



教育部高等学校地矿学科教学指导委员会地质工程专业规划教材

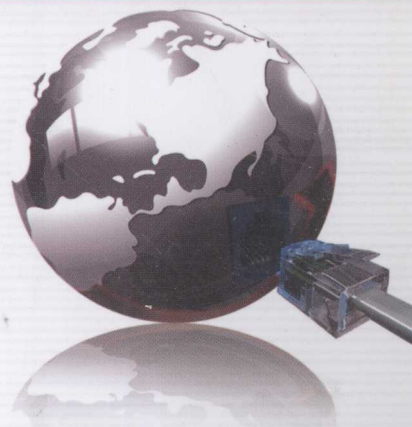
JIAOYUBUGAODENGXUEXIAODIKUANGXUEKE

JIAOXUEZHIDAOWEIYUANHUI

DIZHIGONGCHENGZHUAN YEGUIHUAJIAOCAI

MATLAB 程序设计及 在地球物理中的应用

童孝忠 柳建新 编著



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

教育部高等学校地矿学科教学指导委员会
地质工程专业规划教材

MATLAB 程序设计及 在地球物理中的应用

童孝忠 柳建新 编著



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

内 容 简 介

本书基于 MATLAB 7.0 版,详细介绍了 MATLAB 的基础知识、程序设计、图形处理、数值计算、符号计算、GUI 设计、文件读写等内容,书后附有上机实习指导。全书共分 13 章:第 1~8 章是 MATLAB 基本知识的简要介绍;第 9~12 章分别介绍了 MATLAB 在重力勘探、磁法勘探、电法勘探和地震勘探等地球物理勘探方法中的典型应用实例,书中的实例均经过验证。本书的取材大多出自科研与教学实践,在内容安排上注重理论的系统性和自包容性,同时也兼顾实际应用中的各类技术问题。

本书可作为地球物理专业本科生的教学用书,也可作为研究生、科研和工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 程序设计及在地球物理中的应用/童孝忠,柳建新编著
—长沙:中南大学出版社,2013.2
ISBN 978-7-5487-0781-3

I. M... II. ①童... ②柳... III. Matlab 软件—应用—地球物理勘探 IV. P631—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 017992 号

MATLAB 程序设计及在地球物理中的应用

童孝忠 柳建新 编著

-
- 责任编辑 汪凡云
责任印制 文桂武
出版发行 中南大学出版社
社址:长沙市麓山南路 邮编:410083
发行科电话:0731-88876770
传真:0731-88710482
印 装 长沙宏发印刷有限公司

-
- 开 本 787×1092 1/16 印张 19.5 字数 480 千字
版 次 2013 年 2 月第 1 版 2013 年 2 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5487-0781-3
定 价 45.00 元
-

图书出现印装问题,请与出版社调换

总序

.....

地球是一个庞大而复杂的系统。地球科学是六大基础自然科学之一，它不仅承担着揭示地球奥秘与规律的科学使命，同时也为人类如何适应和利用地球提供科学的方法。随着生产和科学与技术的发展，地球科学的研究内容和领域也在不断地深入和扩展，逐渐形成了日臻完善的综合性学科体系。

地质工程是为国民经济建设服务的先导性工程领域，地质工程学科是地球科学的重要组成部分，其主要研究对象包括地质调查、矿产资源的普查与勘探，和重大工程的地质结构与地质背景，其学科涉及地质学、地球物理学、地球化学、岩土工程学、遥感技术、测试技术、及信息与计算机技术等。

在2006—2010年教育部高等学校地矿学科教学指导委员会的成立大会上，委员们一致认为，教材建设是本届教学指导委员会的重要任务之一。地质工程专业系列教材被列为教学指导委员会三大规划教材（地质、采矿和矿物加工）之一，涵盖了资源勘查工程、应用地球物理和岩土钻掘工程三个专业方向。地质工程专业系列教材编审委员会通过多次沟通和研讨，在总结以往教学和教材编撰经验的基础上，以推动新世纪地质工程专业教学改革和教材建设为宗旨，提出了地质工程专业系列教材的指导思想和编写原则：①教材的体系、知识层次和结构要合理，要遵循教学规律，既要有利于组织教学又要有利于学生学习；②教材内容要体现科学性、系统性、新颖性和实用性，并做到有机结合；③既要重视基础，又要强调地质工程专业的实践性和针对性；④要反映地质工程学科的新理论、新技术、新方法、新成果、新标准、新规范，以体现时代特性和创新精神。

