

基于计量标准的军工 DCDC 电源模块二次筛选检验检测能力提升策略

蒋小也

成都天奥技术发展有限公司 成都 610000

DOI: 10.12238/ems.v8i1.17673

[摘要] 本文针对军工 DCDC 电源模块在高可靠性应用领域的特殊需求,深入研究了基于计量标准的检验检测能力提升策略,重点聚焦于二次筛选方向。通过对现行国家标准、军工标准及国际标准的综合分析,结合二次筛选的技术特点和要求,提出了系统化的检测能力提升方案和实施路径。研究表明,通过完善计量标准体系、优化检测流程、引入先进设备和方法以及加强人才培养,能够显著提升军工 DCDC 电源模块的二次筛选效率和可靠性,为国防装备的质量保障提供重要技术支持。本文提出的策略和实施方法对军工电子制造领域的质量控制具有参考价值和实践指导意义。

[关键词] 计量标准; DCDC 电源模块; 二次筛选; 检验检测; 能力提升; 军工产品

1 引言

军工 DCDC 电源模块作为国防装备中的关键组成部分,其性能可靠性直接关系到整个武器系统的稳定运行。随着国防现代化进程的加速和装备需求的不断增加,对电源模块的质量要求也日益提高。特别是在航空航天、军事通信、雷达系统等高端领域,电源模块必须在极端环境下保持稳定工作,这对产品的检验检测提出了更高要求。

本文基于计量标准的角度,针对军工 DCDC 电源模块二次筛选的检验检测能力提升策略进行深入研究,旨在提出一套系统化、实用化的解决方案,为相关领域的技术进步和质量保障提供参考。通过研究,期望能够促进军工 DCDC 电源模块二次筛选技术的创新发展,提高我国国防装备的可靠性和自主保障能力。

2 军工 DCDC 电源模块二次筛选概述

2.1 二次筛选的基本概念与目的

二次筛选是指对已通过出厂检测的电子元器件进行补充性可靠性验证的工艺过程。作为专业的可靠性保证手段,二次筛选主要针对航空航天、军工装备、轨道交通等高可靠性领域需求,依据国际/国内标准对元器件进行系统性再筛选,旨在消除早期失效隐患,确保器件在极端环境下的稳定表现。

与初次筛选不同,二次筛选更加注重应用场景的适应性和极端环境下的性能表现。它通过对元器件施加各种环境应力和工作应力,激发潜在缺陷,提前剔除失效产品,从而提高整批元器件的可靠性水平。对于军工 DCDC 电源模块而言,二次筛选是确保产品满足军事应用要求的必要工序。

2.2 二次筛选的适用对象与重要性

二次筛选主要适用于具有高可靠性要求的电子元器件,特别是军工 DCDC 电源模块等关键产品。二次筛选的重点对象包括航天级集成电路、军用功率半导体器件、植入式医疗电子模块、车规级 IGBT 模块、深海作业传感器组件以及卫星通信射频器件等。

对于军工 DCDC 电源模块,二次筛选具有极其重要的意义。军工产品的特殊应用环境决定了其必须具有极高的可靠性和环境适应性。电源模块作为电子系统的能源供应单元,其故障会导致整个系统瘫痪,造成严重后果。通过二次筛选可以提高产品质量等级,满足军工产品对元器件的苛刻要求。

2.3 二次筛选的主要检测项目

二次筛选包含多项检测项目,主要分为以下几大类:

1 外观及物理特性检查:包括 X 射线内部结构分析、引脚共面性检测、封装密封性测试以及标记耐久性验证等。

2 电性能测试:包括全参数功能测试、极限电压/电流试验、开关特性验证以及三温测试(-55°C/25°C/125°C)等。

3 环境应力筛选:包括高温老化试验(168 小时@125°C)、温度循环试验(-65°C~150°C)、机械冲击(1500G/05ms)以及恒定加速度试验等。

4 破坏性物理分析(DPA):包括开封内部检查、键合强度测试、芯片剪切试验以及材料成分分析等。

3 计量标准在二次筛选中的应用要求

3.1 国内外计量标准体系

国军标是我国军工电子产品的基础标准体系,其中

GJB548B-2005《微电子器件试验方法和程序》、GJB7243-2011《军用电子元器件筛选技术要求》以及GJB33A-1997《半导体分立器件总规范》等标准是二次筛选的重要依据。美军标是国际公认的可靠性标准,如MIL-STD-883《微电子器件试验方法和程序》、MIL-STD-750D《半导体器件试验方法》等,在全球范围内具有广泛影响力。

