基于“新工科”建设的化工学科研究生线上课程教学实践与探索

姚忠平*, 宋英, 范瑞清, 吴晓宏*

哈尔滨工业大学化工与化学学院, 哈尔滨 150001

摘要: 在化工学科“新工科”建设背景下, 为适应疫情防控常态化的新形势, 选取了哈工大化学工艺专业四类研究生课程开展研究生课程线上教学实践。通过调整更新课程知识体系, 改革线上教学、课下教学和考核评价等来提升疫情常态化防控期间研究生线上课程的教学效果。另外, 结合本次教学探索和实践, 提出了“新工科”建设背景下我校化工学科研究生线上课程教学改革和建设的关键问题。

关键词: “新工科”建设; 研究生线上课程; 人才培养; 化工学科

中图分类号: G64; O6

Teaching Practice and Exploration of Chemical Engineering Graduate Online Courses under the Construction of “Emerging Engineering Education”

Zhongping Yao*, Ying Song, Ruiqing Fan, Xiaohong Wu*

School of Chemical Engineering and Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China.

Abstract: Under the background of “emerging engineering education” construction of chemical engineering discipline, and in order to adapt to the new situation of normalization of epidemic prevention and control, we selected four kinds of graduate courses of chemical technology specialty in Harbin Institute of Technology to carry out online teaching exploration and practice. Through adjusting and updating the knowledge system of chemical engineering courses, and reforming online teaching, after class teaching and assessment, the teaching effects of online courses for postgraduates during the period of epidemic normalization prevention and control were improved. Besides, combined with the teaching exploration and practice, we summarized the key problems of online teaching reform and construction of chemical engineering graduate students of our university under the background of “emerging engineering education” construction.

Key Words: “Emerging engineering education” construction; Postgraduate online courses; Talent cultivation; Chemical engineering discipline

2015年5月国务院印发《中国制造2025》明确要求把人才作为建设制造强国的根本。而“一带一路”建设倡议的成功实施同样需要高校为社会及时提供大量创新型人才。因而, 高校“新工科”建设应运而生, 其本质目的就是要培养更多具备创新意识的“高素质复合型人才”。另一方面, 《中国制造2025》和“一带一路”, 也为高校的“新工科”建设带来了巨大的机遇和挑战。目前“新工科”

收稿: 2021-07-27; 录用: 2021-09-13; 网络发表: 2021-10-18

*通讯作者, Emails: yaozhongping@hit.edu.cn (姚忠平); wuxiaohong@hit.edu.cn (吴晓宏)

基金项目: 2020年黑龙江省高等教育教学改革重点委托项目(SJGZ20200050); 黑龙江省教育科学“十三五”规划2020年度重点课题(GJB1320076); 2021年哈尔滨工业大学研究生教育教学改革研究项目(21 ZD006); 2020年哈尔滨工业大学“大疫对教育反思”校级课题(XYZ2020052)

建设迫切要求高校积极开展教育教学研究和改革^[1]。2020年初那场肆虐的新冠病毒疫情对我国乃至全球都产生了重大而深远的影响。对于我国高校来说,最直接的影响就是疫情期间不能进行正常线下教学的难题^[2,3]与国内高校研究生在线开放课程总量存在不足的矛盾。因此,结合本次疫情的经验教训来加强研究生教育的线上教学实践和探索,既符合我国“新工科”建设的要求和对高层次人才培养的需求,又可以有效提高高校教学应对社会突发事件和风险的能力。

化学工艺专业作为哈工大化学工程与技术一级学科下的二级学科,自从2008年起开始培养硕士研究生,经过多年的课程建设、教材建设和教学研究立项,目前已经形成了完整的线下教学体系。我们选取化学工艺专业四类研究生课程,对化工学科研究生课程线上教学进行改革和实践。在“新工科”建设思想指导和疫情常态化防控的要求下,围绕研究生线上课程的内容和专业结构以及线上课程的教学实践,更新了课程的专业知识体系和专业结构定位,改革了线上教学模式和考核评价方法,并分析了“新工科”建设背景下我校化工学科研究生线上课程教学改革和建设的关键问题。