当前，地质工程领域各个学科和各种技术都在不断发展，地质工程专业的教材需要不断完善和更新。全国参与地质工程专业教材编写的老师们必定能够共同努力，精益求精。

精，写出更好的地质工程专业的系列新教材，以适应我国国民经济快速发展的需
要。借地质工程专业一批新教材陆续出版的机会，衷心祝愿我国地质工程学科在
新世纪得以更快发展。

何继善

中国工程院院士
2010年9月30日

前言

MATLAB 是当今最优秀的科技应用软件之一，它以强大的科学计算与可视化功能、简单易用、开放式可扩展环境，特别是所附带的三十多种面向不同领域的工具箱支持，使得它在许多科学领域中成为计算机辅助设计、算法研究和应用开发的基本工具和首选平台。

MATLAB 具有其他高级语言难以比拟的一些优点，编写简单，编程效率高，易学易懂。因此，MATLAB 语言也被通俗地称为演算纸式的科学算法语言。在地球物理正反演计算、时频信号处理等方面，MATLAB 都被广泛地使用，已经被认可为能够有效提高工作效率、改善设计手段的工具软件，掌握了 MATLAB 就好比掌握了开启地球物理专业大门的钥匙。因此，对高校地球物理专业来说，编写一本针对性强的 MATLAB 教材是十分必要的。

本书基于 MATLAB 7.0 版，讲解 MATLAB 的基础知识和核心内容。根据本课程“课时少、内容多、应用广、实践性强”的特点，在内容编排上，尽量精简非必要的部分，着重讲解 MATLAB 最基本的内容。对需要学生掌握的内容，做到深入浅出，实例引导，讲解详实，既为教师讲授提供较大的选择余地，又为学生自主学习提供了方便。为使学生能通过练习和实际操作，在较短的时间内掌握 MATLAB 的基本内容及其应用技术，本教材还加入了上机实验。

本书在编写过程中，中南大学的刘海飞老师、佟铁钢老师等给予了大力支持并提出了完善结构、体系方面的建议；王涛、徐海坤、陈善语完成了书稿编辑工作。在这里，对他们表示由衷的感谢，感谢他们的支持、鼓励与参与。同时要特别感谢中南大学物探教研室同仁们的大力支持与帮助。

本书的部分内容是作者正在主持进行的湖南省科研条件创新专项项目(课题编号: 2010TT2056)的基础研究成果之一，对湖南省科技厅的资助表示感谢。

本书可作为地球物理专业本科生的教学用书，也可作为研究生、

科研和工程技术人员的参考用书。有关程序代码以及教材使用中的问题可以通过博客 <http://blog.sciencenet.cn/u/csumaysnow> 或电子邮箱 csumaysnow@csu.edu.cn 与作者联系。

