

五坐标数控技术的联动原理

全 荣

(深圳大学机械系 深圳 518060)

翁 玲

(湖南省轻工业专科学校 长沙 410007)

摘 要

本文通过对五坐标数控技术的坐标运动规律进行分析研究,揭示了五坐标数控技术的联动原理。即建立了从CAD中的理想轨迹的几何特性(包括位置、切矢、曲率)和五坐标联动的运动动力学特性(包括位移、进给速度、各坐标理想速度和加速度)之间的通用数学模型。从而可根据被加工零件表面的几何形状和机床的进给速度确定联动过程中各坐标的理想速度和理想加速度。

关键词: 五坐标,数控,联动,数学模型。

1 引言

随着人们对机器性能的要求不断提高,复杂曲面零件的应用将更加广泛。作为复杂曲面加工(测量)精密化、自动化和智能化的关键技术五坐标联动数控技术正日益引起国内外有关专家的普遍重视和广泛研究。但在五坐标联动数控技术中,什么是联动?怎样才能实现坐标联动?这是一个悬而未决的问题,它直接影响着五坐标数控加工(测量)的效率和精度。为此,本文通过对CAD/CAM一体化中,CAD模型中理想轨迹的几何特性和机床运动动力学特性进行分析研究,以期揭示五坐标数控技术的联动原理。

2 平动坐标

设 $p(= (p_x, p_y, p_z))$ 是理想轨迹上的一个点,而 $o(= (o_x, o_y, o_z))$ 是相应的接近方向, o 是一个单位矢量,其分量是方向余弦。设 \overline{po} 与工件位置相对应,工件被安装在机床工作台上,并且相对于固定坐标系有一个直线位移 $w(= (w_x, w_y, w_z))$ 。如图1所示,固定坐标系 XYZ 的三个坐标轴与机床的三个平动轴相对应,且起点在 Σ 。当机床在基准位置(也就是所有的位移量为零)时,点 Σ 与刀尖 C 重合。

为了系统地论述整个联动过程,将联动过程中的平动和转动分别处理。首先从平动开始。相对于固定坐标系 Σ 的理想轨迹点 $P(= (P_x, P_y, P_z))$ 可通过对 p 的平移变换

