

doi: 10.7690/bgzdh.2021.05.006

航天电子信息化产品多余物预防与控制

刘云峰¹, 宋冬², 何凡¹, 罗义才¹, 李亮¹

(1. 火箭军装备部驻成都地区第四军事代表室, 成都 610052; 2. 中国电子科技集团公司第二十九研究所, 成都 610036)

摘要: 针对目前多余物控制中存在的问题, 在对这类产品特点进行分析的基础上, 结合军代表质量监督工作实际, 探讨做好这类产品多余物预防与控制工作的具体思路和做法。结果表明, 该方法能加强电子信息化产品的质量监督, 保证产品质量。

关键词: 多余物; 质量监督; 电子信息化产品; 预防; 控制

中图分类号: TJ760.5; V443 **文献标志码:** A

Prevention and Control of Superfluous Matters in Aerospace Electronic Information Products

Liu Yunfeng¹, Song Dong², He Fan¹, Luo Yicai¹, Li Liang¹

(1. No. 4 Military Representative Office in Chengdu District, Equipment Department of PLA Rocket Force, Chengdu 610052, China; 2. No. 29 Research Institute of CETC, Chengdu 610036, China)

Abstract: Aiming at the problems of superfluous matter control, based on the analysis of the characteristics of this kind of products, combined with the actual work of quality supervision of military representatives, this paper discusses the specific ideas and methods of doing well in the prevention and control of surplus products. The results show that the method can improve quality supervision of electronic information produce and ensure the product quality.

Keywords: superfluous matter; quality supervision; electronic information product; prevention; control

0 引言

近年来, 随着装备采购体制改革的不断推进和国防工业格局的调整、“武器装备信息化、信息装备武器化”的深入推进, 电子信息化产品逐步在航天领域得到运用。该类电子产品由元器件、微组装模块、印制电路板、连接器及导线等装配成一体实现特定功能的设备。除具备普通电子产品的特点^[1-5]外, 由于其平台应用的特殊性, 还具有以下特点:

1) 产品的经济价值高、政治意义大, 如果失败造成的代价非常大;

2) 产品需满足长寿命、高可靠的质量要求, 卫星产品要求多年连续加电工作, 弹载产品有数年以上的贮存期要求;

3) 产品一次性使用, 发射后便不可维修、维护。

为了实现以上特点, 达到航天产品“工作零缺陷、产品零故障”的质量目标, 加强电子信息化产品的质量监督成为确保产品质量的重要环节。多余物是航天产品研制生产过程中质量控制的关键, 也是困扰航天产品发展的一个重要问题。多余物造成的故障一般具有随机性和偶发性, 故障之前没有任

何征兆, 事后又很难被确认, 危害非常严重^[6-8]。军代表有效地开展多余物预防和控制监督工作是保证部队获得质量优良的武器装备的重要手段之一, 必须从产品设计、工艺、制造等环节进行多余物预防和质量控制。笔者对军代表做好这类产品多余物预防和质量控制管理的具体思路和做法进行探讨, 以保证承制单位稳定地交付质量合格的产品。

1 多余物控制存在的主要问题

1.1 设计有隐患, 多余物产生后难以去除

案例: 对某航天电子信息化产品进行自动化测试时设备反馈“电压异常”, 此时电压显示为+0.27 V, 正常值为+2.5 V。后经2次加电测试, 故障保持。

在开盖检查过程中发现产品内有一个长度约0.5 mm的铝屑。该铝屑搭接在正电源焊点和壳体之间, 引起正电源与壳体短路。经排查发现: 设计师在产品研制设计阶段, 考虑到产品工作功率较大, 进行了风冷设计, 但是与风冷系统(风扇、散热齿、风道)无关的区域未进行隔离密封设计。风扇在工作过程中可能会将周边的灰尘、微小的金属屑等多余

收稿日期: 2021-01-24; 修回日期: 2021-02-22

基金项目: 装备技术基础项目(17JJ1022)

作者简介: 刘云峰(1974—), 男, 山西人, 博士, 高级工程师, 从事精确制导、电子对抗、综合防护研究。E-mail: footballliu@163.com。

物带入产品内部的电路上。本案例中发现的 0.5 mm 铝屑为风扇工作带入的金属多余物，搭接在电源和地之间发生了短路，属于设计考虑不周导致的多余物进入。

1.2 工艺有缺陷，多余物不能及时清除

案例：某航天电子信息化产品进行随机振动环境试验时发现微波组件短路。经排查发现玻璃绝缘子旁边有如图 1 所示的金属多余物。该多余物经电镜扫描分析确认为铝屑。铝屑由铝合金箱体机加工过程产生，由于体积太小就一直隐藏在绝缘子安装孔中，最终在整机力学试验中造成短路故障。

