

## 能源与环境系统工程专业工程化学课程的教学改革与实践

刘焕英\* 窦 智 王永璨 高 超 刘文雪

(大连海洋大学机械与动力工程学院, 辽宁 大连 116023)

**摘要:** 工程化学课程是本校非化学化工专业(能源与环境系统工程专业)的一门学科基础课程。该课程的目的是锻炼学生的化学思维能力, 通过学习工程应用中的化学理论, 提高学生运用化学知识解决实际问题的能力。本文阐述了本校工程化学课程的教学理念和授课情况, 对教学内容和方法进行了深入的改革与实践, 详细介绍了课程建设、课堂教学、课下反馈与评价、科研相辅、教学工作的反思与总结, 进一步阐述了教学环节的教育探索与实践总结, 使工程化学课程的教学质量得到了提高。

**关键词:** 工程化学; 教学改革; 翻转课堂; 科研相辅教学

**中图分类号:** G64; O6

## Improvement and Practice of Engineering Chemistry Teaching for Specialty of Energy and Environmental Systems Engineering

LIU Huan-Ying\* DOU Zhi WANG Yong-Can GAO Chao LIU Wen-Xue

(School of Mechanical and Power Engineering, Dalian Ocean University, Dalian 116023,  
Liaoning Province, P. R. China)

**Abstract:** Engineering chemistry is a basic disciplinary course for the students majored in energy and environmental systems engineering. The aim of this course is to promote the capacity for independent thinking and solving the practical problems using chemistry knowledge. Herein, a detailed educational analysis and practice of the course set up in our faculty is described. The extracurricular tutorship and the examination of course are also focused. Due to the contradiction between limited lecture hours and overloaded teaching assignment, we revise course content, teaching methods and the curriculum system of engineering chemistry. In addition, experimental teaching is expanded and optimized. This paper proposes a new teaching philosophy. And the teaching quality of engineering chemistry has been improved.

**Key Words:** Engineering chemistry; Teaching reform; Flipped classroom;  
Scientific research back feeding teaching

### 1 引言

随着科技的进步与社会的发展, 各学科间的交叉逐渐得到深化<sup>[1]</sup>。化学作为一门基础学科, 在能源、环境、材料、动力工程等专业领域发挥着重要作用, 由此产生了诸多与化学知识相关的交叉学科, 工程化学课程便是在此背景下, 为培养非化学化工专业工程类人才设立的一门化学基础课程。这

\*通讯作者, Email: liuhuanying@dicp.ac.cn; huanyingliu@hotmail.com

基金资助: 辽宁省高等学校优秀人才支持计划二层次“尖晶石阴极晶面对应 SOFC 阴极性能的影响”(LJQ2015015); 大连海洋大学第二届“蔚蓝英才工程”(大海大校发[2015]65号)

门课程是现代工程技术人员的知识结构与能力结构培养的重要组成部分<sup>[2]</sup>。我校工程化学课程是针对学校非化学化工专业工科本科生开设的学科基础课程，在工科本科生的知识结构体系中占据重要地位。此课程的教学在专业培养中的定位是传授基础化学理论、健全本科生的知识结构体系，训练学生运用化学理论知识去解决实际工程中遇到的问题。工程化学课程是为适应能源类专业发展而设立的，课程内容涵盖广泛，包括物质的化学组成、化学结构和化学反应，密切联系实际工程中遇到的问题，如钢材的选择与寿命、环境的污染与保护、能源的开发与利用等。课程还深入浅出地介绍有现实应用价值和潜在应用价值的基础理论与知识，为后续专业课程的讲授奠定理论基础，更进一步确保学生在今后的实际工程中能有意识地运用化学思维去发现、分析和解决问题。在讲课过程中，我们发现了几个方面的问题：(1) 工程化学的内容与高中化学区别显著，学生的学习思维方式还停留在高中化学阶段；(2) 工程化学的理论性较强，内容枯燥，学生学习主动性不足；(3) 内容多而杂，覆盖面广，但授课课时较少。针对以上问题，在总结过去教学经验的基础上，结合我校机械与动力工程学院能源与环境系统工程专业的特点，遵循翻转课堂与科研辅助教学两项基本原则<sup>[3]</sup>，在课程建设、课堂教学、课前学习、课后反馈与评价、科研相辅、教学工作的总结与反思等方面进行了积极的教学改革探索与实践，取得了显著的成效。