得到

$$P_x = p_x + w_x,$$

$$P_y = p_y + w_y,$$

$$P_z = p_z + w_z.$$

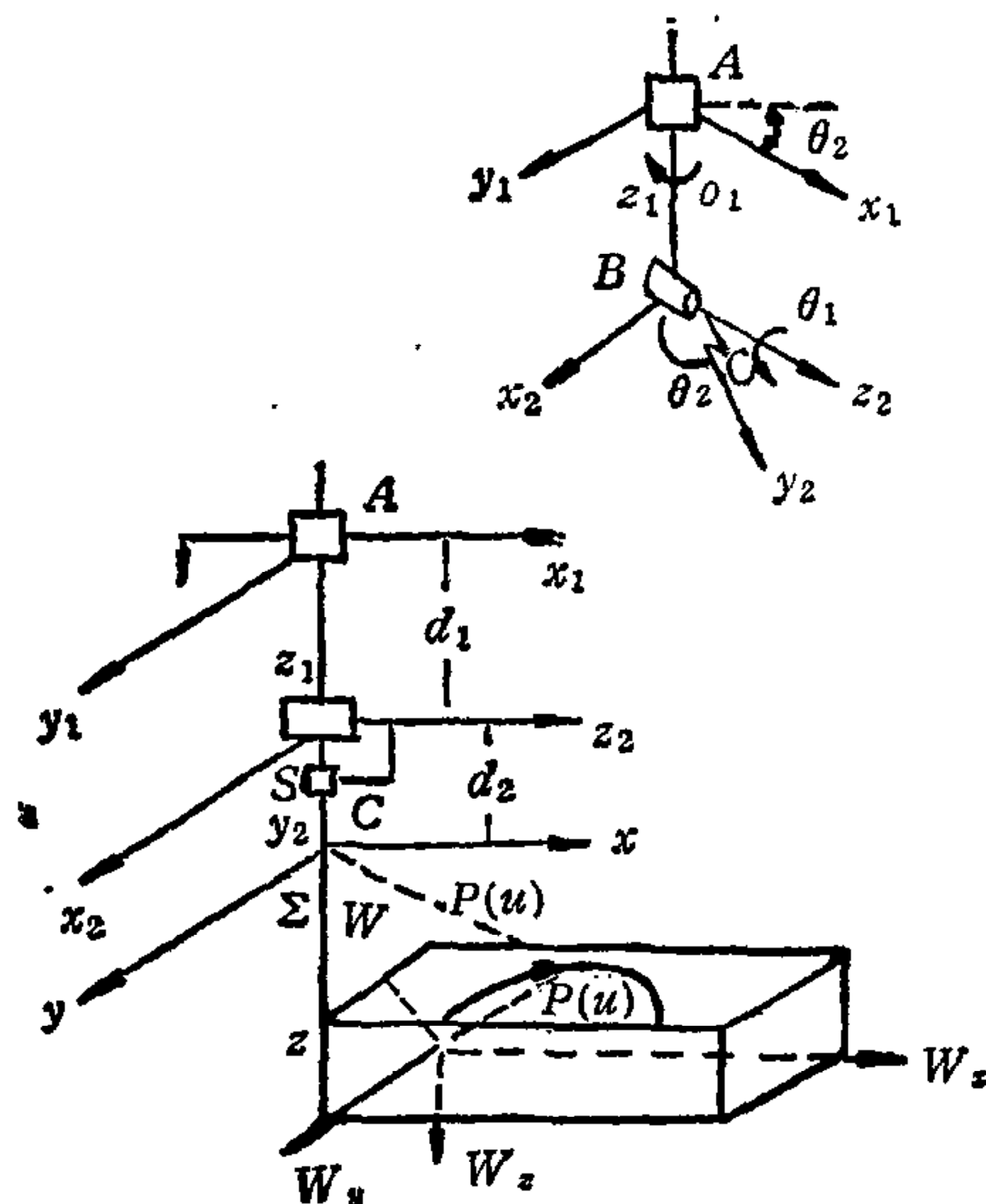


图 1 双摆头式转动结构

这组理想刀位数据可插补成 n 阶参数形式

$$P_x(u) = a_{nx}u^n + a_{n-1x}u^{n-1} + \dots + a_{1x}u + a_{0x}, \quad (1)$$

$$P_y(u) = a_{ny}u^n + a_{n-1y}u^{n-1} + \dots + a_{1y}u + a_{0y}, \quad (2)$$

$$P_z(u) = a_{nz}u^n + a_{n-1z}u^{n-1} + \dots + a_{1z}u + a_{0z}. \quad (3)$$

式中 u 为参数。对于式(1)–(3),为简单起见,一般采用三次式。

2.1 跟踪刀具轨迹的理想速度

设 $V(u)$ 是机床跟踪刀具轨迹的进给速度,而 $\dot{P}_x(u)$, $\dot{P}_y(u)$ 和 $\dot{P}_z(u)$ 是它的三个直角坐标分量,则

$$\begin{aligned} V(u) &= \frac{dP_x(u)}{dt} \mathbf{i} + \frac{dP_y(u)}{dt} \mathbf{j} + \frac{dP_z(u)}{dt} \mathbf{k} = \dot{P}_x(u) \mathbf{i} + \dot{P}_y(u) \mathbf{j} + \dot{P}_z(u) \mathbf{k} \\ &= \frac{dP_x}{du} \frac{du}{dt} \mathbf{i} + \frac{dP_y}{du} \frac{du}{dt} \mathbf{j} + \frac{dP_z}{du} \frac{du}{dt} \mathbf{k}. \end{aligned} \quad (4)$$

$\frac{du}{dt}$ 的函数定义了 CAD 模型中的静态信息与控制机床所需动态信息之间的关系。

进给速度

$$V = \sqrt{\dot{P}_x^2 + \dot{P}_y^2 + \dot{P}_z^2} = \sqrt{P_x''^2 + P_y''^2 + P_z''^2} \frac{du}{dt}, \quad (5)$$

式中 $\overset{u}{P}$ 表示 $\frac{dP}{du}$.

因此,有

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{V}{\sqrt{\overset{u}{P}_x^2 + \overset{u}{P}_y^2 + \overset{u}{P}_z^2}}. \quad (6)$$

令 $\mathbf{V}(u) = V(u) \cdot \mathbf{T}(u)$, 而 \mathbf{T} 表示轨迹的单位切矢,且

$$\mathbf{T}(u) = t_{px}(u)\mathbf{i} + t_{py}(u)\mathbf{j} + t_{pz}(u)\mathbf{k} = \frac{\overset{u}{P}(u)}{|\overset{u}{P}(u)|}, \quad (7)$$

式中 t_{px}, t_{py}, t_{pz} 为 \mathbf{T} 的方向余弦.

所以

$$\dot{P}_x(u) = t_{px}(u)V(u), \quad (8)$$

且

$$t_{px}(u) = \frac{\overset{u}{P}_x}{\sqrt{\overset{u}{P}_x^2 + \overset{u}{P}_y^2 + \overset{u}{P}_z^2}}. \quad (9)$$

对于 P_y 和 P_z , 同理也可推导出与式(8)~(9)相似的表达式.

