



普通高等教育 电气信息类 应用型规划教材

# 信号与系统分析

徐亚宁 李 和 主 编  
赵玲峰 曹乃文 雷亚平 副主编



科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)



免费提供电子教案

普通高等教育电气信息类应用型规划教材

# 信号与系统分析

徐亚宁 李 和 主编  
赵玲峰 曹乃文 雷亚平 副主编

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书系统论述了信号与系统分析的基本理论和方法,以及利用 MATLAB 进行信号与系统分析的方法。全书共 7 章,内容包括绪论、连续时间信号与系统的时域分析、连续时间信号与系统的频域分析、连续时间信号与系统的复频域分析、离散时间信号与系统的时域分析、离散时间信号与系统的  $z$  域分析、系统的信号流图和模拟。

本书力求使学生在学习信号与系统分析的基本理论和方法的同时,深入掌握 MATLAB 的使用,将大量繁杂数学运算用计算机实现,并将课程中的重点、难点及课后练习用 MATLAB 进行形象、直观的计算机模拟与仿真实现,从而加深对信号与系统基本原理、方法及应用的理解,从基本理论过渡到实际应用。本书各章均附有相应的上机练习题,供读者在学习完各章内容后进行上机实践。

本书构思新颖,实践性强,内容叙述清楚,深入浅出,所有应用实例均通过 MATLAB 上机调试。

本书可作为普通高等学校电气信息类及相关专业的教材,也可作为专科、高职及函授教材和相关专业工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

信号与系统分析/徐亚宁,李和主编. —北京:科学出版社,2010  
(普通高等教育电气信息类应用型规划教材)  
ISBN 978-7-03-028513-3

I. ①信… II. ①徐…②李… III. ①信号分析-高等学校-教材  
②信号系统-系统分析-高等学校-教材 IV. ①TN911.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 151446 号

责任编辑:赵丽欣 李太铎/责任校对:刘玉靖

责任印制:吕春珉 /封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏志印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2010 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010 年 9 月第一次印刷 印张:16 1/2

印数:1—3 000 字数:365 600

定价:27.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135120-8220

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

## 编 委 会

### 主 任

梁仕云

### 副主任 (按姓氏笔画排序)

韦文安

刘林海

江晓云

张玉珠

杨志毅

施 平

郭永祀

凌惜勤

梁天坚

### 委 员 (按姓氏笔画排序)

牛秦洲

方有康

吕建忠

向 荣

刘德光

孙 杰

李长俊

杨 祥

沈 斌

张丽萍

周玉兴

郝建卫

莫运佳

莫金旺

徐亚宁

唐 杰

唐新来

黄宗文

曹乃文

梁道源

雷政权

臧雪梅

裴 献

### 秘书长

蔡世英

欧阳平

## 前 言

信号与系统分析是高等院校电子信息类专业本科生的一门重要专业基础课程，其内容是研究信号与系统的基本概念和基本分析方法。通过本课程的学习，学生可初步认识如何建立信号与系统的数学模型、如何求解系统响应，并对所得结果予以物理意义。

本书根据高等院校电子信息类专业基础课教学指导委员会对该门课程的基本要求编写，参考学时数为 64 学时。本书内容精选、加强基础、例题典型、重点突出；在文字论述上力求简洁明了、通俗易懂；在方法上力求使学生在在学习信号与系统分析的基本理论和方法的同时，深入掌握 MATLAB 的使用，将大量繁杂数学运算用计算机实现，并将课程中的重点、难点及课后练习用 MATLAB 进行形象、直观的计算机模拟与仿真实现，从而加深对信号与系统基本原理、方法及应用的理解决，从基本理论过渡到实际应用。

本书由桂林电子科技大学徐亚宁、桂林电子科技大学信息科学院李和担任主编，广西大学行健学院赵玲峰、广西工学院鹿山学院曹乃文、桂林理工大学博文管理学院雷亚平参加了部分章节的编写，桂林电子科技大学信息科技学院唐璐舟、周斌参加了部分程序的编写。

