



力学课程报告论坛

2007

论文集

力学课程报告论坛组委会



高等教育出版社

第三届力学课程报告论坛将于2008年11月在南京航空航天大学（南京）举行

■「力学课程报告论坛」秘书处

■联系人：杨倩 黄毅

■E-mail：acem@hep.com.cn

■电话：010-58581361 58581363

■传真：010-58556023

■通信地址：北京市朝阳区惠新东街4号富盛大厦20层 力学课程报告论坛秘书处

■邮政编码：100029

■论坛网址：<http://mechform.cncourse.com>

ISBN 978-7-04-024369-7



9 787040 243697 >

定价：46.00 元



力学课程报告论坛

2007

论文集

力学课程报告论坛组委会



高等教育出版社

内容简介

本论文集收录了2007年12月在广州举办的第二届力学课程报告论坛上提交的一些论文,为了更好地总结和交流此次论坛成果,而编辑出版的。文集共收录论文110篇,其中大会报告11篇,分会场报告25篇。收录的论文都是经过论坛组委会组织专家评审确定的。论文从不同角度,结合各校教学实际,围绕力学课程优质教学资源的建设与使用、力学课程教学内容与课程体系的改革探索、力学课程教学方法和手段的改革探索、力学实验教学模式的改革与创新、新兴计算技术、数字教育技术与手段在力学教学中的应用等进行了深入的分析与阐释,对于广大高校力学课程的教学和建设具有积极的借鉴意义。

图书在版编目(CIP)数据

力学课程报告论坛论文集. 2007/力学课程报告论坛
组委会. —北京:高等教育出版社,2008.6

ISBN 978-7-04-024369-7

I. 力… II. 力… III. 力学-课程-教学研究-
高等学校-文集 IV. O3-41

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第067989号

策划编辑	杨倩	责任编辑	水渊	封面设计	张志	版式设计	王莹
责任校对	张颖	责任印制	朱学忠				

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京鑫海金澳胶印有限公司

开 本 850×1168 1/16
印 张 23
字 数 680 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008年6月第1版
印 次 2008年6月第1次印刷
定 价 46.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24369-00

前言

为满足广大高校教师进一步教学改革的实际需求,促进深层次的教学改革,推动课程教学质量的提高,高等教育出版社在2005年初发起倡议,并与全国高等教学研究中心、全国高等学校教学研究会、教育部有关学科教学指导委员会、有关学术团体以及有关高校一起,共同设立了“大学基础课程报告论坛”。力学课程报告论坛作为系列报告论坛之一,旨在为全国高校力学教师提供一个长期、稳定的教学研讨和交流平台,推动优质教学资源的建设与共享,提高教学质量和水平。首届力学课程报告论坛于2006年11月3日—5日在大连举行,由大连理工大学承办。来自全国300余位力学专家和教师参加了论坛。

第二届“力学课程报告论坛”于2007年12月14日—16日在广州暨南大学隆重召开。来自全国26个省(市)、自治区的200多所高校、400余位力学教师参加了这次大会。本届论坛由全国高等学校教学研究中心、全国高等学校教学研究会、教育部高等学校力学学科教学指导委员会、中国力学学会教育工作委员会、高等教育出版社及有关高校共同主办、由暨南大学承办。

本届论坛的主题为“质量工程实施中的力学课程教学内容和方法的改革与创新”。出席本届论坛的有:全国高等学校教学研究会副理事长、教育部高等学校力学教学指导委员会主任委员、暨南大学刘人怀院士;浙江大学校长杨卫院士;高等教育出版社张增顺总编辑;暨南大学校长胡军教授;全国高等学校教学研究中心常务副主任、高等教育出版社杨祥副总编辑;中国力学学会教育工作委员会主任、河海大学姜弘道教授;教育部高等学校力学教学指导委员会副主任委员、北京大学苏先樾教授、清华大学袁驷教授、上海大学副校长叶志明教授等有关领导和专家。

论坛采取院士报告、大会报告、分会场报告及分组和书面交流等形式进行。中国科学院院士、浙江大学校长杨卫教授做了题为“案例式教学:固体力学的前沿应用”的专题报告。杨桂通教授、王敏中教授、单建教授、李俊峰教授、许唯临教授和曾攀教授分别围绕材料力学、弹性力学、结构力学、理论力学、水力学、有限元等课程的课程体系构建、教学内容与教学方法的改革做了报告,报告人总结多年在力学教学实践中的心得和经验,涉及借助“联想”的方法、科研带动教学、挖掘学科内容的趣味性等多种教学方法。开展工程教育专业认证是质量工程的重要内容之一,论坛组委会邀请全国工程教育专业论证专家委员会副主任姜弘道教授做了“从工程教育专业认证看力学课程的教学与教改”的大会报告。在数字化教学方面,论坛组委会特邀了首届国家级教学名师奖获得者、中国物理学会教学委员会数字物理工作室主任李元杰教授做了“科学发展观与创新教育和数字技术”的报告。在力学实验教学模式的改革方面,上海交通大学工程力学实验中心负责人介绍了建设国家力学实验教学示范中心的概况。王璠教授介绍了在暨南大学学分制体系下工程力学专业课程体系的结构。在分会场报告中,有26位一线教师就力学课程教学改革、课程建设和提高课堂教学质量等问题,展开进行了广泛交流和研讨。

