

文章编号:1671-251X(2013)06-0109-04

DOI:

杜清杰,王强,唐全海,等. 矿用 PCB 板组件三防漆涂覆工艺改进[J]. 工矿自动化,2013,39(6):109-112.

矿用 PCB 板组件三防漆涂覆工艺改进

杜清杰¹, 王强², 唐全海¹, 蒋志龙¹

(1. 天地(常州)自动化股份有限公司, 江苏 常州 213015;

2. 西山煤电(集团)有限责任公司 杜儿坪矿信息中心, 山西 太原 030022)

摘要:针对传统三防漆工艺受技术因素及环境因素影响存在可控度不高、涂覆一致性差等问题,提出了一种改进的矿用 PCB 板组件三防漆涂覆工艺;介绍了三防漆涂覆方式和材料的选择,研究了矿用 PCB 板组件三防漆涂覆工艺方法和内容。测试结果表明,选择双组份聚氨酯漆、采用选择性喷涂法的涂覆效果一致性好,提高了生产效率。

关键词:矿用 PCB 板组件;三防漆;涂覆;工艺改进

中图分类号:TD67 文献标志码:B 网络出版时间:

网络出版地址:

Improvement of three-proofing lacquer coating process for mine-used PCB assembly

DU Qing-jie¹, WANG Qiang², TANG Quan-hai¹, JIANG Zhi-long¹

(1. Tiandi (Changzhou) Automation Co., Ltd., Changzhou 213015, China; 2. Information Center of Duerping Coal Mine, Xishan Coal Electricity (Group) Co., Ltd., Taiyuan 030022, China)

Abstract:In view of problems of low controllability and poor coating consistency of traditional three-proofing lacquer process affected by factors of technology and environment, an improved three-proofing lacquer coating process for mine-used PCB assembly was proposed. Selection of coating way and material of the three-proofing lacquer was described, method and content of the three-proofing lacquer coating process for mine-used PCB assembly were researched. The experiment result shows that the selection of two-component polyurethane paint and selective spraying method has good consistency of coating, and improves production efficiency.

Key words:mine-used PCB assembly; three-proofing lacquer; coating; process improvement

0 引言

由于煤矿井下环境多盐雾、潮湿,电子元器件及焊点易腐蚀造成短路和断路,对电子设备的寿命影响很大,因此,矿用电子设备必须采取三防工艺进行处理。矿用 PCB 板组件的三防处理材料种类较多,其中聚氨酯漆性能可靠、成本低廉、使用方便,但在实际应用中,其操作工艺仍存在一些问题,且受环境影响较大,实际涂覆效果并不理想,有必要进行改进。

1 影响 PCB 板涂覆效果的主要因素

影响 PCB 板涂覆效果的因素有很多,主要包含工艺及环境、材料 2 大类。

1.1 工艺及环境影响

传统三防漆工艺:清洗→人工刷涂→室温干燥成膜→第二次刷涂增加漆膜厚度→室温干燥成膜。该工艺存在以下不足:

(1) 如果 PCB 板清洗不彻底,刷涂次数多时毛刷易将 PCB 板上的脏污带入容器造成三防漆污染。

收稿日期:2013-03-21。

基金项目:天地(常州)自动化股份有限公司研发项目(11JJ007)。

作者简介:杜清杰(1974—),男,江苏常州人,工程师,主要从事生产技术与工艺、电力系统自动化方面的工作,E-mail:jnqz1001@163.com。

(2) 在三防漆未干燥成膜前不绝缘,毛刷摩擦起电易造成静电敏感元器件的损坏。

(3) 均匀性、一致性差,且易造成免漆元器件进漆或窄间距元器件之间涂覆不完全,引起局部破坏形成蝴蝶效应,引发整机性能下降或损坏^[1]。

(4) 在低温条件下操作易留下明显刷痕,漆膜暗淡无光泽。

(5) 刷完 A 面再刷 B 面的翻板过程中,易造成流挂以及因油漆的流动造成免漆元器件进漆。

(6) 当室温 $<10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $>85\%$ 时,PCB 板易受潮,漆膜光洁度不佳且在后期使用中漆膜易起包脱落。

(7) 多次涂覆时,室温下自然干燥受温度、湿度影响大,漆膜干燥时间不确定,若前一层漆膜干燥不彻底就进行第 2 次刷涂易造成漆膜结合不良,且在第 1 次刷涂后暴露在空气内自然干燥时间长易在表面结尘,影响第 2 次刷涂效果。

