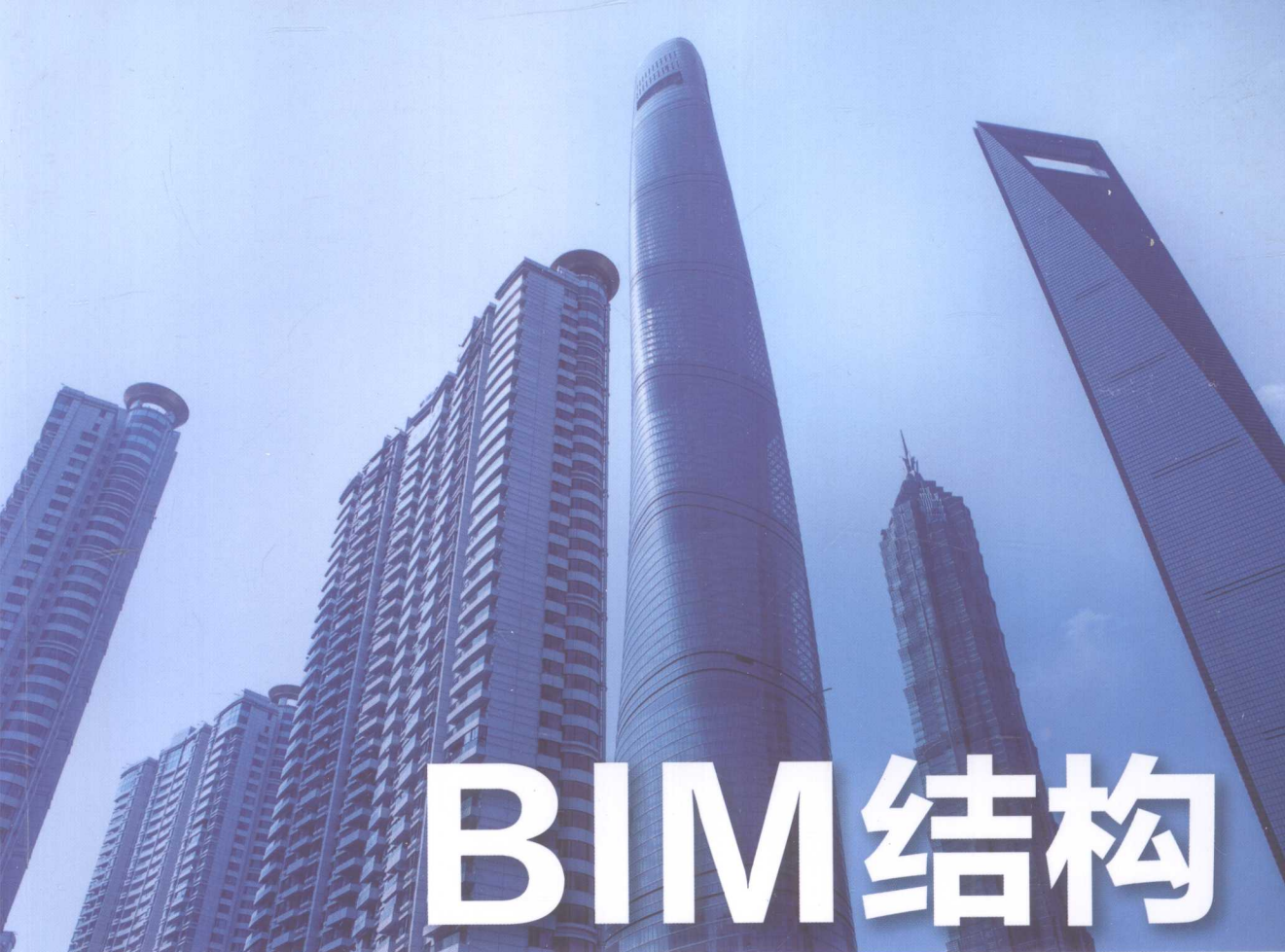




BIM结构

——Autodesk Robot Structural Analysis
在土木工程中的应用

王言磊 王永帅 编著



化学工业出版社

BIM结构

—Autodesk Robot Structural Analysis 在土木工程中的应用

王言磊 王永帅 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书共分为9章,内容主要包括 Autodesk Robot Structural Analysis 软件的基本构架关系以及它们之间的相互联系,软件的首选项和工程设置,基本的建模技巧,基本的模型加载方法、创建工况、定义并施加节点荷载、杆荷载、平面荷载以及自重等,初步的结构分析,初步的结果预览及计算书的输出,基本的地震分析和风荷载分析,钢结构的基本设计,基本的钢筋混凝土设计、Robot 软件与 Revit 软件模型数据信息互导。

