

研究生教学用书

结构分析的有限元法 与MATLAB程序设计

*Finite Element Method in Structural Analyses
and MATLAB Programming*

徐荣桥 编著



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书以有限元基本理论为重点,以 MATLAB 程序为平台,以工程实例为背景介绍了有限元法及其程序设计方法。

本书讲述结构分析中有限元法的基本原理,单元类型包括平面杆系、空间杆系、平面等参元、空间等参元、薄板壳单元和厚板壳单元等。内容涉及杆系结构、平面问题、空间问题和板壳问题。全书以结构线弹性静力分析为主,同时也讲述了结构的振动、稳定和动力响应分析。

本书介绍了 MATLAB 编程环境下编写有限元程序的方法和技巧,并附有若干算例的有限元程序及若干推导有限元公式的 MATLAB 符号运算程序示例。这些都为读者深入理解有限元理论和掌握其实施技巧提供了极好的手段。

本书可以作为高等院校土木工程专业高年级本科生或研究生有限元法结构分析的教材,也适合于其他如工程力学、机械工程等相关专业的科研人员在学习和研究工作中参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

结构分析的有限元法与 MATLAB 程序设计/徐荣桥编著.
北京:人民交通出版社,2006.2
ISBN 7-114-05916-7

I.结... II.徐... III.①工程结构-结构分析-有限元法②计算机辅助计算-软件包,MATLAB-程序设计 IV.①TU311.4②TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 007784 号

书 名:结构分析的有限元法与 MATLAB 程序设计

著 作 者:徐荣桥

责任编辑:曲 乐

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)85285656,85285838,85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京凯通印刷厂

开 本:787×980 1/16

印 张:16.75

字 数:271 千

版 次:2006 年 5 月 第 1 版

印 次:2006 年 5 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-114-05916-7

定 价:28.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

21 世纪交通版

高等学校教材(公路与交通工程)编写委员会

- 主任委员:王秉纲 (长安大学)
- 副主任委员:胡长顺 (长安大学)
- 陈艾荣 (长安大学)
- 王 炜 (长安大学)
- 杜 颖 (东南大学)
- 委 员:周 伟 (交通部交通科学研究院)
- 郑建龙 (长沙理工大学)
- 张建仁 (长沙理工大学)
- 刘小明 (北京工业大学)
- 梁乃兴 (重庆交通学院)
- 向中富 (重庆交通学院)
- 徐 岳 (长安大学)
- 郭忠印 (同济大学)
- 杨晓光 (同济大学)
- 黄晓明 (东南大学)
- 叶见曙 (东南大学)
- 黄 侨 (哈尔滨工业大学)
- 裴玉龙 (哈尔滨工业大学)
- 马松林 (哈尔滨工业大学)
- 赵明华 (湖南大学)
- 邵旭东 (湖南大学)
- 陈宝春 (福州大学)
- 王殿海 (吉林大学)
- 符铎砂 (华南理工大学)
- 秘 书 长:韩 敏 (人民交通出版社)

总 序

当今世界,科学技术突飞猛进,全球经济一体化趋势进一步加强,科技对于经济增长的作用日益显著,教育在国家经济与社会发展中所处的地位日益重要。进入新世纪,面对国际国内经济与社会发展所出现的新特点,我国的高等教育迎来了良好的发展机遇,同时也面临着巨大的挑战,高等教育的发展处在一个前所未有的重要时期。其一,加入 WTO,中国经济已融入到世界经济的发展进程之中,国家间的竞争更趋激烈,竞争的焦点已更多地体现在高素质人才的竞争上,因此,高等教育所面临的是全球化条件下的综合竞争。其二,我国正处在由计划经济向社会主义市场经济过渡的重要历史时期,这一时期,我国经济结构调整将进一步深化,对外开放将进一步扩大,改革与实践必将提出许多过去不曾遇到的新问题,高等教育面临加速改革以适应国民经济进一步发展的需要。面对这样的形势与要求,党中央国务院提出扩大高等教育规模,着力提高高等教育的水平与质量。这是为中华民族自立于世界民族之林而采取的极其重大的战略步骤,同时,也是为国家未来的发展提供基础性的保证。

