

结构设计软件实例详解丛书

SAP2000

结构设计 实例详解

杨勇 编著

中国建筑工业出版社

结构设计软件实例详解丛书

SAP2000 结构设计实例详解

杨 勇 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

SAP2000 结构设计实例详解/杨勇编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 4

(结构设计软件实例详解丛书)

ISBN 978-7-112-17779-0

I. ①S… II. ①杨… III. ①结构设计-应用软件
IV. ①TU318-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 033198 号

本书详细介绍了利用 SAP2000 结构分析软件对 11 个典型工程案例的设计分析过程, 这 11 个案例包括平面钢结构、空间钢结构、预应力张拉钢结构、钢筋混凝土结构设计以及超高层结构静力弹塑性分析。书中案例均来自真实的工程案例, 采用软件新版本并配合新规范编写, 具有较高的实用价值。

本书适用于结构工程设计人员学习参考。

责任编辑: 李天虹

责任设计: 张 虹

责任校对: 张 颖 赵 颖

结构设计软件实例详解丛书 SAP2000 结构设计实例详解

杨 勇 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京建筑工业出版社印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 22 字数: 532 千字

2015 年 4 月第一版 2015 年 4 月第一次印刷

定价: 55.00 元

ISBN 978-7-112-17779-0

(27057)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

序 言

听说杨勇是十多年前的事，同事有个设计项目，形状较怪，结构分析不清楚，说请外边的人来帮忙，邀请的人就是杨勇。项目结束时结构设计成果看到了，出色得让人印象深刻，项目最终获奖，他人我却没见过。

幸运的是几年后，我们有机会在一起共事了，十年来共同保持的对结构设计的兴趣，使得我们承担了一系列的工程项目，成绩斐然，更可贵的是合作中分享的乐趣。

他一直保持对专业前沿工作的关注、兴趣与投入，难能可贵。新东西、新程序、新手段的掌握，热情超过了刚刚毕业的年轻人，水准则会在短期内超过老手。更有每一个经手工程的总结、每年至少两三篇核心期刊的投稿，更是让设计行业快节奏下的设计师们自愧不如。

严谨、实用、逻辑性强是本书的特色，来源于实际工程的诸多范例，纸上所谈都是实战之兵。“工欲善其事，必先利其器”。通用分析程序 SAP2000 是解决结构分析的利器，再配合杨勇同志的这本专著，相信会让热爱结构设计的工程师受益，让结构之美表现得更极致！

陈彬磊

副总工程师

北京市建筑设计研究院有限公司

2015 年 2 月

目 录

第一章 平面钢结构设计	1
【实例 1】 12m 平面角钢桁架结构设计	3
1.1 工程设计条件	3
1.2 建模方法	3
1.2.1 材料参数定义	3
1.2.2 构件截面定义	6
1.2.3 几何建模方法	9
1.2.4 支座约束	12
1.2.5 构件连接释放	13
1.2.6 荷载模式定义	15
1.2.7 荷载定义	17
1.2.8 荷载组合定义	20
1.2.9 有限单元剖分	22
1.2.10 质量源定义	23
1.2.11 分析参数设置	24
1.3 计算结果	25
1.3.1 模态分析结果	25
1.3.2 构件挠度分析结果	28
1.3.3 构件内力分析结果	29
1.3.4 支座反力分析结果	34
1.4 构件设计	35
【实例 2】 某宴会厅屋面桁架	46
2.1 工程设计条件	46
2.2 建模方法	47
2.2.1 材料参数定义	47
2.2.2 截面定义	48
2.2.3 模型导入	49
2.2.4 支座约束	50
2.2.5 构件连接释放	50
2.2.6 荷载模式定义	50
2.2.7 荷载定义	50
2.2.8 竖向地震计算	52
2.2.9 荷载组合定义	55
2.2.10 有限单元剖分	57
2.2.11 质量源定义	57

