



西昌学院“质量工程”资助出版系列教材

数学实验实训教程

■ 主编 兰箭轮

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

西昌学院“质量工程”资助出版系列教材

数学实验实训教程

主 编 兰箭轮
副主编 许建琼 尹绍军
编 委 彭方林 尹金华

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内容提要

本书主要是为理工科院校各专业学生学习数学实验编写的教材。全书分为三部分，第一部分：MATLAB 相关知识和操作；第二部分：包括第 2~6 章，主要介绍大学数学实验的基础内容，涉及线性代数、微积分、微分方程、线性与非线性规划、概率与统计的软件实验；第三部分：综合实验。本书着重培养学生的创新精神和用计算机解决实际问题的能力，增强学生利用数学知识解决实际问题的能力。

本书适用于理工科院校大学本、专科学生，以及具备工科数学知识和计算机知识的其他科技工作者。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

数学实验实训教程 / 兰箭轮主编. —北京：北京理工大学出版社，2014.8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 9669 - 4

I. ①数… II. ①兰… III. ①高等数学 - 实验 - 高等学校 - 教材 IV. ①O13 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 201529 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 12.5

字 数 / 289 千字

版 次 / 2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 35.00 元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 张慧峰

责任校对 / 孟祥敬

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

序 言

西昌院校长 夏明忠

为了贯彻落实党中央和国务院关于高等教育要全面坚持科学发展观，切实把重点放在提高质量上的战略部署，经国务院批准，教育部和财政部于2007年1月正式启动“高等学校本科教学质量与教学改革工程”（简称“质量工程”）。2007年2月，教育部又出台了“关于进一步深化本科教学改革全面提高教学质量的若干意见”。从此，拉开了中国高等教育“提高质量，办出特色”的序幕，将中国高等教育从扩大规模正式向“适当控制招生增长的幅度，切实提高教学质量”的方向转变。这是继“211工程”和“985工程”之后，在高等教育领域实施的又一重大工程。

西昌学院在“质量工程”建设过程中，全面落实科学发展观，全面贯彻党的教育方针，全面推进素质教育；坚持“巩固、深化、提高、发展”的方针，遵循高等教育的基本规律，牢固树立人才培养是学校的根本任务，质量是学校的生命线，教学是学校的中心工作的理念；按照分类指导、注重特色的原则，推行“本科学历（学位）+职业技能素养”的人才培养模式，加大教学投入，强化教学管理，深化教学改革，把提高应用型人才培养质量视为学校的永恒主题。先后实施了提高人才培养质量的“十四大举措”和“应用型人才培养质量提升计划20条”，确保本科人才培养质量。

通过7年的努力，学校“质量工程”建设取得了丰硕成果。已建成1个国家级特色专业，6个省级特色专业，2个省级教学示范中心，3位省级教学名师，2个省级卓越工程师人才培养专业，3个省级高等教育“质量工程”专业综合改革建设项目，16门省级精品课程，2门省级精品资源共享课，2个省级重点实验室和1个省级人文社会科学重点研究基地，2个省级实践教学建设项目，1个省级大学生校外农科教合作人才培养实践基地，4个省级优秀教学团队等等。

为了搭建“质量工程”建设项目交流和展示的良好平台，使之在更大范围内发挥作用，取得明显实效；促进青年教师尽快健康成长，建立一支高素质的教学科研队伍，提升学校教学科研整体水平。学校决定借建院十周年之机，利用2013年的“质量工程”建设资金资助实施“百书工程”，即出版优秀教材80本，优秀专著40本。“百书工程”原则上支持学校副高职称的在职教学和科研人员，以及成果极为突出的中级职称或获得博士学位的教师。学校鼓励和支持他们出版具有本土化、特色化、实用性、创新性的专著，结合“本科学历（学位）+职业技能素养人才培养模式”的实践成果，编写实验、实习、实训等实践类的教材。