限于编者水平，书中还会存在疏漏和差错，恳请读者批评指正！

# 目 录

<b>D</b>	<b>第 1 章</b>	<b>• 绪论</b>	1
	1.1	信号与系统	1
	1.2	信号的描述与分类	2
	1.3	系统的描述与分类	2
	1.4	信号与系统分析方法概述	3
	1.5	MATLAB 基本知识	3
	1.5.1	MATLAB 简介	3
	1.5.2	MATLAB 快速入门	4
		习题	8
<b>D</b>	<b>第 2 章</b>	<b>• 连续时间信号与系统的时域分析</b>	10
	2.1	常用信号及信号的基本运算	10
	2.1.1	常用信号	10
	2.1.2	信号的基本运算	11
	2.1.3	常用信号及其运算的 MATLAB 实现	15
	2.2	单位阶跃信号和单位冲激信号	23
	2.2.1	单位阶跃信号	23
	2.2.2	单位冲激信号	25
	2.2.3	冲激信号的性质	25
	2.2.4	阶跃信号和冲激信号的 MATLAB 表示	26
	2.3	连续系统及其描述	29
	2.4	连续系统的零输入响应	30
	2.4.1	连续系统的零输入响应求解	30
	2.4.2	连续系统的零输入响应的 MATLAB 实现	31
	2.5	冲激响应和阶跃响应	32
	2.5.1	冲激响应和阶跃响应的定义及计算	32
	2.5.2	冲激响应和阶跃响应的 MATLAB 实现	34
	2.6	连续系统的零状态响应——卷积积分	39
	2.6.1	卷积积分	39

2.6.2	卷积积分的图解法	41
2.6.3	卷积积分的 MATLAB 实现	42
2.7	连续系统的时域分析	48
2.7.1	连续系统的时域分析	48
2.7.2	利用 MATLAB 求解零状态响应	50
	习题	52
	上机练习	61

## D

## 第 3 章

## • 连续时间信号与系统的频域分析

62

3.1	周期信号的傅里叶级数分析	62
3.1.1	三角函数形式的傅里叶级数	62
3.1.2	指数形式的傅里叶级数	65
3.1.3	周期信号频谱的特点	69
3.1.4	周期信号频谱分析的 MATLAB 实现	70
3.2	非周期信号的傅里叶变换分析	74
3.2.1	从傅里叶级数到傅里叶变换	74
3.2.2	频谱函数 $F(j\omega)$ 的特性	76
3.2.3	典型非周期信号的傅里叶变换	77
3.2.4	非周期信号频谱的 MATLAB 求解	81
3.3	傅里叶变换的性质	84
3.3.1	线性特性	84
3.3.2	对称特性	84
3.3.3	时移特性	85
3.3.4	频移特性	85
3.3.5	时频展缩特性	87
3.3.6	时域微分特性	87
3.3.7	频域微分特性	88
3.3.8	时域积分特性	89
3.3.9	卷积特性 (卷积定理)	89
3.4	连续系统的频域分析	91
3.4.1	系统频域分析法	91
3.4.2	系统频域分析法举例	92
3.4.3	连续信号频域分析的 MATLAB 实现	95
3.4.4	用 MATLAB 计算连续系统的频率响应	106
3.5	连续系统频域分析应用举例	107
3.5.1	无失真传输系统	107
3.5.2	理想低通滤波器	108
3.5.3	调制与解调	109
3.6	抽样及抽样定理	111
3.6.1	信号的抽样	111