## 2 教学开展

我校机械与动力工程学院能源与环境系统工程专业(简称能环专业)开设的工程化学课程，其教学理念如图1所示。本课程重点阐述了原子结合态中单元粒子的组成、结构等理论知识，以及原子结合态与光、电、磁、热等现象的关系。其内容涵盖了物质的化学组成、化学结构和化学反应，但教学学时仅32学时。因此，如何在有限的课堂教学中提高本专业学生的化学素养，让学生在今后工作中积极地运用化学知识去发现、思考、分析和解决实际工程中的问题，是工程化学授课教师必须面对的主要问题。因此，授课教师需要对传统的教学方式方法进行改革，并积极地进行新教学方法的探索与实践<sup>[4,5]</sup>。在教学过程中应该特别注重课程建设、课堂教学、课后反馈与评价、科研相辅以及教学工作的总结反思5个环节。

### 2.1 课程建设

在课程建设环节中，认真精读教材和参考书，研读与课程相关的知识，以丰富教学内容及素材选取的范围。本课程选择浙江大学陈林根教授编著的《工程化学基础》(第2版，2005年)作为授课教

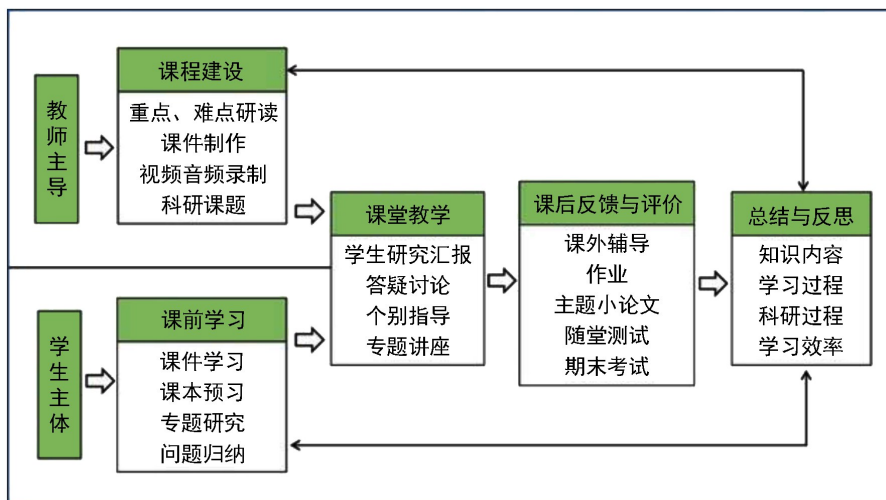


图1 教学理念

材。本教材通俗易懂，内容涉及面广。但由于教材编写在时间上存在滞后性，教师依照所选教材制作的教案并不能完全满足现代教学要求，需要通过互联网、图书馆等多种渠道获取更加全面的知识和数据<sup>[6]</sup>，将视频、音频和动画等丰富的教学素材汇入到教学PPT课件中，丰富授课内容，让课程学习不再单调枯燥。以翻转课堂的模式进行课程建设改革，将本课程建设成为“在线开放课程”，便于学生在课前预习相关课程知识<sup>[7]</sup>。本课程具有相对的独立性和完整性，适用于非化学化工类本科生拓展知识，但由于没有后续相关课程，存在知识体系结构力求完整但点到即止的缺点。该课程仅32学时，授课教师不能对工程化学知识点进行完整讲授，因而必须对课程内容进行适度删减，选择适合能环专业的优质内容进行系统讲授。例如，在讲授溶液中的氢键的概念、作用及其应用时，结合生活中的实例，如液态水、固态水(冰)这两者哪个密度高？为什么液态水在4℃时密度最大？氢键是指氢原子在分子中被电负性大的A原子裸露后还可以与另一分子中电负性大的B原子之间产生一种较化学键弱的静电作用。如图2所示，固态水(冰)的水分子以氢键和相邻的4个水分子相连，构成四面体，在三维空间伸展形成立体网状结构，而液态水中只有一部分水分子间存在氢键，即液态水无法形成三维空间网状结构，因此液态水的密度大于冰的密度。随着温度不断升高，冰的三维氢键空间网状结构塌陷，水分子排列变得紧密。