2.2.12	分析选项设置	58
2.2.13	运行分析	58
2.3	计算结果	58
2.3.1	模态分析结果	58
2.3.2	挠度分析结果	59
2.3.3	杆件内力分析结果	59
2.3.4	支座反力分析结果	60
2.4	构件设计	63
2.4.1	构件平面外长度系数确定方法	63
2.4.2	构件交互设计	64
2.5	施工图设计及关键节点部分构造	67
第二章	空间钢结构设计	69
【实例 1】	某中心平面网架结构设计	71
1.1	工程设计条件	71
1.2	建模方法	71
1.2.1	材料参数定义	71
1.2.2	构件截面定义	72
1.2.3	建立并导入空间罩棚钢结构模型	75
1.2.4	支座约束	77
1.2.5	构件连接释放	79
1.2.6	荷载模式定义	80
1.2.7	荷载定义	80
1.2.8	荷载组合定义	82
1.2.9	有限元单元剖分	84
1.2.10	质量源定义	85
1.2.11	分析参数设置	85
1.3	计算结果	85
1.3.1	模态分析结果	85
1.3.2	构件挠度分析结果	87
1.3.3	构件内力分析结果	87
1.3.4	支座反力分析结果	88
1.4	构件设计	89
1.4.1	构件计算长度及长细比	89
1.4.2	设计分析	90
1.4.3	杆件自动优化设计方法	92
【实例 2】	某空间穹顶钢结构设计	93
2.1	工程设计条件	93
2.2	建模方法	94
2.2.1	材料参数定义	94
2.2.2	构件截面定义	95
2.2.3	建立并导入空间穹顶钢结构模型	96
2.2.4	支座约束	98

2.2.5	构件连接释放	98
2.2.6	荷载模式定义	100
2.2.7	荷载定义	103
2.2.8	半跨活荷载对空间结构的影响	105
2.2.9	荷载组合定义	107
2.2.10	有限元单元剖分	109
2.2.11	质量源定义	109
2.2.12	分析参数设置	109
2.3	计算结果	110
2.3.1	周期	110
2.3.2	节点位移计算结果	111
2.3.3	内力计算结果	113
2.3.4	支座反力计算结果	114
2.4	构件设计	114
2.4.1	构件计算长度及长细比	114
2.4.2	设计分析	115
2.5	关键部位的节点设计及构造	118
2.5.1	焊接节点	118
2.5.2	支座节点	119
【实例3】	某体育场空间罩棚钢结构设计	121
3.1	工程设计条件	121
3.2	建模方法	122
3.2.1	材料参数定义	122
3.2.2	构件截面定义	122
3.2.3	建立并导入空间罩棚钢结构模型	124
3.2.4	支座约束	125
3.2.5	构件连接释放	126
3.2.6	荷载模式定义	127
3.2.7	荷载定义	128
3.2.8	整体模型拼装	136
3.2.9	荷载组合定义	138
3.2.10	半跨活荷载	141
3.2.11	有限元单元剖分	141
3.2.12	质量源定义	141
3.2.13	分析参数设置	142
3.3	计算结果	143
3.3.1	模态分析结果	143
3.3.2	挠度分析结果	145
3.3.3	温度应力分析结果	145
3.4	构件设计	145
3.4.1	构件计算长度及长细比	145
3.4.2	交互设计	145

3.5	用钢量	149
3.6	实际工程照片	150
第三章 预应力张拉钢结构设计		153
【实例 1】 某中学多功能厅 24m 跨度屋顶张弦梁设计		155
1.1	工程设计条件	155
1.2	建模方法	156
1.2.1	材料参数定义	156
1.2.2	构件截面定义	156
1.2.3	建立并导入张弦梁结构模型	160
1.2.4	支座约束	162
1.2.5	构件连接释放	163
1.2.6	荷载模式定义	164
1.2.7	荷载定义	165
1.2.8	荷载工况定义	170
1.2.9	荷载组合定义	178
1.2.10	有限元单元剖分	178
1.2.11	质量源定义	178
1.2.12	分析参数设置	179
1.3	计算结果	179
1.3.1	挠度分析结果	179
1.3.2	杆件轴力分析结果	180
1.4	构件设计	180
1.4.1	构件计算长度及长细比	180
1.4.2	设计分析	180
1.5	用钢量	183
【实例 2】 某学院 30m 跨度圆形采光张弦屋顶结构设计		184
2.1	工程设计条件	184
2.2	建模方法	187
2.2.1	材料参数定义	187
2.2.2	构件截面定义	188
2.2.3	建立并导入张弦梁结构模型	192
2.2.4	支座约束	193
2.2.5	构件连接释放	193
2.2.6	荷载模式定义	194
2.2.7	荷载定义	195
2.2.8	荷载工况定义	197
2.2.9	荷载组合定义	200
2.2.10	有限元单元剖分	200
2.2.11	分析参数设置	200
2.3	计算结果	201
2.3.1	挠度	201
2.3.2	杆件轴力	201

