

MATLAB 仿真与应用精品丛书



MATLAB

在最优化计算中的应用 (配视频教程)

114个案例 ⊕ **43**个课后练习 ⊕ 超过**51**小时多媒体语音视频教学

赠送超值多媒体语音教学视频:

- 提供本书所有技术和案例的多媒体语音教学视频, 时长超过**32**小时;
- 提供近**300**个常用MATLAB函数的多媒体语音教学视频, 时长超过**12**小时;
- 提供MATLAB软件的多媒体语音教学视频, 时长超过**7**小时。

李明 编著

配视频
教程



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

MATLAB 仿真与应用精品丛书

详解 MATLAB 在最优化计算中的应用 (配视频教程)

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书首先介绍 MATLAB 的基本使用方法和程序设计基础,然后将 MATLAB 与最优化计算相结合,基于最优化理论与方法,讲解如何使用 MATLAB 求解最优化领域的实际问题。这些问题涵盖最优化理论与方法中的线性规划问题、整数规划问题、非线性规划问题、二次规划问题、多目标规划问题、图与网络优化问题,以及现代智能优化问题。

本书内容循序渐进、由浅入深,并结合大量实例帮助读者理解和掌握最优化问题的建模方法与求解技巧。随书光盘中附有全部案例的源代码,并有大量教学视频,方便读者学习与提高。

本书可供最优化领域和科学计算方向的研究人员参考,也可作为高校该类课程的高年级本科生和研究生教材,还可供读者作为查询最优化数学问题求解方法的手册使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

详解 MATLAB 在最优化计算中的应用/李明编著. —北京:电子工业出版社, 2011.5

(MATLAB 仿真与应用精品丛书) 配视频教程

ISBN 978-7-121-13402-9

I. ①详… II. ①李… III. ①算法语言 IV. ①TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 074894 号

策划编辑:陈韦凯

责任编辑:徐 萍

印 刷:

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:28.25 字数:723 千字

印 次:2011 年 5 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:59.00 元(含 DVD 光盘 1 张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

人们在处理生产过程、金融投资、工程应用、机械设计、经营管理等实际问题时，都希望以最优的方式求得人力、物力和财力的合理运用。如何运用数学和工程的方法获取这个最佳处理结果的问题称为最优化问题。而针对最优化问题，如何确定一系列可行方案，然后从可行方案中通过分析、比较和判断使所得结果最佳的方法称为最优化方法。

最优化理论和方法自古就有，最典型的实例就是黄金分割，最优化方法形成为科学方法则在 17 世纪以后。牛顿和莱布尼茨所创建的微积分理论为最优化问题的解决提供了理论基础，而后产生的变分法和简单的库存模型等精确的解析方法可以称为古典最优化方法。

古典最优化方法虽然出现的都比较早，但是由于计算手段的限制导致这些方法在解决实际问题时遇到了瓶颈。到了 20 世纪 40 年代末期，第二次世界大战前后，由于军事上的需要产生了运筹学，此后，因为计算机的兴起和日益普及，使得原来根本制约优化设计方法的大运算量问题得以解决，为数值优化方法的发展提供了有效的手段，于是最优化技术突飞猛进，得到了广泛的应用并创造了巨大的经济效益和社会价值。这个技术热点也促使了近代最优化理论的建立，它主要以数学规划法为基础，研究各种系统的优化途径及方案，为决策者提供科学决策的依据。

与此同时，随着计算机应用技术的发展，各种可用于最优化方法设计与实现的软件层出不穷，丰富了科研技术开发研究手段，提高了解决实际问题的效率，MATLAB 就是其中的一种。MATLAB 是美国 MathWorks 公司出品的商业数学软件，与 Mathematica、Maple 并称为三大数学软件。MATLAB 以其强大的科学计算功能和覆盖面广、专业性强的工具箱发展成为适合多学科、跨平台的大型实用科学计算软件，也为最优化计算问题的解决提供了有力的工具。

