

MYG 发电机气端和励端模态测试方案

按电厂实际情况和技术要求， 我司提供以美国 SD 公司为主件的一套“振动模态测量分析系统”建议方案，这里把系统组成和功能等说明如下，更详细的内容请参见附后的系统配置报价单和软硬件技术规格文件。

1.1 系统组成

- a) 笔记本电脑;
- b) 4 通道输入 1 通道输出数据采集前端 (SD 的 BOBCAT);
- c) CATS 信号采集和分析软件
- d) 美国 VTI 公司的加速度传感器 3
- e) 美国 VTI 公司的模态力锤

1.11 原理

1.1.1 锤击法

锤击法结构模态试验，以简明、直观的方法测量和处理输入力和响应数据，并显示结果。提供两种锤击方法：固定敲击点移动响应点和固定响应点移动敲击点。用力锤来激励结构，同时进行加速度和力信号的采集和处理，实时得到结构的传递函数矩阵。能够方便地设置测量参数，如触发量级、测量带宽和加窗类型，同时对最优的设置提供建议指导。

系统组成为：笔记本计算机+力锤+加速度传感器+COUGAR2417 动态信号分析仪+ STAR 模态分析软件

1.1.2 激振器法

主要是通过分析仪输出信号源来控制激振器，激励被测试件，输出信号有先进扫频正弦，随机噪声，正弦，调频脉冲等信号。支持单点激励 (SIMO) 与多点同时激励法 (MIMO)。



系统组成为：笔记本计算机+激振器+加速度传感器+Bobcat 动态信号分析仪 + STAR 模态分析软件

1.2 系统特点及功能

1.2.1 系统特点

1. 运用该系统可进行常规的噪声和模态测量分析研究。
2. 该系统可在 PC 台式机和笔记本电脑上运行，这不仅为用户节省了投资，而且使得系统简单化，同时在软件升级时可以保护用户的投资。
3. 该系统具有重量轻、便携等特点，不仅可在室内使用，而且可在外场使用。
4. 该系统具有高度的集成性，它的采集分析软件和硬件均来自于国际著名的 SD 公司，所以系统没有不协调问题，同时也保证了将来软件和硬件同时升级的问题。该系统也具有高度的开放性，它不仅与 SD Star 软件和测试软件进行数据传递，而且也可与其他著名的软硬件，如 MSC/NASTRAN 和 ANSYS 等有限元分析软件，进行数据传递。
5. 该系统软件和硬件模块化使得其具有很强的扩展能力，可随着用户将来的应用深入而进行扩展。
6. 该系统的软硬件属于美国 SD 国际公司，它不仅在全球具有强大的软件开发和技术支持实力，而且具有丰富经验的工程咨询队伍。在国内，也具有一支振动方面经验丰富的技术支持队伍（由国内和国外博士组成），不仅可以帮助用户使用该系统，还可以帮助用户解决工程中的实际问题，可完全满足国内用户的各种需求。这也是 SD 公司与一般公司的不同之处。

1.2.2 系统功能

该系统具有以下主要功能：

1. 实现 4 通道并行实时数据采集和分析, 并进行各种振动噪声及其它动态信号的统计、谱分析及函数数学运算处理；
2. 可进行锤击法和激振器模态试验, 和多种模态参数识别方法；
3. 包含有多种模态参数质量评价工具, 提高试验模态模型的可信程度；
4. 该系统具有强大的几何显示功能。测试模型可从有限元计算模型直接提取, 也可在该系统中进行自定义, 并可进行各种函数数据和模态振型数据的显示。
5. 该系统具有强大的报告功能, 测量数据可粘贴在 Word 和 Powerpoint 中, 而且图形是动态的, 可加光标读取数值和振型动画。

