



“十二五”重点专业教材系列



信息通信专业教材系列

# 通信原理

——基于Matlab的计算机仿真  
(第2版)

TONGXIN YUANLI

—JIYU MATLAB DE JISUANJI FANGZHEN

郭文彬 杨鸿文 桑林 邹慧兰 编著  
庞沁华 审订



北京邮电大学出版社  
[www.buptpress.com](http://www.buptpress.com)



“十二五”重点专业教材系列  
信息通信专业教材系列

# 通信原理

——基于 Matlab 的计算机仿真

(第 2 版)

郭文彬 杨鸿文 桑 林 邹慧兰 编著  
庞沁华 审订



北京邮电大学出版社  
[www.buptpress.com](http://www.buptpress.com)

## 内 容 简 介

本书主要针对“通信原理”这门课程,通过实例详细讲解了利用 Matlab 进行仿真的方法。书中给出了大量的 Matlab 脚本文件和范例。通过计算机模拟与仿真,一方面能使读者加深对所学基本理论的理解;另一方面能使读者迅速掌握 Matlab 进行通信系统仿真的技巧。

全书共 10 章,包括 Matlab 基本知识、确定信号分析、随机过程、模拟调制、数字基带传输、数字频带传输、模拟信号的数字化及编码、信道及信道容量、信道编码、扩频通信与伪随机序列等内容。

本书叙述层次分明简洁,实例广泛,适合高等院校通信工程、信息工程、电子工程等专业本科生作为相关课程的参考书和补充教材,也可作为相关工程技术人员和科研人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

通信原理:基于 Matlab 的计算机仿真 / 郭文彬等编著. -- 2 版. -- 北京:北京邮电大学出版社, 2015.9

ISBN 978-7-5635-4501-8

I. ①通… II. ①郭… III. ①通信原理—高等学校—教材②通信系统—系统仿真—Matlab 软件—高等学校—教材 IV. ①TN911②TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 199360 号

---

书 名: 通信原理——基于 Matlab 的计算机仿真(第 2 版)

著作责任者: 郭文彬 杨鸿文 桑 林 邹慧兰 编著

责任编辑: 王晓丹

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫丰华彩印有限公司

开 本: 787 mm×960 mm 1/16

印 张: 14.75

字 数: 321 千字

版 次: 2006 年 6 月第 1 版 2015 年 9 月第 2 版 2015 年 9 月第 1 次印刷

---

ISBN 978-7-5635-4501-8

定 价: 30.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

# 前 言

Matlab 是 1984 年美国 Math Works 公司的产品,Matlab 的推出得到了各个领域专家学者的广泛关注,其强大的扩展功能为各个领域的应用提供了基础。目前,Matlab 已成为从事科学研究、工程计算的基本计算工具,是目前工程上流行最广泛的科学语言。

本书可用作《通信原理》或其他通信系统方面的理论教科书的参考书或补充教材。本书在内容的安排上具有以下特点:简要介绍通信原理中涉及的基本理论;对每一概念及结论给出简短的叙述;建立必要的符号,但未给出证明,因为这样的证明在有关通信系统方面的教科书中会有较详细的论述。本书着重介绍利用 Matlab 对系统进行分析与设计的实例,通过例子阐明基本概念,不求过细,而强调联系实际。

本书通过大量的 Matlab 脚本文件和范例,为学生熟悉、掌握和熟练应用 Matlab 提供了一个载体,并通过本书探讨如何有效地利用计算机作为辅助教学工具,改进教学方法,让他们能有更多的空间自主学习。本书编写建立在作者多年教学实践的基础上,既考虑了学生的认知过程,也加入了作者自己的编程经验。

本书共分为 10 章。第 1 章:Matlab 基本知识,简要介绍了 Matlab 的基本知识;第 2 章:确定信号分析,对线性系统分析中的一些基本方法和技术进行了复习;第 3 章:随机过程,简要说明了产生随机变量和随机过程样本的方法;第 4 章:模拟调制;第 5 章:数字基带传输;第 6 章:数字频带传输;第 7 章:模拟信号的数字化及编码;第 8 章:信道及信道容量;第 9 章:信道编码;第 10 章:扩频通信与伪随机序列。在这些章节中,通过大量的“例题”、Matlab 脚本

