

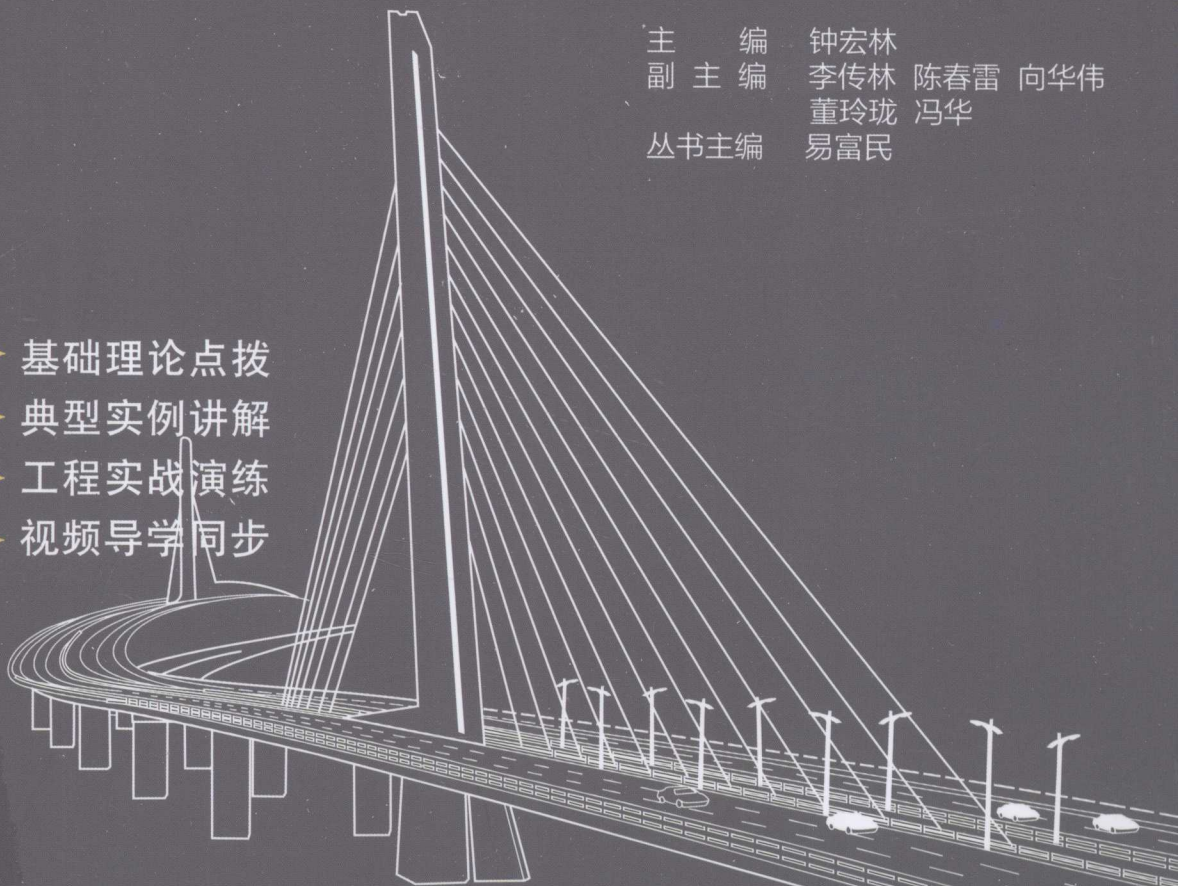
土木工程软件应用系列

# midas Civil

## 桥梁工程实例精解

主 编 钟宏林  
副 主 编 李传林 陈春雷 向华伟  
董玲珑 冯华  
丛书主编 易富民

- ◆ 基础理论点拨
- ◆ 典型实例讲解
- ◆ 工程实战演练
- ◆ 视频导学同步



大连理工大学出版社



赠送超值光盘，内含实例模型+视频演示

土木工程软件应用系列

# midas Civil 桥梁工程 实例精解

主 编 钟宏林  
副 主 编 李传林 陈春雷 向华伟  
董玲珑 冯 华  
丛书主编 易富民

大连理工大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

midas Civil 桥梁工程实例精解 / 钟宏林主编. —  
大连: 大连理工大学出版社, 2014. 9  
(土木工程软件应用系列)  
ISBN 978-7-5611-9494-2