本书适合高等院校土木工程专业的师生、建筑结构设计和施工管理人员以及 BIM 爱好者使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

BIM 结构: Autodesk Robot Structural Analysis
在土木工程中的应用/王言磊,王永帅编著. —北京:
化学工业出版社, 2017.1
ISBN 978-7-122-28769-4

I. ①B… II. ①王… ②王… III. ①土木工程-应用
软件 IV. ①TU-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 319366 号

责任编辑: 满悦芝
责任校对: 宋 玮

文字编辑: 荣世芳
装帧设计: 关 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 11 1/2 字数 281 千字 2017 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

前言

随着科学技术的不断发展,传统的二维建筑结构设计方法已经无法满足现阶段建筑设计的发展要求,如何将设计过程变得可视化,将三维模型更直观地展现出来,是目前建筑行业的发展方向。建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)的出现,引发了建筑行业一场新的革命,它突破了传统设计方法的瓶颈,采用三维参数化的设计理念,以一种全新的方法定义三维模型,使得建筑项目从初期设计、施工到后期运营管理的全过程效率都得到了大幅提升,无论是业主、设计方,还是施工方都能感受到 BIM 在建筑行业中的价值,所以 BIM 技术将在未来建筑行业得到大力发展,并引领建筑行业达到一个新的高度。

Autodesk Robot Structural Analysis 是一款国际广泛认同的基于有限元理论的结构分析与设计软件,主要应用领域包括市政工程、水利工程、桥梁工程、房屋建筑工程、石油化工工程。Autodesk Robot Structural Analysis 与 Autodesk Revit Structure 二者相辅相成,使得 BIM 平台日趋成熟。基于 BIM 需求,进行三维结构建模和结构分析是未来发展的方向,而目前 Autodesk Robot Structural Analysis 在实际工程中的应用相对较少,学习并研究使用 Autodesk Robot Structural Analysis 就显得尤为必要,遗憾的是学习者一直缺少一本 Autodesk Robot Structural Analysis 的中文教程。

本书以土木工程应用为背景,详细介绍了 Autodesk Robot Structural Analysis 软件,本书具有以下特点。①由浅入深、循序渐进:本书以初级读者为基本对象,首先从软件基本知识讲起,按照结构建模以及分析的逻辑习惯进行编排,最后对特殊的地震及风荷载进行深入讲解,并且系统地介绍基本钢结构与钢筋混凝土结构的设计。②作为国内第一本 Autodesk Robot Structural Analysis 中文教程,本书的操作步骤详细、连贯,图文并茂,便于读者理解。③实例练习,轻松易学:通过大量综合应用实例练习,详细地讲解了 Autodesk Robot Structural Analysis 在土木工程中的应用。

本书共分为 9 章,主要内容如下:第 1 章介绍了 Autodesk Robot Structural Analysis 软件的基本构架关系以及它们之间的相互联系,使读者初步熟悉了 Autodesk Robot Structural Analysis 的用户界面和基本操作命令;第 2 章是前期准备工作,介绍了软件的首选项和工程设置,包括语言、参数以及对工程单位、材料、数据库等的设置,促进读者对 Robot 软件的了解,为接下来的软件学习打好基础;第 3 章介绍了基本的建模技巧,生成并管理结构数据,建立结构轴网,建立构件单元即节点、梁、柱、墙等;第 4 章讲解基本的模型加载方法,创建工况,定义并施加节点荷载、杆荷载、平面荷载以及自重等;第 5 章讲解了初步的结构分析,包括荷载的组合、模型的验证和计算、结构分析方法;第 6 章讲解了初步的结果预览及计算书的输出,包括示意图和彩图、反映节点和结构层信息的表格,最后输出计算书;第 7 章主要讲解了基本的地震分析和风荷载分析;第 8 章讲解了钢结构的基本设计,包括钢结构设计规范参数、钢结构构件设计和钢节点连接设计;第 9 章讲解了基本的钢筋混凝

