

# 土木工程 软件应用

朱玉华 主编



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS



土

木

工

程

系

列

从

书

土木工程系列丛书

# 土木工程软件应用

朱玉华 主编



同济大学出版社

## 内 容 提 要

本书介绍了目前土木工程领域通用设计和分析软件的功能及使用方法,主要包括:中国建筑科学研究院编制的 PKPM 系列设计软件的框排架、连续梁、PMCAD、SATWE 等模块;美国 ANSYS 公司编制的 ANSYS 通用分析软件的主要功能介绍、几何建模、网络划分、加载和求解以及后处理模块;同济大学编制的 3D3S 钢结构设计分析软件的空间结构建模、门式刚架和幕墙结构模块;同济大学编制的 MTS 钢结构设计软件的功能介绍及多高层钢结构设计模块。本书结合工程实例介绍了软件的使用功能及实用操作步骤,可供软件学习时参考。

所选择的软件在土木工程领域应用广泛并得到普遍认可和欢迎,本书可供大专院校土木工程专业师生作教材或教学参考书,也可供从事土木工程科研、设计的广大技术人员分析、设计时参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

土木工程软件应用/朱玉华主编. —上海:同济大

学出版社,2006.9

(土木工程系列丛书)

ISBN 7-5608-3320-9

I. 工… II. 朱… III. 软件设计—教材

IV. TP311.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 078825 号

土木工程系列丛书

土木工程软件应用

朱玉华 主编

责任编辑 马继兰 责任校对 谢惠云 封面设计 陈益平

---

出 版 行 同济大学出版社

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂印刷

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 16.75

字 数 428 千

印 数 1—4100

版 次 2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5608-3320-9/TP·277

定 价 25.00 元

---

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换

## 序

自 20 世纪 80 年代起,计算机技术以前所未有的深度、广度和速度开始进入人类生活的各个方面,结构工程领域也是如此。结构计算分析的主要手段从解析解和近似解转变为数值解;结构设计验算的主要过程从人工手算转变为计算机运算;结构绘图的主要方式从手工绘制转变为计算机自动绘制。发展到目前,用“巧妇难为无米之炊”来形容结构工程师离不开工程软件进行结构分析和设计已不为过。

绘图工具软件 AutoCAD 很早就被列入了高等院校结构工程专业本科生建筑制图专业课程的教学培养计划,本科生毕业后,一般基本能掌握 AutoCAD 软件的使用。但是,绝大多数院校在两年以前尚未为本科生开设过工程软件的教学课程。部分本科生在毕业设计或论文阶段应导师要求使用过个别软件,但绝大多数毕业生对于工程软件的知识几乎是空白。用人单位普遍反映:本科生开始工作后,在工程软件的使用方面,需要单位安排专人或安排时间进行培训。

同济大学土木工程学院自 2003 年起就开设“工程软件”选修课,配合课程建设投入了相当力量抓硬件和软件建设。在硬件方面,学校投入资金更新了计算机设备;在软件方面,收集了国内外流行的主要计算机辅助设计软件和工程分析软件。“工程软件”课程自开设以来,得到了广大同学的热烈欢迎和反应,大部分学生都选修了这门课程。经过几年的探索,朱玉华副教授主编了《土木工程软件应用》教材。这本教材在工程设计类软件方面选择了 PKPM, 3D3S 和 MTS 软件,在工程分析类软件方面选择了 ANSYS 软件。这样的软件选择是合理的,既有具有自主知识产权的国产软件,也有应用很广、功能强大的先进的国外软件,并且,这些软件在国内都有很大的用户群。相信这本教材的出版和应用能推动“工程软件”课程的完善性和规范化,能帮助学生更好地掌握工程软件的应用知识,能免除工作单位对新进本科毕业生的软件培训过程。同样,希望国内兄弟院校、用人单位以及广大学生和教师对这本教材提出中肯意见,使之不断完善并得到推广应用。

张其林

2006 年 3 月于同济大学土木工程学院

## 前 言

计算机辅助绘图软件使结构工程师扔掉了绘图板,让他们从机械的绘图工作中解放出来;工程软件的开发应用使工程师扔掉了计算器,让他们从烦琐的计算中解脱出来。工程师们可以把更多的精力集中于工程方案的设计和优化。工程软件的功能已深入到工程领域的各个角落,任何从事工程设计的技术人员,离开工程软件的帮助,工作效率都将大打折扣,甚至在有些情况下无法完成任务。掌握和应用工程软件已经成为工程技术人员从事工程设计和研究应具备的基本能力。高等学校对学生基础知识的训练是很重视的,但普遍的是动手能力、实践能力较差,遇到实际工程的设计和计算时,常常无从下手。目前,各学校关于工程软件课程的建设还处于起步阶段,由于工程软件迫切的实用性,同学们普遍对学习工程软件有着强烈的兴趣,但目前缺少适合软件学习简易的指导书,软件公司厚厚的使用说明常常令初学者望而生畏。

