

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

大学数学

数学实验

萧树铁 主编

姜启源 何青 高立 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

(京)112号

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果,是面向 21 世纪课程教材。本书通过 13 个实验及预备实验介绍数值计算、优化方法和数理统计的基本原理、有效算法及其软件实现。书中提供若干经过简化的实际问题,让读者选择数学方法及合适的数学软件,在计算机上完成数学建模、求解及结果分析的全过程。适合于学习过微积分、线性代数、概率论的读者进一步提高利用数学工具和计算机技术分析解决实际问题的能力。

本书可作为高等学校理工科各专业教材,也可供其他各类专业人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

数学实验/萧树铁主编. - 北京:高等教育出版社,
1999

ISBN 7- 04- 006982-2

I. 数… II. 萧… III. ①数学-实验②计算机应用-数学
IV. 01-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 29839 号

大学数学 数学实验

萧树铁 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010—64054588

传 真 010—64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 国防工业出版社印刷厂

纸张供应 山东高唐纸业集团总公司

开 本 787×960 1/16

版 次 1999 年 7 月第 1 版

印 张 24.75

印 次 1999 年 7 月第 1 次印刷

字 数 450 000

定 价 25.90 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

序 言

长期以来,我国高等学校各类非数学专业的数学基础课都限于以微积分为主要内容的“高等数学”。面临 21 世纪各门知识的相互渗透和自身加速更新的形势以及全面提高人才素质的需要,数学的作用将显得日益重要。而作为高等学校数学基础课的作用,除了作为各门学科的重要工具以外,它在提高人才全面素质中起着重要作用的培育理性思维和审美功能方面也应得到充分的重视。这就需要一部与之相适应的教材。

这套“大学数学”教材是在前国家教委“面向 21 世纪教学内容和课程体系改革”研究课题的支持下完成的。共有五本:《一元微积分》、《多元微积分及其应用》、《代数与几何》、《随机数学》与《数学实验》。我们认为它们是 21 世纪高级人才应该普遍具备的数学基础。希望学生通过对它们的学习,能使他们在掌握数学工具、提高理性思维和审美素质以及获取新知识的能力诸方面打下一个良好的基础。这种要求应该对任何专业都一样,只是在深度上及侧重的方面可能会有些区别。

在现行的《高等数学》中,微积分和数学分析之间的关系一直是一个难以处理的问题。19 世纪以前的微积分,以它的直观性和不断扩展的应用显示了数学的威力,但同时也暴露出其缺乏严格逻辑基础的缺点。诞生于 19 世纪的数学分析则以其逻辑的完美显示了数学的理性精神。这两个方面在教材中如果结合得好,可以激发初学者对数学的兴趣;但如果结合得不好,则很可能失去两者的活力而形成一堆枯燥的形式推理和繁琐的计算。在本书中我们力图按其本来的面目来编写,把一元微积分分为两部分:前一部分注重直观,着重训练应用和运算,后一部分则着重培育理性思维。

《多元微积分及其应用》的应用内容包括复变函数、微分几何及常微分方程。

《代数与几何》的代数部分基本上是线性代数,其内容也可分为两部分:一部分是以算法为主的求解一般线性方程组的内容;另一部分则主要研究线性空间及其上的线性映射。由于后者是前者的理论框架,而且它已成为近代数学普遍使用的基本语言,因此本书在集合、关系、运算、代数结构之后,较快地进入后者的讨论;并且通过数值表示把两者结合起来。

至于几何,尽管它在古希腊及 19 世纪有其辉煌的历史,在本世纪后半叶也进入了数学研究的主流行列,但近 50 年来,在我国高校的数学基础课中,却一直被压

缩到只剩下一点空间解析几何。这对培养学生的形象思维及理性思维的习惯极为不利。本书除了在多元微积分应用中加上古典微分几何基础(曲线和曲面)以外,在几何部分则增加了“仿射及射影几何”及非欧几何的两个初等模型。

本世纪后半叶以来,人们对事物认识演化的表现之一是从单纯的确定性思维模式进入确定—随机性模式。这一趋势还在发展,在高校数学教学中已受到广泛的关注。我们提出把《随机数学》正式列入基础课。本书内容的重点是通过几个典型范例的讨论,使学者学会描述与表达随机性及随机变化的过程,即集中于对随机模式认识的训练。