1 研究生线上课程的基本情况平台的选取

本文选取化工学科四门具有代表性的研究生线上课程,涵盖了除了实验课之外的化学工艺专业各个研究生课程类型。课程基本情况见表1。选课学生人数从20人左右的小型班、至70人中型班,再至150人的大型班。授课教师经过学校组织的线上教学培训选取了不同的教学平台,前三门课分别对应固定的线上教学平台,即腾讯课堂、长江雨课堂和QQ课堂。第四门课“新型功能材料制备工艺选论”由多位教师授课,因而选择的平台各不相同,但是以腾讯会议为主。

表1 研究生线上课程的基本情况

课程名称	课程类型	学时	学分	选课人数	线上平台
表面物理化学	基础理论课	32	2	70	腾讯课堂
化工系统工程	核心主干课	32	2	150	QQ课堂
功能陶瓷材料导论	选修课	32	2	19	长江雨课堂
新型功能材料制备工艺选论	专题讲座课	32	2	28	腾讯会议等

上述各个线上教学平台都可以进行PPT直播讲解和视频播放,以及利用写字板和高拍仪直接进行板书教学,切换方便;并且各平台还开发了各具特色的师生交流互动功能,如留言区留言、习题训练和语音问答等等。因此,都可以满足正常的线上教学要求。

2 研究生线上课程的内容改革和专业结构定位

“新工科”要构建以专业结构和课程结构为核心的工科新结构,探索实施工程教育人才培养新模式,打造具有国际竞争力的工程教育新质量,建立完善中国特色工程教育的新体系^[4]。其基本构成要素是专业结构框架下的课程体系,因此,研究生课程改革需要在“新工科”要求下调整 and 更新与之适应的课程知识体系,并明晰其专业结构定位。

课程知识体系和专业结构离不开学科人才培养方向宏观布局下的顶层设计和统筹安排。哈工大化工学科方向包括电化学工程、高分子材料科学与工程、无机新材料化工领域三大方面,培养目标是综合素质全面,具有强烈社会责任感和国际化视野,引领未来发展,为人类文明和社会经济发展做出重大贡献的化工领军人才^[5,6]。其中,化学工艺专业侧重于无机新材料化工领域。基于此,调整和更新了四门研究生线上课程的知识体系,并进行专业结构定位,如表2所示。

3 研究生线上课程的教学改革

3.1 线上课堂教学:充分发挥信息化、数据化和多元化优势

3.1.1 线上教学的技术优势

线上课堂教学过程的优势在于网上教学平台的多功能开发和不断升级,以及各类网络教学资源

表2 研究生线上课程知识体系调整更新与专业结构定位

课程	知识体系调整与更新	专业结构定位
表面物理化学	强化表、界面的物理化学原理及其在表面问题中的具体应用；增加化学键理论和电子结构理论在表面态和表面结构研究中的运用实例；以表面张力(比表面自由能)为主线，构建固体表面和近表面结构的理论基础体系	化学工程与技术的理论基础和交叉
化工系统工程	从化工工程分析和数学设计基本概念和基本原理出发，强化从系统工程角度分析问题和解决问题的能力，培养工程意识。引导走出传统化工的构架，重点强化现代化工系统的新领域和新的发展方向，从化学模拟和单元操作更新强化对新材料化工、新化工过程的理解和掌握	化学工程与技术的现代化工系统的基础理论和应用
功能陶瓷材料 导论	新型陶瓷材料的功能性设计和开发，特别是新化工条件下发展起来的先进陶瓷制备工艺技术、理化性能和应用现状和发展方向	化学工艺的无机新材料技术及理论基础
新型功能材料 制备工艺选论	关注当前的化学工艺学科的最新进展，引领研究生的科研理念和科研思路、着力催生新型、新生和新兴化学工艺方向	化学工艺的专业方向和职业素养

