



普通高等教育“十二五”规划教材



材料力学案例

教学与学习参考

李 锋/编著



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

材料力学案例 ——教学与学习参考

李 锋 编著

科学出版社
北 京

内 容 简 介

本书是理工科大学材料力学课程的配套教材。全书以实践内容为主,通过对具体案例研究分析的过程,指导学生深入理解和运用材料力学原理,提高定性分析与综合应用的能力,促进创新精神和实践能力的培养。书中的导论对案例教学法的概念、内涵和案例研究的方法论作了介绍;正文包括研究篇和素材篇,分别按照强度、刚度、稳定性和综合问题分章。本书精选了70个案例,其中30个案例给出了详细的参考分析过程。案例研究的一般结构是事件背景、问题与思考题、参考分析和总结,提供给学生作为课程的补充阅读材料。案例素材包括事件背景、问题与思考题,便于学生的实践性练习、研究思考和课堂讨论。

本书适用于学习材料力学课程的理工科各专业,可作为材料力学课程教师的教学参考书、重点大学材料力学课程的学习参考书,也可作为理工科研究生和广大工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学案例:教学与学习参考/李锋编著. —北京:科学出版社,2011
(普通高等教育“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-03-029707 -5

I. ①材… II. ①李… III. ①材料力学-高等学校-教学参考资料
IV. ①TB301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 240317 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市安泰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年1月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2011年1月第一次印刷 印张:11 1/2

印数:1—4 000 字数:230 000

定价:25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

本书是配合材料力学课程案例教学的需要而编写的。素材的选用除重大事件外,主要按照就近不就远的原则,并尽量选择作者亲历的或身边的事件,以便尽可能地获得第一手材料。案例内容是以材料力学为主的基础力学问题,选择标准是具有典型性、新颖性和趣味性,存在悬疑和值得深入探讨的空间,并且大体上与教学基本内容相符合。虽然有些内容不是教学的重点内容,但是从以特殊视角提出问题和提倡质疑精神的价值来看,这些内容仍然是有意义的。这些案例的搜集积累和提炼问题的过程,体现了案例教学所提倡的一个重要理念——强化问题意识和探索精神,重要的是能提出问题。尽管现有的案例数量有限,案例研究的广度和深度还有待于进一步发展,希望这些案例能起到抛砖引玉的作用,促使课程的学习者受到启迪,更多地关注实际,留心观察思考,勇于提出新问题。也希望更多的教师与工作者关注教学案例的建设,多渠道积累素材与问题,增添更多更好的案例,使教学资源逐渐丰富起来,实现共享。我们常说要培养学生分析问题、解决问题的能力,其实对于创新型人才来说,培养发现问题、提出问题的能力也是同样重要的,应当大力提倡,这是科学研究工作者必备的基本素质,也是本书编写的一个主要目的。

案例教学并不是新事物,但在材料力学课程中的应用尚不多见,没有多少成熟的经验可以借鉴。参考其他学科中的案例分析书籍,并考虑到便于教学应用的需要,本书中的案例按照强度、刚度、稳定性和综合问题分章,并用副标题注明每个案例涉及的主要教学内容。在案例研究篇中给出了作者对相关问题的参考分析,其目的主要在于将提出的问题进一步展开,以便找出重要的因素,给出符合逻辑的研究思路,提供有用的证据,选用相关的理论,阐述明确的观点。必须指出,这些分析和解答仅代表作者个人的观点,不可能做到全面和完善,也不保证观点正确,因此只能称为“参考分析”。不能将这些分析视为标准答案,更不能用它们来限制其他的不同观点,那就违背了开展案例教学的初衷。实际上,许多问题由于客观条件的限制、实际问题的复杂性和信息数据的不完备性,可能并不存在一个“标准答案”。归根结底,案例研究对于教学的重要价值主要体现在对实际问题的类型识别和定性分析,体现在对原理的掌握和灵活应用,更体现在理论与实际间的融合互动过程。

因此,应当把有研究价值的案例事件和由此提炼出来的问题与思考题视为案例教材的核心内容。欢迎读者参与交流,提出意见、质疑、评论和其他见解,使案例这一教学资源不断地发展,更加丰富多彩。

