

南开大学经济类系列实验教材

MATLAB与 金融实验

张骅月 编著

南开大学经济类系列实验教材

MATLAB 与金融实验

张骅月 编著

中国财政经济出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 与金融实验/张骅月编著. —北京: 中国财政经济出版社, 2008. 9

南开大学经济类系列实验教材

ISBN 978 - 7 - 5095 - 0967 - 8

I. M… II. 张… III. 计算机辅助计算 - 软件包, MATLAB - 应用 - 金融学 - 高等学校 - 教材 IV. F830. 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 142192 号

责任编辑: 郑保华

责任校对: 李 丽

版式设计: 兰 波

封面设计: 郁 佳

中国财政经济出版社出版

URL: <http://www.cfeph.cn>

E-mail: cfeph@cfeph.cn

(版权所有 翻印必究)

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮政编码: 100142

发行处电话: 88190406 财经书店电话: 64033436

北京富生印刷厂印刷 各地新华书店经销

787 × 1092 毫米 16 开 23.75 印张 571 000 字

2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月北京第 1 次印刷

定价: 40.00 元

ISBN 978 - 7 - 5095 - 0967 - 8/F · 0798

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

本社质量投诉电话: 010 - 88190744

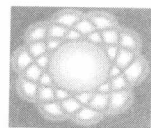
编委会

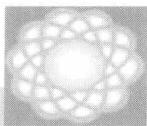
主 任：马君潞

副主任：李秀芳 何自力 沈亚平 侯文强

委 员：（按姓氏笔画排列）

马君潞	王群勇	关路祥	刘晓峰	华 钧
孙佳美	何自力	吴 浙	张骅月	张晓峒
攸 频	李冰清	李秀芳	沈亚平	邹 洋
周爱民	侯文强	赵胜民	涂宇清	秦海英
郭 玲	谢娟娟			





总 序

ZONGXU

南开大学经济学科多年来一直在探讨如何适应改革开放、如何根据理论与实践的发展进行教学改革,包括教学理念与教学内容的更新、教学方式与教学方法的创新。实验教学的内容和方法是教学改革多方面的具体体现。南开大学也为经济学科实验课程教学的开设提供了重要的物质保证,在整合相关资源的基础上投资建设的实验教学中心成为经济学科各专业本科生、硕士生、博士生实验教学和实践教学基地,是经济学科教学、科研和社会服务重要的基础支撑。

经过多年的建设与探索,南开大学经济学实验教学中心逐步建立起与学科发展和人才培养目标相适应、比较科学的实验教学体系,同时组织实验课程教师开发适合于不同专业、不同教学层次的实验课程,并在课程中广泛引入了演示法、案例法、模拟法、仿真法、棋块式沙盘规划法等教学方法。经过数年的积累,实验课程教师在教学的过程中组织学生自主研发教学软件,将科研成果注入实验教学体系,从而使科研成果与教学内容相结合,也使教学软件有了自我更新的能力。

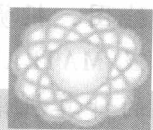
实验课程教材内容体现了实验课程教师多年来不断研究和实践的成果,也体现了南开大学经济学科对教学改革内容的探索。目前,实验教学已经成为经济学教学的重要组成部分。当然,无论是实验课程教材体系还是实验课程教学内容,都有待于根据理论与实践的发展,以及技术手段的提升不断更新和完善。

我们期待读者与同行的意见和建议。

马君潞

2008年5月于南开大学





序 言

XUYAN

近年来,计算机技术的突破,计算机的日益普及,优秀数学应用软件的开发,使得科学计算日益得到关注,并且发展的越来越快。作为具有科学计算、符号运算和图形处理等多种功能的强有力的工具 MATLAB 在业界得到了广泛的认可,并且被广泛应用到许多领域。在各大公司、科研机构 and 高校也得到了日益普及,因此 MATLAB 也得到了迅猛发展,功能不断扩充,几乎能满足所有的计算需求,已经成为最为普遍的科学计算工具之一。

