

·研究简报·

②②

135-139

MAS1.0模态分析软件包的研制

THE DEVELOPMENT OF ANALYSIS PACKAGE MAS1.0

杨万安 徐铭陶
Yang Wanan Xu Mingtao

TP317

(重庆大学工程力学系)

摘要 介绍了用于取代模态分析专用设备的模态分析软件包。该软件包在 IBM 系列机及兼容机上运行,其特点是系统总成本较低并实现了完全的汉化。文中给出了应用实例。

关键词 模态分析;动态性能;程序系统/汉化, 软件包

中国图书资料分类法分类号 TP317

ABSTRACT A modal analysis package specially designed for substitutting modal analysis equipments is introduced with an example of application. This package runs on the IBM microcomputer and it's compitable computers. The total cost of this analysis system is low and it is completely in Chinese.

KEY WORDS modal analysis;dynamic properties;programming systems/inchinese

0 导 言

结构的动态特性是现代工程设计中越来越受到重视的一项性能指标。试验模态分析技术是解决现代复杂结构动态特性设计的重要手段,它的应用从最初的航空、船舶领域迅速扩展到几乎所有的机械行业如车辆、建筑工程、生物工程、复合材料、精密仪器、家用电器等。前几年我国引进了一批模态分析专用设备,如美国 SD 公司 SD203 系统、SDRC 公司的 MAP 系统、丹麦 B&K 公司的 2032 和 2034 模态分析系统等,对试验模态分析技术在我国的推广应用起很大作用。然而,这些软件售价相当昂贵,其内容经过加密处理,无法修改或转录,严重妨碍了用户的进一步开发和推广应用。因此,独立开发出具有优良性能又可在国内大多数用户拥有的中低档微机上运行的模态分析软件包势在必行。

MAS1.0 模态分析软件包的指导思想是以用户为中心,所有操作、运行方式优先考虑用户的方便程度。与国内同类软件包相比,本系统的总成本低廉,硬件投资少,同时实现了完全的汉化,用户可在熟悉的汉字环境下通过菜单选择、人机对话和光标输入来控制整个运行过程。

1 MAS1.0的硬件配置

作为优于国内外其它模态分析设备或软件包的一大特点, MAS1.0的硬件配置要求较低,在保证实现同类软件产品各项功能指标的前提下致力于降低整个分析系统的总投资,从而易于被更多的生产企业等基层单位接受,推广到实际应用中去。

1.1 计算机: IBM PC、IBM PC/XT、IBM PC/AT IBM PS/2及其兼容机

目前国内大多数微机均为 IBM 系列机,我们选用 IBM PC/XT 作为 MAS1.0的开发环境, RAM 配置512字节以上,带有8087协处理等。

1.2 采样板: KL-AD3A

从尽量以微机软件实现硬设备的各种功能出发,用通用 A/D、D/A 转换采样板取代了动态分析仪作为全部测量信号的入口。本系统选用了为 IBM PC 系列机专门设计的 KL-AD3A 型通用12bit 模数、数模转换板,可直接插入 IBM PC 等及其兼容机总线槽或扩展机箱内运行,也可独立作为一个外部设备与主机相连。该采样板的分辨率为 $12\text{bit} \pm \frac{1}{2}\text{LSB}$, 差动输入时有16个通道,可选择从2Hz 到30kHz 内的13种采样频率,有软件、定时、外部触发方式。该采样板的配置取代了国内同类软件包所必须的带有 GP-IB 接口的动态分析仪如天津电子仪器厂的 SD-375、SD-380 或日本小野测器的 CF 系列分析仪,其价格仅为这类分析仪的四分之一左右,降低了系统的总投资费用。

1.3 打印机: M-1724、M-2024等与主机配套的24针打印机。

打印机用作一般数据文件的输出、图形显示的硬拷贝输出,还用于正式的技术分析报告的输出。

2 操作系统

为了使计算机应用更加广泛地渗透到工业、民用等部门,目前各类办公室系统、管理系统乃至计算机辅助设计、科学计算等软件包设计趋势是实现汉化, MAS1.0正具有这一特点。该软件包在中文状态下运行,支持环境为 CCDOS2.0 以上。运行中人机对话的全部提示、使用说明、各类图表、分析结果及技术文件的输出均采用中文方式,这样用户可在十分熟悉的文字环境下进行各种操作控制和选择有关参数,从而降低文字曲解引起的错误操作。