编 者

2010年9月26日于大连理工大学

目 录

前言

导论	1
----------	---

案例研究篇

第一章 强度问题研究	12
案例 1 卷笔刀为什么不好用了	12
案例 2 提高吊车梁强度的方案	15
案例 3 舷窗玻璃为何难打碎	21
案例 4 吱嘎声中倒塌的桥	26
案例 5 材料破坏的极限压力	30
案例 6 九江大桥事故引发的争论	33
案例 7 飞针穿玻璃	39
案例 8 团结的力量有多大	41
案例 9 “司马光砸缸”疑问辨析	44
案例 10 碰蛋的博弈	48
案例 11 赵州桥赏析	50
第二章 刚度问题研究	56
案例 12 指甲刀里的力学	56
案例 13 礼堂坍塌的根本原因	60
案例 14 吊车为何总跑偏	64
案例 15 模板变形惹祸端	67
案例 16 刚柔相济的芭蕉扇	69
案例 17 蹦极意外谁之过	71
第三章 稳定性问题研究	74
案例 18 屋架稳定设计的缺陷	74
案例 19 网架坍塌的分析与反思	77
案例 20 线塔倒塌的力学思考	81

案例 21	厂房晃动的隐患	84
案例 22	挑战竖蛋	89
案例 23	脚手架因何垮塌	92
第四章	综合问题研究	95
案例 24	破解容器泄漏难题的对策	95
案例 25	解决焊缝开裂问题的对策	97
案例 26	矩形截面高宽比	101
案例 27	撑杆跳高的力学奥秘	104
案例 28	“曹冲称象”的启示	108
案例 29	三个和尚的吃水问题	114
案例 30	吸管穿土豆的诀窍	117

案例素材篇

第五章	强度案例与问题	120
案例 31	悄然发生的冰上险情	120
案例 32	利剑悬空惊刹魂	121
案例 33	冰山何以会脱离南极	122
案例 34	9.11 事件的力学反思	122
案例 35	乐极生悲的元宵节拔河	124
案例 36	只有 3 天寿命的展品质量正常吗	126
案例 37	武士的断剑	127
案例 38	神秘的大佛	128
案例 39	缆车事故因何而起	129
案例 40	来自“升龙吉兆”的联想	130
案例 41	海冰盖的温差断裂	131
案例 42	红海版“泰坦尼克”沉船悬疑	132
案例 43	调直冷拉钢筋为什么是安全隐患	133
案例 44	断缆事故的对策	135
案例 45	“巨无霸”安全过桥	135
案例 46	一个小实验的困惑	137
第六章	刚度案例与问题	139
案例 47	火灾现场的证据	139
案例 48	钢筋柱因何无故倒塌	140

案例 49 法国河上建“纸桥”	141
案例 50 钓大鱼为什么要放长线	142
案例 51 低温发射的风险	143
案例 52 伏尔加河大桥的离奇晃动	145
案例 53 柱歪而不倒的福建土楼	146
第七章 稳定性案例与问题	149
案例 54 高压线塔“意外”折倒	149
案例 55 塔吊竞折腰	150
案例 56 迟来的事故	152
案例 57 橱窗玻璃为何无故破碎	153
案例 58 塔吊折臂砸毁工房	154
案例 59 被迫拆除的公寓楼	156
案例 60 抓举千吨上百米	157
第八章 综合案例与问题	159
案例 61 从千米高空坠落	159
案例 62 大力士拉火车	160
案例 63 金字塔建造之谜(一)	161
案例 64 金字塔建造之谜(二)	162
案例 65 大货车为何频闯校园	163
案例 66 惯性的力量	165
案例 67 暖气频繁泄露的原因与对策	166
案例 68 使用劣质钢管扣件的惨重代价	167
案例 69 走与跑的动荷效应	168
案例 70 节能建筑的建材创新	169
参考文献	173
后记	175

导 论

1. 材料力学课程引入案例教学的必要性

1) 符合材料力学课程的特点

既为可变形固体力学奠定理论基础,又为工程应用提供实用方法,具有显著的实践性,这是材料力学课程的一个主要特征。

材料力学的理论体系是在长期生产实践的基础上逐渐发展起来的。

伽利略 1638 年首次提出梁的强度计算公式,是为了解决建造船舶和水闸所需大梁的尺寸问题。1744 年,欧拉首次提出了细长压杆的临界力公式。然而,这一超前的理论成果当时并没有引起工程力学界的关注。这是因为成果发表在数学著作中,没有联系这项研究的工程背景,也没有提出“屈曲”的力学新概念(隋允康,以“压杆稳定”为例探讨史料、猜想和方法论对材料力学教学的升华作用,2003)。直到 20 世纪初,一批大型桥梁因失稳而相继垮塌,相关研究成果才受到广泛的重视。研究者发现,只有通过稳定性理论才能合理地解释垮桥的现象及其本质原因。从那时开始,欧拉公式成为材料力学理论的一个组成部分。

