

具有对数-指数参数特征的螺旋曲面参数化精确造型

黄燕华, 顾立志, 冯凯

(华侨大学 机电及自动化学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 对参数中含有对数-指数的新型螺旋曲面进行质点的成形运动学分析和描述,依据质点成形运动组合系统化定义和分类新螺旋曲面,以揭示此型螺旋曲面几何特征、数学性质、工程应用可能及推测新型螺旋曲面.构建具有对应具有对数-指数参数特征的螺旋曲线数学模型,应用 Pro/E 二次开发工具 Pro/TOOLKIT,修正的螺旋曲面扫描算法和参数传递原理构建单一全关联数据库.对整个模型任意点,任意特征数字信息的提取实现了该类螺旋曲面的精确参数化造型.该参数化模型中对应具有对数-指数参数特征的螺旋曲线生成直接来自数学模型,所构建的参数化模型理论上无任何误差.

关键词: 螺旋曲面; 顺位符号; 质点成形运动; 精确造型; 对数-指数

中图分类号: TH 122; TP 391.72

文献标志码: A

作为复杂曲面典型代表的螺旋曲面因其形面的复杂性,特征参数描述的特殊性和螺旋曲面体成型运动的丰富性,螺旋曲面及螺旋曲面体的精确设计难度颇大.柱坐标系下,等径等螺距螺旋曲面的数学描述成为螺旋曲面理论研究的基础;借助于圆锥曲面或微分几何,更为复杂的螺旋曲面-变径、变螺距、变导程、异型母线螺旋曲面被描述和表达出来^[1-2].数控技术的出现,使若干螺旋曲面的高精和高效加工在数控机床上得以实现^[3-5].螺旋曲面在机械系统中的应用日益深入,在旋转运动与直线运动,以及两者组合运动方面起着独特和不可或缺的作用.王可^[6]建立了空间和截面两种无瞬心包络铣削条件下的刀具与工件包络运动轨迹数学模型,其研究主要集中在螺杆及异形螺杆成形原理和加工工艺优化上;孙春华等^[7]建立了特种回转螺旋槽曲面的通用几何模型;周志雄等^[8-9]开发了基于 CAD 的螺旋槽建模系统,并实现对螺旋槽的设计和加工工艺的仿真优化;王增强等^[10]提出了一种高效率的回转曲面螺旋槽数控编程的数学模型建立方法,为螺旋槽的高效加工奠定了理论基础;杨显宏等^[11]应用 Pro/E 软件参数化功能模块给碗形直齿插刀作了三维参数化造型设计;Prabhu 等^[12]通过 Pro/E 建立机器人机械手参数化固体模型,简化了机器人机械手的 CAD/CAE/CAM 过程.尚有一类参数中含有对数-指数螺旋曲面,其定义、分类、系统研究、工程应用均很少报导.本文对这类具有对数-指数参数特征的螺旋曲面(以下简称新螺旋曲线)进行系统化定义和分类,实现精确的参数化造型.

1 新螺旋曲面分类

具有对数-指数参数特征的螺旋曲线可视为质点在空间的直线运动、圆周运动等运动组合.基于形成螺旋曲面的质点成形运动,可分为两个直线运动与一个圆周运动合成的螺旋曲线,两个圆周运动和一个直线运动合成的螺旋曲线,以及两个圆周运动合成的螺旋曲线.把在欧式空间内做螺旋运动的动点换成曲线,则曲线在欧式空间内做螺旋运动所形成的曲面即为螺旋曲面.

将由两个直线运动与一个圆周运动合成的新螺旋曲线对应的螺旋曲面简称为 RRC_{new},其基本

收稿日期: 2014-03-26

通信作者: 顾立志(1956-),男,教授,主要从事金属切削与先进制造技术的研究. E-mail: gulizhi888@163.com.

基金项目: 国家国际科技合作专项(S2013HR0021L);福建省科技计划重点项目(2012H0034);福建省泉州市科技计划项目(2012Z122).