在笔者的教学过程中，发现许多非数学专业的学生在学习“数学规划”、“运筹学”等与最优化理论和方法相关的课程时，往往觉得这些数学理论晦涩难懂，且由于拘泥于某些细节，很难形成对最优化理论和方法的全面了解，阻碍了其分析和解决实际问题的能力。因而笔者一直想撰写这么一本书，让读者觉得最优化方法是有趣而且实用的，并且能够运用科学计算的方法，跳出艰深数学理论的图圈，利用 MATLAB 这个强大的工具实现并验证自己的想法，加深对最优化理论的理解。故本书以工程应用为基础，将最优化理论和方法与 MATLAB 相结合，帮助读者从理论和实践两个方面提高解决最优化问题的能力，让即便是数学基础不够深厚的读者也同样能够利用 MATLAB 解决较难的最优化数学问题，为读者能够快速进入这个领域、设计高效可行的最优化方案奠定一个扎实的基础。

本书的内容以最优化理论为主线，以最优化方法与实际应用相结合的实例为基础，并结合笔者多年的教学实践经验，介绍各种最优化理论和方法在 MATLAB 中的实现方法。本书的内容涵盖了最优化理论与方法中的杰出成果，例如线性规划、整数规划、非线性规划、二次规划、多目标规划、图与网络优化等，还兼顾了新近发展的近代智能优化方法，例如遗传算法、模拟退火、禁忌搜索等，使读者有机会结合 MATLAB 去接触解决较为复杂最优化问题的启发式搜索方法，通过探索提高读者的自我学习能力。本书的讲解由浅入深、循序渐进地让读者从整体上把握最优化计算的实质，进而可以将实际的问题抽象成易于理解的数学模

型，同时转换成 MATLAB 语言进行求解。书中的实例是笔者多年教学中理解和思想的凝练，内容经过精心的考量和裁剪，相信会受到读者的认可。

本书分为 11 章，第 1 章主要讲解 MATLAB 的应用基础，包括 MATLAB 的基本使用方法、MATLAB 的数据类型和各种运算、MATLAB 的图形功能及工具箱的使用；第 2 章介绍 MATLAB 的控制流程、M 文件等基础编程技术及 MATLAB 的接口知识，并结合 VC++ 讲解如何将 MATLAB 和其他高级编程语言相结合，高效地解决实际应用开发问题；第 3 章针对本书探讨的核心问题——最优化计算，首先介绍最优化问题的概念、最优化理论和方法的产生与发展，然后归纳总结出最优化问题的建模方法；第 4 章至第 10 章将 MATLAB 和最优化理论相结合，分别介绍如何使用 MATLAB 解决线性规划、整数规划、非线性规划、二次规划、多目标规划、图与网络优化和智能优化等最优化领域的实际问题，分析和总结各种最优化问题的建模方法与求解算法，并给出 MATLAB 优化工具箱中相应函数的使用方法，通过大量的实例帮助读者理解最优化计算是如何应用于实际问题的。本书对各种最优化方法的讲解均注重专业知识和 MATLAB 实践应用的结合，都给出了基本的推导和结论，分析了各种最优化问题的理论求解方法和 MATLAB 求解方法，方便读者比照和理解。值得一提的是，笔者在数学理论的完整性和可读性之间作了大量权衡，使得广大读者可以各取所需，既满足了希望深入了解最优化理论的读者的需求，又兼顾了在复杂数学理论上有所困扰的读者在应用方面的需求。第 11 章给出各种最优化方法的综合实例及其 MATLAB 求解方法。

笔者在撰写本书的过程中，得到了广东工业大学各位领导、老师的大力支持，同时得到了很多同事、同行和朋友的帮助，他们为本书的编写提供了许多宝贵的意见和建议，使得本书的思路和内容臻于完善，在此表示深深的谢意。本书还从使用者的角度出发，将笔者自身教学和科研中丰富的经验融入书中知识点的讲解，并将 MATLAB 工具箱与最优化实际问题相结合，使读者在学习理论知识的同时可以尝试设计各种最优化方案以解决各领域的实际问题，提高读者将知识转化为能力的水平。

本书可供最优化领域的研究人员参考，也可作为高校该类课程高年级本科生和研究生的教材，还可作为其他科技工作者在科学计算等方面的参考书。

本书主要由李明编著，参加本书编写的还有张玉兰、李龙、王华、李辉、刘峰、徐浩、李建国、马建军、唐爱华、苏小平、朱丽云、马淑娟、周毅、张浩、张乐、李大勇、魏勇、王云等，在此，编者对以上人员致以诚挚的谢意！

