

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2014.05.010

# 电子雷管引火元件专用点焊机的 工艺参数与工装设计\*

玉团英 吕国栋 张梅红 乔秀泉 江道友 田羽燕

山东圣世达化工有限责任公司(山东淄博,255206)

[摘 要] 根据国内市场生产电子雷管的需要,研制了一种专门用于电子雷管延期体与脚线、刚性引火元件焊接的专用焊机,主要由双头电阻焊机、药头步进送料机构、机械手传递机构、延期体排模步进机构、电控系统、冷却系统等构成。主要解决的问题:焊接参数的选择;焊机的选择与焊接机构的结构设计;刚性引火药头与延期体排正对位问题,药头步进送料机构、机械手传递机构、延期体排模步进机构的结构设计;冷却系统的设计等。焊接质量符合电子雷管生产的需要,焊接效率 400 发/h。

[关键词] 点焊机;电子雷管;电子延期体;引火元件;刚性药头

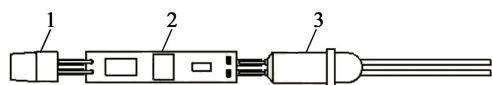
[分类号] TD235.2+1

## 引言

电子雷管以其延期时间准确、延期时间可现场编程、电子密码保护、安全性能可靠等诸多优点而得到政府相关部门的肯定。2012 年以来公安部、工业与信息化部积极助推电子雷管代替普通电雷管在全国民爆市场进行推广,因此,研究电子雷管的大批量工业化生产成为必然。

本文的目标是设计研制出一台能同时完成电子延期体与雷管脚线、刚性药头焊接工作的专用焊接设备。该设备要有较高的自动化水平,能够满足电子雷管引火元件批量生产的需要,单台设备生产能力达到 400 发/h。

电子雷管引火元件是电子雷管的核心部件。它是电子雷管的发火部件,有密码保护、延期时间设定等功能。电子雷管引火元件由雷管脚线、电子延期体、刚性引火元件(或称刚性药头)等 3 部分构成。单发电子雷管引火元件如图 1 所示。



1 - 刚性引火元件;2 - 电子延期体;3 - 雷管脚线

图 1 电子雷管引火元件示意图

Fig. 1 Sketch map of electronic detonator flash components

在实际生产中,刚性引火元件如图 2 所示,它是一排沾有点火药头的钢带,每个药头间距为 5.9 mm,钢带厚度 0.2 mm。电子延期体则是 13 发电子延期

体连在一起的拼板,单发电子延期体间距为 6 mm。如图 3 所示。

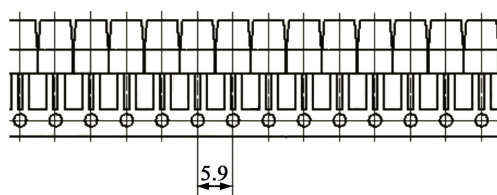


图 2 刚性引火元件示意图

Fig. 2 Sketch map of rigid flash component

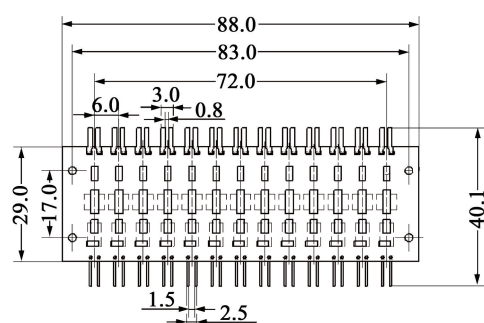


图 3 电子延期体排板示意图

Fig. 3 Plate layout diagram of electronic delay element

## 1 焊接工艺路线的设计与焊接工艺参数的选择

### 1.1 焊接工艺路线的设计

根据电阻焊生产效率高、成本低、节省材料、易于自动化等诸多特点,结合刚性药头成品、电子延期

\* 收稿日期:2014-05-15

作者简介:玉团英(1973~),男,主要从事民爆器材生产工艺及技术研究。E-mail:yutuanying372@sina.com

体排板、雷管脚线生产的实际情况,选择电阻点焊的方式来制作电子雷管延期体是比较适合的。工艺路线是:刚性药头切断,单发药头传递与电子延期体引脚对位,同时人工将雷管脚线与电子延期体引脚对位;电子延期体两端分别对位准确以后,焊机焊极下压放电,完成单发焊接动作;然后,重复上述动作,完成整个电子延期体排板的焊接工作(图 4)。