为适应高等教育改革与发展的需要,早在 1998 年 7 月,教育部就对高等学校本科专业目录进行了第四次全面修订。在新的专业目录中,土木工程专业扩大了涵盖面,原先的公路与城市道路工程、桥梁工程、隧道与地下工程等专业均纳入土木工程专业。本科专业目录的调整是为满足培养“宽口径”复合型人才的要求,对原有相关专业本科教学产生了积极的影响。这一调整是着眼于培养 21 世纪社会主义现代化建设人才的需要而进行的,面对新的变化,要求我们对人才的培养规格、培养模式、课程体系和内容都应作出适时调整,以适应要求。

根据形势的变化与高等教育所提出的新的要求,同时,也考虑到近些年来公路交通大发展所引发的需求,人民交通出版社通过对“八五”、“九五”期间的路桥及交通工程专业高校教材体系的分析,提出了组织编写一套面向 21 世纪的具有鲜明交通特色的高等学校教材的设想。这一设想,得到了原路桥教学指导委员会几乎所有成员学校的广泛响应与支持。2000 年 6 月,由人民交通出版社发起组织全国面向交通办学的 12 所高校的专家学者组成面向 21 世纪交通版高等学校教材(公

路类)编审委员会,并召开第一次会议,会议决定着手组织编写土木工程专业具有交通特色的道路专业方向、桥梁专业方向以及交通工程专业教材。会议经过充分研讨,确定了包括基本知识技能培养层次、知识技能拓宽与提高层次以及教学辅助层次在内的约 130 种教材,范围涵盖本科与研究生用教材。会后,人民交通出版社开始了细致的教材编写组织工作,经过自由申报及专家推荐的方式,近 20 所高校的百余名教授承担约 130 种教材的主编工作。2001 年 6 月,教材编委会召开第二次会议,全面审定了各门教材主编院校提交的教学大纲,之后,编写工作全面展开。

面向 21 世纪交通版高等学校教材编写工作是在本科专业目录调整及交通大发展的背景下展开的。教材编写的基本思路是:(1)顺应高等教育改革的形势,专业基础课教学内容实现与土木工程专业打通,同时保留原专业的主干课程,既顺应向土木工程专业过渡的需要,又保持服务公路交通的特色,适应宽口径复合型人才培养的需要。(2)注重学生基本素质、基本能力的培养,将教材区分为二个主层次与一个辅助层次,即基本知识技能培养层次与知识技能拓宽与提高层次,辅助层次为教学参考用书。工作的着力点放在基本知识技能培养层次教材的编写上。(3)目前,中国的经济发展存在地区间的不平衡,各高校之间的发展也不平衡,因此,教材的编写要充分考虑各校人才培养规格及教学需求多样性的要求,尽可能为各校教学的开展提供一个多层次、系统而全面的教材供给平台。(4)教材的编写在总结“八五”、“九五”工作经验的基础上,注意体现原创性内容,把握好技术发展与教学需要的关系,努力体现教育面向现代化、面向世界、面向未来的要求,着力提高学生的创新思维能力,使所编教材达到先进性与实用性兼备。(5)配合现代化教学手段的发展,积极配套相应的教学辅件,便利教学。