1.3 系统详细配置框图

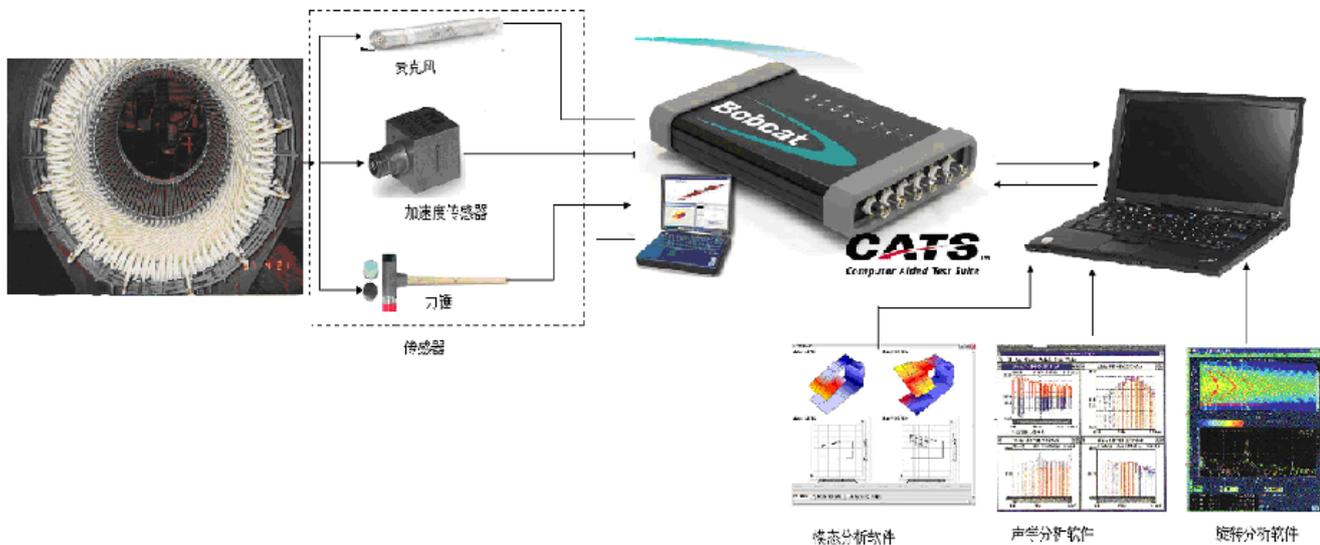
系统详细配置框图如下表所示

MYG-发电机模态测试系统主要配置表

| 编号 | 货物名称 | 性能参数指标 | 生产公司 |
|----|-------------|--|----------|
| 1 | BOBCAT | 4 通道输入, 1 通道输出, 最高采样速率 51.2kHz 24 位分辨率, 输入通道动态范围优于 120dB 输出通道动态范围优于 110dB | 美国 SD 公司 |
| 2 | CATS 采集软件 | 作为数据采集软件, 与 BOBCAT 配套使用。主要功能是作为锤击法, 随机法, 瞬态随机法, 正弦扫描及用户定义的方法来激励结构的模态试验过程中的数据采集。还提供 STAR, I-DEAS 等软件的接口。 | 美国 SD 公司 |
| 3 | STAR 模态分析软件 | 包括时域分析, 结构建模, 工作模态 (ODS) 分析, 峰值曲线拟合, SDOF 及 MDOF 总体曲线拟合, 自动曲线拟合, 模态评判准则 (包括 MAC 和 MIF), 动画显示, 结构动力修改 (SDM), 强迫响应模拟 (FRS) | 美国 SD 公司 |

| | | | |
|---|----------|--|-----------|
| 4 | VTI13100 | 三轴 ICP 型加速度传感器型 灵敏度: 100mV/g 测量范围: 50g 频率响应: 0.5—10000Hz, | 美国 VTI 公司 |
| 5 | VTI18100 | ICP 型的加速度传感器 灵敏度: 100mV/g, 测量范围: 50g 频率响应: 0.5—15000Hz 侧部接头: 10—32 | 美国 VTI 公司 |
| 6 | VTI720 | 模态力锤, 5000lbf | 美国 VTI 公司 |

