

宇航产品调试测试准备要点

冯月婷 王露 余重阳 屈毅 李佳炜

上海航天电子技术研究所

DOI:10.12238/acair.v2i4.10362

[摘要] 质量是航天产品的生命,更是航天品牌的存在价值与发展基石,全面提升产品质量,追求卓越品质是重中之重。为了高质量完成调试测试工作,调试测试前期的准备工作尤为重要,本文以保证宇航产品调试测试工作顺利开展为目标,从“人”、“机”、“料”、“法”、“环”等五个方面分别阐述了调试测试工作前的基本内容。

[关键词] 宇航产品; 调试; 测试; 准备

中图分类号: TL374 **文献标识码:** A

Preliminary Discussion on Preparation Work for Aerospace Product Debugging and Testing

Yueting Feng Lu Wang Chongyang Yu Yi Qu Jiawei Li

Shanghai Institute of Aerospace Electronics Technology

[Abstract] Quality is the life of aerospace products, and it is also the value and development cornerstone of aerospace brands. Improving product quality comprehensively and pursuing excellent quality is of utmost importance. In order to complete debugging and testing work with high quality, the preparation work in the early stage of debugging and testing is particularly important. This article aims to ensure the smooth progress of aerospace product debugging and testing work, and elaborates on the basic content before debugging and testing work from five aspects: "human", "machine", "material", "method", "environment", etc.

[Key words] Aerospace products; Debugging; Testing; prepare

引言

随着航天事业的快速发展,高质量地完成产品调试测试任务,确保产品优质、准时地向顾客提供高可靠高质量的宇航型号电子产品是重中之重。为了提升宇航领域正样产品调试测试专业化水平,进一步适应航天精细化质量管理要求和宇航领域产品化、高密度的发展需求,提高宇航领域产品调试测试前的准备工作尤为重要,本文阐述了宇航调试测试前各方面的准备工作。

1 人员准备工作

“人”:指宇航产品调试测试的人员。调试测试人员不得佩戴戒指、涂抹指甲油,手表、项链等饰品不得外露,进入调试现场前,应正确穿戴防静电鞋、服、帽,并经人体综合测试仪测试合格^[1](其中腕带系统接地要求 $<3.5 \times 10^7 \Omega$,鞋束-地板系统接地要求 $<3.5 \times 10^7 \Omega$)。

1.1 人员培训与授权

调试测试人员必须是经过专业培训并具备上岗资格的设计或调试技术人员。调试测试人员应预先熟悉产品的技术方案、工作原理、硬件架构及装配关系,掌握产品的技术条件和测试细则,熟练操作测试设备、仪器及仪表的使用方法,具备较强责任心和应急反应能力,保证调试测试工作的顺利进行。

1.2 人员技能要求

(1) 熟练查阅档案库、资料库档案或文件;(2) 掌握产品交验单、软件固化相关流程、元器件领用及更换流程、质量信息反馈、工时填写、工序排产等流程;(3) 熟悉电阻电容规格、各类元器件(包括但不限于:电阻、电容、LDO器件、DCDC、滤波器、二极管、三极管、FPGA、CPU、晶振、ADDA器件。);(4) 熟练依据文件完成单板静态检查测试,且无错误、无漏测项目。

2 仪器仪表准备工作

“机”:指宇航产品调试测试所使用的仪器仪表设备。调试测试前应检查所用器具、仪器、仪表是否在计量检定周期内,是否有合格证、准用证,如果不满足,应先送检、有合格证或准用证后才能使用,测试常用的仪器仪表清单示例如表1所示。

3 产品准备工作

“料”:指宇航产品。在产品准备阶段应确认产品状态:先对外观(含插座、插针)检查,再进行器件和接线检查,最后进行静态阻抗测试的顺序进行;检查器件时,原则上应按照装配图上标注的器件顺序或按照电路图信号走向逐一检查,其中有方向要求的器件,必须进行方向性确认。