教材建设是教学改革的重要环节之一,全面做好教材建设工作,是提高教学质量的重要保证。本套教材是由人民交通出版社组织,由原全国高等学校路桥与交通工程教学指导委员会成员学校相互协作编写的一套具有交通出版社品牌的教材,教材力求反映交通科技发展的先进水平,力求符合高等教育的基本规律。各门教材的主编均通过自由申报与专家推荐相结合的方式确定,他们都是各校相关学科的骨干,在长期的教学与科研实践中积累了丰富的经验。由他们担纲主编,能够充分体现教材的先进性与实用性。本套教材预计在二年内完全出齐,随后,将根据情况的变化而适时更新。相信这批教材的出版,对于土木工程框架下道路工程、桥梁工程专业方向与交通工程专业教材的建设将起到有力的促进作用,同时,也使各校在教材选用方面具有更大的空间。需要指出的是,该批教材中研究生教材占有较大比例,研究生教材多具有较高的理论水平,因此,该套教材不仅对在校学生,同时对于在职学习人员及工程技术人员也具有很好的参考价值。

21 世纪初叶,是我国社会经济发展的重要时期,同时也是我国公路交通从紧张和制约状况实现全面改善的关键时期,公路基础设施的建设仍是今后一项重要而艰巨的任务,希望通过各相关院校及所有参编人员的共同努力,尽快使全套面向 21 世纪交通版高等学校教材(公路类)尽早面世,为我国交通事业的发展做出贡献。

21 世纪交通版
高等学校教材(公路类)编审委员会
人民交通出版社
2001 年 12 月



PREFACE

有限元法经过半个世纪的发展,在理论和实践上均取得了引人瞩目的成就,事实上它已经发展成为工程领域中一门不可或缺的技术,同时也是科技工作者进行科学研究的有力工具。因此,有限元法逐渐成为高等院校理工科专业的必修课程。

本书是编者在为浙江大学桥梁与隧道专业硕士生所讲授的《结构分析的有限元法》课程讲义的基础上编写而成的。本书的一大特色是采用 MATLAB 作为编程平台,利用 MATLAB 强大的科学计算和符号运算功能,帮助读者轻松跨越繁琐的公式推导和复杂的编程技巧,获得最佳的学习效率。

在写作上,采用理论和程序紧密结合的方法,以增加读者的感性认识,更好地理解有限元理论。不仅每章后面有极强工程背景的数值算例和源程序,而且还在有限元理论的叙述过程中,插入相应的 MATLAB 程序段以帮助理解。

本书的内容共分 8 章,第 1、第 2 章主要讲述有限元和 MATLAB 的发展概况及其基础知识;第 3 章介绍了在工程中有极大应用价值的杆系结构的各类单元,包括杆单元、平面和空间梁单元;第 4 章讲述经典的平面问题三角形单元和四边形单元;第 5 章把第 4 章的平面单元推广到空间单元,还讨论了空间轴对称单元;第 6 章介绍了应用最广的平面和空间等参数单元以及轴对称等参数单元;第 7 章在简要介绍板理论的基础上,讨论了三角形和矩形薄板单元,也给出了基于 Mindlin 板理论的四边形板单元;最后介绍了用平板单元和平面应力单元组合而成的壳单元;第 8 章讲述了结构的动力和稳定问题,并介绍了几种常用的特征值问题和动力响应问题的算法。

本书在写作过程中,得到了浙江大学丁皓江教授和徐兴教授的指导,他们详细审阅了初稿,指出并修正了若干错误,在此对他们表示衷心的感谢。本书还得到了浙江大学项贻强教授、陈伟球教授、叶贵如教授、蔡金标副教授、赵阳讲师和张治成博士的指导和帮助。我要特别感谢我的家人,感谢他们在我写作此书时所做的牺牲。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免有许多缺点甚至错误,热情欢迎专家和读者批评指正,任何意见和建议均可通过电子邮箱 xurongqiao@zju.edu.cn 发给编者。读者也可通过这个邮箱索取本书的源程序和数据文件。

徐荣桥

2005 年 12 月

21 世纪交通版研究生教学用书

道路工程方向

高等土质学	长安大学
路线设计原理	华南理工大学 长安大学
路基设计原理	长安大学 长沙理工大学
路面设计原理	同济大学 长沙理工大学
现代道路工程材料	华南理工大学 重庆交通大学
路线 CAD 原理与方法	东南大学
道路规划与几何设计	同济大学
道路工程结构分析数值方法	长沙理工大学
路面断裂与损伤	长安大学
沥青与沥青混合料	长安大学
路面功能设计	东南大学
道路景观设计	东南大学
路面新技术	东南大学

