

# 电火花放电加工间隙状态实时监示装置\*

江 开 勇

(华侨大学精密机械工程系, 泉州 362011)

**摘要** 提出用条状图形显示电火花放电加工过程间隙状态的新方法, 并介绍这种装置的设计。

**关键词** 放电加工, 间隙状态, 条状图形显示

**分类号** TG 661

电火花放电加工, 是在电极和工件间极小的间隙(约为 0.1~0.3 mm)内进行的。由于受间隙状态的影响, 并非加在电极与工件间的每个脉冲电压都能形成正常的火花放电, 却有可能出现间隙开路、间隙短路或电弧放电等放电加工中不可避免的异常现象。在实际加工中, 操作者总是根据加工工艺指标、电极对材料、加工面积等设定加工参数, 使整个放电过程有尽可能多的正常火花放电, 尽可能少的短路、开路、拉弧现象出现。因此必须有一种装置来监示电火花放电过程中的正常放电情况以及短路、开路、拉弧等异常情况, 为操作者提供信息, 以便及时地调整加工参数, 达到最佳的加工状态。目前操作者在调整加工参数时, 一般凭借经验, 通过观察火花, 听放电声音以及通过千分表观察主轴伺服是否稳定, 判断当时的间隙状态。但这种方法只能作为一种辅助手段, 不能完全说明当时的间隙状态以及是否选用最佳的加工参数。本文提出通过条状图形显示实时监示当时的加工间隙状态, 具有实时、直观、准确的特点, 可为操作者提供很大的方便, 是一种独特的实时监示加工间隙状态的方法。本装置主要包括以下几个环节: 加工间隙状态识别环节; 低通滤波环节; 条状图形显示环节。

## 1 基本原理

电火花放电加工过程由于受间隙状态的影响, 会出现以下几种典型情况: 正常火花放电; 间隙开路; 间隙短路; 电弧放电。相应的间隙电压  $U_g$  波形如图 1 所示。

由此可见, 区分放电形式可以由间隙电压决定。一般情况下, 正常火花放电时的间隙电压为 30 V 左右, 开路间隙电压(脉冲源电压)一般为 60~80 V, 短路及电弧放电间隙电压在 10 V 以下<sup>[1]</sup>。正常火花放电是电火花加工过程中有效的放电形式。短路和电弧放电是一种危险的放电形式, 它将烧伤电极和工件表面, 是间隙状态恶化的表现, 间隙开路不能形成放电加工, 降低生产

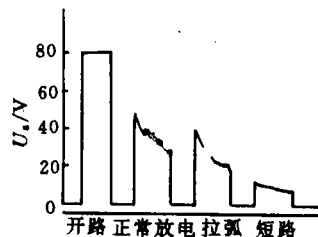


图 1 4 种典型情况的间隙电压波形

\* 本文 1993-09-07 收到, 福建省自然科学基金资助项目

率. 由于影响间隙状态的因素非常复杂, 间隙开路、间隙短路和电弧放电总是不可避免的. 实验研究表明, 最佳的加工参数, 总是出现在间隙开路与间隙短路或电弧放电所出现的概率相接近处, 如图 2 所示.

基于上述可导出设计思路, 间隙状态的检测不仅要指示正常放电的概率, 说明当时的有效放电加工情况, 同时还应检测出间隙开路、间隙短路或电弧放电的概率, 以指出加工参数的调整趋势, 为操作者提供依据. 本文提出了由 3 组各 5 只发光二极管组成的条状图形显示器(图 3), 显示出各种放电形式所出现的概率, 以指示当时的间隙状态情况.

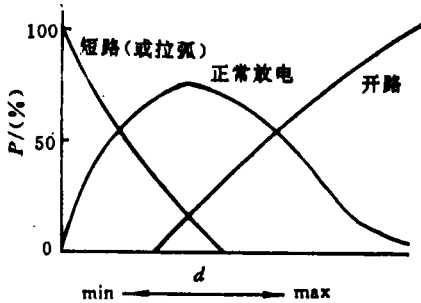


图 2 各种放电形式出现的概率  $P$  与间隙  $d$ (状态)的关系

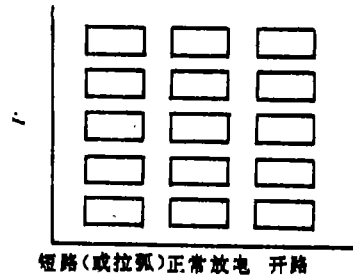


图 3 条状图形显示器

## 2 电路设计

### 2.1 间隙状态识别电路

前已述及, 间隙状态的 4 种基本形式可以通过放电间隙电压来区分, 即利用间隙电压作为间隙状态的传感信号. 识别电路如图 4 所示.