万事开头难,软件的学习尤其如此。但软件学习的一个显著特点就是很容易触类旁通,一旦学会了一个软件或软件的部分程序,后面的学习就会变得非常顺手。本书编写的主要目的就是使软件的学习开头容易,旨在为初学者提供一本实用性强、具有可操作性的指导书。通过简单易懂的实例操作,让初学者快速了解程序的主要功能模块,尽快领会程序的设计思路,为深入的学习奠定信心和技术的基础。

本书的编写者都是活跃在教学第一线的教师,讲授过工程软件课程,有着较丰富的教学经验,从事过结构设计工作,具有一定的实际工作经验。这些老师不仅有着良好的结构工程背景,而且对软件有着较深的理解,有的老师就是软件的编译者。在教材编写,力求使软件的应用与结构工程的知识很好结合,并总结了软件教学中的一些经验以及在应用软件过程中遇到一些实际问题。简易性、实用性、可操作性是本书的一大特色,初学者按照此书编排的简易完整的例题,打开程序即可一步步走进程序的各功能领域,很快地熟悉程序的各项功能,进行一些简单的设计工作。

全书共分为四篇。第一篇(PKPM 程序)由朱玉华编写,该程序是目前国内用户最多、历史最长的结构设计软件,本书共介绍了程序的三个模块:平面杆系结构模块,该模块主要功能是进行框、排架结构的设计和绘图;平面 PM 模块,是 PKPM 的核心模块,主要功能是进行平面结构建模;高层设计分析模块 SATWE 程序,主要功能是进行三维空间结构的设计和分析。第二篇(钢结构设计软件 3D3S)由罗小群编写,主要介绍了 3D3S 软件的门式刚架和玻璃幕墙的结构设计功能。第三篇(多高层钢结构设计软件 MTS)由陆烨编写,主要介绍多高层钢结构的设计功能。第四篇(结构分析软件 ANSYS)由钱江编写,ANSYS 软件是目前国际上通用性最强、功能最强大的分析类软件,介绍了程序的基本使用功能及实用操作过程。

同济大学工程软件课程的顺利开设得益于以下单位和学者的大力支持:PKPM 软件的赠送单位是中国建筑科学研究院上海分院,3D3S 和 MTS 软件分别是同济大学土木学院张其林教授和李国强教授的无私奉献。同时,没有他们的支持,本教材也不可能这么快完成。在此,向他们表示真挚的敬意和感谢!

由于软件发展迅速且功能日益强大,鉴于作者学识、时间和精力有限,本书可能会有很多不妥甚至错误之处,敬请读者批评、指正。

编者

2006 年 3 月于同济大学

# 目 录

## 序 前言

## 第一篇 结构设计软件——PKPM

|          |                           |      |
|----------|---------------------------|------|
| <b>1</b> | <b>PKPM 软件应用范围及主要技术条件</b> | (1)  |
| § 1.1    | 软件应用                      | (1)  |
| 1.1.1    | 软件应用范围                    | (1)  |
| 1.1.2    | 计算内容及限制                   | (1)  |
| § 1.2    | 软件主要技术条件                  | (1)  |
| 1.2.1    | 计算参数的确定                   | (1)  |
| 1.2.2    | 荷载组合                      | (2)  |
| 1.2.3    | 荷载效应组合                    | (2)  |
| <b>2</b> | <b>框架结构设计</b>             | (4)  |
| § 2.1    | 概述                        | (4)  |
| 2.1.1    | 框架设计包含的主要内容               | (4)  |
| § 2.2    | 规则框架模型输入                  | (5)  |
| 2.2.1    | 框架模型输入(建立工作目录)            | (5)  |
| 2.2.2    | 计算简图查看                    | (9)  |
| § 2.3    | 框架计算                      | (10) |
| § 2.4    | 框架绘图                      | (12) |
| § 2.5    | 计算结果文本                    | (16) |
| <b>3</b> | <b>排架结构设计</b>             | (32) |
| § 3.1    | 排架模型输入                    | (32) |
| § 3.2    | 排架结构计算                    | (33) |
| § 3.3    | 排架结构绘图                    | (33) |
| <b>4</b> | <b>连续梁设计</b>              | (37) |
| § 4.1    | 概述                        | (37) |
| § 4.2    | 连续梁模型输入                   | (37) |
| <b>5</b> | <b>PMCAD 基本知识</b>         | (40) |
| § 5.1    | 概述                        | (40) |
| § 5.2    | PMCAD 功能                  | (40) |
| § 5.3    | 软件应用范围                    | (40) |
| § 5.4    | PMCAD 结构主要建模步骤            | (41) |
| 5.4.1    | 主菜单—PM 交互式数据输入            | (41) |
| 5.4.2    | 各层楼板楼面的详细布置               | (41) |

