

计算力学课程体系建设与思考¹⁾

—— 基于调查问卷分析

王省哲²⁾ 蒋一莹

(兰州大学土木工程与力学学院, 兰州 730000)

摘要 通过对部分力学专业本科生和研究生的问卷调查, 了解学生对计算力学相关方法与知识的掌握与使用情况, 并结合对学生相关调查现状分析的基础上, 探讨了计算力学课程的内容与模式. 结合计算力学系列课程的开设与实践, 阐述了计算力学课程体系建设与改革的一些思想和做法.

关键词 问卷调查, 计算力学, 课程体系建设

中图分类号: O34, G642.0 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-0879(2010)04-107-03

引言

对于许多工程实际问题, 采用对物理方程进行简单近似处理以求得解析解的方法往往很难满足实际应用的需求, 很多问题即便是在建立相应的力学或数学模型后, 由于其高度复杂性而长期缺乏有效求解方法. 计算力学的出现和发展, 为解决这些问题提供了有效的途径, 并成为研究力学问题的主要方法之一. 计算力学是根据力学中的理论, 利用现代电子计算机和各种数值方法, 解决力学实际问题的一门新兴学科, 是力学、计算数学和计算机科学技术等的交叉学科. 钱学森先生指出: 今日力学是一门用计算机计算去回答一切宏观的实际科学技术问题, 计算方法非常重要; 另一个辅助手段是巧妙设计的实验^[1]. 随着现代科学技术发展的特点以及适应新世纪高等教育的新要求, 在力学、土木、机械工程等专业本科生阶段开设计算力学课程已得到共识, 并且很多高校也相继开设了与此相关的课程^[2-3]. 计算力学在长期的发展和应用中逐步形成自身的理论和不同的方法, 如有限差分法、加权残值法、有限元法及边界元法等, 由于计算力学的多学科交叉性以及较强的工程应用的实践性, 学生不仅要掌握计算力学的基本原理与方法, 也要通过计算机编程语言、软件应用等将理论知识联系实际, 切实提高应用计算机技能和计算方法解决力学和工程实际问题的能力^[4-5].

为了及时了解和听取学生对计算力学教学效果的评价和建议等, 我们在连续多年开设计算力学类课程基础上, 设计了“计算力学相关知识问卷调查表”, 针对力学专业的高年级本科生和研究生进行调查, 及时反馈学生对相关技能掌握、实际应用情况以及全面掌握相关内容和课程设置等方面存在的问题, 在调查问卷分析以及兰州大学力学专业计算力学课程体系建设的实践基础上, 提出计算力学课程体系建设的必

要性以及相关的内涵与模式等.

1 现状调查

调查问卷主要是从计算力学基本内容、学生掌握情况等方面设计题目. 问卷发放主要群体是: 大四本科生 (发放问卷 30 份, 回收有效问卷 26 份); 研究生一年级、二年级学生 (发放问卷 47 份, 回收有效问卷 40 份).

1.1 计算力学基础知识调查统计

计算力学的核心思想是利用数值模拟计算方法, 离散和求解微分方程, 从而获得研究区域内有限点上力学参数具有足够精度的近似值. 针对具体的力学问题, 采用何种计算方法、如何应用, 是计算力学的核心内容之一. 表 1 给出了学生对常用数值方法的了解和应用情况, 可以看出: 本科生所熟悉的计算方法主要是有限差分法、有限元法、加权残值法等基本方法, 研究生主要熟悉和应用有限元法、有限差分法, 并对一些高等计算方法如无网格法、离散单元法等有所了解. 由此可见对于基本的有限元法、有限差分法等依然是本科阶段教学的重要内容.