1.2 材料影响

影响 PCB 板组件涂覆质量的材料性能主要包括粘稠度、防护性、电绝缘性、热性能、机械强度、固化放热、固化应力等,而材料的配比及杂质污染不仅影响易涂覆性,而且会影响油漆中的固化成份生成立体网状结构、固化时间等。

2 三防漆涂覆工艺及材料选择

2.1 涂覆方法的选择

目前三防漆有刷涂、淋涂、喷涂、浸涂等 4 种涂覆方法。

刷涂法是目前采用较多的方法,其缺陷为可控度不高,涂覆一致性差;浸涂法投资小,可完全涂覆整个产品而无遮蔽效应,但材料易受污染且免漆部分的防护难度很大;淋涂法若涂膜较厚,漆膜容易出现气泡,若涂膜较薄,产品就会出现露底,淋涂不均匀防护难度也很大;喷涂法是业界最常用的涂覆方法,又分为选择性喷涂和手工喷涂 2 种。其中手工喷涂一般是使用手持式喷枪+气管+空压机的组合,成本低,但气压不稳定,三防漆雾化不好,容易拉丝或起泡,涂覆一致性差,且免漆元器件需要遮覆。而选择性喷涂适用于大规模生产,精确度高、均匀、效益高、成膜质量好、漆膜厚度可控、有光泽、免漆元器件无需遮覆。

综合现有的三防漆涂覆工艺特点,目前选择性

喷涂最符合要求。

2.2 涂覆材料的选择

目前主要的涂覆材料可分为丙烯酸类(AR)、有机硅类(SR)、环氧树脂类(ER)、聚氨酯类(UR)^[2]。进行材料选择时需综合考虑工作环境、电气要求、散热性、漆后易维修、经济性等因素。

有机硅类的三防漆其分子间距和表层气孔大,固化过程会吸收空气中的水汽,易形成漆层鼓起现象^[3],影响防护效果,故排除在外;环氧树脂类三防漆柔韧性差,固化时材料本身会产生应力造成元器件或者焊接损伤且漆后不易维修^[3],故排除在外;丙烯酸类与聚氨酯类在体电阻率、相对介电常数、工作温度、散热性、易维修等参数上没有明显区别,但聚氨酯类耐磨度更高,附着力更强,多年的使用也证明了其优良的三防性能。

聚氨酯类又分为单组份与双组份,查询资料并经高低温、盐雾试验证明了单组份与双组份防护性能相当,但单组份价钱为双组份的 10~20 倍。目前一般厂家喷涂过程均使用单组份三防漆,通过调查发现弃用双组份三防漆的原因:① 双组份三防漆混合后失效时间短,一般为 9 h;② 固化时间短,在喷涂过程易堵塞管路。然而 1 个工作日连同午休时间不超过 9 h,混合后失效时间短不成问题。经测试,若油漆、固化剂、稀释剂按 1:1:1 比例混合,正常喷涂过程中不会造成管路堵塞。若短时间不喷涂,胶阀浸泡在稀释剂 8 h 内也不会固化,超过 8 h 不喷涂时,灵活运用阀门控制,用稀释剂清洗全部油漆输送管路就不会造成输送管路堵塞。

测试证明双组份聚氨酯漆只要调配比例适当,喷涂效果完全满足需要,可用于选择性喷涂,且在满足防护要求条件下可以节约成本,因此,矿用 PCB 板组件三防漆最终选择了双组份聚氨酯漆。

3 涂覆工艺的研究

3.1 涂覆要求

涂覆全面、厚度均匀、速度快,漆膜无流挂、起泡、失光及明显桔皮现象,免漆元器件不能着漆,漆膜表干时间短,不能有元器件损坏^[4-5]。

3.2 喷涂工艺研究方法及内容

使用 ATLD-450U 自动喷涂机喷涂,ATLD-450K2 固化炉固化,通过先在铜板纸上喷涂,后在 PCB 板 B 面喷涂,确定合理的油漆配比、雾化阀气

压、胶阀出胶速度、胶阀移动速度、胶阀高度、单次喷涂宽度、固化时间和温度等。

(1) 油漆配比(表 1)。油漆采用双组份聚氨酯清漆,稀释剂为醋酸丁酯,为保证成膜质量,固化剂与油漆比例限定为 1:1,稀释剂比例可调。

表 1 油漆配比效果比较

油漆:固化剂: 稀释剂的配比	雾化情况	边缘流平	PCB 板	固化(表干)
			边缘流滴	情况
1:1:0.6	基本雾化	不流平	无流滴	表干
1:1:0.8	基本雾化	流平不理想	无流滴	表干
1:1:1	雾化彻底	流平	无流滴	表干
1:1:1.2	雾化彻底	流平	易流滴	表面不干