土设计、Robot 软件与 Revit 软件模型数据信息互导。

本书适合高等院校土木工程专业学生、建筑结构设计和施工管理人员以及 BIM 爱好者使用。

本书由大连理工大学王言磊和王永帅编著,其中第3章、第5章~第7章和第9章由王言磊编著,第1章、第2章、第4章和第8章由王永帅编著,全书由王言磊统稿。

感谢大连理工大学研究生教改基金对本书的资助。

在本书编写过程中,作者参考了大量文献,在此谨向这些文献的作者表示衷心的感谢。虽然编写过程中力求叙述准确、完善,但由于作者水平有限,书中难免有疏漏和错误之处,恳请广大读者批评指正。

並行第貳路且呈，宋出娘舅祖數直更壁謝辭三辭，於婚同橋交禮以廿更辭同取，宋更娘舅的
謝辭生家位，與出即 (Māi - xūn-bōM-nōn-mān-cōn) 謝辭息前故事作者鄭芝蘭
全稱一寫，並與廿第路出幾送辭三出宋，娘祖向志式有板結了更宋吉，**2017 年 1 月**並行
謝辭生家第近全前娘督營益開新更工應，有第開時其已更第更更更，更謝辭三又宋吉式開禮
前出前中宋吉更更更 Māi - xūn-bōM-nōn-mān-cōn 了更更更。有以，工更更更下，更更更才更更

目 录

第 1 章 Autodesk Robot Structural Analysis

基本知识

- 1.1 Robot Structural Analysis 软件概述及发展 3
 - 1.1.1 Robot 软件介绍 3
 - 1.1.2 Robot 软件特点 3
- 1.2 Robot Structural Analysis 的启动与结构类型 4
 - 1.2.1 开启 Robot 软件 4
 - 1.2.2 结构类型 4
- 1.3 用户界面 6
 - 1.3.1 工程视图窗口 6
 - 1.3.2 文件菜单栏 7
 - 1.3.3 标准工具栏 7
 - 1.3.4 选择工具栏 8
- 1.4 视图显示及导航 9
 - 1.4.1 显示选项 9
 - 1.4.2 视图导航 9

第 2 章 首选项和工程设置

- 2.1 基本首选项设置 13
 - 2.1.1 语言 13
 - 2.1.2 普通参数 13
 - 2.1.3 桌面设置 13
- 2.2 工程首选项设置 14
 - 2.2.1 单位和格式 14
 - 2.2.2 材料 16
 - 2.2.3 数据库 16
 - 2.2.4 设计规范 16
 - 2.2.5 结构分析 17
- 2.3 工程特性 18

第 3 章 基本的结构建模

- 3.1 绘制结构轴网 21
 - 3.1.1 结构轴对话框 21
 - 3.1.2 练习——绘制结构轴网 22
- 3.2 节点 23

3.2.1	节点定义	23
3.2.2	节点约束	24
3.3	杆件	26
3.3.1	杆的定义	26
3.3.2	练习	28
3.4	截面	29
3.4.1	截面定义	29
3.4.2	练习	30
3.5	板和墙	32
3.5.1	几何定义	32
3.5.2	墙的实例练习	37
3.5.3	板的特性	39
3.5.4	板约束	41
3.5.5	板平面网格划分	42
3.6	建模实例	43
3.6.1	绘制轴网	43
3.6.2	杆和截面的定义	43
3.6.3	约束的定义	45
3.6.4	生成 3D 框架	45
3.6.5	板的定义	45
3.6.6	墙的定义	46
3.6.7	墙的约束定义	47
3.6.8	网格参数的定义	47

第 4 章 模型加载 49

4.1	应用荷载	51
4.1.1	创建荷载工况	51
4.1.2	施加荷载	52
4.2	节点荷载	54
4.2.1	节点荷载定义	54
4.2.2	施加节点荷载	54
4.2.3	节点荷载练习	55
4.3	杆荷载	55
4.3.1	均布杆荷载	55
4.3.2	非均布杆件荷载	57
4.3.3	杆件力	58
4.3.4	杆件荷载练习	59
4.4	平面荷载	60
4.4.1	覆板平面荷载	60
4.4.2	均布面荷载	65
4.4.3	线性荷载 (2P)	66
4.4.4	均匀平面荷载 (轮廓)	66
4.4.5	平面的 3P 荷载 (轮廓)	67
4.4.6	面荷载练习	68
4.5	自重	69

4.5.1 整个结构自重	69
4.5.2 选定单元的自重	69
4.6 施加荷载实例	70

第 5 章 结构初步分析 73

5.1 荷载工况组合	75
5.1.1 荷载组合介绍	75
5.1.2 手动荷载组合	75
5.1.3 自动荷载组合	77
5.1.4 练习	83
5.2 模型验证	86
5.3 运行计算	87
5.3.1 计算报告	87
5.3.2 分析类型	87
5.4 直接分析法 (DAM)	89
5.4.1 考虑剪切变形	89
5.4.2 设置 DAM 参数	89
5.4.3 DAM 报告	91