间隙电压经  $R_4, R_{10}$  分压后, 输入比较器  $IC_1$  (1/4LM339) 的同相端和  $IC_2$  (1/4LM339) 的反相端. 常用脉冲源电压一般为 80 V, 取  $R_4 = 20 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{10} = 1.5 \text{ k}\Omega$ , 则开路时  $U_a = 0.5 \text{ V}$ , 正常火花放电(间隙电压为 30 V 左右)时  $U_a \approx 3.4 \text{ V}$ , 短路与电弧放电(间隙电压低于 20 V)时  $U_a > 4.1 \text{ V}$ .  $IC_1, IC_2$  的阈值电压由  $R_5, R_6, R_7^*, R_8, R_9^*$  组成的分压电路确定, 取  $R_5 = 24 \text{ k}\Omega$ ,  $R_6 = 510 \text{ k}\Omega$ ,  $R_8 = 200 \Omega$ ,  $R_7^* = R_9^* = 470 \Omega$ ,  $R_{11} = R_{12} = 3.3 \text{ k}\Omega$ . 这样, b 点电位的变化范围为 2.3 ~ 5.1 V, c 点电位变化范围为 0.6 ~ 2.1 V. 调整电位器  $R_7^*, R_9^*$ , 把 b 点电位固

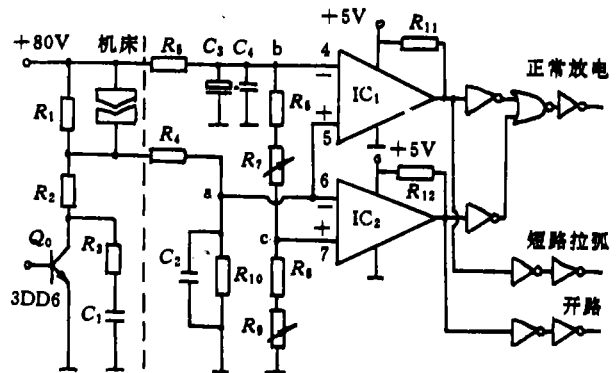


图 4 间隙状态识别电路

定在 4.0 V 左右, c 点电位固定在 1.0 V 左右. 当间隙短路或电弧放电时, IC<sub>1</sub> 输出 +5 V, IC<sub>2</sub> 输出为零; 当间隙开路时, IC<sub>2</sub> 输出为 +5 V, IC<sub>1</sub> 输出为零. 正常火花放电则应是 IC<sub>1</sub>, IC<sub>2</sub> 输出都为零的情况, 即

$$\text{正常火花放电} = \text{短路} + \text{开路} = \text{短路(或电弧)} \cdot \text{开路}$$

## 2.2 低通滤波电路

间隙状态的评价指标, 是以正常放电、间隙开路、间隙短路或电弧放电各自持续的时间, 在一段时间所占的比例. 即

$$Q_i = \frac{\sum T_i}{T} \propto U_{cc} \frac{\sum T_i}{T} = U_i,$$

其中,  $Q_i T_i$  是第  $i$  个正常放电脉冲持续时间,  $T$  是取样周期,  $U_{cc}$  是门电路电源电压 +5V,  $N$  是取样周期内间隙状态脉冲信号个数,  $U_i$  是正常放电脉冲信号电压平均值. 同样地, 短路(或电弧放电)间隙状态指标 ( $Q_o$ ) 为

$$Q_o = \frac{\sum T_o}{T} \propto U_{cc} \frac{\sum T_o}{T} = U_o,$$

开路间隙状态指标 ( $Q_e$ ) 为

$$(Q_e) = \frac{\sum T_e}{T} \propto U_{cc} \frac{\sum T_e}{T} = U_e.$$

由此可见, 间隙状态指标可以用相应状态的脉冲信号电压平均值表示. 为求得脉冲信号的电压平均值, 可以通过一个二阶切比雪夫低通滤波器获得. 这种二阶切比雪夫低通滤波器的特点是增益可调, 滤波特性好, 电路简单(图 5). 该滤波器的传递函数为

$$\frac{U_o(S)}{U_i(S)} = \frac{Gb_0}{S^2 + b_1 S + b_0},$$

其中,  $b_0 = 1/R_1 R_2 C C_1$ ,  $b_1 = (1-u)/R_2 C_1 + 1/R_1 C_1 + 1/R_2 C$ ,  $G = u = (1 + R_4/R_3)$  滤波器增益(取  $G=2$ ).

