

振动实验室比对探讨

牛宝良, 王东升, 李思忠

(中国工程物理研究院总体工程研究所, 四川 绵阳 621900)

摘要: 目的 把实验室比对应用到振动实验室。方法 参考测量实验室比对的成熟方法, 分析振动环境试验的特点及其与普通测量试验比对的区别。结果 指出一般的测试实验室被测量是样品的客观属性, 但是振动实验室的被测量由各实验室自己产生的振动及其时域频域属性。提出了振动实验室开展比对的初步方案, 包括样品设计、试验项目和条件、比对试验组织、比对参数处理等。结论 实验室比可以用于振动实验室, 对评价振动实验室能力、评价多个振动实验室能力分布有重要作用。

关键词: 实验室比对; 环境试验; 振动试验

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2015.01.020

中图分类号: TJ01; TB114 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2015)01-0102-04

Discussion on Vibration Laboratory Comparison

NIU Bao-liang, WANG Dong-sheng, LI Si-zhong

(Institute of System Engineering, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China)

ABSTRACT: Objective To apply laboratory comparison test to vibration laboratories. **Methods** Referring to the mature methods of measurement laboratory comparison, the features of vibration environmental laboratory and its difference from normal measurement laboratory were analyzed. **Results** It was pointed out that in normal measurement laboratories, the values measured were the objective attributes of the samples, while in vibration laboratories, the values measured were vibration generated by the laboratory itself as well as its time-domain and frequency-domain parameters. A preliminary scheme was proposed for comparison test of vibration laboratories, which included sample design, test items and conditions, comparison test organizing, and comparison parameter processing. **Conclusion** Laboratory comparison test could be applied to vibration laboratories, and is important for evaluating the capability of a vibration laboratory and also the capability distribution of multiple laboratories.

KEY WORDS: laboratory comparison test; environmental test; vibration test

测量工作越来越成为人民生活、工程建设、科学研究中的各种参数, 无不通过实验室测试给出。为了确保实验室给出的测试结果准确, 要求实验室必须通过国家实验室认可机构的认可, 可是即

收稿日期: 2014-08-31; 修订日期: 2014-10-08

Received: 2014-08-31; Revised: 2014-10-08

作者简介: 牛宝良(1963—), 男, 陕西人, 硕士, 研究员, 主要从事振动试验及相关设备研发。

Biography: NIU Bao-liang(1963—), Male, from Shaanxi, Master, Researcher, Research focus: vibration test and equipment development.

使是经过认可的实验室,对同样的样品给出的测试结果也是有差异的,有些差异还很大。通过实验室比对,可以发现同一行业测试水平的整体情况以及哪些实验室存在问题。北京市质量技术监督局和北京市建设委员会在2004年2005年连续2年组织空气质量检测机构进行比对^[1-2],甲醛和苯两项检测结果均获满意的为实验室总数的45.3%,两项结果均不满意的为实验室总数的7.5%。氨和苯均为满意结果的实验室为实验室总数的47.5%,均不满意的实验室为实验室总数的5%。发现了经验不足、概念错误、公式错误、未溯源等问题,通过组织复测,纠正了错误,为提高测试水平找到真正问题所在。国内6家检测机构和2个汽车生产企业的轻型汽车排放实验室于2005年10月18日—2006年1月18日进行了实验室比对^[3]。8家参比实验室的均能达到GB 18352.3—2005的标准要求,测试数据正确,有很好的再现性,完全可以承担产品型式核准的试验。总结并形成规范性的比对实施细则,建立起能真实反映各实验室检测能力的评价方法,为今后行业或各轻型汽车排放实验室间开展比对,以及参与国际间相关的实验室比对奠定坚实的基础。