如果给定进给速度 V , 那么由式(8)即可求出联动过程中机床准确地跟踪给定刀位 $\mathbf{P}(u)$ 的理想速率(且与接近方向无关).

2.2 联动时的理想加速度

$P_x(u)$ 对时间的二阶导数为

$$\ddot{P}_x = \frac{d}{dt}(\dot{P}_x) = \frac{d}{dt}(t_{px}V) = V \frac{dt_{px}}{dS} \frac{dS}{dt} + t_{px} \frac{dV}{dt} = \frac{dt_{px}}{dS} V^2 + t_{px} A, \quad (10)$$

而 $A = \frac{dV}{dt}$ 表示切向加速度, S 表示弧长.

由微分几何可知,曲线的曲率(记为 \mathbf{K})被定义为

$$\mathbf{K}(u) = \frac{d\mathbf{T}(u)}{dS},$$

即

$$K_{px}\mathbf{i} + K_{py}\mathbf{j} + K_{pz}\mathbf{k} = \frac{d}{dS}(t_{px}\mathbf{i} + t_{py}\mathbf{j} + t_{pz}\mathbf{k}), \quad (11)$$

因此

$$K_{px} = \frac{dt_{px}}{dS}, \quad (12)$$

故式(10)可写为

$$\ddot{P}_x = K_{px}V^2 + t_{px}A. \quad (13)$$

上式右边的第一项表示由切向速度所引起的向心加速度 x 向的分量, 第二项表示轨迹上切向加速度的分量. 类似地, 我们可推导出 y 、 z 向分量的理想加速度.

对于一条曲线曲率 $\mathbf{K}(u)$ 的三个分量为

$$\mathbf{K}(u) = \left(\frac{\ddot{\mathbf{P}}(u)}{|\dot{\mathbf{P}}(u)|^2} - \frac{\ddot{\mathbf{P}}(u)\dot{\mathbf{P}}(u)\ddot{\mathbf{P}}(u)}{|\dot{\mathbf{P}}(u)|^4} \right) \frac{1}{|\dot{\mathbf{P}}(u)|^2} = \frac{\ddot{\mathbf{P}}(u) \times \ddot{\mathbf{P}}(u) \times \ddot{\mathbf{P}}(u)}{|\dot{\mathbf{P}}(u)|^4}. \quad (14)$$

3 转动坐标

在五坐标机床中, 转动坐标的配置形式有三种: 双转台式、双摆头式和摆头及转台式。这里以双摆头式结构为例, 推导其理论, 其结果只需作适当的修改即可适用于其它两种结构形式。其转动坐标的排列如图 1 所示。

3.1 双摆头式结构

为了从理想的方向 \mathbf{O} 接近给定的位置 \mathbf{P} , 刀具的方向轴 y_2 (如图 1 所示 BC) 应该在这个 \mathbf{O} 向上。由 BC 所定义的矢量的方向余弦, 可通过首先绕 z_1 轴作 θ_1 的旋转变换, 然后再绕 z_2 轴作 θ_2 的旋转变换求得。假定坐标系 $x_1y_1z_1$ 和 $x_2y_2z_2$ 分别被固定在连线 AB 和 BC 上。有效的加工要求刀尖尽可能靠近轨迹点 \mathbf{P} 。

在两次转动后, BC 的方向变为

$$y_2 = (\sin \theta_2 \sin \theta_1, -\sin \theta_2 \cos \theta_1, \cos \theta_2).$$

由于机床工作台只作平动, 因而它不影响接近方向的取向。换句话说, 固定坐标系和工件坐标系中的接近方向是相同的, 即 $\mathbf{O} = \mathbf{o}$ 。

为了调整刀具 BC 到接近 \mathbf{O} 的理想方向, 让 y_2 和 \mathbf{O} 相等, 则

$$y_2 = (\sin \theta_2 \sin \theta_1, -\sin \theta_2 \cos \theta_1, \cos \theta_2) = (O_x, O_y, O_z) = \mathbf{O}. \quad (15)$$

由上式可得

$$\begin{cases} \theta_1 = \arctg \frac{O_x}{(-O_y)}, & 0 \leq \theta_1 \leq 2\pi, \\ \theta_2 = \arctg \left(-\text{sign}(O_y) \right) \cdot \frac{\sqrt{O_x^2 + O_y^2}}{O_z}, & -\frac{\pi}{2} \leq \theta_2 \leq \frac{\pi}{2}. \end{cases} \quad (16)$$

