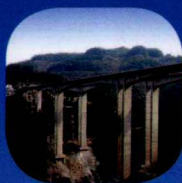


# midas Civil

## 在桥梁结构分析中的应用（一）

The Application of midas Civil in  
Structural Analysis of Bridges

编著 刘美兰



人民交通出版社  
China Communications Press

# midas Civil 在桥梁结构分析中的应用(一)

刘美兰 编著

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书为《midas Civil 在桥梁结构分析中的应用》之第一册,重点阐述如何运用 midas Civil 进行桥梁结构分析和设计。全书由两篇 6 章组成。第一篇是 midas Civil 功能使用入门,共 3 章,第 1 章概况性地介绍了 midas Civil 基本概念,第 2 章详细介绍了 midas Civil 功能在简单结构中的应用,第 3 章详细介绍了 midas Civil 功能在桥梁施工临时结构中的应用。第二篇是 midas Civil 功能在桥梁工程中的应用,共 3 章,第 4 章详细介绍了 PC 连续刚构桥,第 5 章详细介绍了梁格,第 6 章详细介绍了桥梁地震响应分析与抗震及减震设计。

本书对提高 midas Civil 软件用户的技术水平大有裨益,可供土木工程相关领域的工程师、科研人员、高等院校的教师和学生参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

midas Civil 在桥梁结构分析中的应用. 1 / 刘美兰  
编著. — 北京:人民交通出版社,2012.4  
(桥梁结构有限元分析系列丛书)  
ISBN 978-7-114-09737-9

I. ①m… II. ①刘… III. ①桥梁工程—应用软件,  
midas Civil IV. ①U44-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 061912 号

书 名: midas Civil 在桥梁结构分析中的应用(一)  
著 作 者: 刘美兰  
责任编辑: 付宇斌  
出版发行: 人民交通出版社  
地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号  
网 址: <http://www.ccpres.com.cn>  
销售电话: (010) 59757969, 59757973  
总 经 销: 人民交通出版社发行部  
经 销: 各地新华书店  
印 刷: 北京交通印务实业公司  
开 本: 787×1092 1/16  
印 张: 18.5  
字 数: 428千  
版 次: 2012年4月 第1版  
印 次: 2012年4月 第1次印刷  
书 号: ISBN 978-7-114-09737-9  
定 价: 60.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 前言

## QIANYAN

本书为《midas Civil 在桥梁结构分析中的应用》之第一册,本书重点阐述如何运用 midas Civil 进行桥梁结构分析与设计。

本书不论是在内容编排,还是工程应用上,都力求对实际桥梁工程结构分析或设计有指导意义,同时由于 midas Civil 的功能实在太多,可应用的面也实在太广,作者也只能选取具有代表性的桥梁工程实例来介绍,尽可能比较明确地体现软件基本操作层面的内容。即便如此,由于篇幅限制,有些内容还是不得不忍痛割爱。一些有关软件本身的操作和技巧,读者可参阅其他相关资料。

本书由两篇共 6 章组成。

第一篇是 midas Civil 功能使用入门,共 3 章。第 1 章概况性地介绍了 midas Civil 基本概念。本章从总体出发,对 midas Civil 的建模功能、分析功能和设计功能以及用户界面等进行综合介绍。第 2 章详细介绍了 midas Civil 功能在简单结构中的应用。本章以一个简单结构为例,详细介绍 midas Civil 模型建立、模型分析、模型设计的过程。第 3 章详细介绍了 midas Civil 功能在桥梁施工临时结构中的应用。本章以一个简单结构为例,详细介绍 midas Civil 功能在施工临时结构中的稳定分析功能、强度计算和位移计算等功能。