振动实验室承担对各类军民品产品耐受振动环境能力评价的职责。振动实验室越来越多,各实验室是否能正确进行试验,行业的整体水平如何,需要通过实验室比对来了解。一般的测试实验室,被测量是样品的客观属性,只要保证样品分发或传递到各实验室后样品属性不变就可以。振动实验室有其特殊性,是要给产品施加一个振动环境,施加的这个振动环境是以频率、幅值、谱形、振动时间、振动方向、控制点位置等一系列参数来描述的,加载质量涉及到振动台的波形失真、控制器的算法优劣、安装过程的拧紧力矩、传感器和测试系统的频响、幅值误差等,还有人员操作问题,这些都可能导致同样试验的结果有较大差异。从评判的公平性上来说,同样的产品,任何一家合格的实验室,都应该给出相同的结果。能否达到这个愿望,就需要通过实验室比对来证实或者提升。文中对振动实验室的比对提出初步的思考,抛砖引玉,希望引起同行专家对振动试验比对的关注,推动振动实验室比对这项有重要意义的工作逐步开展。

1 比对试验的组织

首先,应邀请国家认证认可监督管理委员会、中

国实验室国家认可委员会给予指导。其次要邀请振动环境试验方面的顶级实验室、学术机构、顶级专家参与比对试验方案和细则的制定,组成主导实验室,具体承担样品制作、样品传递、数据处理等。最后,是邀请军工行业的振动实验室、民用行业有代表性的实验室参与实验室比对。

JJF 1117—2010 计量比对(之前的版本是JJF 1117—2004 测量仪器比对规范)对比对的组织有明确规定,振动实验室比对的组织可以参考该规范。

2 样品及试验项目

2.1 样品设计

样品是实验室比对的关键环节之一。一般的物质特性检测,只要确保发放到各参比实验室的样品特性一致。振动实验室比对所用的样品是比较特殊的,监测量并不是样品自身特性,而是实验室施加的振动信号,是考察各实验室所施加的振动信号是否与试验大纲要求一致,为此要在样品上预先装贴监测用的加速度传感器。样品的选择要考虑以下几点:

- 1) 特性稳定;
- 2) 频率特性最好有峰有谷;
- 3) 质量不大,所需推力为20~50 kN,便于覆盖较多的实验室;
- 4) 内含监测用高精度三向振动加速度传感器、信号记录仪,或基于网络的无线数据传输系统,测试所得数据进行分析处理后,作为加载结果的客观评判依据;
- 5) 监测传感器布置在圆柱筒内壁或上下法兰内侧,振动试验的控制点加速度传感器装在圆柱筒外壁或上下法兰外侧,使得监测点加速度传感器所测信号与控制点一致;
- 6) 作为监测用加速度传感器,装贴的方向要正,与试件的连接刚度要高;
- 7) 作为监测用的数据记录仪,采用电池供电,充满电后应能连续工作不少于100 min,通道数不少于4,采样频率不低于20 kHz,频谱分析的参数设置由比对专家组共同决定。

