

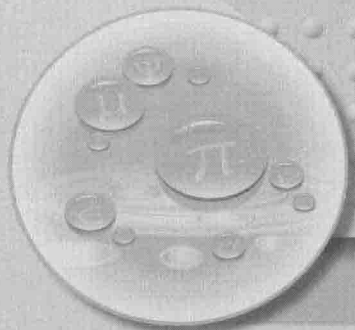
Math Fundamentals

21 世纪数学基础课系列教材

MATLAB 大学数学实验

杨传胜 曹金亮 编著

 中国人民大学出版社



Math Fundamentals

21 世纪数学基础课系列教材

MATLAB 大学数学实验

杨传胜 曹金亮 编著

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 大学数学实验/杨传胜, 曹金亮编著. —北京: 中国人民大学出版社, 2014. 7
21 世纪数学基础课系列教材
ISBN 978-7-300-19738-8

I. ①M… II. ①杨…②曹… III. ①Matlab 软件-应用-高等数学-实验-高等学校-教材
IV. ①O13-33 ②O254

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 156017 号



21 世纪数学基础课系列教材

MATLAB 大学数学实验

杨传胜 曹金亮 编著

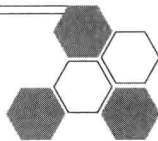
MATLAB Daxue Shuxue Shiyān

出版发行	中国人民大学出版社		
社 址	北京中关村大街 31 号	邮政编码	100080
电 话	010-62511242 (总编室)		010-62511770 (质管部)
	010-82501766 (邮购部)		010-62514148 (门市部)
	010-62515195 (发行公司)		010-62515275 (盗版举报)
网 址	http://www.crup.com.cn		
	http://www.ttrnet.com (人大教研网)		
经 销	新华书店		
印 刷	北京宏伟双华印刷有限公司		
规 格	170 mm×228 mm 16 开本	版 次	2014 年 7 月第 1 版
印 张	18.75 插页 1	印 次	2014 年 7 月第 1 次印刷
字 数	341 000	定 价	36.00 元

版权所有 侵权必究

印装差错 负责调换

前 言



数学实验是大学数学教育改革的产物，它为丰富教学内容提供了新的素材，为教学的“个性化”创造了一个良好的环境。数学实验课的设立，首先，改变了传统数学课上由教师单向传输知识的模式，提高了学生在教学过程中的参与程度，使学生的主观能动性得到充分的发挥；其次，通过运用计算机和数学软件进行实验，让学生能够直观而深入地了解如何应用数学知识解决实际问题，从而加深对数学原理和数学方法的理解，有助于对学生进行数学建模、计算机操作和软件应用能力的培养。

近年来，为了指导大学生数学建模竞赛，很多高校开设了“数学建模”课程。该课程因其内容的实用性而备受广大师生的关注。然而，数学建模课程涉及的内容非常广泛且过于侧重各种建模方法，使得低年级的学生学习起来有一定的困难。数学实验课程在内容广度和深度上介于传统数学课程和数学建模课程之间，因而，它的存在在传统数学课程和数学建模课程之间构建了一座桥梁。通过设计适当的实验，一方面可使学生加深对传统数学的理解，另一方面可让学生应用数学方法和计算技巧，以计算机为工具，解决一些实际问题，使他们体会到数学技术的运用实际上是一项技能的培养。

本书结合大学数学知识体系，以 MATLAB 为软件平台，比较系统地介绍了大学数学实验的教学内容。全书共七章，第一章和第二章介绍了 MATLAB 的基本知识和程序设计的相关知识，第三章至第六章分别讲述了线性代数实验、高等数学实验、概率统计实验、最优化实验等内容，第七章介绍了数学建模的初步知识。本教材具有以下几个特色：

(1) 内容与数学基础课程联系紧密. 通过对该教材的学习、进行上机实践, 既能让学生巩固所学知识、及时发现新问题, 使学生的问题意识得到培养, 还能体验在以往的数学课程中手工很难计算甚至不可能计算而借助数学软件则迎刃而解的问题的乐趣.

(2) 实用性很强. 读者可以按照高等数学、线性代数和概率统计等几门数学基础课的要求, 系统地从教材中选择相应的实验内容进行实验教学, 还可以选择相应的习题, 供学生上机练习.

(3) 内容选取灵活. 该书既可以作为一门独立的课程教材, 也可以作为数学基础课程的配套教材. 读者可根据实际需要进行取舍.

