

某高压电源组件灌封工艺技术与研究

高华

(中国电子科技集团公司第 20 研究所, 陕西 西安 710068)

摘要: 主要通过灌封工艺技术在某高压电源组件“三防”的应用与研究, 从灌封工艺路线的设计、灌封材料的优选、关键工序的控制等几个方面分别进行了详尽的分析; 并结合多批次实际生产的检验与研究, 证明此灌封工艺完全满足产品的设计要求。

关键词: 灌封工艺; 导热填料; 硅橡胶

中图分类号: TN605 文献标识码: A 文章编号: 1001-3474(2007)03-0174-03

Analysis and Study of Embedding Technology for Certain HV Power Supply Assemblies

GAO Hua

(CETC No 20 Research Institute, Xi'an 710068, China)

Abstract Discuss the design of embedding technology route, the selection of embedding material and the control of the key operating sequence by analyzing and studying the embedding technology for some HV power supply assembly. And with the test and research of several batches of manufacturing status, the embedding technology is proved to satisfy the design requirement.

Key words Embedding technology; Heat conduction stuffing; Silicon rubber

Document Code A Article ID: 1001-3474(2007)03-0174-03

某高压电源组件需耐十几万伏的高压, 且长年处在高温、高湿、高盐雾的严酷环境下, 这导致大气中的有害离子加速了对电路板的腐蚀过程。为防止潮湿、霉菌、盐雾对电路的腐蚀, 有效避免导线间爬电、击穿现象的发生, 仅仅依靠涂覆三防涂料进行防护, 是远远不能满足防护要求的。这是因为三防涂料所形成的涂层很薄, 通常在 $20\ \mu\text{m} \sim 200\ \mu\text{m}$, 不能提供一个很高的抗机械冲击和抗潮气穿透能力。

而灌封工艺技术, 能够极大地提高电子产品在恶劣环境下工作的可靠性、防护性及抗震性能。它采用固体介质未固化前, 先排除空气, 再填充到元器件的周围, 以达到加固和提高抗电强度的作用。

例如, 为防止湿气、凝露、盐雾对电路的腐蚀, 户

外工作、舰船舱外、家用洗衣机及洗碗机的电路板, 需要进行灌封; 为提高海上工作的电子设备的三防性能, 所有的变压器、阻流圈需裹覆、包封、封端; 为提高机载、航天电子设备的抗振能力, 对某些电路板需进行整体固体封装或局部加固封装; 为防止焊点腐蚀或折断, 对某些电缆插头座进行灌封。

1 灌封工艺路线的设计思路

由于该高压组件内部涉及到几种印制板, 从工艺角度出发, 采用电装完毕对组件一次灌封可以减少流转环节, 提高生产效率, 但这样就减少了对组件生产流通中的监控。把质量隐患遗留到最后环节, 给返修带来很大困难。另外, 该组件成本较高, 若灌封失败, 浪费极大。综合以上因素, 决定采用: 印制

