树中生成对应的特征。总体程序设计流程如图 4 所示。程序开发过程是在 VC++ 环境下进行的,其中接口设计模块实现程序所需接口的定义,交互界面实现模块是用户实现交互操作的窗口,功能实现模块通过调用 CATIA 提供的 API(Application Programming Interface)函数实现轮胎花纹设计。

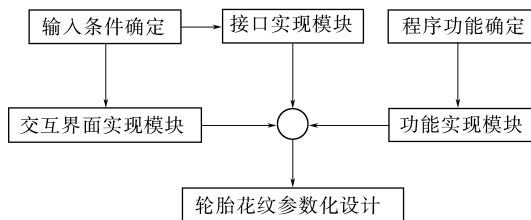


图 4 总体程序设计流程

3.2 接口实现模块

接口设计部分需要为程序定义新的接口,并能满足对程序所需数据进行读写操作的要求。该接口共有两部分组成,分别为变量操作接口和变量初始化接口。

(1)变量操作接口可以实现对程序所需参数的操作,方便程序对参数的管理和调用。相关代码如下:

```
virtual HRESULT SetCurve1(CATISpecObject_
var ispCurve1)=0;
virtual CATISpecObject _ var GetCurve1 () =
0; //几何特征操作函数
```

该接口通过定义一组虚函数的对象实现对用户对象的调用,保证系统数据的稳定性。

(2)变量初始化接口实现对变量的初始化,为程序的执行创造条件。相关代码如下:

```
virtual GTTIGroove * CreateGroove (CATIS-
pecObject _ var ispCurve1,...)=0;
```

该虚函数包含程序执行所需的基本参数,功能类似于构造函数,通过调用此函数,可以实现对函数变量赋初值的目的。

3.3 交互界面实现模块

交互界面实现模块是在 CATIA 窗口中添加工具条按钮和对话框。通过单击按钮可以调用对话框,输入相关的参数可以生成轮胎花纹沟特征

模型。

(1)工具条的定义可以通过 MacDeclareHeader 类创建命令头实现。使用宏命令 MacDeclareHeader 定义命令头;使用 CreateCommands 函数实现插入按钮对相应函数的调用;使用 createToolbars 函数定义工具条和命令按钮;使用 NewAccess 宏创建函数的入口,通过 SetAccessCommand 宏可以将命令头与按钮相连,SetAccessChild 宏则可以使命令按钮顺序连接到入口。

(2)创建对话框 Dialog。使用 Add CAAV5 Item→CATIA Resource→Dialog 命令,添加对话框创建窗口。利用 RADE 提供的对话框创建工具面板,可以创建 CATIA 风格的对话框,程序对话框如图 5 所示。

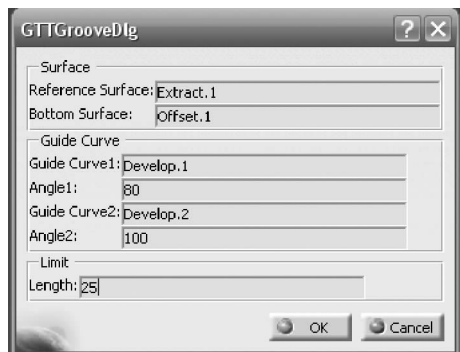


图 5 程序对话框

(3)创建命令调用 Command。对话框的调用和功能模块的实现需要借助 Command 来实现。使用 Add CAAV5 Item→CATIA Resource→Command 命令,添加命令创建模块。通过调用 Build 函数可以实现对话框的显示。通过为 BuildGraph 函数添加响应的代码,可以实现控件与用户的交互以及功能实现模块的调用。

3.4 功能实现模块

功能实现模块用来实现轮胎三维花纹参数化特征的创建,程序主要分为 StartUp 的创建和特征创建两部分。

(1)StartUp 创建。CAA 实现用户自定义特征的创建方法是通过创建新的 StartUp 来完成实例化生成特征的过程^[10]。在 StartUp 中可以定义输入输出以及该特征的功能属性,通过实例化就可以得到新特征,该特征可以在 CATIA 的设计树上显示并能对其进行操行。创建 StartUp 的