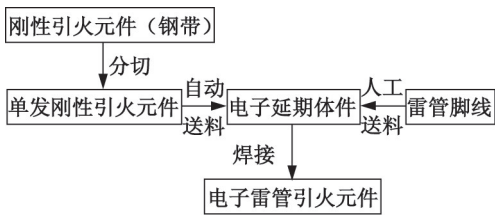


图 4 焊接工艺路线图  
Fig. 4 Welding process

## 1.2 焊接工艺参数的选择

### 1.2.1 电极间电阻

电极间电阻包括刚性药头电阻  $R_w(1.2\ \Omega)$ , 雷管脚线(2 m)电阻  $R_c(2.2\ \Omega)$ , 电子延期体电阻  $R_{ew}(9.3\ \Omega)$ 。已知刚性药头引脚材料为软铁,与刚性药头焊接的电子延期体引脚材料为铁镀锌,雷管脚线线芯为铁材质,与雷管脚线焊接的电子延期体引脚材料为软铁。即电极间电阻  $R \cong R_c + 1/R_w + 1/R_{ew} \cong 1.2 + 1/2.2 + 1/9.3 = 2.1\ \Omega$ 。

### 1.2.2 电极材料

根据材料性能筛选铬锆铜焊极<sup>[1]</sup>和钼电极<sup>[2]</sup>作为点焊电极材料进行试验。钼电极熔化电子雷管引火元件焊点效果不如铬锆铜电极理想,从工作效率上讲焊接熔化的时间也不如铬锆铜电极快。为改善焊接性能,选定铬锆铜作为焊接电极。电极截面尺寸<sup>[3]</sup>依据焊接工件焊点尺寸最初确定为 6 mm×3 mm 和 6 mm×4 mm 两种,长度为 25~30 mm。铬锆铜<sup>[1]</sup>优点是:导电、导热性能好,硬度高,耐磨抗爆,用作电火花电极具有直立性好、打薄片不弯曲、光洁度高等优点。铬锆铜的物理性能见表 1。

表 1 铬锆铜的物理性能<sup>[4]</sup>

Tab. 1 Physical properties of Cr-Zr-Cu

密度/ ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	抗拉强度/ ( $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$ )	硬度 HV	延伸率 /%	导电率 (20℃) IACS /%	热导率 (20℃)/ ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )
8.9	≥ 380	110~145	≥ 15	≥ 75	330

### 1.2.3 焊接电流

焊接电流的确定,要依据电焊机变压器的选择。

根据安全性、经济性及焊接热量的需求,对市场上现有各种电阻焊机进行筛选,最后确定备选点焊机变压器产生电流范围在 1800~3000 A 之间。

### 1.2.4 焊接压力

点焊机的上下焊极是由气缸带动实现夹紧与放开工作的。为了防止焊接火花飞溅和损坏电极,使焊极气缸的压力可调,考虑通过调节气压来调节焊极压力<sup>[4]</sup>。根据电极的硬度及受力情况,最终确定焊接压力在 2 MPa 以内。

### 1.2.5 焊接时间

按照 6 mm×3 mm 规格,电极分别依据不同的电流强度进行试验,电极间电阻均取 2.14  $\Omega$ ,试验数据见表 2。按照类似参数对 6 mm×4 mm 规格电极进行试验,数字相差不大,主要是电极电阻几乎没有发生变化,对数据影响甚微。

