

MATLAB工程应用丛书



线性代数实践 及**MATLAB**入门

陈怀琛 龚杰民 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

MATLAB 工程应用丛书

线性代数实践及MATLAB入门

陈怀琛 龚杰民 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是根据“用软件工具提高线性代数教学”的指导思想,参照美国1992—1997国家科学基金项目ATLAST的思路,编写成的线性代数补充教材,其目的是补充我国现有教材的缺陷。它分为两篇,第一篇介绍线性代数所用的软件工具MATLAB语言,它可以作为教材,也可以作为手册使用;第二篇介绍线性代数实践。这一篇中包括三方面的内容,一是利用MATLAB的可视化功能,给线性代数中的概念赋予了几何形象;二是给线性代数中繁琐的计算提供了简明的算法和程序;三是给出了各个工程和经济领域中使用线性代数建模的大量实例以及其解的物理意义。读了这本书,可以把抽象、冗繁、枯燥的线性代数变成形象、简明、精彩的课程。

本书可作为大学本科线性代数的配套教材,也可作为广大理工、经管领域教师、工程师和研究生的参考读物。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

线性代数实践及MATLAB入门 / 陈怀琛, 龚杰民编著. —北京: 电子工业出版社, 2005.10

(MATLAB工程应用丛书)

ISBN 7-121-01860-8

I. 线… II. ①陈… ②龚… III. 软件包, MATLAB—应用—线性代数—教材 IV. O151.2-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第122278号

责任编辑: 顾慧芳

印 刷: 北京大中印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15.5 字数: 372千字

印 次: 2005年10月第1次印刷

印 数: 5000册 定价: 24.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

陈怀琛与龚杰民俩教授所编写的《线性代数实践与 MATLAB 入门》由科学计算软件 MATLAB 入门与线性代数实践两篇共九章所组成。书末有一个附录，对美国国家科学基金项目——“用软件工具增强线性代数教学 (ATLAST)”进行了简单的介绍。

线性代数是围绕求解线性方程组而发展起来的一门学问，它的基本概念有向量、行列式、矩阵、线性变换、特征值和线性空间等。解析几何是线性方程组的几何背景。随着线性代数的发展，人们发现，使用它的基本概念，许多学科和许多数学分支中的问题有了几何意义，或者几何意义更加丰富凸显，不少深入而复杂的题目可以用简捷的形式来表述；还有，借助于符号的可比性，常常能够启发人们发现有效的求解方法，即算法。在历史上，人们曾经研究过这样一个题目：如果只用直尺，不用圆规，能够解决哪些作图题？今天，在这里，也设想一个问题。如果不准使用线性代数的概念和理论，许多学科将会变得如何的支离破碎，达不到今日的深度。所以我们说不仅理工科专业，甚至大学的几乎所有专业中，线性代数是一门必修课，是一门基础课。

线性代数由理论和计算两部分所组成。

20 世纪 50 年代我国在理工科各专业开设线性代数课程时，以介绍理论部分为主。那时，人们已经认识到，线性代数有广泛的应用，但教材中往往限于讲授在二次型中的应用。这是因为当时计算机和编制相关程序的工作离我国的实际情况甚远。虽然已经认识到计算机能够快速高效地求解线性代数中的各种数字题目，教材中只能淡淡地指出这个方向而已。

改革开放以来，虽然提倡直接使用国外的教材（也就是说，采用国外的教学大纲），注意计算机的应用，提倡开设使用科学计算软件的数学实验课程，开设某些科学计算软件的师资培训班等等，但是除了使用国外教材外，还远没有改变各个课程，线性代数课依然是一片“宁静的沃土”。

现在的科学计算软件已经发展到使用非常方便、功能异常强大，一经使用，令人惊叹不已的地步，科学计算软件已经成为科学工作者的高级计算器，实验室和编写程序的良好环境。加上我国经济迅速发展，计算机极大普及。让大学各个专业的学生全都学会使用这些软件应该是刻不容缓的事情。

本书介绍了大量的实际应用题目，把科学计算软件和线性代数密切结合，充分利用软件的可视化功能产生的图形和动画，补充了现行教材的不足。它明显接受美国 ATLAST 计划所产生的先进成果影响，是一本有特色的配套教材；因此，它的出版无疑是非常及时的。值得指出的是，比照美国的实践，我国原有的教材内容和教学水平应该说是落后了十几年。