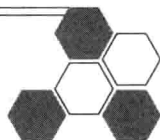
另外, 我们制作了多媒体教学配套课件, 需要本书中所有例题的 M 文件和课件的读者, 可与出版社联系.

本书第一章至第四章由杨传胜编写, 第五章至第七章由曹金亮编写, 全书由杨传胜负责统稿和定稿. 感谢浙江海洋学院教务处以及数理与信息学院领导的关心和支持, 本书的编写与出版得到浙江海洋学院数学与应用数学省重点建设专业项目以及高等学校大学数学教学研究与发展中心的应用型本科院校大学数学课程的教学内容改革与创新能力的培养项目的资助. 由于编者水平有限, 不足之处在所难免, 敬请读者批评指正.

编者

2014 年 1 月于舟山

目 录



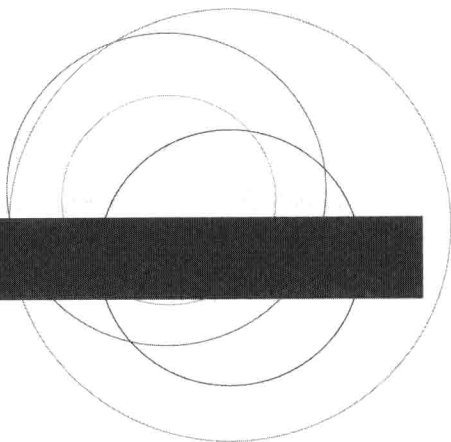
第一章 MATLAB 基本知识	1
1.1 MATLAB 工作界面与窗口	1
1.2 向量与矩阵的创建与计算	8
1.3 数组及其运算	18
1.4 MATLAB 图形的绘制	22
1.5 MATLAB 的数据类型	40
1.6 字符串数组	44
1.7 帮助系统	46
习题	51
第二章 MATLAB 程序设计	53
2.1 MATLAB 表达式和运算符	53
2.2 MATLAB 程序结构	60
2.3 MATLAB 的 M 文件	69
2.4 数据文件的输入和输出	80
习题	83
第三章 线性代数实验	85
3.1 线性方程组的求解	85
3.2 矩阵特征值问题的计算	91
3.3 多项式的运算	98

3.4	符号矩阵的创建及其运算	108
3.5	矩阵的分解与变换	112
	习题	120
第四章	高等数学实验	121
4.1	符号计算概述	121
4.2	数值积分与微分	126
4.3	函数极限	132
4.4	高等数学的符号计算	133
4.5	常微分方程(组)的符号计算	139
4.6	其他符号计算	146
4.7	符号积分变换	149
	习题	153
第五章	概率统计实验	155
5.1	随机数与统计图	155
5.2	常见的统计分布量	166
5.3	参数估计	171
5.4	假设检验	173
5.5	描述性统计分析	181
5.6	数据的分布描述	186
5.7	方差分析	190
5.8	回归分析	198
	习题	205
第六章	最优化实验	209
6.1	线性规划	209
6.2	非线性规划	213
6.3	整数线性规划	234
6.4	最小二乘法	239
6.5	动态规划	246
	习题	255

第七章 数学建模初步	259
7.1 数学建模简介	259
7.2 数学建模实例	261
7.3 蒙特卡罗法	270
7.4 建模真题举例	276
习题.....	287
参考文献.....	290

第一章

MATLAB 基本知识



MATLAB 是矩阵实验室 (Matrix Laboratory) 的简称, 是美国 MathWorks 公司于 1984 年推出的一款商业数学软件, 用于算法开发、数据可视化、数据分析以及数值计算的高级技术计算语言。MATLAB 提供了一种交互式计算环境, 用于高效率地解决数学问题和工程计算问题。它将数值分析、矩阵计算、科学数据可视化以及非线性动态系统的建模和仿真等诸多强大功能集成在一个易于使用的视窗环境中, 为科学研究、工程设计以及进行有效数值计算的众多科学领域提供了一种全面的解决方案, 并在很大程度上摆脱了传统非交互式程序设计语言 (如 C、Fortran) 的编辑模式, 代表了当今国际科学计算软件的先进水平。在数学实验等课程的实验过程中, 首先要熟悉 MATLAB 的工作界面与各种窗口, 了解 MATLAB 的常用操作方法, 以及数学函数的使用与操作。同时 MATLAB 具有强大的帮助系统, 了解这些帮助系统对 MATLAB 的学习和使用都是非常重要的, 帮助系统主要包括在线帮助系统、演示系统和命令查询等。本书根据 MATLAB 7.12.0 (R2011a) 版编写, 绝大部分内容也适用于更高版本。

