

国产元器件高可靠装联常见问题及其启示

高伟娜 张明华 隋淞印 王宁宁 李莹

(北京卫星制造厂有限公司, 北京 100094)

文 摘 针对航天高可靠、长寿命电子产品用国产元器件,通过近年元器件国产化的应用实践,从电子装联的角度,对元器件国产化过程中的常见共性问题进行了分析和总结,并浅谈了元器件国产化过程中这些问题对我们的启示及后续应注意的问题及相关建议。

关键词 国产,元器件,高可靠,装联

中图分类号:TN6

DOI: 10.12044/j.issn.1007-2330.2022.04.018

Common Problems and Enlightenment of High Reliability Assembly of Domestic Components

GAO Weina ZHANG Minghua SUI Songyin WANG Ningning LI Ying

(Beijing spacecrafts Co., Ltd., Beijing 100094)

Abstract Aiming at the domestic components for aerospace high reliability and long life electronic products, through the application practice of component localization in recent years, the common problems affecting the assembly reliability in the process of components localization are analyzed and summarized, and the enlightenment of these problems in the process of component localization for us are discussed, as well as the relevant suggestions should be paid attention to.

Key words Domestic, Components, High reliability, Assembly

0 引言

航天元器件是航天电子产品的重要组成部分,其装联的可靠性直接影响着航天电子产品的可靠性。随着我国航天事业的不断发展,以美国为首的西方主要军事大国对我国部分元器件的封锁和禁运不断升级,迫使我国必须走自主发展的道路^[1];同时,随着国产化替代及国产元器件质量、性能的提升和规格系列的不断完善,从元器件质量可控的角度,单机产品设计也逐渐从采用进口元器件转移到采用国产元器件。但随着被动与主动元器件国产化替代的实施,国产元器件在电子产品装联过程中逐渐暴露出一些共性问题,本文根据近年国产元器件装联的工程实践,总结目前国产元器件装联所面临的常见问题,针对问题浅谈国产化元器件高可靠装联应注意的事项并提出相关建议。

1 元器件设计装联工艺性不足

1.1 问题特征

元器件结构设计未考虑(或不了解)后续应用的

需求,导致给后续装联应用带来不便或引起单机产品长期可靠性问题。

1.2 应用问题

1.2.1 元器件引脚覆盖防护漆

某TO封装三极管本体表面涂覆防护漆,靠近本体侧长度约3~5 mm内的引脚表面也覆盖一层防护漆,元器件引脚涂漆情况如图1所示。按照板级装联要求,TO封装元器件安装在PCB上时,元器件本体应距离PCB表面0.75~3.2 mm内,此元器件的设计、工艺直接导致板级产品无法使用。

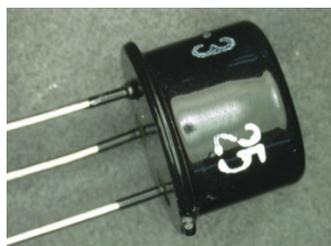


图1 元器件引脚表面涂覆防护漆

Fig. 1 Coating protective paint on the surface of component pin

收稿日期:2021-06-10

第一作者简介:高伟娜,1976年出生,硕士,研究员,主要从事星船电子产品装联工艺工作。E-mail:gwna529@163.com

1.2.2 面板电连接器无印制板固定结构

随着电子产品小型化、高密度化,通过自身引脚直接焊接在印制板上的面板电连接器应用越来越广泛。但部分通过引脚直接焊接在印制板上的电连接器本体只设计与结构安装的法兰,没有设计与印制板的固定结构,如图2所示。按照高可靠板级装联要求,对于需同时机械固定和焊接的元器件,应先进行机械固定,然后再进行焊接。此电连接器由于没有设计与印制板的固定结构,为了避免先焊接后机械固定的问题,很多情况下需额外设计电连接器辅助加固的结构零件,导致此类面板电连接器在后续应用时单机结构设计、工艺繁琐,增加产品成本。

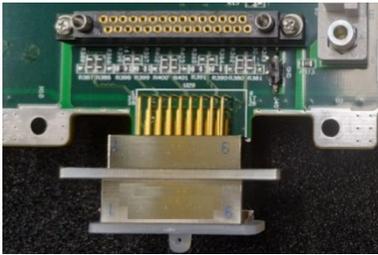
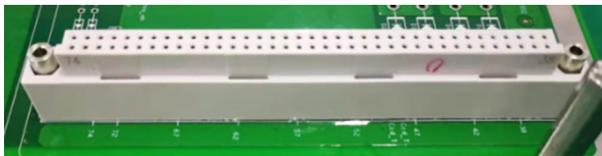