为了更好地总结和推广本届论坛取得的成果,特编辑出版本论文集。本届论坛共收到投稿论文200余篇,经过学科专家遴选,并以作者参加论坛的论文优先原则,从投稿论文中优选了99篇论文。本论文集将本届论坛的11篇大会报告及遴选出的99篇论文,汇集成册,予以出版,以期对于广大高校力学课程的教学和建设具有积极的借鉴意义,并对全国广大教师开展教学研究和课程建设

有所帮助。

“中国高校力学课程网”已开通运行。网上论坛作为课程网站的主要内容之一，不仅包括论坛资料下载、论坛相关信息和会议注册等内容，而且通过在线论坛可以使教师与专家、同行即时地探讨交流教学问题，为广大教师创造了一个良好的课程教学改革、建设、研讨与交流平台。论坛网址是：<http://mechanics.cncourse.com>。

最后，向关心和关注力学课程报告论坛的广大教师，为论坛的顺利举办提出宝贵意见和建议的专家学者及相关组织，表示深深的谢意。

力学课程报告论坛组委会秘书处

2008年4月21日

目 录

大会报告

[3]	案例式教学：固体力学的前沿应用	杨 卫
[6]	从工程教育专业论证看力学课程的教学与教改	姜弘道
[9]	科学发展观与创新教育和数字技术	李元杰
[14]	关于工科基础力学课程教学体系和教学方法的几点思考	杨桂通
[20]	借助“联想”的方法 让学生分享创造的欢乐 ——弹性力学教学方法改革的一点探索	王敏中
[22]	趣味结构力学——探索与实践	单 建
[30]	理论力学教学的思考与实践	李俊峰
[33]	新生研讨课“结构数字化分析的探讨”的实践	曾 攀 蒙红缨 卢永进等
[37]	科研促进教学 提高本科水力学教学水平	许唯临 王协康 李渭新
[40]	力学实验教学的改革与创新人才培养	洪嘉振 余征跃 陈巨兵
[47]	工程力学专业课程体系探讨	王 璠

分会场报告

专题 I 理论力学、材料力学课程教学内容与课程体系的改革探索

[55]	理论力学工程应用新实例	庄表中 王惠明
[62]	加拿大 Alberta 大学基础力学课堂教学解析	万 玲 彭向和
[66]	“材料力学”(II)的教学内容和教学方法新模式	黄丽华 姜 峰
[68]	开发典型案例,丰富教学资源	李 锋 马红艳 季顺迎等
[71]	工程专业理论力学的双语教学	陈立群
[74]	提高理论力学课程教学质量的思考	唐晓雯 任艳荣
[77]	材料力学课程双语教学模式的改革与实践	张烈霞
[79]	浅谈材料力学教学理念与教学方法	杨在林 杨 勇

专题 II 结构力学、弹性力学、流体力学及水力学课程教学内容与课程体系的改革探索

[85]	流体力学课程重点难点教学方法改革探索	丁祖荣
[88]	建议提高“弹性力学”在土木等专业课程设置中的地位	王润富 陈国荣
[90]	ANSYS 在弹性力学课程教学中的应用	陈 刚 翟鹏程

[93]	“计算流体力学” 课程建设初探	刘赵森
[96]	“四个引入与一个结合” 的教学模式在流体力学教学中的应用	顾建农 张志宏
[98]	工科结构力学课程体系改革尝试	杨其伟
[101]	土木工程专业力学课程教学现状的分析及研究	马崇武 秦怀泉
[104]	建筑力学教学实践中的几点体会	陈飞昕
[107]	加强结构力学课程教学中计算机应用能力的培养	郝进锋 滕振超 张 丹