3.6.2 时域抽样定理 .....	113
习题 .....	115
上机练习 .....	127

## D

## 第 4 章 • 连续时间信号与系统的复频域分析 .....

4.1 拉普拉斯变换 .....	128
4.1.1 单边拉普拉斯变换 .....	128
4.1.2 拉普拉斯变换的收敛域 .....	129
4.1.3 常用信号的拉普拉斯变换 .....	130
4.2 单边拉普拉斯变换的性质 .....	131
4.2.1 线性特性 .....	131
4.2.2 时移特性 .....	132
4.2.3 复频移 ( $s$ 域平移) 特性 .....	132
4.2.4 尺度变换 (时—复频展缩) 特性 .....	132
4.2.5 时域卷积定理 .....	133
4.2.6 微分定理 .....	133
4.3 拉普拉斯变换的 MATLAB 实现 .....	134
4.4 部分分式展开及拉普拉斯逆变换的 MATLAB 实现 .....	137
4.5 连续系统的复频域分析 .....	139
4.5.1 微分方程的拉普拉斯变换求解 .....	139
4.5.2 电路网络的复频域模型分析法 .....	141
4.5.3 系统函数 (转移函数) .....	144
4.5.4 连续系统复频域分析的 MATLAB 实现 .....	147
4.5.5 利用 MATLAB 分析 $H(s)$ 的零极点与系统特性 .....	149
习题 .....	151
上机练习 .....	159

## D

## 第 5 章 • 离散信号与系统的时域分析 .....

5.1 离散信号 .....	160
5.1.1 离散信号概述 .....	160
5.1.2 典型的离散信号 .....	161
5.1.3 典型离散信号的 MATLAB 表示 .....	163
5.2 离散信号的基本运算及 MATLAB 实现 .....	166
5.3 离散系统及其描述 .....	171
5.4 离散系统的零输入响应 .....	172
5.4.1 离散系统的零输入响应求解 .....	172
5.4.2 用 MATLAB 求解离散系统的零输入响应 .....	174
5.5 离散系统的单位样值响应 .....	175
5.5.1 单位样值响应的定义及求解 .....	175



5.5.2 用 MATLAB 求解离散系统的单位样值响应 .....	177
5.6 离散系统的零状态响应——卷积和 .....	179
5.6.1 卷积和的定义 .....	179
5.6.2 卷积和的计算 .....	180
5.6.3 卷积和及系统零状态响应的 MATLAB 实现 .....	182
5.7 离散系统响应的时域分析 .....	185
5.7.1 离散系统的时域分析 .....	185
5.7.2 离散系统时域分析的 MATLAB 实现 .....	188
习题 .....	191
上机练习 .....	198

## D

## 第 6 章

• 离散信号与系统的  $z$  域分析

199

6.1 离散信号的 $z$ 变换 .....	199
6.1.1 $z$ 变换的定义 .....	199
6.1.2 常用离散信号的单边 $z$ 变换 .....	201
6.2 $z$ 变换的基本性质 .....	201
6.2.1 线性 .....	201
6.2.2 移位特性 .....	202
6.2.3 尺度变换特性 .....	203
6.2.4 时间翻转特性 .....	203
6.2.5 $z$ 域微分 (时域线性加权) .....	203
6.2.6 卷积定理 .....	204
6.3 利用 MATLAB 计算 $z$ 变换和逆 $z$ 变换 .....	205
6.4 离散系统的 $z$ 域分析 .....	207
6.4.1 差分方程的变换解 .....	207
6.4.2 系统函数 .....	208
6.4.3 离散系统因果性、稳定性与 $H(z)$ 的关系 .....	210
6.4.4 离散系统 $z$ 域分析的 MATLAB 实现 .....	210
6.4.5 利用 MATLAB 分析 $H(z)$ 的零极点与系统特性 .....	211
6.4.6 利用 MATLAB 求解离散系统的频率响应 .....	213
习题 .....	216
上机练习 .....	223

## D

## 第 7 章

## • 系统的信号流图及模拟

224

7.1 系统的信号流图 .....	224
7.2 系统的信号流图模拟 .....	228
7.2.1 直接形式 (卡尔曼形式) .....	228
7.2.2 串联形式 (级联形式) .....	228
7.2.3 并联形式 .....	229