|          |                     |             |
|----------|---------------------|-------------|
| 5.4.3    | 生成荷载信息              | (42)        |
| <b>6</b> | <b>PMCAD 主菜单及操作</b> | <b>(43)</b> |
| § 6.1    | 概述                  | (43)        |
| 6.1.1    | 进入交互式数据输入程序:        | (43)        |
| 6.1.2    | 结构标准层的描述过程          | (43)        |
| § 6.2    | 基本定义和工作方式           | (43)        |
| 6.2.1    | 功能键定义               | (43)        |
| 6.2.2    | 工作状态配置              | (44)        |
| 6.2.3    | 界面环境和工作方式           | (44)        |
| § 6.3    | 轴线输入                | (44)        |
| 6.3.1    | 基本轴线图素              | (44)        |
| 6.3.2    | 定位输入方式和工具           | (44)        |
| § 6.4    | 网点生成                | (45)        |
| § 6.5    | 构件定义                | (46)        |
| § 6.6    | 楼层定义                | (46)        |
| 6.6.1    | 构件布置                | (46)        |
| 6.6.2    | 本层修改                | (47)        |
| 6.6.3    | 本层信息                | (47)        |
| 6.6.4    | 截面显示                | (47)        |
| 6.6.5    | 绘墙线                 | (47)        |
| 6.6.6    | 偏心对齐                | (48)        |
| 6.6.7    | 构件查询                | (48)        |
| 6.6.8    | 层编辑                 | (48)        |
| 6.6.9    | 换标准层                | (49)        |
| 6.6.10   | 工程拼装                | (49)        |
| § 6.7    | 次梁,预制板及其他楼层信息的输入    | (53)        |
| 6.7.1    | 次梁,预制板及其他楼层信息的输入    | (53)        |
| 6.7.2    | 次梁布置                | (53)        |
| 6.7.3    | 次梁复制                | (53)        |
| 6.7.4    | 预制楼板输入              | (53)        |
| 6.7.5    | 拷贝前层                | (54)        |
| 6.7.6    | 荷载信息输入与检验           | (54)        |
| 6.7.7    | 各房间导算荷载的三种形式        | (56)        |
| § 6.8    | 形成 PK 数据文件          | (57)        |
| § 6.9    | 画结构平面图              | (57)        |
| § 6.10   | 砌体结构的平面设计           | (60)        |
| 6.10.1   | PMCAD 模型输入(砌体结构)    | (60)        |
| 6.10.2   | 次梁楼板输入              | (60)        |
| 6.10.3   | 荷载信息输入              | (60)        |
| 6.10.4   | 画结构平面图              | (60)        |

|          |                              |             |
|----------|------------------------------|-------------|
| 6.10.5   | 画砖混节点大样 .....                | (60)        |
| 6.10.6   | 砖混结构抗震验算 .....               | (61)        |
| 6.10.7   | 砌体结构受压、高厚比及局部受压验算 .....      | (62)        |
| 6.10.8   | 图形编辑打印及转换 .....              | (63)        |
| <b>7</b> | <b>空间结构计算程序 SATWE .....</b>  | <b>(66)</b> |
| § 7.1    | SATWE 前处理主要功能 .....          | (66)        |
| § 7.2    | 分析与设计参数定义 .....              | (66)        |
| 7.2.1    | 总信息 .....                    | (66)        |
| 7.2.2    | 风荷载信息 .....                  | (68)        |
| 7.2.3    | 地震信息 .....                   | (69)        |
| 7.2.4    | 活荷信息 .....                   | (70)        |
| 7.2.5    | 调整信息 .....                   | (71)        |
| 7.2.6    | 设计参数 .....                   | (72)        |
| 7.2.7    | 配筋信息 .....                   | (73)        |
| 7.2.8    | 荷载组合 .....                   | (73)        |
| 7.2.9    | 地下室信息 .....                  | (74)        |
| 7.2.10   | 砌块信息 .....                   | (74)        |
| § 7.3    | 特殊构件补充定义 .....               | (74)        |
| 7.3.1    | 功能 .....                     | (75)        |
| 7.3.2    | 弹性楼板 .....                   | (75)        |
| 7.3.3    | 多塔信息 .....                   | (75)        |
| § 7.4    | 生成 SATWE 数据文件 .....          | (76)        |
| § 7.5    | 数据检查 .....                   | (76)        |
| § 7.6    | SATWE 前处理注意事项 .....          | (77)        |
| 7.6.1    | 按结构原型输入 .....                | (77)        |
| 7.6.2    | 轴网输入 .....                   | (77)        |
| 7.6.3    | 柱、梁的截面形式及材料 .....            | (78)        |
| 7.6.4    | 板—柱结构输入 .....                | (78)        |
| 7.6.5    | 厚板转换层结构的输入 .....             | (78)        |
| 7.6.6    | 错层结构的输入 .....                | (78)        |
| <b>8</b> | <b>结构整体分析与构件内力配筋计算 .....</b> | <b>(79)</b> |
| § 8.1    | 功能简介 .....                   | (79)        |
| § 8.2    | 结构整体分析 .....                 | (79)        |
| 8.2.1    | 刚心坐标、层刚度比 .....              | (79)        |
| 8.2.2    | 地震作用分析方法 .....               | (80)        |
| § 8.3    | 构件截面设计与验算 .....              | (81)        |
| § 8.4    | PM 次梁内力与配筋计算 .....           | (81)        |
| § 8.5    | 分析结果的图形文件输出 .....            | (81)        |
| 8.5.1    | 各层配筋构件编号图 .....              | (81)        |
| 8.5.2    | 各层配筋简图 .....                 | (82)        |