专题 III 力学课程教学方法和手段、力学实验教学的改革探索

[113]	实施研究型教学 提高本科教学质量	杨春秋
[116]	力学创新教育的研究与实践	沈火明
[120]	工程力学“开放创新试验室”	张亦良 李晓阳 张 伟
[124]	活跃学习气氛 激发学习兴趣 ——校结构设计大赛的经验交流	白若阳 周际平 马少鹏等
[129]	基于 Web 的力学实验课程在线考试管理系统的设计	邓宗白 杨 婷
[133]	参加全国基础力学讲课竞赛有感	易 平
[135]	重庆大学力学实验教学示范中心实验教学体系建设	杨昌棋 艾 彦 唐 亮
[138]	工科力学课程中学生理性思维能力的培养	尚新春 卢晋福

书面交流报告

[143]	提高课程教学质量要从教学基本功抓起	范钦珊 邓宗白 蔡 新等
[147]	优化师资队伍 建设优秀力学教学团队	陈玲莉 陈振茂 王铁军
[149]	浅谈师生之间的交流和沟通在教学中的重要作用	韩 斌 周际平
[152]	“交通” 特色的力学人才培养	汤立群 何庭蕙 陆丽芳等
[155]	浅谈工程实例在力学课程教学中的运用	胡玲玲
[158]	注重教学环节知识、兴趣和能力的培养	陈国平
[161]	在力学教学中贯彻创新教育的思考	刘建忠
[164]	提高土木工程专业本科生的力学修养	陈常松
[167]	介绍供教员使用的《教学效果动态评估及信息反馈系统》	郭剑峰 徐守彬 方祥位
[170]	从标准化谈力学课程内容的改革与创新	韩国明 黄润华 张 刚
[174]	土木、水利类力学课程体系和教学模式改革的研究	姚占全 申向东
[177]	力学系列课程建设与创新	徐玉华 章宝华
[180]	理论力学试验室的建设理念及实践	陈定圻
[186]	扩充材料力学综合设计性实验内容的探索与实践	宇慧平 隋允康 张亦良等
[189]	材料力学实验教学改革	穆翠玲 黄玲凌 黄建亮
[192]	材料力学创新实验教学的研究与实践	王谦源
[195]	材料力学实验教学模式的改革与创新	刘国强 薛春芳 陈德民等
[198]	工程力学实验开放式网络化教学改革初探	贾永峰
[201]	力学实验教学的改革与实践	张天军 屈钧利
[204]	基础力学实验教学模式的改革与创新研究	王 瑾

- [207] 一本改革的理论力学教科书 胡运康
- [209] 充分利用多媒体, 提高理论力学教学质量 冯 莉
- [212] 使用多媒体辅助理论力学教学的几点体会 刘祚秋 何 斌
- [214] 理论力学教学的改革与创新 金春花
- [217] 谈谈理论力学课堂教学 盛冬发 付朝江 曾绍锋等
- [220] 让力学充满时代活力——《Maple 理论力学》 李银山
- [223] 材料力学教学改革与创新的探索 刘 军
- [227] 材料力学教学改革初探 李剑敏 俞亚新
- [230] 谈材料力学精品课程建设的体会 刘起霞 张维祥
- [233] 材料力学教学实例和心得 方德平
- [236] 材料力学双语教学过程中的困惑与对策 罗冬梅 李丽芬 吴本英等
- [239] 材料力学课程考试考核制度改革的研究与实践 肖建清 郭长青 胡和平等
- [242] 浅论新时期材料力学教学改革 虞爱平 黄英娣
- [245] 材料力学课程体系改革的探讨 李春林 李忠华 邵英楼
- [248] 材料力学网络课程的适应性创建 赵宝生 吴寒客
- [250] 非机械类非土建类工程力学课程改革与实践 焦永树 范慕辉 刘 波
- [253] 多媒体教学与传统教学在工程力学中应用 龙志勤 穆建春 刁会峰等
- [257] 工程力学选修课的教学探索与实践 陈 刚 余凯平 王 峰
- [260] 初探艺术类工业设计专业的工程力学教学 殷安琪
- [262] 工程力学教学中的几点设想 富 裕
- [264] 挂图法在工程力学教学中的应用 杨少红 章向明 施华民
- [267] 工程力学课程引入多媒体教学的思考 聂毓琴 闫雅坤 魏 媛等
- [269] 工程力学教学实践与体会 郭春华
- [271] 教学内容的改革是提高力学课程教学质量的关键 王明金
- [274] 建筑环境与设备专业工程力学课程改革的探索 刘 君 易 平
- [277] 基于工程素质培养的工程力学的教学改革探讨 李艳聪 李书环 郭俊旺
- [279] 基于应用能力培养的工程力学课程教学的探索与实践 沈 冰
- [281] 工程力学课程教学方法和手段的探索 徐 元
- [284] 工程力学系列精品课程建设 王建省
- [287] 在基础力学教学中应注重学生力学建模能力的培养 孙双双 姜先策 刘文秀等
- [290] 适应素质教育的基础力学课程教学法研究 姚宇新 马莉英
- [292] 基于基础力学的研究型教学法的探讨 许晨光 徐 锋 崔常伟
- [295] 教学型工科院校基础力学课程内容的整合与改革 胡文绩 邱清水 彭俊文
- [298] 基础力学教学改革与工科学生素质能力的培养 马 迅 郝 琪 郑冬黎等
- [301] 工科基础力学系列课程的教学改革与创新实践 聂毓琴 孟广伟 刘巧伶等
- [304] 农业院校工科基础力学课程改革与探索 张洪海 王春彦 郝莉莎等
- [307] 关于基础力学教与学的探讨 王青春
- [310] 结构力学课程质量保证文件的编制 杨海霞 张旭明
- [314] 关于第二届中国中南地区高校土木工程专业“结构力学竞赛”情况的分析 魏德敏 吴庆华
- [317] 结构力学精品课程建设实践与思考 崔清洋 朱 华 吴发红