历史证明,生产和工程的发展是推动理论发展的最强大的动力,而理论上的突破只有与工程应用相结合,才会产生远远超过经验方法的巨大的社会生产力。

材料力学的理论在历史上对近代工业和工程的发展曾起到决定性的作用。只是随着生产不断地向深度和广度发展,工程力学面临的问题更加复杂化,涉及的工程材料更加多样化,由材料力学派生出的许多新的力学学科应运而生,材料力学才逐步变得更具基础性。

尽管如此,在现场条件下面对需要即时解决的工程难题,或者是在精确分析之前的简略估算(初方案设计),材料力学方法仍然是工程师们的首选。

简捷的实用性和广泛的适用性是材料力学的魅力所在。正因为如此,材料力学与工程实践有着不解之缘,材料力学问题的背后蕴藏着极其丰富的案例资源。将这些案例转化为实践性教学资源引入课堂,不但是必要的,也是顺理成章的。

2) 案例是源头活水

“问渠哪得清如许,为有源头活水来”。要使基础力学教学充满活力,保持理论之树常青,也需要时时注入源头活水(李锋,从实践中挖掘基础教学的活力,1992)。新鲜案例就是源头活水。持续地挖掘实践素材,形成案例引入教学,是促进课程教学内容更新、与时俱进最有效的出路之一。

案例教学法 1870 年起源于美国,因被哈佛大学广泛应用,成功培养了大批社会精英人才而名闻天下。案例教学的成功在于摆脱了讲授法带来的种种弊病,精选的案例充满了疑难和挑战,为学生的创新实践提供了极大的发挥想象力的空间。如今案例教学已经被哈佛运用得炉火纯青,成为出奇制胜的法宝。根据上海交大高教研究所发布的 2003~2010 年世界大学学术排名榜,哈佛大学连续 8 年名列第一,其原因不仅在于它拥有一流的师资队伍和教育氛围,也在于它拥有以丰富案例为代表的一流的教学资源。

国外高校对案例资源的建设极为重视,学院组织专业人士编写案例教科书并大量用于教学。哈佛肯尼迪政府学院设有专门的 6 人案例编写小组,每年新编案例 30~40 个,并注重开发国际性案例。同时,学院搜集的案例素材注意兼顾不同方面的观点,力争做到客观公正。

案例教学 19 世纪 80 年代引入我国高校,主要应用于法学、医学、管理等学科。在建设研究型大学,全面推进素质教育的大背景下,案例教学法作为教学改革的有效途径被逐渐推广开来。

近年来,力学界的一些著名教授倡导并率先将案例引入力学教育(杨卫,案例式教学:固体力学的前沿应用,2007;曾攀,多层次有限元课程体系的构建,2007)。多所高校也在力学基础课程中开展了案例教学法的实践探索,并取得了一些成效(庄表中,理论力学工程应用新实例,2007;闫冰洁,案例教学在材料力学教学中的应用,2007;崔武文等,案例教学在土木工程专业课程教学中的应用,2007;罗建华,在建筑工程类专业中开展案例教学的探索,2007;李锋等,开发典型案例,丰富教学资源,2007)。但是,不可否认,案例教学在材料力学课程中的应用还很少,其首要原因是缺乏案例教学资源,没有足够重视案例的搜集和编写工作,当然更缺乏案例教学用的辅助教材。

目前国内只有少量的力学案例相关书籍出版(武际可,拉家常,说力学,2008;赵致真,奥运中的科技之光,2008;丁光宏,力学与现代生活,2001),这些书籍多为科普读物,不能满足理工科基础力学课程案例教学的需要。正是在这样的背景下,本书作为材料力学的教学参考书呈献给读者,以应相关教学资源建设之所需。全书共有 70 个案例,其中研究篇 30 个,素材篇 40 个。这些案例的第一手资料,其中研究篇的一半和素材篇约三分之一来源于作者十几年来科研与工程实践的积累,其余来源于各类参考书和近年的新闻媒体及网上资源,案例的新颖性和实时性是本书案例选择的一条重要原则。

3) 培养创新精神与实践能力

《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》明确指出:培养学生的创新精神和实践能力是素质教育的重点。这是根据当今世界发展的趋势和我国社会主义现代化建设的需要,针对现实教育的不足而提出的具有时代意义的战略决定。为要落实创新精神和实践能力的培养,需要加强实践教学环节,需要创设

有利于创新思维培养的教学环境,这已经是国内外高等工程教育界人士的共识(屈本宁等,基础力学创新教育的理论与环境,2007)。

案例教学法是培养学生创新精神和实践能力的行之有效的教学形式之一。其核心思想,就是以学生发展为本,重点培养学生独立思考和创新思维的能力,即自我学习和做研究的能力。所谓“教就是为了不教”。大连理工大学3年来材料力学课程案例教学实践表明,在通过案例创设的有利情境中,学生能够更有效地实现增长学识、熏陶志趣、锻炼能力、放飞思想、提高素质的目标。只有学生们自己真正掌握了学习的主动权,才能发现学习的快乐,从不依赖教师、能独立思考,发展到超越教师,挑战未来,成长为“心在最高处、根在最深处”的复合型人才。