图2 无印制板固定结构的面板电连接器

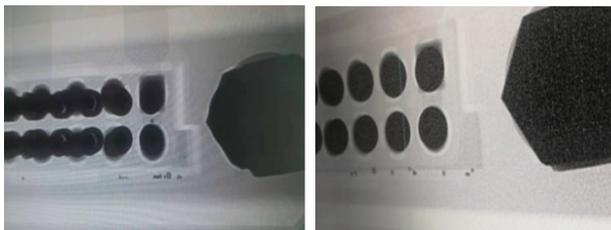
Fig. 2 Panel electrical connector without PCB fixed structure

1.2.3 印制板电连接器气密性安装

部分规格印制板电连接器在本体未设计结构凸台(或外围一周整体为凸台)或凸台高度太小,导致电连接器安装在印制板上后形成气密性安装,如图3(a)所示。



(a) 电连接器本体与印制板紧密接触



(b) 水清洗后多余物情况 (c) 风枪吹后多余物情况

图3 无凸台印制板电连接器装联缺陷

Fig. 3 Assembly defect of electrical connector of PCB without boss

这种结构设计形式为后续焊接、清洗、多余物清理及检验带来一系列困难。本体与印制板紧密接触不利于焊接时焊料的顺利流动,容易形成透锡不良的不合格焊点;同时后续清洗时不利于清洗剂的流动、多余物的清除,如果存在锡珠等金属多余物,只

能对电连接器进行返修,如图3(b)、3(c)所示采用不同工艺方法均无法清除电连接器本体与PCB之间的锡珠。为了解决以上问题,单机设计一般再设计单独的凸台结构零件,将印制板电连接器引脚焊接部位人为抬高;同时,在这种元器件结构形式设计情况下,即使是2排引脚印制板电连接器,为了检查金属多余物也需进行X光照相检查,增加了板级产品生产的复杂性和生产成本。

1.3 问题启示

为了保证产品质量,产品在设计时应注重产品的设计工艺性。但对于元器件的设计,除注重元器件自身的设计工艺性外,还应注意其装联的工艺性,如元器件结构设计初期就应考虑元器件后续装联安装的可靠性问题、装联的工艺方法、使用禁忌等。这对元器件设计提出了更高的要求,但从元器件自身装联可靠性的角度,这种要求又是必须的。

2 元器件产品规范(说明书)不够细化

2.1 问题特征

元器件产品规范中关于元器件装联的相关信息不细化、不全面,用户得到的关于元器件装联应用信息较少。

2.2 应用问题

2.2.1 表贴玻封二极管焊后玻璃本体开裂

某国产化表贴玻封二极管,再流焊接后发现部分二极管本体内部出现玻璃分层现象(图4),玻璃外部未发生裂纹,此现象出现在同一批次产品的不同印制板上,排除受到机械外力的原因。经问题复现,玻璃内部分层与再流焊接过程受到的热应力有关。经核对产品规范,厂家在规范中没有关于再流焊接的相关信息、元器件没有进行过关于再流焊接相关温度范围的模拟试验。装联注意事项的缺失会导致元器件在装联过程按照常规工艺实施,使用户关于元器件使用的风险点把控不到位,容易引入产品质量隐患。

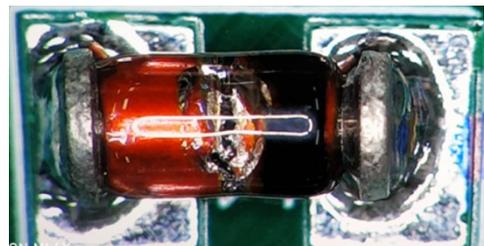


图4 表贴玻封二极管再流焊接后本体开裂

Fig. 4 Body cracking of MELF diode after reflow soldering

2.2.2 塑封器件本体开裂问题

某国产塑封表贴钽电容,再流焊接后发现约30%左右的电容本体出现起泡、开裂现象,如图5所

示。经问题复现,由于元器件为塑封非密封结构,在吸潮情况下,再流焊接的高温导致吸收的水分气化,使器件结构内部压力增大而导致塑封料起泡、开裂。经核对产品规范,厂家元器件规范没有关于器件湿敏等级、再流焊接前需进行预烘处理的相关说明。对于塑封湿敏元器件,板级装联通常进行预烘除潮处理,如果厂家说明书没有关于元器件包装、储存、预烘温度、时间等的相关说明,容易给后端应用带来质量隐患。

