

# 新型齿轮范成加工虚拟仿真系统设计与实现

徐文俊<sup>1</sup>, 杨宇飞<sup>2</sup>, 郑丽文<sup>1</sup>, 林钰珍<sup>1</sup>

1. 衢州职业技术学院, 机电工程学院, 浙江 衢州 324000

2. 长春理工大学, 机电工程学院, 吉林 长春 130022

**摘 要 :** 本文基于 UG NX/Open Grip 语言构建具有参数化驱动功能的齿轮范成加工虚拟样机模型, 并利用 NX/Open UIStyler 开发了设计专用人机交互界面。系统集成模数  $m$ 、插齿刀齿数  $Z_1$ 、齿坯齿数  $Z_2$ 、压力角  $\alpha$ 、变位系数  $x$ 、顶隙系数  $h_a$ 、插齿刀转速  $n$  及插齿频率  $f$  等关键参数修改对话框, 实现参数修改与虚拟样机模型的实时联动更新。在此基础上, 通过 NX CAE 完成齿轮范成加工过程仿真分析, 可直观展示不同参数下正变位、负变位及根切等典型加工动态过程, 快速生成对应齿形模型。研究成果可为齿轮范成机理分析、参数优化及齿轮传动特性研究提供直观、高效的虚拟实验平台与技术支撑。

**关键词 :** 新型; 齿轮范成加工; 虚拟仿真系统

## Design and Implementation of a Virtual Simulation System for the Generating Machining of New-type Gears

Xu Wenjun<sup>1</sup>, Yang Yufei<sup>2</sup>, Zheng Liwen<sup>1</sup>, Lin Yuzhen<sup>1</sup>

1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Quzhou College of Technology, Quzhou, Zhejiang 324000

2. School of Mechanical and Electrical Engineering, Changchun University of Science and Technology, Changchun, Jilin 130022

**Abstract :** This paper builds a gear molding processing virtual prototype model with parameterized driving function based on the UG NX/Open Grip language, and uses NX/Open UIStyler to develop a design-specific human-computer interaction interface. The system integrates key parameter modification dialog boxes such as module, number of gear shaping cutter teeth, number of gear blank teeth, pressure angle, displacement coefficient, top clearance coefficient, gear shaping cutter speed and gear shaping frequency, to realize real-time linkage update of parameter modification and virtual prototype model. On this basis, the simulation analysis of the gear molding process is completed through NX CAE, which can visually display typical machining dynamic processes such as positive displacement, negative displacement and undercutting under different parameters, and quickly generate the corresponding tooth profile model. The research results can provide an intuitive and efficient virtual experimental platform and technical support for gear formation mechanism analysis, parameter optimization and gear transmission characteristics research.

**Keywords :** new type; gear generation processing; virtual prototype system

### 引言

目前国内高校一般借助传统齿轮范成仪如图1所示来演示范成法切削渐开线齿廓的过程, 演示时用手移动齿板并带动圆盘一起旋转, 逐次微移, 每移一次则沿齿板描绘齿条齿廓线直至圆盘上形成多个完整的渐开线齿廓。传统式齿轮范成仪演示时所用辅具较多、操作费时费力、演示过程枯燥无趣、演示效果不佳。

鉴于传统齿轮范成仪存在的诸多问题, 文献 [1] 针对传统齿轮范成仪进行了改进设计, 解决了轮坯与刀具之间不能确保作纯滚动、轮坯分度圆与由钢丝中心线所形成的圆不重合等问题; 文献 [2] 罗卫平等通过结构改进设计实现了滑板的均匀移动; 文献 [3] 孙东等通过单片机编程控制实现了范成仪的电子控制自动操作; 文献 [4] 叶友东等人设计了一种新型双联行星传动式渐开线齿轮范成仪, 能同时画出标准、正变位、负变位齿廓, 方便对比; 文献 [5] 孙培禄等人设计了一种可印制齿廓轨迹的齿轮范成仪, 实现了印制刀痕代替手绘刀痕。文献 [6] 陈汝雕等人设计了一种基于3D打印技术的新型智能齿轮范成仪, 实现了齿轮渐开线齿廓的动态演示与自动生成, 但该仪