在这套系列教材中《数学实验》有其独特性。它的知识内容包含数值方法、统计计算和优化计算的基本概念和初等方法,其目的是为学生自己动手解决问题提供必要的数学知识和软件平台。这是一门以学生独立动手,教师起辅导作用的课程,这类课程的教材如何编写,本书只是一种尝试。

以上是这套教材的一个简要介绍。这套教材既是一个统一的整体,各部分之间又有相对的独立性,可以独立讲授。在内容方面,它包含了现行的高等数学、线性代数、复变函数、微分方程、微分几何、数值分析、概率统计、优化计算等课程最基本的内容,而总学时则大为减少。我们在清华大学几个班的试验表明:全部讲完上述内容所需的学时大约为 340 左右。除数学实验外,如果再减掉一些内容,280 学时左右也是可以的,可由教师灵活掌握。

这套教材在有些大段落后面,附有一段“评注”,主要讲述这一段的重要思想和可能的发展,为有兴趣的学生进一步学习数学开一点小小的窗口。

大凡一本可用的教材,往往有两种写法:尽量多写一点,以便于教师选择;或尽量写少一点,以便于教师发挥。这套教材似乎偏于前者。原因是这是一个尝试,对习惯讲授传统“高等数学”的教师来说,对这套教材可能不太适应,也许需要多一些说明。

这套教材原有的基础是清华大学出版社 1995 年出版,萧树铁、居余马、葛严林等主编的三卷本《高等数学》。参与现在这套教材编写的有朱学贤、郑建华、章纪民、居余马、李海中、钱敏平、叶俊、姜启源、高立、何青等人。谭泽光、白峰杉、韩云瑞等同志为本书的编写作了大量的工作。高教出版社对本书的编写和出版始终给予热情的支持。

前面已说过,这套教材的编写是一个尝试。目的在于根据“百家争鸣”的精神,参与探索大学数学基础课在培养下一世纪高素质人才中所应起的作用,以及与之相适应的教材建设。我们衷心欢迎各方人士对这套教材评头论足,指出缺点和错误。如果这套教材能起到抛砖引玉的作用,我们就很满足了。

萧树铁

1999 年 6 月

前 言

在人们的传统观念里,学习数学只要有书、纸、笔就够了,怎么像学物理、化学一样要做实验呢。我们说,数学实验是计算机技术和数学软件引入教学后出现的新事物,是数学教学体系、内容和方法改革的一项尝试。

数学实验强调以学生动手为主,在教师指导下用学到的数学知识和计算机技术,选择合适的数学软件,分析、解决一些经过简化的实际问题。本书是为开设数学实验课程编写的一本教材。

首先我们想对为什么要开设数学实验课程谈几点看法。

数学教育在整个人才培养过程中的重要性是人所共知的。从小学到大学数学一直是一门主课,讲的、练的、考的主要是定义定理、公式计算,不妨统称为“算数学”。对于将来要以数学为工具解决各种实际问题的学生来说,当然需要准确、快捷的计算和严密的逻辑推理,即要学好“算数学”。但是,面临一个实际问题,在计算、推理之前首先要用数学语言描述它,建立数学模型,在得到模型的解之后还要结合实际进行分析、检验、修正,可以将这些工作称为“用数学”。传统的数学教学体系和内容侧重于前者,对于后者的训练是远远不够的。十几年来许多学校相继开设的数学建模课程,和目前蓬勃开展的全国大学生数学建模竞赛,是培养学生“用数学”能力的有益尝试,受到同学们的热烈欢迎和教育界的充分肯定。开设数学实验课可以说是在总结开展数学建模教学和竞赛活动的基础上,为进一步提高学生“用数学”能力而进行的又一数学教改试验。