文件和范例来演绎和深化概念,联系实际,并在重要概念上作适当延伸。

本书叙述层次分明简洁,实例广泛,适合高等院校通信工程、信息工程、电子工程等专业本科生作为相关课程的参考书和补充教材,也可作为相关工程技术人员和科研人员的参考书。相比第1版,第2版增加了 Turbo 码和 LDPC 码的基本原理及相关 Matlab 的仿真程序,该部分内容主要由杨鸿文教授编写。

本书由郭文彬、杨鸿文、桑林、邹慧兰编写,全书由郭文彬统稿,由北京邮电大学的庞沁华教授主审。在本书的编写过程中李卫东老师给予了很大的帮助和支持,并提出了许多宝贵建议,编者在此表示诚挚的感谢。由于时间仓促和水平有限,书中难免有不妥之处,敬请广大读者来信、来函批评指正。

编 者

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第 1 章 Matlab 基本知识 .....   | 1  |
| 1.1 Matlab 基本语法 .....     | 3  |
| 1.2 常用的 Matlab 函数 .....   | 6  |
| 1.3 Matlab 基本操作 .....     | 8  |
| 1.3.1 矢量运算 .....          | 8  |
| 1.3.2 矩阵运算 .....          | 10 |
| 1.3.3 子函数编写 .....         | 13 |
| 第 2 章 确定信号分析 .....        | 14 |
| 2.1 周期信号的傅里叶级数 .....      | 14 |
| 2.2 信号的傅里叶变换及其性质 .....    | 16 |
| 2.2.1 傅里叶变换与反变换 .....     | 16 |
| 2.2.2 信号的能量、功率及其自相关 ..... | 20 |
| 2.2.3 信号带宽 .....          | 23 |
| 2.3 信号的希尔伯特变换及其性质 .....   | 25 |
| 2.3.1 希尔伯特变换及其性质 .....    | 25 |
| 2.3.2 解析信号及等效基带信号 .....   | 27 |
| 2.3.3 等效基带系统 .....        | 27 |
| 练习题 .....                 | 32 |
| 第 3 章 随机过程 .....          | 34 |
| 3.1 随机变量及其分布 .....        | 34 |
| 3.2 蒙特卡罗仿真算法 .....        | 37 |
| 3.3 信息论初步 .....           | 38 |
| 3.4 平稳随机过程 .....          | 40 |
| 3.4.1 随机过程 .....          | 40 |
| 3.4.2 平稳随机过程 .....        | 41 |