- [320] 结构力学精品课程建设的思考与实践 刘 香 李 建
- [323] 结构力学课程建设实践 葛文璇 许 薇
- [326] 浅谈土建类专业结构力学习题课的组织 and 教学 王素华 刘福胜 戴景军
- [328] 应用型土木工程专业人才培养中结构力学课程建设的思考 罗 健 戚承志
- [330] 提高结构力学教学效果的思考和探索 郝海霞 蔡长丰
- [332] 浅谈普通高等学校结构力学课程的教学改革 银英姿 刘 香 田金亮
- [335] 以科研促进工科研究生的弹塑性力学教学 戚承志 罗 健
- [338] 继承发展, 开拓创新, 构建弹性力学课程立体化教材体系 王润富 陈国荣
- [341] 流体力学教学体系引入 CFD 技术的探索 丛晓春 刘玉峰
- [344] 搞好水力学课堂教学的几点认识 裴国霞 田春元 张志澍
- [347] 流体力学课程教学中宜强化的四个观点 马哲树 姚寿广
- [350] 工程力学专业系列专业课程建设的思考 邹建奇 苏铁坚
- [354] 工程力学专业本科生科学与工程思维能力培养探索 赵荣国 张 平 张俊彦等
- [357] 从力学基础数学课程看实用性教学的重要 黄 华 詹杰民

- [320] 结构力学精品课程建设的思考与实践 刘 香 李 建
- [323] 结构力学课程建设实践 葛文璇 许 薇
- [326] 浅谈土建类专业结构力学习题课的组织 and 教学 王素华 刘福胜 戴景军
- [328] 应用型土木工程专业人才培养中结构力学课程建设的思考 罗 健 戚承志
- [330] 提高结构力学教学效果的思考和探索 郝海霞 蔡长丰
- [332] 浅谈普通高等学校结构力学课程的教学改革 银英姿 刘 香 田金亮
- [335] 以科研促进工科研究生的弹塑性力学教学 戚承志 罗 健
- [338] 继承发展, 开拓创新, 构建弹性力学课程立体化教材体系 王润富 陈国荣
- [341] 流体力学教学体系引入 CFD 技术的探索 丛晓春 刘玉峰
- [344] 搞好水力学课堂教学的几点认识 裴国霞 田春元 张志澍
- [347] 流体力学课程教学中宜强化的四个观点 马哲树 姚寿广
- [350] 工程力学专业系列专业课程建设的思考 邹建奇 苏铁坚
- [354] 工程力学专业本科生科学与工程思维能力培养探索 赵荣国 张 平 张俊彦等
- [357] 从力学基础数学课程看实用性教学的重要 黄 华 詹杰民

- [310] 结构力学精品课程建设的思考与实践 刘 香 李 建
- [311] 结构力学课程建设实践 葛文璇 许 薇
- [312] 浅谈土建类专业结构力学习题课的组织 and 教学 王素华 刘福胜 戴景军
- [313] 应用型土木工程专业人才培养中结构力学课程建设的思考 罗 健 戚承志
- [314] 提高结构力学教学效果的思考和探索 郝海霞 蔡长丰
- [315] 浅谈普通高等学校结构力学课程的教学改革 银英姿 刘 香 田金亮
- [316] 以科研促进工科研究生的弹塑性力学教学 戚承志 罗 健
- [317] 继承发展, 开拓创新, 构建弹性力学课程立体化教材体系 王润富 陈国荣
- [318] 流体力学教学体系引入 CFD 技术的探索 丛晓春 刘玉峰
- [319] 搞好水力学课堂教学的几点认识 裴国霞 田春元 张志澍
- [320] 流体力学课程教学中宜强化的四个观点 马哲树 姚寿广

大会报告

案例式教学：固体力学的前沿应用*

杨 卫

(浙江大学, 杭州, 310027)

