

## YK7163 数控磨齿机的修形算法研究

周 兵

(郑州工业大学计自系)

**摘 要:** 数控磨齿机修形算法设计的难点是齿根、齿顶的修形算法的实现。本文介绍两种常用修形工艺, 直线修形、圆弧修形实现的算法, 该算法已在 YK7163 数控磨齿机中得到应用。

**关键词:** 齿轮, 数控机床, 修形。

**中图分类号:** TP271.2

## 1 概述

YK7163 数控磨机用于加工高精度的齿轮。齿轮的齿面曲线是一渐开线, 这种表面结构, 保证了齿轮在较大工作负荷下, 不致产生震动和噪声。由于齿轮在工作过程中, 可能受到外部的强大压力而产生刚体变形, 因此实际应用当中, 常常通过对齿顶齿根形状作特殊加工, 来减少由于变形产生的影响。在齿轮修形工艺中, 有直线修形、单圆弧修形、双圆弧修形等, 在 YK7163 数控磨机中, 实现了直线修形、双圆弧修形。齿轮修形过程是通过展成运动完成的, 在数控磨床上有控制齿轮水平方向运动的装置(又称 X 置), 和控制齿轮转动的装置(又称 B 轴), 水平移动速度  $V$  与转动角速度  $\omega$  之比, 保持一常数, 即:

$$V/\omega = R \quad (R \text{ 为节圆半径, 常数})$$

完成普通齿面的修形加工, 而对齿顶、齿根作特殊修形, 是根据工艺要求, 在加工过程当中, 不断调整  $V/\omega$  的比值实现的。

## 2 齿轮直线修形计算

参照图 1 所示工艺提供的齿形图

已知齿轮参数: 模数  $M=6$ , 齿数  $Z=25$ , 齿形角  $\alpha=20^\circ$ ;

根据齿形图量得其它几何参数:  $G=63.64$ ,  $L_1=15.78$ ,  $A_1=7.5$ ,

$L_2=9.24$ ,  $A_2=7.5$ ;

齿形图放大比例:  $P_x=2:1$ ,  $P_y=500:1$

## 1、计算修形基圆

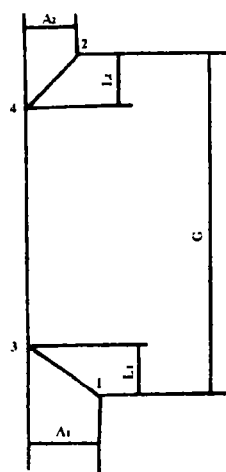
## (1) 标准基圆

$$R = M \times Z \times \cos(\alpha)$$

$$R = 6 \times 25 \times \cos(20^\circ) = 70.477 \text{ mm}$$

## (2) 齿顶修形基圆

$$R_d = R \times (1 - P_x/P_y \times A_2/L_2)$$



1 直线修形工艺齿形图

收稿日期: 1995-05-02

$$R_d = 70.477 \times (1 - 2 \div 500 \times 7.5 \div 9.24) = 70.243$$

### (3) 齿根修形基圆

$$R_g = R \times (1 - P_x / P_y \times A_1 / L_1)$$

$$R_g = 70.477 \times (1 + 2 \div 500 \times 7.5 \div 15.78) = 70.61$$

## 2、计算修形变化点

(1) 齿顶点 2 的曲率半径  $\rho_2 = \text{SQRT}(\text{SQR}(M \times Z/2 + M)) - R \times R$

其中, SQRT 为开平方函数, SQR 为平方函数

$$\rho_2 = 39.92$$

(2) 齿顶修形开始点 4 的曲率半径  $\rho_4$

$$\rho_4 = \rho_2 - L_2 / P_x$$

$$\rho_4 = 39.92 - 9.24/2 = 35.30$$

(3) 齿根点 1 的曲率半径  $\rho_1$  (齿根修形开始点)

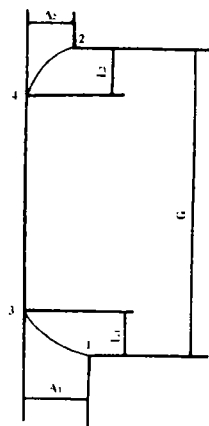
$$\rho_1 = \rho_2 - G/2$$

$$\rho_1 = 39.92 - 62.64/2 = 8.1$$

(4) 齿根修形终止点 3 的曲率半径  $\rho_3$

$$\rho_3 = \rho_1 + L_1 / P_x$$

$$\rho_3 = 8.1 + 15.78/2 = 15.99$$



2 圆弧修形齿形图

## 3 齿轮圆弧修形计算

参照图 2 所示工艺提供的齿形图, 齿轮参数、修形参数同前例, 现需圆弧修形。完全的圆弧修形, 在实际工程中是不可能实现的, 在 YK7163 数控磨床上, 我们用多段直线修形拟合圆弧修形。

1、齿顶修形圆弧计算参考图 3。  $\text{tg}(r_2) = A_2/L = 7.5/9$ 。

$$r_2 = 39.0658$$

$$\text{弧形角: } \theta_2 = 2 \times r_2 = 78.13166$$

$$\text{顶点 2、4 间的距离: } L_{2,4} = \text{SQRT}(A_2 \times A_2 + L_2 \times L_2) = \text{SQRT}(7.5 \times 7.5 + 9.24 \times 9.24) = 11.900$$

$$\text{弧形半径: } R_2 = L_{2,4} / (2 \times \text{SIN}(r_2)) = 11.900 / (2 \times \text{SIN}(39.0658)) = 9.441$$

