

17 101-105

数控线切割机大锥度切割机构研究

Study of Larger Taper Cutting Mechanism for Wire-EDM Machine

匡世铨
Kuang Shitan

姚永凯
Yao Yongkai

TG659

(成都电子机械高等专科学校, 成都, 610031; 第一作者, 男, 56岁, 副教授)

A 摘要 对现有数控线切割机锥度切割机构进行了分析, 并提出了一种解决大锥度切割的新机构, 并对其工作原理进行了详细介绍。

关键词 数控; 线切割机; 锥度; 机构

中国图书资料分类法分类号 TG659

数控机床

ABSTRACT After a analyze for current taper cutting mechanism of NC wire-EDM machine, the paper put forward a new mechanism for larger taper cutting and introduced the working principle in great detail. It has been proved the new mechanism could solve many key technical problems which current mechanisms had. The new mechanism has been patented. Newly developed NC wire-EDM, DK7725 TC, has been warmly welcome by numerous users.

KEYWORDS NC; wire-EDM machine; taper; mechanism

0 引 言

数控电火花线切割机广泛应用于模具行业和对淬火后极硬钢材以及异形零件的加工, 是我国数控机床应用最早最成熟的机种。据 70 年代末机械部机床工具司的统计, 当时国内数控切削机床累计产量为 650 台, 而数控线切割机已达到 8469 台。近年来, 我国线切割机有很大发展, 生产厂家已有近 40 家, 1993 年产量达到了 6000 多台。通过国外引进技术和自行开发, 技术水平也有很大提高。

70 年代以前, 我国生产的线切割机只能切割直筒形零件, 数控系统为 X、Y 两坐标控制, 如图 1(a)。至今这种机床仍是我国生产的数控线切割机床的主要机种, 产量约占总产量的 85%。随着生产的发展而要求切割带有锥度零件的问题日益迫切, 例如凹模要求开出刃口后角、注塑模普遍要求开出拔模斜度……等。另外, 要求切割大锥度的零件也日渐增多, 如成形车刀, 其后角一般为 $8 \sim 10^\circ$, 制作型材的拉挤模, 进口处的锥度一般要达 24° 。为了满足这一要求, 除驱动工作台保留 X、Y 坐标控制外, 还要求线架带动钼丝分别沿 XZ 平面和 YZ 平面作 θ 和 β 两个角度的转角控制, 示意如图 1(b)。数控系统需要实现四坐标联动控

制。线切割机床用于模具加工,精度要求很高(通常公差控制在微米级)。加入锥度切割功能后,机械系统变得复杂,锥度切割机构的精度及合理性,成为这类机床能否成功的主要关键之一,而其中尤以大锥度切割机构的难度最大。

成都无线电专用设备厂80年代中期批量生产数控线切割机床的同时,开始了大锥度线切割机床的研制且获得成功,研制出DK7725TC型数控大锥度线切割机床,并批量投产。先后在北京第二届国际机床博览会、第二届港深工业展览会、中国新技术新产品博览会上受到好评,并获多项奖励,1992年获国家专利。目前该产品不仅占有国内市场,还出口到国外。

笔者在分析国内主要数控线切割机床锥度切割机构的基础上,将详细介绍DK7725TC型机床大锥度切割机构的设计方案。

1 对现有锥度切割机构的分析

从70年代到80年代,国内出现了能切锥度的线切割机床,但其能切的锥度很小,一般不超过 1° 。其机构原理主要有两种:一是摆式机构,另一种是四坐标机构。下面对这两种机构进行分析。

1.1 摆式锥度切割机构

1.1.1 原理

参看图1(b),由切割丝在 $X-Z$ 平面转动 θ 角与 $Y-Z$ 平面转动 β 角两套机构组成。

图2表示切割丝在 $X-Z$ 平面转角的形成:当步进电机15获得指令,经丝杆付9、10,再经曲柄8带动摇杆7使之绕固定在大摆块13上的支承 P_1 摆动,摇杆7上的拨叉推动固定在上、下臂3、4上的滑块6带动上、下臂在大摆块13上、下两侧四个导轨14内左右移动,从而使上、下臂前端导轮1、2上的切割丝在 $X-Z$ 平面内转动 θ 角。

图3表示切割丝在 $Y-Z$ 平面内转角的形成:大摆块两侧的轴11与切割机立柱12上端两侧的轴套构成大摆块13在 $Y-Z$ 平面内的转动支承 P_2 和 P_2' 。当步进电机16获得指令,经丝杆付17、18和曲柄19,再经曲柄19与大摆块13的节点B,带动大摆块13绕 P_2 、 P_2' 转动,从而使切割丝在 $Y-Z$ 平面内转动 β 角。

