

78.3  
1147

# 光电跟踪线切割机床

上海无线电二厂

上海人民出版社

# 光电跟踪线切割机床

上海无线电二厂

(国内发行)

上海人民出版社

光电跟踪线切割机床

上海无线电二厂编

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 文化革命印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 1.5 插页 1 字数 27,000

1971年2月第1版 1971年2月第1次印刷

书号: 15·4·89 定价: 0.10元

发行范围: 国内发行

# 毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

打破洋框框，走自己  
工业发展道路

## 前 言

在无产阶级文化大革命取得伟大胜利的大好形势下，具有先进水平的光电跟踪电火花线切割机床在我厂试制成功了，这是我厂工人贯彻执行毛主席的“独立自主、自力更生”伟大方针所取得的丰硕成果。

美帝国主义、社会帝国主义千方百计地对我国实行封锁、阻挠和破坏。在电火花加工技术方面也是这样。一个帝国主义的走卒、所谓国际电火花“专家”曾经胡说：“中国人只能搞简单的 RC 线路，根本没有能力搞电火花加工的高频电源。”而叛徒、内奸、工贼刘少奇及其代理人却奴颜婢膝地拜倒在洋人脚下，疯狂反对伟大领袖毛主席的无产阶级革命路线，竭力推行洋奴哲学、爬行主义，严重地阻碍了我国科学技术的发展。在伟大的无产阶级文化大革命中，战斗在电火花加工战线上的我国工人阶级和革命技术人员，高举毛泽东思想伟大红旗，彻底批判了刘少奇的反革命修正主义路线。在电火花加工电源方面，不仅研制成功了四管高频电源，而且还相继出现了可控硅长脉冲电源以及晶体管高频电源；在线切割加工方面，也先后制成了光电跟踪和曲数程序控制机床。我国电火花加工技术的飞速发展，宣告了帝国主义预言家的可耻破产。

我厂制造的光电跟踪线切割机床(参见插图 1)在光、机、电设备方面都系自行设计制造。光电头部分采用亮度差动

法,机械结构简单,调节方便;机械部分采用液压传动和“正切比例”刚性直接连接法,消除了传动间隙对加工精度的影响;电气部分大胆简化线路,增设校正环节和消死区装置。这台机床解决了许多其它加工方法所不能解决的零件加工问题,加工模具可以一次成型,省掉了钻、铣、侧、磨工序,从而大大地缩短了模具的制造周期。光电头装了机械偏心微调机构,只须一张图纸,便可加工凸凹模具,固定板和脱料板,而且满足配合间隙要求。机床性能良好,工艺过程简便,特别适于试制零件和复杂图形模具的加工。

现在我们将光电跟踪线切割机床的原理、制造及加工工艺和维修等方面的技术内容,编写了这本小册子,供电火花加工战线上的同志们参考。由于我们水平有限,一定存在不少问题,恳请同志们提出宝贵意见。