2.4	构件设计	201
2.4.1	构件计算长度及长细比	201
2.4.2	设计分析	202
2.5	用钢量	204
	【实例 3】 某会展中心 64m 跨度屋顶管桁架张弦结构设计	206
3.1	工程设计条件	206
3.2	建模方法	207
3.2.1	材料参数定义	207
3.2.2	构件截面定义	208
3.2.3	建立并导入张弦梁结构模型	211
3.2.4	支座约束	213
3.2.5	构件连接释放	213
3.2.6	荷载模式定义	215
3.2.7	荷载定义	215
3.2.8	荷载工况定义	220
3.2.9	荷载组合定义	225
3.2.10	有限元单元剖分	225
3.2.11	分析参数设置	226
3.3	计算结果	226
3.3.1	挠度分析结果	226
3.3.2	杆件轴力分析结果	227
3.4	构件设计	227
3.4.1	构件计算长度及长细比	227
3.4.2	设计分析	228
3.5	用钢量	230
	【实例 4】 某科技馆中厅 40m 跨度重型张弦梁屋盖设计	232
4.1	工程设计条件	232
4.2	建模方法	233
4.2.1	材料参数定义	233
4.2.2	构件截面定义	234
4.2.3	建立并导入张弦梁结构模型	238
4.2.4	支座约束	239
4.2.5	构件连接释放	240
4.2.6	荷载模式定义	241
4.2.7	荷载定义	242
4.2.8	荷载工况定义	245
4.2.9	荷载组合定义	248
4.2.10	有限元单元剖分	249
4.2.11	分析参数设置	249
4.3	计算结果	249
4.3.1	挠度分析结果	249
4.3.2	钢索拉力及拉应力分析结果	249

4.4	构件设计	251
4.4.1	构件计算长度及长细比	251
4.4.2	设计分析	251
4.5	用钢量	253
4.6	防连续倒塌设计	255
4.7	工程照片	256
第四章	钢筋混凝土结构设计	259
【实例 1】	某体育场看台混凝土框架结构设计	261
1.1	工程设计条件	261
1.2	建模方法	261
1.2.1	材料参数定义	261
1.2.2	构件截面定义	262
1.2.3	建立并导入看台混凝土结构模型	269
1.2.4	支座约束	271
1.2.5	构件连接释放	271
1.2.6	荷载模式定义	272
1.2.7	荷载定义	274
1.2.8	荷载组合定义	277
1.2.9	有限元单元剖分	279
1.2.10	质量源定义	281
1.2.11	分析参数设置	282
1.3	计算结果	282
1.3.1	模态分析结果	282
1.3.2	构件内力分析结果	282
1.3.3	层间位移及位移角	285
1.3.4	支座反力分析结果	287
1.4	构件设计	289
1.5	看台结构超长不设缝措施	295
第五章	超高层结构静力弹塑性分析	297
【实例 1】	某超高层结构弹塑性静力分析	299
1.1	工程设计条件	299
1.2	SAP2000 非线性分析	302
1.3	建模方法	304
1.3.1	材料参数定义	304
1.3.2	构件截面定义	307
1.3.3	空间模型的建立	314
1.3.4	截面属性修正	318
1.3.5	刚性隔板指定	320
1.3.6	支座约束	321
1.3.7	构件连接释放	322
1.3.8	荷载模式定义	322

1.3.9	荷载定义	323
1.3.10	Pushover 工况定义	324
1.3.11	梁柱塑性铰指定	327
1.3.12	质量源定义	332
1.3.13	分析参数设置	332
1.4	计算结果	333
1.4.1	模态分析结果	334
1.4.2	Pushover 分析结果	335

第一章 平面钢结构设计

【实例 1】 12m 平面角钢钢桁架结构设计

1.1 工程设计条件

工程背景为抗震设防烈度为 8 度 ($0.20g$)、II 类场地地区某超高层办公楼,使用功能为办公空间,其楼盖次梁从外框梁至核心筒间距为 12m (如图 1),次梁间距为 2700mm。为了提高楼层建筑净高,采取钢桁架形式,桁架中间部位、核心筒端部需预留风道空间和排烟空间。桁架上部采用闭口型压型钢板组合楼板,楼板厚度为 110mm,上部楼面建筑做法为架空地板,办公空间设置轻质隔断。桁架下部主要吊挂有风道、排烟道、建筑吊顶、小型灯带灯。剖面示意图如图 2 所示。