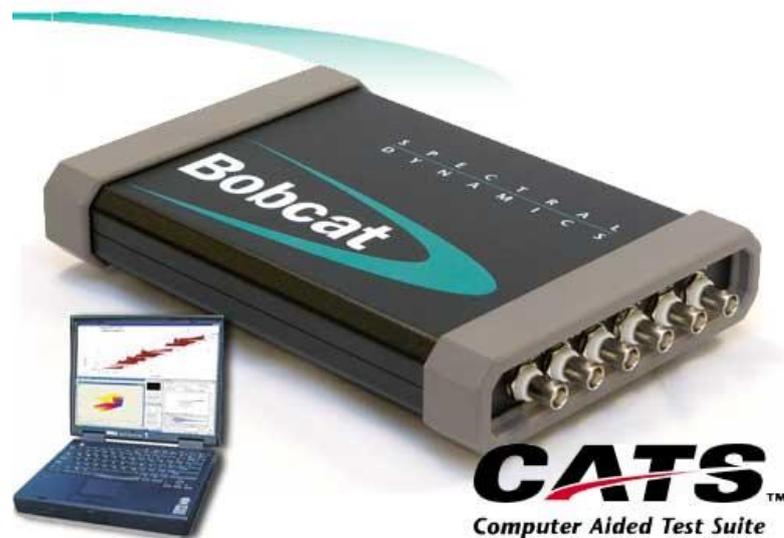
1.3 系统框图



2.系统配置及主要技术规格

2.1 BOBCAT 数据采集前端

2.1.1 BOBCAT 外观图



外观图

2.1.2 BOBCAT 的技术指标

- (1) 4 通道信号输入，1 通道输出
- (2) 24 位的分辨率，可提供 ICP 型传感器的供电功能
- (3) 内置的信号发生器，功能强大的多 DSP 结构，多重 32 位浮点数字信号处理器

(4) 频率范围从 0 到 42 kHz，可以达到 12,800 谱线

(5) 输入通道动态范围优于 120 dB，输出通道动态范围优于 110 dB

(6) 采样率可以达到 51.2 kHz

(7) 数据存储格式 STAR™, MATLAB™, I-DEAS™, 和 Universal File

Format

(8) 带直通盘,可将信号长时间记录,用于后处理如 ODS 分析。

2.2 软件介绍

2.2.1 软件配置及特点

该套测试系统的软件是配置了美国 SD 公司的 CATS 采集软件及 STAR 模态分析、噪声分析软件。其特点如下所述：

(1) 功能齐全：

CATS 数采软件： 可适用于锤击法，随机法，瞬态随机法，正弦扫描及用户定义的方法来激励结构的模态试验过程中的数据采集；旋转机械分析试验的数据采集；噪声试验的数据采集。同时可提供 STAR，I—DEAS 等软件的接口。

STAR 软件提供完整的噪声和振动测试解决方案，包括时域分析，结构建模，工作模态（ODS）分析，峰值曲线拟合，SDOF 及 MDOF 总体曲线拟合，自动曲线拟合，模态评判准则(包括 MAC 和 MIF)，动画显示，结构动力修改(SDM)，强迫响应模拟（FRS），STAR 声学分析（ACOUSTICS），STAR 报告软件等。

(2) 界面简单易学： STAR 软件安装在 WINDOWS98/2000，界面采用直拉式菜单，直观易学易懂。

(3) 开放性好： STAR 软件可直接控制许多硬件中测量得到 FRF，也可打开已有的 FRF，再进行模态分析。用户也可以编程，参与介入 STAR 里的图形及数据的处理、编辑等。