计算机技术和数学软件的飞速发展这样的试验提供了物质条件。过去教学中训练学生用数学工具解决一个哪怕是经过简化的实际问题,不要说手工计算,即使用高级语言编程也要占用不少的学时,给开设用数学解决实际问题的课程带来很大困难。随着计算机强大的运算功能、图形功能的开发和应用方便的数学软件的不断升级,使学生不仅能在很短时间内自由地选择软件、比较算法、分析结果,而且能在屏幕上通过数值的、几何的观察、联想、类比,去发现解决问题的线索,探讨规律性的结果。开设数学实验课正是要充分利用计算机技术提供的有利条件,加强学生自己动手和独立思考的能力。

长期以来,内容多、负担重、枯燥乏味、学生学习积极性不高,一直困扰着

大学数学教育,与此形成鲜明对照的是受大环境支配的计算机热。由同学自己动手,用他们熟悉的、喜欢“玩”的计算机解决几个经过简化的实际问题,让学生亲身感受到用所学的数学解决实际问题的酸甜苦辣。“做然后知不足”,在培养学生独立解决问题的同时,激发他们进一步学好数学的愿望,促成数学教学的良性循环,开设数学实验课是朝着这个方向前进的一种努力。

以上几点不妨看作我们开设数学实验课程和编写这本教材的指导思想。

几年前设置数学实验课的构想一出现,立即在数学教育界引起反响,在教育部立项的面向 21 世纪高校非数学专业数学教学体系和内容改革的总体构想中,把“数学实验”列为数学基础课之一。1998 年清华大学、北京大学、北京师范大学共同组织了一个课题组,在萧树铁教授指导下,三校各抽一个班,开出了两期数学实验课程(每期一学期),本书就是在这两次教学实践的基础上编写的。

数学实验课的对象主要是大学二年级学生,他们已经学完了微积分、代数与几何和随机数学,其它数学后续课程尚未学习。遵循上述指导思想,考虑到二年级学生已经掌握的数学知识,我们为这本教材的内容拟定了以下几条原则:

1. 介绍一些最常用的解决实际问题的数学方法,包括数值计算、优化方法、数理统计和计算机模拟的基本原理和算法,一般不讲证明,基本上不作笔头练习;

2. 选择一个合适的数学软件平台(本书选择了 MATLAB),基本上能够方便地实现上述内容的主要算法;

3. 用数学建模为线索贯穿整个课程,从建模初步练习开始,以建模综合练习结束,对上述每一部分数学内容也都从实际问题引入,并落实于这些问题的解决;

4. 精心安排学生的实验,学生自己动手在计算机上作题的时间和条件必须保证,建议讲课与实验的学时比例至少为 1:2。

按照这些原则本书共有 14 个实验:数值计算 5 个,优化方法 2 个,数理统计 3 个,计算机模拟 1 个,数学建模 2 个,还有 1 个学习使用 MATLAB 的预备实验。这些实验基本上相互独立(仅实验 7 和 8,9 和 10,及 9 和 11 有前后顺序),教师可针对具体情况选用。每个实验大体上按如下次序编写:概述,几个简化的实际问题,数学知识(基本原理、主要算法、软件实现等),实际问题的求解过程,布置实验内容,补充知识(数学知识的拓广,供参考)。一个实验的基本内容可在 4 学时左右讲完。供学生自己动手的实验内容比较丰富,除了数学式子计算题外,有足够的实际问题供学生和教师选择,部分题目备有参考答案或提示。实验报告应该是评定学生成绩的主要依据,对报告要提出明确要

求,如实际问题应给出分析、假设和建模,算法选择和计算机实现,计算结果分析及检验等。

在这门课的教学实践和这本教材的编写过程中,一直遇到它与后续课程的关系、数学方法和软件的关系等问题。我们认为,数学实验虽然会牵涉到诸如数值计算、优化方法、数理统计和数学建模等内容,但是它并不是要代替(也代替不了)这些课程,它只要求学生会用,而不涉及这些课程的理论体系和结构。当然,在学生已经掌握了用数学软件实现其中一些算法,并以此解决了一些实际问题之后,这些课程的内容也会进行相应的改革。同时也不排除有些学校、有些专业,或一部分同学认为数学实验的内容已经够用,不必再学习那些后续课程了。我们还认为,不能简单地说这门课是以数学为主,还是软件为主,它的主要目的不在于传授某些知识,而要求在数学知识、建模能力和软件实现的结合上下功夫,培养学生动手解决实际问题的兴趣和能力。