成形运动特征:动点绕定直线做圆周运动,同时沿回转半径(或切线)方向作直线运动和沿定直线的直线运动. RRC_new 又分为两大类,分别是数学模型中 $\theta=0^\circ$ 时为 RRC_1new 和存在渐开线基圆半径 r_0 , 以及变幅渐开线变幅长 d 时称为 RRC_2new. RRC_1new 又分为三小类,即数学模型中参变量 m 为 s^{arc} , $\log(au)$, $\ln(au)$ 时,分别表示为 RRC_1 s^{arc} , RRC_1 $\log(au)$, RRC_1 $\ln(au)$. 其中, u 为角度参变量; a 为常数. 类似地, RRC_2new 又分为三小类,即数学模型中参变量 $m=s^{\text{arc}}$, $m=\log(au)$, $m=\ln(au)$ 时分别表示为 RRC_2 s^{arc} , RRC_2 $\log(au)$, RRC_2 $\ln(au)$. 其中, u 为角度参变量; a 为常数.

将两个圆周运动和一个直线运动合成的新螺旋曲线,其对应的新螺旋曲面简称为 CCR_new. CCR_new 类新螺旋线成形运动,即动点绕动坐标系原点做角度参数为 u_2 的匀速圆周运动,同时动坐标系又绕定直线做角度参数为 u_1 的匀速圆周运动和沿定直线的直线运动,且有: $u_2/u_1=r_1/r_2$, 此三个分运动的合成运动即为 CCR_new 类新螺旋线的成形运动.

CCR_new 又分为两大类 CCR_snew 和 CCR_pnew,分别表示数学模型取第一顺位符号减号(subtraction sign)和第二顺位符号加号(plus sign)时的新螺旋曲面,根据参变量 u_1 的不同,CCR_snew 又可分为三类,即参变量 $u_1=s^{\text{arc}}$, $u_1=\log(au)$, $u_1=\ln(au)$ 时,分别表示为 CCR_ss s^{arc} , CCR_s $\log(au)$, CCR_s $\ln(au)$. 其中, u 为角度参变量; a 为常数. 同理,根据参变量 u_1 的不同 CCR_pnew 也可分为三类,即参变量 $u_1=s^{\text{arc}}$, $u_1=\log(au)$, $u_1=\ln(au)$ 时分别表示为 CCR_ps s^{arc} , CCR_p $\log(au)$, CCR_p $\ln(au)$. 其中, u 为角度参变量; a 为常数.

将两个圆周运动的运动合成的新螺旋曲线,其对应的新螺旋曲面简称为 CC_new. CC_new 类新螺旋线成形运动:设动坐标系 $OX'Y'Z'$ 中一动点绕 Z' 轴以角度参数 u_2 做圆周运动,同时动坐标系整体绕固定坐标系 $OXYZ$ 的 X 轴做角度参数为 u_1 的圆周运动,则这两个圆周运动的合成运动即为 CC_new 类新螺旋线的成形运动,根据参变量 u_1 的不同 CC_new 也可分为三类,即参变量 $u_1=s^{\text{arc}}$, $u_1=\log(au)$, $u_1=\ln(au)$ 时分别表示为 CC_s s^{arc} , CC_s $\log(au)$, CC_s $\ln(au)$. 其中, u 为角度参变量; a 为常数.

2 新螺旋曲面参数化模型的构建

2.1 精确参数化造型的算法

新螺旋曲面参数化模型,其对应的新螺旋曲线生成直接来自数学模型,所构建参数化模型理论上无任何误差,即为精确的参数化造型. 文中采用修正的螺旋曲面扫描算法实现螺旋曲面的参数化. 根据螺旋曲面成形运动特征可知,螺旋曲面是由系列质点作螺旋运动形成螺旋曲面,即可由空间质点作螺旋运动形成螺旋曲线;空间曲线(指螺旋曲面端截面)绕螺旋曲线作螺旋运动形成螺旋曲面;利用螺旋扫描方式,通过对螺旋曲面特征参数的设置,生成螺旋曲线,再由端截面绕螺旋曲线的扫描完成对螺旋曲面的精确参数化造型,算法如图 1 所示.

根据质点在空间运动形成线,运动的线可以形成面,质点的运动特性决定了空间面的属性特征. 在欧几里得空间,质点可描述为 $P(x,y,z,t)$, t 为时间参数, x,y,z 也是关于时间 t 的欧几里得空间坐标参量. 5 类具有对数-指数参数特征的螺旋曲面参数化模型,分别如图 2 所示. 构成新螺旋曲面参数化模型库的各参数化模型分述如下,其中仅讨论做螺旋运动的曲线为直线段和圆弧两种新螺旋曲面的情景.