正在或者已经学过线性代数的人员（大学生，研究生，各方工程技术人员），定能从学习本书而加深理解线性代数和软件 MATLAB 这两门学问的知识以及它们之间的联系的重要性；从大量应用实际问题拓宽思路；每章末有足够练习题，可以从上机做实验中培养技能和乐趣，提高学习线性代数的积极性。

本书还可成为使用软件 Matlab 解决有关线性代数问题的人员的上机参考手册。

我赞成线性代数理论和实践两部分由同一个教师施教，并相信讲授线性代数的教师对于本书中的各个方面的内容，例如令人深思的学术观点，有趣的历史资料，众多有用的应用题，附录中介绍的美国学者的敬业精神、集体主义和工作经验等等，都会产生极大的兴趣。

使用本书时可能发生的困难有两点：

一是在增加不多的学时中，如何组织这个实验任务。按本书参考书目[1]，美国实施这门课程总共用 35 学时（他们也喊学时不够），可见理论和实际的结合可能产生事半功倍的效果，这当然有一个探索的过程。

二是少数教师可能对使用软件 MATLAB 进行教学感到困难。

我在过去二十多年的教学生涯中，曾经几次随班听课，读过，甚至随班参加考试过高级算法语言 PASCAL, C。虽然多次企盼自己能够编写某些程序，可是事情就那么困难，几个回合败下阵来，再加工作忙碌，无奈放弃，而后畏难情绪迟迟不能消去。近几年，为科研工作所迫，硬着头皮，熬！摸索三个月，算是开始能为我编制程序服务了。

科学计算软件和数学的关系非常密切。有人说大同小异。殊不知，许多时候，所编程序之所以通不过，错误就出在那些小异上。

毕竟是要进入一个崭新的学科，我们当然要认真学习；它既是一门科学，当然一定能够学会，而且那么多的人已经学会了。

今天的科学计算软件和算法语言已经大不一样。打一个不那么恰当的比喻：改革开放初期，曾经流行过一本英语教材，叫《英语会话 900 句》。它分成若干个部分，包含各个场合所常用的句子，问路，学习，买东西，还有开会等等。现在流行的科学计算软件也是这么一种模式，它们都有自己的“900 句”。由若干个函数库所组成，分别为各个任务提供种种函数和命令。当您拿起一个软件，首先按照教材中的例题，边读边在计算机上试算一些最基本的语句，以初步了解该软件的功能。当您学习线性代数时，无需全面熟悉其他各个分支的语句。随着学习的进程，每次学习三、四、五个语句，就能让计算机开始为您服务。当您掌握若干个语句之后，发现某些规律，学习不仅更加容易，而且延展到别的问题往往也能沿着同一思路得到解决。当您找不到现成的语句解决所提的题目，则需要组合若干基本语句来完成。为了我们的教学工作，也为了今后自身的科研工作，花一定时间来逐步掌握一两个科学计算软件，让它们成为自己的一个终生的学术助手和伙伴，无论如何都是值得的。我也是一名数学老师，即便在“熬”的日子里，也不断地从中得到许多的乐趣，现在，在我写书，算题，科研等工作的进程中，面对屏幕显示的结果，不时自言自语地惊叹说：“太好了！”深深感激科学计算软件给我的帮助。

本书作者陈怀琛教授是计算机科学、机械、电子和控制等学科的专家。具有丰富的教学实践经验和教学管理经验，对我国 21 世纪大学工科专业学生如何培养问题，有许多很有价值的见解。作者对当前国内外的工科线性代数课程的施教情况十分关心。龚杰民教授是软件专家，二十年前就出版了关于 C 语言的教材。他们不仅亲自执笔编写这本教材，还正面提出了具体改革的见解。听说西安电子科技大学领导已经决定教改立项，将由陈教授亲自负责使用本书书稿，先对该校全体线性代数教师组织培训研讨班，再点面结合地对部分一年级大学生用本教材进行施教。做有领导的试验，实在是一件大好事情。

