

浅谈 HALT 试验在可靠性设计中的应用

顾静楠 18860995101

江苏安科瑞电器制造有限公司 江苏 江阴 214405

摘要：本文主要介绍 HALT（高加速寿命筛选试验）在可靠性设计中的应用，以安科瑞电气股份有限公司（300286.SZ）的 ACR220E 多功能电力仪表为例，通过建立 HALT 试验模型、施加外部环境应力进行缺陷筛选，从而达到提高产品可靠性设计的目的。

关键词：HALT 试验；可靠性设计；ACR 多功能电力仪表；环境应力筛选

0. 引言

目前国内的可靠性方面的标准体系还不完善，产品标准主要是侧重于产品质量的验收，测试的结论都是合格/不合格，都是属于后期的验收，对于提高产品的可靠性存在滞后性。

产品的设计可靠对产品的使用寿命具有很大的影响，而设计缺陷是无法通过后期的生产工艺来进行弥补的，因此设计的可靠性非常重要。HALT 试验是验证产品设计可靠性的重要手段，通过施加相应的环境应力来加速暴露产品的缺陷或薄弱环节，使产品缺陷暴露在设计阶段，再针对暴露的缺陷进行针对性改进，从而达到提高产品可靠性的目的。

1. HALT 试验模型

HALT 试验称之为高加速寿命筛选，它不是合格与否的测试，而是一种发现缺陷的手段，一般在产品的设计阶段进行，提供设置逐级递增的加严的环境应力来加速暴露试验样品的设计缺陷和薄弱点。HALT 试验一般是在超出规范极限以外进行，因此具有很高的试验效率。

美国国防部可靠性分析中心发布的《产品可靠性蓝皮书》指出飞行机载设备有 52%以上是由环境因素引起的，其中温度因素占 42%，振动因素占 27%，湿度因素占 19%；因此对产品可靠性影响最大的环境应力是温度、振动、湿度，一般可靠性试验提出采取这 3 种应力。对于一些特殊的产品如使用在高海拔地区的产品还应增加低气压（真空度）应力、电应力（试验时对产品通电工作）等。

安科瑞电气测试中心（隶属于安科瑞电气股份有限公司（300286.SZ））配备了专业的产品寿命加速筛选系统，针对电工电子产品进行可靠性研究，我中心推荐的试验顺序为“低温——高温——快速热循环——振动——温度与振动”。

注 1：湿度应力应真实地模拟产品现场使用的环境湿度情况，除特殊情况外，一般只有预计到现场使用者会遇到冷凝、结霜、结冰的试验阶段，才会向试验空间喷入水蒸气来提高产品试验环境的湿度来模拟产品现场使用的环境，试验的其他阶段一般对湿度无要求。

