本文参考文献引用格式：王水成. 电焊机保护技术及装置的应用技巧[J].电焊机，2018，48(02)：64-67.

电焊机保护技术及装置的应用技巧

王水成
（中国平煤神马集团 职工技术协会，河南 平顶山 467021）

摘要：从促进安全生产和保护劳动者的角度出发，就电焊机及其线路系统和焊接操作者的保护装置进行介绍，主要包括剩余电流动作保护器、电焊机空载自动保护装置等，这些电器的主要职能是对电焊机及相关设备和操作人员起安全保护作用，保护范围主要是：电焊机过载，电焊机及其线路的短路，机壳和焊接回路漏电，电焊机及其线路直接接触触电和机壳与焊接回路漏电引起的间接接触触电，二次侧空载电压触电等。

关键词：电焊机；安全；触电；剩余电流动作保护器；漏电
中图分类号：TG434；X934　　**文献标志码**：B　　**文章编号**：1001-2303(2018)02-0064-04
DOI：10.7512/j.issn.1001-2303.2018.02.13

Application of electric welding machine protection technology and device

WANG Shuicheng
(Employee Technique Association, China Pingmei Shenma Group Co., Ltd., Pingdingshan 467021, China)

Abstract: From the perspective of promoting safe production and workers protection, introduce the device of electric welding machine and circuit system and protect the welding operator, which mainly includes the residual current operated protection device, electric welder no-load automatic protection device. The main function of these appliances is to play the role of security protection for electric welding machine and related equipment and operating personnel. The scope of protection is mainly electric welding machine overload; short-circuit electric welding machine and its line; casing and the welding circuit leakage; electric welding machine and line in direct contact with the electric shock and the casing and the welding circuit leakage caused by indirect contact electric shock; secondary no-load voltage electric shock.

Key words: electric welding machine; security; electric shock; residual current operated protective devices; electricity divulging

0 前言

电焊机在国民经济各领域的应用十分广泛，特别是在机械制造、设备维修和建筑工程等行业更是大量使用，是国民经济中不可或缺的技术装备。然而，由于种种原因，使用电焊机的各种事故时常发生。本研究将从促进安全生产和保护劳动者的角度出发，就电焊机及线路系统和焊接操作者的保护装置进行介绍。

1 电焊机及其安全隐患

电焊机是弧焊电源的统称，常见的类型有交流弧焊变压器、直流弧焊发电机、硅弧焊整流器、晶闸管式弧焊整流器、脉冲弧焊电源、逆变式弧焊电源等[1]，常见的产品外形如图1所示。

电焊机及其线路系统的隐患较多，由于电焊机及焊接操作引发的设备烧毁、人身伤亡和火灾事故屡屡发生，给国家财产和职工的生命健康造成了巨大且难以弥补的损失。而在高温、高湿、高粉尘、水下、容器、管道与地沟内或船舱等恶劣条件下的焊接作业中，触电事故和电焊机损坏现象更是频频发生。

2 剩余电流动作保护器的应用

2.1 技术背景和保护原理

传统的防触电方法是将电焊机的金属机壳及二次回路侧连接焊件的一端一起接地（或接零），这主要是用于防范电焊机绕组间绝缘损坏或其他原

收稿日期：2016-10-31；修回日期：2017-09-21
作者简介：王水成(1955—)，男，教授级高工，主要从事仪器仪表、自动控制和电气安全技术的研究工作。E-mail：pdswsc@163.com。

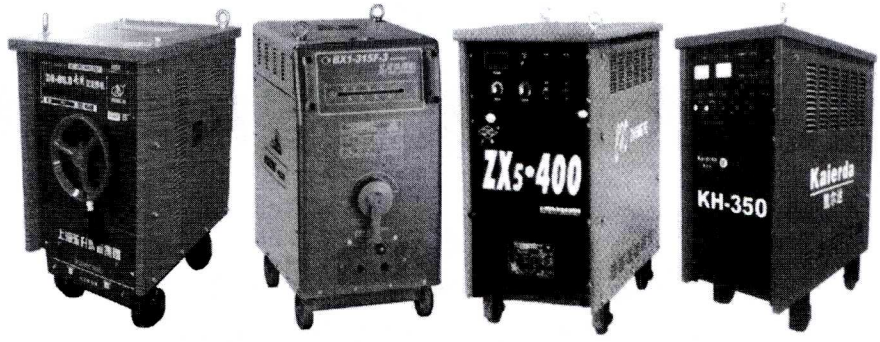


图1 常见的产品外形

因引起的机壳及焊接回路带上危险电压，当人体触及这些带电体时造成的触电事故[2]。尽管电焊机机壳和二次回路已经接地(或接零)，但保护接地与保护接零措施只是防止间接接触触电最基本的措施[3]，并非万全之策。因为保护接地与保护接零措施的保护能力和范围有限，首先该措施无法保护直接接触触电；其二是当保护线 PE 或保护中性线 PEN 中断后，该措施将完全失去保护作用；其三是若为 TT 电源系统，即使是制作了性能良好的接地系统(比如接地电阻为 4 Ω)，也不能将预期的触电电压限制到安全电压范围以内[4]。基于上述原因，在电焊机配电箱中装设剩余电流动作保护器(以下称 RCD，见图 2)就显得格外重要。