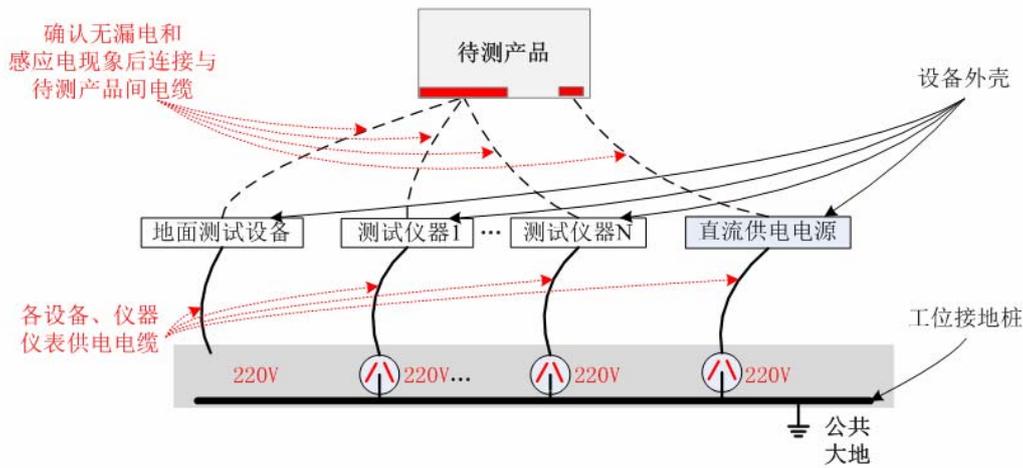


图1 待测产品测试前各个电缆连接状态

表1 测试常用的仪器仪表清单示例

序号	名称	型号规格	精度	合格证上的有效期
1	稳压电源	TDKZ60-14-LAN-L2-C	/	2022.01.01-2023.12.31
2	频谱分析仪	AgilentE4440A	DC~26.5GHz	2023.02.01-2024.01.31
3	示波器	TektronixTDS5104B	5GS/s 1GHz	2023.04.01-2024.03.31
4	示波器探头	Tektronix	500MHz 1MΩ 18pF	2023.04.01-2024.03.31
5	高速数据接收机	Cortex HDR	Max 470Mbps	2023.01.01-2023.12.31
6	数字万用表	34405A	1×10 ⁻⁴ V(A)	2022.10.01-2024.09.30
7	塞规	150A17	0.01mm	2023.01.01-2024.12.31
8	电子秤	TH16815	0.005kg	2023.01.01-2024.12.31
9	游标卡尺	0125*0.0	0.02mm	2023.01.01-2024.12.31

注：上述各仪器可用类似精度或更高精度的仪器代替，但必须经计量合格后方可使用。

(1) 产品外表面无污渍、破损、锈蚀、变形及严重划痕等缺陷，棱角无碰缺；(2) 产品外部可见紧固件无松动；(3) 电连接器无锈蚀，插针无氧化、倾斜、弯曲变形，插头尾罩自锁无松动；(4) 产品外表无附着多余物，把机构产品搬起进行齐全晃动，无异常声响；(5) 产品接入测试设备前，对单机供电接口正负端阻抗进行测试确认；(6) 上述产品状态确认完成后，方可进行下一道工序。

4 计划工作及资料文件准备

“法”：指方法和法则，即宇航产品调试测试计划和文件及记录。

4.1 调试测试计划

保障全部调试测试工作安全、有序和高效地进行，必须在调试测试准备阶段制定细致的调试测试计划。因为产品策划工作要在项目早期进行，并贯穿调试测试产品项目的整个生存期，所以要启动调试测试策划工作，要先进行产品立项，再按产品项目分配调试测试的人员分工，由调试测试人员制定项目进度计划，分解产品调试测试工作、确定项目各工序工时预估，编写产品调试测试工作分解结构(WBS)表，例如表2所示。

表2 调试测试工作分解结构(WBS)表

序号	调试测试工作项	计划开始时间	工时预估	负责人	备注
1	XXX工作	年/月/日	8h	调试测试人员	/
2	/
3	/
...					

