PAD 教学法在化学化工类研究生专业课程中的应用研究

鲜亮*

西北民族大学化工学院, 兰州 730124

摘要: 该文将“对分课堂”(PAD)教学法应用于研究生“绿色化学”和“材料化学”的授课实践中, 取得良好的教学效果。教学改革中发现讨论题目的设置对于形成有效的讨论至关重要。文中详细分析并举例论证了影响“讨论”环节教学效果的各个要素。PAD教学法的实施有助于培养研究生的明辨性思维和独立科学研究能力。

关键词: 明辨性思维; 对分课堂; 研究生教学; 化学教学

中图分类号: G64; O6

The Application Research of PAD Teaching Method in the Courses of Chemical and Chemical Engineering Postgraduates

Liang Xian *

School of Chemical Engineering, Northwest Minzu University, Lanzhou 730124, P. R. China.

Abstract: In this paper, the PAD (presentation, assimilation, discussion) teaching method was applied in the courses of “green chemistry” and “material chemistry” for postgraduates and perfect teaching effect was achieved. In this teaching reform, it was found that topic selection is very important for the effective discussion. This paper analyzes by examples and discusses in detail the various factors impacting the teaching effect in the “discussion” process. The application of PAD teaching method in postgraduates’ courses is helpful for developing critical thinking and independent scientific research ability, and is also beneficial to the postgraduates’ research and development in the future.

Key Words: Critical thinking; PAD; Postgraduates teaching; Chemistry teaching

研究生教育是大学教育的重要组成部分, 是本科生在完成了相关专业知识学习的基础上, 经过选拔择优之后的更高级大学教育形式。研究生教育是本科专业知识学习的自然延伸和深度广度上的强化, 但同时差别也是显著的。本科教育注重的是基础专业理论知识的系统学习和掌握以及基本专业技能的培训, 而研究生教育则更强调掌握基本专业知识基础之上的独立科研能力培养, 即明辨性思维方式的培养以及发现和解决科学问题能力的培养。如果说本科专业知识的学习更多的是信息的输入以及建立在概念、理论和公式基础之上的信息处理方法和技能的训练, 那么研究生阶段的学习则无疑是主动获取所需信息、处理信息并输出信息的阶段。

显然, 培养目标不同, 培养方式也应当有所不同。对于理工科研究生而言, 目前的研究生教育主要是课堂讲授形式的专业知识深化以及实验研究工作两部分。传统的“黑板+讲解”教学模式只

收稿: 2020-06-17; 录用: 2020-08-07; 网络发表: 2020-09-23

*通讯作者, Email: lxian@xbmu.edu.cn

基金资助: 西北民族大学研究生教育教学改革研究项目(2019-13); 甘肃省高等学校教学质量与教学改革工程项目(2019GSJXCGPY-16)

能完成专业知识体系的深化工作,但对研究生科学素质的综合训练和提升缺乏强有力的支撑作用^[1,2]。

“对分课堂”(presentation, assimilation, discussion, PAD)是与“翻转课堂”类似的新颖课堂教学模式。其强调明辨性思维的培养,主张将课堂的主动权交还给学生^[3-6]。要求学生在充分掌握系统专业知识的基础上,在教师主导下能够以辩论的方式完成立论和质疑等独立思考能力的构建。而这种明辨性思维对培养合格的现代科技人才至关重要^[7]。

目前,PAD教学方式多应用于本科生教学实践,很少涉及理学和工学专业研究生教学^[8-10]。基于提升化学化工类研究生独立科研能力的角度考虑,该文重点研究了PAD教学方式在研究生“绿色化学”以及“材料化学”专业课程授课实践中的应用。根据课程专业知识体系结构特点,设计了针对性的授课环节以获得最佳的学习效果。

1 PAD教学方法的实践过程

PAD在某大学化学化工类硕士研究生的“材料化学”和“绿色化学”课程授课过程中平行展开。以PAD教学法为基础,结合其他教学方法综合设计了适合上述班级研究生群体特点的授课计划安排^[3,11]。每次授课的基本过程如图1所示。

图1 PAD教学环节基本设计

课程要求学生按照6-8人一组建立线上即时联络群组,每组选举一个组长。每次授课前教师提前上传授课内容、相关教学资料并布置若干预习内容和讨论题目。各小组按照教师要求以小组协作方式共同完成资料检索和题目讨论等预习内容。授课过程中,教师首先讲解本次课程的学习内容,大约35 min。学生“独学”大约10 min。随后,学生开始分组讨论,时长大约15-20 min。在分组讨论期间,教师巡回参与各个小组的讨论并主动引导学生讨论的方向和深度等。完成分组讨论之后,全班进入班级讨论环节,每个小组提名一个学生立论,其他小组自由质疑,每位发言学生立论和答辩合计用时大约5-10 min。教师根据立论者和质疑者的辩论表现评分。完成班级讨论之后,教师集中点评各人表现,时长大约5 min。课后线上教学阶段,学生在全班网络即时联络群组可以继续自由发言、讨论、立论、质疑等。教师根据发布的有效评论对学生进行评分。分数判定不以辩论是否占据优势为依据,而是以双方辩论当中所体现出的综合科学素养为主。其中包括该专业课程内容的掌握和恰当引用、专业领域研究方向资料的检索和理解、对该方向未来发展趋势的敏锐视角、辩论语言的组织和严谨推理等。

