

锥型旋转锉的最简加工

刘鹤然¹ 赵东福¹ 楼少敏¹ 宋德福¹ 段赋彬¹ C.Y.Chan²

(1.浙江科技学院 机电系 浙江 杭州 310012 2 香港理工大学生产与工业工程系)

摘要: 该文研究了加工锥型特种回转面刀具的最简加工理论,是作者多年潜心研究的结果。不需数控,也不需对机床作任何实质性改动。

关键词: 锥型, 旋转锉, 特种回转面刀具, 加工, 数控

中图分类号: TG580.1 文献标识码: A 文章编号: 1672-4801(2004)02-060-04

0 引言

该文研究了在 MQ6025A 轻型万能工具磨床上加工特种回转面刀具的简易理论,导出了工艺系统运动函数非线性方程组。本文所做的工作有:1) 提出锥形斜刃特种回转面刀具,简化了刀刃曲线的形状。2) 使斜刃所在平面与机床工作台平面平行,并用圆弧拟合砂轮中心轨迹,进一步简化加工。这种加工方法是作者与高碑店市三元工具公司曹子辉先生共同提出的。大大减少成本,大批量出口。

1 刀刃曲线方程

图 1 所示为锥型特种回转面刀具表面, P 为切削刃上的任意点,该点的坐标可表示为

$$\left. \begin{aligned} x_{PA}^{(1)} &= x_{PA}^{(1)} \\ y_{PA}^{(1)} &= r_{PA} \cos \psi_A \\ z_{PA}^{(1)} &= r_{PA} \sin \psi_A \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中: r_p — P 点的回转半径 $r_p = (L_1 - x) \tan \xi$

ψ_A — P 点的半径线相对于 xoy 平面的偏转角。 $\sin \psi_a = -\frac{L-x_a}{r_a} \tan \beta_k$ (2)

刀刃曲线的切线矢量

$$\left. \begin{aligned} t_{pAs} &= \frac{dx_{PA}}{dx_{PA}} = 1 \\ t_{pAs} &= \frac{dy_{PA}}{dx_{PA}} = \frac{dr_{PA}}{dx_{PA}} \cos \psi_A - r_{PA} \frac{d\psi_A}{dx_{PA}} \sin \psi_A \\ t_{pAs} &= \frac{dz_{PA}}{dx_{PA}} = \frac{dr_{PA}}{dx_{PA}} \sin \psi_A + r_{PA} \frac{d\psi_A}{dx_{PA}} \cos \psi_A \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

与之相邻的刀刃的方程,只消将 α 代之为 $\alpha+2\pi$ 即可。

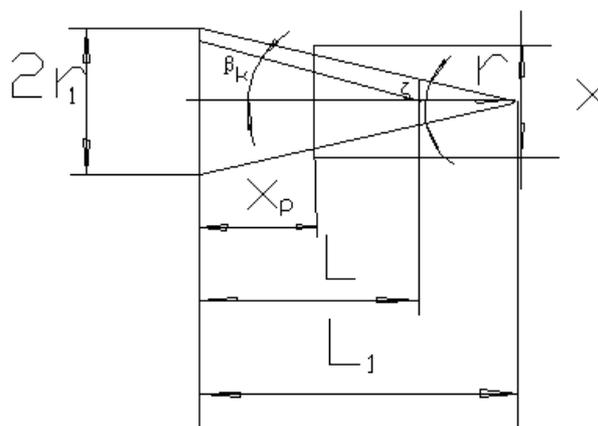


图 1

2 加工特种回转面刀具共有 4 个坐标系

(1) 固定坐标系 $O^{(0)} - X^{(0)} - Y^{(0)} - Z^{(0)}$: 该坐标系的 $X^{(0)}$, $Y^{(0)}$ 轴分别沿工作台的横向和纵向移动方向, 原点设在工件端面的圆心。

(2) 与回转工作台固连的活动坐标系 $O^{(1)} - X^{(1)} - Y^{(1)} - Z^{(1)}$: 原点 $O^{(1)}$ 与 $O^{(0)}$ 重合, $Z^{(1)}$ 与 $Z^{(0)}$ 重合, $X^{(1)}$ 与 $X^{(0)}$ 夹角为 Σ 。

(3) 与工件固连的坐标系 $O^{(d)} - X^{(d)} - Y^{(d)} - Z^{(d)}$: 原点 $O^{(d)}$ 与 $O^{(1)}$ 重合, $X^{(d)}$ 与 $X^{(1)}$ 重合, 在起始位置 $Y^{(d)}Z^{(d)}$ 分别与 $Y^{(1)}Z^{(1)}$ 重合