桥梁与隧道工程方向

高等桥梁结构理论	同济大学
高等隧道与地下工程结构理论	同济大学 长安大学 重庆交通大学
高等桥梁钢结构基本原理	同济大学
高等混凝土结构理论	湖南大学 哈尔滨工业大学
高等工程结构试验	同济大学
结构工程数值方法	长安大学
结构分析的有限元法与 MATLAB 程序设计	浙江大学
现代钢桥(下)	同济大学
桥梁结构电算	同济大学
箱梁理论(第二版)	福州大学
桥梁施工控制与监测	长沙理工大学 湖南大学 重庆交通大学
现代预应力技术理论与实践	福州大学 重庆交通大学
轨道交通桥梁结构理论	同济大学 重庆交通大学
桥梁健康状态监测	同济大学

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 有限元法简介	2
1.2 MATLAB 简介	3
1.3 本书的目的和内容	5
参考文献	5
第 2 章 有限元法的预备知识	7
2.1 矩阵、线性代数和 MATLAB	7
2.2 MATLAB 语言程序设计初步	23
2.3 弹性力学的控制方程和最小势能原理	28
2.4 有限元法分析过程的概述	30
参考文献	32
第 3 章 杆件系统的有限单元法	34
3.1 杆单元	34
3.2 平面梁单元	36
3.3 空间梁单元	41
3.4 等效结点力	46
3.5 单元刚度矩阵的坐标变换	54
3.6 整体刚度矩阵	61
3.7 边界约束条件的处理	64
3.8 温度应力	71
3.9 算例	73
参考文献	84
第 4 章 平面问题	85
4.1 两类平面问题	85

4.2	三角形常应变单元	87
4.3	形函数的性质与面积坐标	91
4.4	单元刚度矩阵	95
4.5	等效结点力	98
4.6	矩形单元	103
4.7	其他注意事项	109
4.8	算例	113
	参考文献	121
第 5 章	空间问题和空间轴对称问题	122
5.1	常应变四面体单元	122
5.2	四面体的体积坐标	126
5.3	四面体单元的刚度矩阵和等效结点力	128
5.4	空间轴对称问题与三角形截面环单元	133
5.5	轴对称单元的刚度矩阵和等效结点力	136
5.6	算例	142
	参考文献	146
第 6 章	等参数单元	148
6.1	平面等参数单元	148
6.2	空间轴对称等参数单元	165
6.3	空间等参数单元	169
6.4	算例	184
	参考文献	190
第 7 章	板壳单元	191
7.1	弹性板的弯曲	191
7.2	矩形薄板单元	194
7.3	三角形薄板单元	200
7.4	基于 Mindlin 板理论的四边形单元	210
7.5	平面壳体单元	212
7.6	算例	217
	参考文献	220
第 8 章	结构的振动、稳定和动力响应	222
8.1	动力学方程	222
8.2	质量矩阵	224

8.3 结构的自由振动	227
8.4 结构的稳定	235
8.5 结构的动力响应	238
8.6 算例	246
参考文献	248

第 1 章

绪 论

对于许多工程问题,虽然已经得到基本方程和边界条件及初始条件,但能用解析方法求解的只是少数方程简单、边界规则的问题,而绝大多数只能通过其他途径求解。随着计算机硬件和软件的发展,数值方法越来越受到人们的青睐,其中有限元法以其方法的统一性和理论的普遍性而独领风骚,已经成为处理各类科学和工程问题的有效方法之一。众多的有限元商用软件,如 ANSYS、NASTRAN、ADINA、ABAQUS 等,它们包含众多单元类型,能求解各类问题,得到广泛的应用。