的灵活运用，从而充分调动学生学习的积极性和主动性。在长江雨课堂授课过程中，授课教师通过设置几道限时习题要求学生参与作答，来提高学生们的注意力；课堂内设置的“不懂”按键、弹幕、投票等环节，增加了学生的主动参与意识，使学生更好地感受课堂气氛，不断提醒学生注意听课；课前课后推送的PPT等资料，让学生兼顾课前预习和课后复习，保证学生更好地理解 and 掌握知识和培养主动学习的能力。在腾讯课堂上，授课教师将录播的讲授视频和直播的知识点梳理练习分段交叉进行，每段内容控制时间在20分钟左右，使学生在学习过程中张弛有度，能够以最佳的关注度完成每段学习内容，避免因直播上课过程时间过长使学生感觉枯燥、注意力不集中的问题。而平台的随时签到操作、习题训练和语音互动等也可以时时掌握学生的学习状态，提醒学生对教学过程的关注。

3.1.2 线上教学的过程管理

线下课堂教学管理大多是基于经验管理，比如出勤情况可以通过教师清点上课学生人数或直接点名来完成，对学习知识的掌握和理解情况可以通过直接提问或课上小测验来实现。但是这样的方式往往费时费力，特别是对于学生人数较多的大班来说，这种管理效果有时很差。此外，随堂测验获得的信息往往需要课下教师的大量额外工作付出。然而线上课堂可以发挥网络的数据采集和分析处理速率快的优势，使得传统的经验管理转变为基于数据的过程管理，实时了解掌握学生情况、方便实时调整教学节奏和教学内容。例如“长江雨课堂”或“腾讯课堂”可以时时提供所有学生学习过程的行为数据，如进入课堂时间、答题时间、答题准确率等等，就可以获知整体学生的学习掌握情况，从而使授课教师对教学过程的控制和管理更为有效。另外，“长江雨课堂”的功能设置及后台数据自动采集功能还可以让教师在课堂上及时了解学生是否有不理解的内容，及时掌握学生是否进行了课前预习或课后的复习，以及相应的时长等等。因此，这种基于数据的过程管理更有助于量化地了解学生学习过程情况，把握学生的学习轨迹。

3.2 课下教学：教学延伸提升线上教学效果

线上教学完成了基本教学任务，但是学生对于课程内容的理解和掌握还需要很多课下的功夫来完成，这一点与传统的线下课程是完全一致的。因此线上课程适宜的课下教学延伸也是完成教学任务和实现教学目的的重要手段。结合线上课程的不同特点，通过不同的课下教学延伸提升线上教学效果。

3.2.1 设置课前预习助力于提高线上课堂教学效果

“新型功能材料制备工艺选论”关注当前化学工艺学科的最新进展，引领研究生的科研理念和

科研思路,着力催生新型、新生和新兴化学工艺方向。因此,设计了课前预习环节培养学生自主和主动学习的意识和总结分析资料的能力。在课程专题讲座2中,授课教师利用长江雨课堂的预习功能,让学生课下事先阅读相关资料;再利用雨课堂的分组讨论功能,学生分小组组织讨论。经过充分的准备之后,教师组织学生在雨课堂上进行线上讨论课教学。课下大部分学生都非常认真地查阅并阅读文献,精心制作了PPT。因此线上讨论课时学生的主动学习意愿强,交流讨论气氛热烈,课堂教学效果超过预期。