表 2 铬锆铜电极不同参数试验

Tab. 2 Different parameter test of Cr-Zr-Cu electrode

热量 $Q/\text{kJ}$	焊接电流 $I/\text{A}$	焊接时间 $t/\text{s}$
208	1800	0.03
232	1900	0.03
256	2000	0.03
283	2100	0.03
277	1800	0.04
309	1900	0.04
340	2000	0.04
377	2100	0.04
345	1800	0.05
386	1900	0.05
428	2000	0.05
472	2100	0.05
416	1800	0.06
463	1900	0.06
513	2000	0.06
566	2100	0.06

经过反复试验,当焊接电流 2000 A 左右,焊接压力 1.5~2.0 MPa,焊接时间为 2~3 周波(40~60 ms)时,6 mm×3 mm 电极产生的焊接效果最理想,引火元件废品率最低;6 mm×4 mm 电极产生的焊接效果也不错。

## 2 专用点焊机的结构设计

焊机采用唐山开元公司桌式电阻焊机。该种机型焊接条件调节范围很宽,焊接质量比较稳定,完全能满足电子延期体制作的需要。

### 2.1 焊接机构的结构设计<sup>[5-6]</sup>

根据工艺要求,电子延期体与雷管脚线、刚性药头焊接工作要同时完成。根据电子延期体排板的结

构,要求点焊机具有两对焊极,同时进行焊接。如图 5 所示。

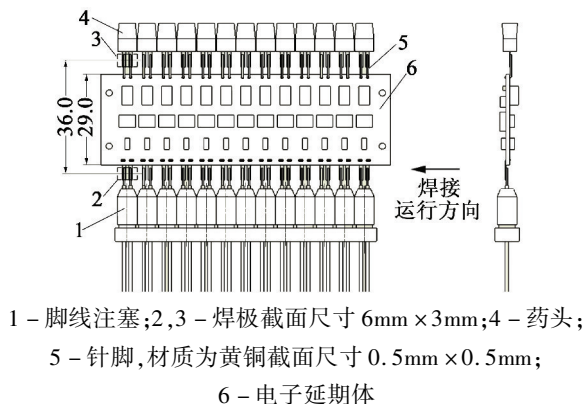


图 5 电子延期引火元件焊接示意图

Fig. 5 Welding schematic diagram of electronic delay flash components

焊机工作时延期体排板由右向左步进运动,刚性药头从左边由机械手传递到后焊极位置与延期体排针对齐,同时人工将雷管脚线与相应的延期体另一端引脚对齐,踩下焊接踏板,完成焊接(图 6)。

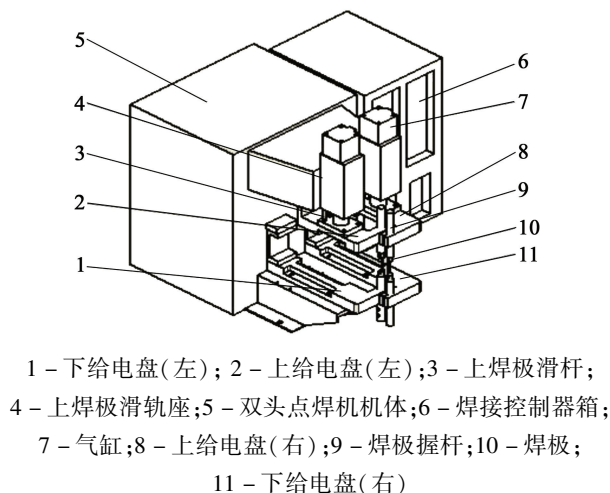


图 6 专用点焊机焊接机构示意图

Fig. 6 Welded construction of the spot welding machine for special uses

两对焊极中心间距为  $36\text{mm}$ , 为了防止飞溅现象, 将电极截面尺寸确定为  $6\text{mm} \times 3\text{mm}$ 。下焊极固定, 上焊极由气缸带动可上下移动。