|       |                                          |       |
|-------|------------------------------------------|-------|
| 8.5.3 | 柱轴压比、梁弹性挠度简图 .....                       | (83)  |
| 8.5.4 | 各荷载工况下构件标准内力简图 .....                     | (84)  |
| 8.5.5 | 梁各截面设计内力包络图 .....                        | (85)  |
| 8.5.6 | 梁各截面设计配筋包络图 .....                        | (85)  |
| 8.5.7 | 基础设计荷载简图 .....                           | (86)  |
| 8.5.8 | 水平力作用下结构各层平均侧移简图 .....                   | (86)  |
| 8.5.9 | 各荷载工况下结构空间变形简图 .....                     | (87)  |
| § 8.6 | 分析结果的文本文件输出 .....                        | (87)  |
| § 8.7 | 结构设计信息输出文件 .....                         | (87)  |
| 8.7.1 | WMASS.OUT 文件 .....                       | (87)  |
| 8.7.2 | 周期、地震力与振型输出文件 WZQ.OUT .....              | (89)  |
| 8.7.3 | 结构位移输出文件 WDISP.OUT .....                 | (91)  |
| 8.7.4 | 各层内力标准值输出文件 WNL*.OUT .....               | (92)  |
| 8.7.5 | 底层柱、墙最大组合内力 WDCNL.OUT .....              | (94)  |
| 8.7.6 | 各层构件配筋与截面验算输出文件 WPJ*.OUT .....           | (95)  |
| 8.7.7 | 超筋超限信息 WGCPJ.OUT .....                   | (101) |
| 8.7.8 | 0.2Q <sub>0</sub> 调整系数文件 WV02Q.OUT ..... | (104) |
| 8.7.9 | 薄弱层验算文件 SAT-K.OUT .....                  | (104) |
| 附录 A  | 截面分类表 .....                              | (106) |

## 第二篇 钢结构设计软件——3D3S

|        |                          |       |
|--------|--------------------------|-------|
| 9      | 3D3S 软件应用范围及主要技术条件 ..... | (109) |
| § 9.1  | 软件应用 .....               | (109) |
| 9.1.1  | 软件应用范围 .....             | (109) |
| 9.1.2  | 计算内容及限制 .....            | (109) |
| § 9.2  | 软件主要技术条件 .....           | (109) |
| 10     | 空间任意结构设计 .....           | (111) |
| § 10.1 | 一般空间结构的建模 .....          | (111) |
| § 10.2 | 一般空间结构的建模实例 .....        | (112) |
| 10.2.1 | 例题 .....                 | (112) |
| 10.2.2 | 求解步骤 .....               | (112) |
| 11     | 门式刚架结构设计 .....           | (121) |
| § 11.1 | 概述 .....                 | (121) |
| 11.1.1 | 门式刚架设计概述 .....           | (121) |
| 11.1.2 | 设计包含的主要内容 .....          | (122) |
| § 11.2 | 一般门式刚架主刚架设计 .....        | (122) |
| 11.2.1 | 一般门式刚架主刚架结构设计例题 .....    | (122) |
| 11.2.2 | 设计步骤 .....               | (123) |
| 12     | 玻璃幕墙的 CAD 软件应用 .....     | (145) |
| § 12.1 | 概述 .....                 | (145) |

|        |                        |       |
|--------|------------------------|-------|
| § 12.2 | 框式玻璃幕墙的 CAD 软件应用 ..... | (145) |
| 12.2.1 | 幕墙工程实例 .....           | (145) |
| 12.2.2 | 模型建立 .....             | (145) |
| 12.2.3 | 荷载定义 .....             | (150) |
| 12.2.4 | 计算校核 .....             | (151) |
| 12.2.5 | 节点设计 .....             | (153) |
| 12.2.6 | 玻璃面板的设计计算 .....        | (156) |

