关于编写传热学和工程热力学教材的浅见

西安交诵大学 陶文铨 何雅玲

在 执行教育部世行贷款 21 世纪教育工程"能源动力类人才培养方案的改革研究与实践"项目的过程中,我们分别承担了负责编写国家级十五重点教材本科生的《传热学》与《工程热力学》的任务。为了编写好这些教材,我们对国内外近期出版的一些优秀教材进行了分析对比,结合我们自己的教学和编写教材的经历与体会以及在执行面向 21 世纪"热工系列课程内容与课程体系改革的研究与实践"项目中得到的认识,我们认为,对于像《工程热力学》、《传热学》这样一些应用性极强而同时又是十分活跃的基础技术科学,要编写一本适应时代发展的好教材,应当注意以下三个方面的问题。

一、掌握了解国外同类课程最新教材的 发展趋向

我们对 1996 年以来出版的传热学和工程热力学教材 做过比较细致的分析与对比,发现近年来出版的国外教材 有以下共同的特点。

1. 教材内容广泛,取材丰富,不受学时的限制

这些教材按国内的计算方法最多 60 个学时,但每本教材所包含的内容都远远超出 60 个学时所能讲授完毕的。据我们的了解国外一些大学的教授在布置作业 (homework)时未必局限于课堂上所讲授的内容。这样的教学方式对培养学生独立的工作能力很有好处。

2. 有大量的具有工程背景的例题与习题

教材中的习题量一般都非常大,最多达 1707 题。这些习题除了一部分是复习基本内容以外,不少题目是从各种工程问题中提炼出来的,涉及的范围非常广。这对培养学生灵活地运用传热学、工程热力学的知识创造了有利的知识环境与条件。

3. 注重启发学生的创造性思维和应用能力的培养

这些教材在启发学生创造性方面给予了充分的注意,有的教材在新版中增加了 100 多道设计性的或没有统一答案的题目(design oriented or open-ended problems)。还有一些教材中专门列出一类称之为 "计算机计算,设计及论文题"(computer, design and essay)。这些题目的取材范围十分广泛,内容不完全限制在所学的知识中。每章末尾的习题编排一般按内容分类,便于教师选用及学生自己选做。

4. 注意教学规律和学习规律,培养学生科学思维习惯近年来美国的传热学、工程热力学教材在编写体例、规

范等方面有了明显的改进,更加注重通过课程学习培养学生的科学思维习惯与工作作风。有的教材首先对习题的求解过程提出了一套规范,包括:(1)已知条件(Known);(2)求解内容(Find);(3)示意图(Schematic);(4)简化假设(Assumptions);(5)分析过程(Analysis);6)结果讨论(Comments)。

5. 插图丰富生动,设计别具匠心

在这些教材中都有不少取自一般工程部门以及高新技术领域的元件、设备的插图,以及日常生活中热传递现象分析的插图。这不仅能增进学生的感性认识和工程观点,而且有利于培养学生的学习兴趣。有些示意性的插图是作者精心设计得出的,很有启发性。这一特点在 Cengel 所著的传热学与工程热力学教材中体现得最明显。

6. 向立体化方向发展

除了文字教材以及内部发行的题解以外,近年来出版的教材一般都附有解题器(Solver)。例如,Cengel 的传热学、工程热力学教材均供给称为 EES 的解题器,可以作优化、参数分析、线性与非线性的拟合以及自动求解常微分方程等;在 Incropera 与 Davis 的传热传质基础第 5 版中,提供了一个称为交互式传热学(Interactive Heat Transfer)的软件,包括了简单的前后处理与解题器;在最近出版的 Kaviany 的传热学原理中给出了一个称为 SOPHT 的软件。这些辅助工具的加入使得课后出题的范围、深度与广度可以大为拓宽。

综上所述, 从近年来美国出版的传热学、工程热力学教材来看普遍具有这样的特点: 内容丰富, 生动活泼, 联系实际, 鼓励创新, 插图考究, 便于教学。这些特点值得我们借鉴与参考

二、新世纪教材要处理好的几个关系

结合我国目前情况,我们体会新世纪的教材应当处理 好以下一些问题:

1. 传统教学内容与现代科学技术发展成果之间的关系

最近 20 年中,随着信息工业的飞速发展,传热学、工程热力学的学科内容也有了很大的变化与进步,这些变化必然会反映到教材中来。结合传热学教材的具体情况可以列举出以下例子。关于非稳态导热的计算,已经将上世纪50年代提出的 Heisler 图主要放在附录中,还增加了 1997年在国际传热传质杂志上提出的拟合公式,使计算更加简便准确;增加了关于 Fourier 导热定律基于无限大的热量传

递速度的假定,引入了非 Fourier 导热问题的简单介绍。鉴于微米纳米传热学的迅速发展及其对科学技术的重大影响,据我们的最新了解,在美国麻省理工学院,已经将纳米微米传热学系统地引入到了本科生的传热学教学中去。这一动向值得我们注意。