上海无线电二厂

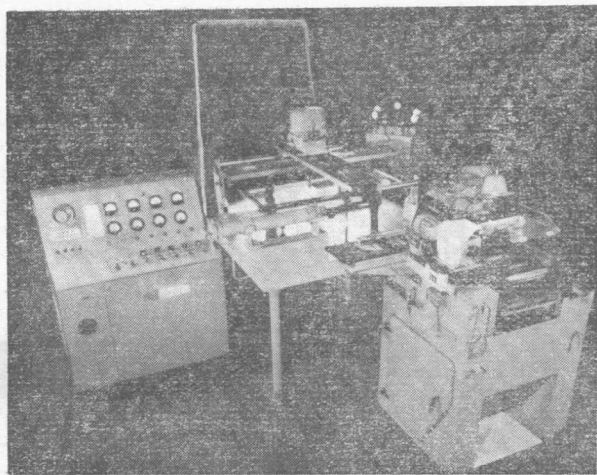


插图1 机床全貌

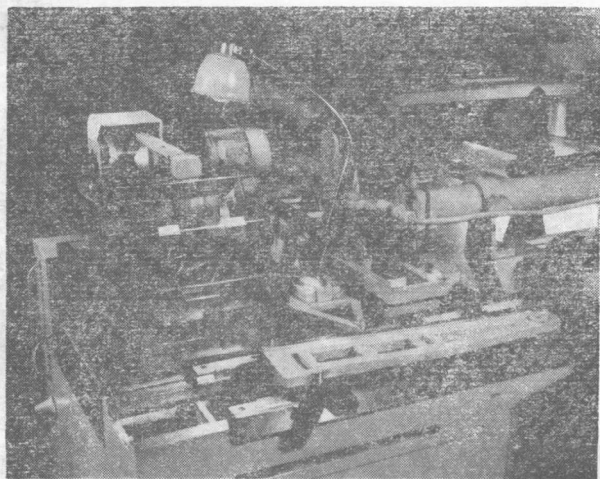


插图2 正切比例机构

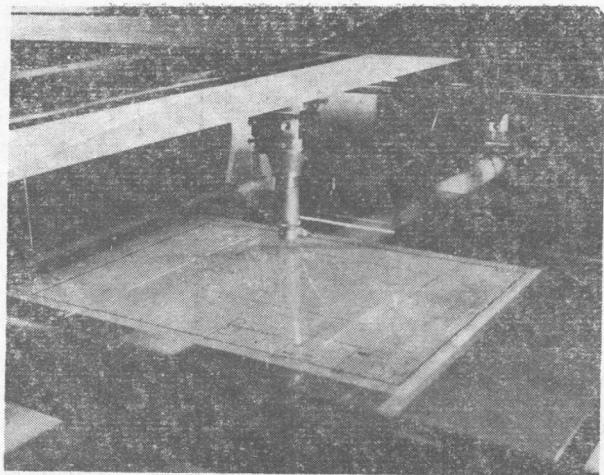


插图 3 光电头外形

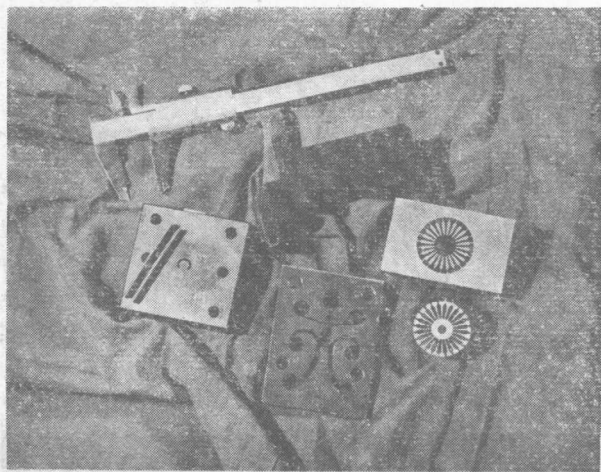


插图 4 加工实物



# 目 录

前言

一、原理 .....	1
二、调整与操作 .....	24
三、加工工艺与实例 .....	32

## 一、原 理

光电跟踪线切割加工，实质上就是光电仿型加工。它象常见的制图放大尺一样：一端沿着图形的轨迹移动，另一端则描绘出与其几何尺寸成一定比例的相似图形。光电跟踪线切割机床具有放置图纸的工作平台、加工工作平台以及相互联动的机械传动部分。由于采用自动化加工，因而还具有自动调节系统所须的误差检测机构、电讯号放大器以及消除误差的执行机构。其次，它还包括切割用的电极丝和供给火花放电蚀除金属用的脉冲发生器。

平面仿型系双轴系统即两坐标系统。机床的跟踪速度与电蚀除量有关，随着图形轨迹的变化，跟踪速度的向量亦应随之改变，并须保持轨迹曲线的切线方向。因此，光电跟踪自动加工系统应由两个自动调节系统组成：一个是火花间隙反馈系统；另一个是图纸对线反馈系统。其次，在自动加工系统中还应配有与上述两种反馈系统相联系的速度分配装置——正余弦函数电位器。

实现光电仿型加工，目前有两种方案。

从原理上讲，对线检测方法有脉冲相位法和亮度差动法。前者系根据光电讯号的相位特征产生误差讯号，后者的误差讯号则取决于光电讯号的求差幅度特征。

伺服方式有两种，即液压伺服和电机伺服。电机伺服固然有其优点，但传动链较长，难以消除其连接间隙，并且机电

时间常数与死区较大，故系统灵敏度差。液压伺服系统则由于传动机构无须采用减速装置以及液体的具有不可压缩性，这样就消除了连接间隙对系统的影响，并可使系统的死区和惯性减小到最低限度，从而改善了系统的品质。从自动调节技术的角度出发，液压自动调节系统是把电讯号传递迅速与方便的优点和液压传动所具有的特点结合在一起的。显然，这是一种较为理想的自动调节系统。

传递位移的方法也有二种，一种是采用电气传递法，即用自整角电机传递角位移；另一种，在近距离尤其是线切割加工机床，一般可采用机械刚性连接法。

为了提高加工精度，光电跟踪线切割加工，多采用缩小图形比例的加工方法。所谓缩小图形比例，就是通过减速机构，将跟踪台的坐标位移成一定比例地传递给加工工作台与之相对应的坐标系统。一般的减速机构多系齿轮减速，不同的比例须调换相应的传动比。另一种更为简便并且无传动间隙的减速机构，则是利用直角三角形的正切原理，通过调节角度，便可改变比例大小。这种方法称为正切比例机构(参见插图2)。