### 第三篇 多高层钢结构设计软件——MTS

|           |                                   |              |
|-----------|-----------------------------------|--------------|
| <b>13</b> | <b>钢结构设计软件——MTS 软件概述 .....</b>    | <b>(161)</b> |
| § 13.1    | MTS 软件介绍 .....                    | (161)        |
| § 13.2    | 操作界面说明 .....                      | (161)        |
| 13.2.1    | 界面特点 .....                        | (161)        |
| 13.2.2    | 主界面介绍 .....                       | (161)        |
| 13.2.3    | 视图状态 .....                        | (161)        |
| 13.2.4    | 杆件过滤 .....                        | (162)        |
| § 13.3    | 约定 .....                          | (163)        |
| 13.3.1    | 构件类型 .....                        | (163)        |
| 13.3.2    | 空间杆坐标系约定 .....                    | (163)        |
| 13.3.3    | 空间杆件的大小结点 .....                   | (164)        |
| 13.3.4    | 空间杆件定位 .....                      | (164)        |
| 13.3.5    | 墙体处理 .....                        | (164)        |
| 13.3.6    | 房间 .....                          | (164)        |
| 13.3.7    | 其他约定 .....                        | (165)        |
| <b>14</b> | <b>通用功能 .....</b>                 | <b>(166)</b> |
| § 14.1    | 文件操作 .....                        | (166)        |
| 14.1.1    | 新建 .....                          | (166)        |
| 14.1.2    | 打开和关闭 .....                       | (167)        |
| 14.1.3    | 保存和另存为 .....                      | (167)        |
| 14.1.4    | 输出屏幕 DXF、输出三维 DXF 和输出屏幕 BMP ..... | (167)        |
| 14.1.5    | 打印、打印预览及打印设置 .....                | (167)        |
| § 14.2    | 工程设定 .....                        | (167)        |
| 14.2.1    | 楼面表 .....                         | (167)        |
| 14.2.2    | 轴线表 .....                         | (168)        |
| 14.2.3    | 构件组及优化与调整功能 .....                 | (170)        |
| 14.2.4    | 设置当前单位 .....                      | (172)        |
| 14.2.5    | 设置当前参数 .....                      | (172)        |
| § 14.3    | 视图功能 .....                        | (174)        |
| 14.3.1    | 整体视图、选中视图、轴线视图及楼面视图 .....         | (174)        |
| 14.3.2    | 轴线网格 .....                        | (174)        |

|          |                      |       |
|----------|----------------------|-------|
| 14.3.3   | 显示网格点                | (174) |
| 14.3.4   | 显示轴线编号和显示轴线间距        | (175) |
| 14.3.5   | 前图和后图功能              | (175) |
| 14.3.6   | 平面视图变换               | (176) |
| 14.3.7   | 三维视图变换               | (176) |
| 14.3.8   | 通用工具栏及建模、楼面、轴线和视图工具条 | (176) |
| 14.3.9   | 开关功能                 | (177) |
| 14.3.10  | 标注方式                 | (177) |
| 14.3.11  | 杆件、墙体自动打断            | (177) |
| 14.3.12  | 中点、垂足捕捉功能            | (178) |
| 14.3.13  | 显示功能                 | (178) |
| 14.3.14  | 显示荷载                 | (178) |
| § 14.4.4 | 选择功能                 | (178) |
| 14.4.1   | 选择结点                 | (179) |
| 14.4.2   | 选择杆件和选择次梁            | (179) |
| 14.4.3   | 选择房间                 | (179) |
| 14.4.4   | 选择墙体                 | (179) |
| 14.4.5   | 选择构件                 | (179) |
| 14.4.6   | 选择平面                 | (179) |
| 14.4.7   | 选择轴线                 | (180) |
| 14.4.8   | 属性选择                 | (180) |
| 14.4.9   | 杆件过滤                 | (180) |
| 14.4.10  | 编号选择                 | (180) |
| § 14.5   | 查询功能                 | (181) |
| 14.5.1   | 工程查询                 | (181) |
| 14.5.2   | 结点查询                 | (181) |
| 14.5.3   | 杆件查询                 | (184) |
| 14.5.4   | 房间查询                 | (187) |
| 14.5.5   | 墙体查询                 | (187) |
| 14.5.6   | 双击杆件查询               | (188) |
| § 14.6   | 工具                   | (188) |
| 14.6.1   | 测量两点距离               | (188) |
| 14.6.2   | 测量房间面积               | (189) |
| 14.6.3   | 测量楼面面积               | (189) |
| 14.6.4   | 测量建筑面积               | (189) |
| 14.6.5   | 测量结构重量               | (189) |
| 14.6.6   | 结点、杆件、墙梁、墙肢的编号重排     | (189) |
| 附录 1:    | MTS 程序文件             | (190) |
| 附录 2:    | MTS 程序的配筋文本及简图格式     | (191) |
|          | 配筋信息文本文件             | (191) |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 各层配筋简图.....         | (192) |
| 附录 3: 输出计算书格式 ..... | (193) |