有限元法的基本思想是“化整为零”。其实这个思想很早就各个领域被人们采用,老子就说过“道生一,一生二,二生三,三生万物”,他把世间万物全部分解成最基本的“道”。古代数学家将圆用多边形近似,并以此估算圆周率 π 值,达到了 40 位数字的精度。有限元法把一个复杂的结构分解成相对简单的“单元”,各单元之间通过结点相互连接。单元内的物理量由单元结点上的物理量按一定的假设内插得到,这样就把一个复杂结构从无限多个自由度简化为有限个单元组成的结构,只要分析每个单元的力学特性,然后按照有限元法的规则把这些单元“拼装”成整体,就能够得到整体结构的力学特性。由此可见,有限元“化整为零”的思想十分简单明了。但更重要的是,有限元可以建立在严格的数学基础上^[1],成为求解微分方程的标准方法之一,从而它不仅能够解决结构分析问题,也能解决工程中如电磁场、流体力学、热传导、渗流等领域的诸多问题^[2],因为它们在数学上都能用微分方程来描述。

有限元法是一种数值方法,应用性很强,因此在学习的过程中,必要的程序设计、编写和调试能加深理解有限元理论,增加从实际工程出发建立有限元模型的感性认识,极大地提高学习的兴趣和效率。传统的有限元书籍,凡给出具体程序代码的^[2,4],基本上都是以 FORTRAN 为程序设计语言。由于一个完整的有限元计算程序,要包括模型的输入、稀疏矩阵的存储、求解、分析结果的后处理等,导致程序十分庞大难懂,会给初学者的学习带来很大困难。因此有的就只用一个求解单元刚度矩阵的子程序来说明程序的编写,而这样一段程序无法独立编译连接成一个可执行文件,读者就无法验证其算例以获得感性认识,示例效果大大降低。

本书的特色就是采用目前最流行的科学分析计算软件 MATLAB 作为编程环境。MATLAB 的优势在于采用矩阵作为它的基本数据类型,并提供大量实用的矩阵运算函数,可以把有限元理论中用矩阵表示的公式直接写成形式上一样的程序代码,而且还有专门的极易使用的大型稀疏矩阵存储和求解的功能,从而使得一个完整的有限元程序十分简洁明了,方便读者理解和验证,大大提高了示例程序的效果。目前虽也已经有采用 MATLAB 作为程序设计语言的有限元专著^[5]出版,并被翻译成中文^[6]。但那些书都以介绍 MATLAB 编写的有限元程序为主,几乎不涉及有限元理论。另一本结合 MATLAB 编写的有限元专著^[7]的情况有所不同,它更倾向于把有限元作为一种求解偏微分方程的数值方法来介绍,但目前还未见中译本。

1.1 有限元法简介

有关有限元的起源,很多关于有限元的专著^[2,3,8,9,10,11]都会提到 Hrenikoff^[12]、Courant^[13]、McHenry^[14]、Newmark^[15]、Turner^[16]和 Clough^[17]等人的工作。事实上,同样也应该提到 Ritz^[18],他在 1909 年曾提出一个求解连续体力学问题的非常有用的近似方法,后人称为 Ritz 法。该方法把待求函数用一组已知的试函数加权和来表示,通过最小势能原理可求解每个试函数的权系数。Ritz 法最基本的缺点就是每一个试函数必须满足指定的边界条件。Courant^[13]对 Ritz 法作了重要的推广,他把整个求解区域分成很多三角形的子区域,然后在子区域内假定待求函数为线性函数,把三角形顶点处的函数值作为未知数,并且把边界条件放宽,只要求在边界的有限点上满足,这样,应用 Ritz 法的一个很大的困难被克服了。更为重要的是,原先的 Ritz 法解的精度很大程度上取决于试函数的选取,这就要求应用人员具有丰富的工程经验。

