

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2013.03.011

储能式焊线机焊线质量影响因素分析*

倪磊 唐胜 赵鹏飞 苏理彬 邹永生 廖帆

重庆顺安爆破器材有限公司(重庆北碚,400713)

[摘要] 试验研究了储能式焊线机相关性能参数、原材料质量、工装模具等对焊线质量的影响,对影响储能式焊线机焊线质量的各因素进行了分析。控制焊线质量的措施:控制爆破线柔软度,根据爆破线的差异及时调整储能式焊线机相关技术参数,提高工装模具的精度和使用寿命等。

[关键词] 引火元件 储能式焊线 焊线质量

[分类号] TD235.2+2

引言

工业电雷管的引火元件药头主要有刚性药头和弹性药头两种结构。刚性药头在生产时自动化程度较高,电性能一致性较好,产品质量较为稳定,但其生产工艺较为复杂,制造成本较高;弹性药头虽然存在电性能一致性相对较差、生产自动化程度不高等问题,但具有制造设备简单、工艺简便,生产成本较低等特点^[1-5]。我国半数的起爆器材生产厂家采用的都是弹性药头结构的工业电雷管。弹性药头的焊桥方式主要有手工和储能焊两种。本文将从储能式焊线机以及原材料选择方面就影响储能焊线产品质量的各种因素进行分析,以解决储能焊线机在使用当中存在的桥丝电阻不稳、虚焊多,以及电引火药头在贮存过程中电阻漂移等质量问题。

1 储能式焊线机工艺流程

储能式焊线机工艺流程如图1。

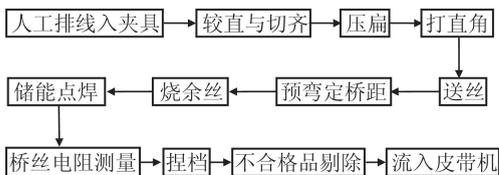


图1 储能式焊线机工艺流程

Fig.1 Process flow of energy-preserving welding machine

2 影响储能式焊线机焊线质量的因素^[6-7]

影响储能式焊线机焊线质量的因素有压扁形变量、压合形变量、充电电压、焊头磨损情况、走车的精确度等诸多因素。针对上述影响因素,工艺试验采用的是XY厂产线芯直径为0.5mm的聚氯乙烯绝缘爆破线;XA厂产 $\varnothing 0.040$ mm、每米电阻值830~

850 Ω /m的镍铬电阻合金丝,档距为3.0mm;测量仪表为KF厂生产的精度为0.01 Ω 的BP-2000型雷管网络欧姆表。

2.1 压扁对焊线质量的影响

在其他焊接条件不变的情况下,在不同压扁形变量下测试桥丝电阻(样本量: $n=20$),见表1。

表1 不同压扁形变量对桥丝电阻的影响

Tab.1 Effect of different flattened variables on resistance of bridge wire

压扁形变量/mm	桥丝电阻/ Ω					断线率/%
	最大值	最小值	平均值	极差	标准差	
0.00	∞	2.45	—	—	—	35
0.10	2.78	2.68	2.73	0.10	0.030	0
0.20	2.78	2.69	2.73	0.09	0.034	0
0.30	2.81	2.64	2.71	0.17	0.060	0
0.40	2.82	2.63	2.70	0.19	0.063	0

由表1可见,在一定的压扁形变量范围内,桥丝电阻的精度和离散性较好,焊线质量较为稳定。在未达到合适的压扁形变量时,由于桥脚压扁程度不够,在焊接时,接触面积不够,焊接能量不足,压焊时产生的残余应力会导致桥丝未焊接、焊接不牢、虚焊,对桥头的电参数造成影响;超过形变范围后,随着压扁形变量的增加,桥脚压扁薄面垂直方向的刚性减弱,焊接后易产生波浪变形,导致桥丝电阻的精度降低,离散性增大,焊线质量水平下降。因此,在实际生产过程中,需将压扁的形变量控制在0.10~0.20mm范围内为宜。

2.2 压合对焊线质量的影响

* 收稿日期:2012-12-18

作者简介:倪磊(1987~),男,助理工程师。主要从事火工品生产工艺方面的研究。E-mail:nilei19870616@126.com

在其他焊接条件不变的情况下,压扁形变量为 0.2mm,在不同压合形变量下测试桥丝电阻(样本量: $n=20$),见表 2。

表 2 不同压合形变量对桥丝电阻的影响

Tab. 2 Effect of different pressed variables on resistance of bridge wire

压合形变量 /mm	桥丝电阻/ Ω					断线率/%
	最大值	最小值	平均值	极差	标准差	
≤ 0.04	2.70	2.62	2.66	0.08	0.027	0
0.04	2.70	2.61	2.65	0.09	0.033	0
> 0.04	2.78	2.55	2.67	0.23	0.071	0