在4℃时，三维空间网状结构彻底消失，部分液态水分子间存在着氢键，此时水分子排列的紧密度达到最大值。继续升温，液态水分子间的氢键数量逐渐减少，水分子排列的紧密度逐渐降低。因此，在4℃时水的密度是最大的，出现水的“冷胀热缩”现象。如此贴合实际的话题，使得学生围绕氢键、水的重要性与水体保护、水作为绿色的制冷剂/载冷剂等方面展开了热烈的讨论，这种教学方法的探索与实践取得了非常好的效果。同时，鼓励学生把生活中的很多现象与工程化学知识相联系，学会用化学的思维去思考工程中遇到的问题。

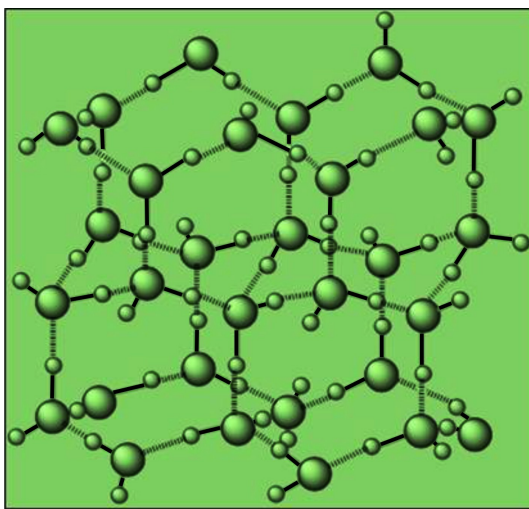


图2 固态水(冰)的三维空间网状结构

大球：氧原子；小球：氢原子；实线：氢氧原子间形成的共价键；虚线：氢氧原子间形成的氢键

## 2.2 课堂教学

在授课过程中，我校坚持以教师为主导，学生为中心，坚持科研相辅教学的模式。同时，结合本学院的科研项目与教师的研究方向，将课程内容与现有的科研平台相接轨，邀请相关教师作为本课程的客座指导教师。在课堂授课过程中，坚持以课堂授课为主线，同时采用多种方法进行教学辅助，如安排一系列相关的科研专题讲座、主题报告(学生主讲)以及分组讨论等。在保证教学质量的前提下，为了最大程度地激发学生自主学习的积极性，培养学生独立思考、勇于创新的能力，提高学生学习的主动性<sup>[8,9]</sup>，授课教师应尽量深入浅出地介绍有现实应用价值和有潜在应用价值的基础理论和基

本知识,尤其是要列举生活和生产中的实例来加深学生对理论知识的理解。例如,对于金属晶体的相关知识,授课教师结合金属晶体的实际应用价值进行选择讲解,对于金属晶体的晶体结构不做深入讲解。对于能环专业学生,将启发式与参与式相结合的教学模式引入到我们的课堂教学中,围绕金属晶体材料(如制冷行业常用的铜或铜的合金)的抗腐蚀性能、传热性能等进行专题讨论,学生课下组建小组进行资料检索、文献阅读、数据汇总分析,最后以综述型小论文的形式来总结对于讨论主题的理解。该教学方式可以充分发挥学生的主观能动性,培养学生自主学习与团队分工协作的能力。例如,高分子材料一节中的聚氨酯材料,它是建筑行业 and 冷库领域中普遍应用的保温材料,通过向学生介绍聚氨酯材料,让学生自己对聚氨酯进行资料查阅及信息交流。此外,引申出对高分子材料在结构上进行不同的化学分子修饰可获得不同的产物,从而满足日常生活或工业生产对高分子材料的需求(包括产量需求、性能需求等)。在课堂上要尽量营造兴趣导向的气氛,鼓励学生将某个知识点或问题与日常生活生产紧密结合,让学习的知识鲜活起来,从而让学生们对工程化学课程产生极大的兴趣。整个授课过程注重学生学习过程的考核,并将学生在课堂上的表现记入平时成绩。

