

文章编号: 1671-0711 (2011) 05-0065-03

真空电子束焊机工作原理及典型故障分析

胡志阳¹, 柏松¹, 霍淑兰²

(1. 中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司, 辽宁 沈阳 110043;

2. 中国科学院沈阳计算技术研究所有限公司, 辽宁 沈阳 110168)

摘要: 以德国IGM公司生产的真空电子束焊机为例, 介绍了真空电子束焊机的工作原理。通过利用该系统的报警信息、控制系统的状态诊断和PLCS5的在线诊断等方法, 对此类设备在生产中出现的典型故障进行分析。

关键词: 电子束焊机; 工作原理; 故障分析

中图分类号: TG43 **文献标识码:** B

随着我国大型飞机的制造及航天探月工程的陆续启动, 对先进焊接技术的发展具有强大牵引和推动作用。焊接技术已逐渐由原来的一种辅助制造工艺演变为一种关键制造技术。其中, 电子束焊接由于具有高能量密度、高熔透性、焊接变形区小、易于控制、能焊接难熔及异种金属等优点, 已成为航天航空制造业中不可替代的工艺技术。

真空电子束焊机是中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司从德国IGM公司引进的一种用于真空焊接加工的特种设备, 担负着公司科研生产的关键任务。它主要由真空系统、高压电源、电子枪、真空室、坐标运动系统、数控系统及逻辑控制系统等组成, 由于其结构复杂涉及到多种学科的知识, 因此要求维修人员要有较强的综合技术能力, 笔者通过对一些典型故障的分析, 以期为今后的维修提供一些帮助。

一、工作原理

1. 电子枪

电子枪的工作原理是源于阴极射线管的控制原理, 其结构如图1所示。在真空条件下, 当灯丝被加热到2 500℃时, 灯丝周围产生大量的自由电子。在灯丝上加-150kV的高压(加速电压), 在灯丝下部的偏压规上加-1 500V的电压(栅极电压)。通过调整栅极电压的大小来控制电子束流的大小, 栅极电压越小束流越大, 栅极电压正常值为-2 000~-200V, 对应束流为0~100mA。电子经加速后, 再经过磁场的校准和聚焦, 最后聚成一点轰击到零件表面产生大量热能, 依靠这种热能将金属零件局部熔化, 从而进

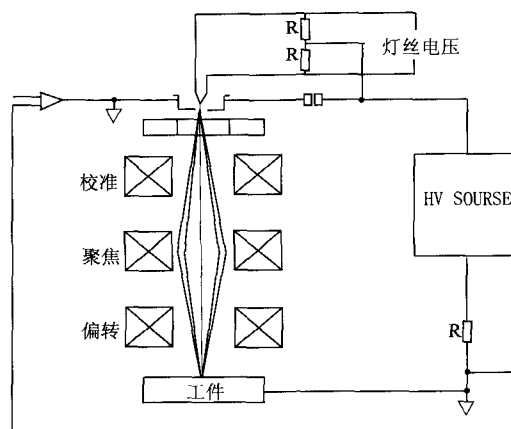


图1 电子枪工作原理图

行焊接加工。

2. 电源

电子束焊机的电源主要包括高压电源、灯丝电源及偏压电源。高压电源主要是给阴极(灯丝)提供-150kV的工作电压, 其原理如图2所示。

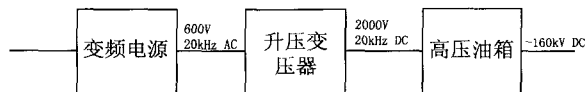


图2 高压电源

灯丝电源主要用于加热灯丝。此电源为直流电源, 电压为0~9V可调, 电流为0~24A可调。偏压电源是以-150kV为基准, 提供一个-1 500V的电压作为栅极电压。

3. 真空系统

电子束焊机的真空系统如图3所示。分别由电子枪真空系统和焊接室真空系统两部分组成。电子枪真空系统由机械泵和涡轮分子泵构成,在抽真空时,机械泵先开始工作,当电子枪及管路中的真空度达到 2×10^{-2} Mbar时,涡轮分子泵开始工作,当电子枪的真空度达到 4×10^{-4} Mbar时电子枪隔离阀可以打开。