祝这项工作成功！

秦裕瑗

2005 年 中秋节
于武汉科技大学

线性代数的重要性现在比过去任何时候都更加令人刮目相看。在 20 世纪后半期, 线性代数的应用继续扩大到了越来越多的新领域。它在数学课程中的角色已经上升到可与微积分相匹敌。线性代数的这种发展首先是由于人们所研究问题的规模愈来愈大, 愈来愈复杂, 牵涉的变量成百上千, 这样复杂的问题, 目前只能把变量之间的关系简化为线性才有可能求解。所以大规模的线性代数问题就成为热门的数学工具。除了上述的“需求牵引”之外, 线性代数发展的另一个动力是“技术推动”, 那就是计算机技术的推动。几十年来计算机硬件的飞速发展给线性代数的研究和教学提供了前所未有的空间和机遇, 线性代数课程教学上的许多新面貌、新方法都来自于计算机技术的新发展。

计算机如何推动了线性代数的应用

线性代数是一门应用性很强, 但又在理论上进行了高度抽象的数学学科。一方面, 中学生就学过了二元一次代数方程的解法, 代入法和消去法大概每个人都会记忆一辈子的, 这就是最简单的线性代数。当把方程的阶次提高到了三元一次以上时, 它不但要求较高级的抽象思维能力, 而且也要求用十分繁琐的计算步骤才能解决问题。对于数学家们来说, 他们重视前者, 这无可厚非; 但对于大多数工科学生, 他们更需要的是能应用它的理论, 指导完成实际的计算。事实上, 线性代数的那种单调、机械、枯燥的运算, 只是由于计算机的出现才赋予它在应用方面的生命力。

举一个典型的例子, Wassily Leontief 教授把美国的经济用 500 个变量的 500 个线性方程来描述。1949 年夏, 由于当时大学的计算机 (Mark II) 能力所限, 他把系统简化为 42 个变量的 42 个线性方程, 编程并用穿孔卡输入程序和数据就用了几个月, 最后计算机运行了 56 小时才求出了它们的解。当 Leontief 在 1973 年成为诺贝尔经济奖得主时, 这项工作以“第一个有实际意义的利用计算机求解大规模数学模型”列为其得奖的理由之一。他的成就和获奖成为了各国科学界用线性代数建立工程和经济模型的巨大动力, 推动了这门科学的迅速发展。可以看出, 离开了计算机, 线性代数在工程中就很难有用武之地。这也反映到美国的大学工科教育中, 表现为对这门课的日益重视。课堂上固然着重讲线性代数理论, 但同时给学生加上大作业或课程设计等实践环节。大学中的大型计算机也很大程度上支持了这门课中的实践环节, 使用的软件主要是 FORTRAN 或 COBOL 语言。线性代数的教学不能离开计算机是美国工科教育界的共识。

20 世纪 80 年代, 出现了个人计算机并迅速普及化。新的硬件也带动了新的软件, 出现了新颖的科学计算语言, 也称为数学软件, 因为它具有高效、可视化和有推理能力等特点, 故在大学教育和科学研究中, 已迅速地取代了 FORTRAN 和 BASIC 语言。这类软件中已商品化的有 MATLAB, MATHEMATICA, MATHCAD, MAPLE 等, 它们的功能大同

小异,但各有所长。目前在美国大学工科中,流行最广的是 MATLAB 语言。

MATLAB 是“矩阵实验室”(MATrix LABoratory)的缩写,它是一种以矩阵运算为基础的交互式程序语言,当然它特别适合于线性代数,并能更广泛地适应科学和工程计算及绘图的需求。与其他计算机语言相比, MATLAB 的特点是简捷和智能化,适应科技专业人员的思维方式和书写习惯,使得编程和调试效率大大提高。它用解释方式工作,键入程序立即得出结果,人机交互性能好,易于调试并为科技人员所乐于接受。特别是它可适应多种平台,并且随计算机软硬件的更新及时升级,因此 MATLAB 语言在国外的大学工学院中,特别是数值计算用得最频繁的电子信息类学科中,已成为每个学生必须掌握的工具。它大大提高了课程教学、解题作业、分析研究的效率。我们学习掌握 MATLAB,不仅可以直接帮助学习线性代数,而且也可以说是在科学计算工具上与国际接轨。