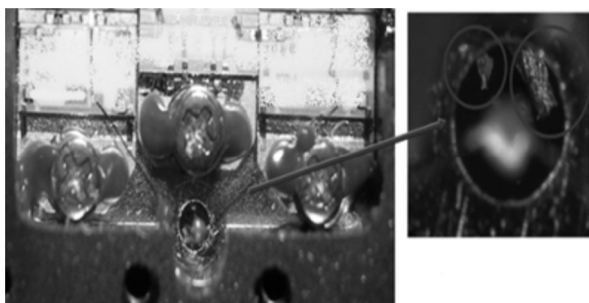


图 1 绝缘子孔中的多余物

该案例表明：工艺人员在编制产品工艺文件中，未明确多余物防控重点部位，未在合适的工序设置清理多余物的环节，并实施多余物检查。在产品生产过程中，操作人员未进行检查和清理，导致金属多余物滞留在微波组件腔体内部，属于工艺控制措施不完善导致的多余物进入和残留。

1.3 管理有漏洞，多余物控制不到位

案例：某航天电子信息化产品在温度循环试验低温过程中指标异常，故障现象持续半小时后消失。此后连续进行温度循环、温度冲击、随机振动，故障不复现。经排查发现 FPGA (QFP 封装) 的一只管脚附近有如图 2、图 3 所示的多余物。对多余物进行成分分析，确认该多余物为焊锡。经排查发现，该产品需要焊接装配一些导线。焊接导线时，熔化的焊锡丝飞溅到周边电路上。飞溅的锡珠、锡疤没能及时清理干净，而检验人员也疏忽漏检(该多余物长度仅 0.3 mm)，给产品埋下严重的质量隐患。该案例表明，生产中管理不规范也是造成多余物残留的原因。在产品生产过程中，存在由于人员质量意识不足导致多余物残留，导线焊接完成后操作者没有仔细清理周边电路，检验员也没有对印制电路板所有区域进行逐行扫描检查多余物，造成多余物质量问题。

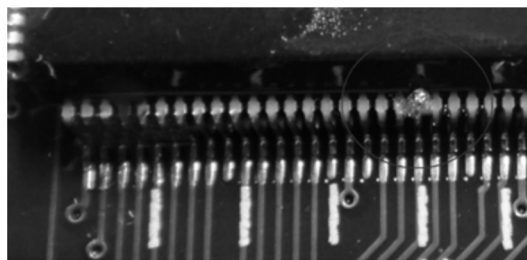


图 2 FPGA 多余物

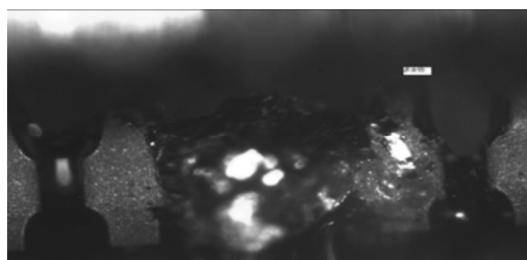


图 3 FPGA 多余物的显微照片

这些质量问题一方面存在技术原因，另一方面又存在管理原因，如人员质量意识不强、工程经验不足、制造风险识别不全、操作不到位的情况。这些都是多余物预防和控制改进的工作重点。

2 预防和控制要求

2.1 找准工作依据，做好顶层策划

多余物控制是确保航天系统产品质量的重要方面，QJ2850A-2011《航天产品多余物预防和控制》、Q/Y223-2008《航天产品多余物控制要求》等是军代表开展航天电子信息化产品多余物控制的基本依据和指南。这些标准规范，明确了航天产品研制全生命周期多余物引入的风险点及针对性的控制措施。军代表应熟悉掌握这些规定，按规定的要求、程序、内容和方法，在编写的质量监督细则和检验验收细则中，明确军代表多余物质量监督的重点和检验的范围、内容及时机，做好装备多余物质量监督工作；同时结合产品的具体情况，军代表做好多余物控制的顶层策划工作，负责跟踪产品各阶段的设计、生产和试验环节，督促承制单位在设计、生产、工艺和检验等过程中仔细分析本专业可能产生多余物的环节，对可能导致多余物质量问题的环节进行控制，并在质量监督细则和检验验收细则中细化多余物预防和控制要求。

2.2 加强人员管控，强化规范培训

军代表应督促承制单位依据标准规范要求，严格规定各岗位在质量工作上的任务、职责和权限。各岗位须由责任心强、质量意识强、技术过硬的人

员承担, 各级人员必须遵循“谁主管谁负责”的原则, 按照“科学管理、人人有责、不缺程序、检查到位”的责任意识和担当意识, 抓好多余物防控工作的落实, 做到“事事有人管、人人有专责、办事有程序、检查有标准”。设计人员负责产品多余物预防和控制设计; 工艺人员对制造全过程开展多余物防控设计, 在产品封盖前 100% 采取双岗清理、双岗检验、显微镜/X 光机逐行扫描等工艺控制措施; 生产及检验人员负责在生产过程中严格按照工艺规程明确的做法执行, 并按质量要求对执行情况进行记录, 认真负责、兢兢业业对待生产过程的每一道工序, 才能保证产品质量稳定、万无一失。