一般推荐的 HALT 试验流程如下图 1：

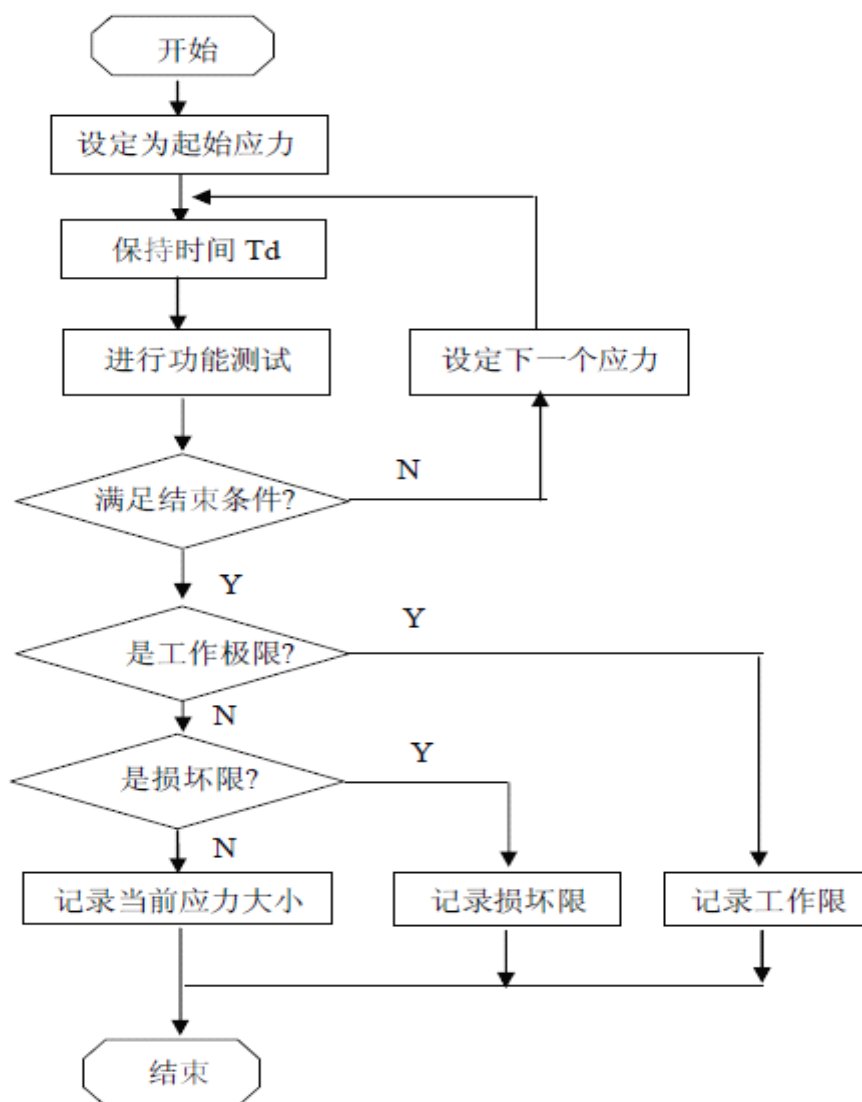


图 1 HALT 试验流程图

2. HALT 试验

以电气股份有限公司 (300286.SZ) 的 ACR220E 多功能电力仪表为例, 正常工作范围见表 1:

表 1: ACR220E 多功能电力仪表工作范围

温度	湿度	振动	海拔
-10~55℃	≤95%RH, 不结霜	0~55Hz, 位移 1.59mm, 加速度 0.5g	≤2000m

2.1 低温应力试验

试验方法: 从稳定的-10℃开始以 10℃/min 的温度步进增量降温, 每个温度点保持 20min 使产品温度与环境温度一致, 并对产品进行功能监测, 直至产品功能下降/丧失或到达指定试验温度, 记录产品的工作限和损坏限, 低温试验步进图见图 2, 其中红色表示实际温度曲线, 蓝色表示目标温度曲线。试验结果该产品在-40℃开始功能下降, -60℃功能丧失, 即 ACR220E 多功能电力仪表低温工作限为-40℃, 低温损坏限为-60℃。