在大学的教学过程中,要培养学生的理论与实践相结合的能力,必须在尽可能少的学时条件下,结合已学过的理论知识,使学生掌握一门计算软件。在我国, MATLAB 在各大专院校的应用日益普遍,而且许多专业已经把 MATLAB 作为基本的计算工具。最近,南开大学为学生开设了 MATLAB 语言与金融实验课,受到广大优秀学生的欢迎。事实说明, MATLAB 确实为金融计算提供了一个强有力的途径。

事实上,金融学是定性与定量相结合的学科,但是随着金融市场的发展与新型的金融产品的不断开发,定量分析变得越来越重要,尤其是在风险管理与投资组合管理的实务领域内,而且现在的客户对投资组合的管理软件的要求也越来越高。对于一个金融分析师而言,最起码应该具有对资产组合及金融工具进行定量分析能力。此外,解决资产定价与风险评估问题,也是定量分析的一个重要内容与方向。

MathWorks 公司顺应多功能需求之潮流,在其卓越数值计算和图示能力的基础上,又开发了具有功能强大的 MATLAB 工具箱,包括金融工具箱,该工具箱把金融学中遇到的问题转换为一个个模块,几乎包含了所有的金融计算问题。从金融时间序列工具箱到涵盖时间序列建模的 GARCH 工具箱,资产分配、投资组合的优化和风险分析的金融工具箱,证券类衍生产品及利率类衍生产品的定价及敏感度分析,期限结构的建模与分析的金融衍生产品工具箱到有价值证券固

定收益计算的固定收益工具箱等, MATLAB 中的金融工具箱, 不仅适合于金融学术研究, 而且也适合于金融实务工作者进行金融计算, 这些都展示了 MATLAB 强大的金融产品定价和风险管理的功能。

本书从应用角度出发, 通过大量的金融实例, 介绍如何应用 MATLAB 进行金融计算, 重点、详细地介绍时间序列的建模, 分析与时间序列的绘图, 投资组合分析, 金融衍生产品的定价与敏感度分析, 固定收益证券计算及 MATLAB 与 EXCEL 和 Word 的相互结合, 内容十分丰富, 读者只需具备基本的计算机语言基础知识和基本的金融学知识即可顺利阅读大部分内容。

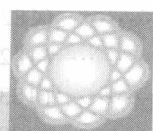
同时, 要感谢郭军义教授和周爱民教授对本书编写的大力支持, 他们的教诲和信任对我个人的成长起着不可替代的作用。还要感谢杨帆为本书的完成付出的辛勤劳动。

感谢科技部国家重点基础研究发展计划资助及“银行与保险业中风险模型与数据分析”项目(2007CB814905)和南开大学人文社会科学校内青年项目(NKQ07002)对本书中一些研究的资助。

由于时间仓促, 作者水平和经验有限, 书中错漏之处在所难免, 敬请各领域专家和广大读者批评指正, 我的电子邮箱是: hyzhang_69@163.com。

作者

2008 年 1 月于天津



目 录

MULU

第1章 MATLAB 简介	(1)
1.1 MATLAB 概述	(1)
1.2 MATLAB 产生的历史背景	(2)
1.3 MATLAB 的语言特点	(3)
1.4 MATLAB 在金融行业中的应用	(3)
第2章 MATLAB 的数值计算	(5)
2.1 金融学中的矩阵函数	(5)
2.2 矩阵元素	(8)
2.3 矩阵的运算	(12)
2.4 向量运算	(18)
2.5 矩阵的输入	(21)
2.6 MATLAB 的关系和逻辑运算	(24)
2.7 插值与拟合	(32)
2.8 MATLAB 的帮助功能	(38)
附录: MATLAB 常用的数学函数	(41)
第3章 金融时间序列	(45)
3.1 金融时间序列的创建	(45)
3.2 金融时间序列的使用	(59)
3.3 金融时间序列的运算	(82)
3.4 日期的处理和转换	(85)
3.5 金融时间序列的用户图形界面	(100)
3.6 时间序列建模	(116)
附录: 一、金融时间序列对象函数	(146)
二、GARCH 工具箱函数	(148)

