

CRAS

振动及动态信号采集分析系统

简报 (总第 25 期)

南京安正软件工程有限公司

地址：南京市成贤街 118 号科学会堂附楼 3F

电话：025-3613549，3614675

Fax: (025)3614675

E-Mail: Analyzer @jlonline.com

邮编：210018

继承用户至上、服务第一的宗旨 新的安正、新的 CRAS 与时俱进

南京安正软件工程有限公司于 2001 年 8 月在江苏软件园注册成立。公司经营范围是：振动、冲击、强度与噪声监测、分析；控制方面的软件、虚拟仪器、接口的开发、销售；为大型试验及故障诊断提供状态监测系统；计算机软、硬件及网络产品开发、销售。公司成立一年多来有了良好的开端，取得了可喜的业绩。

1、开发了“振动及动态信号采集分析软件 CRAS V6.1”并获得了软件著作权以及软件产品登记。

2、开发了“CRAS 机器振动状态监测软件 V6.0”已获得了软件著作权以及软件产品登记，并获得应用。

3、开发了用于大型桥梁或高层建筑结构物，用环境激励方法进行试验模态的软件和硬件设备并在湖北省荆州大桥通车前脉动试验中获得成功。该桥已于 2002 年 10 月 1 日通车。在该试验中，本公司独创的移动测量进行桥梁模态试验方法大大节省了仪器硬件成本、导线、布线及试验时间，为国内大桥脉动试验做出了重大贡献。该软件还在江苏润扬大桥主塔的模态测试中获得成功应用。

4、根据上海同济大学要求，成功开发了用于大型桥梁的振动及索力在线监测系统并已在泰国 RAMA 8# 大桥上正常运行。正在用于上海徐浦大桥及卢浦大桥在线监测。

5、承担了##卫星工程研究所某型号卫星地面爆破冲击试验，这在国内卫星界是首次实现，基本上弄清了卫星装载的仪器在 1 次及 2 次分离爆破情况下承受的冲击加速度、频谱及冲击响应谱。

6、与上海交通大学、上海华阳检测技术有限公司共同投标的科技部十五重大技术攻关项目“基于网络的设备远程监测与故障诊断系统”（编号：2001BA204B05-KHKZ0009）已经中标。

7、“振动、冲击、噪声虚拟仪器软件及接口产业化”我公司获得了由南京市计委下拨的“江苏省 2002 年第一批科技三项费用”。

8、开发了一系列数据采集器及信号调理器，如 AZ108、AZ116、AZ108R、AZ116R、AZ216、AZ216R 等通过并行口通讯的采集器，AZ332 等 USB 口采集器、AZ802 信号调理仪、AZ916 振动状态监测器等。

振动、冲击、噪声测量、分析、诊断与安全和环境密切相关，受到了工业、交通、水利、建筑、航空、航天、教学等许多领域的共同关心，随着计算机以及虚拟仪器技术的发展，这方面的软硬件开发必定会受到多方面的重视，具有极大的市场前景。由于该项技术难度大、专业性强，需要既懂专业、懂计算机又懂动态测试分析的高层人才。安正公司决心在此领域里继续奋斗，与时俱进，在新的一年里取得更大成绩。

基于环境激励的大型结构物模态试验

郑万涪 韩晓林 邓 昌

通过模态试验对系统进行参数识别, 从而建立起结构的动力学模型。这种通过试验得到的动力学模型在模态振形的精确描述(它取决于测量的自由度数)方面虽然不可能与有限元计算的强大能力相比, 但实测得到的模态频率及阻尼通常比有限元计算可靠得多。随着高层建筑及大型柔性桥梁的建设的迅速发展, 获得可靠的动力学模型, 对验证设计以及结构的长期安全稳定运行具有十分重大的意义。因此, 业主及设计师都开始迫切希望得到试验模态分析的结果。

有限元计算是根据单元划分生成的结构的质量和刚度矩阵, 通过特征值计算得到模态频率、振形, 以及在假定的结构阻尼和激振信号的情况下计算其强迫响应。系统和输入都必须是已知的。

试验模态分析则根据测量的激励信号(相当于系统的输入)及振动响应信号(相当于系统的输出)通过线性动力系统模型的假设进行参数识别。识别的动力参数为模态频率、阻尼以及振形。若系统的阶数为 N , 则在 N 个激励信号和 N 个响应信号之间的传递函数组成 $N \times N$ 阶传递函数矩阵。根据试验模态分析理论, 通常只需要测量传递函数矩阵的 1 列(即固定 1 个激励点, 测量 N 个不同响应点得到的 N 个传递函数)或 1 行(固定 1 个响应点, N 个不同激励点的 N 个传递函数)。显然, 如果要同时测量 N 个激励和 N 个响应的 $NINO$ (多输入多输出)的测量设备与 $SINO$ (单输入多输出)或 $NISO$ (多输入单输出)的测量设备相比大大节省。

然而, 对于桥梁建筑物、输电塔、电视塔、大坝、闸门等大型结构, 无论是正弦、随机或脉冲方式的人为激励都是不可能或不允许的。好在任何大型结构物都存在一定的振动环境, 例如风、水流冲击、大地脉动、移动的车辆引起的振动等, 在这些自然环境的激励下, 结构物都会产生微弱的振动。对于柔性结构斜拉索桥, 在强风或大量汽车不断的行驶的情况下, 这种环境振动还可能是很大的。虽然我们对这些激励特性无法精确定量, 但也可以认为并非一无所知。可以合理的假定这些激励是近似的平稳随机信号, 其频谱是具有一定带宽的连续谱, 在带宽内基本覆盖了对结构物感兴趣的频带, 从而在结构物的环境振动中包含了这些阶模态。基于环境激励的试验模态分析技术就是仅仅通过结构在自然环境下的振动响应来进行的, 我们不妨称之为 $OINO$ 法(未知输入及 N 个输出)。这种模态试验方法具有明显的优点:

1、毋需人为激励, 从而大大节省了试验设备的成本并且避免了人为激励如发射的火箭或切断预拉力钢丝造成突发冲击等引起对结构的损伤。

2、该方法在结构物真实支承状态下进行, 便于与理论计算进行比较, 并可直接作为安全评估的依据。而在试验室内进行的人工激励模态分析往往将试验对象用弹性绳悬挂或弹性垫支承, 测试获得的模态参数是自由状态边界条件下的结构, 虽然便于与有限元计算拼接但并不符合实际运行情况。

3、对于已经安装了多个固定的振动传感器的在线监测系统(如大型桥梁), 本方法可以在线进行模态参数监测, 作为监测软件的 1 个模块, 定时对结构的模态参数的变化进行分析, 并作为安全评估的依据之一。

由于以上明显的优点, 环境激励下的模态试验方法获得了很大的重视。在大型结构物如桥梁、高层建筑、输电塔、电视塔等无法人为激励的情况, 只能用此方法进行模态识别。对于复杂机械如汽轮发电机, 由于希望获得机器实际运行情况下的振动模态, 环境激励下的模态识别方法也受到重视。尽管目前在此方

面困难很大成果尚少，但今后定会获得进展。例如叶片动频的测量必须在线进行，应用应变遥测或其它一些高速采样方法已经研究了三十多年，还没有得到公认的方便易行的方法。叶片及轮系在运行状态下的振形测量目前还无从下手。通过环境（自然）激励方法，在运行条件下进行汽轮机转子轮系及叶片的振形可能在若干年后会取得成功。

应用环境激励法比人工激励法困难得多。我们必须特别注意如下一些可能遇到的问题：

1、首先，从方法上，正确的系统识别必须兼有输入及输出两方面的信息。仅仅根据输出信息获得的模态参数实际上对系统及输入作了许多假设。针对具体被测系统是否满足这些假设必须注意。例如，目前流行的且比较有效的获得振形的方法是将全部测点的振动响应和某 1 固定的参考点的振动响应分别作双通道 FFT。根据自功率谱判定共振频率。再将任 1 测点与参考点在共振频率上的幅值谱之比作为该点的振形的相对值，将它们的互功率谱的实部在此频率上的正负作为该点振形的相位。如此得到的振形并不是模态振形而应该是强迫振形。通过幅值谱的 3dB 带宽计算出来的阻尼也不能等同于模态阻尼。

2、通常环境激励（如风及大地脉动）下的振动很小。例如停止通行的桥梁在无风或微风下的振动必须经过很高的放大倍数的放大器，放大倍数可能需几千甚至 1 万倍。这种大型结构一般情况下主模态频率都很低，要求测量传感器需要很低的频响特征以及很高的灵敏度。若采用压电式加速度计进行测量，更必须具有很低的截止频率及很高质量的低通滤波器。

3、为了获得比较可信的振形，自由度数应该很多。对于桥梁、高层建筑等大型结构物，有限元计算可以划分成千上万的单元及更多的自由度。对于实测而言，自由度的增加大大增加测量的困难程度。例如对于 1 条斜拉索桥，为了获得垂直方向前 5 阶模态的描述，用 30 个测点仍然是很粗糙的（上游 15 个点，下游 15 个点）。如桥长 1 公里的话，用 OINO 的方法进行测量，要用 32 通道的传感器、放大器、滤波器。调试及导线布置要花费很多时间和人力，且很难保证 30 个通道的信号都是正确的。一种大胆的想法是只要 2 个传感器。1 个用于固定的参考点，1 个用于移动的测量点。我们把它称为 OI2O 方法。类似移动力锤敲击法进行模态试验，将所需的测点依次移动进行数据采集。这样，只需要 2 个通道的放大滤波及 2 只传感器，导线长度也大大减少。但是这种 OI2O 的方法能否做出模态做好模态要求操作者具有丰富的经验。必须判断环境激励方法的基本假定：信号必须是平稳的。在移动测点的过程中（可能要若干小时）系统是不变的。

在长沙交通学院桥梁研究所田仲初博士、陈 博士的指导和协助下，本公司对湖北荆州长江大桥的南汉斜拉索桥、三八洲桥、北汉斜拉索桥以及江西赣州西河大桥进行了试验模态分析。荆州南汉斜拉索桥共 30 个测点，上游、下游各 15 个测点，每次用 16 通道进行采集两次测量（采用同 1 参考点）。北汉斜拉索桥垂向及纵向 60 个测点用 2 通道移动式测量。三八洲桥及西河大桥也用移动传感器的方法进行测量。上述试验模态得到振形动画效果良好，与有限元计算结果基本吻合。本公司还参加了东南大学对润扬大桥主塔的模式试验，也获得较好的结果。

[illegible]

* 改版消息:

基于 Win2000 的 CRAS V6.2 版已经基本开发成功、正在进行严格测试。预计将于 2003 年 3 月发
布。凡在南京安正公司购买或升级的用户均可免费升级(收取光盘及邮寄服务费 100 元)。

[illegible]