3.2.2 建设课程资料库和习题库增强对课程教学内容的理解和掌握

“表面物理化学”课程的专业结构定位在表面科学理论基础及学科交叉,因此对基础理论的消化和吸收以及运用是课程学习的一个重要环节。在课程学习中授课教师在融优学堂上传录课视频的同时还建立了课程学习的资料库和习题库。资料库中一些视频文件和经典文献,供学生拓宽知识面,了解课程相关的科研进展;习题库用来安排每章对应内容的课下作业,要求学生在规定时间内完成并网上提交。这样在回放视频、查阅文献和完成作业的过程中,加深了对课程教学内容的理解和掌握。并且授课教师还可以通过对学资料库的登录查阅情况统计和网上作业提交和完成情况统计,在课上进行有针对性的内容讲解和强化。

3.2.3 通过考核内容“预提交+正式提交”提升考核质量

“功能陶瓷材料导论”课程关注新化工下发展起来的新型先进陶瓷制备工艺技术及研究和应用进展,考核设计的一个重点是综述性论文的组织和撰写。因此,授课教师将考核任务的提交分成预提交和正式提交两个环节。在预提交时,授课教师对每位同学提交的课程论文和PPT逐一查看认真批改后,总结出主要的问题,再通过微信及时与学生沟通交流,反馈给学生修改方法和建议。选课学生19人,其中有7人在预提交后被要求修改或返工。这样在正式提交时,学生的报告和PPT质量有了大幅的提升,其中不乏优秀之作。这样不仅提高了考核效果,更为学生们今后进行开题和毕业论文撰写和答辩奠定了基础,因而在学生评教中受到广泛的认可和好评。

3.3 考核评价:促进人才全面化培养和个性化培养统一

根据教学目标的要求,不同类型课程考核的要求各不相同,再综合考虑课程类型、选课学生人数,以发挥考核的导向作用和提升教学效果为基本原则,对各门课程考核进行设计,将研究生的全面化培养和个性化培养统一纳入到考核之中,具体设计见表3。

4 研究生线上课程的改革效果

课程改革效果通常包括考核成绩和课程评价两个方面。考核成绩一般反映教学效果的客观评价,

表3 研究生线上课程的考核设计

考核设计	全面化培养内容	比例	考核方式	个性化培养内容	比例	考核方式
表面物理化学	基本知识和基本原理	60	闭卷50	自选一种表面分析方法自学并制作课件在线上课堂讲解和讨论	40	讨论课20
			作业10	自己研究方向中的表面物理化学问题综述		学习报告20
化工系统工程		20	闭卷	6个知识模块中任选与课程相关或相近的4个综述研究进展	80	报告
功能陶瓷材料导论		40	课程论文	自选感兴趣或与课程相关的具体材料的研究进展综述	60	课程论文
新型功能材料制备工艺选论		60	开卷试题	8个专题任选2个专题进行材料研究进展和综述	40	主观性试题

课程评价一般又分为教学过程中的督导评价和课后的学生评教结果，二者是作为课程改革效果的主观评价。表4是四门研究生课程的考核成绩及评教效果。从考核成绩来看，四门课程都很好地完成了教学任务，达到了教学目的。除了“功能陶瓷材料导论”以“合格/不合格”给出成绩(全部为合格)外，其他三门课程都以百分制给出成绩，平均分数都在80分以上，客观上说明学生对课程的学习效果普遍达到了良好的水平。

表4 四门研究生课程的考核成绩与评教情况

课程名称	考核成绩	课程评价		
		学生评教	学校督导	学院督导
表面物理化学	83.7	A+	优秀	优秀
化工系统工程	86.4	B	良好	优秀
功能陶瓷材料导论	合格	B+	优秀	优秀
新型功能材料制备工艺选论	83	—	良好	良好