RCD 用于防范触电的原理示意如图 3 所示。在

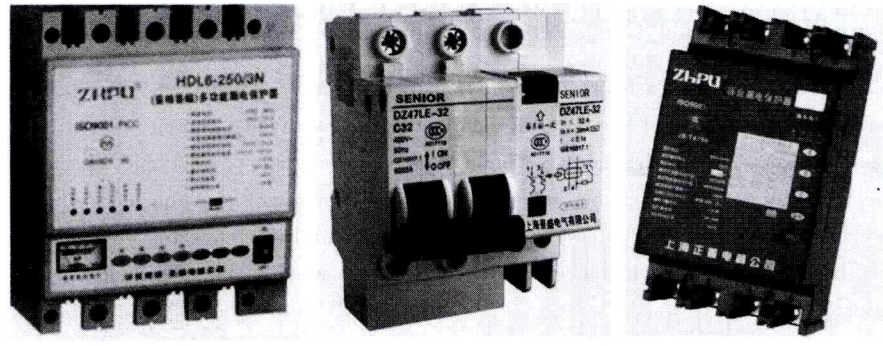


图2 RCD

正常情况下，作为一次侧贯穿于零序电流互感器的电源线的电流有效值相量之和等于零，即

$$\dot{I}_{L1}+\dot{I}_{L2}+\dot{I}_{L3}-\dot{I}_N=0 \qquad (1)$$

式中 $\dot{I}_{L1}$、$\dot{I}_{L2}$、$\dot{I}_{L3}$ 为相线电流；$\dot{I}_N$ 为中性线电流。

式(1)表明，无论三相负载是否平衡，剩余电流恒等于零。因此，对应相线电流 $\dot{I}_{L1}$、$\dot{I}_{L2}$、$\dot{I}_{L3}$ 和中性线电流 $\dot{I}_N$ 在零序电流互感器铁心中所产生的磁通 $\dot{\Phi}_{L1}$、$\dot{\Phi}_{L2}$、$\dot{\Phi}_{L3}$ 和 $\dot{\Phi}_N$ 的相量和也等于零，零序电流互感器的二次线圈中不会产生感应电流，脱扣器无动作指令，则主开关不发生动作(处于闭合状态)，继续向电焊机正常供电。当有人触及带电的电焊机机壳、带电的焊接回路以及其他漏电部位，或触及电焊机一次回路时，零序电流互感器一次侧的电流有效值向量之和不再等于零，而等于通过人体的电流 $\dot{I}_r$，即

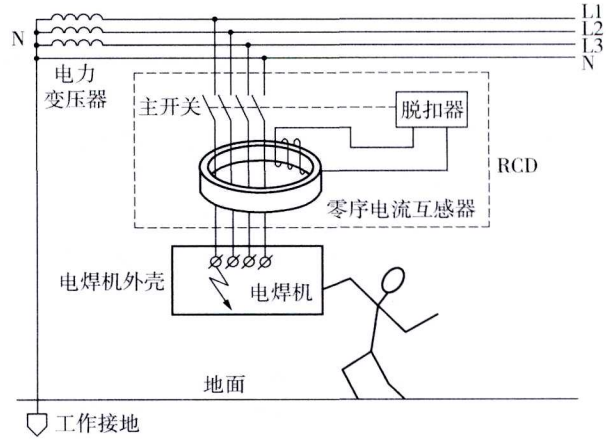


图3 RCD 用于防范触电的原理示意

$$\dot{I}_{L1}+\dot{I}_{L2}+\dot{I}_{L3}-\dot{I}_N=\dot{I}_r \qquad (2)$$

从而相线电流 $\dot{I}_{L1}$、$\dot{I}_{L2}$、$\dot{I}_{L3}$ 和中性线电流 $\dot{I}_N$ 在零序

电流互感器铁心中所产生的磁通 $\dot{\Phi}_{L1}$、$\dot{\Phi}_{L2}$、$\dot{\Phi}_{L3}$ 和 $\dot{\Phi}_N$ 的相量和也不等于零，而是等于剩余磁通 $\dot{\Phi}_r$，即

$$\dot{\Phi}_{L1}+\dot{\Phi}_{L2}+\dot{\Phi}_{L3}-\dot{\Phi}_N=\dot{\Phi}_r \quad (3)$$