第 6 章 结果初步预览及计算书输出 93

6.1 示意图	95
6.1.1 NTM 标签	96
6.1.2 变形标签	97
6.1.3 反力标签	98
6.1.4 参数标签	99
6.2 彩图及详细的分析	100
6.2.1 彩图	100
6.2.2 详细的分析	100
6.2.3 对象特性	101
6.3 节点表格	102
6.3.1 反力表	102
6.3.2 位移表	104
6.4 层表格	107
6.4.1 作用力表	107
6.4.2 层位移表	107
6.5 屏幕捕捉	108
6.5.1 模型视图捕捉	108
6.5.2 表格视图捕捉	109
6.5.3 其他形式捕捉	109
6.6 输出计算书	110

第 7 章 基本地震及风荷载分析 113

7.1 地震等效侧力法	115
7.1.1 生成地震荷载	115

7.1.2	地震质量	116
7.1.3	研究地震分析加载	117
7.2	地震模态分析法	119
7.2.1	地震计算流程	119
7.2.2	地震结果分析	122
7.3	风荷载分析	125

第 8 章 基本钢结构设计 127

8.1	规范参数	129
8.2	钢构件设计	132
8.2.1	定义成员与组	132
8.2.2	运行计算	134
8.3	钢连接设计	138
8.4	练习	141
8.4.1	建立钢结构模型	141
8.4.2	施加荷载及初步分析	142
8.4.3	结果初步预览	143
8.4.4	钢构件设计	143
8.4.5	钢连接设计	144

第 9 章 基本钢筋混凝土设计 147

9.1	弹性位移	149
9.2	所需钢筋面积计算	150
9.2.1	概述	150
9.2.2	类型参数	150
9.2.3	计算参数	151
9.2.4	运行计算	154
9.3	提供钢筋面积计算	156
9.3.1	概述	156
9.3.2	转化构件到提供钢筋模块	157
9.3.3	提供钢筋界面	157
9.3.4	提供钢筋计算工作流程	160
9.4	练习	161
9.5	Revit 与 Robot 模型互导	166
9.5.1	Revit 模型发送至 Robot	166
9.5.2	Robot 模型更新回 Revit	173

附录 快捷键列表 175

参考文献 176

第 1 章

Autodesk Robot Structural Analysis 基本知识

本章导读 >>>

通过本章节读者可了解 Robot Structural Analysis 软件的基本构架关系以及它们之间的相互联系，初步熟悉 Robot Structural Analysis 的用户界面和基本操作命令。

学习目标 >>>

- 1. 了解 Robot 的基本知识。
- 2. 掌握软件开启及结构类型选择。
- 3. 熟悉软件界面及选项命令。
- 4. 掌握视图显示及导航的本领。

1.1 Robot Structural Analysis 软件概述及发展

1.1.1 Robot 软件介绍

Autodesk Robot Structural Analysis 是一个基于有限元理论的结构分析软件, 软件提供面向建筑、桥梁、土木和其他专业结构的高级结构分析功能, 极大扩展了面向结构工程的建筑信息模型 (BIM)。利用庞大的设计规范库, 用户能够更加无缝地对复杂的国内外项目进行分析。

在国内, Robot Office 已成功参与分析了上海卢浦大桥、卢洋大桥、洋山深水港工程、深圳盐田码头工程、上海地铁、广州地铁等数十个国家重点建设项目的结构分析和结构设计, 以及上海海洋水族馆、公安指挥中心、交通银行大厦、深圳城市广场、南宁国际会议展览中心等大批优质幕墙工程的结构设计和结构分析。

目前, 国内 BIM 应用的发展呈现出以下五大趋势: 一是从标志性建筑项目转向普通商业/住宅建筑项目; 二是由大中型城市向中小城市铺开; 三是从只专注设计领域向规划、设计、施工一体化延伸; 四是运作思维从使用单一产品向综合多软件在同一平台协同运作转变; 五是应用形式从只使用桌面软件产品转向结合云端及移动端软件产品整合使用。

1.1.2 Robot 软件特点

1. 多元的结构分析

该软件能够实现对多种类型的非线性进行简化且高效的分析, 包括重力二阶效应 (P-delta) 分析; 受拉/受压单元分析; 支撑、缆索和塑性铰分析。Autodesk Robot Structural Analysis Professional 提供了市场领先的结构动态分析工具和高级快速动态解算器, 该解算器确保用户能够轻松地对任何规模的结构进行动态分析。