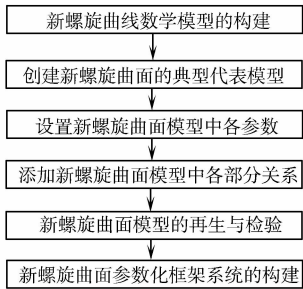
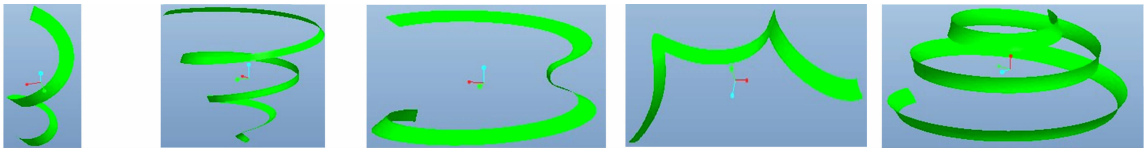


图 1 参数化造型的修正算法
Fig. 1 Correction algorithm of parametric modelling



(a) RRC_1new 类 (b) RRC_2new 类 (c) CCR_snew 类 (d) CCR_pnew 类 (e) CC_new 类

图 2 具有对数-指数参数特征的螺旋曲面参数化模型

Fig. 2 Parametric model of spiral surface with logarithmic-index parameter characteristics

2.2 RRC_1new 类参数化模型的构建

由 $\theta=0^\circ$ 时两个直线运动与一个圆周运动的运动合成的螺旋曲线的数学模型为

$$\mathbf{r}_1 = (bm \cos u, bm \sin u, (c + kp)u). \quad (1)$$

改变参变量 m 可得到新螺旋曲线数学模型,即 $m=s^{\text{au}}, m=\log(\text{au}), m=\ln(\text{au})$ 3 种情况. 则有

$$\begin{cases} \mathbf{r}_{1,1} = (bs^{\text{au}} \cos u, bs^{\text{au}} \sin u, (c + kp)u), \\ \mathbf{r}_{1,2} = (b\log(\text{au}) \cos u, b\log(\text{au}) \sin u, (c + kp)u), \\ \mathbf{r}_{1,3} = (b\ln(\text{au}) \cos u, b\ln(\text{au}) \sin u, (c + kp)u). \end{cases}$$

在该类新螺旋曲面的参数化过程中,时间参数 t 是 Pro/E 中基准曲线参数方程里表示由 0-1 的变量. 将数学模型中的参变量都改写为关于 t 的函数,即 $u=n \times t$, n 为常数, u 是角度参变量; $p=q \times t$, q 为常数(p 与螺距有关的参变量). 对参数 m 分 $m=s^{\text{au}}, m=\log(\text{au}), m=\ln(\text{au})$ 三类讨论. 根据参变量 m 的不同, RRC_1new 有 3 种新螺旋曲面分别为 RRC_1 s^{au} , RRC_1 $\log(\text{au})$, RRC_1 $\ln(\text{au})$.

在建立参数化模型时,通过增加一个参数 i 在关系编辑中区分每种新螺旋曲面,把这三类新螺旋曲面的参数化模型建立在同一个模型当中,通过设置初始参数值可得 RRC_1new 类新螺旋曲面参数化模型. 其初始参数值如下: $N=650, q=3, b=12, c=30, k=10, a=0.007, i=1, x_1=2\ 000, y_1=2\ 800, s=8$. 在该初始化参数下所得参数化模型,如图 2(a)所示.

2.3 RRC_2new 类参数化模型的构建

由存在渐开线基圆半径 r_0 和变幅渐开线变幅长 d 时,两个直线运动与一个圆周运动的运动合成螺旋曲线数学模型为

$$\mathbf{r}_2 = ((r_0 + d) \cos u_1 + r_0 u_1 \sin u_1, (r_0 + d) \sin u_1 - r_0 \cos u_1, (c + kp)u_1). \quad (2)$$