I. ①m… II. ①钟… III. ①桥梁工程—应用软件  
IV. ①U44-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 202920 号

大连理工大学出版社出版

地址: 大连市软件园路 80 号 邮政编码: 116023

发行: 0411-84708842 邮购: 0411-84708943 传真: 0411-84701466

E-mail: dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

大连金华光彩色印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

---

幅面尺寸: 185mm×260mm 印张: 15.5 字数: 359 千字

附件: 光盘一张

2014 年 9 月第 1 版

2014 年 9 月第 1 次印刷

---

责任编辑: 裘美倩

责任校对: 王丹丹

封面设计: 张 群

---

ISBN 978-7-5611-9494-2

定 价: 42.00 元

## 土木工程软件应用系列 丛书编委会

丛书主编/主任:易富民

副主任:沈伟 韦虹 赵捷 刘蓉 赵艳华 王海涛  
国巍 范兴朗 钟宏林 卢鹏程 吴熙 董伟  
杨树桐 王建超

委员:黄涌 宋丽佳 董建熙 石柱 田建平 徐庆钟  
赵宏明 徐锋 张云国 张宁 王显利 卜丹  
国振 涂兵雄 纪文武 荣华 潘剑云 侯东序  
黄帮秀 王荣波 陈春雷 冯华 董玲珑 李传林  
何君 李标 宋方闹 祁伟 向华伟 鲁昭  
杨微 刘名君 刘忠平 王典斌 邱朝阳 李旭鹏  
尤志国 马永贺 宋志强 李庆华 钟亚伟 董晓刚  
蔡向荣 徐磊 李学进 梁猛 胡程鹤 李珊  
沈霞

# 前 言

桥梁作为一种基础设施,在改善交通状况的同时,也是自然景观的重要组成部分。随着现代科技的发展,桥梁的种类越来越多,桥型越来越复杂,呈现出多样性和多功能性,对桥梁工程师的专业技术水平要求也越来越高。随着计算机广泛应用以及有限元理论的日益发展,功能强大、精度可靠的专用有限元软件在桥梁分析设计中得到了普遍的推广。

MIDAS IT(MIDAS Information Technology Co., Ltd.)成立于2000年9月1日,自成立以来,迈达斯公司一直致力于提供建筑、桥梁、岩土、机械等领域的工程分析与设计解决方案。midas Civil是通用有限元软件和桥梁专用软件的完美结合,除能进行有限元分析之外,更嵌入了我国公路桥梁、城市桥梁、铁路桥梁的最新设计规范,帮助广大土木工程设计人员更快、更好、更准确地进行各类桥梁的设计工作。

本书共分为8章。具体内容如下:

**第1章 midas Civil的功能特点及优点。**介绍了midas的成长历程,对midas Civil的建模功能、分析功能和设计功能进行了简单说明。

**第2章 midas Civil一般建模操作简介。**详细地介绍了midas Civil模型建立、模型分析的过程。

**第3章 连续梁桥分析。**以一座 $30+50+30=110(\text{m})$ 三跨混凝土连续梁桥为例,介绍了midas Civil的模型建立、分析功能及结果查看等。

**第4章 斜桥与弯桥分析。**斜桥与弯桥受力性能比一般桥梁复杂,平面结构计算软件无法对其进行精确的分析。本章用两个小例子,分析斜桥和弯桥的受力特点,并分析了弯桥的稳定性。

**第5章 斜拉桥成桥阶段和施工阶段分析。**以单塔双索面双边箱断面预应力混凝土箱梁矮塔斜拉桥为例,介绍了斜拉桥分析模型的建立,通过未知荷载系数法计算拉索结构的初始平衡状态拉索索力,并对桥梁的施工阶段分析方法和步骤做了详细的阐述。

**第6章 桥梁抗震分析。**介绍了桥梁抗震分析与设计的注意事项,以一座 $30+50+30=110(\text{m})$ 的单箱单室连续刚构桥为例,用反应谱法和时程分析法做了桥梁地震响应分析。

**第7章 拱桥施工监控分析。**以主跨计算跨径60m的钢管混凝土提篮式拱桥为例,做了全桥上部结构的仿真分析,拱肋施工过程中的稳定分析,及施工过程的参数敏感性分析、参数误差估计和现场实测数据分析。

**第8章 midas Civil在桥梁检测中的应用。**以某下承式异形系杆钢拱桥为例,建立有

限元模型,模拟分析了桥梁的静力特性、动力特性,将模拟结果与实测结果进行了对比分析。用有限元模拟桥梁的实际工作情况得出的参考数据,作为在对桥梁实际使用过程中的健康检测和维护及桥梁的安全评定的依据。

本书可作为工科院校土木、力学等专业高年级本科生、研究生学习 midas Civil 软件应用的学习教材,也可以作为结构工程、桥梁工程技术人员学习 midas Civil 软件的参考用书。

