

目 录

1-质量强国背景下盐行业 3E 卓越工程人才培养实践——Salter 教学范式.....	1
2-以制盐与盐化工为特色的化学工程与工艺专业改造升级.....	9
3-融入思政元素的盐湖化工课程教学改革与探索.....	14
4--引领盐化工新程的新工科多元化人才培养探索与实践.....	19
5-新工科教育背景下工科专业建设探索与成效——以天津科技大学化学工程与工艺专业为例.....	27

非化学专业 化学教育

质量强国背景下盐行业 3E 卓越工程人才培养实践*

——Salter 教学范式

杜 威¹ 李瑞宁² 郝庆兰¹ 曾 威¹ 贾原媛¹ 唐 娜^{1**}

(1. 天津科技大学化工与材料学院 天津 300457;

2. 天津科技大学党委教师工作部 天津 300457)

摘要 在质量强国背景下,培养具备岗位胜任力的 3E(工程基础(Engineering)、岗位胜任(Expertise)、卓越(Excellent))卓越工程人才,是国家大力发展新质生产力的要求。针对工程人才培养存在的工程知识不新、工程问题不解和工程情感不振等 3 大教学痛点问题,提出“绿色智造·真题真练·深度体验”的教学理念,深入进行内容拓盐(Stretch)、情境联盐(Associate)、七环教盐(Link)、岗位体盐(Taste)、多元评盐(Evaluate)、情感共盐(Resonance)的 Salter 教学范式的探索与实践,实现了 3E 人才的分层次培养,经过多年实践,为盐行业培养了大批高层次工程技术人才,形成了质量强国下盐行业 3E 人才的培养新范式,引领行业创新发展。

关键词 绿色智造 真题真练 深度体验 教学范式 交叉融合

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2024110078

在质量强国背景下,传统盐化工行业正面临向绿色发展转型、与人工智能技术深度融合以及向新材料和盐化工下游精细化学品产业链延伸的多重挑战^[1-2],迫切需要面向现代盐行业的 3E 人才。

天津科技大学化学工程与工艺专业是全国唯一在制盐与盐化工领域具有本科、硕士、博士和博士后培养体系的教学和科研基地,享有“盐业黄埔”的美誉,经过 70 余年的传承与发展,为盐化工行业培养了大批具有守正创新、踔厉奋发的高水平工程技术人才。但是在目前国家大力发展新质生产力要求下,原有的人才培养模式存在一些弊端:(1) 学生不了解现代盐行业中数字化、信息化、智能化的要求,造成工程知识不新,与盐行业智能化转型对工程基础的要求有差距;(2) 大部分学生是做题小能手,但面对盐行业复杂工程问题时束手无策,造成工程问题不解,与现代盐行业岗位胜任力的培养不匹配;(3) 学生习惯于应试教育的被动思维,创新引领的主动意愿不足,造成工程情感不振,与工程创新引领盐业发展的卓越需求有悬殊。

为适应质量强国战略新要求与化工行业技术变革、一流专业与新工科建设对新时代卓越工程技术人才的要求,各高校均开展了相关改革与探索^[3-4]。天津大学探索了融合贯通一体化课程体系

的新工科新范式^[5-7];电子科技大学实践了聚焦能力交付的跨学科项目式课程群,提出了“新工科+新艺术”的跨学科培养模式^[8];北京航空航天大学探索出了以培养学生核心素养和提高教学效益为目标的仪器科学类信号课程分层式集群教学新范式^[9];北京化工大学针对化工背景自动化专业实践类课程,提出了基于探究式学习与知识剧情的教学方式^[10]。在借鉴兄弟院校专业与人才培养模式改革经验的基础上^[11-15],本文围绕课程建设,聚焦 3E 人才培养,以课程目标达成为纲,构建了内容拓盐(Stretch)、情境联盐(Associate)、七环教盐(Link)、岗位体盐(Taste)、多元评盐(Evaluate)、情感共盐(Resonance)的 Salter 教学范式,引领新工科专业建设和新工科人才培养。

本文以制盐工艺与盐田设计国家一流课程的建设为例,说明 Salter 教学范式的实施过程及其在 3E 人才培养中的作用。

1 Salter 教学范式

1.1 课程教学目标的升级

制盐工艺与盐田设计课程始建于 1953 年,是我国最早讲授蒸发结晶制盐工艺、技术及盐田设计的课程,根据教育部工程教育认证的标准,针对知

投稿:2024-11-08;录用:2025-03-21

* 天津市普通高等学校本科教学质量与教学改革研究计划重点项目(A231005702)、一般项目(B231005706);天津科技大学重点教改项目(KZ202301)

** 通信联系人,E-mail:tjtangna@tust.edu.cn

识、能力和素质 3 个维度设定了明确的教学目标：确保学生不仅掌握坚实的工程理论基础，还能在实际工作中展现出色的岗位胜任力，并最终成长引领盐行业创新发展的卓越专业人才。通过多层次、全方位的教学设计，满足不同层次工程人才的成长需求，从通用到专业直至卓越，逐步提升学生的综合素质与竞争力，具体如图 1 所示。

1.2 Salter 教学范式的构建

本文创建“绿色智造·真题真练·深度体验”教学理念，以 3E 人才培养为目标，构建 Salter 教学范式，即：Stretch——内容拓盐，制盐全产业链模块整合，教学内容重构拓展；Associate——情境联盐，五元教学情境创设关联，构建虚实结合空间；Link——七环教盐，创建七环有效教学方式，打造深度互动课堂；Taste——岗位体盐，学生盐业岗位深度体验，精准匹配工程问题；Evaluate——多元评盐，构建多元评价正向反馈体系，有效评价 3E 目标达成；Resonance——情感共盐，思政引领情感共鸣，精准匹配融入方式。通过深入探索与实践，以 Salter 范式夯实和提升 3E 人才内涵，破解“工程知识不新”“工程问题不解”和“工程情感不振”3 大教学痛点问题（图 2）。

2 Salter 教学范式的实施

2.1 Stretch——内容拓盐

为解决“工程知识不新”的痛点问题，进行了教学内容由缺到全和由低阶到高阶的重构，以及向新工科交叉内容与新业态内容的延展，架构扎实的新工科工程基础（图 3）。

2.1.1 由缺到全的教学内容重构

原有的教材内容由绪论、制盐基础理论、海湖

盐工艺、粉洗盐工艺和盐田设计等 5 个部分构成，仅限于盐产品的粗生产，不能体现盐行业的最新发展，也不能满足盐行业对工程技术人才的知识要求，因此，通过新增制盐原料、真空盐和多品种盐章节，构建涵盖原料卤水采集、盐产品粗生产、盐产品精加工和盐产品研发设计的制盐全产业链。在新增教学内容的同时，对整个课程的知识框架进行了内容重构，将盐田设计与海湖盐工艺进行了合并，作为盐产品粗生产环节；拓展了真空盐和多品种盐内容，作为精制盐 and 高端盐产品生产及设计内容，构建盐产品制造基础、盐产品绿色制造和盐产品智能制造三大模块，体现盐化工行业向绿色发展转型、与人工智能技术深度融合以及向新材料和盐化工下游精细化学品产业链延伸的发展趋势。