国内外线性代数教学的差距

从美国在线性代数教学中使用计算机的历史可以看出,个人计算机和科学计算软件的普及迅速推动了这门课程的教学方法改善,使得计算机的使用不限于大作业,也可以用于日常课程教学。他们的教学指导部门也作出了及时的反应,1992 年美国国家科学基金会(NSF)资助了一个 ATLAST 计划,ATLAST 是 Augment The Teaching of Linear Algebra through the use of Software Tools(用软件工具增强线性代数教学)的缩写。该计划在 1992 年到 1997 年六个暑期组织了十八个教师研讨班。共有来自各大学的 425 名教师参加。参加者接受了使用 MATLAB(也有少数老师用 Mathematica)软件包的训练,并研究如何利用此软件加强课堂讲课内容。在研讨班上,参加者对于本科的线性代数课程拟定新的计算机习题和大作业。用这些习题对暑期后的学年期间学校的班级进行测试,然后这些习题被放在一个数据库内,并被选入一本名为 ATLAST MANUAL 线性代数计算机习题书中,由 Prentice-Hall 出版社出版,其程序可以从 www.umassd.edu/SpecialPrograms/Atlant 网址上下载。美国的线性代数课程指导组(Linear Algebra Curriculum Study Group——LACSG)也建议让学生在线性代数课程中早期应用计算机,这些结果也反映在参考书目[7]~[9]中。

在使用 MATLAB 方面,从他们的教材发展来看,在 1995 年算起的头几年,主要反映在采用 MATLAB 的习题并介绍 MATLAB 入门,见参考书目[7]~[9]。到近几年就开始把 MATLAB 掺合到线性代数的各章中去,主要是对有些理论提供计算机的演示和验证,反映在参考书目[1]~[5]中。当然线性代数的整个理论体系,并不受使用计算机而有所改变。

在我国,线性代数课在理工科本科教学的加强开始于改革开放以后,是学习国外先进经验的结晶。当时大学中还没有计算机,虽然利用世行贷款,化了不少钱买了一些大型计算机,但线性代数课并没有用。因为课程内容不作改革,有计算机也用不成,当前的情况就足以为证。如果说以前是出于无奈,那么在个人计算机已经如此普及的情况下,还不用计算机,那就是固步自封了。所以线性代数课中不谈计算机,教线性代数的老师几乎不使用计算机,已经成为我国线性代数教育界与发达国家的明显差距。于是我国的线性代数课程出现了不尽如人意的状况——理论抽象愈来愈深,应用和实际计算很少结合,它成了一门学生感到抽象、冗繁而枯燥的课程。

由于缺乏感性的、实践的基础和应用的推动,后续课又往往怕烦而避开矩阵方程,教

出来的学生当然是理论上害怕矩阵，实践中不会用矩阵算题。可以做一个测试：在学生学完线性代数课以后，让他们解一个四元一次代数方程，看他们用什么工具解？要多少时间？做对的有多少比例？按现在的教材和教法，绝大多数学生解这个题用的完全是中学里学的方法：用计算器一个数一个数地算乘法和加法。他们计算用的时间不会小于 10 分钟，计算的正确率极低。要知道，许多后续课都需要用线性代数，比这个四元一次方程要复杂得多，解这么简单的题目还这样的少慢差费，大学工科后续课程怎么能用线性代数呢？又怎么谈得上为工科教育打好数学基础呢？

如果在课程中增加 4~6 学时的实验内容，情况就会完全不同。像上面的测试题，用计算机解，一分钟就可解决问题，正确率 100%。对复杂的问题，提高效率更为明显。通过实验不仅方便了计算，而且对理论和概念的理解也会加深，并节省很多时间。本来，线性代数的理论和实验是应该融合并在一起实施的，因为这门课的特点就应该理论与实际结合。不过现在在我国实现这个任务似乎还相当艰巨，首先要从上到下达到共识，然后要修改教学计划，接着还要编写新的教材和培养大批合格的师资。

本书的内容安排

在我国，每年大学招生就有几百万人，学习线性代数的大概会有 100 万人之多，教这门课的老师当有几千。要推动“用计算机提高线性代数教学水平”的事业，不是一两年就能做到的，美国还花了六年呢！但也不能这样等下去。比美国已经落后了十多年，要一直落后下去吗？我的建议是分两步走。