(4) 提供专业的报告格式： STAR Report 软件使你极其方便地生成试验报告。

(5) 良好的联网功能： 支持网上多用户同时使用 STAR 软件。

2.2.2 采集软件

- 操作界面完全 Window 化；
- 8 或更多通道测量信号并行实时采集，处理和存储；

- 输入信号调制：自动增益/放大，抗混和数字滤波；
- 多通道示波器功能，测量前在时域/频域中检查各通道信号是否正常；
- 实时在线显示功能：交互式窗口数目没有限制，每窗口显示 6 条曲线；
- 多达 12800 条在线 FFT 谱线，具有很高的频率分辨率；
- 各种标准的或用户定义的窗函数和幅值/能量修正；
- 每通道分析频率范围：40kHz；
- 多种在线或后处理测量函数库（时域/频域/幅值域分析），如自谱（PSD, 1/1, 1/3, 1/12, 1/24, 窄带），声强，相干，频响函数（H1, H2, Hv），自/互相关等。
- 丰富的前后处理功能，包括各种灵活的 2/3D，彩色图显示和多种绘图打印输出等。

应用：通用的动态试验分析，包括各种振动，噪声，旋转机械，应力应变，压力，环境可靠性试验振动测量，等等。

2.2.3 STAR 模态试验与分析软件包

2.2.3.1 STAR 模态软件特点

- 结构线架模型生成，节点数和部件数没有限制，测量点 DOF 自动加到通道标示；支持数码相机文件格式，建立几何模型；
- 力锤激励模态试验；

这是最简单快速的试验方法，可以适用于简单部件的模态试验，还可以利用激振力锤来激励结构，进行加速度和力信号的采集和处理，实时得到结

构的传递函数矩阵。

同样，软件也提供了多种帮助工具和试验引导。提供了很好的用户界面，专业化的完成模态试验，包括多点响应测量和移动激励点的试验方法(MIMO)，和激励点不动方法。

2.2.3.2 模态参数识别(模态分析):

a) 基本经典方法: SDOF 峰值和圆拟合;

这是最基本的模态参数识别方法，只使用于简单的结构和模态密度比较低的情况。也即基本教科书讲到的方法。

b) 整体 MDOF 参数识别方法:

包括: 复模态指示函数法(CMIF)，最小二乘复指数法(LSCE，时域)和频域直接参数估计法(FDPI);

这些更为复杂的分析方法，已得到了工业用户的广泛接受，适用于不同的工程对象，实际上已经是标准的模态参数识别方法;对于同一组试验数据，可以使用不同的方法进行参数识别，其结果可以互相印证，增强对分析结果的相信程度和可靠性。

c) 模态参数:

包括: 频率，阻尼，模态振型，模态参与因子，各种广义参数等;

d) 模态参数质量的评价方法:

在得到了比较合理的模态参数之后，我们还要用不同的方法从不同的方面进一步检验。CADA-X 模态分析软件中提供了十多种方法: 比如稳态图，可以在识别过程中帮助用户分离物理模态和计算模态，MAC 模态置信准则，可以数字表格或矩阵图的方式来检验模态振型的正交性，检查模态的空间几何

泄漏；模态复杂性，可以检验响应测量方向的错误（对于大型复杂的模态试验，这种检查是非常不容易的，振型直接错误）；最小二乘误差表和奇异值图方法可以验证模态模型大小；以及其他模态相位分布图，正交性检查，多变量模态指示函数，FRF 综合等方法。

