ModalVIEW

模态测试操作手册



Version R2 Rev 2012.02

Ħ	콫
\mathbf{H}	

关	于本文档及相关文档	1
1	浏览ModalVIEW	1
	1.1 主窗口	1
	1.2 数据测量窗口	13
	1.3 结构浏览窗口	25
	1.4 数据浏览窗口	37
	1.5 阶次浏览窗口	48
	1.6 模态浏览窗口	54
	1.7 结构修改窗口	66
	1.8 图像浏览窗口	72
	1.9 报告产生窗口	75
	1.10 结构编辑窗口	77
	1.11 测量属性窗口	81
	1.12 结构分组窗口	84
	1.13 模态估计窗口	86
	1.14 稳定图窗口	92
	1.15 激励信号窗口	93
	1.16 系统设置窗口	95
2	建立结构模型	. 97
	2.1 坐标系统	97
	2.2 结构模型组成	98
	2.3 自由度(DOF)	. 101
	2.4测量属性	. 102
	2.5建立一个新模型	. 102
3	进行数据测量	112
	3.1 测量类型	. 112
	3. 2 FRF测量	. 112

	3.3数据采集	117
	3.4 激励输出	121
	3.5 试验设置	123
	3. 6 测试流程	127
	3.7 合并试验数据	131
4	模态参数估计	133
	4.1估计方法	133
	4.2 快速分析	137
	4.3 高级分析	
	4.4 工作状态模态分析	143
	4.5 模态验证	146
	4.6 模态转换	151
	4.7 模态分析	153
5	模型动画显示	163
	5.1 动画数据源	
	5.2 关联数据源	164
	5.3动画显示操作	167
	5. 4 动画视频	175
6	试验报告产生	180
	6.1 报告项目	180
	6.2 剪贴板复制	189
7	导入其他文件格式	196
	7.1 UFF文件	196
	7.2 ASCII文本文件	197
	7.3 STL文件	

关于本文档及相关文档

《ModalVIEW模态测试操作手册》详细介绍ModalVIEW软件的使用。重点 介绍每个操作窗口的组件及各组件的功能,完成模态测试各任务的流程。了解 ModalVIEW的安装、激活和模态测试基本概念,请阅读<u>《ModalVIEW模态测试</u> 开始指南》。

除了阅读本文档获得 ModalVIEW 软件使用帮助外,也可以通过显示软件 界面控件上的小提示和及时帮助得到软件使用的详细帮助信息。在 ModalVIEW 软件中,将鼠标停在控件(如按钮)上几秒钟后,黄色背景黑色边框的小提示 将自动显示。在 ModalVIEW 软件中同时按下键盘按键 Ctrl+H,即时帮助窗口 将显示。移动鼠标停在控件上,即时帮助窗口则显示该控件的详细帮助信息。 也可点击 ModalVIEW 的**帮助»显示即时帮助**菜单显示即时帮助窗口。

1 浏览 ModalVIEW

从操作系统中运行ModalVIEW软件。如果是第一次运行ModalVIEW,需要 激活ModalVIEW才能继续使用。关于激活,请参照<u>《ModalVIEW模态测试开始</u> 指南》。

1.1 主窗口

ModalVIEW 运行后,将出现如图 1-1 所示的主窗口。ModalVIEW 主窗口 由标题栏、菜单栏、工具栏、工程项目树、信息栏、快速浏览栏和快速开始栏 组成。标题栏显示当前项目名称。菜单栏包含工程项目文件操作、启动其他操 作窗口(包括结构浏览、数据测量、数据浏览、模态浏览、报告生成等窗 口)、窗口排列、帮助等软件操作功能。工具栏包含部分常用功能的快捷按 钮。工程项目树显示工程项目中所包含的所有文件。快速浏览栏包含快速打开 软件文档和例子的链接。快速开始栏包含快速打开操作窗口的链接。如果主界 面的快速浏览栏和快速开始栏未显示,可点击窗口扩展按钮

当其他操作窗口打开时,如结构浏览窗口,数据浏览窗口等,ModalVIEW 主窗口将最小化,主界面的快速浏览栏和快速开始栏将缩进。



图 1-1ModalVIEW 主窗口

当所有的操作窗口关闭时,主窗口将恢复。ModalVIEW 主窗口从最小化恢复 后,总是悬浮在其他操作窗口的前面,如图 1-2 所示。



图 1-2 浮动的主窗口

ModalVIEW用工程项目来管理模态测试分析过程中产生的各种文件,包括结构文件(*.str)、数据采集设置文件(*.acq)、测量数据文件(*.dat)、模态振型文件(*.mod)、动画文件(*.avi)、报告文件(*.doc)。工程项目树显示工程项目中所包含的所有文件。例如,下图所示的项目 plate.prj 中包含了一个结构文件plate.str,一个数据文件 freq response.dat 和一个模态文件 mode.mod。



一个工程项目在硬盘上由一个工程项目文件以及一组文件和目录组成。如下图所示,名为 plate 的工程项目由一个名为 plate.prj 的文件及多个目录组成。各目录包含各种类型的文件。您可在<ModalVIEW 安装目录>\demos\plate 找到例子 plate 项目的文件夹。



注:工程项目文件目录中的文件不要随意删除或重命名。对工程项目中的 文件添加、删除和重命名都应该在 ModalVIEW 软件中完成。 每个项目应单独存储在单独的目录中以避免文件冲突。例如,下图显示两个项目 abc.prj 和 plate.prj,他们分别存于两个目录 abc 和 plate 中。



工程项目树的状态栏显示文件的状态,如图 1-3 所示。NA 表示该文件在硬盘上已经不存在。x 表示该文件被标记为删除。*表示该文件是新添加到工程项目中。



图 1-3 工程状态栏

选中一个文件并按下从工程删除文件按钮 × 时该文件被标记为删除,但 在保存项目之前该文件仍然存在,可以通过按从工程还原文件按钮 > 将该文 件加入项目。

按保存工程按钮 *f* 后则所有标记为 NA 和删除的文件将从工程项目中删除,所有新添加文件将被复制到工程项目中对应的子目录。保存工程操作只保存数据文件与工程项目的依赖关系,并不保存每个数据文件本身到磁盘。

如果工程项目是新建的, ModalVIEW 提示该项目另存为一个新的项目文件。

创建新工程项目

创建一个新(空)的工程项目执行如下操作:

- 在主窗口中,执行菜单文件|工程|新建。
- 或在工具条上点击新工程按键 🎦。

如图所示,一个空的工程将显示在主窗口中。



当新的工程建立时,ModalVIEW 建立一个工程文件和一组文件夹。默认的工程文件名是"untitled.prj"。

打开工程项目

从磁盘上载入预先保存的工程执行如下操作:

- 在主窗口中,执行菜单文件|工程|载入....。
- 或在工具条上点击打开工程按键 6 。

打开文件对话框将显示,提示选择一个工程文件。当一个工程打开后,所 有属于当前工程的数据文件将显示在项目树列表中,如图 1-4 所示。



图 1-4 项目树中的文件

打开最近访问过的工程项目

• 通过菜单**文件 | 最近工程**,快速载入最近打开的工程项目。如图 1-5 所示。

文件 操作	窗口	帮助	
工程		►	
添加文件 更改名称。		•	
移除文件 取消移除	Ctrl+	-X	
最近工程		•	plate.prj (D:\future\ems\demos\plate)
退出系统	Ctrl+	-Q	car body.prj (D:\future\ems\demos\car) beam.prj (D:\future\ems\demos\beam)
			antenna.prj (D:\future\ems\demos\anten car body.prj (D:\future\ems\demos\car)

图 1-5 最近打开的工程

系统默认保存 5 个最近访问过的工程项目。默认保存个数可在系统设置里 修改。

保存当前工程项目

将当前工程保存到磁盘执行如下操作:

- 在主窗口中,执行菜单 文件 | 工程 | 保存。
- 或在工具条上点击保存工程按键 🙆。

将当前项目另存为新的项目文件执行如下操作:

• 在主窗口中,执行菜单文件|工程|另存为...。

打开文件对话框将显示,提示输入一个文件路径和新的文件名。输入文件 名并点击另存为按钮。ModalVIEW将在磁盘上建立一个新的工程文件和一组子 目录。工程中的所有的数据文件将被复制到相应的文件夹中。

注:每个项目应分别存储在单独的目录中以避免文件或文件夹冲突。

添加数据文件到工程项目

除了通过 ModalVIEW 在工程项目中产生新的数据文件之外,还可以把以 前保存的数据文件添加到当前的工程项目中。执行如图 1-6 所示的菜单项,添 加不同类型的数据文件到当前的工程中。



图 1-6 添加文件菜单

当数据文件被添加到当前工程中后,文件名将显示在项目树中,并在状态 栏中出现*,如图 1-7 所示。保存当前的工程项目,新添加的数据文件将被复制 到当前项目对应的子文件夹中。状态栏中的*号将消失。



图 1-7 新添加文件状态

更改工程项目的文件名称

更改文件名称执行如下操作:

- 在项目树中,选择要修改的数据文件
- 在主窗口中,执行菜单文件|更改名称。

对话框出现提示输入新的文件名。输入新的文件名,点击确定,文件名称 将被修改。

注:新添加并未保存到工程项目中的文件,不能更改名称。

从工程项目中移除文件

移除文件执行如下操作:

- 在项目树中,选择要移除的数据文件
- 在主窗口中,执行菜单 文件 | 移除文件。
- 或点击工具条上的移除按钮 🔀。

当数据文件从当前工程中移除后,文件名仍显示在项目树中,并在状态栏中出现 x,如图 1-8 所示。保存当前的工程项目,被移除数据文件将从当前项目对应的子文件夹中删除。文件名从项目树中消失。



图 1-8 移除文件状态

在工程项目保存前,被移除的文件可以取消移除,重新恢复到工程项目中。 恢复移除的文件执行如下操作:

- 在项目树中,选择要恢复的数据文件
- 在主窗口中,执行菜单 文件 | 取消移除。
- 或点击工具条上的取消移除按钮 ?

打开数据测量窗口

打开数据测量窗口执行如下操作:

• 在主窗口中,执行菜单**操作|测量...**。

数据测量窗口的具体操作,请参考数据测量窗口章节的内容。

打开结构浏览窗口

打开结构浏览窗口执行如下操作:

• 在主窗口中,执行菜单操作|结构浏览...。

也可以用鼠标双击项目树中的结构模型文件,结构浏览窗口将打开,并同 时载入选择的结构模型文件。结构浏览窗口的具体操作,请参考**结构浏览窗口** 章节的内容。

打开数据浏览窗口

打开数据浏览窗口执行如下操作:

• 在主窗口中,执行菜单操作|数据浏览...。

也可以用鼠标双击项目树中的测量数据文件,数据浏览窗口将打开,并同 时载入选择的测量数据文件。数据浏览窗口的具体操作,请参考**数据浏览窗口** 章节的内容。

打开模态浏览窗口

打开模态浏览窗口执行如下操作:

• 在主窗口中,执行菜单操作|模态浏览...。

也可以用鼠标双击项目树中的模态文件,模态浏览窗口将打开,并同时载 入选择的模态文件。模态浏览窗口的具体操作,请参考**模态浏览窗口**章节的内 容。

打开报告生成窗口

打开报告生成窗口执行如下操作:

• 在主窗口中,执行菜单操作|报告生成...。

报告生成窗口的具体操作,请参考**报告产生窗口**章节的内容。

打开报告文件

若安装有微软 Word 字处理软件,当双击项目树中的报告文件,报告文件 将在微软 Word 软件中打开。



打开动画文件

当双击项目树中的 AVI 动画文件,动画文件将在关联的媒体播放软件中打开。

修改系统设置

执行如下操作来修改 ModalVIEW 系统设置:

• 在主窗口中,执行菜单操作|选项...。

系统设置的具体操作,请参考**系统设置窗口**章节的内容。

窗口排列

改变已打开窗口的排列执行如下操作:

• 在主窗口中,执行窗口菜单命令。

一共有4种窗口排列方式:动画窗口(窗口左右排列),平铺,对中和重叠。

使用快捷向导

ModalVIEW 主窗口提供了一些快捷方式来引导完成一系列的操作,快速 的完成模态测试,分析与报告。



运行快捷向导:

• 将鼠标移动到将要执行的项目上,点击该项目。

快速浏览向导包括:

开始指南向导在 PDF 浏览软件中打开模态测试开始指南。 操作教程向导在 PDF 浏览软件中打卡模态测试操作手册。 演示例子向导打开范例浏览窗口,提供演示例子选择。如图 1-9 所示。

は長々二のフ	/# 0	
変更有面の小野子 entenna.prj beam.prj bridge.prj car body.prj plate.prj acoustic.prj sdm.prj	(高思) This is a demo proje antenna ODS analy	sct for an sisl
	<u> </u>	

图 1-9 范例浏览窗口

快速开始向导包括了模态试验和分析过程需要的每一步操作,打开对应的操作窗口。模态试验和分析步骤如下图所示。



1.2 数据测量窗口

数据测量窗口是用来使用数据采集前端在模态试验中进行测量数据采集, 并生成频率响应函数(FRF)测量数据。如图 1-10 所示。



图 1-10 数据测量窗口

数据测量窗口由菜单栏、工具栏、通道监视、测量监视、测量参数、测量 状态和测量列表栏等组成。通道监视用于显示选择通道的数据波形。双击检测 用于提示力锤双击状态。测量监视用来在测量过程中显示测量到的 FRF 曲线, 并用于测量列表中数据显示。测量状态用于显示试验过程中的测量状态。测量 列表显示当前试验中已经测量的时间数据或 FRF 数据。

连接采集前端

将采集窗口与采集前端连接执行如下操作:

▶ 点击工具条上的列表框^{采集前端}未选择 ▼

可用的数据采集硬件将显示在列表中,供选择使用。硬件名称后面方括号 中的数字提示了安装的同样类型采集卡数量。

采集前端	未选择 🛛 💟
	✔ 未选择
	USB-9233 [1]
	PCI-4472 [1]

② 注: ModalVIEW 软件仅支持 National Instruments 的动态信号采集卡。

• 从列表中选择一个采集前端。

当采集前端成功连接后,菜单项操作|数据采集设置...和操作|测量设

置...和对应的快捷按钮¹¹,从禁用变成启用状态。

断开采集窗口与采集前端连接执行如下操作:

载入配置文件

载入预先保存的测量配置文件执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 载入配置....。

文件列表窗将显示,提示选择一个工程项目中的配置文件。

☑ 采集设置	\mathbf{X}
选择文件	
	^
	~
36-55 D34	
1323# 14.78	

如果选择的配置文件与当前连接的采集前端不匹配,一个警告窗将出现。

•	
载入配置和前端不	、匹配, 继续载入?
确定	取消

保存配置文件

保存当前的采集和测试设置到当前配置文件中执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 保存配置....。

如果当前的设置是新建立的,ModalVIEW将提示另存为一个新设置文件。

保存当前的采集和测试设置到新的配置文件中执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 另存配置为....。

文件保存对话框将显示,提示输入一个新的文件名。输入文件名并点击确 定按钮,配置文件将建立并添加到当前工程项目中。

② 注: 如果相同文件: 外的文件名称。	名存在于工程项目中,一个警告窗	寄将显示,提示选择 另
	同名文件存在工程中! 诸更改文件名。	
	确定	

复制通道设置到剪贴板

以文本数据表形式,复制当前的采集通道设置到操作系统剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 复制到剪贴板 | 通道设置表...。

剪贴板中的通道设置内容可以复制到其他电子表格软件中,如微软 Excel。

选择当前设置为报告生成项目

添加当前的采集通道设置到报告生成项目列表执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 复制到报告 | 通道设置...。

一个对话框显示,提示输入报告项目名称。输入项目名称并点击确定按 钮,采集通道配置将选择为报告生成项目。当报告产生窗口打开时,可供报告 生成的项目将显示在**可选报告项目**列表中。



添加当前的试验设置到报告生成项目列表执行如下操作:

• 执行菜单文件 |复制到报告| 试验设置...。

保存试验测量数据

保存当前的测量数据表中的时间数据或 FRF 数据执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 保存测量数据...。

文件保存对话框将显示,提示输入一个新的文件名。输入文件名并点击确 定按钮,测量数据文件将建立并添加到当前工程项目中。

添加测量数据到数据表

添加当前的测量数据到数据表执行如下操作:

• 执行菜单编辑 | 添加测量。

当测量数据被添加到数据表中,数据表对应测量数据项符号"♀"消失, 如图所示。

序号	类型	自由度	工程单位
с О	FRF	1Z:1Z	V / V
		\sim	
<u>– – – – – – – – – – – – – – – – – – – </u>	AK 170		
序亏	奕型	目田度	工程里位
0	FRF	1Z:1Z	V / V

注:如果测量数据未被添加到数据表中,该数据将被下次测量所覆盖。

编辑测量数据表

选择数据表中的全部数据执行如下操作:

• 执行菜单编辑 | 全部选择。

取消选择数据表中的全部数据执行如下操作:

• 执行菜单编辑 | 取消选择。

数据表中删除选择的数据执行如下操作:

- 在数据表中选择一项或多项数据。
- 执行菜单编辑|删除。

测量数据属性

浏览测量数据的属性执行如下操作:

- 在数据表中选择一项数据。
- 执行菜单编辑 | 属性...。
- 或直接双击数据表中的一项数据。

数据的属性窗口将打开,如图 1-11 所示。

🔯 测量数据属性	ŧ		X
数据长度(线)	512		\$
起始频率(Hz)	0		\$
堵量(Hz)	1		\$
移动自由度	1	¢ Z	×
参考自由度	1	¢ Z	×
描述			
			_
工程单位	g/M		×
组序号	0		
	🗌 应用到全育	8	
C	确定	帮助	

图 1-11 测量数据属性窗口

配置采集通道

当采集前端连接后,数据采集的参数需要进行适当的配置。配置数据采集参数执行如下操作:

- 执行菜单操作 | 数据采集设置....。
- 或点击工具条上的按钮

采集卡设置窗口将打开,如图 1-12 所示。窗口包含三个属性页,通道设置,采集设置和通道校准。

這设置	采集社	登置	通道技術	1				应用全部]
设行	u U	通道	状态	耦合设置	IEPE	输入范围	灵敏度	工程单位	1
PXI15	lot2	0	On	AC	4 mA	+/- 10 V	1000 mV/EU	v	
PXI15	lot2	1	On	AC	4 mA	+/- 10 V	1000 mV/EU	V	
PXI15	lotZ	2	On	AC	4 mA	+/- 10 V	1000 mV/EU	¥	
PXI15	lot2	3	On	AC	4 mA	+/- 10 V	1000 mV/EU	٧	
PXI15	lot2	4	On	AC	4 mA	+/- 10 V	1000 mV/EU	V	
PXI15	lot2	5	On	AC	4 mA	+/- 10 V	1000 mV/EU	٧	
PXI15	lot2	6	On	AC	4 mA	+ <i>j</i> -10 V	1000 mV/EU	٧	
PXI15	lot2	7	On	AC	4 mA	+/- 10 V	1000 mV/EU	v	
									0

图 1-12 采集卡设置窗口

通道设置页面包含可以使用的采集通道列表。列表中每一项为一个通道的 全部参数。每个通道由设备名称和通道号来标识。每个采集设备名称由 NI Measurement & Automation Explorer (MAX) 来分配。

修改通道参数执行如下操作:

- 在通道列表中选择一个通道,双击相应的属性来修改参数。
- 点击按键 应用全部 使得后面的通道与当前选择通道保持一致的属性 设置。

采集设置页面包含采样率、数据点数、触发等数据采集属性,如图 1-13 所示。关于这些参数的设置,请参考数据采集章节。

采祥率(Hz)	1024	\$					
数据点数(点)	1024	٢	监视模式 🗌		监视类型 印	间记录	*
触发设置							
启用触发		<u>始发</u> 通道 [DAQ1Mod1 - CH0	Y			

图 1-13 采集设置属性页

通道校准页面包含可以使用的采集通道列表,列表中每一项为一个可校准 通道,校准后的灵敏度可以被重新设置到测量通道的灵敏度属性中。如图 1-14 所示。关于校准过程和参数设置,请参考

校准测量通道章节。

	设备	通道	原始灵敏度	校准灵敏度	~
	PXI15lot2	0	1000 mV/EU	•	
	PXI15lot2	1	1000 mV/EU	-	-
	PXI1Slot2	2	1000 mV/EU	-	
	PXI1Slot2	3	1000 mY/EU		-
	PXI1Slot2	4	1000 mV/EU		
	PXI1Slot2	5	1000 mV/EU	•	~
	校准参考设置				
친 1	交進頻率(Hz) 1000 😂	校 1	睢水平(EU rms) 目 €	寺续时间(sec) 5 🗘	

图 1-14 通道校准属性页

试验测量设置

在开始模态试验之前,测试参数(如试验类型、节点数、自由度范围 等)、数据处理(如加窗、平均等)需要进行适当的设置。根据测试信息, ModalVIEW将自动建立测量分组。测量分组定义了采集通道、传感器和被测结 构上的测量点之间的连接关系,指导试验人员分批的完成测量点的数据采集。

设置测试参数执行如下操作:

- 执行菜单操作 | 试验设置....。
- 或点击工具条上的按钮

试验设置窗口将打开,如图 1-15 所示。窗口包含三个属性页,测量设置、 后处理和测量分组。

则量设置	后处	1 测量分组				
· 測量i	2 置					
(9)	量类型	时间记录	~			
	转点数	0	٢			
01	上顶式	响应点移动	×			□包含转速计或MIC信号
DOF	15					
移动	自由度	1		Z	٣	✓全部自由度
参考	自由度	i		z		□分批次测量
		输入DOF值或D	OF范围	1. #F	目逗号祭	开。例如:1,3,5-12
		输入DOF值或D	OF范围	, # ∮	目逗号祭	开,例如:1,3,5-12

图 1-15 试验设置属性页

测量设置页面包含测量类型、节点数、测量模式和自由度范围等。关于这 些参数的设置,请参考**试验设置**章节。

后处理页面包含加窗、数据平均等设置,如图 1-16 所示。关于这些参数的 设置,请参考 **FRF 测量**章节。

加窗类型	矩形窗	~				
占空比(%)	50	\$				
最终值(%)	10	0				
平均设置	2					
类型	不平均	*	计权方法 指数	*	计数 1	0
计算						
	#8 7	「「「「「「「」」				

图 1-16 后处理属性页

测量分组页面包含生成测量分组的设置和分组列表,如图 1-17 所示。

生成测量		换参考通道	« »	测量组号 1		
设备	通道	使用	自由度	灵敏度	工程单位	^
						~

图 1-17 测量分组属性页

产生测量分组执行如下操作:

- 点击 **生成测量** 按键....。
- 点击按键 《 》 来观察不同测量组的属性。

ModalVIEW 默认从 0 采集通道开始,首先分配用于采集参考信号(固定激励或响应点的信号)的通道。若修改参考通道(采集参考信号的通道)在采集 卡通道上的分配起始位置(从末尾通道开始),选择 ^{交换参考通道},并点击 生成测量 按键,重新生成测量分组。

手动修改测量分组中的通道连接属性执行如下操作:

在测量分组列表中选择一个通道连接,列表下方的属性设置将被允许修改。

通道类型 未使用 💟 自由度 0 😂 Z 💟

启动或停止数据采集

启动数据采集执行如下操作:

- 点击工具条上的 ▶ 按键。
- 或执行菜单操作|开始采集...。

停止数据采集执行如下操作:

- 点击工具条上的 ▶ 按键。
- 或执行菜单操作 | 停止采集...。

当数据采集已经开始,并处于等待触发状态,仍然可以随时终止数据采集。

数据记录

当采集模式为监视模式,测量类型为时间记录时,可以将采集的数据连续的 记录到磁盘。当数据采集进行时,启动数据记录执行如下操作:

• 点击工具条上的 → 按键。

数据记录的时间长度显示在测量状态窗口中。

浏览不同测量分组

向前浏览测量分组执行如下操作:

• 点击工具条上的 送按键,或执行菜单操作 | 上一测量组....。

向后浏览测量分组执行如下操作:

• 点击工具条上的 送接,或执行菜单**操作 | 下一测量组...**。。

当前的测量组序号显示在工具条上的^{测量组} 0 。可以从状态监视窗观察 当前测量组的状态,如图 1-18 所示。

 _	

图 1-18 测量状态显示

通道监视与测量显示

修改监视窗口排列执行如下操作:

 点击工具条上的监视窗口排列
 按键,监视窗口将按照垂直或水平 排列。

修改通道监视的数据波形显示执行如下操作:

• 在通道监视窗口上点击鼠标右键,一个浮动菜单将显示。

✔ 自动刻度
放大X轴 放大Y轴 复原
对数坐标
✔ 显示窗效应

选择菜单项放大 X 轴, 在显示波形上点击鼠标左键,沿 X 轴方向拖
 拽,显示波形将沿着 X 轴方向放大。

- 选择菜单项放大Y轴,在显示波形上点击鼠标左键,沿X轴方向拖
 拽,显示波形将沿着Y轴方向放大。
- 选择菜单项复原,显示波形将还原为原始状态显示。
- 选择菜单项对数坐标,Y坐标轴将以对数尺度显示。
- 选择菜单项显示窗效应,通道波形将以加窗后的结果显示。

修改测量监视的数据波形显示执行如下操作:

• 在测量监视窗口上点击鼠标右键,一个浮动菜单将显示。



- 选择菜单项放大X轴,在显示波形上点击鼠标左键,沿X轴方向拖
 拽,显示波形将沿着X轴方向放大。
- 选择菜单项放大Y轴,在显示波形上点击鼠标左键,沿X轴方向拖
 拽,显示波形将沿着Y轴方向放大。
- 选择菜单项复原,显示波形将还原为原始状态显示。
- 选择菜单项对数坐标-X,X坐标轴将以对数尺度显示。
- 选择菜单项对数坐标-Y,Y坐标轴将以对数尺度显示。
- 选择菜单项显示光标,垂直线光标将显示在测量监视窗口。

产生激励信号

从硬件前端生成测试的激励信号执行如下操作:

点击工具条上的 按键,或执行菜单操作 | 信号发生器...。。
 关于信号器使用,请参考激励输出章节。

连接到结构模型

进行测量时,在 3D 结构模型上显示和采集通道匹配的测量自由度执行如下操作:

• 点击工具条上的 按键,或执行菜单操作|自由度关联向导...。

结构浏览窗口将打开,载入相应的结构模型。当测量分组被选择时,与采 集通道匹配的测量自由度指示将显示在结构模型上,如图 1-19 所示。



图 1-19 结构测量向导

改变数据测量窗口位置

数据测量窗口有几种设定的窗口位置供选择:对中和自由度向导。不同窗口位置分别对应不同操作状态,与其他操作窗口的位置相匹配。执行**窗口**菜单项来改变窗口位置。

1.3 结构浏览窗口

结构浏览窗口是用来绘制和显示结构的 3D 模型,并用于结构动画显示。 如图 1-20 所示。



图 1-20 结构浏览窗口

载入结构模型文件

载入预先保存的结构模型文件执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 载入配置....。

文件列表窗将显示,提示选择一个工程项目中的结构模型文件。

🖪 结林	的模型		\mathbf{X}
选择	文件		
			^
			~
			_
L	选择	取消	

在列表中选择一个文件,点击**选择**。当结构模型文件打开后,结构 **3D** 模型 将显示在结构浏览窗口中。

保存当前结构模型文件

保存结构浏览窗口中的模型到磁盘文件执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 保存....。

如果当前的结构模型是新建立的,ModalVIEW将提示另存为一个新结构模型文件。

保存当前的结构模型到新的文件中执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 另存为....。

文件保存对话框将显示,提示输入一个新的文件名。输入文件名并点击确 定按钮,结构模型文件将建立并添加到当前工程项目中。

② 注: 如果相同文件	名存在于工程项目中,一个警告窗	舒将显示,提示选择 另
外的文件名称。		
	•	
	同名文件存在工程中! 请更改文件名。	
	确定	

从外部文件导入结构模型

ModalVIEW 可以从其他外部文件导入结构模型,显示在结构浏览窗口。 导入的模型可以再保存为 ModalVIEW 的结构模型文件。

从 ASCII 文本文件导入结构模型执行如下操作:

- 执行菜单**文件 | 导入 | ASCII 文件…**。文件窗口打开,提示选择 ASCII 结构文件。
- 从 UFF 文本文件导入结构模型执行如下操作:
- 执行菜单**文件**|**导入**|**UFF 文件...**。文件窗口打开,提示选择 UFF 结构 文件。

从 STL 文件导入结构模型执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 导入 | STL 文件...。文件窗口打开,提示选择 STL 结构 文件。

从 SLP 文件导入结构模型执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 导入 | SLP 文件...。

文件窗口打开,提示选择 SLP 结构文件。

从 Nastran BDF 文件导入结构模型执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 导入 | BDF 文件...。

文件窗口打开,提示选择 BDF 结构文件。

○ 注意: 不是 Nastran BDF 文件中的所有单元都支持导入。

关于 ASCII、UFF、STL 和 SLP 模型文件,请参考**导入其他文件格式**章节。

复制结构模型到剪贴板

结构浏览窗口中的结构模型可以以位图或数据表形式复制到系统剪贴板, 供其他程序使用。

以位图形式复制结构模型到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 复制到剪贴板 | 位图...。

以文本数据表形式复制结构模型到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 复制到剪贴板 | 数据表....。

选择结构模型为报告生成项目

添加结构模型视图到报告生成项目列表执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 复制报告 | 结构视图....。

一个对话框显示,提示输入报告项目名称。输入项目名称并点击确定按 钮,当前结构视图将被选择为报告生成项目。当报告产生窗口打开时,可供报 告生成的项目将显示在**可选报告项目**列表中。

选择一组模态振型视图执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 复制报告 | 模态振型排列...。

一个对话框显示,提示插入当前模态振型到振型列表,如图 1-21 所示。

• 输入振型名称,点击 插入图片 按钮...。模态振型被添加到振型列表 中。

若从振型列表中删除模态振型。

其中 ^{振型每行排列} 3 ♀ 决定了生成总的模态振型视图时,每行排列多少个 振型视图。点击 确定 按钮,关闭对话框。

❷ 振型图像	
振型列表 340 Hz 模态振型	振型名称 340 Hz 模态振型
攝型每行排列 3 📚	插入图片 删除 确定

图 1-21 振型视图管理

添加模态振型视图到报告生成项目列表执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 复制报告 | 模态振型...。

一个对话框显示,提示输入报告项目名称。输入项目名称并点击确定按 钮,当前振型列表中总的模态振型视图将被选择为报告生成项目。当报告产生 窗口打开时,可供报告生成的项目将显示在**可选报告项目**列表中。



输出振型动画

将结构模态振型动画生成数字影像执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 输出到动画....。

文件保存对话框将显示,提示输入一个新的文件名。输入文件名并点击确 定按钮,结构振型动画 AVI 文件将建立,并添加到当前工程项目中。

打开结构编辑窗口

打开结构编辑窗口来绘制结构 3D 模型执行如下操作:

• 点击工具条上的 艺 按键,或执行菜单编辑|结构编辑器...。

结构编辑窗口将显示在结构浏览窗口右侧。关于编辑结构 3D 模型文件,请参考结构编辑窗口章节。

打开测量属性窗口

打开测量属性窗口来设置模型节点的测量信息执行如下操作:

• 点击工具条上的 送 按键,或执行菜单编辑|测量属性...。

测量属性窗口将显示在结构浏览窗口右侧。关于设定节点的测量信息,请 参考**测量属性窗口**章节。

打开结构分组窗口

打开结构分组窗口来设定组件和虚拟结构执行如下操作:

• 点执行菜单编辑 | 结构分组...。

测量属性窗口将显示在结构浏览窗口右侧。关于设定节点的测量信息,请 参考结构分组窗口章节。

分配节点自由度

交互式的为结构模型节点分配自由度号执行如下操作:

- 点击工具条上的 按键,或执行菜单**编辑 | 分配自由度...**。
- 一个浮动的分配自由度窗口将打开。

🦉 分配自由度	\times
下一点序号: 0 😂	
清除全部 退出	

- 用鼠标点击结构模型上的节点, 下一点序号: 0
 显示的序号将分配
 给被点击的节点,同时将自动增加1。
- 依次点击结构模型上的其他节点,直到分配完成。 清除所有节点自由度号执行如下操作:
- 点击分配自由度窗口中的 **^{清除全部**} 按键。

结束节点自由度分配执行如下操作:

• 点击分配自由度窗口中的 ______ 按键。

关联测量数据

关联动画数据源(时间数据或模态振型)到结构模型节点的测量方向执行如 下操作:

- 打开数据浏览窗口或模态浏览窗口,载入相应数据。
- 点击工具条上的 / 按键,或执行菜单编辑 | 关联测量数据...。
- 一个消息窗口将显示,提示多少测量数据被关联。



未测量点动画插值

产生 3D 结构模型上未测量点运动插值执行如下操作:

• 点击工具条上的 🚰 按键,或执行菜单编辑 | 未测量点插值....。

一个对话框将显示,提示输入插值范围,决定未测量点插值是由多少个临 近测量节点来计算。在单个组件中?□决定是否在单个组件范围内进行插值运算。 **局部插值?**□决定是否在选择的自由度中进行部分节点插值。

	在单个组件	Ф? 🗌	局部插值?[
组件	最近测量点个数	-	自由度选择
		~	
	最近测量点个数 4	\$	~

输入最近测点个数,点击 确定 按钮,完成插值操作。

打开色图编辑器

编辑色彩标尺用于结构模型颜色渲染执行如下操作:

• 点执行菜单编辑 | 色图编辑器...。

色图编辑窗口将显示,用户可自定义适合的色彩标尺。

色图编辑器	×
	添加
	删除
	☑ 插值
-<1	默认值
确定	取消

改变结构模型显示

改变结构模型在结构浏览窗口的视图执行如下操作:

- ▲ 点击工具条上的 → 按键,或执行菜单显示 | 视图。
 结构视图将在三维视图和四视图直接切换。
 将结构模型显示在窗口正中执行如下操作:
- 点击工具条上的 按键,或执行菜单**显示 | 结构对中**。 缩放结构模型执行如下操作:
- 点击工具条上的 🔍 按键,或执行菜单显示 | 缩放。
- 按下鼠标左键并从上向下移动鼠标,结构模型将放大。按下鼠标左键并 从下向上移动鼠标,结构模型将缩小。
- 或向下滚动鼠标滚轴结构模型将放大。向上滚动鼠标滚轴结构模型将缩小。

平移结构模型执行如下操作:

- 点击工具条上的 🛨 按键,或执行菜单显示 | 平移。
- 按下鼠标左键,并上下左右拖动鼠标。

旋转结构模型执行如下操作:
点击工具条上的 ^会按键,或执行菜单显示 | 旋转。

按下鼠标左键,并垂直或水平拖动鼠标。
 恢复结构模型原来视图执行如下操作:

● 点击工具条上的 [●] 按键,或执行菜单显示 | 返回。
 显示结构模型节点执行如下操作:

- 点击工具条上的 按键,或执行菜单显示 | 结构节点。
 显示结构模型表面渲染执行如下操作:
- 点击工具条上的 按键,或执行菜单显示 | 表面渲染。
 显示结构模型节点自由度号执行如下操作:
- 点击工具条上的 按键,或执行菜单显示 | 节点标注。 显示节点测量方向执行如下操作:
- 点击工具条上的 按键,或执行菜单显示 | 测量方向。 改变坐标系中坐标轴方向执行如下操作:
- 点击工具条上的 并并 按键。

显示 3D 模型上定义的虚拟结构执行如下操作:

- 洗择工具条上的结构洗择 全部结构 ▼
- 关于 3D 模型的组件和虚拟结构,请参考组件与虚拟结构章节。

动画显示结构模型

开始结构模型动画显示执行如下操作:

- 点击工具条上的 按键,或执行菜单动画 | 运行。
 停止结构模型动画显示执行如下操作:
- 点击工具条上的 经 按键,或执行菜单动画 | 停止。

改变动画显示类型

改变结构模型动画显示类型执行如下操作:

● 选择工具条上的类型选择^{扫动} ● 或执行菜单动画 | 模式。

关于动画类型的说明,请参考动画显示操作章节。

改变结构变形比例

改变结构变形比例执行如下操作:

• 执行菜单动画 | 比例...。

关于结构变形比例的说明,请参考动画显示操作章节。

改变模型动画显示幅度

改变结构模型动画显示幅度执行如下操作:

- 选择工具条上 幅度 1 里输入动画幅度。
- 或执行菜单动画 | 幅度...来提高或降低幅度。

改变模型动画显示速度

改变结构模型动画显示速度执行如下操作:

- 选择工具条上^{速度}1
 里输入动画速度。
- 或执行菜单动画 | 速度...来提高或降低速度。

显示结构插值变形

显示结构插值变形执行如下操作:

• 点击工具条上的 按键,或执行菜单动画 | 插值变形。

显示变形结构

显示结构变形执行如下操作:

• 点击工具条上的 发 按键,或执行菜单动画 |结构变型。

显示结构表面颜色渲染

显示结构表面颜色渲染执行如下操作:

• 点击工具条上的 / 按键,或执行菜单动画 | 颜色渲染。

显示结构箭头矢量

显示结构变形箭头矢量执行如下操作:

• 点击工具条上的 送 按键,或执行菜单动画 | 箭头矢量。

显示结构动画标尺

显示变形标尺执行如下操作:

- 执行菜单动画 | 标尺 | 变形。
- 显示色图标尺执行如下操作:
- 执行菜单动画 | 标尺 | 色图。

改变数据显示格式

以色图形式在结构模型上显示标量数据有几种显示格式可供选择。 设定标量数据的分贝参考值执行如下操作:

• 执行菜单动画 | 格式 | dB 参考值 ...

在线性和分贝刻度之间显示标量数据执行如下操作:

• 执行菜单**动画 | 格式| 线性<>dB**

显示标量数据的幅度与相位执行如下操作:

• 执行菜单动画 | 格式| 幅度-相位

显示标量数据的幅度执行如下操作:

• 执行菜单动画 | 格式| 幅度

显示标量数据的相位执行如下操作:

• 执行菜单动画 | 格式| 相位

显示标量数据的实部执行如下操作:

• 执行菜单动画 | 格式| 实部

显示标量数据的虚部执行如下操作:

• 执行菜单动画 | 格式| 虚部

改变结构浏览窗口位置

结构浏览窗口有几种设定的窗口位置供选择:对中、编辑状态、动画状态 和自由度向导。不同窗口位置分别对应不同操作状态,与其他操作窗口的位置 相匹配。执行**窗口**菜单项来改变窗口位置。

1.4 数据浏览窗口

数据浏览窗口是用来显示和处理时间信号或 FRF 测量数据。窗口用于显示数据曲线和属性列表。如图 1-22 所示。



图 1-22 数据浏览窗口

载入数据文件

载入预先保存的数据文件执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 载入....。

文件列表窗将显示,提示选择一个工程项目中的数据文件。



在列表中选择一个文件,点击**选择**。当数据文件打开后,数据曲线将显示 在数据浏览窗口中。

保存当前数据文件

保存当前的测量数据到磁盘文件执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 保存....。

如果当前的数据未保存过, ModalVIEW 将提示另存为一个新的测量数据 文件。

保存当前的数据到新的文件中执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 另存为....。

文件保存对话框将显示,提示输入一个新的文件名。输入文件名并点击确 定按钮,测量数据文件将建立并添加到当前工程项目中。

② 注: 如果相同文件		将显示,提示选择另
外的文件名称。		
	同名文件存在工程中! 请更改文件名。	
	确定	

从外部文件导入数据

ModalVIEW 可以从其他外部文件导入测量数据,显示在数据浏览窗口。 导入的数据可以再保存为 ModalVIEW 的测量数据文件。

从 ASCII 文本文件导入测量数据执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 导入 | ASCII 文件...。文件窗口打开,提示选择 ASCII 数据文件。

按目录从多个 ASCII 文本文件导入测量数据执行如下操作:

• 执行菜单**文件|导入|ASCII文件目录...**。文件窗口打开,提示选择文件目录。

从 UFF 数据文件导入测量数据执行如下操作:

• 执行菜单**文件**|**导入**|**UFF 文件...**。文件窗口打开,提示选择 UFF 数据 文件。

按目录从多个 UFF 数据文件导入测量数据执行如下操作:

• 执行菜单**文件|导入|UFF 文件目录...**。文件窗口打开,提示选择文件 目录。

关于 ASCII、UFF 数据文件,请参考导入其他文件格式章节。

复制测量数据到剪贴板

数据浏览窗口中的测量数据可以以位图、属性表或数据曲线形式复制到系 统剪贴板,供其他程序使用。

以位图形式复制数据曲线到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 复制到剪贴板 | 位图...。

以文本形式复制数据属性表到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 复制到剪贴板 | 属性表...。

以文本形式复制测量数据到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 复制到剪贴板 | 数据曲线....。

编辑测量数据

选择数据属性表中的全部数据执行如下操作:

• 点击工具条上的 尾 按键。

• 执行菜单编辑 | 全部选择。

取消选择数据属性表中的全部数据执行如下操作:

• 执行菜单编辑 | 取消选择。

数据属性表中删除选择的数据执行如下操作:

- 在数据表中选择一项或多项数据。
- 点击工具条上的 🗡 按键。
- 或执行菜单编辑|删除。

复制数据表中选择的数据到 ModalVIEW 数据缓存执行如下操作:

- 在数据表中选择一项或多项数据。
- 执行菜单编辑 | 复制。

注:保存在数据缓存中的数据在数据浏览窗口关闭后仍保持有效。可以粘 帖到另外一个新打开的数据文件中。

粘帖数据缓存中的数据到当前数据文件执行如下操作:

• 执行菜单编辑|粘帖。

合并来自其他数据文件中的数据执行如下操作:

• 执行菜单编辑 | 合并文件...。

文件列表窗将显示,提示选择一个工程项目中的数据文件。

🗳 数据浏览	\mathbf{X}
选择文件	
freq response	~
	~
确定	取消
- Mine	

在列表中选择一个文件,点击确定。数据文件中的数据将被合并到当前数 据文件中。

注:合并的数据文件中数据类型必须相同。

从数据表中删除选择的数据执行如下操作:

- 在数据表中选择一项或多项数据。
- 执行菜单编辑|删除...。

对数据表中的数据进行排序执行如下操作:

• 执行菜单编辑 | 排序....。

对话框显示,提示选择排序方法。可以分别按照移动自由度或参考自由度的升序和降序来排列。点击确定按钮,数据表中的数据将按照给定方式排序。

■ 数据	排序 🛛 🛛
排序者	考 移动自由度 🕑
	⊙升序
	○降序
	触定 取消

对数据表中的数据进行数学操作执行如下操作:

• 执行菜单编辑|数学操作...。

对话框显示,提示选择数学方法。选择相应操作,点击确定按钮执行相应 数学操作。

■ 数学操作	
操作表 增加编移 🔨	
求反(-x)	实部偏移 0
	虚部偏移 0
~	
	确定 取消

对数据表中的数据自动分配自由度执行如下操作:

• 执行菜单编辑|自由度....。

自由度生成窗口将打开,如图 1-23 所示。

🧧 自由度生成	
移动自由度	参考自由度
起始 0 🗢	起始 0 🗢
增量 1 😂	增量 0 😂
□×轴	□x釉
□Y轴	□Y轴
∠ Z轴	✓ Z轴
M# 移位 1 🜲	M# 移位 1 📚
确定	取消

图 1-23 自由度生成窗口

设定好相应参数,点击确定键,自由度序列将自动生成,分配到数据表中的每个数据。自由度序列根据下面规则来生成:

自由度增量	
-------	--

	测量轴选择	
1	0X,, 0X, 0Y,, 0Y, 0Z,, 0Z, [,]	1X,, 1X, 1Y,, 1Y, 1Z,, 1Z,
	测量序号(M#)移位	

生成的自由度信息根据测量数据类型不同,有两种类型。时域数据只需要移动自由度信息。FRF 数据需要移动自由度和参考自由度。如下表所示。

自由度类型	自由度格式
时间记录	移动自由度 (如,1X)
FRF 测量	移动自由度:参考自由度(如,2X:0X)

更多的关于自由度内容,请参考**自由度(DOF)**章节。 编辑数据属性执行如下操作:

- 在数据表中选择一项数据。
- 执行菜单编辑 | 属性....。
- 或用鼠标双击数据表中选择一项数据。

属性窗口将打开,用来编辑修改相应数据的属性。如图 1-24 所示。

🔯 测量数据属性	ŧ		
数据长度(线)	500		\$
起始频率(Hz)	0		\$
堵量(Hz)	5		\$
移动自由度	0 🕃	z	×
参考自由度	11	z	×
描述			
			_
工程单位	g/N		*
组序号	0		
	🗌 应用到全部	;	
職定	取消	帮助	

图 1-24 测量数据属性窗口

设定数据显示方式

数据浏览窗口可以显示实数或复数数据曲线。通过设定工具条上的显示类型 「幅度 ▼ ,来显示数据的实部、虚部、幅度、相位,波特图和相干系数曲 线等。

设定数据选择标尺

在数据曲线上显示线标尺,来选择单点数据执行如下操作:

- 点击工具条上的 ➡ 按键。
- 或执行菜单显示 | 标尺 | 线标尺。

在数据曲线上显示带标尺,来选择一段数据执行如下操作:

- 点击工具条上的 **++** 按键。
- 或执行菜单显示 | 标尺 | 带标尺。

显示标尺位置执行如下操作:

- 点击工具条上的 +... 按键。
- 或执行菜单显示 | 标尺 | 位置。

移动线标尺位置执行如下操作:

- 移动光标到标尺线。
- 按下鼠标左键并拖动标尺线到期望的位置。
 移动带标尺位置执行如下操作:
- 移动光标到带标尺中间位置。
- 按下鼠标左键并拖动标尺线到期望的位置。
 步进的移动标尺位置执行如下操作:
- 点击工具条上的 《 或 》 按键,向左或向右移动标尺。

数据预处理

对时域测量数据进行滤波和降采样处理执行如下操作:

• 执行菜单数据处理 | 预处理...。

数据预处理窗口将打开,如图 1-25 所示。



图 1-25 数据预处理窗口

时域数据的功率谱将显示在窗口右侧。选择按键 🔍 🥄 , 用鼠标放大和复原功率谱曲线显示。选择 測量通道 DOF#-02 💽 来观察不同通道时域数据的功率谱。

- 在滤波和重采样属性页中,设置相应参数。
- 选中相应的 型处理选择
- 点击按钮 预览,观察处理后的时域信号功率谱。
- 重复上述步骤,直到达到满意的处理结果。
- 点击按钮 确定,将按照设定参数对时域数据进行处理。数据浏览 窗口中将显示处理后的时域数据曲线。

测量数据分析

检查 FRF 测量数据的完整性执行如下操作:

• 执行菜单数据处理 | 检查 FRF 数据...。

检查 FRF 数据窗口将打开,显示是否存在对应参考自由度和移动自由度的 FRF 数据,并提示是否存在重复数据,如图 1-26 所示。

■ 检查FRF数据	
移动自由度	
	正常
	重复
	缺失
	参考自由度
	N/A
	移动自由度
	N/A
	确定

图 1-26FRF 数据检查窗口

归一化 ODS FRF 测量数据执行如下操作:

• 执行菜单数据处理 | 归一化 ODS FRFs...。

参考测量窗口显示,提示输入不同测量批次(@符号后的数字为批次号) 中参考点 ODS FRF 对应的自由度。点击确定。在同一测量批次中,参考点 ODS FRF 幅度归一化为单位能量。其他自由度对应的 ODS FRF 幅度也按比例 进行相应的调整。

12 参考测量					
自由度 02:112@0 22:112@0 22:112@0 32:112@0 32:112@0 52:112@0 62:112@0 62:112@0 82:112@0 92:112@0 102:112@0 102:112@0 112:112@0	参考自由度 >> <<				
確定 取消					

从时间记录转换为频谱数据执行如下操作:

• 执行菜单数据处理 |频谱估计....。

频谱估计窗口将打开,选择相应的激励/参考信号和响应信号,并设置加 窗,平均等频谱等计算参数,如图 1-27 所示。

◙ 频谱估计					×
測量					
频谱类型	FFT谱	~	类型	矢量平均	×
加密			计权方法	指数	×
加富类型	矩形窗	×	数据点数(点)	1024	٢
占空比(%)	0	\$	重叠率(%)	50	٢
最终值(%)	0	٢	分辨率(Hz)	9.76563	
			确定 	油 帮助	

图 1-27 频谱估计窗口

点击按钮 确定,将按照设定参数对时域数据进行处理,并提示输入要保存数据文件的名称。保存的频谱 FRF 数据文件将显示在工程项目树中。

从时间记录转换为 FRF 数据执行如下操作:

• 执行菜单数据处理 | MIMO FRF 估计....。

MIMO FRF 估计窗口将打开,选择相应的激励/参考信号和响应信号,并设置加窗,平均等 FRF 计算参数,如图 1-28 所示。

12 MIMO FRF估计	t				
时间记录			澍助/参考		
0Z *** 1Z *** 27 ***		^ >>	02 **		
3Z ***					
42 ···			响应		
6Z ***		>>	1Z ** 27 **		
12		. <<			
+=====			亚45:35骤		×.
UT BEI			TARE		
加密类型	矩形窗	×	类型	矢量平均 💽	-
占空比(%)	0	\$	计权方法	指数	•
最终值(%)	0	\$	数据点数(点)	1024	\$
l			実み支/201	F0 0	~
			重過去(70)	30	*
测量模式	自动检测	×	分辨率(Hz)	9.76563	
OD5?	蘭約		取消		
_					

图 1-28 MIMO FRF 估计窗口

- 选择 □ ODS? 来设定是否使用参考点响应信号来进行 ODS FRF 计算。相应的激励信号选择变为参考响应信号选择。
- 使用添加和移除按键 >> , << 分别从时间记录列表中选择相应 自由度的数据到激励/参考信号和响应列表信号中。
- 点击按钮 确定,将按照设定参数对时域数据进行处理,并提示输入要保存 FRF 数据文件的名称。保存的 FRF 数据文件将显示在工程项目树中。

关于 FRF 计算的加窗和平均等参数设置,请参考 FRF 测量章节。

从 FRF 测量数据进行模态分析执行如下操作:

- 点击工具条上的 按键。
- 或执行菜单数据处理 | 模态估计。

模态估计窗口将打开,与数据浏览窗口左右排列。关于模态估计窗口操 作,请参考**模态估计窗口**章节。

1.5 阶次浏览窗口

阶次浏览窗口是用来生成时间信号测量数据的阶次谱图,并提取相应的阶次的时间信号或 ODS FRF。窗口用于显示阶次谱图和数据属性列表。如图 1-29 所示。



图 1-29 阶次浏览窗口

载入数据文件

载入预先保存的数据文件执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 载入....。

文件列表窗将显示,提示选择一个工程项目中的数据文件。

■ 数据浏览				
选择文件		选择转速通道	i	
	^	序号	描述	~
				_
				_
				_
	<u></u>			<u> </u>
		确定	取消	

在列表中选择一个时间记录文件,点击确定。当数据文件打开后,时间-频 率阶次谱图将显示在阶次浏览窗口中。 如果时间记录文件中含有用于阶次提取的转速计信号,转速信号可以通过 点击选择转速通道列表中相应通道序号还设定。ModalVIEW 将自动提取时间记 录中的转速信号。

◙ 数据浏览				×
选择文件		选择转速通道		
resp1	~	序号	描述	~
		V 0		
		1		
		2		_
		3		_
		5		
		6		
		7		
	~			~
		确定	取消	

载入转速信号

转速信号用于阶次提取,从数据文件载入预先保存的转速信号执行如下操 作:

• 执行菜单文件 | 载入转速信号...。

文件列表窗将显示,提示选择一个工程项目中的数据文件。

12	数据浏览				\mathbf{X}
	选择文件		选择通道		
	acceleration	^	序号	描述	<u>~</u>
	Cacito		0	cacno	
					_
					_
		~			~
				_	
		确定	取消	1	

在列表中选择一个时间记录文件,并选择带有转速信号的通道,点击确 定。载入转速信号后,可以选择显示转速-频率阶次谱图。

复制阶次谱图到剪贴板

阶次浏览窗口中的阶次谱图可以复制到系统剪贴板,供其他程序使用。以 位图形式复制阶次谱图到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 复制到剪贴板 | 位图...。

设定阶次谱显示方式

阶次浏览窗口可以显示时间-频率或转速-频率阶次谱图。通过设定工具条上的显示类型^{时间-频率},来显示时间-频率或转速-频率阶次谱。或执行菜 单**显示 | 时间-频率**。