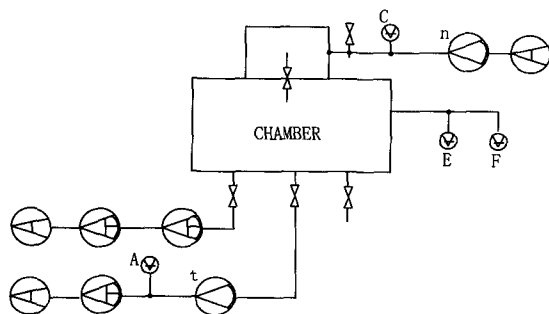


图3 真空系统原理图

焊接室真空系统根据焊接工艺的不同参数要求提供低真空和高真空两个系统。其中低真空系统由机械泵和罗茨泵组成,高真空系统由机械泵、罗茨泵和扩散泵组成。正常工作时,低真空回路先运行,同时高真空回路进行准备——扩散泵开始加热,它的前级机械泵和罗茨泵同时工作,当焊接室的真空度到达 2×10^{-2} Mbar,并且扩散泵油温到达设定值时,低真空回路关闭并停止工作,扩散泵上端的翻转阀打开,高真空回路开始工作,当真空度到达 6.7×10^{-4} Mbar时,机床就可以进行正常的焊接工作。

4. 坐标运动系统

共有四个坐标: X、Y、A、B轴,都是使用半闭环作位置反馈,驱动器均使用德国进口的DX808型直流驱动器,电机采用的是SIEMENS直流电机,具有响应快和运动惯量小的特点。运动方式有手动控制和自动控制两种,方便操作者使用。当运动系统出现故障时通常在电脑屏幕上有相应的报警,但驱动器也有指示灯提示相关的原因,其含义见表1。

表1

符号	意义	提示颜色	符号	意义	提示颜色
SV	零速指令	绿色	D1	测速机电缆故障	红色
RN	负向锁定	绿色	D2	接地故障	红色
RP	正向锁定	绿色	D3	欠压	红色
RS	锁紧	绿色	D4	负载太大	红色
EF	超程解除	绿色	D5	过压	红色
Istat	电流限制	黄色	D6	电源温度	红色
Idyn	同步电流限制	黄色	D7	电源温度报警	黄色
D0	准备就绪	绿色			

5. 数控系统

采用德国IGM公司研制的EBCON控制系统(工业控制机),当EBCON出现报警时,由于屏幕上不显示报警信息,此时可根据EBCON系统的VCPU板上的USER灯的指示状态判断故障原因。

当USER7为“ON”状态时,USER6: PLC CONTROL表示PLC工作正常;USER5: NC CONTROL表示NC系统工作正常;USER4: VHE BUS FAULT表示VHE总线错误故障;USER3: ON NC CONTROL表示NC控制启动;USER2: DRY RUN 空运行方式;USER1: END—PROGRAM CHANGE 结束程序改变;USER0: ZERO=STATUS BIT状态位为零。

当USER7为“OFF”状态时,USER6: BUS ERROR总线错误;USER5: ADDRESS ERROR 地址错误;USER4: DIFFERENT FAULT表示特定的异常情况。

二、典型故障维修

1. 无法加高压

电子枪室与焊接室的真空度都达到工作要求,设定工作高压值为-150kV,加到阴极上,在显示器上可看到实际阴极电压从0逐渐升到40kV时系统显示“高压电源错误”报警。同时在加高压的过程中可听见高压电源油箱内发出清晰的爆裂声。将高压电缆从油箱连接处断开重新加高压故障现象一样。由此可判断高压电缆和电子枪部分是正常的,初步怀疑高压电源箱内部有电气元件损坏,将高压油箱打开后检查发现升压电路中有一个电阻烧坏,在检查其他电路正常的情况下更换一个新的电阻通电试运行,在初次加压时从-30kV开始逐步缓慢地将电压升高到-150kV。经过这一系列的工作和调试,高压电源可正常工作。

2. 扩散泵温度传感器故障

正常情况下,当焊接室的低真空度及扩散泵油温度均抵达设定值后,就可以进行高低真空回路的切换。此时翻转阀动作,将扩散泵管路接通,进入抽高真空阶段。翻转阀是由汽缸来推动的,汽缸活塞向前或向后运动分别由两个电磁阀来控制。现在的故障现象是:进入抽高真空后,翻转阀又突然自动关闭,如不处理又可自动打开恢复正常运行。有一次甚至故障发生在焊接过程中,造成加工件报废。经初步观察故障发生时翻转阀确实接到了来自PLC的关闭信号,由于故障发生时间及周期不确定,在排除故障过程中使用了SIEMENS公司的编程器,将其连接在S5型可编程控制器上,在梯形图上检查翻转阀控制信号条件,最终发现是由于扩散泵温度传感器接触不良误发温度低信号,造成控制系统将翻转阀关闭,更换此传感器后此故障排除。

