

高校土木工程专业规划教材

GAOXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

土木工程常用软件与应用—— PKPM、ABAQUS和MATLAB

王言磊 李芦钰 侯吉林 安永辉 编

TUMU GONGCHENG CHANGYONG RUANJIAN YU YINGYONG
PKPM ABAQUS HE MATLAB

中国建筑工业出版社

高校土木工程专业规划教材

土木工程常用软件与应用

——PKPM、ABAQUS 和 MATLAB

王言磊 李芦钰 侯吉林 安永辉 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

土木工程常用软件与应用——PKPM、ABAQUS 和 MATLAB/
王言磊等编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 1

高校土木工程专业规划教材

ISBN 978-7-112-20307-9

I. ①土… II. ①王… III. ①土木工程-应用软件-高等学校-
教材 IV. ①TU-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 010697 号

本书选择了最常用、也最具有代表性的 3 个土木工程软件: PKPM (国内最通用的结构设计软件)、ABAQUS (最强大的非线性结构分析软件) 和 MATLAB (最强大的矩阵计算软件)。其中 PKPM 软件以一个框架-剪力墙结构为典型案例, 从结构建模、结构计算、墙梁柱施工图设计到基础设计进行了讲解, 可满足一般本科毕业设计要求; ABAQUS 软件以一个工字钢梁和一个钢筋混凝土梁为典型案例, 讲授了从结构建模、计算到分析结果后处理的全过程; MATLAB 软件在讲授基本操作的基础上, 介绍了典型桁架结构的矩阵位移法和有限单元法的编程方法。本书基于典型案例来对这三个软件进行详细讲解, 读者可通过举一反三的方法, 基本掌握这三个软件, 实现快速学习的目的。

本书适用于高等院校土木工程专业学生、结构设计人员和计算机软件爱好者使用。

责任编辑: 李天虹

责任校对: 王宇枢 党 蕾

高校土木工程专业规划教材

土木工程常用软件与应用

——PKPM、ABAQUS 和 MATLAB

王言磊 李芦钰 侯吉林 安永辉 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 14 $\frac{3}{4}$ 字数: 353 千字

2017 年 4 月第一版 2017 年 4 月第一次印刷

定价: 38.00 元

ISBN 978-7-112-20307-9

(29630)

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)

前 言

为了使土木工程专业学生和结构设计人员能尽快获得工程结构计算机辅助设计的专业技能,按照《高等学校土木工程本科指导性专业规范》的要求,结合卓越工程师培养计划,根据编者多年来的教学和工程设计经验,编写了本书。由于目前土木工程专业软件众多,但同类软件功能不尽相同,因此本书选择了最常用、也最具有代表性的三个土木工程软件:PKPM(国内最通用的结构设计软件)、ABAQUS(最强大的非线性结构分析软件)和 MATLAB(强大的矩阵计算软件)。

本书的主要特色如下:

1. 三个软件(PKPM、ABAQUS 和 MATLAB)讲授内容将分别与土木工程专业本科生的三大核心课程(本科毕设、混凝土结构和结构力学)密切相关

本书中 PKPM 部分将与土木工程专业本科生的毕业设计密切相关:目前土木工程专业本科毕业设计大都会用到 PKPM 软件,本书中 PKPM 软件部分将以一个框架-剪力墙结构作为典型案例进行讲解,读者学会 PKPM 软件部分后,即可轻松完成相关本科毕设。本书中 ABAQUS 软件部分将与土木工程专业本科生的核心课程之一《混凝土结构》中的课程试验部分(少筋梁、适筋梁和超筋梁试验)密切相关:教会读者如何利用大型商业有限元软件 ABAQUS 对这三种钢筋混凝土梁进行详细内力分析,读者可将有限元分析结果与试验值进行对比分析,全面体会有限元软件分析的魅力。本书中 MATLAB 软件部分将与土木工程专业本科生的核心课程之一《结构力学》中的矩阵位移法和有限单元法密切相关:教会读者如何利用 MATLAB 软件进行编程,实现一个桁架结构的矩阵位移法和有限单元法的分析。

