

一种基于 UG 的齿轮结构参数化设计系统的开发

苏 纯, 陈志伟

(常州工学院 机电学院, 江苏 常州 213002)

摘要:介绍了利用 UG/OPEN API 和 Access 开发渐开线直齿圆柱齿轮参数化设计系统的方法。在 UG NX 环境下进行二次开发, 实现渐开线直齿圆柱齿轮尺寸反向驱动建模, 同时建立以产品结构、特征参数为中心的数据库系统, 从而对渐开线直齿圆柱齿轮参数化设计系统的数据进行管理。

关键词:UG; 二次开发; 参数化设计; 数据库系统; 齿轮

中图分类号:TH122

文献标识码:A

文章编号:1672-1616(2005)12-0046-03

近年来 CAD/CAE/CAM/PDM 技术得到了迅速的发展, 而渐开线齿轮是一种重要的机械零件, 广泛应用于各种机械产品的传动装置中。如何将 C3P 技术应用到齿轮设计上, 有效提高设计质量和效率, 是广大设计人员面临的问题。

齿轮设计可分为齿轮传动设计和齿轮结构设计两部分。齿轮传动设计一般应首先选择材料和热处理方法, 然后按齿面接触强度计算中心距, 再根据中心距确定模数、齿数、齿宽等参数。设计过程中需要从有关的工程手册或设计规范中查找各种系数或数据, 并套用经验公式, 为了在 CAD 进程中高效、快速处理, 可以将数表、线图程序化, 编程实现齿轮参数的自动计算和数据输出。齿轮结构设计通常先按齿轮的直径大小, 选定合适的结构形式, 还要确定齿轮与轴的联接形式, 最后根据具体参数进行结构设计。为便于 CAE 和 CAM 的实现, 目前齿轮的结构设计往往利用三维造型软件进行实体设计。本文针对渐开线直齿圆柱齿轮, 开发一种基于通用三维设计平台 UG 和产品数据库管理系统 Access 的齿轮结构参数化设计系统, 以便于集成环境下的产品设计和数据管理, 因而具有一定的现实意义。

1 设计思路 and 实现方法

1.1 设计思路

利用 UG/OPEN API 对 UG 进行二次开发, 实现渐开线直

齿圆柱齿轮尺寸反向驱动建模, 当零件尺寸参数发生变化时, 设计人员通过调用自定义菜单和对话框实现特征参数的重新输入, 保存为数据文件, 驱动 UG 重构三维模型并生成相应的工程图。同时建立以产品结构、特征参数为中心的数据库系统, 该系统既可以通过人机交互界面实现管理与维护, 又可与齿轮参数化设计形成的数据文件实现数据交换。

1.2 实现方法

系统整个开发流程如图 1 所示。首先利用 UG NX 创建渐开线直齿圆柱齿轮模板, 针对齿轮轴、实心式、腹板式齿轮分别创建完全参数化的三维造型和二维图, 然后提取特征参数创建部件族 Excel 电子表格。后面的工作沿两条主线进行, 一方面设置 UG 开发环境变量, 用 MenuScript 创建用户化齿轮模块菜单, 用 UIStyler 创建交互接口界面, 用 Visual C++ 创建动态链接库 DLL 文件; 另一方面利用 Access 创建基于特征参数的产品数据库, 并利用 Visual C++ 创建数据库管理程序, 实现对 Access 数据库的外部管理; 最后实现 Excel 电子表格文件与 Access 数据库的数据交换^[1]。在 UG NX 环境中, 通过用户化菜单和对话框, 调用某种结构形式的齿轮所对应的 DLL 文件, 再输入特征参数, 这不仅可以创建齿轮三维造型和二维图, 还可查询、改写、存储相关的产品数据库数据。