非常高兴能有机会跟我们的力学同行们交流在教学方面的一些体会。最近几年去过很多的国家访问, 他们为了培养学生的兴趣, 采用了案例式教学的方法。比如笔者一个月以前在英国, 看到他们 A1 和 A2 (相当于我们的高三和大一) 年级的物理课本和化学课本全都有所改变。以前的物理课本分为力、热、声、光、电、磁几部分, 改革后的课本变成先讲交通运输—即运动学, 然后讲航空航天—即动力学, 然后讲食品工程—涉及到热学, 然后讲音乐欣赏—涉及到声学, 这样教学就使学生饶有兴趣。而且正着炒一遍反着炒一遍, 最后把这个系统完美的编织交给学生。回想到在清华大学工程力学系任教的时候, 我们为了培养学生对力学方面的兴趣, 开了一门课叫力学绪论, 请流体力学的老师、动力学的老师、固体力学的老师去讲这个学科的前沿, 每个老师讲上 3、4 个小时左右。本次报告大部分取自笔者几年前在清华大学给学生讲力学绪论时关于固体力学前沿部分的教案, 为了准备这次报告又加了几个近年的收集的几个例子, 并予以介绍, 包括固体力学在土木工程、建筑和地震、航空、航天、微电子、纳米技术、生物医学和体育运动中的应用。以一系列的例子来激发学生对固体力学的兴趣。

1 土木工程

在三峡大坝的混凝土浇筑过程中, 由于温度的影响曾经出现过裂缝, 对于这个裂缝处理, 就是一个固体力学要研究的问题。我国在混凝土界、土木工程界方面做了很多力学方面的基础工作。在十几年前, 我国做进行了很大尺寸土木构件加载实验, 包括 20 m 长, 4 m 高, 40 cm 厚的弯曲试件, 以及 2 m 见方的紧凑拉伸试件。大家知道混凝土具有尺度效应, 通过做这些大的构件实验, 说明试件的尺寸超过一米以后, 尺度效应就比较小了。另外, 在三峡电站中电机的临界转速、油膜震荡也是非常重要的力学问题。

再看世贸大厦坍塌的例子, 为什么倒塌过程那么快? 这个事故的调查委员会花了大概一年的时间去进行各方面的研究, 他们认为这是由于恐怖分子驾驶飞机撞到了离顶端大概有二十层楼的地方, 飞机里面大量的燃油, 造成燃烧高温, 使得钢结构有些地方突然变软, 造成破坏。2001 年, 美国著名的力学家和土木工程学家 Zdenek P. Bazant 写了一篇文章, Why did the World Trade Center Collapse, 登在 Journal of Engineering Mechanics。他说明: 飞机撞在距顶层二十层的地方, 撞击和燃烧使得该处的结构变软, 最后突然产生屈曲使得其上方 20 层建筑结构下落一层, 砸在剩下的 80 层上面, 产生的动态载荷大大高于设计的承载能力, 造成这种一节一节传播的破坏失稳。

接下来讲建筑的抗震问题。台湾有个 101 大楼, 是竹节式的结构 (在流体力学的和佛学上都有讲究), 在楼的顶部大概有十几层楼高的中间吊了一个很大的铁球, 当遇到台风或是地震的时候, (因为挂着的東西不传递切应力), 挂着的铁球能有效降低该楼的振动幅度, 据计算是可以降低 40%。所以, 在台湾这样一个多台风、多地震的地区建造 101 这种世界著名高楼, 与力学设计非常有关。日本也是个多地震的国家, 很多建筑都是地震中摧毁的。在日本的京都有一个很著名的古迹——三十三间堂, 它的

* 本文是杨卫院士在 2007 年 12 月 15 日第二届“力学课程报告论坛”上所做大会报告的录音基础上整理而成的, 经本人同意, 做了一些删减。

高度不高，但跨度很大，它之所以能够几百年保存下来，是因为它是建立在一层一层的基本上是没有剪切耦合地基上。这两个例子是通过被动的阻尼控制或主动的控制，来抑制当地震时造成的建筑物的震动。

下面讲两个地震的问题。一个是1999年在土耳其的地震，在震中附近有一条断层，地震沿着断层传播，向一侧传播的速度比较慢，是亚音速的；而向另一侧传播速度相对较快，是跨音速的，它的波动方程变为双曲线型的方程，产生了很大的破坏能量的发泄，所以这一侧收到的信号波的强度远远高于另一侧，而且房倒屋塌，死了1万多人，而另一侧情况相对较好。这次地震也引发了学者对超剪切（super shear）型地震的研究，包括很多固体力学的著名专家和做地震方面的研究工作。另一个是在中国的昆仑山脉的地震，为里氏的8.1级地震。地震波传播了一段距离后，突然加速变成跨音速，大概每秒钟传播3 km左右；按此速度传播了150 km后，波速又突然上升到超音速，每秒钟传播5 km。这是学术研究中的经典例子，它为什么会不断的加速，而且最后达到了超音速？以前认为超音速的断裂按照一般的能量学说是不可可能的，必须使流到裂纹尖端的能流是无限大才能实现超音速断裂，那么这个情况为什么会发生，这也引起这方面学科研究的进展。

