

基于 ACIS 齿轮切齿仿真系统的软件设计

The design of the simulation software of the gear manufacturing based on the ACIS

栾小冬 雷跃明 吴志男 (重庆大学软件学院 400044)

摘要:文章从软件工程的角度,对齿轮切齿仿真系统的模块结构,接口的设计进行了研究。为以后软件的进一步开发搭建了一个框架。软件采用 ACIS 在 windows 平台下进行实例开发。很好的实现了齿轮的切齿过程仿真。

关键词:构件 虚拟仿真 ACIS

1 引言

齿轮传动是机械传动中最主要的一类,型式很多,应用广泛,齿轮设计在机械设计中占据着相当重要的地位。目前国内外的齿轮设计计算软件种类较多,但从软件开发的角来衡量,并没有一个可以通用的领域参考模型。本文在参考了相关文献的齿轮设计步骤后,通过一个基于 ACIS 的齿轮设计系统软件(以下简称仿真系统)的开发实践,从软件工程的角度,总结了齿轮设计系统软件的体系架构,并提供了与之相关的一系列可复用的软件构件,为齿轮设计软件的深入开发提供了可借鉴的模型。

2 ACIS 简介

ACIS 是美国 STI 公司(Spatial Technology Inc.)推出的 3D 实体造型软件开发平台。其特点包括:

- (1) 是采用面向对象的数据结构,全部内容均由 C++ 语言编写。
 - (2) 提供统一的数据结构,同时支持线框、曲面、实体三种模型并允许它们共存。
 - (3) ACIS 是采用边界表示(B-rep)的几何建模器,边界由封闭面集所构成。
 - (4) 除了流型,ACIS 也支持非流型几何体的表示。
- ACIS 是完全基于组件技术开发的,其所有基础功能均通过动态链接库 DLL 实现。

用户也可用自己开发的组件取代 ACIS 的部分组件。

STI 公司的目标是在 CAD/CAM/CAE 及相关的应用领域推进面向对象的三维实体造型技术;推动在开

放的公共体系结构上采用软件组件技术;使得采用开放建模技术的独立的软件组件开发商,根据自己的需求自由选择最佳组件产品。目前世界上已有数百家基于 ACIS 的软件开发商和应用商,其中包括 Autodesk, Bentley, Intergraph 等。

3 仿真系统的总体设计思路

虽然齿轮的种类繁多,但每一种齿轮的设计制造都包括一系列既定的步骤,具体包括以下几个步骤:

- (1) 齿轮基本几何参数的选择和计算
- (2) 齿轮结构开发和齿轮箱的设计
- (3) 齿轮制造过程的开发,包括加工工具的设计以及工具运动轨迹的参数计算
- (4) 齿轮制造、测量和检验

从软件工程的角度来看,一系列可供复用的构件将会大大提高软件的开发效率,缩短软件开发周期。本系统的设计目标就是在齿轮设计领域,为齿轮设计建立领域模型,提供系列可复用组件,为齿轮设计软件的开发搭建开发框架。

本系统的体系结构如图 1。

由仿真系统的体系结构分析,齿轮切削仿真是通过建立齿坯模型和刀具模型,并通过齿坯和刀具的初始位置以及运动轨迹的设定,来模拟现实的锥齿轮切齿的整个过程。整个系统可分为五大部分:输入部分,完成参数的预置;实体建模部分,对不同种类的齿坯和刀具进行建模。切齿加工仿真模块,用于切削过程的模拟;几何分析部分;结果分析部分。