2. 三个软件(PKPM、ABAQUS 和 MATLAB)讲授内容的选择是基于本科-硕士课程衔接的目的

土木工程专业的硕士研究生毕业后大部分走向结构设计的岗位,而在国内设计院中 PKPM 软件占有 90%以上的市场;土木工程专业硕士研究生在相关试验完成后,大部分将采用 ABAQUS 软件进行有关数值模拟(ABAQUS 拥有比 ANSYS 更强大的非线性分析能力,尤其适合于钢筋混凝土结构的非线性分析);目前土木工程专业的硕士研究生在科研过程中自己编写的程序,大都采用简单易学且功能强大的 MATLAB 软件编写的。在本科生阶段通过学习本书的内容后,学生将会更好地融入未来硕士研究生的科研生活中。因此,本书具有本科-硕士课程衔接的功能。

3. 基于典型案例讲解的方法是一种快速有效的讲授方法

由于本书需要讲授三个大型商业软件(PKPM、ABAQUS 和 MATLAB),但读者的学习课时有限,如采用常规的按部就班的讲解方法肯定是行不通的。为此,本书将基于典型案例来对三个软件进行详细讲解,读者可通过举一反三的方法,初步掌握这三个软件,实现快速学习的目的。

计算软件虽然可以带来方便，但由于计算机只是执行命令，所以错误的计算模型将带来错误的结果。因此，设计人员需要根据相关理论和经验来判断结果的正确性。世界著名结构工程专家、有限元大师 Edward L Wilson 教授曾经说过：“除非你已完全理解了程序采用的理论和近似方法，否则绝不使用任何一个结构分析程序；在没有清楚地定义荷载、材料属性以及边界条件之前，不要创建计算机模型；那种认为所谓人工智能的电脑将要取代具有创造力的大脑的观点是对结构工程师的侮辱。”

本书适合高等院校土木工程专业学生、结构设计人员和计算机软件爱好者使用。

本书由大连理工大学王言磊、李芦钰、侯吉林和安永辉编写，其中第 1~4 章由王言磊编写，第 5、6 章由侯吉林编写，第 7、8 章由安永辉编写，第 9、10 章由李芦钰编写，全书由王言磊统稿。

本书在编写过程中得到了研究生王永帅、张祎男、王奇、秦涵、崔鹏、梁启刚、魏光阳、王鹏飞和王四杰（排名不分先后）的大力协助，没有他们的辛勤付出，本书不可能最终成稿。本书的出版还获得了大连理工大学教材出版基金项目（项目编号：JC2016013）的资助。在此，编者谨向对本书编写工作提供无私帮助的研究生和大连理工大学教材出版基金表达诚挚的感谢！

在本书编写过程中，编者参考了大量文献，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，但由于编者水平有限，书中难免有疏漏和错误之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一篇 PKPM 软件	1
第 1 章 PMCAD 建模及荷载输入	3
1.1 PMCAD 建模基本概述	3
1.1.1 PMCAD 功能	3
1.1.2 PMCAD 重要操作方式	3
1.1.3 文件管理	4
1.2 建筑模型与荷载施加	5
1.2.1 工程概况	5
1.2.2 轴线输入	6
1.2.3 构件输入	10
1.2.4 荷载输入	17
1.2.5 添加标准层	19
1.2.6 设计参数	20
1.2.7 楼层组装	21
1.2.8 保存退出	23
1.3 平面荷载显示校核	23
1.4 画结构平面图	24
1.4.1 计算参数	25
1.4.2 楼板计算	26
1.4.3 楼板钢筋	26
第 2 章 SATWE 结构有限元分析	27
2.1 SATWE 基本知识	27
2.2 接 PM 生成 SATWE 数据	27
2.2.1 分析与设计参数补充定义	28
2.2.2 特殊构件补充定义	43
2.2.3 生成 SATWE 数据文件及数据检查	44
2.3 SATWE 结构内力和配筋计算	45
2.4 分析结果图形和文本显示	46
2.4.1 图形文件输出	47
2.4.2 文本文件输出	48
第 3 章 墙梁柱施工图设计	51
3.1 基本概述	51

