

扭振超声变幅杆谐振参数 测定方法的研究

阮世勋

(佛山大学 广东佛山 528000)

1994 年 11 月 11 日收到

摘要 介绍以小信号正弦电磁激振和脉冲敲击激振, 加速度计进行信号检测的扭振超声变幅杆谐振频率和角位移放大系数的测定方法。该法已应用于科研试验中。

关键词 扭振超声变幅杆, 谐振参数测定, 正弦电磁激振, 脉冲敲击激振

Methods for measuring the resonat parameters of torsional transformers

Ruan Shixun

(Foshan University, Foshan 528000)

Abstract Methods for measuring the resonat frequency and the angle amplification ratio of torsional transformers are introduced in which a small-signal sine electromagnetic excitation or an impulsive mechanical knock excitation is used to excite the horn and acclerometers are used to measure the response signals. The methods have used in experimental studies.

Key words Ultrasonic torsional transformers, resonat parameter measurement, sine electromagnetic excitation, impulsive machnaical knock excitation

随着超声应用的发展, 扭振系统的应用和研究也越来越多, 越来越深入^[1-4]。近年, 笔者对扭振超声变幅杆进行了一些理论研究^[5-9]。但扭振杆的谐振参数应如何测试, 却一直是个空白, 无法找到相应的参考文献和资料。为检验理论值是否符合实际, 笔者进行了一段时间的摸索, 用小信号正弦电磁激振法和敲击脉冲激振法对扭振变幅杆谐振频率和角位移放大系数进行测试, 取得较好效果。

1 小信号电磁正弦激振测试

以丹麦 B&K 公司振动测试仪器组成图 1 所示系统。试件以橡皮条自由悬挂。正弦-随机信号发生器 B&K1027 发出的正弦信号, 经功率放大器 B&K2706(或国产 GF-10)放大后, 输送给自制微型电磁激振器。以薄钢片制成的磁吸激振片径向安装在扭振杆大端外缘, 电磁激振器以非接触式(实际测试表明, 自然的轻微接触对测试结果影响极微)对磁吸激振片施以与信号发生器频率相同的交变吸力, 达到对变

幅杆大端外缘进行切向激振的目的。中心线与变幅杆大小端面面相平，切向粘贴在大小端外缘的微型压电加速度计 YE 1412(50 kHz; 1.5 g) 拾得的振动信号，经电荷放大器 B&K 2635 放大后，送到测量放大器 B&K 2610 进行放大、计算显示。图 2 为电磁激振器与加速度计的安装位置示意图。

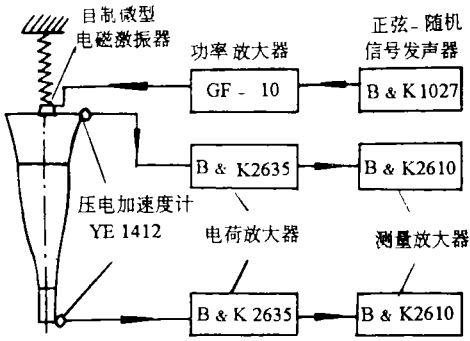


图 1 正弦激振测试装置

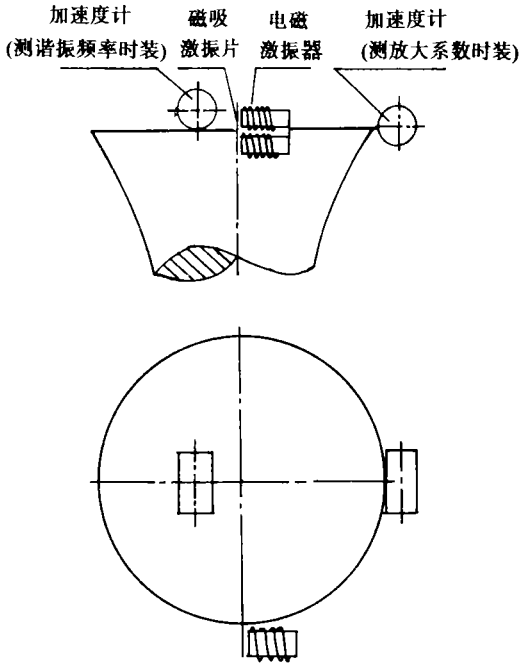


图 2 电磁激振器和加速度计安装示意图

保持发生器输出电压不变来调节其信号频率，到测量放大器输出电压的读数最大，表明变幅杆已处于谐振状态，根据这时变幅杆大小端测量放大器所输出的电压读数，可算出扭振杆放大系数。

测量谐振频率时，不在两端外缘而仅在大端面上靠近杆件回转中心处切向粘贴一个加速度计，使因安装传感器造成的附加质量引起的影响降至最小。调至杆件处于谐振状态时，信号发生器显示的频率即为谐振频率。