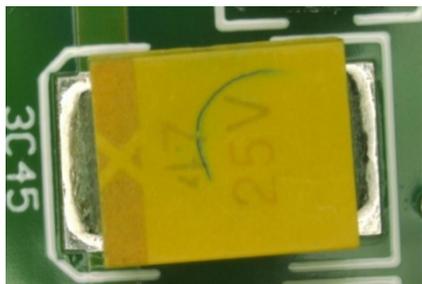


图5 塑封表贴钽电容本体受热开裂
Fig. 5 Body cracking of tantalum capacitor

2.2.3 插装电阻器质量等级标识不规范

某插装电阻在安装时发现本体上存在标记点,且标记点的位置不同,如图6所示。经核对产品规范,未查阅到相关信息。经咨询厂家,反馈元器件本体上的标记为了区分生产线上不同质量等级的产品,具体标记位置没有明确规定,标记在任何一端均可,与电阻的阻值读取顺序、精度等无关。厂家很清楚质量等级标识的含义,但如果没有相关说明或具体的规定,对于用户来说就会带来困扰,如产品AOI检验。

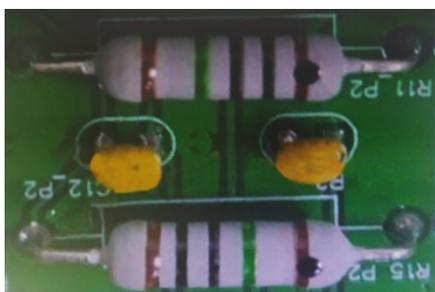


图6 产品质量等级标识在电阻色环的不同位置
Fig. 6 Product quality level identification in different positions of resistors

2.3 问题启示

相比国外元器件的产品规范,国内元器件的规范在装联方面的应用信息相对较少较为普遍,尤其关于元器件的自身结构、材料、工艺信息及其装联注意事项等信息更少。通过与元器件厂家交流,导致这种问题的主要原因之一是厂家不清楚或不完全清除元器件在单机端的装联工艺情况,针对电装时元器件自身的薄弱环节分析或试验验证不充分,所以

没有进行相关工作或进行了部分工作没有使问题得以暴露,产品规范中自然也就没有相关指导信息;另一原因是往往更注重电性能,忽略装联指导。

3 元器件装联应用验证的充分性不足

3.1 问题特征

元器件已经经过应用验证、产品鉴定等程序,但在产品后续应用中仍存在这样那样的问题,影响产品质量,增加质量控制成本。

3.2 应用问题

3.2.1 压接端子长度不足

某压接型电连接器端子按照厂家产品使用手册推荐的压接工具、位置器压接后发现观察孔变形,如图7所示。为了避免观察孔变形,更改位置器型号压接又导致端子出线端变形,如图8所示。后经厂家复查,厂家内部产品例行试验样品在压接后存在同样的问题,结合多批次产品例行试验验证情况,厂家评估观察孔变形不影响使用。但是按照电连接器压接标准,端子压接后观察孔变形属不合格品,给用户对产品的使用带来困惑。



图7 端子压接后观察孔变形
Fig. 7 Deformation of observation hole after crimping



图8 改变位置器压接出线端变形
Fig. 8 Deformation of terminal after crimping

3.2.2 元器件表面标识脱落

玻璃作为元器件的常用封装材料被广泛应用,但多种封装结构的玻璃封装元器件本体标识在电装环节的水清洗后出现脱落、剥离的现象屡次发生,如图9所示。经核查部分产品的产品规范,发现产品耐溶剂试验要求不规范,低于国军标的试验要求。按照标准规范,产品的标识应具有一定的耐溶剂性能,以便于元器件装联后能够经受清洗溶剂的腐蚀,保证电装后检验、调试、产品可追溯性等环节的顺利实施。由于元器件标识的脱落,不得不在水清洗前增加照相环节记录产品元器件极性的正确性,大大增加了产品质量控制成本。