习题 .....	231
<b>附录 A 部分分式展式</b> .....	236
A.1 $F(s)$ 的 $D(s)$ 中都是单实根 .....	236
A.2 $F(s)$ 的 $D(s)$ 中有重根 .....	237
A.3 $F(s)$ 的 $D(s)$ 中有共轭复根 .....	238
<b>附录 B 卷积积分表</b> .....	239
<b>附录 C 常用周期信号的傅里叶系数表</b> .....	240
<b>附录 D 常用信号的傅里叶变换及其频谱图</b> .....	242
<b>附录 E 傅里叶变换的性质</b> .....	245
<b>附录 F 常用信号的拉普拉斯变换</b> .....	246
<b>附录 G 单边拉普拉斯变换的性质</b> .....	247
<b>附录 H 常用序列单、双边 <math>z</math> 变换对</b> .....	248
<b>附录 I 单、双边 <math>z</math> 变换的性质</b> .....	249
<b>参考文献</b> .....	250

# 第1章 绪论

**【内容提要】** 本章介绍信号与系统的基本概念。内容包括信号与系统的概念、信号的描述和分类、系统的描述和分类、信号与系统的分析方法概述等。

## 1.1 信号与系统

在人类认识和改造自然的过程中都离不开获取自然界的信  
息。所谓信息，是指存在于客观世界的一种事物形象。千万年来，人类用自己的感觉器官从客观世界获取各种信息，如语言、文字、图像、声音、自然景物等。可以说，我们是生活在信息的海洋之中，因此获取信息的活动是人类最基本的活动之一。

信息和消息密切相关，所谓消息，是指用来表达信息的某种客观对象，如电报中的电文、电话中的声音、电视中的图像等都是消息。通常我们把欲传输的语言、图像、文字、数码等统称为信息。

很久以来，人类曾寻求各种方法来传递信息（消息）。从利用手势、声音、光这类非语言传播发展到语言传播，是人类信息传播史上的第一次革命；文字的出现，印刷术、纸张的发明和推广使用，是人类信息传播史上的第二次革命；第三次信息传播革命是与电磁波传播媒介联系在一起的，如电报、电话、无线电广播、电视乃至通信卫星等一系列现代电磁波传播媒介的发现，这是人类信息传播史上具有划时代意义的革命。可见，消息的传送一般不是直接的，而必须借助于一定形式的信号才便于传输和处理。所以，信号是指消息的表现形式，如电信号、光信号和声音信号等。本课程着重研究电信号的分析、传输和处理。由于信号是带有信息的某种物理量，这些物理量的变化包含着信息，因此更具体地将信号定义为带有信息的随时间变化的物理量。

为了实现某些特定的功能（如能量转换或处理信息），人们把若干个部件有机地组合成一个整体，这样的整体就是一个系统。所以，我们将系统定义为由若干相互作用和相互依赖的事物组合而成的具有特定功能的整体。如通信系统、控制系统、电力系统、机械系统等。系统的概念不仅适用于自然科学领域，还适用于社会科学领域。图 1-1 就是一个典型的通信系统示意图。

信号、电路与系统之间有着十分密切的联系。信号作为运载信息的工具，而电路或系统则作为传送信号或对信号进行加工处理的组合。所以，离开了信号，电路与系统将

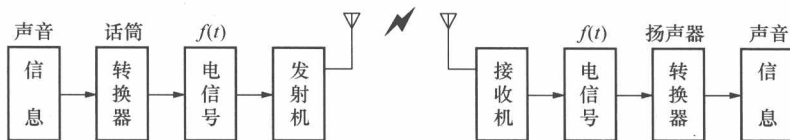


图 1-1 典型的通信系统

失去意义。再看电路与系统之间的区别。研究系统主要看它具有怎样的功能和特性，能否满足所给定的信号形式的传输和处理的要求；而研究电路问题主要研究电路结构和元件参数。系统问题注重全局，而电路问题则关心局部。所以，电路与系统之间的主要差异是处理问题的角度不同。近年来，由于大规模集成技术的发展，使电路与系统的区分很难明确。所以，在本书中，电路与系统二者通用。

