

# 面向新工科的化工结晶过程原理及 应用课程改革与实践<sup>\*</sup>

崔香梅,关云山,党力,张志强

(青海大学 化工学院,青海 西宁 810016)

**[摘要]**课程改革是实现新工科人才工程能力培养的重要路径。青海大学盐化工专业依托盐湖化工产业而设立,在培养化工专业人才的过程中,秉承“以学生发展为中心”的教学理念,在课程内容体系、教学组织模式、过程考核和评价机制等方面开展了有益探索,形成了知行合一、学思结合的课程体系,提升了学生的综合能力和素养。

**[关键词]**新工科;课程体系;教学模式;人才培养;工程教育

## Curriculum Reform of the Course of Principles and Applications of Chemical Crystallization Process for New Engineering Discipline

Cui Xiangmei, Guan Yunshan, Dang Li, Zhang Zhiqiang

(School of Chemical Engineering, Qinghai University, Xining, Qinghai 810016)

**Abstract:** Curriculum reform is an important way to improve the engineering ability of new engineering talents. The major of salt chemical industry of Qinghai University is established by relying on the chemical industry of Salt Lake. In the process of training chemical engineering talents, we have carried out useful explorations in the course content, teaching organization model and process mechanism for examination and evaluation, with student-centered teaching philosophy. Finally, a curriculum system combining the knowledge and practice, learning and thinking has been formed. The students' comprehensive ability and quality has improved significantly.

**Key words:** New engineering discipline; Curriculum system; Teaching model; Talent training; Engineering education

**[作者简介]** 崔香梅(1980-),女,副教授,硕导,博士。

**[通信作者]** 崔香梅, E-mail: cuixiangmei1208@163.com。

<sup>\*</sup> 基金项目:青海大学教育教学研究项目“新工科背景下盐化工专业人才培养新模式与课程体系优化的分析研究”(编号:JY201827);青海大学三类课程建设项目“化工结晶过程原理及应用”(编号:FL193001);青海大学课堂教学与考试综合改革项目(编号:KG18015)。

大数据、云计算、智能机器人和 3D 打印等新兴技术是第四次工业革命的重要标志,使人类社会进入第二次信息化革命时代。在当今世界,新知识、新技术的产生与应用速度远超大学培养模式、课程体系、课程内容、教学方法等的修订和更新周期,传统的工程教育模式已不能适应新经济和新时代产业发展的需要。在超前识变、积极应变的呼唤下,教育部提出了新时代中国高等教育发展的路径,要求高校提升质量意识、开展质量革命,而新工科建设是我国高等教育质量革命的重要组成部分<sup>[1]</sup>。自 2016 年以来,以“复旦共识”“天大行动”“北京指南”等为领航,我国工程教育进入了新工科建设的全力执行阶段。

人才培养是高等学校的重要职责,课程是人才培养的基本单元,教师是课程改革和人才培养的中坚力量。上述三者中,课程是教育的微观环节,也是能够体现以学生为中心的理念、提高教育质量的具有战略性意义的一环<sup>[2]</sup>。因此,新工科人才培养中课程内容的优化、教学模式的改革直接关系到人才培养目标的达成。青海大学化工学院盐化工专业依托青海省特色资源——盐湖和优势产业——盐湖化工而建立,是具有鲜明地方特色的工科专业。本文以该专业的人才培养为例,结合化工结晶过程原理及应用课程改革,探究面向新工科学科的地方性工科专业的课程教学新模式。

### 一、新工科对人才核心能力的要求

开展新工科建设是为了服务国家战略发展新需求、构筑国际竞争新优势和落实立德树人的新要求<sup>[3]</sup>。在“质量工程”“卓越工程师教育培养计划”“2011 计划”等众多举措的共同作用下,我国高等工程教育已取得长足发展,但面对新形势、新挑战和新任务,高校必须进一步深化改革,着力开展新工科建设,以期培养符合时代要求的工程人才。

新工科以立德树人为引领,培养面向未来的多元化、创新型卓越工程人才。未来工程人才应具备家国情怀、全球视野及自主学习和终身学习的能力,还要有跨学科的知识体系、工程领导力、环保和可持续发展意识及大数据处理能力等多方