2. 多种语言支持

利用 Autodesk Robot Structural Analysis Professional 在全球市场中竞争。该软件为不同国家的设计团队提供多语言支持, 包括英语、法语、罗马尼亚语、西班牙语、俄语、波兰语、汉语和日语。可以以一种语言进行结构分析, 而以另一种语言输出结果, 从而为全球团队提供了极大的灵活性。此外, 软件还能够同一个结构模型内混合使用英制和公制单位, 以适应不同的环境要求。

3. 多国工作环境

Autodesk Robot Structural Analysis Professional 包含基于 40 个国际钢结构规范以及 30 个钢筋混凝土结构规范的集成的钢筋混凝土和钢结构设计模块, 能够极大简化设计流程, 并帮助工程师挑选和验证结构图元。

Autodesk Robot Structural Analysis Professional 包含 60 多个剖面 and 材料数据库, 其中的资源来自世界各地, 使用户能够轻松地完成国际项目。利用 70 个针对不同国家/地区的内置设计规范, 结构工程师们能够在同一个集成的模型内使用特定国家/地区的剖面形状、英制或公制单位以及当地的建筑规范。

4. 网格生成技术

Autodesk Robot Structural Analysis Professional 作为一款优秀的结构分析软件程序,

采用了强大的网格生成技术，这种技术使结构工程师能够轻松地处理最复杂的模型。自动网格定义工具允许手动操作网格并对其进行细微改进，并且能够在任何形状和尺寸的模型开口周围划分网格。该软件包含多种网格工具，使结构工程师能够在几乎任何形状的结构上快速地创建高质量有限元网格。

5. 与 Autodesk Revit Structure 建立双向连接

利用 Autodesk Revit Structure 进行建模，利用 Robot Structural Analysis 进行结构分析。体验 Autodesk Robot Structural Analysis Professional 和 Autodesk Revit Structure 软件强大的双向集成。利用 Revit 的 Extensions 插件分析连接，在两款软件之间无缝地导入和导出结构模型。双向连接使结构分析和设计结果更加精确，这些结果随后在整个建筑信息模型中更新，以制作协调一致的施工文档。

1.2 Robot Structural Analysis 的启动与结构类型

1.2.1 开启 Robot 软件

点击图标，打开 Robot Structural Analysis 软件，开始新建一个工程。将出现如图 1-1 所示界面，在“新建工程”一行中，可以选择打开用户想要的建筑类型。如果有已经存在的工程，可以点击“工程”下的“打开工程”。



提示

Robot 被保存的文件扩展名为：.RTD。

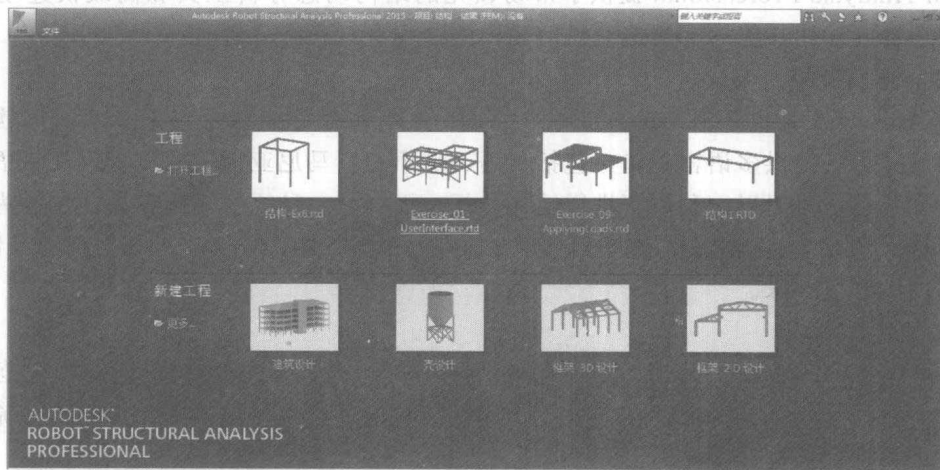


图 1-1 软件开启界面

1.2.2 结构类型

在新建工程界面，用户首先看到的主要是 4 个工程类型——建筑设计、壳设计、框架 3D 设计、框架 2D 设计。点击左侧的“更多”，则会出现如图 1-2 所示对话框。