对于数学实验这样一门新课,编写一本合适的教材是非常必要又是十分困难的,可以直接参考的资料不仅国内没有,国际上也很少见。以“数学实验”命名的书籍国内外虽有几本,但其目的和内容与我们设计的有较大的区别。为了教学的需要我们在较短的时间内出版这本教材,缺陷是不可避免的,恳请广大读者指正。

· 本书实验 1~6、12~13 由姜启源编写,实验 9~11 和预备实验由何青编写,实验 7~8 由高立编写,最后由姜启源统稿。

本书的整个编写过程是在萧树铁教授的指导下完成的,最后他还审定了全书,李树芳、魏泽光、高惠璇、徐翠薇等参加讨论和提供了素材,徐蔚同学编写了部分附录和解答,在此一并表示衷心的感谢。

编 者

1999 年 6 月

目 录

预备实验	MATLAB 使用练习	(1)
§ 1	矩阵、数组与函数	(1)
§ 2	命令和窗口环境	(10)
§ 3	图形功能	(14)
§ 4	程序设计	(20)
§ 5	实验内容	(28)
实验 1	数学建模初步	(31)
§ 1	什么是数学建模	(31)
§ 2	几个数学建模实例	(34)
§ 3	数学建模的基本方法和步骤	(46)
§ 4	实验内容	(48)
实验 2	插值与拟合	(51)
§ 1	机床加工与给药方案	(53)
§ 2	三种插值方法	(55)
§ 3	曲线拟合的线性最小二乘法	(63)
§ 4	机床加工与给药方案(续)	(67)
§ 5	实验内容	(72)
§ 6	补充知识——插值、拟合与函数逼近	(74)
实验 3	数值积分与微分	(78)
§ 1	卫星轨道长度和射击命中概率	(78)
§ 2	数值积分	(80)
§ 3	数值微分	(88)
§ 4	卫星轨道长度和射击命中概率(续)	(90)
§ 5	实验内容	(93)
§ 6	补充知识	(95)
实验 4	常微分方程数值解	(102)
§ 1	单摆运动和食饵-捕食者模型	(102)
§ 2	欧拉方法和龙格-库塔方法	(105)
§ 3	单摆运动和食饵-捕食者模型(续)	(113)

§ 4	实验内容	(120)
§ 5	补充知识——收敛性和稳定性	(122)
实验 5	线性方程组的解法	(127)
§ 1	投入产出和输电网络	(127)
§ 2	求解线性方程组的直接法和迭代法	(130)
§ 3	投入产出和输电网络(续)	(139)
§ 4	实验内容	(143)
§ 5	补充知识——向量和矩阵的范数	(146)
§ 6	量纲分析	(151)
实验 6	非线性方程近似解	(160)
§ 1	疾病的传染和门的气压控制	(161)
§ 2	求解非线性方程的方法	(163)
§ 3	疾病的传染和门的气压控制(续)	(169)
§ 4	实验内容	(172)
§ 5	补充知识	(173)
实验 7	无约束优化	(180)
§ 1	经济增长模型和药物的吸收与排除	(181)
§ 2	无约束优化的基本方法	(184)
§ 3	MATLAB 优化工具箱	(189)
§ 4	经济增长模型和药物的吸收与排除(续)	(197)
§ 5	实验内容	(200)
§ 6	补充知识	(202)
实验 8	约束优化	(205)
§ 1	生产计划、投资策略与选址问题	(205)
§ 2	线性规划的基本原理和解法	(209)
§ 3	带约束非线性规划的基本原理和解法	(215)
§ 4	生产计划、投资策略与选址问题(续)	(223)
§ 5	实验内容	(229)
§ 6	补充知识——对偶原理和整数规划	(231)
实验 9	数据的统计描述和分析	(237)
§ 1	学生的身高和体重及胃溃疡病人的溶菌酶含量	(238)
§ 2	统计的基本概念	(240)
§ 3	参数估计	(248)
§ 4	假设检验	(252)
§ 5	实验内容	(258)

