

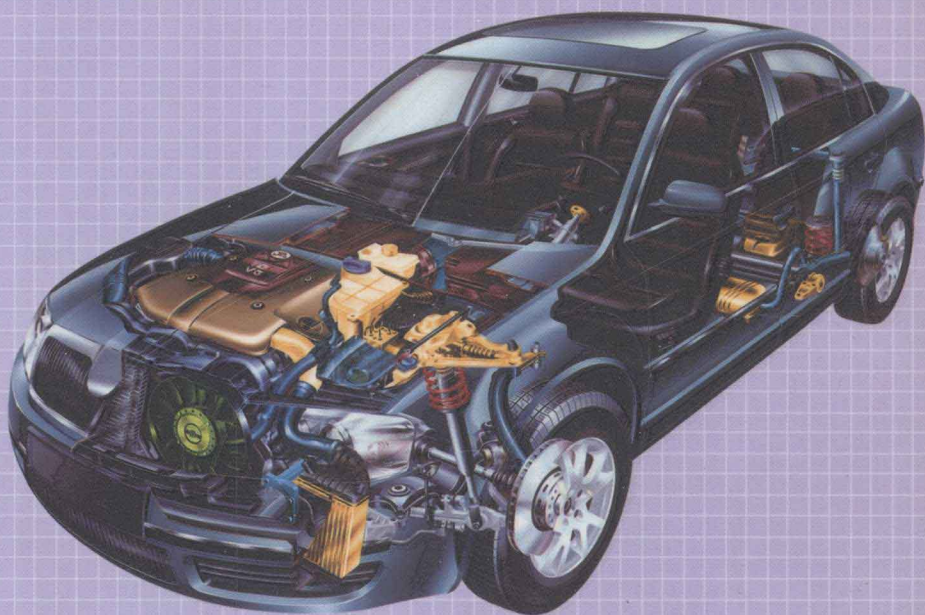
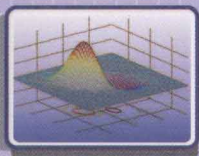
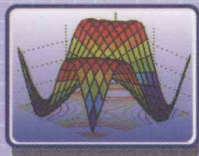
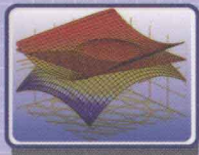
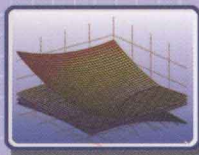


CAD/CAM/CAE 工程应用丛书 / MATLAB系列

# 机械工程设计分析和 MATLAB 应用

第2版

郭仁生 著



随书配套程序源代码

下载网址 [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

CAD/CAM/CAE 工程应用丛

列

# 机械工程设计分析 和 MATLAB 应用

第 2 版

郭仁生 著



机械工业出版社

本书共分两篇。第 1 篇介绍 MATLAB 的功能特点、常用函数和计算方法、图形功能、M 文件和流程控制等工程应用基本知识；第 2 篇介绍机械工程领域的机构运动分析、机械零部件设计、机械可靠性设计、机械优化分析和计算、机械制造工艺参数优化、实验数据的曲线拟合和多项式拟合等方面的多个实例，并通过建立数学模型，利用功能强大的 MATLAB 科学计算工具编制 M 文件，运用计算机数学方法进行分析研究和设计计算。

本书可作为工科院校制造类专业相关课程的教学用书，也可作为工程技术人员利用计算机数学方法分析和求解工程问题的参考书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

机械工程设计分析和 MATLAB 应用 / 郭仁生著. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2008.6

(CAD/CAM/CAE 工程应用丛书·MATLAB 系列)

ISBN 978-7-111-19684-6

I. 机… II. 郭… III. 算法语言—应用—机械设计: 计算机辅助设计  
IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 096784 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 丁 诚 吴鸣飞

责任编辑: 吴鸣飞

责任印制: 杨 曦

三河市宏达印刷有限公司印刷

2008 年 7 月第 2 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·15.5 印张·384 千字

0001—5000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-19684-6

定价: 28.00 元

凡购本图书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294 68993821

购书热线电话 (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话 (010) 88379753 88379739

封面无防伪标均为盗版

## 出版说明

随着信息技术在各领域的迅速渗透, CAD/CAM/CAE 技术已经得到了广泛的应用, 从根本上改变了传统的设计、生产、组织模式, 对推动现有企业的技术改造、带动整个产业结构的变革、发展新兴技术, 促进经济增长都具有十分重要的意义。