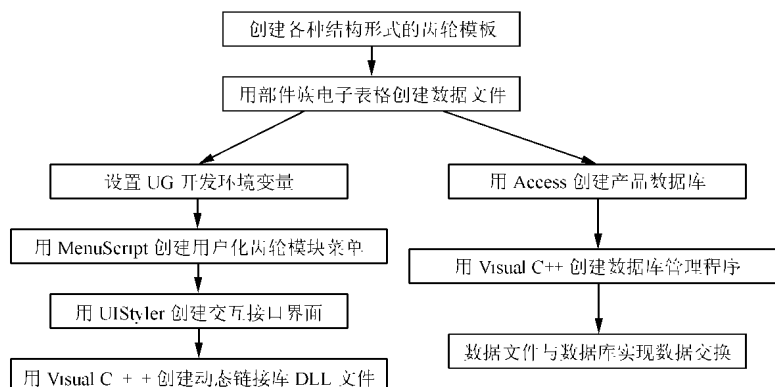


图 1 系统开发流程

收稿日期: 2005-09-30

作者简介: 苏 纯(1972-), 女, 江苏徐州人, 常州工学院讲师, 江苏大学在读硕士研究生, 主要研究方向为 CAD/CAM。

2 系统的关键技术和实现过程

2.1 创建齿轮模板

本系统主要创建齿轮轴、整体式齿轮及腹板式齿轮 3 个模板,按高速级齿轮传动要求考虑到轮心的平衡性及对中性,采用花键联接,建立完全参数化的图形,3 种结构形式的渐开线直齿圆柱齿轮模板如图 2(a)、(b)、(c)所示。

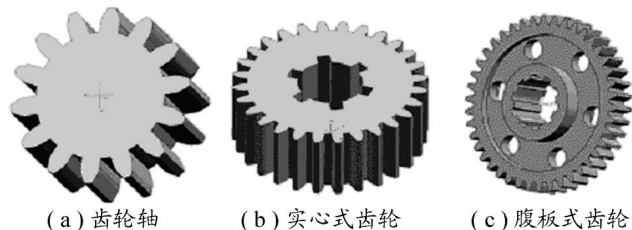


图 2 3 种结构形式的渐开线直齿圆柱齿轮模板

下面以结构形式最复杂的腹板式渐开线直齿圆柱齿轮为例介绍创建过程。

a. 根据渐开线参数方程运用表达式、规则曲线工具创建渐开线。考虑到 3 种结构形式齿轮渐开线的创建过程是一致的,可用记事本创建 gear.exp 文件,在 UG 建模环境中实现重复导入,简化表达式的输入过程。

b. 经过对曲线的修剪、拉伸生成半齿实体和齿根圆柱,对半齿作实体镜像,再将生成的齿形实体与齿根圆柱作布尔并运算,最后作轮齿的圆周阵列^[2]。

c. 通过拉伸、圆周阵列、布尔运算等一系列操作形成齿轮腹板造型。

d. 通过拉伸、布尔运算等一系列操作形成齿轮内花键结构(根据不同设计要求,也可创建平键结构)。

e. 在 part family 对话框中,添加齿轮厚度、压力角、模数、齿数、腹板直径、腹板厚度、去重孔定位圆直径、去重孔径和孔数、凸台外径、凸台高度、花键内外径、花键键宽、花键数等共 15 个参数,生成腹板式齿轮部件族电子表格。

f. 根据已有的齿轮模型创建二维工程图。单击 Application → Drafting 下拉菜单,进入工程图功能模块。设置图纸参数,添加齿轮的投影视图和剖视图,根据 GB 要求对图形进行编辑修改,最后完成尺寸标注。

在腹板式齿轮模板创建过程中,需要注意对草图的完全约束,形成部件族电子表格时参数的提取应完整,并与 DLL 文件的参数传递相对应。齿轮轴和实心式齿轮模板的创建过程相似且更简单,形成部件族电子表格需要添加的参数更少,其中齿轮轴需要添加齿轮厚度、压力角、模数、齿数共 4 个参数,实心式齿轮需要添加齿轮厚度、压力角、模数、齿数、花键内外径、花键键宽、花键数等共 8 个参数。

2.2 设置环境变量

进行 UG/OPEN API 开发,设置开发及运行环境的主要步骤如下:

a. 建立 E:\ugapi 文件夹,在 ugapi 目录下建立子目录 startup、application 和 prt_file,将创建的齿轮轴、实心式和腹板式齿轮模板复制到 prt_file 文件夹中,分别重命名为 gear1.prt、

gear2.prt、gear3.prt。

b. 在控制面板中点击系统 → 高级 → 环境变量,增加环境变量 UG_IL_USER_DIR,使其指向 E:\ugapi 文件夹。

2.3 创建用户化菜单

UG/OPEN MenuScript 提供了一套用于定义 Unigraphics 菜单的脚本语言,运用记事本工具按照 MenuScript 脚本语言语法可以定义 gear.men 文件,将该文件保存在 E:\ugapi\startup 文件夹中。

