

基于 Windows 平台的子午线轮胎 CAD 系统

黄文龙¹⁾ 杨卫民¹⁾ 聂秋海²⁾ 宋 铮²⁾

(1) 北京化工大学机械工程学院, 北京 100029; 2) 北京轮胎厂, 北京 100096)

摘 要: 用 Visual Basic 语言开发了子午线轮胎 CAD 系统, 采用了数字化轮廓描述方法, 实现了自动生成 ANSYS 有限元模型文件和参数化绘图的功能。并阐述了子午线轮胎 CAD 系统的使用环境和界面情况。

关键词: 子午线轮胎结构设计; CAD; Visual Basic

中图分类号: TQ 33; TP 391. 73

引 言

子午线轮胎是充气轮胎的新产品, 它以节油、耐磨、安全、舒适等方面的优势而成为轮胎发展的主流。子午线轮胎计算机辅助设计是子午线轮胎结构设计研究的新方向, 如北京橡胶工业研究设计院的斜交胎 CAD 工具、华南理工大学计算机辅助摩托车设计系统及武汉工业大学的低噪声轮胎花纹的 CAD 程序^[1~2]等。国外著名轮胎公司在轮胎产品设计上早已实现 CAD 化, 但有关轮胎 CAD 系统开发情况却未见报道。本文阐述子午线轮胎 CAD 系统是用 Visual Basic 和 Autolisp 语言开发的可实现参数化绘图和自动生成 ANSYS 有限元模型文件功能的计算机辅助设计工具, 从而使其界面友好, 可移植性强。

1 子午线轮胎结构设计的有限元分析

子午线轮胎由于几何结构的复杂性和材料特性的多样性, 其理论分析一直困扰着研究人员。子午线轮胎结构设计理论先后有网络理论、薄膜理论、薄壳理论等, 这些分析理论均有很大的局限性^[3]。随着计算机的发展, 有限单元法作为一种有效的数值计算方法被引入到轮胎结构设计中, 促进了轮胎结构设计理论的发展^[4]。有限元法是近四五十年才出现的一种数值计算方法。有限单元法能模型化几何形状复杂的求解域, 还可以利用在每一个单元内

假设的近似函数来分片地表示整个求解域上待求的未知场函数。它同计算机技术结合起来而产生的有限元软件使轮胎结构设计过程大大简化。用最新的三维模拟软件和工作站, 从设计阶段到得出新模型, 直至生产出成品的时间将缩短一半, 且模型也更精密。在国内, 有影响的几家从事子午线轮胎开发的研究和生产单位都在应用大型有限元通用软件进行传统产品的优化和新产品的开发, 如北京橡胶工业研究设计院采用的 MARC, 上海轮胎公司采用的 ANSYS, 北京化工大学选用的 ANSYS。这些有限元通用软件, 使得许多试验能在计算机上仿真完成, 但由于有限元软件的通用性, 使其在具体使用领域仍需做许多工作。

2 基于 Windows 平台的子午线轮胎 CAD 系统

用 Visual Basic 语言开发了子午线轮胎 CAD 系统。利用该系统可自动生成轿车子午线轮胎的 ANSYS 有限元模型文件以配合 ANSYS 软件的使用。在对子午线轮胎性能的计算机模拟并取得满意设计方案后, 可以工程图纸或模型数据文件方式输出设计结果。为了使轮胎设计便于设计者自由修改, 突破了传统方法对子午线轮胎轮廓形状定义模式的束缚, 采用了一种全新的子午线轮胎轮廓描述方法——数字化轮廓^[3]。

2.1 用 Visual Basic 开发 Windows 应用软件的优点

Visual Basic 是微软公司 90 年代开发的一种面向对象的编程语言。同传统的开发 AutoCAD 的 C 语言相比, 它编程简单方便且与许多语言和环境有良好的接口, 功能极强。具体而言, 当在程序中增加

收稿日期: 1999-11-15

基金项目: 北京市“九五”重点攻关项目 (951401900); 北京市“科技新星计划”资助项目 (954811600)