2.1.2 由低阶到高阶的教学内容重难点的梳理

原有教学重点是制盐知识，难点是制盐原理、计算与应用，主要集中在知识性的记忆和理解及其简单应用。针对重构后的教学模块及学生能力培养要求，教学重点升级为熟练应用制盐知识和原理进行制盐过程复杂工程问题的识别、剖析和解决，教学难点聚焦在制盐科技前沿、产业问题和高端盐产品生产，将制盐工程知识由制盐基础概念过渡到制盐理论的应用和复杂问题的分析，以及向高阶设计的内容重构。学生在学习过程中，能够逐步从低阶的知识记忆过渡到高阶的问题解决，符合工程认知发展理论^[16]中的“逐步递进”原则。

2.1.3 向新工科交叉教学内容延展

面向当前盐行业数字化、信息化、智能化转型升级，更新并延展教学内容，强调化学基础，夯实盐产品制造基础理论；聚焦国家双碳战略和可持续



Fig 1 The 3E talent target of salt making technology and salt field design

图 1 制盐工艺与盐田设计课程的 3E 人才培养目标

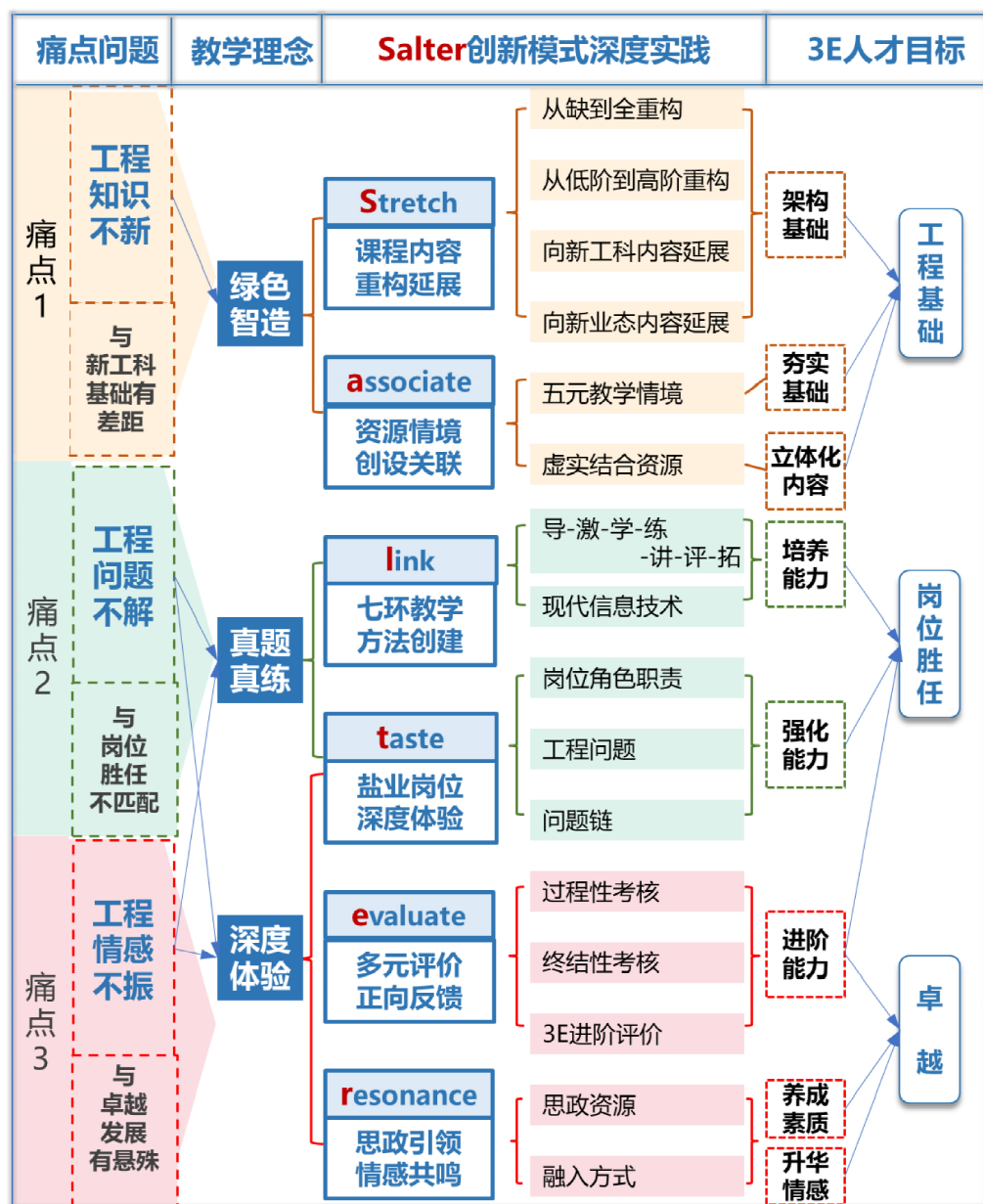


Fig 2 Application of Salter teaching paradigm in the curriculum of salt making technology and salt field design

图2 Salter 教学范式在制盐工艺与盐田设计课程的应用

发展理念,拓展太阳能蒸发技术、卤水资源的综合开发和卤水循环与再利用等绿色化学和循环经济内容,凸显绿色制造的重要性;智慧工厂、智能装备及系统、先进材料等自动化、信息化、智能化和新材料内容的引入,凸显智能制造的先进性,针对3大模块特点,分别构建“制盐+绿色化学+循环经济”“制盐+自动化+信息化”以及“制盐+智能化+新材料”新工科交叉内容,缩短学生与盐业岗位之间的能力距离,提升岗位胜任力。

2.1.4 由传统制盐向新业态领域教学内容延展

面向国家海水淡化、海洋强国、锂电等新质生产力等新业态领域与盐行业交叉融合要求,分别在

盐产品制造基础、盐产品绿色智造和盐产品智能制造模块中,延伸探讨多因素协同蒸发与太阳能光伏技术的最新产学研成果,结合国家新能源战略和锂电等新质生产力发展需求,涵盖海水淡化技术及盐行业核心技术问题等内容,向新业态领域拓展,为学生成长为卓越工程师奠定基础。

2.2 Associate——情境联盐

通过创设真实的工程情境和岗位体验,学生能够在实际的工作环境中应用所学知识,增强学习的实用性和有效性,创设工程设计、科学研究、工程实践、产业应用和素质拓展五元教学情境(图4),使学生能够结合不同课程内容特点,在多元教学情



Fig 3 Curriculum content reconstruction and extension

图 3 课程内容重构与内容延展

境中开发制盐方案,设计制盐工艺、装备和日晒盐田,体现情境学习理论^[17]的同时,强化学生工程认知,夯实学生新工科工程基础。

为使教学内容立体化,结合课程团队实际工程设计项目,持续建设制盐工艺设计和盐田设计案例库 40 个,自录制盐工程视频 70 个,盐业特色文献资料 120 篇和国内最全的涵盖海、湖、井矿盐的矿石标本 125 件。持续建设自主开发的自然蒸发制卤数据库(2 000 组蒸发数据)、模拟盐田系统(5 个自然蒸发制盐实验)等特色课程教学平台。构建了 4 个多效蒸发制盐虚拟仿真项目,持续建设盐田制盐及提锂等虚仿项目并应用