CAD 在机械制造行业的应用最早, 使用也最为广泛。目前其最主要的应用涉及到机械、电子、建筑等工程领域。世界各大航空、航天及汽车等制造业巨头不但广泛采用 CAD/CAM/CAE 技术进行产品设计, 而且投入大量的人力、物力及资金进行 CAD/CAM/CAE 软件的开发, 以保持自己技术上的领先地位和国际市场上的优势。CAD 在建筑工程中的应用, 不但可以提高设计质量, 缩短工程周期, 还可以节约大量建设投资。

各行各业的工程技术人员也逐步认识到 CAD/CAM/CAE 技术在现代工程中的重要性, 掌握其中的一种或几种软件的使用方法和技巧, 已成为他们在竞争日益激烈的市场经济形势下生存和发展的必备技能之一。然而仅仅知道简单的软件操作方法是远远不够的, 要将软件技术和工程实际结合起来, 才能真正达到通过现代的技术手段提高工程效益的目的。

基于这一考虑, 机械工业出版社特别推出了这套主要面向相关行业工程技术人员的“CAD/CAM/CAE 工程应用丛书”。本丛书涉及 AutoCAD、Pro/ENGINEER、UG、MATLAB、SolidWorks、Mastercam、ANSYS 等软件在机械设计、性能分析、制造技术方面的应用。

本套丛书立足于基本概念和操作, 配以大量具有代表性的实例, 并融入了作者丰富的实践经验, 使得本丛书内容具有专业性强、操作性强、指导性强的特点, 是一套真正具有实用价值的书籍。

机械工业出版社

# 前 言

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 和计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, CIMS) 是国家大力推进制造业信息化的两项核心内容, 随着科学技术的不断发展和计算机技术应用的日益广泛深入, 我国的计算机辅助技术逐步与国际同类技术接轨, 已经在制造业的各个领域获得巨大的成功, 并取得了显著的社会经济效益。

CAD 的含义从最初的计算机辅助绘图 (Computer Aided Drafting) 发展到当今的计算机辅助设计, 已经涵盖了工程设计的整个过程, 并在计算机技术辅助下, 实现工程设计自动化的全部内容。CAD 将设计者的创新思维、决策判断能力与计算机高速运算、信息储存处理等功能有机结合, 在工程应用软件、工程数据库和信息系统的支撑下, 运用设计方法学进行计算分析, 以获得最佳的设计方案, 为实现产品在设计、制造、装配、检验、销售、使用和回收等整个生命周期的数字化信息共享和集成奠定了基础。

MATLAB 是美国 Mathworks 公司推出的集数值计算和图形处理为一体的科学计算语言, 它具有功能强大、集成度高、易于扩充开发和使用方便的特点, 已经在高等院校、科研院所和工程部门的机械设计、自动控制、数理统计等许多领域获得了广泛的应用, 成为最为普遍的计算工具和桌面工程师系统之一。

本书作者多年来在机械工程领域的机构运动分析和设计、机械零部件设计、机械可靠性设计、机械优化分析和计算、机械制造工艺参数优化、实验数据的曲线拟合和多项式拟合等方面, 结合教学、科研和工程应用实际, 通过建立数学模型, 在 MATLAB 系统平台上, 编制 M 程序文件和运用数值解法进行分析研究和设计计算, 取得了二十多项课题的应用成果。这些科研成果, 发表在《机械设计》、《机械设计与制造》和《现代制造工程》等机械工程专业期刊上, 许多已经成功地应用于企业生产实际, 并且多次获得佛山市科协自然科学优秀学术论文奖。本书是作者对多年来在机械工程领域运用 MATLAB 进行分析研究和设计计算的成果的总结和提炼。

本书内容丰富, 工程实用性强, 既包括 MATLAB 的基础知识、常用计算方法、图形表达和 M 文件编制等工程应用基本内容, 又讲解许多机械工程设计分析实例。每个实例都包括了数学建模、M 文件、计算实例结论及运算结果分析等内容, 有助于读者熟练地运用 MATLAB 提供的功能, 去分析和解决自己所从事技术领域中的工程实际问题。

本书第 1 版自 2006 年 8 月出版以来, 受到了读者的喜爱和支持, 并被佛山市科学技术协会评选为佛山市 2006 至 2007 年度优秀学术著作。作者根据教学和工程实践的深入, 结合新技术的发展, 在第 2 版中, 对第 1 篇“MATLAB 工程应用基础”按照 MATLAB 7.0 版本进行全面改写, 并且充实了许多例题, 有助于读者尽快掌握 MATLAB 工程应用的基础知识; 对第 2 篇“MATLAB 工程应用实例”增加了“共轭平面分度凸轮机构设计”和“V 带传动设计多目标优化设计”两项重要内容, 有助于读者在工程应用和技术研究中自行开发新的课题。