§ 6	补充知识	(260)
实验 10	方差分析	(264)
§ 1	灯泡寿命和小麦产量	(264)
§ 2	单因素方差分析	(266)
§ 3	双因素方差分析	(272)
§ 4	实验内容	(277)
实验 11	回归分析	(279)
§ 1	合金强度与商品销售量	(280)
§ 2	多元线性回归	(283)
§ 3	实验内容	(292)
§ 4	补充知识——非线性回归和逐步回归	(293)
实验 12	计算机模拟	(298)
§ 1	排队服务系统和随机存贮系统	(299)
§ 2	常用的几种概率分布及其产生	(309)
§ 3	模拟结果的分析与改进	(316)
§ 4	实验内容	(323)
§ 5	补充知识——M /M /s 模型和最优(s, S)策略	(325)
实验 13	数学建模综合练习	(330)
§ 1	水塔流量估计	(331)
§ 2	投资的收益和风险	(336)
§ 3	投篮的出手角度	(343)
§ 4	实验内容	(351)
附录	MATLAB 符号运算工具箱	(358)
	名词索引	(368)
	部分实验内容的提示和参考解答	(372)

预备实验 MATLAB 使用练习

MATLAB 是 MATrix LABoratory 的缩写,它将计算、可视化和编程功能集成在非常便于使用的环境中,是一个交互式的、以矩阵计算为基础的科学和工程计算软件. MATLAB 的特点可以简要地归纳如下:

- **编程效率高** 与 Fortran、C 等语言相比,它更接近我们通常进行计算时的思维方式,用它编程犹如在纸上书写计算公式,编程时间和程序量大大减少.

- **计算功能强** 它以不必指定维数的矩阵和数组作为主要数据对象,矩阵和向量计算功能特别强,库函数也很丰富,非常适用于作科学和工程计算.

- **使用简便** 其语言灵活、方便,将编译、连接、执行融为一体,在同一画面上排除书写、语法等错误,加快了用户编写、修改、调试程序的速度,计算结果也用人们十分熟悉的数学符号表示出来. 具有初步计算机知识的人几个小时就可以基本掌握它.

- **易于扩充** 用户根据需要建立的文件可以与库函数一样被调用,从而提高了使用效率,扩充了计算功能,它还可以与 Fortran、C 语言子程序混合编程.

此外,它还有很方便的**绘图功能**.

为了解决各种特殊的科学和工程计算问题, MATLAB 系统提供了许多个工具箱,我们将结合实验内容介绍**优化工具箱**和**统计工具箱**的用法, **符号运算工具箱**将在本书附录中作一简述.

作为预备实验,下面 § 1~ § 4 给出 MATLAB 简要的使用说明,一些特殊的程序将在以后的实验中介绍,要了解更多的内容请使用 MATLAB 在线帮助系统或参考有关书籍[1]~[3].

假定在您的计算机里已经安装了 MATLAB 4.0 以上版本的软件,那么请在 WINDOWS 程序管理器窗口下用鼠标双击 MATLAB 图标,就会产生一个 MATLAB 的命令窗口,现在您可以在这个窗口下参阅以下各节内容练习编程了.

§ 1 矩阵、数组与函数

MATLAB 的主要数据对象是矩阵,标量、数组、行向量、列向量都是它的

特例,最基本的功能是在进行矩阵运算, MATLAB 对于矩阵和数组的操作有一些特殊的规定.

1.1 矩阵的输入和运算

矩阵输入有多种办法:直接输入每个元素;由语句或函数生成;在 M-文件(以后介绍)中生成等.

1.1.1 矩阵的直接输入

MATLAB 中不用描述矩阵的类型和维数,它们由输入的格式和内容决定.小矩阵可以用排列各个元素的方法输入,同一行元素用逗号或空格分开,不同行的元素用分号或回车分开.如

```
»A = [1,2,3;4,5,6]↵    (»表示键入,↵表示回车,下同)
```

或

```
»A = [1 2 3;4 5 6]↵
```

或

```
»A = [1 2 3↵
      4 5 6]↵
```

都输入了一个 2×3 矩阵 A,屏幕上显示输出变量为

```
A =
    1    2    3
    4    5    6
```

矩阵中的元素可以用它的行、列数表示,例如(以下在回车符↵后直接给出屏幕上显示的输出)

```
»a = A(2,1)↵    (MATLAB 区分大小写字母,a 和 A 是不同的变量)
```

```
a =
    4
```

或者不指定输出变量, MATLAB 将回应 ans(answer 的缩写),如

```
»A(2,1)
ans =
    4
```

A 输入后一直保存在工作空间中,可随时调用,除非被清除或替代.