于课程教学。

2.3 Link——七环教盐

为了解决“工程问题不解”痛点问题,确保真题真练和深度体验教学理念得到有效实施与融合,依据建构主义教育理论^[18],强调学生在学习过程中通过主动参与、问题解决和合作学习来建构知识。学生在真题真练中,通过解决复杂工程问题,逐步建构起对制盐工艺的深刻理解。结合五元教学情境和立体化教学资源,创建“导-激-学-练-讲-评-拓”七环有效教学方式,并贯穿“课前-课中-课后”教学全流程。

导:明确导入面向未来盐行业的 3E 人才知

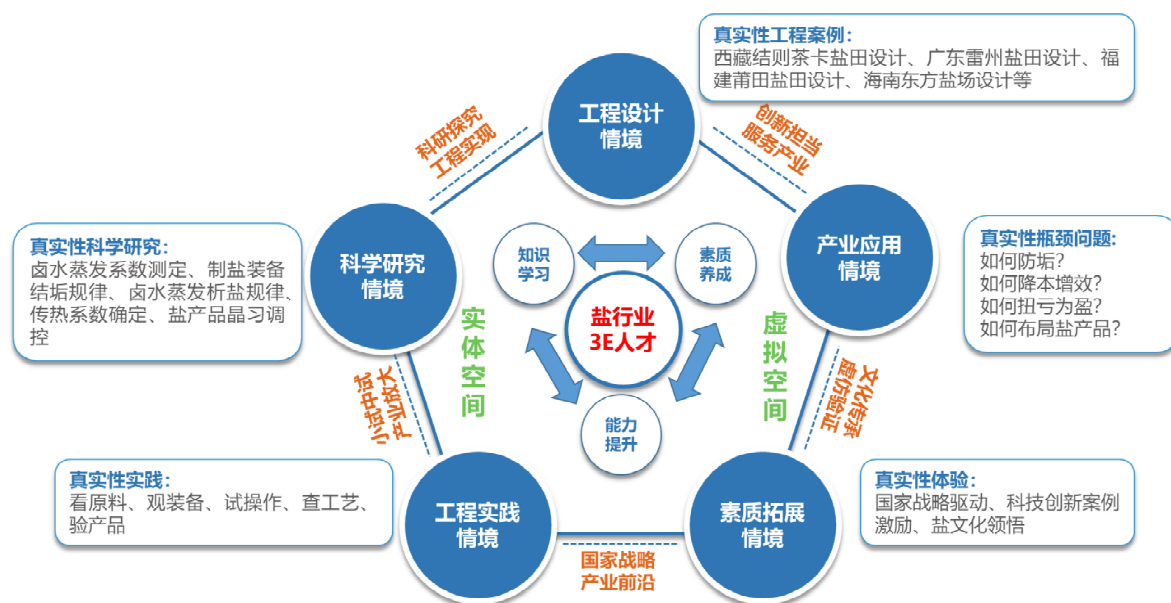


Fig. 4 The five-element teaching situation strengthens students' engineering foundation

图 4 五元教学情境强化学生工程基础

识、能力和素质目标以及教学重点和难点,例如在单效蒸发制盐中明确制盐工艺创新与优化的复杂问题(如何开发绿色节能工艺)为教学难点。

激:以日本核污染废水排海等热点话题、盐行业技改前巨额亏损等产业发展历史等快速激活课堂。

学:基于案例驱动的工程问题链,环环相扣、层层递进,推动学生通过蒸发制盐复杂工程问题识别、典型制盐工程案例剖析、制盐科学前沿问题探索、盐业特色识图等环节,进行多元学习。

练:以头脑风暴、小组讨论、计算、工艺设计、海报设计等形式进行真题真练,分析、判断问题链中由低阶到高阶的复杂工程问题,并逐一解决。

讲:在问题驱动的过程中,通过学习通等现代信息技术进行小组汇报、竞标和评标、可行性论证等生讲活动,深度体验岗位要求。

评:采用雨课堂、问卷星等手段进行生讲、生评和师讲、生评,实现全员覆盖评价,完成组内和组间评价,达成有效测评。

拓:课中基于创设的不同教学情境进行内容拓展;课后指导学生完成小组作业、设计、延伸阅读、虚仿实操,拓展学科前沿相关知识,结合工程设计案例库,培养工程设计等高阶能力,提升两性一度。

以“模块三:盐产品智能制造中的单效蒸发制盐”为例,课前用雨课堂向学生发布某盐业公司通过制盐工艺改进实现扭亏为盈的真实工程案例,激

发学生对绿色智造的学习动力(导)。发布盐的自然结晶、古老制盐工艺等学习资源,布置学习任务,以制盐的关键参数是什么、装备如何升级等问题链激发探究兴趣(激)。课上,引导学生学习制盐工艺、复杂工程问题的识别、真实工程案例的剖析(学)。利用盐业特色数据库,练习能量衡算,比较工艺改造前后的成本差异,真题真练,尝试解决制盐能耗高的问题(练)。学生分组讲解制盐节能工艺,从经济性、环保性等角度展开辩论,教师进行点评,给出优化方案和改进方向(讲)。以问卷星完成组内和组间评价,并实时反馈(评)。课后学生通过多效蒸发虚拟仿真软件,拓展训练,体验现代盐行业最新的制盐工艺,探究进一步降低制盐成本的潜力,培养学生工程设计的高阶能力(拓)。

2.4 Taste——岗位体盐

为强化学生运用工程基础知识解决复杂工程问题的能力,以工程问题匹配盐业岗位职责,基于深度体验做实真题真练,提振学生工程情感。

针对学生未来在盐行业的职业发展定位,以生产工程师、设计工程师和研发工程师等盐业岗位,体验情境与职责,精准匹配真实性问题。以可行性论证、招投标、竞标和评标等形式复盘和剖析工程问题,学生深度体验生产工程师、设计工程师和研发工程师等盐业多元岗位要求。以工程问题链进行真题真练,环环相扣、层层递进,提高学生的学习热情与参与度,激发学生主动掌握盐行业最新工程知识,培养学生提出和解决复杂制盐工程问题

能力、工程项目和企业管理等盐业岗位胜任力和沟通、交流、团队合作等终身素养,助力学生 3E 目标的进阶达成。

以“模块二:盐产品绿色智造中盐田面积分配”为例,某盐企盐田面积被规划减少 30 平方公里,要求完成减面积不减产盐量的任务,教学团队与企业一起立下了这个军令状。面对这个真实问题,学生分别扮演生产工程师、设计工程师和研发工程师,从现有盐田生产潜能挖掘、制盐工艺改进、智能化改造等 3 个维度优化盐田设计,体验不同岗位职责,提高学习热情。在学完“制盐+海水淡化”相关内容后,学生尝试应用教学团队在海水淡化方面取得的最新产学研成果进一步优化该盐田设计,体验多产业链融合解决真实工程问题,获得科技创新引领盐行业发展的成就感。

2.5 Evaluate——多元评盐

教学团队采用课后作业、随堂测验、课堂表现、盐田设计大作业和期末考试五元评价方式,从知识、能力、素质等 3 个维度评价学习效果(图 5),通过课程多元评价体系正向激励学生,完善组内评价中的同伴评价和自我评价,展示性评价占过程性评价的 21%,基于制盐工艺展示、可行性论证等形式让学生展现学习成果,提供具体、正面、建设性的反馈,强调学生已取得的进步和成功之处,同时指出改进的方向,增强工程自信、提振工程情感。