本书由钟宏林主编,李传林、陈春雷、向华伟、董玲珑、冯华为副主编。同时,参加本书编写的工作人员有吴熙、贾颖栋、张凯敏、李强、王磊。

感谢范兴朗博士在编写过程中的支持,也感谢力创土木科技有限公司同事对本书的写作提供技术上的支持。感谢大连理工大学出版社的编辑,他们的耐心和细心使本文的内容和格式更为完善。

由于编者水平有限,编写时间较为仓促,书中疏漏在所难免,欢迎广大读者批评指正。作者邮箱:zhonghl1982@126.com;网址:www.lctmkj.com。

编 者

2014 年 9 月

# 目 录

<b>第 1 章</b>	<b>midas Civil 的功能特点及优点</b>	1
1.1	midas 公司简介	1
1.2	功能模块介绍及产品功能	2
1.2.1	功能模块简介	2
1.2.2	与同类软件功能对比	13
1.2.3	新版功能改进——midas Civil 2010 升级内容说明	13
<b>第 2 章</b>	<b>midas Civil 一般建模操作简介</b>	16
2.1	材料定义	16
2.2	时间依存材料定义	18
2.3	截面定义	19
2.4	建立节点	22
2.5	建立单元	24
2.6	建立边界条件	28
2.7	定义荷载	30
2.8	组的定义	37
<b>第 3 章</b>	<b>连续梁桥分析</b>	40
3.1	概要	40
3.2	设置操作环境	42
3.3	定义材料和截面	43
3.3.1	定义材料	43
3.3.2	定义截面	44
3.4	建立结构模型	47
3.4.1	利用建立节点和扩展单元的功能来建立单元	47
3.4.2	建立桥墩单元	50
3.5	输入边界条件	52
3.6	输入荷载	55
3.7	输入钢束特性值	57
3.8	输入钢束形状	58
3.9	输入钢束预应力荷载	60
3.10	输入移动荷载数据	61
3.11	运行结构分析	65
3.12	查看分析结果	65

<b>第 4 章 斜桥与弯桥分析</b> .....	68
4.1 斜桥 .....	68
4.1.1 概述 .....	68
4.1.2 斜交桥梁的受力特点 .....	68
4.1.3 建模方法 .....	70
4.2 弯桥 .....	71
4.2.1 概述 .....	71
4.2.2 弯桥的受力特点 .....	71
4.2.3 建模方法及要点 .....	73
4.2.4 弯桥建模例题 .....	75
4.2.5 弯桥的稳定分析 .....	80
<b>第 5 章 斜拉桥成桥阶段和施工阶段分析</b> .....	83
5.1 概要 .....	83
5.1.1 桥梁基本数据 .....	83
5.1.2 荷载 .....	84
5.1.3 设定建模环境 .....	84
5.2 定义材料和截面的特性值 .....	85
5.2.1 输入拉索、主梁、索塔、主梁横向系梁、索塔横梁的材料特性值 .....	85
5.2.2 定义时间依存性材料 .....	86
5.2.3 输入拉索、主梁、索塔、主梁横向系梁、索塔横梁等的截面特性值 .....	87
5.3 结构建模 .....	88
5.3.1 建立节点 .....	89
5.3.2 根据结构形式建立单元 .....	90
5.4 建立约束条件 .....	95
5.4.1 建立主梁约束 .....	95
5.4.2 建立桥墩约束 .....	95
5.4.3 建立支座约束 .....	95
5.4.4 建立主梁边界约束 .....	96
5.5 输入荷载条件 .....	96
5.6 输入荷载 .....	97
5.7 运行结构分析 .....	99
5.8 建立荷载组合 .....	99
5.9 计算未知荷载系数 .....	100
5.10 查看成桥阶段分析结果 .....	102
5.11 施工阶段分析 .....	102
5.11.1 施工阶段分类 .....	103
5.11.2 施工阶段分析方法 .....	103