面的素养。从工程教育的实践性、综合性和创新性来说,新工科人才需具备五大类能力,即专业基础能力、实践动手能力、系统思维能力、工程创新能力和主动学习能力。

### 二、课程改革带动人才培养质量提升

课程改革是实现新工科人才培养的重要途径。课程是落实以学生发展为中心理念的“最后一公里”,也是立德树人根本任务实现的具体化、操作化和目标化过程。一流的专业、一流的课程、一流的教师是高质量课程改革和一流专业建设的关键,是人才培养目标达成的重要基础。

课程教学质量和学生学习质量是衡量人才培养效果的核心标准。淘汰“水课”、建设“金课”是实现人才培养质量提升的有效路径<sup>[2]</sup>。“金课”具有“两性一度”特征,高阶课堂、对话课堂、开放课堂、知行合一和学思结合的课堂等可归为“金课”的教学模式<sup>[4]</sup>。“金课”建设是高校本科教育转型发展的重要立足点,是增加学生实际教育收获的关键招数,也是实现一流本科教育目标的重要路径和突破口<sup>[5]</sup>。“金课”的内涵丰富,大力推进“金课”建设,需要从三方面着手。首先,需更新教学“三观”,形成“教是让学生学会学”的教学本质观,让学生会自己学、会做中学和思中学;形成“教为不教、学为会学”的教学理念观;形成“以学论教”的原则观,以评价的角度改变传统课程。其次,要在实际教学研究和课程改革中实现从“以教师为中心”到“以学生为中心”的转变,实现从考试为中心到学习为中心的转变,实现从学科为中心到专业为中心的转变<sup>[6]</sup>,把专业教学和课程改革摆到核心位置。最后,要进行多门课程共同改革和建设,优化专业课程体系,助力新工科人才培养质量的提升。

### 三、化工结晶过程原理及应用课程改革与实践

化工类卓越人才培养应以 OBE 教育理念为指导<sup>[7]</sup>,对标新工科人才培养要求,制定改革方案和路径,实现新时代合格人才的培养目标。青海大学盐化工专业经过近 30 年的发展,形成了由盐化工工艺学、卤水资源及利用、水盐体系相图、化

工结晶过程原理及应用、盐矿物鉴定概论等特色鲜明的课程构成的专业课程体系,同时结合大化工专业的化工原理、化工制图、毕业论文(设计)、化工分离工程等课程和实践环节,培养了大批专业人才。盐湖化工作为学校特色学科,被列为“211”工程三期重点建设学科之一,并依托“中西部高校综合实力提升计划”“盐湖化工卓越工程师培育计划”、省部共建和省部合建高校建设及“双一流”建设等,获得了长足发展。目前,青海大学盐化工已经成为青海省级重点建设学科和青海大学一流建设专业。

时代发展、产业格局变化、产品和工艺技术的不断更新促使高校积极适应行业发展变化,优化专业课程体系,改进人才培养模式。根据工程教育对新工科人才的能力要求,我校盐化工专业在课程体系建设、人才培养模式等方面都有待提升。因此,我们本着根据产业需求调整专业结构、根据技术发展趋势优化课程内容和工程人才知识体系、根据学生志趣创新工程教育方式和手段的原则,了解企业对人才知识领域、综合能力等多方面

的期望,并据此开展了多种形式的课程改革和建设。我们在专业课程体系建设方面,增设了创新创业实践、Aspen 与过程模拟、企业管理概论、化工安全与环保、化工过程仿真等课程,融入新工科元素,体现盐湖化工的相关需求;在课程建设方面,积极吸收前沿教学理念,采用先进的教学方法,开展各类课程改革和建设。

化工结晶过程原理及应用是化学工程与工艺专业和盐湖化工卓越工程师培育计划中设置的专业课,主要讲授结晶热力学、结晶动力学、结晶分离、结晶设备等基础理论,与大类化学化工专业的结晶相关课程及盐湖资源利用过程中的反浮选-冷结晶制取氯化钾和膜分离-结晶耦合生产碳酸锂等工艺密切相关。该课程教学旨在让学生掌握结晶的基础知识和基本原理,从而具备解决化学、化工、材料等多个领域结晶问题的综合能力。我们依托三类课程建设和课堂教学与考试综合改革项目,对该课程的教学内容、教学模式、考核机制等进行了一系列改革探索,构建了线上线下混合式教学体系,如表 1 所示。