机床的运动情况如图1所示。

动力油缸的执行机构即主轴，推动装在图纸台滚动导轨上的 $x$ 和 $y$ 向十字溜板。当十字溜板带动光电头移动的同时，由于采用刚性连接，因此正切比例溜板便产生与其相应的同步位移。很明显，加工位移的比例大小与块规所形成的 $\beta$ 角有关，二者呈反比关系。 $\beta$ 角度大时比例小，反之则大。恒力油缸的作用是使电极丝和工件的溜板通过滚动轴承紧压正

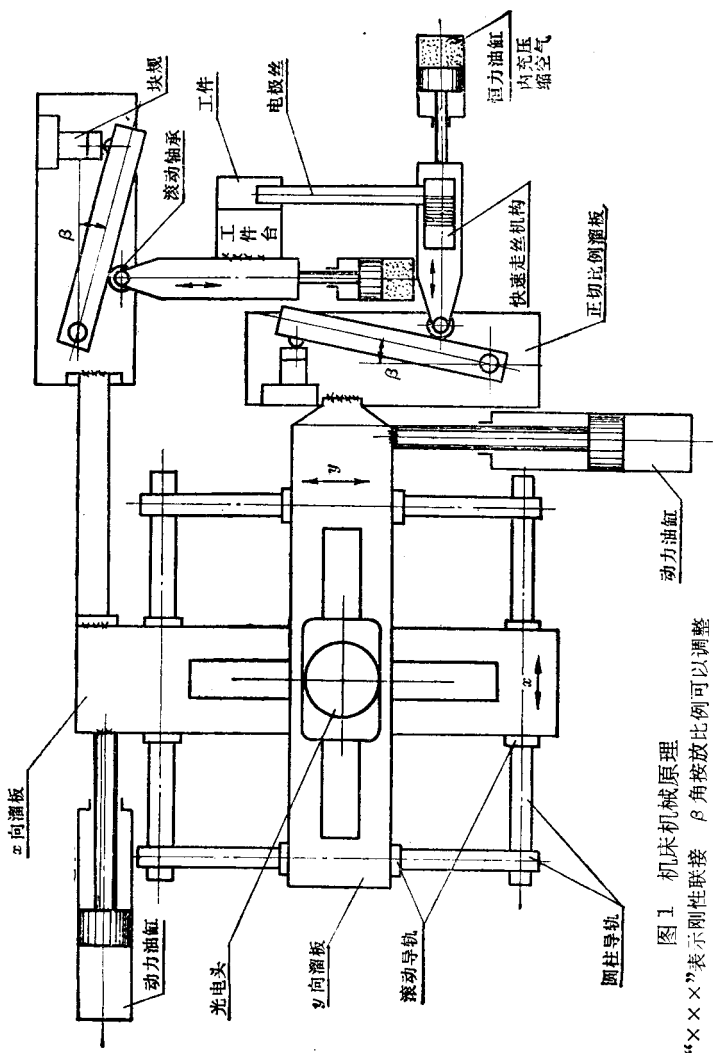


图1 机床机械原理  
 “×××”表示刚性联接 β角按放比例可以调整

切比例溜板的斜边,以便正常加工。

自动调节的理论,并不那样神秘、高深莫测的。按照唯物辩证法的观点看来,自动调节系统的工作过程,实际上是事物矛盾对立统一的过程。毛主席教导我们:“有条件的相对的同性和无条件的绝对的斗争性相结合,构成了一切事物的矛盾运动。”因此,任何自动调节系统的工作过程,都是经常处于出现误差和消除误差的矛盾对立统一的运动过程。