5.11.3	定义施工阶段名称 .....	104
5.11.4	定义结构组 .....	105
5.11.5	定义边界组 .....	107
5.11.6	定义荷载组 .....	108
5.11.7	建立施工阶段 .....	110
5.11.8	输入施工阶段分析控制数据 .....	110
5.11.9	运行结构分析 .....	111
5.11.10	查看施工阶段分析结果 .....	111
<b>第 6 章</b>	<b>桥梁抗震分析 .....</b>	<b>117</b>
6.1	桥梁抗震分析与设计注意事项 .....	117
6.1.1	动力分析模型刚度的模拟 .....	117
6.1.2	动力分析模型质量的模拟 .....	117
6.1.3	动力分析模型阻尼的模拟 .....	118
6.1.4	动力分析模型边界的模拟 .....	118
6.1.5	特征值分析方法 .....	119
6.1.6	反应谱的概念 .....	119
6.1.7	反应谱荷载工况的定义 .....	119
6.1.8	反应谱分析振型组合的方法 .....	120
6.1.9	时程分析的计算方法 .....	120
6.2	桥梁抗震分析与设计例题 .....	120
6.2.1	概要 .....	120
6.2.2	输入质量 .....	121
6.2.3	输入反应谱数据 .....	124
6.2.4	特征值分析 .....	125
6.2.5	查看振型分析与反应谱分析结果 .....	126
6.2.6	输入时程分析数据 .....	132
6.2.7	查看时程分析结果 .....	134
6.3	抗震设计 .....	138
<b>第 7 章</b>	<b>拱桥施工监控分析 .....</b>	<b>139</b>
7.1	基本介绍 .....	139
7.1.1	全桥上部结构仿真分析 .....	140
7.1.2	拱肋施工过程中的稳定性分析 .....	140
7.1.3	施工过程的参数敏感性分析、参数误差估计和现场实测数据分析 .....	140
7.2	上部结构仿真计算分析 .....	140
7.2.1	桥梁施工控制结构分析方法 .....	140
7.2.2	拱桥结构空间分析有限元模型 .....	141

7.3	拱桥施工过程计算分析 .....	144
7.3.1	拱桥施工工况 .....	144
7.3.2	拱桥施工阶段变形计算 .....	144
7.3.3	拱桥预拱度计算 .....	149
7.3.4	施工阶段应力计算 .....	150
7.3.5	吊杆调索计算 .....	153
7.4	设计参数敏感性分析 .....	156
7.4.1	施工控制误差分析 .....	156
7.4.2	设计参数误差 .....	156
7.4.3	施工误差 .....	157
7.4.4	测量误差 .....	157
7.4.5	结构分析模型误差 .....	157
7.5	设计参数敏感性分析 .....	158
7.5.1	结构刚度敏感性分析 .....	158
7.5.2	结构容重敏感性分析 .....	160
7.5.3	环境温度敏感性分析 .....	161
7.5.4	参数敏感性分析总结 .....	162
7.5.5	参数误差估计的最小二乘法 .....	162
7.6	结论 .....	164
<b>第 8 章</b>	<b>midas Civil 在桥梁检测中的应用 .....</b>	<b>165</b>
8.1	引言 .....	165
8.2	工程概况 .....	165
8.3	试验目的 .....	166
8.4	试验内容 .....	166
8.4.1	桥梁常规检查 .....	167
8.4.2	桥梁静载试验 .....	167
8.4.3	桥梁动载试验 .....	168
8.4.4	桥梁结构评定内容 .....	168
8.4.5	加载工况及测试内容 .....	168
8.4.6	观测方法及所用仪器 .....	169
8.4.7	加载原则 .....	170
8.4.8	测点布置 .....	170
8.4.9	加载方案 .....	174
8.5	桥梁动载试验方案 .....	180
8.5.1	动载试验测试检测内容 .....	180
8.5.2	动载试验测点布置 .....	180
8.5.3	试验荷载 .....	180

8.5.4	加载程序	181
8.5.5	动态测试方案	181
8.6	桥梁静载试验结果与分析	181
8.6.1	西侧引桥挠度结果	181
8.6.2	西侧引桥应变结果	184
8.6.3	东侧引桥挠度结果	188
8.6.4	东侧引桥应变结果	189
8.6.5	主桥挠度结果	191
8.6.6	主桥应力结果	212
8.6.7	主桥索力试验结果	225
8.7	桥梁动载试验结果与分析	227
8.7.1	动力特性理论计算	227
8.7.2	动载试验结果	230
8.7.3	跑车试验	230
8.7.4	跳车试验	231
8.7.5	实测阻尼比分析	235
8.7.6	动载试验结论	236
8.8	结论	236

# 第 1 章

# midas Civil 的功能特点及优点

## 1.1 midas 公司简介

midas Information Technology Co., Ltd. (简称 midas IT) 正式成立于 2000 年 9 月 1 日,是浦项制铁(POSCO)集团成立的第一个 venture company,它隶属于浦项制铁开发公司(POSCO E&C)。POSCO E&C 是 POSCO 的一个分支机构,是韩国最具实力的建设公司之一。