在“百书工程”实施过程中，教师们积极响应，热情参与，踊跃申报，一大批青年教师更希望借此机会促进和自身的教学科研能力；一批教授甘于奉献，淡泊名利，精心指导青年教师；各二级学院、教务处、科技处、院学术委员会等部门的同志在选题、审稿、修改等方面也做了大量的工作；北京理工大学出版社和四川大学出版社也给予了大力支持。借此机会，向为实施“百书工程”付出艰辛劳动的广大教师、相关职能部门和出版社等表示衷心

的感谢！

我们衷心祝愿此次出版的教材和专著能为提升西昌学院整体办学实力增光添彩，更期待今后有更多更好的代表学校教学科研实力和水平的佳作源源不断地问世，殷切希望同行专家提出宝贵的意见和建议，以利于西昌学院在新的起点上继续前进，为实现第三步发展战略目标而努力。

前 言

我们知道的实验有若干种，诸如物理实验、化学实验、医学实验、生物实验，等等，当提及数学实验的时候，却很少有人知道，甚至于有人会问：

“数学还有实验吗？”

“数学不是一门特别抽象的学科吗？它也能做实验？也有实验课？”

“数学实验怎么做呢？”

“数学学好了有用吗？”

……

对于这些疑问，我们的回答是肯定的。数学不光是一门重要而抽象的学科，也是理工科专业必须要学习的一门重要基础课程。因此，如何把纯理论的数学知识轻易地应用于解决生活领域中若干实际问题，是我们要研究的一个重要课题。

数学实验就是一门将数学理论知识应用于实际的重要实践课。它通过把数学知识与计算机结合起来，充分发挥 MATLAB6. X (MATrix LABoratory) 软件的各种功能和作用，既可以使抽象的数学知识形象化，充分调动学生学习数学的兴趣，又可以解决很多生活领域中的实际问题，培养和提高学生应用数学知识与方法解决各种实际问题的能力。

为满足数学实践教学的需要，结合攀西地区及我校的实际，响应我校“本科学历 + 职业能力”人才培养模式改革的要求，本着“综合、精练、实用”的原则，结合专业实际，编写了《数学实验实训教程》。编写组成员均长期从事我校数学专业课程以及其他理工科专业高校数学课程的具体教学工作，在教学过程中，对理论和实践教学进行的改革和探索有较好的把控，积累了丰富的教学经验，获得了一定的成果。

全书分为三部分，第一部分：MATLAB 相关知识和操作；第二部分：包括第 2 ~ 6 章，主要介绍大学数学实验的基础内容，涉及线性代数、微积分、微分方程、线性与非线性规划、概率与统计的软件实验；第三部分：综合实验。书中所介绍的实例都是在 MATLAB6. 5 中调试运行通过的。每章后面附有习题，有利于读者巩固前面所学知识。《数学实验实训教程》可作为数学专业及其他理工科专业的实践教学用书，也可作为数学爱好者及学习者的参考书。建议教授学时为 32 至 40 学时之间。

参加本书编写及调试等工作的人员有兰箭轮、许建琼、尹绍军、尹金华和彭方林。兰箭轮副教授负责全书的统稿、总体筹划及审核；许建琼和尹绍军负责具体工作的开展及实施；尹金华和彭方林负责全书的校正及排版。具体地，第 1、3、4 章及第 7 章的第 1、2 节由许