第4章 投资组合分析	(150)
4.1 投资组合中的常用函数	(150)
4.2 投资组合的有效前沿	(158)
4.3 积极的投资回报和有效前沿的跟踪误差	(177)
第5章 金融衍生产品的定价模型	(182)
5.1 期权的类型	(182)
5.2 布莱克—斯科尔斯模型	(183)
5.3 二叉树模型	(189)
5.4 证券类衍生产品	(192)
5.5 利率类衍生产品	(208)
5.6 树图结构	(231)
5.7 投资组合的管理	(237)
附录：金融衍生产品工具箱常用函数	(258)
第6章 固定收益证券	(261)
6.1 现金流的分析与计算	(261)
6.2 固定收益证券产品	(269)
6.3 固定收益的敏感性	(296)
6.4 期限结构的计算	(300)
附录：固定收益工具箱常用的函数	(310)
第7章 MATLAB 绘图与金融数据的可视化	(312)
7.1 MATLAB 的图形窗口	(312)
7.2 图形对象及其句柄	(316)
7.3 金融时间序列的绘图	(319)
7.4 MATLAB 金融图表的 Demo 演示	(325)
7.5 金融时间序列绘图的修改	(328)
第8章 蒙特卡罗方法	(334)
8.1 随机变量的生成	(335)
8.2 资产收益相关性的 MC 模拟	(338)
8.3 蒙特卡罗方法模拟期权定价	(344)
8.4 蒙特卡罗模拟等价鞅测度	(345)
第9章 在 Word 环境下使用 MATLAB	(348)
9.1 Notebook 操作基础	(348)
9.2 单元的使用	(351)
9.3 输出格式控制	(353)
9.4 MATLAB 与 EXCEL 的数据连结	(354)
主要参考文献	(367)

MATLAB 简介

1.1

MATLAB 概述

MATLAB 是 Matrix Laboratory (矩阵实验室) 的缩写, 是美国 MathWorks 公司于 1984 年推出的一套高性能的数值计算和可视化软件。该软件是一种进行科学和工程计算的交互式程序语言, 其基本的计算元素是矩阵, 它的指令表达式与数学及工程中常用的形式十分相似, 故用 MATLAB 来解算问题要比用 C 与 FORTRAN 简捷得多, 而且更贴近人的思维方式。MATLAB 软件提供了一个开放式的集成环境, 用户可以运行系统所提供的大量命令, 包括数值计算、图形绘制等, 它使用方便、输入简捷、运算高效、内容丰富, 并且很容易由用户自行扩展。

MATLAB 拥有数百个内部函数的主包和三十几种功能各异的工具箱 (Toolbox)。工具箱又可以分为功能性工具箱和学科工具箱。功能工具箱用来扩充 MATLAB 的符号计算, 具有可视化建模仿真, 文字处理及实时控制等功能。学科工具箱的专业性比较强, 例如, 统计工具箱、信号处理工具箱、优化工具箱和金融工具箱等都属于此类。开放性使 MATLAB 广受用户欢迎, 这也可以非常容易地对 MATLAB 的功能进行扩充。经过 MathWorks 公司的不断完善, 时至今日, MATLAB 已经发展成为适合多学科、多种工作平台的功能强大的大型软件。目前 MATLAB 产品族可以用来进行: 数值分析、数值和符号计算、工程与科学绘图、控制系统的设计与仿真、数字图像处理、数字信号处理、通讯系统设计与仿真及财务与金融工程等。

1.2

MATLAB 产生的历史背景

MATLAB 的出现是和科学计算紧密联系在一起的。在 20 世纪 70 年代中期, 时任美国新墨西哥大学计算机科学系主任的 Cleve Moler 教授出于减轻学生编程负担的动机, 为学生设计了一组调用 LINPACK 和 EISPACK 库程序的“通俗易懂”的接口, 此即用 FORTRAN 编写的萌芽状态的 MATLAB。

经几年的校际流传, 在 Little 的推动下, 由 Little、Moler、Steve Bangert 合作, 于 1984 年成立了 MathWorks 公司, 并把 MATLAB 正式推向市场。从这时起, MATLAB 的内核采用 C 语言编写, 而且除原有的数值计算能力外, 还新增了数据图视功能。