第一步是单独开设“线性代数实验课”，与线性代数同步实施。其好处是暂时不影响原来教师们的备课和教材，并且让少量的实验领头老师能集中精力，给更多的学生讲课，也培训现有的老师。这些老师也同时承担实验课的辅导任务。这有利于提高他们的计算机使用水平，为以后全面承担这门课程创造条件。第二步才是把实验课与理论课合并实施，除了师资外，最主要的是编一本把理论与实践紧密结合的好教材。

在我们的方案中，实验课的计划是一个学分，按 16 个学时计算。考虑到我国线性代数课程大都放在大学一年级，此前不大可能学过 MATLAB，而且以线性代数作为 MATLAB 的切入点有很大的好处，所以把线性代数实验与 MATLAB 入门合成一门课实施比较合适。初步安排讲课约 10~12 学时，其中介绍 MATLAB 语言入门约 4 学时，讲解线性代数实验原理和程序 6~8 学时，上机时间预计 10~12 小时。MATLAB 中文译名就是“矩阵实验室”，把线性代数实验（指原理）和 MATLAB（指工具）编在一起也是比较适当的。根据这样一个思路编写了这本教材。这本书虽然有实验的部分，但它是从实际应用的角度对线性代数的概念进行了整体的剖析和归纳，并与工程实践有大量的联系。其范围超出了一般的数学实验，故取名为“线性代数实践”。

教材中 MATLAB 入门部分基本上就是参考书目[4]、[5]两本书中的语言篇，对于线性代数实践而言，主要用到的是第 2 章和第 4 章 4.2 节。虽然书的篇幅多了一些，但可以维持 MATLAB 基本函数的完整性，使这本书兼有 MATLAB 的手册功能，同时也便于利用本书作者的一套四小时讲课光盘，让老师不必花时间为 MATLAB 备课。实验课安排的时间最好在线性代数开课一个月以后，这样衔接比较好。这门课小，但为了学生用计算机

的经常化，也不要速战速决，还是拉开到八周以上为好。

线性代数部分则是参考国外 2000 年后新出版的教材^{参考书[11]~[14]}和 2003 年出版的 ATLAST Manual^[7]等资料新编写的，其中也利用了作者在多本著作中用矩阵建模和解决难题的实例^{参考书[10]~[12]}。为了尽量加强与线性代数理论部分的衔接，能帮助学生既避免繁琐刻板的四则运算，又能真正体会到线性代数中的推理思路，我们设计了一些简单的 MATLAB 子程序，来完成高斯消元、行阶梯简化、行交换等任务。为了加强线性代数的几何形象教学，我们又设计了一些快速简便绘制直线和平面图形的函数；另外，还采用了 ATLAST Manual 提供的某些矩阵生成子程序和演示程序。

因为全国各大学的差别很大，例如专业不同、上课的学期不同（一上、一下、二上都有），造成学生的基础不同，所以书中的实例就不得不取宽一些，并尽量避免微积分。实例并不需要全讲，有的可留给后续课程中让学生自学，书中的小字部份在初学时也可跳过。我们认为，工科大学生能用计算机和 MATLAB 解线性代数方程的问题，那么这门实验课的主要目标可以说基本达到了。

因特网联系方式

本书将在电子工业出版社博文视点公司的 www.broadview.com.cn 网页上的“资源下载”区域提供本书子程序、例题程序及 ATLAST MANUAL 子程序的免费下载。

本书由陈怀琛负责总的策划与编写，龚杰民担任国外教材资料的翻译及部分习题的选编。由于我们还没见过同类书名的书籍和教材，写书时很难找到可以直接参考的体系，这个新生事物，还缺乏实践经验，再加上要赶上 2005 级部分新生进行试点，编写时间紧迫。我们的想法和做法，肯定有很多不当之处，欢迎批评指正。更希望各方面的专家和读者通过自己的教学实践向我们提出改进的建议。我们的电子邮件地址为 hchchen@xidian.edu.cn。电话：(029) 88202988。

致谢

本书荣幸地由武汉科技大学秦裕瑗教授审阅，作为一位在欧美 7 国 14 校进行过讲学，有多部专著的我国数学界前辈，他不但博学，而且其严肃认真的治学态度和不断接受新事物的进取精神给我们以很大的激励。在年逾 80 之际，他仍在孜孜不倦地学习科学计算机软件（Mathematica 和 MATLAB）并把它用到自己的著作《运筹学简明教程》中，实在令人肃然起敬。与此相反的，我们看到有些年纪不过四五十岁的中年教师，已经不想学计算机了。在这里，我们特别希望广大的线性代数课老师，能以秦教授为榜样，先把自己用科学计算语言武装起来，然后尽快把我国的线性代数课程用计算机武装起来，创造一个崭新的教学局面。