建琼编写；第2、5、6章及第7章的第5、6节由尹绍军编写；第7章第3、4节由兰箭轮编写。

感谢西昌学院各级领导和老师给予的大力支持和帮助。

由于作者专业水平所限，编写时间仓促，书中难免存在不妥之处，恳请各位读者多提宝贵意见，给予指正，编者在此表示衷心的感谢！

编 者

目 录

第 1 章 MATLAB 初步	(1)
1.1 导言	(1)
1.2 MATLAB 6. X 操作入门	(2)
1.2.1 MATLAB 的安装与启动 (Windows 操作平台)	(2)
1.2.2 MATLAB 环境	(2)
1.2.3 MATLAB 命令行的编辑	(6)
1.3 MATLAB 的数值计算	(10)
1.3.1 矩阵与向量的输入	(11)
1.3.2 数组与矩阵的运算	(14)
1.3.3 函数的极值与零点的运算	(16)
1.4 MATLAB 的绘图功能	(17)
1.4.1 二维图形的绘制	(17)
1.4.2 三维图形	(22)
1.5 程序设计	(25)
1.5.1 运算符	(25)
1.5.2 for 循环	(26)
1.5.3 while 循环	(26)
1.5.4 if - else - end 结构	(27)
1.5.5 switch - case - end 结构	(28)
习题一	(29)
第 2 章 线性代数	(31)
2.1 矩阵及其运算	(31)
2.2 向量组的线性相关性	(35)
2.2.1 向量组的线性相关性判别	(35)
2.2.2 向量组的极大线性无关组	(36)
2.3 线性方程组的求解	(37)
2.4 相似矩阵及二次型	(41)
2.4.1 矩阵的特征值与特征向量	(41)

2.4.2 矩阵的相似对角化	(42)
2.5 模型与实验	(44)
习题二	(48)
第3章 函数的极限、导数和积分	(51)
3.1 MATLAB 的函数	(51)
3.2 数学函数的相关概念	(53)
3.2.1 函数的极限与连续	(53)
3.2.2 函数的导数	(53)
3.2.3 函数的积分	(54)
3.3 MATLAB 中函数的微积分运算	(54)
3.3.1 极限运算	(54)
3.3.2 求导运算	(58)
3.3.3 积分运算	(61)
习题三	(66)
第4章 微分方程	(68)
4.1 引例：单摆运动	(68)
4.2 微分方程模型	(70)
4.3 微分方程的求解方法	(70)
4.3.1 数值解法	(70)
4.3.2 图解法	(76)
4.3.3 MATLAB 的软件求解法	(81)
4.4 范例：状态转移方程组模型	(85)
4.4.1 问题及假设	(85)
4.4.2 问题分析与模型建立	(85)
4.4.3 模型求解	(85)
习题四	(88)
第5章 数学规划	(90)
5.1 线性规划的 MATLAB 指令	(90)
5.1.1 线性规划	(90)
5.1.2 线性规划求解	(92)
5.1.3 线性规划的单纯形法算法	(94)
5.2 非线性规划的 MATLAB 指令	(98)
5.2.1 非线性规划	(98)
5.2.2 非线性规划的解法	(99)
5.3 整数线性规划的 MATLAB 指令	(104)
5.3.1 整数线性规划	(104)

5.3.2 整数规划算法——分枝定界法原理	(104)
5.3.3 0-1 整数规划	(107)
5.4 模型与实验	(108)
5.4.1 线性规划	(108)
5.4.2 非线性规划	(110)
5.4.3 整数线性规划	(111)
习题五	(114)
第6章 概率与统计	(117)
6.1 概率的 MATLAB 指令	(118)
6.1.1 随机数的产生	(118)
6.1.2 随机变量的概率密度、分布函数和数字特征值	(119)
6.2 统计的 MATLAB 指令	(123)
6.2.1 样本描述	(123)
6.2.2 统计图	(125)
6.2.3 参数估计	(128)
6.2.4 假设检验	(131)
6.2.5 方差分析	(134)
6.3 模型与实验	(138)
习题六	(142)
第7章 综合实验	(145)
7.1 数值积分法计算曲边梯形的面积	(145)
7.1.1 实验问题	(145)
7.1.2 分析问题	(145)
7.1.3 求解问题	(146)
7.2 缉私艇追赶走私船	(148)
7.2.1 实验问题	(148)
7.2.2 建立模型	(148)
7.2.3 模型求解	(149)
7.2.4 结果分析	(156)
7.3 人口数量预测模型	(156)
7.3.1 实验问题	(156)
7.3.2 分析问题	(157)
7.3.3 问题求解	(158)
7.4 货机装载问题	(160)
7.4.1 实验问题	(160)
7.4.2 建立模型	(161)
7.4.3 模型求解	(162)