3.2 转动坐标

由(16)式即可确定让刀具接近每个数据点方向的两个转动坐标的角位移, 为了系统地推导联动原理, 两个角位移也写成 n 阶有序多项式的形式:

$$\theta_1(u) = b_{nx}u^n + b_{n-1x}u^{n-1} + \cdots + b_{1x}u + b_{0x}u, \quad (17)$$

$$\theta_2(u) = b_{ny}u^n + b_{n-1y}u^{n-1} + \cdots + b_{1y}u + b_{0y}u. \quad (18)$$

3.2.1 跟踪理想方向的角速度

为了与位置的取向一致, 在式(1)–(3)中的位置函数 $\mathbf{P}(u)$ 和式(17)–(18)定向函数 $\theta(u)$ 中的 u 是相同的, 同理, 参数时间转换 $\frac{du}{dt}$ 对于位置和定向也是相同的。 θ_1 和 θ_2

对时间的一阶导数为:

$$\dot{\theta}_1(u) = \frac{d\theta_1(u)}{du} \frac{du}{dt} = \ddot{\theta}_1(u) \frac{V}{\sqrt{\dot{P}_x^2 + \dot{P}_y^2 + \dot{P}_z^2}} = \iota_{\theta_1} V, \quad (19)$$

$$\dot{\theta}_2(u) = \frac{d\theta_2(u)}{du} \frac{du}{dt} = \ddot{\theta}_2(u) \frac{V}{\sqrt{\overset{u}{P}_x^2 + \overset{u}{P}_y^2 + \overset{u}{P}_z^2}} = t_{\theta_2} V, \quad (20)$$

其中

$$t_{\theta_1} = \frac{\overset{u}{\theta}_1(u)}{\sqrt{\overset{u}{P}_x^2 + \overset{u}{P}_y^2 + \overset{u}{P}_z^2}}, \quad (21)$$

$$t_{\theta_2} = \frac{\overset{u}{\theta}_2(u)}{\sqrt{\overset{u}{P}_x^2 + \overset{u}{P}_y^2 + \overset{u}{P}_z^2}}. \quad (22)$$

式(19),(20)确保了沿着轨迹跟踪接近方向的坐标联动。这些结果能够用于速度控制器命令的生成。

3.2.2 联动时的理想角加速度

两个转动的角加速度是

$$\begin{aligned} \ddot{\theta}_1(u) = & \ddot{\theta}_1(u) \frac{V^2}{\overset{u}{P}_x^2 + \overset{u}{P}_y^2 + \overset{u}{P}_z^2} + \overset{u}{\theta}_1(u) \frac{A}{\sqrt{\overset{u}{P}_x^2 + \overset{u}{P}_y^2 + \overset{u}{P}_z^2}} \\ & - \overset{u}{\theta}_1(u) \frac{V^2(\overset{u}{P}_x \overset{u}{P}_x + \overset{u}{P}_y \overset{u}{P}_y + \overset{u}{P}_z \overset{u}{P}_z)}{(\overset{u}{P}_x^2 + \overset{u}{P}_y^2 + \overset{u}{P}_z^2)^2} = K_{\theta_1} V^2 + t_{\theta_1} A, \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \ddot{\theta}_2(u) = & \ddot{\theta}_2(u) \frac{V^2}{\overset{u}{P}_x^2 + \overset{u}{P}_y^2 + \overset{u}{P}_z^2} + \overset{u}{\theta}_2(u) \frac{A}{\sqrt{\overset{u}{P}_x^2 + \overset{u}{P}_y^2 + \overset{u}{P}_z^2}} \\ & - \overset{u}{\theta}_2(u) \frac{V^2(\overset{u}{P}_x \overset{u}{P}_x + \overset{u}{P}_y \overset{u}{P}_y + \overset{u}{P}_z \overset{u}{P}_z)}{(\overset{u}{P}_x^2 + \overset{u}{P}_y^2 + \overset{u}{P}_z^2)^2} = K_{\theta_2} V^2 + t_{\theta_2} A, \end{aligned} \quad (24)$$

其中

$$K_{\theta_1} = \frac{\ddot{\theta}_1(u)}{\overset{u}{P}_x^2 + \overset{u}{P}_y^2 + \overset{u}{P}_z^2} - \frac{\overset{u}{\theta}_1(u)(\overset{u}{P}_x \overset{u}{P}_x + \overset{u}{P}_y \overset{u}{P}_y + \overset{u}{P}_z \overset{u}{P}_z)}{(\overset{u}{P}_x^2 + \overset{u}{P}_y^2 + \overset{u}{P}_z^2)^2}, \quad (25)$$

$$K_{\theta_2} = \frac{\ddot{\theta}_2(u)}{\overset{u}{P}_x^2 + \overset{u}{P}_y^2 + \overset{u}{P}_z^2} - \frac{\overset{u}{\theta}_2(u)(\overset{u}{P}_x \overset{u}{P}_x + \overset{u}{P}_y \overset{u}{P}_y + \overset{u}{P}_z \overset{u}{P}_z)}{(\overset{u}{P}_x^2 + \overset{u}{P}_y^2 + \overset{u}{P}_z^2)^2}, \quad (26)$$