3.2	梁施工图设计	52
3.2.1	设钢筋层	52
3.2.2	配筋参数	53
3.2.3	钢筋查询与修改	53
3.2.4	绘制其他梁图	54
3.3	柱施工图设计	55
3.3.1	设置钢筋标准层	55
3.3.2	参数设置	55
3.4	墙施工图设计	58
3.4.1	参数设置	58
3.4.2	自动配筋	59
3.4.3	编辑剪力墙钢筋	59
3.5	整榀框架施工图	59
3.5.1	形成 PK 文件	59
3.5.2	画整榀框架施工图	61
第 4 章	JCCAD 基础设计	63
4.1	JCCAD 基本概述	63
4.1.1	JCCAD 软件功能	63
4.1.2	JCCAD 基本工作流程	63
4.2	基础人机交互输入	64
4.2.1	概述	64
4.2.2	参数输入	64
4.2.3	荷载输入	66
4.2.4	柱下独立基础设计	68
4.2.5	桩承台基础设计	70
4.3	基础施工图	73
4.3.1	基础平面图	73
4.3.2	基础详图	73
第二篇	ABAQUS 软件	77
第 5 章	ABAQUS 软件在工字钢梁中的应用	79
5.1	ABAQUS 概述	79
5.1.1	ABAQUS 基础	79
5.1.2	运行 ABAQUS/CAE	79
5.1.3	ABAQUS/CAE 窗口	80
5.1.4	ABAQUS 功能模块	82
5.1.5	ABAQUS 的单位	82
5.2	创建部件	83
5.2.1	工字钢梁模型基本参数	83

5.2.2	部件模块介绍	84
5.2.3	部件的创建	84
5.3	创建材料和截面属性	86
5.3.1	属性模块介绍	86
5.3.2	创建材料属性	86
5.3.3	创建截面	88
5.4	定义装配件	90
5.4.1	装配模块介绍	90
5.4.2	定义装配件	91
5.5	设置分析步	92
5.5.1	分析步模块介绍	92
5.5.2	设置分析步	92
5.6	定义荷载和边界条件	95
5.6.1	荷载模块介绍	95
5.6.2	定义荷载	96
5.6.3	创建边界条件	97
5.7	划分网格	99
5.7.1	网格模块介绍	99
5.7.2	划分网格	99
5.8	提交分析作业	103
5.8.1	作业模块介绍	103
5.8.2	提交分析作业	103
5.9	后处理（结果可视化）	105
5.9.1	后处理模块介绍	105
5.9.2	绘制变形图	106
5.9.3	生成 Mises 应力的等值线图	106
5.9.4	坐标形式显示应力和位移随时间的变化情况	107
5.9.5	绘制最不利点的应力-应变曲线	110
第 6 章	ABAQUS 软件在钢筋混凝土梁中的应用	114
6.1	创建部件	114
6.1.1	钢筋部件的建立	115
6.1.2	垫块和混凝土梁部件的建立	116
6.2	创建材料和截面属性	117
6.2.1	创建材料属性	117
6.2.2	创建截面	120
6.2.3	指派截面	120
6.3	定义装配件	121
6.3.1	创建实例	121
6.3.2	装配混凝土梁和垫块	122

6.3.3	装配钢筋	124
6.3.4	创建拆分	128
6.4	设置分析步	129
6.5	相互作用	130
6.5.1	钢筋笼与混凝土的相互作用	131
6.5.2	加载点与垫块的相互作用	132
6.5.3	垫块与混凝土的相互作用	134
6.6	定义边界和荷载条件	136
6.6.1	定义边界条件	136
6.6.2	定义荷载	138
6.7	划分网格	139
6.8	提交分析作业	142
6.9	后处理	143
6.9.1	绘制变形图	143
6.9.2	绘制应力云图	144
6.9.3	应力随时间的变化曲线	147
6.10	钢筋混凝土梁的多种工况分析	149
第三篇	MATLAB 软件	157
第7章	MATLAB 入门	159
7.1	MATLAB 概述	159
7.1.1	MATLAB 的发展历史	159
7.1.2	MATLAB 的主要特点	159
7.2	MATLAB 工作界面简介	160
7.2.1	主窗口	161
7.2.2	命令窗口 (Command Window)	162
7.2.3	工作空间窗口 (Workspace)	163
7.2.4	当前文件夹窗口 (Current Folder)	163
7.3	MATLAB 的基本运算	164
7.3.1	MATLAB 变量的基本操作	164
7.3.2	MATLAB 的数据类型	166
7.3.3	MATLAB 的基本数学运算	170
7.3.4	MATLAB 常用的数学函数	175
7.4	M 文件	176
7.4.1	M 文件的创建与打开	176
7.4.2	M 文件功能特点	178
7.4.3	M 文件中常用的控制结构	179
7.4.4	其他控制命令	181
第8章	MATLAB 基本操作	182