由于笔者水平所限，加之时间紧迫，书中疏漏、不当甚至谬误之处在所难免。在此恳请广大读者、同行和各界人士批评和指正。

编 著 者
2011 年 2 月

目 录

第 1 章	MATLAB 语言基础	1
1.1	MATLAB 简介	1
1.1.1	MATLAB 的产生与发展	1
1.1.2	MATLAB 语言的优势	1
1.2	MATLAB 入门	2
1.2.1	MATLAB 工作环境	2
1.2.2	MATLAB 中的数据类型	8
1.2.3	MATLAB 语言中的常量与变量	11
1.2.4	MATLAB 中的矩阵	13
1.2.5	符号运算	20
1.2.6	关系与逻辑运算	22
1.3	MATLAB 中的矩阵运算	22
1.3.1	矩阵的代数运算	22
1.3.2	矩阵的关系与逻辑运算	25
1.3.3	矩阵分析	25
1.4	MATLAB 中的图形功能	28
1.4.1	二维图形	29
1.4.2	三维图形	33
1.5	MATLAB 工具箱的使用	35
1.5.1	MATLAB 工具箱的特点	35
1.5.2	MATLAB 工具箱的使用方法	35
1.6	本章小结	37
第 2 章	MATLAB 程序设计	38
2.1	MATLAB 程序设计方法	38
2.1.1	MATLAB 中的控制结构	38
2.1.2	MATLAB 中的 M 脚本文件和 M 函数文件	46
2.1.3	MATLAB 程序的调试	53
2.2	MATLAB 扩展编程	55
2.2.1	调用 MATLAB 引擎	56
2.2.2	调用动态链接库	65
2.3	本章小结	73
第 3 章	最优化计算问题概论	74
3.1	引言	74
3.1.1	最优化问题的提出	74
3.1.2	最优化理论和方法的产生与发展	75





3.2 最优化问题的典型实例	76
3.2.1 资源利用问题	76
3.2.2 分派问题	77
3.2.3 投资决策问题	79
3.2.4 多目标规划问题	80
3.3 最优化问题的数学描述	81
3.3.1 最优化问题三要素	81
3.3.2 最优化问题分类	82
3.4 最优化问题的解决方案	83
3.5 本章小结	84
第 4 章 线性规划	85
4.1 引言	85
4.2 线性规划问题的一般提法	85
4.3 线性规划问题的标准型	87
4.3.1 线性规划问题的一般标准型	87
4.3.2 线性规划问题的矩阵标准型	87
4.3.3 线性规划问题的向量标准型	88
4.3.4 非标准型的标准化	88
4.4 线性规划问题中解的概念	89
4.4.1 基本解	90
4.4.2 可行解、可行域	91
4.4.3 基本可行解	91
4.4.4 最优解	91
4.4.5 实例	91
4.5 线性规划问题的求解	92
4.5.1 图形解法	93
4.5.2 单纯形法	94
4.5.3 人工变量单纯形法	102
4.6 线性规划问题的 MATLAB 求解方法	107
4.6.1 线性规划问题的 MATLAB 标准型	107
4.6.2 线性规划问题求解的 MATLAB 函数调用	108
4.7 线性规划实例	114
4.7.1 生产计划问题	115
4.7.2 连续投资问题	117
4.7.3 配料问题	119
4.7.4 运输问题	120
4.7.5 绝对值问题	122
4.8 本章小结	124
习题	124



第 5 章 整数规划	127
5.1 引言	127
5.2 整数规划的数学模型	127
5.2.1 典型的整数规划问题	127
5.2.2 整数规划问题的数学模型	131
5.3 整数规划的求解	131
5.3.1 理论基础	131
5.3.2 分枝定界法	132
5.3.3 隐枚举法	136
5.3.4 匈牙利算法	141
5.4 整数规划问题的 MATLAB 求解方法	145
5.4.1 用 MATLAB 求解一般混合整数规划问题	145
5.4.2 用 MATLAB 求解 0-1 规划问题	150
5.4.3 已给出实例的 MATLAB 求解	153
5.5 整数规划的应用实例	157
5.5.1 计划排班问题	157
5.5.2 合理下料问题	159
5.5.3 生产计划问题	162
5.5.4 背包问题	166
5.6 本章小结	168
习题	168
第 6 章 非线性规划	171
6.1 引言	171
6.2 非线性规划问题的数学模型	171
6.2.1 典型的非线性规划问题	171
6.2.2 非线性规划问题的数学模型	173
6.3 理论基础	173
6.3.1 全局最优解和局部最优解	174
6.3.2 凸函数和凸规划	174
6.3.3 无约束非线性规划问题的极值条件	177
6.3.4 多维有约束非线性规划问题的极值条件	179
6.4 非线性规划问题的求解	183
6.5 一维搜索	185
6.5.1 一维搜索的基本思想	185
6.5.2 试探法——黄金分割法	188
6.5.3 插值法——牛顿法	190
6.5.4 抛物线法	192
6.5.5 一维搜索的 MATLAB 求解	192
6.6 多维无约束非线性优化	196