1.1 MATLAB 工作界面与窗口



在 MATLAB 系统环境下有两种常见的操作方式, 即命令操作方式和文件操作方式, 前一种操作方式是在命令窗口直接输入命令, 完成简单的计算任务和绘图工作; 后一种操作方式也称为程序操作方式, 需要在程序编辑窗口编写程序文件, 然后在命令窗口运行程序。无论哪一种操作方式, 计算的数据结果都将显示

在命令窗口，绘制的图形显示在图形窗口。下面简单介绍 MATLAB 工作界面和各种窗口。

1.1.1 MATLAB 工作界面

启动 MATLAB 有多种方式，最常用的方法是双击系统桌面的 MATLAB 图标，也可以在开始菜单的程序选项中选择 MATLAB 快捷方式，也可以在 MATLAB 安装路径的 bin 目录中的子目录 win32 中双击可执行文件 matlab.exe。

启动 MATLAB 后，将进入 MATLAB 默认设置的工作界面（如图 1—1 所示），工作界面上有三个常用窗口：命令窗口（Command Window）、工作间管理窗口（Workspace）、历史窗口（Command History）。其中，命令窗口是进行操作的主要窗口。

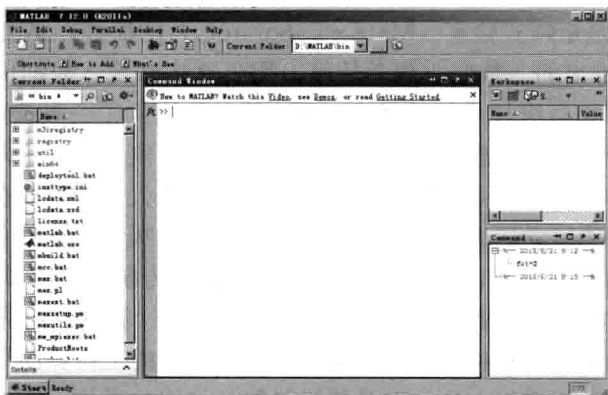



图 1—1 MATLAB 工作界面

1.1.2 MATLAB 的常用窗口

下面介绍 MATLAB 的几个常用窗口。

1. 命令窗口（Command Window）

MATLAB 的命令窗口位于 MATLAB 工作界面的中间，如图 1—1 所示。假如用户希望得到脱离工作界面的独立的命令窗口，只要点击命令窗口右上角的 ，就可得到如图 1—2 所示的命令窗口，其中“>>”为命令行提示符，表示 MATLAB 正处于准备状态。当在提示符后输入一段运算符并按【Enter】键后，MATLAB 将给出计算结果或输出图形，然后，再次进入准备状态。

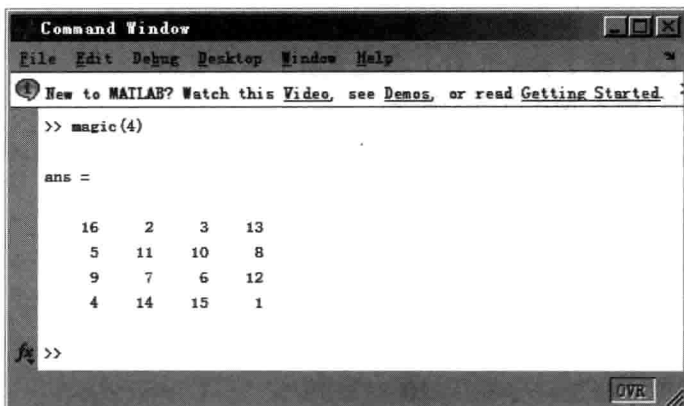


图 1—2 MATLAB 的命令窗口

例 1—1 在我国幻方又被称为纵横图或龟背图，在西方则称为魔方或幻方。四阶幻方是在正方形棋盘上有 4 行 4 列 16 个方格，方格内放置 1, 2, …, 16 共 16 个整数，数字分布如下：

$$\begin{bmatrix} 16 & 2 & 3 & 13 \\ 5 & 11 & 10 & 8 \\ 9 & 7 & 6 & 12 \\ 4 & 14 & 15 & 1 \end{bmatrix},$$