MATLAB 以商品形式出现后, 仅短短几年, 就以其良好的开放性和运行的可靠性, 使原先控制领域里的封闭式软件包 (如英国的 UMIST、瑞典的 LUND 和 SIMNON、德国的 KED-DC) 纷纷淘汰, 而改以 MATLAB 为平台加以重建。在时间进入 20 世纪 90 年代的时候, MATLAB 已经成为国际控制界公认的标准计算软件。

20 世纪 90 年代初期, 在国际上 30 几个数学类科技应用软件中, MATLAB 在数值计算方面独占鳌头, 而 Mathematica 和 Maple 为符号计算软件的前两名。软件 Mathcad 因其提供计算、图形及文字处理的统一环境而深受广大中学生的欢迎。

MathWorks 公司于 1993 年推出 MATLAB4.0 版本, 从此告别 DOS 版。1995 年推出 4.2C 版 (for win3. X)。1997 年仲春, MATLAB5.0 版问世, 紧接着是 5.1、5.2 以及 1999 年春的 5.3 版。与 4. X 相比, 现今的 MATLAB 拥有更丰富的数据类型和结构、更友好的面向对象、更快更美的可视图形、更广博的数学和数据分析资源及更多的应用开发工具。MATLAB 5. X 较 MATLAB 4. X 无论是界面还是内容都有长足的进展, 其帮助信息采用超文本格式和 PDF 格式, 在 Netscape 3.0 或 IE 4.0 及以上版本, Acrobat Reader 可以方便地浏览。2000 年, 该公司推出了 MATLAB 6.0 版本, 从此 MATLAB 拥有了强大的、成系列的交互式界面。2004 年, MATLAB 7.0 版本被推出, 该版本针对编程环境、代码效率、数据可视化、数学计算等方面进行了升级。2007 年 3 月, MathWorks 公司推出了 MATLABR2007, 该产品实现了一次技术层面的飞跃。

时至今日, 经过 MathWorks 公司的不断完善, MATLAB 已经发展成为适合多学科、多种工作平台的功能强大的大型软件。在国外, MATLAB 已经经受了多年考验。在欧美等高校, MATLAB 已经成为线性代数、自动控制理论、数理统计、数字信号处理、时间序列分析、动态系统仿真等高级课程的基本教学工具, 成为攻读学位的大学生、硕士生、博士生必须掌握的基本技能。在设计研究单位和工业部门, MATLAB 被广泛用于科学研究和解决各种具体问题。在国内, 特别是工程界, MATLAB 一定会盛行起来。可以说, 无论从事工程方面的哪个学科, 都能在 MATLAB 里找到合适的功能。就其影响而言, 至今仍然没有一个其他的计

算软件可与 MATLAB 匹敌。

1.3

MATLAB 的语言特点

MATLAB 之所以能如此迅速地普及并显示出如此旺盛的生命力,是由于它有着不同于其他语言的特点。MATLAB 最突出的特点就是简洁。MATLAB 用更直观的、符合人们思维习惯的代码,代替了 C 和 FORTRAN 语言的冗长代码。MATLAB 给用户带来的是最直观、最简洁的程序开发环境。MATLAB 语言的主要特点如下:

1. 语言简洁,使用灵活,提供丰富的库函数。MATLAB 程序书写形式自由,用户可以利用丰富的库函数避开复杂的子程序编程任务,减少了一切不必要的工作。与其他高级程序相比, MATLAB 语言的缺点是程序的执行速度较慢。
2. 运算符丰富。由于 MATLAB 是用 C 语言编写的, MATLAB 提供了和 C 语言几乎一样的运算符,用户灵活使用 MATLAB 的运算符将使程序变得极为简短。
3. MATLAB 既具有结构化的控制语句(如 for 循环, while 循环, break 语句和 if 语句),又有面向对象编程的特性。
4. 程序限制不严格,程序设计自由度大。例如,用户使用 MATLAB 时无需对矩阵预定义就可使用。
5. 程序的可移植性很好,基本上不做修改就可以在各种型号的计算机和操作系统上运行。
6. 强大的绘图功能。在 FORTRAN 和 C 语言里,绘图都很不容易,但在 MATLAB 里,数据的可视化非常简单。MATLAB 还具有较强的编辑图形界面的能力。
7. 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。
8. 功能强大的工具箱。