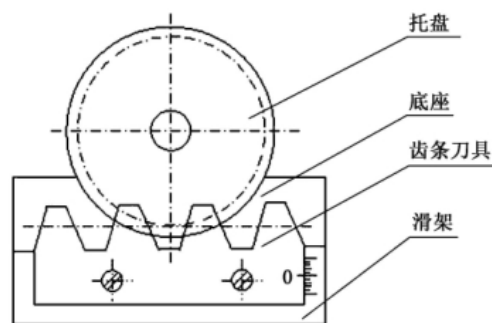


图1 传统齿轮范成仪

基金项目: 浙江省高校实验室工作研究项目(YB202317); 浙江省教育厅一般科研项目(Y202353634)。

作者简介: 徐文俊(1981-), 男, 浙江衢州江山人, 硕士研究生, 主要研究方向: 机械设计CAD/CAE。

器存在齿形不精确、齿廓精度不高等问题。文献 [7] 徐文俊等人设计了一种基于 UG\_NX 的新型齿轮范成加工虚拟样机, 建立了齿轮型刀具与齿条型刀具两种范成加工虚拟样机模型, 通过分析对比两种范成加工异同, 得出齿轮型刀具范成加工变位系数  $X \neq$  齿条型刀具范成加工变位系数  $x$ , 从而进一步深入阐释了齿轮范成加工原理, 但该虚拟样机参数修改不方便, 因此人机界面功能还有待进一步完善。

本项目在文献 [7] 基础上, 对系统人机界面进行优化与功能完善, 进一步提升交互友好性、操作便捷性与可视化展示效果。

## 一、设计方案 [8-9]

### (一) 方案设计

在 UG NX 建立齿轮型刀具范成加工虚拟样机模型, 如图 2 所示。

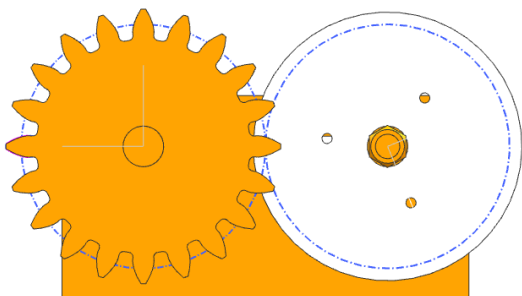


图2 齿轮型刀具范成加工虚拟样机模型

### (二) 方案设计要点

#### (1) 插齿刀参数化建模设计

$$\begin{cases} d_a = m(z + 2 + 2 * c) \\ d = mz \\ d_b = mz \cos(\alpha) \\ d_f = d - 2 * h_f \\ h_f = (1 + c - m) * x \\ B = 9 \end{cases} \quad (1)$$

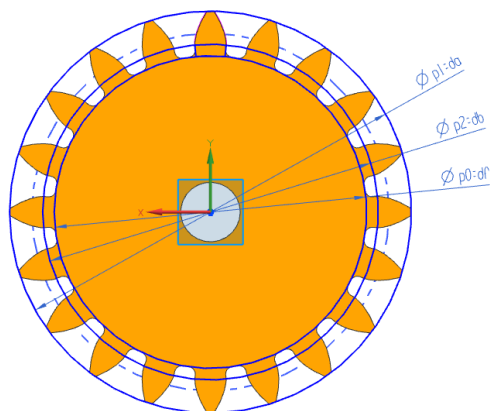


图3 齿轮型刀具范成加工虚拟样机模型

#### (2) 齿坯参数化建模设计

$$\begin{cases} d_a = m(z + 2) \\ d = mz \\ B = 5 \end{cases} \quad (2)$$

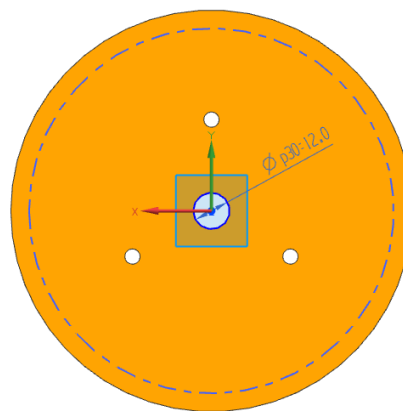


图4 齿轮型刀具范成加工虚拟样机模型

#### (3) 范成加工人机界面设计

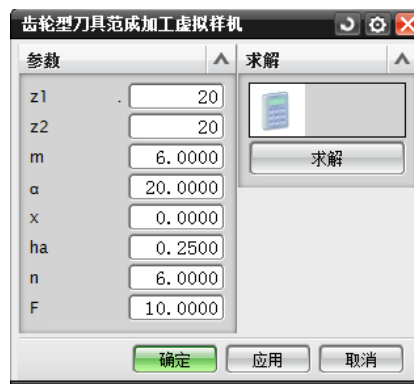


图5 齿轮型刀具范成加工人机界面设计

人机界面包括模数  $m$ 、插齿刀齿数  $z_1$ 、齿坯齿数  $z_2$ 、压力角  $\alpha$ 、变位系数  $x$ 、顶隙系数  $h_a$ 、插齿刀转速  $n$  及插齿频率  $F$  等关键参数修改对话框, 实现参数修改与虚拟样机模型的实时联动更新。