由于 MATLAB 所涉及的知识面极为宽广，编者水平有限，所以书中错误或不妥之处，恳切期望得到广大读者的批评指正。

作者

2013 年 1 月于长沙

目 录

第 1 章	MATLAB 简介	(1)
1.1	MATLAB 概述	(1)
1.1.1	MATLAB 的发展	(1)
1.1.2	MATLAB 的特点及应用领域	(2)
1.1.3	MATLAB 的功能演示	(3)
1.2	MATLAB 的安装和启动	(5)
1.2.1	MATLAB 的安装	(5)
1.2.2	MATLAB 的启动与退出	(6)
1.3	MATLAB 操作界面	(7)
1.3.1	命令窗口	(7)
1.3.2	工作空间窗口	(8)
1.3.3	历史命令窗口	(8)
1.3.4	搜索路径和当前目录窗口	(9)
1.3.5	Start 菜单	(11)
1.4	MATLAB 帮助系统	(12)
1.4.1	帮助命令	(12)
1.4.2	帮助窗口	(13)
1.4.3	演示系统	(13)
1.4.4	远程帮助系统	(14)
第 2 章	MATLAB 语言基础	(15)
2.1	变量及其操作	(15)
2.1.1	变量与赋值	(15)
2.1.2	变量的管理	(16)
2.2	数据类型	(17)
2.2.1	字符串型数据	(17)
2.2.2	结构型数据	(19)
2.2.3	单元型数据	(20)
2.2.4	数据的输出格式	(21)
2.3	MATLAB 矩阵的表示	(22)
2.3.1	矩阵的创建	(22)
2.3.2	矩阵的拆分	(24)
2.3.3	矩阵的结构变换	(25)

2.3.4	矩阵的求值	(28)
2.4	MATLAB 数据的运算	(32)
2.4.1	算术运算	(32)
2.4.2	关系运算	(35)
2.4.3	逻辑运算	(35)
第3章	MATLAB 程序设计	(37)
(1) 3.1	M 文件	(37)
(1) 3.1.1	M 文件的分类	(37)
(5) 3.1.2	M 文件的建立与打开	(38)
(8) 3.2	程序流程控制	(39)
(2) 3.2.1	顺序结构	(39)
(2) 3.2.2	选择结构	(40)
(8) 3.2.3	循环结构	(43)
(7) 3.3	函数文件	(47)
(7) 3.3.1	基本结构	(47)
(8) 3.3.2	函数调用	(48)
(8) 3.3.3	函数参数的可调性	(50)
(9) 3.3.4	函数句柄及串演算函数	(50)
(11) 3.3.5	局部变量和全局变量	(52)
(51) 3.4	程序调试	(53)
(12) 3.4.1	程序调试概述	(53)
(21) 3.4.2	MATLAB 调试菜单	(53)
(13) 3.5	程序设计优化	(56)
(14) 3.5.1	查看时间运行的函数	(56)
(21) 3.5.2	循环语句的处理方法	(56)
(21) 3.5.3	大型矩阵的预先定维	(58)
(21) 3.5.4	内存优化	(59)
(21) 3.5.5	哪些情况下 MATLAB 不能加速	(60)
第4章	MATLAB 图形绘制	(61)
(17) 4.1	二维图形绘制	(61)
(91) 4.1.1	绘制二维图形的基本函数	(61)
(30) 4.1.2	绘制图形的辅助操作	(63)
(15) 4.1.3	绘制二维图形的其他函数	(68)
(22) 4.2	三维图形绘制	(72)
(22) 4.2.1	绘制三维图形的基本函数	(72)
(24) 4.2.2	绘制三维曲面图	(73)
(22) 4.3	其他图形绘制	(78)

4.3.1	三维数据的二维图	(78)
4.3.2	四维数据的三维图	(80)
4.3.3	向量场图	(81)
4.4	图形处理基本技术	(83)
4.4.1	视点处理	(83)
4.4.2	色彩处理	(84)
4.5	低层绘图操作	(87)
4.5.1	图形对象及其句柄	(87)
4.5.2	图形对象属性	(88)
4.5.3	图形对象创建	(90)
4.6	图像显示与动画制作	(102)
4.6.1	图像显示	(102)
4.6.2	动画制作	(103)
第5章	MATLAB 数值计算	(106)
5.1	数据处理与多项式计算	(106)
5.1.1	数据统计与分析	(106)
5.1.2	多项式计算	(113)
5.2	数据插值和曲线拟合	(116)
5.2.1	数据插值	(116)
5.2.2	曲线拟合	(120)
5.3	数值微积分与贝塞尔函数	(122)
5.3.1	数值微分	(122)
5.3.2	数值积分	(124)
5.3.3	贝塞尔函数	(126)
5.4	离散傅里叶变换	(127)
5.4.1	离散傅里叶变换算法简述	(128)
5.4.2	离散傅里叶变换的实现	(128)
5.5	线性方程组求解	(130)
5.5.1	直接解法	(130)
5.5.2	迭代解法	(133)
5.6	稀疏矩阵	(136)
5.6.1	稀疏矩阵的建立	(136)
5.6.2	稀疏矩阵的存储	(139)
5.6.3	稀疏矩阵的应用	(139)
第6章	MATLAB 符号计算	(141)
6.1	符号对象及其表达式	(141)
6.1.1	符号常量和变量	(141)