第二篇是 midas Civil 功能在桥梁工程中的应用,共 3 章。第 4 章详细介绍了 PC 连续刚构桥。本章以一座  $(86 + 155 + 86 = 327)$  m 三跨 PC 连续刚构桥为例,介绍 midas Civil 的模型建立、分析功能和结合《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)的 PSC 设计验算功能,第 5 章详细介绍了梁格。本章只对铰接空心板梁桥的梁格分析模型的建模过程以及结合规范的设计过程有个详细叙述;对异形板桥和 T 梁桥,只分别体现了受力分析结果和横向分布系数的求解;由于 midas Civil 中的“单箱多室箱梁梁格法建模助手”功能还在完善中,因此本书第一版本暂不体现单箱多室箱梁桥的梁格分析模型,计划在第二版本中加入“单箱多室曲线箱梁桥—梁格分析”章节。但在相应地方会共享“2010 版本的单箱多室箱梁桥的梁格建模及 PSC 设计”的资料。第 6 章详细介绍了桥梁地震响应分析与抗震及减震设计。本章不但以一个简单结构为例,详细介绍 midas Civil 的桥梁地震响应分析功能和结合新规范的抗震设计功能,使抗震设计初学者对 midas Civil 地震响应分析功能与设计功能有一个初步的认识及掌握,从而对借助 midas Civil 进行桥

梁抗震分析与设计有个整体把握。本章还以第1章的三跨PC连续刚构桥为例,对该桥的抗震性能进行研究。在初步设计阶段采用反应谱分析方法进行大桥的地震响应分析;在技术设计阶段采用动态时程分析方法进行大桥的地震响应分析。

本书作者为了保证本书构架及内容体现的统一性,全部内容由作者一人编著,同时在内容编写上力求全面、正确和实用,因此花费时间较长,鉴于此,本书暂先出版第一分册,后续分册随后陆续出版。在后续分册中,本书将会详细介绍以下内容:拱桥,暂定一座钢筋混凝土拱桥和一座钢管混凝土系杆拱桥;斜拉桥,暂定一座独塔混凝土斜拉桥和一座大跨度双塔钢斜拉桥;悬索桥,暂定一座自锚式独塔悬索桥和一座地锚式双塔悬索桥;桥梁施工控制,暂定监控内容为桥梁施工过程中的线形监控和应力监控;钢桥;桥梁检测。

对于初学者,按照章节顺序,学习完第一篇后,可进行简单结构的分析与设计。对于中高级用户,若想更多了解midas Civil使用技巧,也可学习第一篇。

对于第二篇,读者既可根据自己的工作需要有选择地进行阅读和钻研,也可以通读以达到举一反三、自如运用应用软件的目的。

限于作者的能力和水平,书中难免存在缺点和不足,恳请广大读者批评指正,作者将在再版中完善,也欢迎业内人士登陆网站进行讨论。作者邮箱:liumeilan0120@126.com;网址:www.shlancy.com。

本书使用的软件得到了MIDAS公司的许可,在此非常感谢MIDAS公司的大力支持;本书中的工程实例是我多年工程经验的部分体现,在此感谢各大设计院及桥梁业的工程师们;同时感谢人民交通出版社,尤其是陈志敏主任和付宇斌编辑。

刘美兰

二〇一二年二月

# 目录

# MULU

## 第一篇 midas Civil 功能使用入门

第 1 章 midas Civil 基本概念 .....	3
1.1 midas Civil 概述 .....	3
1.1.1 集成化的环境 .....	4
1.1.2 强大的分析功能 .....	4
1.1.3 一体化的设计功能 .....	5
1.2 midas Civil 用户界面 .....	5
1.2.1 菜单命令 .....	5
1.2.2 工具条 .....	7
1.2.3 树形菜单 .....	7
1.2.4 工作面板 .....	9
1.2.5 模型窗口 .....	10
1.2.6 表格窗口 .....	11
1.2.7 信息窗口 .....	12
1.2.8 命令行 .....	12
1.2.9 状态栏 .....	12
1.2.10 关联菜单 .....	12
1.2.11 鼠标使用 .....	12
第 2 章 midas Civil 功能在简单结构中的应用 .....	14
2.1 桥梁概况 .....	16
2.1.1 结构概况 .....	16
2.1.2 模型概况 .....	16
2.1.3 建模、分析、设计指令说明 .....	17
2.2 模型建立 .....	17
2.2.1 设置操作环境 .....	17
2.2.2 定义材料和截面特性 .....	18
2.2.3 建立结构模型 .....	22