1.1.2 存在的问题

摆式锥度切割机构的主要问题是难以切大锥度。从图2(a)可以看出:步进电机15驱动曲柄移动 x 距离,曲柄8与摇杆7的铰链由A移至A'点,参看图2(b),摇杆转动的 θ 角与 x 之间具有以下非线性关系

$$L^2 = r^2(1 - \cos\theta)^2 + (r\sin\theta + L - x)^2 \quad (1)$$

式中: r 为摇杆回转中心至曲柄销轴的半径, L 为曲柄长度。 ϕ 为曲柄相对水平的夹角。

在 ϕ 角很小,可以近似地认为 $\cos\theta \approx 1$, $\sin\theta \approx \theta$ 时,由(1)式才可得到: $\theta \approx x/r$ 。

即 x 与 θ 保持线性关系。而 θ 较大时上式不成立,角度越大误差越大。

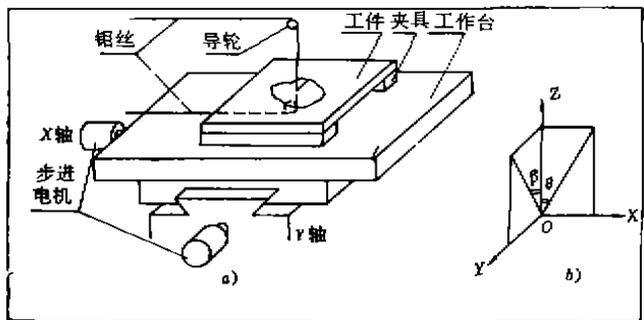


图1 线切割示意图

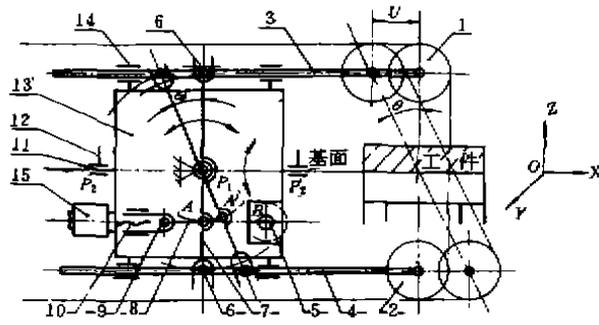


图 2 X-Y 平面产生转角 θ 的机构

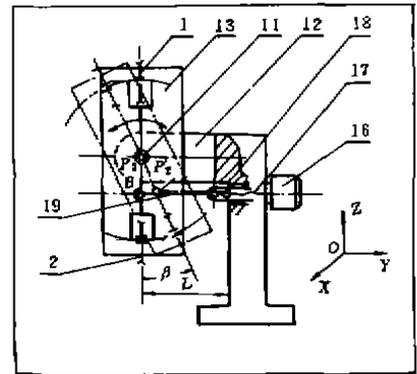


图 3 Y-Z 平面产生转角 β 的机构

此外,当铅丝倾斜时,工件切入点也会产生偏移 Δx ,如图 4 所示:在工件安装基面上,由于切割丝倾斜了一个角度后,切割丝在工件的进入点,从垂直状态的 O 点偏移至 O' 点,

则有
$$\Delta x = \frac{R}{\cos\theta} - R$$

此误差也随 θ 而变, θ 越大误差也越大。

以上两项误差尽管均可设法补偿,但其难度是比较大的。特别对于第一项将给编程及控制带来许多麻烦,这在很大程度上限制了该机构可切锥度的范围及广泛应用。

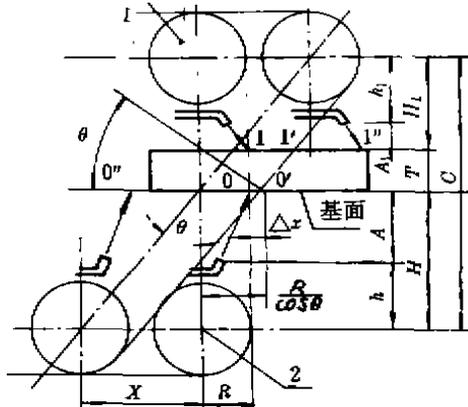


图 4 切入点偏移的误差

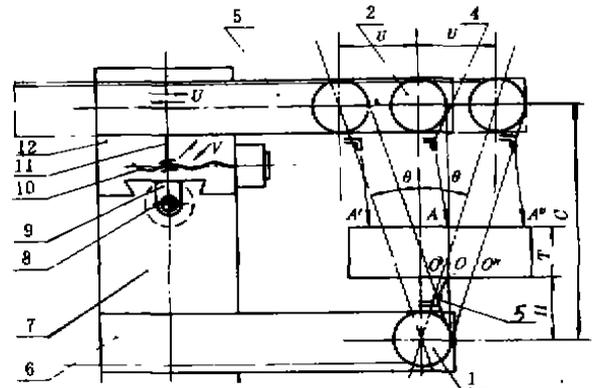


图 5 四坐标切割机构

1.2 四坐标锥度切割机构

1.2.1 原理

此机构在 80 年代初出现,如图 5 所示:切锥度由上导轮 2 作 u, v 方向的运动来实现。由于 u, v 两个方向的运动均可独立控制,配合工件在工作台上的 X, Y 两个运动,故称四坐标或四轴系统。由于四个轴均可独立控制,因而从原理上讲可以切变锥度和上下端异形的零件。