表 1 学生对常用计算力学数值方法的掌握或应用

	有限差分法	有限元法	边界元法
本科生	88.46%	80.77%	26.92%
研究生	70%	87.5%	22.5%
	加权残值法	无网格法	离散单元法
本科生	72.31%	3.85%	3.85%
研究生	32.5%	15%	12.5%

1.2 计算程序与软件调查统计

计算力学除了基本的计算方法和算法实现外, 更需要计算实现过程中所依赖的载体——计算程序和软件^[3]. 在计算力学先修课程中开设常用的计算机高级编程语言, 为学生在今后实际应用中打下良好基础. 调查显示不论是高年级本科生还是研究生, 最常用的语言是 Fortran, Matlab; 从熟悉程度来看, 大部分学生对 Fortran 语言熟悉, 而在整个科研训练、毕业论文中 Matlab 也常用到, 这是由于其容易上手, 编程较为简便.

在数值求解力学问题的过程中, 不可避免地需要用到制图、数据处理等软件. 调查显示对于常用的 7 种与绘图相关的软件中, 大部分本科生仅熟悉 AutoCAD, 研究生较熟悉 Au-

2009-07-29 收到第 1 稿, 2009-11-12 收到修改稿.

1) 国家级教学团队项目资助.

2) 王省哲, 男, 1972 年生, 教授, 博士生导师, 研究方向为电磁固体力学. E-mail: xzwang@lzu.edu.cn

toCAD, SmartDraw, 在科研训练中还常用到 Pro/E. 目前以有限元法为基础的程序设计和 CAE 软件已成为计算力学软件的主流. 我们列举了包括 ANSYS, ABAQUS, MARC、ADINA 等 8 种较常见的有限元软件, 调查显示不论高年级本科生还是研究生都接触过 ANSYS 软件并在科研训练或毕业论文中也较多用到. 同时调查显示本科生中认为掌握大型有限元软件与掌握计算力学原理和编程同等重要的人占 53.85%, 研究生中占 62.5%. 如果是面向就业, 65.4% 的本科生和 55% 的研究生都认为大型软件的学习有待进一步加强.

1.3 计算力学相关知识重要程度调查

计算力学涉及到力学、数理方程、计算数学、计算机编程、大型软件等知识的综合应用. 为此我们在问卷调查中了解到学生在毕业论文以及科研活动中对相关知识重要程度认识的情况, 具体统计结果见表 2 和表 3. 可以看出, 在运用计算力学相关知识中, 学生基本一致认可理论知识的学习是最重要的, 特别是涉足科学研究活动的研究生对这一认识更为显著, 其次相当一部分学生认为编程语言是比较重要的, 最后是大型软件, CAD.

表 2 本科毕业论文中对计算力学相关知识的应用和重要程度排序

	编程语言	理论知识	大型软件	CAD
重要	41.67%	54.17%	3.63%	0%
比较重要	37.5%	29.17%	12.5%	8.33%
一般	20.83%	4.17%	45.83%	25%

表 3 研究生阶段对计算力学相关知识的应用和重要程度排序

	编程语言	理论知识	大型软件	CAD
重要	22.5%	70%	0%	0%
比较重要	52.5%	20%	10%	5%
一般	12.5%	0%	57.5%	5%

2 计算力学课程体系建设和改革的思考

通过前面的调查统计与分析我们可以看到, 计算力学课程体系不仅仅是传统意义上的理论知识讲授, 而应该是一个较完整的课程体系. 结合兰州大学理论与应用力学专业近些年在国家质量工程的特色专业建设以及国家级教学团队的建设、改革与实践, 逐步形成了包括计算机基本语言类的课程如 Fortran 或 C, 计算数学的基本方法类课程如计算方法、数值方法或微分方程数值解法, 计算机辅助设计与建模课程, 高级科学编程语言如 Matlab 或 Mathematics, 大型软件应用等一系列课程. 鉴于此, 我们在教学体系建设中进一步明确并强化了对本专业学生的计算机技能和计算方法解决力学问题的培养, 结合一系列课程完善形成了计算力学课程体系, 实施效果明显.