整个系统的界面风格采用仿 Visual Studio . NET 风格,使用第三方的界面库 BCG 来开发系统界面。

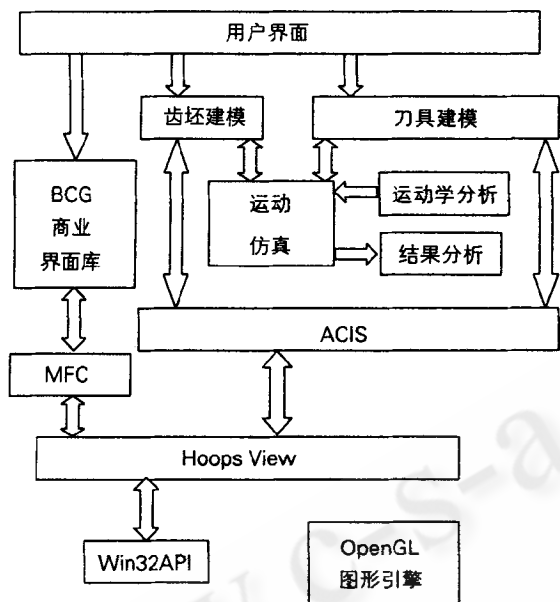


图 1 系统的体系结构图

4 仿真系统的具体实现

4.1 数据输入

数据输入模块用来初始化齿坯和刀具建模的一些初始数据。齿轮参数的设计有两种情况:一是根据使用要求,逐步进行设计计算,设计出齿轮的参数,再进行齿轮的三维设计。二是已经知道齿轮的参数如齿数、模数等,由程序直接构建实体模型。

在进行齿轮设计计算时,需查询的图表种类繁多。这就需要对图表的查询进行合理的设计。对于不同种类的图表,我们设计了以下几种解决方案:

(1) 直接创建数据库。该方法主要针对二维表格,如常用齿轮材料及其机械特性表,各类机器所用齿轮传动的精度等级范围表等。

(2) 创建数据库与程序相结合。该方法主要针对多维表格,如:使用系数 K_A 表,弹性影响系数 Z_E 表等。对于这类表格采用创建数据库与分支程序相结合的方式获取相应的数据,可简化数据库结构。

(3) 图表的数学处理。对于接触强度计算用的齿向载荷分布系数 $K_{H\beta}$ 表、弯曲强度计算用的齿向载荷

分布系数 K_F 图、齿轮的接触疲劳强度极限 $\sigma_{H\lim}$ 等图表,通过查询有关资料获得相应公式,或建立相应的数学方程来简化程序设计。

考虑到该软件是用来对齿轮进行设计研究及演示,因此,对于种类繁多的齿轮、刀具的数据以及设计人员自定义的实验齿轮数据的管理,我们可利用 BUILDER(生成器)设计模式来设计一个管理构件。数据的输入分为由外部导入和自己设定,对于按规定格式输入的数据我们可设计一个解析器构件来解析管理数据。

4.2 实体建模

数据输入结束后,就进入了实体建模阶段。ACIS 为实体的建模提供了很好的支持,既有简单的单个实体的创建,如圆柱,圆锥,球体等,又有较复杂模型的创建,如挤出造型(extrusion),NUBS 曲面等等,并提供了性能优化。

齿坯的计算机建模原理可简化为将一个齿坯的截面曲线绕某一轴旋转一周,从而获得齿坯模型。刀具的建模原理与齿坯建模近似。

在知道了齿坯几何尺寸后,齿轮的形状、大小等都确定,但其位置未知。这时根据齿轮加工坐标空间(或齿轮啮合相对关系)将齿轮原点设置于齿轮副的轴交错点,这样齿轮就可以在计算机中完全表示出来。如锥齿轮齿坯的创建过程是据交错点位置先确定齿坯上的轮冠、前轮冠以及齿根面的各点位置坐标,用直线连接形成闭合区域。然后调用 ACIS 创建回转曲面的 API 来构造齿坯实体。

实体建模包括对输入的实体数据进行建模和对建成的模型进行转换(即把抽象的实体模型转换位可在主程序视图中显示的实体模型)。因此我们需要设计一个模型构造器以及转换器。示意图如图 2。

通过对不同的实体设计相应的构造器和转换器,使设计人员能够随意设计自己的试验齿轮,从而提高了系统的扩展性能。

4.3 运动学分析

在完成了齿坯和刀具的建模工作后,我们需要搭建实体的工作舞台(WorkView),并进行各种初始化工作。我们可从三维图形的显示、运动等方面进行几何分析,包括下面几个方面:显示空间的坐标设置;实体的位置确定;齿坯刀具的运动轨迹;模型数据检验及行

为规则等;

运动学分析离不开数学公式,为此 ACIS 为我们提供了规则类(law)来处理齿轮切削过程中复杂的数学方程式。规则就是可以从一个空间映射到另一个空间的数学函数。它定义了对数学方程公用的功能和方法,此外 ACIS 系统还定义了几个直接派生于类 law 的规则类。利用规则可以进行数值积分、微分以及方程求根的数学运算。规则表达式除了可以进行数值计算之外,还可以进行几何模型的设计、编辑和分析操作。