设定数据选择标尺

在阶次谱图上显示线标尺,来选择单点数据执行如下操作:

- 点击工具条上的 🕇 按键。
- 或执行菜单显示 | 标尺 | 线标尺。

在阶次谱图上显示带标尺,来选择一段数据执行如下操作:

- 点击工具条上的^{↓↑} 按键。
- 或执行菜单显示 | 标尺 | 带标尺。

显示标尺位置执行如下操作:

- 点击工具条上的[↓] 按键。
- 或执行菜单显示 | 标尺 | 位置。

移动线标尺位置执行如下操作:

- 移动光标到标尺线。
- 按下鼠标左键并拖动标尺线到期望的位置。

移动带标尺位置执行如下操作:

- 移动光标到带标尺中间位置。
- 按下鼠标左键并拖动标尺线到期望的位置。

选择阶次谱中阶次

通过设定工具条上的^{阶次} 7 ♀ 和^{带宽 0.1} ♀,来选择阶次谱中的某 个需要提取的阶次。

在阶次谱图上显示阶次选择区域,执行如下操作:

- 点击工具条上的 🚟 按键。
- 或执行菜单显示 | 阶次选择区域。

设定速度曲线参数

设定从转速计信号生成速度曲线的计算参数执行如下操作:

• 执行菜单分析 | 速度曲线....。

速度曲线的分析设置窗口将显示。当阶次谱的显示方式为时间-频率时,分 析设置窗口显示,如图 1-30 所示。



图 1-30 速度曲线计算设置

设定每转脉冲数、脉冲阈值等参数后,速度曲线将自动从转速计信号生成。当 [☑] 自动阈值设定</sup>选中后,ModalVIEW 自动选择适当的脉冲阈值来计算速度曲线。

设定阶次谱参数

设定阶次谱的生成参数执行如下操作:

• 执行菜单分析 | 设置...。

阶次谱的分析设置窗口将显示。当阶次谱的显示方式为时间-频率时,分析 设置窗口显示。

🥵 分析设定	×
加窗类型 Rectangle 💌	
数据窗长度 2048 🤹	
起始时间 0 😂	
終止时间 -1 😂	
时间增量 -1 😂	
醸定 取消	

当阶次谱的显示方式为转速-频率时,分析设置窗口显示如下。

📴 分析设定	×
加窗类型 Rectangle 💌	
数据窗长度 2048 🚭	
起始RPM 0 😂	
终止RPM -1 😂	
增量RPM 5 😂	
毎转脉沖数 2 📚	

阶次分析

从阶次谱中选择的阶次生成 ODS FRF 执行如下操作:

• 执行菜单分析 | 产生 ODS FRF....。

参数设置窗口将显示,提示设置参考响应自由度和加窗类型,如图 1-31 所示。

🗳 参数设置	
参考响应 02 💌	
加窗类型 Rectangle 💌	
确定	

图 1-31 ODS FRF 参数设定

设定好相应参数,点击确定。生成的 ODS FRF 将显示在数据浏览窗口中。

从阶次谱中选择的阶次生成时间信号执行如下操作:

• 执行菜单分析 | 提取时间信号。

生成的时间记录将显示在数据浏览窗口中。

1.6 模态浏览窗口

模态浏览窗口是用来显示、编辑和分析结构模态。如图 1-32 所示。

₿ 機業	5浏宽								×
文件	编辑 操作 智	□ \$885 •- •• ↓	JE A						-
序号	频率 (11:)	祖尼(%)	振動向型	^	自由度	单位	幅度-0	相位 (Deg) - 0	•
		模态列	表			振型矢量	量表		
5	1			3 3	1		10	>	Č

图 1-32 模态浏览窗口

载入预先保存的模态振型文件执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 载入....。

文件列表窗将显示,提示选择一个工程项目中的模态振型文件。



在列表中选择一个文件,点击**选择**。当模态振型文件打开后,模态参数将 显示在模态浏览窗口中。

保存当前模态振型文件

保存当前的模态振型到磁盘文件执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 保存...。

如果当前的模态振型未保存过,ModalVIEW将提示另存为一个新的模态 振型文件。

保存当前的模态振型到新的文件中执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 另存为....。

文件保存对话框将显示,提示输入一个新的文件名。输入文件名并点击确 定按钮,模态振型文件将建立并添加到当前工程项目中。

注:如果相同文件名存在于工程项目中,一个警告窗将显示,提示选择另外的文件名称。

	<	
同名文件存在工程中! 请更改文件名。		同名文件存在工程中! 请更改文件名。
确定		确定

从外部文件导入模态参数

ModalVIEW 可以从其他外部文件导入模态参数,显示在模态浏览窗口。 导入的模态参数可以再保存为 ModalVIEW 的模态振型文件。

从 UFF 文本文件导入模态参数执行如下操作:

• 执行菜单**文件 | 导入 | UFF 文件...**。文件窗口打开,提示选择模态 UFF 文件。

关于 UFF 模态文件,请参考**导入其他文件格式**章节。

复制模态振型到剪贴板

结构浏览窗口中的测量数据可以以位图、属性表或数据曲线形式复制到系 统剪贴板,供其他程序使用。

选择模态参数为报告生成项目

添加模态列表到报告生成项目列表执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 复制到报告 | 模态列表...。

一个对话框显示,提示输入报告项目名称。输入项目名称并点击确定按 钮,当前模态列表将被选择为报告生成项目。当报告产生窗口打开时,可供报 告生成的项目将显示在**可选报告项目**列表中。

可选报告项目	
模态列表 - 分析结果	<u>^</u>
	~

编辑模态列表

选择模态列表中所有模态执行如下操作:

• 执行菜单编辑 | 全部选择....。

取消选择模态列表中所有模态执行如下操作:

• 执行菜单编辑 | 取消选择...。

复制模态列表中选择的模态到 ModalVIEW 数据缓存执行如下操作:

- 在数据表中选择一个或多个模态。
- 执行菜单编辑 | 复制。

注:保存在数据缓存中的模态数据在模态浏览窗口关闭后仍保持有效。可以粘帖到另外一个新打开的模态振型文件中。

粘帖数据缓存中的模态数据到当前模态振型文件执行如下操作:

• 执行菜单编辑|粘帖。

合并来自其他模态振型文件中的数据执行如下操作:

• 执行菜单编辑 | 合并文件...。

文件列表窗将显示,提示选择一个工程项目中的模态振型文件。

🗳 模态列表	\mathbf{X}
选择文件	
mode mode for compare	-
	~
确定	取消

在列表中选择一个文件,点击确定。模态振型文件中的数据将被合并到当 前数据文件中。

注:合并的模态振型文件中模态自由度必须相同。

从模态列表中删除选择的模态执行如下操作:

- 在模态列表中选择一个或多个模态。
- 执行菜单编辑|删除...。

对模态列表中的模态按照频率大小排序执行如下操作:

- 执行菜单编辑 | 模态排序 | 升序...。
- 或执行菜单编辑 | 模态排序 | 降序....。

对模态矢量的自由度进行排序执行如下操作:

• 执行菜单编辑 | 自由度排序....。

对话框显示,提示选择排序方法。可以分别按照移动自由度或参考自由度的升序和降序来排列。点击确定按钮,模态矢量将按照给定方式排序。

🔮 自由度排序 🛛 🖂
排序参考 移动自由度 🕥
④升序
○降序
確定 取消

对振型矢量自动分配自由度执行如下操作:

• 执行菜单编辑 | 自由度....。

自由度生成窗口将打开,如图 1-33 所示。

😰 自由度生成	
移动自由度	参考自由度
起始 0 😂	起始 0 😂
增量 1 🗘	增量 0 😂
×轴	□ X釉
■Y轴	□V轴
Z轴	Z轴
M# 移位 1 😂	M# 移位 1
确定	取消

图 1-33 自由度生成窗口

设定好相应参数,点击确定键,自由度序列将自动生成,分配到振型矢 量。自由度序列根据下面规则来生成:

_	自由度增量
	测量轴选择
0	X,, 0X, 0Y,, 0Y, 0Z,, 0Z, 1X,, 1X, 1Y,, 1Y, 1Z,, 1Z,
L]
	矢量序号(M#)移位

生成的模态矢量自由度信息如下格式所示:

移动自由度:参考自由度(如,2X:0X)

更多的关于自由度内容,请参考**自由度(DOF)**章节。 编辑模态属性执行如下操作:

- 在模态列表中选择一个模态。
- 执行菜单编辑 | 属性...。
- 或用鼠标双击模态列表,选择一个模态。

属性窗口将打开,用来编辑修改相应数据的属性。如图 1-34 所示。

■ 模态属性	
频率 (Hz)	1084.304
阻尼(%)	0.135
扳型类型	Residue Shape 🛛 💌
参考自由度	11 😂 Z 💌
移动自由度	0 🔅 X 💌
工程单位	×
1	回应用到全部
确定	取消

图 1-34 模态属性窗口

分析模态参数

显示模态参数的复杂度图执行如下操作:

- 点击工具条上的 🥙 按键。
- 执行菜单操作 | 复杂度示图....。

模态示图窗口将显示,如图 1-35。蓝色箭头线为模态振型矢量。在模态列 表中选择不同模态,复杂度图将自动更新。



图 1-35 模态复杂度图

复模态转换为实模态执行如下操作:

- 点击工具条上的 🔂 按键。
- 或执行菜单操作 | 正则化模态。

复杂度图上的红色虚线将作为相位参考,将复模态转换为实模态。模态矢量在参考线一边的,其相位将设置为0度,另外一边的设置为180度。

- 点击工具条上的 🊰 按键。
- 或执行菜单操作 | 复模态转实模态。

关于复模态和实模态的概念,请参考**实模态和复模态**章节。 计算模态置信度(MAC)值执行如下操作:

- 点击工具条上的 🔳 按键。
- 或执行菜单操作 | 模态置信度图...。

模态示图窗口将显示,如图 1-36。在模态列表中选择不同模态,置信度图 将自动更新。



图 1-36 模态置信度图

- 通过工具条上的下拉列表 MAC ▶ 选择置信准则类型, MAC 或 CoMAC。
- 选择 **☑ 3D显示**,模态置信度图将以 3D 柱状图显示。

• 选择 **□显示标注**,模态置信度图将显示模态频率参数。 计算互模态置信度(Cross MAC)值执行如下操作:

- 点击工具条上的 接键。
- 或执行菜单操作 | 互模态置信度图...。

文件列表窗将显示,提示选择工程项目中的另外一个模态振型文件。在列 表中选择一个文件,点击确定。互模态置信度图将显示在模态浏览窗口右侧。

关于模态置信度(MAC 或 CoMAC)、互模态置信度信息,请参考模态置 信准则(MAC)章节。

以位图形式复制置信度图或复杂度图到系统剪贴板执行如下操作:

- 在模态示图窗口中,执行菜单**文件 | 复制到剪贴板 | 位图…**。
- 以文本数据表形式复制置信度到系统剪贴板执行如下操作:
- 在模态示图窗口中,执行菜单文件 | 复制到剪贴板 | 数据表...。

调整模态参数

变换矢量振型的量纲执行如下操作:

- 在模态浏览窗口中,点击工具条上 🎰 按键。
- 或执行菜单操作 | 量纲转换....。

振型量纲窗口显示,提示选择要转换的单位。

😰 振型量纲	\times
转换的单位 加速度	
确定	取消

选定转换的单位,点击确定键。矢量振型的量纲将转换为期望的单位。关 于模态振型量纲的信息,请参考**振型矢量单位**章节的内容。

② 注: ModalVIE	₩ 根据振型矢量的单位字符串来判别当前	〕振型量纲,若单
位字符串不合判别	格式,一个警告窗将显示。	
	发现未被定义单位!将被视为加速度单位,继续?	
	确定即消	

将留数振型(residue shape)转换为归一化振型(scaled shape)执行如下操作:

- 在模态浏览窗口中,点击工具条上 🚧 按键。
- 或执行菜单操作 | 振型调整。

关于留数振型和归一化振型的信息,请参考模态振型类型章节的内容。

模态参数应用

通过模态参数合成频率响应函数 FRF 执行如下操作:

- 在模态浏览窗口中,点击工具条上 Ш 按键。
- 或执行菜单操作 | FRF 合成...。

参数设定窗口将显示,如图 1-37 所示。

1 FRF参数	
频率线数 1024 频率增量	起始频率 0 Hz
1 Hz 🗢	1024 Hz 📚
移动自由度	参考自由度
0Z A	11Z
5Z 💉	~
確定	取消

图 1-37FRF 参数设定窗口

设定好相应参数,点击确定。合成的 FRF 数据将显示在数据浏览窗口。 通过模态参数进行正弦激励受响应分析执行如下操作:

- 在模态浏览窗口中,点击工具条上 🕹 按键。
- 或执行菜单操作 | 受迫响应...。

参数设定窗口将显示,如图 1-38 所示。

🔁 II	弦激	动参数			\mathbf{X}
凌 1	量缕烟炉	频率 ① 100	(Hz)		
	序号	自由度	幅度	相位 (Deg)	~
	0	11Z	1.000	0.000	-
					~
3				>	
Ê	由度	幅度		相位 (Deg)	
1	1Z	✓ 0	\$	0	\$
		确定	取消		

图 1-38 正弦激励参数设定窗口

设定好相应参数,点击确定。受迫响应振型将显示在模态浏览窗口中右侧 列表。执行菜单**文件 | 保存受迫响应振型...**,保存受迫响应振型,用于结构动 画显示。 关于 FRF 合成和受迫响应分析的信息,请参考**模态**章节的内容。 通过模态参数计算结构的质量、阻尼和刚度矩阵执行如下操作:

- 在模态浏览窗口中,点击工具条上 疑键。
- 或执行菜单操作 | M, K, C 矩阵...。

质量,阻尼和刚度矩阵的窗口将显示,如图 1-39 所示。

0.046673392	0	0	0	~
0	0.046915866	0	0	
0	0	0.047267282	0	
0	0	0	0.047351136	
0	0	0	0	
0	0	0	0	
0	0	0	0	
0	0	0	0	
0	0	0	0	
0	0	0	0	
0	0	0	0	
0	0	0	0	
0	0	0	0	~
<				>

图 1-39 质量, 刚度和质量矩阵窗口

通过下拉列表 **质量** → 选择显示的矩阵类型。点击 号出到文件 将 质量,阻尼和刚度矩阵保存为 ASCII 文本数据文件。

关于质量,阻尼和刚度矩阵的更多信息,请参考**质量,阻尼和刚度矩阵**章 节的内容。

通过模态参数对结构进行灵敏度分析执行如下操作:

- 点击工具条上的 4 按键。
- 或执行菜单操作 | 灵敏度分析....。

灵敏度矩阵图的窗口将显示,如图1-40。在模态列表中选择不同模态,灵 敏度矩阵图将自动更新,显示结构修改对当前模态固有频率的影响程度。



图 1-40 灵敏度矩阵图

- 通过工具条上的下拉列表 结构修改类型 质量
 选择结构参数变化
 类型,质量,阻尼或刚度。
- 选择 **☑ 3D显示**,模态灵敏度图将以 3D 柱状图显示。
- 选择 ☑ 显示标注,模态灵敏度图将显示结构参数变化对应的自由度序
 号。

以位图形式复制灵敏度矩阵图到系统剪贴板执行如下操作:

- 在模态示图窗口中,执行菜单**文件|复制到剪贴板|位图...**。 以文本数据表形式复制灵敏度矩阵到系统剪贴板执行如下操作:
- 在模态示图窗口中,执行菜单文件 | 复制到剪贴板 | 数据表...。

关于灵敏度分析的更多信息,请参考灵敏度分析章节的内容。

1.7 结构修改窗口

结构修改窗口是用来显示、编辑和分析结构修改后的动态特性。如图 1-41 所示。



图 1-41 结构修改窗口

载入结构修改文件

载入预先保存的结构文件执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 载入....。

文件列表窗将显示,提示选择一个工程项目中的结构修改文件。

😫 修改列表	X
选择文件	
	^
	v
选择	取消

在列表中选择一个文件,点击**选择**。当结构修改文件打开后,结构修改参数将显示在结构修改窗口的修改列表中。

保存当前结构修改文件

保存当前的结构修改到磁盘文件执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 保存...。

如果当前的结构修改未保存过,ModalVIEW将提示另存为一个新的结构 修改文件。

保存当前的结构修改到新的文件中执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 另存为...。

文件保存对话框将显示,提示输入一个新的文件名。输入文件名并点击确 定按钮,结构修改文件将建立并添加到当前工程项目中。



复制到剪贴板

结构修改窗口中的修改列表和 FRF 曲线可以以数据表和位图形式复制到 系统剪贴板,供其他程序使用。

以数据表形式复制修改列表到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 复制到剪贴板 | 结构修改表...。

以位图形式复制 FRF 曲线到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 复制到剪贴板 | FRF 曲线....。

保存修改后结构模态

保存结构修改后的模态参数到磁盘文件执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 保存修改后模态....。

文件保存对话框将显示,提示输入一个新的文件名。输入文件名并点击确 定按钮,模态参数文件将建立并添加到当前工程项目中。

编辑结构修改列表

在结构上增加点质量执行如下操作:

- 执行菜单编辑 | 增加点质量...。
- 或点击工具上的 📩 按键。

参数窗口显示,提示输入添加的点质量参数。设定相应参数,点击确定按钮。

🛿 舔加点质量 🛛 🔀
结构节点 0
质量(kg) 0
确定 取消

在结构上添加弹簧阻尼执行如下操作:

- 执行菜单编辑 | 增加弹簧阻尼...。
- 或点击工具上的 📩 按键。

参数窗口显示,提示输入添加的弹簧阻尼参数。设定相应参数,点击确定 按钮。

● 添加弹簧阻尼	×
	1
结构节点10	
结构节点 2 0	
刚度(N/m) 0	
阻尼(kg/sec) 0	
	1
确定 取消	
在结构上添加调谐吸振器执行如下操作:

- 执行菜单编辑 | 增加调谐吸振器...。
- 或点击工具上的 🏜 按键。

参数窗口显示,提示输入添加的调谐吸振器参数。刚度参数可以通过设定 的质量和调谐频率参数自动计算。设定好相应参数,点击确定按钮。

◙ 添加调谐减震器	X
结构节点 0 X 💌	
质量(kg) 0	
调谐频率(Hz) 0 调谐	
Rillion o	-
AEL/E(kg/sec) 0	
确定 取消	

更多的关于结构修改内容,请参考结构修改预测章节。 选择修改列表中的全部结构修改项目执行如下操作:

• 执行菜单编辑 |选择全部。

取消选择修改列表中的结构修改项目执行如下操作:

• 执行菜单编辑 | 取消选择。

从修改列表中删除选择的结构修改项目执行如下操作:

- 在数据表中选择一项或多项数据。
- 点击工具条上的 🗡 按键。
- 或执行菜单编辑|删除。

修改列表中的结构修改项目执行如下操作:

- 双击修改列表中的一项。
- 或在修改列表中选择一项,执行菜单编辑|修改....。

相应的参数窗口显示,重新设定好相应参数,点击确定按钮。

连接到结构模型

进行结构修改时,在 3D 结构模型上显示和修改列表匹配的示意图执行如下操作:

- → 从^{结构 未选择} → 中选择对应的结构。
- 点击工具条上的 按键。

结构浏览窗口将打开,显示相应的结构模型。修改列表的项目变化时,与 修改列表匹配的示意图将显示在结构模型上,如图 1-42 所示。



图 1-42 结构修改向导

结构修改计算

设定结构 FRF 曲线计算参数执行如下操作:

• 执行菜单操作 | FRF 设置....。

参数窗口显示。设定好相应参数,点击确定按钮。

12 FRF参数	
频率线数 1024 😂	起始频率 0 Hz
频率增量 1 Hz 🗢	终止频率 1024 Hz
	Tra Ma
确定	取消

根据修改列表中的结构修改操作,计算修改后结构的 FRF 曲线和模态参数,执行如下操作:



- 从^{原始模态 未选择} 中选择结构的原始模态参数。
- 点击 计算 按钮或执行菜单项操作 | 计算结构修改。

1.8 图像浏览窗口

图像浏览窗口是用来显示结构的数码照片,并从结构的数码照片中产生结构的 2D 轮廓,用于 3D 结构模型的生成。如图 1-43 所示。



图 1-43 图像浏览窗口

载入图像文件

从工程中载入预先保存的图像文件执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 载入....。

文件列表窗将显示,提示选择一个工程项目中的图像文件。

复制图像到剪贴板

图像浏览窗口中的结构图像与 2D 轮廓可以以位图复制到系统剪贴板,供 其他程序使用。

以位图形式复制结构图像与 2D 轮廓剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 复制到剪贴板 | 位图...。

保存2D结构轮廓

保存描绘的结构 2D 轮廓执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 保存 2D 轮廓...。

文件保存对话框将显示,提示输入一个新的文件名。输入文件名并点击确 定按钮,结构模型文件将建立并添加到当前工程项目中。

设定图像显示模式

锁定图像长宽比例执行如下操作:

• 选择菜单显示 | 锁定视图比例。

改变图像浏览窗口位置

图像浏览窗口有设定的窗口位置供选择。执行**窗口**菜单项来改变窗口位置。

编辑 2D 结构轮廓

结构 2D 轮廓由节点和连线来构建。

在结构图像上添加节点形成结构轮廓执行如下操作:

- 在工具条上对象类型^{节点} 选择节点类型。
- 点击工具条上添加 🕂 按钮。
- 在结构图像上的适当位置点击鼠标左键添加一个新节点。
 在节点组成的结构轮廓上添加连线执行如下操作:
- 在工具条上对象类型
 ^{节点} → 中选择连线类型。
- 点击工具条上添加 ** 按钮。
- 用鼠标左键点击分别点击两个节点。在两个节点之间添加一个新连线。
 在结构轮廓上删除节点和连线执行如下操作:
- 在工具条上对象类型^{节点} → 中选择相应编辑类型。
- 用鼠标左键点击选择要删除的节点或连线对象。
- 点击工具条上删除 🗡 按钮。

清除描绘的结构轮廓执行如下操作:

• 点击工具条上清除 🍰 按钮。

自动产生结构轮廓 2D 网格执行如下操作:

• 点击工具条上生成网格 耕 按钮。

结构轮廓编辑后,将其保存为结构模型文件。

关于结构轮廓编辑的更多信息,请参考图像生成 3D 结构模型章节的内容。

1.9 报告产生窗口

报告产生窗口是用来模态试验参数,如操作者、设备,和报告项目等。根据设定的报告信息,ModalVIEW从预先设定好的报告模板自动产生模态试验报告,如图 1-44 所示。

	测量时间		测量设备		
		当前时间	设备名称	设备类型	^
	测量结构 操	作者/部门			
	<u>A</u>	-			
					~
			<		X
	*#	100	设备名称	设备类型	
	WIT.	100			
			新 入	-	
<u>, 1, ~7 ⊨</u>		(3)			
这舌坝目	可法探告证明		已法招告证目		
	MADERICE H	8	LINDERVEN		~
Ī					-
			>>]		
		E	~		

图 1-44 报告产生窗口

设置试验信息

设定试验日期、测试对象、操作者和备注信息执行如下操作:

 在报告产生窗口的试验日期、试验对象、操作者/部门和备注等文本框 中输入相应信息。

获得当前的测试日期执行如下操作:

- 点击 当前时间 按键,当前的日期将被自动插入**试验日期**文本框中。 在测试设备列表中增加新设备执行如下操作:
- 在设备名称和设备类型文本框中输入相应信息。

• 点击 插入 按键,设定的新设备将被添加到列表。

从测试设备列表中删除设备执行如下操作:

- 在设备列表中选择一个设备。
- 点击 按键,选择的设备将从列表删除。

选择报告项目

可选报告项目列表包含了其他窗口操作生成的用于报告产生的内容。这些 内容可以被添加到测试报告中。



从可选报告项目列表中选择内容并输出到测试报告中,执行如下操作:

- 在项目列表中选择一个报告项目。
- 点击 >>> 按键,报告项目将被添加到已选报告项目列表中。
 生成报告时,已选报告项目列表中的所有内容将被添加到测试报告中。
 从已选报告项目列表中删除选择内容,执行如下操作:
- 在项目列表中选择一个报告项目。

清除报告项目

从可选报告项目列表中删除所选内容执行如下操作:

- 在项目列表中选择一个报告项目。
- 执行菜单项操作|删除项目。

删除可选报告项目列表中所有内容执行如下操作:

• 执行菜单项操作 | 清除所有内容。

产生测试报告

在设定好测试报告内容后,生成测试报告执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 产生报告...。

文件保存对话框将显示,提示输入报告文件名。输入文件名并点击确定按 钮,测试报告文件将建立并添加到当前工程项目中。

注:如果相同文件	名存在于工程项目中,一个警告窗料	将显示,提示选择 另
外的文件名称。		
	2	
	同名文件存在工程中! 诸更改文件名。	
	确定	

当报告成功的生成后,一个对话框将显示。



》 注: 生成报告之前,请关闭其他打开的 word 文档。

1.10 结构编辑窗口

结构编辑窗口是用来绘制 3D 结构模型,如图 1-45 所示。



图 1-45 结构编辑窗口

编辑结构对象

结构编辑提供点、连线、表面(三角形)、表面(四变形)和子结构对象 类型来构建结构模型。

改变编辑对象类型执行如下操作:

• 在工具条上的对象选择列表 ^{▼点} → 中选择希望的对象类
 型。

对象的属性页也将相应的改变。

选择一个对象执行如下操作:

- 选择对象类型。
- 在对象列表中选择一项。
- 或在工具条上点击 Y按键,允许鼠标点击选择功能。在结构浏览窗 口中,点击鼠标选中 3D 结构模型上的一个对象。

选择全部对象执行如下操作:

• 在工具条上点击 尾 按钮。

取消选择全部对象执行如下操作:

• 在工具条上点击 尾 按钮。

编辑对象的属性执行如下操作:

- 选择一个对象。
- 在对象属性页中设置相应信息。

在 3D 结构模型上增加一个对象执行如下操作:

- 选定要增加的对象类型。
- 点击工具条上添加 📩 按钮。

如果对象类型选定为子结构类型,子结构选择对话框将出现,提示选择一个新的子结构。



选择相应的子结构类型,点击确定按键,一个新的子结构将添加到 3D 结构 模型中。

如果选择的对象类型是点、连线或表面,需在结构浏览窗口中用鼠标点击 来完成相应的对象添加。具体操作方法,请参考**建立一个新模型**章节的内容。

删除 3D 结构模型上一个对象执行如下操作:

- 选中要删除的对象。
- 点击工具条上删除 🗡 按钮。

从结构文件中读入一个预先定义的子结构,添加在 3D 结构模型上执行如下操作:

• 点击工具条上导入子结构 建按钮。

文件列表窗将显示,提示选择一个工程项目中的结构文件。

12	结构模型	\mathbf{X}
	选择文件	
	2	•
		4
	选择 取消	

• 选择一个模型文件,点击选择按钮。 延伸 2D 结构为 3D 结构执行如下操作:

点击工具条上延伸结构 按钮。
 对话框显示,提示选择延伸方向与距离参数。

🕼 延伸设置			
延伸方向	Х	~	
延伸距离	0	\$	
确定		取消	
	_		_

撤销上一个对象编辑操作执行如下操作:

点击工具条上撤销 ¹ 按钮。

重做撤销的对象编辑操作执行如下操作:

• 点击工具条上重做 C 按钮。

注:撤销操作可以被重复的执行,直到保存的所有编辑状态被恢复。

移动 3D 结构模型上一个对象位置执行如下操作:

- 在工具条上点击 📐 按键,允许鼠标点击选择功能。
- 在工具条上点击 🖰 按键,允许对象拖动。
- 在结构浏览窗口的结构模型上,用鼠标点击选中一个节点或子结构,并
 拖动鼠标。将节点或子结构移动到新的位置。

分配节点自由度

为结构模型的节点自动分配自由度序号执行如下操作:

点击工具条上^{1→1} 按钮。

清除节点分配的自由度序号执行如下操作:

• 点击工具条上 护 按钮。

1.11 测量属性窗口

测量属性窗口是用来浏览或设定测量轴方向、节点测量类型和为节点分配 测量数据,如图 1-46 所示。



图 1-46 测量属性窗口

选择数据类型

选定与 3D 结构模型相关联的测量数据类型(常量或矢量)如下操作:

• 在工具条上选择列表框 **矢量数据** 💟 设定数据类型。

选定 3D 结构模型上的一个节点执行如下操作:

- 在节点列表中选定一个节点。
- 或在工具条上点击 📐 按键,允许鼠标点击选择功能。
- 在结构浏览窗口中,点击鼠标选中 3D 结构模型上的一个节点。
 选择 3D 结构模型上的全部节点执行如下操作:
- 在工具条上点击 🕄 按键。

设定测量轴

改变节点测量轴方向执行如下操作:

• 在节点列表中选定一个节点。

Х

Z

- 设定坐标轴选转增量 Deg. 5 🔹。
- 选中 ^{□ 显示测量轴},在结构模型上显示节点的测量轴。
 - 点击控件[€],沿×轴旋转测量坐标轴。
- 点击控件,沿Y轴旋转测量坐标轴。
- 点击控件,沿Z轴旋转测量坐标轴。

恢复节点测量轴为默认方向执行如下操作:

• _{点击} <u>复位</u> 按键。

关联测量数据

改变节点测量轴的测量类型执行如下操作:

- 在节点列表中选定一个节点。
- 切换到测量数据关联属性页。
- 双击属性列表中的测量类型项,设定相应测量方向的测量类型。

为节点测量轴手动分配测量数据序号执行如下操作:

- 在节点列表中选定一个节点。
- 切换到测量数据关联属性页。
- 双击属性列表中的测量序号项,输入相应测量方向的测量数据序号。

注:当节点测量轴的测量类型为'测量点'时,才允许分配测量序号。

为节点测量轴自动分配测量数据序号执行如下操作:

• 点击工具条上 💆 按键。

自动分配窗口将显示,提示设定节点范围及测量轴方向,如图 1-47 所示。 设定相应的参数,点击确定键。节点测量轴将被增量的分配测量数据序号,用 来关联测量数据到结构节点的测量方向。

😰 自动分配	
测量点选择	
✓全部測点	
DOF:从 0 😂 到 90	\$
□×轴 □×轴 ✔Z轴	
确定 取消	

图 1-47 测量数据自动分配窗口

为节点未测量方向运动产生插值方程执行如下操作:

• 点击工具条上的 遻 按键。

一个对话框将显示,提示输入插值范围,决定未测量点插值是由多少个临 近测量节点来计算。在单个组件中?□决定是否在单个组件范围内进行插值运算。 **局部插值**?□决定是否在选择的自由度中进行部分节点插值。

新值范围			
	在单个组件	Ф? 📃	局部插值?
组件	最近测量点个数	~	自由度选择 🔨
	最近测量点个数 4	÷	×

输入最近测点个数,点击 确定 按钮,完成插值操作。 清除节点测量方向的测量类型及分配测量数据序号执行如下操作:

• 点击工具条上的 🚰 按键。

为结构节点关联测量数据的更多概念与操作信息,请参考**关联数据源**章节的 内容。

1.12 结构分组窗口

结构分组窗口是用来将一个复杂结构模型划分为一系列有物理意义的组件 和虚拟结构,如图 1-48 所示。



图 1-48 结构分组窗口

编辑结构分组

改变编辑对象类型执行如下操作:

• 在工具条上的分组类型 组件 → 中选择希望的类型。

对象列表也将相应的改变。当分组类型为组件时,结构模型的节点将显 示在对象列表中。当分组类型为虚拟结构时,建立的组件将显示在对象列 表中。

增加一个对象执行如下操作:

- 点击分组列表下方的 添加 按钮。
- 一个对话框将出现,提示输入新组件或新虚拟结构的名称。

2				×
;	新组件			
	_	 -	 _	

输入名称,点击确定按键,一个新的分组将添加到分组列表中。 从分组列表中删除分组执行如下操作:

- 选中要删除的分组。
- 点击分组列表下方的 册除 按钮。

添加对象到一个分组执行如下操作:

- 在分组列表中选择一个分组
- 在对象列表中选中要添加的对象
- 在工具条上点击 *** 按钮。

在分组列表中,添加的对象将显示为分组的子项。

🖃 🛃 comp1
- ⊷ 节点#0
- ⊷ 节点#1
⊷ 节点#2
⊷ 节点#3
🖮 🕂 comp2
⊷ 节点#9
↔ 节点#10
↔ 节点#11
⊷ 节点#12

删除一个分组中的对象执行如下操作:

- 在分组列表中选择分组中要删除的对象
- 在工具条上点击 × 按钮。

选择全部对象执行如下操作:

• 在工具条上点击 尾 按钮。

取消选择全部对象执行如下操作:

• 在工具条上点击 🕏 按钮。

关于组件和虚拟结构的更多概念,请参考组件与虚拟结构章节的内容。

1.13 模态估计窗口

模态估计窗口是用来从 FRF 测量数据提取模态参数,并保存为模态振型文件,如图 1-49 所示。

🖪 模态	:估计 🔳 🗖	×
文件 績	鍋 操作 帮助	
-8	R X FRF X	
快速分析	所 高級分析	
一 模态	渗数	
模3	态个数	
1	\$	
辅助	助項阶数	
4	\$	
_		
	▶ 主参考自由度	
	息云::::::::::::::::::::::::::::::::::::	
		J
序号	频率(Hz) 阻尼(%)	~
		~
	显示质量, 刚度, 阻尼系数	

图 1-49 模态估计窗口

快速拟合模态参数

从 FRF 测量数据快速拟合结构模态参数执行如下操作:

- 在数据浏览窗口中,用带光标选择拟合 FRF 数据的频率范围。
- 选择快速分析页面,如图 1-50 所示。

快速分析	高級分析
一 模态参数	à.
模态个	数
0	\$
辅助项	阶数
4	\$
	▶ 主参考自由度
- 显示	FRF拟合曲线 估计

图 1-50 快速分析操作界面

模态个数

• 在 • 中设定要拟合的模态个数。

辅助项阶数

- 在 🔽 🔽 主参考自由度 中选择主参考自由度。
- 点击 按键, 拟合出的模态参数将显示在模态列表中。 检查拟合的 FRF 与原始数据重合程度执行如下操作:
- 选中 □显示FRF拟合曲线, 拟合的 FRF 曲线将与原始数据重叠显示。 添加当前估计的模态到模态列表执行如下操作:
- 点击工具条上 🗐 按键。
- 或执行菜单编辑 | 添加模态。

当前估计的模态被添加到模态列表中,模态列表对应模态项前的"•"符号 消失,如图 1-51 所示。如果当前估计的模态未被添加到模态列表中,数据将被 下次测量所覆盖。



图 1-51 添加模态到模态列表

关于快速模态分析的更多概念和信息,请参考快速分析章节。

高级拟合模态参数

从 FRF 测量数据以高级方式拟合结构模态参数执行如下操作:

- 在数据浏览窗口中,用带光标选择拟合 FRF 数据的频率范围。
- 选择高级分析页面,如图 1-52 所示。

快速分析	高級分析	
- 固有频率	\$8阻尼	
频率宽	渡	选择频率(Hz)
0 務定占	令	0 读探明日(%)
0	.#X	0
自动	选择	添加模态
模态振动	1	
	💌 主参	考自由度
□显示	FRF拟合曲线	8 估计

图 1-52 高级分析操作界面

同时稳态图窗口将打开。关于稳态图的概念和更多信息,请参考**稳定图窗口** 章节。

• 在稳态图窗口中,设定好相应参数,点击 生成稳定图 按键。

模态稳定图将自动生成。ModalVIEW 提供手动选择和自动选择两种方法从 模态稳定图中选择出稳定模态。

手动选择稳定模态执行如下操作:

- 在稳态图窗口中,移动鼠标指针到稳定图上模态字符,点击左键选中该 模态。
- 选中模态的频率和阻尼信息将被显示在模态估计窗口中的
 选择阻尼(%)
 中。
- 点击 添加模态 按键将选择的模态添加到模态列表中。
- 重复上述步骤,添加更多的稳定模态到模态列表中。
 自动选择稳定模态执行如下操作:
 - 频率宽度

选择频率(Hz)

- 在模态估计窗口中,设定搜索频率宽度
 □
 □
 □
 □
 □
 □
- 点击
 自动选择
 按键,满足要求的稳定模态将被自动选择到模态列表。

当所有稳定模态选择到模态列表后,进一步估计模态振型执行如下操作:

• 点击 按键,估计模态列表中稳定模态的振型。

检查拟合的 FRF 与原始数据重合程度执行如下操作:

• 选中 □显示FRF拟合曲线, 拟合的 FRF 曲线将与原始数据重叠显示。 添加当前估计的模态到模态列表执行如下操作:

点击工具条上¹据

• 或执行菜单编辑 | 添加拟合模态。

关于高级模态分析的更多概念和信息,请参考高级分析章节。

编辑模态列表

选择模态列表中所有模态执行如下操作:

- 点击工具条上 🕄 按键。
- 或执行菜单项编辑 | 选择全部。

删除模态列表中所选模态执行如下操作:

- 在模态列表中选择一个模态。
- 点击工具条上 × 按键。
- 或执行菜单项编辑|删除。

对模态列表中模态按频率进行排序执行如下操作:

- 执行菜单项编辑 | 模态排序 | 升序。
- 或执行菜单项编辑 | 模态排序 | 降序。

合成频率响应函数

用模态列表中所选模态合成 FRF 执行如下操作:

- 在模态列表中选择一个或多个模态。
- 点击工具条上 挺键。
- 或执行菜单项操作 | FRF 合成。

在数据浏览窗口中,合成的 FRF 曲线将与原始数据重叠显示。 删除合成的 FRF 执行如下操作:

- 点击工具条上 🚾 按键。
- 或执行菜单项操作 | 删除合成 FRF。

保存模态列表

保存模态列表到磁盘文件执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 保存模态表....。

文件保存对话框将显示,提示输入一个新的文件名。输入文件名并点击确 定按钮,模态振型文件将建立并添加到当前工程项目中。

② 注: 如果相同文件	名存在于工程项目中,一个警告窗	寄将显示,提示选择 另
外的文件名称。		
	同名文件存在工程中! 请更改文件名。	
	确定	

添加报告项目

添加模态分析设置到报告生成项目列表执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 复制到报告 | 分析设置...。

一个对话框显示,提示输入报告项目名称。输入项目名称并点击确定按 钮,当前模态分析设置将被选择为报告生成项目。当报告产生窗口打开时,可 供报告生成的项目将显示在**可选报告项目**列表中。

可选报告项目	
快速分析 - 分析设置	^
半极模态 - 分析结果 	
	~

添加模态列表到报告生成项目列表执行如下操作:

• 执行菜单文件 | 复制到报告 | 模态列表...。

1.14 稳定图窗口

稳定图窗口是用来产生和显示结构模态稳定图,用来在高级模态分析中, 为稳定模态的选择提供帮助,如图 1-53 所示。

模态稳定图 LSCF				
伸 操作 帮助				
参考曲线 SUM	💌 લ્લ્			
45-				
40 -				
35 -				
30 -				
× 25-				
all 20-				
15 -				
10-				
5-				
0 200 40	o eco sóo	14 1.2k 1.4k	1.5k 1.8k 2k 2.2	2.4
		频率 (Hz)		9 100
稳定图标准				
估计方法 LSCF 🕑	频率变化(%) 1	0		
		1940		
	ER FERRILL/SAV C	-		
種型阶次 40 🛫	HEREIGHER W/ D			

图 1-53 模态稳定图窗口

产生模态稳定图

模态稳定图的产生执行如下操作:



• 或执行菜单项操作 | 生成稳定图。

产生的模态稳定图由一组符号 s, v, d, f 和 o 来表示。每个符号代表一个辨 识的模态,并提示该模态的相应参数是否稳定,如下表所示。

符号	频率	阻尼比	振型
S	是	是	是
v	是	否	是
d	是	是	否
f	是	否	否
0	否	否	否

• 选择 测量显示 DOF#-*:* ☑ 列表,将 FRF 测量数据与稳定图重叠 显示。

选项 **DOF# - *:***将显示所有的 **FRF** 数据。选项 **DOF# - -:-**将不显示 **FRF** 数据。

复制到剪贴板

以位图形式复制模态稳定图到系统剪贴板产生执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到剪贴板 | 位图。

1.15 激励信号窗口

激励信号窗口是用来从硬件前端产生用于模态测试的激励信号,如图 1-54 所示。

🖪 激励信	計号		
硬件前端	未选	择	
2-			
通道设置	信	号设置	
设备	通道	状态	信号类型 🔨
<		111	>
启动通道	~	信号源随	机噪声 🔽

图 1-54 激励信号窗口

连接硬件前端

将激励信号窗口与硬件前端连接执行如下操作:

• 点击工具条上的列表框 硬件前端 未选择_____

可用的信号发生硬件将显示在列表中,供选择使用。硬件名称后面方括号 中的数字提示了安装的同样类型硬件卡的数量。

~



➢ 注: ModalVIEW 软件仅支持 National Instruments 的信号发生硬件。

• 从列表中选择一个硬件前端。

当硬件前端成功连接后,启动按钮▶▶▶,从禁用变成启用状态。 断开测量窗口与硬件前端连接执行如下操作:

● 将列表框 ^{硬件前端} PXI-4461 [1]
 ● 设置成未选择。

设定输出通道属性

当硬件前端成功连接后,可用于信号输出的通道将显示在**通道设置**属性页的 通道列表中。

通道设置	信	号设置	
设备	通道	状态	信号类型 🔨
PXI1Slot2	0	Off	Random Noise
PXI1Slot2	1	Off	Random Noise
			~
<			>

修改通道参数执行如下操作:

• 在通道列表中选择一个通道,列表下方的属性设置将被允许修改。

启动通道 🔽 信号源 随机噪声 🔽

设定信号属性

信号设置属性页包含了输出信号的参数。关于输出信号的参数设置,请参考 激励输出章节的内容。

通道设置	信号设置	Ē	
随机	正弦扫频]	猝发模式 📃
	幅度	5.00	\$
	偏置	0.00	\$
	周期	10.00	\$
	猝发持续	5.00	*

启动或停止信号发生

启动信号发生执行如下操作:

• 点击工具条上的 ▶ 按键。

停止数据采集执行如下操作:

● 点击工具条上的 ▶ 按键。

1.16 系统设置窗口

系统设置窗口是用来设定 ModalVIEW 软件的一些运行属性,如图 1-55 所示。

保存已打开工程路径数	1 100 100 100 100 100 100 100 100 100 1
s 🔅	自动检测断版本
语言 🗸	☑ 自动载入文件
	CompactRIO采集前续
提示: 系统语言单改在Model	dzw重新自动后生效!

图 1-55 系统设置窗口

保存已经打开工程路径

ModalVIEW 自动保存最近打开的工程文件的路径,并显示在主窗口菜单文件 | 最近工程。通过点击菜单项,直接打开相应的工程。设定保存的工程路径数目,执行如下操作:

•	在系统设置中的综合页面,	设定	保存已 5	打开工程路径	፟ ➡为相应的	的数值。
设定界面	面语言					
Moda	alVIEW 支持中英文两种语言	言界面	ī,设	定显示的	语言执行如	口下操作:
•	在系统设置中的综合页面,	语 在 ^征	洁 前体中文		中选择相	应的语言。

》注:界面语言的改变在 ModalVIEW 重新启动后才生效。

对于结构与测量属性页中的设定,请参考相应**动画视频**与**力锤双击检测**章节 中的内容。

2 建立结构模型

在进行实际的模态测试前,需要为被测结构准备一个 3D 结构模型表示。 3D 结构模型又被称之为线框模型,它由节点和连接节点的直线构成。传感器和 激振器等测量点分布信息也通过 3D 结构模型来表示,线框模型上的节点定义 了振动测量点或激励点位置。与节点关联的局部坐标系定义了测量和激励的方 向信息。

2.1 坐标系统

ModalVIEW 中定义了两种坐标系统,全局坐标系和局部坐标系。两者都是 笛卡尔右手坐标系统。

全局坐标系

全局坐标系统是用来定义结构几何模型的全局参考系。结构几何模型的节点 位置由定义在全局坐标系的坐标来确定。如图 2-1 所示。

局部坐标系

局部坐标系统是用来定义节点测量方向的参考系。结构模型上的每个节点都带有一个局部坐标系。局部坐标系的原点与节点位置重合。局部坐标系默认的坐标轴方向与全局坐标系一致。局部坐标系也用来定义独立子结构的位置信息。如图 2-1 所示。

97



图 2-1 坐标系系统

2.2 结构模型组成

ModalVIEW 使用节点、连线和子结构来描述定义一个线框结构模型,如图 2-2 所示。



图 2-2 线框结构模型

节点

节点是线框结构模型的最基本元素。ModalVIEW 中,每个节点由它的标 识、位置和分配的用来定义自由度的序号。在结构编辑窗口中,可以在节点属 性页来设定节点的这些参数。

Y 0 🗢 Z	0 0
分配的自由度	1
55 HORD 12 10 10	
Label?	颜色
	¥ 0 € Z 分配的自由度 Label?

连线

连线用来连接不同节点,给予结构几何模型更多可观性。每个连线由它的标 识和连接节点的序号来定义。在结构编辑窗口中,可以在连线属性页来设定连 线的这些参数。

	节点序	号	分配的	DOF
P1	0	\$	-1	
P2	2	\$	-1	
标注	:			
	•			

表面

结构表面用来提高几何模型的可观性,有三角形表面和四边形表面两种类型。每个三角形表面由它的标识和三个连接节点的序号来定义,四边形表面由 它的标识和四个连接节点的序号来定义。在结构编辑窗口中,可以在表面(三 角形)和表面(四边形)属性页来设定表面的这些参数。

	0	1001	0	
-1	U	(W)	0	-
12	0	**	0	
P3	0	\$	0	
94	0	A V	0	
标准	2			

子结构

子结构定义了节点和连线的一个集合。可通过多个子结构来方便的建立和操 作复杂的结构模型。每个子结构由标识、几何类型与参数,以及局部坐标来定 义。在结构编辑窗口中,可以在子结构属性页来设定连线的这些参数。

1.71	位置	属性			
旋	转				
			х	Y	z
Deg	. 45	\$	-	-	*
			-	(),	
			E	ы	
结	构坐标				
结	构坐标	v o	A 7	0	~

组件与虚拟结构

结构组件定义为结构模型上一组节点以及与之相连的线和面。结构模型上的 每个节点只能属于一个组件。虚拟结构定义为一组结构组件。每个组件可以属 于多个虚拟结构。如图 2-3 所示。



图 2-3 组件与虚拟结构

通过将一个复杂结构模型分组为一系列有物理意义的组件和虚拟结构,未测 量节点的运动,可以在组件层面上进行精确插值得到。同时,虚拟结构可以独 立的进行显示和动画。

2.3 自由度(DOF)

从一个应用角度来看,自由度定义为物理结构在给定位置和方向的独立运动。几何模型上的某个节点在某一个方向的运动也被定义为一个自由度(DOF)。一个几何模型的全部自由度数等于节点个数乘以每个节点的运动方向数。例如,一个几何模型上有100个节点,每个节点测量 X,Y,Z 三个坐标轴方向。自由度个数将为100×3 = 300。

ModalVIEW 中,一个自由度由节点序号和坐标轴号表示的测量方向来定 义。例如,自由度号 '1Z'代表一个自由度,其节点序号为 '1',测量方向 为 Z 轴方向。

自由度号在模态试验中,用来作为连接传感器到采集通道的映射参考。同样 在结构动画显示中,用来作为关联测量数据与结构节点的映射参考。

ModalVIEW 中,几何结构上的每个测量节点,都需要分配一个唯一的序号,用于自由度表示。

2.4 测量属性

在结构动画显示中,结构模型上每个节点的测量属性定义了节点运动和测量 数据之间的关系。节点的测量属性包括测量方向和测量类型。

3D 结构模型上的每个节点有一个局部坐标系。坐标系的 X, Y, Z 轴定义了 3 个测量方向。坐标系的 X, Y, Z 轴的方向默认与 3D 结构模型的全局坐标系 一致。如果传感器在实际测试结构上的安装方向与默认测量轴方向不一致,可 以在测量属性窗口中,修改节点的测量轴方向。

3D 结构模型节点的每个测量轴方向,对应有 3 种测量类型:测量点、插值 点和固定点。每个测量方向的默认测量类型是插值点。3D 结构模型上的测量节 点与被测对象的实际测量点相对应。通常构成结构模型的节点数目大于比被测 对象的实际测量点数目。插值节点和固定节点没有对应的测量数据关联。在结 构动画显示中,测量节点的运动由关联的测量数据(时间信号,频率响应函数 或模态振型)决定。插值节点的运动将根据临近测量节点的运动计算出来。固 定节点结构动画时,位置保持固定不变。

2.5 建立一个新模型

ModalVIEW 提供几种基本方法来建立一个 3D 结构模型。

- 添加节点到结构绘图,编辑节点坐标位置。然后在节点之间添加连线。
- 添加子结构到结构绘图,然后根据需要修改子结构。
- 从带有节点坐标和连线信息的 ASCII 或 UFF 文件中导入 3D 结构模型。

如果有结构的实物照片或者设计图, ModalVIEW 还提供从图像生成结构 2D轮廓,并拉伸形成 3D 结构模型的模型构建方法,请参考图像生成 3D 结构模型章节中的内容。

开始绘图之前,结构浏览窗口和结构编辑窗口需要打开,如图 2-4 所示。

• 在主窗口中点击快速开始中绘制 3D 结构模型一项。

● 结构测定				E 6 🛛	120 10	科研究			- 0 8
文件 病毒 景尔 动脉 製口 RI	n		And the second	10.000	12/	1		* ×	30
日 ひんの話 ほん	* 4 * * * *	# - F F F	全部统称 💌			ô .	4	@ø	jot jot
🕂 23255 ¥ 🗸 🖉 2	- S - 48.8 🗌 👘	88]	7.9.8.0 M		1.0	TANK		-	an and and
-							×		0.0
							- ŵi		0.2
							1		0.0
					SADIO NE NE NE NE NE		DeR -		
							Label		Re.
					764	40E	東台	18.10	Bat A
1									
				Í					
1				1					
					10				a."

图 2-4 绘制 3D 结构模型操作界面

作为一个演示例子,下面章节介绍用不同方法建立一个平板结构模型的步骤。

用节点连线构造模型

添加节点到结构绘图执行如下操作:

- 在结构编辑窗口中,选择对象类型为节点。
- 点击工具条上 *** 按键,允许鼠标点击添加对象。
- 在结构浏览窗口中,点击 🖽 按键,将窗口设定为四视图。
- 用鼠标点击视图,添加四个节点,如图 2-5 所示。



图 2-5 四视图显示

添加节点到结构绘图执行如下操作:

- 在结构编辑窗口中,选择对象类型为连线。
- 点击工具条上 *** 按键,允许鼠标点击添加对象。
- 在结构浏览窗口中,点击一个节点,引导线(红色虚线)将显示。
- 移动鼠标到另外一个节点,并点击。

一条连线将被添加到两个节点之间,如图 2-6 所示。



图 2-6 添加连线操作

• 重复上述步骤,添加另外三条连线。

用子结构构造模型

用预先定义的子结构来构造模型执行如下操作:

- 在结构编辑窗口中,选择对象类型为子结构。
- 点击工具条上 按键。

子结构选择对话框将出现,提示选择一个新的子结构。

🛿 子结构		
长方形 三角形 圆盘 回柱体 立方体 圆锥体 球体		
	确定	取消

选择长方形子结构,点击确定按键,一个平板子结构将添加到 **3D** 结构模型中。

- 在结构编辑窗口的对象列表中,选择新添加的平板子结构。
- 在子结构的位置属性页,点击旋转控制 ☑,沿Y轴旋转平板结构,使 之变成水平位置。

Y.