各类人员要提升多余物预防和控制的质量意识。军代表督促承制单位须持之以恒地加强专业规范培训, 一定要将多余物相关标准培训纳入设计、工艺、生产及检验人员基础培训项目, 使大家心里绷紧多余物这根弦。此外, 军代表还可以参与到承制单位多余物案例宣贯中, 将多余物预防与控制作为一项重要教育内容, 加强全员的质量意识、质量道德和质量观念的教育, 使人员特别是产品一线人员具备多余物的危险性意识, 在员工中牢固树立多余物防控意识, 能够主动杜绝多余物。

2.3 加强源头控制, 做好过程落实

产品在设计、器材选购、结构件加工、印制电路板制造、微组装、电气互联、调试、测试、试验和周转等过程均可能引入多余物, 任何一个环节没有控制到位就会给产品埋下多余物隐患^[9]。军代表可按照设计、工艺、生产及检验等环节, 分类分层次进行监督和管控。

1) 设计。

设计过程是决定产品质量的关键环节^[10]。在设计阶段对多余物控制考虑不周, 到生产阶段解决就很困难, 造成的损失也很大, 到使用阶段再暴露出问题, 就更难解决; 因此, 军代表应督促设计单位按照多余物标准和规范要求开展设计工作, 从零件、部件、组件、模块、分机和整机产品逐级开展多余物风险分析, 并根据产品设计及制造特点确定多余物预防和控制要点, 并将多余物预防纳入设计准则中, 设计产品时应充分考虑多余物的预防以及能方便检查、清除多余物; 能够量化的要求一定要量化, 参加相关设计文件的审查或会签, 抓好设计更改的把关。军代表监督设计单位梳理多余物预防和控制要求, 邀请工艺人员参加产品设计过程, 开展工艺

性审查环节, 关注多余物审查内容, 并对问题进行拉条挂帐, 及时向设计人员反馈设计不合理的地方, 监督改进设计, 将多余物隐患消灭在萌芽状态, 避免产品的先天不足而带入后续生产环节。

2) 工艺。

工艺是制造的关键, 装备质量靠工艺固化于生产。航天电子信息产品的实现由于涉及众多的工艺技术和加工方法, 还大量使用各种辅助材料。在组装过程的各个环节, 每一道生产工序, 需严格制订预防和控制多余物的措施。军代表监督工艺部门按照设计人员提出的多余物预防和控制要求, 一方面根据产品生产合理性和可行性开展多余物分析, 根据分析结果开展相关工艺实验, 经验证后在工艺文件中落实多余物预防和控制措施; 另一方面关注容易产生多余物的环节, 汇总型号产品多年来多余物质量问题机理, 总结成设计准则落实到新型号产品的设计图纸上, 并总结成制造准则落实到工艺文件中, 开展落实多余物预防和控制工作。比如柔性射频电缆外导体铜网切割后, 应使用放大镜、显微镜检查是否有铜丝、金属屑残留在外导体与内导体之间。在可能产生多余物的操作后, 设置专门清理和检验工序, 例如采用吸尘器吸、高压气体吹、液体擦拭和清洗等方式, 以清除多余物。

3) 生产及检验。

生产及检验过程是保证产品质量的重要环节。军代表监督承制单位编写“多余物控制规范”, 要求设计师、工艺师、操作者、检验员对“多余物控制规范”进行评审确认。在生产前, 操作者、检验员应清楚掌握各型号产品多余物防控要求, 并在实际生产过程中严格落实, 按工艺要求做好多余物清理及检验记录。

此外, 军代表还应督促生产部门进一步加强产品生产装配时的现场管理。一方面保证生产现场的环境干净整洁, 螺钉等标准件、电线等辅料能够定点存放, 确保现场人员按工艺规程操作时不会产生多余物; 另一方面保证生产现场的有序安排, 比如容易产生多余物的生产工序与产品装配环节场地分离, 即使有多余物产生, 也能保证立即清除。严格执行生产工序过程中的“检验制”“留名制”, 以及关键岗位的“双岗制”和自检、互检、专检的“三检制”, 杜绝多余物的产生。

2.4 遵守工艺纪律, 严抓装配检验

军代表督促承制单位严格工艺纪律, 把好工艺

质量关，确保生产的稳定性、先进性以及满足设计图纸要求的适应性。针对电子信息化产品特点，航天产品工艺文件涉及到多余物预防和控制的管理应符合 QJ2850A-2011《航天产品多余物预防和控制》的规定。航天产品工艺文件编写时应执行国家军用标准 (GJB 系列) 和航天行业标准 (QJ 系列)。

