# 装配工艺对矩形电连接器在高湿环境下可靠性的影响*

崔　洁,周三三,朱建军
(南京电子技术研究所,　江苏 南京 210039)

**摘　要**:电连接器在电子设备中得到大量使用,但高湿环境会使其绝缘可靠性降低,故障频发,进而影响电子设备的稳定性。文中以矩形连接器为例,通过测试电连接器在常态和高湿环境下的绝缘性能以及通电工作时的表现,研究了焊接工艺、清洗过程对连接器绝缘性能的影响以及焊点绝缘防护处理对矩形连接器绝缘性能可靠性的影响。

**关键词**:装配工艺;高湿环境;电连接器;可靠性
**中图分类号**:TM503$^{+}$.5　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1008-5300(2015)05-0042-03

# Effect of Assembly Process on Reliability of Rectangular Electrical Connector in Humid Conditions

**CUI Jie, ZHOU San-san, ZHU Jian-jun**
(*Nanjing Research Institute of Electronics Technology*,　*Nanjing* 210039, *China*)

**Abstract**: The electrical connectors are widely used in the electronic equipment. But the humid conditions will make its insulation reliability fall and cause frequent connector malfunctions. As a result, the reliability of the electronic equipment is badly affected. The effect of jointing process and cleanout process on the insulation of the electrical connector are studied in this paper by testing the insulation in normal conditions and humid conditions and operation performance of the rectangular connector. In addition, different kinds of insulation-seal technics are also studied to validate their effect on insulation.

**Key words**: assembly process; humid conditions; electrical connector; reliability

## 引　言

军用电子设备中使用了大量的电连接器,但军用电子设备大多工作在室外,工作环境湿度大,连接器的绝缘支撑件表面易吸附一层水膜,更有部分设备在工作中常出现骤冷骤热的情况,易使电连接器表面出现凝露现象,潮湿环境使电连接器故障频发。据统计,由电连接器引发的故障约占军用电子设备电气故障总数的50%。

目前,部分电连接器设计了后附件,对连接器尾端进行密封处理,防止湿气侵入,以提高电连接器高湿环境下的可靠性[1-2]。但有部分电连接器(如矩形连接器)无法设计后附件。为了探究绝缘支撑件表面水膜对电连接器绝缘性能的影响,以及防止绝缘支撑件表面水膜产生的方法,本文以矩形连接器为例,对装配过程中的钎剂、焊后清洗对连接器绝缘性能的影响以及焊点防护处理对连接器工作可靠性的影响进行了研究,以期为连接器的装配工艺设计提供参考。

## 1　试验方法与过程

本文所选矩形电连接器的结构如图1所示,2排插针并列分布。

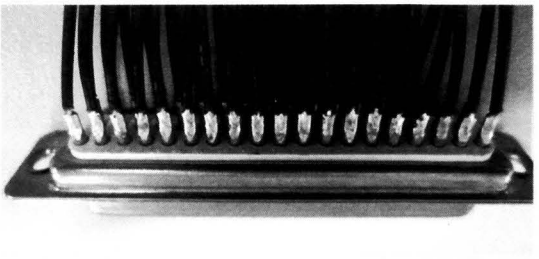

图1　矩形连接器尾部焊接示意图

* 收稿日期:2015-08-18

为考察装配工艺对矩形连接器可靠性的影响,本文按如图 2 所示的流程进行试验。

图 2　试验流程图

电连接器焊接完成后,测试其绝缘性能及通电情况下的工作表现;对连接器尾部进行绝缘防护处理后,再次测试连接器尾部的绝缘性能及通电情况下的工作表现。

### 1.1　连接器焊接试验

为考察焊料类型对焊接后连接器绝缘性能的影响,设计了 1 组两因素两水平的试验(试验安排见表 1),研究焊料类型以及焊接后超声水清洗过程对电连接器绝缘性能的影响。

**表 1　焊接试验因素水平表**

| 因素 | 水平 1 | 水平 2 |
|---|---|---|
| 焊料 | 活性焊料 | 非活性焊料 |
| 焊后清洗 | 焊后不清洗 | 焊后超声水清洗 |