由于同时有两个焊接区域, 所以焊接机构有两个头(双头点焊)。它有两个焊接回路, 两个焊接控制器, 两个变压器。因为两对焊极中心线均与各自的上焊极滑杆轴线有一段距离, 焊接时压力大, 引起上下焊极间产生搓动, 尤其是前面的一对焊极搓动现象更为突出, 严重影响焊极质量, 产品的废品率较高。为了解决搓动问题, 将上焊极滑杆的导向杆由 1 个增加到 3 个, 提高了导向滑动机构的整体刚度,

解决了搓动问题。

## 2.2 延期体排模步进机构的结构设计<sup>[5-6]</sup>

延期体排模步进机构如图 7 所示。

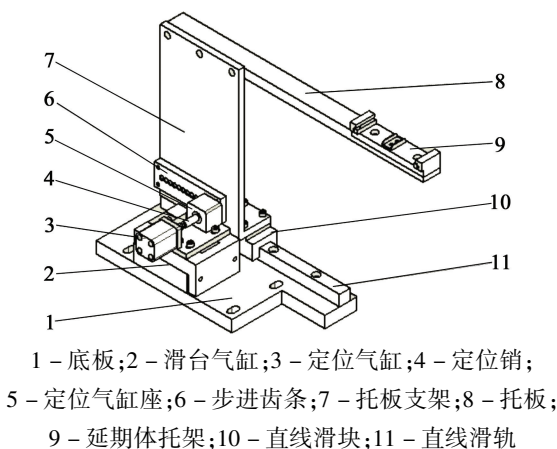


图 7 延期体排模步进机构

Fig. 7 Forming step mechanism of delay element

根据延期体排板结构尺寸(图 3)设计延期体托架, 要求延期体排板要容易拆装, 能够穿越两对焊极之间的空间, 利用延期体排板两端定位孔进行定位。延期体托架固定在托板上, 托板通过 3 个螺栓紧固在托板支架上, 托板支架与 2 个直线滑块固定, 直线滑轨固定在底板上。步进齿条固定在托板支架上, 面向定位销。滑台气缸固定在底板上, 使滑台气缸运动方向与直线导轨平行。定位气缸座固定在滑座气缸的滑台上, 定位气缸固定在定位气缸座上, 定位销与定位气缸杆螺纹连接, 定位销在定位气缸座前端定位孔内自由滑动, 其运动方向与滑台气缸运动方向垂直<sup>[4]</sup>。

该机构的动作原理: 定位销由定位气缸带动, 顶入步进齿条的定位孔定位, 滑台气缸向前运动  $6\text{mm}$ , 焊机部分进行焊接动作, 定位销退出步进齿条定位孔, 滑台退回原位, 定位销由气缸 3 带动顶入步进齿条下一个定位孔, 滑台向前运动  $6\text{mm}$ , 这样延期体排板就向前运动了一步(步距  $6\text{mm}$ )。如此循环, 实现延期体排板焊接时步进动作。13 发延期体焊接完成后, 将延期体退出, 延期体支架推回初始位置, 插入下一个延期体排板进行焊接。

## 2.3 刚性药头步进送料机构的设计

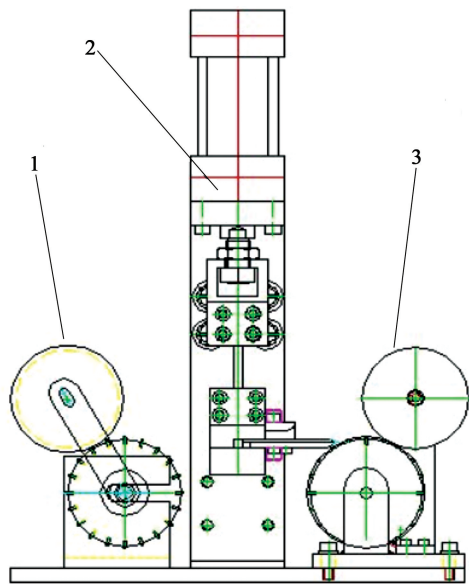
### 2.3.1 刚性药头步进送料机构的设计<sup>[5]</sup>

根据刚性药头钢带设计结构特点(图 2)进行药头步进切断机构的结构设计, 目的是在一个固定的位置将药头从钢带上切下来, 而且是一步一个准确地切下来, 每个药头留有足够长的引脚。那么, 步进送料是首先要解决的问题。