当范成加工虚拟样机模型参数设置值为以下3种典型工况时:

$$\begin{cases} z_1 = 20 \\ z_2 = 20 \\ m = 6 \\ \alpha = 20 \\ x = 0 \\ h_a = 0.25 \\ n = 6 \\ f = 10 \end{cases} \quad \begin{cases} z_1 = 20 \\ z_2 = 20 \\ m = 6 \\ \alpha = 20 \\ x = 0.4 \\ h_a = 0.25 \\ n = 6 \\ f = 10 \end{cases} \quad \begin{cases} z_1 = 20 \\ z_2 = 6 \\ m = 6 \\ \alpha = 20 \\ x = 0 \\ h_a = 0.25 \\ n = 6 \\ f = 10 \end{cases}$$

(a) 标准齿                      (b) 正变位齿                      (c) 根切齿

图6 三种典型工况

单击人机界面“应用”按钮，模型即可实时更新，如图7-图9所示。

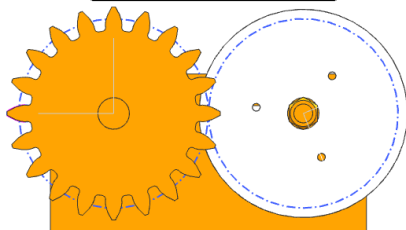
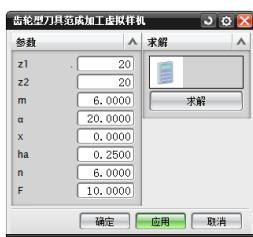


图7 标准齿范成加工虚拟样机模型  
( $z_1=20 z_2=20 m=6 x=0$ )

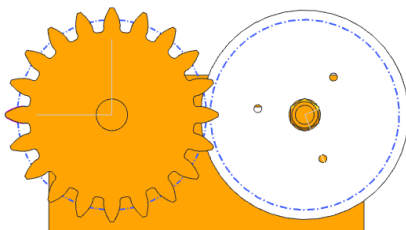
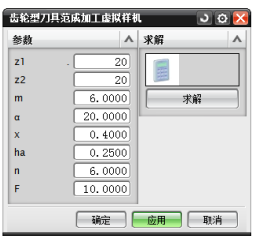


图8 正变位齿范成加工虚拟样机模型  
( $z_1=20 z_2=20 m=6 x=0.4$ )

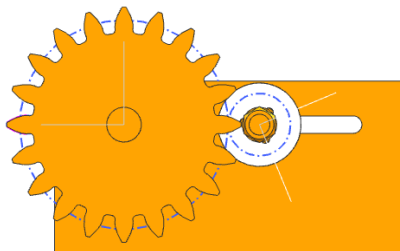
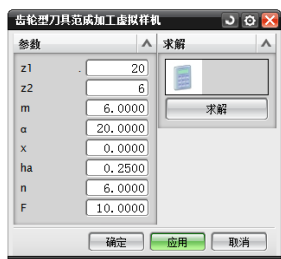


图9 根切齿范成加工虚拟样机模型  
( $z_1=20 z_2=20 m=6 x=0$ )

人机界面极大地方便了齿轮范成加工虚拟样机模型的快速建

立与实时更新，从而为范成加工仿真分析提供稳定可靠的模型基础与高效便捷的交互支撑。

## 二、NX 虚拟样机范成加工仿真分析<sup>[10-11]</sup>

### (一) 标准齿轮加工仿真分析

当  $z_1=20$ 、 $z_2=20$ 、 $m=6$ 、 $x=0$  时，加工出的是标准齿，分度圆上齿厚等于槽宽，模数、压力角、齿顶高、顶隙均为标准值。

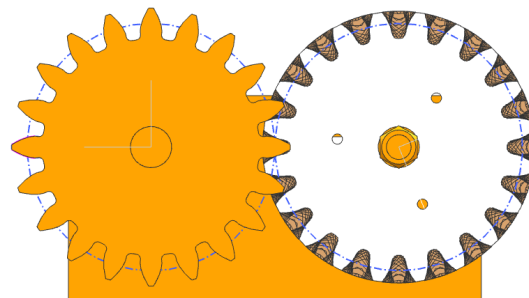


图10 标准齿 ( $x=0$ )

### (二) 正变位齿加工仿真分析

当  $z_1=20$ 、 $z_2=20$ 、 $m=6$ 、 $x=0.4$  时，加工出的是正变位齿，刀具远离轮坯，分度圆齿厚大于槽宽，齿顶厚减小，抗弯强度提高，无根切。

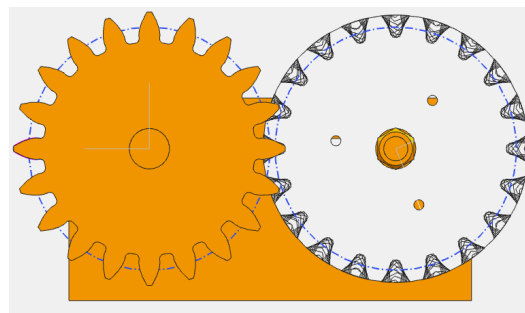


图11 正变位齿 ( $x=0.4$ )

