

环境试验与评价

对振动试验常见故障的分析及探讨

魏威, 惠好鹏, 陈欣, 刘峰

(西安电子工程研究所, 西安 710100)

摘要: **目的** 以电动振动台为例, 对振动试验常见故障进行分析和探讨。**方法** 从电动振动试验系统构成上着手, 对振动试验系统在试验中常见的三种故障情况进行全面分析。**结果** 给出了解决方案, 考虑故障发生因素后, 提出了科学合理的振动试验操作流程, 以及进行振动试验时的相关建议。**结论** 结合文中思路合理操作, 可以降低振动台故障的发生几率, 同时能提高试验质量、降低试验风险。

关键词: 电动振动台; 故障分析; 振动传感器

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2017.04.014

中图分类号: TJ07; TG174

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2017)04-0068-04

Analysis and Discussion on Common Faults in Vibration Test

WEI Wei, HUI Hao-peng, CHEN Xin, LIU Feng

(Xi'an Electronic Engineering Research Institute, Xi'an 710100, China)

ABSTRACT: **Objective** To analyze and discuss common faults in vibration test through an electrodynamic vibration generator. **Methods** Three common faults of vibration test system in the test were analyzed comprehensively based on system structure of vibration test. **Results** The solution was given. Scientific and reasonable operation process of vibration test as well as related suggestions in vibration test were put forward after considering failure factors. **Conclusion** Proper operation in combination with thoughts in the paper can reduce the possibility of vibration table, improve the test quality and reduce test risks.

KEY WORDS: electric vibration table; faults analysis; vibration sensor

振动试验是雷达系统研制和生产过程中的重要试验手段, 其目的是验证雷达结构设计的合理性, 考核雷达产品能否承受可能遇到的动力学环境。雷达产品进行振动试验时一般使用机械振动台、电动振动台、电磁振动台以及液压振动台, 其中, 电动振动台和电磁振动台的使用最为广泛。在实际生产中, 经常会遇到各种故障因素致使振动试验无法顺利进行, 不仅降低了试验质量, 还有损坏产品和振动台的风险。各种故障因素中, 硬件软件因素占绝大部分, 另外还包括技术因素。硬件因素主要为振动试验设备各模块连接和运行出现故障; 软件因素为振动控制软件及相关服

务程序的执行存在问题; 技术因素比较复杂, 包含试验引用的标准不合理, 振动控制模式和控制方法的选择不当, 试验需求和试验设备的匹配不够及对相关参数的计算缺乏考虑等等^[1-2]。由于电动振动试验系统和电磁振动试验系统构成大致相同, 文中将以雷达产品科研生产中使用较多的电动振动台为例, 对其常见的故障进行罗列和分析, 并给出合理的解决方案。

1 常见的故障及分析

电动振动台是振动试验系统中最常用的一种, 主

收稿日期: 2016-11-14; 修订日期: 2016-11-23

作者简介: 魏威(1989—), 男, 陕西人, 学士, 助理工程师, 主要研究方向为可靠性与环境检测试验。

通讯作者: 惠好鹏(1982—), 男, 陕西人, 高级工程师, 主要研究方向为质量控制。

要由振动台、传感器、控制仪、控制软件以及功率放大器五个部分组成^[3]，如图1所示。传感器采集振动台振动信号，输入控制仪进行处理并经计算机控制软件的运算，然后控制仪输出功率控制信号到功率放大器，再由功率放大器产生激励给振动台，控制振动台振动，通过不断地采集，处理、运算和输出功率，振动台便可进行特定参数的振动^[4]。由此看来，振动台如果出现故障，则故障必将出现在系统里的这五个构成模块及各自之间的连接和调试方面。

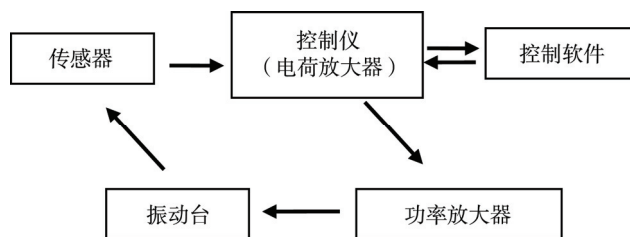


图1 电动振动台构成

在设备本身无重大故障的前提下，进行实际振动试验时，振动台故障可表现为三种情况：一是无法启振；二是可以启振但工作不正常；三是工作正常但试验偏离条件要求。每种故障情况各有不同的解决方案^[5]。

