

基于 BOPPPS 模型的化工设备机械基础教学设计 ——以拉伸或压缩时直杆的应力为例

刘赫扬^{1,2}, 王士财^{1,2}, 杨瑞芹^{1,2}

(1. 浙江科技学院 生物与化学工程学院, 杭州 310023; 2. 浙江省农产品化学与生物加工技术重点实验室, 杭州 310023)

摘要: 简要概述了 BOPPPS 模型的组成及特点, 并以拉伸或压缩时直杆的应力为例, 围绕以学生为中心、以问题为导向的理念, 充分发挥参与式学习的作用, 探讨基于 BOPPPS 模型的化工设备机械基础课堂教学设计的方法。这一课堂教学设计强调理论联系实际, 注重工程分析能力的培养, 有助于深化工科教学改革、提高工科教学质量。

关键词: BOPPPS 模型; 化工设备机械基础; 教学设计

中图分类号: G642.0; TQ05

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2018)01-0080-05

Teaching design of Mechanical Basis of Chemical Equipment based on the BOPPPS teaching model —A case study on stress of a straight bar when stretched or compressed

LIU Heyang^{1,2}, WANG Shicai^{1,2}, YANG Ruiqin^{1,2}

(1. School of Biological and Chemical Engineering, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, Zhejiang, China; 2. Zhejiang Provincial Key Laboratory for Chemical and Biological Processing Technology of Farm Produce, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

Abstract: In this paper the composition and characteristics of BOPPPS model is first briefly introduced. Then the teaching design of Mechanical Basis of Chemical Equipment based on the BOPPPS teaching model is explored with a case study on stress of a straight bar when stretched or compressed, highlighting the student-centered and problem-oriented teaching philosophy,

收稿日期: 2017-09-01

基金项目: 浙江科技学院引进企业优秀课程项目(浙科院教[2014]24号); 浙江科技学院引进国外优质课程项目(浙科院教务处[2012]12号); 浙江科技学院教学研究项目(2016-k18); 浙江科技学院研究生课程建设项目(浙科院研究生处[2017]3号)

通信作者: 刘赫扬(1979—), 男, 江苏省苏州人, 副教授, 博士, 主要从事化学工程及高分子材料研究。E-mail: heyang.liu@zust.edu.cn。

and giving full play to participatory learning. The teaching design attaches importance to combination between theory and practice as well as cultivation of engineering analysis ability, helpful for deepening the engineering teaching reform and improving the teaching quality.

Keywords: BOPPPS model; Mechanical Basis of Chemical Equipment; teaching design

化工设备机械基础是为化工类专业本科生开设的一门必修课,属于综合性课程,主要讲授与化工设备相关的机械类基础知识。化工设备机械基础课程涉及化学工程、工程力学、材料学和机械传动等多方面的知识,具有教学覆盖面广、学科交叉度高、工程实践性强等特点。然而,进入 21 世纪以来,随着创新型人才培养模式的推广,大部分高校的化工设备机械基础课程的学时数均大幅削减,从以往的 96 学时以上,骤减至 64 学时以下^[1]。浙江科技学院化学工程与工艺专业现行教学计划中化工设备机械基础课程甚至只有 32 学时。为了适应这种变化,并提高教学质量,不少高校都在化工设备机械基础课程与教材建设及课堂教学改革方面展开了许多实践^[2-7],探索项目/任务驱动式教学^[8-9]、翻转课堂^[10]、ANSYS 软件^[11]等教学模式或教学工具在化工设备机械基础课程教学中的应用,取得了一定的成效。但是,无论是采用何种教学模式或教学工具,都离不开对课堂教学过程的优化设计。因此,在有限的课程学时数下,通过优化教学设计来提高课堂教学质量就具有十分重要的意义。BOPPPS 模型起源于加拿大,是北美国家在教师技能培训中广泛采用的教学模型。BOPPPS 模型本质上是一种组织教学流程的方法,着眼于效果、效率和效益 3 个方面,旨在通过构建引言、学习目标、学前测评、参与式教学、学后测评和总结 6 大要素,提高学习者的参与度,达成有效教学,确保课堂成功^[12-17]。本研究以化工设备机械基础中拉伸或压缩时直杆的应力这一知识点的微课程设计为例,结合笔者在 BOPPPS 教学工作中的实践,探讨基于 BOPPPS 模型的化工设备机械基础的教学设计。