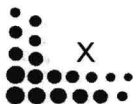
6.6.1	最速下降法	196
6.6.2	牛顿法	198
6.6.3	共轭方向法	201
6.6.4	Powell 算法	210
6.6.5	多维无约束优化的 MATLAB 求解函数 fminunc	213
6.6.6	多维无约束优化的 MATLAB 求解函数 fminsearch	223
6.7	多维约束非线性优化	226
6.7.1	拉格朗日乘子法	226
6.7.2	序列无约束极小化法	228
6.7.3	近似规划法	234
6.7.4	多维约束优化的 MATLAB 求解	236
6.8	综合实例	252
6.8.1	商品最优存储方法	253
6.8.2	产销量的最佳安排	256
6.9	本章小结	258
	习题	258
第 7 章	二次规划	262
7.1	二次规划问题的数学模型	262
7.2	等式约束的二次规划问题	262
7.2.1	直接消去法	263
7.2.2	拉格朗日乘子法	264
7.3	有效集方法	266
7.4	Wolfe 算法	270
7.5	Lemke 算法	273
7.6	二次规划问题的 MATLAB 求解	277
7.6.1	输入参数和输出参数	278
7.6.2	控制参数设置	278
7.6.3	命令详解	279
7.6.4	综合实例	281
7.7	本章小结	284
	习题	284
第 8 章	多目标规划	286
8.1	多目标规划问题的数学模型	286
8.2	多目标规划问题的解集和象集	288
8.2.1	多目标规划的解集	288
8.2.2	多目标规划的象集	291
8.3	处理多目标规划的方法	292
8.3.1	约束法	292
8.3.2	评价函数法	293



8.3.3	功效系数法	297
8.3.4	多目标规划的 MATLAB 求解	300
8.4	线性目标规划	306
8.4.1	线性目标规划的数学模型	309
8.4.2	线性目标规划的求解方法	316
8.4.3	线性目标规划的 MATLAB 求解	326
8.5	综合实例	333
8.6	本章小结	337
	习题	338
第 9 章	图与网络优化	340
9.1	引言	340
9.2	基本概念	341
9.2.1	图的基本概念	341
9.2.2	树的基本概念	348
9.3	最短路径问题	353
9.3.1	两个指定顶点之间的最短路径	353
9.3.2	任意两个顶点之间的最短路径	356
9.3.3	最短路径问题的 MATLAB 求解	359
9.4	网络最大流问题	363
9.4.1	基本概念与基本定理	363
9.4.2	最大流问题的求解	366
9.5	最小费用最大流	373
9.5.1	基本概念	373
9.5.2	最小费用最大流问题的求解	374
9.5.3	最小费用最大流的 MATLAB 求解	375
9.6	本章小结	379
	习题	380
第 10 章	现代智能优化算法简介	382
10.1	引言	382
10.2	遗传算法	382
10.2.1	概述	383
10.2.2	基本要素	383
10.2.3	遗传算子	385
10.2.4	遗传算法的基本步骤	387
10.2.5	遗传算法的 MATLAB 实现	391
10.3	模拟退火算法	397
10.3.1	模拟退火算法的基本思想	397
10.3.2	模拟退火的算法步骤	397



10.3.3	模拟退火算法的参数控制问题	400
10.3.4	模拟退火的 MATLAB 工具箱求解	405
10.4	禁忌搜索	409
10.4.1	局部邻域搜索简介	409
10.4.2	禁忌搜索的基本原理	410
10.4.3	禁忌搜索的关键技术	411
10.4.4	禁忌搜索的 MATLAB 实现	414
10.5	本章小结	419
第 11 章	综合案例	420
11.1	线性规划——农业改造问题	420
11.1.1	农业改造问题的建模	420
11.1.2	农业改造问题的求解	423
11.2	整数规划——组件配套问题	426
11.2.1	组件配套问题的建模	426
11.2.2	组件配套问题的求解	427
11.3	非线性规划——广告问题	428
11.3.1	广告问题的建模	429
11.3.2	广告问题的求解	432
11.4	多目标规划——投资问题	433
11.4.1	投资问题的建模	434
11.4.2	投资问题的求解	435
11.5	图与网络优化——通信网问题	437
11.5.1	通信网问题的建模	438
11.5.2	通信网问题的求解	438



