



高分子专业《工程力学》课程教学设计探讨

岳军锋^{1,2*}, 郑丽萍^{1,2}, 李靖靖^{1,2}

(1. 郑州工程技术学院化工食品学院, 郑州 450044; 2. 郑州市降解高分子环保
新材料工程研究中心, 郑州 450044)

摘要:《工程力学》课程是材料类专业的一门专业基础课,然而高分子专业学生普遍反映无法把该课程融入高分子专业知识点中,导致无法达到该课程的预期培养目标。本文从学生自身原因、教材及授课教师等两个方面分析此问题。而后,从教学设计角度出发,引入工程力学知识与高分子专业知识的融合实例,引导学生认识到该课程与专业知识的关联性。通过教学设计,让学生意识到该课程与高分子专业知识间的有机融合,期望对高分子专业所开设《工程力学》课程的教学改革提供参考。

关键词:工程力学; 高分子专业; 教学设计

《工程力学》是一门研究力学在工程中应用的课程,是数学学科、力学学科与材料学学科的有机融合,是一门兼顾理论性与应用性的课程。其涵盖静力学与材料力学两部分,且整体连贯性较强。《工程力学》课程强调以数学思维研究力学乃至建立力学模型、研究力学问题,有利于培养学生分析问题、解决问题的能力^[1]。

材料的最终归宿是应用,力学性能是材料应用过程中的一个重要参数。故而,高分子专业乃至依托于高分子专业所延伸出的相关专业(如复合材料与工程、包装工程等)多把《工程力学》课程与《高分子物理》《高分子化学》等课程设置为专业基础课,足见设计高分子专业培养方案时对《工程力学》课程的重视程度。然而,高分子专业学生普遍反映无法理解开设该课程的目的与意义,无法把该课程与高分子专业知识融合,最终的结果是无法达到该课程的预期培养目标。

笔者基于多年高分子材料合成、改性、成型等方面从业实践及承担高分子专业《工程力学》课程教学工作,初步探讨该现象产生的原因,尝试通过课程设计引导学生把专业知识与《工程力学》课程有机融合。

1 原因分析

辩证唯物主义认为,内因与外因是辩证统一的。就方法论而言,高分子专业学生不能把《工程力学》课程与高分子专业知识有机融合是学生自身原因与外部原因共同作用的结果。

1.1 内因——学生自身原因

学生于高中阶段学习过《物理》课程,所涉及到的力学知识相对单一且简单。同时,学生因面临高考任务从而通过题海战术加强对相关知识的掌握。《工程力学》课程开设于大学二年级阶段,学生已经适应大学开放的学习方式,自主学习意识及选择性学习意识在一定程度上得到培育。学生学习《工程力学》课程时,因其数学推导多、理论性及逻辑性较强,知识点难以掌握,学习挫败感较强,学生抱着考试能过关就行的态度学习该课程,纯粹因敷衍考试而学习,自然体会不到该课程对其分析问题、解决问题能力的引导与培育。

10.14028/j.cnki.1003-3726.2022.04.009

收稿:2020-06-29;修回:2021-09-18;

* 通讯联系人:岳军锋(1982-),男,讲师,博士,主要从事力学教学及高分子材料功能化研究。E-mail: yuejunfeng2006@126.com.

1.2 外因——教材及授课教师原因

高分子专业现行《工程力学》教材多由诸如航空航天、机械、土建等力学相关学科教师编写。尽管教材编写教师在其学科领域建树颇丰,但对高分子材料知识认识欠缺。故而,所编写的教材与高分子专业知识缺乏联系纽带。

此外,高分子专业的《工程力学》课程多由金属材料类专业教师乃至力学相关专业教师承担,授课教师对于高分子专业知识及高分子材料发展趋势认识有限,无法从高分子专业角度讲授该课程,无从引导学生多学科交叉联系的主观能动意识。

学习挫败感强,教材与专业脱节,讲授与专业脱节,学生无法体会该课程对其逻辑思维的引导效果。俗语有言:厚积方能薄发。大学二年级阶段,学生刚接触高分子专业知识,学科知识交叉联系的意识淡薄,自然难以把《工程力学》课程与高分子专业知识糅合。

2 教学设计

针对以上分析,笔者授课时针对性地进行课堂教学设计,尝试逐步引导学生意识《工程力学》课程与高分子专业课程之间的关联性。

2.1 引导学生认识知识演变的本质

学生若生硬的获取知识,一定程度上必将削弱其探索知识演变的主动性,对培养学生获取知识的自主意识及发散思维不利。因而,讲课时重点讲授理论推导过程而弱化结论。推导是由事物现象认识其内在本质的过程,最终体现出知识间的普遍联系性,启迪学生综合运用知识。

因而,讲授静力学部分之平面力偶系时,设计推理性证明题。如图 1(a)所示,一对力偶(F, F')作用一刚体上,力偶臂为 d ,试证明其力偶矩大小与矩心位置无关。

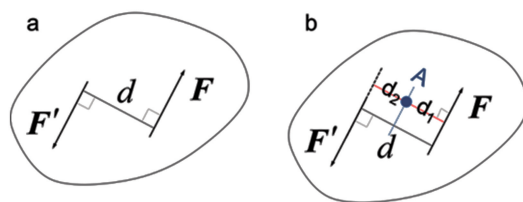


图 1 (a)力偶作用图示;(b)推导示意图

Figure 1 Schematic diagrams of couple action (a) and deduction (b)