注:以雾化阀门压力为 0.5 MPa,距离 PCB 板 15 mm 为例。

经过实验验证,通过调节稀释剂以及雾化阀门压力可达到彻底雾化的效果,但流平程度以及边缘是否流滴则很大程度上取决于稀释剂的比例,最终得出最佳配比为油漆:固化剂:稀释剂=1:1:1。

(2) 雾化阀门压力(表 2)。当雾化阀门压力≤0.4 MPa,将三防漆喷涂在铜板纸上时,能明显感觉到喷涂轨迹的中央润湿重,边缘润湿轻;当雾化阀门压力达到 0.5 MPa 时,除却最边缘没有明显差别;当雾化阀门压力≥0.7 MPa 时,会有飞溅,故最终选择 0.5 MPa 雾化阀门压力。

表 2 雾化阀门压力效果比较

雾化阀门 压力/MPa	雾化均匀度	雾化宽度/mm	飞溅情况
0.3	不均匀,中央厚	≤5	无
0.4	不均匀,中央厚	5	无
0.5	均匀	5~6	无
≥0.7	均匀	6	轻微

注:以雾化阀门距离 PCB 板 15 mm,油漆:固化剂:稀释剂=1:1:1 为例。

(3) 当油漆:固化剂:稀释剂=1:1:1,雾化阀门压力为 0,储浇桶压力为 0.5 MPa,胶阀移动速度为 40 000 μm/min,雾化阀千分尺刻度为 3.13 mm(雾化阀出胶速度调整为连续滴下),点胶阀千分尺刻度为 3.85 mm(点胶阀选择 0.41 mm 内径,距离点胶阀出口 5~10 mm 范围内胶水应不断流,在此范围外变成连续滴落状态),漆膜厚度比较均匀,速度每增加 20 000 μm/s,胶阀千分尺刻度应加 0.01 mm。

(4) 雾化阀门高度(表 3)。实验证明,雾化喷阀运行高度距离 PCB 板 15 mm 时喷涂效果比较理想。

表 3 雾化阀门高度对喷涂宽度与效果的影响

雾化阀门高度/mm	雾化宽度/mm	喷涂效果
7	≤4	喷涂宽度窄,喷出的漆会被吹飞,厚度不均匀
10	≥5	油漆有轻微飞溅
15	≥7	无飞溅,易控制

注:以雾化阀门压力为 0.5 MPa,油漆:固化剂:稀释剂=1:1:1 为例。

(5) 喷涂速度(表 4)。从表 4 数据可以看出,A 面喷涂时间长,同时无论是 A 面还是 B 面喷涂耗时与胶阀移动速度都不完全成正比。A 面喷涂时间长,一方面是由于 A 面免漆元器件较多,喷涂轨迹转折点较多,停滞占用时间过多;另一方面是由于 A 面点胶阀使用过多,点胶阀单次涂覆宽度较窄。转折点每次停滞占用时间基本固定,与胶阀移动速度关系不大,综合考虑速度与精度,最终选择 A 面速度为 60 000 μm/min,B 面速度为 100 000 μm/min。提高喷涂速度的关键为减少点胶阀的应用,优化喷涂轨迹,尽量少拐弯。

表 4 胶阀移动速度对喷涂速度的影响

胶阀移动速度/ (μm·min ⁻¹)	A 面喷涂 所需时间/s	B 面喷涂 所需时间/s
40 000	50	30
60 000	48	27
80 000	45	25
100 000	—	23

(6) 为确保 PCB 板表面不留白,2 道喷涂轨迹之间距离略小于单次喷涂宽度,重叠 1 mm 漆面可流平。当雾化阀门横向距离免漆元器件大于 1 次喷涂宽度时,胶阀距离 PCB 板为 15 mm,喷涂轨迹横向移动距离为 6 mm;当雾化阀门距离免漆元器件小于 1 个喷涂宽度时,可适当降低胶阀高度,喷涂横向移动距离等于剩余宽度而不必是 6 mm。