第一作者: 男, 1975 年生, 硕士生

新内容时,只需加入新程序便可实现新功能,而不需要重新设计整个程序。此外,Visual Basic 与大多数应用程序如 AutoCAD、Office 等均有接口,可调用其他程序的功能来方便人机交互^[5]。

2.2 子午线轮胎 CAD 系统的配置要求

子午线轮胎 CAD 系统是一种基于 PC 硬件平台的辅助设计工具,它对微机的要求:硬件为 486 以上 CPU、16 M 以上内存及 1.2 G 以上硬盘;软件为 Windows95 (98) 中文版、AutoCAD R14 版或以上版本。

2.3 子午线轮胎 CAD 系统功能

2.3.1 子午线轮胎 CAD 系统主控窗体 子午线轮胎 CAD 系统主控窗体直观地给出了程序设计单位、作者、版本的信息。主控窗体的几个下拉式菜单包含了子午线轮胎 CAD 系统的所有功能,见图 1。系统菜单包括生成子午线轮胎 ANSYS 模型文件功能和退出子午线轮胎 CAD 系统功能。轮廓设计菜单包括输入子午线轮胎形状参数值和调整子午线轮胎外轮廓的功能。参数输入菜单包括输入子午线轮胎各向同性材料和正交各向异性材料的密度、弹性模量和泊松比这 3 个物性参数。由于轮胎实际工况的多样性,对于加载的考虑,目前仍需由轮胎分析设计人员根据具体工况在 ANSYS 平台中进行。

