

印制电路板工艺涂层防湿热，霉菌，盐雾试验标准的对比与分析

张 力 高 鹏

陕西烽火电子股份有限公司 陕西宝鸡 721006

摘 要：印制电路板是电子设备中的一个重要组成部分，在各类军事电子设备中得到了广泛的应用。印刷线路板的防潮、防霉菌和防盐雾（“三防”）是印刷线路板防潮、防霉菌、防盐雾的性能，历来都是制程设计者关注的重点。其基本方法是使用特定的涂布工艺生产工艺试样，并利用现有的环境测试方法对三防性能进行检验，并利用一些特征参数来判断涂料的三防效果。该研究方法可以在一定程度上筛选出防护涂料的性能。但是从整体上看，印制电路板防护涂料三防性能的检验还没有统一的方法，测试标准也各不相同，这就给检测带来了极大的不确定性。文章对PCB的三防标准进行了整理，并对其进行了对比，为PCB三防设计人员的工作提供了依据。根据前人的实验结果，在潮湿、高温、霉菌、盐雾环境下，一般的有机物质如保护膜一般会发生老化，而金属则会发生锈蚀、某些有机物会霉菌等，从而导致涂料的物理、电特性发生明显改变，从而对产品的各项性能和性能产生重大的不利作用。湿热环境、霉菌环境和盐雾环境对PCB保护膜会造成侵蚀与破坏，而三防测试是一项重要的技术选择。由于目前国内和国际上尚无特定的印制电路板涂料三抗测试规范，且三种测试方法存在差异，因此必须根据国际、国际规范中的湿热试验、霉菌试验和盐雾试验等进行比较，并经过仔细比较和分析，得出三种试验方案的优劣。

关键词：印制电路板；工艺涂层；试验标准

Comparison and analysis of test standards for dampness, heat, mold and salt spray of process coatings on printed circuit boards

Li Zhang, Peng Gao

Shaanxi Fenghuo Electronics Co., Ltd. Baoji, Shaanxi 721006

Abstract: The printed circuit board is an important part of electronic equipment, which has been widely used in all kinds of military electronic equipment. The performance of PCB against moisture, mildew, and salt spray (“three”) has always been the focus of process designers. The basic method is to use a specific coating process to produce process samples, use the existing environmental testing methods to test the performance of the three protection, and use some characteristic parameters to judge the effect of the three protection. The research method can screen the performance of protective coatings to a certain extent. But from the whole point of view, there is no unified method for the inspection of the performance of the printed circuit board protective coating, and the test standards are also different, which brings great uncertainty to the detection. The paper arranges and compares the three-proofing standards of PCB, which provides a basis for the work of PCB’s three-proofing designers. According to previous experimental results, under the environment of humidity, high temperature, mold, and salt spray, general organic materials such as protective film will generally be aging. The metal will occur corrosion, some organic matter will mold, which leads to the physical and electrical characteristics of the coating significantly changing, resulting in significant adverse effects on the performance and performance of the product. Humidity and heat environment, mold environment, and salt spray environment will cause erosion and damage to PCB protective film, and the three prevention test

is an important technical choice. At present, there is no specific testing specification for PCB coatings at home and abroad, and the three testing methods are different. Therefore, it is necessary to compare the humid heat test, mold test, and salt spray test according to international and international norms. After careful comparison and analysis, the advantages and disadvantages of the three test schemes are obtained.

Keywords: printed circuit board; Process coating; Test standard

前言:

很多军用电子设备长期受到高温、高湿、高盐度环境的影响,印制电路板是军用电子设备的重要组成部分,如果盐雾和水分侵入,很难逸出,长期影响下会对电路板造成腐蚀,甚至会让整个系统瘫痪。基于绝缘电阻、耐压性、品质因数等指标对其电气特性进行分析与对比,为选择军用电子设备的印制电路板提供了依据。

一、常见印制电路板工艺涂层以及相关标准

1.1 三防涂料主要类别及特点

丙烯酸类 (AR) 易于涂覆,具有良好的保光性、理想的电气性能、物理性能和防霉性能,使用寿命较长,固化时间较短,不会产生热量,对热敏性器件没有损伤,且固化后不会发生收缩。这种油漆对溶剂非常的敏感,所以在修补过程中可以迅速的使用一种溶剂来清除油漆,从而导致了使用的溶剂的增多。

有机硅类 (SR) 涂层在常温下具有良好的绝缘性,尤其是耐热性,能够连续使用的温度高达200摄氏度,并且具有良好的耐湿性和耐蚀性。适用于具有较高温度的器件,比如,高功率电阻器。该涂层的使用寿命短,热膨胀率高,因此在维护时需要将有机硅薄膜剥落。