案例教学的关键环节是对案例的精选和开发,使之具有丰富的形式和多彩的内涵,以便为课程教学提供更广阔的整合学业与创新思维的空间。一般的工程实例只需具有事实材料的针对性和事件情节的典型性,而好的教学案例还应是有益有趣、多姿多彩,能够引人思索、令人回味、启人心智;既能体现灵活运用科学原理,又能体现益智和非智力开发及其他多方面的教育功能。为培养学生的创新精神和实践能力服务,这是本书案例选择所遵循的另一条重要原则。

创新精神教育不能单靠训练完成,只能与素质的培养相同步地实现。这就需要理论与实践的相互作用,需要把素质培养融入到知识和能力学习的各个具体过程,需要有利于创新人才素质培养的一贯的正面教育和熏陶的环境氛围。创新精神培养的一种典型程序是:教化—示范—养成。其主要内涵是在一定的情景中,通过师生间、学生间的交互作用,撞击心灵,激发情感,唤醒良知,潜移默化地实现精神世界的改造。

案例教学是实现这一教育功能的一个有效载体。

2. 案例教学法概念及其基本特点

1) 案例教学法

案例(case)也称为事例或实例。案例教学法是一种以案例为基础的教学法(case-based teaching)。案例本质上是提出一种决策的两难情境,没有特定的解决之道。在教学中,教师扮演着设计者和激励者的角色,鼓励学生积极参与讨论,而不是像传统的传授教学法那样,教师扮演着传授知识者的角色。

案例教学法(case study)是19世纪70年代美国哈佛大学法学院院长兰德尔(Christopher Langdell, 1826—1906)首创的。他编著的《合同法案例》是世界上第一本关于案例教学的教材,这些案例都是来自于商业管理的真实情境或事件。案例教学法有一个基本的假设前提,即学员能够通过对案例的研究与发现来进行学习,在必要的时候能回忆出并应用这些知识与技能。案例教学法非常适合于开发分析、综合及评估能力等高级智力技能,这些技能通常是管理者、医生和其他的专业人员所必需的。

当前,案例教学法作为一种新型的教学方法,已经遍及美国 and 包括中国在内的世界各国,对我国高校教育思想和教学方法的全面改革有着重要启示和推动作用。

2) 案例教学法的基本特点

案例教学法,通常是将已经发生的真实事件作为案例,让学习者分析和研究,并提出各种解决问题的方案,从而提高学习者解决实际问题能力的一种教学方法。案例教学法的主要特点如下。

(1) 学生是教学过程的主体。在案例教学中,学生是课堂活动的主体。教师作为课堂讨论的组织者和引导者,事先向学生公布案例讨论的题目,指定阅读材料,作好时间安排。学生利用课后时间学习研究案例,包括进行小组讨论,选出发言代表。在课堂讨论中,学生就案例中的主要问题组织不同观点进行交流、辩论和探讨。教师对于讨论进程和重点进行指导,并总结提炼必要的理论知识和基本原理。学生通过主动参与讨论,从互动中受到启发、学到知识、锻炼才干。

(2) 创设真实情景,提高学生参与讨论的积极性。在具体案例的情境下,要求学生以主角身份参与案例讨论,真正设身处地的思考问题。案例教学的情景作用与教学过程的互动性能使学生感到不能做旁观者,必须全力以赴地参与。通常,学生需要组成学习小组,通过分工合作来缓解学习的压力。学生的发言、在小组中的角色及其参与程度作为评价学生学习的一个方面,从而能最大限度地调动学生学习的积极性。

(3) 通过教学实践,提高学生多方面的能力。案例教学法提供的机会,能让学生在案例讨论中充分地表现自己的才干,锻炼自己的胆识,提高思维敏捷性,学会创新思维方法,全面提高独立思考的能力、分析问题和解决问题的能力、语言表达能力、协调合作能力等多方面的能力。

(4) 体现因材施教。对于同一个案例,学生认识问题和解决问题的方法和途径常常是因人而异的,但每个人都有机会找到有利于自我发挥的适当空间。这种教学方式有利于教师的因势利导、因材施教,根据各类学生的特点,运用适当的方法来发展他们的优势,挖掘他们的潜能,使每个学生都各得其所,达到创新教育的发展目标。