基圆半径变化:

$$R_{2n} = R \times (1 - P_x / P_y \times (1 - \text{COS}(\theta_2)) / \text{SIN}(\theta_2))$$

圆弧角变化:

$$\theta_{2n} = n \times \theta_2 / N, N \text{ 为修形线段数, } n \text{ 分点序号}$$

曲率半径变化:

$$\rho_{2n} = \rho_4 + R_2 \times \text{SIN}(\theta_{2n}) / P_x$$

设  $N=5, n=1, 2, 3, 4, 5$ , 按上述公式得到编程所需控制数  $\rho_{2n}, R_{2n}$  的各值, 列于表 1。

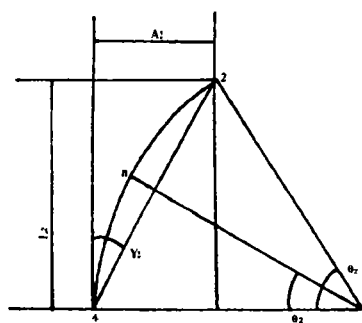


图 3 齿顶圆弧

表 1 齿顶修形变化点计算表

点	$\rho_{2n}$	$R_{2n}$
4	35.30	7.477
4.1	36.57	70.438
4.2	37.75	70.398
4.3	38.74	70.355
4.4	39.48	70.306
2	39.92	70.248

表 2 齿根修形变化点计算表

点	$\rho_{2n}$	$R_{1n}$
1	8.1	70.610
1.1	9.896	70.581
1.2	11.636	70.553
1.3	13.265	70.528
1.4	14.732	70.502
3	15.99	70.477

2、齿根修形圆弧半径计算参考图 4 齿根齿形图：

$$r_1 = \text{actg}(A_1/L_1) = 25.421$$
$$\theta_1 = 2 \times r_1 = 50.802$$

点 1、3 间的距离  $L_{1,3} = \text{SQRT}(A_1 \times A_1 + L_1 \times L_1) = 17.4716$

齿根修形圆弧半径

$$R_1 = L_{1,3} \times \text{COS}(r_1) / \text{SIN}(2 \times \theta_1) = 20.35$$

曲率半径变化  $p_{1n} = p_1 + R_1 \times \sin(\theta_{1n}) / P_x$

基圆变化计算

$$R_{1n} = R_1 \times (1 + P_x / P_y \times (1 - \text{COS}(\theta_{1n}))) / \text{SIN}(\theta_{1n}))$$
$$\theta_{1n} = (1 - n / N) \times \theta_1$$

设  $N = 5, n = 1, 2, 3, 4, 5$ , 按上述公式得到编程所需控制参数  $\rho_{1n}, R_{1n}$  的各值, 列于表 2。

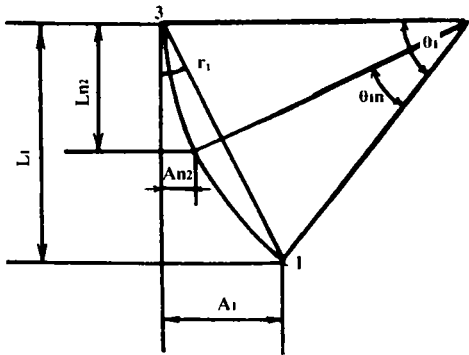


图 4 齿根圆弧

4 算法实现

YK7163 数控磨齿机修形是通过参数编程实现的, 用户只要输入齿轮的齿形参数、工艺参数, 计算机将自动生成修形 G 代码程序, 并送至控制执行单元解释执行, 解释结果是控制加工电机前进位移量, 再将位移量送前置智能电机控制器, 根据插补算法完成修形加工。

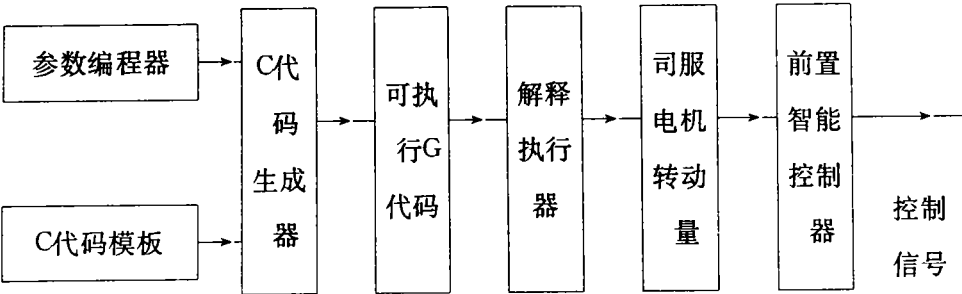


图 5 修形算法实现过程

## 5 结束语

- (1)磨齿时磨左、右齿面均从齿根磨到齿顶。
- (2)圆弧修形时,因精度关系  $N > 10$  较为合适。

## 参 考 文 献

- 1 秦川机床厂、西安交通大学“磨齿工作原理”,机械工业出版社,1977.
- 2 西安交通大学机械制造工艺及其设备教研室编“齿轮刀具”,人民教育出版社,1960.
- 3 陈火旺等编“编译原理”,电子工业出版社,1983.

## The research of the gear surface—milling algorithm in the Numerically controlled machine tool YK7163

Zhou Bing

*(Computer and Automation Department)*

*Comupter and Automation Department, Zhengzhou university of technovogy*

**Abstract** The algorithm design of The surface—milling of the head and foot of a gear is the most complicated part of the gear surface—milling algorithm in the numerically controlled machine tool YK7163. This thesis introduces two surface—milling algorithms, the Line surface—milling and the Circle surface—milling used in machine YK7136.

**Key wolds** Gear, Namerical Contral maehine.