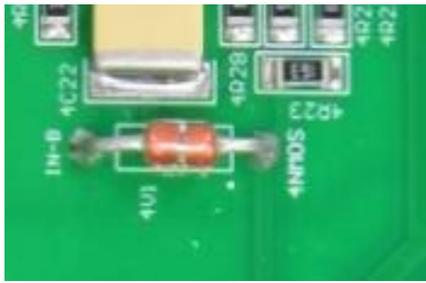


图9 玻璃封装器件水清后标识脱落

Fig. 9 The mark of glass packaging device falls off after water cleaning

3.2.3 印制板电连接器焊接后插孔助焊剂残留

在产品测试过程中出现印制板电连接器插孔端电接触不良现象,接触电阻从大于 $10\text{ M}\Omega$ 到十几欧姆跳动。经复查,印制板电连接器插孔合件与插座基座之间、插孔合件自身均为非密封结构。产品焊接时,助焊剂会沿各缝隙延伸到插孔合件的表面,从而引起对插后的电接触不良,如图10所示。



图10 电连接器插孔合件表面助焊剂多余物

Fig. 10 Excess flux on the surface of socket of electrical connector

对比国外产品,其主要区别为国外产品是一体式结构,国内产品为压接型的非密封分体式结构。而针对这种差别,在元器件结构分析及后续的应用验证均没有针对后续的装联情况采取针对性的分析及验证。对于通孔焊接的印制板电连接器,在电装过程中必然会应用助焊剂,如果采用手工焊接,助焊剂的量更加难以精确控制;同时,如果印制板电连接器没有结构凸台抬高设计,水清洗难度增加,多余物一旦产生就难以清除,也是导致问题多次发生的一个重要原因。

3.3 问题启示

即使通过应用验证的元器件,在产品使用过程中还会出现各种各样的应用问题。这需要元器件厂家在元器件国产化过程中重点关注与国外元器件结构、材料、工艺差异性所可能引起的新问题;需要元器件厂家与用户多交流、沟通,及时了解产品的应用情况;同时新应用验证的元器件应针对元器件自身的产品结构特点和后续板级装联应用情况,总结以

往经验教训,有针对性的增加或删除应用验证项目。

4 元器件二次筛选问题

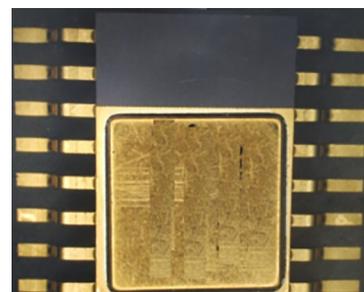
4.1 问题特征

元器件筛选项目不全面,导致问题遗留到生产阶段;或国产化替代元器件与原进口元器件外形尺寸存在差异、人为操作失误等原因导致元器件筛选过程本体受损。

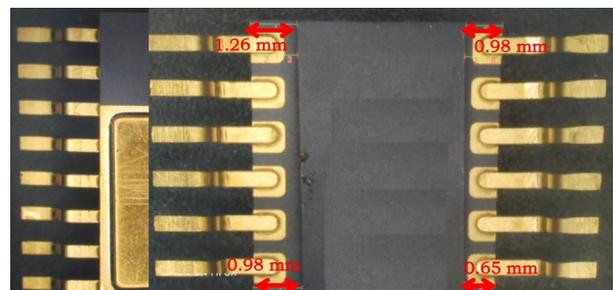
4.2 应用问题

4.2.1 需引线成形SOP封装元器件尺寸缺陷

某需成形SOP封装器件本体外形尺寸缺陷导致器件成形后不合格。仔细观察发现器件底面凸台不对称且歪斜(凸台边缘距离元器件边缘最大的相差 0.6 mm),如图11所示。底面凸台不对称且歪斜影响了元器件成形后尺寸,导致元器件成形后梁长不一致且最小长度不满足要求。如元器件厂家、或二次筛选单位了解后续元器件引线成形的原理,对相关参数有针对性的筛选,就不会将看似合格的产品流转到单机生产环节。