作者

2005-8-28 于西安电子科技大学

第一篇 MATLAB 语言入门

第 1 章	MATLAB 语言概述	2
1.1	MATLAB 语言的发展	2
1.2	MATLAB 语言的特点	3
1.3	MATLAB 的工作环境	4
1.3.1	命令窗	4
1.3.2	图形窗	6
1.3.3	文本编辑窗	8
1.4	演示程序	8
第 2 章	基本语法	10
2.1	变量及其赋值	10
2.1.1	标识符与数	10
2.1.2	矩阵及其元素的赋值	11
2.1.3	复数	12
2.1.4	变量检查	13
2.1.5	基本赋值矩阵	15
2.2	矩阵的初等运算	16
2.2.1	矩阵的加减乘法	16
2.2.2	矩阵除法及线性方程组的解	18
2.2.3	矩阵的乘方和幂次函数	20
2.2.4	矩阵结构形式的提取与变换	21
2.3	元素群运算	22
2.3.1	数组及其赋值	22
2.3.2	元素群的四则运算和幂次运算	23
2.3.3	元素群的函数	24
2.4	逻辑判断及流程控制	25
2.4.1	关系运算	25
2.4.2	逻辑运算	27
2.4.3	流程控制语句	28
2.5	基本绘图方法	32
2.5.1	直角坐标中的两维曲线	32

2.5.2	线型、点型和颜色	33
2.5.3	多条曲线的绘制	34
2.5.4	屏幕控制和其他二维绘图	35
2.5.5	三维曲线和曲面	40
2.5.6	特殊图形和动画	42
2.5.7	彩色、光照和图像	44
2.5.8	低层图形屏幕控制功能	46
2.6	M 文件及程序调试	48
2.6.1	主程序文件	49
2.6.2	人机交互命令	50
2.6.3	函数文件	51
2.6.4	文件编辑器及程序调试	53
第 3 章	MATLAB 的开发环境和工具	54
3.1	MATLAB 与其他软件的接口关系	54
3.1.1	与磁盘操作系统的接口关系	54
3.1.2	与文字处理系统 Winword 的关系	57
3.1.3	图形文件的转储	58
3.1.4	低层输入输出函数库	58
3.1.5	与 C 和 FORTRAN 子程序的动态链接	60
3.2	MATLAB 的文件管理系统	60
3.2.1	安装后的 MATLAB 文件管理系统	60
3.2.2	MATLAB 自身的用户文件格式	61
3.2.3	文件管理和搜索路径	61
3.2.4	与目录和搜索有关的命令	62
3.2.5	搜索顺序	63
3.3	MATLAB 6.x 的开发环境	63
3.3.1	桌面系统的内容	63
3.3.2	桌面命令菜单简介	64
3.3.3	MATLAB 6.x 的用户界面	65
第 4 章	MATLAB 的其他函数库	67
4.1	数据分析函数库 (datafun 函数库)	67
4.1.1	基本的数据分析	67
4.1.2	用于场论的数据分析函数	69
4.1.3	用于随机数据分析的函数	69
4.1.4	用于相关分析和傅里叶分析的函数	70
4.2	矩阵的分解与变换 (matfun 函数库)	72
4.2.1	线性方程组的系数矩阵	72
4.2.2	矩阵的分解	73
4.2.3	矩阵的特征值分析	75