2.2.4	定义组	24
2.2.5	定义边界条件	26
2.2.6	定义PSC截面钢筋	26
2.2.7	定义静力荷载	30
2.2.8	定义预应力钢束	30
2.2.9	定义施工阶段	39
2.2.10	定义移动荷载	42
2.2.11	定义材料高级属性	45
2.3	模型分析	47
2.3.1	运行结构分析	47
2.3.2	查看分析结果	47
2.3.3	查看钢束分析结果	50
2.4	模型设计	54
2.4.1	模型PSC设计定义	54
2.4.2	运行PSC梁的设计	56
2.4.3	查看设计验算结果	56
<b>第3章</b>	<b>midas Civil 功能在桥梁施工临时结构中的应用</b>	<b>59</b>
3.1	概述	59
3.1.1	桥梁施工临时结构	59
3.1.2	桥梁施工临时结构的分析和设计	61
3.2	midas Civil 功能在桥梁施工临时结构中的应用	62
3.2.1	模型概况	62
3.2.2	模型建立	62
3.2.3	塔架稳定分析	72
3.2.4	查看分析结果	74
3.2.5	结论	78
<b>第二篇 midas Civil 功能在桥梁工程中的应用</b>		
<b>第4章</b>	<b>PC连续刚构桥</b>	<b>85</b>
4.1	概述	85
4.1.1	预应力混凝土结构(Prestressed Concrete)	85
4.1.2	PC连续箱梁桥	88
4.1.3	PC连续箱梁桥常见病害及对策	89
4.2	midas Civil 在大跨PC连续刚构桥设计中的应用	92
4.2.1	桥梁概况	93
4.2.2	模型概况	95

4.2.3	模型建立	95
4.2.4	模型修改	103
4.2.5	定义移动荷载	122
4.2.6	定义支座沉降	122
4.2.7	将荷载转化成质量	124
4.2.8	定义材料高级属性	124
4.2.9	分析控制定义	129
4.2.10	模型设计	132
4.2.11	midas Civil 中 PSC 设计补充说明	146
4.2.12	结果查看	147
4.2.13	小结	153
<b>第 5 章</b>	<b>梁格</b>	<b>157</b>
5.1	概述	157
5.1.1	梁格法的基本原理	157
5.1.2	梁格法分类及梁格分割	157
5.2	midas Civil 功能在桥梁上部结构—梁格分析中的 应用	159
5.2.1	铰接空心板梁桥—梁格分析及设计	159
5.2.2	钢筋混凝土板式桥梁—梁格分析	182
5.2.3	预应力混凝土 T 梁桥—梁格分析	187
<b>第 6 章</b>	<b>桥梁地震响应分析与抗震及减震设计</b>	<b>191</b>
6.1	概述	191
6.1.1	地震	191
6.1.2	地震震级和烈度	192
6.1.3	桥梁震害启示及对策	192
6.1.4	桥梁结构地震响应分析方法及抗震设计	200
6.2	midas Civil 地震响应分析功能在简单结构中的 应用	204
6.2.1	桥梁概况	204
6.2.2	支座与桩土刚度模拟	205
6.2.3	振型分析	206
6.2.4	阻尼	215
6.2.5	纤维材料弹塑性本构定义	220
6.2.6	反应谱分析	224
6.2.7	桥梁抗震设计	232
6.2.8	时程分析	240



6.3 大跨度连续刚构桥地震响应分析与抗震设计 .....	262
6.3.1 桥梁概况 .....	263
6.3.2 桥梁动力模型概况 .....	263
6.3.3 桥梁动力特性分析 .....	266
6.3.4 桥梁反应谱分析及桥墩方案确定 .....	267
6.3.5 桥梁动态时程分析 .....	280
6.3.6 小结 .....	285
参考文献 .....	286
后记 .....	288