自动调节对系统的品质指标要求很多,但归纳起来不外乎稳、准、快三个指标。稳是指调节系统的工作状态要稳定;准是指系统的调节精度要高;快是指系统调节过程的时间要短。

光电跟踪线切割加工系统方框图如图2所示。

由图可知,系统是由三个闭环组成的。其中两个为对线闭环;另一个则为火花间隙闭环。当电蚀除量 $\delta$ 与进给量 $(x \tan \beta + y \tan \beta)$ 即切割位移合成矢量不相等时,则火花放电间隙产生误差增量 $\Delta\delta$ 。火花间隙检测环节将 $\Delta\delta$ 变换为电增量 $\Delta U_-$ ,经放大并与给定电压 $V_-$ 比较,再经放大整流后,将电增量 $U_-$ 输入给正余弦函数电位器。正余弦函数电位器的分配电参量 $U_- \cos \theta$ 与 $U_- \sin \theta$ 分别通过电-机械变换器,将电讯号变为机械位移讯号,通过执行机构,调节进给速度,消除增量 $\Delta\delta$ 。这就是所谓火花间隙闭环,或称速度闭环。由此可知,自动调节技术上的闭环系统,实际上就是一种反馈系统。机床的液压传动系采用单喷嘴-挡板式一级放大控制元件。电-机械变换器将电参量即电控制讯号变换为喷嘴与挡板的位移讯号 $\Delta Z_x$ 和 $\Delta Z_y$ 后,分别与其零点位置 $Z_{0x}$ 和 $Z_{0y}$ 比较,对原有位置产生增量 $Z_x$ 和 $Z_y$ 。该增量使液

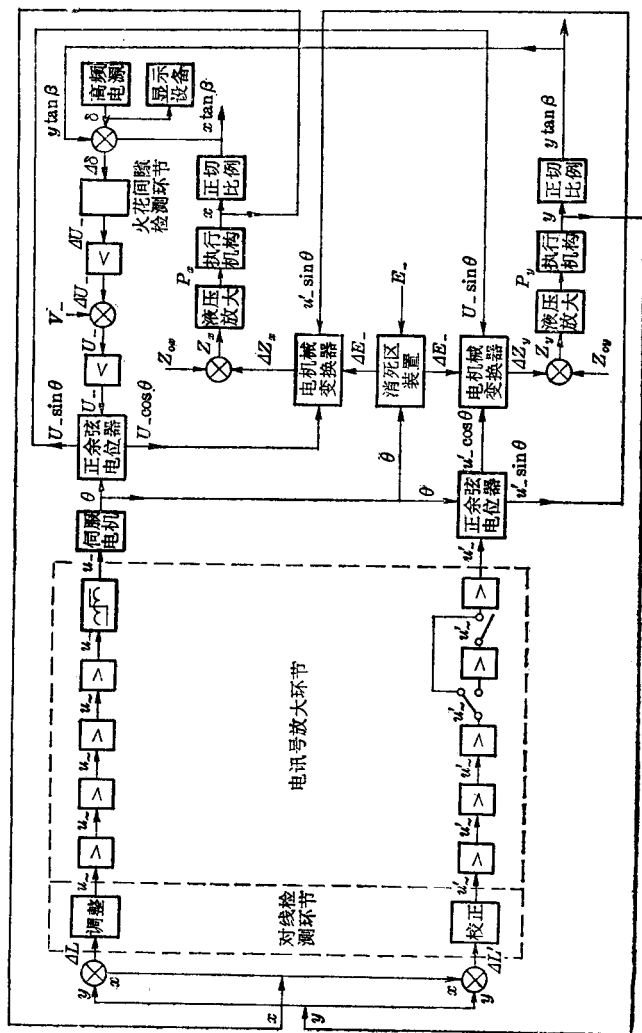


图 2 系统方框图

压放大器产生压力输出  $P_x$  和  $P_y$  推动执行机构。执行机构的  $x, y$  位移与图纸上的线条闭环, 即所谓对线闭环。其次, 通过正切比例机构与火花间隙闭环。

对线闭环是为了消除对线误差。当线条发生变化时, 对线检测环节(调整环节)将对线的光讯号误差  $\Delta L$  变换为电讯号  $u_{\sim}$ , 经过电讯号放大和整流后, 输出电参量  $u_{-}$ , 通过电机伺服机构输出角度参量  $\theta$ 。与此同时, 正余弦函数电位器亦应随之旋转。并按照  $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$  的关系, 重新分配电参量, 改变执行机构的速度方向, 消除对线误差。由此, 得出如下两个结论: 一是光电跟踪的速度取决于火花间电蚀除量; 二是加工工件的切割方向, 即切割的几何形状取决于跟踪图形的轨迹。这就是光电跟踪线切割加工的基本原理。校正环节是为了光电头纠正偏差而增设的。不同于调整环节, 它的误差讯号, 经过放大整流后, 将电参量  $u_{-}$  输入正余弦函数电位器, 直接参与速度的分配。它增设的必要性将在光电头部分加以叙述。必须说明, 正余弦函数电位器和消死区装置, 在机械上是同轴的。消死区装置是根据跟踪速度象限关系而输出电增量  $\Delta E_{-}$ , 并通过电-机械变换器消除系统的死区。