式(23),(24)为机床控制器提供了理想的角加速度值。

4 五坐标机床的联动

在上述2—3节中所推导的公式并不能直接组合。因为两个摆动轴取向的变化将影响刀尖位置。考虑到这种影响,还需要作一次附加变换,对于不同的平动结构(固定床身式、升降台式和龙门式),其变换稍有不同,这里以固定床身式为例(如图2所示)加以推导,这种方法同样适用于其它形式的机床。

对于双摆头——固定床身式机床,由转动 θ_1 、 θ_2 所引起的刀尖位移是: $(d_2 \sin \theta_2 \sin \theta_1,$

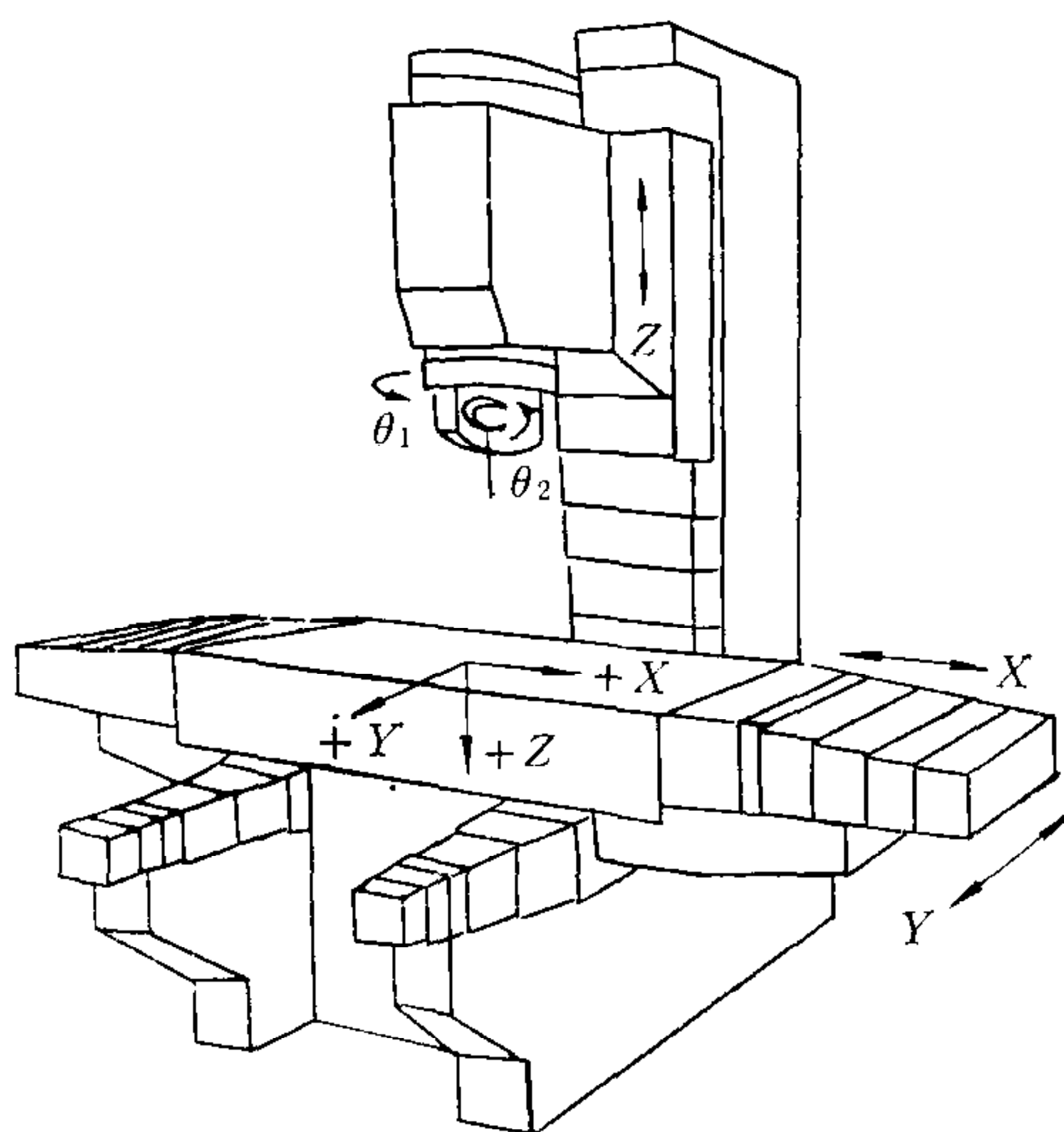


图2 固定床身式机床

$-d_2 \sin \theta_2 \cos \theta_1, -d_2 + d_2 \cos \theta_2$). 为了跟踪轨迹 P , 机床工作台的三个平动 (x, y, z) 为

$$(d_2 \sin \theta_2 \sin \theta_1, -d_2 \sin \theta_2 \cos \theta_1, z_2 - d_2 + d_2 \cos \theta_2) = (x + P_x, y + P_y, P_z),$$