### 2.3 课前学习

对于高等院校而言,学生自主学习能力的培养是高等教育中最重要部分之一<sup>[10]</sup>。但是,目前在大多数高等院校,课前学习在一定程度上没有引起学生的足够重视。尽管少数学生进行了课前学习,但学生的预习方法较单一、学习效果较差,为课堂上知识的建构所做的准备非常有限<sup>[11]</sup>。因此,为了提高课前学习的质量,本课程改革主要从翻转课堂、课前阅读、课前学习监管等方面尝试入手。近几年,翻转课堂在我国逐渐兴起,它是指从教学流程上将课上的知识传授与课下的知识内化两个学习过程进行翻转,课上的知识传授主要是通过学生的课下自主学习完成,高质量的课前学习是课堂得以“翻转”的重要基础与前提<sup>[7,11-14]</sup>。目前,开展翻转课堂教学试验的学科多为理科类课程,理科知识点明确,很多教学内容只需要清楚地讲授一个概念、一道公式、一道例题、一个实验,其学科特点便于翻转课堂的实施。翻转课堂不是在线视频的代名词,而是混合了直接讲解与建构主义学习,让缺席课堂的学生不被甩在后面<sup>[14]</sup>。翻转课堂不是学生无序学习,是教师不再是在讲台上的“圣人”,而是学生身边的“教练”。要教会学生利用自由支配的时间,给学生提供自由支配的时间,课前阅读应当成为吸引学生爱好的最重要的发源地,可以提升学生的自主学习能力,也可以增加学生的知识面并提升学生对事物的认知能力<sup>[15]</sup>。授课教师制定课前阅读要求、合理的检测与评估方法来引导和督促学生进行课前阅读。工程化学课程是我校能环专业大二年级的学科基础课,对大学二年级的学生进行预习的指导和监管十分必要,课上与课下的有机衔接有助于课堂上知识的共建。通过借助课外充足的时间与更大的空间,让学生更好地完成课前学习,从而更好地发展学生自主学习、自主探索、合作交流等能力。

### 2.4 课下反馈与评价

在中小学,课下辅导是被高度重视的,而大学期间成为易被忽略的环节。然而为了进一步提升课堂授课效果,课下辅导是必不可少的。而且通过课下辅导帮助教师改进课堂授课方式,可促进教师快速成长<sup>[9]</sup>。工程化学课程在课下环节对诸多辅导方式进行了尝试,每周在固定时间、地点,授课教师和学生进行面对面交流与讨论。此外,利用现代通讯技术(微信、QQ、线上课堂等)进行联系,与学生进行实时的在线交流与讨论。课下辅导的进行,不但能够为学生解决理论知识上的疑问,同时还能引导学生进行科技前沿课题的研究,如指导学生进行科研论文的检索、阅读等。通过课下辅导的高效进行,授课教师自身也在成长,同时还收获了与学生的友谊以及学生发自内心的尊敬。

课程考核是教与学的重要组成部分,可以对课堂授课效果进行有效补充<sup>[16,17]</sup>。目前,传统教学中较普遍地采用闭卷考试方式进行课程考核,虽然它能够促进学生掌握课程内容,但同时也束缚了学生的创造性、发散性思维。基于此现象,本课程将成绩分为课堂表现(5%)、平时作业成绩(35%)以及期