而课程主观评价中，学生的评教结果都在B以上，并且还有一门课获得A⁺，说明线上教学获得了学生的认可。并且很多学生还给出了建设性的意见。例如，相当比例的研究生认为这几门研究生课程，对于拓展研究生的知识视野、培养数理思维和工程伦理等方面发挥了不同程度的作用。例如，有的学生在“功能陶瓷材料导论”课评教时表示“非常非常喜欢宋老师的课，因为我是学电化学的，但是宋老师的陶瓷理论让我受益很多，特别启发了我在固态电解质上的研究。”再如，有的学生在“表面物理化学”评教时对“习题库和作业”的课下延伸给予了充分的肯定：“老师的习题讲的很全面，课堂互动性很强”，“上课认真仔细，课后作业全面典型，老师细心负责。”“融优学堂提交作业部分建议以后线下教学时也保留，很方便！”另外，学校和学院分别组织督导专家从师德师风、课程设计、教学内容、教师能力、教学方法、教学效果等几个方面进行督导听课，而从表4中结果上可以看出校、院两级督导专家对四门课程授课教师的线上教学效果的充分肯定。此外，一名授课教师被评为2020年度“优秀网络授课教师”，而“表面物理化学”还获得哈工大第九批在线开放课程建设立项^[7]。

5 研究生线上课程教学改革反思

高校新工科建设本质目的就是要围绕国家战略方向，培养更多具备创新意识的先进工程和科技人才。结合哈工大化工学科自身特色，不断开展和深化基于“新工科”建设的研究生课程线上教学模式改革，是哈工大化工学科建设的重要任务之一。总结和反思本次线上教学实践，梳理今后一段时期内化工学科的研究生线上课程改革，其重点集中在以下两个方面。

(1) 哈工大化工学科在“新工科”建设中急需加强与之相适应的线上课程建设。而线上课程建设不是一门课和几门课的一次线上教学实践就可以完成的，而是需要以专业为单位、甚至以学科为单位的线上课程体系的宏观顶层设计和统筹安排，从而真正实现人才的高效培养，同时又切实有效地可以应对和规避各类社会风险。本文以化学工艺专业四门典型课程为例，进行了线上课程教学实践与探索，不仅为我校化工学科在电化学、高分子等其他专业研究生线上课程教学改革提供借鉴，也可以为其他相近或相关专业的研究生线上教学改革提供参考。

(2) 课程是学科和专业方向教学模式改革的微观单元，而不同课程之间其课程特点、学习要求、选课人数等各不相同。因此，研究生线上课程建设既要突出自身课程的特点和专业结构定位，不断更新和调整课程知识体系；还要基于学科人才培养方向的要求，构建专业之间、甚至学科之间交叉互补的课程体系。并通过营造良好的线上教学生态、创新网课教学理念，反复进行线上教学实践探索和经验总结，不断提高线上课程建设的质量和总量，打造出越来越多的金课，真正服务于人才培

养的大局。

总之, 我校化工学科研究生教育改革是一项既迫切又长远的任务, 需要我们在宏观上统筹规划线上线下混合教学的研究生课程体系, 微观上打造越来越多的研究生金课。同时在建设过程中充分实现课程体系内的课程交叉互补、理论实践的统一。

参 考 文 献

- [1] 刘维尚, 袁丽. 中国高等教育, **2021**, No. 2, 13.
- [2] 教育部高等教育司司长吴岩介绍疫情期间全国高等学校在线教学情况. [2020-07-07]. <http://www.moe.gov.cn/fbh/live/2020/51987>
- [3] 邵江波, 孙炳海, 酆炬, 吴瑛. 学位与研究生教育, **2020**, No. 5, 26.
- [4] 杨宗仁. 兰州交通大学学报, **2019**, 38 (6), 132.
- [5] 姜兆华, 姚忠平, 黄玉东. 黑龙江高教研究, **2016**, 272 (12), 122.
- [6] 姚忠平, 丛培琳, 郝素娥, 姜兆华, 黄玉东. 大学化学, **2020**, 35 (10), 146.
- [7] 哈尔滨工业大学关于公布第九批在线开放课程立项结果的通知. [2021-03-06]. <http://hitgs.hit.edu.cn/2021/0115/c3470a250996/page.htm>