因此, 机床的理想平动为

$$(x, y, z) = (-P_x + d_2 \sin \theta_2 \sin \theta_1, -P_y - d_2 \sin \theta_2 \cos \theta_1, P_z + d_2 - d_2 \cos \theta_2). \quad (27)$$

理想的速度分量为

$$\dot{x} = -\dot{P}_x + d_2(\cos \theta_2 \sin \theta_1)\dot{\theta}_2 + d_2(\sin \theta_2 \cos \theta_1)\dot{\theta}_1 = t_x V, \quad (28)$$

$$\dot{y} = -\dot{P}_y - d_2(\cos \theta_2 \cos \theta_1)\dot{\theta}_2 + d_2(\sin \theta_2 \sin \theta_1)\dot{\theta}_1 = t_y V, \quad (29)$$

$$\dot{z} = \dot{P}_z + d_2 \sin \theta_2 \dot{\theta}_2 = t_z V, \quad (30)$$

而

$$t_x = -t_{px} + d_2(\cos \theta_2 \sin \theta_1)t_{\theta_2} + d_2(\sin \theta_2 \cos \theta_1)t_{\theta_1}, \quad (31)$$

$$t_y = -t_{py} - d_2(\cos \theta_2 \cos \theta_1)t_{\theta_2} + d_2(\sin \theta_2 \sin \theta_1)t_{\theta_1}, \quad (32)$$

$$t_z = t_{pz} + d_2 \sin \theta_2 t_{\theta_2}, \quad (33)$$

其中 t_x, t_y, t_z 可以认为是机床运动的有效切矢。

平动的加速度分量为

$$\begin{aligned} \ddot{x} = & -\ddot{P}_x + d_2(\sin \theta_2 \cos \theta_1)\ddot{\theta}_1 + d_2(\cos \theta_2 \sin \theta_1)\ddot{\theta}_2 - d_2(\sin \theta_2 \sin \theta_1)\dot{\theta}_1^2 \\ & - d_2(\sin \theta_2 \sin \theta_1)\dot{\theta}_2^2 + 2d_2(\cos \theta_2 \cos \theta_1)\dot{\theta}_1\dot{\theta}_2 = t_x A + K_x V^2, \end{aligned} \quad (34)$$

$$\begin{aligned} \ddot{y} = & -\ddot{P}_y + d_2(\sin \theta_2 \sin \theta_1)\ddot{\theta}_1 - d_2(\cos \theta_2 \cos \theta_1)\ddot{\theta}_2 + d_2(\sin \theta_2 \cos \theta_1)\dot{\theta}_1^2 \\ & + d_2(\sin \theta_2 \cos \theta_1)\dot{\theta}_2^2 + 2d_2(\cos \theta_2 \sin \theta_1)\dot{\theta}_1\dot{\theta}_2 = t_y A + K_y V^2, \end{aligned} \quad (35)$$

$$\ddot{z} = \ddot{P}_z + d_2 \sin \theta_2 \ddot{\theta}_2 + d_2 \cos \theta_2 \dot{\theta}_2^2 = t_z A + K_z V^2, \quad (36)$$

而

$$\begin{aligned} K_x = & -K_{px} + d_2(\sin \theta_2 \cos \theta_1)K_{\theta_1} + d_2(\cos \theta_2 \sin \theta_1)K_{\theta_2} - d_2(\sin \theta_2 \sin \theta_1)t_{\theta_1}^2 \\ & - d_2(\sin \theta_2 \sin \theta_1)t_{\theta_2}^2 + 2d_2(\cos \theta_2 \cos \theta_1)t_{\theta_1}t_{\theta_2}, \end{aligned} \quad (37)$$

$$K_y = -K_{py} + d_2(\sin \theta_2 \sin \theta_1)K_{\theta_1} - d_2(\cos \theta_2 \cos \theta_1)K_{\theta_2} + d_2(\sin \theta_2 \cos \theta_1)t_{\theta_1}^2$$

$$+ d_2(\sin \theta_2 \cos \theta_1) \dot{\theta}_2^2 + 2d_2(\cos \theta_2 \sin \theta_1) \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2, \quad (38)$$

$$K_x = K_{p_x} + d_2 \sin \theta_2 K_{\theta_2} + d_2 \cos \theta_2 \dot{\theta}_2^2, \quad (39)$$