(5) 重在过程。评价案例讨论是否成功,不在于最终是否找到了一个正确的结论,而是更看重分析与讨论的过程,这个过程就是创新实践。每个案例的问题都必须由学生们自己进行分析、给出解释、辨明疑难、提出方案、确定决策。只有通过充分的准备和全力的参与,才有可能从创新实践中得到体验、受到锻炼、获得成功。

(6) 体现学以致用。由于案例素材来源于工程实际或生活实际,案例教学促进了理论与实际的结合,能够密切联系社会所需,体现学以致用,有利于锻炼学生的实践能力,培养创新型和实用型人才。

3. 案例研究与创新素质培养

创新素质是伴随着人类的创造实践活动而产生的。1936年,美国通用电气公司

为了提高职工的创造能力,首次开设了《创造工程》课,后来有人就此建立了“创造学”。创造教育、创新教育和创新素质教育等概念是在其后逐渐衍化发展而来的。

在我国,明确提出创造教育的是著名教育家陶行知先生,他于1939年在重庆创办育才学校,明确提出了创造教育的理论,并设立“育才创造奖金”,发表《创造宣言》,提出了“处处是创造之地,天天是创造之时,人人是创造之人”的口号。还进行了大量创造教育的实践,培养出了一批创造型人才。

创新素质的内涵是什么?目前还没有公认的定义。一般认为,大学生的创新素质主要包括:创新意识、创新思维、创新能力和创新人格等。这里仅就案例研究与创新素质培养的关系中的一些概念问题作一简述,希望能对案例教学提供有益的参考。

1) 众里寻他千百度——谈创新意识培养

胡锦涛指出“创新是一个民族的灵魂”。创新需要知识,但更需要的是创造性思维和创造力,而实现创新的一个基本前提就是要具有创新意识。

创新意识是指人们根据社会和个体的实际需要,引起创造前所未有的事物或观念的动机,并在创造活动中表现出的意向、愿望和设想。它是人类意识活动中的一种积极的、富有成果性的表现形式,是人们进行创造活动的出发点和内在动力。创新意识是主动开展创新活动的观念,包括创新动机、创新兴趣、创新情感和创新意志等。

创新并不是科学家和艺术家的专利。事实上,每一个人都有极大的创新潜力。在具备了必要的知识结构之后,创新意识的强弱是关系到创新成败的一个决定性因素。实现创新只有一般的愿望是不够的,必须要有创新的欲望,而且是非常强烈的欲望。如果一个人有明确的目标,对自己充满信心,有强烈的意识去进行不懈的创新开发,其创造力就会像火山一样爆发出来。陈景润、袁隆平都是这样的从热爱、执著走向成功的科学创新典范。

强烈的创新意识是一种精神境界。王国维在《人间词话》中讲到,古今之成大事者,必经过三种境界,其中以“众里寻他千百度……”代表最高境界。从确立明确目标到不惜付出代价的努力,只有将强烈的求索欲望持续到底,才可能实现最终的夙愿。可以认为这一境界就是百折不挠、探索创新的精神。在创新实践中,强烈的创新意识就是走向成功的不竭驱动力。

2) 不怕做不到,就怕想不到——谈创新思维培养

创新思维是创新的实质和核心,可以通过学习、实践得到培养和开发。俗话说“不怕做不到,就怕想不到”;古人说“事欲尽其利,必先得其法”,都是强调方法的重要性。创新的方法就是科学的思维方法。创新所面对的课题,都具有相当的复杂性和综合性,思维方式的简单化和单一化是绝不可能成功的。

应该说,现代数理教育在使理工科大学生掌握大量基础知识的同时,也掌握了基本的思维模式,但这种模式化的教育对于创新是远远不够的。

一方面,传统的理工教育偏重于以归纳和演绎为代表的逻辑思维,侧重于定量的思考。灵活地识别问题、选定模式已属不易,更何况学过的和熟悉的模式毕竟是有限的。实际中,存在许多复杂的难以简单定性和划定类别的问题,没有现成的模式可以套用。另一方面,一些热门研究方向,会在长期研究中积累“过多”的模式,使得合理模式的选择处于更为困难的境地。

创新思维,或创造性思维是“指人在创造新知、发现发明、新的实践过程中产生出新的思维成果的思维”。创新思维具有多种复杂特性,其中最突出的特征就是它的独创性。创新思维是主体思维能动性特征的最高表现(韩祜生等,成功精神与基本技能训练,2007)。

创新思维固然离不开逻辑思维,也要运用概念、判断、推理的思维方式,但它并不是逻辑上循序渐进地从经验材料导出假说、概念和理论,而是同时充分利用形象化构思、经验、想象、直觉、顿悟等特有的思维形式,跳跃式地直接抓住事物本质的思维过程。它是逻辑思维与非逻辑思维的统一;发散思维与单向思维的统一;抽象思维与形象思维的统一。