过程如下。

a) 应用 CreateCatalog 全局函数创建一个可以存储 StartUp 的库(catalog)。

b) 使用 CATOsmSUFactory 全局函数创建一个新的 StartUp 工厂(factory)。

c) 为定义好的 StartUp 添加特征的属性值。

(2) 特征创建。作为整个程序的核心,特征的创建通过调用 CATIA 提供的 API 函数实现轮胎花纹参数化。程序实现的功能是生成轮胎花纹沟曲面,特征生成过程就是上述的花纹设计过程。具体实现过程如下。

a) 创建一个扩展的接口,实现对特征属性的访问。一般在该接口中定义设置和获取自定义特征各种属性的方法。该接口是通过继承已经定义的接口实现的,所有的函数也是从相应接口的纯虚函数继承而来。在本程序中接口的作用是获得轮胎花纹曲面所需的曲线和曲面,并输入相关的参数。

b) 创建一个可以对特征进行实例化的工厂(factory),其作用是调用已经创建好的 catalog,获取 StartUp,实现对自定义特征的实例化,并设置其参数属性。本程序主要是创建扫描曲面,通过获取 StartUp 对特征实例化并设置相关属性。

c) 为程序添加组件扩展。该扩展是从 CAT-IBuild 接口继承而来,可以实现新特征的创建及更新。程序主要实现定义更新错误、获得新的输入参数、定义接口变量、定义特征实现过程、特征的发布及输出。

4 参数化设计应用实例

采用轮胎三维花纹参数化设计方法,并将创建的功能模块集成到 CATIA 系统的 GSD 模块中,方便用户调用。

程序应用实例如图 6 所示。从图 6 可以看出,应用轮胎花纹参数化设计模块可以较快地生成花纹沟曲面。然后,设计人员只需对花纹沟相互之间的交汇进行修剪处理就可以得到完整的花纹沟曲面。

由此可见,在轮胎花纹的设计过程中,通过应用参数化设计方法,既减轻了设计人员的劳动强度,又提高了开发效率。

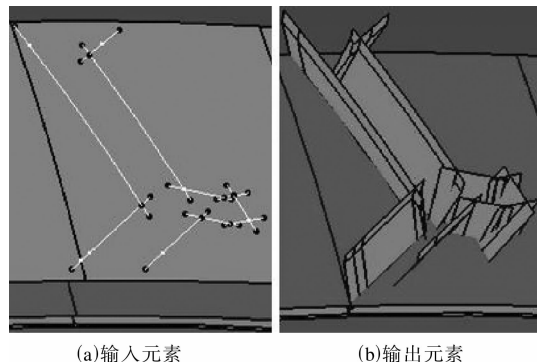


图 6 轮胎花纹沟创建实例

5 结语

很多轮胎企业和科研院校已经意识到轮胎参数化设计的重要性,为此开发了一系列的轮胎辅助设计软件,但多是基于 AutoCAD 绘图软件进行开发,因此在三维设计软件非常普及的今天很难得到广泛的应用。随着 CATIA 软件在轮胎开发中的广泛应用,迫切需要开发出基于 CATIA 平台的轮胎设计系统。

本工作采用 CAA-RADE 开发方式对 CATIA 进行二次开发,创建了轮胎花纹参数化设计程序,可提高轮胎的设计效率,同时也对以后的深入开发具有借鉴意义。

参考文献:

- [1] 付玉升,陈照强,李宝筏,等. 基于汽车轮胎花纹的空间曲面造型研究[J]. 农业机械学报,2005,36(5):20-22.
- [2] 丁海峰,高明,姜晓凤,等. ST235/80R16 子午线轮胎结构有限元分析[J]. 轮胎工业,2009,29(5):272-276.
- [3] Lee D, Kim J, Kim S, et al. Shape Design of a Tire Contour Based on Approximation Model[J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2011, 25(1):149-155.
- [4] 魏华峰,郝泳涛. 基于 CATIA 平台三维通用机械零件库系统的开发[J]. 机械设计与制造, 2005(9):85-87.
- [5] 胡挺,吴立军. CATIA 二次开发技术基础[M]. 北京:电子工业出版社,2006:3-4.
- [6] 刘海涛,常治斌,夏绪辉. 基于 CATIA/CAA 的弧面凸轮参数化建模[J]. 湖北汽车工业学院学报, 2009, 23(3):48-50.
- [7] 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, 25(5):94-96.
- [8] 姚亮亮. 大功率拖拉机驱动桥自动建模系统的设计与开发[D]. 合肥:合肥工业大学,2010.
- [9] Chu C H, Song M C, Luo V. Computer Aided Parametric Design for 3D Tire Mold Production[J]. Computers in Industry,

2006,57(1):11-25.