3E 人才以课程设计进行分级评价,以设计深度为决定性条件,参考盐行业 3E 人才的素质要求,构建 3E 目标评价方式,并细化 3E-分级评价

标准,分别评价学生的设计深度、解决复杂工程问题能力、工程设计和工程创新等方面,以卓越标准激发学生学习的内驱力,培养自主学习、终身学习的能力,从而达到正向激励的效果。

2.6 Resonance——情感共盐

针对学生“工程情感不振”的痛点,深挖盐业黄埔精神、中国优秀传统盐文化、工匠精神、科技报国的家国情怀和使命担当、守正创新、爱岗敬业、职业责任感等课程思政元素,构建思政视频与动画、思政案例与新闻、思政多媒体平台和思政实体平台等多维度课程思政资源。

以盐相关的国策、人物及事件为思政融入点,创建红色资源法、显性引导法、隐性融入法和行走课堂法等方式,基于盐业岗位角色深度体验和盐行业真实工程问题的解决,精准匹配思政元素、思政目标和融入方式(表 1),实现思政引领 3E 人才的工程情感共鸣,提振工程情感,促进学生全面发展,为其成为以工程创新引领盐行业卓越发展的新时代工程技术人才奠定坚实基础。

3 成效

2021—2023 年创建并深度实施 Salter 教学范式后,学生的工程基础知识、工程问题解决能力、工程与社会(工程情感)分别提升了 6%、7% 和 11%,有效解决了工程知识不新、工程问题不解和工程情感不振的课程痛点。分析对比近 3 年学生产出数据,学生 3E 人才构成分布中岗位胜任和卓越的比例显著提升,学生产出结果较好地完成了面向 3E 人才培养的教学目标。Salter 教学范式在本专业推广应用以来,学生荣获省级及校级优秀毕业设

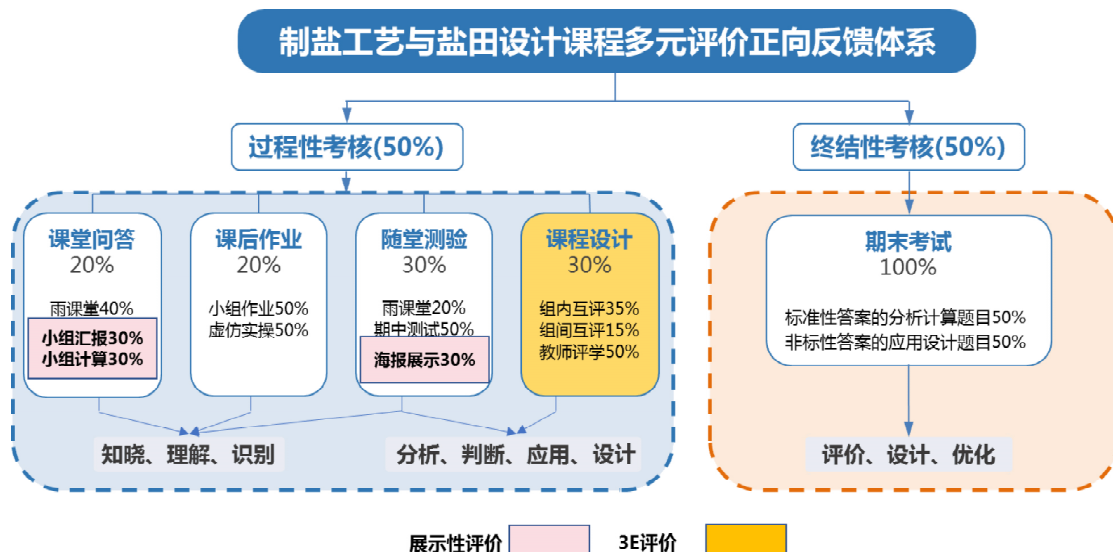


Fig 5 Multiple evaluation method and the positive feedback system

图 5 多元评价方法正向反馈体系

表 1 思政目标、思政元素及融入方式的精准匹配

Table 1 Precise matching of ideological and political goals, ideological and political elements and integration methods

模块	融入方式	思政目标	思政融入点
盐产品制造基础	行走课堂法	家国情怀、行业信念、使命担当、守正创新、可持续发展理念	1. 校友文化广场; 2. 盐展室; 3. 盐业黄埔基石
	红色资源法	盐文化传承与创新、行业信念, 精益求精的工匠精神	1. 《闪闪的红星》《白毛女》电影; 2. 党的九届二中全会——江西九二盐化; 3. 盐业特色图书馆藏资源
盐产品绿色制造	显性引导法	精益求精的工匠精神, 盐文化传承与创新, 可持续发展理念	1. 夙沙氏煮海为盐; 2. 仓颉造字——“盐”字; 3. 日本核污染废水排海
	隐性融入法	精益求精的工匠精神、使命担当、服务奉献、可持续发展理念	1. 西部经济开发战略; 2. 盐湖丝绸之路; 3. 国家“一带一路”政策
	显性引导法	家国情怀、行业信念, 使命担当、工程伦理, 精益求精的工匠精神, 可持续发展理念	1. 国家锂等战略资源开发; 2. 中国古盐田古法制盐; 3. 国家海洋生态环保政策
盐产品智能制造	隐性融入法	精益求精的工匠精神, 盐文化传承与创新, 行业信念、爱岗敬业, 使命担当、服务奉献, 可持续发展理念	1. 全球双碳战略; 2. 国家双碳目标; 3. 中国第一座真空盐车间; 4. 校友榜样的力量——戈金扬、张德安
	模式创建法	精益求精的工匠精神、服务奉献、爱岗敬业	1. 健康中国 2030 规划纲要; 2. 国民营养计划
	显性引导法	家国情怀、行业信念、使命担当、工程伦理	1. 健康中国 2030 规划纲要; 2. 国民营养计划; 3. 盐行业“三品战略”

计 25 项, 在各类学科竞赛中获得国家及省部级奖项 26 项, 发表论文 28 篇, 申请专利 13 件。课程思政育人模式激发了学生对盐行业的热爱以及盐业科普的热情, 主动进行盐业标本和盐业史料整理等盐展室建设、盐文化视频等网络资源建设以及盐业黄埔微信公众号建设, 在课后实践环节深化交流、沟通、团队合作等盐业岗位胜任力, 并逐步升华为科技报国的家国情怀。

4 结语

基于国家质量强国战略要求、盐行业转型升级和新时代学生特点, 创建了“绿色智造·真题真练·深度体验”教学理念和 Salter 教学范式, 在制盐工艺与盐田设计课程深度实践并在化学工程与工艺专业推广应用, 专业课程体系在“绿色智造·真题真练·深度体验”教学理念引领下, 以内容拓盐、情境联盐、七环教盐、岗位体盐、多元评盐和情感共盐等 6 大举措, 进行了 Salter 教学范式的探索与实践, 相继建成 6 门国家及省部级一流课程, 有力推动“化工+”课程体系建设, 解决了本专业存在的工程知识不新、工程问题不解和工程情感不振等 3 大教学痛点问题, 夯实了学生新工科工程基础、提升了学生解决工程问题的能力并提振了学生工程情感, 形成了质量强国下盐行业 3E 人才的培养新范式。