运行 UG NX 后在主界面上生成的用户化菜单如图 3 所示。

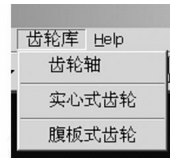


图 3 用户化菜单

2.4 创建交互接口界面

UG/OPEN UIStyler 提供了快速生成 Unigraphics 对话框的功能,产生的对话框可以在 MenuScript 文件中被调用。

a. 在 Unigraphics Gateway 状态,选择 Application \ User Interface Styler ...,进入 UIStyler。

b. 利用 UIStyler 提供的控件分别创建整体式、腹板式齿轮及齿轮轴对话框,要求用户输入的参数由其零件族电子表格参数确定。图 4 所示为腹板式齿轮人机交互对话框。

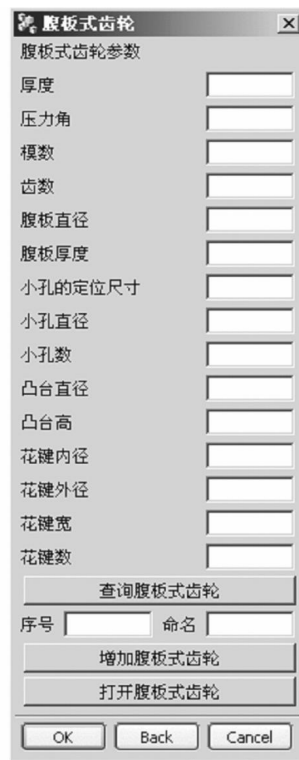


图 4 腹板式齿轮对话框

c. 将各结构形式齿轮对话框文件(*.dlg 文件)保存至 E:\ugapi\application 文件夹中,UIStyler 针对每一个 *.dlg 文件自动创建对应的 *.h 文件和 *.c 文件,自动保存至 E:\ugapi\application 文件夹中。例如整体式齿轮对话框文件保存为

gear1. dlg, 则 Uistylar 同时自动保存 gear1. h 和 gear1 _ template. c 文件^[3]。

2.5 创建动态链接库文件

动态链接库 (DLL) 文件适用于对 UG/OPEN API 的内部模式调用, 程序只能在 Unigraphics 的界面环境下运行。整体式齿轮对应的动态链接库文件 (gear1. dll) 创建过程如下:

a. 在 Visual C++ 中创建 Win32 Dynamic - Link Library 工程, 命名为 gear1. dsw。

b. 设置工程环境。

c. 在 gear1. dsw 的 Source Files 中添加 gear1 _ template. cpp (由 gear1 _ template. c 文件改名), Header Files 中添加文件 gear1. h。

d. 编辑 gear1 _ template. . cpp 文件, 将 #include < gear1. h > 修改为 #include "gear1. h", 并根据程序功能要求修改各回调函数。如将回调函数 GEAR _ open _ cb () 修改后增加代码如下:

```
// 将查询已经存在的齿轮设置为当前显示的部件//
part _ tag = UF _ PART _ ask _ part _ tag (instance);
UF _ PART _ set _ display _ part (part _ tag);
UF _ terminate ();
/* Callback acknowledged, do not terminate dialog */
return (UF _ UI _ CB _ CONTINUE _ DIALOG);
/* or Callback acknowledged, terminate dialog. */
/* return (UF _ UI _ CB _ EXIT _ DIALOG); */
```

e. 编译链接生成 gear1. dll 文件, 复制到 E:\ugapi\startup 文件夹下。

整体式和腹板式齿轮的 DLL 文件创建过程同上, 只是需要修改回调函数时设置模板文件名分别为 gear2. prt 和 gear3. prt。

2.6 齿轮参数数据库系统设计

在利用 Access 建立齿轮参数数据库时, 齿轮轴、实心式、腹板式直齿圆柱齿轮分别对应一个表, 表中每个字段对应齿轮的一个主要参数。在对每张数据表建立查询和窗体后, 就可在 Access 运行界面下方方便地进行数据管理。为方便用户对数据库的外部管理, 可用 VC++ 编程创建应用程序。首先利用 ODBC 技术连接数据源, 即连接至齿轮参数数据库, 然后创建人机接口界面, 最后修改控件按钮程序即可。图 5 所示为用于编辑实心式齿轮数据表的数据库管理界面。