从文件导入结构模型

以ASCII、UFF和STL文件格式保存的结构模型,可以被导入结构浏览窗口。可以先使用第三方软件编辑结构模型,保存结构模型为UFF或STL文件。关于ASCII、UFF、STL和SLP模型文件,请参考**导入其他文件格式**章节。

分配节点自由度序号
ModalVIEW 提供三种方法为结构模型上的节点分配自由度序号:自动分 配、手动分配和交互式分配。自动分配适合于结构模型上的节点都是测量点, 需要为全部节点分配自由度序号的场合。手动分配和交互式分配适合于结构模 型上的部分节点是测量点,需要为部分节点分配自由度的场合。

自动分配节点自由度序号执行如下操作:

在结构编辑窗口,点击工具条上的 按键。
 手动分配节点自由度序号执行如下操作:

- 在结构编辑窗口中,选择对象类型为节点。
- 在对象列表中选择需要设置的节点。
- 在节点属性页中,设定 分配的自由度 -1 🕏。

交互式的分配节点自由度序号执行如下操作:

- 关闭结构编辑窗口。
- 在结构浏览窗口中,点击工具条上的 bor 按键。

一个浮动的分配自由度窗口将打开,如图所示。



• 用鼠标依次点击结构模型上的节点。

下一点序号: ① ③ 显示的序号将自动增加,节点将被分配为不同自由度序号, 如图 2-7 所示。



图 2-7 分配自由度操作界面

设定节点测量属性

设定节点测量属性执行如下操作:

- 在结构浏览窗口中,点击工具条上按键,打开测量属性窗口。
- 在测量属性窗口中,在节点列表中选择一个节点。
- 在测量方向设定属性页,点击测量坐标轴旋转控制
 、
 和
 ,来
 改变测量坐标轴的方向。

Х

Ζ

- 在测量数据关联属性页,为每个测量方向设定测量类型。
- 重复上述操作,设定其他节点的测量属性。

此时,节点的每个测量方向未分配相应测量数据的序号。当测量数据获得 后,再分配到节点相应测量方向。

注:当节点不是测量点或固定点,无需为此节点设置测量属性。

当 3D 结构模型上的相应节点分配自由度序号,并设定测量属性后,新的结构模型构建完成了。

图像生成 3D 结构模型

作为一个演示例子,下面介绍怎样以齿轮箱设计图产生结构 3D 模型。 从结构设计图生成结构 2D 轮廓执行如下操作:

- 在主窗口中点击菜单操作 | 图像浏览...打开图像浏览窗口。
- 载入相应的结构设计图,如图 2-8 所示。



图 2-8 齿轮箱结构图

首先添加结构 2D 轮廓中的节点。

- 在工具条上对象类型^{节点} ▶ 中选择节点类型。
- 点击工具条上添加 🎦 按钮。
- 在结构图像上的适当位置点击鼠标左键添加一个新节点。
- 沿着结构轮廓继续添加足够的节点,如图 2-9 所示。



图 2-9 结构轮廓的节点

在结构 2D 轮廓中的节点间添加连线。

- 在工具条上对象类型 ^{节点} 中选择连线类型。
- 点击工具条上添加 *** 按钮。
- 用鼠标左键点击分别点击两个节点。在两个节点之间添加一个新连线。
- 重复添加新的连线,直到完成结构轮廓上的全部连线,如图 2-10 所示。



图 2-10 结构轮廓的节点和连线

结构 2D 轮廓完成后执行如下操作:

• 在图像浏览窗口中,执行菜单文件 | 保存 2D 轮廓...。

文件保存对话框将显示,提示输入一个新的文件名。输入文件名并点击确 定按钮,结构模型文件将建立并添加到当前工程项目中。

从结构 2D 轮廓生成 3D 模型执行如下操作:

- 在主窗口中点击快速开始中绘制 3D 结构模型一项,打开结构浏览窗口
 和结构编辑窗口。
- 在结构浏览窗口中,载入结构 2D 轮廓文件。

• 在结构编辑窗口中,点击工具条上延伸结构 按钮。对话框显示,提示选择延伸方向与距离参数。

♥ 延伸设置			
延伸方向	Х	~	
延伸距离	0	\$	
确定		取消	
			_

• 输入与齿轮箱的轴向宽度相匹配的延伸距离 200,点击确认按钮。 齿轮箱结构 3D 模型就自动完成了,如图 2-11 所示。



图 2-11 齿轮箱 3D 结构模型

3 进行数据测量

当3D结构模型构建好后,将进行振动测试来获得被测结构的振动数据。振动数据可以是加速度、速度和位移量。通过安装在结构不同自由度(节点位置和相应测量方向)的传感器来获得。为了获得被测结构的空间变形随时间的变化,来自不同自由度的振动数据必须进行同步采集,这就需要多通道的数据采集硬件。

3.1 测量类型

有两种类型的测量数据用来分析结构振动:时间记录和频率响应函数 (FRF)数据。振动测量数据可以直接用来作为结构动画显示的数据源,来显 示结构时域或频率域工作变形(ODS)。模态参数(固有频率、阻尼比和振型 矢量)可以进一步从 FRF 数据中提取出来。提取的振型矢量可以用来显示结构 模态振型。

ModalVIEW 支持 3 种测量类型选择:时间记录、FRF-试验模态和 FRF-工作模态。时间记录是从固定在被测结构上的传感器同步采集到的时间信号。测量到时间记录可以直接用于结构 ODS 振型显示。FRF-实验模态是测量结构振动响应与参考激励之间的频率响应函数(FRF)。一组 FRF 测量数据(FRF 矩阵)在实验模态分析(EMA)中用来提取结构模态参数。也可以直接用于结构 ODS 振型显示。FRF-工作模态是测量结构振动响应与参考响应之间的自功率 谱或互功率谱函数(也被称作 ODS – FRF)。一组 ODS – FRF 测量数据在工作状态模态分析(OMA)中,环境激励无法测量到的情况下,用来提取结构模态参数。

3.2 FRF 测量

FRF 定义了在给定频率下,来自结构上一对自由度的激励和响应信号之间的幅度和相位关系。一组来自结构不同自由度组合的 FRF 测量数据形成了一个 FRF 矩阵,如图 3-1 所示。

$$\begin{cases} \mathbf{Y}_{1} \\ \mathbf{Y}_{2} \\ \mathbf{Y}_{3} \\ \vdots \\ \mathbf{Y}_{n} \end{cases} = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_{11} & \mathbf{H}_{12} & \mathbf{H}_{13} & \cdots & \mathbf{H}_{1n} \\ \mathbf{H}_{21} & \mathbf{H}_{22} & \mathbf{H}_{23} & \cdots & \mathbf{H}_{2n} \\ \mathbf{H}_{31} & \mathbf{H}_{32} & \mathbf{H}_{33} & \cdots & \mathbf{H}_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{H}_{n1} & \mathbf{H}_{n2} & \mathbf{H}_{n3} & \cdots & \mathbf{H}_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{X}_{1} \\ \mathbf{X}_{2} \\ \mathbf{X}_{3} \\ \vdots \\ \mathbf{X}_{n} \end{bmatrix}$$

图 3-1FRF 系统矩阵

*Y_i*是结构上自由度 i 测量点的响应信号幅度谱。*X_j*是结构上自由度 j 测量点的激励信号幅度谱。*H_{ij}* 是自由度 j 点和自由度 i 点之间的频率响应函数。FRF矩阵中的每一行,频率响应函数计算来自结构上相同的响应点,不同的激励点。FRF矩阵中的每一列,频率响应函数计算来自结构上相同的激励点,不同的响应点。

单参考点 FRF 测量

理论上说,FRF矩阵关于对角线是对称的。矩阵每一行与每一列有相同的 FRF测量数据。每一行或列的FRF测量包含了足够的信息来估计结构的模态参数。模态试验中,测试一组来自一个固定激励点(响应点移动)或一个固定响 应点(激励点移动)FRF数据,用于模态参数计算。这样的模态测试,被称为 单参考点模态试验。

在激励点固定的模态试验中,通常使用激振器作为激励源。激振器的支撑点固定在结构的某一个参考自由度(节点和测量方向)。通过移动传感器来测量不同自由度的响应信号。计算得到的 FRF 测量相应于 FRF 矩阵中的一列,如图 3-2 所示。



图 3-2 激励点固定 FRF 测量示意图

在响应点固定的模态试验中,通常使用冲击力锤作为激励源。力锤分别激励 结构的不同自由度(节点和测量方向)。通过固定安装的传感器来测量参考自 由度的响应信号。计算得到的 FRF 测量相应于 FRF 矩阵中的一行,如图 3-3 所示。



图 3-3 响应点固定 FRF 测量示意图

综上所述,单参考点模态测试是通过响应点移动(激励点固定)或激励点移动(响应点固定)来得到一组 FRF 测量。当进行 FRF 测量时,ModalVIEW 提供两种测试模式:响应点移动和激励点移动。在响应点移动模式,一个采集通道保留,用来测量参考自由度的激励信号。其余通道用来采集不同自由度的响应信号。在激励点移动模式,一个采集通道保留,用来测量参考自由度的响应

多参考点 FRF 测量

在一些模态测试中,需要获得来自多个参考自由度的 FRF 测量数据。也就 是说通过多个固定激励点或多个固定响应点的数据来计算 FRF。这样的模态测 试,被称为多参考点模态试验。计算得到的 FRF 测量相应于 FRF 矩阵中的多 行或多列。

多参考点模态试验适用于如下情形:

- 一个单个参考自由度不足以发现全部模态。
- 一些对称结构,多个模态振型对应于同样的固有频率。
- 结构无法获得来自一个参考自由度的足够激励。

多参考点激励的优点在于能将激励能量均匀的分布在整个结构。尤其对于大型和复杂结构的模态试验来说,多参考点激励是非常必要的。

ModalVIEW 支持多参考点模态试验。只需要在测量设置中,设定两个,或 多个参考自由度。采集通道会保留多个用于固定激励信号或固定响应信号采 集。

FRF 计算

对于单参考点测试,单一的 FRF 测量根据如下方法进行计算。

$H_1 = S_{XY}/S_{XX}$ 或 $H_2 = S_{YY}/S_{YX}$

S_{xx}和S_{yy}分别是激励信号和响应信号的自功率谱。S_{xy}是激励信号和响应 信号之间的互功率谱。S_{yx}是响应信号和激励信号之间的互功率谱。S_{xy}与 S_{yx} 共轭。

加窗处理

快速傅立叶变换(FFT)用来计算自功率谱和互功率谱。当对非周期激励信号进行 FFT 运算,计算得到的频谱会受到频谱泄漏影响,进而导致 FRF 测量 不准确。为了减小泄漏的影响,在 FFT 运算之前,时间信号首先进行加窗处理 (与窗函数进行相乘运算)。

对于不同激励信号, ModalVIEW 提供了几种常用的窗函数类型。可以根据 不同激励信号来选择适当的加窗类型, 如表 3-1 所示。

激励类型	加窗类型
周期信号	矩形窗(Rectangular)
宽带随机信号	汉宁窗(Hanning)
窄带随机信号	平顶窗(Flat top)
冲击 (瞬态) 信号	力/指数窗(Force/Exponential)

表 3-1 加窗类型

注:如果在冲击或猝发随机等激励信号作用下,结构响应信号幅度在采集时间内衰减到零,可以不加窗(矩形窗)。

平均处理

在 FRF 计算中,对频谱进行平均处理基于如下原因:

- 测量信号中的随机噪声。
- 结构动态的非线性。

为了消除结构动态的非线性,降低测量信号中的噪声影响,同过对同一个激励点和响应点的多次测量进行平均,来得到准确的FRF测量值。线性平均和指数平均是两种常用的平均方法。线性平均中,所有测量值有着相同的权重来计算平均值。指数平均中,最新的测量有更大权重,最早的测量有最小的权重, 来计算平均值。通过平均处理,H₁的FRF计算方法能够减少在响应信号测量中的随机噪声。H₂计算方法能够减少在激励信号测量中的随机噪声。在模态测试中,噪声干扰大多来自响应信号的测量,ModalVIEW选择H₁或H₂方法来计算FRF。平均方法和平均次数可以在测量设置中进行设定。

相干系数

在 FRF 测量中,相干系数是用来检测激励信号和响应信号的相关性。用来 评估 FRF 测量数据可靠性。相干函数(相干系数对频率的函数)定义为:

$$\gamma = \left| \mathbf{S}_{\mathrm{XY}} \right|^2 / (\mathbf{S}_{\mathrm{XX}} \mathbf{S}_{\mathrm{yy}})$$

相干系数总是小于等于 1。相干系数越小说明测量的 FRF 数据中存在不相关的噪声影响。

工作模态 FRF 测量

由于结构的物理尺寸和边界条件的限制,有时候无法对结构施加人工激励。 工作状态模态分析(OMA)是利用结构在工作状态的响应信号,来辨识结构的 模态参数。在无法获得激励信号的情况下,通过把响应信号自功率谱的幅度和 移动响应信号与参考响应信号互功率谱的相位合并成一个新的测量数据,用于 辨识模态参数。新的测量数据又被称为工作模态的 FRF。

ModalVIEW 提供 FRF - 工作模态的测量类型。工作模态的 FRF 测量数据可以从采集的响应信号自动生成,用来进行工作状态模态分析。

3.3 数据采集

ModalVIEW 使用美国国家仪器公司(National Instruments)的动态信号采 集(DSA)硬件作为数据采集前端,提供4通道到几百通道的模态测试应用。 ModalVIEW 可以直接从多通道 DSA 硬件进行同步数据采集。安装的 DSA 硬件 可以自动识别并显示在测量窗口中的采集前端列表。

常用的 NI 动态信号采集硬件包括:

NI 923x	4 通道
NI 446x	2通道
NI 447x	8通道
NI 449x	16通道
NI 443x	5通道

更多的NI动态信号采集硬件信息,请参考美国国家仪器公司网站(<u>http://www.ni.com</u>.)。

配置测量通道

设定测量通道的相应参数执行如下操作:

• 在测量窗口中,从采集前端列表中选择 DSA 硬件。 例如, NI 4472 被选择。

采集前端	未选择 🛛 🔽
	✔ 未选择
	USB-9233 [1]
	PCI-4472 [1]
	PXI-4461 [1]

硬件名称后的方括号中的数字提示了同样类型的硬件数量。硬件类型选择 后,ModalVIEW将连接所有同样类型的硬件,并自动进行通道同步。

• 点击 😡 按键,或执行菜单项 操作 | 通道设置...。

采集设置窗口将打开,8个输入通道显示在通道列表中,如图 3-4 所示。每 个通道的属性参数包括:状态,耦合方式,IEPE 激励,输入范围,灵敏度和工 程单位。

设备	通道	状态	耦合设置	IEPE	输入范围	灵敏度	工程单位	^
Dev2	0	On	AC	4 mA	+/- 5 V	1000 mV/EU	V	
Dev2	1	On	AC	4 mA	+/- 5 V	1000 mV/EU	V	
Dev2	2	On	AC	4 mA	+/-5V	1000 mV/EU	V	
Dev2	3	On	AC	4 mA	+/-5V	1000 mV/EU	V	
Dev2	4	On	AC	4 mA	+/-5V	1000 mV/EU	٧	-
Dev2	5	On	AC	4 mA	+/-5V	1000 mV/EU	٧	
Dev2	6	On	AC	4 mA	+/- 5 V	1000 mV/EU	V	~
<							>	·

图 3-4 通道设置列表

耦合方式是用来选择硬件通道的 AC(交流)或 DC(直流)耦合。AC 耦合将 从测量信号中去除直流分量。DC 耦合允许测量全部信号成分。在振动信号测 量中,AC 耦合被选择。

IEPE 激励是设定通道是否输出传感器所需的电流激励。用于振动测量的加速度 传感器经常需要 IEPE 激励。参考所用传感器的规格指标,来选择 IEPE 激励。 **输入范围**是设定输入通道的信号最大和最小值。一个较小的范围能够提高信号 测量精度。通道输入范围不能随意设定,请参考采集硬件的规格指标来设定。 **灵敏度**是设定传感器输出电压与工程单位的转换关系。请参考所使用传感器的 技术指标来设定相应灵敏度。

工程单位是设定测量信号所对应的物理单位。

对于使用 NI 4472 采集硬件和 IEPE 加速度传感器来进行振动信号测量,典型的通道参数设定如下表所示。

耦合方式	IEPE 激励	输入范围	灵敏度	工程单位
AC	4mA	+/- 10V	100 mV/EU	¢ŋ

校准测量通道

在测量前,通常需要对传感器进行检查是否正常工作,并对传感器的灵敏度 或者整个测量通道进行校准。校准后的灵敏度值被重新设置到通道参数中去。

ModalVIEW 采用 AC 交流校准方法来计算传感器/通道的灵敏度。该方法使用幅度与频率已知的正弦负载(参考信号)施加在传感器上,使用采集前端测

量传感器(通道)的电压信号。传感器的灵敏度通过测量到的电压信号幅度来计算。

灵敏度(mV/EU)=A_{measure} / A_{ref}

其中, *A_{measure}* 是测量信号幅度的均方根(RMS)值, *A_{ref}* 是以工程单位表示的参考信号幅度的均方根(RMS)值。

校准测量通道执行如下操作:

在采集设置窗口的校准页面

• 点击通道前的复选框,选择要校准的通道。

设备	通道	原始灵敏度	校准灵敏度	~
Dev1	0	1000 mV/EU	-	
Dev1	1	1000 mV/EU	-	
Dev1	2	1000 mV/EU	-	
Dev1	3	1000 mV/EU	-	

• 设定参考信号(负载)的频率,校准水平(均方根幅度)和持续时间。

校准频率(Hz)	校准力	<平(EU rms)	持续时间	司(sec)
1000	2 1	\$	5	\$

• 启动参考信号(负载)发生器。

注意:产生的参考信号的频率必须接近设定的参考频率。信号幅度必须 稳定在合理的范围内。

 点击校准按键 校准,开始校准过程。指示灯 开始闪烁,直到 校准过程结束。 当校准过程结束后,校准的灵敏度将显示在列表中。如果校准值与传感器 产品手册提供的灵敏度值在一个合理的范围时,新的校准灵敏度可以视为一个 有效的值。否则请重新进行校准过程。

设定采集参数

当完成测量通道的配置后,信号采集的参数,采样率、采样点数和触发设置等,将在采集设置窗口中的**采集设置**属性页来设定。

采样率是按照测量信号中感兴趣的最大频率成分的 2.5 倍来设定。例如,如果测量信号中最大频率成分是 400Hz,采样率相应的设置为 400×

2.5=1000Hz.

对于周期信号的测量,采样点数根据期望的频率分辨率来设定,如下面公式 所示。

频率分辨率 = 采样率 / (2*采样点数)

对于瞬态信号的测量,采样点数的设定要保证信号幅度在采样时间内衰减到 零。

为了检查测量通道和采集设置是否正常,可以点击选择监视模式。在监视模式下,信号被连续采集,显示在测量窗口的监视区域。ModalVIEW提供时间波形和频谱两种监视类型。

在锤击模态试验中,需要选择**触发采集**。在触发采集模式下,数据采集过程 将保持等待,直到满足触发条件(力锤产生冲击激励)。

触发通道用来设定那个测量通道的信号,用于触发条件的判断。通常采集冲 击力信号的测量通道被选择为触发通道。

触发类型决定了信号的上升沿或下降沿作为开始数据采集的触发条件。

触发水平(%)决定产生触发条件的信号幅度值。触发水平定义为信号电压 占测量通道最大允许输入电压的百分比。

预触发(%)决定了触发条件出现之前,多少数据点被预先采集。预先采集的数据点数定义为占总数据点数的百分比,如图 3-5 所示。



图 3-5 预触发示意图

触发水平和预触发位置将以十字虚线形式显示在通道监视区,如图 3-6 所示。水平线指示触发水平。垂直线指示预触发位置。



图 3-6 预触发指示

当以上数据采集相关参数设定结束后,关闭采集设定窗口返回到测量窗口。

3.4 激励输出

对于测试试验中使用激振器激励,需要一个信号发生器来产生激励信号驱动激振器。常用的激励信号类型包括:随机激励和扫频激励。这些信号都可以以猝发模式产生。在猝发模式下,激励信号被连续的产生并伴随一定的停止时间。这样使得 FFT 计算时,不需要加窗运算。同时,ModalVIEW 可以产生不相关的随机激励信号用于多参考点模态试验。

ModalVIEW 使用美国国家仪器的动态信号产生硬件作为信号发生器来驱动激振器。安装的信号发生硬件可以识别并显示在激励窗口的硬件前端列表中。

常用的 NI 动态信号发生硬件包括:

121

NI 4461	2通道
NI 4431	1通道

更多的NI动态信号发生硬件信息,请参考美国国家仪器公司网站(<u>http://www.ni.com</u>.)。

建立激励信号输出执行如下操作:

- 在测量窗口中,点击 🏧 按键。
- 在打开的激励产生窗口中,从硬件前端列表中选择一个动态信号发生硬件。

例如,NI 4461 被选择。

硬件前端	未选择			
	✔ 未选择			
	PXI-4461 [1]			

硬件名称后的方括号中的数字提示了同样类型的硬件数量。硬件类型选择 后,ModalVIEW将连接所有同样类型的硬件,并自动进行通道同步。

配置输出通道

当硬件前端连接后,可用输出通道将被显示在通道属性页的列表中。每个输 出通道可以单独设定输出的信号类型。

通道设置	信	号设置		
设备	通道	状态	信号类型	^
PXI1Slot2	0	Off	随机噪声	
PXI1Slot2	1	Off	随机噪声	
				~
<			>	

每个输出通道的属性包括:通道状态和信号类型。

通道状态是用来设定是否启用该通道。

信号类型是用来选择激励信号的类型,随机噪声或正弦扫频。

设定激励信号

激励信号的参数在信号属性页进行设置。

幅度是用来设定激励信号的峰值,以电压为单位。**偏置**是用来设定激励信号 中包含的直流分量,以电压为单位。

起始频率是设定正弦扫频信号的开始频率,以 Hz 为单位。终止频率是设定 正弦扫频信号的结束频率,以 Hz 为单位。

猝发模式是选择是否激励信号按照猝发模式来发生。

周期是设定产生一个激励信号序列所需的时间,以秒为单位。

持续时间是设定猝发模式下,激励信号输出时间。持续时间包含于一个周期 的总时间中,如图 3-7 所示。



图 3-7 猝发模式示意图

在开始激励信号输出之前,请仔细检查信号发生通道与激振器功放的连接。

3.5 试验设置

在试验设置中,需要对测量信息(测试类型、测量自由度数等),数据后处理(加窗、平均等)参数进行设置。根据设定的试验信息,ModalVIEW自动建 立测量分组来指导试验者分批次的完成结构全部测量点的测量。测量分组定义 了采集通道,传感器和被测结构上的测量点之间的连接关系。每个测量组的移 动点或参考点位置信息可以被显示在 3D 结构模型上,提示在被测结构上安装 传感器和施加激励的位置。

进行试验设置执行如下步骤:

• 在数据测量窗口中,点击 造 按键,打开试验设置窗口。

设置试验参数

试验设置窗口的测量设置属性页,有三个参数需要设定:测量类型、节点数 和测量模式。

对于不同测量试验,可以根据下表来选定相应参数。

지대 曰, \- 구 개人		参数选择		
测重试	尬	测量类型	测量模式	
自然激励	时间 ODS	时间记录	N/A	
	阶次 ODS	时间记录	N/A	
	频率 ODS	FRF – 工作模态	响应点移动	
	模态参数	FRF – 工作模态	响应点移动	
移动力锤激励	频率 ODS	FRF – 实验模态	激励点移动	
	模态参数	FRF – 实验模态	激励点移动	
固定力锤激励	频率 ODS	FRF – 实验模态	响应点移动	
	模态参数	FRF – 实验模态	响应点移动	
固定激振器激励	模态参数	FRF – 实验模态	响应点移动	

自然激励用在由于结构的物理尺寸、边界条件或测试环境等因素,无法对结 构施加人工激励的场合。

节点数是设定结构上有多少节点被分配了连续的自由度序号,将以响应点被测量。ModalVIEW根据需要测量的节点数和可用通道数,来生成测量分组。

选择自由度范围

自由度范围是设定在试验中,结构上的哪些自由度(节点和测量方向)将被测量。移动自由度和参考自由单独设定。对于时间记录测量类型,只有移动自由度范围需要设定。当时间记录自由度分批测量时,每批数据需要有相同的参考自由度数据,这时需要设置参考自由度的范围。对于 FRF – 工作模态和 FRF – 实验模态测量类型,参考自由度的范围也需要设定。

设定移动自由度的范围执行如下操作:

• 在 ^{移动自由度} □ 中输入移动自由度序号。自由度序号可以以 数字或范围形式来输入,如1,3,5-12。

- 或点击 □ 全部自由度,选择所有自由度序号。^{移动自由度} □ 将
 被禁止,自由度序号将自动选择为 0, 1, 2, ..., 节点数。
- ・ 在测量轴列表 [∠] [∨] 中选择测量方向。如果选择列表中的**全部**,所有
 的测量方向,X,Y,Z测量轴方向都将被包括。

设定参考自由度的范围执行如下操作:

- 在 参考自由度 0 中输入参考自由度序号。自由度序号可以以 数字或范围形式来输入,如1,3,5-12。
- 在测量轴列表 Z 中选择测量方向。如果选择列表中的全部,所有的测量方向,X,Y,Z 测量轴方向都将被包括。

全部的测量数据总数由移动自由度数目决定。每一个移动自由度测量需要一个测量通道。例如,如图 3-8 所示设置将产生 8×3=24 个移动自由度测量。测量数据总数为 24。

测量设置 —		
测量类型	时间记录 🛛 💙]
节点数	8]
测量模式	响应点移动 🛛 💟	包含转速计或MIC信号
DOF范围		
移动自由度	1	Z 🔽 🗹 全部自由度
参考自由度	1	Z 🔽 🗍 分批次测量
	输入DOF值或DOF范围	3,并用逗号隔开。例如:1,3,5-12

图 3-8 时间记录测量设置(24个自由度)

如图 3-9 所示设置将产生 11×3=24 个移动自由度测量。测量数据总数为 33。

测量设置			
测量类型	时间记录	~	
节点数	12	\$	
测量模式	响应点移动	~	──包含转速计或MIC信号
DOF范围			
移动自由度	1, 2, 3, 5-12	All 🔽	■全部自由度
参考自由度	1	Z 💌	分批次测量
	输入DOF值或DOF	范围,并用逗	号隔开。例如:1,3,5-12

图 3-9 时间记录测量设置(33个自由度)

采集转速或声音信号

对旋转机械,发动机等结构结构进行模态测试时,在采集振动信号同时,通 常需要同时采集转速或声音信号。在测量设置中,选择 ^{包含转速计或MIC信号}, ModalVIEW 在生成测量分组时,专门保留一个采集通道用于转速或声音信号的 采集。

设定数据后处理

当测量类型选定为 FRF – 实验模态或 FRF – 工作模态时,从时域数据计算 FRF 的一些参数需要设定。

加窗类型根据激励信号的类型来选择,参考表 3-1。

当采用冲击激励时,平均次数根据响应信号中的噪声水平来设定。通常设定 值为 **3-5**。当采用随机激励时,需要更大的平均次数。

当相关函数被选择,相关系数曲线将在 FRF 测量时,显示在测量窗口。

产生测量分组

当全部测量自由度大于可用的 DSA 硬件通道,测量数据可分批进行采集。 ModalVIEW 可以根据设定的测量类型、自由度范围和可用的测量通道,自动的 产生测量分组。 产生测量分组执行如下操作:

• 在测量分组属性页,点击 Generate 按键。测量分组将显示在列表中。

设备	通道	使用	自由度	灵敏度	工程单位	~
Dev2	0	激励	0Z	1000 mV/EU	٧	
Dev2	1	响应	1Z	1000 mV/EU	۷	
Dev2	2	响应	2Z	1000 mV/EU	۷	
Dev2	3	响应	3Z	1000 mV/EU	۷	
Dev2	4	响应	5Z	1000 mV/EU	۷	-
Dev2	5	响应	6Z	1000 mV/EU	۷	_
Dev2	6	响应	7Z	1000 mV/EU	V	~
<					3	

• 点击 《 》 浏览不同测量分组。

采集通道的使用和分配的自由度可以通过手工来修改。手动的修改采集通道 所分配测量执行如下操作:

- 在分组列表中选择要修改的采集通道。
- 在 通道类型 未使用 ▼ 中,重新修改通道使用类型。
- 在 ^{自由度} □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □
 □

当模态试验的测量分组被建立后,关闭试验设置窗口,返回到数据测量窗口。

3.6 测试流程

完成采集卡设置和试验设置,可以开始被测结构的模态测试了。测试流程如 下流程图所示。



试验测量向导

在测量试验过程中,数据采集、试验设置、当前测量组的激励和响应自由 度、平均次数等信息将显示在数据测量窗口中。

启用通道: 8
采祥峯: 1024 Hz
数据 点度: 1024
启动模式: 鼬发 (Dev2/CH0)
测量类型: FRF - 实验模态
激励自由度:
02
响应自由度:
OZ 1Z 2Z 3Z 4Z 5Z 6Z
平均次数:0/0

根据显示的测量状态,操作者可以安放传感器到结构上的对应自由度。平均 次数将提示多少次测量已经完成并平均到当前测量数据中。 当前测量分组的激励和响应自由度测量信息(节点位置和测量方向)可以显示在 **3D** 结构模型上,引导操作者安装传感器和施加测量激励。

在 3D 结构模型上显示测量信息执行如下操作:

- 在数据测量窗口中,点击 🖉 按键。结构浏览窗口将打开。
- 在结构浏览窗口中,载入相应 3D 结构模型。

当选择不同测量分组时,相应的自由度测量信息将显示在 3D 结构模型上,如图 3-10 所示。测量方向箭头上的字符'S'提示激励点自由度。字符'R'提示响应点自由度。



图 3-10 结构自由度测量提示

力锤双击检测

在力锤冲击激励试验过程中,当力锤冲击被测结构时,由于操作原因,结构 反弹重新与力锤接触,形成力锤二次击打结构,如图 3-11 所示。





由于力锤双击现象会恶化 FRF 测量的质量,操作者应当舍去出现双击的测量信号。ModalVIEW 默认启用双击检测功能。当激励信号中出现双击时,会自动显示力锤双击警告,提示操作者是否舍弃当前测量,如图所示。



设置双击检测功能执行如下操作:

• 在 ModalVIEW 主窗口中,执行菜单项操作 | 选项...,系统设置窗口将 打开,如图 3-12 所示。

双击检测幅度(%) 60		
自用力链双击检测		
自动不良数据丢弃		
提示选择测量数据是否有效		

图 3-12 系统设置窗口

在测量属性页中

双击检测幅度(%)

- 选择□ 店用力锤双击检测打开双击检测功能。
- 选择 □ 自动不良数据丢弃 自动丢弃双击时的 FRF 测量数据。

试验测量步骤

完成试验测量执行如下操作:

• 在数据测量窗口中,点击 💆 按键。

结构浏览窗口将打开,用来在 3D 结构模型上显示测量自由度信息。这一步操作不是必须的。

- 点击 《 》 选择一个测量分组。
- 根据测量状态信息,安装传感器到被测结构相应位置,并与相应的测量
 通道连接。
- ▲ 点击 ▶ 按键启动当前测量分组的数据采集。
- 对被测结构施加多次激励,直到设定的测量平均次数。

当前测量分组测量结束后,一个对话框提示保存是否保存当前测量数据到数据列表。

12			×
í	呆留当前;	则量数据?	
確	定	取消	

如果测量数据是有效的,点击确定按钮,保存当前测量。或点击取消按钮, 放弃当前测量数据。点击 ▶ 按键,重新开始当前测量组测量。

- 重复上述操作,直到所有完成所有测量分组的测量。
- 执行菜单项文件 | 保存测量...,将测量数据保存到磁盘文件。

3.7 合并试验数据

当模态试验的测量分组太多,以至于不能在短时间内测量完毕。操作者可以 分批的完成测量分组的数据测量,并保存在不同的测量数据文件中。再将多个 数据文件合并成一个,进行模态分析。

将多个数据文件合并成一个执行如下操作:

• 在数据浏览窗口中打开一个需要合并的数据文件。

• 执行菜单项编辑 | 合并文件...。

一个数据文件选择窗口显示,提示选择要合并的数据文件。选择一个文件, 点击确定,选择的数据文件将合并到当前打开的数据文件中。

1 1 3	如据浏览	\times
进	;择文件	
	506 527 537 537 557 557 557 557	
	97 98 99 910 911 912 912 912	~
	确定	取消

- 重复执行上述步骤,直到所有的数据文件合并到当前文件。
- 将当前文件另存为一个新的磁盘文件。

新保存的文件将包含来自其他数据文件的所有测量数据。

4 模态参数估计

在结构模态试验中,获得来自结构不同自由度的一组 FRF 测量数据。就可 以通过 FRF 测量数据进行曲线拟合来获得结构模态参数。

4.1 估计方法

结构的模态参数中,固有频率和阻尼是一个结构的全局特性。理论上说,固 有频率和阻尼可以通过任何一个来自不同自由度的 FRF 测量数据得到。而估计 模态振型(矢量)需要来自结构不同自由度的全部 FRF 测量数据。根据怎样从 FRF 测量数据中提取模态参数,模态估计的方法可以有如下分类。

单自由度法与多自由度法

单自由度方法一次只估计一个模态的参数。多自由度方法一次从 FRF 测量数据中同时估计一个或多个模态的参数。

单自由度方法适用于模态耦合度比较低的简单结构。也就是说,结构的模态 在频率上比较离散。在一个模态固有频率附近的 FRF 数值受临近模态影响比较 小。多自由度方法适用于模态耦合度比较高的复杂结构。也就是说,在任一频 率点的 FRF 数值由多个模态参数决定。

模态的耦合程度可以通过 FRF 曲线上的峰值分布来指示,如图 4-1,图 4-2 所示。

图 4-1 轻度耦合模态



图 4-2 重度耦合模态

局部估计与全局估计

局部估计方法从单个 FRF 测量数据中估计结构的固有频率和阻尼。全局估计方法从来自结构不同自由度的一组 FRF 测量数据中估计结构的固有频率和阻尼。

与局部估计方法相比,全局估计方法得到更好的频率和阻尼参数估计。尤其 FRF 测量数据中存在局部模态。在某条 FRF 数据曲线上,相应于局部模态的共 振峰不会出现在其他 FRF 数据曲线上,如图 4-3 所示。



图 4-3 局部模态

单参考点与多参考点

单参考点估计方法从只有一个参考自由度的 FRF 测量数据中估计模态参数,相应于 FRF 矩阵中的一行或一列数据。多参考点方法从来自多个参考自由度的 FRF 测量数据中估计模态参数,相当于 FRF 矩阵中的多行或多列数据。

多参考点估计方法适用于具有耦合模态(同样的固有频率对应于多个模态振型),又被称作重根模态。

频带外的模态

模态参数通常使用所关心频率范围内的 FRF 测量数据进行估计。在选择的 频率范围内, FRF 测量数据包含频带外模态的影响, 如图所示。



图 4-4 频带外模态的影响

为了获得准确的模态参数,在模态参数估计时,频带外模态的影响应当被补偿。对于多项式拟合的模态估计方法,频带外模态的影响可通过设定额外辅助 多项式来补偿。FRF 测量数据的多项式拟合模型定义为如下公式。

$$H(\omega) = \frac{N(\omega)}{D(\omega)} + E(\omega) = \frac{\prod_{i=1}^{m} (j\omega + b_i)}{\prod_{i=1}^{n} (j\omega + a_i)}$$

分子多项式的阶次m大于分母多项式的阶次n。辅助多项式的阶次定义为 m-n。

模态稳定图

模态稳定图是用来从计算出一组结构模态中发现有物理意义的结构模态。模态稳定图的横轴是频率,纵轴是结构模型阶数(拟合模态个数)。通过不同模型阶数计算得到的模态显示在稳定图中。理论上讲,结构的物理模态总是出现

在几乎相同的频率位置,称之为稳定模态,而计算模态(虚假模态)分散在不同频率位置,如图 4-5 所示。



图 4-5 模态稳定图

在稳定图中,是否模态出现在相同频率位置作为模态是否是物理(稳定)模态的判断方法。模态稳定性由其参数,固有频率,阻尼和模态矢量的稳定性来决定。稳定标准定义为模态参数从较低模型阶数到较高模型阶数的变化率。

$$\frac{|p_n - p_{n-1}|}{p_{n-1}} \times 100\%$$

稳定标准的典型值:

- 频率稳定(1%)。
- 阻尼系数稳定(5%)
- 模态矢量稳定(2%)

稳定图中的模态由一组符号来表示 s, v, d, f 和 o 来表示。每个符号代表一个辨识的模态,并提示该模态的相应参数是否稳定,如下表所示。

符号	频率	阻尼比	振型
S	是	是	是
V	是	否	是
d	是	是	否
f	是	否	否
0	否	否	否

选择稳定模态

ModalVIEW 提供两种方法,自动选择和手动选择,从模态稳定图中选择模态。对于自动选择方法,频率宽度和稳定模态个数需要被设定。ModalVIEW 根据给定频率范围中的稳定模态数目来挑选稳定模态。如果稳定模态数大于设定值,在相应频率范围的模态被视为稳定模态。对于手动选择方法,操作者可以根据稳定图模态符号提示,用鼠标手动的从稳定图中选择稳定模态。

注: 模态稳定图用来在高级模态分析方法中获得频率和阻尼参数的估计。

4.2 快速分析

ModalVIEW 中的模态快速分析方法使用有理多项式拟合(RPF)的方法从 一组 FRF 测量数据中来提取结构模态参数。它是全局拟合,多自由度估计方 法。同样支持来自多参考点的 FRF 测量数据,用来估计结构的紧密耦合模态或 重根模态。快速分析方法适合从较窄频段内提取稀疏分布的低阻尼模态。

快速模态分析执行如下操作:

- 选择模态估计的频段。
- 设定选择频段内模态提取个数。
- 设定辅助项阶数补偿频带外模态影响。
- 如果使用多参考点 FRF 测量数据,选择主参考自由度。
- 进行选择频段的模态估计。
- 合成的 FRF 数据与原始 FRF 测量数据比较,验证模态估计质量。
- 保存估计的模态参数到模态文件。

快速模态分析范例

执行如下步骤完成平板结构的模态分析。

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择 "plate" 范例工程,载入结构文件 "plate" 和数据文件 "freq response"。
- 双击项目树中数据文件"freq response"。

数据文件将载入并显示在数据浏览窗口中,如图 4-6 所示。



图 4-6FRF 测量数据浏览

在数据浏览窗口中

- 点击 **++** 和 **+...** 按键,在数据曲线上显示带标尺和标尺数值。
- 用带标尺选择估计模态参数的频段。在这个例子中,一个 215Hz 到 835Hz 的频段被选定,如图 4-7 所示。



图 4-7 频段范围选择

• 点击 🖄 按键,打开模态估计窗口。

在模态估计窗口中

- 选择快速分析页面。
- 设定在选择频段中估计的模态个数。FRF数据曲线上的每个峰值提示
 至少一个结构模态存在。在选择的频率范围内,有两个峰值。模态个数
 设定为2。
- 保持辅助项阶数为默认值4,补偿频带外模态影响。
- 范例使用的 FRF 测量数据为单参考点,主参考自由度选择为 11Z。
- 点击 按键,估计的模态参数将显示在模态列表中。
- 选择 □显示FRF拟合曲线, 拟合的红色 FRF 曲线将与原始数据重叠显示, 如图 4-8 所示。如果估计的模态比较准确, 合成的 FRF 曲线应当与原始数据比较接近。



图 4-8 合成 FRF 与原始 FRF 测量比较

点击 = 按键,将估计的模态参数保留在模态列表中。

可以重复上述步骤,继续拟合其他感兴趣频段内的模态参数。当完成所有感兴趣模态分析,在模态估计窗口中,执行菜单项**文件|保存模态...**。对话框提示输入保存的文件名,输入文件名"modes"并点击确认。估计的模态参数将保存在模态文件"modes"中,并显示在 ModalVIEW 的项目树中。

4.3 高级分析

ModalVIEW 中的模态高级分析方法使用最小二乘复频率(LSCF)方法从一 组多参考点 FRF 测量数据中提取模态参数。它是全局拟合,多自由度拟合方 法。高级分析方法适用于在较宽的频率范围内估计密集模态。

高级模态分析执行如下操作:

- 选择模态估计的频段。
- 设定模型阶数和模态稳定标准,产生模态稳定图。
- 从稳定图中选择物理(稳定)模态。。
- 如果使用多参考点 FRF 测量数据,选择主参考自由度。
- 估计稳定模态的模态矢量。
- 合成的 FRF 数据与原始 FRF 测量数据比较,验证模态估计质量。
- 保存估计的模态参数到模态文件。

高级模态分析范例

执行如下步骤完成平板结构的模态分析。

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择 "plate" 范例工程,载入结构文件 "plate" 和数据文件 "freq response"。
- 双击项目树中数据文件"freq response"。 数据文件将载入并显示在数据浏览窗口中。 在数据浏览窗口中
- ▲▲
 ▲▲
 ▲●
 和
 ▲●
 ●
 ★●
 ★●
 和
 ★●
 ●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●
 ★●<
- 用带标尺选择估计模态参数的频段。在这个例子中,一个185Hz到 2185Hz的频段被选定。



- 点击 🖄 按键,打开模态估计窗口。
- 在模态估计窗口,选择高级分析操作页面。稳定图窗口将打开。
 在稳定图窗口中

模型阶次

- 在 40
 中设定计算模态所用最大模型阶数。本范例中,选择默认值 40。
- 在 ⁵ 和 ¹ □
- 点击
 生成稳定图
 按键,产生稳定图。
- 在 FRF 测量列表 测量显示 DOF# *:* 中选择"DOF# 0Z:11Z",
 将自由度为 0Z:11Z 的 FRF 测量数据与稳定图重叠显示。
- 从稳定图中选择结构的物理(稳定)模态。

自动选择稳定模态执行如下操作:

- 在模态估计窗口中,设定频率宽度和稳定点数分别为1(Hz)和5。
- 点击 自动选择 按键。

自动选择的稳定模态将添加到模态列表中,如图 4-9 所示。
序号	频率 (Hz)	阻尼(%)
0	341,407	0.054
1	660.459	0.038
2	685.564	2.644
3	1084.321	0.128
4	1421.724	2.777
5	1533.372	2.981
6	1602.475	0.078
7	1732.284	0.053
8	1923.623	1.133
9	1941.681	0.059
10	2008.515	0.088

图 4-9 自动选择的模态

手动选择稳定模态执行如下操作:

在稳定图中,用鼠标点击模态符号,选中的符号将被红圈包围。选中模态的频率和阻尼值将显示在模态估计窗口中,如图 4-10 所示。



图 4-10 手动选择稳定模态

- 点击 添加模态 按键,将选择的模态添加到模态列表中。
- 重复上述操作,直到所有稳定模态被选择,添加到模态列表中。
 从模态列表中删除选择的稳定模态执行如下操作:
- 在模态列表中选中一个模态。
- 点击工具条上的 🗡 按键。

当所有物理模态被挑选出来,进一步被估计这些稳定模态的模态矢量执行如 下操作:

• 范例使用的 FRF 测量数据为单参考点,主参考自由度选择为 11Z。

- 点击 估计 按键,估计模态矢量。
- 选择 □显示FRF拟合曲线, 拟合的红色 FRF 曲线将与原始数据重叠显示, 如图 4-11 所示。如果估计的模态比较准确, 合成的 FRF 曲线应当与原 始数据比较接近。



图 4-11 合成 FRF 与原始 FRF 测量比较

当完成所有感兴趣模态分析,在模态估计窗口中,执行菜单项**文件|保存模态…**。对话框提示输入保存的文件名,输入文件名 "modes"并点击确认。估计的模态参数将保存在模态文件 "modes"中,并显示在 ModalVIEW 的项目树中。

4.4 工作状态模态分析

ModalVIEW 中的模态高级分析方法还使用随机子空间(SSI)方法从一组 时域测量数据中来提取结构模态参数。它是全局拟合,多自由度估计方法。

工作状态模态分析执行如下操作:

- 对时域信号进行滤波和降采样等预处理。
- 设定模型阶数和模态稳定标准,产生模态稳定图。
- 从稳定图中选择物理(稳定)模态。。
- 估计稳定模态的模态矢量。

• 保存估计的模态参数到模态文件。

工作状态模态分析范例

执行如下步骤完成某大桥的工作状态模态分析。

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择 "bridge"范例工程,载入结构文件 "main span"和数据文件
 "bridge 14"。
- 双击项目树中数据文件"bridge 14"。 数据文件将载入并显示在数据浏览窗口中。



• 执行菜单数据处理 | 预处理...,打开数据预处理窗口。

在数据预处理窗口中

• 设定降采样系数为 10,对时域数据进行 10 倍的降采样。采样率从 50Hz 降到 5Hz。

降采样后,时域数据曲线如下图所示。



• 点击 🖄 按键,模态估计窗口与稳定图窗口打开。

在稳定图窗口中

模型阶次

- 在 40
 中设定计算模态所用最大模型阶数。本范例中,选择模型
 阶次为 80。

- 从稳定图中选择结构的物理(稳定)模态。

自动选择稳定模态执行如下操作:

- 在模态估计窗口中,设定频率宽度和稳定点数分别为 0.1 (Hz) 和 5。
- 点击 自动选择 按键。

自动选择的稳定模态将添加到模态列表中,如图 4-12 所示。

序号	频率 (Hz)	阻尼(%)
0	0.367	0.781
1	0.503	0.747
2	0.634	0.249
3	0.780	0.630
4	0.999	0.669
5	1.036	0.345
6	1.265	0.615
7	1.388	0.386
8	1.682	3.325
9	1.756	1.160
10	1.844	0.565
11	1.955	0.867
12	2.081	1.560
13	2.130	0.490
14	2.280	0.573
15	2.413	1.033

图 4-12 自动选择的模态

手动选择稳定模态执行如下操作:

在稳定图中,用鼠标点击模态符号,选中的符号将被红圈包围。选中模态的频率和阻尼值将显示在模态估计窗口中。

• 点击 添加模态 按键,将选择的模态添加到模态列表中。

重复上述操作,直到所有稳定模态被选择,添加到模态列表中。
 从模态列表中删除选择的稳定模态执行如下操作:

- 在模态列表中选中一个模态。
- 点击工具条上的 🗡 按键。

当所有物理模态被挑选出来,进一步被估计这些稳定模态的模态矢量执行如 下操作:

• 点击 估计 按键,估计模态矢量。

当完成所有感兴趣模态分析,在模态估计窗口中,执行菜单项**文件|保存模态…**。对话框提示输入保存的文件名,输入文件名 "modes"并点击确认。估计的模态参数将保存在模态文件 "modes"中,并显示在 ModalVIEW 的项目树中。

4.5 模态验证

模态验证用于对模态参数估计结果的正确性进行检验。一些模态的属性可以被用来做为验证标准。

线性独立

理论上,模态矢量矩阵的每一行或列矢量,对其他矢量应当是线性独立的或 正交的。由结构模态组成的模态矢量矩阵按如下所示。



行序号m是自由度。列序号n是模态矢量个数。

实模态和复模态

结构模态可以分为两类,实模态和复模态。实模态的模态矢量可以用一组有符号的实数来表示。复模态的模态矢量为复数,不能用一组有符号的实数来表示。换言之,对于实模态振型(矢量),结构上不同自由度的运动之间,相位偏差为0或180度。对于复模态振型(矢量),结构上不同自由度的运动之间,相位偏差为一般数值。如图 4-13 所示。



图 4-13 实模态与复模态

结构的阻尼属性决定了结构的模态类型。对于小阻尼或比例阻尼的结构,估计的模态应该接近实模态。实际测量过程中,由于 FRF 测量数据误差、拟合误差或其他一些不准确因素,结构的实模态可能被辨识为复模态。

模态置信准则(MAC)

模态置信准则定量的比较模态矢量矩阵中的矢量,检查它们之间的正交性。 模态置信准则分为 MAC 与 CoMAC,分别对应于列矢量和行矢量的检查。

MAC 计算根据如下定义:

$$MAC = \frac{\left|X_{i}^{*}X_{j}\right|}{\left|X_{i}\right|\left|X_{j}\right|} \qquad i, j = 0, ..., n$$

 X_i 是模态矢量矩阵的列矢量[$\phi_{1i} \phi_{2i} \cdots \phi_{mi}$]

CoMAC 计算根据如下定义:

$$CoMAC = \frac{\left|X_{i}^{*}X_{j}\right|}{\left|X_{i}\right|\left|X_{j}\right|} \quad i, j = 0, ..., n$$

 X_i 是模态矢量矩阵的行矢量 $[\phi_{i1} \phi_{i2} \cdots \phi_{in}]^T$

MAC与 CoMAC 的取值范围是 0 到 1。0 代表线性独立,1 代表线性相关。 ModalVIEW 提供 MAC与 CoMAC 的图形表示来显示任意两个模态振型矢量之间的相关性。

以平板结构数据为范例,计算 MAC 与 CoMAC 执行如下操作:

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择 "plate"范例工程,载入结构文件 "plate",数据文件 "freq response" 和模态文件 "mode"。
- 双击项目树中模态文件"mode"。

模态文件将载入并显示在模态浏览窗口中。 在模态浏览窗口中

• 点击工具条上的按键 , MAC 视图窗口将显示。



选择 □ 3D显示, 示图上变为 3D 视图。选择 ^{□ 显示标注}, 来决定是否显示模态频率。

● 点击工具条上的示图类型^{CoMAC} **≥**, CoMAC 示图将显示。

MAC 示图及其数值可以被输出到系统剪贴板,粘贴到其他软件环境中进一步处理。

• 执行菜单项文件|复制到剪贴板|位图。

• 或执行菜单项文件|复制到剪贴板|数据表。

扩展到更一般情况,MAC可以应用于两个任意模态矢量。用于比较来自不同分析过程的模态矢量,如试验模态分析(EMA)和有限元分析(FEM)。根据模态矢量的相似性,可以验证结构有限元模型的正确性。

ModalVIEW 提供互模态置信标准(Cross MAC)示图来观察来自不同模态 文件的模态矢量。

以平板结构数据为范例,计算 Cross MAC 执行如下操作:

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择 "plate" 范例工程。

在模态浏览窗口中

- 执行菜单项**文件|载入...**,打开模态文件"mode"。
- 点击工具条上 🗮 按键,

一个对话框显示,提示选择另外一个模态振型文件,用于互置信度比较。

2	×
诸选择另一个模态表用于互置信度比较!	
ОК	

点击确定按钮,文件列表窗将显示,提示选择工程项目中的另外一个模态 振型文件。在列表中选择一个文件,点击确定。互模态置信度示图将显示在模 态浏览窗口右侧。

在示图上移动光标, MAC 的数值将显示在示图底部。

模态复杂度

模态复杂度图是以极坐标显示模态矢量的幅度和相位。根据各个振型矢量 在复杂度图上是否共线,可以确定模态是实模态或复模态。

以平板结构数据为范例,显示模态复杂度图执行如下操作:

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择 "plate" 范例工程。

在模态浏览窗口中

- 执行菜单项文件|载入...,打开模态文件"mode"。
- 点击工具条上的 🕙 按键,模态复杂度图将显示。



• 在模态浏览窗口中,点击选择列表中不同模态,观察其复杂度。

模态归一化

从结构模态分析得到的复模态可能是由于数据测量和计算误差导致,可以被 归一化为实模态。模态归一化可以矫正和简化用于结构动画显示的振型矢量。

模态复杂度图上的红色虚线用来作为相位参考线来将复模态转化为实模态。 进行转化时,复模态的幅度将保留,相位将被转化为0度或180度。靠近相位 参考线一边的模态矢量,其相位设定为0度。相位参考线一边的模态矢量,其 相位设定为180度。 模态归一化需要如下操作:

- 在模态列表中选择要归一化的模态。
- 显示选择模态的复杂度示图。
- 在复杂度图上,设定相位参考线。
- 将复模态转化为实模态。

改变相位参考线执行如下操作:

- 在复杂度图上,用鼠标拖动并旋转参考线到希望的位置。
- 或点击工具条上的 🔂 按键,相位参考线将自动旋转到优化的位置。

当相位参考线位置确定后,点击工具条上的 🊰 按键,复模态将被转化成实模态。转化结果可以另存到新的模态文件中。

4.6 模态转换

为了使从振动测量数据得到的模态参数与结构动态模型的建立保持一致, ModalVIEW 提供了调整模态参数的操作。

振型矢量单位

结构振动可通过不同的传感器来测量结构的加速度、速度和位移。振型矢量 的单位由振动测量的响应信号单位(加速度、速度和位移)决定。测量数据的 单位可以通过对时间记录进行积分,实现不同单位的转换。在频率域,通过拉 普拉斯变换,可根据如下公式进行单位转换。

 $H_a(s) = H_v(s) \times s = H_d(s) \times s^2$

 $H_{a}(s)$, $H_{v}(s)$ 和 $H_{d}(s)$ 分别是以加速度、速度和位移为单位的传递函数方程。

在对传递函数进行部分分式分解中,振型矢量是通过其留数矩阵得到。而在 不同测量单位下的留数有如下关系

$$R_a(k) = R_v(k) \times p_k = R_d(k) \times p_k^2, k = 1,...,n$$

 $R_{a}(k)$, $R_{v}(k)$ 和 $R_{d}(k)$ 分别是以加速度、速度和位移为单位的留数。 p_{k} 是 由第 k_{th} 个模态中频率和阻尼系数决定的极点。