由表 2 可见,当压合形变量小于(或等于)2 倍压扁形变量时,桥丝电阻的精度和离散性较好,焊线质量较为稳定。当压合形变量大于 2 倍压扁形变量时,桥丝电阻的精度降低,离散性增大,焊线质量水平下降。当压合形变量大于 2 倍压扁形变量时,压合时残余应力使得桥脚在对折压合后不能紧密接触,导致在焊接时接触电阻增大,焊接质量受到影响;当压合形变量小于(或等于)2 倍压扁形变量时,对折桥脚接触良好,焊接时接触充分,焊接质量较好。因此,在实际生产过程中,需将压合形变量控制在小于(或等于)2 倍的压扁形变量范围之内。

2.3 充电电压对焊线质量的影响

在其他焊接条件不变的情况下,采用不同的充电电压,测试桥丝电阻(样本量: $n=20$),见表 3。

表 3 不同充电电压对桥丝电阻的影响

Tab. 3 Effect of different charging voltage on resistance of bridge wire

充电电压 /V	桥丝电阻/ Ω					断线率/%
	最大值	最小值	平均值	极差	标准差	
130	∞	2.58	—	—	—	25
150	2.75	2.65	2.68	0.10	0.038	0
170	2.71	2.61	2.65	0.10	0.038	0
190	∞	2.48	—	—	—	45

根据表 3 可以看出,充电电压越大,其储存电能越大,转换成的低电压脉冲电流也就越大,但低压脉冲电流过大,就易导致桥丝烧断或发蓝,破坏其电性能,对桥头的电参数造成影响;充电电压不足,其储存电能不足,转换成的低电压脉冲电流也就越小,产生的热量不足以对桥丝形成接触点熔融状态,导致桥丝与脚线未形成接触点熔融状态焊接或焊接不牢,造成虚焊较多,桥丝电阻不稳。因此,在使用储

能焊线机时,要根据不同的爆破线情况,选择合适的充电电压范围,才能有效地提高焊线的质量,达到预定效果。

2.4 焊头磨损对焊线质量的影响

在其他焊接条件不变的情况下,将焊头打磨平整后,相隔不同时间测试桥丝电阻(样本量: $n=20$),见表 4。

表 4 不同时间间隔对桥丝电阻值的影响

Tab. 4 Effect of different time interval on resistance of bridge wire

间隔时间 /min	桥丝电阻/ Ω					断线率/%
	最大值	最小值	平均值	极差	标准差	
0	2.65	2.58	2.60	0.07	0.023	0
20	2.70	2.57	2.63	0.13	0.039	0
40	2.72	2.54	2.64	0.18	0.043	0
60	2.74	2.52	2.65	0.22	0.051	0
80	2.76	2.59	2.62	0.17	0.056	0

由表 4 可见,随着焊头工作时间的不断增长,桥丝电阻精度下降,电阻的离散性增大,焊线质量水平下降。这是因为在焊接的过程中,电极一直处于高温、高压的工作状态中,电极端面易氧化、受损,表面起凹痕或凸起。焊头不平整,会导致焊头同桥脚焊接时在凸起位置的焊接能量大,易在桥脚上产生放电坑;在凹痕位置焊头与桥脚的接触面积不够,焊接能量不够,造成焊接不牢、虚焊。因此,要保障焊接质量,就应经常对焊头进行打磨,使之平整光滑,以利于焊接。

2.5 焊线精度对焊线质量的影响

在其他焊接条件不变的情况下,改变焊线精度,测试桥丝电阻(样本量: $n=20$),见表 5。

表 5 不同焊线精度对桥丝电阻的影响

Tab. 5 Effect of different welding wire precision on resistance of bridge wire

焊线精度	桥丝电阻/ Ω					断线率/%
	最大值	最小值	平均值	极差	标准差	
跑车位	∞	2.45	—	—	—	15
良好	2.69	2.61	2.64	0.08	0.021	0

由表 5 可见,焊线精度能够直接影响焊头焊接时接触点的位置。若走车的精度差,就会导致在焊接时焊点位置偏差较大,焊线机的能量就不能够有效地、均匀地传递到桥头上,造成局部桥脚压力过大,焊点处桥丝受损,形成桥路上的薄弱环节,而其余桥脚因受力较小,不能形成有效焊接,从而使桥丝