## 第四篇 结构分析计算软件——ANSYS

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| 15 ANSYS 程序的功能简介 .....           | (198) |
| § 15.1 ANSYS 软件的主要技术特点 .....     | (198) |
| § 15.2 ANSYS 软件的主要功能 .....       | (198) |
| 16 图形用户界面简介 .....                | (200) |
| § 16.1 图形用户界面 GUI 的窗口及菜单介绍 ..... | (200) |
| § 16.2 对话框及其组件 .....             | (202) |
| 16.2.1 文本框.....                  | (202) |
| 16.2.2 复选框和单选按钮.....             | (202) |
| 16.2.3 单选列表.....                 | (202) |
| 16.2.4 多选列表.....                 | (202) |
| 16.2.5 双列选择列表.....               | (203) |
| 16.2.6 下拉列表框.....                | (203) |
| 16.2.7 标签对话框.....                | (203) |
| 16.2.8 选取框.....                  | (203) |
| 16.2.9 作用按钮.....                 | (204) |
| § 16.3 通用菜单 .....                | (204) |
| 16.3.1 File 菜单 .....             | (204) |
| 16.3.2 Select 菜单 .....           | (205) |
| 16.3.3 List 菜单 .....             | (207) |
| 16.3.4 Plot 菜单 .....             | (209) |
| 16.3.5 PlotCtrls 菜单 .....        | (210) |
| 16.3.6 Work Plane 菜单 .....       | (212) |
| 16.3.7 Parameters 菜单 .....       | (213) |
| 16.3.8 Macro 菜单 .....            | (214) |
| 16.3.9 Menu Ctrls 菜单 .....       | (215) |
| 16.3.10 Help 菜单 .....            | (215) |
| § 16.4 输入窗口 .....                | (215) |
| § 16.5 主菜单 .....                 | (216) |
| 16.5.1 优选项.....                  | (217) |
| 16.5.2 预处理器.....                 | (217) |
| 16.5.3 求解器.....                  | (220) |
| 16.5.4 通用后处理器.....               | (222) |
| 16.5.5 时间历程后处理器.....             | (225) |
| 16.5.6 拓扑优化器.....                | (226) |
| 16.5.7 设计优化器.....                | (226) |
| 16.5.8 概率设计和辐射选项.....            | (226) |

|             |                                      |              |
|-------------|--------------------------------------|--------------|
| 16.5.9      | 运行时间估计器.....                         | (227)        |
| 16.5.10     | 记录编辑器 .....                          | (227)        |
| § 16.6      | 输出窗口 .....                           | (227)        |
| § 16.7      | 工具条 .....                            | (227)        |
| § 16.8      | 图形窗口 .....                           | (227)        |
| 16.8.1      | 图形显示.....                            | (228)        |
| 16.8.2      | 多窗口绘图.....                           | (229)        |
| 16.8.3      | 增强图形显示.....                          | (229)        |
| § 16.9      | 个性化界面 .....                          | (230)        |
| <b>17</b>   | <b>应用 ANSYS 进行有限元分析的基本过程示例 .....</b> | <b>(231)</b> |
| § 17.1      | 例题概述 .....                           | (231)        |
| § 17.2      | 定义材料、几何参数和单元类型 .....                 | (232)        |
| § 17.3      | 创建几何模型 .....                         | (236)        |
| § 17.4      | 划分网格 .....                           | (239)        |
| § 17.5      | 加载与求解 .....                          | (241)        |
| § 17.6      | 查看结果 .....                           | (244)        |
| <b>参考文献</b> | <b>.....</b>                         | <b>(251)</b> |

# 第一篇 结构设计软件——PKPM

## 1 PKPM 软件应用范围及主要技术条件

### § 1.1 软件应用

#### 1.1.1 软件应用范围

此软件适用于平面杆系的框架,壁式框架,排架,框排架(某几个跨上或某些层上作用吊车荷载的多层框架),连续梁,拱型结构,内框架,桁架。材料为混凝土或其他。

#### 1.1.2 计算内容及限制

可对平面框架结构、框排架结构、排架结构进行内力分析,变位计算,地震计算,吊车计算,内力组合,梁柱截面配筋及柱下独立基础计算。

内力分析采用矩阵位移法,每一节点有水平位移、竖向位移和转角位移三个自由度,并需满足以下限制:

框架结构

总节点数(包括支座约束)  $\leq 350$

柱子数  $\leq 350$

梁数  $\leq 300$

支座约束  $\leq 100$

地震计算时合并的质点数  $\leq 50$

跨数  $\leq 20$

层数  $\leq 20$

框架和排架

柱段总根数  $\leq 100$

吊车荷载组数  $\leq 15$

排架的跨数  $\leq 20$

可计算位于同一跨的上、下双层吊车的荷载作用组合。

### § 1.2 软件主要技术条件

#### 1.2.1 计算参数的确定

(1) 程序对人机交互建立的平面杆系模型,可对梁柱节点进行自动编号,自动形成相关信息和节点坐标,以及杆件关联号和约束信息,柱子计算长度。

(2) 程序可自动形成柱子和梁自重荷载。

(3) 调幅系数。可以考虑梁端塑性变形,对竖向荷载作用下的梁端负弯矩调整,并可考虑支座宽度的影响。对风荷载和地震荷载不作调幅处理。

(4) 梁截面惯性增大系数考虑梁板现浇按 T 形截面计算惯性矩, 惯性矩增大。

(5) 柱子计算长度的确定。

程序隐含的框架柱计算长度按现浇楼盖框架柱取值:

底层柱  $l_0 = 1.0H$

其余各层柱  $l_0 = 1.25H$

式中  $l_0$ ——框架柱计算长度

$H$ ——层高

表 1-1 排架柱各段计算长度取值

| 柱的类型   |       | 排架方向     | 垂直排架方向有柱间支撑 |
|--------|-------|----------|-------------|
| 无吊车厂房柱 | 单跨    | $1.5H$   | $1.0H$      |
|        | 两跨及多跨 | $1.25H$  | $1.0H$      |
| 有吊车厂房柱 | 上柱    | $2.0H_U$ | $1.25H_U$   |
|        | 下柱    | $1.0H_L$ | $0.8H_L$    |

注:表中  $H$ ——厂房柱高度

$H_U$ ——上柱高度

$H_L$ ——下柱高度

### 1.2.2 荷载组合

程序采用每根梁作用一组活载进行预组合法。为求出活荷载的最不利情况, 每根梁上的活荷载都要单独计算一次, 即计算时仅在这根梁上作用活载, 其他梁上无活载作用。对于每一次计算结果, 都要以若干种组合为目标叠加。

对柱, 有四组活载预组合内力:

(1) 活荷载 1:  $M_{\max}$  及对应的  $N$  与  $V$ ;

(2) 活荷载 2:  $M_{\min}$  及对应的  $N$  与  $V$ ;

(3) 活荷载 3:  $N_{\max}$  及对应的  $M$  与  $V$ ;

(4) 活荷载 4:  $N_{\min}$  及对应的  $M$  与  $V$ 。

对梁有四组活载预组合内力:

(1) 活荷载 1: 梁端  $M_{\max}$  及对应的  $V$ ;

(2) 活荷载 2: 梁端  $M_{\min}$  及对应的  $V$ ;

(3) 活荷载 3: 使梁跨中为正弯矩的端  $M$ ;

(4) 活荷载 4: 使梁跨中为负弯矩的端  $M$ 。

### 1.2.3 荷载效应组合

(1) 承载力极限状态表达式

$$\gamma_0 S \leq R \quad (1-1)$$

式中  $\gamma_0$ ——结构重要性系数;

$R$ ——结构构件抗力的设计值;

$S$ ——荷载效应组合的设计值。

(2) 内力组合公式

受活载效应的组合:

$$S = \gamma_G S_{GK} + \gamma_{Q1} S_{Q1K} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \psi_{Gi} S_{QiK} \quad (1-2)$$

受恒载效应的组合:

$$S = 1.35 S_{GK} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \psi_{Gi} S_{QiK} \quad (1-3)$$

考虑地震作用效应的组合:

$$S = \gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{EhK} \quad (1-4)$$

式中  $\gamma_G$ ——永久荷载的分项系数;

$\gamma_{Eh}$ ——水平地震作用分项系数;

$\gamma_{Q1}, \gamma_{Qi}$ ——分别为第 1 个和第  $i$  个可变荷载的分项系数;

$S_{GK}$ ——按永久荷载标准值  $G_K$  计算的荷载效应值;

$S_{Q1K}, S_{QiK}$ ——按可变荷载  $Q_{1K}$  和  $Q_{iK}$  计算的荷载效应值;