表 1 化工结晶过程原理及应用课程教学新体系

课程模块	主要内容	教学模式	考核方式
第 1 部分: 基础理论	绪论;结晶热力学;晶体生长;沉积动力学;结晶过程物质的作用、性质及结晶分离;溶液结晶过程与设备	课件讲授	小论文,基于雨课堂的提问、章节测验、随堂小作业
第 2 部分: 应用与实践 (案例 + Seminar)	过饱和度对芒硝结晶过程影响分析;联碱生产中的氯化铵结晶;超声波对结晶过程的作用及机理;结晶过程中溶液浓度的测量方法;超声波对结晶过程部分热力学和动力学性质的影响;溶液结晶中晶体形态与结构调控;天然碱加工中的结晶	PPT 汇报,组内讨论和全班讨论	案例解读报告,PPT 汇报,Seminar 的四指标评分
第 3 部分: 课程实践	溶液结晶过程的实时监测;结晶工作站上开展溶液中氯化钾的结晶实验,及其过程的晶体粒度、晶体形貌等数据的测定	参观学习,实验	实验报告
第 4 部分: MOOCs 及雨课堂	结晶学及矿物学(中国地质大学,赵珊茸等)和材料科学基础(大连理工大学,赵杰等)等国家精品慕课中部分章节的课前预习和课后拓展学习;雨课堂平台的提问、小测验、小作业等	学生课外独立完成,基于雨课堂进度安排	基于慕课和雨课堂的提问、课堂小作业、考勤

### (一) 课程内容改革

原课程仅包含基础理论的讲授,经过课程改革,我们将教学内容扩充为4部分。第1部分为基础理论,即原课程的全部讲授内容。第2部分为应用与实践,由与章节内容紧密关联并一一对应的多个案例组成。第3部分是结晶过程实验和观测学习。第4部分为中国大学MOOCs和学堂在线等平台上有关结晶、晶体学相关课程的节选内容,用于学生课前学习和课后巩固。改革后的课程内容实现了理论、实践和应用的紧密联系,有助于学生深入理解所学知识。

### (二) 教学模式改革

原课程教学中仅采用传统的课堂讲授模式,而改革后的课程采用线上线下的混合教学模式,针对4部分内容,分别采用讲授、Seminar、案例教学、MOOCs学习、雨课堂及实验的方式开展教学。

教师先在课堂上讲授基础理论,期间采用雨课堂完成点名、提问、课内小作业、课前预习、课后作业等教学活动。在相应的基础理论讲授完成后,教师会安排案例教学和Seminar。如在完成第二章结晶热力学的内容讲授后,即进入过饱和溶液浓度测定案例的研讨学习环节。学生在案例分析理解和研讨的过程中,通过动脑思考、动手做PPT、发表观点及与他人辩论,锻炼和提升了专业基础水平、实践动手能力、系统思维能力和主动学习能力;而在慕课学习和雨课堂环节,则提升了主观能动性和课程参与度。在课程实践环节,教师要求学生在集成的结晶工作站平台上,边做氯化钾结晶实验边记录结晶过程的粒度变化数据、晶体形貌变化数据等,在实验的过程中加深对课程内容的理解。与此同时,学生在盐湖化工卓越工程师培养计划的化工技能实习过程中,还可以了解大型结晶器的尺寸、容量、进出物料、结晶过程、反应效率等实际问题。

理论讲授、慕课和雨课堂、案例解读、Seminar、课程实践和化工技能实习等环节紧密结合,为学生提供听、看、做、学、思等多种体验,能够让学生从理论到实践、从微观到宏观,在多个层面

上全面、系统地理解结晶过程的原理、过程和产品。改革后的课程内容和教学模式形成闭环,能够锻炼学生的专业能力、实践动手能力、系统思维能力和主动学习能力,为学生工程创新能力的培养提供了平台。

### (三) 考核与评价机制的改革

在新工科专业课程的评价方式中,过程评价非常关键<sup>[8]</sup>。过程评价主要指人才培养过程评价,不仅关注课堂教学、实践教学、教学管理等环节,还注重对学生表现的评价(如学习主动性、学风等),以客观反映教与学的全过程和综合效果。