本书免费提供工程应用相关 M 文件的源代码, 读者可以从机械工业出版社网站 ([www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)) 上下载。

本书经陈礼教授 (留美博士) 精心审阅, 在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限, 书中不足和疏漏之处, 敬请读者批评指正。

作 者

# 目 录

出版说明

前言

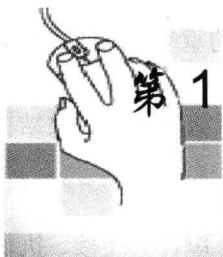
第 1 篇 MATLAB 工程应用基础 .....	1
一、MATLAB 的主要特点 .....	1
二、MATLAB 的系统界面和菜单功能 .....	2
三、运算符、标点符和数据类型 .....	5
四、基本数学函数 .....	10
五、矩阵及其运算 .....	11
六、数组的运算 .....	17
七、数据的输入与输出 .....	19
八、M 文件 .....	20
九、流程控制结构 .....	23
十、图形功能 .....	27
十一、多项式运算 .....	36
十二、数据插值 .....	38
十三、函数的导数和积分 .....	41
十四、求解方程和方程组 .....	52
十五、最优化方法 .....	57
第 2 篇 MATLAB 工程应用实例 .....	71
实例 1 连杆机构的运动设计 .....	71
一、给定连杆机构极限位置和最小传动角的设计问题 .....	71
二、给定连杆机构连架杆对应位置的设计问题 .....	73
三、优化设计问题 .....	75
实例 2 连杆机构的运动分析 .....	78
一、机构运动分析的数学模型和求解方法 .....	78
二、运动误差分析 .....	80
三、计算实例的 M 文件和运算结果 .....	80
实例 3 连杆机构的运动精度综合 .....	84
一、滑块的运动参数及其均值 .....	84
二、滑块运动参数的标准离差 .....	85
三、滑块运动参数的偏差及其最大值和最小值 .....	85
四、曲柄滑块机构等影响法精度综合 .....	86
五、计算实例 .....	87
六、M 文件和运算结果 .....	88

实例 4 槽轮机构的运动分析 .....	92
一、槽轮机构的运动方程 .....	92
二、槽轮的运动参数 .....	93
三、计算实例 .....	93
四、M 文件和运算结果 .....	93
实例 5 对心直动凸轮机构压力角的计算 .....	100
一、凸轮机构压力角的图解 .....	101
二、凸轮机构压力角的计算 .....	102
三、计算实例 .....	103
四、M 文件和运算结果 .....	104
实例 6 凸轮轮廓的设计计算与绘图 .....	105
一、基本流程和数学模型 .....	106
二、编制 M 文件使用主要函数和命令的说明 .....	107
三、M 文件和运行结果 .....	107
实例 7 共轭平面分度凸轮机构设计 .....	112
一、机构主要运动参数分析 .....	113
二、凸轮机构主要几何尺寸计算 .....	116
三、凸轮轮廓直角坐标值计算 .....	118
四、凸轮机构工作情况分析 .....	120
五、设计计算实例、M 文件和运算结果 .....	121
实例 8 搅拌机工作头旋轮轨迹分析和仿真 .....	131
一、搅拌机的传动系统 .....	131
二、内外啮合圆锥齿轮行星传动的运动分析 .....	132
三、运动模拟分析的 M 文件和运算结果 .....	133
实例 9 V 带传动多目标优化设计 .....	137
一、V 带传动多目标优化设计数学模型 .....	138
二、M 文件和运算结果 .....	140
三、使用最大最小化函数 <code>fminimax</code> 求解多目标优化问题的讨论 .....	142
实例 10 齿轮传动的设计计算 .....	143
一、齿轮传动设计计算的简化方法 .....	143
二、M 文件基本流程和主要处理方法 .....	144
三、M 文件和运算结果 .....	145
实例 11 齿轮传动参数测定和公法线公差计算 .....	151
一、变位齿轮传动参数的测定和计算 .....	151
二、斜齿圆柱齿轮公法线长度及其偏差的计算 .....	156
实例 12 轴系设计计算 .....	157
一、齿轮传动设计 .....	158
二、转轴的设计计算 .....	160
三、圆锥滚子轴承的寿命计算 .....	162