8.1	MATLAB 数值计算	182
8.1.1	多项式运算	182
8.1.2	微积分数值运算	184
8.1.3	方程组的数值解	185
8.2	MATLAB 符号运算	186
8.2.1	求极限	186
8.2.2	微积分符号运算	187
8.2.3	方程(组)的符号解	187
8.3	图形的基本操作与处理	189
8.3.1	图形窗口的设置	189
8.3.2	二维图形绘制	190
8.3.3	三维图形的绘制	193
8.4	文件基本操作	194
8.4.1	文件的打开与关闭	195
8.4.2	文件读写操作函数	195
8.4.3	文件定位	196
第 9 章	基于 MATLAB 软件的结构分析-矩阵位移法	198
9.1	单元刚度矩阵	198
9.1.1	单元刚度矩阵定义	198
9.1.2	单元刚度矩阵性质	199
9.2	坐标旋转矩阵	200
9.3	整体刚度矩阵	202
9.4	问题求解	204
9.5	单元内力	206
第 10 章	基于 MATLAB 软件的结构分析-有限单元法	209
10.1	基本理论	209
10.2	分析实例	210
10.2.1	解析解	211
10.2.2	矩阵位移法	212
10.2.3	有限单元法	217
参考文献		223

第一篇

PKPM 软件

本篇要点

本篇介绍 PKPM 软件，面向初学者以及拥有一定设计经验的人员。通过一个实例，使读者了解 PKPM 结构软件从建立模型、计算分析、基础设计到绘制施工图的全过程操作。

本篇突出重点，抓住关键，阐述以下重要模块：

- PMCAD 建模及荷载输入
- SATWE 结构空间有限元分析
- 板墙梁柱施工图设计
- JCCAD 基础设计

第 1 章 PMCAD 建模及荷载输入

本章重点

1. 了解 PMCAD 模块功能。
2. 熟悉 PMCAD 建模的基本流程。
3. 掌握建模过程中相关参数设置。

PKPM 系列软件系统是一套集建筑设计、结构设计、设备设计、节能设计于一体的大型建筑工程综合 CAD 系统。它在国内建筑设计行业占有绝对优势，是我国建筑行业应用最广泛的一套 CAD 系统。

1.1 PMCAD 建模基本概述

1.1.1 PMCAD 功能

PMCAD 是 PKPM 系列结构设计软件的核心，它建立的全楼结构模型是 PKPM 各二维、三维结构计算软件的前期部分，也是梁、柱、剪力墙、楼板等施工图设计软件和基础设计软件的必备接口软件。

其功能主要包括：

- ◆ 人机交互方式建立全楼结构模型。
- ◆ 能够自动导算荷载，并自动计算结构自重，建立恒活荷载库。
- ◆ 为各种计算模型提供计算所需数据。
- ◆ 为上部结构各绘图 CAD 模块提供结构构件的精确尺寸。
- ◆ 为 JCCAD 模块提供底层结构布置与轴网布置，并且提供上部结构传下的恒活荷载。
- ◆ 绘制各种类型结构的结构平面图和楼板配筋图。
- ◆ 多高层钢结构的三维建模从 PMCAD 展开，包括丰富的型钢截面和组合截面。

1.1.2 PMCAD 重要操作方式

- ◆ 鼠标左键：同键盘<Enter>键，用于确认输出等。
- ◆ 鼠标右键：同键盘<Esc>键，用于否定、放弃、返回菜单等。
- ◆ 鼠标中滑轮：① 滑轮滚动：向上滚动，放大视图；向下滚动，缩小视图。
② 滑轮按下并移动：用于拖动平移图形。
- ◆ <Ctrl>键+鼠标中滑轮按下移动：进行三维观测时，旋转模型即改变三维观测角度。
- ◆ <U>键：用于取消上一步操作。
- ◆ <S>键：用于选择光标捕捉方式。

- ◆ <F1>键：打开帮助。
- ◆ <F3>键：网格捕捉开关。
- ◆ <Ctrl>键+<F1>键：节点捕捉开关。
- ◆ <F4>键：角度捕捉开关。
- ◆ <F5>键：重新显示图形。
- ◆ <F6>键：铺满显示。
- ◆ <F9>键：设置功能键参数，例如设置捕捉参数、圆弧精度等。
- ◆ <Tab>键：用于变换图素选择方式。