参 考 文 献

[1] 曾威, 杜威, 滕波涛, 等. 化学教育 (中英文), 2022, 43 (24): 90—94

[2] 唐娜, 蒋建伟, 郝庆兰, 等. 中国轻工教育, 2021 (2): 5—11, 17

[3] 马陆亭. 中国高等教育, 2024 (10): 43—47

[4] 王中奎, 张珏. 高等教育研究, 2023, 44 (3): 39—45

[5] 顾佩华. 高等工程教育研究, 2020 (4): 1—19

[6] 顾佩华. 高等工程教育研究, 2017 (6): 1—13

[7] 朱露, 唐浩兴, 胡德鑫, 等. 高等工程教育研究, 2023 (4): 86—99

[8] 彭岷, 刘惠, 徐世中, 等. 高等工程教育研究, 2024 (5): 69—75, 101

[9] 王睿, 邹泽森, 孙江涛, 等. 高等工程教育研究, 2024 (5): 83—88

[10] 高东, 吴重光, 李大字, 等. 高等工程教育研究, 2024 (2): 97—103

[11] 李冲, 盖甄迪, 李胜利, 等. 高等工程教育研究, 2024 (5): 89—94

[12] 柳长安. 北京教育 (高教), 2024 (1): 5—6

[13] 张鸽. 化学教育 (中英文), 2024, 45 (20): 16—23

[14] 端木燕萍, 任华卿. 江苏高教, 2024 (10): 96—100

[15] 赵文胜, 郭江, 侯佑民, 等. 大学教育, 2024 (20): 13—16

[16] 李秀云. 思想教育研究, 2024 (10): 127—132

[17] 刘清堂, 刘瑶瑶, 郑欣欣. 中国电化教育, 2024 (7): 46—54

[18] 尹田鹏, 周皓, 蔡乐. 化学教育 (中英文), 2024, 45 (4): 105—112

Practice of 3E Talent Training in Salt Industry Under the Context of Quality-Driven Development Strategy: The Case of Salter Teaching Paradigm

DU Wei¹ LI Rui-Ning² HAO Qing-Lan¹ ZENG Wei¹ JIA Yuan-Yuan¹ TANG Na^{1**}

(1. College of Chemical Engineering and Materials Science, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China;

2. Party Committee Teachers Work Department, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract In the context of Quality-Driven Development Strategy, excellent engineering talents with job competency (Engineering, Expertise, Excellent, referred to as 3E) are adapted to the requirements of the development of new quality productivity. Aiming at the three pain points of engineering talent training, which are not new engineering knowledge, incomprehension of engineering problems and lack of engineering emotion, it puts forward the teaching concept of “green intelligent creation, true practice and deep experience” in this study. Salter teaching paradigm, which contains course content reconstruction and extension (Stretch), resource scenario creation and association (Associate), seven-ring link teaching mode creation (link), salt industry post depth experience (Taste), multiple evaluation and positive feedback (Evaluate), ideological and political guidance and emotional resonance (Resonance), have been conducted in-depth. The exploration and practice of Salter teaching paradigm has realized the hierarchical training of 3E talents. After years of practice, many high-level engineering and technical talents have been cultivated for the salt industry, forming a new paradigm for the cultivation of 3E talents in the salt industry under the strong quality country, and leading the innovation and development of the salt industry.

Keywords green intelligent creation; true practice; deep experience; teaching paradigm; multi-disciplinary integration

以制盐与盐化工为特色的化学工程与工艺专业改造升级*

曾 威 杜 威 滕波涛 贾原媛 郝庆兰 唐 娜**

(天津科技大学化工与材料学院 天津 300457)

摘要 针对本校制盐与盐化工特色的化学工程与工艺专业办学存在的问题,结合传统盐化工产业转型升级与新工科建设对人才培养的要求,在课程体系设计、教学实践与师资队伍建设等方面进行了改革与实践,建立了学科交叉融合的“化工+”课程体系,构建了虚拟仿真实验、人人做设计、专业课-科研实践项目-毕业论文直通车等多维实践教学模式,建立了一支适应新工科教育的双师双能型师资队伍。经过近 4 年的探索与实践,专业在一流课程建设、教学研究与改革、师生创新实践等方面取得了系列成果,提升了学生的创新能力与解决复杂工程问题的能力,培养了一批制盐与盐化工行业的高素质复合型工程技术人才。

关键词 制盐与盐化工 化学工程与工艺 化工+课程体系 交叉融合 双师双能

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2021110254

新工科建设是高等教育主动应对新一轮科技革命与产业变革的战略行动,它不仅要求加快培养新兴领域工程科技人才,而且要求改造升级传统工科专业,实现从学科导向转向产业需求导向、从专业分割转向跨界交叉融合^[1]。因此,新工科建设要求化工类传统专业主动适应新经济形式与新技术革命,以学生为中心、产出为导向,持续改进化工类专业建设与人才培养模式^[2]。制盐与盐化工是典型的传统产业,随着工业信息化与产业交叉融合的快速发展,盐行业已从传统的制盐与盐化工产品拓展至塑料、橡胶等新材料以及盐化工下游高附加值产品等产业链^[3]。在制盐与盐化工发展过程中,信息化在产品研发、工艺改进与工业生产中的作用愈加突出;在产业交叉融合背景下,学生不仅要掌握传统制盐与盐化工知识,还要掌握化学、化工、材料、信息等多学科知识,成为多学科交叉融合的复合型工程技术人才,这对制盐与盐化工人才培养提出了新的要求^[4]。

天津科技大学化学工程与工艺专业始建于原轻工部塘沽盐业专科学校的海水制盐工艺专业和盐化工工艺专业,历经 68 年建设与发展,形成了制盐与盐化工特色的人才培养体系,为全国盐行业培养了大批领军人才,素有“盐业黄埔”的美誉。尽管原有的课程体系在人才培养中发挥了重要的作用,但是在新经济形势、新工科建设与一流专业“双万计划”的建设背景下^[5-6],本校化学工程与工艺专业

现有课程体系教学内容相对陈旧,不能适应工业信息化与产业融合要求;同时课程理论学习与实践结合不够紧密,导致学生解决复杂工程问题能力相对较弱;另一方面,专业教师教育背景单一、工程能力相对不足,缺乏学科交叉、产教融合的深度和广度,教师在工作过程中“重科研、轻教学”,在教学过程中“重理论、轻实践”,导致专业教师队伍难以满足当前制盐与盐化工需要的复合型工程技术人才的培养要求。

为适应新经济形势与化工行业技术变革、新工科与一流专业建设要求,各高校均开展了相关改革与探索。四川大学化工学院提出了基于“信息+”的新工科改革与实践——互联化工^[7],上海应用技术大学探索了七年一体化大化工类专业人才培养模式^[8],山东理工大学和安徽理工大学开展了科学研究与教学深度融合改革,推动化学工程与工艺专业一流本科专业建设^[6]。在借鉴兄弟院校专业与人才培养模式改革经验的基础上^[9-12],针对本校制盐与盐化工特色的化学工程与工艺专业办学存在的问题,立足盐行业改造升级和现代化工厂对人才培养的新要求,结合新工科建设要求,在课程体系设计、教学实践与师资队伍建设等方面进行了改革与实践,取得了系列成果,培养了一批能够运用多学科理论知识解决复杂化学工程问题、具备较强实践能力和创新能力的高素质复合型工程技术人才^[13]。