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| 3.5 平稳随机过程经过线性非时变系统     | 43        |
| 3.6 窄带平稳随机过程            | 43        |
| 练习题                     | 47        |
| <b>第4章 模拟调制</b>         | <b>49</b> |
| 4.1 幅度调制                | 49        |
| 4.1.1 双边带抑制载波调幅(DSB-SC) | 49        |
| 4.1.2 具有离散大载波的双边带调幅(AM) | 52        |
| 4.1.3 单边带调幅(SSB)        | 55        |
| 4.1.4 残留边带调幅(VSB)       | 58        |
| 4.1.5 幅度调制信号的解调性能       | 61        |
| 4.2 角度调制                | 67        |
| 4.2.1 调频信号              | 67        |
| 4.2.2 调相                | 67        |
| 4.2.3 调频、调相信号的解调        | 68        |
| 练习题                     | 72        |
| <b>第5章 数字基带传输</b>       | <b>74</b> |
| 5.1 数字基带信号              | 74        |
| 5.2 数字基带接收              | 78        |
| 5.3 带限系统下的基带信号          | 84        |
| 5.3.1 抽样点无码间干扰的基带成形     | 85        |
| 5.3.2 升余弦滚降系统           | 86        |
| 5.3.3 最佳基带系统            | 88        |
| 5.3.4 基带信号眼图            | 89        |
| 5.4 部分响应系统              | 92        |
| 练习题                     | 96        |
| <b>第6章 数字频带传输</b>       | <b>97</b> |
| 6.1 二进制数字调制             | 97        |
| 6.1.1 OOK               | 97        |
| 6.1.2 2PSK              | 98        |
| 6.1.3 2FSK              | 99        |
| 6.2 多进制数字调制             | 103       |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 6.2.1 MASK(一维信号) .....         | 103 |
| 6.2.2 MPSK(二维信号) .....         | 103 |
| 6.2.3 MQAM(二维信号) .....         | 104 |
| 6.2.4 正交 MFSK( $M$ 维信号) .....  | 105 |
| 6.2.5 平均每符号能量与平均每比特能量 .....    | 106 |
| 6.2.6 $M$ 进制信号的最佳接收 .....      | 106 |
| 6.2.7 OQPSK 与 QPSK 信号 .....    | 112 |
| 练习题 .....                      | 118 |
| <b>第 7 章 模拟信号的数字化及编码</b> ..... | 120 |
| 7.1 抽样定理 .....                 | 120 |
| 7.2 量化 .....                   | 123 |
| 7.2.1 均匀量化 .....               | 123 |
| 7.2.2 非均匀量化 .....              | 124 |
| 7.3 脉冲编码调制(PCM) .....          | 129 |
| 7.4 多路复用 .....                 | 135 |
| 7.4.1 频分多路复用 .....             | 135 |
| 7.4.2 时分复用 .....               | 136 |
| 练习题 .....                      | 137 |
| <b>第 8 章 信道及信道容量</b> .....     | 138 |
| 8.1 热噪声 .....                  | 138 |
| 8.2 连续信道模型 .....               | 140 |
| 8.2.1 AWGN 信道模型 .....          | 140 |
| 8.2.2 线性非时变信道模型 .....          | 140 |
| 8.2.3 多径时变信道 .....             | 145 |
| 8.3 离散信道模型 .....               | 154 |
| 8.3.1 离散输入离散输出信道模型 .....       | 154 |
| 8.3.2 离散输入连续输出信道模型 .....       | 155 |
| 8.4 信道容量 .....                 | 155 |
| 8.4.1 互熵、联合熵、条件熵 .....         | 155 |
| 8.4.2 信道容量 .....               | 156 |
| 练习题 .....                      | 157 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| <b>第 9 章 信道编码</b> .....        | 159 |
| 9.1 基本原理 .....                 | 159 |
| 9.2 线性分组码 .....                | 162 |
| 9.2.1 线性分组码的概念及性质 .....        | 162 |
| 9.2.2 线性分组码的译码 .....           | 165 |
| 9.2.3 汉明码及其设计 .....            | 167 |
| 9.3 循环码 .....                  | 167 |
| 9.4 卷积码 .....                  | 174 |
| 9.4.1 卷积码的编码 .....             | 175 |
| * 9.4.2 卷积码的传输函数 .....         | 176 |
| 9.4.3 卷积码的译码 .....             | 177 |
| * 9.5 Turbo 码 .....            | 183 |
| 9.5.1 系统模型 .....               | 184 |
| 9.5.2 编码 .....                 | 185 |
| 9.5.3 译码 .....                 | 189 |
| * 9.6 LDPC 码 .....             | 199 |
| 9.6.1 系统模型 .....               | 199 |
| 9.6.2 Tanner 图 .....           | 199 |
| 9.6.3 BP 译码 .....              | 200 |
| 9.6.4 H 的构造 .....              | 204 |
| 练习题 .....                      | 208 |
| <b>第 10 章 扩频通信与伪随机序列</b> ..... | 210 |
| 10.1 伪随机序列 .....               | 210 |
| 10.2 正交编码 .....                | 216 |
| 10.2.1 Walsh 码 .....           | 216 |
| 10.2.2 码分多址通信 .....            | 216 |
| 10.3 直接序列扩频 .....              | 220 |
| 10.4 Rake 接收基本原理 .....         | 221 |
| 练习题 .....                      | 224 |
| <b>参考文献</b> .....              | 226 |

# 第 1 章 Matlab 基本知识

Matlab 是 Math Works 公司推出的一套高性能的数值计算和可视化的科学工程计算软件,它支持解释性语言输入,编程实现简单,具有丰富的数学函数功能支持。Matlab 允许与 C、Fortran 语言的接口,其部件 Simulink 甚至可以采用图形输入的方式来搭构所研究的系统。由于 Matlab 的功能强大,在系统仿真、数字信号处理、图形图像分析、数理统计、通信及自动控制领域得到广泛应用。Matlab 是一个易于使用的软件,随着该软件包的不断升级,支持的功能越来越多。Matlab 语言已被认为是面向 21 世纪的程序设计语言和科学计算语言。

Matlab 6.0 以上版本由于采用了新的图形系统,因此对计算机的要求至少要达到:

- 操作系统为 Windows 98/Me/2000/XP(Matlab 也有基于其他操作系统的版本,这里只介绍基于 Microsoft 公司的操作系统);
- 内存 16 MB 以上(注:建议系统内存至少 128 MB 以上);
- 剩余磁盘空间 1 GB 以上。