图 5 数据库管理界面

在针对每种齿轮建表时, 应使表中字段与该齿轮模板部件族电子表格字段一一对应。这样当某种齿轮模板部件族电子表格文件内容发生了变化, 可以用 Access 打开齿轮参数数据库, 利用下拉菜单文件一获取外部数据一导入, 选择某种齿轮模板部件族电子表格文件, 即可将其转化为 Access 表, 并覆盖数据库中已有的同名表格。由于字段名没有变化, 原来设置好的查询和窗体等功能可以继续使用, 因而在数据库中可对该表进行直接操作, 也可利用 VC 应用程序对该表数据进行外部管理。从而实现了 UG 建立的部件族电子表格文件与产品数据库之间的数据交换, 简单易用, 避免了复杂的编程。

3 系统的扩展方法

基于 UG 的直齿轮结构参数化设计系统采用的是模块化设计方法, 可以采用相似的方法实现斜齿圆柱齿轮、锥齿轮等的参数化设计, 将原系统扩展为通用齿轮的结构参数化设计系统。由于通过修改用户化菜单文件可以分别调用各种类型齿轮的动态链接库文件, 所以系统的扩展较易识别。如实现斜齿圆柱齿轮结构参数化设计的具体做法如下:

a. 创建各种结构形式斜齿轮的完全参数化三维实体造型模板。

b. 通过编辑修改 gear. men 文件, 实现齿轮库用户化菜单的修改, 在一级菜单增设斜齿轮, 其二级菜单设为各种具体的结构形式斜齿轮。

c. 根据每一种结构形式斜齿轮模板提取的几何参数, 利用 UG/OPEN Uistylar 创建其对应的对话框。

d. 创建各种结构形式斜齿轮对应的动态链接库文件, 创建过程中 *_template. cpp 文件可以利用直齿轮对应的程序文件作简单修改得到, 即只需修改查询参数所在的电子表格名称及调用的显示部件模板名称。

e. 在齿轮参数数据库中根据斜齿轮结构分类分别创建数据表, 利用原有的数据库管理程序以类比方法对程序作适当修改, 创建各种结构形式斜齿轮数据表的管理程序。

4 结束语

本参数化设计系统有效地提高了利用 UG 设计渐开线直齿圆柱齿轮的效率。由于将三维图形数据转化为数值数据保存, 并对齿轮数据进行集中统一的管理, 因而所占用的计算机资源少, 有利于管理, 且便于集成环境下的协同设计。

参考文献:

- [1] 董正卫, 田立中, 付宜利. UG/OPEN API 编程基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [2] 宋晓华, 周明安. 基于 UG/OPEN API 的齿轮模块开发[J]. 机械研究与应用, 2004(12): 111 - 112.
- [3] 孟广军, 张明, 王安敏. UG 软件的用户界面开发技术[J]. 机械, 2004, 31(5): 39 - 42.

(下转第 50 页)

$$\text{对于叶背: } \begin{cases} x_1 = x - i_y \times w \\ y_1 = y + i_x \times w \end{cases} \quad (7)$$

$$\text{对于叶盆: } \begin{cases} x_2 = x + i_y \times w \\ y_2 = y - i_x \times w \end{cases} \quad (8)$$