## 1.2 信号的描述与分类

描述信号的基本方法是建立信号的数学模型，即写出信号的数学表达式。一般地，我们描述信号的数学表达式都以时间为变量，即数学表达式都是时间的函数，绘出函数的图像称为信号的波形。本书中信号的描述采用两种方法：函数表达式和波形。所以，在下面的叙述中，信号与函数两词不加区分。

按照信号的不同性质和数学特性，可以有多种不同的分类方法。通常将信号分为：确定信号与随机信号、连续时间信号与离散时间信号、周期信号与非周期信号、能量信号与功率信号、一维信号与多维信号等。

## 1.3 系统的描述与分类

从 1.1 节中我们知道，系统与信号密切相关，用图 1-2 可以说明二者之间的关系。

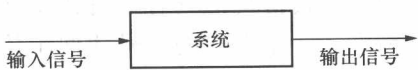


图 1-2 信号与系统的关系

从外部引入系统的量称为输入信号或激励信号；在输入信号作用下，系统的响应称为输出信号。系统分析，就是要找出输入和输出信号之间的关系。为此，首先要对系统进行描述，即要建立系统的数学模型，然后用数学方法进行求解，并对所得结果进行物理解释，并赋予其物理含义。

本书中对系统采用两种描述方法：数学模型和模拟框图。由于连续时间系统和离散时间系统的两种描述方式有所不同，在此就不对系统的这两种描述方法进行详细叙述，而放在后续章节中介绍。

关于系统的分类，也有许多划分方法。通常将系统分为：连续时间系统与离散时间系统，即时系统与动态系统，集总参数系统与分布参数系统，线性系统与非线性系统，时变系统与时不变系统等。本书主要讨论线性时不变（Linear Time-Invariant, LTI）系统，包括连续时间 LTI 系统和离散时间 LTI 系统。

## 1.4 信号与系统分析方法概述

系统分析的主要任务是在给定已知系统和激励的条件下,求得响应。所以响应既与激励信号有关,又与系统有关。系统分析的过程就是信号分析过程和系统分析过程。信号的分析包括信号的定义、性质、运算与变换、信号的分解等。系统分析方法有两大类:时域法和变换域法。时域法比较直观,直接分析时间变量的函数来研究系统的时域特性,将在第2章和第5章中详细讨论。变换域法是将信号与系统的时间变量函数变换成相应变换域中的某个变量函数,如第3章中讨论的频域分析是将时域函数变换到以频率为变量的函数,利用傅里叶变换来研究系统的特性。第4章中讨论的复频域分析是将时域函数变换到以复变量为变量的函数,利用拉普拉斯变换来研究系统的特性。第6章中讨论的 $z$ 域分析是将时域函数变换到 $z$ 域中分析,利用 $z$ 变换来研究离散系统的特性。而对系统的数学模型,在时域中使用微分(或差分)方程,在变换域中便转换成代数方程。

需要指出的是,本章中对系统的描述使用了微分(或差分)方程,这种描述方法也叫输入—输出法或外部法,适用于单输入单输出系统。还有另外一种描述系统的方法叫状态变量法或内部法。本书主要研究输入—输出法。

## 1.5 MATLAB 基本知识

### 1.5.1 MATLAB 简介

MATLAB 的含义是 Matrix Laboratory——矩阵实验室,最初是为了方便矩阵的存取而开发的一套软件。经过几十年的扩充和完善, MATLAB 已发展成为集科学计算、可视化和编程于一体的高性能的科学计算语言和软件环境,几乎成为各类科学研究和工程应用中的标准工具。