* 教育部第二批新工科项目(E-HGZY20202006)

** 通信联系人, E-mail: tjtangna@tust.edu.cn

1 立足盐行业需求, 重构“化工+”课程体系

通过调研新经济形式下制盐与盐化工行业的发展, 将本专业的定位调整为: 立足京津冀, 面向全国, 结合工业信息化与学科交叉融合, 培养具备扎实化学、化工、材料与信息等学科基础理论、专业知识与技能, 能在制盐与盐化工等相关化工领域从事生产与管理、设计与科研等工作, 身心健康, 具有较强社会责任感、创新精神和实践能力的复合型工程技术人才。根据这样的专业

定位与人才培养目标, 本专业在传统制盐与盐化工特色课程体系的基础上, 发挥院内高分子材料与工程、应用化学和材料化学等3个专业优势资源, 通过校内学院-学院的学科交叉融合, 学校-研究院-设计院-企业的产教深度合作, 实现化工与化学的理工融合, 化工与材料、化工与控制科学与工程、软件工程等人工智能相关学科交叉, 构建了信息化与学科交叉融合的“化工+”课程体系(图1)。

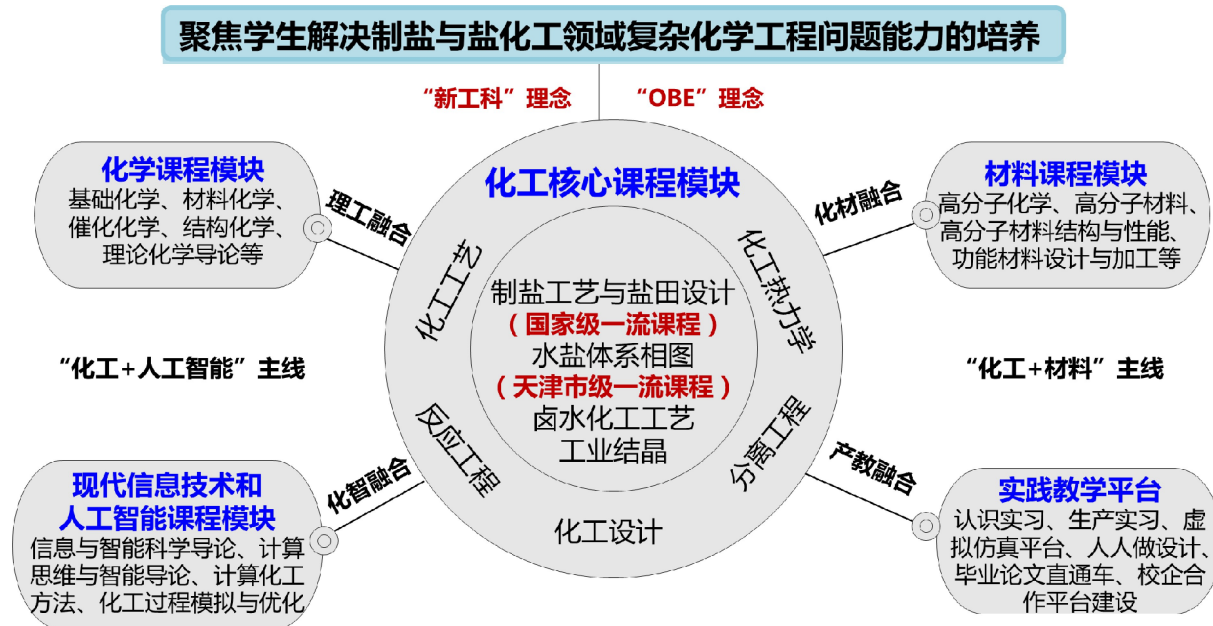


Fig. 1 “Chemical engineering & technology+” curriculum system with multidisciplinary integration

图1 学科交叉融合的“化工+”课程体系

1.1 建设制盐与盐化工特色方向核心课程群

在传统制盐与盐化工特色课程的基础上, 将制盐卤水开采与净化、多效蒸发结晶、日晒海盐盐田等全流程的生产工序和生产工艺引入“卤水化工”“制盐工艺与盐田设计”“工业结晶”和“盐湖化工技术”“水盐体系相图”等专业课程中; 同时开设“盐文化”课程, 使学生熟悉我国制盐历史、盐文化, 将社会主义核心价值观和中国梦等文化内涵融入核心课程群, 培养学生的家国情怀、坚定的行业信念; 通过校企合作开发盐行业虚拟仿真教学平台, 引入三维数字化、现代化工工厂设计等内容, 突出智能化工设计理念。

1.2 优化化学、材料课程模块, 提升化工核心课程内涵

在原有化学课程的基础上, 优化原有教学内容, 增设“材料化学”“催化化学”“结构化学”以及“理论化学导论”等课程, 构建理工融合的“化工-化学”课程群; 基于烯烃制备与聚合、聚烯烃

加工、卤水化工生产与相关化工工艺的完整产业链条需求, 以传统制盐与盐化工专业课程为核心, 强化高分子功能材料设计-材料合成-材料加工与成型等化工设计相关的课程建设, 构建与“化工-材料”主线相适应的化工设计课程群。在此基础上, 集合学校和企业师资汇编了“化工+”相关的解决复杂工程问题的案例, 建立“化工+”新工科教学资料库, 提升化工核心课程内涵。

1.3 融合现代信息和人工智能技术

在现有课程中引入现代信息与人工智能技术^[4], 如在“计算化工方法”课程中增加人工智能算法原理; 联合校内电信和人工智能学院等院系, 设计和开发具有化工专业特色的现代信息技术和人工智能课程“信息与智能科学导论”“计算思维与智能导论”等; 将智能化工、大数据和物联网等知识引入“化工过程模拟与优化”和“化工设计”等课程教学内容, 运用大数据、深度学习、卷积神经网络等人工智能手段, 以化工流程工业稳态

和动态数学模型为基础,以企业为依托,构建智能仿真平台,开展现场设备的实际生产操作,实现虚实结合的实践教学。

通过课程内容和课程模块化重构,形成了理工、化材、化智、产教融合,化工、化学、材料、信息等多学科交叉专业课程群;建成了具有多学科知识、行业先进技术和工艺、体现现代化工厂企业思维的“化工+”课程体系,建成 1 门国家级线下一流课程“制盐工艺与盐田设计”,2 门天津市一流课程“水盐体系相图”和“化工原理”,以及“开发设计性实验”等 7 门校级一流课程。

2 立足盐行业知识与能力需求,构建多维度实践教学

2.1 建设化工基础与盐行业仿真模拟体系

专业坚持以学生为本,贯彻“厚基础、强实践、重创新、偏工程”的实验教学理念,整合了学院虚拟仿真实验教学资源,针对专业基础实验、专业课程实验、课程设计、毕业设计和实习等实践教学环节,构建了化工基础、化工设计、化工实训、盐行业虚拟仿真实验教学体系。