自从 1989 年由 POSCO 集团成立专门机构开发 midas 软件以来, midas IT 在不断追求完美的企业宗旨下获得了飞速发展。目前在韩国结构软件市场中, midas Family Program 的市场占有率排第一位,在用户最满意的产品中也始终排在第一位。

迈达斯(midas)分公司北京迈达斯技术有限公司为 midas IT 在中国的唯一独资子公司,于 2002 年 11 月正式成立。负责 midas 软件的中文版开发、销售和技术支持工作。在进入中国市场的第一年, midas 软件的用户就已经发展到 500 多家。

midas IT 致力于工程软件的开发及销售、结构工程咨询服务以及电子商务解决方案。目前,已有超过 300 名开发人员及拥有大量实践经验的结构工程师投身到公司建设中。midas IT 也在美国、中国、日本以及印度拥有独立法人公司,正在成长为将工程软件推广到全世界的跨国公司。

目前,北京迈达斯技术有限公司在北京、上海、广州、成都、沈阳、武汉、西安设有 7 个分公司。

midas 成长历程:

- 1989.10 POSCO 集团建立 midas IT
- 2000.09 成立 midas IT 独立法人公司(POSCO 集团最新成立)(2000 年 9 月 1 日)
- 2002.04 midas 与 Bentley Systems 签订合作协议
- 2002.11 在北京成立迈达斯技术有限公司中国公司
- 2003.01 在美国西雅图成立 midasoft
- 2004.03 与 JCRC—Japan、USA、Canada、UAE、Iran、Bolivia & Thailand 达成战略合作协议
- 2005.04 在上海成立北京迈达斯技术有限公司上海分公司
- 2005.11 与荷兰 TNO DIANA 达成战略合作协议,并展开美国 / 欧洲的销售业务
- 2007.03 在广州、成都成立北京迈达斯技术有限公司广州分公司、成都分公司
- 2007.07 与美国 Noran Engineering 达成战略合作协议
- 2008.03 在沈阳成立北京迈达斯技术有限公司沈阳分公司
- 2008.05 与日本 KKE 公司在机械工程领域签订合作协议

- 1996.11 midas Gen、BDS、SDS: 建筑设计工程
- 2001.11 midas Civil: 桥梁工程
- 2003.06 midas ADS: 住宅剪力墙建筑设计
- 2003.12 midas FX+: 桥梁工程通用的前后处理
- 2005.03 midas GTS: 岩土隧道工程
- 2006.11 midas FEA: 仿真及非线性分析
- 2007.03 midas GeoX: 开凿的临时结构设计程序
- 2007.05 MODS: 面向用户的需求服务
- 2008.08 Nastran FX: 简单、精确、实践性强的实际分析—驱动设计
- 2009.06 midas Building: 建筑结构设计的一站式解决方案

## 1.2 功能模块介绍及产品功能

### 1.2.1 功能模块简介

专业版:

静力分析(线性静力分析、热应力分析), 动力分析(特征值分析、反应谱分析、时程分析)

P- $\delta$  分析

屈曲分析

移动荷载分析(影响线分析、影响面分析)

施工阶段分析(叠合梁桥施工阶段模拟、钢管混凝土桥施工阶段模拟)

支座沉降分析

预应力箱形桥梁分析(悬臂法、顶推法、移动支架法)

悬索桥和斜拉桥分析(几何非线性分析、调索功能)

考虑材料时间依存特性的分析(弹性模量的变化、徐变和收缩)

建模助手(板形桥梁、钢筋混凝土刚架桥、暗渠)

设计功能(混凝土、钢材、组合结构)

板单元的自动和映射网格划分功能

任意截面特性值计算器

文本编辑器

图形编辑器

地震波生成器

专业版之外, 共有以下模块:

模块 1 非线性边界分析(活动盆式支座、阻尼器、隔震器、用户定义)

模块 2 水化热分析(稳定分析、瞬态分析)

模块 3 材料非线性分析

模块 4 静力弹塑性分析

模块 5 动力弹塑性分析

模块 6 公路设计规范

模块 7 铁路设计规范

模块 8 梁格法建模助手(近期推出)

模块 9  $M-\phi$  曲线分析(近期推出)