常见的送料方式有两种。



一种是利用针轮拉着药头钢带的方式向前运动,利用钢带定位孔定位实现步进送料,不切断钢带连接部分,只切断药头的两个引脚。如图 8 所示。



1 - 牵引针轮组; 2 - 药头切断机; 3 - 定位针轮组

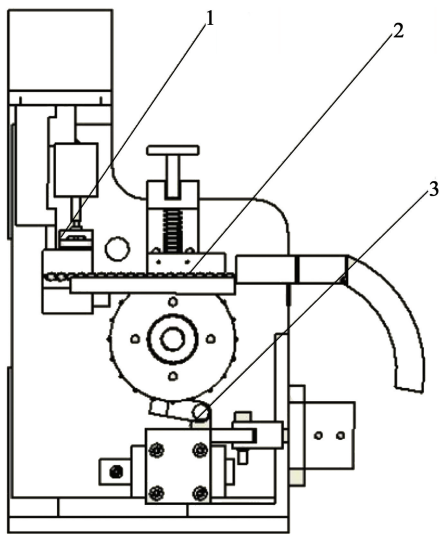
图 8 药头送料切断机构 A

Fig. 8 Shutdown mechanism A for the feeding of fuse head

此种结构优点是:药头钢带前进方向定位准确。

缺点是:1) 由于切断时药头附近没有限位,药头纵向定位不准确;2) 整个机构体积较大;3) 动力源用电机减速器,采用摩擦轮,能量利用率低。

另一种利用针轮转动,推着药头钢带向前运动,利用钢带定位孔定位实现步进送料。如图 9 所示。



1 - 药头切断机构; 2 - 针轮送料机构; 3 - 棘轮棘爪传动

图 9 药头送料切断机构 B

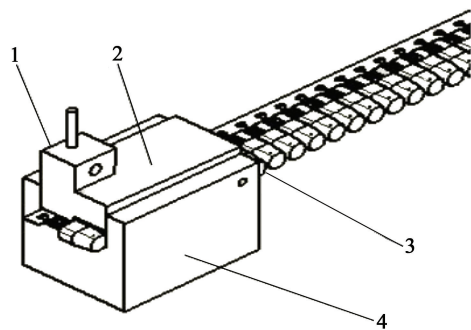
Fig. 9 Shutdown mechanism B for the feeding of fuse head

该机构的优点:1) 整体机构紧凑,体积小;2) 药头切断时定位准确。

缺点:1) 利用针轮推着钢带送料,针轮较大,针

轮送料位置离切刀距离较大,加上钢带又很薄,钢带特别容易变形,故障率高,实际使用效果较差;2) 利用棘轮棘爪传动带动针轮运动,棘轮棘爪机构复杂,不易加工。

鉴于两种机构的缺点,它们均不符合专用点焊机的使用要求。在图 9 机构的基础上进行改进:将针轮送料机构取消,根据药头钢带的结构特点,设计了特殊的直线棘爪送料机构(图 10)。棘爪与托板通过销轴连接,棘爪能绕销轴转动,顶针通过紧定螺钉与棘爪紧固,顶针下端磨成马蹄形,当托板向前运动,顶针马蹄尖顶着钢带定位孔前沿,把钢带向前送。前方定位针将钢带定位后,托板退回原位,棘爪与顶针随之退回原位。回退时,顶针马蹄斜面从钢带定位孔中滑出,顶针不会拽钢带。这样钢带向前送一步,前面切断机构就切一发药头。直线棘爪机构能最大限度地接近切刀,顶针马蹄尖距切刀刀口只有 7 个钢带步距。而且回退时,由于钢带被切断机构定位针卡住,钢带处于被拉紧状态。所以该机构钢带不易变形,故障率很低,使用效果好。