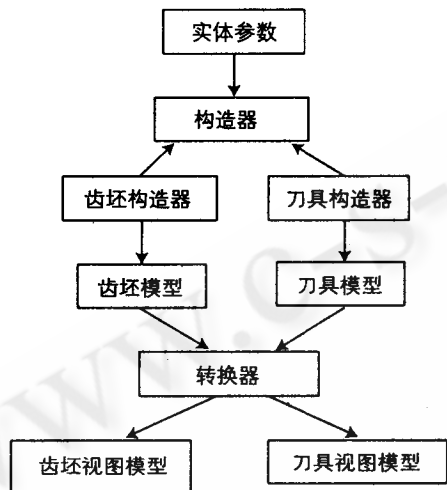


图 2 输入参数转换接口图

对于齿坯刀具的运动轨迹分析,我们可提供约束构件。约束构件是针对齿轮领域的专业构件,它提供了齿轮设计中在某种规则下的约束,在我们完成新型齿轮的试验后,也可设计自己的约束。

4.4 加工仿真

在齿轮设计领域,在给定齿轮输入参数的情况下,齿轮的齿形并没有完全被确定。即使已经设计出齿轮的几何参数和切齿调整参数,且有良好的齿面接触区预报,我们也无法准确地知道齿面的齿形几何结构,仍有可能出现轮齿畸形,如齿形倒收缩、根切。通过齿轮切削仿真可以直观的看到齿轮切削的过程及切削结果。

齿轮切齿仿真流程如图 3 所示。

齿轮切齿仿真的原理如下:用一个齿坯(没有切削过)和一个带齿槽(在齿坯上)的实体 1 进行减运算,得到一个齿槽形状的实体 2(独立实体)。之后将实体 2 复制得实体 3,再用实体 1 减去实体 3,直到最后一个齿槽时,用实体 1 减去实体 2,而不用复制实体 2。齿

轮形成后,齿轮切削仿真也随之完成。

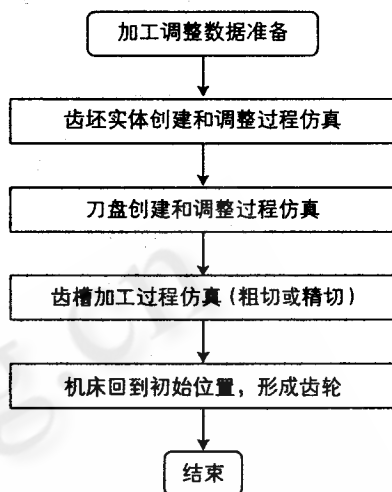


图 3 齿轮切削仿真流程图

对于齿轮仿真图形,我们提供精度控制器构件,用于齿面修形及齿形精度控制等。

为了获得仿真过程的高度真实感显示,可以采用 ACIS 所提供的其它相关命令与函数来实现:

(1) 为造型体各表面赋予接近真实物体的色彩、材质、贴图和纹理;

(2) 使用定向光源、定位光源或聚光灯,调整明暗和阴影;

(3) 利用投影变换、透视变换、景深、混合、透明、场景反走样、深度检测等功能,实现对造型体运动以及对场景的真实模拟。

程序运行界面及仿真结果如图 4。

4.5 结果分析

结果分析包括三个部分:

(1) 齿轮构成元件变形状态分析。齿轮构成元件的压力变形状态检测(SDS)包括:拟合轮齿——它们的 SDS 有固定的元件检测函数。其他的元件如轮毂、轴承、外壳等的 SDS 则是应用一些建简化的工程函数。