聚氨酯类 (UR) 分为两种:一种是单组份,一种是双组份,这种涂层具有良好的耐潮湿、耐化学腐蚀等特性。若为双组分,应严格按照油漆组成比例的要求进行精确的调配,并充分搅拌,不能含有水醇胺碱酸等成份。但油漆中含有过多的游离异氰酯,气味很重,对人体有害。

环氧树脂类 (ER) 是典型的双组分,在使用时要严格按照油漆成分的比例进行正确计量,并且要充分搅拌,而且其粘度受温度的控制很大,技术上不如单组份的涂料简单容易,但其机械强度高、适用期短、防潮、抗盐雾、抗化学性能好,电气性能优良,已被大量用于民用产品。

1.2 常见三防工艺涂层标准

目前,国际上对印制电路板的标准种类繁多,国内也针对自己的需要,制定了一套印制电路板的规格。国家标准中的技术内容大都与国际标准相一致,以EC为主

要参考,部分参考了MIL、IPC等,如表1所示^[1]。尽管上述三种标准不能全部覆盖,但对于涂料三防综合评价体系的建立具有参考价值。

表1 国内外印制电路板标准

印制电路板标准	国家	简称
美国电子电路封装协会标准	美国	IPC标准
国际电工委员会标准	美国	IEC标准
美国军用标准	美国	MIL标准
国标	中国	GB
国军标	中国	GJB
电子行业标准	中国	SJ
航天行业标准	中国	QJ
航空行业	中国	HB

二、印制电路板工艺涂层防湿热,霉菌,盐雾试验标准对比

2.1 标准方法对比

印制电路板三防特性的检验,首先要准备合格的试样,然后再用适当的测试方法进行测试,并通过对一些敏感的性能指标的表征来判断三防的优劣。所以,本文就是从这几个方面来比较标准。三项标准的三项防护测试结果的比较如下列表格表2、表3所示^[2]。

MIL-P-55110标准的三防试验情况如下:

湿热试验条件下,使用MIL-STD-202中的方法106。检测参数为介质耐电压、外观、翘曲和扭曲、粘合强度、可焊性镀层、附着力等。组合检测参数包括绝缘电阻,使用MIL-STD-202方法302条件A。

MIL-P-28809标准的三防试验情况如下:

湿热试验条件下,使用MIL-STD-810方法507。霉菌试验条件下,使用同一方法508。盐雾试验条件下,使用统一方法509。检测参数无规定。

表2 MIL-I-46058标准的三防试验情况

标准试样	较详细地规定涂层厚度、电路图形、制备方法等。		
试验条件	湿热	霉菌	盐雾
试验方法	使用MIL-STD-202中的方法106。	使用ASTMG-21。	无
检测参数	外观、介质耐电压、阻燃性、绝缘电阻、柔韧性、Q值(谐振)等。		

组合检测 参数 及方法	绝缘电阻	使用MIL-STD-202方法302。	无	无
	介质耐电压	同上方法301		
	Q值	使用IPC-TM-650方法2.5.28		

表3 IPC-TM-650标准的三防试验情况

标准 试样	明确规定电路测试图形。			
试验 条件	湿热	霉菌	盐雾	
试验 方法	按下列步骤循环20次： ① 在 1.75 ± 0.5 h 内，从 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 升至 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，湿度升至 RH90%~RH98%； ② 恒温 3~3.5h； ③ 在 1.75 ± 0.5 h 内，将温度从 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 降到 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，湿度保持 RH80% 以上。	(1) 菌种选用球毛壳霉、出芽苗霉、黑曲霉、粘帚霉、多丝青霉； (2) 按下列条件循环28天： ① 20h 内 温 度 保 持 $30 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、湿度保持 RH95% \pm 5%； ② 4h 内 温 度 保 持 $25 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、湿度保持 RH100%。	无	
检测 参数	外观、附着力、介电强度、绝缘电阻、Q值(谐振)、耐弧性、介质击穿强度、剥离强度、体积电阻率和表面电阻率、耐摩擦、弓曲和扭曲、吸水性、抗电强度等。			
组合检测 参数 及方法	绝缘 电阻	500VDC, lmin。	无	无

GB/T 4588.4标准的三防试验情况如下：

标准试样明确规定综合电路测试图形。湿热试验条件下，使用IEC68-2-3试验Ca或IEC68-2-38。检测参数为外观、拉脱强度、镀层厚度、互连电阻、可焊性、绝缘电阻、耐溶剂性、剥离强度、耐电压、镀层附着力等。

GJB 362标准的三防试验情况如下：

标准试样没有明确规定，可采用成品板，也可采用按相关规范制备的样品。湿热试验条件下，使用GJB 360 A方法106。检测参数为绝缘电阻、镀层附着力、清洁度、弓曲和扭曲、可焊性、抗拉强度、表面剥离强度、铜镀层伸长率、介质耐电压、耐溶剂性等。组合检测参数与方法，包括绝缘电阻使用GJB 360 A方法302；介质耐电压使用同上方法301，施加1000VDC电压30s。