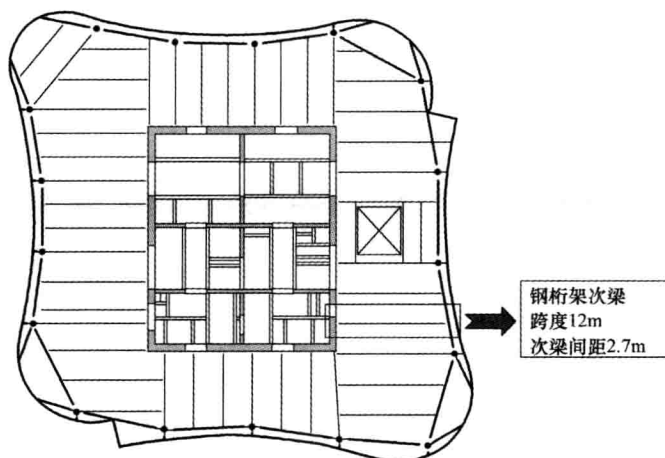


图 1 平面示意图

1.2 建模方法

1.2.1 材料参数定义

打开 SAP2000 中文版程序后,进入基本界面,单位制选择为 $N \cdot mm$,整体窗口如图 3 所示。

➤ 选择顶部菜单:文件\新模型。如图 4 所示。

➤ 随后弹出“新模型”窗口,如图 5 所示。选择“新模型初始化”对话框中的单位制为 N, mm, C 。并在“选择模板”对话框中选择“空”模板。

➤ 选择顶部菜单:定义\定义材料。如图 6 所示。进入“定义材料”对话框,如图 7 所示。点击“添加新材料”按钮,可进入“快速材料定义”对话框,如图 8 所示。SAP2000 V15 中文版已嵌入中国规范对应的部分相关材料参数,可快捷定义钢材、钢筋、预应力筋、混凝土相关参数,如图 9~11 所示。