创新思维集中体现在以下的几种突出类型。

(1)理论思维。理论思维是一种高级的理性认识,也称系统化思维,是指人们运用科学理论,尤其是唯物辩证法分析事物,把握事物的整体、本质和发展趋势。理论思维的优势和作用,在于它可以透过现象把握本质,超越局部总揽全局,分析现状预测未来,显示出科学的洞察力和预见性。见微知著、一叶知秋,是理论思维的写照。

团结的力量有多大?这是个模糊概念,难以定量说明。以“七根筷子的寓言”为案例,借助材料力学的截面几何性质概念,就把成员数量与团结的紧密程度对组合截面总力量(抗弯强度或刚度)的影响之函数关系论证清楚了(案例8)。

一位中专教师在十几年的时间里做了无数个试验,包括在4600m深海的水压试验。依据这些试验他提出了新的比重理论,甚至试图将物体自由落体理论等五大经典力学定律全部推翻。这个对权威质疑和挑战的举动虽然胆大得惊人,但是没有人相信他(案例5)。

理论创新走入误区,常常是因为提出了“不适当”的问题。对概念的明确把握和对问题的确切表述是成功解决问题的必要前提。实验研究需要有理论的指导,不能基于简单虚构的概念。

(2)多向思维。多向思维是相对于常见的单向思维而言的,也称发散思维。它是指围绕一个中心,对事物进行全方位、多角度、立体式观察和思考的方法,多向思维最终达到另辟蹊径和整体优化的目标。

某工业厂房吊车升级,原吊车梁强度不能满足升级改造后的技术要求,技术人

员分别从设计者、施工者、厂方业主、车间使用者和吊车厂家的不同角度考虑问题,先后提出了解决吊车梁强度问题的7种备选方案,最终也没有找到一个使各方都满意的最佳方案。这个案例说明除了技术上的考虑外,还必须同时做好协调工作,具体的决策取决于综合评价的指导原则(案例2)。

在发生海难的自救中,人们发现船上舷窗的玻璃难以被打碎。原因何在?如何破解?按照单向思维模式,需要直接考察材料的强度。按照多向思维分析表明,问题不仅涉及材料强度,还与玻璃的初应力、约束条件、沉船后的应力状态以及击打的作用方式等多种因素有关,而破解方法只需充分利用材料硬脆,对应力集中极其敏感的特性(案例3)。

(3)横向思维。横向思维,或侧向思维,是相对于纵向思维而言的。纵向思维与横向思维是来自人脑左右脑功能分化出的不同思维方式。

所谓纵向思维,是指在一种结构范围内,按照由低到高、由浅到深、由始到终等线索,沿着有顺序的、程式化的方向进行的思维形式。这是在我们平常的生活、学习中普遍采用的思维方式,清晰明了,合乎逻辑,符合人类的认识习惯。

所谓横向思维,是指突破问题的结构范围,从其他无逻辑关联的事物、事实中得到启示,产生新设想的思维方式。它不一定是有序,同时也不能预测。横向思维使思维的广度大大增加,有可能从更多的其他领域的“他山之石”中获得“攻玉”的启示,符合“急中生智”模式,因此常常在创造活动中起到巨大的作用。

“曹冲称象”是通过巧妙地利用浮力效应间接地称得大象的重量,这给我们带来许多有益的启示(案例28)。材料力学中存在大量应用等效代换方法的概念,如“相当系统”、“相当长度”、“相当应力”、“相当截面”和“相当能量”等,都是利用横向思维简化分析过程的典型范例。

在冰海中作业的输油船受到大面积冰排的强大挤压力作用,接连发生断缆事故。经过分析,技术人员提出了改变作业时间,避开最不利的高潮位的对策,一道难题就这样轻松解决了,甚至不需付出任何经济代价(案例44)。挑战者号飞船在低温下发射而不幸失事;神州四号飞船,却在低温下发射却取得了成功。这个案例说明,虽然人类难以控制天气的变化,但可以通过采取特殊措施保持关键部件不受低温的影响,这也是横向思维产生的创新成果(案例51)。

(4)逆向思维。逆向思维是相对于顺向思维而言的,也称为求异思维。它是司空见惯的似乎已成定论的事物或观点反过来思考的一种思维方式。当沿着事物发展的正方向思考却总是碰壁,不能解决问题时,不妨调转思路,“反其道而思之”。对于某些问题,尤其是一些特殊问题,从结论往回推,倒过来思考,或许会使问题简单化,或者发现破解难题的出路。