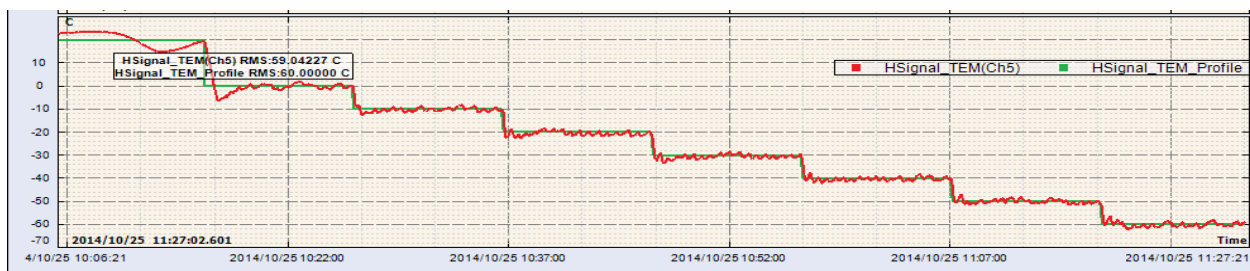


图 2 低温步进试验

低温应力激发的缺陷主要为：元器件参数漂移、环路稳定性、焊接不良、塑料件脆裂等。

2.2 高温应力试验

试验方法：从稳定的 20°C 开始以 10°C/min 的温度步进增量增温，每个温度点保持 20min 使产品温度与环境温度一致，并对产品进行功能监测，直至产品功能下降/丧失或到达指定试验温度，记录产品的工作限和损坏限，高温试验步进图见图 3，其中红色表示实际温度曲线，蓝色表示目标温度曲线。试验结果该产品在 80°C 开始功能下降，100°C 功能丧失，即 ACR220E 多功能电力仪表高温工作限为 80°C，高温损坏限为 100°C。

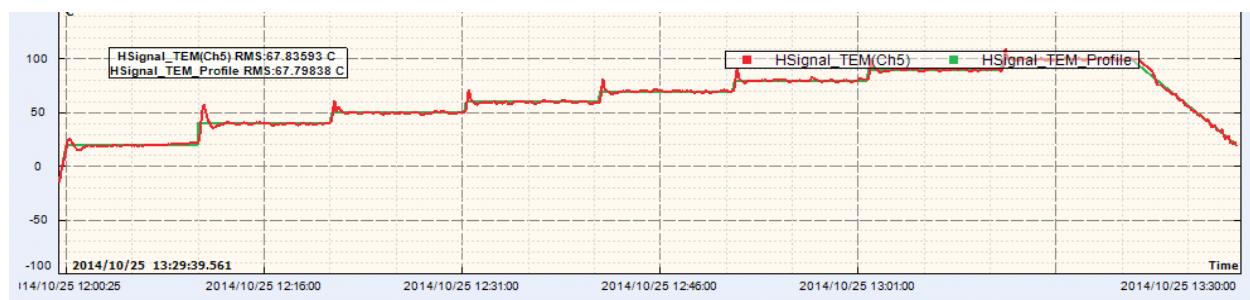


图 3 高温步进试验

高温应力激发的缺陷主要有：粘贴不牢、电解电容漏液、元器件参数漂移、环路稳定性、焊接不良、绝缘能力下降、机械缺陷、塑料件软化等。

2.3 温度循环应力试验

试验方法：温度循环范围为下工作限与上工作限之间，温度步进 30°C/min，循环次数 5 次，每个温度点保持 20min 使产品温度与环境温度一致，并对产品进行功能监测。温度循环试验步进图见图 4，其中红色表示实际温度曲线，蓝色表示目标温度曲线。