1.1.3 文件管理

1. 创建工作目录

双击桌面 PKPM 快捷图标，进入 PKPM 界面，选择上方菜单专项的【结构】，点击【PMCAD】，则 PMCAD 主菜单如图 1.1-1 所示。

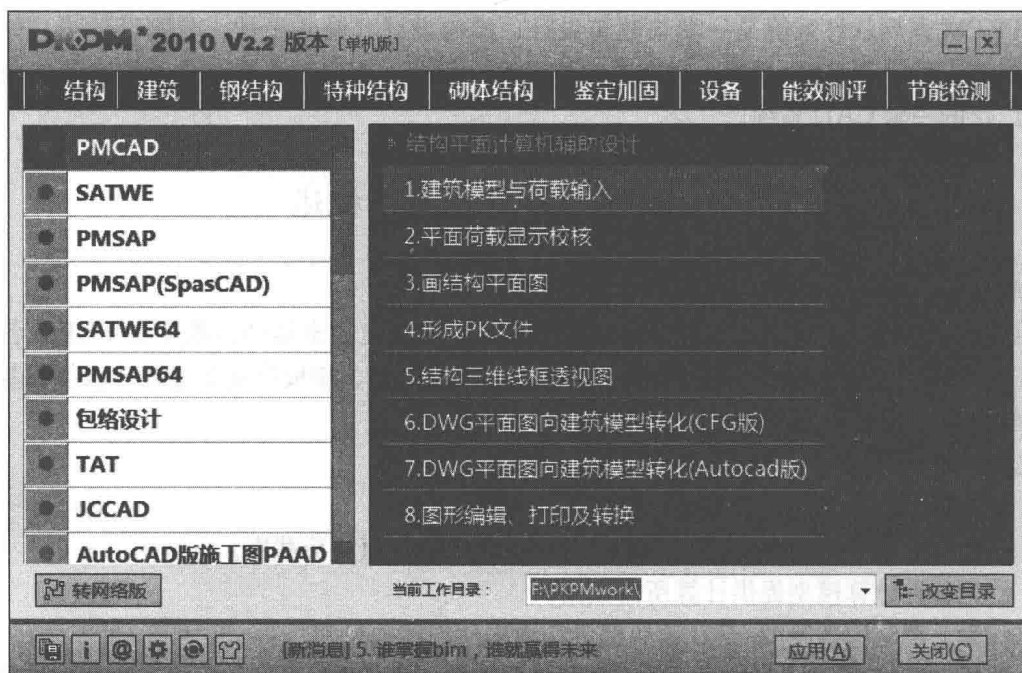


图 1.1-1 PMCAD 主菜单

首次打开工作目录，默认目录为“C: \ PKPMWORK”，点击右侧【改变目录】，创建一个新的适当的文件夹；或者选择已经存在的某个目录。选择完毕后点击【应用】。



提示

每做一项新的工程，都应建立一个新的子目录，并在新子目录中进行操作，这样不同工程的数据才不致混淆。

2. 输入 PM 工程名

上一步点击【应用】后，进入建模工作状态，弹出【请输入 pm 工程名】对话框，如图 1.1-2 所示，此时输入便于用户记忆的工程名即可；但用户需要注意名称总字节数不应大于 20 个英文字符或 10 个中文字符，且不能存在特殊字符。