MATLAB 是一个交互的系统,输入一条命令,立即就可以得到该命令运行的结果。其基本元素是无需定义维数的矩阵(或数组),与其他语言相比, MATLAB 的语法更简单,更贴近人的思维,用 MATLAB 编程犹如在草稿纸上排出数学公式进行演算那样方便、高效。因此, MATLAB 被称为“草稿纸式”的科学工程计算语言。MATLAB 的这些特性使之可以方便地解决大量的工程计算问题,尤其当问题包含有矩阵和矢量运算时,用 MATLAB 编程比传统的非交互式标量编程语言,如 C, Fortran 等在编程上耗费少得多的时间与精力。

目前, MATLAB 在数值计算、信号处理、图像处理、自动控制、算法设计和通信仿真等众多领域都获得了广泛的应用。在美国许多高校, MATLAB 甚至成为了数学、科学和工程学科的标准教学工具,是理工科学生必须掌握的编程语言之一。在工业上, MATLAB 也常被用来作为产品研发、算法分析和预研仿真的工具。

MATLAB 除了其基本组件外,还附带了大量的专用工具箱,用于解决各种特定类

别的问题。本书以 MATLAB 7.0 为基础，主要涉及信号处理工具箱（Signal Processing Toolbox）和控制工具箱（Control System Toolbox）。

## 1.5.2 MATLAB 快速入门

### 1.5.2.1 MATLAB 的工作界面

MATLAB 第一次启动时，包含有四个界面窗口，如图 1-3 所示。

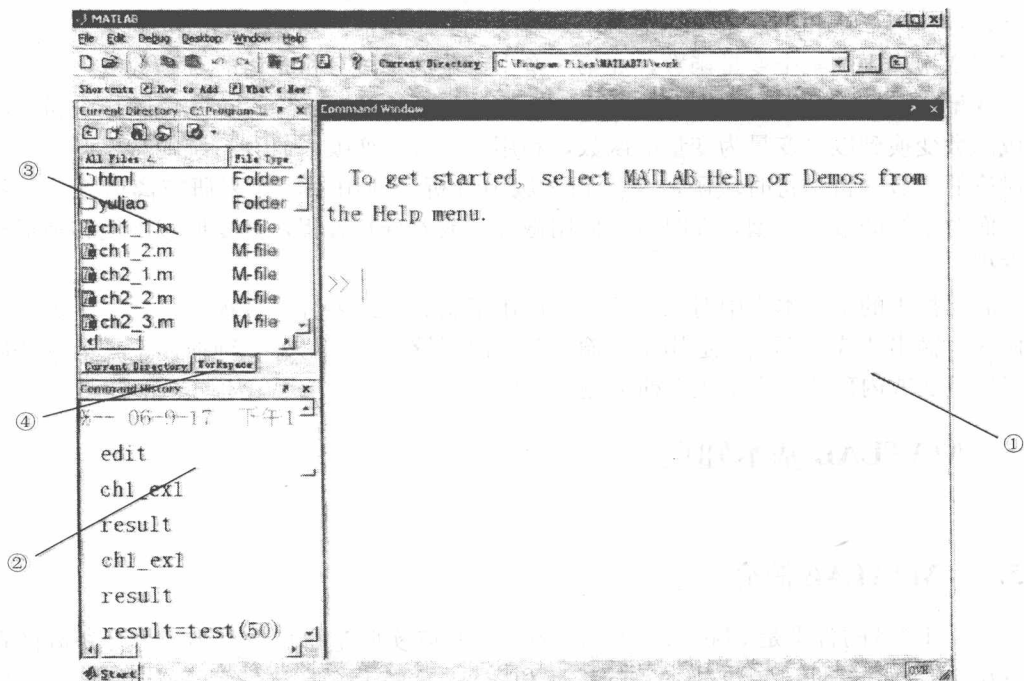


图 1-3 MATLAB 的工作界面

图中①是命令窗口（Command Window），是 MATLAB 的主窗口，默认位于 MATLAB 桌面的右侧，用于输入命令、运行命令并显示运行结果。

②是历史命令窗（Command History），位于 MATLAB 桌面左下侧，默认为前台显示。历史命令窗可以保存用户输入过的所有历史命令，为用户下一次使用同一命令提供方便。