测试前后测量放大器均用其机内自检标准电压信号进行检定。由压电加速度计、电荷放大器、测量放大器组成的系统由 B&K 4291 加速度计较准仪校准。B&K 1027 信号发生器的频率数显精度为 1 Hz。每个试件谐振频率的测试及加速度计的粘贴次数不少于 3 次，放大系数不少于 10 次，取平均值作为实验值。谐振频率测试数据的相对误差在 0.2% 以内，放大系数在 10% 以内。加上由于安装传感器造成的附加质量引起的误差，估计总误差对谐振频率不大于 0.6%，对放大系数不大于 15%。

2 敲击脉冲激振测试

理论上，以足够窄的脉冲激励相当于以很宽的频宽进行扫频激励。基于这个理论的脉冲激振测试装置如图 3 所示。其中美国 HP3582 频谱分析仪是以硬件进行快速 FFT 作信号处理，实时分析显示的频谱分析仪器，最高测试频率为 25 kHz，屏幕显示频谱图象由 256 条谱线组成，可自定分析信号频率的上下限或中心频率和带宽。在变幅杆大端面上靠近回转中心处切向粘贴 YE1412 加速度计，每次以用淬硬钢制成的敲击小锤对安装于变幅杆大端的激振短柱外端头作沿变幅杆切向的手工敲击，加速度计拾取的振动信号经电荷放大器转换成电信

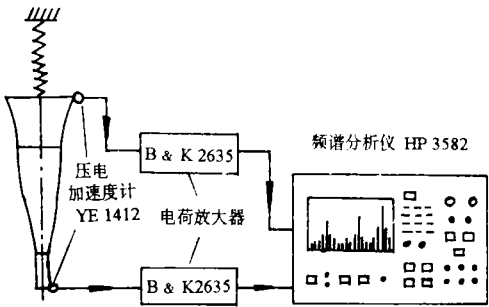


图 3 脉冲激振测试装置

号并经放大,传输到 HP3582 进行触发,经快速 FFT 处理后,屏幕上就显示出变幅杆扭振响应频谱图,这时的频谱峰值频率即为变幅杆谐振频率。测试可分为粗、细两步进行,先以较大分析带宽测出试件谐振频率范围,再将测试频带定为 250 Hz 或 100 Hz,进行细化分析,这时频谱图每条谱线所占频宽即分辨率约为 1 Hz 和 0.4 Hz,满足测试精度要求。该法谐振频率测定结果与正弦激振法相当一致。

在变幅杆上下端外缘切向粘贴上加速度计,它们的中心线分别与上下端端面相平,激励时上下两端振动信号分别经电荷放大器转换成电信号并加以放大后同时输入 HP3582 两输入端作传递函数分析,由传递函数可算出杆件的放大系数。但这种方法测定的放大系数不够准确,且重复性差。可能与每次敲击的力学情况难以完全一致,敲击后杆件难免有其它运动以及敲击脉冲不够窄,频率近 20 kHz 左右的高频谐振能量过弱等因素有关。另外,从正弦激振测试法得知,两端加上传感器后,大小端角位移最大时的频率有时会略有差别,而这将会引起传递函数的较大误差,这种误差在脉冲激振法中是不易补救和修正的。而在正弦激振中因为试验时可及时发现这种情况,在差别较大时,可将这些试验点作为无效测试点加以剔除,另行粘贴传感器进行试验;若差别微小,则精细调节发生器分别取上下端最大振幅信号值,从而消除或减小了这种因素引起的误差。

3 测试结果

我们对 45 钢制成的直杆和阶梯型杆进行试验,正弦和敲击脉冲两种激振方法所得谐振频率基本一致,与理论值亦基本吻合,放大系数只以正弦激振法进行测试。测试结果如表 1 所列。

后来,我们又以正弦激振法对以双曲正割型为基础的复合杆、类余弦型杆、中间为变截面形、两端为圆柱形的复合杆进行了测试,均取得了预期的效果^[10-12]。

对比上述所做过的所有测试结果发现,阶梯型杆总体误差较大。这可能与阶梯型杆负载能力差,附加传感器对其影响较大有关。实验过程中发现,在阶梯型杆小端装上传感器,对其谐振频率影响比较明显,而对直杆、双曲正割型复合杆及其它大部分复合杆,这种影响是很小的。

4 结语

以小信号正弦电磁激振和脉冲敲击激振快速 FFT 分析方法可较准确地测得扭振变幅杆的谐振频率,正弦激振法还可较准确地测得计算放大系数所需数据。正弦激振法的特点是准确可靠,但系统组成比较复杂,测试比较费时,脉冲激振法系统简单,测试快速,但需使用专门贵重仪器,且放大系数测试结果不够准确,重复性差。放大系数测定应使用正弦激振