第 1 章 MATLAB 语言基础

本章从最优化计算问题的需要出发, 主要帮助读者了解 MATLAB 的相关基础知识, 为读者能够进一步使用 MATLAB 进行最优化问题的求解奠定一个良好的基础。为使读者在使用 MATLAB 之前对该软件有一个整体的认识, 本章首先概述 MATLAB 的产生、发展及其优势, 然后着重介绍 MATLAB 的基本使用方法, 包括 MATLAB 的工作环境、MATLAB 的数据类型和各种运算、MATLAB 的图形功能及工具箱的使用。

1.1 MATLAB 简介

MATLAB 是美国 MathWorks 公司出品的商业数学软件, MATLAB 是矩阵实验室(MATrix LABoratory)的简称, 与 Mathematica、Maple 并称为三大数学软件。MATLAB 可以进行矩阵运算、绘制函数和数据、实现算法、创建用户界面、连接其他编程语言的程序等, 主要应用于工程计算、控制设计、信号处理与通信、图像处理、信号检测、金融建模设计与分析等领域。

1.1.1 MATLAB 的产生与发展

MATLAB 诞生于 20 世纪 70 年代, 其首创者是时任新墨西哥大学教授的 Cleve Moler 及其同事。MATLAB 是集命令翻译、科学计算于一身的一套交互式软件系统, 最初作为免费软件在大学里广泛使用, 由于在 MATLAB 中矩阵运算变得异常简单, 因而受到广大工程专业大学生的青睐。也正是因为工程领域中非常强调矩阵的运算和分析, 才促使 Cleve Moler 对 MATLAB 进行继续开发, 并于 1984 年与 Jack Little 等一起创办了 MathWorks 公司, 把 MATLAB 推向市场, 之后 MathWorks 不断致力于版本的更新和软件功能的增强。历经多年的发展, 到 20 世纪 90 年代, MATLAB 已成为国际控制界的标准计算软件。

1.1.2 MATLAB 语言的优势

MATLAB 已经发展成为适合多学科、跨平台的大型实用科学计算软件。在高等院校, MATLAB 已经成为线性代数、自动控制理论、数理统计、数字信号处理、动态系统仿真等课程的基本教学工具; 在研究单位和工业部门, MATLAB 被广泛用于解决各种具体问题。



1. 强大易用的科学计算语言

MATLAB 之所以能迅速发展的一个重要原因就是 MATLAB 的使用简捷直观。MATLAB 的很多运算都是直接针对矩阵的, 如果想在 C 语言中实现两个矩阵 `Matrix_1` 和 `Matrix_2` 的乘积, 计算过程的核心代码要用到复杂的三重循环, 而在 MATLAB 中, 只要直接表示为 `Result_Matrix=Matrix_1*Matrix_2` 即可; 同样的, 矩阵求逆、转置等各种矩阵操作如果要用 C 语言来实现, 颇费周章, 而在 MATLAB 中只需要一个简单的命令就可以完成。

功能强大是 MATLAB 的一大显著特点, 其库函数十分丰富。同时, MATLAB 针对许多专门的领域, 将目前工程和科学界重要的问题通过软件制作成工具箱, 它们都是由特定领域的专家开发的, 深入到科学研究和工程应用的诸多方面, 涵盖了工程与科学的大多数领域。

2. 全面的图形功能

MATLAB 具有强大的图形处理功能, 它自产生之日起就具有数据可视化功能, 可以将向量和矩阵用图形表现出来。之后, MATLAB 对整个图形处理功能作了很大的改进, 使它不仅具有一般数据可视化软件的功能, 而且还添加了一些其他软件所没有的功能, 如图形的光照处理、色度处理及四维数据的表现等。

3. 独立开放的平台

MATLAB 支持多种计算机操作系统, 提供了大量的平台独立措施。在一个平台上编写的程序, 可以不做任何修改在其他平台上正常运行; 在一个平台上编写的文件, 在其他平台上一样可以编译。因此, 用户可以自由地根据需把 MATLAB 编写的程序在不同的平台之间移植。