7.5 投资组合问题	(164)
7.6 报童问题	(166)
7.6.1 实验问题	(167)
7.6.2 分析问题	(167)
7.6.3 模型求解	(168)
习题七	(170)
附表 A 常见分布函数表	(172)
附表 B 专用函数计算概率密度函数表	(173)
附表 C 专用函数计算累积概率值函数表	(174)
附表 D 常用临界值函数表	(175)
附表 E 常见分布的均值和方差	(176)
附表 F 随机数产生函数表	(177)
附表 G 参数估计函数表	(178)
参考答案	(179)
参考文献	(190)

第 1 章

MATLAB 初步

本章主要介绍 MATLAB 软件的有关知识，包括它的安装和启动、MATLAB 运行环境、MATLAB 的基本操作、MATLAB 的数值计算功能及其绘图功能，还有 MATLAB 简单程序的编写等基础理论知识。这是学习数学知识并将数学知识与实际相结合的一个很好的桥梁，将为我们更好地应用数学知识解决实际问题提供必要的准备和技术支持。

1.1 导 言

MATLAB 是“Matrix Laboratory”的缩写，意为“矩阵实验室”，是由美国 MathWorks 公司开发的工程计算软件，1984 年 MathWorks 公司正式将它推向市场。目前，它是美国很流行的一种科学计算软件。随着信息技术和计算机技术的发展，科学计算在各个领域都得到了广泛的应用。在许多诸如控制论、时间序列分析、系统仿真、图像信号处理等方面产生了大量的矩阵及其相应的计算问题，自己去编写大量的繁复的计算程序，不仅会消耗大量的时间和精力，减缓工作进程，而且往往质量不高。美国 MathWorks 软件公司推出的 MATLAB 软件就是为了给人们提供一个方便的数值计算平台而设计的。

MATLAB 是一个交互式的系统，它的基本运算单元是矩阵，系统提供了大量的矩阵及其他运算函数，可以方便地进行一些很复杂的计算，而且运算效率极高。MATLAB 命令和数学中的符号、公式非常接近，可读性强，容易掌握，还可利用它所提供的编程语言进行编程完成特定的工作。除基本部分外，MATLAB 还针对各专门领域中的特殊需要提供了许多可选的工具箱。

MATLAB 集成环境主要包括五个部分：MATLAB 语言、MATLAB 工作环境、MATLAB 句柄图形、MATLAB 数学函数库和 MATLAB API (Application Program Interface)。MATLAB 语言是以数组为基本数据单位，包括控制流程语句、函数、数据结构、输入输出及面向对象等特点的高级语言。其主要特点如下：

1) 运算符和库函数丰富，语言简洁，编程效率高。MATLAB 除了提供和 C 语言一样的运算符外，还提供了广泛的矩阵和向量运算符。它利用自身具有的运算符和库函数可以使程序相当简短，它的两三行语句就可以实现 C 或 FORTRAN 编写的几十甚至几百行程序的功能。

2) 既有结构化的控制语句，又有面向对象的编程特性。其中，控制语句有 for 循环、while 循环、break 语句、if 语句和 switch 语句。

3) 绘图功能强大。MATLAB 既包括对二维和三维数据可视化、图像处理、动画制作等高层次的绘图命令, 还包括可以完全修改图形局部及编制完整图形界面的、低层次的绘图命令。

4) 具有功能强大的工具箱。MATLAB 的工具箱可以分为两类: 功能性的工具箱和学科性的工具箱。前者主要用来扩充 MATLAB 的符号计算功能、图示建模仿真功能、文字处理功能以及与硬件实时交互的功能; 而后的专业性比较强, 如优化工具箱、统计工具箱、控制工具箱、小波工具箱、图像处理工具箱、通信工具箱等。