证明思路如下:

如图 1(b)所示,假设刚体上任一点 A 为矩心且力 F 的力臂为 d_1 、力 F' 的力臂为 d_2 。

则合力矩 M 为:

$$\begin{aligned} M &= M_A(F) + M_A(F') \\ &= F \times d_1 + F' \times d_2 \\ &= F \times (d_1 + d_2) \\ &= F \times d \end{aligned}$$

由数学模型推导而得证力偶矩的大小与其矩心位置无关。

如何运用数学模型推导高分子链在空间的形貌和基本尺寸是高分子物理学的基本内容,均方末端矩是表征高分子分子链尺寸的重要参数^[2, 3]。因均方末端矩推导过程繁杂,学生通常忽略推导过程而仅记忆结果,无法理解知识的演变。均方末端矩的推导是建立高分子溶液理论、粘弹性统计理论的基础,因而,不理解均方末端矩的推导过程对于研究高分子溶液、高分子流变性能是不利的^[4]。故而,讲授均方末端矩推导时,首先讲解自由结合链、自由旋转链等数学模型,而后在讲解高斯链和高斯分布的基础上引入无规线团高分子链的数学模型。

如此教学设计,学生则容易掌握知识演变的本质,达到“授人以渔”的教育目的。

2.2 引导学生的探索意识

辩证唯物主义认为,事物的现象与本质是辩证统一的,透过现象而挖掘事物的本质。高分子聚合物受轴向拉伸作用屈服时,常见的现象是其剪切屈服带与拉伸轴向方向呈 45° 角。高分子材料的力学性能通过高分子分子链的运动而呈现,这一点是高分子学者公认的理论。然而,从高分子分子链运动的角度却无法解释“剪切屈服带与拉伸轴向方向呈现 45° 角”的原因。

为引导学生从现象挖掘本质的探索欲,讲授工程力学之拉(压)杆的应力时,设计拉(压)杆的斜截面应力作为教学案例讲授:

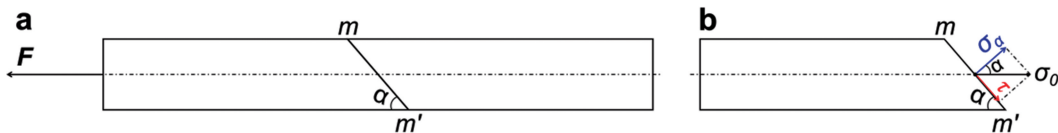


图 2 受轴向载荷拉伸作用杆件示意图(a)及其斜截面应力示意图(b)

Figure 2 Schematic diagrams of member under axial load tension (a) and inclined section stress (b)

横截面面积为 A 的杆件受轴向载荷 F 拉伸作用,假设沿与轴向载荷呈 α 角的斜截面 $m-m'$ 将杆件截开(如图 2a 所示),分析杆件斜截面 $m-m$ 的应力。

设杆件横截面的正应力为 σ ,斜截面 $m-m$ 的正应力、法向应力及切向应力分别为 σ_0 、 σ_a 及 τ ,由分析(如图 2b)可知:

$$\sigma_0 = \frac{F_a}{A_a} = \frac{F}{A/\sin\alpha} = \frac{F}{A} \sin\alpha = \sigma \sin\alpha \quad (1)$$

$$\tau = \sigma_0 \times \cos\alpha \quad (2)$$

则:

$$\tau = \sigma \sin\alpha \times \cos\alpha = \frac{1}{2} \sigma \sin 2\alpha \quad (3)$$

由式(3)可知,当 $\alpha = 45^\circ$ 时,斜截面的切应力达到最大。

由此可见,《工程力学》知识直观地解释高分子材料轴向拉伸时其剪切屈服带与轴向拉伸方向呈 45° 角现象的本质。从而引导学生活学活用力学知识,启迪学生“知其然且知其所以然”的探索意识。

此外,讲授《工程力学》之材料力学部分时,引入具体的高分子知识案例与《工程力学》知识相映衬,譬如:讲授杆件轴向拉伸之冷作硬化时,引入聚合物试样受拉伸时若在其屈服前释放载荷,则该试样再次受拉时其屈服强度必有所提高,并解释其机理;讲授梁的单向受力假设时,引入玻纤增强树脂基复合材料(玻纤与高分子基材间)界面的强度测试方法——单根玻纤拔出测试。

具体的教学案例,既可增强学生发现问题、思考问题、解决问题的综合能力^[5],又可启迪学生意识到材料计算在基础研究及工程设计中的重要性。

2.3 引导学生查阅文献及阅读文献意识

本科阶段教育的目标在于知识的传承与创新意识的培养,教材仅以突出基本概念、基本理论和基本方法等知识的传承为目标,而知识的创新是在传承基础上开展独立研究而获取的成果。文献是知识创新历史过程的记录,查阅文献,不但可以把握国内外研究现状而且还可以启迪学生独立思考意识^[6]。