3. 电子束焊接时电子束抖动问题的解决

根据故障现象和电子束产生的条件判断,可能的故障

原因有：(1)电子枪偏压杯或阳极脏污；(2)工件或夹具有剩磁；(3)工件或夹具接地不良。

故障排除方法：首先必须断定设备电子枪和电子束产生部分是否存在故障，方法是拿一块试片直接放在工作台上抽真空后试加工正常，第一项原因被排除。用磁力仪检查工件的剩磁，也在正常值范围内；检查工件及夹具接地电阻均正常，排除了后两项原因。以上的检查和试验虽然没有找出故障原因但却缩小了故障范围，即设备电子束的产生和加工方面是正常的。由于试片加工正常而零件加工异常，说明问题仍出在工件或夹具上。仔细检查这两部分与平时的状态相对比，发现零件上缠了许多高温胶布（为了防止零件被灼伤），根据电子束的工作原理，当其通路上遇到其他磁场时会产生抖动甚至偏移的现象，由于该胶布是第一次用于电子束焊加工，虽然事先经过磁力仪检查剩磁合格，但经过现场的详尽分析仍然怀疑高温胶布的可靠性，为了彻底排除该原因，又做了一个试验：拿一个新的试片，其中一半缠满了高温胶布，另一半与往常一样未做任何处理，试加工时发现当电子束经过高温胶布所在的区域时发生抖动，而经过另一半时一切正常，说明高温胶布存在额外的磁场，将零件上的高温胶布取消，采取其他防灼伤措施后，零件加工合格。

故障原因分析：由于高温胶布加工前检查并未发现剩磁，而加工时却不能使用，分析可能是加工时工作台转动转台电机产生一个磁场，它与高温胶布的磁场发生叠加，超出了加工要求，对电子束运行方向产生了影响，造成加工异常。

4. F7报警的解决

焊机在升高压过程中频繁出现F7“高压电源错误”的报警。同时高压电源柜连锁报警指示灯点亮。压下电源柜上报警复位按钮后报警解除。经多次升高压操作试验并观察监视器上高压显示值，发现高压每次升到-120kV左右时才出现以上故障。以前，高压电源箱经常因模块烧坏或性能不好引起F7报警。为确定电源箱是否正常，将三组电源箱分别送电运行，故障现象相同。将高压电缆从高压电源

油箱处断开，重新升高压没有出现故障报警，由此判断高压电源正常，有可能是电子枪出现问题，将电子枪拆下进行分解检查，可清楚地看见在枪室壳体的绝缘壁上有大片放电痕迹，用细砂纸打磨去除痕迹，用酒精清洗壳体及内部其他部件，使电子枪内保持洁净无尘，重新安装电子枪调整无误后试机故障排除。

5. A轴手动运行时，屏显位置值小于实际值且无报警

故障分析：(1)由于A轴自动、手动方式故障现象相同且可以运行，说明伺服驱动器和伺服电机正常。(2)按自动控制原理和比照数控机床的工作状态应该产生“跟随误差”报警，由于设备功能上设置不规范，未设产生此报警的条件。根据以上分析，可基本确定故障在位置反馈回路的位控板或反馈电缆。处理方法：逐段检查A轴的反馈电缆，发现在工作台底下有一个插头松动，重新连接后设备恢复正常。

三、结论

真空电子束焊设备结构复杂，高压电路维修时具有一定的危险性，对维修人员的综合技术能力、分析判断能力要求较高。因此，在日常维修工作中，维修人员要对其工作原理有较深入的了解，利用系统的报警信息、控制系统的状态诊断和PLC S5的在线诊断等方法，分析故障原因及时排除故障，提高设备的利用率。

参考文献：

- [1] 王亚军.电子束加工技术的现状与发展[D].中国机械工程动力学会第八次全国焊接会论文集,1991.
- [2] 刘春飞.电子束焊接技术发展历史、现状及展望[J].航天制造技术, 2003.
- [3] 王欲知, 陈旭.真空技术(第2版)[M].北京航空航天大学出版社, 2007.
- [4] 唐世钢, 王树田.PLC5系列可编程序控制器[M].华中理工大学出版社,1993.

收稿日期：2010-12-30

[编辑：李晶晶]

研华科技荣登“2010年度轨道交通企业自主创新50强”榜单

于2011年4月21日在北京举办的“第七届城市轨道交通国际峰会”上，自动化产品解决方案提供商研华科技荣登“2010年度轨道交通企业自主创新50强”（以下简称RT TOP50）榜单。

在过去的20多年，研华科技致力于产业深耕，成为

了值得信赖的服务提供商，在嵌入式、自动化产品解决方案领域一直处于领先地位。在信息化与自动化两化融合的发展中，研华科技也始终扮演着创新者的角色；在迈入物联网时代之际，研华科技更是不断发挥自身在自动化领域整合资源的专长，深入研究全球物联网的应用，持续推出适合物联网应用的产品和解决方案。

（摘编自中国工控网）