基于上述考虑,提出如图1所示的样品。数据记录仪安装在筒内部,作为样品的结构组成部分。

2.2 试验项目设计

试验项目的设计应有代表性,因此作了如下的

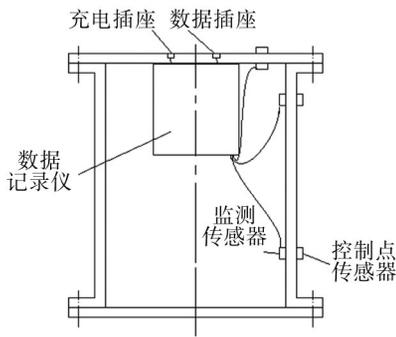


图1 样品示意

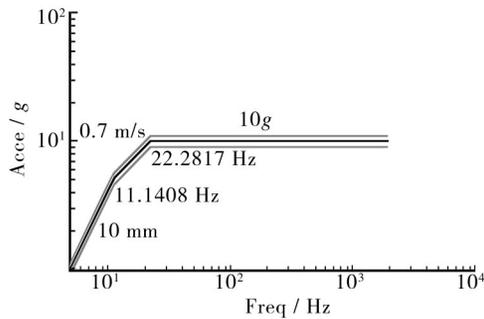
Fig.1 Sketch map of the specimen

设计。

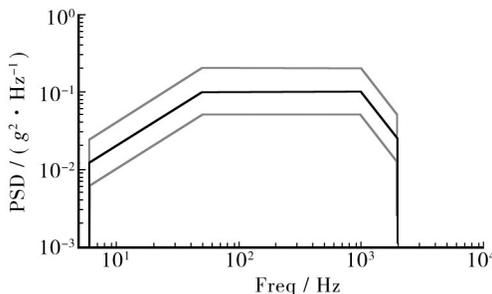
- 1) 振动方向有2个方向:轴向和横向。
- 2) 振动类型为:正弦和随机。

3) 振动量级:高量级正弦为 5 ~ 11.14 Hz, 10 mm, 11.14 ~ 22.28 Hz, 0.7 m/s, 22.28 ~ 2000 Hz, 10g; 低量级正弦为 5 ~ 11.14 Hz, 1 mm, 11.14 ~ 22.28 Hz, 0.07 m/s, 22.28 ~ 2000Hz, 1g; 高量级随机为 5 Hz, 0.01g²/Hz, 50 Hz, 0.1g²/Hz, 1000 Hz, 0.1g²/Hz, 2000 Hz, 0.025g²/Hz, 加速度总均方根为 12.145g。低量级随机频谱形状不变, PSD 减小到 1/100, 加速度总均方根为 1.2145g。

4) 试验时间:正弦, 扫频速率 1 Oct/min, 5 Hz→2000 Hz→5 Hz, 17.288 min; 随机, 满量级持续 5 min。



a 正弦扫频参考谱



b 随机振动参考谱

图2 试验参考谱

Fig.2 Reference spectra of the test

3 比对路线图

比对路线图因样品特性的不同而不同^[9]。特别稳定的采用圆环式, 容易变化的采用星形式, 比较稳定的采用花瓣式, 也叫分段式。振动试件相对比较稳定, 拟采用花瓣式, 如图3所示。A是主导实验室, B, C, D, E, F, G为参比实验室。

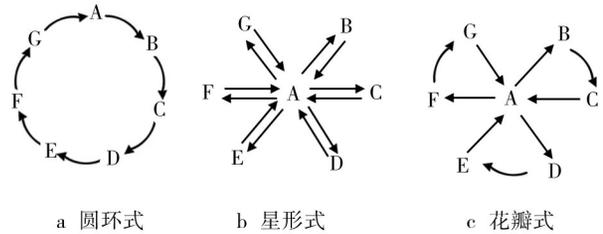


图3 比对路线

Fig.3 Path map of the comparison test

主导实验室预先进行一次全过程试验, 确认以下几个事项。

- 1) 内部监测点所测数据与外部控制点所测时域数据一致;
- 2) 确认样品有合适的振动峰谷, 有峰谷才能考察出控制器参数的设置是否合理;
- 3) 对监测数据选择合理的谱分析参数进行谱分析, 谱分析数据与控制器给出谱一致;
- 4) 确认数据记录仪充满电, 能够持续到所有测试项目完成, 能够正确读出数据;
- 5) 确认比对试验大纲信息完整正确;
- 6) 把试件拆下, 重新安装, 再做, 观察结果的差异, 为下一步判断分散性积累参考数据;

最后, 把样品依次发送到各参比实验室。各参比实验室做完试验后, 及时把监测传感器的数据传递到主导实验室。

4 比对数据处理

每一家参比实验室完成振动试验后, 把监测的时域数据导出, 传递给主导实验室。主导实验室进行谱分析。

对于正弦扫频试验, 建议做2次分析, 幅值分析选用不同的参数。一种是用跟踪滤波器, 带宽选择 100%, 得到的是正弦基波的扫频谱; 另一种是用峰值, 得到的是正弦峰值扫频谱。对于理想的正弦曲线, 这两个谱是一样的, 但是如果不是理想的正弦

波,在某频率波形有畸变,往往是正弦基波谱的幅值小于正弦峰值谱。通过这两个谱的差异大小、所在的频带宽度可以间接判断试验的波形失真情况。

在正弦基波的扫频谱上找到最大正偏差点的值、最大负偏差点的值。取绝对值大的作为正弦控制偏差。

参比实验室控制器上也会显示正弦基波的扫频谱。同样取绝对值大的偏差作为正弦控制偏差。

对于随机振动试验,做时域和频域分析。绘制随机振动整个时间长度上的加速度均方根时域曲线,每次统计均方根的时间长度为0.4 s(下限频率5 Hz的周期是0.2 s,包含2个周期已经足够长),观察上升过程超调量,平稳段的平均值,平稳段的波动量,平稳段的持续时间。