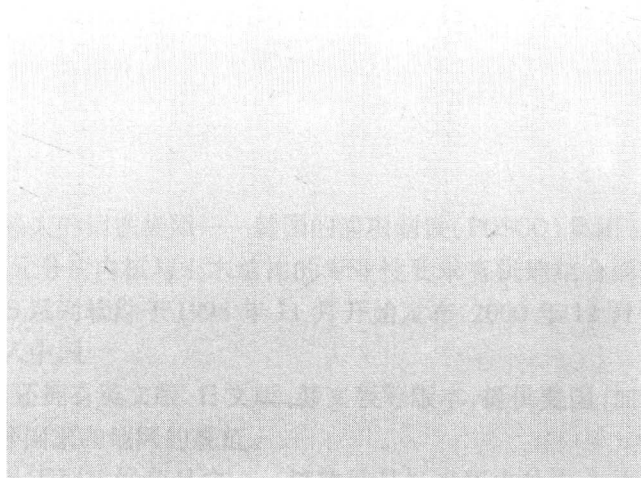


# 第一篇

>>>>

## midas Civil

### 功能使用入门





# 第1章

## midas Civil基本概念

midas Civil 软件是一款集成化的通用结构分析与设计软件,它主要用于桥梁结构的分析与设计,能够解决各种桥型分析设计中遇到的问题,包括梁桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥以及各种组合式桥梁。此外, midas Civil 还可以进行大体积混凝土的水化热分析、地下结构的分析、工业建筑结构的分析以及机场、大坝、港口等结构的分析,适用领域非常广泛。

作为国际化的结构分析软件,它与国内的一些软件的构架与使用习惯存在一定的差别,因此本章对 midas Civil 的基本概念进行了简要介绍,建议读者在使用 midas Civil 软件和阅读本书前,先通读本章内容。

本章从总体出发,对 midas Civil 的建模功能、分析功能和设计功能以及用户界面等进行综合介绍。通过这些内容,读者将对 midas Civil 的基本功能有所了解,从而从整体上把握 midas Civil 的使用。

### 1.1 midas Civil 概述

MIDAS 系列软件由世界最大的钢铁集团——韩国的浦项制铁(POSCO)集团于1989年12月开始开发,是将通用的有限元分析内核与土木工程的专业性要求有机地结合而开发的土木工程结构分析与设计软件。MIDAS 系列软件于1996年11月开始发布,2000年12月开始进入国际市场,2002年11月开始进入中国。

MIDAS 软件除中文版外,还拥有英文版、日文版、韩文版等版本,提供美国、加拿大、英国、日本、中国、韩国、台湾、印度等国家和地区的规范。

midas Civil 软件是 MIDAS 系列软件产品之一。该软件是经过国内外专业技术人员和专家的努力,并考虑工程师的实际需要,用 Visual C++ 在 Windows 环境下开发的。它具有功能强大、简单易学的特点。使用其独特的用户界面和图形处理功能,用户可以方便地按照施工阶段查看结构的模型,可以直观地、多角度地显示结构模型的状态和分析结果。midas Civil 在开发阶段经过了几千种例题的计算,并将计算结果与理论值、其他程序的计算结果进行比

较、验证,同时大量工程项目上的运用结果也充分证明了软件的准确性和高效性。

该软件界面友好,建模直观、快捷。根据土木工程的特点而提供的结构建模助手,包括悬索桥(地锚式、自锚式),斜拉桥,预应力混凝土桥梁(悬臂法、顶推法、移动支架法、满堂支架法),板形桥梁,箱形暗渠,梁格法等,用户只需输入一些基本数据,程序就可自动为用户建立结构模型,并定义施工阶段。