(87)	6.1.2 符号表达式	(143)
(88)	6.1.3 符号矩阵	(144)
(18)	6.2 符号算术运算	(146)
(83)	6.2.1 符号对象的加减	(146)
(88)	6.2.2 符号对象的乘除	(146)
(48)	6.3 符号微积分运算	(148)
(78)	6.3.1 符号极限	(148)
(78)	6.3.2 符号微分	(149)
(88)	6.3.3 符号积分	(150)
(99)	6.3.4 符号级数	(151)
(52)	6.4 符号积分变换	(153)
(50)	6.4.1 傅里叶变换	(153)
(103)	6.4.2 拉普拉斯变换	(155)
(100)	6.4.3 Z 变换	(156)
(101)	6.5 符号方程求解	(158)
(101)	6.5.1 符号代数方程求解	(158)
(101)	6.5.2 符号常微分方程求解	(159)
(13)	6.6 符号运算扩展	(160)
(11)	6.6.1 Maple 内核访问函数	(160)
(116)	6.6.2 Maple 函数帮助	(161)
(151)	6.6.3 Maple 库函数	(162)
	第 7 章 MATLAB 图形用户界面设计	(165)
(24)	7.1 用户菜单设计	(165)
(126)	7.1.1 用户菜单创建	(165)
(127)	7.1.2 用户菜单属性	(166)
(28)	7.2 用户控件设计	(168)
(81)	7.2.1 控件对象创建	(168)
(130)	7.2.2 用户控件类型	(170)
(130)	7.2.3 编写程序建立控件	(171)
(133)	7.2.4 对话框	(176)
(29)	7.3 鼠标操作	(177)
(81)	7.3.1 鼠标操作处理	(177)
(130)	7.3.2 对象选择规则	(179)
(131)	7.3.3 鼠标操作实例	(179)
	7.4 GUI 界面设计	(180)
(181)	7.4.1 GUIDE 开发环境	(181)
(181)	7.4.2 可视化设计工具	(182)
(181)	7.4.3 GUI 设计实例	(185)

第 8 章	MATLAB 文件 I/O 操作	(194)
8.1	可读取文件格式	(194)
8.2	高级文件 I/O 操作	(194)
8.2.1	load/save 函数	(194)
8.2.2	uigetfile/uiputfile 函数	(196)
8.2.3	uiimport/importdata 函数	(197)
8.2.4	textread/strread 函数	(198)
8.3	低级文件 I/O 操作	(199)
8.3.1	文件的打开与关闭	(199)
8.3.2	文本文件的读写	(200)
8.3.3	二进制文件的读写	(203)
8.3.4	数据文件定位	(204)
第 9 章	MATLAB 在重力勘探中的应用	(206)
9.1	重力异常正演	(206)
9.1.1	密度均匀的球体	(206)
9.1.2	密度均匀的水平圆柱体	(208)
9.1.3	铅垂台阶	(210)
9.1.4	倾斜台阶	(212)
9.2	重力异常反演	(214)
9.2.1	问题描述	(214)
9.2.2	最小二乘光滑约束反演	(216)
9.3	重力异常处理与转换	(219)
9.3.1	重力异常的叠加	(219)
9.3.2	重力异常的延拓	(222)
第 10 章	MATLAB 在磁法勘探中的应用	(225)
10.1	磁异常正演	(225)
10.1.1	球体的磁异常	(225)
10.1.2	水平圆柱体的磁异常	(228)
10.2	磁异常的处理与转换	(231)
10.2.1	磁异常解析延拓	(231)
10.2.2	磁异常分量间的换算	(239)
第 11 章	MATLAB 在电法勘探中的应用	(243)
11.1	直流电测深正演计算	(243)
11.1.1	汉克尔积分	(243)
11.1.2	正演问题描述	(245)