方阵中每行、每列及两对角线上的 4 个数之和相等。用 MATLAB 命令 `magic(n)` 可以创建 n 阶幻方矩阵。

在 MATLAB 命令窗口直接输入命令：

```
magic(3)
```

命令窗口将显示出 3×3 矩阵

```
ans =
     8     1     6
     3     5     7
     4     9     2
```

该矩阵的行和、列和以及两条对角线和均为 15。同时，在 MATLAB 工作间管理窗口 (Workspace) 的信息显示，内存中有一个名为 `ans` 的变量。

例 1—2 杨辉三角形是以中国古代数学家杨辉命名的数学三角形，又称贾

究三角形或帕斯卡 (Pascal) 三角形, 是二项式系数在三角形中的一种几何排列. 用 MATLAB 命令 `pascal (n)` 创建 n 阶 Pascal 矩阵.

在命令窗口输入 MATLAB 命令:

```
pascal(5)
```

命令窗口显示如下 5×5 矩阵

```
ans=
     1     1     1     1     1
     1     2     3     4     5
     1     3     6    10    15
     1     4    10    20    35
     1     5    15    35    70
```

这一矩阵因包含了 Pascal 三角形而著名, 矩阵的次对角线的五个元素按顺序排列为: 1, 4, 6, 4, 1, 恰好为 $(x+y)^4$ 展开式中各项的系数.

由上面两个例子可以知道, 对于简单的计算任务, 在命令窗口可以直接输入命令完成.

2. 历史窗口 (Command History)

历史窗口在 MATLAB 的早期版本中曾有过雏形, 在 MATLAB 6. x 中再次出现, 而且被赋予了更加强大的功能. 在缺省情况下, 历史窗口在 MATLAB 工作界面的右下侧前台, 如图 1—3 所示.

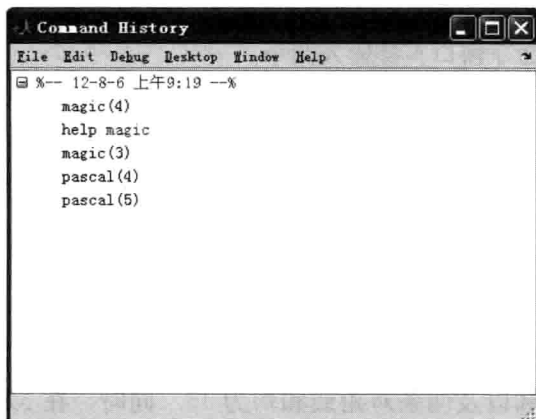


图 1—3 MATLAB 的历史窗口

历史窗口记录了用户在 MATLAB 命令窗口中输入过的所有命令行。历史记录包括：每次启动 MATLAB 的时间，以及每次启动 MATLAB 后在命令窗口中运行过的所有指令行等。

历史窗口具有多种应用功能：单行或多行指令的复制和运行、生成 M 文件、历史命令的内容打印、使用查找对话框搜索历史窗口中的内容、设置历史命令的自动保存等功能。

例 1—3 再运行图 1—3 所示的历史窗口中的第 4、第 5 行命令。

具体步骤如下：利用组合操作【Ctrl+鼠标左键】分别点亮图 1—3 所示的历史窗口的第 4、第 5 行，当鼠标光标在点亮区时，点击鼠标右键，弹出现场菜单，选中菜单项【Evaluate Selection】，计算结果就出现在命令窗口中，如图 1—4 所示。

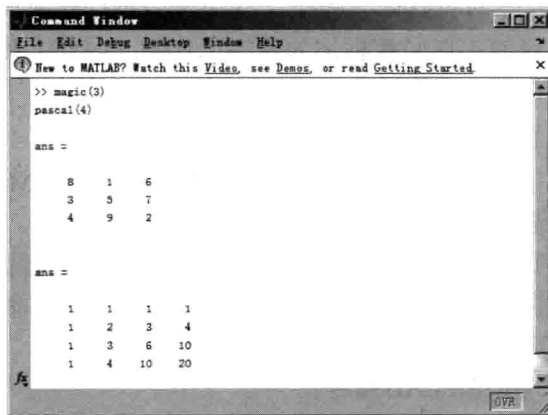


图 1—4 运行历史窗口中命令的演示

【说明】

- 历史命令复制的操作步骤大抵相同，只是在弹出菜单中选【Copy】项；
- 单行历史命令的再次运行操作更简单，只要用鼠标左键双击所需的命令行即可。

3. 工作间管理窗口 (Workspace)