电性能受到影响。

走车精度差主要是因为夹具的尺寸精度不够,走车位置容易发生变动,链条导轨组件中光电感应小轴磨损变形导致走车位置不稳定,齿轮之间的啮合存在间隙,在转动咬合过程中的公差累积等多方面的因素。因此,可以从提高夹具精度、及时更换受损光电感应小轴以及及时消除齿轮啮合累积公差等方面解决走车精度差的问题。

2.6 捏档精度对焊线质量的影响

捏档精度是影响焊线质量的重要因素,机器可以通过桥丝电阻测量装置和并桥装置来保证捏档精度。当焊线工序完成后,由桥丝电阻测量机构测量桥丝电阻是否在合格要求范围内,再通过信号将判断结果传递给并桥装置。若判定合格,并桥装置上的推档机构工作,对桥脚捏档后进入皮带机流入下一步工序;若判定不合格,并桥装置上的推档机构不工作,桥脚无法捏档,作为不合格产品,等待废品处理。为确保焊线的质量及电阻精度,可将桥丝电阻测量合格范围控制在 $2.4 \sim 2.7\Omega$ 范围内,以保证全线电阻极差 1Ω 的要求。

3 爆破线对焊线质量的影响

3.1 不同柔软度对电阻废品率的影响

在其他条件不变的情况下,测试爆破线不同的柔软度(用回弹角表征)对桥丝电阻废品率的影响(样本量: $n=20$),见表6。

表6 回弹角对桥丝质量的影响

Tab.6 Effect of springback angle on the quality of bridge wire

回弹角/ $^{\circ}$	55~59	60~64	65~69	70~74	75以上
废品率/ $\%$	2.00	2.36	3.77	4.44	7.16

由表6可知,当爆破线逐渐变硬,回弹角逐渐增大时,其废品率随之增大,当回弹角大于 65° 时,废品率显著增高。这是因为随着爆破线硬度的增加,在压扁、压合中应力残留较多,不易达到尺寸要求范围,致使焊接不牢、虚焊较多,从而增大了废品率;理论上说,爆破线越软,其焊接质量越好,但是爆破线的采购价格也更高,增加了生产成本。因此,在爆破线柔软度的选择当中,要兼顾成本和质量两个因素,选择爆破线的回弹角在 $55^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 之间,废品率不高,并且爆破线的采购成本也可接受。

3.2 桥脚柔软度差异对电阻废品率的影响

在其他条件不变的情况下,选择回弹角在 $55^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 的爆破线,测试两桥脚柔软度差异情况对桥丝电阻废品率的影响(样本量: $n=2000$),见表7。

表7 两桥脚回弹角差值对桥丝质量的影响

Tab.7 Effect of springback angle difference of two bridges on the quality of bridge wire

两桥脚回弹角差值/ $^{\circ}$	5	10	15
废品率/ $\%$	1.11	2.52	2.88

由表7可见,当两桥脚之间的柔软度相差越大,废品率也随之增大。这是因为焊线机在工作时,不同硬度的爆破线所需的压扁、压合压力、焊接电压都是不同的,而在排线的时候,没有办法保证两桥脚的排列顺序的一致性,因而不能保证焊线机所调校的各项参数能够满足焊线要求。通过在生产中的不断摸索,当两桥脚回弹角相差在 5° 以内时,废品率基本可控,能够满足生产需要。

4 工装模具对焊线质量的影响

因DCQH—9718B多功能式储能式焊线机为新一代焊线机,采用群模焊线的方式,即先将20发线排到夹具中,然后再进入焊线机进行下一步操作,相比较A型机,整个焊线过程只需要1人便可完成,工效得到了提高,但对夹具的尺寸精度要求更为苛严。

夹具的尺寸精度对焊线质量有较大的影响,对比测试原配专用弹簧片式夹具和我公司设计的新式盖板式夹具,连续工作5日(样本量: $n=900000$),弹簧片式夹具的桥丝电阻废品率为 12% ,盖板式夹具为 5% 。使用盖板式夹具产生的电检废品率大大地低于采用弹簧片式夹具。

这是因为原配的专用夹具由于结构较为复杂,其固定塑料塞的弹簧片厚度较薄,弹簧片抗疲劳程度差,因此反复使用中缩短了弹簧片的使用寿命,在使用过程中易变形而精度下降,导致焊线时因对位不准废品率大大地增加;盖板夹具比弹簧片式夹具在尺寸精度上有了较高的优势,由于使用盖板将塑料塞固定,使塑料塞不晃动,有效地避免了弹簧片夹具的尺寸精度差、弹簧片易断而导致焊接对位不准的问题,有效地提高了焊线质量。

5 效果及产品质量检测

将全电阻控制在 $4.3 \sim 5.3\Omega$ 范围内,连续20个工作日测其废品率(样本量: $n=6400000$),全电阻废品率最大值为 5.5% ,最小值为 2.5% ,平均值为 3.9% 。