频域分析是基于FFT分析PSD谱、随机总均方根值。频域分析的参数(频率范围、频率间隔、自由度或平均次数)要统一。

在整个频带内选择2个频率点,如果PSD谱上有超差,应包括超差最大的频率点。

以上述的几个量(正弦控制偏差、随机试验平稳段的时域加速度均方根值、平稳段的时间、随机试验频域均方根、两个点的PSD值)为处理对象,计算Z比分数,对各参比实验室做出判断。Z分数的计算可参考文献[4]。

专家组和主导实验室对参比实验室总体情况进行分析,提出改进建议,必要时个别实验室可以重做。专家组和主导实验室对比对结果进行讨论,与参比实验室沟通,最后发布比对结果。

5 结语

文中对振动实验室比对的必要性进行了分析,对比对试验提出了初步方案,包括样品结构和要求、

试验条件、比对数据处理等。希望引起同行专家对振动试验比对的关注,推动振动实验室比对这项有重要意义的工作逐步开展。

参考文献:

- [1] 张晓鸣,涂晓明,于慧芳,等. 2004年度北京地区室内空气质量检测机构实验室比对实验与结果分析[J]. 中国卫生检验杂志,2005,15(12):1496—1498.
ZHANG Xiao-ming, TU Xiao-ming, YU Hui-fang, et al. Experimentation Result Analyses of Indoor Air Quality Test Agencies in Beijing in 2004[J]. Chinese Journal of Health, 2005, 15 (12): 1496—1498.
- [2] 张丽英,张晓鸣. 2005年北京地区室内空气质量检测机构的实验室比对[J]. 环境与健康杂志,2006,23(5):451—453.
ZHANG Li-ying, ZHANG Xiao-ming. Capacity Evaluation of Laboratories of Indoor Air Quality Test Agencies in Beijing[J]. J Environ Health, 2006, 23(5):451—453.
- [3] 李征. 主导实验室在实验室比对活动中的作用[J]. 上海计量测试,2010(6):61—63.
LI Zhen. Pilot Laboratory' s Function in Laboratory Comparison Activity[J]. Shanghai Measurement and Testing, 2010(6): 61—63.
- [4] 符颖操,罗茜. 实验室间比对结果分析统计方法的探讨[J]. 理化检验-物理分册,2006(42):295—299.
FU Ying-cao, LUO Qian. Discussion on the Statistical Methods in the Analysis of the Results of the Inter-laboratory Comparisons[J]. PTCA (Part: A Phys Test). 2006(42): 295—299.
- [5] JJF 1117—2004, 测量仪器比对规范[S].
JJF 1117—2004, Specification for Comparison of Measuring Instrument[S].
- [6] JJF 1117—2010, 计量比对[S].
JJF 1117—2010, Measurement Comparison[S].

(上接第14页)

YAO Ming, LIU Zhi-lei, ZHOU Jian-ping, et al. Process Research of Nano-silica Grafting onto Carbon Fiber Surface [J]. Surface Technology, 2013, 42(3):70—74.

[18] 常会. 壳聚糖-海藻酸钠吸附剂对电镀废水中Cr(VI)的吸附性能研究[J]. 表面技术, 2013, 42(5):84—88.

CHANG Hui. Study on the Adsorption Property of Chitosan-sodium Alginate Absorbent for Cr(VI) in Electroplating

Waste Water[J]. Surface Technology, 2013, 42(5):84—88.

[19] 杨晓梅. 碳钢和低合金钢大气腐蚀锈层的红外光谱研究[J]. 宁夏大学学报, 1999, 20(1):47—49.

YANG Xiao-mei. The Research of Infrared Spectrum on Carbon Steel and Low-Alloy Steel Rusty Layer From Atmosphere Corrosion[J]. Journal of Ningxia University (Natural Science Edition), 1999, 20(1):47—49.