工作间管理窗口是 MATLAB 的重要组成部分，其缺省地放置在 MATLAB 工作界面的右上侧前台，图 1—5 是独立的工作间管理窗口。

工作间管理窗口中将显示目前内存中所有的 MATLAB 变量的变量名、数据结构以及类型等，不同的变量类型对应不同的变量名图标。

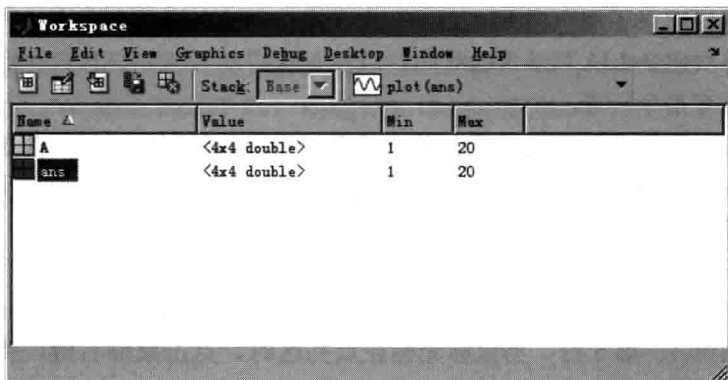


图 1—5 工作间管理窗口

MATLAB 在运行 M 文件时，将把 M 文件的数据保存到其对应的工作间中，为了区别，命令窗口的工作间被标记为基本工作间。因此，此空间用于调试 M 文件时实现不同工作间之间的切换。

4. MATLAB 图形窗口

图形窗口独立于 MATLAB 命令窗口，其主要功能是将 MATLAB 绘图命令所产生的各种图形显示在计算机屏幕上。

例 1—4 MATLAB 软件的图标是 MathWorks 公司的徽标，该图标产生的数学背景是一个经典微分方程的解函数图形。用 MATLAB 命令 `load logo` 提取该图标的数块，并用 `mesh()` 命令绘制该曲面图形。

在命令窗口输入 MATLAB 命令：

```
load logo
mesh(L)
```

弹出的图形窗口如图 1—6 所示。

【说明】直接输入 `logo` 命令，图形窗口将显示彩色的 MATLAB 图标，例 1—4 中的命令 `load` 读入 `logo` 数据，利用其中的变量 `L` 和绘制曲面命令 `mesh()` 直接绘图并将图形输出到图形窗口。

5. MATLAB 程序编辑窗口

对于较复杂的任务，需要多步操作才能够完成，这时，用文件操作方式来完成任务更合理。使用 MATLAB 的文件操作方式完成计算等任务通常需要三个步骤：

(1) 用 `edit` 命令打开程序编辑窗口；

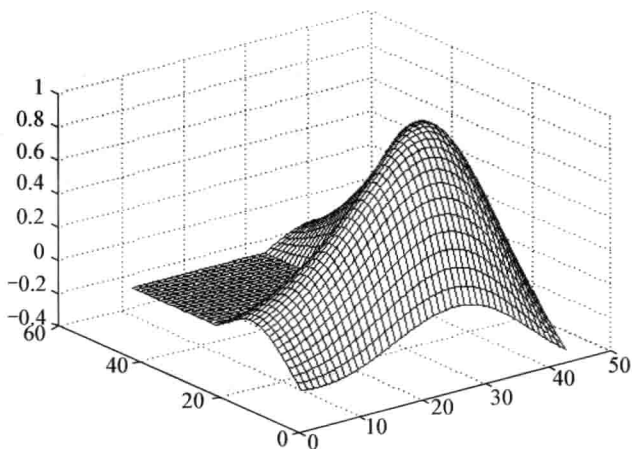


图 1—6 MATLAB 徽标图形

- (2) 在编辑窗口逐行输入 MATLAB 命令或语句，并保存为程序文件；
- (3) 在命令窗口输入程序文件名并运行，命令窗口输出计算结果或图形窗口输出图形。

例 1—5 斐波那契数 斐波那契大约出生于 1170 年，大约于 1250 年在意大利的比萨去世，他旅行的足迹遍布欧洲和北非。他著有多本数学课本，此外还把阿拉伯数学表示引入欧洲。虽然他的书都是手抄本，但它们仍广为流传。斐波那契最著名的一本书是 *Liber Abaci*，出版于 1202 年，其中提出了下述问题：某人将一对兔子放于一个四周都是围墙的地方，如果假设每对兔子每个月生出一对兔子，且新生的兔子二个月后就能开始生育，那么一年之后由最初的那对兔子一共生出多少对兔子？