目前国内外电火花机床主轴伺服系统无

非是两大类: 一类是液压喷嘴档板式, 另一类是力矩电机伺服式. 在文献[2]中, 喷嘴档板式的主轴伺服响应时间为 16 ms 左右. 力矩电机伺服式的主轴伺服响应时间为 10 ms 左右, 据此, 低通滤波器的截止频率选取  $f_c = 100$  Hz 较为合理. 按归一化设计, 取电容  $C = 0.1$  μF, 则参数  $K = 100/f_c C = 100/(100 \times 0.1) = 10$ , 其他元件参数分别为:  $C_1 = C = 0.1$  μF,  $R_1 = 11$  kΩ,  $R_2 = 15$  kΩ,  $R_3 = R_4 = 52$  kΩ. (以上各电阻值已按最接近的标准电阻值修正)<sup>[3]</sup>.

## 2.3 条状图形显示器设计

间隙状态显示用 3 组各 5 只发光二极管组成, 分别显示正常火花放电、间隙开路、间隙短路或电弧放电的频度. 其中 1 组的显示电路如图 6 所示.

电火花加工用的脉宽/脉间选择在 1:1 左右, 输入电压在 0~2.5 V 范围. 输入电压经一

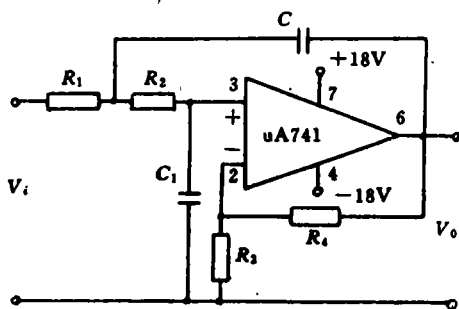


图 5 低通滤波电路

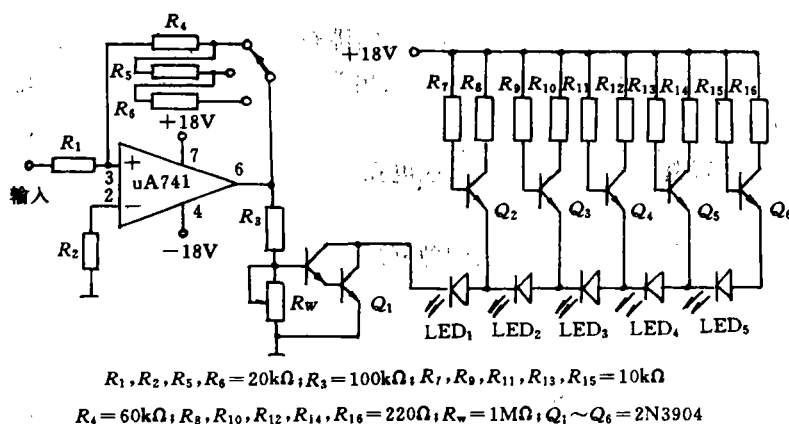


图6 条状图形显示电路

级由运放 uA741 组成的放大器后,显示器的输入电压在 1~10 V 左右. 调整电位器  $R_w$ , 使显示器的显示电压设定在 1~10 V 范围.

### 3 结论

本装置已在上海第八机床厂生产的 D6140A-1 型电火花机床上试用过,取得预期的效果.

在实际使用中发现,由于加工参数脉宽/脉间比例不可能完全按照 1:1 选择,显示器的输入电压范围将发生变化. 这时通过改变波段开关 K 的位置,调整滤波器输出至显示电路输入之间的电压增益,保证显示电路的输入电压范围在 1~10 V 左右. 操作者应首先设置好加工参数,打开放电脉冲电源,然后改变波段开关 K 的位置,使增益由小到大切换,至开路状态显示器发光二极管全亮为止. 使用结果表明,该装置工作稳定可靠,显示直观明了. 在原机床上装上该装置后,避免了因加工参数调整不当而引起烧伤电极或加工不稳定的情况,而且大大缩短了调整最佳加工参数的时间. 另外该装置可以不作任何改动,安装在其他型号的电火花机床上使用.

### 参 考 文 献

- 雷鸣达. 电火花加工用脉冲电源. 北京:机械工业出版社,1988. 15~16
- 向兴明,刘石安,赵国光. 电火花成形机床伺服响应时间测试. 电加工,1992,(4):27~28
- 约翰逊 D F. 有源滤波器的快速实用设计. 北京:人民邮电出版社,1980. 12~13

## A Real-Time Unit for Displaying the Spark Gap Condition during Electric Discharge Machining

Jiang Kaiyong

(Dept. of Precis. Mech. Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

**Abstract** A new method known as bar-shaped pictorial display is presented for displaying the condition of spark gap during electric discharge machining; and the design method of this real-time display unit is also presented.

**Keywords** discharge machining, condition of spark gap, bar-shaped pictorial display