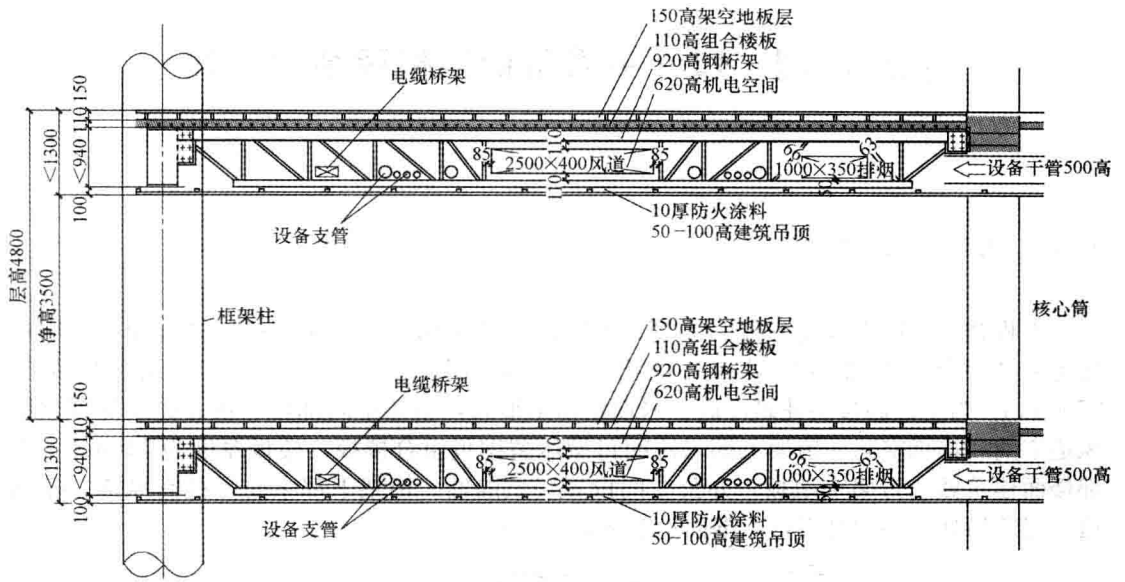


图 2 剖面示意图

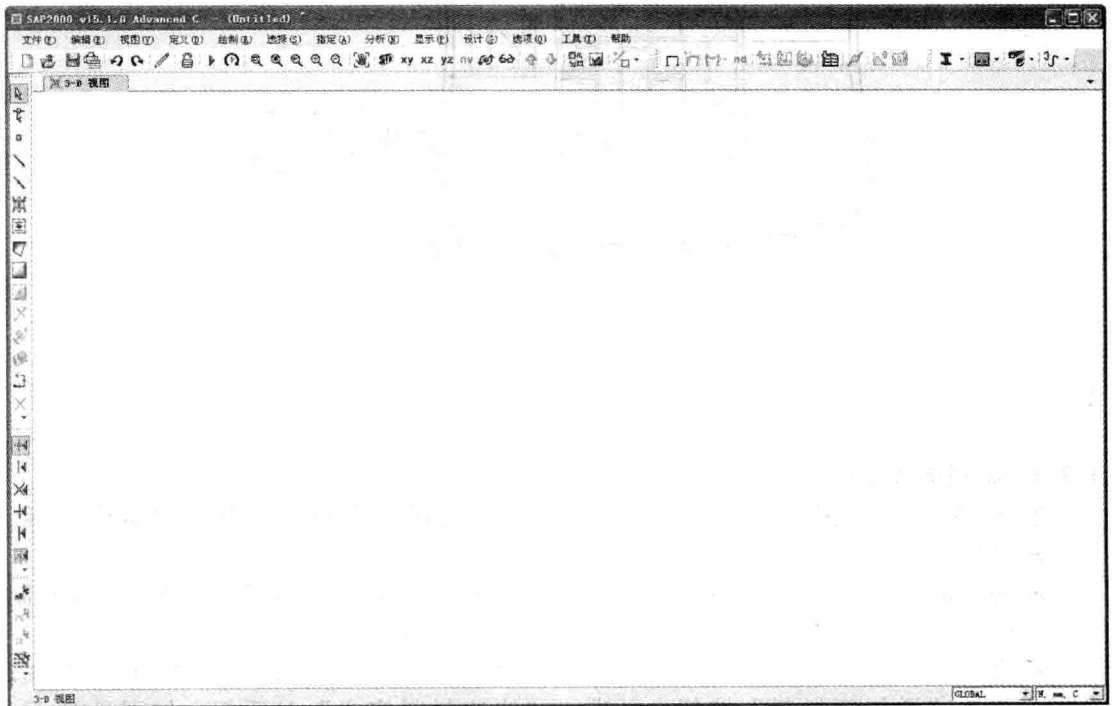


图 3 SAP2000 整体窗口



图 4 文件菜单

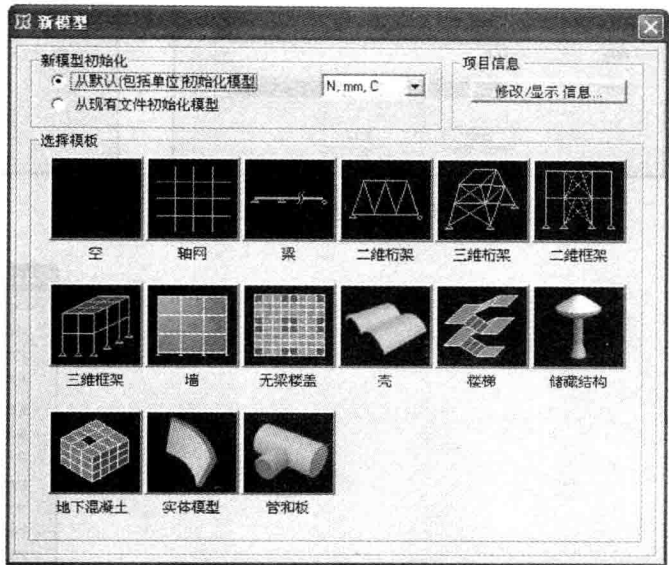


图 5 新模型对话框

➤ 如果添加的材料参数程序没有提供时，可先添加同类型材料，然后点击“定义材料”窗口中的“修改/显示材料”按钮，调整相关参数。

➤ 本实例涉及的材料为 Q345B 钢材，相应材料参数如图 12 所示。

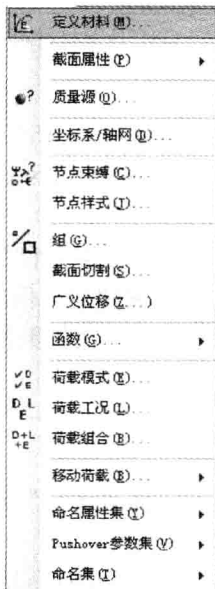


图 6 定义菜单

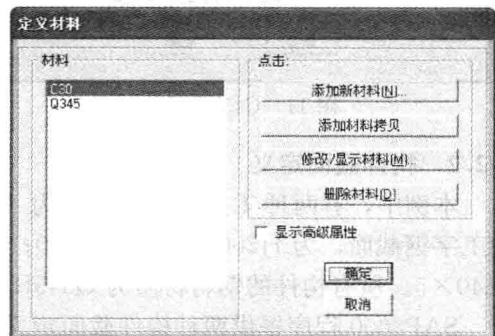


图 7 定义材料对话框

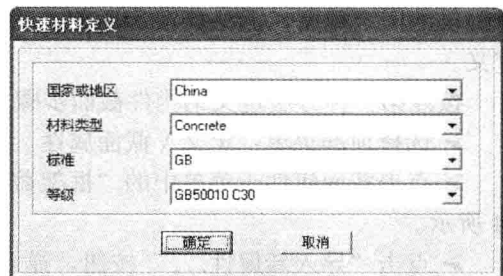


图 8 快速材料定义对话框

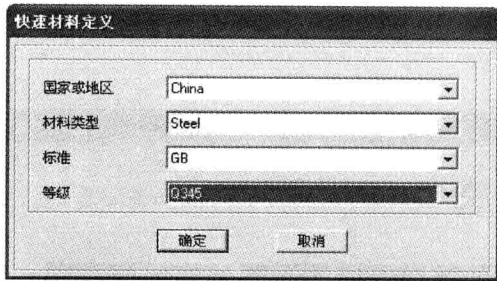


图 9 Q345 钢材

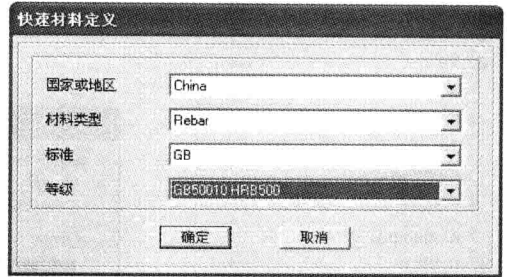


图 10 HRB500 钢筋



图 11 C45 混凝土