期末考试以自选题目的讨论文章形式完成,以期全面反映学生在完成了该学科专业知识学习之后所具备的科学素质。课程教学大纲中,总评成绩中平时讨论所占比重为40%,强调了平时讨论的

重要性。为调查 PAD 教学方法实际教学效果,该研究设计了实地观察和集体访谈等形式的抽样社会调查以达成持续改进提高教学效果的目的。

2 教学效果反馈及持续改进

教学效果反馈显示,研究生学生能够逐渐适应从单纯的知识被动输入者转变为知识信息的输出者的角色转换,大多数学生参与公共讨论的意愿得到了加强。其次,学生参与小组讨论和集体公开讨论的紧张情绪在 PAD 实施一段时间之后有了明显的改善。从课堂表现观察,PAD 开始实施阶段,立论者少有被质疑。而在 PAD 教学法实施了一段时间之后,质疑者逐渐增多,学生自由讨论的活跃程度明显提高。并且,质疑者采用的科学依据变得更有力,口头语言表达能力和构建观点的逻辑性也有了明显的提高。最后,在课外的自主学习环节,学生为立论和质疑所采取的主动寻找相关资料的动作也越发频繁,所使用的数据库包括中国知网、Springer、Elsevier、Wiley、ACS 以及 RSC 等。

除上述变化外,研究生在自主学习能力方面也有了明显的进步。首先,文献检索、筛选能力得到了提高。其次,文献阅读理解能力得到了提升。第三,以学生课前自学和课中独学形式培养的自我学习、消化和吸收的能力得到了强化。

另外,新的 PAD 教法所带来的另外一个显著的变化是研究生学习和掌握专业知识的意愿得到了明显的提升。研究生已不仅仅满足于授课课本知识,更倾向于围绕自己的专业研究方向主动寻求该课程相关资料。

教学反馈结果当中,学生反映最多的议题仍然是讨论题目设置问题。因研究生生源不同、专业知识水平有差异,因而,一些学生认为难度适当的题目,对另外一些学生而言却难度较大。同时,教学实施过程中发现,课堂立论和质疑环节当中,学生“立论”较为困难,而“质疑”则相对较为容易。这些都是该 PAD 教学方法在研究生课程授课中应持续改进之处。

3 PAD 教学中的“讨论”环节分析

3.1 讨论题目的设置

在新的教学方法实施过程中,发现全部 PAD 教学方法当中核心环节在于“讨论”,而讨论效果的高低直接决定着明辨性思维的构建成效。讨论教学环节当中,关键问题是讨论题目的设置以及围绕着“讨论”所采取的各种教学措施和手段,这是整个教学改革的关键环节,即“设问激疑”在整个 PAD 教学环节中起到了提纲挈领的作用^[1]。

讨论题目的设置首先应考虑适合当期所需要完成的教学任务,必须为达成教学效果而服务。

其次,应在服务于教学目的的基础上,发掘适合课堂讨论的具有一定趣味性的话题。这样,研究生在学习专业课程的同时,不至于显得枯燥。事实上,现代社会当中化学化工生产的产品几乎无处不在,很多的都涉及到“绿色化学”和“材料化学”之类的专业知识。从生活当中较为熟悉的化学化工现象入手,能够让学生不易感觉到陌生,更容易进入讨论。

第三,讨论题目难度要适中,要在保持学生学习热情前提下,强调一定的难度,讨论题目设置必须“迫使”学生课前主动进行适度的检索和阅读文献,否则无法完成讨论环节。

第四,研究生学生是优秀的本科毕业生,经历过严格的选拔。这就意味着学生具有较为优秀的自主学习能力和良好的系统理论知识基础。所以,讨论题目的设置应以记忆性知识为辅,而重点强调在系统理论知识基础之上的个人独立观点的形成以及对他人观点的科学理性的质疑。这一点将直接影响到明辨性思维的养成。

第五,讨论题目应尽量没有标准答案,书本上或参考资料上没有现成的答案可供学习。即题目应设计为开放式问题。题目的设置强调较大的争议性和前沿性,具有较大的讨论空间。这样能够使学生不至于觉得在课堂上无话可说。