1 BOPPPS 模型

BOPPPS 模型由加拿大不列颠哥伦比亚理工学院创建并推行,用于教学模式的设计^[12]。BOPPPS 模型强调以学生为中心的教学理念,主要基于学习注意力曲线和学习金字塔这两大科学研究成果构建而成,前者指的是人在学习时注意力通常只能保持约 15 min 的高度集中;后者则指出团队学习、主动学习和参与式学习的效果比个人学习或被动学习的效果要好得多。因此,为了契合学习注意力曲线,顺应学习金字塔理论,BOPPPS 模型将课堂教学内容分割为多个独立教学单元(或微课),每个单元的时长约 15 min,在每个单元内部都紧扣教学目标,侧重起承转合,按照导入(bridge-in, B)、学习目标(objective, O)、学前测评(pre-assessment, P)、参与式学习(participatory learning, P)、学后测评(post-assessment, P)和总结(summary, S)6 个阶段循序展开。根据 BOPPPS 模型的要求,1 节 45 min 的课可以被拆分为 2~4 个独立教学单元(或微课),每个独立教学单元都可依上述具体实践流程实施教学。因此,BOPPPS 模型具有实践性和操作性强的特点,是一种值得推广的课堂教学设计工具。

2 BOPPPS 模型下化工设备机械基础微课设计思路

按照 BOPPPS 模型的要求,我们首先在教学实践过程中对化工设备机械基础课程进行了梳理,形成了以知识点为单元的独立教学模块,以满足时长约 15 min 的微课设计的需求。例如,我们把直杆的拉伸和压缩这部分内容分解为拉伸或压缩时直杆的内力、拉伸或压缩时直杆的应力、拉伸或压缩时直杆的变形、材料受轴向拉压时的力学性能和拉伸或压缩时直杆的强度计算 5 个知识点。上述知识点的合理分解,为化工设备机械基础的微课设计打下了良好的基础。

在具体的教学设计方面,我们以学生为中心,一方面顺应学习金字塔,加强互动教学,另一方面也坚持问题导向,注重对学生工程分析能力的培养。以拉伸或压缩时直杆的应力为例,在学习该知识点之前,

学生已了解了拉伸或压缩时直杆的形变特征,掌握了拉伸或压缩时直杆内力的特点及计算方法。学生学完该内容后,将能掌握拉伸或压缩时直杆应力的特点及计算方法,并且能够分析直杆的危险截面,也能对不同材料制成的直杆受到拉伸或压缩时可能出现不同断裂方式的原因有一定理解,为后续学习拉伸或压缩时直杆的变形、力学性能及强度计算等内容奠定基础。此外,该知识点是学生第一次接触应力这个概念,因此在教学过程中,教师可在引言环节借助实际案例,充分激发学生的学习兴趣,并且通过学习目标介绍和前测环节使学生对该知识点的学习目的有明确直观的认识,再通过类比、拓展等方法使学生自然地理解应力的定义,最后在对工程案例的探究、讨论中使学生掌握拉伸或压缩时直杆横截面及斜截面上应力的计算方法与实际应用。需要注意的是,在问题解决及实例讨论中,教师应充分运用多媒体资源,以提高教学效率,提升教学质量。

3 基于 BOPPPS 模型的拉伸或压缩时直杆的应力教学设计

3.1 导 入

通过设问引出课题。首先提出问题:2 根由相同材料制成但粗细不同的直杆,在受到同样大小的轴向拉力作用时,横截面上的内力是相等的,那么这 2 根直杆发生断裂的可能性相等吗? 学生一般都会回答:2 根直杆发生断裂的可能性不相等,细杆更易发生断裂。由此引出核心问题:既然上述 2 根直杆横截面上的内力是相等的,而且内力与物体的破坏情况有着密切的关系,那为什么细杆更易断裂呢? 究竟是哪个物理量在起作用呢?

3.2 学习目标

该节内容的学习目标用 PPT 展示如下。

知识目标:理解应力的概念,掌握拉伸或压缩时直杆应力的求取方法。

能力目标:1)能熟练根据应力大小来分析拉伸或压缩时直杆的危险截面;2)能熟练根据不同角度截面上应力的特点来分析直杆被破坏的原因。

素质目标:通过对拉伸或压缩时直杆应力的学习,培养学生的工程素养和探究意识。

3.3 学前测评

对学生提出如下 2 个问题。

问题 1:如图 1(a)所示某变直径的圆杆,右半段的横截面积是左半段的 1.5 倍,受轴向外力作用,其内力沿杆件轴线如何分布? 图 1(a)中 d_1 、 d_2 、 P 分别为变径圆杆左半段的直径、右半段的直径及其受力值。

问题 2:这根圆杆的哪一段比较危险?