(4) 砂轮坐标系 $O^{(s)} - X^{(s)} - Y^{(s)} - Z^{(s)}$: 原点 $O^{(s)}$ 取砂轮底平面中心 C , 该坐标只随砂轮中心移动。 $Y^{(s)}$ 与 $Y^{(0)}$ 轴平行, $X^{(s)}$ 轴与 $X^{(0)}$ 轴夹成角度 $\varphi/2$ 。砂轮中心在固定坐标系中的坐标用 $X^{(c)}Y^{(c)}Z^{(c)}$ 表示。坐标变换矩阵如下:

$$M_{os} = \begin{bmatrix} \sin \varepsilon & 0 & \cos \varepsilon & x_c \\ 0 & 1 & 0 & y_c \\ -\cos \varepsilon & 0 & \sin \varepsilon & z_c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1) \quad M_{o1} = \begin{bmatrix} \cos \tau & -\sin \tau & 0 & 0 \\ \sin \tau & \cos \tau & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$M_{d1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ 0 & -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3) \quad M_{os} = \begin{bmatrix} \sin \Sigma & 0 & \cos \Sigma & x_c \cos \Sigma \\ 0 & 1 & 0 & y_c \\ -\cos \Sigma & 0 & \sin \Sigma & z_c \sin \Sigma \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

3 运动函数方程

本文所要解决的问题是: 当用一定形状的锥面砂轮磨齿槽时, 齿槽两侧前后刀面要在一次走刀中同时磨出, 并保证零刃带或等刃带宽, 因而砂轮与工件的相对运动应满足一定的几何数学关系。磨削刀具的砂轮采用单角锥面砂轮。砂轮大端用来形成工件上刀齿的前刀面, 其锥面用来形成工件上刀齿的后刀面。砂轮锥面 B 上任一点 M_b 在砂轮坐标系 $O_s x_s y_s z_s$ 里表示:

$$\left. \begin{aligned} x_{MB}^{(s)} &= -(R_g - r_{mB}) \operatorname{tg} \alpha_B \\ y_{MB}^{(s)} &= R_g \cos \theta_{MB} \\ z_{MB}^{(s)} &= R_g \sin \theta_{MB} \end{aligned} \right\} (5)$$

式中: R_g - 砂轮大圆半径, r_{mB} - 砂轮锥面上一点 M_B 的回转半径, θ_{MB} - M_B 点的位置角, α_B - 砂轮锥底角。 M_B 点的法矢在 $O_s x_s y_s z_s$ 里表示:

$$n_B^{(s)} = (-\cos \alpha_B, \sin \alpha_B \cos \theta_B, \sin \alpha_B \sin \theta_B) \quad (6)$$

利用坐标变换式 (4), 可将 M_B 点的法矢及坐标变换到空间固定坐标系里:

$$\left. \begin{aligned} x_{MB} &= -(R_g - r_{mB}) \operatorname{tg} \alpha_B \sin \Sigma + r_{mB} \sin \theta_B \cos \Sigma + x_c \\ y_{MB} &= -r_{mB} \cos \theta_B + y_c \\ z_{MB} &= (R_g - r_{mB}) \operatorname{tg} \alpha_B \cos \Sigma + r_{mB} \sin \theta_B \sin \Sigma + z_c \end{aligned} \right\} (7)$$

$$n_{MB} = (-\cos \alpha_B \sin \Sigma + \sin \alpha_B \sin \theta_B \cos \Sigma, -\sin \alpha_B \cos \theta_B, \cos \theta_B \cos \Sigma + \sin \alpha_B \sin \theta_B \sin \Sigma) \quad (8)$$

由于在磨齿槽时, 砂轮 B 锥面与 B 面相切, 有 $n_{MB} \bullet \tau_{PB} = 0$

经整理后得

$$\sin \theta_B \left[t_{PBz}^{(1)} + ctg \Sigma (\cos \tau - \sin \tau \pi_{pBy}^{(1)}) \right] - \cos \theta_B \frac{(\sin \tau + \cos \tau \pi_{pBy}^{(1)})}{\sin \Sigma} = \frac{(\cos \tau - \sin \tau \pi_{pBy}^{(1)}) - ctg \Sigma t_{pBz}^{(1)}}{tg \alpha_B} \quad (9)$$

又因两接触点坐标相等

$$\left. \begin{aligned} x_{MB} &= x_{PB} & y_{MB} &= y_{PB} & z_{MB} &= z_{PB} \\ (R - r_{MB})tg \alpha_B \sin \Sigma - r_{MB} \sin \theta_B \cos \Sigma + x_{pb} &= x_c \cos \Sigma \\ r_{MB} \cos \theta_B + r_{pb} \cos(\psi_b + 2\pi/z) &= y_c \\ -(R - r_{MB})tg \alpha_B \cos \Sigma - r_{MB} \sin \theta_B \sin \Sigma &= x_c \sin \Sigma \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

上观之，在公式 (9) 式，(10) 共 4 个方程中，共有 $x_{PB}, \theta_B, r_{MB}, x_c, y_c$ 等 7 个未知量，其中一个可事先给定，故方程组可解。