改变参变量 u_1 可得到新螺旋曲线数学模型,即 $u_1=s^{\text{au}}, u_1=\log(\text{au}), u_1=\ln(\text{au})$ 3 种情况. 则有

$$\begin{cases} \mathbf{r}_{2,1} = ((r_0 + d) \cos s^{\text{au}} + r_0 s^{\text{au}} \sin s^{\text{au}}, (r_0 + d) \sin s^{\text{au}} - r_0 \cos s^{\text{au}}, (c + kp)s^{\text{au}}), \\ \mathbf{r}_{2,2} = ((r_0 + d) \cos \log(\text{au}) \cos + r_0 \log(\text{au}) \sin \log(\text{au}), (r_0 + d) \sin \log(\text{au}) - r_0 \cos \log(\text{au}), (c + kp) \log(\text{au})), \\ \mathbf{r}_{2,3} = ((r_0 + d) \cos \ln(\text{au}) \cos + r_0 \ln(\text{au}) \sin \ln(\text{au}), (r_0 + d) \sin \ln(\text{au}) - r_0 \cos \ln(\text{au}), (c + kp) \ln(\text{au})). \end{cases}$$

同理,将 RRC_2 s^{au} , RRC_2 $\log(\text{au})$, RRC_2 $\ln(\text{au})$ 3 类参数化模型建立在同一个模型中,通过设置初始参数值可得 RRC_2new 类新螺旋曲面参数化模型. 其初始参数值如下: $N=400, r_0=60, d=5, q=10, c=30, k=6, a=0.009\ 9, i=1, x_1=4\ 400, y_1=4\ 600, s=6$. 在该初始化参数下所得参数化模型,如图 2(b)所示.

2.4 CCR_snew 类参数化模型的构建

由两个圆周运动和一个直线运动合成的螺旋曲线取第一顺位符号时的数学模型为

$$\mathbf{r}_3 = (- (r_2 + d) \cos(\frac{r_1 + r_2}{r_2} u_1) + (r_1 + r_2) \cos u_1, - (r_2 + d) \sin(\frac{r_1 + r_2}{r_2} u_1) + (r_1 + r_2) \sin u_1, (c + kp)u_1). \quad (3)$$

改变参变量 u_1 可得到新螺旋曲线数学模型,即 $u_1=s^{\text{au}}, u_1=\log(\text{au}), u_1=\ln(\text{au})$ 3 种情况. 则有

$$\begin{cases} \mathbf{r}_{3,1} = (- (r_2 + d) \cos(\frac{r_1 + r_2}{r_2} s^{\text{au}}) + (r_1 + r_2) \cos s^{\text{au}}, - (r_2 + d) \sin(\frac{r_1 + r_2}{r_2} s^{\text{au}}) + (r_1 + r_2) \sin s^{\text{au}}, (c + kp)s^{\text{au}}), \\ \mathbf{r}_{3,2} = (- (r_2 + d) \cos(\frac{r_1 + r_2}{r_2} \log(\text{au})) + (r_1 + r_2) \cos \log(\text{au}), - (r_2 + d) \sin(\frac{r_1 + r_2}{r_2} \log(\text{au})) + (r_1 + r_2) \sin \log(\text{au}), (c + kp) \log(\text{au})), \\ \mathbf{r}_{3,3} = (- (r_2 + d) \cos(\frac{r_1 + r_2}{r_2} \ln(\text{au})) + (r_1 + r_2) \cos \ln(\text{au}), - (r_2 + d) \sin(\frac{r_1 + r_2}{r_2} \ln(\text{au})) + (r_1 + r_2) \sin \ln(\text{au}), (c + kp) \ln(\text{au})). \end{cases}$$

同理,将 $CCR_{ss^{au}}, CCR_{slog(au)}, CCR_{sln(au)}$ 三类参数化模型建立在同一模型中,通过设置初始参数值可得 CCR_{snew} 类新螺旋曲面参数化模型. 其初始参数值如下: $N=75, r_1=4\ 500, r_2=2\ 500, d=5, q=1, c=6, k=6, a=0.007, i=1, x_1=900, y_1=900, s=6$. 在该初始化参数下所得参数化模型,如图 2(c)所示.