问题 1 和 2 的解如图 1(b)所示。在这个环节中,问题 1 一方面是为了了解学生对“拉伸或压缩时直杆的内力”这部分内容的掌握情况,另一方面可以起到对

这部分内容的复习巩固作用。一般情况下,大部分学生都能够回答正确。通常,学生对问题 2 也能够给出正确的解答,尽管他们还不一定真正掌握其中蕴含的知识点。这里,问题 2 的作用一方面是为了使学习目标更加直观化,另一方面也是为了培养学生根据既有知识对未知问题大胆假设、小心求证的学习习惯。

3.4 参与式学习

3.4.1 应力的定义

首先介绍应力的定义:受力杆件某一截面上一点处的内力集度,即内力的集中程度。为了便于学生理解,此处以压强与压力的关系和应力与内力的关系做类比。接着由截面上某一微小面积 ΔA 上内力 ΔP 的平均集度,即该微小面积 ΔA 上的平均应力

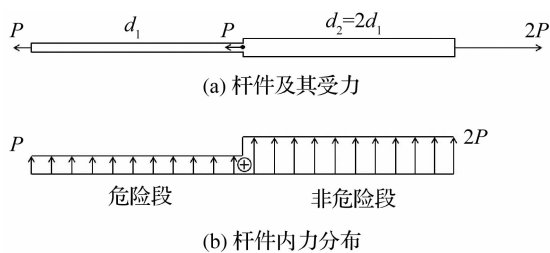


图 1 学前测评问题及其解答示意图

Fig. 1 The schematic diagram for the questions and their answers in pre-assessment part

$$p_m = \frac{\Delta P}{\Delta A}。$$

进一步推导出,当面积趋于无穷小时,截面上某一点处全应力 p 的数学定义:

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A} = \frac{dP}{dA}。$$

从学生熟知的力的分解与合成这一知识,引出应力的分解与合成,说明全应力通常可以分解为与截面垂直的法向分量 σ (正应力)和与截面相切的切向分量 τ (剪应力)。

3.4.2 拉伸或压缩时直杆横截面上的应力

用动画演示的方法说明直杆在受到拉伸作用时,其横截面将保持与轴线垂直不变,且仍为平面,只发生了沿轴线方向的移动。由此,让学生判断直杆受拉伸作用时内力在横截面上的分布是否均匀,并与学生一起得到拉伸时直杆横截面上应力(且为正应力)的表达式:

$$\sigma = \frac{N}{A}。 \quad (1)$$

式(1)中: N 为直杆横截面上的内力, A 为直杆的横截面积。

将受拉直杆横截面上的正应力推广到受压直杆,向学生说明正应力的符号规定,并指出直杆受到拉伸或压缩时,最大工作应力所在的截面最容易发生危险,故该截面被称为危险截面,在工程上要对它加以重视。

3.4.3 拉伸或压缩时直杆斜截面上的应力

教师播放一段视频,主要内容是铸铁杆件受到拉伸时会沿横截面被破坏,但受到压缩时却沿着斜截面被破坏。让学生讨论:到底是什么原因导致这种现象的。

教师与学生一起分析直杆斜截面上的应力,并提醒学生注意观察:分析过程是否正确。在分析过程中选择一处故意制造错误,如将斜截面上内力的方向表示成与截面相垂直而不是与轴线相一致,以此加强学生对之前学过的截面法求内力的理解。经分析,得到拉伸或压缩时直杆斜截面上各点的全应力

$$p_\alpha = \sigma \cos \alpha。 \quad (2)$$

并将其分解为正应力 σ_α 和剪应力 τ_α :

$$\sigma_\alpha = \sigma \cos^2 \alpha, \quad (3)$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma}{2} \sin 2\alpha。 \quad (4)$$