图 1.1-2 输入工程名对话框

例如输入“六层框剪结构”，单击【确定】，进入建模主界面。如图 1.1-3 所示。

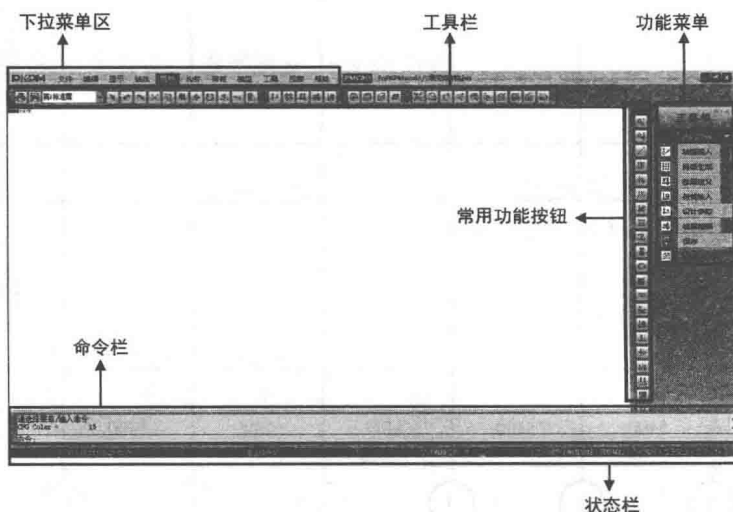


图 1.1-3 PMCAD 建模主界面

3. 工作数据备份保存

在 PMCAD 主菜单界面，即图 1.1-1 左下角，点击【文件存储管理】按钮，打开【PKPM 设计数据存取管理】对话框，用户可以选择需要保存的文件，如图 1.1-4 所示对话框部分截图。选择数据文件完毕后，点击【下一步】，在新的对话框中点击【开始备份数据】，则 PKPM 将自动按照 rar 格式压缩打包。

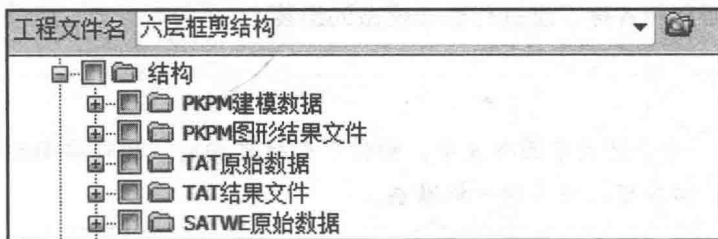


图 1.1-4 设计数据存取管理对话框截图

1.2 建筑模型与荷载施加

1.2.1 工程概况

该工程为六层框剪结构，7 度（0.1g）抗震设防，楼面层恒荷载为 4 kN/m^2 ，活荷载

为 2kN/m^2 ，屋面层恒荷载为 2kN/m^2 ，活荷载为 2kN/m^2 ，基本风压为 0.65kN/m^2 ，标准层平面轴网图如图 1.2-1 所示。

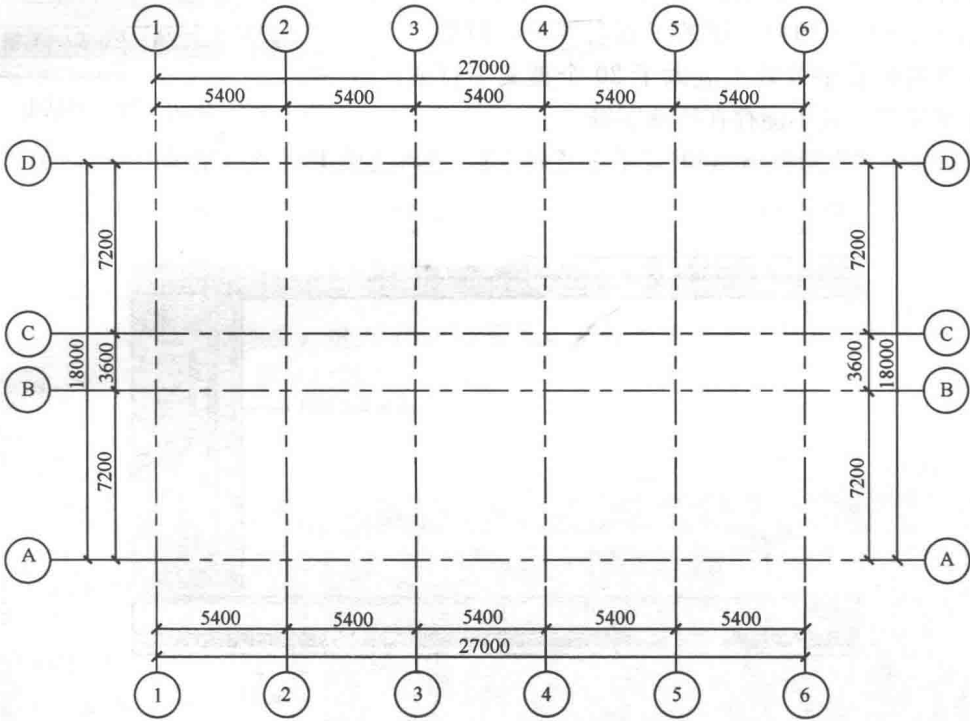


图 1.2-1 标准层平面简图

1.2.2 轴线输入

轴线输入前，需要了解一下标准层。由于在结构的各层，结构构件的布置以及荷载的施加等方面可能不同，于是产生结构标准层的概念。PMCAD 是通过建立平面模型，利用平面模型进行全楼组装，实现整楼模型的建立。所以首先应该根据结构平面布置，划分各结构标准层，进而利用各标准层进行整楼模型的组装。