$\psi_{Gi}$ ——可变荷载  $Q_{iK}$  的组合系数;

$S_{GE}$ ——重力荷载代表的效应值;

$S_{EhK}$ ——水平地震作用标准值的效应值。

(3) 根据荷载效应基本组合式,在恒载、活载、风载、地震作用下结构承载力计算的组合式:

- |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1) $\begin{cases} 1.35 \text{ 恒载} + 1.4 \times 0.7 \text{ 活载} \\ 1.2 \text{ 恒载} + 1.4 \text{ 活载} \\ 1.0 \text{ 恒载} + 1.4 \text{ 活载} \end{cases}$          | 2) $\begin{cases} 1.2 \text{ 恒载} + 1.4 \text{ 风载} \\ 1.0 \text{ 恒载} + 1.4 \text{ 风载} \end{cases}$                                                         |
| 3) $\begin{cases} 1.2 \text{ 恒载} + 1.4 \text{ 活载} + 0.6 \times 1.4 \text{ 风载} \\ 1.0 \text{ 恒载} + 1.4 \text{ 活载} + 0.6 \times 1.4 \text{ 风载} \end{cases}$ | 4) $\begin{cases} 1.2 \text{ 恒载} + 1.4 \text{ 风载} + 0.7 \times 1.4 \text{ 活载} \\ 1.0 \text{ 恒载} + 1.4 \text{ 风载} + 0.7 \times 1.4 \text{ 活载} \end{cases}$ |
| 5) $\begin{cases} 1.2(\text{恒载} + 0.5 \text{ 活载}) + 1.3 \text{ 地震作用} \\ 1.2(\text{恒载} + 0.5 \text{ 活载}) + 1.3 \text{ 地震作用} \end{cases}$                   |                                                                                                                                                           |

## 2 框架结构设计

### § 2.1 概述

#### 2.1.1 框架设计包含的主要内容

##### 1. 框架计算模型输入

一般采用人机交互方式,由用户直接在屏幕上画出框架、连续梁的外形尺寸,布置相应的截面和荷载,填写相关计算参数。人机交互建模后,也生成描述该结构的文本式数据文件。

计算模型输入还包含对模型的数据检查,并生成该结构的几何尺寸、荷载计算简图。

##### 2. 框架结构计算

PK 主菜单 2“框、排架结构计算”,完成一般平面杆系结构的计算和钢筋混凝土杆件的荷载效应组合,配筋计算等。该菜单必须接主菜单 1 生成的数据,同时生成结构计算结果文件和描述计算结构的各类简图。

对框架、排架、连续梁等都要首先由 PK 主菜单 1 和 2 完成结构建模和结构计算。

##### 3. 框架施工图设计

框架施工图整体设计时可执行主菜单 3,梁柱分开设计时,可执行主菜单 6 和 7,按梁柱表设计时,执行主菜单 8 和 9。

##### 4. 排架和连续梁施工图绘制

排架施工图执行主菜单 4,连续梁施工图执行主菜单 5。

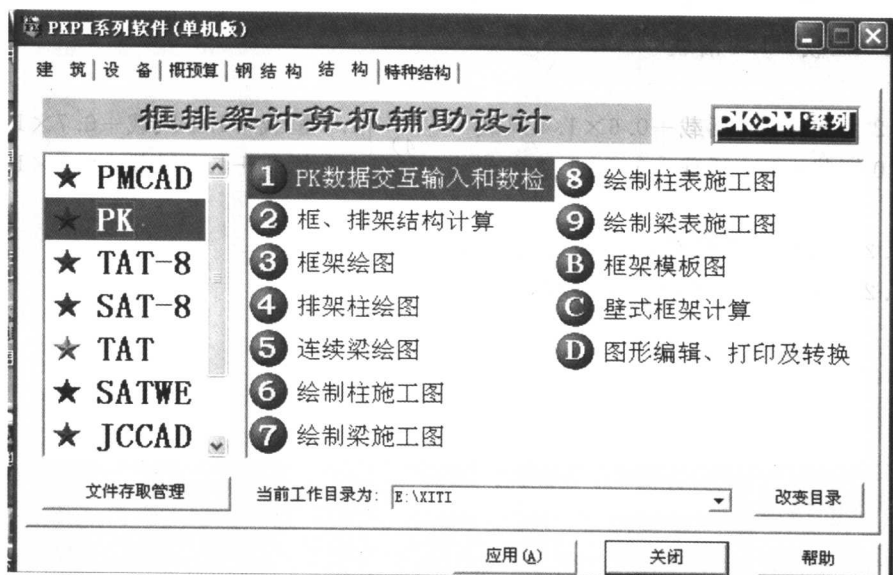


图 2.1 PK 主菜单