2.5 CCR_pnew 类参数化模型的构建

由两个圆周运动和一个直线运动合成的螺旋曲线在取第 2 顺位符号时数学模型为

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_4 = & (- (r_2 + d) \cos(\frac{r_1 - r_2}{r_2} u_1) + (r_1 - r_2) \cos u_1, - (r_2 + d) \sin(\frac{r_1 - r_2}{r_2} u_1) + \\ & (r_1 - r_2) \sin u_1, (c + kp) u_1). \end{aligned} \tag{4}$$

改变变量 u_1 可得到新螺旋曲线数学模型,即 $u_1 = s^{au}, u_1 = \log(au), u_1 = \ln(au)$ 3 种情况. 则有

$$\left\{ \begin{aligned} \mathbf{r}_{4,1} = & (- (r_2 + d) \cos(\frac{r_1 - r_2}{r_2} s^{au}) + (r_1 - r_2) \cos s^{au}, - (r_2 + d) \sin(\frac{r_1 - r_2}{r_2} s^{au}) + \\ & (r_1 - r_2) \sin s^{au}, (c + kp) s^{au}), \\ \mathbf{r}_{4,2} = & (- (r_2 + d) \cos(\frac{r_1 - r_2}{r_2} \log(au)) + (r_1 - r_2) \cos \log(au), - (r_2 + \\ & d) \sin(\frac{r_1 - r_2}{r_2} \log(au)) + (r_1 - r_2) \sin \log(au), (c + kp) \log(au)), \\ \mathbf{r}_{4,3} = & (- (r_2 + d) \cos(\frac{r_1 - r_2}{r_2} \ln(au)) + (r_1 - r_2) \cos \ln(au), - (r_2 + \\ & d) \sin(\frac{r_1 - r_2}{r_2} \ln(au)) + (r_1 - r_2) \sin \ln(au), (c + kp) \ln(au)). \end{aligned} \right.$$

同理,将 $CCR_{ps^{au}}, CCR_{plog(au)}, CCR_{pln(au)}$ 3 类参数化模型建立在同一模型中,通过设置初始参数值可得 CCR_{pnew} 类新螺旋曲面参数化模型. 其初始参数值如下: $N=60, r_1=7\ 000, r_2=1\ 000, d=20, q=1, c=30, k=5, a=0.065, i=1, x_1=600, y_1=400, s=3.5$. 在该初始化参数下所得参数化模型,如图 2(d)所示.

2.6 CC_new 类参数化模型的构建

由两个圆周运动的运动合成新螺旋曲线数学模型为

$$\mathbf{r}_5 = (c \sin u_2 \cos \theta, c(\cos u_2 \cos u_1 + \sin u_2 \sin \theta \sin u_1), c(\cos u_2 \sin u_1 - \sin u_2 \sin \theta \cos u_1)). \tag{5}$$

改变变量 u_1 可得新螺旋曲线数学模型,即 $u_1 = s^{au}, u_1 = \log(au), u_1 = \ln(au)$ 3 种情况. 则有

$$\left\{ \begin{aligned} \mathbf{r}_{5,1} = & (c \sin u_2 \cos \theta, c(\cos u_2 \cos s^{au} + \sin u_2 \sin \theta \sin s^{au}), c(\cos u_2 \sin s^{au} - \\ & \sin u_2 \sin \theta \cos s^{au})), \\ \mathbf{r}_{5,2} = & (c \sin u_2 \cos \theta, c(\cos u_2 \cos \log(au) + \sin u_2 \sin \theta \sin \log(au)), c(\cos u_2 \sin \log(au) - \\ & \sin u_2 \sin \theta \cos \log(au))), \\ \mathbf{r}_{5,3} = & (c \sin u_2 \cos \theta, c(\cos u_2 \cos \ln(au) + \sin u_2 \sin \theta \sin \ln(au)), c(\cos u_2 \sin \ln(au) - \\ & \sin u_2 \sin \theta \cos \ln(au))). \end{aligned} \right.$$

同理,将 $CC_{s^{au}}, CC_{log(au)}, CC_{ln(au)}$ 三类参数化模型建立在同一个模型当中,通过设置初始参数值可得 CC_{new} 类新螺旋曲面参数化模型. 其初始参数值如下: $N=2\ 200, c=50, a=0.000\ 8, i=1, x_1=5, y_1=5, r=15, s=50, \theta=4$. 在该初始化参数下所得参数化模型,如图 2(e)所示.

3 新螺旋曲面的参数化系统构建

文中构建的新螺旋曲面参数化系统包括 $RRC_{1new}, RRC_{2new}, CCR_{snew}, CCR_{pnew}, CC_{new5}$ 类新螺旋曲面,每类新螺旋曲面又分为截面为直线段和截面为圆弧的新螺旋曲面参数化模型. 当然,对于该参数化系统的截面库也可以根据需要进行实时添加和更新. 选择任何一种新螺旋曲面都可以得到对应类型的参数输入对话框(图 3),输入目标参数就能得到再生的参数化模型.