4.2.4	特殊矩阵库 (specmat)	75
4.3	多项式函数库 (polyfun)	76
4.3.1	多项式的四则运算	77
4.3.2	多项式求导、求根和求值	78
4.3.3	多项式拟合	79
4.3.4	多项式插值	80
4.3.5	线性微分方程的解 (residue)	82
4.4	函数功能和数值积分函数库 (funfun)	83
4.4.1	函数功能和数值积分函数库的主要子程序	83
4.4.2	非线性函数的分析	84
4.4.3	任意函数的数值积分	86
4.5	字符串函数库 (strfun)	88
4.5.1	字符串的赋值	89
4.5.2	字符串语句的执行	89
4.5.3	字符串输入输出	90
4.6	稀疏矩阵函数库 (sparfun)	90
4.7	图形界面函数库 (guitools)	92
4.8	数据类型函数库 (datatypes)	93
4.8.1	结构阵列	94
4.8.2	单元阵列	95
4.8.3	类和对象	96
4.9	符号数学 (Symbolic Math) 工具箱简介	99
4.9.1	Symbolic 工具箱的主要功能	99
4.9.2	符号数学式的基本表示方法	99
4.10	习题	101

第二篇 线性代数实践

第 5 章	预备知识	106
5.1	实验在线性代数中的重要性	106
5.2	实验部分的内容组成	108
5.3	直线和平面的快速绘制程序	109
5.4	随机整数矩阵的生成程序	112
5.5	特殊矩阵的生成程序	113
5.6	线性代数建模与应用概述	113
5.7	习题	115
第 6 章	用行阶梯法解线性方程	118
6.1	线性方程组的 MATLAB 表示方法	118
6.2	初等行变换和高斯消元子程序	121

6.3	行阶梯形式的生成	123
6.4	MATLAB 中的行阶梯生成函数	126
6.5	用行阶梯法解欠定方程组	127
6.6	应用实例	130
6.6.1	平板稳态温度的计算	130
6.6.2	化学方程的配平	131
6.6.3	电阻电路的计算	133
6.6.4	交通流量的分析	134
6.7	习题	136
第 7 章	矩阵运算法解方程	138
7.1	矩阵运算规则的 MATLAB 实现	138
7.2	初等变换乘子矩阵的生成	142
7.3	行列式的定义和计算	145
7.4	矩阵的秩和矩阵求逆	148
7.5	用矩阵“除法”解线性方程	150
7.6	应用实例	151
7.6.1	网络的矩阵分割和连接	151
7.6.2	用逆阵进行保密编译码	152
7.6.3	减肥配方的实现	153
7.6.4	弹性梁的柔度矩阵	154
7.6.5	网络和图	156
7.7	习题	158
第 8 章	用向量空间解线性方程组	162
8.1	向量和向量空间	162
8.2	向量空间和基向量	165
8.3	向量的内积和正交性	168
8.4	齐次解空间	172
8.5	超定方程的解——最小二乘问题	174
8.6	应用实例	178
8.6.1	价格平衡模型	178
8.6.2	宏观经济模型	180
8.6.3	信号流图模型 ^[11]	181
8.6.4	数字滤波器系统函数 ^[12]	183
8.7	习题	185
第 9 章	线性变换及其特征	188
9.1	平面上线性变换的几何意义	188
9.2	二维矩阵特征值的几何意义	190
9.3	三维空间中线性变换的几何意义	194

9.4 基变换与坐标变换	198
9.5 对称矩阵与二次型主轴	199
9.6 应用实例	203
9.6.1 人口迁徙模型	203
9.6.2 产品成本的计算	205
9.6.3 情报检索模型	206
9.7 习题	208
结束语	211
附录 A MATLAB 基本部分的函数索引	213
附录 B 有关美国“用软件工具增强线性代数教学”计划的资料	218
参考文献	228
后记	229

为了使本书能作为一本指南，本书中列出了全部的 MATLAB 基本函数；并采用了多种索引方法。对一些重要的函数指出了它们的应用例题，以便查阅它们的用法；列出了按字母排序的 MATLAB 函数索引，以便读者阅读程序时反向查找。

作者已按 MATLAB 6.x 和 7.0 为背景，制作了两张在计算机上放映的光盘，可播放四小时，内容覆盖“MATLAB 语言入门”全篇的 90%以上，可以替代教师讲课。读者可在下载程序集中找到其供货方法的说明。有关本书的改进意见，读者可通过电子邮件或信件向作者提出，作者热忱欢迎。

本篇内容

- MATLAB 语言概述
- 基本语法
- MATLAB 的开发环境和工具
- MATLAB 的其他函数库

MATLAB 语言概述

1.1 MATLAB 语言的发展

MATLAB 是一种科学计算软件，主要适用于矩阵运算及控制和信息处理领域的分析设计，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，因此。当前已成为美国和其他发达国家大学教学和科学研究中最常用而必不可少的工具。