化工基础与计算虚拟仿真实验平台包括“单元操作三维仿真实验”和“化工模拟计算”2 门课程。“单元操作三维仿真实验”将物料输送、热交换、压缩、加热、吸收、精馏等典型单元操作及控制系统在计算机中模拟实时运行;“化工模拟计算”利用计算机模拟化工实验系统,实现对化工过程中的物料衡算和能量衡算以及化工、化学实验数据的处理与操作条件的模拟与优化。化工过程与设备虚拟仿真实验平台开设“单元操作课程设计”和“化工设备模拟”2 门课程。通过仿真模拟,实现了单元设备设计、小型半实物过程系统、微机控制系统与全数字化高精度仿真,摆脱了化工设计过程中繁琐的化工设计试算过程,优化了设计方案,使学生真正理解了化工工艺和设备的工业设计过程。化工实训仿真与实习虚拟仿真实验平台包括“化工实训仿真”和“化工仿真实习”2 门课程。化工实训仿真、仿真实习系统是利用计算机仿真技术自主开发辅助实习软件,动态模拟化工生产工艺和流程。在此基础上,学院与北京欧倍尔软件技术开发有限公司合作开发了“日晒盐田 3D 虚拟仿真系统”与“多效真空制盐 3D 虚拟仿真软件”。通过课前预习制盐的基本原理与工艺,了解实验操作步骤,完成预习报告;课堂通过翻转课堂教学,了解学生对教学内容的掌握情况,教师讲授、演示制盐仿真实验中的关键问题与技术;课后学生利用仿真实验进行

作业练习,掌握海水日晒蒸发制盐及饱和卤水五效并流蒸发制盐的工艺实践,培养学生解决制盐过程中的复杂化学工程问题的能力。

通过引进、教师自主开发与企业联合开发,形成了化工基础、盐行业教学等系统的仿真教学平台。其中,教师独立开发的“筛板式精馏塔课程设计软件”获得全国课件大赛优秀奖,每年有 1 000 多名学生利用该软件进行精馏塔的辅助设计,该软件在东方仿真软件技术有限公司网站上可免费下载;教师自主开发了“化工辅助实习系统——苯法制顺酐生产工艺”,曾获得教育部“第八届多媒体大赛”三等奖。目前,专业建有天津市实验教学示范中心 2 个,天津市虚拟仿真实验平台 1 个,与中国盐业集团有限公司等全国盐行业龙头企业和科研院所联合共建实习实践基地 23 个。

2.2 课程、实习、设计环环相扣,实现人人做设计训练

基于 OBE 理念^[15],聚焦学生解决制盐与盐化工领域复杂工程问题能力的培养,打造“教授全员+学生全员”双覆盖,即教授全员为本科生授课,学生全员做设计。通过将“化工设计”“化工工艺设计”“化工环保与安全”、认识实习、生产实习和毕业设计等课程与实践环环相扣,学生在第五、六学期通过认识与生产实习,了解制盐与盐化工行业特点,熟悉盐化工产品的生产方法、工艺原理与典型设备。第七学期初确定毕业设计小组选题及分工,结合“化工设计”“化工工艺设计”课程,进行工艺选择、计算和设计,并进行 1~2 个主要设备的设计与优化,完成相关图纸的绘制。通过“化工环保与安全”课程,学生能够分析制盐与盐化工及相关领域新产品、新技术、新工艺的开发和应用对社会、健康、安全、法律以及文化的潜在影响,能够评价资源利用、污染物处置和安全防范措施,判断产品周期可能对社会和环境造成的影响。

通过一系列的课程与实践教学,学生能运用课程所学知识,根据工艺要求选择合理的生产工艺,论证解决方案的合理性,分析化工过程的影响因素,判断制盐与盐化工领域复杂工程问题的关键环节和主要参数,并进行工艺计算和主要设备的设计,实现工程能力和设计能力培养全覆盖。

2.3 构建“项目制”与“专业课”无缝对接模式的毕业论文直通车

基于工程教育专业认证和新工科理念,本科生培养采用“项目制”与“专业课”无缝对接模式,

即以教师负责的制盐与盐化工领域科学研究项目为主体,结合化工开发与创新实验、文献检索、科技论文写作实践等课程及毕业论文要求,按照项目研究内容分阶段、分层次、分难度为本科生设置各学期的任务、计划和内容^[16]。在第五学期,通过“化工开发与创新实验”课程,引导学生进入导师课题组进行初步科学研究锻炼。通过文献调研,撰写与研究课题相关的文献调研报告,完成基础实验内容,撰写一篇不少于5 000字的研究报告。在第六学期,确定毕业论文选题,结合“文献检索”“科技论文写作”课程,完成毕业论文环节中的外文翻译和学位论文开题报告。第七一八学期,进入导师课题组开展科学研究,完成不少于20 000字毕业论文。

通过打造“专业课-科研实践项目-毕业论文直通车”模式,提升学生的实验技能、外语水平、计算机应用水平、科技写作能力,学生实践内容从基础到高阶,逐步培养学生的科学研究与创新能力,提高学生运用所学知识分析和解决制盐与盐化工领域复杂工程问题的能力。

3 立足盐行业需求的人才培养,打造“双师双能型”师资队伍

针对现有师资队伍工程能力相对不足,缺乏学科交叉、产教融合的深度和广度问题,发挥学校-研究院-设计院-企业之合力,建设“双师双能型”专兼职师资队伍。通过建立合理的教学管理与激励机制,提升教师的教学水平与责任心。

3.1 以盐行业改造升级需求为导向,合理调配校内教学资源

将化工、材料、化学、人工智能、信息技术等不同学科方向的专业教师组合成为不同模块的教学团队,实现课程体系和教学内容的重构。利用继续教育、教学研讨、主题交流、专题报告等形式为专业教师搭建学科交叉融合平台,促使专业教师理解课程模块间的知识关联,充分理解“化工+”的多学科交叉融合课程体系的内涵,提升教师对新工科的认知,提升知识融合能力,更好地服务于复合型工程技术人才培养。

3.2 建设“高校-企业-设计院”双师双能型教师团队

以盐行业改造升级需求为导向,与中国盐业集团有限公司、中盐工程技术研究院、天津渤海化工集团规划设计院等盐行业龙头企业、院所建立产教融合的教师工程能力实训基地。通过请进来的方式,聘请企业、研究院、设计院技术人员和管理人员作为兼职教师等,通过课堂授课、学术讲座、企

业参观、现场讲解等方式,建立完善的工程实践教学师资队伍;通过走出去的方式,教师通过线上工程培训,到企业、研究院、设计院学习考察、挂职锻炼、科技特派、合作研究等形式,让教师了解行业生产的实际情况、技术瓶颈、人才需求,大幅提升了专业教师工程实践能力。通过校企合作,有500人次教师到企业进行学习考察和挂职锻炼,并与盐行业龙头企业、院所开展科研合作400项,有力促进了“双师双能型”教师的培养。

3.3 建立新型高效的扁平化教学管理机制

突破专业与院系的限制,打破了教师按专业方向定岗的传统方式,根据教学功能组建了“理论教学”“实习实践教学”和“毕业论文/设计”教研室。教研室按实际教学需求协调教学各个环节,大幅提高了教学运行管理的效率;打破专业以及院系的界限组建教学团队,专业教师都进入教学团队,实现了以“解决复杂工程问题”为目标的“多人同授一门课”教学运行机制;实施高水平人才领衔的“课程负责人制”和“青年教师导师制”;建立对新教工培训制度、中青年教师培训和工程训练制度,不断提升教师教学、教研水平,建设一流教学团队;建立以教学与科研并重的教学管理与激励机制,通过了“化工与材料学院教师本科教学工作评价办法”,将教学放在教师学年考核与职称晋升的首要地位,持续改进基于教师教学能力水平的绩效考核办法,完善专兼职教师的聘用与管理。