作者简介: 高华 (1973-), 女, 毕业于延安大学, 工程师, 主要从事电子产品的防护的研究工作。

板电装完毕 → 设计调试 → 印制板封装 → 设计调试 → 电装到组件 → 组件整体灌封 → 设计调试。

使该组件生产的各个环节得到控制,把灌封后返修难度降到最低,把组件返修率降到最低,整体提高了该组件的成品率。

2 灌封材料的确定

2.1 灌封主体材料的确定

在电子工业中,常用的灌封材料有环氧树脂、有机硅弹性体和聚氨酯。几种常用典型封装材料及性能应用对比。见表 1。

表 1 几种常用典型封装材料及性能应用对比

材 料 性 能	RTV 硅 橡胶	LTV 硅 凝胶	聚氨酯 橡胶	环氧 树脂
粘度	中等	中等	偏高	低(热)
脱泡工艺性	易	难	难	易
操作时间	短	较长	较长	较长
硫化速度	快	快	中等	中等
反应副产物	水 醇	无	无	无
固化后性状	弹性体	弹性体	弹性体	刚性
固化后颜色	无色、 半透明	无色透明	浅黄色 透明	浅黄色 透明
强度	差	好	好	最好
固化后收缩 率 %	0.1~0.8	0.1	5.0	2.0
线胀系数 α / C^{-1}	3.0×10^{-4}	2.8×10^{-4}		6.0×10^{-5}
自熄性	差	良	差	需用溴化 或加阻燃 剂
可返修性	好	好	良	差
使用温度 θ / C	-60~180	-60~180	-50~80	-55~100
体积电阻率 $\rho / (\Omega \cdot \text{cm})$	2×10^{14}	2×10^{14}	2×10^{12}	2×10^{15}
相对介电常数 (10 MHz)	2.60~ 3.00	2.60~ 2.80	4.00~ 4.40	3.20~ 3.40
损耗角正切 $\tan \delta$	3.0×10^{-3}	2.8×10^{-3}	2.5×10^{-2}	3.0×10^{-3}
击穿电压强度 $P / (\text{kV} \cdot \text{mm}^{-1})$ (50 Hz)	≥ 17	≥ 15	-	≥ 35
市场价格	低	高	低	低

从表 1 中我们可以看出,环氧树脂属于刚性热固性灌封材料,其耐温冲性能不良,易开裂,防震性

差;且一旦固化,很难从元器件上剥离,不能满足用户提出更换元器件或对某元器件重复使用的要求,对本组件来说甚至无法返修,考虑到该电源组件成本较高,不能返修浪费太大,我们不选择。

聚氨酯电性能较差,且毒性较大,所以我们不选择。RTV 硅橡胶和 LTV 硅凝胶从性能和可操作性来说,均可满足设计要求,基本无区别,但 LTV 硅凝胶市场价格较高,且操作时,如表面沾有氮、硫、磷的化合物及金属有机酸,易中毒,不易硫化。

综合以上因素,选择电性能优,易脱泡,弹性好,收缩率低,使用温度宽,市场价格低的 RTV 硅橡胶。

2.2 导热填料的确定

对于高压电源组件的灌封来说,其核心主要是解决好散热问题。如果散热不良,造成局部高温,极易造成防护层软化,导致绝缘防护性能下降,也可能加速元器件的老化、损坏,最致命的是有可能造成某些敏感元器件产生错误信号,使设备做出错误动作,严重影响其准确性和可靠性。

一般来说,灌封主体材料大都是有机材料,导热能力相差不大,所以改善灌封体系的导热性能,主要通过加入导热填料来实现,这就要求灌封填料导热系数高,绝缘性能好,且不降低灌封主体材料的绝缘强度和防护性,与主材能良好地浸润,工艺性好。

经过对比筛选, Al_2O_3 和 AlN 符合要求,导热系数分别为: $25 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 和 $(120 \sim 250) \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 。由于 AlN 的来源较困难且质量不稳定,价格昂贵,而 Al_2O_3 不仅具有较高的导热率和化学稳定性,而且对硅橡胶还具有补强作用,所以选择 Al_2O_3 填料。

2.3 灌封体系的确定

本灌封体系是由氧化铝与硅橡胶复合而成的,其性能不仅取决于硅橡胶和氧化铝,还取决于二者的相对含量。 Al_2O_3 含量越大,灌封料导热率就越大,但灌封材料的灌封粘度也就越大,粘度过大就会影响施工工艺及灌封工艺的表面质量。综合性能和工艺方面的因素,经过原料配比试验,最终确定灌封体系质量比为:

硫化硅橡胶 100
交联剂 4~10
催化剂 0.75~1.00
导热填料 150~300

此灌封体系的导热系数为 $0.8 \text{ W/m} \cdot \text{K}$,超过了设计要求的 $0.56 \text{ W/m} \cdot \text{K}$,且 (下转第 178 页)