取焊接合格的电引火元件,采用苦味酸钾系列药头,药头大小为 $13 \sim 15\text{mg}$,装配成8号发蓝壳普通瞬发电雷管500发,按照相关规定要求,检测其相关产品性能,结果见表8。

表 8 产品性能测试

Tab. 8 Performance test of products

项目	标准要求	实测结果
电阻/ Ω	≤ 6.3 , 极差 ≤ 1.0	4.5~5.3
延期时间/ms	≤ 12.5	7.0
最小发火电流/A	≤ 0.45	0.34
发火冲能/($A^2 \cdot ms$)	2.0~7.9	6.6
安全电流/A	≥ 0.20	合格
串联起爆电流/A	≤ 1.2	合格

试验结果表明,产品质量能够符合 GB8031—2005《工业电雷管》标准的相关要求,且平均日废品率可以控制在 3.9‰之内,满足生产需要。

6 结论

1) 从焊线机自身相关工艺参数来说,根据爆破线的不同,通过将压扁形变量、压合形变量、焊接电压控制在适合范围内,保证焊线精度,及时打磨焊头等手段对焊线质量予以控制。

2) 从爆破线质量来说,要尽量选择柔软度较小(即回弹角较小),并且两桥脚回弹角相差不大的爆破线使用。根据生产经验,爆破线的回弹角控制在 $55^\circ \sim 65^\circ$ 之间,两桥脚回弹角相差在 5° 以内,采用同厂家、同批次、同段别的爆破线,提高一致性以满足焊线质量控制要求。

3) 提高工装模具的精度,使之能够匹配焊线机的生产需求,能够有效提高焊线质量水平。

参 考 文 献

- [1] 冯建森. DCQH—9718 多功能储能式桥丝自动焊机及其应用[J]. 爆破器材, 2001, 30(4): 13-15.
Feng Jiansen. DCOH-9718 multi-functional energy-pre-

serving bridgewire automatic welding machine and its application [J]. Explosive Materials, 2001, 30(4): 13-15.

- [2] 刘春根, 廖凯峰, 陈建国. 刚性与弹性电引火药头性能对比分析[J]. 江西煤炭科技, 2008(3): 49-50.
Liu Chungen, Liao Kaifeng, Chen Jian'guo. Comparative analysis of performance of rigid and elastic electricity-ignited powder [J]. Jiangxi Coal Science & Technology, 2008(3): 49-50.
- [3] 李富良, 曹敏忠, 王宪武. 国内外工业电雷管结构及引火药头部件的对比[J]. 爆破器材, 2007, 36(4): 13-16.
Li Fuliang, Cao Minzhong, Wang Xianwu. Comparison on the structures of industrial electric detonator and Its igniter at home and abroad [J]. Explosive Materials, 2007, 36(4): 13-16.
- [4] 刘自翎, 蒋荣光. 工业火工品[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2003.
Liu Zitang, Jiang Rongguang. Industrial Pyrotechnics [M]. Beijing: Ordnance Industry Press, 2003.
- [5] 李富良, 刘长江, 曹敏忠, 等. 桥丝自动焊线机在工业电雷管制造中的应用[J]. 爆破器材, 2003, 32(8): 21-23.
Li Fuliang, Liu Changjiang, Cao Mingzhong, et al. Applications of the bridge auto-soldering machine in manufacturing commercial electric detonator [J]. Explosive Materials, 2003, 32(8): 21-23.
- [6] 欧仙荣. 铜芯脚线储能焊接工艺方法改进[J]. 爆破器材, 2012, 41(4): 23-25.
Ou Xianrong. The improvement of energy-stored welding process on copper wire [J]. Explosive Materials, 2012, 41(4): 23-25.
- [7] 国家质检总局. GB/T 18014—2008 电雷管引爆用聚氯乙烯绝缘电线[S]. 2008.

Quality Analysis on the Welding Wire for Energy-preserving Welding Machine

NI Lei, TANG Sheng, ZHAO Pengfei, SU Libin, ZOU Yongsheng, LIAO Fan
Chongqing Shun'an Explosion Equipment Co., Ltd (Chongqing, 400713)

[ABSTRACT] The relevant performance parameters of energy-preserving welding machine, the quality of raw material and the mold tooling etc as the critical influence factors for the quality of welding wire were studied and analyzed in detail. The measurements in the quality control of the welding wire were proposed as the flexibility control of detonation fuse, the adjustment of related technical parameters of energy-preserving welding machine according to the difference of the detonation fuses, the precision and service life improvement of the tooling model, and so on.

[KEY WORDS] ignition element, energy-preserving welding wire, the quality of the welding wire