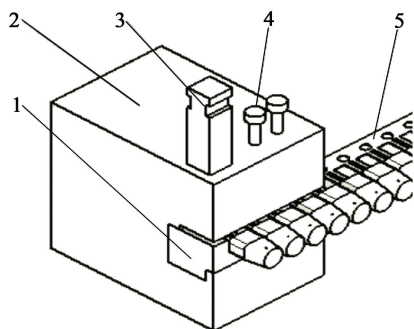
1 - 顶针; 2 - 棘爪; 3 - 钢带; 4 - 托板

图 10 直线棘爪送料机构

Fig. 10 Linear pawl feeding mechanism

### 2.3.2 刚性药头切断机构结构设计<sup>[5]</sup>

切断机构主要是切刀模<sup>[7-8]</sup>的设计。根据药头钢带的尺寸特征,按照冲压模具设计的方法,设计出切刀模具,如图 11 所示。



1 - 底刀; 2 - 切刀模; 3 - 切刀; 4 - 定位针; 5 - 钢带

图 11 钢带切断机构

Fig. 11 Shutdown mechanism of steel belt

### 2.3.3 切刀气缸的选择

图 12 中虚线表示切刀刀口。

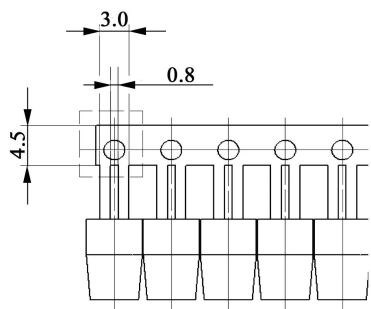


图 12 药头钢带剪切示意图

Fig. 12 Shear sketch map of steel belt of fuse head

把一发药头从钢带上切下来需要力设为  $F$ , 那么

$$F = \tau \times S; \quad (1)$$

式中:  $\tau$  为材料抗剪强度, MPa;  $S$  为剪切截面积,  $\text{m}^2$ 。

药头钢带材料为软钢, 可用普通碳素钢抗剪强度代替, 确定  $\tau$  取值为 350 MPa<sup>[8]</sup>;  $S$  值可由计算得出。

$$S = (4.5 + 3 - 0.8) \times 0.25 \times 10^{-6} \\ = 1.675 \times 10^{-6} \text{ m}^2。$$

将  $\tau = 350 \text{ MPa}$ ,  $S = 1.675 \times 10^{-6} \text{ m}^2$  代入式(1)得:

$$F = 58.625 \text{ N}。$$

一般状态下, 压缩气气压  $p = 0.4 \text{ MPa}$ , 气缸推力<sup>[4]</sup>:

$$F' = p \times S'; \quad (2)$$

$$S' = \pi D^2 / 4; \quad (3)$$

式中:  $S'$  为气缸活塞截面积;  $D$  为气缸缸径, m。

令  $F = F'$ , 由式(2)、式(3)得

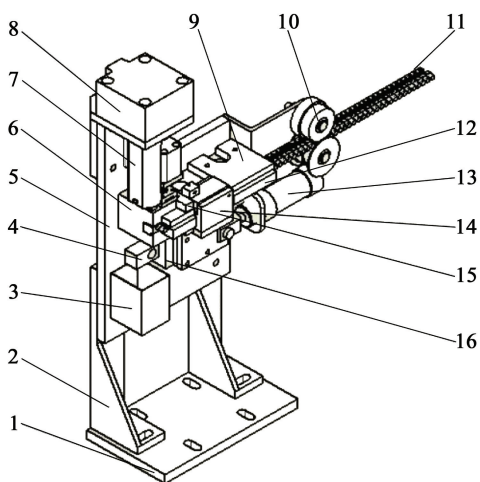
$$D = \sqrt{4F / \pi p} \\ = \sqrt{4 \times 58.625 / 3.14 \times 0.4 \times 10^5} \\ \approx 0.0423 \text{ m} \\ = 42.3 \text{ mm}。$$