后来人们发现, Courant^[13]应用的 Ritz 法其实与若干年后由 Clough^[17]提出的有限元法是一致的。当然, 在 1960 年有限元获得迅速发展的原因在于该法中大量的数值运算能够由当时正发展的电子计算机来实现, 然而在 1943 年, 还没有这个工具为 Courant^[13]所用。随着计算机硬件和软件的发展, 有限元迅速发展, 并渐趋成熟, 目前它已经被推广至三维问题、非线性问题、时变问题, 甚至已经超越了结构分析领域, 如流体流动、热传导和电磁场分析等。

应用有限元法进行结构分析时, 应把所分析结构物离散成有限个单元, 并在每个单元上指定有限个结点, 单元通过这些结点连接构成整个有限元模型, 用来模拟所分析的实际结构。同时选定所求物理量的结点值, 例如将结点位移作为基本未知量, 然后对每个单元假设一个简单的插值函数(称为形函数), 近似地表示未知量在单元内的分布规律, 再利用变分原理或其他方法, 建立单元结点力和结点位移之间的关系, 得到一组以结点位移为未知量的代数方程组, 从而求解结点的位移分量。一经解出, 就可以利用插值函数确定单元内任意一点的位移值。显然, 如果单元满足问题的收敛性要求, 那么随着单元尺寸的缩小, 求解区域内单元数量的增加, 解的近似程度将不断改进, 最终收敛于精确解。

当然, 有限单元法中并不一定要求取结点位移作为基本未知量, 也可以取结点内力为未知量, 因而, 随着所取未知量的不同, 有所谓位移法、力法、杂交法和混合法之分。本书采用最为普遍的位移法, 介绍结构分析中的有限元法基本理论和方法。

有限元法概念浅显, 容易掌握, 可以在不同的水平上建立起对该法的理解, 既可以通过非常直观的物理解释, 也可以建立基于严格的数学分析的理论^[1, 10, 19, 20]。它不仅对结构物的复杂几何形状有很强的适应性, 也能应用于结构物的各种物理问题, 如静力问题、动力问题、非线性问题、热应力问题等。还能处理非均质材料、各向异性材料, 以及复杂边界条件等难题。因此, 有限元法已经被公认为是工程分析的有效工具, 受到普遍重视。

有限元法还有一个特点是它的理论采用矩阵形式表达。这并不利于一般的计算机语言编制计算机程序, 因为传统的计算机语言处理的对象是标量, 使用矩阵形式的有限元理论时, 必须把矩阵形式的公式转换成标量表示的公式。而如果采用 MATLAB, 这个特点就变成了有限元法的优点。这也是本书采用 MATLAB 作为编程环境的一个重要原因。

1.2 MATLAB 简介

MATLAB 是当今国际科学界最具影响力和活力的软件。它起源于矩阵运

算,并已经发展成一种高度集成的计算机语言。它提供了强大的科学计算、灵活的程序设计流程、高质量的图形可视化与界面设计、便捷的与其他程序和语言接口的功能。MATLAB 在各国高校与研究单位发挥着重要的作用。

MATLAB 语言的首创者 Cleve Moler 教授,在数值分析特别是在数值线性代数的领域中很有影响,他参与编写了数值分析领域两个重要的 FORTRAN 程序包 EISPACK 和 LINPACK。他曾在密歇根大学、斯坦福大学和新墨西哥大学任数学与计算机科学教授。1980 年前后,当时的新墨西哥大学计算机系主任 Moler 教授在讲授线性代数课程时,发现了用其他高级语言编程极为不便,便构思并开发了 MATLAB(MATrix LABoratory,即矩阵实验室),这一软件利用了当时数值线性代数领域最高水平的 EISPACK 和 LINPACK 两大软件包中可靠的子程序,用 FORTRAN 语言编写了集命令翻译和科学计算于一身的一套交互式软件系统。