将式(2)~(6)代入式(7)、(8),得:

$$\begin{cases} x_1 = k \times t^{2.5} - \frac{1}{\sqrt{1 + (2.5 \times k \times t^{1.5})^2}} \left(w_0 - \int \sqrt{1 + (2.5 \times k \times t^{1.5})^2} dt \times \cot \alpha \right) \\ y_1 = t + \frac{2.5 \times k \times t^{1.5}}{\sqrt{1 + (2.5 \times k \times t^{1.5})^2}} \left(w_0 - \int \sqrt{1 + (2.5 \times k \times t^{1.5})^2} dt \times \cot \alpha \right) \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} x_2 = k \times t^{2.5} + \frac{1}{\sqrt{1 + (2.5 \times k \times t^{1.5})^2}} \left(w_0 - \int \sqrt{1 + (2.5 \times k \times t^{1.5})^2} dt \times \cot \alpha \right) \\ y_2 = t - \frac{2.5 \times k \times t^{1.5}}{\sqrt{1 + (2.5 \times k \times t^{1.5})^2}} \left(w_0 - \int \sqrt{1 + (2.5 \times k \times t^{1.5})^2} dt \times \cot \alpha \right) \end{cases} \quad (10)$$

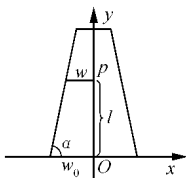


图3 轮廓线示意图

4 叶背、叶盆轮廓线上离散点的生成

应用目前流行的 CAD/CAM 软件,难以直接用以上的参数方程式(9)、(10)来表达叶背、叶盆轮廓线。然而,我们却可以应用有关的数值计算方法,根据参数方程式(9)、(10)来计算出一系列叶背、叶盆轮廓线上的离散点。以一系列有序的离散的“点”来替代一条连续的“线”。经这样处理后,可以利用现有的 CAD/CAM 软件生成所需的复杂曲线。

图 2(a)中弯曲的中心线可以看成是由一系列离散点构成的。以中心线开始弯曲时的点作为原点 O,则每一个离散点到 O 点的弧长是拓扑变换中的不变量,即经过拓扑变换不会改变的量。这样,就可以通过不变量来控制所生成的轮廓线。

叶背轮廓线及叶盆轮廓线是随着粗加工、精加工改变的一系列曲线。这样,在进行数控编程时就要对应生成一系列复杂的非线性函数曲线。借助本文的数据处理方法,不仅可以准确

地按设计要求进行叶轮造型,而且可以根据理论计算以及以往经验,在造型阶段就有意识地适当改变长度 l 和宽度 w_1, w_2 的函数关系,即通过适当改变走刀轨迹对叶轮加工中的变形和回弹进行软件补偿。

5 结束语

由复杂曲线上的离散点序列生成复杂函数曲线的方法,解决了 CAD/CAM 软件难以直接生成复杂函数曲线的问题。上述方法已应用于直线面类型叶轮的造型,并使造型过程大为简化。具体叶轮造型步骤见文献[2,3]。

直线面叶轮叶背、叶盆轮廓线的生成方法使得叶轮造型阶段的 CAD 与加工阶段的 CAM 有机地联系在一起,为 CAD/CAM 的集成提供了具体的实例。

参考文献:

- [1] [美] M E 摩滕森. 几何造型学[M]. 北京:机械工业出版社, 1992:135 - 137.
- [2] 李卫东. 智能数控自动编程基础技术研究[D]. 南京:南京航空航天大学,1999.
- [3] 李卫东,朱剑英,吴洪涛. B 样条列表曲线直线插补的自适应算法[J]. 机械科学与技术,1999,18(1):86 - 88.

Generating Method of Non - equidistant Curves Extracted from Ruled Surface Impeller Vane

LI Wei - dong

(Soochow University, Jiangsu Suzhou, 215021, China)

Abstract: It introduces a new kind of generating method of non - equidistant curves. Using parametric curves, it substitutes the functional curves, replaces the continuous curves with sequential discrete points. This method can be applied in the modeling of titanium alloy impeller.

Key words: Key words: Impeller; Non - equidistant Curves; Sequential Discrete Points

(上接第 48 页)

The System of Parametric Design for The Gear Transmission

SU Chun, CHEN Zhi - Wei

(Changzhou Institute of Technology, Jiangsu Changzhou 213002, China)

Abstract: It describes the development of parametric design system for gears transmission with UG/OPEN API and Access. The UG NX software is used to implement constructing model of involute spur gears with dimension reversedly driving. In order to manage data of the parametric gear design system, it builds a data base system center on construction of products and characteristic parameters.

Key words: UG; Development; Parametric Design; Data Base System; Gear