为了充分发挥各种计算机语言在图形功能、计算速度等不同性能上的优势, MAS1.0 中各模块分别采用 FORTRAN 语言(3.0 以上)、编译 BASICA 及 8088(8086) 汇编语言编制而成。各子模块间用不同的公用文件的形式传递有关运行信息。编程中尽量避免非标准语句;采用模块化编程技术,易于维护或移置到别的微机中去,同时留有充分的余地以使用户视需要作进一步扩充或适当的修改。

3 MAS1.0的主要功能及特点

MAS1.0所有的功能实现的出发点是让用户使用方便,而不是编程工作的方便。因此,运

行中计算机和用户之间的交互内容均采用菜单提示选择、移动光标线或以明了的问答方式进行。操作层次分明,对话生动及时,采用屏蔽输入有效地防止了错误操作。在有关图形显示的部分还利用了键盘上的光标键进行控制,使用极为方便。同时 MAS1.0 本身的各模块中均有使用说明选择项,用户进行工作时不需翻阅操作说明书。完全的中文方式使操作过程明确,提高了工作效率。

MAS1.0 软件包主要用于进行单点激励状态下的试验模态分析工作,既具有目前同类软件的主要功能,又具有其自身的独特功能。下面对各模块的功能作详细介绍。

3.1 试验管理信息的输入

本模块用于处理有关被测结构几何形状及其它有关测试内容的主要信息。首先由用户输入被测结构各测点处的坐标值及各测点间的连接方式,以建立被测结构的几何模型。用户可以通过微机终端上显示出的测点网络图形及时发现输入错误并作修改。同时还可对有关测试信息进行管理,如试验激励点位置、激励方式、测量方向、主要仪器选用、测试时间、地点、参加人员情况、委托单位等内容。这些管理信息连同分析结构一起以技术报告的形式打印出来作为完整的资料。

3.2 测试信号的采集和存储

在试验模态分析测试中,首先由用户确定采样频率、采样时间及测量次数。激励力和各点的响应信号由安装在主机箱内的通用模数、数模转换板进行采样。通过屏幕揭示用户可对采集并显示出的原始信号进行处理,如选择恰当的存储数据段、剔除不理想测量信号,以确定正式存入的数据。用户还可随时在屏幕上显示出各测点正式存入的测量信号,如果发现信号不满意可对相应的测点重新进行试验、采样、选择和存储。

3.3 模块分析前处理

本模块采用菜单选择和人机对话方式对全部测量信号进行模态分析的前处理。包括:数据标准化、平均模式、窗函数、滤波、FFT 或细化等功能,并提供了详细的说明,使用户视需要选择前处理方式,经过前处理后的测量数据经过各种适当的组织管理以供其它模块调用。

3.4 各种分析曲线的显示

经过处理的各类测试信号包括各测点的力、响应及传递函数的时域信号、相关、幅值谱、相位谱、实部谱、虚部谱及相干函数等均以曲线的形式在屏幕上显示。用户可用光标键控制多种显示方式如改变显示幅度、用标线位置显示曲线上对应点的幅值等。若有需要可由软件控制对显示曲线进行硬拷贝,这对于没有(Printsc)键的微机而言是非常有用的。

3.5 模态参数识别

作为 MAS1.0 的核心部分,本模块以非比例粘性阻尼结构为数学模型,在模态参数识别方面作了许多独特的工作。程序提供了两种不同精度的识别方法供用户视时间费用进行选择。在用户用标线方式确定了拟合范围、模态阶数等参数后,首先由频域识别法对全部传递函数自动进行初值拟合。本方法能够在共振峰附近数据点很少的情况下估计出相应的初值即固有频率 ω_n 、阻尼比 ζ 及其留数 $u_r + jv_r$,拟合速度极快,10条传递函数曲线(5阶模态)的拟合仅需6秒钟。总体模态参数经过加权处理后得到,实践证明该法优于导纳园拟合法,其精度也比后者高,可作为初步拟合的正式结果。用户还可根据需要进行曲线的优化拟合以期精度的进一步提高,所需时间视用户给定的精度而定。

本模块还提供了拟合初值修改的功能,用户可适当更改某个测点的曲线拟合结果。这对

于防止因个别传递函数上某频段内测量误差引起较大误差具有重要作用。

3.6 结构振型的动静态显示

本模块可在屏幕上静态显示结构的三维投影图形,由人机对话方式进行图形的放大或缩小、水平或铅垂移动、三维转动等。动态显示也采用了三维投影方式,对于用户给定的某个方向上的各阶振型,程序提供了多种显示模式,可用快速动画的方式显示结构的振型,动画幅度和动画速度可以调节,还可手控进行振型的逐幅图形显示。为了便于分析还提供了振型的两个极限位置显示功能并可进行各阶振型的图形硬拷贝。本模块的功能也适于作为有限元动力计算结果或计算机仿真的输出。