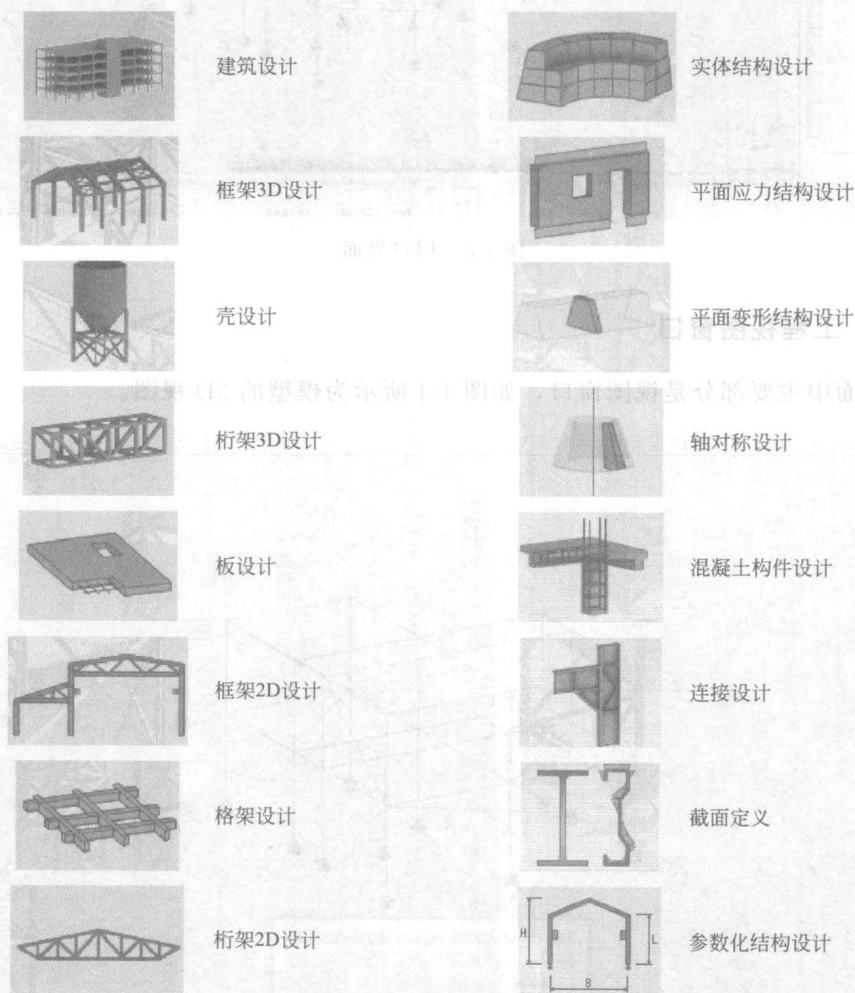
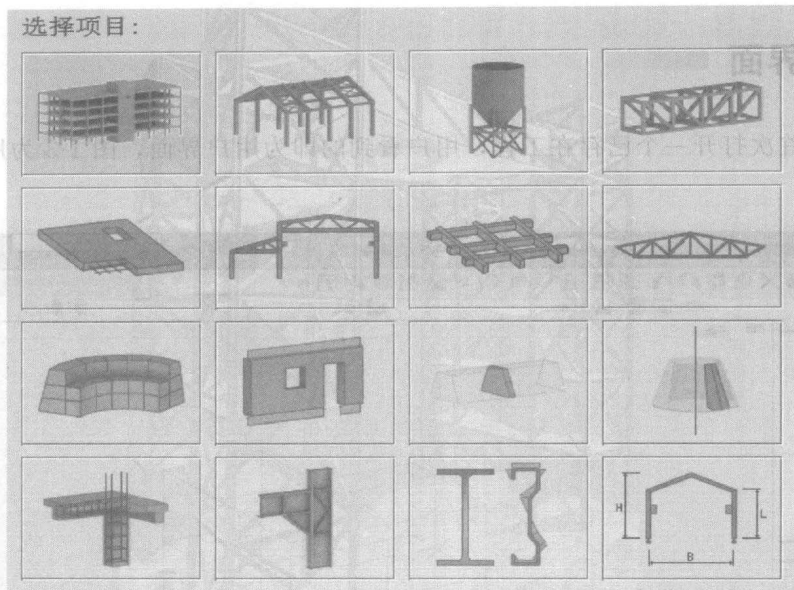