(a) 元器件顶面



(b) 元器件底面

图11 需成形SOP封装器件本体外形尺寸缺陷

Fig. 11 The defect of outline dimension of SOP package

4.2.2 电连接器本体内部金属多余物

多规格底部引脚电连接器焊接后X光照相发现金属多余物,电连接器解焊后在焊接面未找到多余物,对电连接器本体X光照相,发现电连接器塑封体内部存在金属多余物,如图12所示。根据电装要求,为了避免焊接后锡珠等金属多余物引起短路,需对焊接后焊点不可见的底部引脚电连接器进行X光照相检查。如元器件厂家、或二次筛选单位了解用户应用场景,针对元器件自身结构特点及其装联特点进行了风险点识别并进行过程管控,则会大大减少

此类问题的发生。

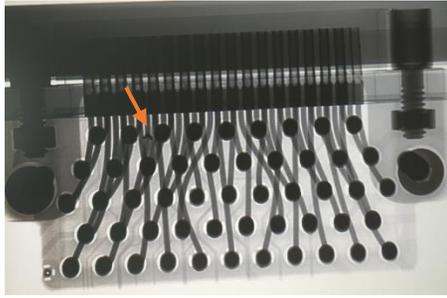


图12 电连接器本体内部金属多余物

Fig. 12 Metal residues in electrical connector body

4.2.3 BGA焊球表面损伤

某进口BGA元器件在电装前发现焊球受损现象,如图13所示。经复查为元器件二次筛选前就存在此问题。这种缺陷在电装后会导致大量的焊点空洞,甚至影响焊点的长期可靠性。经查询文献[2],此问题多为产品老化工装、测试工装与元器件的引脚尺寸不匹配、老化或测试工装超出使用寿命范围等过程控制不规范所致。此问题虽不是国产器件的筛选问题,但也值得我们进行举一反三,对我们后续筛选有一定的警示作用。

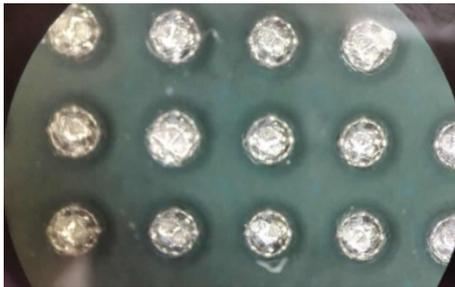


图13 某进口BGA器件焊球受损

Fig. 13 Solder ball damage of an imported BGA device

4.3 问题启示

元器件国产化替代过程中厂家会出现各种各样的问题,二次筛选过程中应积累经验,识别不同封装器件的薄弱环节,有针对性地对筛选条件和筛选项目进行调整,提高二次筛选的有效性和全面性。同

时,元器件筛选应加强过程控制,元器件国产化进程中国产化元器件或多或少与进口器件会存在一些差异,如尺寸公差等,这些细微的差别,如果不加重视有可能引起元器件的损伤。

5 结语

人们对任何新生事物的认识都有一个循序渐进的过程,即使通过应用验证的元器件,在产品使用过程中还会出现这样或那样的应用问题也属正常。航天高可靠、长寿命电子产品对国产元器件提出了更高的要求,这需要元器件厂家与用户多交流、沟通,及时了解产品的应用情况,及时对产品进行技术改进、升级,及时完善产品规范;新应用验证的元器件应针对用户的应用场景及元器件自身的产品结构、材料和工艺特点,总结以往经验教训,完善应用验证要求,有针对性的增加或删减应用验证项目,加强应用验证方案的有效性;元器件筛选单位在元器件二次筛选时应识别不同封装器件的薄弱环节,有针对性地对筛选条件和筛选项目进行调整,提高二次筛选的有效性和全面性。同时,考虑不同层级产品(如元器件级和板级产品)的关注点不同,且其生产工艺存在较大差异,建议新规划元器件在产品的设计阶段,除元器件设计师、工艺师参与外,还应由板级装联领域的工艺专家参与,才能设计出具有良好综合应用能力的产品,避免后续元器件应用的装联工艺性不足。

参考文献

- [1] 姚莉,王敬贤,蔡娜. 国内外航天关键元器件发展初探[J]. 航天标准化,2013(1):26-29.
YAO Li, WANG Jingxian, CAI Na. Development of key components at home an abroad [J]. Aerospace Standardization, 2013(1):26-29.
- [2] 王瑜. BGA器件筛选过程中的焊球问题及防护措施[J]. 电子制造技术,2017,17(10):6-16.
WANG Yu. Study of solder ball problems and countermeasures during BGA screening process [J]. Electronics and Packaging, 2017, 17(10):6-16.