为弥补仅以期末考试成绩评价学习效果的单一评价方式的不足,鼓励学生参与多模式下的教学过程,本课程采用多元考核评价方式,考核内容包括出勤情况(5%)、课堂提问(5%)、课前和课后慕课学习(5%)、雨课堂小作业(5%)、章节测验(10%)、Seminar表现(25%)、实践报告(5%)和期末考试(40%)。这种以过程考核为驱动的考核评价方式将以考试为中心的教学转变为以学习为中心的教学,有利于提升学生在各教学环节的参与度。新的考核评价方式提高了平时成绩在课程总评中的权重,有助于教师通过各环节分值的分析发现教与学的问题并进行持续改进。以2015级盐化工班学生为例,其课程总成绩在一定程度上可由平时成绩体现(见图1)。

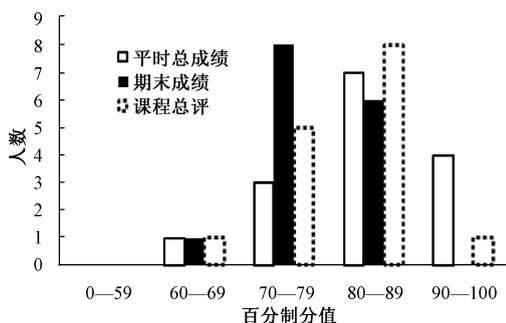


图1 2015级盐化工班学生的化工结晶过程原理及应用课程百分制成绩区间与人数分布关系

本课程教学以知行合一、学思结合为理念,除了让学生在课堂上听讲和观察,更注重让学生主动思考和参与。调研结果表明,改革后的课程教学得到学生、主讲教师和学校督导部门的认可和好评,但仍存在一些不足(见表2),有待改进。

表2 改革后的化工结晶过程原理及应用课程的学生反馈与教学督导评价

调研问题及学生反馈		教学督导的听课评价(得分/满分)	
1. 是否喜欢案例 + Seminar 的教学模式	93.3%的学生喜欢该模式,认为比较有趣,提高了自己的参与度;其余学生认为有难度,且太麻烦	教学态度	按时上下课,考勤严格,教学文件规范齐全,讲课热情饱满(24分/25分)
2. 是否喜欢课程实践形式的参观学习模式	86.7%的学生喜欢课程实践,认为其将理论和实际联系起来;其余学生认为分组操作会更好	教学内容	内容充实,重点突出,课件清晰,图文得当(18分/20分)
3. 对考核模式多元化的意见	80%的学生认为学习过程中就能拿到总评部分成绩的方式很好;其余学生认为章节测验过多,导致自己太紧张	教学方法	运用线上线下教学互动良好,注重理论联系实际和知识传输与能力培养(13分/15分)
4. 对线上线下学习模式的看法	86.7%的学生认为线上线下混合教学模式有助于自己完整掌握知识;但部分同学在课下无法有效学习,提出应以更多的作业、互动来强化	教学能力	熟练掌握教学内容,表达清楚,条理清晰,引导学生思维,把控课堂节奏(17分/20分)
5. 本课程教学模式与传统模式的对比	所有学生都喜欢本课程教学模式,但建议降低平时成绩的比重	教学效果	能让学生听明白、记得住,能调动学生积极性和参与度,能启迪学生思考和创新(16分/20分)

#### 四、结语

课程改革能够达成新工科人才工程能力的培养目标。高校应结合自身特点,立足现状,始终秉持“以学生发展为中心”的教育理念,在优质课程建设和传统工科升级上下功夫,在课程教学实践中逐步形成“金专”“金课”,从而提升教育质量,培养符合社会和行业需求的人才。

(文字编辑:孙昌立)

#### 参考文献:

- [1] 林健.面向未来的中国新工科建设[J].清华大学教育研究,2017,38(2):26-35.
- [2] 吴岩.建设中国“金课”[J].中国大学教学,2018(12):

4-9.

- [3] 钟登华.新工科建设的内涵与行动[J].高等工程教育研究,2017(3):1-6.
- [4] 李志义.“水课”与“金课”之我见[J].中国大学教学,2018(12):24-29.
- [5] 萧蓉蓉,冷明祥.高校“金课”建设的基本认知、现实困境与实现路径[J].黑龙江高教研究,2019(8):141-144.
- [6] 陆国栋.治理“水课”打造“金课”[J].中国大学教学,2018(9):23-25.
- [7] 夏淑倩,王曼玲,程金萍,等.践行 OBE 理念,开展化工类专业新工科建设[J].化工高等教育,2018(1):9-12,61.
- [8] 周锡堂,董超俊,郝向英.新工科专业评价制度研究[J].化工高等教育,2018(6):1-5.