11.2	大地电磁测深正演计算	(246)
11.2.1	解析计算方法	(247)
11.2.2	数值模拟方法	(249)
11.3	电法勘探的反演计算	(251)
11.3.1	半定量反演	(251)
11.3.2	最优化反演	(253)
11.4	电法勘探的时频分析——以 EH4 数据为例	(257)
11.4.1	时间序列读取	(257)
11.4.2	时频分析	(258)
第 12 章	MATLAB 在地震勘探中的应用	(263)
12.1	地震波基础	(263)
12.1.1	地震波的传播规律	(263)
12.1.2	地震子波的特点	(267)
12.2	地震波时距曲线计算	(269)
12.2.1	水平层状介质的时距曲线	(269)
12.2.2	倾斜界面的时距曲线	(271)
12.2.3	绕射波的时距曲线	(272)
12.3	地震勘探数据处理	(273)
12.3.1	地震剖面图绘制	(273)
12.3.2	地震数据偏移成像	(277)
附录	MATLAB 上机练习	(286)
参考文献		(297)

第1章 MATLAB 简介

MATLAB 是美国 MathWorks 公司研发的一款软件产品,是目前在国际上被广泛接受和使用的科学与工程计算软件。它具有数据处理、数据可视化、程序设计等强大功能,在应用数学、地球物理、金融等领域得到了广泛应用。

1.1 MATLAB 概述

1.1.1 MATLAB 的发展

20 世纪 70 年代中后期,曾在密西根大学、斯坦福大学和新墨西哥大学担任数学与计算机科学教授的 Cleve Moler 博士,为方便讲授矩阵理论和数值分析课程,他和同事用 Fortran 语言编写了两个子程序库 EISPACK 和 LINPACK,这便是构思和开发 MATLAB 的起点。MATLAB 一词是对 Matrix Laboratory(矩阵实验室)的缩写,由此可看出 MATLAB 与矩阵计算的渊源。MATLAB 不仅包含 EISPACK 和 LINPACK 两大软件包的子程序,还包含了用 Fortran 语言编写的、用于承担命令翻译的部分。

为进一步推广 MATLAB 的应用,在 20 世纪 80 年代初,John Little 等人将先前的 MATLAB 全部用 C 语言进行改写,形成了新一代的 MATLAB。1984 年, Cleve Moler 和 John Little 等人成立 MathWorks 公司,并于同年向市场推出了第一个 MATLAB 的商业版本。随着市场接受度的提高,其功能也不断增强,在完成数值计算的基础上,新增了数据可视化以及与其他流行软件的接口等功能,并开始了对 MATLAB 工具箱的研究开发。

1993 年, MathWorks 公司推出了基于 PC 的以 Windows 为操作系统平台的 MATLAB 4.0 版。1994 年推出的 4.2 版,扩充了 4.0 版的功能,尤其在图形界面设计方面提供了新的方法。

1997 年推出的 MATLAB 5.0 版增加了更多的数据结构,如结构数组、细胞数组、多维数组、对象、类等,使其成为一种更方便的编程语言。1999 年初推出的 MATLAB 5.3 版在很多方面又进一步改进了 MATLAB 的功能。

2000 年 10 月底推出了全新的 MATLAB 6.0 正式版(Release 12),在核心数值算法、界面设计、外部接口、应用桌面等诸多方面有了极大的改进。时隔 2 年,即 2002 年 8 月又推出了 MATLAB 6.5 版,其操作界面进一步集成化,并开始运用 JIT 加速技术,使运算速度有了明显提高。

2004 年 7 月, MathWorks 公司又推出了 MATLAB 7.0 版(Release 14),其中集成了 MATLAB 7.0 编译器、Simulink 6.0 图形仿真器及很多工具箱,在编程环境、代码效率、数据可视化、文件 I/O 等方面都进行了全面的升级。