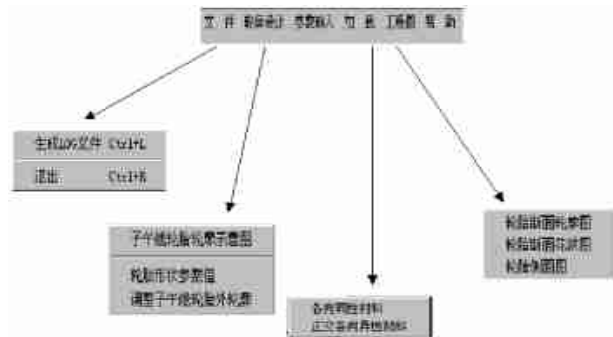


图 1 子午线轮胎 CAD 系统的菜单条

Fig. 1 Menus of the CAD system of radial tire

2.3.2 轮廓设计菜单功能 轮廓设计菜单包括 3 部分内容:子午线轮胎轮廓示意图、子午线轮胎形状参数值的输入和调整子午线轮胎轮廓。

子午线轮胎轮廓示意图使用不同颜色的线条直观地给出子午线轮胎的材料组成和材料分布情况,见图 2。

通过子午线轮胎形状几何参数输入窗口,可以输入计算子午线轮胎性能所必需的参数值,这些值的默认单位是 m,见图 3。

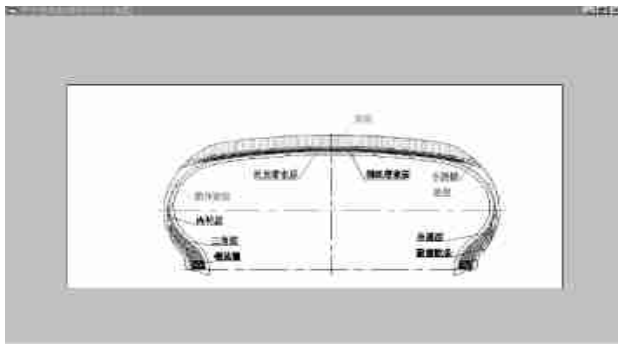


图 2 子午线轮胎轮廓示意图

Fig. 2 Sketch of radial tire contour

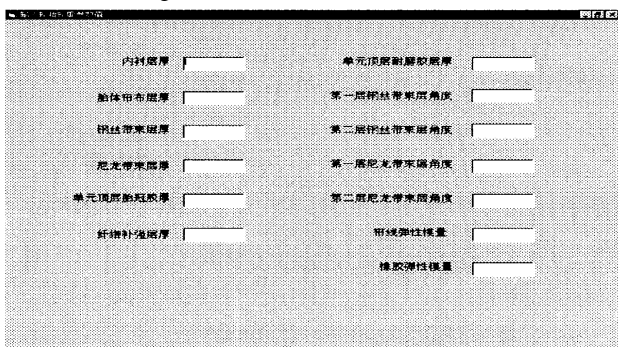


图 3 子午线轮胎形状参数值的输入界面

Fig. 3 Input interface of shape parameters of radial tire

在调整子午线轮胎轮廓的窗口中,轮廓曲线采用 AutoCAD 软件来绘制。调整时,只需调整轮廓曲线的控制点便可圆滑地改变子午线轮胎外轮廓形状。图 4 显示了双击子午线轮胎外轮廓系统中嵌入的 AutoCAD 图形后,可在 AutoCAD 环境下改变子午线轮胎外轮廓形状的情况。

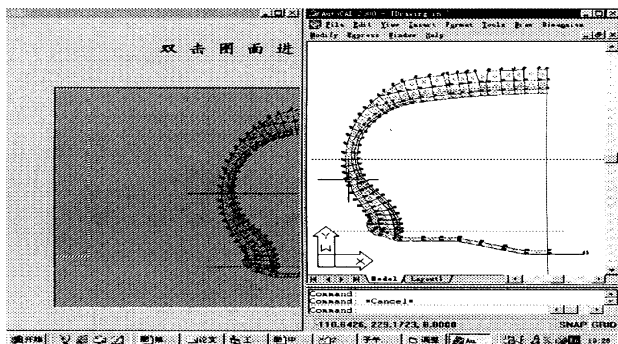


图 4 调整子午线轮胎外轮廓

Fig. 4 Modulating outer contour of radial tire

2.3.3 参数输入菜单功能 参数输入菜单包括两个窗口:各向同性材料参数输入窗口和正交各向异性材料输入窗口,见图 5 和图 6。各向同性材料参数输入窗口输入子午线轮胎的胎冠胶、内衬层胶、三角胶、小胎侧胶、胎侧胶、耐磨胶、路面与轮辋的材料

参数;正交各向异性材料参数输入窗口输入子午线轮胎的钢丝圈、帘布层纤维补强层、钢丝束束层和尼龙束束层的材料参数。这些参数包括弹性模量、泊松比和密度 3 项值。在这两个窗口中,弹性模量、泊松比和密度的默认单位分别是 mm,MPa 和 kg/m^3 。