针对航天电子信息化产品的特点，军代表应加强装配检验控制环节，监督承制单位制定并实施装配检验制度。装配时按照以下要求进行：对于紧固件安装工序，由齐套人员按图纸工艺文件将螺钉、螺母、弹垫、平垫等按规格数量进行齐套发放，产品紧固件安装完成后既不能剩余又不能缺少任何紧固件；对于航天产品焊接完成后，应彻底清除多余焊剂及焊点周边的焊渣等残留物，直到 4~10 倍放大镜下看不到助焊剂的痕迹；零件上出现棱角、锐边、相交孔等结构时，工艺文件应提出倒钝、去毛刺要求；生产、装配中使用的镊子、斜口钳、导轮、电缆剪钳、电缆绞刀、细齿锉、什锦挫、焊台以及自制工具应定期用无水乙醇进行清洗，确保未粘附多余物；使用留屑钳剪断多余的各种线头，防止被剪断的线头飞溅到产品中产生多余物；去除烙铁头的氧化物及污物时，应在润湿的乳胶海绵上擦除，严禁用甩的方法去除，以防止细微焊剂、锡珠四处飞溅造成多余物；使用粘有双面胶的牙签和精密镊子清除缝隙、孔和角落中的多余物；在安静的环境下沿 X、Y、Z 方向摇晃模块、分机，仔细聆听是否有异响，每件产品一个方向的晃动次数不少于 10 次。

检验时按照以下要求进行：零件机加工后用显微镜检查零件毛刺残留，100%全检，不抽检；对装配后无法再进行检查的部位，在工艺文件中明确检验要求，检验人员全程跟踪操作过程进行过程检验；检验人员应按规定目视观察是否存在多余物，对于接插部位和有怀疑处，用 10 倍放大镜对连接器内部接触件及绝缘体进行检查；绝缘体表面不应有污垢和多余物；绝缘体表面不应破损或褶皱；使用 X-射线检验 BGA 器件的焊接情况以及器件底部是否有锡球等多余物；根据产品的特点，选择最利于多余物位移的方位，用橡胶锤以适当力量敲击被检仪

器，促使多余物位移，并重新进行观察；如果存在难以直接观察的部位，可用内窥镜等专用器具对这些部位进行观察；航天产品封盖前，应 100%使用显微镜、X 光检查产品内的多余物，特别是各种孔内的多余物和金属多余物，合格后才能进行封盖工作^[11]。

3 结论

笔者结合航天电子信息化产品特点，探讨了开展多余物过程质量监督工作思路和具体做法。结果表明：该方法可提升航天电子信息化产品多余物防控管理水平，通过全员参与，实现航天电子信息化产品“万无一失”的质量目标。

参考文献：

- [1] WANG J M, LI F C, LIU Y D, et al. Design of data communication and management system for ground test and verification devices of space laser communication[J]. *Optic-International Journal for Light and Electron Optics*, 2014, 125(8): 1937-1941.
- [2] 刘云峰, 宋冬. 军代表开展航天电子产品生产过程质量监督工作的探讨[J]. *中国军转民*, 2016(7): 70-73.
- [3] WANG S J, CHEN R. Detection and material identification particles inside the aerospace power supply via stochastic resonance of loose and LVQ network[J]. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 2012, 34(8): 947-955.
- [4] 朱泽锋, 张军, 彭跃华. 复杂电磁环境对电子装备的影响研究[J]. *兵器装备工程学报*, 2016, 37(11): 10-15.
- [5] 金作军. 基于数据链的电子对抗装备组网应用[J]. *兵器装备工程学报*, 2017, 38(7): 89-93.
- [6] 陈蕊. 航天电子装置多余物检测与材质识别方法研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2014.
- [7] 陈智勇, 沈宏. 航天产品多余物预防和质量控制[J]. *设备监理*, 2019(2): 11-13.
- [8] 陈湜兰, 张媛, 周玲, 等. 浅谈航天用微特电机多余物的预防和控制[J]. *微特电机*, 2019, 47(1): 91-93.
- [9] 张瑞, 陈金存, 刘琦, 等. 航天型号产品工艺量化控制的研究与实践[J]. *质量与可靠性*, 2018(6): 1-4, 9.
- [10] 胡云龙, 解维奇, 姚静波. 航天测发系统自主可控能力评估[J]. *兵工自动化*, 2020, 39(12): 43-49.
- [11] 刘丽荣, 马骏, 张立. 航天产品工业内窥检测典型多余物的判别方法[J]. *航天制造技术*, 2013, 6(3): 62-64.