Matlab 软件的安装可以选择组件,如果读者安装 Matlab 的目的主要是进行信号处理与系统性能分析,则推荐安装的组件如表 1-1 所示。

表 1-1 信号与系统分析推荐安装组件

| Matlab                    | Matlab 主包       |
|---------------------------|-----------------|
| Matlab Help File[PDF]     | Adobe 文本格式的帮助文件 |
| Matlab Help File[HTML]    | 超文本格式的帮助文件      |
| Simulink                  | 动态建模仿真软件包       |
| Signal Processing Toolbox | 信号处理工具箱         |
| Image Processing Toolbox  | 图像处理工具箱         |
| Control System Toolbox    | 控制工具箱           |
| Wavelet Toolbox           | 小波工具箱           |
| Communication Toolbox     | 通信工具箱           |
| Extended Symbolic Toolbox | 扩展数学符号工具箱       |

Matlab 软件安装完毕后,单击 Matlab 图标或命令文件就可以进入 Matlab 运行环境。Matlab 运行环境分成几个部分:桌面和命令窗口、命令历史窗口、帮助信息浏览器、

工作空间浏览器、文件路径检索等,其中主要部分是命令窗口“>>”,它是 Matlab 与用户之间交互式命令输入、输出的界面,用户从这个窗口输入的命令,经过 Matlab 解释后执行,并且将执行结果显示在这个窗口。

Matlab 采用解释性语言,因此所有的程序、子程序、函数、命令在命令窗口中都被视为 Matlab 的命令。表 1-2 是一些最基本的常用 Matlab 命令。

表 1-2 一些常用 Matlab 命令

|           |                                                                       |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------|
| edit      | 编写 Matlab 脚本文件 *.m 的工具,编写好的文件 *.m,存储后可以用命令 * 执行                       |
| help      | Matlab 中的命令或函数的使用帮助,如果不清楚 Matlab 命令的格式,可以通过敲入 help 命令名获得 Matlab 的使用帮助 |
| help desk | 该命令打开 Matlab 帮助环境窗口                                                   |
| exit      | 退出 Matlab,关闭主程序,也可以采用 quit 命令达到相同的效果,或者通过菜单项 File 中的 Exit 退出 Matlab   |
| cd        | 改变当前 Matlab 运行目录,缺省情况下 Matlab 的当前运行目录是:\Matlab6p1\work                |
| pwd       | 显示当前 Matlab 运行目录                                                      |

Matlab 作为一种高级语言,不但可以以命令行的方式完成操作,也可以像大多数程序设计语言一样具有数据结构、控制流、输入/输出和面向对象的编程能力,适用于各种应用程序设计。Matlab 语言具有语法相对简单、使用方便、调试容易等优点。关于 Matlab 程序设计的更详细的内容可以参考相关书籍。以下将简单介绍 Matlab 的使用,以期使读者能快速入门。

Matlab 的程序编写就像堆积木一样,可以通过编写 .m 文件的方式将 Matlab 命令或函数组合成一个具体功能的命令或函数,通常将 .m 文件称为脚本文件。脚本文件可以是 Matlab 的命令或函数,都可以以命令的形式在 Matlab 的命令窗口“>>”中运行。

【例 1-1】先创建一个 magicrank.m 的脚本文件如下(采用 edit 命令进行编辑):

```
% Investigate the rank of magic squares
r = zeros(1,32);           % 调用 Matlab 函数,产生 1×32 的 0 向量
for n = 3:32               % 循环 30 次
    r(n) = rank(magic(n)); % 调用幻方函数 magic(n)得到 n×n 的幻方矩阵,
end                         % 并求其秩
r                           % 显示 r 的结果(注:没有分号)
bar(r)                     % 调用 Matlab 函数 bar,画出 r 的示意图
```