1.4

MATLAB 在金融行业中的应用

诞生于 1984 年的 MATLAB,它是一种科学计算语言和应用开发平台,全球有超过 50 万个工程师和科学家以及 2000 家金融公司正在使用 MATLAB 进行工作。受到欧美地区多家国际知名财务投资机构如: Goldman Sachs、Morgan Stanley、Merrill Lynch 及一流商管学院如: Wharton School of Business、Harvard Business School、Stanford 所高度推崇的 MATLAB,在金



融专业领域已经逐渐成为金融模型开发及金融理论分析的主流工具软件。

金融计算是金融从业人员的基本技能，大的投行、基金公司、金融研究机构越来越看重 MATLAB 等软件解决金融问题的能力。MATLAB 有十分强大的计算功能，在金融学的运用越来越多，学界、业界也比较认可，很多大的证券公司、基金公司都用它来做分析。在过去的五年时间里，MathWorks 在 MATLAB 中增加了很多专门的工具，提供给金融专业人员，用来开发相关模型，包括：金融时序分析、基于 GARCH 模型的波动性分析、投资组合优化和分析、债券价格、收益和敏感度分析、资产配置、期权价格和敏感度分析、现金流分析、风险管理、预测和模拟、利率曲线拟合和期限结构建模、Monte Carlo 模拟等。除此之外，MathWorks 公司专门为解决问题开发了一些专门程序包，即 MATLAB 中的金融工具箱，包括：金融工具箱（Financial Toolbox）、Datafeed 工具箱、金融衍生物工具箱（Financial Derivatives Toolbox）、固定收益工具箱（Fixed - Income Toolbox）、GARCH 工具箱、金融时间序列工具箱（Financial Time Series Toolbox）、优化工具箱（Optimization Toolbox）和统计工具箱（Statistics Toolbox）等。

为推动 MATLAB 软件进行金融实验计算的进展，本书的主要内容包括 MATLAB 的基本函数介绍、金融工具箱的使用、金融作图、MATLAB 和 EXCEL 的数据交换、固定收益计算、金融时间序列分析等等。金融专业人员也可使用 MATLAB 以及相关产品，对数据进行分析、创建预测、评估风险、开发优化策略、计算价格、确定现金流等。新型金融产品的设计与风险管理都离不开金融软件的支持，目前的软件很多，像 MATLAB、C++、Fortran、Mathematic 等它们功能不一样，而且每种语言各有其优点。相对来讲，MATLAB 比较适合金融工作者，虽然比 C++ 运算速度慢，但是程序编写非常简单、干净、简洁不啰嗦，非常易于学习，而且 MATLAB 是以矩阵运算为基础，有利于培养对矩阵的运算能力。本书的内容比较实用，例如，把 MATLAB 与 EXCEL 结合起来实现数据的交换，为 EXCEL 提供强大的计算后台支持，把复杂的运算交给 MATLAB，可以让初学者很快体会到方便与快捷。

MATLAB 的数值计算

MATLAB 具有强大的矩阵运算和数组运算的功能,利用这些功能我们可以非常方便地进行科学和工程等的计算。MATLAB 能够成为世界上最优秀的数学软件之一,和它出色的数值运算能力是分不开的。MATLAB 在数值运算过程中以数组和矩阵为基础。数组是 MATLAB 计算中一个重要的数据组织形式。按其维数,可以分为一维数组、二维数组和多维数组。矩阵则是 MATLAB 的基本计算单元。本章集中介绍 MATLAB 的矩阵运算、数组运算、关系运算、逻辑运算和一些常用的操作命令。

2.1

金融学中的矩阵函数

许多金融分析与计算都与数集是分不开的。例如,一个具有不同价格和收益的证券组合。MATLAB 软件能更快、更容易并且更自然地处理这些数集。而矩阵、矩阵函数和矩阵代数等是金融分析师们分析数集及它们之间关系最有效的办法。MATLAB 中的大多数运算可以直接对矩阵应用。除了算术运算 $+$ 、 $-$ 、 $*$ 、 $\wedge$ 、 $/$ 、 $\backslash$ 外,还有用于转置、共轭运算符、有理数运算符和逻辑运算符。