某锅炉管板拉杆上的焊缝发生了开裂事故,似乎说明强度不足,然而采用加大拉杆横截面的办法却行不通。深入分析表明,本案例中加大截面是个错误的思维方

向,有效的解决方案其实是适当地减小拉杆的截面。这是因为问题的性质是静不定的,必须考虑到杆件的内力与其拉压刚度相关(案例 25)。

(5)联想思维。联想思维是指在人脑内记忆表象系统中,由于某种诱因使不同表象发生联系的一种思维形式。通过联想,由此想到彼,并同时发现了它们共同的或类似的规律。联想思维的形式有相似联想、接近联想、对比联想、连锁联想和飞跃联想等。

联想在创新过程中运用概念、属性的衍生,意义的相似性来激发创新思维,它是打开沉睡在头脑深处记忆的最简便和最适宜的钥匙。

河上的桥有钢桥、木桥等等,由此自然可以联想到用纸来造桥。纸的优点是既轻巧又便宜,还是可再生的环保材料。但造纸桥需要有些特殊的考虑。纸的强度有限,于是需要限制桥的跨度,精心设计杆件的截面。纸质材料怕水,于是需要限制桥的使用时间,避开雨季等。这样联想再加上满足功能的特殊设计,就建成了能同时通行 20 个人的真正意义上的纸桥(案例 49)。

武汉某高层建筑基础出了问题,因纠偏无效,不得已而被爆破拆除。有研究者质疑这种做法太过于轻率,经仔细进行了考察分析,并将武汉大楼与比萨斜塔的基础形状、高度、墙体结构、倾斜度、地基类型等参数一一进行对比,由此有力地论证了武汉大楼纠偏挽救的实际可行性,而仓促爆破拆除是个不当决策(案例 59),这是巧妙利用类比联想的一个典型案例。

(6)形象思维。形象思维又称“直感思维”,是指以具体的形象或图像为思维内容的思维形态,是人的一种本能思维。

与抽象思维相对应,形象思维内在的逻辑机制是形象观念间的类属关系,要通过独具个性的特殊形象来表现事物的本质。这种思维方式能更大地发挥人的主观作用,有利于锻炼学生的联想、直觉和感悟等思维能力,适于进行问题的定性分析和提出原创设想。

钱学森曾说过:“(科研工作)要开窍还是要靠研究工作的经验……在于由经验累积沉于大脑中的形象思维途径。是‘悟’,不是逻辑推理”。

相对于逻辑思维,形象思维允许有更大的自由度,能在更大程度上体现人的主观能动性和个性,因而更有利于创新思维发展。在科学理论发展的进程中,一些来自于直觉想象的假定,是建立理论的基础和创新思想的核心,而对这些假定的严格的逻辑证明,并被普遍接受则往往滞后许多。现代电脑已能够取代人脑完成大量的逻辑推理工作,但在高效的形象识别技术上还很成问题,更不必说模拟形象思维了,因为它在更高的层次上体现着人类智慧。

建立弯曲构件横截面上的应力分布规律的关键步骤,是采用变形的平截面假定。这个假定是伯努利 1694 年在《弹性梁弯曲》研究中,通过形象思维做出的,尽管看似简单,却是弹性梁理论的核心。后人为了纪念他的这一贡献,将弯曲变形符合平截面假定的梁称为伯努利梁。

但伯努利并没有正确地给出截面中性轴的位置,这一位置是经过几代力学家的努力探索,于1826年由法国力学家纳维得出的。纳维第一次给出了中性层的准确定义。他的结论是:中性层通过截面的形心。从提出平截面假定算起,这一成果的发展经历了132年。

梁的弹性弯曲理论研究史表明,解决新的工程力学问题,往往需要多种思维方式的综合运用,其中创新思维发挥了比逻辑思维更为重要的作用。

3) 顽强地表现自己——论创新人格培养

创新实践要由人来完成。虽然说人人都是创造者,但作为能有突破性贡献的创新人才,还必须具备不同于一般人的创新人格特征。

创新人格是指人的个性因素中包括创新意识、创新个性特质和创新精神等鲜明的人格特征,一般表现为好奇心、想象性、挑战性、冒险性、欲求性、坚韧性和果断性等非智力性的个性因素(陈若松等,论人的创新能力的内在整合发展规律,2005)。

但凡创新人才,都具有十分鲜明的个性,卓尔不群,敢于独树一帜,勇于迎接挑战。爱因斯坦16岁时,就写出了物理学研究论文《关于磁场的以太状态的研究》,尽管论文观点有些幼稚,但这仍被认为是相对论创立者理论探索迈出的第一步。牛顿、欧拉、爱迪生等人,一生有无数原创性的科技成果,他们之所以被称为天才,正是由于他们都具备敢于挑战传统、挑战极限、挑战权威的创新人格,历来受到广泛赞誉和推崇。