四、角接触球轴承的寿命计算 .....	164
五、深沟球轴承的寿命计算 .....	165
六、M 文件和运算结果 .....	165
实例 13 主轴支承静不定结构的计算 .....	174
一、轴承径向反力位置—载荷关系曲线的分段拟合 .....	175
二、建立主轴力矩平衡方程 .....	176
三、计算主轴前支承的径向反力 .....	177
四、计算程序框图 .....	178
五、计算实例 .....	179
六、M 文件和运算结果 .....	180
实例 14 机械的可靠性分析与设计 .....	183
一、机械零件的可靠度计算实例 .....	183
二、机械零件的可靠性设计实例 .....	184
三、转轴可靠性设计的 M 文件和运算结果 .....	188
实例 15 优化设计模型的几何描述 .....	192
一、函数曲面、等值线和可行域的几何描述 .....	192
二、应用实例 .....	192
三、M 文件和运行结果 .....	194
实例 16 人字架结构尺寸的优化设计 .....	200
一、建立人字架结构尺寸优化问题的数学模型 .....	201
二、选择优化函数 .....	202
三、M 文件和运算结果 .....	203
四、优化问题的几何描述 .....	204
实例 17 优化设计的分析与计算 .....	205
一、求解无约束优化问题 .....	206
二、求解约束优化问题 .....	207
三、M 文件和运算结果 .....	209
实例 18 多目标优化问题的理想有效解 .....	212
一、多目标优化的策略 .....	212
二、计算实例和数学模型 .....	213
三、M 文件的主要特点 .....	215
四、M 文件和运算结果 .....	215
实例 19 无心磨削工艺参数的优化 .....	218
一、无心磨削工艺参数分析 .....	219
二、建立优化设计的数学模型 .....	219
三、M 文件的主要特点 .....	221
四、M 文件和运算结果 .....	222
五、凑整解处理 .....	225



实例 20 曲线拟合和多项式拟合 .....	226
一、直线拟合 .....	226
二、曲线拟合 .....	227
三、多项式拟合 .....	228
四、计算实例 .....	229
五、M 文件和运算结果 .....	230
参考文献 .....	240



# 第 1 篇 MATLAB 工程应用基础

MATLAB (Matrix Laboratory, 原意是矩阵实验室) 由美国 MathWorks 公司在 20 世纪 80 年代中期推出, 它的最初版本是一种专门用于矩阵数值计算的数学软件。随着 MATLAB 的逐步市场化和功能的扩展与强化, 它以其优秀的数值计算能力和卓越的数据可视化能力在数学计算和科技应用中脱颖而出, 具有强大的科技计算、图形处理、可视化、开放式和可扩展环境, 特别是所附带的几十种面向不同科技应用领域的工具箱支持, 已经被广泛地应用于数值分析、信号与图像处理、控制系统设计、通信仿真、工程优化、数学建模和统计分析等领域的计算机辅助设计、分析与应用开发, 成为目前市场上强有力的工程问题分析计算和程序设计工具, 是工科大学生、研究生和工程技术人员必须掌握的基本工具。

## 一、MATLAB 的主要特点

MATLAB 是一种面向科学与工程计算的 21 世纪科学计算语言, 是数值分析和图形处理的基础平台。它包括以下主要模块。

### (1) MATLAB Toolbox

MATLAB Toolbox 是解决特定领域问题的、开放的、可扩展的函数库。

### (2) MATLAB Compiler

MATLAB Compiler 可将编写的 M 文件自动转换成 C/C++ 文件, 配合另外一种计算机数学语言 MathWorks 提供的 C/C++ 数学库和图形库, 可以开发功能强大的独立应用软件。

### (3) Simulink

Simulink 是以 MATLAB 数值分析、图形处理和语言为基础平台, 进行具有框图界面和交互仿真能力的非线性动态系统仿真工具。与该模块配合使用的还有 Stateflow、Real-Time Workshop 和 Simulink Blockset。Stateflow 可以与 Simulink 框图模型结合描述复杂系统驱动系统的逻辑行为, 驱动在不同模式之间进行转换; Real-Time Workshop 直接从 Simulink 框图自动生成 C/ADA 代码, 用于原型和硬件的快速回路仿真; Simulink Blockset 是专门为特定领域设计的 Simulink 功能块的集合。

MATLAB 具有主要特点如下。

(1) 编程容易

MATLAB 包含丰富的库函数可供直接调用, 避免了对大量算法的重复编程; 并且允许用户使用数学形式的语言编写程序, 被誉为高级“数学演算纸和图形显示器”的科学算法语言, 因此编程比 FORTRAN、C 和 QBASIC 等语言更加简明易用, 它的语法规则与一般结构化高级编程语言基本相同。

(2) 调试方便

MATLAB 是一种解释执行语言, 它将其他语言使用过程的编辑、编译、连接、执行和调试等步骤融为一体, 并且在同一个窗口上处理程序中可能出现的语法错误或逻辑错误, 因此程序调试比 Visual Basic 更加简单方便。

