

# 阿氏齿轮滚刀侧后刀面铲磨 工艺的理论研究

彭书志

(中国科学院长春光学精密机械研究所 长春 130022)

**摘要** 在对阿氏齿轮滚刀侧后刀面铲磨工艺深入研究基础上,首先通过建立数学模型,并经过一系列矩阵变换,推导出铲磨后滚刀齿侧面一般方程式,最终使得砂轮廓形 $(t, R)$ 直接求解精确值问题得以实现,这对于提高刀具制作技术有较大意义。

**关键词** 齿轮滚刀 侧后刀面 铲磨

## 1 引言

近十年来,国外在研究铲磨砂轮廓形的解析方法计算方面有了一些进展,但由于技术保密等因素,仍局限于提供精确修整砂轮的靠模装置,至于如何获得精密砂轮廓形的具体计算方法仍无详尽报道。

随着工业的不断发展和齿轮制造业的迅猛崛起,对齿轮滚刀制造精度要求也越来越高,这就促使我们必须解决滚刀修整过程中关键因素——铲磨砂轮廓形的解析计算问题,而且有必要对滚刀的制造工艺的全过程作深入细致的理论研究,尤其铲磨工艺是滚刀制造精加工的最后一道工序,它直接影响滚刀的制造精度。

综合国内外文献,归纳铲磨砂轮廓形计算途径有四条,依此编制一种求解砂轮廓形的计算程序,如图1所示。此方法特点是:计算机模拟了实际铲磨时反复试凑的情况。经过实践证明是可靠的,但有如下缺点:

1: 求解的砂轮廓形需用近似曲线逼近,为不使求解困难,故不能提出过高的逼近精度要求,因此计算结果不能说是精确值。

2: 由于程序中反复试凑,反复解超越方程,非一般计算机所能运行,必须上大型计算机,给用户带来困难。

由于上述原因,为改变这种情况,寻求一种更精确、简单的新解析求解方法正是在这种情况下产生的。

## 2 阿氏齿轮滚刀铲磨砂轮廓形精确计算

由于生产上多采用阿基米德齿轮滚刀作为切削刀具,故在阿氏滚刀上建立数学模型。

### 2.1 数学模型的建立

建立砂轮与滚刀相固连的坐标系如图 2 所示,空间固定坐标系  $S(x, y, z)$

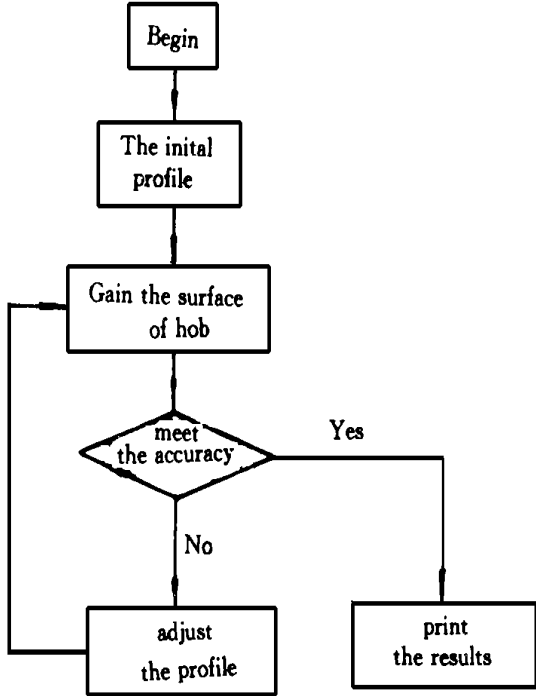


Fig. 1 Figure of the calculating program

另一与滚刀固连的动坐标系  $S_H(x_H, y_H, z_H)$ ,当滚刀转角为  $\Psi$  时。空间任一点,表示在  $S(x, y, z)$  与  $S_H(x_H, y_H, z_H)$  中转换关系

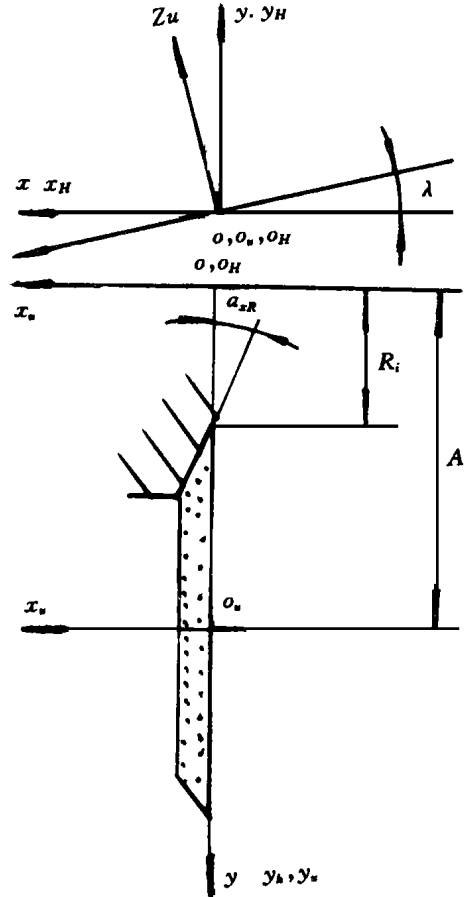


Fig. 2 The mathematical model of gear

$$\begin{bmatrix} x_H \\ y_H \\ z_H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\Psi) & -\sin(\Psi) \\ 0 & \sin(\Psi) & \cos(\Psi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (1)$$