SJ 20671标准的三防试验情况如下：

标准试样较详细地规定涂层厚度、电路图形、制备方法等。湿热试验条件下，使用GJB 360 A方法106；霉菌试验条件下，使用QJ 990.11方法。组合检测参数与方

法，包括绝缘电阻使用GJB 360 A方法302；介质耐电压使用同上方法301。

QJ 519标准的三防试验情况如下：

标准试样可以是成品板、在制板或检验用的综合测试板等。湿热试验条件下，使用GJB 360 A方法106。检测参数为剥离强度、可焊性、介质耐电压、拉脱强度、绝缘电阻等。组合检测参数与方法，包括绝缘电阻使用500VDC或100VDC，保持lmin。

2.2 标准要求分析

目前国内和国际印制电路板的工业标准中，对于防护涂料三防性能的确证，至今尚未发现可直接使用的途径。大部分的标准仅限于对湿热的测量，其测量方法的要求也各不相同。一些标准仅仅说明了要进行测试，但是没有提出相应的特征参数要求，例如MIL-P-28809；也有的规范了测试方法和测试条件，但是检测的时间和方法却各不相同^[3]。一般而言，该标准仅限于对某一特定用途的印制电路板产品的品质评定，若要检验并选择其三防特性，必须在全面分析、研究现行规范的基础上，制订出一套详尽的三防测试方案。

三、印制电路板工艺涂层防湿热，霉菌，盐雾试验标准的对比与分析

3.1 标准试样的要求

标准测试样品的制作要求可根据防护涂料工艺的实际选择来确定衬底和涂层参数，可按MIL-I-46058和SJ20671的标准选择。选择测试电路与PCB性能指标的可测性和测试数据的代表性有很大的关系。在设计试验方案时，应根据试验条件和性能参数类型的需要，并兼顾方便的选择标准样品的测试图形。从表2中可以看出，QJ519和GB/T4588.4给出了一个完整的电路试验图，可以使试验者在各种性能参数的基础上，选择合适的测试线路。还有一些标准选择了综合测试电路中的一些图样，例如SJ20671-1998所示的Y型测试电路。

3.2 试验条件及方法

表2中列出的各种标准都有对湿、热的测试要求，主要采用MIL-STD-810、MIL-STD-202、GJB360和IEC68的测试。大多数的试验规范中没有对霉菌、盐雾的试验进行规范^[4]。只有MIL-P-28809标准对湿热、霉菌、盐雾试验都有一定的要求，但是，该标准没有特定的检测指标，不能构成评价方案。现有的检测方法无法直接应用到PCB涂层的三防特性试验中，主要有以下几个方面：第一，多数规范没有对三种测试方法进行说明；其次，制定的测试所采用的标准方法存在差异；第四，

没有测试和参数检验相匹配的能力。测试方法的选择要尽量参考现行的标准,以符合印制电路板的用途,同时还要考虑测试时需要测试的特性参数。

3.3 检测参数方法及结果要求

从表2可以看出,在每个标准规范中都有大量的性能参数,从上述结果可以看出,湿热环境、霉菌环境和盐雾环境对镀膜表面的电气性能参数的影响很大。表2所列出的标准中,与三防试验结合使用的主要指标也是绝缘电阻、介质耐电压等电气特性^[5]。该参数易于定量、变化趋势分析,可以方便地观察三防试验过程中的各种特性,并可作为三防试验的指标。定义了各参量的变化幅度,就可以确定实验的结果。

四、结论

现行标准所列测试方法不完善,无法形成相应的测试和评估系统;由于规范混乱,测试方法不统一,由于缺少明确的指引,在实践中不可避免地存在着盲目。PCB工艺涂层的三种防护特性评估,必须制定一种比较完整的检测验方法。在没有达到三防性能测试标准的前提

下,对目前印刷电路板对比和分析了现有的三防测试等技术指标,为PCB防护技术的设计者提供了一定的借鉴。

参考文献:

[1]袁敏,张铮,关学刚,黄创锦.海洋环境下印制电路板涂层的性能表现[J].电子产品可靠性与环境试验,2020,38(02):1-6.

[2]王军军,王贤明,吴连锋,宁亮,王波.印制电路板用三防涂层材料的研究进展[J].现代涂料与涂装,2021,24(07):17-20+25.

[3]杨明静,乔新晓,骆兆松.印制电路板设计对产品可靠性的影响[J].信息技术与信息化,2022(09):153-156.

[4]陈庆国,夏宝山,何莹,方少舟.印制电路板湿热环境试验失效案例分析[J].印制电路信息,2022,30(09):28-31.

[5]战贵盼,谭晓明,彭志刚,张丹峰,王德.实验室模拟海洋环境下印制电路板腐蚀损伤行为[J].装备环境工程,2021,18(12):65-72.