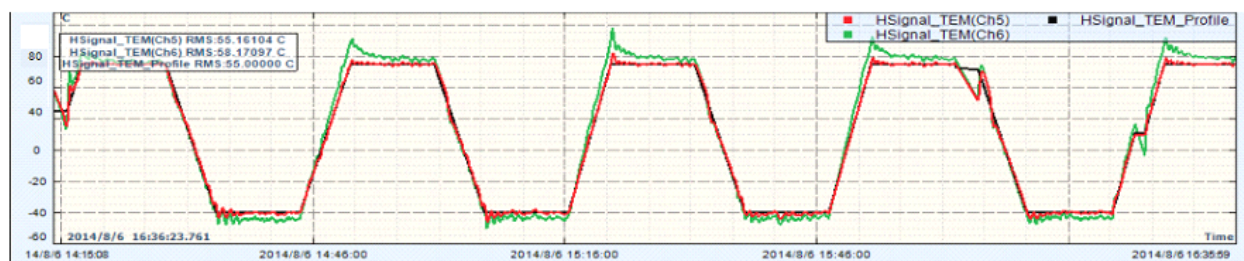


图 4 温度循环步进试验

快速温度循环应力激发的缺陷主要有：参数漂移和电路稳定、PCB板异常、元器件异常、焊接质量异常、连接异常、粘贴异常、机械故障、密封故障等。

2.4 振动应力试验

试验方法：参比温度条件 23℃，从 5g 加速度开始以 5g 的步进增量提高加速度，每个点保持 20min 对产品进行功能监测，直至产品功能下降/丧失或到达指定试验加速度，记录产品的工作限和损坏限，振动试验步进图见图 5，其中紫色表示实际振动曲线，粉色表示目标振动曲线。试验结果该产品在 15g 加速度出现共振现象，20g 加速度时功能丧失，即 ACR220E 多功能电力仪表振动工作限为 10g，振动损坏限为 20g。

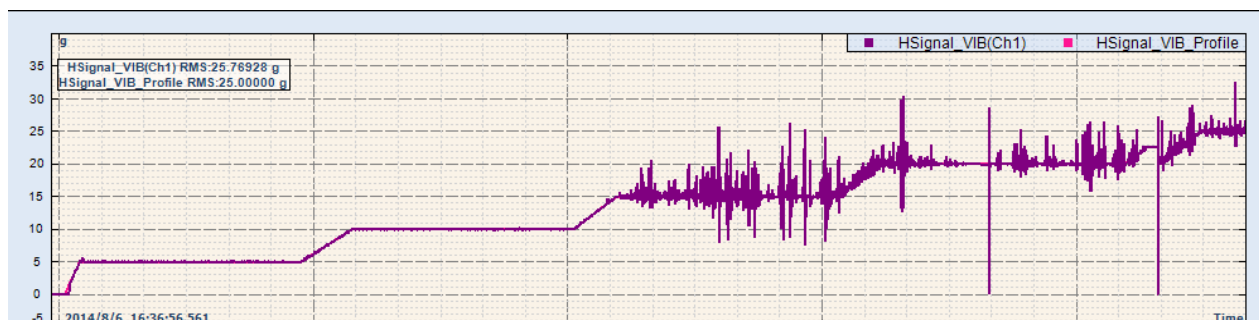


图 5 振动步进试验

振动应力激发的缺陷主要有：电路板连接开路、元器件引脚断裂、元器件脱落、接插件连接松动、焊接异常、紧固件松动、机械不良等。

2.5 温度+振动综合应力试验

试验方法：温度循环与振动应力同时施加，温度循环范围为下工作限与上工作限之间，温度步进 30℃/min，循环次数 5 次，振动从 5g 加速度开始以 5g 的步进增量提高加速度，每个点保持 20min 对产品进行功能监测，直至产品功能下降/丧失或到达指定试验限。试验步进图见图 6，综合的应力使试验环境更加接近实际的使用环境，可以暴露更多的设计缺陷。



图 6 温度+振动综合步进试验

2.6 改进验证试验

在每个试验项目结束后，如果样品发生失效，需要查找原因进行改进，并重新施加相同量级的应力进行试验，保证不发生同样的失效，同时也不要有新的失效模式产生，其目的是验证改进的有效性和改进没有引入新的薄弱环节。然后在此基础上继续试验，直到满足结束条件为止。