然后在 Matlab 环境中执行

```
>>magicrank
```

运行结果如图 1-1 所示。

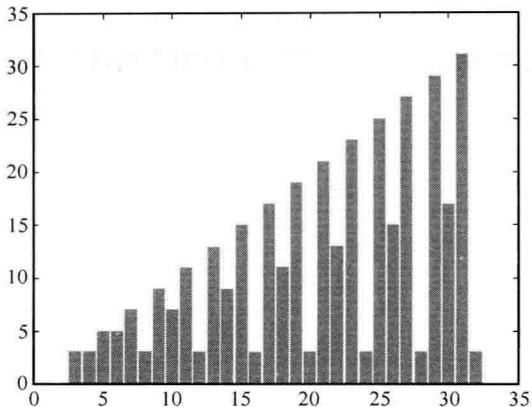


图 1-1  $n \times n$  幻方矩阵的秩

例 1-1 所示是一个简单的脚本文件, 或者也可以称之为一个命令 magicrank, 它求出了从 3 到 30 的幻方矩阵的秩, 并且用图的形式显示出来。

例 1-1 中涉及一些基本的 Matlab 语法和变量的存储、赋值方法, 下面将介绍这部分内容, 你将看到它是如此简单, 以至于你马上可以动手编写你自己的命令。

## 1.1 Matlab 基本语法

本节仅介绍在信号分析和通信系统仿真中常用的基本语法, 关于其他的语法部分读者可以参考 Matlab 的联机帮助手册。

### 1. 变量赋值与存储方式

在 Matlab 中, 变量分成如下几类。

标量: 标量的赋值如  $a=10$ 。

矢量: 矢量是由多个标量组成的一个  $n$  元组, 其赋值如下。

$$a=[1\ 3\ 5\ 7\ 9]; \quad a=1:2:9; \quad a=[1\ 7\ 6\ 2]$$

矩阵: 矩阵的赋值如  $A=[1\ 2\ 3; 4\ 5\ 6; 7\ 8\ 9]$ , 其结果相当于矩阵

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}$$

Matlab 中矩阵的存储是按列存储, 即上述  $A$  矩阵在内存中的存储形式为

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4 | 7 | 2 | 5 | 8 | 3 | 6 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

## 2. 程序控制语句

### (1) 判断语句 if

if 语句判断一个逻辑表达式的值,并执行相应的系列命令,其基本语法如下:

```
if 表达式 1
```

```
    命令
```

```
elseif 表达式 2
```

```
    命令
```

```
...
```

```
else
```

```
    命令
```

```
end
```

例如:

```
a = 4; b = 6;
```

```
if a > b
```

```
    'a 大于 b'
```

```
elseif a < b
```

```
    'a 小于 b'
```

```
elseif a == b
```

```
    'a 等于 b'
```

```
else
```

```
    error('不可能的事情发生了!!')
```

```
end
```

### (2) 分支语句 switch 和 case

```
switch (a)
```

```
    case 0
```

```
    case 1
```

```
    case 2
```

```
    ...
```

```
    otherwise
```

```
end
```

例如:

```
a = 5;
```

```
b = mod(5,3);
```

```
switch(b)
```

```

case 0
    '模 3 为 0'
case 1
    '模 3 为 1'
case 2
    '模 3 为 2'
otherwise
    '不可能啊!'

```

```
end
```

### (3) 循环语句

循环语句可以用 for 或 while 实现。

例如：

```

for n = 3:32
    r(n) = n;
end
while 条件
    命令或函数
end

```

当条件不满足时，循环执行中间的命令或函数，当条件满足时，跳出循环执行下面的命令。

例如：

```

n = 1;
while n < 30
    r(n) = n;
    n = n + 1;
end

```

### (4) 跳出循环语句

有时可能需要在循环体中的某个点跳出，这可通过 continue 和 break 实现：

- continue 语句执行后，直接从该点跳到循环体的开始；
- break 语句执行后，直接从该点跳出循环体。

例如：

|              |              |
|--------------|--------------|
| n = 0;       | n = 0;       |
| while n < 30 | while n < 30 |
| n = n + 1;   | n = n + 1;   |

|           |           |
|-----------|-----------|
| if n== 15 | if n== 15 |
| continue; | break;    |
| end       | end       |
| r(n) = n; | r(n) = n; |
| end       | end       |
| n         | n         |

执行结果分别为

|    |    |
|----|----|
| 30 | 15 |
|----|----|

## 1.2 常用的 Matlab 函数

### 1. 随机数产生类

见表 1-3。

表 1-3 Matlab 中的随机数产生类函数

| 函数名      | 注 释        | 函数名  | 注 释                |
|----------|------------|------|--------------------|
| randn    | 产生标准正态随机变量 | rand | 产生 0~1 之间的均匀分布随机变量 |
| randperm | 产生随机的排序    | hist | 对矢量自动进行直方图统计       |