最后,讨论题目必须具有一定专业深度,以引导和启发学生对化学化工有一个更深层次的认识。这包含着两方面的内容。一方面是专业知识的拓展和学科交叉。现代科技只是人为地划分了物理、

化学、材料、生物、医药等各个学科,而事实上,现代科技的发展已经远远不能只局限于传统的学科划分领域。更多的科学研究突破处于各学科交叉的尖端前沿。所以,研究生学习更应该强调这种专业知识的融合、交叉和拓展。其次,讨论题目的选择也可能涉及到更深层次的科技伦理问题,要强调在学习从实验室研究到实际生产应用过程中的各种科学和工程问题解决办法的同时,更要认识到科学家和工程师的人格精神对科学思维的影响以及科学家与工程师应当肩负的社会责任。比如核科学、克隆技术、基因工程以及兴奋剂等问题均涉及到科学家个人科技伦理问题^[12]。

3.2 “讨论”的教学组织

讨论过程是 PAD 教学方法改革实践的核心环节。在该环节教学过程中,一个非常重要的问题就是具体的讨论组织形式。该研究采取的是每个小组的代表首先完成立论和论证,再由其他组学生质疑和反驳。质疑和反驳主要以反驳对方的立论和提出不同立论两种方式为主。反驳对方立论主要从反驳对方论点、论据、数据来源及可靠性、论证逻辑及推理等方面入手。立论则是提出不同于对方的己方观点并加以论证,从而达到削弱或证伪对方立论的目的^[13]。

另外,教师应主动参与各小组“讨论”。一方面限制使用诸如人身攻击、循环论证以及虚假证据等无益于达成教学目的的讨论方式和技巧。另一方面,教师应引导辩论方向并控制辩论节奏。最后,教师应维持辩论双方大致均衡的辩论态势。即在必要时也应参与到辩论当中,扶持弱势的辩论一方,从而达到辩论“对抗”的平衡。

事实上,对于前沿性的化学化工类研究课题人们的认知尚处于摸索阶段,往往具有较大的不确定性。所以,讨论相关话题具有充分的讨论空间,这为思辨性的讨论提供了良好的基础。而讨论题目的设置和讨论教学的组织是相辅相成的,对最终的教学效果都构成了直接的重要影响作用。

3.3 讨论题目案例

案例一:在讨论材料力学性能时,其中一个讨论题目为“蛛丝结构具有高强度和高韧性的特点,请讨论形成高强度蛛丝的各个要素。对于 sp^2 杂化的单质碳而言,同样在一维或二维尺度上具有很高的强度。是否能够将二者结合起来形成更好性能的材料?如何结合?理论上可能的途径有哪些?”

该题目要求学生能够从理论上掌握 sp^2 杂化碳材料如石墨烯、富勒烯和碳纳米管等强度的影响因素,也必须理解以蛋白质为主的超高强度材料构造的基本原理。讨论题目中所隐含的知识导向包括但不限于:蜘蛛腺体吐丝器的基本工作原理,蛛丝的蛋白质种类和性质,蛛丝的一、二、三、四级结构和蛛丝微结构,新兴的微流控技术、3D 打印技术和熔喷技术等,分子间作用力、氢键和 C—C 化学键合作用对材料强度的影响。事实上,将碳材料和蛛丝结合为高力学性能复合材料的研究已有报道^[14],这类前沿性研究课题的学术论文所体现出的研究者独特的科研视角以及饶有情趣的科研实验能够使研究生获益良多。

该题目的设置基本上考虑了上述几个影响要素,既有一定的趣味性,也有一定的专业知识要求和非常前沿的科技探讨,也能够将知识层面从单纯的化学合成拓展到工业技术手段和先进制备技术的应用。同时,题目也能够将基础的化学理论和宏观的力学性质联系起来,有助于学生从根本上理解物质宏观性质背后所蕴藏的化学本质。

案例二:学习“绿色化学”课程的“绿色化学十二条原则”这个内容时,课程提出的讨论题目之一是:“从绿色化学十二条原则出发,讨论单晶硅、多晶硅太阳能板从原料开采、运输、制造、使用过程等各个环节以及产品本身的结构、性质和制造工艺等方面是否符合绿色化学的基本理念和指导思想”。

显然,这个题目给予学生可以发挥和讨论的余地较大,更有利于学生讨论提升到更高的层次。比如,学生可以通过计算该产品生产、销售、使用等各个环节的能量消耗以及产品使用周期内总的电能产出讨论该产品的能量回报率;也可以从环境代价、能量消耗以及人力资源成本等角度考察该产品的绿色化学理念;也可以从制备技术的角度讨论该产品的绿色化学属性;探讨可能的技术突破方向以及如何通过技术手段的改进提高原子经济性等。当然,对于所涉及的绿色化工技术而言,本身就具有较大的争议性,从而为顺利开展讨论给予了充分的辩论空间。