4. 实用的程序接口

MATLAB 与 Fortran、C 和 Basic 之间都可以方便地实现连接, 以期最大限度地利用各种编程语言的优势。

1.2 MATLAB 入门

本节首先向读者介绍如何使用 MATLAB 中的各种组件, 包括 MATLAB 窗口、MATLAB 帮助系统和 MATLAB 的路径搜索等, 之后主要讲解 MATLAB 的基本语法知识, 如 MATLAB 中的数据类型、矩阵表示、符号和关系逻辑运算等。

1.2.1 MATLAB 工作环境

为了方便使用 MATLAB 的函数和文件, MATLAB 为用户提供了一套完整的开发工具, 其中许多工具采用的是图形用户界面, 它们包括 MATLAB 桌面、命令窗口、历史命令窗口、编辑调试窗口, 以及用于浏览 MATLAB 各种信息的浏览器。

1. MATLAB 窗口

启动 MATLAB 7.8.0 (R2009a) 应用程序，屏幕上显示的是 MATLAB 的默认界面，如图 1-1 所示。可以看到，屏幕被划分成多个子窗口，它们是当前目录窗口 (Current Directory)、命令窗口 (Command Window)、工作空间管理窗口 (Workspace)、历史命令窗口 (Command History)。下面对重要的窗口进行一个简要的介绍。

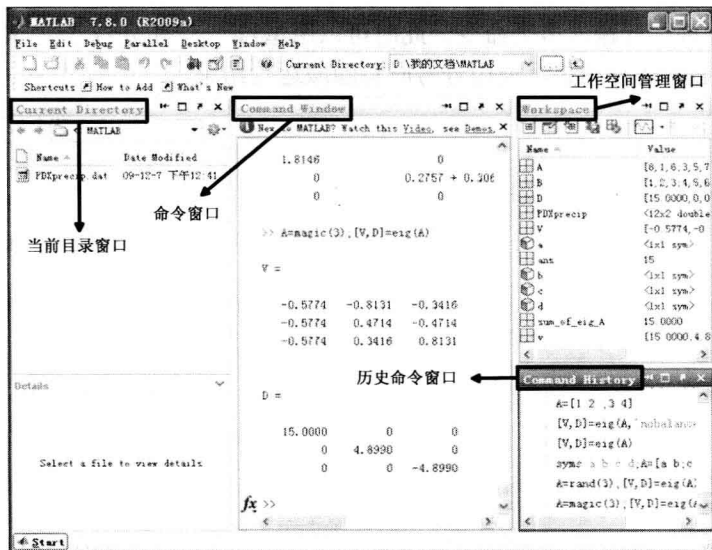


图 1-1 MATLAB 的默认界面

1) 命令窗口 (Command Window)

命令窗口 (Command Window) 位于 MATLAB 桌面的中间，MATLAB 的命令提示符为“>>”，表示 MATLAB 处于准备状态，此时可以在 >> 之后输入一些基本命令，如数值运算命令，然后按下 Enter 键，则 MATLAB 会在命令窗口立即显示结果，并将结果自动赋予变量名 ans。例如，求取半径为 3 的圆的面积，可输入如下命令：

```
>> 3.14*3^2
ans =
    28.2600
```

采用上述方法简单易行，当遇到较为复杂的问题时，可以通过赋值运算符“=”给变量赋值，并存储该变量。例如，可以用变量 r 来表示圆的半径，用变量 S 来表示圆的面积，百分号“%”是 MATLAB 中的注释符，则上例也可以通过下面的方法获得结果：

```
>> r=3           %圆的半径 r=3
r =
     3
>> S=3.14*r^2    %求圆的面积 S
S =
    28.2600
```



可以看到在命令窗口输入 $r=3$ 并按下 Enter 键后, MATLAB 会在命令窗口直接显示这条命令的计算结果。若要禁止显示计算的中间结果, 则可以通过分号 “;” 来实现:

```
>> r=3; %使用分号禁止显示计算的中间结果
>> S=3.14*r^2
S =
    28.2600
```

MATLAB 允许一行输入多个命令, 此时可以用逗号 “,” 和分号 “;” 来实现, 区别在于使用逗号时将会显示运行结果, 使用分号时将隐藏运行结果。

```
>> a=1;b=2;c=3;sum=a+b+c %不显示中间结果
sum =
     6

>> x=sin(1),y=cos(pi),z=tan(pi/6),sum=x+y+z %显示中间结果
x =
    0.8415
y =
   -1
z =
    0.5774
sum =
    0.4188
```