再建立与砂轮固连的动坐标系  $S_u(x_u, y_u, z_u)$ ,考虑到砂轮的径向铲磨动作与轴向走刀方向到  $S_u(x_u, y_u, z_u)$  与  $S(x, y, z)$  的转换关系是  $r = F(\lambda) r_u + OO_u$  其中  $F(\lambda)$  为转换矩阵,  $OO_u$  是  $O_u$  在  $S(x, y, z)$  中的坐标矢量<sup>[1]</sup>

$$OO_u = i(-B + P\Psi) + j(A - K_c\Psi) + kH \quad (2)$$

$(-B, A, H)$  是  $O_u$  的初始坐标。

$P$ ——滚刀基本螺杆螺旋参数

$K_c$ ——滚刀基本转向砂轮径向铲入量

$A$ ——砂轮中心  $O_u$  与滚刀中心  $O$  之间的中心距

## 2.2 铲磨后滚刀侧面的一般方程式

(a)、建立砂轮曲面及其运动方程

设砂轮轴截面为  $(t, R(t))$  为待求解的结果, 则再加转角系数  $\beta$ , 砂轮曲面方程可写成:

$$r_u = it + jR\cos\beta + kR\sin\beta \quad (3)$$

依此可求出

$$r = i(t\cos\lambda + R\sin\lambda\sin\beta - B + P\Psi) + j(R\cos\beta + A - K_c\Psi) + k(-t\sin\lambda + R\cos\lambda\sin\beta + H) \quad (4)$$

(b) 建立铲磨时曲面共轭的接触条件式

砂轮曲面的法向量一般式<sup>[2]</sup>

$$n_u = r_t \times r_b = idR/dt - j\cos\beta - k\sin\beta \quad (5)$$

$n_u$  在  $S(x, y, z)$  中表达式为

$$n = F(\lambda)n_u = i(\cos\lambda dR/dt + \sin\lambda\sin\beta) - j\cos\beta - k(\sin\lambda dR/dt - \cos\lambda\sin\beta) \quad (6)$$

又铲磨时相对速度矢量  $V$  可写成

$$V = iP + j(t\sin\lambda - R\cos\lambda\sin\beta - Ku) + k(R\cos\beta + A - K_c\Psi) \quad (7)$$

由接触条件式  $n \cdot V = 0$

同样可求出瞬时接触式的一般式

$$\begin{aligned} x &= t\cos\lambda + R\sin\beta\sin\lambda - B + P\Psi \\ y &= R\cos\beta + A - K_c\Psi \\ z &= -t\sin\lambda + R\sin\beta\cos\lambda \\ n \cdot V &= 0 \end{aligned} \quad (8)$$

滚刀铲磨后齿侧面一般式由瞬间接触线转换到  $S_H(x_H, y_H, z_H)$  得到:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} x_H \\ y_H \\ z_H \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\Psi) & -\sin(\Psi) \\ 0 & \sin(\Psi) & \cos(\Psi) \end{bmatrix} r = \begin{bmatrix} x \\ y\cos\Psi - z\sin\Psi \\ y\sin\Psi + z\cos\Psi \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} t\cos\lambda + R\sin\beta\sin\lambda - B + p\Psi \\ (R\cos\beta + A - K_c\Psi)\cos\Psi - (-t\sin\lambda + R\sin\beta\cos\lambda)\sin\Psi \\ (R\cos\beta + A - K_c\Psi)\sin\Psi + (-t\sin\lambda + R\sin\beta\cos\lambda)\cos\Psi \end{bmatrix} \\ n \cdot V &= 0 \end{aligned} \quad (9)$$

## 3 结果分析

通过一系列数学推导, 消去变量, 将  $t, R, dR/dt$ , 都带回到公式(9)中去, 解  $\Psi$  的方程, 就可求得包含已知变量的方程。在  $\theta$  已知的情况下, 每给一个刀刃上的  $R, \beta$  值, 及确定了其它

参数,就可求得 $\Psi$ 值,然后将上述求得值再带回到原来的方程,就可求得砂轮廓型的每一点,这样砂轮廓型精确求解的问题就方便的快捷的解决了。

## 4 结 论

(1) 利用此方法只要计算出砂轮廓形,就可依次配以精确修整砂轮的靠模装置,这也为制造高精度滚刀提供了又一理论基础。故此方法能使滚刀的制造精度大大提高。

(2) 制造的靠模装置不是简单的直线,而是按照共轭求出的由多条直线包络形成的曲线,故在修砂轮时,对工人的要求不高,不必凭经验去修,这样就通过滚刀的精度的提高带动齿轮制造业的发展。

(3) 应用此理论研制的一套刀具及模板已获国家实用新型专利,在济南汽车制造厂应用中已取得明显效果。

### 参 考 文 献

- 1 姚南洵. 滚刀铲磨的砂轮廓形解析方法. 大连: 大连理工大学出版社, 1994, 4: 22 ~ 25
- 2 林祖鑫. 齿轮滚刀的制造工艺. 北京: 机械工业出版社, 1992

## Theoretical Research of Spading of the Profile of Aristotle Gear Hob

PENG Shu-Zhi

(*Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,*  
*Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022*)

### Abstract

This paper gives the general equations about the profile of hob by means of setting up the mathematical model, transferring a series of formula, and studying the process in depth. Finally, the problem of the precious number of sand-wheel outline is solved successfully. It is very useful of improving the manufacturing technology of tools.

**Key words:** Gear hob, Profile, Spading

彭书志 男, 1967年8月17日出生. 1990年吉林工大机械系毕业, 获硕士学位. 主要从事齿轮加工及工艺的研究。