### 2. 数学类

见表 1-4。

表 1-4 Matlab 中的数学类函数

| Matlab 函数名 | 注 释            | Matlab 函数名 | 注 释       |
|------------|----------------|------------|-----------|
| acos(x)    | 反余弦函数          | cos(x)     | 余弦函数      |
| acot(x)    | 反余切函数          | cot(x)     | 余切函数      |
| asin(x)    | 反正弦函数          | sin(x)     | 正弦函数      |
| atan(x)    | 反正切函数          | tan(x)     | 正切函数      |
| exp(x)     | 自然指数函数         | pow2(x)    | 以 2 为底的指数 |
| log(x)     | 自然对数函数         | sqrt(x)    | 根号函数      |
| log2(x)    | 以 2 为底的对数函数    | floor(x)   | 向下取整数     |
| log10(x)   | 以 10 为底的对数函数   | ceil(x)    | 向上取整数     |
| mod(x,y)   | $x$ 对 $y$ 的模   | round(x)   | 四舍五入函数    |
| rem(x,y)   | $x$ 除以 $y$ 的余数 | sign(x)    | 符号函数      |

### 3. 做图类

见表 1-5。

表 1-5 Matlab 中的常用做图类函数

| 函数名     | 注 释         | 函数名      | 注 释        |
|---------|-------------|----------|------------|
| plot    | 打印图形        | figure() | 创建一个图的窗口   |
| subplot | 打印子图        | semilogy | 打印图形,纵轴为对数 |
| loglog  | 打印图形,两轴都为对数 | stem     | 打印离散点序列    |
| stairs  | 打印序列的方波图形   | xlabel   | 标注横轴       |
| ylabel  | 标注纵轴        | title    | 图的标题       |
| legend  | 图的注释        | hold     | 图是否重叠打印    |
| grid    | 图是否有格线显示    |          |            |

### 4. 信号处理类

见表 1-6。

表 1-6 Matlab 中常用信号处理类函数

| 函数名    | 注 释     | 函数名     | 注 释      |
|--------|---------|---------|----------|
| fft    | 快速傅里叶变换 | ifft    | 快速傅里叶反变换 |
| dft    | 离散傅里叶变换 | idft    | 离散反傅里叶变换 |
| filter | 滤波器函数   | hilbert | 希尔伯特变换   |
| conv   | 卷积      | xcorr   | 相关       |
| deconv | 解卷积     |         |          |

### 5. 其他

见表 1-7。

表 1-7 Matlab 中常用其他函数

| 函数名     | 注 释    | 函数名     | 注 释       |
|---------|--------|---------|-----------|
| ones    | 全 0 序列 | length  | 获得序列长度    |
| zeros   | 全 1 序列 | size    | 获得矩阵维数    |
| reshape | 重组序列   | bin2dec | 二进制到十进制转换 |
| sum     | 求和     | mean    | 求平均       |

注:所有函数的调用可以用>>>help 函数名 在 Matlab 命令窗口中得到调用说明。更详细的内容可以参见Matlab的联机帮助。

## 1.3 Matlab 基本操作

### 1.3.1 矢量运算

以下叙述中,“>>”表示 Matlab 环境中输入的命令。

矢量的赋值可以通过

```
>>a = [1 2 3 4 6 4 3 4 5]
```

```
a =
```

```
1 2 3 4 6 4 3 4 5
```

将每个  $a$  中的每个元素加 2,并且用矢量  $b$  表示:

```
>>b = a + 2
```

```
b =
```

```
3 4 5 6 8 6 5 6 7
```

打印  $b$

```
>>plot(b)
```

```
>>grid on
```

给图 1-2 加上横坐标、纵坐标的名称,如图 1-3 所示。

```
>>xlabel('Sample #')
```

```
>>ylabel('Pounds')
```

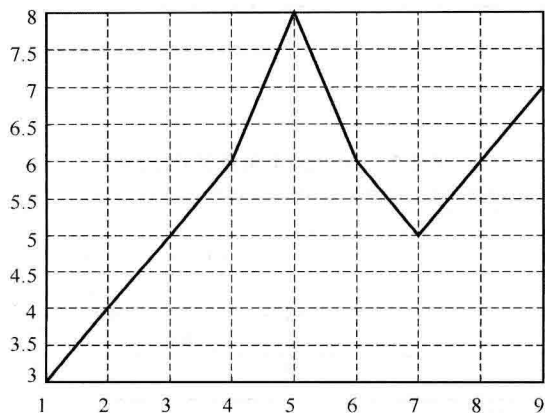


图 1-2 矢量  $b$  的图