此时零序电流互感器二次侧的线圈中感应出剩余电流，该电流驱使脱扣器动作，使主开关跳闸，切断电焊机的供电回路，可有效防止人体继续受到电击的伤害[5]。

2.2　实施方案和使用技巧

RCD 在电焊机漏电保护方面的应用实例如图 4 所示。

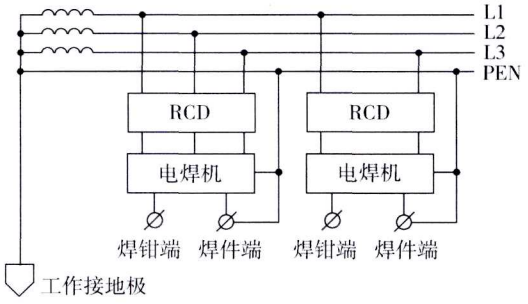


图 4　RCD 在电焊机漏电保护方面的应用实例

RCD 在选型及维修更换时必须注意要与电焊机的容量相适应，同时还要适用于电焊机的电气特性，即在产生涌流时不能误动作。显然普通的剩余电流动作保护器难以胜任，除非对其瞬时脱扣动作电流进行特殊整定或采用其他措施，但最好选用专门为电焊机设计生产的产品，如能够区分电击电流和漏电电流，且没有不灵敏动作死区的 ZCB 型等全自动触电保护器或适用于电焊机的类似产品；在一般的工作场所中，应选用额定剩余动作电流不大于 30 mA、分断时间不大于 0.1 s 的高灵敏度、快速动作型产品；如果工作场所特别潮湿、有腐蚀性介质，则应选用防溅、防腐蚀型产品，额定剩余动作电流不大于 15 mA；如果工作场所灰尘特别大，则应选用防尘型产品[5]；RCD 的极数和线数应与电焊机的电源要求相适应；就运行方式而言，应选用无辅助电源型（电磁式）产品，或选用能自动断开的辅助电源型（电子式）产品。

RCD 在使用中必须定期对其进行动作试验，当按动试验按钮后，RCD 应能可靠动作，不动作或动作不可靠的应查明原因并将其退出运行。对于固定场所使用的电焊机，当使用条件和环境较好时，每周应当试验一次，较差时应每天试验一次；对于移动式或临时场所使用的电焊机，每变动一次工作地点就应进行一次动作试验。

3　空载自动保护装置的应用

3.1　技术背景与保护原理

交流电焊机二次侧的空载电压为 60~80 V，最高可达 90 V 左右，已远远超出了安全电压的上限值（50 V），由此造成的触电事故屡见不鲜。电焊机配电箱中装设的 RCD 只能对电焊机一次侧的直接接触触电、机壳和二次侧因漏电而造成的间接接触触电起保护作用，但不能对二次侧空载电压造成的触电起保护作用，这和 RCD 对相线与相线间触电、相线与中性线间触电不起保护作用的道理是一样的。电焊机空载电压触电不是对地漏电触电，而是电焊机空载电压通过电焊钳、被焊接的物体等带电体施加在人体的不同部位造成的，触电电流的回路与正常工作电流类似，所以一次侧的 RCD 无法区分二者，从而无法对二次侧空载电压造成的触电提供保护作用。

为了避免电焊机空载电压造成的触电，在通常情况下，应装设空载自动保护装置（亦称熄弧断电装置，见图 5）；凡是在潮湿地、高空、水下、容器、管道与地沟内或船舱等处的焊接作业，必须安装电焊

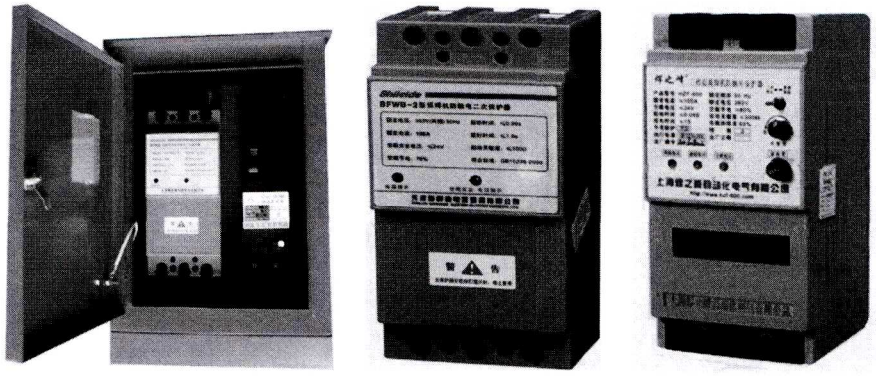


图 5　熄弧断电装置

机空载自动保护装置[6]。该装置能够有效避免焊工在进行更换焊条等操作时接触二次回路的带电体所造成的触电事故，其原理是将空载状态下电焊机的二次电压降至安全电压范围内，在安全电压下进行更换焊条等操作[7]，通常还兼备漏电保护功能，故具有安全和节电的双重意义。