相应的振型矢量的单位可根据留数关系式进行转换。在 ModalVIEW 中,振 型矢量的单位以工程单位字符串来定义。当振型矢量的单位在加速度、速度和 位移之间进行转换时,工程单位字符串也作相应的改变。ModalVIEW 可以自动 识别的振型单位如下表。

振型量纲	工程单位字符串
加速度	(m/s^2)/N-sec 或 g/N-sec
速度	(m/s)/N-sec
位移	m/N-sec

以平板结构数据为范例,进行振型单位转换执行如下操作:

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择"plate"范例工程。

在模态浏览窗口中

- 执行菜单项**文件|载入...**,打开模态文件"mode"。 模态参数将分别显示在左列表中。
- 点击工具条上 短波 按键,或执行菜单操作 | 量纲转换....。
 振型量纲窗口显示,选择要转换的单位为位移。

😫 振型量纲	\mathbf{X}
th 10.00 10.00	
特织的单位	~
132.157	
L	
確定	取油
Ne/C	-scara

点击确定键。矢量振型的量纲将从加速度单位(m/s^2)/N-sec 转换为位移单位 m/N-sec。

模态振型类型

ModalVIEW 中定义了三种模态振型类型: 留数振型(residue shape)、归一 化振型(scaled shape)和 ODS 振型(ODS shape)。留数振型通过对测量的 FRF 数据进行模态参数拟合而来。留数振型的模态可以用来进行合成 FRF 数 据,或者进行受迫响应仿真。ODS 振型的模态是在工作状态模态分析(OMA) 中,通过对测量的时间记录或互相关函数进行模态参数拟合而来。ODS 振型的 模态只能用于结构动画显示,而不能用于合成 FRF 数据,或者进行受迫响应仿 真。归一化振型的模态是根据如下公式,通过留数振型的模态转换而来。

 $[r(k)] = A_k [u_k] [u_k]^T, k = 1, ..., n$

[r(k)]是第k_h个模态的留数矩阵。[u_k]是归一化振型矢量。A_k是归一化系数。在转换中,A_k设定为1。归一化振型可以用于产生任意参考自由度的留数振型。

以平板结构数据为范例,进行振型类型转换执行如下操作:

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择 "plate" 范例工程。

在模态浏览窗口中

- 执行菜单项**文件|载入...**,打开模态文件"mode"。
- 在模态浏览窗口中,点击工具条上 🚧 按键。
- 或执行菜单操作 | 振型调整。

模态的振型类型由留数振型(residue shape)转换为归一化振型(scaled shape)。同时振型对应的自由度格式从"移动自由度:参考自由度"变为"移动自由度"。

4.7 模态分析

模态试验中获得的结构模态参数可以用于不同的结构动态仿真分析研究。 ModalVIEW 提供了 FRF 数据合成,受迫响应仿真,结构矩阵参数以及灵敏度 分析等功能。

FRF 数据合成

在 FRF 合成中,估计的结构模态参数用于计算结构上给定激励和响应自由 度之间的频率响应函数。合成的 FRF 数据可以与试验测量的 FRF 数据进行对 比。

当模态的振型类型是留数振型时,只能在留数振型中所包含的移动自由度与 参考自由度之间进行 FRF 合成。在 FRF 参数设定窗口中,参考自由度的选择 被禁止。



当模态的振型类型是归一化振型时,可以在振型中所包含的任意移动自由度 之间进行 FRF 合成。在 FRF 参数设定窗口中,可以对参考自由度进行选择。

Roving DOFs		Reference	DOFs
OZ	~	0Z	~
1Z		1Z	
2Z		2Z	
3Z		3Z	
4Z		4Z	
5Z		5Z	
67		67	

以平板结构数据为范例,进行模态 FRF 数据合成执行如下操作:

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择 "plate" 范例工程。

在模态浏览窗口中

- 执行菜单项**文件|载入...**,打开模态文件"mode"。
- 点击工具条上 选 按键,或执行菜单操作 | FRF 合成...,参数设定窗口 将显示。
- 如图 4-14 设定 FRF 合成参数。

12 FRF参数	
频率线数 2048 🗢	起始频率 0 Hz
频率增量 1 Hz 📚	终止频率 2048 Hz
移动自由度 02 12 22	参考自由度 11Z
32 42 52 ▼ 確定	— 取消

图 4-14FRF 参数设定窗口

• 点击确定。合成的 FRF 数据将显示在数据浏览窗口,如图 4-15 所示。



图 4-15 合成的 FRF 数据

受迫响应仿真

在 ModalVIEW 中,受迫响应仿真是用来分析对结构给定自由度施加正弦激励时,结构的频率响应。施加于结构的正弦激励是由幅度、相位以及激励自由

度等参数决定。激励自由度决定了对结构施加激励的位置。结构的频率响应由 受迫响应振型来表示。受迫响应振型定义了每个自由度的响应幅度与相位,可 用于结构动画显示。

当模态的振型类型是留数振型时,只能从留数振型中所包含的参考自由度选择正弦激励的自由度。当模态的振型类型是归一化振型时,可以选择振型中所 包含的任意移动自由度作为正弦激励的自由度。

以平板结构数据为范例,进行模态 FRF 数据合成执行如下操作:

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择 "plate" 范例工程。

在模态浏览窗口中

- 执行菜单项**文件|载入...**,打开模态文件"mode"。
- 在模态浏览窗口中,点击工具条上 🚣 按键。
- 或执行菜单操作 | 受迫响应...,参数设定窗口将显示。
- 如图 4-16 设定正弦激励参数。

激励数量 1	频率	(Hz)		
Forces				
序号	自由度	幅度	相位 (Deg)	^
0	11Z	1.000	0.000	-
				~
<			>	
自由度	幅度		相位 (Deg	
11Z	✓ 0	\$	0	\$
保存	模态振型	取消	常助	

图 4-16 正弦激励参数设定窗口

• 点击保存模态振型,保存受迫响应振型,用于结构动画显示。

质量,阻尼和刚度矩阵

从振动测量数据得到的固有频率、阻尼和模态振型等模态参数,可进一步转 化为描述结构动态特性的质量、阻尼和刚度矩阵,用于有限元模型验证和结构 动力学修改。

通过对结构动态方程求拉普拉斯变换,有如下齐次方程:

$$\Phi[p^{2}] + M^{-1}C[p] + M^{-1}K\Phi = 0$$

其中Φ为模态矢量矩阵。p为包含模态频率与阻尼的极点。M,K,C分别为 结构质量,刚度和阻尼矩阵。

ModalVIEW 基于如下假设求解齐次方程中的质量、阻尼和刚度矩阵

- 刚度矩阵为对称矩阵。
- 质量矩阵为对角阵。
- 结构总质量已知,并满足以下公式。

$$\sum m_i = M$$

其中m;为质量矩阵中的离散质量。M为结构总质量。

注:结构模态参数估计质量、刚度和阻尼矩阵时,模态的振型类型必须为 归一化振型。

以平板结构数据为范例,将模态参数转换为质量、阻尼和刚度矩阵执行如下 操作:

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择 "plate" 范例工程。

在模态浏览窗口中

- 执行菜单项文件|载入...,打开模态文件"mode"。
- 在模态浏览窗口中,点击工具条上 疑键。
- 或执行菜单操作 | M, K, C 矩阵...。

M, K, C矩阵窗口显示。设定结构总质量,计算结果显示在窗口列表中。通 过下拉列表 **质量** → 选择显示的矩阵类型。点击 导出到文件将质量, 阻尼和刚度矩阵保存为 ASCII 文本数据文件。

灵敏度分析

从振动测量数据得到的模态参数,可进一步分析结构的质量、阻尼和刚度变 化对结构动态的影响,用于指导结构的动力学修改。

结构固有频率对结构局部质量、两个自由度之间的刚度和阻尼的变化率,有 如下公式:

$$\frac{\partial \omega_i}{\partial M_k} = -\lambda_i^2 \frac{\psi_{ki}^2}{a_i}$$
$$\frac{\partial \omega_i}{\partial C_{kl}} = -\lambda_i \frac{(\psi_{ki} - \psi_{li})^2}{a_i}$$
$$\frac{\partial \omega_i}{\partial K_{kl}} = -\frac{(\psi_{ki} - \psi_{li})^2}{a_i}$$

 ω_i 是结构的第*i*个固有频率。 M_k 是结构自由度为*k*的局部质量。 C_{kl} 是结构自由度*k*和*l*之间的阻尼。 K_{kl} 是结构自由度*k*和*l*之间的刚度。 a_i 是结构模态矩阵中的系数。

注:结构模态参数进行灵敏度分析时,模态的振型类型必须为归一化振型。

以结构修改数据为范例,对结构模态参数进行灵敏度分析执行如下操作:

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择 "sdm"范例工程。

在模态浏览窗口中

- 执行菜单项**文件|载入...**,打开模态文件"mode"。
- 在模态浏览窗口中,点击工具条上 4 按键。

• 或执行菜单操作 |灵敏度分析...。

灵敏度矩阵图的窗口将显示。在模态列表中选择不同模态,灵敏度矩阵图 将自动更新,显示结构修改对当前模态固有频率的影响程度。

- 通过工具条上的下拉列表 结构修改类型 质量 选择结构参数变化
 类型,质量,阻尼或刚度。
- 选择 **☑ 3D显示**,模态置信度图将以 3D 柱状图显示。

结构修改预测

获得的模态参数,可进一步转化为描述结构动态特性的质量、阻尼和刚度矩阵。结构的物理修改可以表示为质量、阻尼和刚度矩阵的变化量。ModalVIEW 允许对结构添加点质量、结构节点(自由度)间的弹簧阻尼,以及结构某个振动方向上的调谐减震器,观察添加的结构修改元素对结构动态特性的影响。

点质量修改元素由添加的质量大小和结构节点序号来定义。

🛯 添加点质量	×
结构节点 0	
质量(kg) 0 确定 取消	J

弹簧阻尼修改元素由添加的弹簧刚度和阻尼器大小,以及连接弹簧阻尼器两端的结构节点序号来定义。

😰 添加弹簧阻尼	\times
	٦
结构节点1 0	
结构节点 2 0	
刚度(N/m) 0	
阻尼(kg/sec) 0	
	J
确定 取消	

调谐减振器修改元素相当于单自由度的质量-弹簧-阻尼振动系统,由质量, 弹簧刚度和阻尼器大小,以及减振器在结构安装节点和方向来定义。其刚度值 可以通过设定质量大小以及要调谐减震的频率来自动计算。

■添加调谐减震器	
版重(kg) 0 源淡频率(He) 0	
89/8227777(11/) 0 (99/8	
刚度(N/m) 0	
阻尼(kg/sec) 0	
确定 取消	

ModalVIEW 将设定的修改元素转化为结构质量、刚度和阻尼矩阵的变化 量,根据如下公式计算结构修改后的动态特性。

$$(p\begin{pmatrix} 0 & M \\ M & C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \Delta M \\ \Delta M & \Delta C \end{bmatrix}) + (\begin{bmatrix} -M & 0 \\ 0 & K \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\Delta M & 0 \\ 0 & \Delta K \end{bmatrix}))|Y| = |F|$$

其中M, K, C是结构原始的质量、刚度和阻尼矩阵。 $\Delta M, \Delta K, \Delta C$ 是由于添加结构修改元素导致的矩阵变化。p为系统特征值,|Y|, |F|分别为位移矢量和力矢量。

》 注:进行结构修改预测仿真,模态的振型类型必须为归一化振型。

以结构修改数据为范例,对结构进行修改预测分析执行如下操作:

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择"sdm"范例工程。

在结构修改窗口中

- 执行菜单项文件|载入...,打开修改文件"point mass"。
- 在工具条上结构选择列表^{结构 truss} ▶ 中,选择 truss 结构文件。
- 在原始模态选择列表^{原始模态 mode} → 中,选择 mode 模态文件。
- 点击 计算 按键,原始的结构频率响应(FRF)曲线和结构修改后的 FRF 曲线将重叠显示在窗口中。如图 4-17 所示。



图 4-17 结构修改预测

在自由度选择列表^{输入自由度} □ ▼, ^{输出自由度} □ ▼, ^收 ■ 中,选择结构上
 不同自由度(节点和方向)对应的激励输入和响应输出,观察相应
 FRF 曲线变化。

从 FRF 曲线变化可以观察到,结构添加点质量后,一阶振动频率显著降低。

• 执行菜单项文件|保存修改后模态...

文件保存对话框将显示,提示输入一个新的模态文件名。输入文件名并点 击确定按钮,结构修改后模态参数文件将建立并添加到当前工程项目中,用于 后续进一步分析。

5 模型动画显示

通过将测量的时间记录、频率响应或估计的模态矢量,映射到 3D 结构模型 节点的运动,被测结构的振动行为或动态特性可以被直观显示和研究。

通常,3D结构模型节点数大于实际结构的测量点数。在进行结构动画显示时,测量节点的运动由关联的动画数据源(时间波形,FRF测量或模态振型) 所决定。未测量节点的运动由临近测量节点的运动插值而来。更多信息,请参 考**测量属性**章节。

5.1 动画数据源

ModalVIEW 支持三种类型的动画显示:时域 ODS、频域 ODS 和模态振型,分别需要不同的动画数据源。

时间记录

时间记录是用在时域 ODS 的数据源。ModalVIEW 支持三种动画模式的时域 ODS: 扫动、正弦驻留和静态驻留。模型节点的运动与时间记录的关系,如下表所示。

动画模式	运动方程
扫动	$d = a \times s(t), t = 0, \dots, n$
正弦驻留	$d = a \times s_i \times \sin(\theta), \theta = 0,, 2\pi$
静态驻留	$d = a \times s_i$

其中, *d* 是节点沿测量方向的位置变化。*a* 是幅度系数。*s*(*t*) 是对应于节点自由度的时间记录。*s_i*是某个时刻的时间记录值。

在扫动模式中,时间记录的值连续的从开始到结束。在正弦驻留模式中,正 弦信号的相位从0到2π连续的变化。

FRF 测量数据

FRF 测量数据是用在频率域 ODS 的数据源。频率域 ODS 支持三种动画模式:扫动、正弦驻留和静态驻留。模型节点的运动与 FRF 测量数据的关系,如下表所示。

动画模式	运动方程
扫动	$d = a \times r(\omega) \times \sin(\theta(\omega)), \omega = \omega_0,, \omega_n$
正弦驻留	$d = a \times r(\omega_i) \times \sin(\theta + \theta(\omega_i)), \theta = 0,, 2\pi$
静态驻留	$d = a \times r(\omega_i) \times \sin(\theta(\omega_i))$

其中, d是节点沿测量方向的位置变化。a是幅度系数。 $r(\omega)$ 和 $\theta(\omega)$ 是对应于 节点自由度的 FRF 测量数据的幅度和相位。 $r(\omega_i)$ 和 $\theta(\omega_i)$ 是 FRF 测量数据对 应频率 为 ω_i 的幅度和相位。

在扫动模式中, FRF 的频率值在测量频段内连续的变化。在正弦驻留模式 中,正弦信号的相位从 0 到 2*π* 连续的变化。

模态振型

振型矢量是用在模态振型动画显示的数据源。同样支持三种动画模式:扫动、正弦驻留和静态驻留。模型节点的运动与振型矢量的关系,如下表所示。

动画模式	运动方程	
扫动	$d = a \times r(v) \times \sin(\theta(v)), v = v_0, \dots, v_n$	
正弦驻留	$d = a \times r(v_i) \times \sin(\theta + \theta(v_i)), \theta = 0,, 2\pi$	
静态驻留	$d = a \times r(v_i) \times \sin(\theta(v_i))$	

其中, d是节点沿测量方向的位置变化。a是幅度系数。r(v)和 $\theta(v)$ 是对应于 节点自由度的振型矢量的幅度和相位。 $r(v_i)$ 和 $\theta(v_i)$ 是模态振型矢量 v_i 的幅度 和相位。

在扫动模式中,模态列表中不同模态的振型矢量连续的变化。在正弦驻留模 式中,正弦信号的相位从0到2π连续的变化。

5.2 关联数据源

ModalVIEW 动画显示结构变形根据每个结构节点的测量属性和关联的数据 源。节点的测量属性决定了节点运动和关联数据之间的关系。

通过设定数据列表中的序号到相应节点测量属性,将数据源中的数据关联到 结构节点。每个数据的序号显示在数据列表中的第一列,如图 5-1 所示。

时间记录

序号	类型	自由度	工程单位
0	时间记录	0Z	m/s^2
1	时间记录	1Z	m/s^2
2	时间记录	2Z	m/s^2
3	时间记录	3Z	m/s^2
4	时间记录	4Z	m/s^2

FRF測量

序号	类型	自由度	工程单位
0	FRF	0Z:11Z	g/N
1	FRF	1Z:11Z	g/N
2	FRF	2Z:11Z	g/N
3	FRF	3Z:11Z	g/N
4	FRF	4Z:11Z	g/N

模态振型

序号	频率 (Hz)	阻尼(%)	振型类型
0	132.265	0.531506	Residue Shape
1	341.409	0.054229	Residue Shape
2	610.944	0.019368	Residue Shape
3	660.464	0.036889	Residue Shape
4	954.695	0.039989	Residue Shape

图 5-1 测量数据序号

在结构节点的测量属性中,节点的 X, Y, Z 测量方向可以定义为三种测量类型(测量点、插值点和固定点)。只有测量点可以分配数据源序号。在结构动 画显示中,测量点的运动由分配的数据源(时间记录、FRF 或振型矢量)所决 定。ModalVIEW 提供手动和自动两种方式进行数据源分配。

手动分配

以平板结构数据为范例,手动分配结构动画数据执行如下操作:

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择 "plate" 范例工程。

在结构浏览窗口中

- 执行菜单项文件 | 载入..., 读入结构文件 "plate"。
- 点击工具条上的 🚼 按键打开测量属性窗口。

在测量属性窗口中

• 在节点列表中选择一个节点。

选择节点的测量轴将显示在 3D 结构模型上,如果图 5-2 所示。



图 5-2 节点测量轴显示

在测量数据关联页面,为每个测量轴方向选择相应测量类型。当选择"测量 点"类型,相应测量方向的测量数据序号将允许设定,如图 5-3 所示。

测量方向设定	测量数据关联
- 测量类型 -	
X\$	由插值点 🔽
Y\$	由固定点 🔽
Z\$	曲 测量点 🛛 💟
X轴	Y轴 Z 轴
-1 🔅	-1 🗘 0 🗘

图 5-3 测量数据关联页面

根据所选节点的自由度信息,输入带有相同自由度信息的测量数据序号。

 重复上述操作,直到所有测量类型为"测量点"的节点测量方向,被设 定测量数据序号。

自动分配

以平板结构数据为范例,自动分配结构动画数据执行如下操作:

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择 "plate" 范例工程。

在结构浏览窗口中

• 执行菜单项**文件 | 载入…**,读入结构文件"plate"。 根据动画数据源的选择,测量数据或模态矢量

- 打开数据浏览窗口,载入数据文件"freq response"。
- 或打开模态浏览窗口,载入模态文件"mode"。 在结构浏览窗口中

• 点击工具条上 💆 按键。

ModalVIEW 将自动将打开的动画数据源(测量数据或模态矢量),根据匹配的自由度信息,分配到结构模型节点。当数据分配完成后,一个对话框显示多少数据被自动分配。

Ð	×
分配的测量数:27	
确定	

注:使用自动分配之前,动画数据源,测量数据或振型矢量,以及结构模 型节点,应当包含相应的自由度信息。

不同数据源的自由度信息格式如下表所示。其中移动自由度,在数据源自动 分配中,用来匹配节点自由度信息。

动画数据源	自由度格式
时间记录	移动自由度 (1X)
FRF	移动自由度:参考自由度 (2X:0X)
模态振型	移动自由度:参考自由度 (2X:0X)

5.3 动画显示操作

当 3D 结构模型的节点被分配动画数据源后,模型就可以显示动画变形。 启动结构动画变形显示执行如下操作: 确定结构浏览窗口、数据浏览窗口或模态浏览窗口打开。相应文件被载
 入。

在结构浏览窗口中

- 选择适当的动画类型。
- 点击工具条上的按键 銔 。

结构变形比例

结构动画显示中, ModalVIEW 提供三种方法来调节结构变形比例:自动, 相对或固定。

- 自动比例:结构上每个自由度变形值根据每个结构振动形态中的最大值 来进行比例缩放。
- 相对比例:结构上每个自由度变形值根据数据源中的全部结构振动形态
 中的最大值来进行比例缩放。
- 固定比例:结构上每个自由度变形值根据设定的固定比例系数来进行比例缩放,如下公式所示。

DOF 变形 = 固定比例系数×结构振型值

速度和幅度

结构动画显示中,动画速度可以通过调整速度系数。速度系数的范围从1到 20,分别相应最低速度和最高速度。

结构动画的变形程度也同时由幅度系数来调节。幅度系数的范围从1到20,分别对应最小变形和最大变形。

变形插值

结构动画显示中,测量节点的运动由分配的动画数据源决定。插值点的运动 由临近测量节点或固定节点的运动插值而来。 在节点测量属性和数据源设定后,插值节点的运动可以进行插值计算。产生 未测量点插值运动执行如下操作:

• 点击工具条上的按键 🚰。

一个对话框将显示,提示设定插值范围。多少个临近测量节点或固定节点
 用于插值计算。在单个组件中?□决定是否在单个组件范围内进行插值运算。
 局部插值?□决定是否在选择的自由度中进行部分节点插值。

■ 插值方程 插值范围			E
	在单个组件	ф? 📃	局部插值? 📃
组件	最近测量点个数	~	自由度选择
	最近测量点个数 4	~	<u> </u>
		喻定	取消 帮助

输入最邻近节点数量,点击确定。插值点的运动方程将产生。 在结构动画显示时,启动插值点的运动执行如下操作:

● 点击工具条上的按键 🌄 。

时域 ODS

以横梁结构数据为范例,进行结构时域 ODS 动画显示执行如下操作:

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择"beam"范例工程。
- 点击快速开始"ODS动画显示"。

结构浏览窗口和数据浏览窗口打开,并左右排列,如图 5-4 所示。

- 在结构浏览窗口中,载入结构文件"beam"。
- 在数据浏览窗口中,载入数据文件"time record"。



图 5-4 时域 ODS 显示

在结构浏览窗口中

• 点击工具条上的 💆 按键。

数据浏览窗口中的8条时间记录,根据自由度信息,被自动的分配给横梁结构上的节点。一个对话框显示8条数据被自动分配。



• 点击工具条上的 遻 按键。

一个对话框将显示,提示设定插值范围。

插值范围			
	在单个组件	中? 📃	局部插值?
组件	最近测量点个数	~	自由度选择
	最近测量点个数 4	*	~

设定最邻近节点数量为默认值 4,点击确定,产生插值点的运动方程。 默认的动画显示类型是扫动,动画类型可以在动画显示过程中进行修改。启 动结构的动画显示执行如下操作:

- 点击工具条上的 🊰 按键。
- 调整动画幅度系数 幅度 1 ◆ 和速度系数 速度 1 ◆ 到合适的数值。
 在此范例中,幅度和速度系数分别被设定为 10 和 5。

在动画显示中,设定不同动画显示方式来更好的观察结构时间 ODS。 启用结构插值点变形执行如下操作:

• 点击工具条上的 🌄 按键。

显示未变形结构执行如下操作:

- 点击工具条上的 送按键。
 改变动画类型执行如下操作:
- 选择工具条上相应的动画类型 扫动 💽

在扫动模式中,数据浏览窗口中数据曲线上的线标尺从左到右的移动,指示 当前数据的时刻。可以动态的调整标尺到新的位置。改变标尺位置执行如下操 作:

用鼠标拖动标尺到新的位置。标尺将从新的位置开始,继续从左向右移动。

停止结构动画显示执行如下操作:

• 点击工具条上的 🚰 按键。

以平板结构数据为范例,进行结构频率域 ODS 动画显示执行如下操作:

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择 "plate" 范例工程。
- 点击快速开始"ODS动画显示"。

结构浏览窗口和数据浏览窗口打开,并左右排列,如图 5-5 所示。

- 在结构浏览窗口中,载入结构文件"plate"。
- 在数据浏览窗口中,载入数据文件"freq response"。



图 5-5 频域 ODS 显示

在结构浏览窗口中

• 点击工具条上的 💆 按键。

数据浏览窗口中的 27 条 FRF 测量数据,根据自由度信息,被自动的分配给 平板结构上的节点。一个对话框显示 27 条数据被自动分配。

2	X
分配的测量数:27	
确定	

平板模型上的节点全部为测量点,因此不需要进行动画插值。

- 点击工具条上的 🊰 按键。
- 调整动画幅度系数 幅度 1 ◆ 和速度系数 速度 1 ◆ 到合适的数值。
 在此范例中,幅度和速度系数分别被设定为 10 和 5。

在动画显示中,设定不同动画显示方式来更好的观察结构频率域 ODS。

- 点击工具条上的 差 按键,将未变形结构与变形结构重叠显示。
 改变动画类型执行如下操作:
- 选择工具条上相应的动画类型 扫动 💽

在扫动模式中,数据浏览窗口中数据曲线上的线标尺从左到右的移动,指示 当前 FRF 数据的频率。可以动态的调整标尺到新的位置。改变标尺位置执行如 下操作:

用鼠标拖动标尺到新的位置。标尺将从新的位置开始,继续从左向右移动。

在正弦驻留和静态驻留模式中,数据浏览窗口中数据曲线上的线标尺将停留 在当前位置。可以拖动标尺到 FRF 的峰值位置,观察结构在不同谐振频率下的 ODS 变形,如图 5-6 所示。



图 5-6 选择谐振峰

停止结构动画显示执行如下操作:

• 点击工具条上的 🊰 按键。

模态振型

以平板结构数据为范例,进行结构模态振型动画显示执行如下操作:

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择 "plate" 范例工程。
- 点击快速开始"模态振型动画显示"。