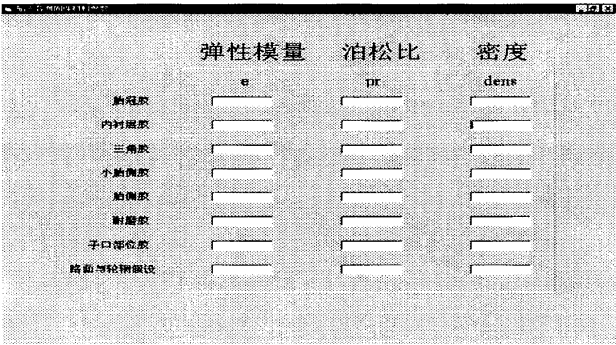


图 5 各向同性材料参数输入窗口

Fig. 5 Input window of isotropy material value

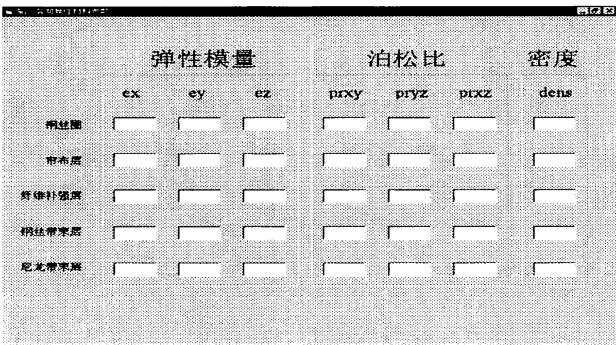


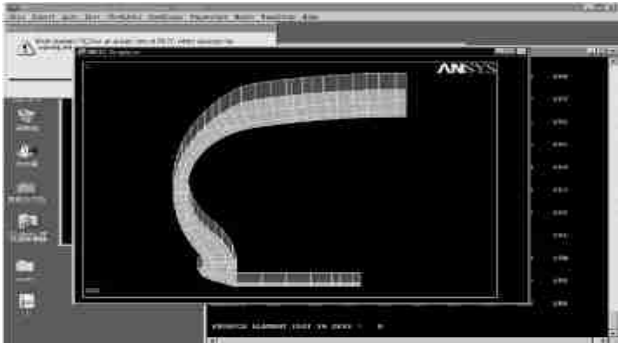
图 6 各向异性材料参数输入窗口

Fig. 6 Input window of anisotropy material value

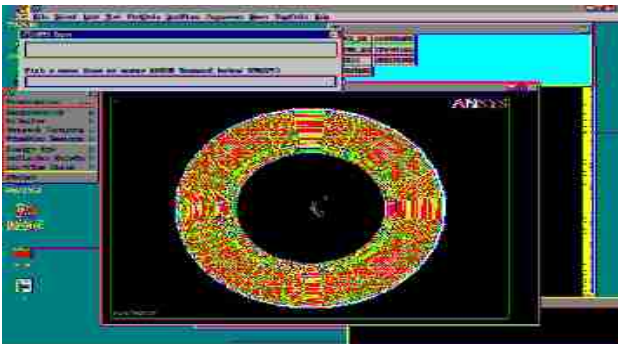
2.3.4 系统菜单功能 在系统菜单中,有 2 个功能,即生成子午线轮胎 ANSYS 有限元模型文件及退出系统提示功能。在生成子午线轮胎 ANSYS 有限元模型文件窗口中,可输入有限元模型文件名。按确定按钮后,将在 C:\My Documents 文件夹下出现笔者所要求的子午线轮胎有限元模型文件。在子午线轮胎 CAD 系统中将出现一个提示框来指明该有限元模型文件的存储位置。以 205/60R15 子午线轮胎为例,如图 7(a)为自由状态下轮胎横截面的有限元模型,图 7(b)为自由状态下轮胎横截面的有限元模型旋转 360 后得到的模型。

2.3.5 工程图菜单功能 经过“性能仿真方案调整”的多次反复,轮胎设计者可得到一个相对较好的设计方案。在工业生产中,指导轮胎生产的工程图纸主要有轮胎断面轮廓图、花纹图和侧面图。子午线轮胎 CAD 系统最后可生成这些图纸。

(1) 生成轮胎断面轮廓图:轮胎断面轮廓图是轮



(a)



(b)

图 7 ANSYS 模型图

Fig. 7 Model figure of ANSYS

胎结构设计图纸中最重要的一张。通过此图,可以确定轮胎的准确形状。因为轮胎外轮廓的形状对轮胎使用性能的影响最大,所以在轮胎断面轮廓图中,外轮廓的确定也是最重要的。在确定外轮廓后,设计人员根据帘布层厚及束束层厚等设计参数确定轮胎内轮廓才能最终确定轮胎断面轮廓形状。

在传统轮胎外轮廓曲线设计中需要确定的尺寸主要有外直径、断面宽、断面高、两胎圈间距离、行驶面弧度宽、行驶面弧高、断面中心线以下断面高及断面中心线以上断面高。根据橡胶工业手册的外胎外轮廓设计,这些尺寸主要是由一些设计公式或经验数据来确定^[6]。这些设计公式和许多经验数据大多经过一定程度的简化,精度较低。而在设计过程中,又要规定轮胎轮廓由几段圆弧或线段确定轮胎轮廓曲线,设计自由度大大降低,设计效果也受到很大影响。