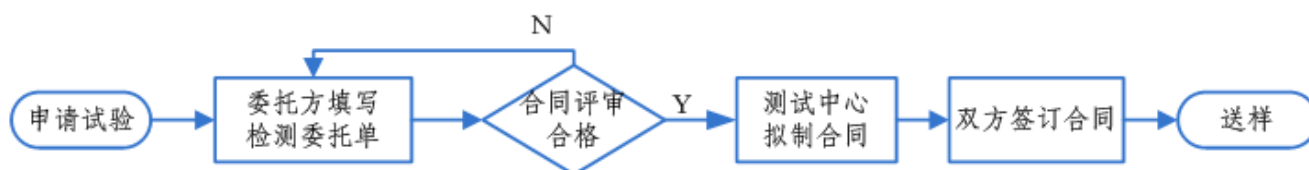
注 2：改进验证试验可根据实际情况确定是否进行。

3. 安科瑞试验中心介绍

安科瑞电气测试中心隶属于安科瑞电气股份有限公司[股票代码:300286.SZ]，成立于2008年，拥有电气性能测试实验室、电磁兼容测试实验室、安全性测试实验室、气候环境实验室、机械环境实验室、IP防护实验室、HALT/HASS实验室、材料实验室。

测试中心占地约500多平米，拥有国内外试验设备达40多台套，遵循CNAS-CL01/ISO 17025《检测和校准实验室能力认可准》建立科学规范的质量管理体系，可为广大客户提供产品测试服务。

委托试验流程



价目表

	测试项目	收费标准 (RMB)	测试项目	收费标准 (RMB)
	电气性能测试	1000 元	绝缘强度	500 元
电磁兼容	射频电磁场辐射抗扰度试验	2000 元	传导发射试验	2000 元
	浪涌(冲击)抗扰度试验	500 元	防雷测试	2000 元
	静电放电抗扰度	300 元	电快速瞬变脉冲群抗扰度	500 元
环境试验	气候环境(高低温等)	≤2h 1800 元; >2h 增 100 元/h	振动	1000 元
	盐雾试验	2000 元	冲击	1000 元
材料试验	灼热丝	500 元/部位	针焰	500 元/部位
	漏电起痕	600 元/部位	RoHS 符合性筛选	按元件数、工作量 2000-5000 元
HALT/HASS 试验		800 元/h		
IP 防护		1600 元		
备注:				
1、若产品需要现场整改，试验室提供场所和设备，整改后重复检验必须收费的项目有：IP 防护、高低温、				

盐雾、阻燃、灼热丝、漏电起痕、振动、冲击、防雷、RoHS 符合性、HALT/HASS；
2、收费标准为第一次重复检验免费（HALT/HASS 除外），第二次按原费用的 50%收取。
3、若产品需退回整改，则对已作的项目进行收费，整改完重新委托重新试验。

4. 结束语

在产品的设计阶段引入 HALT 试验，可以最大程度的将产品的设计缺陷进行弥补，避免了以往产品的缺陷通过客户的使用来暴露的问题，降低了客户使用过程中的产品失效率，对产品在客户群中的质量口碑能够得到极大地提高，降低了服务、维修、更换的成本。

通过建立 HALT 试验的模型，开展 HALT 试验，积累设计过程中的异常及异常改进的数据库，对今后的产品研发设计起到很好的指导作用，对新产品的快速推出、迅速成熟有着不可估量的作用。

参考文献

- [1].陆廷孝.《可靠性设计与分析》国防工业出版社. 1995
- [2].姜同敏 李晓阳等编著.《可靠性试验技术》.北京航空航天大学出版社. 2012
- [3].任致程 周中.《电力电测数字仪表原理与应用指南》.中国电力出版社. 2007. 4

作者简介：

顾静楠（1982-），女，本科，就职于江苏安科瑞电器制造有限公司测试中心，致力于于气候环境试验、机械环境试验、材料的阻燃耐热试验等试验研究。手机：18860995101 QQ：2880157870

江苏安科瑞官方微信面向客户、合作伙伴以及全体员工，提供丰富多彩的线上服务：

关注方式：

1. 你可以扫描“安科瑞能效管理”的二维码。
2. 你可以直接搜索公众号“安科瑞能效管理”或者微信号“acrelnxgl”，并加关注。

扫我吧：



为客户 创造价值



微信扫一扫 关注安科瑞能效管理



——江苏安科瑞电器制造有限公司

为智能电网用户端提供智能电力监控、电能管理、电气安全等系统性解决方案的国内少数几家领先企业之一



安科瑞能效管理