操作控制。(3)历史数据查询。以上生产实时监测数据均可存贮于生产实时数据历史数据库中,可实现历史回显、历史趋势分析,及直方图、饼图等进行综合分析。(4)危险参数超限报警。一旦发现井下有瓦斯超限等异常情况,可根据事先设定的参数和程序,发出警报并自动断掉该作业区域的电源,使工作地点的作业人员自动停止作业。同时生产监测及管理网络同步显示报警名称,并可实现语音报警、实时打印功能,服务器将该报警信息存入历史信息数据库,供以后统计分析。

2 结束语

随着工业以太网应用的逐步普及,特别是本安

(上接第 175 页)霉菌试验、盐雾试验均为 1 级,完全满足设计要求。

3 工艺流程及关键工序控制

3.1 工艺流程

组件工艺流程:印制板电装→设计调试→印制板灌封→设计调试→电装到组件→组件灌封→设计调试。

灌封工艺流程:

清洗→保护→预烘→涂交联剂→灌封→室温硫化→烘干
填料预烘→配料→真空排泡

3.2 关键工序控制

灌封技术作为一种特种工艺过程,必须对环境温度、湿度以及操作真空度、温度等影响因素做出严格的控制,才能保证灌封的一次成功率。

3.2.1 温度控制

在本灌封过程中,要求环境温度不得高于 25℃,否则,所配胶料极易在短时间内硫化拉丝,给灌封操作带来不便。

填料预烘温度必须控制在 100℃±5℃,4 h 左右,使填料内的水分子充分蒸发,否则易造成由于水分子的残存,从而造成绝缘材料的表面导电率增加,体积电阻率降低,介质损耗增加,导致零部件电器短路、漏电或击穿。

印制板清洗后,需预烘驱潮,根据印制板组装件所能允许的温度,确定预烘驱潮的温度和时间,通常可选用以下的温度—时间:80℃,2 h;70℃,3 h;60℃,4 h;50℃,6 h

但为了不使温度过高,造成部分元器件受损,温

型 PLC 控制设备和网络设备的应用,可有效地防止重、特大事故的发生,提高安全生产管理水平,为实现生产自动化、管理信息化打下坚实的基础。

参考文献:

- [1] 扬宁,赵玉刚.集散控制系统及现场总线[M].北京:航空航天大学出版社,2003.
- [2] 甘永梅.现场总线技术及其应用[M].北京:机械工业出版社,2004.
- [3] 任思成,王书鹤,元先贵.新一代工业过程控制软件接口标准—OPC 技术[J].仪器仪表学报,2002,23(3):261-267.

收稿日期:2007-04-03

度过低,驱潮时间又很长或有部分水分子残存。我们确定,灌封前后的印制板和组件,温度必须控制在 55℃±5℃,4 h 左右。

3.2.2 真空度的控制

这是灌封工艺成败的关键。抽真空有两个目的,一是使胶料与填料充分浸润,使胶料充分裹覆印制板,减少绝缘材料与印制板元器件空隙;二是使组件内空气彻底排空,使胶料与组件填充成一个整体,提高组件的抗电性和抗震性。由于该组件耐十几万伏高压,如果组件内存在大量气泡,灌封后电性能下降,易造成击穿或飞弧,使整个灌封工艺失败。本灌封工艺要求,在胶料不溢出的情况下,真空度要尽量高,最终真空度不低于 0.09 MPa 且胶料中无气泡溢出为止。

4 结论

经过多批次生产实践证明,该组件灌封工艺的设计是成功的。其绝缘性能、防护性能和导热性能,完全满足设计要求,从未发生一起事故,可靠性很高,且 RTV 硅橡胶硫化后弹性好,使组件抗震性大大增强(震动加速度 147 m/s²,组件工作正常)。但由于需二次灌封,使生产流通环节增多,使生产周期过长,增加了生产成本。

参考文献:

- [1] 电子科学研究院.电子设备三防技术手册[M].北京:兵器工业出版社,2000.
- [2] 章文捷,马静.绝缘导热有机硅灌封材料的研制与应用[J].电子工艺技术,2004,25(1):30-32.
- [3] 陈元章.绝缘导热灌封硅橡胶的应用[J].航天工艺,1997(2):40-42 (收稿日期:2007-03-22)