(7) 固化时间。为了避免元器件损坏,应使固化温度≤80℃;为了不造成喷涂效率瓶颈,应使固化时间≤5 min。

(8) 漆膜厚度测量。测量仪器为螺旋测微器,先

测量光板厚度 H_1 , 然后正反两面分别喷涂, 待完全固化后再喷涂 1 次, 第 2 次喷涂完全固化后测量厚度 H_2 , 得出单层膜厚度 $H = (H_2 - H_1) / 4$, 在满足条件 (1) — (6) 的情况下, 成膜厚度均值为 $35 \sim 40 \mu\text{m}$, 约为人工刷涂的 2 倍, 满足 $25 \sim 50 \mu\text{m}$ 的漆膜最佳厚度。

3.3 涂覆工艺中的其他问题

(1) 从给板至 PCB 板到位时间约为 5 s, 给板占用时间比例较高, 因此, 采用拼板方式以提高效率。考虑到 PCB 板组件的多样性设计了一款通用型夹具, 该夹具可根据 PCB 板的大小灵活调整拼板数量, 这样单次给板喷涂时间长, 可实现单人操作, 在喷涂过程中可完成拼板和收板工作。

(2) 当温度低于 5°C , 湿度 $> 90\%$ 时, 可对 PCB 板进行 50°C 、5 min 的预热, 防止 PCB 板吸潮造成漆膜暗淡和脱落。

(3) 管路清洗。在喷涂结束后, 为防止输胶管路 (图 1) 长时间不用造成堵塞, 应进行及时清洗, 步骤: ① 打开储胶罐泄压阀, 释放掉储胶罐内压缩气体, 打开储胶罐上盖, 取出内桶, 倒出剩余三防漆 (喷涂过程应控制调胶量, 避免剩余)。② 打开稀释剂罐进气阀, 压缩空气进入稀释剂罐, 然后打开阀门 1、2、3, 稀释剂流过阀门 3 及钢管和滤网后将其洗净, 然后关闭储胶罐泄压阀, 合上储胶罐上盖。③ 保持阀门 1、2 开, 关闭阀门 3, 打开阀门 4, 清洗特氟龙胶管以及点胶阀、雾化阀。④ 清洗结束关闭所有阀门, 打开稀释剂罐泄压阀释放掉压缩空气后关闭泄压阀即可。

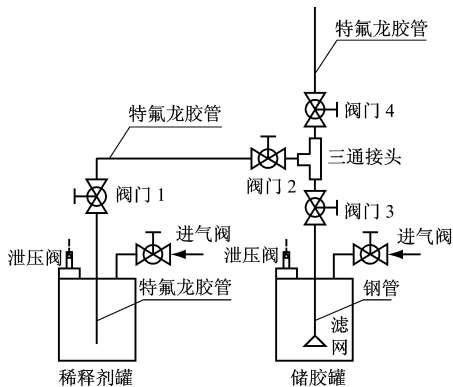


图1 输胶管路结构

4 结语

通过对喷涂工艺的研究, 将选择性喷涂工艺应用到 PCB 板的涂覆过程中, 既可避免人工刷漆中出现的诸多不可控因素, 减少维修等工作量, 又可提高生产效率, 缩短涂覆干燥时间, 且涂覆效果一致性好, 漆膜厚度均匀, 漆面光亮, 漆面厚度易控制。

参考文献:

- [1] 蔡友莲. 印制板组件的三防漆喷涂工艺改进[J]. 船电技术, 2004, 24(6): 41-42.
- [2] 鲍秀森, 陈红. 印刷电路板组件三防涂敷工艺研究[C]// 第五届电子产品防护技术研讨会, 承德, 2006.
- [3] 朱旺. 海洋性气候条件下的三防工艺研究[J]. 电子工艺技术, 2010, 31(1): 54-57.
- [4] 米西来. 军用 PCB 组件三防涂覆质量控制[C]// 第五届电子产品防护技术研讨会, 承德, 2006.
- [5] 黄萍, 张静. 印制电路组件三防涂覆工艺研究[J]. 电子工艺技术, 2007(6): 324-329.