可以直接修改矩阵的元素,如

```
»A(2,1) = 7
A =
    1    2    3
    7    5    6
»A(3,4) = 1
```

```
A =
    1  2  3  0
    7  5  6  0
    0  0  0  1
```

原来的 A 没有 3 行 4 列, MATLAB 自动增加行列数, 对未输入的元素赋值 0.

1.1.2 函数生成的矩阵

MATLAB 提供了一些函数来构造特殊矩阵, 如

```
»w = zeros(2,3)  (2×3 零矩阵)
```

```
w =
    0  0  0
    0  0  0
```

»u = ones(3) (3×3 全 1 矩阵, 方阵只需输入行数, 这几个矩阵均如此)

```
u =
    1  1  1
    1  1  1
    1  1  1
```

```
»v = eye(3,4)  (3×4 对角线为 1 的矩阵)
```

```
v =
    1  0  0  0
    0  1  0  0
    0  0  1  0
```

```
»x = rand(1,3)  (1×3(0,1)均匀分布随机矩阵)
```

```
x =
    0.2311  0.8913  0.0185
```

还有 $m \times n$ 标准正态分布矩阵 `randn(m,n)`, n 阶 Hilbert 矩阵 `hilb(n)`, n 阶幻方矩阵 `magic(n)` 等.

1.1.3 矩阵的裁剪与拼接

从一个矩阵中取出若干行(列)构成新矩阵称为裁剪, MATLAB 中“:”是非常重要的裁剪工具, 如

```
»A(3,:)  (A 的第 3 行)
```

```
ans =
    0  0  0  1
```

```
»A(:,2)  (A 的第 2 列)
```

```

ans =
     2
     5
     0
»B = A(1:2,:)↙    (A 的第 1,2 行)
B =
     1     2     3     0
     7     5     6     0
»C = B(:,2:4)↙    (B 的第 2~4 列)
C =
     2     3     0
     5     6     0
»D = A(2:3,2:2:4)↙    (A 的第 2,3 行,第 2,4 列)
D =
     5     0
     0     1

```

请特别注意“:”的用法,想想

```
»A(1:2:3,4:-1:2)↙
```

应该有什么结果.

```
»D(:,1) = []↙    (删除 D 的第 1 列,[]为空集符号)
```

```

D =
     0
     1

```

将几个矩阵接在一起称为**拼接**,左右拼接时行数要相同,上下拼接时列数要相同,如

```

»E = [C,zeros(2,1)]↙
E =
     2     3     0     0
     5     6     0     0
»F = [A(1:2,:);eye(1,4)]↙
F =
     1     2     3     0
     7     5     6     0
     1     0     0     0
»G = [C,ones(2);9,F(1,:)]↙

```

```
G =
     2     3     0     1     1
     5     6     0     1     1
     9     1     2     3     0
```

1.1.4 矩阵的运算

MATLAB 中提供了下列矩阵运算符:

+ 加法; - 减法; ' 转置; * 乘法; ^ 乘幂; \ 左除; / 右除.

它们要符合矩阵运算的规律,如果矩阵的行列数不符合运算符的要求,将产生错误信息.这里只将左除和右除的用法叙述如下:

设 A 是可逆矩阵, $AX = B$ 的解是 A 左除 B , 即 $X = A \setminus B$ (当 B 为列向量时, 得到方程组的解); $XA = B$ 的解是 A 右除 B , 即 $X = B / A$.

还应注意标量与矩阵进行上述运算的含义, 请看

```
»E + 3
```

```
ans =
```

```
     5     6     3     3
     8     9     3     3
```

1.2 数组及其运算

一行或一列的矩阵是向量或数组, 在 MATLAB 中向量和数组虽然形式上一致, 却是两个不同的概念, 遵循不同的运算规则.