2.1.1 矩阵

满足数学运算的由数字或代数量构成的一个长方阵列。

在 MATLAB 中,一个矩阵可以是数学意义上的矩阵,也可以是标量或者向量。对于一个标量可以作为 1×1 矩阵,而向量(一行或者一列)可以作为 $1 \times n$ 或 $n \times 1$ 矩阵。一个 0×0 矩阵被认为是空矩阵。我们总把 m 行 n 列的矩阵记为 $m \times n$ 矩阵。

矩阵可以通过以下几种不同的方式输入到 MATLAB 中:(1)直接列出矩阵的元素;(2)通过语句和函数产生;(3)建立在 M 文件中;(4)从外部数据文件中输入。

下面我们简单介绍前两种方法。

(1) 直接输入矩阵。对于较小的简单矩阵,从键盘上直接输入是最简单、最常用的数组矩阵的创建方法。

【例 2-1】 我们用一个 2×3 矩阵表示两种具有不同票面价值、息票率和息票支付频率的债券。

在 MATLAB 的 Command 窗口的提示符 (`>>`) 之后,通过键盘直接输入矩阵数据:

```
>> Bonds = [1000 0.06 2; 500 0.055 4] % 以“;” 隔开两行元素
```

当按下 Enter 键时,屏幕上就会显示出结果:

```
Bonds =
```

```
1000    0.06    2
 500    0.055   4
```

注意: 矩阵各行中的元素用空格或逗号分隔,行与行之间用分号分隔。另外整个矩阵必须包含在方括号 `[]` 中。

(2) 由函数创建和修改矩阵。MATLAB 提供了大量的函数用于创建一些常用的特殊矩阵。

例如,调用函数 `eye` 可以生成单位矩阵,调用方式为:

`eye (n)` % 表示生成 $n \times n$ 阶单位矩阵。

`eye (m, n)` % 表示生成 $m \times n$ 阶单位矩阵。

【例 2-2】 生成一个 5 阶单位阵。

在 MATLAB 的 Command 窗口中键入 `eye (5)`,当按下 Enter 键时,屏幕上就会显示出结果:

```
ans =
```

```
1    0    0    0    0
0    1    0    0    0
0    0    1    0    0
0    0    0    1    0
0    0    0    0    1
```

除此之外,用户调用函数 `eye` 还可以生成与给定矩阵相同阶数的矩阵。

【例 2-3】 生成与例 2-1 的矩阵 Bonds 相同阶数的单位矩阵。

在 MATLAB 中输入如下命令:

```
>> Bonds = [1000 0.06 2; 500 0.055 4]; % “;” 表示不显示结果。
```

```
>> eye (size (Bonds))
```

```
ans =
```

```
1    0    0
0    1    0
0    0    1
```

下面我们列出常用特殊矩阵的生成函数,如表 2-1 所示。

表 2-1

常用特殊矩阵的生成函数

函数名称	函数功能
<code>eye(m,n)</code>	产生 m 行 n 列的单位矩阵
<code>zero(m,n)</code>	产生 m 行 n 列的零矩阵
<code>ones(m,n)</code>	产生 m 行 n 列的元素全为 1 的矩阵
<code>randn(m,n)</code>	产生零均值、单位方差的正态分布的随机矩阵
<code>rand(m,n)</code>	产生 m 行 n 列的在 0~1 之间的均匀分布随机数矩阵
<code>company(A)</code>	矩阵 A 的伴随矩阵
<code>magic(n)</code>	n 维 Magic 矩阵(该矩阵中的元素为整数,而且每行、每列、对角线元素之和相等)
<code>ones(size(A))</code>	建立一个和矩阵 A 同样大小的 1 矩阵
<code>eye(size(A))</code>	建立一个和矩阵 A 同样大小的单位矩阵
<code>diag(X,k)</code>	生成一个 $(n + \text{abs}(k)) \times (n + \text{abs}(k))$ 维的矩阵,该矩阵的第 k 条对角线元素取自向量 $Z(1 \times n)$,其余元素都为零
<code>length(A)</code>	取矩阵 A 的行数或列数的最大值 n
<code>[m,n] = size(A)</code>	取矩阵 A 的行数 m 和列数 n
<code>diag(A)</code>	取矩阵 A 的对角部分,其中,三角矩阵包含对角部分
<code>tril(A)</code>	取矩阵 A 的下三角部分,其中,三角矩阵包含对角部分
<code>triu(A)</code>	取矩阵 A 的上三角部分,其中,三角矩阵包含对角部分