(3) 扩充性好

MATLAB 的库函数与用户文件在形式上是相同的, 所以用户文件可以作为库函数进行调用, 用户也可以根据需求建立和扩充新的库函数。MATLAB 的核心文件和工具箱文件都是可读写的源文件, 用户可以根据需要对其进行修改或编制新的工具箱。

(4) 交互性好

MATLAB 对于用户原有的 FORTRAN 和 C 语言程序, 可以通过建立 M 文件形式的混合编程的方法进行调用; 在 FORTRAN 和 C 语言的平台上也可以方便地使用 MATLAB 的数值计算功能。

(5) 计算功能

MATLAB 具有丰富的基本内部函数, 系统的基本数据结构是矩阵, 利用一般的符号和函数就可以对矩阵进行数学运算和一系列的函数运算, 而且可以根据问题的特点自适应选择算法, 包括对一些特殊矩阵的处理, 非常适合有限元等大型数值算法的编程。此外, 它还包括几十个工具箱, 可以解决数学和工程领域的绝大多数问题。

(6) 绘图功能

MATLAB 具有一系列简单明了、功能齐全的绘图函数和命令, 可以在线性坐标、半对数坐标和极坐标等不同坐标系中绘制 2D 和 3D 图形, 以及工程特性较强的特殊图形, 使用起来非常方便。

## 二、MATLAB 的系统界面和菜单功能

### 1. MATLAB 系统界面

在 Windows 环境中双击 MATLAB 7.0 图标, 启动 MATLAB 后, 弹出 MATLAB 系统界面, 如图 1 所示。在默认的情况下, 系统界面包括以下主要窗口。

(1) Command Window (命令窗口)

该窗口是 MATLAB 的主要交互窗口 (图 1 的右侧窗口), 用于输入命令、函数、数组和表达式等信息, 并且显示输出结果。其中“>>”是运算提示符。用户可以通过主窗口顶部的菜单栏选择 Edit→Clear Command Window 命令清除窗口显示的信息。在菜单栏中选择 Desktop→Command Window 命令调出或隐藏该窗口。