e) 多种模态模型的动画显示，便于用户选择，比较和解释试验模态分析结果。

2.2.3.3 ODS 工作变形分析和时域动画显示

用于研究结构在工作状态下的时域或频域变形，所用数据包括阶次和频率截面、频响函数和互谱函数等。结构动画可以在设定的范围进行扫描。

2.2.3.4 工作模态分析

用于由于工作激励和环境激励下结构的模态参数识别。相关函数作为输入，识别方法有最小二乘复指数法和子空间法。它包括相关函数的前处理，模型的有效性及其振形动画显示。

3 传感器部分

包括力锤、麦克风和加速度传感器，详细参数如下：

3.1 加速度传感器

(1) 单轴的加速度传感器 VTI18100

主要技术参数：ICP 型加速度传感器，灵敏度：100mV/g，测量范围：50g 频率响应：0.5—100000Hz 侧部接头：10—32



加速度传感器外观图

(2) 三轴加速度传感器 VTI13100

主要技术参数：ICP 型的三轴加速度传感器，灵敏度：100mV/g；测量范围：±50g；频率响应：0.5-15k Hz；接头类型：4 针

3.2 力锤 VTI720

主要技术参数：1kg 力锤，测量范围 $\pm 22\text{kN}$ ，灵敏度 1 mV/lbf (0.23 mV/N)，硬性锤头频响 (-10dB) 1kHz，中性锤头频响 (-10dB) 700kHz，软性锤头频响 (-10dB) 450Hz，超软性锤头频响 (-10dB) 400Hz，谐振频率 $\geq 12\text{kHz}$ ，力锤重量 1.1kg，锤头直径 5.1cm，锤尖直径 5.1cm，力锤长度 37cm，BNC 接头，提供 硬性、中性、软性和超软锤头。



力锤外观图

3. 售后服务及技术支持

3.1 技术支持团队

1) 江苏大学动态测试技术研究所

基于江苏大学汽车与交通工程学院成立的江苏大学动态测试技术研究所，自成立以来一直致力于国内动态测试的前沿研究和系统测试服务，目前作为动态测试领域中的知名企业，已在动态测试领域中进行了大量的试验和研究工作，积累了丰富的经验并取得了丰硕的成果。

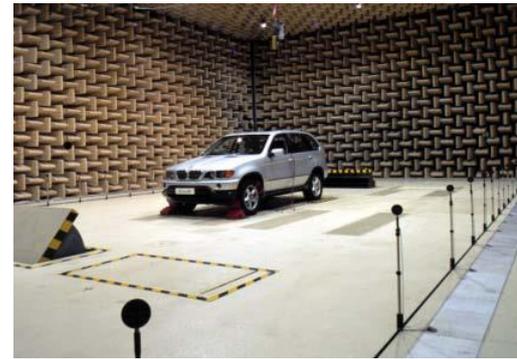
广州漠阳谷电气机械有限公司是一家从事电力测试解决方案和提供工程服务的高科技企业，自成立以来一直为提高国内的电力分析试验测试水平而努力，已为国内众多知名企业提供了各种国外先进的测试分析系统。在电力发电机模态测试领域，广州漠阳谷电气机械有限公司跟 DMS、美国 SD、江苏大学动态测试技术研究所合作，共同推出电力领域模态测试解决方案。

江苏大学汽车与交通工程学院作为全国重点大学重点实验中心，拥有众多省级科研机

构，其车辆产品实验室已作为中国质量认证中心委托检测实验室。

动态测试技术研究

作为国内知名的动态测试技术研究单位，我们是较早就开展了机械产品动态特性研究的单位之一，其中在把试验模态分析技术应用于机械产品动态特性分析、受迫响应计算和结构动态修改方面在国内处于领先地位。随着研究所的发展，我们逐步把测试面扩展更宽的领域。