注意: (1) 对于矩阵的创建,建立 1 矩阵使用 `ones` 命令,这种矩阵的元素全部都是 1。相应的建立 0 矩阵使用 `zero` 命令,这种矩阵的元素全部都是 0。单位矩阵的对角线元素全部是 1,而其他元素全部是 0。建立单位矩阵使用 `eye` 命令,而 `eye` 命令只能用来建立二维矩阵。在矩阵乘方运算中, n 阶的单位矩阵就相对应于在标量运算中的数字 1。另外,在 MATLAB 中对空矩阵的定义是 $A = []$ 。

(2) 当 A 为向量时, $n = \text{length}(A)$ 为 A 的维数。

2.1.2 向量

仅有一行或一列的矩阵,被记为 $1 \times n$ 或 $n \times 1$ 矩阵。向量可以通过以下两种方式输入到 MATLAB 中:

(1) 冒号运算符生成向量。例如,生成一个从 0 到 π 的行向量,步长为 $\pi/4$ 。

在 MATLAB 中键入:

```
>> x = 0 : pi/4 : pi
```

```
x =
```

```
0    0.7854    1.5708    2.3562    3.1416
```

(2) 线性等分函数等分建立向量。

① `linspace(n1,n2)` % 包括 $n1$, $n2$ 元素,生成 100 维向量

② `linspace(n1,n2,n)` % 包括 $n1$, $n2$ 元素,生成 n 维向量

与 `linspace` 相似的函数 `logspace`,用来创建等比数列。

③ `logspace(n1,n2,n)` % n 的默认值为 50,起点为 10^{n1} ,终点为 10^{n2} ,生成 n 维等比数列

例如, 在 MATLAB 中输入如下代码:

```
>> y = linspace (1, 100, 6) % 起始值 1, 终止值 100, 元素数目 6
```

```
y =
```

```
1.0000 20.8000 40.6000 60.4000 80.2000 100.0000
```

注意: 这种方式通常用在绘图中区间的分割。

```
>> logspace (0, 2, 11) % 生成 11 维的初始值为 1, 终止值为 100 的等比数列
```

```
ans =
```

```
Columns 1 through 8
```

```
1.0000 1.5849 2.5119 3.9811 6.3096 10.0000 15.8489 25.1189
```

```
Columns 9 through 11
```

```
39.8107 63.0957 100.0000
```

【例 2-4】 生成一个 1×4 的现金流向量。

在 MATLAB 的 Command 窗口中, 通过键盘直接输入数据:

```
>> Cash = [1600 3680 5280 -1299];
```

最后, 用户还可以由多个向量生成矩阵。

例如, 由下列向量 x 、 y 、 z 生成一个矩阵 A 。

在 MATLAB 中输入下列命令:

```
>> x = (0:0.2:1.0)'; % 生成向量 x, y, z
```

```
>> y = exp(-x) .* sin(x);
```

```
>> z = (1:size(x))';
```

```
>> A = [x,y,z] % 向量 x、y、z 之间也可用空格隔开
```

```
A =
```

```
0 0 1.0000
```

```
0.2000 0.1627 2.0000
```

```
0.4000 0.2610 3.0000
```

```
0.6000 0.3099 4.0000
```

```
0.8000 0.3223 5.0000
```

```
1.0000 0.3096 6.0000
```

2.1.3 标量

一个 1×1 矩阵, 也就是一个数。

2.2

矩阵元素

在 MATLAB 中, 矩阵的元素可以是数字或表达式、行(列)向量或者另一个矩阵, 使