从图 5 可以看出, u 坐标移动与 θ 偏角、 v 坐标移动与 β 偏角存在简单的关系:

$$\theta = \arctg \frac{u}{c}; \quad \beta = \arctg \frac{v}{c}$$

式中 c 是上下导轮的中心距。

四坐标机构在功能、结构工艺性和切割质量等方面均比摆式机构优越,可以说是一大进

步,但在设计上仍存在着一些问题。

1.2.2 存在的问题

1) 切割丝易跳槽

由于切锥度是靠上导轮作 u, v 向运动而使切割丝倾斜,而下导轮 1 是固定不动的。当上导轮在 v 向运动一定距离后,上、下导轮的旋转平面被错开了,如图 6(a) 所示:切割丝在导轮上的包络情况变坏,影响切割精度和稳定性。所切锥度稍大一点就会造成切割丝跳出导轮槽而使工件报废。这是摆式机械不存在的突出问题,不解决这个问题就不能增大切割锥度。解决的方法,如图 6(b) 所示,使上、下导轮随切割丝同步倾斜。

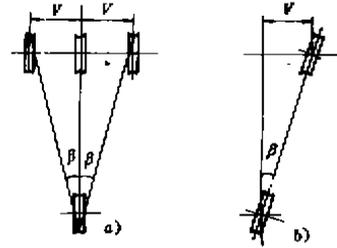


图 6 切割丝跳槽分析

2) 喷液位置偏移(如图 5 所示)

当切割丝倾斜一个 θ 角后,喷液由 A 点变动到 A' (A'') 点,偏离切割位置,使电解液不能进入切割位置而造成工作情况恶劣。摆式机构也存在这个问题(参见图 4),可以说这是国产线切割机的通病,不解决这个问题就不能增大切割锥度。理想的设计方案是喷液跟踪。

2 DK7725TC 型机床大锥度切割新机构的设计分析

如图 7 所示:该机床的切割机构是在前面介绍的四坐标机构的基础上,针对存在的问题进行新的构思、设计而成的。该机床采用了四坐标系统, X, Y 轴由工作台的运动来实现, u, v 轴由吊在上臂 13 前端下方的小十字拖板 9 来实现,四个轴分别受控于各自的步进电机,按各自的指令动作,配上相应的软件便可切割大锥度(当厚度为 50 时,锥度可达 18°)、变锥度和上下端异形的零件。之所以能切大锥度,主要是采取了以下措施。