### (三) 根切齿加工仿真分析

当  $z_1=20$ 、 $z_2=6$ 、 $m=6$ 、 $x=0$  时，加工出根切齿。随着齿坯被加工齿数的减少，根切现象越来越明显，在工程中应注意避免。

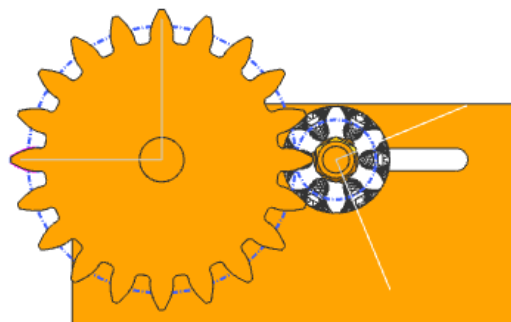


图12 根切齿 ( $x=0$ )

### 三、结论

(1) 建立了齿轮型刀具范成加工虚拟样机参数化模型及人机界面, 通过人机界面可修改齿数、模数、变位系数等关键技术参数, 实现范成加工模型的实时更新。

(2) 建立了齿轮型刀具范成加工虚拟样机, 动态演示标准齿、正变位齿及根切齿齿廓动态形成过程。

(3) 为齿轮范成加工机理、工艺优化等提供了一种快捷可视化的支撑系统。

### 参考文献

- [1] 吕德兰. 齿轮范成仪的改进[J]. 昆明工学院学报, 1992(4):51-53,61. (Lv De-lang.Improvement of gear Fan Chengyi [J]. Journal of Kunming Institute of Technology, 1992 (4): 51-53,61.)
- [2] 罗卫平, 姜小菁, 王珺等. 齿轮展成仪的改进[J]. 机电技术, 2011(6):49-50. (Luo Wei-ping, Jiang-Xiaojing, Wang Jun, etc.Improvement of gear generator[J]. Electromechanical technology, 2011(6): 49-50.)
- [3] 孙东, 高路, 何壮等. 基于渐开线齿轮范成仪的改进设计[J]. 吉林化工学院报, 2015, 23(4), 43-47. (Sun Dong, Gao Lu, He Zhuang etc. Improved design based on involute gear generator [J]. Journal of Jilin Institute of Chemical Technology, 2015, 23(4), 43-47.)
- [4] 叶友东, 刘力红. 双行星传动式齿轮范成仪的设计[J]. 机械传动, 2015, 39(6):156-158. (Ye You-dong, Liu Li-hong.Design of gear generator with double planetary drive [J]. Mechanical Drive, 2015, 39 (6): 156-158.)
- [5] 孙培禄, 刘嵩. 一种可印制齿廓轨迹的齿轮范成仪创新设计研究[J]. 机械产品开发与创新, 2018, 31(4):10-12. (Sun Pei-Lu, Liu Shu. Innovative Design of a Gear Generator with Printed Tooth Profile Track [J]. Mechanical Product Development and Innovation, 2018, 31(4):10-12.)
- [6] 陈汝雕, 徐文俊. 一种基于3D打印技术的新型智能齿轮范成仪设计[J]. 工程技术, 2017, 12:66-67. (Chen Rudiao.A New Intelligent Gear Generator Design Based on 3D Printing Technology[J]. Engineering Technology, 2017, 12:66-67.)
- [7] 徐文俊, 郑丽文等. 一种基于UG\_NX的新型齿轮范成加工虚拟样机设计[J]. 机械设计与制造, 2022, 02:269-276. (Xu W J, Zheng L W, et al. Design of a New Virtual Prototype for Gear Generating Processing Based on UG NX[J]. Machinery Design & Manufacture, 2022, 02: 269-276.)
- [8] G.Pohit.Application of virtual manufacturing in generation of gears[J].Int J Adv Manuf Technol, 2006, 31:85-91.
- [9] Cuneyt Fetvacı.Mathematical Model of a Spur Gear with Asymmetric Involute Teeth and Its Cutting Simulation[J].Mechanics Based Design of Structures and Machines, 2008, 36:34-46.
- [10] Cuneyt Fetvacı.DEFINITION OF INVOLUTE SPUR GEAR PROFILES GENERATED BY GEAR-TYPE SHAPERCUTTERS[J].MechanicsBased Design of Structures and Machines, 2010, 38: 481-492.
- [11] 黄勇, 张博林, 薛运锋. UG二次开发与数据库应用基础与典型范例[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008. (Huang Yong, Zhang Bo-Ling, Xue Yun-Feng.UG Basic and typical examples of secondary development and database application [M]. Beijing: Electronic Industry Publishing House, 2008.)