所以取气缸直径为 50 mm, 根据切钢带的需要行程为 10 mm 即可。

选用气立可治具气缸型号为: JD-50 × 10-B-SD2。

### 2.3.4 刚性药头步进送料机构

将药头步进送料机构、切断机构以药头钢带为基准安装在一起, 如图 13 所示, 切刀气缸、气缸接头、底板、支架、导向轮组、钢带托板、钢带压板、送料气缸、直线滑块、直线滑轨等零部件按图组装成刚性药头步进送料机构。



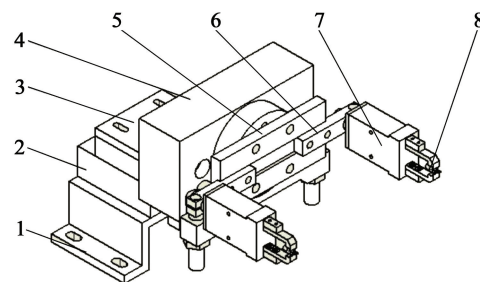
1 - 底板; 2 - 支架; 3 - 废料盒; 4 - 直线导轨; 5 - 背板; 6 - 切断机构; 7 - 气缸接头; 8 - 切刀气缸; 9 - 钢带压板; 10 - 导向轮组; 11 - 药头钢带; 12 - 钢带托板; 13 - 送料气缸; 14 - 送料机构; 15 - 光电传感器; 16 - 直线滑块

图 13 刚性药头步进送料机构

Fig. 13 Step feeding mechanism of rigid fuse head

### 2.4 机械手传递机构设计<sup>[5]</sup>

机械手传递机构的作用是将步进送料机构切下来的药头拿住, 然后送至后焊极处与延期体板引脚焊接。用两个气动<sup>[4]</sup>机械夹做成机械手来夹持药头, 夹紧药头后, 滑台气缸后退, 旋转缸带动机械臂翻转 180°, 然后滑台气缸向前, 将药头送至焊接位置进行焊接。机械臂的长度受到双头点焊机上下给电盘间距的制约, 可在一定范围内调整, 机械臂旋转半径约为 110 mm。机械手传递机构具体结构见图 14 所示。



1 - 底座; 2 - 滑台气缸; 3 - 旋转气缸座; 4 - 旋转气缸; 5 - 旋转手臂; 6 - 机械手支架; 7 - 机械手组件; 8 - 药头

图 14 机械手机构

Fig. 14 Manipulator mechanism

### 2.5 冷却系统设计

由于双头点焊机在工作时焊接回路电流比较大, 一般在 1800 ~ 3000 A, 会在焊极、焊接变压器处产生很大热量, 如果不能把这些热量及时散去, 将会严重影响焊接质量, 甚至会发生焊极报警, 停止工作, 影响生产。所以, 焊机需要冷却装置。根据双头点焊机要求, 设计了循环冷却装置, 由一台水泵, 一

个水箱,两根导管组成。冷却水箱为不锈钢板焊接而成,不锈钢板厚 3 mm,强度足够,整体散热性能比较好,水箱容量 60 L。冷却水使用干净的自来水即可。利用热传导、热辐射原理把两根导管(铜质)作为冷却器安装在焊极、焊接变压器处附近,焊极、焊接变压器处产生的热量以热传导、热辐射<sup>[9]</sup>的形式传到导管,再利用温差原理把导管吸收的热量用循环流动的自来水带到水箱冷却,循环使用。根据夏天现场检测,冷却进水温度( $23 \pm 2$ )℃,出水温度( $30 \pm 3$ )℃,冷却效果较好。使用时,将水泵出水口与双头点焊机进水口用胶管连接,焊机出水口用胶管与水箱回水孔连接即可。