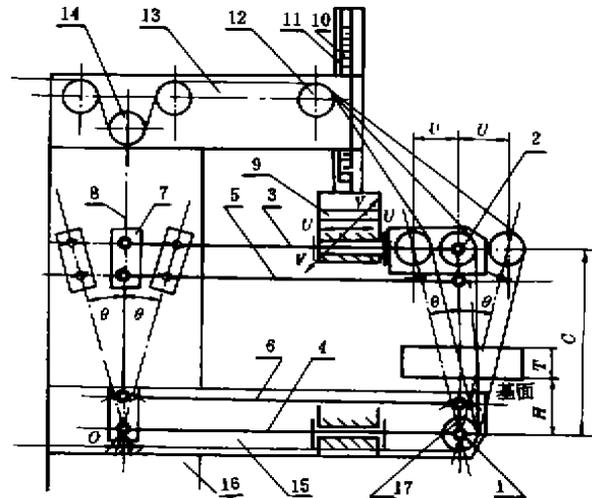


图 7 DK7725 型机床切割机构

1) 上下导轮随切割丝同步倾斜

为实现同步倾斜,在下臂 15 的后端设置一个四杆平行机构的固定支点 O (见图 7), 上置一摇杆 8, 可绕 O 点任意摆动。在摇杆 8 上装有滑套 7, 相对于 8 不能转动。滑套 7 上有两个节点, 上节点与上轴杆 3 左端以铰链相连, 上轴杆 3 装在小十字拖板 9 的轴承座内形成一个 V 向平面内的铰链, 其右端与导轮座以铰链相联接, 导轮座内装着上导轮 2。摇杆 8 底部固定支点 O 处, 以同一方式连接着下轴杆 4 及下导轮 1。这样就由摇杆 8、上轴杆 3、下轴杆 4 和切割丝构成一个平行四杆机构。平行运动主要由小十字拖板 9 上轴承对上轴杆 3 的钳制及滑套 7 与摇杆 8 的配合关系来保证。由于支点 O 的位置是固定的, 下轴杆 4 只能将由小十字拖板 9 作 V 向运动, 经上轴 3 带动摇杆 8 所作的前后摆动转化成旋转运动, 使下导轮 1 的导向槽随切割丝同步倾斜(参见图 8)。滑套 7 上的节点也钳制了上轴杆 3, 使之只能跟着摇杆 8 运

动,从而使得轴上的上导轮 2 随摇杆 8 摆动,即上导轮的导向槽随切割丝同步倾斜(参见图 8)。这样便使得上、下导轮槽始终与摇杆 8 以及切割丝处于同一个平面内,实现了上、下导轮随切割丝同步倾斜。

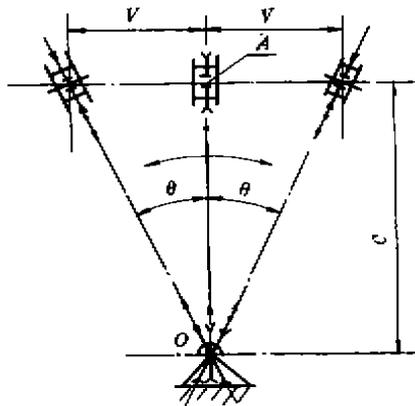


图 8 导轮同步倾斜

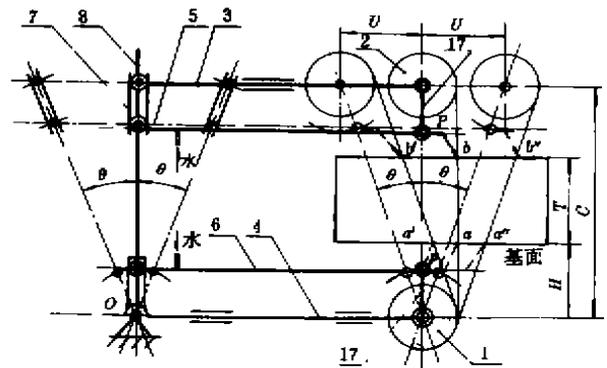


图 9 喷液跟踪机构

2) 喷液跟踪

如图 9 所示:在上轴杆 3 的下方设置一水管 5,左端与滑套 7 的下节点以铰链相连,右端与曲柄 17 由节点 P 以铰链连接,曲柄 17 的上端与导轮 2 的转轴相连。这样便由上轴杆 3、水管 5、滑套 7 和曲柄 17 构成一个平行四杆机构。同时,在下方也由下轴杆 4、水管 6、摇杆 8 和曲柄 17 构成又一个平行四杆机构。在上、下水管前端节点 P 上装着喷咀。喷咀随水管跟着摇杆 8 运动,由四杆机构原理可知,喷咀和倾斜的切割丝始终保持着一定的相对位置,使喷出的电解液随切割丝的倾斜而自动跟踪,准确地喷射在切割丝的上、下两个切入点(图 9 中的 a' 、 b' 点或 a'' 、 b'' 点)上。这样便能保证切割丝处于良好的工作状态。

3) 切割丝自动张紧

如图 7 所示:为使切割丝处于适度的紧张状态和消除因切锥度而造成的切割丝长度变化,在上臂 13 内设置了一套张紧机构,张紧力 W 可根据需要进行调整。

4) 导轮间距可调

如图 7 所示:小十字拖板 9 可以升降,并设有自动定位装置。可从标尺上直接读出上、下导轮的中心距 C 值,将此值输入微机、自动编程。上导轮可以降至贴近工件的位置,使在切割一定锥度的工件时, U 、 V 的移动量为最小,以提高切割精度、表面质量和增大机床的可切锥度。

此外,该机床的切割机构还有一些匠心独具的设计。例如将下导轮中心线与工件定位基面的距离 H (参见图 7)制作得特别准确,将此值输入微机,使工件基面上的图形和尺寸得到严格控制,可使切割精度大大提高。这一点看似简单,却是目前国产其他锥度线切割机床所不具备的。

参 考 文 献

- 1 姚永凯. 从结构上消除摆式切割斜度系统的纵向偏移的构想. 电加工, 1992(1): 12
- 2 刘海刚. 电火花线切割机床摆动式锥度线架的误差分析. 电加工, 1994, (3): 17
- 3 周坚. XYUV 四轴快走丝线切割导轮接触点误差及补偿. 电加工, 1994, (4): 20