MATLAB 是由美国 Mathwork 公司于 1984 年正式推出的，到 1988 年有了 3.1 (Dos) 版本；1992 年出了 4.1 (Windows) 版本；1997 年推出 5.1 版本。2001 年推出 6.1 (R12) 版本。2004 年夏，推出了 MATLAB 7.0 (R14) 的正式版。随着版本的升级，内容不断扩充，功能更加强大。特别是在系统仿真和实时运行等方面，有很多新进展，更扩大了它的应用前景。另一方面，版本的升级对使用环境也提出了更高的要求。

不过 MATLAB 语言的语法从版本 3.0 起已相当成熟，十年来只有很微小的增删。对于学习语法基础的读者来说，各版本的差别不太大。本书的全部程序是在 MATLAB 6.5 (R13) 版本上通过的，但在 5.x 及 4.2c 的环境下也能运行，只有个别程序中的个别语句可能要改一下。根据向上兼容的原则，在 7.0 版本下当然都能运行。

MATLAB 是“矩阵实验室”(MATrix LABoratory)的缩写，它是一种以矩阵运算为基础的交互式程序语言，专门针对科学、工程计算及绘图的需求。与其他计算机语言相比，其特点是简洁和智能化。适应科技专业人员的思维方式和书写习惯，使得编程和调试效率大大提高。它用解释方式工作，键入程序立即得出结果，人机交互性能好，深得科技人员喜爱。特别是它可适应多种平台，并且，随计算机硬软件的更新及时升级。因此，MATLAB 语言在国外的大学工学院中，特别是数值计算用的最频繁的电子信息类学科中，已成为每个学生都掌握的工具了。它大大提高了课程教学、解题作业、分析研究的效率。学习掌握 MATLAB，也可以说是在科学计算工具上与国际接轨。

MATLAB 语言比较好学,因为它只有一种数据类型,一种标准的输入输出语句,不用“指针”,不需编译,比其他语言少了很多内容。听三四个小时课,上机练几个小时,就可入门了。以后自学也十分方便,通过它的演示(demo)和求助(help)命令,人们可以方便地在线学习各种函数的内涵及其用法。

MATLAB 语言的难点是函数较多,仅基本部分就有 700 多个,其中常用的有二三百个,要尽量多记少查,可以提高编程效率,而且这是终身受益的。

1.2 MATLAB 语言的特点

MATLAB 语言有以下特点。

1. 起点高

(1) 每个变量代表一个矩阵,从 MATLAB 名字的来源可知,它以矩阵运算见长,在当前的科学计算中,几乎无处不用矩阵运算,这使它的优势得到了充分的体现。在 MATLAB 中,每个变量代表一个矩阵,它可以有 $n \times m$ 个元素。

(2) 每个元素都看做复数,这个特点在其他语言中也是不多见的。

(3) 所有的运算都对矩阵和复数有效,包括加、减、乘、除、函数运算等。

2. 人机界面适合科技人员

(1) 语言规则与笔算式相似:MATLAB 的程序与科技人员的书写习惯相近,因此,易写易读,易于在科技人员之间交流。

(2) 矩阵行列数无需定义:要输入一个矩阵,用其他语言时必须先定义矩阵的阶数,而 MATLAB 则不必有阶数定义语句。输入数据的行列数就决定了它的阶数。

(3) 键入算式立即得结果,无需编译:MATLAB 是以解释方式工作的,即它对每条语句解释后立即执行,若有错误也立即作出反应。便于编程者马上改正。这些都大大减轻了编程和调试的工作量。

3. 强大而简易的作图功能

(1) 能根据输入数据自动确定坐标绘图。

(2) 能规定多种坐标系(极坐标,对数坐标等)。

(3) 能绘制三维坐标中的曲线和曲面。

(4) 可设置不同颜色、线型和视角等。

如果数据齐全,通常只需一条命令即可出图。

4. 智能化程度高

(1) 绘图时自动选择最佳坐标;

(2) 做数值积分时,自动按精度选择步长;

(3) 自动检测和显示程序错误的能力强,易于调试。

5. 功能丰富,可扩展性强

MATLAB 软件包括基本部分和专业扩展两大部分。基本部分包括:矩阵的运算和各种