### 1.2　绝缘电阻测试

选用 FLUKE 1508 型兆欧表,设定档位 500 V,焊接后测试 2 排插针之间的绝缘电阻。再在连接器尾部喷去离子水,在连接器尾部形成水膜,模拟高湿环境、交变湿热环境下绝缘支撑件表面的凝露现象,并测试该潮湿状态下的绝缘性能。

### 1.3　通电试验

将连接器的 2 排插针分别短接,其中一排插针为正极,另一排插针为负极,在连接器插针间施加 20 V 直流电压,模拟连接器的工作状态。同时,在连接器尾部喷一层去离子水,模拟高湿环境下绝缘支撑件表面水膜以及交变湿热环境下绝缘支撑件表面的凝露现象。在通电不同时间后,观察插针间的变化,了解连接器的工作情况。通电结束后,测试插针间的绝缘电阻,考察其绝缘性能。

### 1.4　尾部的绝缘处理试验

连接器尾部的绝缘处理采用 3 种方式:单根针套热缩管、施加聚氨脂涂层[3]和涂 3140RTV 有机硅树脂密封[4]。对经过 3 种方式的绝缘处理后的电连接器,按照 1.3 部分的方法模拟其在高湿环境、交变湿热环境下的工作,观察插针间的变化,了解连接器的工作情况。通电结束后,测试插针间的绝缘电阻,考察其绝缘性能。

## 2　试验结果及分析

### 2.1　焊接工艺对连接器绝缘性能的影响

将兆欧表调至 500 V 档,分别对两因素两水平共计 4 组测试对象进行干态绝缘电阻和湿态绝缘电阻监测,测试结果见表 2。

**表 2　连接器绝缘电阻测试结果**

| 序号 | 焊料 | 焊后清洗 | 干态绝缘电阻/MΩ | 湿态绝缘电阻/MΩ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 活性焊料 | 清洗 | > 550 | ≈0.01 |
| 2 | 活性焊料 | 不清洗 | > 550 | ≈0.01 |
| 3 | 非活性焊料 | 清洗 | > 550 | ≈0.01 |
| 4 | 非活性焊料 | 不清洗 | > 550 | ≈0.01 |

测试结果表明:无论是 R 型还是 RA 型焊锡丝,在 500 V DC 测试电压下,连接器的干态绝缘电阻均达到 550 MΩ,其湿态绝缘电阻均趋向于 0.01 MΩ;即使采用非活性焊料,或焊后清洗去除钎剂中的活性离子,其湿态绝缘电阻仍然较低,表明该措施对提高高湿环境下矩形电连接器的绝缘性能无明显帮助。因此,连接器的绝缘不受焊料类型以及焊接清洗过程的影响,且在不采取绝缘保护措施的情况下,在潮湿环境中其绝缘性能均较差。

### 2.2　焊接工艺对连接器工作状态的影响

按 1.3 部分的方法在连接器插针间施加 20 V 直流电压,通电不同时间并干燥后,测试插针间的干态绝缘电阻,测试结果见表 3。

**表 3　通电试验后插针间绝缘电阻**

| 序号 | 焊料 | 焊后清洗 | 绝缘电阻/ MΩ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 通电 30 min | 通电 60 min | 通电 90 min | 通电 120 min | 通电 150 min | 通电 180 min |
| 1 | 活性焊料 | 清洗 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 活性焊料 | 不清洗 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 非活性焊料 | 清洗 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 4 | 非活性焊料 | 不清洗 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

表 3 中的数据显示,无论是 R 型还是 RA 型焊锡丝,焊后清洗还是不清洗,在尾部未作绝缘处理的情况下,在绝缘支撑件有去离子水膜时,通电 30 min 后,电连接器的干态绝缘电阻由 550 MΩ 下降到 2 MΩ。通电 30 min 后的插针情况如图 3 所示。在通电过程中发现,插针周围出现黑色颗粒,插针表面镀金层被破坏。随着通电时间的延长,黑色颗粒逐渐增多,可能是插针镀层发生了电解现象。上述现象是在绝缘支撑件

周围有去离子水膜的情况下发生的。在实际使用时，大气环境中的盐雾、$SO_2$、$H_2S$ 等溶入水膜中，水膜的导电性更强，预计插针镀电解现象会更加剧烈。因此，尾部未作绝缘处理的电连接器在高湿环境下长期工作的可靠性是很难保证的。