图 1-2 结构类型对话框

1.3 用户界面

当 Robot 首次打开一个已存在工程，用户看到的即为用户界面，图 1-3 为用户界面的主要部分。

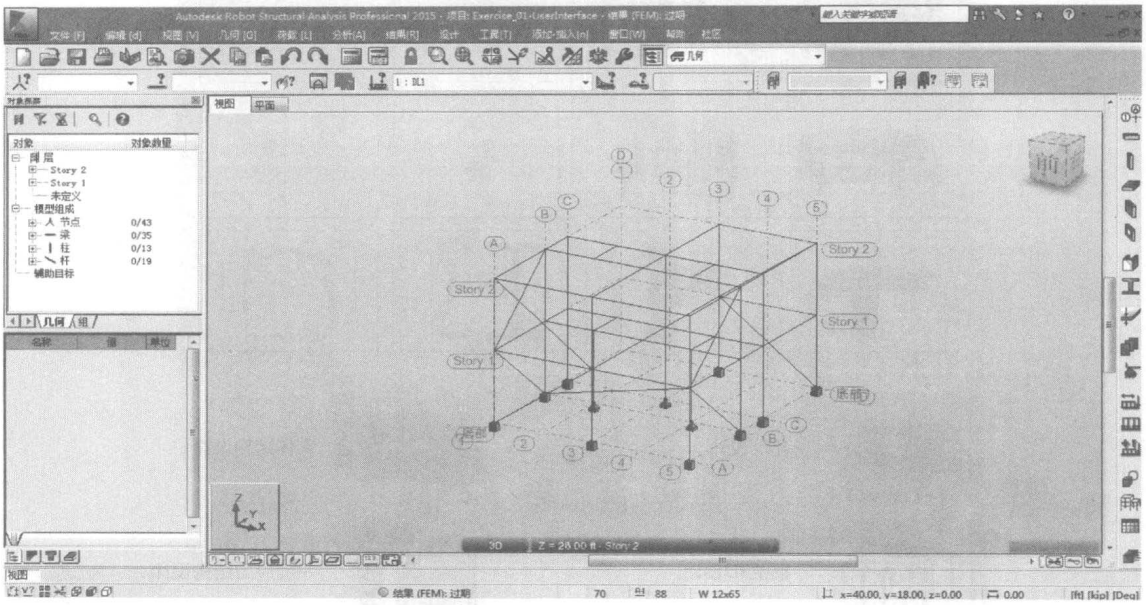


图 1-3 用户界面

1.3.1 工程视图窗口

用户界面中主要部分是视图窗口，如图 1-4 所示为模型的 3D 视图。

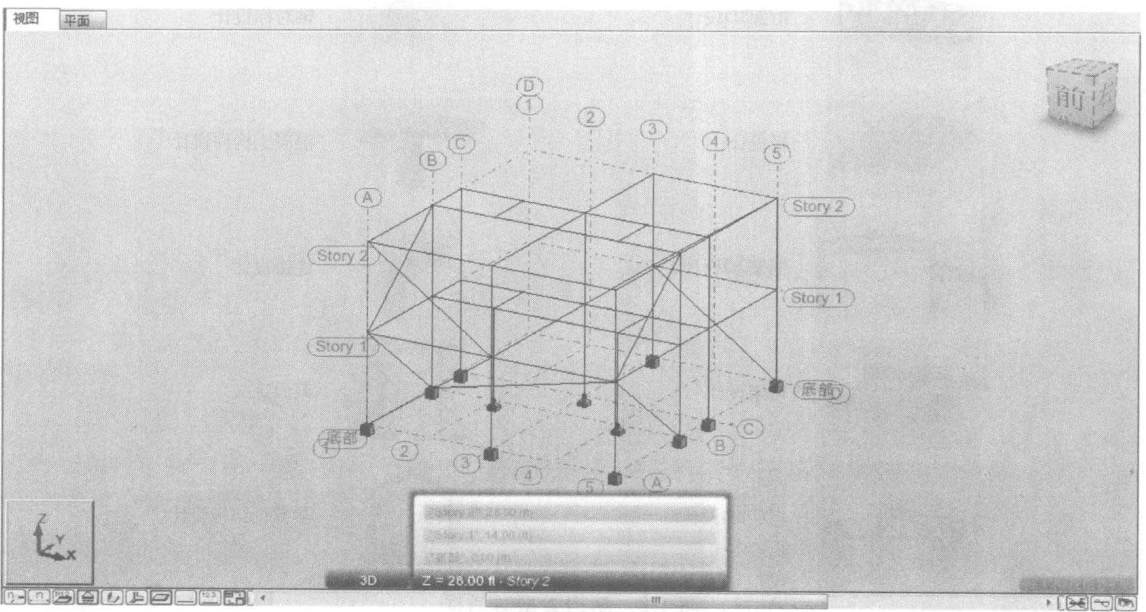


图 1-4 工程视图窗口



注意

注意工程视图窗口左上角有两个标签：“视图”和“平面”。这是由于图例文件以“建筑设计”结构类型保存，只有此种结构类型拥有“视图”和“平面”两个标签。所有其他工程类型只有一个默认的标签。