4 算例

锥型回转刀具，主要参数：

齿数： $z = 20$ 直径 $d = 11\text{mm}$ 刃长 $L = 10$ 刀具圆锥锥角 $\xi = 7$ 度 $\beta_k = 10$ 度

砂轮主要参数：砂轮直径 $D = 50\text{mm}$ $\alpha_b = 50$ 度

经编程计算，砂轮中心运动轨迹如下：

x_c	71.860	55.892	43.436	41.892	40.929	40.256	24.700	13.509	3.835	-4.877	-12.865
y_c	0.00	36.730	45.297	46.074	46.532	46.830	51.776	53.741	54.497	54.456	53.817

根据圆锥曲线理论，由于圆锥面被斜平面所截，截得的交线为椭圆弧，可用曲线中点的曲率半径的曲率圆来代替，故上述轨迹很接近于圆弧。可以用一段圆弧来拟合。设该圆弧的中心坐标为 x_0, y_0 ，半径为 R_0

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2$$

$$y = y_0 + \sqrt{R^2 - (x - x_0)^2}$$

根据最小二乘法：

$$\Sigma [y_0 + \sqrt{R^2 - (x_{ci} - x_0)^2} - y_{ci}]^2 = \min$$

从而求 y_0, x_0, R 。

5 锥型旋转锉的最简加工

采用 M6027 万能工具磨床，头架主轴的回转角，在垂直平面内 220 度。并将砂轮轴调整成垂直。在工具磨上增加一回转工作台，在回转工作台上增加一分度头，并翘起一个角度，使斜刃刀具的斜平面与工作台平行，先将锥型刀具的锥顶安装得与回转工作台的中心重合，再沿横向，纵向微调 分别使之与回转工作台的中心偏离至 y_0, x_0 。用手摇动工作台的手柄，使工件相对于砂轮绕拟合的回转中心回转，即可加工出产品。

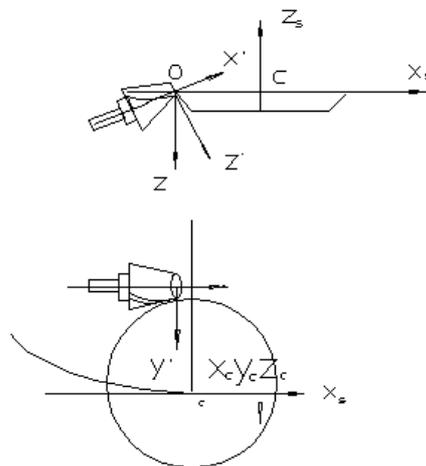


图 2

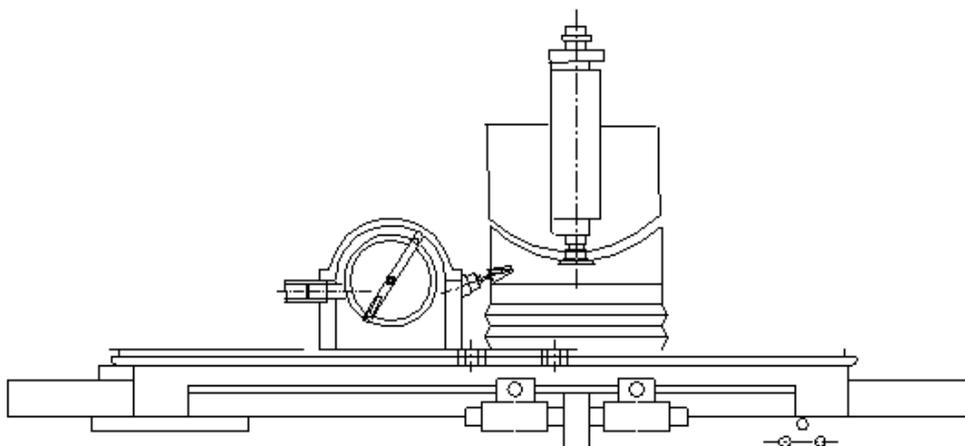


图 3

参考文献

- [1]刘鹤然. 在 5 坐标数控磨床上特种回转面刀具的成型原理[J]. 《应用科学学报》1996.1
- [2]刘鹤然. 特种回转面刀具的成型原理和数控加工[D]. 西安交大博士论文 1991.

作者简介：刘鹤然(1953 ~)，男,江西南昌市人。西安交通大学获得博士学位,教授，专业：机械制造，机械学，机械电子学，

欢迎检索查新

福建省机械科学研究院信息研究所是福建省科技厅认定的省级科技查新机构之一。作为省内机电领域科技查新单位，我们将本着科学严谨的态度，及时、准确地为全省机电行业申报科技创新基金、项目立项、新产品鉴定等提供查新服务，出具查新报告。

欢迎前来检索、查新。

地址：福州市六一中路 115 号

邮编：350005

联系人：王祖斌 张丽娟

手机：13705932369

电话：0591-83359705（传真）

83330949

E-mail:wangzub@winmail.cn