由于该软件是空间有限元程序,且提供板单元和实体单元等,所以不仅可以解决平面杆系程序无法处理的弯桥、斜桥等空间问题,而且对拱桥的拱脚、预应力混凝土桥梁的零号块等受力比较复杂的区域可进行细部分析。分析功能方面除了静力分析功能,还提供非线性分析功能(材料非线性、边界非线性、几何非线性),动力分析功能(特征值分析、反应谱分析、弹性时程分析、多点激振分析、动力边界非线性分析、动力弹塑性时程分析),静力弹塑性(Pushover)分析,屈曲分析,混凝土水化热分析,施工阶段分析,移动荷载分析等功能。

midas Civil从2002年10月进入中国以来,已经完全中文化,并且涵盖了中国的公路桥梁设计规范(JTJ 021—1989、JTJ 023—1985、JTG B01—2003、JTG D60—2004、JTG D62—2004、JTG/B 02-01—2008),铁路桥梁设计规范(TB 10002.1—1999、TB 10002.3—1999、TB 10002.3—2005),城市桥梁标准(CJJ 77—1998),地铁设计规范(GB 50157—2003)等规范的内容。

目前,该软件在设计院、高等院校、科研机构等单位迅速普及,并且被广泛应用于公路、铁路、市政、水利等工程领域。

### 1.1.1 集成化的环境

midas Civil提供给用户的是一个集成化的视图环境。它不但提供了多种便利的菜单系统、模型窗口、树形菜单、工作面板、信息窗口等,而且还提供了很多便利、实用的工具条。

midas Civil提供给用户的是一个集成化的工作环境。用户可以在同一个界面中完成建模、分析和设计,可以通过不同的视图窗口同时展现结构的模型信息、分析结果和设计结果。

### 1.1.2 强大的分析功能

midas Civil分析计算功能非常强大,主要由下列线性分析和非线性分析功能组成:

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 静力分析               <ul style="list-style-type: none"> <li>线性静力分析</li> <li>热应力分析</li> <li>材料非线性分析</li> <li>边界非线性分析</li> <li>几何非线性分析                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• 大位移分析</li> <li>• P-Delta 分析</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>➤ 屈曲分析</li> <li>➤ 静力弹塑性分析</li> <li>➤ 水化热分析</li> <li>➤ 施工阶段分析</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 移动荷载分析               <ul style="list-style-type: none"> <li>影响线分析</li> <li>影响面分析</li> </ul> </li> <li>➤ 动力分析               <ul style="list-style-type: none"> <li>自由振动分析                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• 特征向量分析</li> <li>• 利兹向量分析</li> </ul> </li> <li>反应谱分析</li> <li>时程分析                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• 线弹性时程分析</li> <li>• 多点激励分析</li> <li>• 边界非线性时程分析</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> |
|---|---|

- 弹塑性时程分析
- 支座沉降分析
- 叠合梁叠合前后的分析

- 使用优化方法计算未知荷载系数的功能以及调整索力功能
- 预应力钢筋混凝土结构分析

### 1.1.3 一体化的设计功能

在设计方面, midas Civil 软件是一款一体化的设计程序, 组合结构设计、钢结构设计和混凝土设计可以在同一软件中完成。midas Civil 软件可以针对各种结构体系进行分析和设计, 并输出结构体系分析和设计的整体结果以及构件细部详细分析结果。

## 1.2 midas Civil 用户界面

midas Civil 具有集成化的用户界面, 见图 1-1。模型的建立、运行、设计以及分析结果的显示都在同一个界面下进行。它的操作界面是完全的三维环境, 在多视图环境下可以进行平面、立面、三维建模以及实时动态显示, 配合功能强大的视图管理功能, 是真正意义上的空间有限元分析软件。本节主要介绍集成化用户界面的各个组成部分及其使用方法。