5) 易于扩充。MATLAB 除内部函数外, 它所有的核心文件和工具箱文件都是可读可写的源文件, 用户可以修改源文件和加入自己的文件, 这些文件可以与库函数一样被调用。

1.2 MATLAB 6. X 操作入门

1.2.1 MATLAB 的安装与启动 (Windows 操作平台)

- 1) 将源光盘插入光驱;
- 2) 在光盘的根目录下找到 MATLAB 的安装文件 setup.exe;
- 3) 双击该安装文件, 按提示逐步安装;
- 4) 安装完成后, 在程序栏里便有了 MATLAB 选项, 桌面上也出现了 MATLAB 的快捷方式;
- 5) 双击桌面上的 MATLAB 快捷方式或程序里的 MATLAB 选项即可启动 MATLAB。

1.2.2 MATLAB 环境

MATLAB 是一门高级编程语言, 它提供了良好的编程环境。作为一个编程环境, MATLAB 提供了很多方便用户管理变量、输入输出数据以及生成和管理 M 文件的工具。M 文件就是指用 MATLAB 语言编写的、可以在 MATLAB 中运行的程序。下面将分别介绍 MATLAB 的命令窗口、工作区、分类帮助窗口、指令历史记录窗口、当前目录选择窗口、程序编辑器和帮助系统, 它们是用户与 MATLAB 进行交互的主要场所。

启动 MATLAB 后, 出现如图 1.1 所示的对话框, 它大致包括以下几个部分:

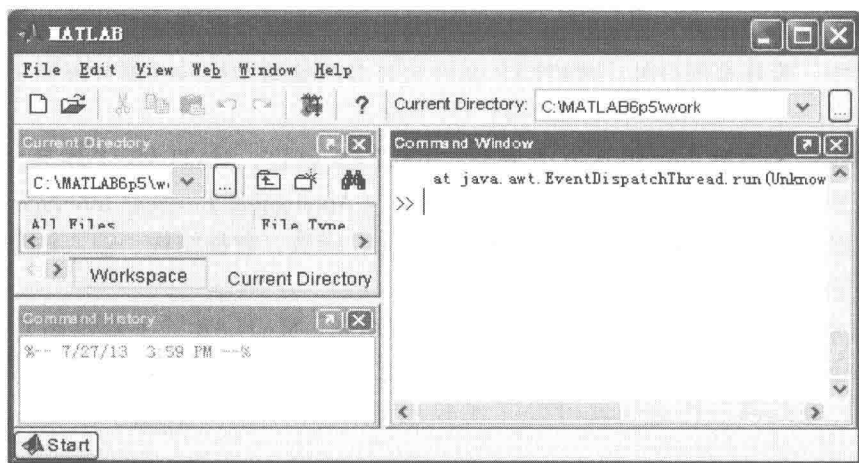


图 1.1 MATLAB 对话框

- 1) 标题栏;
- 2) 菜单栏;
- 3) 工具栏;
- 4) [Command Window] 命令窗口;
- 5) [Workspace] 工作区窗口;
- 6) [Current Directory] 当前目录选择窗口;
- 7) [Command History] 指令历史记录窗口;
- 8) [Launch Pad] 分类帮助窗口。

1. 命令窗口

启动 MATLAB 以后, 就出现如图 1.1 所示的对话框, 在默认状态下, [Command Window] 即命令窗口, 就位于此 MATLAB 桌面的右方, 点击命令窗口右上角的  按钮, 即可得到几何独立的命令窗口。如图 1.2 所示, 其中符号 “>>” 表示等待用户输入。