其中:公路规范版一般组合为专业版+模块 6

铁路规范版一般组合为专业版+模块 7

设计版一般组合为专业版+模块 6~7

完全版即为专业版+模块 1~9

midas Civil 操作界面如图 1-1 所示。

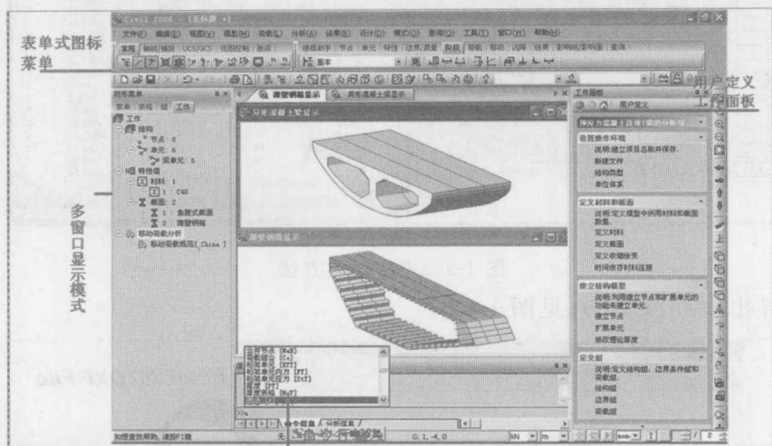


图 1-1 操作界面

midas Civil 程序提供菜单、表格、文本、导入 CAD 和部分其他程序文件等灵活多样的建模功能,并尽可能使鼠标在画面上的移动量达到最少,从而使用户的工作效率达到最高。

1) 文本输入方法,见图 1-2

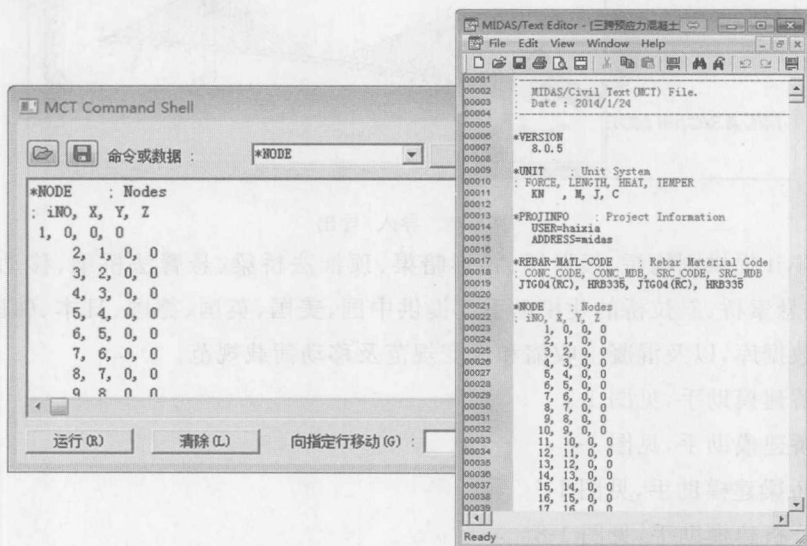


图 1-2 文本输入方法

2) 表格输入方法(与 Excel 互换), 见图 1-3

单元	荷载	位置	轴向 (kN)	剪力 (kN)	弯矩 (kNm)
1 恒载	J[1]	0.02	0.00	0.00	0.00
1 恒载	J[2]	0.02	0.00	0.00	0.00
2 恒载	J[3]	-0.61	0.00	-1202.28	0.00
2 恒载	J[5]	-0.76	0.00	-1202.28	0.00
3 恒载	J[44]	-0.76	0.00	-859.38	0.00
4 恒载	J[44]	-0.43	0.00	-859.38	0.00
4 恒载	J[4]	-0.43	0.00	-516.48	0.00
5 恒载	J[4]	-17.30	0.00	-316.15	0.00
5 恒载	J[5]	-7.04	0.00	-203.63	0.00
6 恒载	J[5]	-0.00	0.00	-203.75	0.00
6 恒载	J[26]	-0.00	0.00	92.96	0.00
7 恒载	J[26]	-0.00	0.00	92.96	0.00
7 恒载	J[27]	-0.00	0.00	389.67	0.00
8 恒载	J[27]	-0.23	0.00	389.67	0.00
8 恒载	J[28]	-0.23	0.00	686.38	0.00
9 恒载	J[28]	-0.18	0.00	686.38	0.00
9 恒载	J[29]	-0.18	0.00	983.09	0.00
10 恒载	J[29]	-0.67	0.00	1279.00	0.00
11 恒载	J[30]	-1.18	0.00	1279.79	0.00
11 恒载	J[6]	-1.18	0.00	1576.50	0.00
12 恒载	J[6]	-54.88	0.00	1576.54	0.00
12 恒载	J[7]	-65.14	0.00	1888.10	0.00
15 恒载	J[7]	-24.41	0.00	1889.07	0.00