2005 年 9 月, Mathworks 公司推出了 MATLAB 7.1 版,包括了新的时间序列分析工具,进

一步加强了对 Macintosh 平台的支持。

最新的一个版本是在 2012 年 3 月发布的 Release 2012a。Release 2012a 包括 MATLAB[®], Simulink[®] 和 Polyspace[®] 产品的新功能, 以及对 77 种其他产品的更新和补丁修复。已经购买 MathWorks 软件维护服务的用户可以下载产品更新, 也可以访问许可证中心下载产品、激活软件并管理许可证和用户信息。

显然, 今天的 MATLAB 已经不再仅仅是解决矩阵与数值计算的软件, 更是一种集数值与符号运算、数据可视化图形表示与图形界面设计、程序设计、仿真等多种功能于一体的集成软件。观察由欧美引进的新版教材, MATLAB 已经成为线性代数、数值分析计算、数学建模、信号与系统分析、自动控制、数字信号处理、通信系统仿真等一批课程的基本教学工具。而在国内, 随着 MATLAB 在我国高校的推广和应用, MATLAB 已经渐入人心。

本书以 MATLAB 7.0 版为基础, 全面介绍 MATLAB 的各种功能与应用。

1.1.2 MATLAB 的特点及应用领域

MATLAB 之所以能如此迅速地普及, 显示出旺盛的生命力, 是由于它有着不同于其他电子计算机(以下简称计算机)语言的特点, 正如同 FORTRAN 和 C 等高级语言使人们摆脱了需要直接对计算机硬件资源进行操作一样, 被称为第 4 代计算机语言的 MATLAB 给用户带来的是最直观、最简洁的程序开发环境。以下简单介绍 MATLAB 的主要特点。

1. 语言简洁、编程效率高

MATLAB 是一种面向科学和工程计算的高级语言, 具有数值计算和符号计算功能。MATLAB 以矩阵作为数据操作的基本单位, 提供了十分丰富的数值计算函数; MATLAB 和著名的符号计算语言 Maple 相结合, 使得 MATLAB 具有符号计算功能, 以上两方面使 MATLAB 用极少的代码即可实现复杂的功能。

2. 人机界面友善、交互性好

MATLAB 程序书写形式自由, 如在 MATLAB 里, 用户无须对矩阵预定义就可使用。用 MATLAB 编写程序犹如在演算纸上排列出公式与求解问题, 其函数名和表达更接近书写公式的思维表达方式, 易学易懂。

MATLAB 语言把编辑、编译、连接和执行融为一体, 其调试程序手段丰富、速度快、需要的学习时间少。它能在同一画面上进行灵活操作, 快速排除输入程序中的书写错误、语法错误以及语意错误, 从而加快用户编写、修改和调试程序的速度。可以说在编程和调试过程中它是一种比 VB 还要简单的语言。

3. 绘图功能强大、便于数据可视化

懂得 FORTRAN 和 C 等高级语言知识的读者可能已经注意到, 在 FORTRAN 和 C 语言里绘图都很难, 但 MATLAB 数据的可视化非常简单。MATLAB 具有非常强大的以图形化显示矩阵和数组的能力, 同时它能给这些图形增加注释并且打印这些图形。MATLAB 提供了两个层次的绘图操作: 一种是对图形句柄进行的低层绘图操作, 另一种是建立在低层绘图操作之上的高层绘图操作。这使 MATLAB 可以方便地产生二维、三维科技专业图形, 又可以让用户灵活控制图形特点。另外, 用户还可以利用 MATLAB 的句柄图形技术创建图形用户界面。

4. 学科众多、领域广泛的 MATLAB 工具箱

MATLAB 在很多学科领域都有应用, 由各领域的专业研究人员用 MATLAB 语句编成的函

数文件集就可以作为工具箱供 MATLAB 调用。有些工具箱在各学科都有应用,而有些工具箱只在某一学科应用,总的来说, MATLAB 的几十个工具箱大致可分为两类:功能型工具箱和领域型工具箱。功能型工具箱主要用来扩充 MATLAB 的符号计算功能、图形建模仿真功能、文字处理功能以及与硬件实时交互功能,能用于多种学科;领域型工具箱专业性很强,如控制工具箱、金融工具箱等。