1.1 无法启振

振动台通过正常设置，加电后运行台体无反应或运行自检程序不通过，引起这种情况的原因主要有：

1) 整个振动台闭环系统中某个模块（如图1所示）未工作。需查看功放柜电源，滑台油泵电源，电荷放大器以及振动控制仪电源是否打开，以及励磁施加是否正常。

2) 控制参数设置有误。可查看传感器控制通道、类型、接地方式以及允差上限是否设置正确，同时确保控制通道设置和控制仪连接的通道对应，传感器灵敏度以传感器说明书或相关检定结果为准。

3) 线路问题。多为电荷放大器、控制仪虚接，此时关闭振动台电源，对电荷放大器以及控制仪的连接线进行检查或替换，再启动设备运行确认是否正常。

1.2 可以启振但工作不正常

振动台运行后有明显的异常现象，主要有以下几种。

振动幅度明显剧烈，可查看电荷放大器设置情况，以及传感器灵敏度是否与其型号对应。

振动台有明显的电流声，需检查振动台、控制仪接地以及功放线路连接是否正常后开机进行确认。

振动试验期间频繁自动停止，主要检查传感、控制仪线路、电荷放大器以及控制计算机四者之间是否虚接，可活动连线接头然后开机进行确认。

振动台频繁显示超行程报警。经常存在于连接

水平滑台的振动试验，一般为水平滑台未调校到对中位置，致使振动台行程中心点偏离原点，行程单方向变短，在做大位移振动试验时，系统则会给出超行程报警。

1.3 工作正常但试验偏离要求

这种故障不易被发现，需要在试件特定位置安装监测传感器分析获得。另外该情况也不能绝对称之为故障，像适量的过试验和欠试验都是允许的，但是超过一定限度，试件乃至振动台本身就会出现問題。

实际试验中，只能尽可能执行最合理的操作来减少这种故障，例如选择合适的振动控制模式，将传感器安装在最能体验试件振动情况的位置^[6]，或者使用更多的传感器进行控制或者监测等等，因此减少这类故障也是提高试验效果的一个重要途径。

2 典型设置问题

电动振动台故障主要由硬件和软件因素引起，试验前确保各项参数正确无误，就可以减少试验故障发生几率。因此对电动振动台组成模块的各参数进行正确设置，是减少故障发生的重要方法。以下为几种典型的设置问题，在实际操作时往往容易被忽视。

2.1 振动传感器参数设置

振动传感器是电动振动试验系统里反馈振动台振动情况的组成部分，对于传感器的设置和处理会直接影响试验效果。实际试验时，传感器参数的设置往往是引起故障的重要因素。常见的传感器设置错误有以下几种。

灵敏度参数与传感器不对应，如果参数大于正确值，则会造成过试验，甚至可能成倍放大试验量值，损坏设备或者试件。

传感器通道设置错误，系统未能形成闭合回路，会导致设备自检失败而无法启振。

模式错误，例行振动试验需要用到的模式一般有两种，一是控制模式，二是监测模式。

控制模式混淆，如果使用多个传感器时，需要确认下控制模式，常用的有平均控制，极大值控制以及单通道控制。

2.2 振动位移幅值

振动位移幅值是正弦扫频试验中的重要参数，实际中振动位移幅值设置错误是因为其描述方法有两种，即峰-峰值和单峰值。如果给出振动位移幅值描述，首先确认是峰-峰值还是单峰值，如果系统默认的参数属性为单峰值，试验条件给出峰-峰值时具体键入数值为该参数的一半。

2.3 电荷放大器设置

使用部分传感器时,振动试验闭环系统内须接入电荷放大器,主要作用是对传感器信号进行放大处理。电荷放大器常见的有按键式及旋钮式,设置不当尤其是放大倍数错误会直接导致传感器信号被放大或减小,造成过试验和欠试验,应极力避免这种情况的发生。