表 4 给出了兰州大学力学专业本科生近年来所形成的计算力学课程体系的模式与内容安排等, 并且这些课程的安

排体现了培养学生计算技能的各个层面的内容与要求, 同时充分考虑了课程之间的衔接以及学生认知和接受新知识的一般规律, 每门课程的开设和所包含的教学内容侧重点不同、目的和培养目标不同.

表 4 计算力学课程体系的设置及内容与安排

序号	课程名称	学分	学时	开课学期	备注
1	工程制图与 CAD	3	54	1 年级 第 2 学期	侧重于学生的基本制图技能培训
2	计算方法	3	54	2 年级 第 2 学期	基础课程, 侧重于数值算法和原理
2	计算机程序语言 FORTRAN	2	36	2 年级 第 2 学期	程序设计概念、方法和思想的学习
3	计算机程序语言 FORTRAN 上机实习	2	36	2 年级 第 2 学期	与课程配套的实践和动手环节
4	计算力学	3	54	3 年级 第 2 学期	基础课程, 侧重于常用的几种计算力学方法的原理、过程和实现步骤
5	计算机辅助设计与建模	3	54	3 年级 第 2 学期	侧重于实体建模, 有限元分析中的概念建模和设计
6	高级编程语言 MATLAB 和 MATHEMATICS	2	36	4 年级 第 1 学期	选修课程, 侧重于高级编程的技巧、语言规范和应用
7	大型软件应用 (如 ANSYS 等)	3	54	4 年级 第 1 学期	结合国际商用有限元软件 ANSYS 等, 使学生掌握大型软件的操作和使用, 分析简单工程问题的能力
学分小计		21	378	该课程体系占学生 4 年全部学分或学时的比重为 12% 左右	

这样的计算力学课程体系显然不是两三门课程或几种计算方法的简单介绍, 而是在理论教学上兼顾实践应用, 是讲授理论又注重应用的课堂教学体系. 同时, 计算力学课程体系具有很强的实践性和应用性. 单单凭借教师课堂上对基本原理和方法的讲解与传授, 以及学生对基本原理和方法的学习和掌握作为该门课程的考察内容和目标, 是不足以达到对学生运用所学的知识和方法真正解决实际问题能力的培养. 为此, 我们在课堂讲授和学生学习基本原理与方法的基础上, 针对相关课程如《数值方法》、《计算力学》、《计算机辅助设计与建模》等课程特点, 在每一章节或者每一典型方法学习完后设计实践环节部分以训练和提高学生的实际动手能力和解决问题的能力. 激励学生的学习热情和主动学习的积极性, 培养学生运用所学的知识进行力学问题思考、建模、求解、结果分析与讨论、结果展示与演示、口头阐述科学问题和解决方法的整个

参与环节的训练与实现；调查中我们可以看到大部分学生对编程实践环节反映较好，确实感觉到通过实践，加强了对理论知识理解，初步实现了程序编制的基本思想、方法和技巧，使所学得的知识与实际结合更为紧密。

围绕着新时期高等教育对高素质高层次人才培养的要求与目标，以及工程技术和力学学科的发展对力学学科的教学提出的新要求，在力学专业人才培养中开设计算力学类课程，并由此形成有利于加强学生计算技能的计算力学课程体系，不管是在理论上，还是在处理工程实际问题方面，都将有利于拓宽学生知识面，为学生提供很好的训练。对于那些继续攻读学位的学生，使他们能够更早更好地掌握了今后开展研究工作的手段和方法；对于即将和走上工作岗位的学生而言，则掌握了一

门计算技能，无疑增大了就业的机会和为今后开展工程实际问题的解决提供了数值手段分析的能力与素质。

参 考 文 献

- 1 钱学森. 我对今日力学的认识. 力学与实践, 1995, 17(4): 1-1
- 2 毛军, 薛琳, 熊艳. 在本科力学课程中引入计算力学内容的可行性分析. 北方交通大学学报(社会科学版), 2003, 2(2): 54-59
- 3 王省哲. 计算力学. 兰州: 兰州大学出版社, 2006. 1
- 4 黄立新, 吴宇华. 土木工程专业的计算力学教育. 广西大学学报(自然科学版), 2007, 32(增刊): 354-359
- 5 宋少云. 将 CAE 引入力学教学. 力学与实践, 2006, 28(5): 74-75