而 K_x 、 K_y 、 K_z 可认为是运动的有效曲率。

5 时间与参数之间的关系

由于 CNC 机床的控制,需要获得位移或进给速度对时间的函数,从 u_0 到 u 沿着轨迹所需的时间是

$$t = \int_{u_0}^u \frac{dS(u)}{V(u)}. \quad (40)$$

1) 空间曲线的微分弧长 dS

$$dS(u) = \dot{S}(u)du = |\dot{\mathbf{P}}(u)|du = \sqrt{\dot{P}_x^2(u) + \dot{P}_y^2(u) + \dot{P}_z^2(u)} du. \quad (41)$$

2) 刀位轨迹上点的进给速度

进给加速度 $A(u)$ 是速率 $V(u)$ 的变化。因此,设定的进给速率可通过应用式(42)从确定的进给加速度求得

$$V(u) = \left[V^2(u_0) + 2 \int_{u_0}^u A(u') \sqrt{\dot{P}_x^2(u') + \dot{P}_y^2(u') + \dot{P}_z^2(u')} du' \right]^{1/2}. \quad (42)$$

3) 时间与参数的关系

对于一条空间曲线,参数 u 和时间 t 的关系可通过将式(41)和(42)代入式(40)求得

$$t = \int_{u_0}^u \frac{\sqrt{\dot{P}_x^2(u) + \dot{P}_y^2(u) + \dot{P}_z^2(u)}}{\left[V^2(u_0) + 2 \int_{u_0}^u A(u') \sqrt{\dot{P}_x^2(u') + \dot{P}_y^2(u') + \dot{P}_z^2(u')} du' \right]^{1/2}} du \quad (43)$$

6 五坐标技术的联动原理

至此,已推导出五坐标技术的联动原理,综合如表 1 所示。

表 1 五坐标联动原理建模小结

指令生成	联动关系式 (u 的函数)	u 和 t 的关系式
位移控制 $[x, y, z] =$ $[\theta_1, \theta_2] =$	式(27) 式(16)	
速度控制 $[\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}] =$ $[\dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2] =$	式(28)—(30) 式(19)—(20)	式(43)
理想加速度 $[\ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z}] =$ $[\ddot{\theta}_1, \ddot{\theta}_2] =$	式(34)—(36) 式(23)—(24)	

7 结束语

本文通过对五坐标数控机床跟踪由储存在 CAD 系统中的位置和方向数据所确定的轨迹进行分析研究, 推导了跟踪曲线的几何特性(位置、切矢、曲率)和联动过程中的运动特性(位移、速度和加速度)之间的数学模型, 从而揭示了五坐标技术的联动原理。这些结论是通用的, 可应用于各种类型的空间曲线, 同时它不仅适合于五坐标数控机床, 而且也适合五坐标测量机、五坐标机器人等各类五坐标设备, 特别是对 CAD/CAM 过程的一体化极为有用。

参 考 文 献

- [1] 全荣, 陈尔昌, 吴秀英, 鲍建斌. 五坐标联动计算机数控砂带磨床的研制. 航空工艺技术, 1993(3): 15—18.
- [2] 范炳炎. 数控加工程序编制. 航空工业出版社, 1990.
- [3] Lin C S, Chang P R and Luh J Y S. Formulation and Optimization of Cubic Polynomial Joint Trajectories for Industrial Robots. IEEE Trans. Auto. Contro., 1983, **AC-28**: 1066—1074.
- [4] Hollerbach J M. Dynamic Scaling of Manipulator Trajectories. ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, 1984, **106**: 102—106.
- [5] Kang S G and McKay N D. Minimum-time Control of Robotics Manipulators with Geometric Path Controls. IEEE Trans. Auto. Contr., 1985, **AC-30**: 531—541.
- [6] Bobrow J E, Dubowsky S and Gibson J S. Timeoptimal Control of Robotic Manipulators along Specified Paths. The International J. of Robotics Research, 1985, **4**(3): 3—17.