表 1 测试试验结果

杆件 编号	杆件 类型	直径(mm) 及直径比 N	谐 振 频 率 (Hz)			放 大 系 数		
			理论值 f_t	实验值 f_e	误 差 (%)	理论值 $M_{\theta t}$	实验值 $M_{\theta e}$	误 差 (%)
1	圆 柱 直 杆	φ25	20000	20023	+0.11	1.00	1.01	+1.00
2		φ35	18000	18072	+0.40	1.00	0.98	-2.00
3		φ40	17000	16953	-0.27	1.00	0.99	-1.00
4	阶 梯 型 杆	φ30 N=1.5	18000	17520	-2.67	3.38	3.28	-2.81
5		φ35 N=1.7273	20000	19256	-3.72	5.15	4.96	-3.69
6		φ40 N=3.077	19000	18286	-3.76	29.13	26.04	-10.61

(下转第 33 页)

表 10 评价统计 A 相对应的音质效果评价表

统计值 A(分)	音质效果评价
90—100	优
80—89	良
70—79	一般
60—69	尚可
低于 60	劣

分析学生们对琴房音质评价分数低的原因估计是：新入校的学生不了解国内其它院校琴房的情况。将近 200 间琴房汇集在一栋楼内，总会有一定程度的相互干扰的。因此他(她)们还感到不够理想。专家和教师则不同，他(她)们了解国内、外的现状，相比之下，感到该校琴房无论在音质、装修、用材和噪声控制方面效果均较好，因此，评价较高。根据声

学测定的结果和中国音乐学院师生们的主观评价，可以确认琴房的音质良好，来该校参观的外国专家，有对琴房楼给以很高的评价：不仅在亚洲，而且在国际上也属一流的琴房建筑。

参 考 文 献

- [1] 项端祈. 工程声学(1), 北京大学出版社, 1988. 96—111.
- [2] 项端祈. 实用建筑声学, 北京: 中国建筑工业出版社, 1992. 627—670.
- [3] 项端祈. 建筑物理论文集, 重庆: 重庆建工学院, 1986. 12—17.
- [4] 项端祈, 赵宋光. 乐器, 1984, (5): 1—4.
- [5] Xiang Duanqi. inter noise 87 Vol. I, 1581—1584.

(上接第 19 页)

法。

如能进行非接触式信号检测，彻底消除传感器粘贴在变幅杆上形成的附加质量的影响，则精度将更容易保证，但技术难度将会更大。

参 考 文 献

- [1] 林仲茂. 超声变幅杆的原理与设计, 科学出版社, 1987.
- [2] 林仲茂. 声学技术, 1994, 13(4): 145—149.

- [3] 程存弟. 声学技术, 1994, 13(4): 154—155.
- [4] 贺西平, 程存弟. 声学技术, 1994, 13(1): 21—23.
- [5] 阮世勋. 广西大学学报, 1984, 9(1): 55—64.
- [6] 阮世勋. 广西大学学报, 1984, 9(2): 52—62.
- [7] 阮世勋. 广西大学学报, 1991, 16(4): 46—51.
- [8] 阮世勋. 应用声学, 1986, 5(2): 22—28.
- [9] 阮世勋. 应用声学, 1989, 8(3): 25—32.
- [10] RUAN Shixun, Chinese Journal of Acoustics, 1994, 13(2): 141—147.
- [11] RUAN Shixun, Study on Cosine Type and Similar-Cosine Type Ultrasonic Transformers (待发表).
- [12] 阮世勋. 声学技术, 1994, 13(4): 166—167.

中国国防科技信息网站联合会船舶分会 环保网交流会在洛阳召开

由中国船舶工业总公司主持的中国国防科技信息网站联合会船舶分会环保专业网和电镀技术网合并、组建新网、成立大会暨技术交流会，于 1995 年 11 月 30 日至 12 月 4 日在洛阳 407 厂召开。参加会议的有来自中国船舶工业总公司系统和海军系统的各国防工业厂家、科技设计单位、大专院校等 64 个单位、82 名代表。会上交流论文 22 篇，侧重于清洁生产典型经验剖析和清洁生产集成技术交流；环保与电镀新技术、

新产品成果交流；环保管理技术交流以及粉尘、废水、废油、固体废弃物、噪声与振动综合治理经验交流。会上传达了中国船舶工业总公司环保工作座谈会精神，布置了 1996 年环保工作打算。会议内容丰富，重点突出，对推进船舶总公司和海军系统的清洁生产以及环境保护，将起很大的作用。

(中船总第九设计研究院 吕玉恒)