征创建[J]. 机械设计与制造,2008(9):87-89.

[10] 张敏,苏兰海,王君英. 基于 CAA 的 CATIA 用户自定义特

收稿日期:2013-11-25

Parametric Design for 3D Tire Pattern Based on CAA-RADE

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

(1. Hefei University of Technology, Hefei 230009, China; 2. Giti Passenger Radial Tire Co., Ltd, Hefei 230601, China)

Abstract: In order to achieve rapid design of tire pattern, a parametric design method for 3D tire pattern based on CAA-RADE was presented. The design method of tire pattern surface was proposed based on analysis of key issues of tire pattern. The parametric design was then achieved by adopting VC++ as CATIA secondary development tool and using component development environment of CATIA, and an example of 3D tire pattern parametric design was presented. The test results showed that, this method could reduce large amount of repetitive work during tire pattern design process, and make tire pattern design simpler and more efficient.

Key words: tire; 3D pattern; parametric design

江苏圣奥携手新加坡 GMG GLOBAL

首席赞助米其林必比登挑战赛

中图分类号:F276.7 文献标志码:D

2014年3月25日,江苏圣奥化学科技有限公司(简称江苏圣奥)宣布,将联合同属中化国际(控股)股份有限公司的新加坡 GMG GLOBAL 公司成为米其林必比登挑战赛首席赞助商,向全球交通行业展示最新技术解决方案,与合作客户共同探讨应对道路交通可持续发展所面临的挑战。

江苏圣奥以引领橡胶化学品行业的绿色发展为使命,致力于成为全球橡胶化学品用户的最优选择。公司专注于橡胶化学品的研发、生产及营销服务,产品包括防老剂 PPD 以及中间体 RT 培司、不溶性硫黄和高纯度防老剂 TMQ 等,业务范围覆盖全球 50 多个国家和地区,拥有海内外员工 1 500 多名。

GMG GLOBAL 有限公司致力于在欧美及亚洲市场成为天然橡胶(NR)领域世界一流的综合供应服务商,其总部设在新加坡,经营范围包括从非洲到亚洲超过 10 亿 m² 的天然橡胶树种植园,以及分布在泰国、印度尼西亚等地超过 10 家的 NR 加工企业,年产能达到 37 万 t。

米其林必比登挑战赛是以实现清洁、安全、便

利、连接畅通和经济实用的交通为目标的创新型“思想与行动”智库,已连续举办 11 届。江苏圣奥董事长覃衡德表示:“米其林必比登挑战赛以展示各类创新技术为主题,也曾推动多项新技术得以实践,与江苏圣奥的引领橡胶化学品行业绿色发展理念非常契合。道路交通移动领域的创新是各项新型技术综合应用的成果,其中包括橡胶化学品。江苏圣奥将坚持自己的绿色发展理念,通过技术的持续创新,加深与客户的合作关系并推动中国橡胶化学品行业的绿色发展,共同应对道路交通领域面临的重大挑战。”

第 12 届米其林必比登挑战赛将于 2014 年 11 月 11—15 日在中国成都举办,这是继 2004 和 2007 年在上海成功举办后再次来到中国。自 1998 年创立至今,该赛事已成为关注和探讨“可持续交通相关问题和挑战”的全球性盛会。在过去的 11 届赛事中很少见到中国上游橡胶化学品企业的身影。此次江苏圣奥以第一家中国橡胶化学品企业的身份赞助该项赛事,将与道路使用者、汽车制造商、零部件供应商、公共和私营运营商、能源机构、科研院所等来自交通领域各方共同推广道路交通可持续发展,彰显其雄厚的技术实力和引领行业绿色发展的决心。

(本刊编辑部 储 氏)