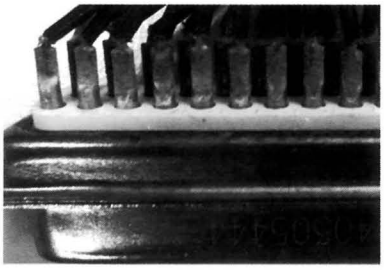

图 3　通电连接器导体表面情况

### 2.3　尾部绝缘处理工艺对连接器绝缘性能的影响

采用 1.4 部分的 3 种尾部绝缘处理方法（见表 4）对电连接器尾部进行绝缘处理，将兆欧表调至 500 V 档，分别进行干态绝缘电阻和湿态绝缘电阻监测，测试结果见表 4。

**表 4　尾部绝缘处理工艺绝缘性能测试结果**

| 序号 | 绝缘处理 | 干态绝缘电阻/MΩ | 湿态绝缘电阻/MΩ |
|---|---|---|---|
| 1 | 焊点套热缩管 | > 550 | 0.01 ~ 0.04 |
| 2 | 三防涂覆 | > 550 | 0.01 ~ 0.04 |
| 3 | 有机硅树脂密封 | > 550 | > 550 |

从图 4 可知：连接器的干态绝缘性能在 500 V 测试电压下均能达到 550 MΩ，满足绝缘要求；在灌注有机硅树脂的情况下，湿态绝缘性能满足要求；在 500 V 测试电压条件下，焊点套热缩管、喷涂聚氨酯涂层后，绝缘电阻迅速降至 0.01 ~ 0.04 MΩ。绝缘电阻迅速下降的原因可能是：聚氨酯涂层难以对连接器尾部焊点形成连续的绝缘保护层；热缩管与连接器绝缘支撑件之间存在间隙，难以防止导体间水膜的形成。由此可见，焊点套热缩管和喷涂聚氨酯涂层这 2 种绝缘处理工艺无法保证电连接器在高湿环境下的绝缘可靠性。

### 2.4　尾部绝缘处理工艺绝缘通电测试结果

尾部喷涂聚氨酯涂层、焊点套热缩管的电连接器未能通过湿态绝缘电阻测试，故仅对灌注有机硅树脂的 1 组连接器进行通电实验，累计通电 4 h，每隔 30 min 进行一次绝缘性能采样测试，结果见表 5。

**表 5　灌注有机硅树脂密封绝缘通电实验**

| 通电时间 / min | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 绝缘电阻 / MΩ | >550 | >550 | >550 | >550 | >550 | >550 | >550 | >550 |

在连接器尾部灌注有机硅树脂进行绝缘密封处理并通电 4 h 后，连接器绝缘性能良好，未发现插针间有电解现象。因此，在连接器尾部灌注有机硅树脂进行绝缘密封处理可有效防止电连接器绝缘支撑件表面以及插针表面形成电解液膜，湿态下电连接器尾部的绝缘性能达到测试要求。表明有机硅树脂绝缘密封可显著提高电连接器在高湿环境下工作的可靠性。

## 3　结束语

实验研究结果表明：免清洗焊料、焊后清洗对提高连接器的湿态绝缘性能无明显影响，即连接器的绝缘性能与焊接工艺无明显关系；电连接器在高湿环境中工作时表面会产生水膜，骤冷骤热会出现凝露现象，由此在电连接器表面产生的电解现象会使电连接器的绝缘电阻显著下降；在连接器尾部灌注有机硅树脂等绝缘封胶，可显著提高电连接器在高湿环境下的绝缘可靠性，但是喷涂聚氨酯涂层及焊点套热缩管对提高高湿环境下连接器的绝缘性能无明显帮助。

### 参考文献


[1]　韦生文，鞠金山. 雷达户外电连接器密封防护技术[J]. 电子工艺技术，2014，35(5)：284-285，307.

[2]　李强. 雷达伺服单元输出电缆防水工艺[J]. 电子工艺技术，2014，35(5)：289-291.

[3]　郭延发，周三三. VME 背板电连接器装配及背板叠装技术研究[J]. 电子机械工程，2011，27(6)：36-39.

[4]　张开. 粘合与密封材料[M]. 北京：化学工业出版社，2001.


崔　洁(1962-)，女，工程师，主要从事电子装联工艺研究工作。

欢迎投稿、刊登广告

E-mail：dzjxgc@126.com　电话：(025)51821078