文中只是应用了对话框实现用户交互,所以仅需要编写对话框资源文件. 主界面中含有多种新螺旋

曲面类型,当用户选择其中的一种新螺旋曲面形式时,弹出对应的新螺旋曲面参数输入对话框. 编写程序源文件,通过在参数输入对话框中输入参数的改变实现 Pro/E 模型的改变,所以本程序源代码的关键部分是参数的传递过程. 对各特征参数顺序设置地址,即在计算机上分配一定的内存给特征参数,而对各特征参数设置编辑框地址,即在对话框上输入数值对应的内存,将键盘输入的各参数数值赋给相应的编辑框,将编辑框的地址与特征参数计算机分配地址相对应,即完成特征参数由用户通过键盘传递给参数化模型. 主程序中对话框调用与模型中参数传递的算法流程图,如图 3 所示.

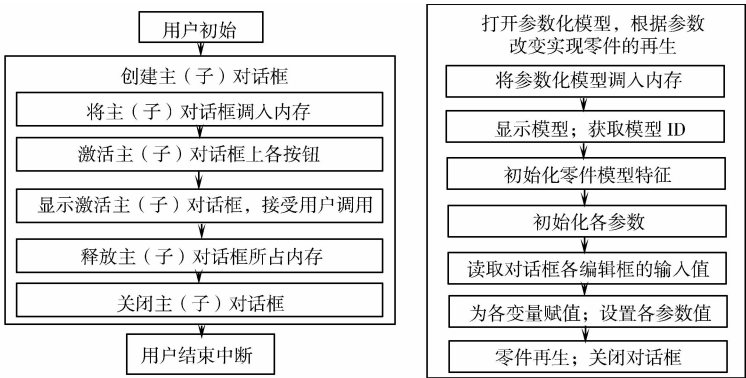


图 3 Pro/E 二次开发中对话框调用与模型中参数传递算法
Fig. 3 Pro/E dialog calls in the secondary development and parameters transfer algorithm in the model

4 造型实例

以 $RRC_{2s^{new}}$ 类螺旋曲面为例,运用文中构建的参数化造型系统,实现 $RRC_{2s^{new}}$ 类新螺旋曲面体几何造型. 取参数值: $r_0=0.015\text{ mm}$; $d=2\text{ mm}$; $c=0.05\text{ mm}$; $k=0.05$; $n=420$; $q=0.4$; $s=5$; $a=0.01$; $RRC_{2s^{new}}$ 类螺旋曲面截面直径 $D_1=4.5\text{ cm}$;圆锥的最大直径 $D_{\max}=24\text{ cm}$;圆锥的最小直径为 $D_{\min}=6\text{ cm}$;圆柱装夹部分直径 $D_2=21\text{ cm}$;圆锥长度 $L_1=60\text{ cm}$;圆柱装夹部分长度 $L_2=50\text{ cm}$. 螺旋曲面如图 4 所示.

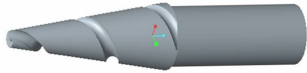


图 4 基于 $RRC_{2s^{new}}$ 类的新螺旋曲面实体造型
Fig. 4 Solid modeling of new spiral surface based on $RRC_{2s^{new}}$ kind

取毛坯为尼龙 66 棒料,在 VMC850E 立式加工中心分别进行粗加工、半精加工、精加工. 数控控制系统为 FANUC Series Oi-MD;粗加工的切削用量为 1 mm ,所用刀具为 DHF R2.5_2T 球头立铣刀;半精加工的切削用量为 0.5 mm ,精加工的切削用量为 0.3 mm ,所用刀具为 DHF R1.5_2T 球头立铣刀;所用的切削冷却液为乳化切削液;装夹方式采用三爪卡盘夹紧定位. 加工状态与结果,如图 5 所示.

从加工出的实体模型(图 5 中右图)可以看出:基于修正的螺旋曲面扫描算法及具有对数指数参数特征的螺旋曲面参数化造型系统是在实际加工中应用并加工出实用的实体,这证明了参数化模型的实用性.



图 5 $RRC_{2s^{new}}$ 类新螺旋曲面实体加工
Fig. 5 Entity processing of new spiral surface on $RRC_{2s^{new}}$ kind

5 结论

根据质点的曲面成形运动组合,对新螺旋曲面进行分类,获得 RRC_{1new} , RRC_{2new} , CCR_{snew} , CCR_{pnew} , CC_{new5} 类新螺旋曲面.