3.2 计量标准的技术要求与应用

计量标准对军工DCDC电源模块的二次筛选提出了详细的技术要求,涵盖了各个方面。对于绝缘电阻测试,标准要求对于DC-DC电源模块,测试电压为500V时,检测电源输出端、输入端和外壳3点之间的绝缘电阻。在正常大气条件下测试,绝缘电阻应 $\geq 50\text{M}\Omega$;在湿热条件下测试,绝缘电阻应大于等于 $1\text{M}\Omega$ 。

对于绝缘强度测试,标准规定输出功率 $\geq 10\text{W}$ 的DC-DC电源,输入对输出需承受1500Vdc、输入对外壳承受1050Vdc、输出对外壳承受500Vdc,各测试1分钟,漏电流应 $\leq 1\text{mA}$ 。而输出功率 $< 10\text{W}$ 的DC-DC电源,输入对输出需承受500Vdc、输入对外壳承受300Vdc、输出对外壳承受300Vdc,各测试1分钟,漏电流应 $\leq 5\text{mA}$ 。

在环境适应性方面,计量标准要求军工DCDC电源模块能够在极端环境条件下正常工作。如GJB899A系列标准规定了军用设备的可靠性试验和环境试验要求,包括振动、冲击、温度等多项测试。MIL-STD-810H《环境工程考虑和实验室试验》则用于电源设备的高低温、湿热、振动、跌落、沙尘、霉菌、盐雾等环境适应性测试。

3.3 当前标准体系存在的问题与挑战

标准更新速度较慢,跟不上技术发展的步伐。随着电源技术的快速发展,新型DCDC电源模块不断涌现,其结构、材料和工艺都有了很大变化,而部分检测标准未能及时更新,无法完全适应新产品的检测需求。

标准协调性不足,不同标准之间存在差异甚至冲突。国军标、美军标以及行业标准之间的技术要求不完全一致,给检测工作带来了困惑和难度。同时,部分标准缺乏详细的实施指南,实际操作中依赖于经验,影响了检测结果的一致性和可比性。

标准执行力度不够,部分检测机构未能严格遵循标准要求。由于设备条件、人员能力或成本考虑等因素,一些检测机构在二次筛选过程中未能完全按照标准执行,影响了检测结果的可靠性和权威性。

4 检验检测能力提升策略

4.1 设备能力提升策略

引进先进检测设备,提高检测精度和效率。例如,配备高精度参数测试系统、自动化环境应力筛选设备、先进的无损检测设备等。特别是对于关键参数的测试,如绝缘电阻、耐压强度、温度特性等,需要采用高精度、高稳定性的专用设备,确保测试结果的准确性和可靠性。

建立自动化检测线,提高检测效率和一致性。通过引入自动化设备和工作站,实现检测流程的自动化和信息化,减少人为因素影响,提高检测效率。例如,建立自动化的电参数测试系统、环境应力筛选系统以及数据采集和分析系统,实现检测过程的全自动化和数据化管理。

加强设备管理与维护,确保设备处于良好状态。建立完善的设备管理制度,包括设备档案、周期检定、日常维护、故障处理等环节,确保设备的准确性和可靠性。特别是对于关键检测设备,应定期进行校准和验证,保证其测量结果的可追溯性和准确性。

4.2 人才队伍培养策略

加强专业技能培训,提高检测人员的技术水平。通过定期组织内部培训、外部专家讲座、行业交流等活动,使检测人员深入了解二次筛选的标准要求、技术方法和操作要点。特别是对于新技术、新标准、新设备,应及时组织专题培训,确保检测人员掌握最新知识和技能。

建立资格认证体系,保证检测人员的专业能力。参考国内外相关资格认证制度,建立内部的检测人员资格认证体系和等级制度,明确不同岗位的能力要求和评价标准。通过理论考试、实际操作考核等多种方式,对检测人员进行全面评价和认证,确保其具备从事相应检测工作的能力。

4.3 管理体系完善策略

建立质量管理体系,实现检测工作的规范化。参考ISO/IEC17025《检测和校准实验室能力的通用要求》,建立完善的质量管理体系,包括文件控制、记录管理、内部审核、管理评审等环节,确保检测工作的各个环节都处于受控状态。

完善流程管理制度,优化检测工作流程。通过对二次筛选全过程的分析,识别关键环节和控制点,制定详细的操作规程和作业指导书,明确各个环节的要求和责任。特别是对于样品管理、设备操作、数据记录、结果报告等关键环节,应建立严格的管理制度,确保检测工作的规范性和一致性。