(责任编辑: 刘俊丽)

大学物理《力学》中的自由度分析¹⁾

韩文娟²⁾ 刘 海³⁾

(六盘水师范学院物理系, 贵州水城 553004)

摘要 对《力学》中的物体自由度进行多方面分析, 以深化教学、提高学生正确分析物理问题的能力. 使用实际教学分析的研究方法, 在《力学》范围内讨论自由度与坐标、自由与约束的关系并得以下结论: (1) 同一物体的自由度随其所在的“空间”不同而不同, 不因坐标系的选取不同而异, 在同类参考系中不因参考系的动静而有别; (2) 自由度遵循叠加原理. 讨论了质点系的总自由度及相关计算问题, 并指出研究《力学》中自由度的意义.

关键词 大学物理, 力学, 自由度, 实际教学分析法

中图分类号: O369 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-0879(2010)04-109-03

引 言

大学物理中《力》、《热》、《电》、《光》、《原》、《量》(学科简称, 以下同), 每部分内容都直接或间接涉及自由度问题, 但对其阐述却是零星、分散的, 学生对自由度的认识亦是片面、狭窄的, 笔者结合物理教学实际, 针对学生易困惑、费解的《力学》中的自由度作多角度、多层次分析, 让学生对之理解更加透彻、深化, 进而更好地理解和学习《热》、《电》、《光》、《原》、《量》中的自由度, 从而提高其正确分析物理问题的能力, 这对物理教学极有帮助.

1 力学中的自由度分析

1.1 自由度与坐标系

1.1.1 被研究物体的自由度不因坐标系的选取不同而改变

2009-06-25 收到第 1 稿, 2009-11-25 收到修改稿.

1) 贵州省六盘水师范学院基金(200906)和贵州六盘水科技基金(5202-2009-08...01)资助项目.

2) 韩文娟, 女, 1975 年生, 副教授, 主要从事量子多体理论的研究. E-mail: hanwenjuanying@163.com

3) 刘海, 男, 1972 年生, 副教授, 主要从事物理教学和研究. E-mail: lplihai7209@163.com

在《力学》中, 自由度^[1]是指力学系统(决定其在空间位置)的独立坐标个数. 力学系统由一组坐标来描述, 如一个质点的三维空间运动, 在笛卡尔坐标系中, 由 x, y, z 三个坐标来描述; 在球坐标系中, 由 r, θ, ϕ 三个坐标描述, 描述系统的坐标系可自由选取, 但独立坐标的个数总是一定的, 即系统的自由度确定.

1.1.2 被研究物体的自由度在同类参考系中不因参考系的动静而有别

两个惯性参考系, 动系相对静系的运动速度为 v , 研究同一质点运动, 其坐标的数值也只是在不同参考系中作一些相对性变换后不同而已, 但是质点自由度的种类、名称及数目相同, 如同动、静坐标系中, 质点动量定理的形式一样, 不同的是反映动量定理的各物理量数值不同而已.

1.2 物体“自由”与“约束”的关系

在笛卡尔坐标系中, 质点有 x, y, z 三个坐标, x 确定后, 质点可在 $yo z$ 面上“自由”, y 确定后, 质点可在 z 线上“自由”, 当 x, y, z 都确定后, 该质点被“卡定”, 不再“自由”. 一般的 N 个质点组成的力学系统由 $3N$ 个坐标来描述, 但力学系统中常常存在着各种约束, 若该 N 个质点组成的力学系统, 存在 m 个约束, 就有 m 个约束方程, 就减少 m 个独立变量, 减少 m 个自由度, 则系统的自由度为 $S = 3N - m$, 在宏观上观察物体的运动时, 物体自由度越多, 受约束越少, 物体越自由.