3 合理的振动试验流程

电动振动台涉及多种模块的连接及调试,试验开展的流程衔接性较强,实际操作也较为复杂,另外振动试验对产品的考核强度较大,稍有疏忽便极有可能损坏设备和产品。经过综合考虑,在设备本身无重大故障的前提下,比较合理的振动试验操作流程应当如图2所示。

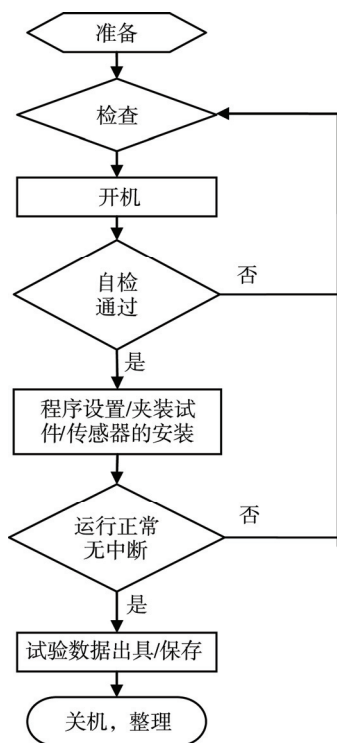


图2 振动试验操作流程

1) 准备。包括试验需要使用的工具、夹装试件的工装和螺钉、安装控制传感器、振动台台面对中以及连接信号线等工作。

2) 检查。包括各项参数是否正常,各个线路是否连接正确,各个模块是否能正常运行,台体对中等等。检查工作非常必要,良好的试验前检查可以大大提高工作效率,避免产品和设备受损,也可以减小对人员安全的不良影响。

3) 开机。开机顺序的确定是避免危险和损坏设备的一个考虑,合理的开机顺序应该为以下操作:开

启振动控制仪、电荷放大器(如有)和计算机,开启设备电源,启动功率放大器并施加励磁。

4) 自检。控制系统如果有自检功能可正常进行自检,其他情况自检可设置或者调取试验条件让振动台空载运行,振动台工作正常的话可进行下一步操作,如若有异常,需返回检查流程重新操作。

5) 程序设置/夹装试件/传感器的安装。该流程中涉及到的工作可同时进行。夹装试件推荐使用力矩扳手进行操作;传感器安装时根据试件自身情况和试验需求的不同,除安装控制传感器外有时还需要安装其他的传感器作控制或监测用。

6) 运行。正式开始试验并实时监控试验状况,如果期间遇到振动试验设备工作异常,包括瞬间运动剧烈,有异常声响,以及莫名停机的情况,须立即停止试验,重新进行检查工作,排除故障后再进行试验。

7) 试验数据出具/保存。通常是试验完成后试验曲线的出具/保存。

8) 关机、整理。关机的顺序恰好与开机顺序相反,先关闭价格昂贵的部分,然后再关闭电荷放大器,振动控制仪以及计算机;整理的项包括试验中使用的工具、工装、夹具以及传感器等。

4 对振动试验的几点建议

相对于其他环境试验,振动试验的操作比较复杂,实际试验时出现的故障也比较多,只有通过规范操作和不断的经验积累来避免绝大部分故障的发生。以下几点建议,是笔者从事振动试验专业时总结的一些经验,通过长时间的实践证明,这些操作也是减少振动试验故障的良好措施,尤其是对于“工作正常但试验偏离条件要求”这种故障情况,非常值得在实际操作中加以运用。

4.1 振动传感器的安装

传感器的安装有螺钉连接法、蜂蜡连接法、磁铁连接法等。如果试件工装刚度较好,从控制效果上来说,一般传感器安装越多越好,可以避免个体差异带来的影响,实际中雷达产品及模块在进行试验时最多使用三个传感器控制即可。另外,对于传感器安装的数量不同,实际控制效果也大不相同^[7-8],具体说又分以下两种情况。

1) 使用一个控制传感器时,在不影响试件夹装的前提下,尽量将其安装在靠振动台台面中心的位置(垂直台面或者水平滑台)时控制效果最好,可以减少由于振动台偏载带来的影响,该方法适用于试件形状规律方便夹装且质量较小的试件。