2 机械和航空航天

下面讲机械和航空航天的案例。飞机的翅膀一般都是朝后边，美国NASA研制的一种飞机其翅膀却是朝前，从而具有特殊的机动性。但是它对翅膀的受力要求的特别高，所以只有在全复合材料结构包括编织型的复合材料结构发展得相当成熟后，这样的结构才有可能。这就引发了材料的发展，包括新的点阵材料的出现，它非常轻，而且具有多功能性。有一种称为金属泡沫材料，从结构力学的角度上看，它的强度和刚度都较低，因为泡沫材料中所有的胞壁都是曲面，当受载荷时多处于弯曲状态。而细长构件的抗弯性能远远不如抗拉和抗压性能，于是发展出点阵材料，全是直杆，且都是高度冗余的直杆，断了一根，其他的杆群还有高度冗余。大家对航空、航天的发射都非常感兴趣，火箭发射的时候所产生的振动以及对该振动的控制都属于力学的问题。下面给大家介绍美国哥伦比亚航天飞机的悲剧，它的事故调查组，捡到它的很多残骸，然后对这些残骸进行分析，分析结果认为是在起飞的过程中上面的隔热网脱落下来，撞在翅膀上引起的。后来调查组专门做了一个模拟实验，把脱落下来的隔热网按照当时计算出来的可能速度撞在一个备用部件的相应位置上，看会发生什么情况。根据它们网站上的事故分析报告可知：这个碳-碳复合材料隔热瓦是新研制的，比以前的轻且抗热性能好，但是比以前的要硬。这种很硬的隔热瓦撞到碳-碳复合材料后引起裂纹，裂纹本身尚不至于直接产生力学的破坏，但是却形成了传热通道，引起再往里一层材料变软，最后产生解体。这基本上是力学问题，即由撞击引起的热力耦合破坏问题。

载人航天的交会对接，就是说起初在天上有一个飞行器，另外一个飞行器软性地撞在它上边与其对接。交会对接有一个对接装置，该装置以前一边是凹的，一边是凸的；后来设计了一个三片装置，三片之间有三个方的槽，三个片是斜面的，利用斜面逐渐导向使两接头合在一起，这是交会对接的一个非常重要的机构；同时，在后面有一套相当于斯图尔特平台的机构，它含有若干根液压杆，撞击时就自动产生很平缓的转动，在撞的位置不太对准确时，通过转动可准确定位连接。这里面涉及到撞击的问题、机构的问题、控制方面的问题，也有很多力学方面的问题。

3 微电子

下面讲关于集成电路方面的问题，集成电路是多层结构，含有很多焊点，在制备过程中由于热循环中产生的热应力、装配应力、错配应力可能会造成它的失效。此外，铝内导线通上电后就可能产生突起或者产生孔洞化，孔洞化以后就产生断路；当突起连上旁边的导线就产生短路。由于铝线有很多缺点，

从 20 世纪 90 年代末开始,导线都改用铜线了。铜元素相对比较重,在电子风下的移动比铝原子要慢,所以铜线的电迁移的性能就好。但现在的线越做越细(最细可达 65 纳米、45 纳米、32 纳米、25 纳米),而电压不变,所以电流的流量越来越大,使得铜线也遇到电迁移的问题。另一个工作是通过弹性力学的计算,算出在基底上沉积原子会形成怎样的量子点,这是由弹性能、表面能和界面能等等这些作用来共同控制的;并以用弹性力学算出来的量子点几何构型和应变分布,利用有应变势的量子力学计算,算出量子点的光学的性能、电磁学的性能和各种各样的特征,所以现在薛定谔方程也可以按照有限元的方法去求解,实际上归结于求解特征值问题,唯一不同的是势函数中有应变的影响。