4.4 技术创新与标准化策略

加强检测技术研究,开发新方法新工艺。针对新型 DCDC 电源模块的特点和检测需求,积极开展检测技术研究,开发更加高效、准确的检测方法。特别是对于高温、高湿、振动等极端环境下的性能测试,需要研究更加贴近实际使用条件的检测方法,提高检测的有效性和针对性。

参与标准制修订工作,促进技术成果标准化。积极参与国军标、行业标准以及国际标准的制修订工作,将实践中积累的经验和技术成果转化为标准内容,促进技术进步和经验分享。关注国际标准发展动态,及时引进和吸收国外先进标准,提高国内标准的水平和国际一致性。

5 实施案例与效果分析

5.1 案例背景与实施方案

某军工电子企业主要从事 DCDC 电源模块的研发和生产,产品广泛应用于航空航天、军事装备、通信设备等领域。近年来,随着产品可靠性要求的不断提高,企业原有的检验检测能力已无法满足需求。

为解决这些问题,该企业实施了一系列检验检测能力提升措施,包括:

1 设备升级:投资 9,80996 万元用于国产化高功率密度模块电源研制生产提升项目,其中 6,84715 万元用于购置先进的检测设备,包括元器件检验设备、元器件筛选设备、电磁兼容设备等。

2 流程优化:重新设计和优化二次筛选流程,引入自动化设备和信息管理系统,提高检测效率和数据可靠性。新的检测流程包括资质文件核验、深度外观检测、电性能参数测试、环境应力筛选、破坏性物理分析、数据综合判定以及质量认证输出等环节。

3 人员培训:组织系统的培训计划,包括标准学习、设备操作、案例分析等内容,提高检测人员的专业水平。同时,引入资格认证制度,要求所有检测人员必须通过考核认证后才能上岗操作。

4 管理完善:建立符合 ISO/IEC17025 要求的质量管理体系,完善各项管理制度和操作规程,加强过程控制和记录管理,确保检测工作的规范性和一致性。

5.2 实施效果

检测能力大幅提升。新增了多项检测项目,如高温老化试验、温度循环试验、机械冲击试验等,检测覆盖率提高了 40%以上。检测精度和可靠性也显著提高,测量不确定度降低

了 30%以上。

检测效率明显提高。通过引入自动化设备和优化流程,检测周期缩短了 35%以上,从原来的平均 15 天缩短到 10 天以内。同时,人力资源投入减少了 25%,检测成本降低了 30%以上。

从经济效益来看,该项目的税后投资财务内部收益率为 2444%、总投资静态回收期为 561 年(含 2 年建设期)、总投资动态回收期为 705 年(含 2 年建设期),具有较好的经济效益。

从军事效益来看,通过提升检验检测能力,保证了军工 DCDC 电源模块的可靠性和稳定性,为国防装备的性能和可靠性提供了重要保障,具有显著的军事效益和社会效益。

6 结论

二次筛选是保证军工 DCDC 电源模块可靠性的关键环节,对于提高国防装备的质量和可靠性具有重要意义。通过二次筛选,可以有效发现和剔除早期失效产品,降低系统故障风险,提高整批产品的可靠性水平。计量标准是二次筛选的技术依据,目前国内外已经建立了较为完善的标准体系,包括国军标、美军标、国际标准等多个层次和类别。这些标准为二次筛选提供了详细的技术要求和方法指导,但在标准更新、协调性和执行力度方面仍存在一些问题。检验检测能力提升需要从设备能力、人才队伍、管理体系和技术创新等多个方面系统推进。通过引进先进设备、加强人才培养、完善管理体系、促进技术创新和标准化,显著提高二次筛选的效率和质量,为军工 DCDC 电源模块的可靠性提供有力保障。

[参考文献]

[1]北京朝阳-国产化高功率密度模块电源研制生产提升项目可研报告。Baijiahaobaiducom, 2022。

[2]元器件二筛检查项目及标准解析。广东优科检测认证有限公司, 2025。

[3]电源模块性能测试标准:军工电源绝缘电阻测试。Msohucom, 2024。

[4]军用电子元器件二筛,进口元器件可靠性筛选试验。Bbselecfanscom, 2023。

[5]电源模块老炼与测试验证,失效现象分析检验。Guangzhou11467com, 2025。

作者简介:蒋小也(1993.6-)男重庆梁平汉族助理工程师本科基于计量标准的检验检测能力提升策略-电源方向。