2. 要注意培养学生提出问题、分析问题、解决问题的 能力及创造性思维的能力

在 Cengel 的传热学与热力学教材中,明确提出要"用简单而准确的方式与明天的工程师开展直接的对话,鼓励他们的创新思维以及培养他们对所学习内容的深刻理解"。为了达到这样的目标,结合课程的性质与特点,作者做了多方面的努力。例如在传热学绪论介绍完热量传递的三种方式后,将提出了"同样是 20 度的室温,为什么在夏天人感到热,而冬天则感到冷"这个话题,引导学生将三种传递方式综合起来考虑。从学科的角度这个问题本身并不复杂,但从教学的角度,在接触传热学之初让学生考虑这样的问题,应该说对培养创新思维有所帮助。按作者的理解,作为本科生教材,培养创新思维不一定要求学生在学科研究方面有创新的见地,而更多的是鼓励学生进行从知识的获取过程来看具有创新意义的思维。

3. 要注意培养学生的工程观点以及工程实践能力

教材中应普遍有大量的具有一定应用背景的例题与习题,尤其是综合性的题目。这一点在教材内容的叙述以及例题、习题的选择方面都有许多工作要做。例如,怎样看待对传热学中大量的实验关联式,特别是对流换热关联式,即使被国际学术界普遍认为是最精确的在 1967 年提出的Gnielinski公式,其中所依据的实验数据中 90 %与关联式的偏差也在 ±20 %。应该向学生指出:认识一个复杂的物理过程需要经历长时间的探索,在对流换热研究的发展中先后提出数以十计的关联式。这些关联式与实验数据的偏差最大达25 %,采用上述计算式时,只要在实验验证范围之内,计算结果一般都能满足工程需要。至于在选择具有工程背景的例题、习题方面,有的教材均做得非常出色,值得我们借鉴。

4. 要注意拓宽专业面

我国在 20 世纪 80 年代出版的热工教材,往往还针对能源动力类中的专业来编写,使得学科的面十分窄,最近十年来的教材已经有所拓宽。例如在有的教材中,例题及习题的内容,除包含能源动力类专业的问题外,还涉及到电机与电子器件冷却、航空航天、生物工程、机械加工、材料成形、化学工程、核动力等。但应该说还有不少可以改进的余地。

三、要写好一本教材需要四种积累

1. 教学实践的积累

在 20 世纪 60 年代西安交通大学大热工教研室陈钟颀 先生曾在西安交大校刊上写过一篇关于作好本科生教学工 作体会的文章,其中有一段文字极为精彩。这段话大意是: 上一门课就像梅兰芳演"贵妃醉酒"一样,上一次课有一次 新的体会与收获。我们从开始本科生的传热学与工程热力 学教学以来,也有这种感受,通过一次次的上课,不断地提 高对一些基本概念的认识,使其融入到教材中。

2. 科研工作的积累

像传热学、工程热力学这样的应用科学,教师从事一定的科学研究对提高教学质量、编好教材是绝对必要的,同时对于编者自己对教材内容理解的深度以及获得富有思考性的例题、习题也很有帮助。我们深刻体会到,如果所撰写章节的内容,自己做过较多的研究,则无论在内容取舍、编排以及例题、习题的选择上都比那些没有亲自作过研究只有书本知识的章节要自如得多。例如杨世铭教授通过自己多年来对大空间自然对流从层流到湍流转变判据的研究,确认目前大多数文献中沿用的用瑞利特征数 Ra = Gr · Pr 作判据的方法不妥,提出了直接用格拉晓夫特征数 Gr 作为判据的观点,并且写入到教材中,使教材具有明显的特色。这一观点已经越来越被更多的研究者接受。另外我们在进行空腔内自然对流的研究以及换热器研究过程中碰到几个问题,解决后就将这些问题适当简化而编入到教材中的习题中去。

3. 工程应用的积累

在承担工程领域的课题研究中,比较多的是应用传热学、工程热力学已经建立的知识去解决实际问题,这些经历对于编写教材也很重要。

4. 生活的积累

日常生活中有不少有趣的传热学与热力学问题,注意积累与分析,并在讲课或教材中适当引用,对提高学生的学习兴趣很有好处。以工程热力学为例,在第一次向学生提到能量守恒定律时,可以先不引入需要不少辅助概念的系统或者循环,而是以每个人每天摄入的能量为例:一个人如果每天的能量输入(通过食物)大于输出(通过运动),则剩余的能量将通过增加重量而存储在人体中。生活中也有很多的传热学现象可以引入到例题与习题中,例如为什么600的木材与72 的钢对人的感觉是一样的,冬天的风冷温度等,既能引起学生的兴趣,又能增进对所学课程知识的认识,值得我们去尽力发掘。

(本文作者之一陶文铨是第一届全国高等学校教学名师奖获得者)

参考文献:

- 1. Cengel Y.A. Heat transfer A practical approach.

 Boston: WCB McGraw Hill . 1998.
- 2. Cengel Y.A., Boles M A. Thermodynamics , An engineering approach. Fourth Edition. Mc Graw Hill , 2002_{\circ}
- 3. Incropera F. P., DeWitt D. P. Fundamentals of heat and mass transfer , 5^{th} ed. New York : John Wiley & Sons , 2002_{\circ}
- 4. Kaviany M. Principles of heat transfer. New York: John Wiley & Sons , Inc. 2002_{\circ}
- 5. 杨世铭、陶文铨:《传热学》(第3版),高等教育出版社1998年版。
- 6. Chen Gang. Teaching Nano/ Micro Heat Transfer, In: Celebration of Heat Transfer Event Proceedings. School of Mechanical Engineering, Purdue University, April 3 5, 2003 $_{\circ}$
 - 7. 赵镇南:《传热学》,高等教育出版社 2002 年版。