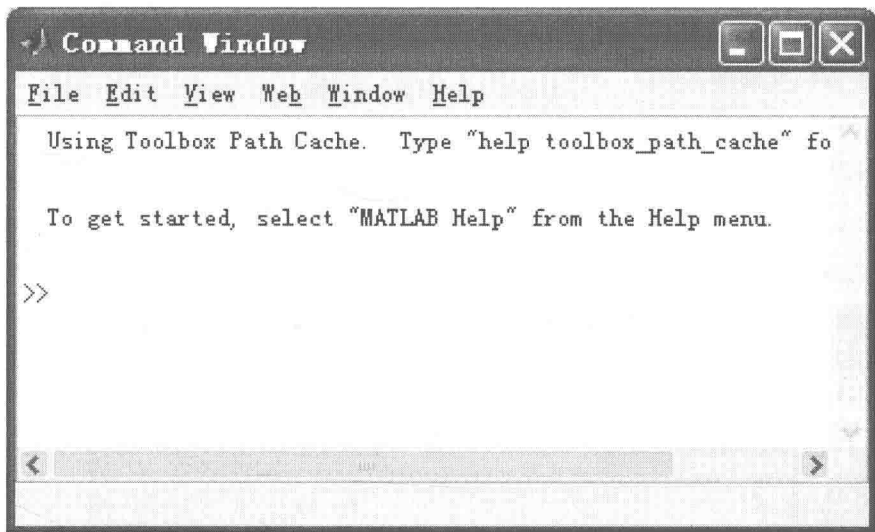


图 1.2 几何独立的命令窗口

命令窗口的空白区域即是命令编辑区。命令编辑区用于输入和显示计算结果, 可以在该区域键入各种 MATLAB 命令进行各种操作, 输入数学表达式进行计算。另外, 命令窗口的工具栏显示了 9 个工具按钮, 熟练使用工具按钮可使工作更加方便和快捷。

2. MATLAB 工作区

在菜单栏的 “View” 下拉菜单中选择 “Workspace”, 工作区就出现了。同样, 点击工作区窗口右上角的  按钮, 即可得到几何独立的工作区窗口, 如图 1.3 所示。

工作区 [Workspace] 是接受 MATLAB 命令的内在区域, 存储命令窗口输入的命令和程序创建的所有变量值。每打开一次 MATLAB, 都会自动建立一个工作区, 刚打开的 MATLAB 工作区中只有 MATLAB 提供的几个常量, 如 π (3.1415926...)、虚数单位 i 等。运行 MATLAB 的程序或命令时, 产生的所有变量被加入到工作区中, 除非用特殊的命令删除某个

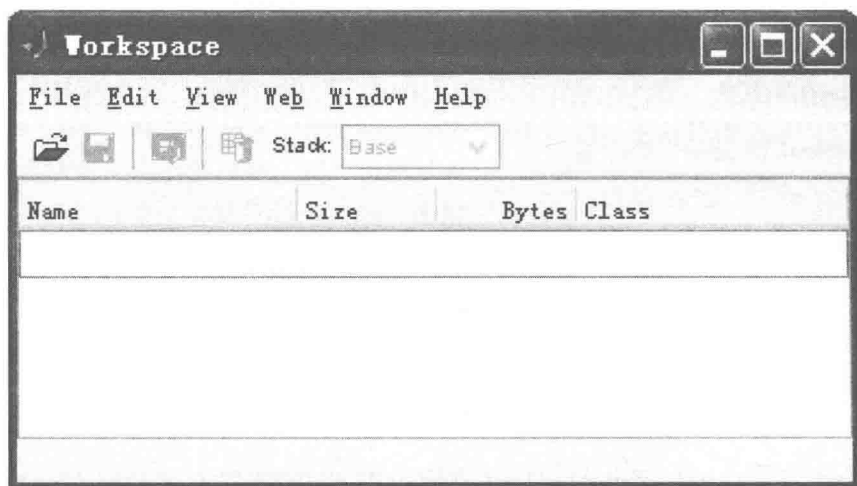


图 1.3 几何独立的工作区窗口

变量，否则该变量在关闭 MATLAB 之前一直保存在工作区中；关闭 MATLAB 后，工作区中保存的变量会被自动清除。

3. MATLAB 的程序编辑器

MATLAB 提供了一个内置的具有编辑和调试功能的程序编辑器。从菜单“File”中选择“New”下的“M - file”命令，即可进入程序编辑器（MATLAB Editor/Debug），如图 1.4 所示。