式(2)~(4)中: α 为斜截面与横截面的夹角。

最后,回到之前的视频,让学生再次讨论为何会发生铸铁受压时断面并非横截面的原因,引导学生进行探究性学习。

3.5 学后测评

用课堂练习的方式,让学生计算拉伸或压缩时直杆在不同截面上的应力。例如:学前测评的问题 2。

3.6 总结

利用 PPT 展示(图 2),进一步理清该知识点的内在逻辑,突出该知识点的应用与实例,加强理论与实际的联系,强化工程意识的培养。

4 结语

通过上述从问题的引入、应力的定义,到拉伸或压缩时直杆横截面与斜截面上的应力求解与特征,教师借助动画和视频等多媒体工具,结

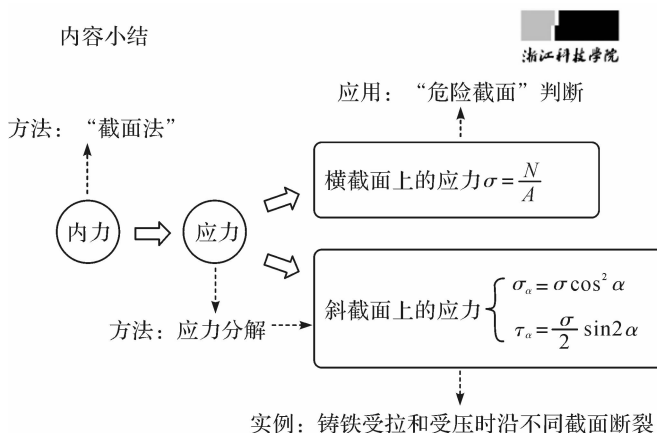


图 2 知识点总结

Fig. 2 Summary of knowledge points

合问题式与探究式的学习方法进行讲授,达到了既顺利克服教学难点又紧贴工程应用的目的。可见,BOPPPS 模型为化工设备机械基础的课堂流程组织提供了一种很好的方法。在教学过程中,教师可以按照 BOPPPS 模型的要求,把化工设备机械基础的课程内容按知识点进行分解,对各个知识点进行有针对性的教学设计,借助参与式学习,突出重点、克服难点,加强理论联系实际,重视工程分析能力的培养,实现有效课堂教学,真正做到以学生为中心。应用 BOPPPS 模型进行教学设计后,浙江科技学院化学工程与工艺专业化工设备机械基础课程的课堂教学气氛日趋活跃,学生参与积极性高,课程的毕业要求达成度加权值也从约 0.20(2013—2014 学年)提升到了约 0.22(2015—2016 学年和 2016—2017 学年),成效明显。

参考文献:

- [1] 陈志平,刘宝庆.过程设备选型与设计课程教学改革与实践[J].化学工程与装备,2010(3):203.
- [2] 陈连,王元文.化工设备机械基础教学改革的若干尝试与实践[J].化工高等教育,2007,24(1):19.
- [3] 吕海霞,张华星.独立学院化工设备机械基础教学改革的探索[J].化工高等教育,2012,29(1):95.
- [4] 彭芳.《化工设备机械基础》教材改革的探讨与实践[J].内蒙古石油化工,2015(1):109.
- [5] 苏清,张玉敏,赵天琦,等.《化工设备机械基础》教学的几点体会[J].广东化工,2015,42(15):232.
- [6] 武耐英,郭保国.《化工设备机械基础》教学中传统教学与多媒体教学相结合的研究[J].商丘师范学院学报,2011,27(9):120.
- [7] 秦英月,王传虎.基于 CDIO 理念的《化工设备机械基础》课程教学改革[J].长江大学学报(自科版),2014,11(34):113.
- [8] 武海棠,张强,郑冀鲁,等.项目驱动法在化工设备机械基础教学中的应用[J].广东化工,2017,44(6):175.
- [9] 张永强,赫文秀,韩晓星.基于任务驱动的“化工机械设备基础”课程设计教学改革与实践[J].内蒙古石油化工,2015(17):102.
- [10] 徐艳,陈艳,李靖.翻转课堂教学模式在《化工设备机械基础》课程中的应用[J].产业与科技论坛,2017,16(6):182.
- [11] 武海棠.ANSYS 在化工设备机械基础课程教学中的应用研究[J].黑龙江农业科学,2016(8):132.
- [12] 何昱,来平凡.BOPPPS 模式在《天然药物化学》课程教学中的设计[J].教育教学论坛,2015(45):189.
- [13] 曹丹平,印兴耀.加拿大 BOPPPS 教学模式及其对高等教育改革的启示[J].实验室研究与探索,2016,35(2):196.
- [14] 晁晓菲,陈勇,王磊.基于 BOPPPS 模型的“大学计算机基础”有效教学设计[J].黑龙江教育(高教研究与评估),2016(8):36.
- [15] 王娜,李峰,郑琳,等.BOPPPS 模式在工程制图课程教学中的设计[J].药学教育,2016,32(6):53.
- [16] 张琛,李红霞.基于 BOPPPS 模式下的高等数学微课教学设计:以“数列极限”为例[J].西部素质教育,2017,3(2):163.
- [17] 储亚伟,叶薇薇,王海坤.基于 BOPPPS 模型下的高等数学微课教学设计:以“一阶非齐次线性微分方程的解法”为例[J].山东农业工程学院学报,2016,33(9):154.