所谓交互式语言,是指人们给出一条命令,立即就可以得出该命令的结果。该语言无需像 C 和 FORTRAN 语言那样,首先要求使用者去编写源程序,然后对其进行编译、连接,最终形成可执行文件。这无疑会给使用者带来极大的方便。早期的 MATLAB 是用 FORTRAN 语言编写的,只能作矩阵运算;绘图也只能用极其原始的方法,即用星号描点的形式画图;内部函数也只提供了几十个。但即使其当时的功能十分简单,当它作为免费软件出现以来,还是吸引了大批的使用者。

后来,Cleve Moler 和 John Little 等人成立了 MathWorks 公司,Cleve Moler 一直任该公司的首席科学家。该公司于 1984 年推出了第一个 MATLAB 的商业版本。当时的 MATLAB 版本已经用 C 语言作了完全的改写,其后又增添了丰富多彩的图形图像处理功能、多媒体功能、符号运算和与其他流行软件的接口功能,使得 MATLAB 的功能越来越强大。

MathWorks 公司于 1992 年推出了具有划时代意义的 MATLAB 4.0 版本,并于 1993 年推出了其微机版,可以配合 Microsoft Windows 一起使用,使之应用范围越来越广。1994 年推出的 4.2 版本扩充了 4.0 版本的功能,尤其在图形界面设计方面更提供了新的方法。

1997 年推出的 MATLAB 5.0 版允许了更多的数据结构,如单元数据、数据结构体、多维矩阵、对象与类等,使其成为一种更方便编程的语言。1999 年初推出的 MATLAB 5.3 版在很多方面又进一步改进了 MATLAB 语言的功能。

2000 年 10 月底推出了其全新的 MATLAB 6.0 正式版(Release 12),在核心数值算法、界面设计、外部接口、应用桌面等诸多方面有了极大的改进。最近又推出了 MATLAB 7.0。

虽然 MATLAB 语言是计算数学专家倡导并开发的,但其普及和发展离不

开自动控制领域学者的贡献。甚至可以说, MATLAB 语言是被自动控制领域学者和工程技术人员捧红的,因为在 MATLAB 语言的发展过程中,许多有代表性的成就和控制界的要求与贡献是分不开的。迄今为止,大多数工具箱也都是控制方面的。MATLAB 具有强大的数学运算能力、方便实用的绘图功能及语言的高度集成性,它在其他科学与工程领域的应用也越来越广,并且有着更广阔的应用前景和无穷无尽的潜能。

“工欲善其事,必先利其器”。如果说有一种十分有效的工具能解决在教学与研究中遇到的问题,那么 MATLAB 语言正是这样的一种工具。它可以将使使用者从繁琐、无谓的底层编程中解放出来,把有限的宝贵时间更多地花在解决问题中,这样无疑会提高工作效率。

目前, MATLAB 已经成为国际上最流行的科学与工程计算的软件工具。现在的 MATLAB 不仅是一个“矩阵实验室”,已成为一种具有广泛应用前景的全新的计算机高级编程语言,被称为“第四代”计算机语言,它在国内外高校和研究部门正扮演着重要的角色。MATLAB 语言的功能也越来越强大,能不断适应新的要求提出新的解决方法。可以预见,在科学运算、自动控制与科学绘图领域 MATLAB 语言将长期保持其独一无二的地位。

1.3 本书的目的和内容

本书的目的是把结构分析有限元法的基本概念、基本理论和基本的程序设计方法介绍给土木工程专业的高年级本科生和研究生。然而,由于各种概念是以非常简单的形式给出的,所以对其他背景的学生和实际工程人员也是有帮助的,同时也适合于那些想把有限元应用于解决实际工程问题的各类人员。

本书内容涉及杆系单元、平面单元、三维空间单元、等参数单元、板壳单元,包括静力问题、动力问题、稳定问题,并给出了丰富的以土木工程,尤其是桥梁与隧道工程为背景的算例,可以帮助读者增加如何从工程实际抽象到有限元模型的感性认识。

参考文献

- [1] Brenner S. C., Scott L. R.. The Mathematical Theory of Finite Element Methods, Springer-Verlag, 1993.