末成绩(60%)三部分进行考核。闻名全球的课堂改革进行者 Salman Khan 凭借简单的教具、普通的编程软件,颠覆了美国线上教育,开启了一场教育革命,因此 Khan 本人被称为将科技应用于教育的先锋<sup>[18]</sup>。在 Khan 接受访谈时,他讲到自己4年拿下了两个本科学位和一个硕士学位,说到他本人逃了很多课,他解释说逃课不是懈怠,有很多比坐在课堂上更高效的学习方式。在现在各式教育改革的影响下,我们是否可以考虑不用填鸭式授课方法中的高出勤率去要求现在大学课堂的出勤率,是否可以考虑通过有趣的课程建设和课堂教学来提高学生的学习主动性与积极性<sup>[19-21]</sup>。因此,“课堂表现”是对回答问题、参与讨论、出勤等课堂表现的综合考核;“平时作业成绩”主要考核学生对课下作业完成情况、调研能力。这两项考核占总成绩的40%,都是将学生的学习过程作为考核重点。本课程在“期末成绩”模块考核中,大胆地尝试两种考核方式:卷面测试(40%)和主题小论文(20%)。主题小论文的完成过程中要求学生3到4人组成一个小组,选择一个能源主题进行讨论,根据学生自己查阅的资料,每一位学生都要写一篇相应主题的小论文。要求学生按照科技论文的撰写格式完成该主题小论文的撰写。考核时教师和学生一起对主题小论文进行评价,学生的评分作为分数的重要参考依据,从资料查阅能力、文献检索能力、参与讨论的积极性、主题小论文的撰写能力等方面进行综合评价,最终由教师给出主题小论文的分。此方式不仅可以发掘学生自主学习的能力,同时还锻炼了学生的组织管理能力与演讲能力,从实践结果来看,获得不错的效果。

## 2.5 科研相辅

科研课题研究是理论知识在实际应用中的体现,同时科研课题研究也是较佳的工程实践方式。因此,教学和科研的有机结合是高等院校教师必须进行的<sup>[7,16,21]</sup>,尤其是青年教师,在科研上思想活跃、创新点多,可以将科研课题与教学工作进行高效衔接。该课程邀请相关教师作为科研指导教师,将教材的知识延伸到实际工程中去,让学生切实体会到知识的魅力,激发学生学习的兴趣。例如,进行了“纳米材料特性及应用介绍”“传感器原理与技术应用”“水产品活体运输的发展及国内外研究现状”等专题讲座。同时,还组织学生参观制冷机组实验室、燃料电池实验室等科研平台,组建项目兴趣小组并带领其参与到国家级、省级、校级科学基金项目的研究,这为实践教学与科研相统一的思想进行了有益的探索和尝试。

## 2.6 反思与总结

反思与总结部分是为了及时对教学内容进行查漏补缺,不断进行授课经验的总结积累,指导后续教学。同时,工程化学课程所涵盖的知识点经常出现新的研究成果或技术攻关,授课教师应从多个渠道汲取最新的发展动向,及时更新教学内容。从学生课堂表现来看,大多数学生能够积极参与到课堂活动中来,通过在课前、课堂和课下不断进行互动、讨论甚至辩论教学内容,学生对学习内容有了更加深入的理解和内化。从平时作业成绩的质量来看,能体现出学生的学习状态,大部分学生能够认真学习,独立完成作业。但是,也出现基础较差的学生在课堂交流中选择逃避,作业完成情况差等问题。主题小论文的质量可以看出学生学习能力的进步程度,大部分学生通过认真查阅文献资料,总结分析数据,分享自己的理解和想法。但是,也有一些学生的思维模式还处于高中化学的阶段,学习能力较差,自我时间约束能力差等问题,导致这些学生的主题小论文的成绩较低。针对这些问题,我们做了一些反思,并提出可以实施的改进措施。