以 BFWB-8 型弧焊机防触(漏)电保护器为例(见表 1)，其特点如下：

表 1 BFWB-8 型弧焊机防触(漏)电保护器的技术规格和主要参数

额定电压 *U*/V	额定电流 *I*/A	漏电动作电流/mA	漏电不动作电流/mA	漏电动作时间 *t*/s	负载持续率/%	二次空载安全电压/V	起动时间 *t*/s	延时时间 *t*/s	起动灵敏度/Ω	空载节电率/%
380(50 Hz)	63、80、100、160、250	30	15	0.1	75	<24	<0.06	<1.0	<500	75

注：适用于各型号弧焊机。

(1)集成了电焊机一次侧漏电保护与二次侧焊接安全保护的功能，当发生电焊机内线圈绝缘击穿等漏电故障时，本装置可在 0.1 s 内迅速切断总电源，保护焊工安全。当电焊机发生一次侧断路或过载时，本保护器也可迅速切断电源。

(2)电焊机节电防触(漏)电保护器具有保护电焊机二次侧焊接安全的功能，不需要辅助启动装置，而且起弧速度极快，性能稳定可靠。由于采用了独特的熄弧和灭弧电路，大大延长了使用寿命，焊接质量不受任何影响。

(3)采用初级感应式专利技术使装置体积小巧，安装极为方便，无需任何辅助线和信号线，直接安装在配电柜内串入电焊机供电回路就可以使用。

(4)电焊机节电防触(漏)电保护器具有节能省电的功能(空载节能省电最高可达 98%)。

3.2 实施方案与使用技巧

BFWB-8 型弧焊机防触(漏)电保护器实际应用电路如图 6所示。

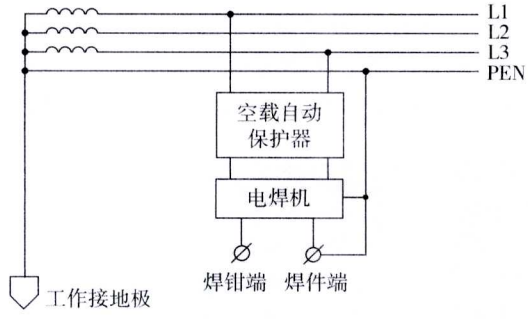


图 6 BFWB-8 型弧焊机防触(漏)电保护器实际应用电路

BFWB-8 型弧焊机防触(漏)电保护器的工作条件如下：

①海拔高度不超过 1 000 m。

②环境温度为-25~40 ℃。

③相对湿度：最湿月的最大平均湿度为90%，同时该月的平均温度为 25 ℃。

④安装在无冲击振动及无雨雪侵袭的地方，左端进线接电源，右端出线接负载。

⑤使用场所应严禁使用有影响的气体、蒸汽、化学性沉积、尘埃、霉菌及其他爆炸性、腐蚀性介质，并且无剧烈震动和颠簸。

电焊机空载自动断电保护装置在使用过程中应定期检测其空载断电时电焊机二次侧的输出电压，该值必须符合安全电压值要求，并测试其最短断电延时时间，一般为 1±0.3 s。

4 结论

介绍了关于电焊机保护装置的选配和使用经验技巧，已在生产实践中发挥了良好的作用。大量电气安全事故的教训及安全生产经验证明，采用安全可靠的保护装置并合理选型、正确操作与维护，是保证焊接作业正常进行，防止发生电气安全事故的重要环节。

参考文献：

[1] 胡绳荪，杨立军. 现代弧焊电源及其控制[M]. 北京：机械工业出版社，2007：254-257.

[2] 祁政敏，李保法，佘如春，等. 施工现场用电安全手册[M]. 北京：中国计划出版社，2006：22-40.

[3] 张应立，张莉. 焊接安全与卫生技术[M]. 北京：中国电力出版社，2003：33-37，41-54.

[4] 电世界杂志编辑部. 实用接地技术[C]. 上海：电世界杂志社，1996：49-50，238-248.

[5] 国家经贸委安全生产局. 电工作业[M]. 北京：气象出版社，2004：149.

[6] 山西省电力公司. 焊接与高处安全作业[M]. 北京：中国电力出版社，2001：25-33.

[7] 北京市工伤及职业危害预防中心. 焊工[M]. 北京：机械工业出版社，2005：218-231.