在参数化造型中,采用修正的螺旋曲面扫描算法. 参数化模型的结果展示此算法有效、便捷且保证精度. 系列螺旋曲面参数化模型形成三维参数化模型库,该库具有访问、更新和扩展功能. 在 Pro/E 环境下,就上述 5 类具有对数-指数参数特征的新螺旋曲面进行数学模型到参数化模型的直接映射,实现了新螺旋曲面精确造型. 对于探索新螺旋曲面的特性具有重要意义,为新螺旋曲面产品的全生命周期数字化设计提供了比较完备的理论与技术支持.

对 $CCR_{2s^{new}}$ 类螺旋曲面进行了实体造型,并在 VMC850E 立式加工中心加工出其实体模型. 这证明了所研究的螺旋曲面参数化造型系统是实用的,用该造型系统所构建的螺旋曲面体是具有可加工性的. 该造型系统适用于所有具有对数指数参数特征的新螺旋曲面体的造型.

参考文献：

[1] 李凯,付志强,张若青. 基于 Pro/E 的参数化建模方法及比较[J]. 机电信息,2010,12(258):194-195,202.

[2] 石勇,刘文涛,于红英. 汽轮机叶片 CAD/CAM 软件开发[J]. 机械设计,2011,28(3):32-35,51.

[3] SHABANA A A,EL-GHANDOUR A I,ZAAZAA K E. Study of the effect of the spiral geometry on wheel/rail contact forces[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part K: Journal of Multi-Body Dynamics, 2011,225(2):111-125.

[4] 宋淑娥,施志辉. 渐开线螺旋齿轮 Pro/E 参数化造型方法[J]. 大连交通大学学报,2010,31(1):34-36.

[5] HOREA T. Parametric solid modeling[C]// Proceedings of the ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. Philadelphia: American Society of Mechanical Engineers,2006:555-562.

[6] 王可. 复杂异形螺旋曲面无瞬心包络铣削理论及应用技术研究[D]. 天津:天津大学,2003:9-14.

[7] 孙春华,刘华明,任秉银. 特种回转面刀具螺旋槽的通用几何模型[J]. 工具技术,2000,34(3):17-19.

[8] 周志雄,言兰,曹昭展. 微钻头 CAD 系统的开发及基于系统的建模[J]. 湖南大学学报:自然科学版,2006, 33(2): 36-39.

[9] 周志雄,袁建军,林丞. 微钻头计算机辅助设计及其仿真系统的研究[J]. 机械工程学报,2000,36(6):52-54.

[10] 王增强,蔺小军,史耀耀,等. 回转曲面螺旋槽数控加工技术研究[J]. 机械科学与技术,2007,26(4):428-430.

[11] 杨显宏,崔州平. 基于 Pro/E 的碗形直齿插刀的参数化设计[J]. 工具技术,2012,46(7):41-43.

[12] PRABHU N,ANAND M,SUNDAR V. Integrated CAD/CAE/CAM system for Scorbot-ER Vu plus industrial robot manipulator[J]. Applied Mechanics and Materials,2013,389(18):747-753.

Parametrically Accurate Modeling of New Spiral Surface
with Logarithmic-Index Parameter Characteristics

HUANG Yan-hua, GU Li-zhi, FENG Kai

(College of Mechanical Engineering and Automation, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: In this paper, the particle that moves to form the spiral surface with logarithmic-index parameter characteristics was analyzed and described kinematically. New spiral surface systematic was defined and classified based on combination movement of particles forming to reveal the geometry characteristics, the mathematical properties, the engineering application possibility and then speculate the new type of spiral surface. The mathematical model of new spiral curve with logarithmic-index parameter characteristics was built, then the secondary development tool Pro/TOOLKIT of Pro/E, fixed scanning algorithm of spiral surface and parameter passing principle were used to build a single full relational database. The extraction of any point on the entire model and any feature of digital information was attracted to achieve accurate parametric modeling of the spiral surface. The formation of the new spiral curve with logarithmic-index parameter characteristics correspond to the parametric model was directly from the mathematical model, and the parametric model constructed had no error in theory.

Keywords: spiral surface; syn-position symbol; particle forming motion; accurate modeling; logarithmic-index

(责任编辑：黄晓楠 英文审校：杨建红)