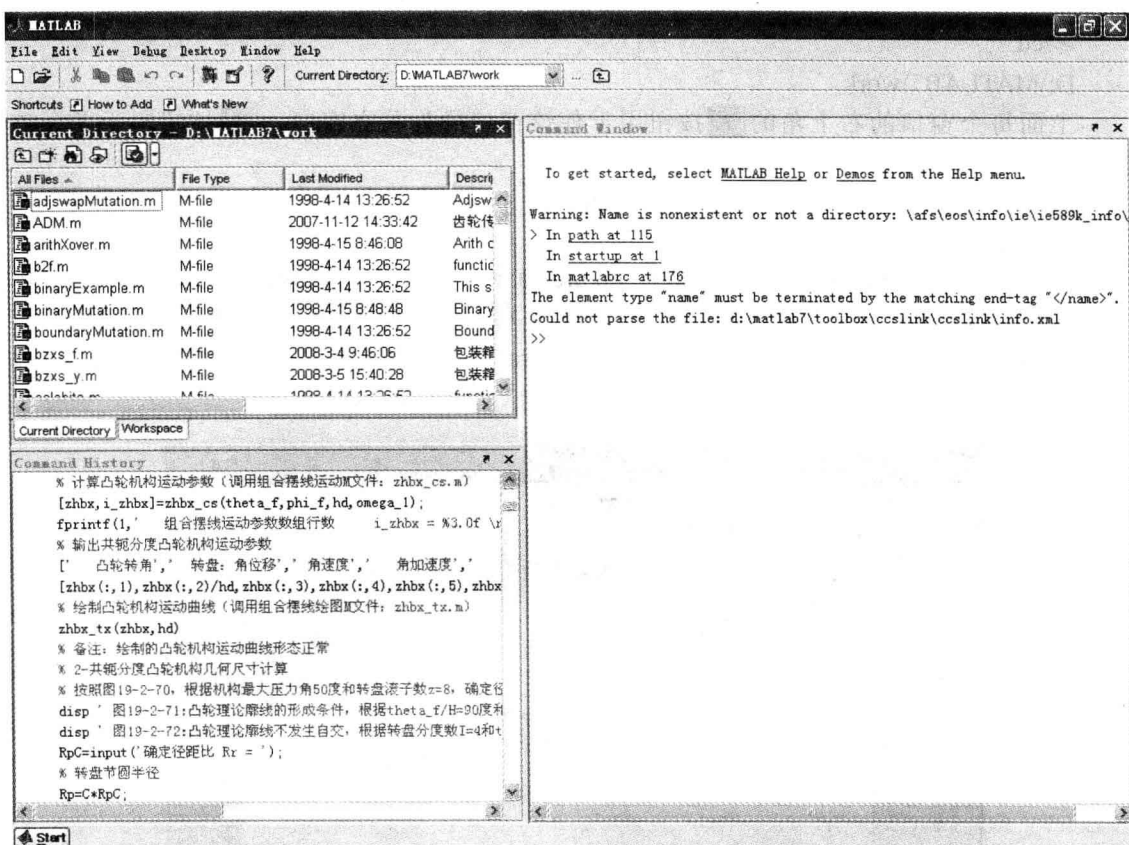


图1 MATLAB 系统界面

## (2) Workspace (工作空间窗口)

该窗口用于显示 MATLAB 在内存空间中存储的所有变量的名称、大小和类型，可以对它们进行编辑和保存，也可以通过主窗口顶部的菜单栏中选择命令 **Edit**→**Clear Workspace** 删除内存空间中存储的数据。在菜单栏中选择 **Desktop**→**Workspace** 命令调出或隐藏该窗口。

## (3) Command History (历史命令窗口)

该窗口用于记录已经运行过的命令、函数和表达式等信息，可以在该窗口中对它们进行重复运行或复制，也可以通过菜单 **Edit**→**Clear Command History** 命令清除这些历史记录。在主窗口顶部的菜单栏中选择 **Desktop**→**Command History** 命令调出或隐藏该窗口。

## (4) Current Directory (当前路径窗口)



该窗口用于显示和设置当前工作目录，同时显示当前工作目录下的文件名、文件类型和目录的修改信息等。在主窗口顶部的菜单栏中选择 **Desktop**→**Current Directory** 命令调出或隐藏该窗口。

在命令窗口中输入 **cd** 命令，并且按 **<Enter>** 键确认，即显示 MATLAB 7.0 工作所在的

目录:

>>cd

D:\MATLAB7\work

上面每个窗口的右上角的  按钮用于使该窗口成为独立窗口,  按钮用于关闭该窗口。

在 MATLAB 系统中还有如下两个常用窗口。

### (1) Figure (图形窗口)

在 File 菜单的次级菜单 New 中执行 Figure 命令, 可以打开图形窗口, 利用其中的菜单和工具栏中的选项, 可以对图形进行线型、颜色、标记、三维视图、光照和坐标轴等内容的设置。如图 2 所示, 在图形窗口中显示绘制的  $z = xe^{-(x^2+y^2)}$  三维曲面图, 同时标注了  $x$ 、 $y$ 、 $z$  三个坐标轴和图形名称, 十分直观形象。

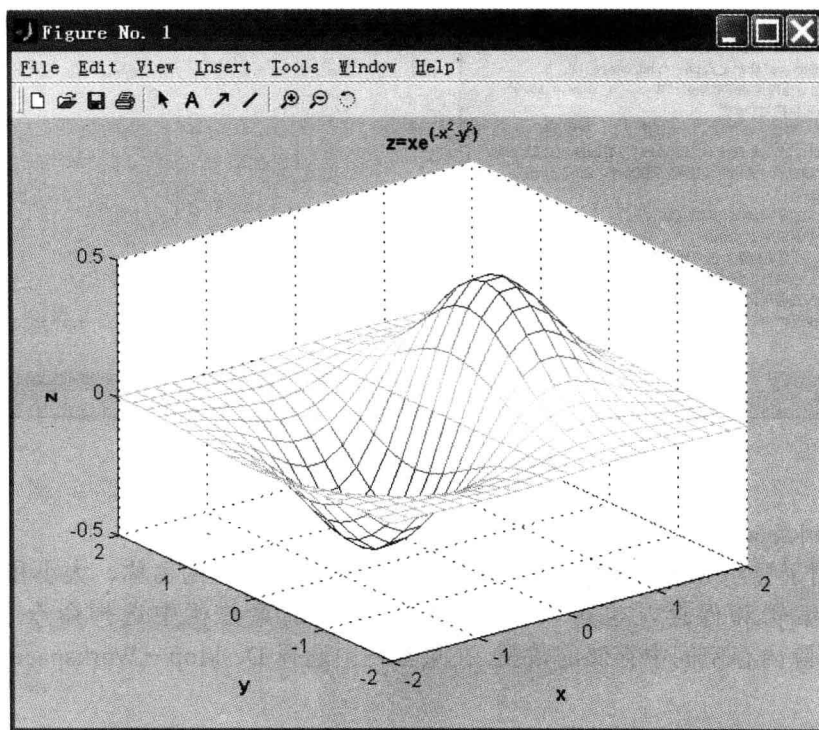


图 2 图形窗口

### (2) Graph User Interface (GUI 制作窗口)

在 File 菜单的次级菜单 New 中执行 GUI 命令, 可以打开用户图形界面窗口, 利用窗口左侧工具栏中的按钮, 可以在右侧窗口中绘制出按钮、单选条、滚动条、文本框、列表框和坐标系统等多个控件, 可以快捷方便地实现面向对象编程, 生成操作友好、别具风格的图形用户界面。