1) 更充分地、精准地备课。根据课程内容的重要性和难度,对“学习任务书”进行深度改善,对于较为简单/过于繁杂的知识内容进行删减,节省课堂时间。基于授课班级的实际情况和“一对一”的帮扶方式,划分学习小组并进行团队学习,争取每个小组学生的学习能力和团队意识比较均衡。在现有教学模式的基础上,引进“翻转课堂”模式,改革教学方法,更有效地控制课堂上的进度与节奏。

2) 继续改善课程建设。在现有资料的基础上,提高课件/视频/音频的制作质量,将部分重点、难

点掰开揉碎, 细致讲解; 同时, 将该课程建成“在线开放课程”, 增加课程讨论话题的覆盖度, 提高学生的广泛参与度。

### 3 结 语

本文详细介绍了工程化学课程的教学情况, 从课前到课上, 再到课下, 阐述了一整套切实可行的教学改革计划, 获得良好的效果。教师借助翻转课堂的教学模式, 督促学生进行课前学习, 调动学生自主学习的积极性, 为活跃课堂气氛打好基础; 通过本课程的教学改革, 学生的自主学习能力得到显著提高, 课上大多数学生能够积极主动地参与到课堂活动中去。大部分学生初步学会了科技型综述论文的构思与撰写, 部分学生创新性地运用所学知识和扩展内容来高质量地完成了主题小论文。“科研相辅教学”的探索为学生参与科研创造了条件。本课程的授课内容需要不断调整、与时俱进, 教学方法也要根据学生反馈不断进行动态调整, 以期达到更好的教学效果。

### 参 考 文 献

- [1] 郑晓瑛. 北京大学学报(哲学社会科学版), **2007**, No. 3, 141.
- [2] 杜可杰, 赵玉宝, 刘 华, 王延飞, 贺楚华, 阳鹏飞. 广东化工, **2016**, 43 (319), 191.
- [3] 马 刚, 吴薛红, 居 荣. 电气电子教学学报, **2015**, 37, 35.
- [4] 罗三桂. 中国高等教育, **2009**, No. 6, 11.
- [5] 方 勇, 龙建忠, 王 勇, 李 军, 策翁龙布. 西南民族大学学报(人文社会科学版), **2005**, 25 (12), 405.
- [6] 蒋 燕, 熊才平. 中国教育信息化, **2007**, No. 12X, 47.
- [7] 庞丽娟, 薛小莲, 王 豪. 中国大学教学, **2007**, No. 10, 53.
- [8] Hamdan, N.; Mcknight, P.; Mcknight, K. A Review of Flipped Learning. [2013-07-01]. <http://flippedlearning.org/>.
- [9] 张 霞, 温永春, 陶泽天. 教育教学论坛, **2017**, No. 5, 219.
- [10] 原长洲, 候林瑞, 晋传贵, 朱伟长. 安徽工业大学学报(社会科学版), **2012**, 29, 131.
- [11] 岳彩波, 伊廷锋, 诸荣孙. 安徽工业大学学报(社会科学版), **2011**, 28, 124.
- [12] 周祖新, 王根礼. 大学化学, **2010**, 25 (4), 22.
- [13] 耿旺昌, 尹德忠, 岳 红, 马晓燕. 教育教学论坛, **2015**, 47, 90.
- [14] 宋金璠, 郭新峰, 石明吉, 陈兰莉. 实验技术与管理, **2015**, 32 (3), 33.
- [15] 田爱丽. 现代教育技术, **2015**, No. 7, 56.
- [16] 陈 云, 吴庆生. 大学化学, **2013**, 28 (6), 6.
- [17] 吴芳辉. 安徽工业大学学报(社会科学版), **2012**, 29, 121.
- [18] Khan, S. [2016-08-27]. <https://www.khanacademy.org/>.
- [19] 王 斌, 马祥梅, 冯 艳, 邢宏龙, 何 杰. 山东工业技术, **2013**, No. 14, 5.
- [20] 温 勇, 刘 耘, 汪海琴. 教育教学论坛, **2016**, No. 6, 150.
- [21] 温 鸣, 吴庆生. 大学化学, **2017**, 32 (3), 19.