在子午线轮胎 CAD 系统中,笔者将几个主要的尺寸(如轮胎外轮廓的断面高和断面宽)确定下来后,不再用确定的圆弧或线段来确定轮廓,而是完全用数字化轮廓来确定轮胎外轮廓,最后根据有限元软件仿真计算的结果具体进行取舍,最后确定轮胎断面轮廓图,这样使轮胎轮廓设计更加科学,也使得

设计人员在进行设计时有很大的自由度。

(2) 生成轮胎花纹图和轮胎侧面图:在生成轮胎轮廓断面图后,通过在轮廓上添加花纹和生产厂家及商标等内容便可得到轮胎花纹图和轮胎侧面图。轮胎花纹可从轮胎花纹库中调用,轮胎侧面设计则由设计人员具体确定。

图 8 是子午线轮胎 CAD 系统生成用以指导轮胎生产的轮胎断面图。

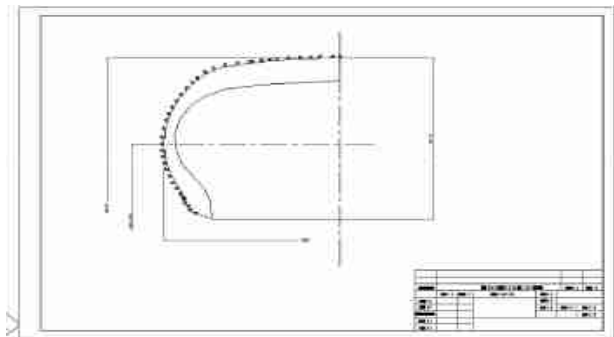


图 8 轮胎数字化外轮廓图纸

Fig. 8 Numeric outer contour drawing of radial tire

3 结束语

本系统由于是在 Windows95 (98) 下运行,与 DOS 环境下开发的轮胎 CAD 系统相比,具有界面友好、运行速度快等许多优点。该子午线轮胎 CAD

系统在目前仅能给出轮胎断面轮廓图、花纹图和侧面图,随着研究工作的深入,子午线轮胎 CAD 系统还将添加初始轮廓设计、花纹设计、材料分布图、轮胎模具图等功能。

子午线轮胎 CAD 系统的研制为国内轮胎结构设计研究提供了一定的借鉴作用,对开发专业领域的 CAD 软件有一定的参考价值。子午线轮胎 CAD 系统在实现轮胎结构设计自动化方面做了有益的尝试,取得了一定的成果,为今后开发完备的轮胎 CAD \ CAM \ CAE 系统打下基础。

参 考 文 献

- [1] 林慧音,蒋智杰,于广华,等. 在 WIN95 下运行计算机辅助摩托车轮胎设计系统. 轮胎工业,1999,19(8): 451
- [2] 李先立,陈绍频. 低噪声轮胎花纹的计算机辅助设计. 橡胶工业,1994,41(2):92
- [3] 杨卫民. 子午线轮胎的三维非线性有限元分析和性能仿真的研究. [学位论文]. 北京:北京化工大学,1998
- [4] 王冒成. 有限单元法基本原理和数值方法. 北京:清华大学出版社,1995
- [5] Petroutsos E. Visual Basic 6 从入门到精通. 北京:电子工业出版社,1999
- [6] 梁守智. 橡胶工业手册:第四分册(轮胎). 北京:化学工业出版社,1989

Introduction of a CAD system of radial tire on the basis of windows platform

HUANG Wen-long¹⁾ YANG Wei-min¹⁾ NIE Qiu-hai²⁾ SONG Zheng²⁾

(1) Institute of Mechanical Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029;

2) Beijing Tire Factory, Beijing 10096, China)

Abstract: CAD system of radial tire, which is developed with Visual Basic, fulfills the function of automatically creating ANSYS FEA model documents and parameterized drawing by means of numeric tire contour. The environment and separation of Radial Tire CAD System are presented. In addition, the merits of an applied program in Win95 (98), which is developed with Visual Basic, are presented.

Key words: radial tire design; CAD; Visual Basic