3.7 结果、图表及测试报告的输出

MAS1.0可在分析过程中输出一些中间分析结果或图形、表格,也可进入本模块进行打印控制,有选择地输出分析结果,汇总成一份完整的测试分析技术文件提供给用户以供它用。其内容主要包括测试管理信息、测点坐标、分析结果及各种有关曲线图等。

以上即为 MAS1.0 的主要功能。此外用户还可由主控程序对模态参数的识别结果进行可信度检验,即通过理论频响曲线与实测频响曲线的拟合符合程度来进行判别。考虑到测量信噪比的影响,误差函数用相干函数进行了加权处理。实践证明以相干函数值为权函数优于传递函数幅值或响应幅值。

MAS1.0为用户操作方便使用了大量的屏蔽处理。计算机只对用户选择它所提供的功能项时才作相应的反应,当操作有误时将不予理睬或给出重新操作的提示。MAS1.0还留有一定的扩充余地供用户进行二次开发,模块化的编程风格使得系统的修改维护及扩充容易进行。

4 MAS1.0主要性能指标

软件规模:全部运行文件约500K字节。

分析规模:可一次完成3000个模态参数的分析计算。

识别速度:初步识别时10条传递函数与阶模态共需约6秒钟;优化识别时间视用户给定的精度而定。

分析频带:频率上限可达15kHz,共有13种不同的采样频率供选择。

动画速度:与所选主机类型有关。在常见的 IBM PC/XT 上每秒钟可显示30幅左右的图形。

5 应用实例

本软件包已运用于实际设计评定中。下面的实例是对国营建设机床厂新开发的 JS80型摩托车车架进行的模态测试分析结果。

系统如图1所示

测试对象:JS80型摩托车车架(带发动机)

激励方式:锤击法(锤头材料为橡胶)。

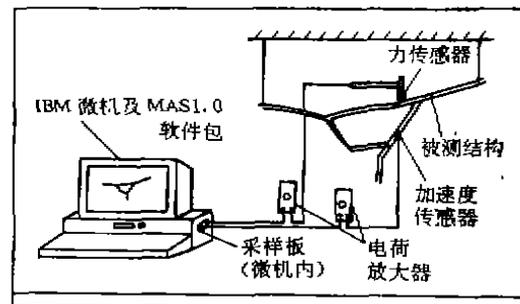


图1 MAS1.0测试系统简图

分析频率:0~250kHz。
测点布置:26个点(侧向、垂向)。
实测出的前6阶振型见表1和图2。

8.18

表 1:JS80型摩托车车架模态参数表

阶次	固有频率(Hz)	阻尼比(%)
1	39.58736	8.71675
2	71.35158	4.053001
3	136.9496	3.411859
4	147.4294	5.084758
5	193.3587	3.124142
6	204.6878	2.16034

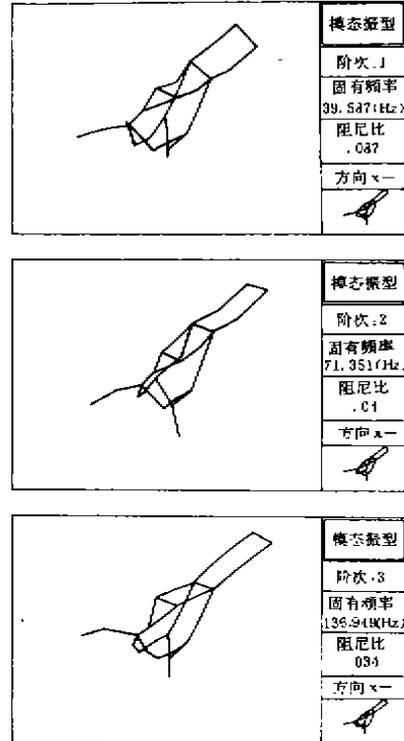


图 2 车架的前3阶振型图

参考文献

- 1 李德葆. 振动模态分析及其应用. 南京, 宇航出版社, 1989
- 2 大久保信行. 机械模态分析. 上海, 上海交通大学出版社, 1985