案例三：在学习纳米材料安全性的环节，一个讨论题目是：“自由的纳米粒子是否存在健康和环境安全隐患？其毒性可能与微米尺寸的颗粒截然不同，更小的粒子具有更大的表面积、更容易进入细胞，进入方式与较大的粒子相比也有差别。另外一个安全隐患是，自由的纳米粒子可能通过自燃或点燃引发爆炸。你认为纳米粒子与微米颗粒相比爆炸的风险更大了还是更小了？你认为纳米粒子的形状如球状或者棒状等会对爆炸的风险造成影响吗？如何测定一系列纳米粒子的爆炸特性？如何最大限度地降低易燃纳米粒子爆炸的可能性？”

该题目取自 Ozin 等的“纳米化学-纳米材料的化学途径”一书^[15]。尽管该题目涉及的专业知识较深，但大多数理工科研究生均知道，我们生活当中常见的小麦淀粉颗粒处于微米尺度范围，其颗粒大约在 1–200 μm 范围内呈现正态分布，在空气当中有爆炸限存在。所以，学生可以从面粉的安全性角度切入到要学习讨论的话题当中，借用纳米材料制备当中的“自上而下”概念从微米尺度向“下”过渡到纳米尺度；或者以“自下而上”的视角，从所熟悉的“天然气”等分子层次上存在的易爆性向“上”延伸到纳米层次。这样，从题目所隐含的化学化工常识出发，降低了新题目的陌生感和难度。

另外，该题目在 PAD 课程中的设置重点考虑培养学生超前的科学视野以及敏锐的科学洞察力和想象力。尽管对于现阶段的学习而言只是纸上谈兵，但是这种科学素质的培养将非常有助于学生未来的专业知识和技能的发展。该题目与其他题目类似的是，对于纳米材料的安全性学术界并没有一个定论，很多问题仍然在探索、研究和讨论阶段。这样前沿性的话题无疑将极大地提升和锻炼研究生的专业思考能力以及对未来专业研究方向动态的把握能力。

4 结语

PAD 教学方法在研究生课程教学工作当中的实施有助于提高研究生学生明辨性思维能力的培养，有助于提高学生独立的科学研究能力和科学素养。这是对传统课堂讲授形式的一次改革。而与此同时，PAD 教学方法的实施要求任课教师必须具备更为宽广坚实的专业系统知识、前沿性的视野和思考、较强的逻辑思维能力和辩论技巧以及丰富的课堂教学组织经验等。在网络远程教育日益得到重视的今天，PAD 教学方法的尝试对提高研究生教育水平具有一定的积极意义。

参 考 文 献

- [1] 张学新. 复旦教育论坛, 2014, No. 12, 5.
- [2] 姚运金, 余茂静, 陈树海, 杨则恒, 张大伟, 徐超. 化学教育(中英文), 2019, 40 (22), 69.
- [3] 张学新. 对分课堂: 中国教育的新智慧. 北京: 科学出版社, 2016: 123.
- [4] 张春琴, 李俊华, 田大增. 大学教育, 2019, No. 3, 93.
- [5] 黄路遥, 周序. 河北师范大学学报(教育科学版), 2019, 21 (2), 93.
- [6] 陈煜, 胡洁, 朱一鑫, 朱芸莹, 柏松, 魏娴. 化学教育(中英文), 2019, 40 (14), 32.
- [7] 沈昊宇, 胡美琴, 刘哲. 化学教育, 2014, 35 (6), 17.
- [8] 胡洪羽, 孙玉希, 蒋平. 化学教育(中英文), 2019, 40 (16), 60.
- [9] 朱立俏, 盛华刚, 周洪雷. 实验室研究与探索, 2020, No. 3, 203.
- [10] 王世革, 叶长青, 吴陈瑶, 黄明贤. 化学教育(中英文), 2017, No. 38, 17.
- [11] 王祖浩, 刘知新. 化学教育, 1995, No. 12, 5.
- [12] 崔秀然. 黑龙江高教研究, 2017, No. 9, 11.
- [13] 冯清. 大学化学, 2018, 33 (11), 70.
- [14] Lepore, E.; Bosia, F.; Bonaccorso, F.; Bruna, M.; Taioli, S.; Garberoglio, G.; Ferrari, A. C.; Pugno, N. M. *2D Mater.* 2017, 4, 031013.
- [15] Ozin, G. A.; Arsenault, A. C.; Cademartiri, L. 纳米化学: 纳米材料的化学途径. 第 2 版. 陈铁红, 译. 北京: 科学出版社, 2019: 48.