5. 源程序的开放性

开放性也许是 MATLAB 最受人们欢迎的特点。除内部函数以外,所有 MATLAB 的核心文件和工具箱文件都是可读可改的源文件,用户可通过对源文件的修改以及加入自己的文件构成新的工具箱。

MATLAB 应用领域十分广泛,典型的应用领域举例如下:①自动控制;②汽车;③电子;④仪器仪表;⑤生物医学;⑥地球科学;⑦通信。

1.1.3 MATLAB 的功能演示

本节通过几个有代表性的例子来演示 MATLAB 的功能,目的是使读者能初步领略到 MATLAB 的风格与特点。作为操作练习,读者可在 MATLAB 软件环境中验证下面的例子。

例 1.1 绘制地球物理数据等值线图。

在 MATLAB 命令窗口输入命令:

```
>> [X,Y,Z] = peaks(30);
```

```
>> contourf(X,Y,Z,16);
```

```
>> colorbar
```

```
>> xlabel('x-axis')
```

```
>> ylabel('y-axis')
```

程序运行结果如图 1.1 所示。

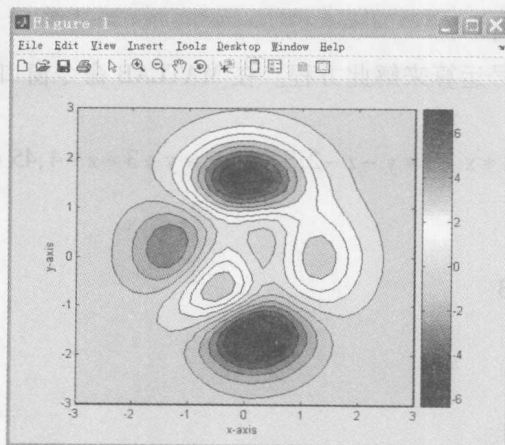


图 1.1 MATLAB 绘制等值线图

例 1.2 求方程 $f = x^6 + 3x^4 - 21x^3 + 9x - 18 = 0$ 的解。

在 MATLAB 命令窗口输入命令:

>> p = [1,0,3,21,0,9,-18];
 >> x = roots(p)
 其中第一条命令建立多项式系数向量，第二条命令调用 roots 函数求根。得到的结果如下：

```
x =
    1.2319 + 2.6811i
    1.2319 - 2.6811i
   -2.5191
   -0.3594 + 0.9649i
   -0.3594 - 0.9649i
    0.7741
```

例 1.3 求解线性方程组：

$$\begin{cases} 2x + 3y - z = 2 \\ 8x + 2y + 3z = 4 \\ 45x + 3y + 9z = 23 \end{cases}$$

在 MATLAB 命令窗口输入命令：

```
>> A = [2,3,-1;8,2,3;45,3,9];
>> b = [2;4;23];
>> X = inv(A) * b
```

其中前两条命令建立系数矩阵 A 和列向量 b，第三条命令求根。inv(A) 为 A 的逆矩阵，也可以用 X = A\b 求根，得到的结果为：

```
X =
    0.5531
    0.2051
   -0.2784
```

此外，也可以通过符号运算来解此方程。在 MATLAB 命令窗口输入命令：

```
>> syms x y z
>> [x y z] = solve(2 * x + 3 * y - z - 2, 8 * x + 2 * y + 3 * z - 4, 45 * x + 3 * y + 9 * z - 23)
```

得到的结果为：

```
x =
    151/273
y =
    8/39
z =
   -76/273
```

例 1.4 求积分 $\int_0^1 x \ln(1+x) dx$ 的结果。

在 MATLAB 命令窗口输入命令：

```
>> quad('x.* log(1+x)',0,1)
```