伦敦经济学院院长霍华德·戴维斯认为“怀疑精神”是人类最可贵的品质。提倡对现成的观点第一反应,应当就是怀疑。质疑是最常见的一种创新思维方式。

台湾技术学院的C. Y. 林教授,对丰原高中垮塌进行的析因分析遭到了谢征勋的质疑,他认为C. Y. 林虽然进行了承载力的详尽的计算分析,但没有进行变形分析,这样的分析是不充分的。他通过定性分析,论证了屋架设计刚度不足才是事故的根本原因,否定了原作者的观点(案例13)。

九江大桥垮塌后,权威部门在一天内就公布了大桥设计没有问题的调查结论,结果招来了一片质疑之声,这是社会舆论进步的表现(案例6)。但是,只有媒体的质疑和监督是不够的,必须依据事实证据进行有说服力的分析论证,既要不迷信权威,又要脚踏实地、实事求是、坚持真理,这是作为工程专家必须具备的基本素质。

艺术作品表现人的思想感情、喜怒哀乐,这是每个人内心都具有的和能够理解的东西,但其表达方式却各有特色绝不相同。独特的表现力体现的是生命力,雷同的模仿是没有生命力的。如果说一幅名人字画价值连城,那么它的一件复制品则只值画纸钱。艺术作品追求的独特性其实就是人的个性。文如其人,字如其人,画如其人,说的也是这个道理。

科技创新的成果(包括课程研究小论文)的表达也要有个性。这种个性就是创新。科技创新之“新”,体现在它的独特性,突出的是与众不同之处,这也就是个性。事有万象,人有万殊,人所创造的东西在某种意义上说,其实就是人的自身。没有个

性就没有创造。同样,创造中的个性要由细节表达出来,才能体现鲜明、准确、生动。表达的个性就是要表现出独特的不同于他人的风格魅力。

陈毅说“人就是要有顽强表现自己的精神”。老舍说“做人应当老老实实,写文章不应该老实,要锐利,有风格,有力量”。他们强调的都是表达思想要突出个性风格。个性化的思想要用个性化的形式来表达,要有所创新,力求“取人所未用之辞,取人所未谈之理,取人所未布之格”(明·董其昌)。当然,创新离不开继承,特色风格的表现应使人能够接受,不能太离奇古怪,面目可憎。思想表达的最高境界是实现自然与理想的统一,内容与形式的和谐,体现“灵性出万象,风骨超常伦”式的高层次的精神风貌和文化素养。尽管眼下这样的标准可能显得高一些,但作为一个努力奋斗的目标是不为过分的。

占据现代科技发展制高点的“大工程”都需要庞大的创新团队,善于与其他人交流互助、协调合作也是创新人才的必备品质。在案例教学中,常采用小组讨论和班级交流的学习形式,由此起到互相启发、取长补短、完善创新的作用,应当提倡并促进同学间的交流互动、共同学习。

“有朋自远方来,不亦乐乎!”,孔子为什么特别乐于交往那些“远方来的朋友”?我以为可以将他们理解为难以经常见面的、没有学术近亲关系的学者朋友。与这样的朋友交往,相对于那些朝夕相处、亲密无间的朋友来说,能得到更多有益的启发,更容易发现自身的弱点、缺点和他人的长处,从而获得学识长进的机会,这不也是一件快乐的事吗?

重大创新成果的实现,都会经历许多坎坷和挫折。坚韧性是创新人才必备的人格特征。一旦认定,决不放弃,执著追求,才能成功。“人不知,而不愠,不亦君子乎!”不被人理解,也不气愤、恼怒,这是创新人格的更高的精神境界,这就达到孔子所说的君子的标准了。在现实中,有些人过于看重他人对自己的评价和态度,并以此作为依据,来决定自己处事的心态。受到赞扬,就情绪振奋;遭到批评或是讥讽,就怒气冲天,或许还心灰意懒、自暴自弃,这样就太肤浅了,是不成熟的表现。

坚韧源于自信,自信是一切美德的基础。无论何时何地,都要不断进取,不能丢到自信心、轻易地放弃自己的人生目标。自信源于内心。重要的事情不是让别人理解自己,而是自己真正理解自己、信任自己。

4. 结语

中国未来的希望在于成功地培养千千万万的创新人才。创新人才的健康成长需要实实在在的创新实践。

案例教学法是实施素质教育、培养创新精神和实践能力的一个有效途径,可以作为材料力学课程的必要环节长期应用。精心选用案例,展现创新实践的魅力,案例教学就能让大学生们在探索实践中体验到研究的快乐,激发出创新的欲望。