今天，这个问题的解称为斐波那契序列 (Fibonacci sequence)，或斐波那契数 (Fibonacci number)。现在研究斐波那契数已成为数学专业一个小的分支。

设 f_n 为过 n 个月后兔子的对数，最关键的一个事实是，月末兔子的对数等于月初兔子的对数加上由成熟兔子生育出来的兔子的对数，即

$$f_n = f_{n-1} + f_{n-2} \quad (n > 2).$$

初始条件是第一个月有 1 对兔子，第二个月有 2 对兔子，即

$$f_1 = 1, \quad f_2 = 2.$$

在 MATLAB 命令窗口输入 `edit` 命令并回车，弹出编辑窗口，在编辑窗口编写下面 M 文件 `fibonacci.m`，它能够生成包含前 n 个斐波那契数的向量，如图

1—7 所示。

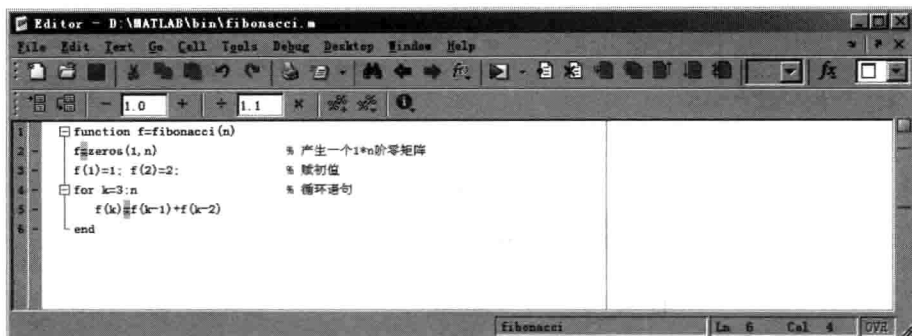


图 1—7 在程序编辑窗口输入程序代码

根据初始条件，在命令窗口输入下面的命令来计算一年后兔子的总对数，就得到斐波那契原始问题的答案，输入的命令为

```
fibonacci(12)
```

运行后的输出结果为

```
ans =
      1      2      3      5      8     13     21     34     55     89    144    233
```

最后的答案是 233 对兔子。

让我们再仔细看看程序 fibonacci(n)，这是创建 MATLAB 函数 M 文件的一个很好示例。第一行语句是

```
function f= fibonacci(n)
```

第一个单词“function”表明这是一个 M 文件，而不是一个命令脚本。本行剩下的内容说明，这个函数有一个输出量 f，一个输入参数 n，文件名和函数名必须相同。

1.2 向量与矩阵的创建与计算

矩阵是 MATLAB 中最基本的数据元素，向量是矩阵的特殊形式。向量是一维数组，矩阵是二维数组。本节将对向量与矩阵的创建和运算给出简单的介绍。

1.2.1 向量的创建与运算

向量又称一维数组，常用于表示一元函数的一组函数值。在计算数学函数时，将自变量作为输入数据，函数值作为输出数据。如果自变量是一维数组，则计算出的函数值也是一维数组。常见的向量创建方法主要有：直接输入法、冒号表达式法和一元函数计算法。

1. 直接输入法创建向量

创建向量最直接的方法就是在命令窗口中直接输入。格式上的要求是：向量元素需要用 “[]” 括起来，元素之间可以用空格、逗号或分号分隔。需要注意的是：用空格和逗号分隔生成行向量，用分号分隔生成列向量。

例 1—6 在命令窗口输入如下向量：

```
v=[1,2,3,4] u=[1;2;3]
```

显示结果为

```
v=
    1    2    3    4
u=
    1
    2
    3
```

2. 冒号表达式法创建向量

冒号运算符是 MATLAB 中的一个重要符号，它可以用于创建向量，或者和下标一起使用来引用向量或矩阵中的部分元素。使用冒号运算符创建向量的基本格式为：

$$x = x_0 : \text{step} : x_n$$

其中 x_0 ，step， x_n 分别是给定的数值， x_0 表示向量 x 的第一个元素的数值， x_n 表示向量的最后一个元素的数值限，步长 step 表示从第二个元素开始，元素数值大小与前一个元素数值大小的差值，步长可以为负值。具体见下面例子。

例 1—7 在命令窗口直接输入命令：

```
s=1:5 u=1:3:9
```

显示结果为