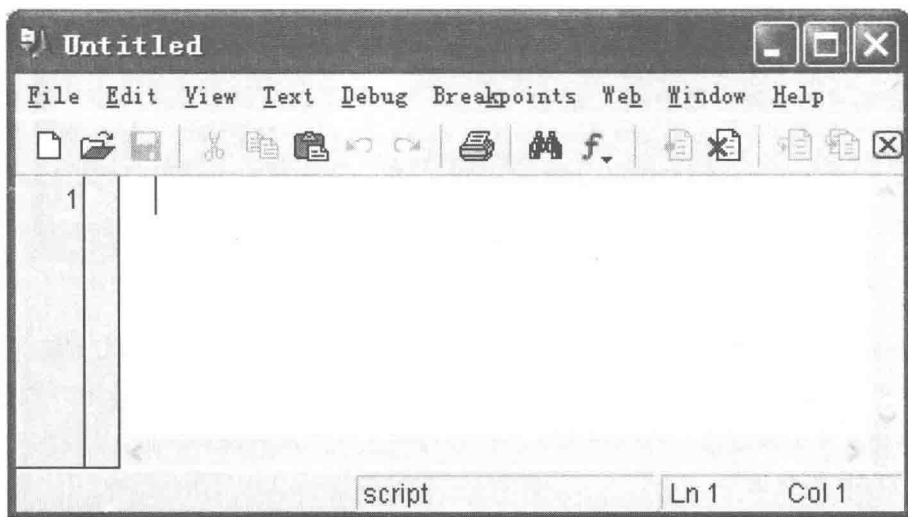


图 1.4 编辑器窗口

编辑器窗口具有菜单栏和工具栏，编辑和调试程序非常方便。如果程序命令比较多，逐行执行非常麻烦，此时可以编辑程序并存储该程序的 M 文件，只需在命令窗口中反复调用该文件，并且在程序编辑器中也可以很方便地进行修改。

4. [Current Directory] 当前目录选择窗口

[Current Directory] 窗口位于 MATLAB 桌面的右上方区域, 包括菜单栏、工具栏、当前目录设置区及其目录设置下的文件详细列表, 在此详细列表中选取文件, 单击鼠标左键, 再单击鼠标右键, 此时会弹出一系列命令, 如命令“Open”打开文件、命令“Run”运行该文件等, 如图 1.5 所示。

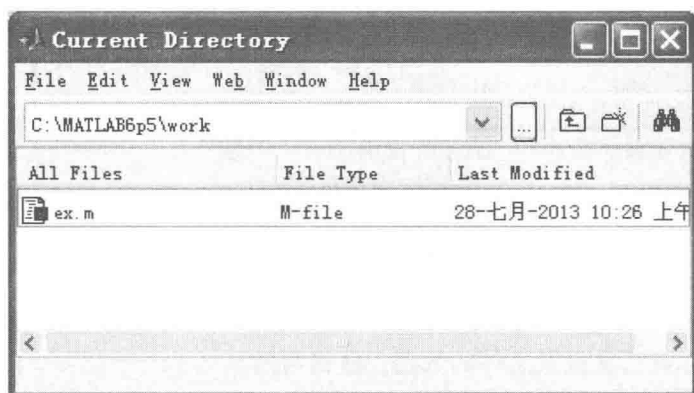


图 1.5 当前目录选择窗口

5. [Command History] 指令历史记录窗口

[Command History] 窗口记录着用户每一次开启 MATLAB 的时间, 以及开启后在 MATLAB 命令窗口中运行过的所有命令行。这些命令记录可以被复制, 并在命令窗口中再次运行, 这样就可以减少重新输入的不必要的麻烦。如图 1.6 所示, 先选中你想要再次输入的内容, 单击鼠标左键, 再单击鼠标右键, 在出现的下拉列表中选择“Copy”, 最后到你需要的位置去粘贴即可。