机械产品和车辆的振动、噪声诊断测试分析

动力机械（发动机）振动、噪声的控制

机械产品的振动和模态测试分析

车辆动力传动系统的振动分析

高速车辆气流噪声降噪测试

排气消声器测试分析

提供测试方案和测试服务

提供汽轮等旋转机械的动平衡测试

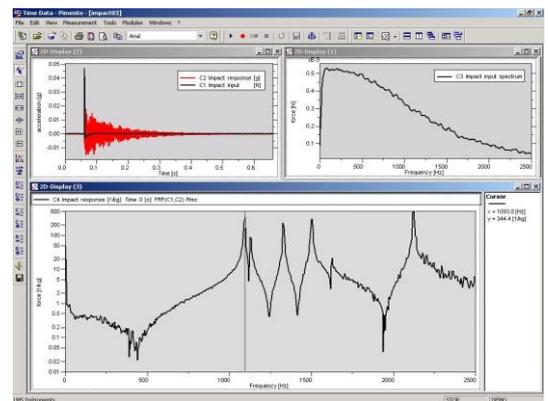
服务



提供仪器设备用户的设备故障诊断和维修服务

提供工业控制工程的设计, 实施, 改造

2) 公司拥有数名动态测试领域的知名专家，在汽车、航空航天、土木工程等行业都具有丰富的测试经验，能在第一时间提供相关的技术支持和售后服务，解决您包括硬件和软件在内的一系列问题，给您在设备的应用上带来最便利的条件。



3.2 技术支持相关承诺

1) 负责该系统的安装及培训，时间原则上定为 2 个工作日。

2) 在保修期内若设备发生故障，负责维修或者解决问题。

3) 设备发生故障，在接到通知后在 48 小时内予以响应。

技术支持：021-62314260



联系人: Davis Ding

4. 用户使用情况

4.1 SD 公司介绍

SD 公司成立于 1961 年, 是世界著名的专业振动控制及测试分析系统生产商。该公司的产品用户遍及世界各地的航天、航空、兵器, 航海, 汽车等行业。中国大陆已有许多客户采用 SD 公司振动测试控制系统、STAR 系列软件用户。特别值得一提的是, 前年下半年, SD 已向成都的中国核动力研究院交付一套振动测试控制系统, 价值近百万美元。

SD 总部设在美国加利福尼亚州圣琼斯 (San Jose) 市, 在德国、法国、英国设有分公司, 在几十个国家有授权代理。广州漠阳谷电气机械有限公司是 SD 公司在中国大陆的模态分析电力领域独家代理商。

4.2 国内用户介绍

SD 公司在全球具有广泛的用户群，基本上世界著名的大汽车公司以及研究所，学校各类企业都在使用 SD 公司的模态分析系统, 像 GM, 福特, 奔驰, 本田, 丰田, 雷诺等等。尤其在电力行业，其用户在逐年增加。

下表是近几年国内主要客户名单客户

| 用户名称 | 签约日期 | 货物名称 | 数量 | 备注 |
|------------|-----------|--------|----|------------|
| 江苏大学 | 04 年 | Siglab | 1 | 模态测试, 振动控制 |
| 西安 504 所 | 05 年 5 月 | Jaguar | 1 | 模态测试, 振动控制 |
| 上海微电子 SMEE | 06 年 12 月 | Jaguar | 1 | 模态测试, 振动控制 |
| 上海华东理工大学 | 07 年 1 月 | Cougar | 1 | 模态测试 |
| 河南省电力院 | 07 年 12 月 | Cougar | 1 | 模态测试 |
| 南京航空航天大学 | 06 年 8 月 | Cougar | 1 | 模态测试 |
| 南京理工大学 | 07 年 12 月 | Cougar | 2 | 模态测试 |
| 上海海事大学 | 08 年 6 月 | Jaguar | 1 | 模态测试 |
| 福建电力院 | 06 年 4 月 | Siglab | 1 | 模态测试 |
| 华东电力院 | 01 年 8 月 | Cougar | 1 | 模态测试 |
| 大亚湾核电力院 | 12 年 8 月 | Cougar | 1 | 模态测试 |
| 上海微电子 | 14 年 4 月 | BOBCAT | 1 | 振动测试 |
| 北京 45 所 | 12 年 5 月 | BOBCAT | 1 | 振动测试 |
| 国防科大 | 12 年 8 月 | BOBCAT | 1 | 振动测试 |
| 大唐电力院 | 15 年 2 月 | BOBCAT | 1 | 模态测试 |

其他使用客户还有上海汽车工业公司，奇瑞公司，上海航天 805 研究所试制部。等等。

此外，广州漠阳谷为电力客户提供 2 种测试方案，4 通道 BOBCAT 测试系统-经济版；32 通道 PUMA 测试系统-高端版；欢迎新老客户选购!!!