图 1-3 表格输入方法

3) 导入/导出(AutoCAD), 见图 1-4

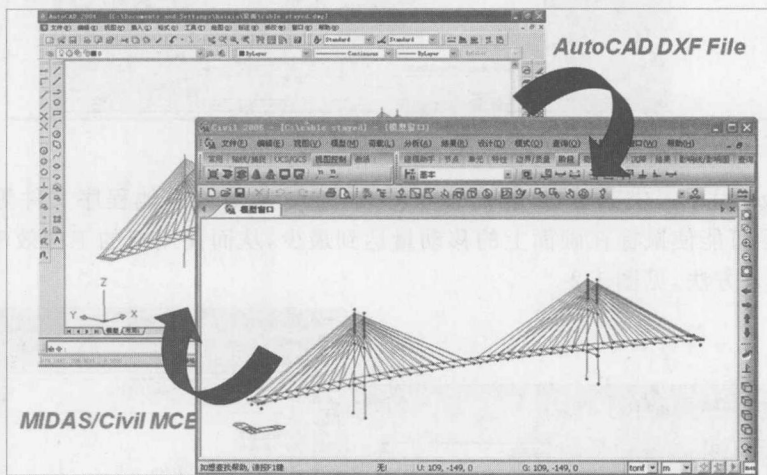


图 1-4 导入/导出

midas Civil 提供刚构桥、板形桥、箱形暗渠、顶推法桥梁、悬臂法桥梁、移动支架/满堂支架法桥梁、悬索桥、斜拉桥的建模助手。提供中国、美国、英国、德国、日本、韩国等国家的材料和截面数据库, 以及混凝土收缩和徐变规范及移动荷载规范。

- 4) 悬索桥建模助手, 见图 1-5
- 5) 斜拉桥建模助手, 见图 1-6
- 6) PSC 桥梁建模助手, 见图 1-7
- 7) 横向分析建模助手, 见图 1-8

midas Civil 提供桁架、一般梁/变截面梁、平面应力/平面应变、只受拉/只受压、间隙、钩、索、加劲板、轴对称、板(厚板/薄板、面内/面外厚度、正交各向异向)、实体单元(六面体、