2) 使用多个传感器控制时,需保证在台面(垂直台面或者水平滑台)至少安装一个控制传感器,以

避免因为其他部件松脱导致振动台控制失效,其他控制传感器可安装在试件工装、工装和试件连接处,切勿安装在试件本身上,因为振动应力是由工装施加给试件的,这样会造成欠试验或者过试验^[9]。必要时需要在试件关键部位安装监测传感器,并设置好允差范围以避免关键部件受损^[10],该方法适用于结构复杂、质量较大的试件进行振动试验。

4.2 试件的夹装

对于质量大,外形不规则或者强度较小的试件,必须使用工装进行夹装^[11],质量小且外形规律容易夹装的试件可以使用压板进行夹装。夹装时可调整位置,根据试件实际情况使其与压板接触面积尽可能大,这样更容易紧固试件。

4.3 夹装工具的选用

选择紧固螺钉或压板等工装时应尽量使用统一规格,然后使用力矩扳手结合经验力矩值或相关标准进行紧固,避免工装连接后受力不均。另外这样操作也可以提高试验效果,因为使用多种工具进行同一种操作时会极大降低可靠性^[12]。

4.4 振动试验系统的保养

做好振动试验台的日常保养工作对试验的顺利完成也非常重要,主要可分两级保养规程和定期维修工作组成,可参照以下项目进行。

1) 一级保养规程:关闭电源,使整个设备处于无电状态;检测功放和振动台的电气连接是否可靠;水平振动时,检查水平滑台连接后是否能够自由滑动,中心零位是否能回归;检查加速度传感器、振动控制器、功率放大器是否正常;一级保养周期建议为3~6个月。

2) 二级保养规程:先按一级保养的规程进行保养,在保养的过程中检查水平滑台的运动,如若滑台不能正常滑动,应考虑滑油受到污染,应更换滑油;检查功放各个模块中电路元件的使用情况,对于损坏件(场效应管、电阻丝)应给以更换;检查功放和振动台之间的控制线 and 保护线,如有老化,应给以更换。

3) 设备的定期维修周期方面:小修建议为2~3年,大修建议为5~7年,另可根据设备的使用情况及各级保养的效果对设备年度保养计划进行适当调整。

5 结语

在科研生产中,振动试验故障大多都是一些常见的故障。在这些引起故障的因素中,硬件和软件故障占主要部分,通过熟悉振动台构成和规范操作流程,其中很多故障就可以很快排除。对于难度较大的故障,只有在实践中规范操作,不断地摸索、总结和提高,才能对之形成系统有效的解决方案。

参考文献:

- [1] 常少莉,纪春阳,邝志礼. 振动试验失控分析及例证[J]. 环境技术, 2008(6): 41—48.
- [2] 唐文,方红荣,欧阳英,等. 基于结构固有频率中心频带的疲劳影响分析[J]. 导弹与航天运载技术, 2015(4): 78—83.
- [3] 王保贵. 常规兵器三综合环境试验技术研究[J]. 环境技术, 2005(1): 1—4.
- [4] 齐晓军. 航天器振动试验控制技术研究[D]. 长沙:国防科学技术大学, 2011.
- [5] 黄森. 振动试验技术的实施与控制[J]. 测控技术, 2013, 32(增刊): 35—38.
- [6] 杨玲,王克明,张琼. 某型航空发动机整机振动分析[J]. 沈阳航空工业学院学报, 2008, 25(5): 9—14.
- [7] 司中柱,刘继承,易顺希. 某机载雷达多自由度振动试验控制方法比较[J]. 环境技术, 2015(1): 5—8.
- [8] 李奇志. 环境振动试验若干技术研究[D]. 南京:南京航空航天大学, 2013.
- [9] 次永伟,邱大芦,付乐平,等. 航天器振动试验控制技术进展[J]. 动力学与控制学报, 2014, 12(3): 193—200.
- [10] 张建,张汉伟,盛德兵,等. 发射装置中振动控制点选择方法分析[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2012, 26(12): 40—46.
- [11] 力学与环境试验技术编著委员会. 力学环境试验技术[M]. 西安:西北工业大学出版社, 2003.
- [12] 王清海,周志卫. 机载悬挂装置振动试验安装方式探讨[J]. 航空兵器, 2015(4): 35—38.