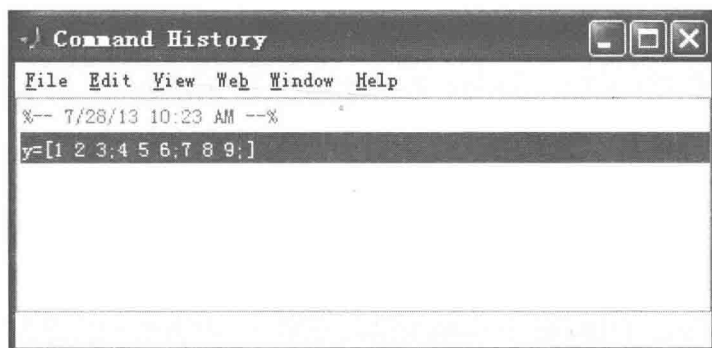


图 1.6 指令历史记录窗口

6. MATLAB 的帮助系统

MATLAB 的帮助系统提供了帮助命令 help、帮助命令 lookfor、帮助窗口和分类帮助窗口 [Launch Pad]、MATLAB 帮助台、在线帮助页或直接链接到 MathWorks 公司等多种帮助方法。

特别地, [Launch Pad] 分类帮助窗口 (图 1.7), 它包括菜单栏和树状层次文件列表。选中文件列表中的某一项, 单击鼠标右键, 再单击“Open”即可打开该选项。

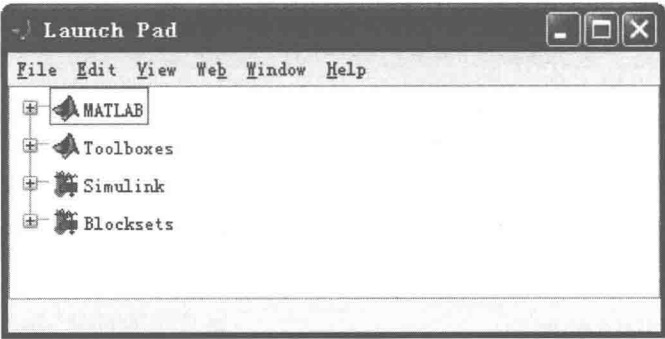


图 1.7 分类帮助窗口

1.2.3 MATLAB 命令行的编辑

在 MATLAB 的命令编辑区，我们可以键入命令或表达式进行计算、赋值、编程和调用文件，同时，还可以进行变量及文件的管理，获得帮助。

1. 命令行基础

1) 简单运算

【例 1-1】 计算 $[30 + 2 \times (14 - 5)] \div 2^3$ 的值。

解：① 在 MATLAB 命令窗口的“>>”提示符后键入如下内容：

$(30 + 2 * (14 - 5)) / 2^3$

② 输入完上述表达式后，直接按 [Enter] 键，该指令就被执行了。

③ 在指令执行后，在 MATLAB 命令窗口中将会显示执行的结果。如下：

ans =
6

2) MATLAB 表达式的输入

MATLAB 语句由表达式和变量组成，常见的形式有以下两种：

表达式

变量 = 表达式

表达式由变量名、运算符、数字和函数名组成，其中符号“=”为赋值符号，表示把它右边表达式运算的结果赋给左边的变量。命令行输入时有一些标点符号，其具体含义各不相同，见表 1-1。

表 1-1 MATLAB 命令行中的标点符号及其定义

名 称	标 点	功 能
空格		输入量与输入量之间的分隔符； 数组元素分隔符
逗号	,	输入量与输入量之间的分隔符； 数组元素之间的分隔符
句点	.	数值运算中的小数点