4 纳米技术

关于纳米技术,我们编过一本书“Interfacial and Nano-scale Fracture”——界面和纳米尺度的断裂,列举了一些很有意思的问题。郑泉水的一个想法是把碳纳米管的两个头氧化后打开,形成一个多壁的碳纳米管。把一头拉出来再松开,就产生振动。据估算,这个振荡器的频率可达到十亿赫兹,相当于奔腾的计算机芯的电子震荡频率。另外他们用连续介质力学计算了多壁的碳纳米管的弯曲问题。在弯曲时,碳纳米管底下会产生很多皱纹,主要是由于多壁碳纳米管的剪切模量很低,但拉伸的模量很高造成。我们最近发表在 PRL 上的一篇文章,用分子动力学对碳纳米管进行计算,弯曲后就产生的褶皱图形和有限元计算的结果进行比较,计算的截面、纵剖面都很接近。但用分子动力学计算后发现一种新的现象,就是碳纳米管弯曲时,中间会产生扭转,甚至被扭断。我们详细解释了纯弯曲为什么会引至它的扭转,而且只有在分子动力学中使用了考虑原子位置契合的位势以后,才有可能揭示出这种现象。

再看一个例子,大家知道石墨之间的滑动摩擦很小,它的摩擦性能、润滑的性能都是最好的,所以有人提出多壁碳纳米管是最光滑的轴承。但这种轴承还是滑动摩擦。我们设计了一种滚动摩擦的分子轴承:外面是碳纳米管,里面也是碳纳米管,中间放入很多碳 60 的球,就设计成分子的滚珠轴承。还可以把碳 60 的球放到氮化硼管中,在适当的压力下加热到一定的温度(2 000 K),这些球就会在氮化硼的管子里汇集成一根碳管。现对其进行量子力学的计算。如果氮化硼管中没有碳 60 的球,它是宽禁带的材料,是绝缘体。如果管内放入碳 60 的球,禁带变窄,但基本上还是绝缘体。但是当把这个碳 60 的球融成一根管子,它的能级就穿过费米带,材料就变成了导体。我们可以计算它的导电的性能,融化成管子后,融化的局部就变成了导体,所以将来就可以做成一段导体一段绝缘体的材料。我们还可以计算它的磁学性质,这就不细讲了。

由于篇幅所限,后面的例子就从简了。生物医学的案例包括观察心脏的跳动、和与介入治疗有关的实验等。体育运动方面的例子包括蹦极、射箭、打网球、撑竿跳和体操等。

从工程教育专业论证看力学课程的教学与教改

姜弘道

(河海大学, 南京, 210098)

报告

工程教育专业论证是我国正在实施的高等教育质量工程的一项内容, 现已建立了有关组织, 制定了实施办法与认证标准, 并已在 9 个专业 26 个专业点上进行了论证试点。通过对专业论证标准的学习与实践, 结合从首届力学课程报告论坛论文集中所反映的我国力学课程教改所取得的进展, 提出力学课程教学、教改的几点建议。

1 认证标准十分强调工程教育人才培养要达到工程师的职业准备要求

如 ABET (美国工程技术认证理事会) 的认证标准明确指出, 专业教育目标是: “必须达到职业准备的要求”。因此, “社会各界的需求决定了教育目标的内容”, 而“课程及其实现过程要保证这些目标的完成”。职业准备的要求还体现在对毕业生的能力要求上, 如: 在“包括多学科的小组中发挥作用的能力”, “理解职业道德问题的能力”以及“理解一个工程问题的解决方案, 会在一个国际化和社会化的环境中, 产生什么样的影响”等等。

CCPE (加拿大专业工程师协会) 在其认证标准中更是明确指出, “认证标准帮助那些通过了专业教育要求的人很好地注册”。

HKIE (香港工程师学会) 的认证标准指出, “大学应从学位教育角度和职业要求的角度阐述培养方案的宗旨、目标和基本理念”。学生“毕业之后能够以一个工程师毕业生应有的水平开展有效而且专业的工作”。

不仅整个人才培养方案的制订要体现职业准备的要求, 像力学这样的课程, 其课程体系、教学内容也要体现职业准备的要求。已有一些力学教改成果在这方面取得了很好的效果。

如上海交大洪嘉振教授主持的“理论力学课程体系与教学内容的改革”, 针对传统理论力学的体系与内容, 对解决复杂机械系统的运动学与动力学分析很不实用的问题, 以及复杂机械系统设计与优化的计算机辅助分析技术广泛应用的现状, 提出了“一个基础、两个支柱与三个培养”的模式, 即加强理论力学的基本概念与基本理论, 掌握经典分析与计算机辅助分析两种方法, 培养正确建立力学模型的能力、正确处理问题的能力以及对分析结果判断正确与否的能力。

又如哈尔滨工业大学张少实教授主持的“材料力学课程内容与体系的创新”, 指出计算机技术的发展使得工程设计的理念、思想和方法发生了深刻的变革, 向传统的材料力学课程发起了严峻挑战, 工程师对力学基础知识有了新的需求。鉴于有限元法在 CAE 中的地位以及在工程中的意义, 对当代工程师来说是必须掌握的, 为此又必须先要学习弹性力学。