## 2. 菜单功能

在主窗口的顶部有菜单栏, 其中主要的菜单功能如表 1 所示。

表 1 File、Edit 和 View 的菜单功能

File (文件)	Edit (编辑)	View (浏览)
New (建立新文件)	Undo (停止, 返回上次执行结果)	Desktop Layout (系统桌面窗口显示方式)
Open (打开旧文件)	Redo (再次执行)	Undock Command Window (命令窗口嵌入 MATLAB 系统桌面)
Close Command Window (关闭命令窗口)	Cut (剪切)	Command Window (命令窗口)
Import Data (输入数据)	Copy (复制)	Command History (历史命令窗口)
Save Workspace As (保存工作空间内容)	Paste (粘贴)	Current Directory (当前目录窗口)
Set path (设定路径)	Paste special (粘贴特殊对象)	Workspace (工作空间窗口)
Preferences (工作状态)	Select All (全选)	Launch Pad (显示 MATLAB 启动目录)
Page Setup (页面设置)	Delete (删除)	Profiler (仿真)
Print (打印)	Find (查找)	Help (帮助窗口)
Exit MATLAB (退出 MATLAB)	Clear Command Window (清除命令窗口)	
	Clear Command History (清除历史命令)	
	Clear Workspace (清除工作空间)	

另外, 在菜单栏中还有以下功能窗口。

**Web 窗口:** 可以显示公司网站首页, 进入 MATLAB 中心交流, 会员注册讨论, 检查产品更新和提供技术支持等功能。

**Window 菜单:** MATLAB Command Window 的切换按钮。

**Help 菜单:** 提供关于 MATLAB 产品版本的有关信息、在线帮助和范例演示等功能。

### 三、运算符、标点符和数据类型

#### 1. 运算符

MATLAB 运算符包括算术运算符、关系运算符和逻辑运算符三类。

##### (1) 算术运算符

MATLAB 算术运算符如表 2 所示。

表 2 算术运算符

运算符	功能	运算符	功能
+	相加	-	相减
*	矩阵相乘	.*	数组相乘
^	矩阵乘方	.^	数组乘方
\	左除	.\	数组左除
/	右除	./	数组右除

算术运算符用于相关的数学运算。在 MATLAB 表达式中，计算时从高到低的优先次序是：括号运算→指数运算→乘除运算→加减运算。

**例 1** 某学生的各科学业成绩分别为语文 86、英语 91、数学 89、物理 74、化学 82，试计算该学生成绩的总分和平均分。

```

在 MATLAB 命令窗口中运算提示符 “>>” 后面依次输入命令，并且按<Enter>键确认。
>>a=86;b=91;c=89;d=74;e=82;           % 分别用变量 a、b、c、d、e 存储各科成绩
>>z=a+b+c+d+e                           % 计算该学生成绩的总分
z =
    422
>>p=z/5                                   % 计算该学生成绩的平均分
p =
    84.4000
    
```

**说明：**MATLAB 允许用户在一行中输入多个命令语句，它们之间用分号隔开时，命令语句的运算结果被隐藏（在不同行的多个命令语句之间也可以用逗号隔开，这时命令语句的运算结果会被显示）。百分号“%”后面的文本是用户自行注释内容，MATLAB 不予运行。

(2) 关系运算符

MATLAB 关系运算符如表 3 所示。

表 3 关系运算符

运 算 符	功 能	运 算 符	功 能
>	大于	>=	大于或等于
<	小于	<=	小于或等于
==	等于	~=	不等于

关系运算符用于比较两个对象（数、字符串、矩阵）之间的大小或是不等关系，当比较的两个对象关系为真时，返回值为 1；关系为假时，返回值为 0。

**例 2** 有两组数据：A=[12、23、45、60、88]和 B=[11、23、51、65、87]，试对它们各对应元素进行关系比较。

```

>> A=[12,23,45,60,88];                   % 用向量 A 存储数据
>> B=[11,23,51,65,87];                   % 用向量 B 存储数据
>> dy=A>B                                 % 比较向量 A 各对应元素是否大于向量 B
dy =
     1     0     0     0     1
>> xd=A==B                                 % 比较向量 A 各对应元素是否等于向量 B
xd =
     0     1     0     0     0
>> xy=A<=B                                 % 比较向量 A 各对应元素是否小于或等于向量 B
xy =
     0     1     1     1     0
    
```