《工程力学》教材关于杆件的轴向拉伸与压缩知识明确表明杆件受轴向拉伸(压缩)时,其横向、轴向应变所涉及的泊松比为正值,即正泊松比(positive Poisson's ratio)。讲授正泊松比时,以材料发展趋势为引子,引入负泊松比(negative Poisson's ratio)材料,自然过渡到讲授负泊松比材料优良的抗剪、抗压痕、断裂韧性性能。从而,把学生的关注点从力学知识的学习切换到功能性高分子材料探讨上来,启迪学生追问如何获取高分子材料研究现状及发展趋势,以期引发学生查阅文献的意识。

《工程力学》教学中讲授薄壁圆筒容器应力分析时,学生不能透彻理解许用应力及极限应力,更不能理解高分子专业为何要讲授应力分析。针对此情况,引导学生查阅《高分子材料加工工厂设计》《高分子材料工厂工艺设计》等文献中关于设备及管道的计算与选型。高分子工厂中常见的设备及管道(如反应釜、精馏塔、物料输送管道、真空或蒸汽管道等)多为薄壁圆筒状容器,这些设备及管道计算过程中要考虑其耐压性,其实质就是极限应力与许用应力的分析与计算。而后,引导学生制作关于此类设备及管道计算方面的 PPT 并以教师身份参与课堂,加深学生对文献的记忆及理解能力。同时,引导其他学生向汇报人进行提问,于混合教学模式中加强学生对应力分析的理解^[7],引导学生把工程力学概念与高分子专业知识有机统一。

$$\text{认同率} = \frac{\text{认同选项人数}}{\text{参与调研人数}} \times 100\%$$

3 教学效果

调研是评价教学设计能否达到预期教学效果的有效手段。2018 级高分子专业学生(共计 58 人,参与调研 51 人)于本学期学习《工程力学》后,特设计四个调研项目(分别为:A,该课程具有引导探索知识的思维能力;B,学习该课程后能体会到高分子、力学、数学等学科的联系,初步认识材料计算;C,该课程对文献查阅、科研意识有引导效果;D,其它。)并统计分析(结果见表 1)以对教学设计所达到的教学效果进行摸底。

表 1 调研结果
Table 1 Research results

调研项目	参与调研人数/人	认同选项人数/人	认同率/%
A	51	28	54.9
B	51	47	92.2
C	51	31	60.8
D	51	1	2.0

由表 1 可知,依照既定教学设计讲授高分子专业的《工程力学》课程,达到了引导学生把该课程与高分子专业知识相融合的教学效果。同时,为高分子专业的《工程力学》课程教学改革乃至教材编写提供初步参考。

4 总结

《工程力学》课程本是高分子的专业基础课,学生反映在学习过程中无法把该课程与高分子专业知识融合。笔者授课时刻意设计并构建学科间客观联系的知识点,达到引导学生从被动学到主动学的转变的目的,引导学生认识到该课程与高分子专业知识的有机融合,不但传授学生知识,而且引导学生思考意识、启迪学生发散思维、培育学生科学严谨的世界观。

参考文献:

[1] 黄其中. 绿色环保建材, 2016, 10: 211~211.
[2] 刘引烽,周洁. 上海大学学报(自然科学版), 2018, 24 (6): 938~946.
[3] 刘海英,高振华,邸明伟,张大伟,顾继友. 高分子通报, 2014, 10: 125~132.
[4] 刘国栋,张庆新,瞿雄伟. 高分子通报, 2017, 2: 80~83.
[5] 武卫莉,李响,佟有才,贾宏葛,杨长龙,王建军. 高分子通报, 2019, 12: 66~70.
[6] 谢昭彬,易文. 中南林业科技大学学报(社会科学版), 2011, 5 (6): 188~189.

[7] 董黎明,陈艳,喻桂朋,宫贵贞,王士凡. 高分子通报, 2019, 12: 52~59.

Discussion on Teaching Design of Engineering Mechanics for Polymer Specialty

YUE Jun-feng^{1, 2*}, ZHENG Li-ping^{1, 2}, LI Jing-jing^{1, 2}

(1. *College of Chemical Engineering and Food Science, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450044, China*; 2. *Zhengzhou Engineering Research Center of Degradable Polymer Eco-friendly New Materials, Zhengzhou 450044, China*)

Abstract: Engineering mechanics is a basic course for students majoring in materials science. However, students for polymer specialty generally report that they cannot integrate this course into their professional knowledge, resulting in the failure to achieve the expected training objectives of this course. This paper analyzed this problem from two aspects: student, teaching materials and teachers. Then, from the perspective of teaching design, an example of the integration of engineering mechanics knowledge and polymer professional knowledge was introduced, so as to guide students to realize the relevance between this course and professional knowledge. As a result, students are aware of the organic integration between the course and polymer professional knowledge. It is expected to provide a reference for the teaching reform of the course applied mechanics for polymer specialty.

Key words: Engineering mechanics; Polymer specialty; Teaching design