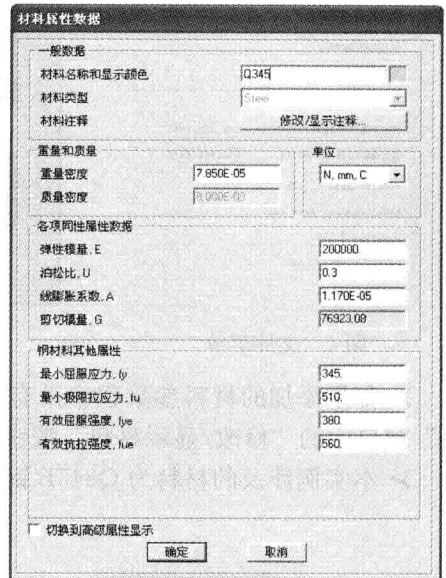


图 12 Q345B 钢材材料参数定义

1.2.2 构件截面定义

本例中，有两种 T 形截面，分别为 $T200 \times 200 \times 10 \times 10$ 和 $T100 \times 150 \times 10 \times 10$ ；一种工字钢截面，为 $H200 \times 200 \times 10 \times 10$ ；三种双角钢截面，分别为 $2L63 \times 5$ 、 $2L50 \times 5$ 和 $2L40 \times 5$ 。所有构件的钢材材质为 Q345B。

SAP2000 程序提供两种构件截面定义方法，第一种方法可通过程序自带的截面库进行定义，添加截面库文件后，可直接选择需要的构件，此方法方便快捷，但所有截面为规范提供的固定截面，无法修改和编辑。第二种方法为自定义截面，操作灵活，可全部自定义。

按照第一种方法定义钢构件截面步骤如下：

- 选择顶部菜单：定义 \ 截面属性。如图 13 所示。
- 点击截面属性子菜单中的“框架截面...”菜单，弹出“框架属性”对话框，如图 14 所示。
- 点击“导入新属性...”按钮，弹出“导入框架截面属性”对话框（图 15）。
- 在“导入框架截面属性”对话框中选择“框架截面属性类型”为“Steel”，然后在