结构浏览窗口和模态浏览窗口打开,并左右排列,如图 5-7 所示。

- 在结构浏览窗口中,载入结构文件"plate"。
- 在模态浏览窗口中,载入数据文件"mode"。



图 5-7 模态振型显示

在结构浏览窗口中

• 点击工具条上的 💆 按键。

模态浏览窗口中的有 27 个自由度的模态振型,根据自由度信息,被自动的 分配给平板结构上的节点。一个对话框显示 27 条数据被自动分配。



平板模型上的节点全部为测量点,因此不需要进行动画插值。

- 点击工具条上的 🊰 按键。
- 调整动画幅度系数 幅度 1 ◆ 和速度系数 速度 1 ◆ 到合适的数值。
 在此范例中,幅度和速度系数分别被设定为 10 和 5。

在动画显示中,设定不同动画显示方式来更好的观察结构模态振型。

- 点击工具条上的 发按键,将未变形结构与变形结构重叠显示。
 改变动画类型执行如下操作:
- 选择工具条上相应的动画类型 扫动 💽。

在扫动模式中,模态浏览窗口中不同模态对应的振型将依次显示:

在正弦驻留和静态驻留模式中,被选择的模态的振型通过结构变形来显示。 可以在模态列表中,点击选择不同的模态来观察其振型。

🧟 模态浏览 - mode.mod				
文件 🖇	扁報 操作 窗□	1 帮助		
×	🫞 🔳 🗮	a φφ Avp mode	🕂 🏯 💑	
序号	频率 (Hz)	阻尼(%)	振型类 🔨	
0	132.265	0.531506	Residue S	
1	341.409	0.054229	Residue S	
2	610.944	0.019368	Residue S	
3	660.464	0.036889	Residue S	

停止结构动画显示执行如下操作:

• 点击工具条上的 🚰 按键。

5.4 动画视频

ModalVIEW 可以将结构模型的动画过程保存为 AVI 动画视频文件,用作资料保存。动画视频文件可以用其他媒体播放器打开。

视频帧率

帧率决定了动画视频的播放速度。建立结构动画视频的默认帧率是每秒 5 帧。修改生成视频的帧率执行如下操作:

• 在 ModalVIEW 主窗口中,执行菜单项操作 | 选项...,系统设置窗口将 打开,如图 5-8 所示。

■系统设置	×
線合 結构 測量 AVD核率(核毎秒) 100 ゆ 圧縮編码 N/A V	结构动画标志 ABSignal
□ 从外部文件导入模型时进	行模型化简操作
	晩定 取消 帮助

图 5-8 系统设置窗口

在结构属性页中



视频编解码器

为了缩减生成的结构动画视频文件大小,ModalVIEW 支持两种格式压缩形式,MSCV和 DIVX。在使用压缩方法前,需要确定系统中是否安装了相应格式的编码器。为了能够在其他计算机上播放生成的结构动画视频,相应的计算机中应安装有与压缩匹配的解码器。

修改生成视频的压缩方法执行如下操作:

• 在 ModalVIEW 主窗口中,执行菜单项**操作 | 选项...**,系统设置窗口将 打开。

在结构属性页中

动画标志

为了表明结构动画的来源,可以在动画视频上显示自己的标识。 ModalVIEW 自动将设定的 JPEG 格式的标识图片添加在动画视频的右上角。 修改视频显示标志。

• 在系统设置窗口的结构属性页中,设定标识图形文件的路径。

标志文件路径	
C:\Program Files\ABSignal\	

产生动画视频

以平板结构数据为范例,产生结构动画视频执行如下操作:

- 点击快速浏览演示例子,打开范例浏览窗口。
- 选择 "plate" 范例工程。
- 点击快速开始"ODS动画显示"。

结构浏览窗口和数据浏览窗口打开,并左右排列。

- 在结构浏览窗口中,载入结构文件"plate"。
- 在数据浏览窗口中,载入数据文件"freq response"。 在结构浏览窗口中
- 选择适当的动画类型。
- 点击工具条上的 浴 按键,启动模型动画显示。
- 调整结构变形幅度到一个适当值。
- 执行菜单项文件 | 输出到动画....。
- 一个文件对话框显示,提示输入保存的视频文件名称。
| 12 | | | \mathbf{X} |
|----|------|----|--------------|
| 新 | 的文件名 | | |
| Γ | | | 1 |
| | | | |
| | 确定 | 取消 | |

输入希望的文件名,点击确定。产生 AVI 结构动画视频文件的过程开始。

正在保存AVI	
过程需要几分钟时间。	

注:当没有采用视频压缩编码时,生成视频文件的时间可能较长,文件尺 寸较大。

当过程结束,一个对话框出现,提示视频文件生成完毕。新生成的视频文件 将自动添加到当前工程中。



• 双击项目树中新产生的视频文件。

结构动画视频文件将自动被媒体播放器打开。



6 试验报告产生

试验报告是模态测试的重要文件。ModalVIEW 提供了通用的报告模板,供操作者设置报告内容,如测试对象、操作者、使用仪器、模态列表和结构振型等。根据设定的报告内容,测试报告以 Word 文件格式自动生成。

6.1 报告项目

ModalVIEW 支持下面预先设定的报告内容。

测试时间
测试对象
操作者 / 部门
备注
测试设备
(设备名称和设备类型)
结构示图
通道设置
试验设置
分析设置
分析结果
振型示图

试验信息

试验日期、试验对象、操作者、备注和试验设备等报告项目在报告产生窗口 设定,如图 6-1 所示。

0.0700 0.0100				测量设备		
2008年11月8日		当前	的时间	设备名称	设备类型	^
THE REAL PROPERTY.	48.0	u del admit della		数据采集卡	NI 4472	
視量括約	5811	24078911		加速度计	PCB	_
半数结构	ABS	ignal	^			_
						M
	~		~	<u><</u>		>
in the				设备名称	设备类型	
音圧	10.1					
这个是一个模态	美脸范例					
					63 HE2	1
					M/1 M/85	J
				(
可选报告项目				已选报告项目		
可选报告项目				已选报告项目		~
可选报告项目				已选报告项目		<u>^</u>
可选报告项目			-	已选报告项目		^
可选报告项目				己选报告项目		•
可选报告项目				已选报告项目 >		
可选报告项目				已选报告项目 >>		-
可选报告项目				已选报告项目		

图 6-1 试验信息设定

下面报告内容将相应的添加到产生的试验报告中。

测试日期: 2008年11月8日	
测试对象: 平板结构	
操作者: ABSignal	
备注: 这个是一个模态试验范例	
试验设备:	
设备名称	设备类型
DAQ hardware	NI 4472

结构示图

结构示图的报告项目在结构浏览窗口中产生。添加结构示图到报告项目执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到报告 | 结构示图....。

一个对话框将出现,提示输入报告项目名称。输入"平板",点击确定键。当前窗口中的结构模型示图将添加到报告项目中。

相应的在报告产生窗口中,报告项目"平板-结构示图"将显示在可选用报 告项目列表中。

可选报告项目		已选报告项目	
平板-结构模型	^	平板 - 结构模型	^
		>	
		<	
	~		~

点击按键 >>>,添加报告项目"平板-结构示图"到已选报告项目列表。

下面内容将出现在生成的报告中。



通道设置

通道设定的报告项目在测量窗口中产生。添加通道设定到报告项目执行如下 操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到报告 | 通道设置...。

一个对话框将出现,提示输入报告项目名称。输入"NI 4472",点击确定键。 当前窗口中的通道设置将添加到报告项目中。

相应的在报告产生窗口中,报告项目"NI 4472 – 通道设置"将显示在可选 用报告项目列表中。

• 点击按键 >> ,添加报告项目 "NI 4472 – 通道设置"到已选报告项目列表。

下面内容将出现在生成的报告中。

采集通道设置:			
通道	输入范围	灵敏度	工程单位
0	+/- 5 V	1000 mV/EU	V
1	+/- 5 V	1000 mV/EU	V
2	+/-5V	1000 mV/EU	V
3	+/-5V	1000 mV/EU	V
4	+/-5V	1000 mV/EU	V
5	+/- 5 V	1000 mV/EU	V
6	+/- 5 V	1000 mV/EU	V
7	+/- 5 V	1000 mV/EU	V

试验设置

试验设置的报告项目在测量窗口中产生。添加试验设置到报告项目执行如下 操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到报告 | 试验设置...。

一个对话框将出现,提示输入报告项目名称。输入"力锤冲击",点击确定 键。当前窗口中的试验设置将添加到报告项目中。

相应的在报告产生窗口中,报告项目"力锤冲击-试验设置"将显示在可选 用报告项目列表中。

点击按键 >>>,添加报告项目"力锤冲击 – 试验设置"到选择的报告项目列表。

下面内容将出现在生成的报告中。

试验设定:

模态试验方法:移动响应点 - 频率响应函数

移动自由度: 0Z 1Z 2Z 3Z 4Z 5Z 6Z 7Z 8Z 9Z 10Z 11Z 12Z 13Z 14Z 15Z 16Z 17Z 18Z 19Z 20Z 21Z 22Z 23Z 24Z 25Z 26Z

参考自由度: 0Z

预处理: Rectangle 窗, 线性 平均# 2

采样率(Hz): 1024.000

分析设置与结果

分析设置与结果的报告项目在模态估计窗口中产生。添加分析设置到报告项目执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到报告 | 分析设置...。

一个对话框将出现,提示输入报告项目名称。输入"快速拟合",点击确定 键。当前窗口中的分析设置将添加到报告项目中。

• 执行菜单项文件 | 复制到报告 | 分析结果...。

一个对话框将出现,提示输入报告项目名称。输入"快速拟合",点击确定 键。当前窗口中的模态列表将添加到报告项目中。

相应的在报告产生窗口中,报告项目"快速拟合-分析设置"与"快速拟合-分析结果"将显示在可选用报告项目列表中。

可选报告项目		已选报告项目	
快速分析 - 分析设置 快速分析 - 分析结果	<u> </u>	快速分析 - 分析设置 快速分析 - 分析结果	<u>^</u>
	>>		
	<<		
	~		~

点击按键 >>>,添加报告项目"快速拟合-分析设置"与"快速拟合-分析结果"到已选报告项目列表。
 下面内容将出现在生成的报告中。

模态分析设置:	
分析方法: 快速分析	
分析频段(Hz): 210.000	- 840.000
模态分析结果:	
频率 (Hz)	阻尼比 (%)
660.459775	0.036108
341.409256	0.053994

在模态浏览窗口中,载入的模态参数表也可以用于产生分析结果的报告项目。添加模态列表到报告项目执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到报告 | 模态列表...。

振型示图

振型示图的报告项目在结构浏览窗口中产生。在静态驻留动画模式,选择在 结构浏览窗口中显示不同模态振型。

添加当前模态振型到振型示图执行如下操作:

- 执行菜单项文件 | 复制到报告 | 模态振型排列...。
- 一个对话框显示,提示将当前模态振型添加到振型示图。



- 输入振型名称,并点击 插入图片 按键。
- 点击确定,关闭振型示图窗口。
- 重复上述操作添加不同模态振型到振型视图中。

其中^{振型每行排列} 3 ◆ 决定了生成振型示图时,每行排列多少个模态振型。

添加振型示图到报告项目执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到报告 | 模态振型...。

一个对话框将出现,提示输入报告项目名称。输入"平板",点击确定键。 振型示图将添加到报告项目中。

相应的在报告产生窗口中,报告项目"平板-模态振型"将显示在可选用报 告项目列表中。

点击按键 >>>,添加报告项目"平板 – 模态振型"到已选报告项目
 列表。

下面内容将出现在生成的报告中。



可选报告项目

所有可以选择用于报告内容,列于可选报告项目列表中。 删除所选报告项目执行如下操作:

- 在可选报告项目列表中选择要删除的项目。
- 执行菜单项操作 | 删除报告选项。

删除全部报告项目执行如下操作:

• 执行菜单项操作 | 清除所有报告选项。

产生试验报告

在设定好报告内容后,产生试验报告执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 生成报告...。

一个文件对话框显示,提示输入报告名称。

8			
新的文件	名		
	确定	取消	

输入希望的文件名称,点击确定。当试验报告成功产生后,一个对话框显示,提示报告文件生成完毕。新生成的报告文件将自动添加到当前工程中。



② 注:在生成报告之前,	请关闭打开的 word 文档和	叩编辑器。否则可能无法
正常产生测试报告,并提	示报告模板出错。	
	•	
	报告模板出错!	
	ОК	

• 双击项目树中新产生的报告文件。

报告文件将自动被相应文本编辑器打开。

Modal Testing Repo	ort	ABSignal
澳試日期: 2008年11月8日		
测试对象:平板结构		
操作者: ABSignal		
备注:这个是一个模态试验范例		
价壮:这个无一个快态凶重视的		
试验设备:		
设备名称 设治	备类型	
数据采集卡 NI	4472	
加速度计 四四	R	

6.2 剪贴板复制

ModalVIEW 提供一系列操作,从不同窗口复制数据表、示图到系统剪贴板。复制的内容可以粘帖到其他软件工具中用于试验报告的建立。

ModalVIEW 支持下如下内容复制到系统剪贴板。

通道设置表
结构示图
结构数据表
曲线示图
数据列表
曲线数据
模态列表
稳定图
复杂度图
置信度图
置信度数据

通道设置表

数据采集通道设置可以以文本数据表形式复制到系统剪帖板,如下所示。

设备	通道	状态	耦合设置	IEPE	输入范围	灵敏度	工程单位
Dev2	0	On	AC	4 mA	+/- 5 V	1000 mV/EU	V
Dev2	1	On	AC	4 mA	+/- 5 V	1000 mV/EU	V
Dev2	2	On	AC	4 mA	+/- 5 V	1000 mV/EU	V
Dev2	3	On	AC	4 mA	+/- 5 V	1000 mV/EU	V
Dev2	4	On	AC	4 mA	+/- 5 V	1000 mV/EU	V
Dev2	5	On	AC	4 mA	+/- 5 V	1000 mV/EU	V
Dev2	6	On	AC	4 mA	+/- 5 V	1000 mV/EU	V
Dev2	7	On	AC	4 mA	+/- 5 V	1000 mV/EU	V

在测量窗口复制相应内容到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到剪贴板 | 通道列表...。

结构示图

结构示图可以以位图形式复制到系统剪帖板,如下所示。



在结构浏览窗口复制相应内容到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到剪贴板 | 位图....。

结构数据表

结构的节点和连线信息可以以文本形式复制到系统剪帖板,如下所示。

[point:	s]			
Ō	-50.0	00	-150.000	0.000
1	-50.0	00	-112.500	0.000
2	-50.0	00	-75.000	0.000
3	-50.0	00	-37.500	0.000
4	-50.0	00	0.000	0.000
[lines]			
0	9	0		
1	10	1		
2	11	2		

在[points]字段,第一列是节点序号,2到4列分别是X,Y,Z坐标值。在 [lines]字段,第一列是连线序号,2到3列是连接节点序号。

在结构浏览窗口复制相应内容到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到剪贴板 | 数据表...。

曲线示图

数据浏览窗口中显示的数据曲线可以以位图形式复制到系统剪贴板,如下所示。



在数据浏览窗口复制相应内容到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到剪贴板 | 位图...。

数据列表

数据浏览窗口中的数据列表可以以文本形式复制到系统剪贴板,如下所示。

序号	类型	自由度	工程单位	描述
0	FRF	OZ : 11Z	g/N	
1	FRF	1Z : 11Z	g/N	
2	FRF	2Z : 11Z	g/N	
3	FRF	3Z : 11Z	g/N	
4	FRF	4Z : 11Z	g/N	
5	FRF	5Z : 11Z	g/N	
6	FRF	6Z : 11Z	g/N	
7	FRF	7Z : 11Z	g/N	
8	FRF	8Z : 11Z	g/N	
9	FRF	9Z : 11Z	g/N	

在数据浏览窗口复制相应内容到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到剪贴板 | 数据表....。

曲线数据

数据浏览窗口中显示的曲线数据可以以文本形式复制到系统剪贴板,如下所示。

Measurem	Frequency	Response					
Engineerin	g/N			g/N			g/N
DOF	OZ : 11Z			1Z : 11Z			2Z : 11Z
Index	Frequency	Mag	Phase	Frequency	Mag	Phase	Frequency
0	0	1	0.190516	0	1	0.012539	0
1	5	0	0.193086	5	0	0.01281	5
2	10	1.185106	0	10	1.035565	0	10
3	15	0.006946	2.76216	15	0.001668	2.782121	15
4	20	0.013009	2.892504	20	0.008926	2.897676	20
5	25	0.015893	2.220853	25	0.015875	1.990117	25

在数据浏览窗口复制相应内容到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到剪贴板 | 曲线数据...。

模态列表

模态浏览窗口中显示的模态列表可以以文本形式复制到系统剪贴板,如下所 示。

序号		频率	阻尼 (%)	振型类型
	0	15.2102	2.65936	Residue Shape
	1	10.909	2.35153	Residue Shape
	2	9.52454	2.52894	Residue Shape
	3	7.29852	2.8084	Residue Shape
自由度		幅度	相位(Deg)	单位
1Z : 1Z		40.812	23.633	
2Z : 1Z		23.627	30.771	
3Z : 1Z		13.169	31.02	
4Z : 1Z		7.119	-135.338	
5Z : 1Z		29.128	-146.035	
6Z : 1Z		17.007	-146.339	

在模态浏览窗口复制相应内容到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到剪贴板 | 模态列表...。

模态稳定图

模态稳定图窗口中显示的稳定图可以以位图形式复制到系统剪贴板,如下所 示。



在稳定图窗口复制相应内容到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到剪贴板 | 位图...。

复杂度图

示。



在模态示图窗口复制相应内容到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到剪贴板 | 位图...。

置信度图

模态示图窗口中显示的置信度图可以以位图形式复制到系统剪贴板,如下所 示。



在模态示图窗口复制相应内容到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到剪贴板 | 位图...。

置信度数据

模态示图窗口中置信度数据可以以文本形式复制到系统剪贴板,如下所示。

	Mode O	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5
Mode O	1	0.01	0.05	0.005	0.027	0.005
Mode 1	0.01	1	0.006	0.005	0.031	0.03
Mode 2	0.05	0.006	1	0.18	0.065	0.003
Mode 3	0.005	0.005	0.18	1	0.011	0.001
Mode 4	0.027	0.031	0.065	0.011	1	0
Mode 5	0.005	0.03	0.003	0.001	0	1

在模态示图窗口复制相应内容到剪贴板执行如下操作:

• 执行菜单项文件 | 复制到剪贴板 | 数据表...。

7 导入其他文件格式

ModalVIEW 可以导入以其他文件格式保存的测量数据、模态振型和结构模型。

7.1 UFF 文件

UFF 文件格式是模态分析领域用于数据交换的常用文件格式。有几种标准的数据格式。ModalVIEW 能够导入如下 UFF 文件的数据格式。

数据格式	数据类型
UFF 15	结构模型(节点)
UFF 82	结构模型 (连线)
UFF 55	模态振型
UFF 58	测量数据

UFF 15 定义了结构模型上节点的位置信息。UFF 82 定义了结构模型上节点 之间的连线信息。从 UFF 文件中导入结构模型执行如下操作:

• 在结构浏览窗口,执行菜单项文件|导入|UFF 文件...。

一个文件选择窗口打开,提示选择 UFF 模型文件。

◇ 注: 节点信息(UFF15 数据段)和连线信息(UFF82 数据段)必须包含在 同一个 UFF 结构文件中。

UFF 55 定义了模态参数信息。从 UFF 文件中导入模态参数执行如下操作:

• 在模态浏览窗口,执行菜单项文件|导入|UFF 文件...。

一个文件选择窗口打开,提示选择 UFF 模态参数文件。

UFF 58 定义了测量数据信息,包括时间记录和 FRF 测量。从 UFF 文件中 导入测量数据执行如下操作:

- 在数据浏览窗口,执行菜单项文件|导入|UFF 文件...。
- 一个文件选择窗口打开,提示选择 UFF 测量数据文件。

7.2 ASCII 文本文件

ModalVIEW 能够导入自定义的文本格式的测量数据(时间记录和 FRF 测量)和结构模型文件。。

结构模型

结构模型的 ASCII 文本文件格式定于如下。

[points] point index<tab>x<tab>y<tab>z point index<tab>x<tab>y<tab>z ...

point index<tab>x<tab>y<tab>z

[lines] line index<tab>point index<tab>point index line index<tab>point index<tab>point index

surface index<tab>point index<tab>point index<tab>point index<tab>point index

其中, [points], [lines] 和 [surfaces] 是关键字,不能被修改。

在[points]字段,每一行定义了结构模型上的一个节点信息,包括节点序号和X,Y,Z坐标轴位置。每个数值之间由TAB符号隔开。

在[lines]字段,每一行定义了结构模型上的一个连线信息,包括连线序号和 2个节点序号。2个节点序号定义了连接2个节点之间的连线。节点序号之间由 TAB 符号隔开。

在[surfaces]字段,每一行定义了结构模型上的一个表面信息,包括表面序 号和4个节点序号。4个节点序号定义了四边形表面。当最后一个节点序号为-1 时,前三个节点序号定义了一个三角形表面。节点序号之间由 TAB 符号隔开。 例如,如下文件内容定义了一个平板结构。可以将内容复制到一个文本文件,从 ModalVIEW 结构浏览窗口导入。

[poin	nts]			
Ö	Ĵ0	0	0	
1	0	50	0	
2	0	0	50	
3	0	50	50	
[line	s]			
0	0	2		
1	1	3		
2	0	1		
3	2	3		
[surf	àces]			
0	0	1	2	3

从 ASCII 文本文件中导入结构模型执行如下操作:

• 在结构浏览窗口,执行菜单项文件|导入|ASCII文件...。

一个文件选择窗口打开,提示选择 ASCII 结构模型文件。

测量数据

测量数据的 ASCII 文本文件格式定于如下。

```
[type]
time/freq
[initial]
data<tab>data<tab>... data
[interval]
data<tab>data<tab>... data
[data]
data<tab>data<tab>... data
data<tab>data<tab>... data
...
data<tab>data<tab>... data
```

其中, [type], [initial], [interval] 和 [data]是关键字,不能被修改。

在[**type**]字段,设定值必须是 **time** 或 **freq**,定义了保存的测量数据类型(时间记录或 FRF 测量)。

在[initial]字段,设定值定义了时间记录或 FRF 测量的初始时刻或频率。设定值为一行,由 TAB 字符隔开。设定值的数目由测量数据的记录(通道)数决定。

在[interval]字段,设定值定义了时间记录或 FRF 测量的时间间隔或频率增量。设定值为一行,由 TAB 字符隔开。设定值的数目由测量数据的记录(通道)数决定。

在[data]字段,数据格式由保存的数据类型决定。对于时间记录,每一列数 据对应一个记录(通道)。对于 FRF 测量,每两列对应一个记录(测量),分 别为 FRF 的幅度和相位值。每一行数据对应于某一时刻或频率。每一行的数 值,由 TAB 字符隔开。

例如,如下文件内容定义了一个3通道时间记录。可以将内容复制到一个文本文件,从 ModalVIEW 数据浏览窗口导入。

[type]		
time		
[initial]]	
0	0	0
[interva	a1]	
0.01	0.01	0.01
[data]		
0.000	1.000	0.000
0.383	0.924	-0.383
0.707	0.707	-0.707
0.924	0.383	-0.924
1.000	0.000	-1.000
0.924	-0.383	-0.924
0.707	-0.707	-0.707
0.383	-0.924	-0.383
0.000	-1.000	0.000
-0.383	-0.924	0.383
-0.707	-0.707	0.707
-0.924	-0.383	0.924
-1.000	0.000	1.000
-0.924	0.383	0.924
-0.707	0.707	0.707
-0.383	0.924	0.383

从 ASCII 文本文件中导入测量数据执行如下操作:

• 在数据浏览窗口,执行菜单项**文件|导入|ASCII文件...**。 一个文件选择窗口打开,提示选择 ASCII 结构模型文件。

ModalVIEW 同样支持从文件目录中顺序排列的多个 ASCII 文件中导入测量数据,每个文件保存有一个通道(自由度)的时间记录或 FRF 测量数据。当测量数据类型是时间记录时,每个文件中保存一列数据。当测量数据类型是 FRF时,每个文件中保存两列数据,第一列为幅度,第二列为相位(以弧度为单位),每一行的两个数值之间由 TAB 字符隔开。

注:数据导入默认的采样频率或频率增量为1,请在数据导入后,修改测量数据的相应频率属性。

从文件目录中导入测量数据执行如下操作:

• 在数据浏览窗口,执行菜单项**文件|导入|ASCII文件目录...**。 一个文件选择窗口打开,提示选择文件目录。

自由度生成

从文本文件导入的时间记录或 FRF 测量不包含任何自由度信息。为数据自动建立自由度信息执行如下操作:

在数据浏览窗口,执行菜单项编辑|自由度...。
 自由度生成窗口将显示。

🧟 自由度生成	
移动自由度	参考自由度
起始 0 🔷	起始 0 🗢
增量 1 😂	增量 0 😂
□×轴	□x轴
□\4	Y轴
∠ Z轴	∠ Z轴
M# 移位 1 😂	M# 移位 1 📚
确定	取消

设定好相应参数,点击确定按键。一系列自由度信息将根据如下规则自动产 生,设置到测量数据中。

_	自由度增	量					
	测量轴选	择					
0	X 0X. 0	 Y 0Y. 07] 7 07. ⁻	l 1X '	1X. 1Y	. 1Y. 17	. 17
Ľ		.,,,	_,, 02,	1,,,		,,,	, 12,
	测量序号	(M#)移位					

不同数据类型的自由度信息如下表定义。

自由度类型	自由度格式
时间记录	移动自由度 (如,1X)
FRF 测量	移动自由度:参考自由度(如,2X:0X)

从文件导入的测量数据自由度信息也可以通过修改数据的属性,手动设置其 自由度信息。修改测量数据的属性执行如下操作:

- 在数据浏览窗口,执行菜单项编辑|属性...。
- 或双击数据列表中的一项,打开属性设置窗口。

7.3 STL 文件

STL 文件是计算机辅助设计(CAD)中广泛使用的 3D 结构模型输入/输出格式。有 ASCII 文本和二进制两种类型的 STL 格式。ModalVIEW 能够导入其他 CAD 工具生成的, STL 文件格式的 3D 结构模型。

从 STL 文件中导入 3D 结构模型执行如下操作:

• 在模态浏览窗口,执行菜单项文件|导入|STL文件...。

一个文件选择窗口打开,提示选择 STL 结构模态文件。3D 结构模型将显示 在结构浏览窗口中,如图 7-1 所示。



图 7-1 导入 STL 结构模型文件

• 执行菜单**文件 | 另存为...**,将模型保存为 ModalVIEW 的结构模型文件格式。