THE COORDINATED PRINCIPLE OF 5-AXIS NC TECHNOLOGY

QUAN RONG

(The Department of Mechanical Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China)

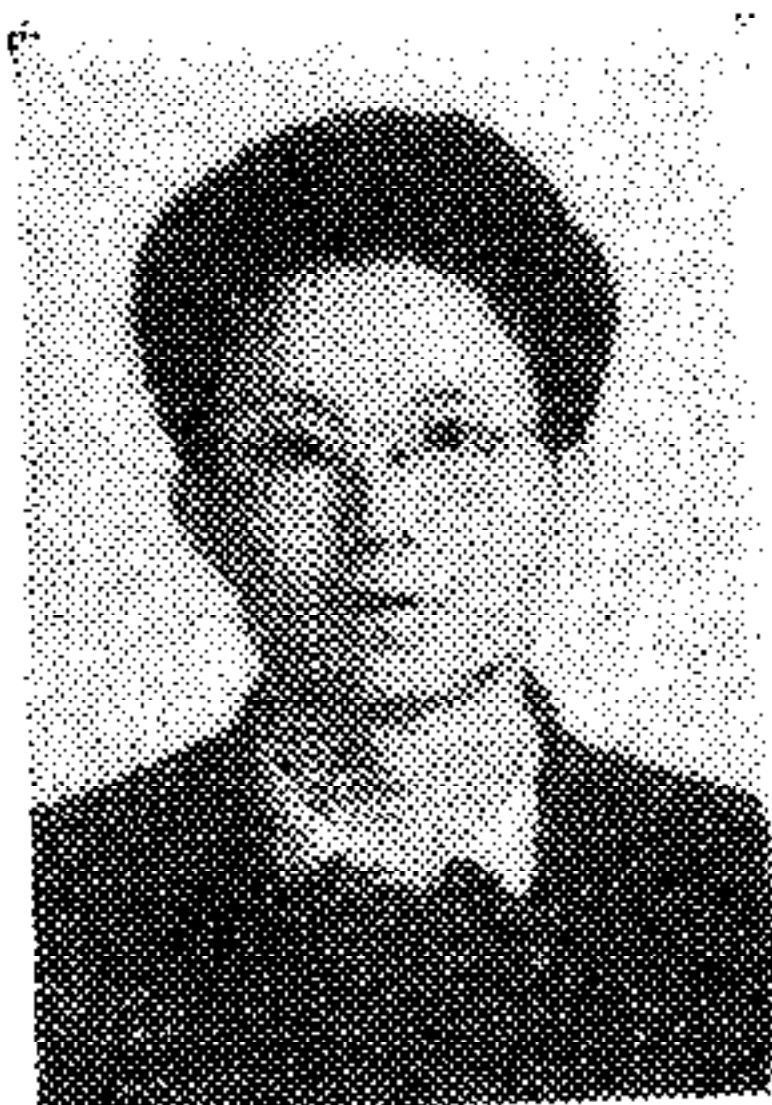
WENG LING

(Hunan Light Industrial College, Changsha 410007)

ABSTRACT

In this paper, the law of the coordination motion on 5-axis NC technology is studied, the coordination principle of 5-axis NC technology is proposed, i. e., a general mathematical model on the conversion from the desired paths in a CAD model to motion trajectory is analytically derived. The geometrical properties of a desired path, including position, tangent and curvature are related to the kinematics of coordinated motion including displacement, feedrate, acceleration. As a result, the desired velocity and acceleration of each one motion coordinate in the coordinated motion can be worked out according to the geometrical shape of the part surface and the feedrate of 5-axis machine tool.

Key words: 5-coordination, NC, Coordinated Motion, Mathematical model.



全 荣 30 岁, 土家族, 工学博士。现在深圳大学精密机械仪器系任教。先后从事过微机应用、机械、计测技术、智能仪器、计算机数控技术等领域的研究工作, 近年来已发表论文五十余篇。目前的研究兴趣为智能制造、多坐标联动数控技术及其应用。



翁 玲 27 岁, 讲师。现在湖南省轻工业专科学校机电系任教。先后从事过微机应用、机械设计与制造、计测技术等领域的研究工作, 目前的研究兴趣为 CAD/CAM 一体化技术。

ICIM' 95

1995 国际智能制造学术会议征文通知

征文范围: 智能制造的一般范畴; 数据库及计算机网络; 多任务系统协同求解; 智能监测、诊断、补偿及控制技术; 智能 CAD 平台; 智能机器设计; 并行工程中的智能工具; CAD/CAM 集成; 智能规划、仿真及优化技术; 管理信息系统; 产品质量的智能信息系统; FMS 及自动制造系统; 神经网络及其应用; 其他相关的题目。

重要日期: 1994 年 8 月 31 日截稿, 1994 年 10 月 15 日录用通知, 1994 年 12 月 15 日终稿交递。

论文要求: 所投论文应符合征文范围且从未发表过。论文须用英文书写, 包括插图在内不得超过 5000 字。论文须用 A4 纸隔行和单面打印。除论文正文外, 所投论文还必须包括不超过 200 字的论文提要、8 个以内的关键字、作者姓名、职务和技术职称、所在单位、通讯地址、邮编及电话、传真号码。

论文请寄: 武汉华中理工大学 CAD 中心 高峰

(邮编: 430074, 电话: 027 780 1881, 传真: 027 780 0063)