(2) 轮齿接触分析(TCA)。TCA 是用来评估齿轮制造、装配、齿形调整接触模式调整等等因素改变的影响。其流程图如图 5。

(3) 齿轮状态预测。齿轮状态预测意味着对齿轮拟合部件磨损进行计算。齿轮磨损计算的初始数据来源于齿轮接触分析结果、边缘材料摩擦属性以及齿轮的生命周期等。

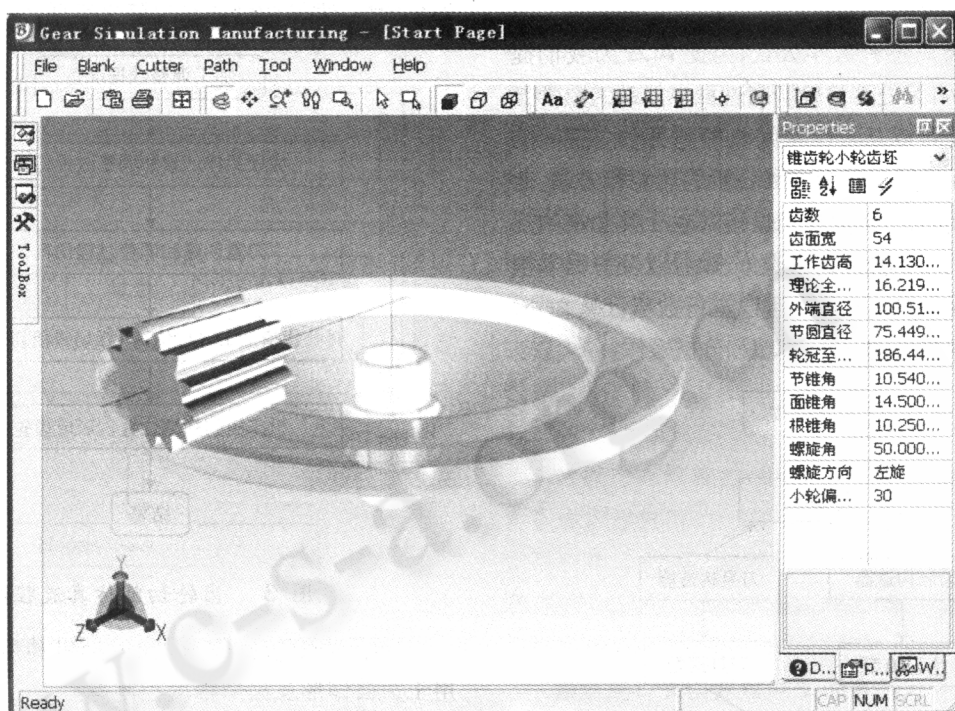


图 4 程序界面及仿真结果图

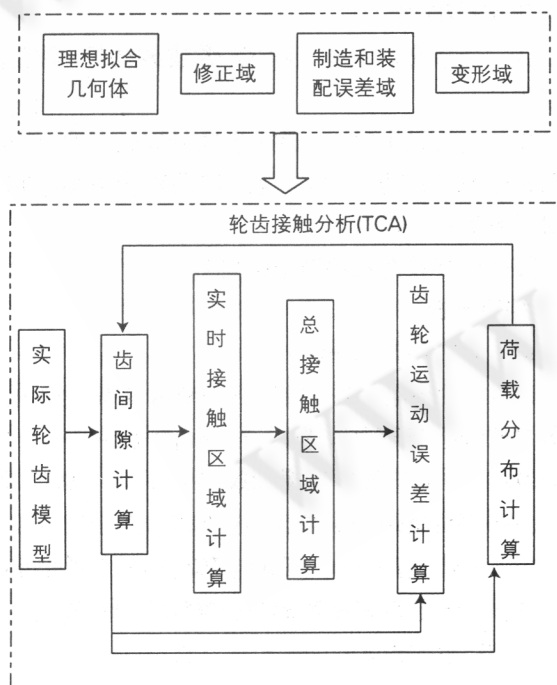


图 5 轮齿接触分析图

5 结束语

对软件系统从软件工程的角度进行研究,可提高自己的对更复杂系统的设计打下基础。良好的软件框架设计和接口设计,简化了软件的开发难度,可极大的缩短软件的开发进度,并使得系统的维护、升级、扩展变得更加方便。

参考文献

- 冯冲、江贺、冯静芳 编著, 软件体系结构, 北京人民邮电出版社, 2004。
- Erich Gamma Richard Helm Ralph Johnson John Vlissides 著, 设计模式, 机械工业出版社, 2000。
- 吕希敏、钱惠芬, 齿轮零件 CAD 系统研究[J], 河北工业科技, 1999, 16(1)。
- Online Help for ACIS Version 6.0.
<http://www.spatial.com>。
- J. C. H. Chung et al. Framework for integrated mechanical design automation. Computer - Aided Design 32(2000) 355 - 365。