③是当前目录浏览器（Current Directory），位于 MATLAB 桌面的左上侧，默认为前台显示。该窗口显示当前目录及其所有文件。

④是工作空间窗（Workspace），位于 MATLAB 桌面的左上侧，默认为后台显示。可以通过单击左上方的“Workspace”按钮使它在前台展现。

#### 1.5.2.2 命令窗口及其基本操作

在命令窗口中可以输入一条命令、变量或函数名，回车后 MATLAB 即执行运算并

可以显示运行结果。例如要计算  $3 \times 4 + 2$ ，在提示符“>>”之后是要键入的算式，MATLAB将计算的结果以 ans 显示。如果算式是  $x = 3 \times 4 + 2$ ，MATLAB将计算结果以变量 x 显示。即

```
>>3 * 4 + 2
ans =
    14
>>x = 3 * 4 + 2
x =
    14
```

如果在输入结尾加上“;”，则计算结果不会显示在命令窗口中，要得知计算值只需在命令窗键入该变量名即可：

```
>>x = 3 * 4 + 2;
>>x
x =
    14
```

MATLAB的基本变量是矩阵形式的，即使是标量，MATLAB也将之视为  $1 \times 1$  的矩阵。要在 MATLAB 命令窗口输入一个矩阵，例如输入一个  $3 \times 3$  的矩阵，可以按下方式输入命令：

```
>>x = [1 2 3;4 5 6;7 8 9];
```

或

```
>>x = [1 2 3
      4 5 6
      7 8 9];
```

以上两种输入方式效果是一样的，命令末尾的分号用于禁止显示该命令的执行结果，矩阵的所有元素放在一对中括号 [ ] 内，矩阵每一行的各个元素之间以空格或逗号“,” 隔开，而矩阵的不同行以分号“;”或回车来分隔。

除了变量和数学计算式外，在命令窗中键入 M 文件名（M 文件在后面介绍），即可运行该文件并实现相应的功能。

MATLAB 提供了方便实用的功能键用于编辑、修改命令窗口中当前和以前输入的命令。Windows 下这些功能键如表 1-1 所示。

表 1-1 命令窗口中常用的功能键

功 能 键	功 能	功 能 键	功 能
↑	重新调入上一命令行	Home	光标移到行首
↓	重新调入下一命令行	End	光标移到行尾
←	光标左移一个字符	Esc	清除命令行
→	光标右移一个字符	Del	删除光标处字符
Ctrl+←	光标左移一个字	Backspace	删除光标左边字符
Ctrl+→	光标右移一个字		

### 1.5.2.3 MATLAB 的帮助系统

MATLAB 提供了强大而完善的帮助系统, 包括命令行帮助、联机帮助和演示帮助。要学会使用 MATLAB, 必须充分利用其帮助系统, 尤其是命令行帮助功能。命令行帮助可以通过 help 命令获得。其命令格式是:

```
help
```

或

```
help 目录名/命令名/函数名/主题名/符号
```

第一种格式在命令窗口直接输入 help, 不带任何参数, 此时将显示 MATLAB 的分类目录和对目录内容的简要说明, 如下面所示:

```
>>help
HELP topics

matlab\general          - General purpose commands.
matlab\ops              - Operators and special characters.
matlab\lang             - Programming language constructs.
matlab\elmat           - Elementary matrices and matrix manipulation.
matlab\elfun           - Elementary math functions.
matlab\specfun         - Specialized math functions.
matlab\matfun          - Matrix functions-numerical linear algebra.
matlab\datafun         - Data analysis and Fourier transforms.
matlab\polyfun         - Interpolation and polynomials.
matlab\funfun          - Function functions and ODE solvers.
matlab\sparfun         - Sparse matrices.
matlab\scribe          - Annotation and Plot Editing.
... ..
```