## 2.6 专用点焊机整体结构

电子雷管引火元件专用点焊机由双头点焊机、延期体排模步进机构、药头步进送料机构、机械手传递机构、机架支撑机构、药头盘卷机构组成。机架支撑机构是支撑焊机的部件,既要坚固耐用又要美观大方。结构类似办公桌,左右形成两个箱体,一个放置电路控制系统,一个放置气路控制系统;四周及台面采用不锈钢拉丝板包封,既美观又实用。药头盘卷机构不详细论述。电气控制系统至关重要,采用 PLC 程序控制,是整个设备的神经中枢,在本文暂不做详细论述。

## 3 结束语

电子雷管引火元件专用点焊机的焊接效率 400 发/h,焊点牢固,完全满足生产需要。该设备设计新颖,实现了刚性药头与电子延期体焊接,以及电子延期体与雷管脚线同步焊接;引用 PLC 程序控制技术,对国内工业雷管生产装备改进和实现电气自动化有一定的指导意义。

## 参 考 文 献

- [1] 罗春信. 凸形电极及其修整器[J]. 电焊机, 2000, 30(6): 25-27.  
Luo Chunxin. Convex electrode & shaving device[J]. Electric Welding Machine, 2000, 30(6): 25-27.
- [2] 行如意, 康布熙, 苏娟华, 等. Cu-Cr-Zr 合金时效后显微硬度和导电率的研究[J]. 材料开发与应用, 2003, 18(4): 21-22, 46.  
Xing Ruyi, Kang Buxi, Su Juanhua, et al. Study on micro hardness and conductivity of Cu-Cr-Zr alloy [J]. Development and Application of Materials, 2003, 18(4): 21-22, 46.
- [3] 冯式文. 铬锆铜合金性能及其在电阻焊中的应用[J]. 电焊机, 1987(6): 4-9, 19.  
Feng Shiwen. Performance of chromium-zirconium-copper alloy and its application in Rw[J]. Electric Welding Machine, 1987(6): 4-9, 19.
- [4] 章宏甲, 黄谊, 王积伟. 液压与气压传动[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [5] 闻邦椿, 张义民, 鄂中凯, 等. 机械设计手册[M]. 5 版. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [6] 濮良贵, 纪名刚. 机械设计原理[M]. 6 版. 北京: 高等教育出版社, 1998.
- [7] 崔崑. 国内外模具用钢发展概况[J]. 金属热处理, 2007, 32(1): 1-11.  
Cui Kun. Development of die and mould steels at home and abroad[J]. Heat Treatment of metals, 2007, 32(1): 1-11.
- [8] 《冲模设计手册》编写组. 冲模设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [9] 章熙民, 任泽霁, 梅飞明. 传热学[M]. 3 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1993.

## Technological Parameters and Design of Spot Welding Machine Dedicated for Electronic Detonator Flash Components Production

YU Tuanying, LV Guodong, ZHANG Meihong, QIAO Xiuquan, JIANG Daoyou, TIAN Yuyan  
Shandong Shengshida Chemical Co., Ltd. (Shandong Zibo, 255206)

[ABSTRACT] A spot welding machine, specially used for the welding of electronic detonator delay element with leg wire and rigid flash component, was developed to meet the needs of the production of electronic detonator in domestic market. It is mainly composed of dicephalous resistance welder, step feeding mechanism of fuse head, manipulator deliver mechanism, forming step mechanism of delay element, electronic control system, cooling systems and so on. The main problems were solved in terms of the selection of welding parameters; the choice of welding machine and welding structure design; the rows facing of rigid fuse head and delay element; design of step feeding mechanism of fuse head, manipulator deliver mechanism, forming step mechanism of delay element and cooling system. The welding quality conforms to the needs of electronic detonator production, and its welding efficiency is 400 rounds/hour.

[KEY WORDS] spot welding machine; electronic detonator; electronic delay element; flash components; rigid fuse head