现将机床的光、机、电三个部分的工作原理分述如下。

### (一) 光电头部分

光电头是跟踪系统的对线检测环节(参见插图 3)。它的光路部分以及机械结构如图 3 所示。

光电头装有机械偏心 and 电气偏心二种调节螺丝, 前者是

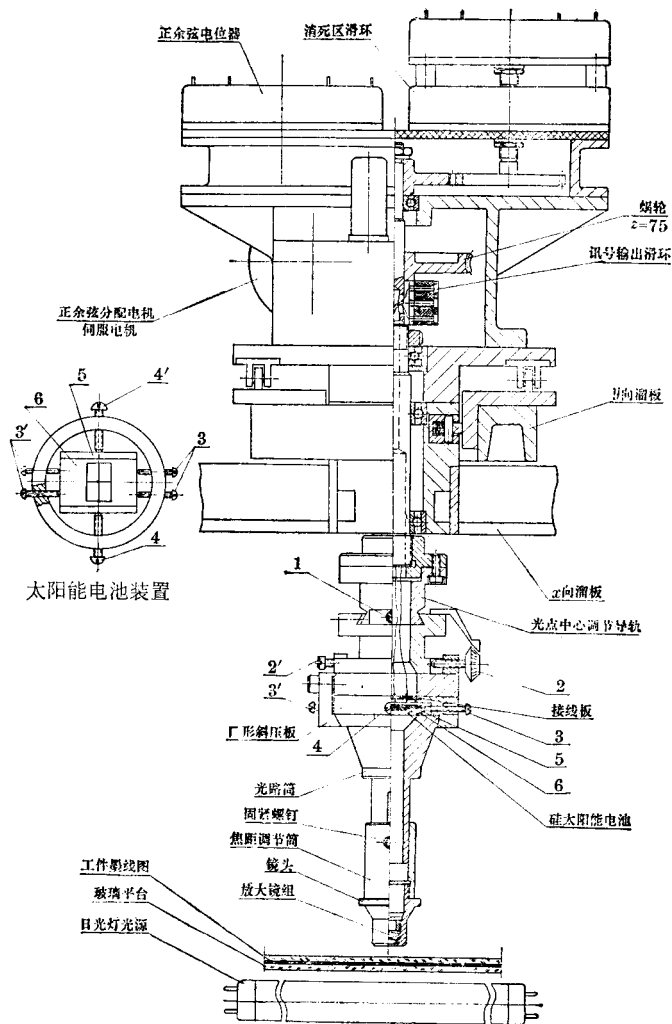


图3 光电头结构图

1, 2. 机械偏心调节器; 3, 4. 太阳能电池调节螺钉; 5. 太阳能电池可调滑块(前后); 6. 太阳能电池可调滑块(左右)



调节机械中心与光路中心的相对位置；后者是调节光电变换元件中心与光路中心的相对位置。调节十字鸠尾形导轨上半导轨的螺丝 1 和 1'，可使光电头的机械中心前后移动，所谓前后是指正常跟踪的方向。调节下半导轨的螺丝 2 和 2'，可以使机械中心左右移动。顺便指出，就是借用左右偏心，来实现用一张图纸加工凸凹模的。其次，电气偏心的调节是借助如图所示的螺丝 3 和 3'；4 和 4'，调节螺丝 3 和 3'，可使讯号差值为零。调节螺丝 4 和 4' 可使电气前后偏心，以便满足跟踪时光电头稳定的要求。光电头上的伺服电机，通过蜗轮蜗杆带动光电头，连同正余弦函数电位器和消死区装置一起转动。光电变换元件共有两组，每组一对相互串联，地线公用，共有三根线，通过滑环接出，求差电阻就装接在光电头的外边。为了

防止干扰，第一级讯号放大器就装在求差电阻的旁边，它与光电头一起移动。

光电头的工作原理如同一个简单的光电显微镜。装设在仿型图纸玻璃平板下面的日光灯，就是光路系统的光源。光源透射图纸，通过物镜放大镜组使线条成象在光电变换元件——硅太阳能电池薄片上。调节电气左右偏心，使其讯号差值为零，然后再调节光路的焦距，即移动焦距调节筒，使成象清晰。成象情况如图 4 所示。

光电变换元件接成求差电路，如图 5 所示。当对线误差为零，即光电元件 1, 2 的亮度相等时，在电阻  $R$  上则无讯号输出，

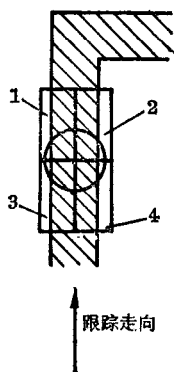


图 4 成象情况图

1、2、3、4 为光电变换元件，箭头指向表示跟踪方向，斜线表示墨线，圆表示光