1.1.1 数组的输入

除了像 $1 \times n$ 矩阵 (行向量) 一样地输入外, 数组常采用 ":" 和函数 linspace 两种输入方式, 它们的用法可以从下面的例子知道.

```
»a = 1:5
```

(从 1 到 5 公差为 1 的等差数组)

```
a =
```

```
     1     2     3     4     5
```

```
»b = 1:2:7
```

(从 1 到 7 公差为 2 的等差数组, 如果输入 $b = 1:2:8$, 得到同样结果)

```
b =
```

```
     1     3     5     7
```

```
»c = 6:-3:-6
```

(从 6 到 -6 公差为 -3 的等差数组)

```
c =
```

```
     6     3     0    -3    -6
```

```
»b = [0:2:8, ones(1,3)]
```

(等差数组和行向量拼接)

```
b =
```

```
     0     2     4     6     8     1     1     1
```

```

>>linspace(0,1,9)↙    (从 0 到 1 共 9 个数值的等差数组)
ans =
    0  0.1250  0.2500  0.3750  0.5000  0.6250  0.7500  0.8750
1.0000

```

即

`linspace(a,b,n)`生成从 a 到 b 共 n 个数值的等差数组,公差不必给出.与它相仿的是

`logspace(a,b,n)`生成从 10^a 到 10^b 共 n 个数值的等比数组.

4 等分 π (MATLAB 中 π 的符号是 `pi`)的数组可以用这两种方式输入:

```

>>x=0:pi/4:pi↙
x =
    0  0.7854  1.5708  2.3562  3.1416
>>x=linspace(0,pi,5)↙
x =
    0  0.7854  1.5708  2.3562  3.1416

```

1.2.2 数组的运算

数组除了作为 $1 \times n$ 矩阵(行向量)遵循矩阵运算规则外,MATLAB 还为数组提供了一些特殊的运算:

. * 乘法;.^ 乘幂;. \ 左除;./ 右除.

通过下面的例子说明这些运算.

```

>>a=[1 2 3 4 5],b=[1 3 5 7 9],c=a.*b↙
a =
    1  2  3  4  5
b =
    1  3  5  7  9
c =
    1  6  15  28  45
>>d=a.^2,e=b.^a↙
d =
    1  4  9  16  25
e =
    1  9  125  2401  59049
>>f=a./b,g=a.\b↙
f =
    1.0000  0.6667  0.6000  0.5714  0.5556

```



```
g =
    1.0000    1.5000    1.6667    1.7500    1.8000
```

可以看出,数组运算是对应元素的运算.

1.3 语句、变量和表达式

1.3.1 语句形式

MATLAB 语句的一般形式为:

变量 = 表达式

若变量和“=”省略,则名为 ans 的变量自动建立.如果你输入一个语句并以回车结束,则在工作区中显示计算的结果;如果语句以分号“;”结束, MATLAB 只进行计算,不显示计算的结果.如果一个表达式太长,可以用续行号 ... 将其延续到下一行.此外,一行中可以写几个语句,它们之间要用逗号或分号分开.如

```
»a = [1 2 3 4 5];b = [1 3 5 7 9];
   c = a.*b, d = a*b', e = a'*b
```

```
c =
    1    6   15   28   45
```

```
d =
    95
```

```
e =
    1    3    5    7    9
    2    6   10   14   18
    3    9   15   21   27
    4   12   20   28   36
    5   15   25   35   45
```

1.3.2 变量

MATLAB 的变量由字母、数字和下划线组成,最多 31 个字符,区分大小写字母,第一个字符必须是字母.对于变量, MATLAB 不需要任何类型的说明或维数语句.当输入一个新变量名时 MATLAB 自动建立变量并为其分配内存空间.

MATLAB 有几个特殊的量:

pi 圆周率 π ; eps 最小浮点数; Inf 正无穷大,特指 $1/0$; NaN 不定值,特指 $0/0$; i, j 虚数单位.

请看

```
»a = [0 1 0], b = [1 0 0], c = a./b
a =
```