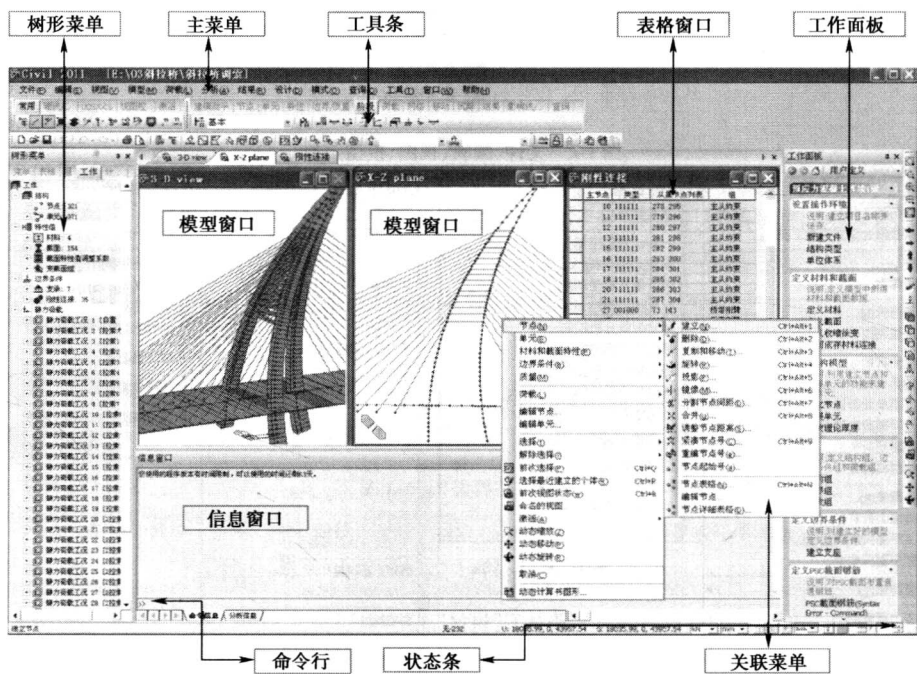


图 1-1 用户界面图

### 1.2.1 菜单命令

在主菜单中共有 13 个菜单项, 所有的操作命令都分类集成在这 13 个菜单项中, 见图 1-2 ~ 图 1-4。主菜单内隐藏了 midas Civil 中所有菜单命令和快捷键。

菜单命令除了以鼠标直接点击选择激活外, 还可以采用键盘快捷方式操作。在每个菜单名称右侧括弧内有按键字母, 例如: “文件(F)”, 表示按下“Alt + F”键即可打开文件菜单, 然

后在菜单中选择命令行。

对于菜单中的某些执行命令,也可以通过键盘快捷方式执行。例如:想要执行“文件(F)



图 1-2 文件、编辑、视图、模型菜单



图 1-3 荷载、分析、结果、设计菜单

> 新项目”，可以按下“Ctrl + N”键即可运行“新项目”命令。

菜单命令中黑色显示为激活状态，可以直接执行；灰色显示为非激活状态，表示不可执行。某些显示为非激活状态的命令，表示需要先决条件或切换到相应视图状态才能使用。本书将在后面章节介绍到具体命令操作时加以说明。

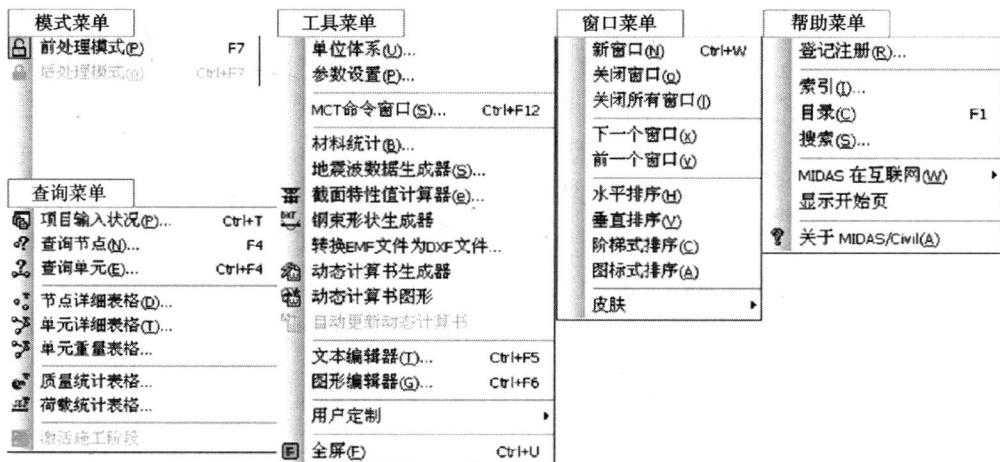


图 1-4 模式、查询、工具、窗口、帮助菜单

## 1.2.2 工具条

midas Civil 为了让用户更快捷地进行建模和操作，提供了各种图标菜单。特别是图标菜单的表单化设计，集成在工具条中，大大提高了查找图标菜单的速度。部分工具条见图 1-5 ~ 图 1-8。