再如, 清华大学袁驷教授主持的“结构力学课程体系改革”, 提出了“一个基础, 两座大厦”, 即经典结构力学与程序结构力学、定性结构力学, 并将定性判断的能力首次写入了教学基本要求。这也是在新形势下与工程师职业准备要求非常一致的改革措施。

建议:

(1) 进行力学教学内容与课程体系改革必须深入分析不同工程类专业的工程师对力学内容的职业要求, 以及力学后继课程的教学内容改革对力学教学内容改革提出的要求。

(2) 对于力学要求较高的工程类专业, 弹性力学及有限元法应该是必修课, 把这门课程建设好、

学好, 对提高力学课程体系的教学质量以及工程人才培养质量极有价值。

2 认证标准十分强调以能力为导向的工程教育人才培养的目标与要求

例如, 在 ABET 对工程专业毕业生的 11 条要求中, 有 8 条是“具有……能力”, 另外 3 条分别是认知、认识与知识。在我国制订的认证标准(试行)的 8 条基本要求中, 有 4 条是“具有……能力”, 另外 4 条分别是素养、知识、了解与掌握。

世纪之交的力学课程教改围绕着“能力”与“创新”, 取得了一系列成果。在力学实验教学的改革方面, 许多学校加强力量、创造条件, 在培养学生动手能力与创新精神方面取得很好的效果。例如, 南航将实验内容进行模块化整合, 分为基本性、综合性、前沿性和认知性四类实验, 并开展“研究性”实验教学活动, 使得学生的综合能力和素质大幅提高。北京工业大学将力学实验分为基本型、综合设计型、研究创新型三个阶段, 西南交大亦构建了基本型、综合设计型、工程实践型与个性化创新型等四个层次的实验……。此外, 在实验教学中还大量开发计算机网络教学软件, 成为加强实验能力培养的有效手段。

力学课程的研究型教学也已有了很好的开端。以清华大学范钦珊教授领衔的基础力学研究型教学的实践经过多年努力已取得显著成效。他们在各个教学环节中从“教学内容重在学术深度”、“教学过程重在启发引导与互动”、“课外学习重在研究”、“实验教学重在自主设计”、“考试考核重在刺激思维鼓励创新”以及“技术应用重在与课程整合”等六个方面开展研究型教学工作, 已积累了不少经验, 取得了很好的效果。此外, 许多地方纷纷开展了以“创新”为主题的力学创新制作比赛等活动, 取得了很好的效果, 充分证明在学生中蕴藏着很大的创新潜能。

建议:

(1) 在各个教学环节中, 有一个环节对学生能力培养也至关重要, 但尚未引起足够重视, 那就是课外作业。由于种种原因, 课外作业是受到较严重削弱的一个环节, 但是能力必须通过动脑动手才能培养, 在纷纷减少课内学时的教改主流中, 如何让学生在课外真正能更主动地学起来, 必须研究落实。目前的课外作业还是以复习、巩固书本知识为主要要求, 能否像实验教学改革一样, 将课外作业分为几种类型, 除了以复习书本知识为主的基本型习题, 也要有综合型、创新型的较大的习题, 并可由学生组成小组来集体讨论解题, 还可培养学生在团队中发挥作用的能力。

(2) 一个教改课题的建议。HKIE 的认证标准中, 有一条为“应该设置一个恰当的主题突出工程设计与综合运用的重要性”, 并建议“这项活动最好能贯穿在培养方案的工程科学课程中”。这样设置表明“工程设计与综合是一个具有创造性、不断反复和开放的过程, 体现了一般的设计技术和理念, 同时还涉及金融、质量、安全以及环境的问题”。

当前的教学安排, 尽管有一些课程设计, 但相互之间并无联系, 把一个本来紧密相关的事情弄得支离破碎。建议在教学过程中(毕业设计前), 设置“专业综合设计”环节, 在各门相关课程教学中分步完成。

3 认证标准十分强调“以学生为本”, 把重点放在学校人才培养的效果, 即不只是学校“教”了什么, 而着重在学生“学到”了什么。

ABET 明确指出, “在工程专业评估中, 学生和毕业生的质量和成绩是重要的考虑因素”, 并必须具有“常设的评估体系, 以证明实现专业教学目标的成就, 以及运用评估结果改进专业教学的效果”。

我国的认证标准中也强调指出要“具有比较完善的校内评价制度”, 并要开展社会评价。

在毕业生调查中经常会听到一些相互矛盾的说法。有的说工作得很好, 得益于力学基础扎实, 后劲足; 有的说, 力学没有用到什么, 工作查表就够了。