1.3.2 文件菜单栏

本书中会通过“/”表示下一步的步骤，如图 1-5 为“文件菜单”的一部分。例如：“文件/新的工程”表示“文件”的子菜单中的“新的工程”。

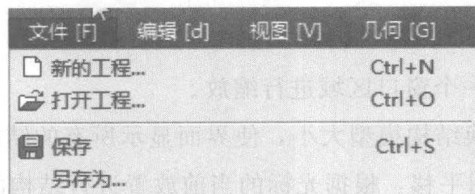


图 1-5 文件菜单

1.3.3 标准工具栏

如图 1-6 所示为“标准工具栏”。



图 1-6 标准工具栏

工具栏包括以下几部分。

(1) 标准工具 如图 1-7 所示。



图 1-7 标准工具

从左到右依次为

- 新的工程：关闭当前工程，新建一个工程。
- 打开工程：关闭当前工程，打开一个已存在的不同工程。
- 保存工程：保存当前工程，“保存”只有通过“文件菜单”可以实现。
- 打印：发送当前视图到打印机。
- 输出选择：当开始输出计算书时，选择是否输出包含在分析和设计计算里的数据。
- 打印预览：代表用户预览将要被打印的文件。
- 屏幕捕捉：很有用的工具，将在后面章节讲解。不仅可以捕捉构件、结果视图，而且可以随着新的结果或者模型重新配置而自动更新。
- 复制和粘贴：复制所选的截面并放入粘贴板中，在光标位置插入粘贴板内容。
- 撤销和重做：撤销上一个编辑项、重复上一个操作。

(2) 计算管理工具 如图 1-8 所示。

从左至右依次如下。

 计算：依照选定的参数进行运算。

 分析参数：打开荷载类型对话框，配置每个荷载工况或荷载组合的参数。

 结果冻结：冻结/解冻结构模型的更改。

(3) 视图控制工具 如图 1-9 所示。



图 1-8 计算管理工具

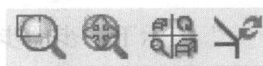


图 1-9 视图控制工具

从左至右依次如下。

 缩放范围：指定一个窗口区域进行缩放。

 全图：点击后切换结构模型大小，使界面显示所有的结构视图。

 旋转、缩放、视图平移：根据光标的当前放置进行结构的多功能修改。

 重画：一般不常用，但可刷新视图，尤其结果视图或者详细的结果视图。



提示

1. “缩放范围”按钮，从左到右指定窗口为放大，从右到左指定窗口为缩小。
2. “旋转、缩放、视图平移”按钮，按【ESC】键可退出。

(4) 附加工具栏 如图 1-10 所示。

从左至右依次如下。

 编辑：打开编辑工具栏，进行内部选项的操作，例如复制平移等功能选项。

 有限元网格生成的选项：打开网格工具栏，进行网格划分。

 视图：打开视图工具栏，对结构浏览进行不同角度的切换。



图 1-10 附加工具栏

 工具：打开工具选项，选择常规工具，例如计算

器、首选项等。

 对象管理对话框：显示/隐藏对象管理对话框，其中包括结构模型的列表和特性。

(5) 布置 如图 1-11 所示。

“布置选择”放置在标准工具栏的最右侧，能够帮助用户快速选择特定的菜单或者对话框，在后面的结果预览，混凝土设计和钢结构设计十分有效。

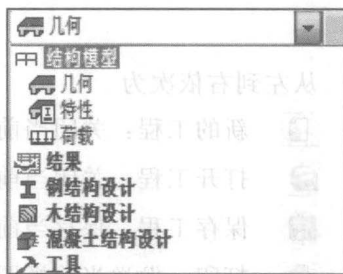


图 1-11 布置



注意

通过“布置”打开的界面，不能简单地点击右上角的<X>关闭界面。

1.3.4 选择工具栏

选择工具栏在标准工具栏的下方，如图 1-12 所示。