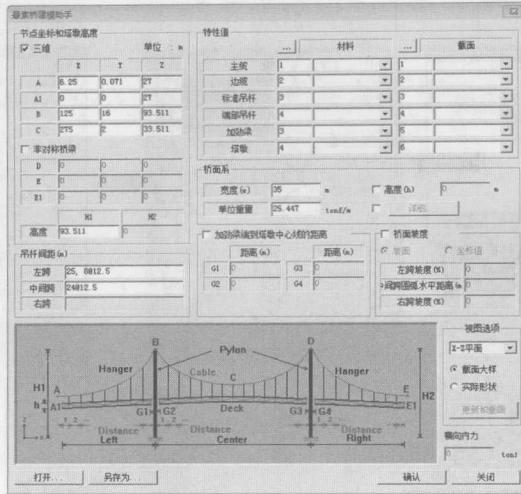


图 1-5 悬索桥建模助手

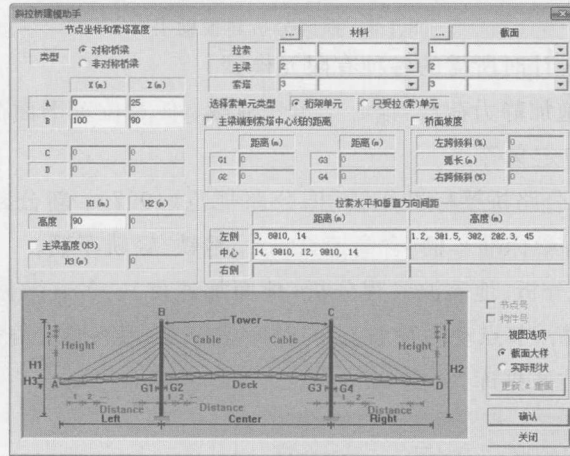


图 1-6 斜拉桥建模助手

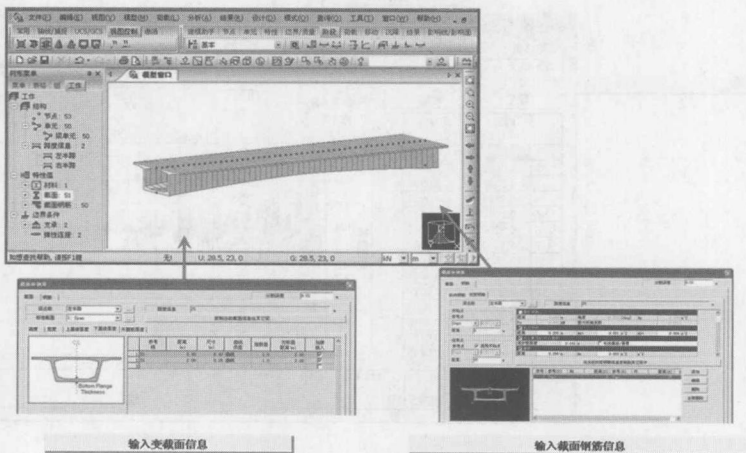


图 1-7 PSC 桥梁建模助手



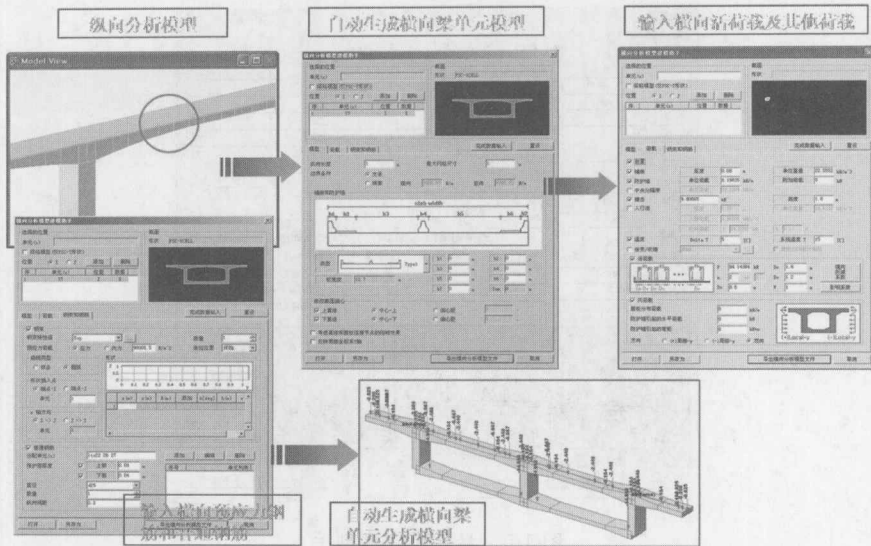


图 1-8 横向分析建模助手

楔形、四面体)等工程设计时所需的各种有限元模型。

midas Civil 能够施加静力荷载:偏心梁单元荷载、任意位置平面荷载、各种温度荷载、钢束预应力荷载、用户定义等。

自带的移动荷载:公路桥梁标准车辆[旧公路规范(1997)、新公路规范(2004)]、城市桥梁标准车辆、铁路桥梁标准车辆(含高速铁路)、地铁/轻轨车辆。

动力荷载:反应谱分析、地震波时程分析(地面加速度)、多点激振分析(多点地面加速度)、移动荷载动力分析(节点动力荷载)、同时考虑静力荷载(时变静荷载)。

8)程序内藏地震波数据库,见图 1-9

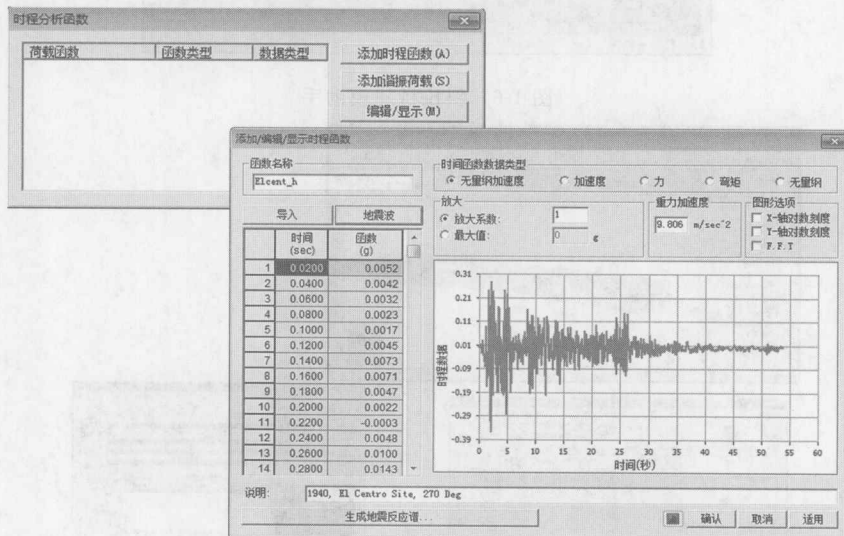


图 1-9 地震波数据库