4.2 现行有效文件

调试、试验用技术文件应齐备(如技术条件、试验任务书、试验大纲或方案、操作规程、结果评定准则、故障预案等)，并经有关方签署确认；若发生技术偏离、技术状态更改，应具有经有关方签署确认的技术偏离单、技术更改单，现场使用的技术文件现行有效。

4.3 调试测试过程记录本

调试测试过程记录本封面应填写任务号、产品型号编号、产品代号、产品名称、图号、工作令、批次编号和日期等信息。调试、测试记录应满足客观、真实、准确。调试、测试人员应确保所记即所见，确保原始记录真实可靠。调试、测试记录应具有可追溯性。

5 环境及安全准备工作

“环”: 指宇航产品调试测试现场环境及安全。

5.1 宇航调试现场

宇航调试现场必须为 I 类EPA和一类文明生产区域^[2]。

(1) I 类EPA: 直接或间接接触、处置静电敏感元器件、组件(电路板等)的区域。如ESDS元器件库房、电子装联、产品调试、软件固化、清洗、测试、维修、检验等与静电敏感单机直接相连的电缆所处区域。EPA内应配置温度和湿度调节装置: 室内相对湿度宜保持在40%~60%范围内, 一般不应超过40%~60%(极限30%~70%); 室内温度应保持在16℃~28℃范围内。发现温湿度超限应停止一切直接接触ESDS器件类工作, 并开启离子风机, 及时调整新风空调系统, 直到满足EPA区域内湿度要求, 保证环境准备工作满足温湿度指标。(2) 一类文明生产区域: 是指洁净度、温度、湿度有控制指标的生产区域(一类文明生产区域内温度一般保持在16℃~28℃, 相对湿度控制在30%~70%, 洁净度不低于100000级, 并根据产品实现过程的需求确定)。

5.2 安全共地

整个调试、测试过程中待测产品、所有测试设备、仪器仪表外壳必须接大地^[3]。电源保护接地线要求为交流阻抗 $<1\ \Omega$, 功能接地装置的要求为对保护接地线的电阻 $<25\ \Omega$ 。

产品与地面测试设备、测试仪器仪表、直流供电电源连接电缆前, 需使用手持数字万用表进行接地情况测试。待测产品测

试前各个电缆连接状态如图1所示, 地面测试设备、测试仪器仪表、直流供电电源连接好设备供电电缆, 设备外壳接地点与公共大地间阻抗测量值应 $<2\ \Omega$, 满足上述要求, 则代表接地正常, 确认无漏电和感应电现象后, 方可通过电缆连接待测产品。

6 总结

调试测试准备是每个宇航产品在现场调试工作开展前的必要过程, 一个高质量的调试测试准备可以避免一些低层次问题的发生, 在提高工作质量的同时也可以提升工作效率。通过人员、仪器仪表、产品、资料文件、调试测试计划、环境和安全防护准备等工作, 让潜在风险扼杀在源头。完整、规范的开展调试测试前准备工作对宇航产品调试测试的顺利实施具有重要意义。

[参考文献]

[1] 季启政, 刘志宏, 张书锋, 等. 航天器电子产品防静电工作区的管理与控制[J]. 航天工业管理, 2012, (04): 22-26.

[2] 中华人民共和国工业和信息化部. 电子产品防静电包装技术要求, 2016-01-15.

[3] 苏晓华, 闻映红. 电子设备的接地技术[J]. 安全与电磁兼容, 2004(01): 39-42.

作者简介:

冯月婷(1990--), 女, 汉族, 山西太原人, 硕士研究生, 工程师, 从事宇航产品调试测试研究。