第二种格式可以显示出具体目录所包含的命令和函数, 或者具体的命令、函数、符号和某个主题的详细信息。例如, 在命令窗中键入

```
help sin
```

将会显示关于正弦函数 sin 的详细信息, 如下面所示:

```
>>help sin
SIN Sine of argument in radians.
SIN(X) is the sine of the elements of X.
See also asin, sind.
Overloaded functions or methods(ones with the same name in other directories)
help sym/sin.m
Reference page in Help browser
doc sin
```

此外, 可以用 Demo 命令演示 MATLAB 的使用实例, 或者通过访问命令窗口的 Help 菜单中的菜单项获得联机帮助。

### 1.5.2.4 MATLAB 的搜索路径

MATLAB 利用自身的搜索路径来寻找 M 文件函数, 如果要执行的文件不在搜索路



径中,就无法执行。利用 MATLAB 主界面 File 菜单中的“Set Path”项可以将需要的目录/文件夹添加到 MATLAB 的搜索路径中。

#### 1.5.2.5 M 脚本文件与 M 函数文件

MATLAB 有两种运行方式,即命令行运行方式和 M 文件运行方式。当用户实现一些简单的功能,如简单的计算与画图时,因为输入的语句不多,可以采用命令行方式。即在命令窗口中一行一行地输入命令,并能方便地修改。但如果要实现较复杂的功能,或是一次要执行大量的 MATLAB 指令,且需要经常修改其中的参数或多次调用,就需要采用 M 文件方式来运行。简单地说,就是将一些命令预先在文件中编辑好,然后在需要时将文件调出来执行即可。这个文件就称为 M 文件。

M 文件是用 MATLAB 语言编写的文件,其扩展名为 .m,可以用 MATLAB 的 M 文件编辑器生成。从功能上来讲,M 文件可以分成 M 脚本(M-script)文件和 M 函数(M-function)文件两类。M 脚本文件就是一系列 MATLAB 命令的组合,如同操作系统中的批处理文件一样,调用 M 脚本文件时,MATLAB 依次执行文件中的每一行命令。M 函数文件与 M 脚本文件的内容大致相同,主要区别在于:M 函数文件第一行开头包含有关键字“function”,关键字后是函数的名称,名称后用小括号包括其需要的输入参数,参数之间用逗号“,”隔开,也可以不包括任何输入参数;函数名称前可以有等号,在此等号的左方是它的输出参数,当有多个输出参数时,将所有输出参数放在中括号 [ ] 内并用逗号分隔。

**【例 1-1】** 编写 M 文件,求  $1+2+3+\dots+50$ 。

**解:** 用 M 脚本文件实现,程序如下:

```
n = 50;
result = sum(1:n);      % sum 函数将数组中的所有元素相加
```

打开 M 文件编辑器,输入上述两行代码,“%”号后为程序的注释,将该脚本文件存为 chl\_ex1.m。如下在命令窗口中输入 chl\_ex1,即执行上述求和运算,可在窗口中输入 result 查看结果:

```
>>chl_ex1;
>>result
result =
    1275
```

如果要实现任意数值的连加,用上述 M 脚本文件,每次运行前需修改  $n$  的数值,很不方便。这时可以用 M 函数文件实现。

```
function y = chl_ex2(n)
% this function is an example, adding up from 1 to n;
y = sum(1:n);
```

将上述代码编辑为一个 M 函数文件,并保存为 chl\_ex2.m。这时,在命令窗口如下输入,即可得到和【例 1-1】相同的结果。

```
>>result = chl_ex2(50)
result =
    1275
```