提示

一般情况下，对于结构平面布置中，构件平面位置相同，构件截面形状、尺寸相同，荷载情况相同的结构层可以归为同一标准层。

进入 PMCAD 建模主界面后，点击右侧功能菜单第一项【轴线输入】，将显示其下拉菜单。PMCAD 提供多种轴线输入方式，如下：

1. 图形显示区直接绘制轴线

(1) 键盘坐标输入方式

键盘坐标输入方式是输入轴线的最基本方法。该方式是在十字光标出现后，在命令栏直接输入绝对坐标、相对坐标或极坐标值。方法如下（R 为极距，A 为角度）：

绝对直角坐标输入：“! X, Y, Z”

相对（上一次输入点）直角坐标输入：“X，Y，Z”

绝对极坐标输入：! R<A

相对极坐标输入：R<A

画直线时试着按<F3>、<F4>，用网格和角度控制线条的角度和长度，随着线条的移动，请注意屏幕右下角坐标及角度的变化。



提示

- (1) 绝对坐标输入，前面应加“!”。
- (2) 沿坐标轴方向为正，圆弧逆时针方向为正。

(2) 鼠标结合键盘坐标输入方式

直接用鼠标在图形显示区点取绘制轴线，不易确定轴线长度，所以用鼠标给出方向角，用键盘输入相对距离。这种配合使用的方式，使轴线绘制方便、快捷。

练习 1-1 鼠标+键盘追踪方式

如果绘制一条直线，端点坐标为（0，0）和（5400，0），步骤如下：

- 单击右侧功能菜单【坐标输入】/【两点直线】。
- 命令栏输入“! 0，0”；点击<Enter>键。
- 将鼠标向右水平移动，出现水平追踪线，此时在命令栏输入“5400”，点击<Enter>键。结果如图 1.2-2 所示。

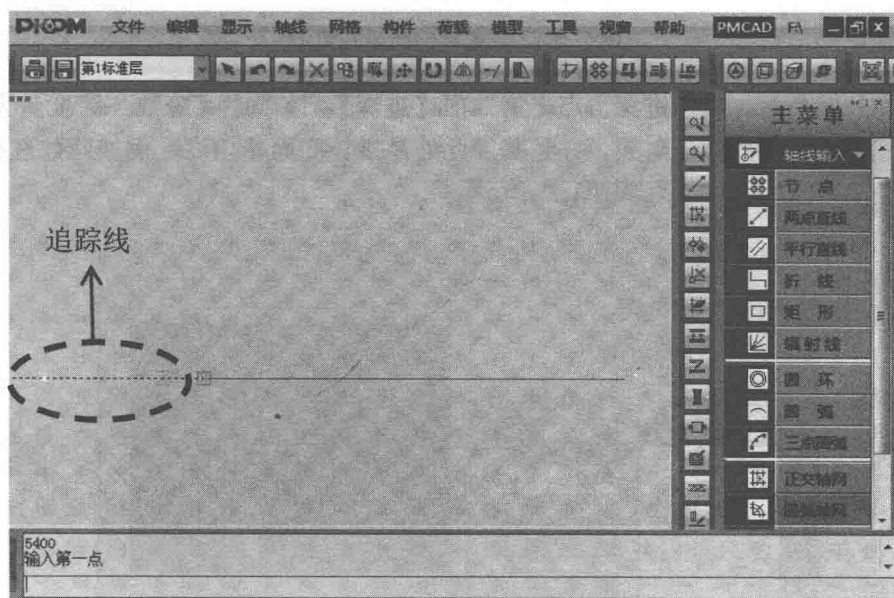


图 1.2-2 鼠标结合键盘坐标输入方式

2. 正交轴网与圆弧轴网

对于大部分建筑工程，都选用正交轴网和圆弧轴网进行绘制，该方法最大优势是快捷、效率高。

【正交轴网】通过定义开间和进深形成正交网格，与天正的轴网绘制类似。其中定义