**说明：**当比较的两个对象关系为真（关系条件成立）时，返回值为 1；关系为假（关系条件不成立）时，返回值为 0。

(3) 逻辑运算符

MATLAB 逻辑运算符如表 4 所示。

表 4 逻辑运算符

运算符	功能	运算符	功能
&	与	~	非
	或	xor	异或

逻辑表达式或逻辑函数的值是一个逻辑量，真时值为 1，假时值为 0。

例 3 两个学生的语文、英语、数学、物理、化学五科学习成绩分别为： $A=[68, 77, 93, 80, 91]$ 和  $B=[72, 81, 90, 83, 75]$ ，试判断他们的文科（语文、英语）平均成绩不小于 75 分，同时理科（数学、物理、化学）平均成绩不小于 80 分。

```
>> A=[68,77,93,80,91];
>> B=[72,81,90,83,75];
>> WA=((A(1)+A(2))/2)>=75 & ((A(3)+A(4)+A(5))/3)>=80
WA =
    0
>> WB=((B(1)+B(2))/2)>=75 & ((B(3)+B(4)+B(5))/3)>=80
WB =
    1
```

说明：其中  $A(1)$ 、 $A(2)$ 、 $A(3)$ 、 $A(4)$ 和  $A(5)$ 分别表示向量  $A$  的各维元素， $B(1)$ 、 $B(2)$ 、 $B(3)$ 、 $B(4)$ 和  $B(5)$ 分别表示向量  $B$  的各维元素。由运算结果可见，学生  $A$  的文科和理科成绩不满足逻辑关系条件，所以得到的逻辑量  $WA=0$ 。学生  $B$  的文科和理科成绩满足逻辑关系条件，所以得到的逻辑量  $WB=1$ 。

## 2. 标点符

MATLAB 语言中的一些标点符有特殊的功能，如表 5 所示。

表 5 标点符

标点符	功能	标点符	功能
:	冒号，产生数组，或是指定矩阵行、列元素	.	小数点，或是域访问符等
;	分号，区分行，或是取消运行显示等	...	省略号，续行符
,	逗号，区分列，或是函数参数分隔符等	%	百分符，注释符
()	括号，指定运算过程中的先后次序等	!	惊叹号，调用操作系统运算
[]	方括号，矩阵定义标志等	=	等号，赋值标记
{ }	大括号，用于构成单元数组等	'	撇号，字符串的标示符等

应当指出，表 5 中标点符必须在键盘设置英文状态下输入。

## 3. 数据类型

### (1) 数值量

MATLAB 的数值量以双精度格式进行计算和保存在内存中，其显示格式可以通过 `format` 命令改变。



1) format short 短格式 (系统默认), 显示小数点后面 4 位有效数字, 例如 pi ( $\pi$ ) 的显示:

```
>> pi
ans =
    3.1416
```

说明: 由于省略变量名和赋值标记 “=”, 则系统自动产生一个用作结果的默认变量 ans。

2) format long 长格式, 显示小数点后面 15 位有效数字, 例如 1/7 的显示:

```
>> format long
>> 1/7
ans =
    0.14285714285714
```

3) format short e 短格式 e 方式, 对非整数按照 e 方式显示, 例如:

```
>> format short e
>> 1/7
ans =
    1.4286e-001
```

4) format long e 长格式 e 方式, 对非整数按照 e 方式显示, 例如:

```
>> format long e
>> 1/7
ans =
    1.428571428571429e-001
```

5) format hex 按照十六进制显示, 例如:

```
>> format hex
>> 1/7
ans =
    3fc2492492492492
```

6) MATLAB 语言中有一些特定的数值常量, 如表 6 所示。

表 6 MATLAB 语言中的常量

常量名	常量值	常量名	常量值
i, j	虚数单位, 定义为 $\sqrt{-1}$	realmin	最小的正浮点数, $2^{-1022}$
pi	圆周率 $\pi$	realmax	最大的正浮点数, $2^{1023}$
eps	浮点运算的相对精度 $2.2204 \times 10^{-16}$	inf	无穷大 $\infty$
nan	表示不定值		

MATLAB 的数据都是以双精度数值来表示的, 它们在系统内部又是按照计算机通常的处理方法以二进制来表示。因此造成某些实数不能被精确地表示, 而且对能够表示的实数有一个限制, 存在浮点运算的相对误差, 但是这些误差是小于误差限  $\text{eps}=2.2204\text{e-}16$  的, 在 MATLAB 的命令窗口中输入 eps 值就可以得到结果。