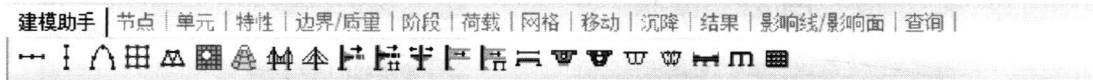


图 1-5 “建模助手”工具条

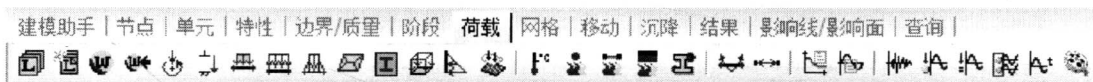


图 1-6 “边界”工具条



图 1-7 “阶段”工具条



图 1-8 “荷载”工具条

## 1.2.3 树形菜单

在树形菜单中，从建立模型到分析、设计的过程中的所有关联菜单均以阶梯结构显示（按照一定的排序），无论熟练用户还是初学者都可以进行高效率的操作。部分树形菜单界面见图 1-9 ~ 图 1-12。



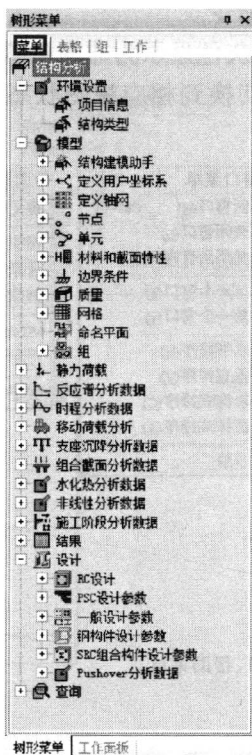


图 1-9 树形菜单中的“菜单”

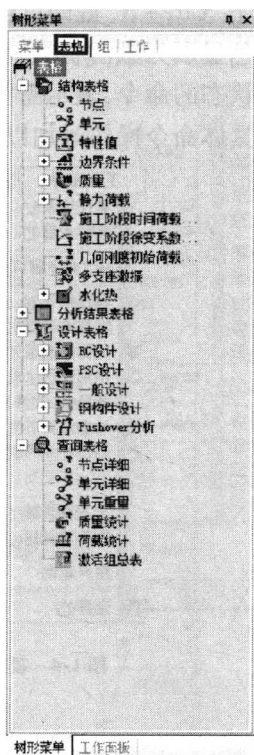


图 1-10 树形菜单中的“表格”

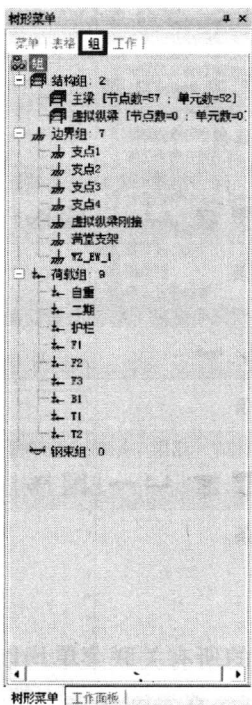


图 1-11 树形菜单中的“组”

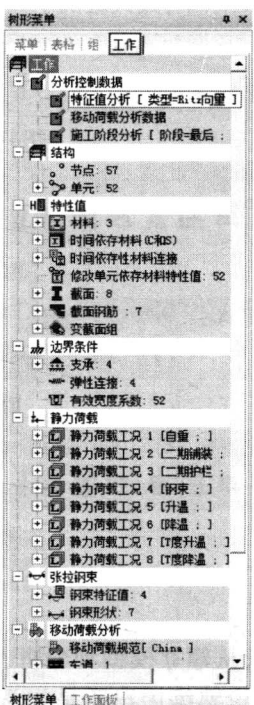


图 1-12 树形菜单中的“工作”