2) 工作空间管理窗口 (Workspace)

MATLAB 的工作空间是用于存储运算中的各种变量和结果的内存空间, 而工作空间窗口 (Workspace) 则用于显示变量的名称、大小、字节数及数据类型等, 可以通过工作空间窗口对变量进行观察、编辑、保存和删除等操作。需要注意的是, MATLAB 函数在运行过程中会调用一些临时变量, 这些变量在函数运行结束后将被释放, 因此, 这些临时变量不会占用工作空间。

为了对某变量进行相关的操作, 除了以命令行的方式, 还可以使用 MATLAB 提供的变量编辑器 (Variable Editor)。通过变量编辑器可以直接观察变量中的各个元素, 也可以修改变量中的各个元素。变量编辑器的界面如图 1-2 所示。

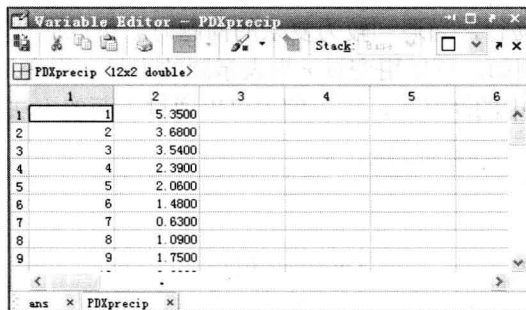


图 1-2 变量编辑器

可以看到，在变量编辑器中数值保存在与数据维数相符的方格中，可以通过快捷键如 Ctrl+C 实现数据的复制、以 Ctrl+V 实现数据的粘贴等；同时，可以双击方格中的数据对数据进行编辑，如修改数据的数值等。还有一种方式是通过工具栏上的图标对相应的数据进行编辑，主要功能如下所示：

-  (Save) ——保存对数据所作的修改；
-  (Cut) ——对所选取的数据进行剪切操作，此后被剪切的相应数据格置零，且可以将所剪切的数据粘贴到变量编辑器中的任一方格中；
-  (Copy) ——实现所选取数据的复制，且可以将此数据粘贴到变量编辑器中的任一方格中；
-  (Paste) ——实现数据的粘贴操作；
-  (Plot) ——绘制所选取数据的图形。

可以通过三种方式打开上述变量编辑器，以编辑 MATLAB 中的变量：

- 在工作空间管理窗口双击该变量名；
- 用鼠标单击变量名后单击工作空间管理窗口工具栏上的打开图标；
- 用鼠标选中变量名，单击鼠标右键弹出如图 1-3 所示快捷菜单，然后选择菜单中的相关命令。主要功能为：命令 Open Selection 用于打开命令编辑器编辑相应的选择变量；命令 Save As 用于将所选择的变量进行重命名并保存；命令 Copy 用于复制所选择的数据；命令 Duplicate 用于创建所选择变量的副本，假如所选择的变量名为 var，则 MATLAB 创建一个完全相同的副本 varCopy；命令 Delete 用于删除所选择的变量，此后该变量从工作空间消失。

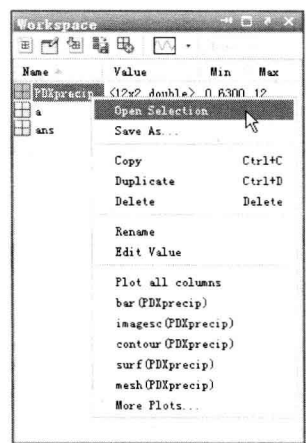


图 1-3 变量编辑快捷菜单

如果用户想以命令行的方式查看工作空间的情况，可以在命令窗口输入相应的命令，管理工作空间的常用命令如表 1-1 所示。

表 1-1 管理工作空间的常用命令

命 令	功 能
who	显示存储在工作空间全部变量的名称
whos	显示存储在工作空间全部变量的名称、大小、数据类型等详细信息
clear	从工作空间中清除变量和函数
save	保存工作空间变量
load	从磁盘文件中读取变量到工作空间
length	length(A)，若 A 为向量则显示其长度，若 A 为矩阵则显示行数与列数中的较大数
size	size(A)，得到矩阵 A 的行数和列数
disp	显示变量