通过学科交叉融合、产教融合,大幅提高了教师的理论和工程实践水平,打造了一支具有广博的理论知识、丰富的实践经历、卓越的工程教育教学能力,在工程实践方面具备突出的工程能力和创新能力的“双师双能型”师资队伍。

4 成效

在制盐与盐化工信息化与产业融合的背景下,立足盐行业复合型工程技术人才培养需求,基于OBE理念和新工科建设内涵,构建了“化工-化学-材料-现代信息与人工智能”多学科交叉融合的“化工+”课程体系,建设了虚拟仿真平台、人人做设计、毕业论文直通车的实践教学体系,打造了一支具有较高理论水平与工程实践能力、热爱教学与科研的“双师双能型”师资队伍。通过紧密结合学科发展前沿和制盐行业工程应用,出版制盐领域特色系列教材及专著8部,建成专业发展历史和盐产品样本等史料及影像的盐展室,建立了制盐特色图书馆藏资源;基于教师在国内外承担的制盐领域工程设计与学术研究成果,形成了基于工程设计实

例的系列特色资料库、自然蒸发制卤和地下岩盐溶采制卤特色数据库,以及盐田模拟实验室等特色教学平台。“制盐与盐化工”教学团队获天津市优秀教学团队,“化工原理”教学团队获全国石油和化工行业优秀教学团队;“制盐工艺与盐田设计”2020 年获批国家线下一流课程,“水盐体系相图”被认定为天津市线下一流课程、“化工原理”获天津市线上线下混合一流课程,2021 年均被推荐申报国家级一流课程,建成了天津市重点实验室、工程中心、万华集团联合研究院和中盐集团等一批教学科研平台和实习实践基地,形成了“基础理论-实习实践-创新创业”一体化的人才培养模式。“以制盐与盐化工为特色的化学工程与工艺专业改造升级探索”获教育部第二批新工科研究与实践项目立项,“聚焦工程教育认证,全面优化化学工程与工艺人才培养的研究与实践”获天津市重点教改项目结题优秀,发表教改论文 20 余篇,教师及学生获得国家及省部级等竞赛奖励 500 余人次。“化学工程与技术”2017 年获批教育部化学工程与技术一级学科博士点,是国内制盐与盐化工领域唯一具有本科、硕士和博士培养体系的专业;化学工程与工艺专业 2018 年通过教育部工程教育专业认证,2020 年获国家一流专业建设点。为制盐与盐化工行业培养了一批高素质复合型工程技术人才。

参 考 文 献

- [1] 徐元媛,徐峰,冯笑颜,等.化工时刊,2021,35(12):47-50
- [2] 张凤宝,夏淑倩,李寿生.高等工程教育研究,2017(6):14-17
- [3] 陈传武,黄红霞.中国石油和化工,2021(6):68-69
- [4] 吴爱华,侯永峰,杨秋波,等.高等工程教育研究,2017(1):1-9
- [5] 李志义.化工高等教育,2020,37(2):12-18
- [6] 李晓微,秦来,邢其鑫,等.大学化学,2022,37(6):2107016
- [7] 吉旭,袁绍军,党亚固,等.高等工程教育研究,2021(2):106-110
- [8] 欧阳晶晶,姜超,王宇红.化工高等教育,2021,38(6):26-30,69
- [9] 余大品.化学教育(中英文),2022,43(2):114-119
- [10] 任永胜.化学教育(中英文),2020,41(24):75-80
- [11] 刘秀红,王静岚,何海峰,等.化学教育(中英文),2021,42(6):42-48
- [12] 王雪红,陈健壮,支东彦,等.化学教育(中英文),2021,42(6):21-25
- [13] 唐娜,蒋建伟,郝庆兰,等.中国轻工教育,2021(2):5-11
- [14] 张波,方祖华,叶宏.现代教育技术,2019(8):19
- [15] 吴红梅,郭宇,张志华,等.化学教育(中英文),2021,42(20):16-20
- [16] 才金玲,唐娜,崔永岩.黑龙江教育(高教研究与评估),2021(6):1-3

Transformation and Upgrading of Chemical Engineering and Process Specialty Characterized by Salt Manufacturing and Chemical Industry

ZENG Wei DU Wei TENG Bo-Tao JIA Yuan-Yuan HAO Qing-Lan TANG Na**

(College of Chemical Engineering and Materials Science, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract In view of the problems existing in the specialty of chemical engineering and process characterized by salt manufacturing and chemical industry in Tianjin University of Science and Technology, we reformed the curriculum system, teaching practice and teacher team based on the demands of talent training for the transformation and upgrading of traditional salt chemical industry and the construction of new emerging engineering. A “chemical engineering+” curriculum system with multi-disciplinary integration has been established. A multi-dimensional practical teaching mode of virtual-real experiment, everyone doing design, and the combination of professional courses, scientific research projects and graduation thesis has been constructed. And a qualified teacher team with theory and engineering capabilities who are suitable for the emerging engineering education has been established. After nearly four years of exploration and practice, the specialty has made a series of achievements in first-class curriculum construction, teaching research and reform, and innovative practice of teachers and students. It greatly improved the students’ ability to innovate and solve complex engineering problems, and cultivated a number of high-quality students with the engineering and technical in salt manufacturing and chemical industry.

Keywords salt manufacturing and chemical industry; chemical engineering and process; curriculum system of chemical engineering & technology +; multi-disciplinary integration; dual qualified teacher

融入思政元素的盐湖化工课程 教学改革与探索^{*}

于旭东, 曾 英, 诸葛福瑜, 冯 珊

(成都理工大学 材料与化学化工学院, 四川 成都 610059)

[摘要]文章通过介绍如何挖掘盐湖化工课程中蕴含的思政元素,探讨融入思政元素的盐湖化工课程教学改革与实践途径。教学过程中,教师以价值引领为切入点,从盐湖与国家战略、盐湖开发史、科学家事迹、盐文化、朋辈榜样和“产教十科教”双轮驱动等方面开展了系列课程思政探索,以润物无声的方式融入思政教育,以期实现知识传授、能力培养和价值引领三位一体的教育目标,将立德树人根本任务落到实处。

[关键词]课程思政; 盐湖化工; 价值引领; 立德树人

Teaching Reform and Exploration of Salt Lake Chemical Engineering Course Integrating Ideological and Political Elements

Yu Xudong, Zeng Ying, Zhuge Fuyu, Feng Shan

(College of Materials and Chemistry & Chemical Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: By digging the ideological and political elements contained in the salt lake chemical engineering course, this paper discusses the reform and practice of salt lake chemical engineering course integrating ideological and political elements. In the process of teaching, the value leading has been chosen as the breakthrough point, and a series of ideological and political education explorations have been carried out from the aspects of salt lake and national strategy, salt lake development history, the deeds of scientists, salt culture, role models for peers and production-education and science-education two-wheel drive, and the ideological and political education is implemented silently and spontaneously, in order to achieve the trinity education goal of knowledge imparting, ability cultivation and value leading.

[作者简介] 于旭东(1985-),男,副教授,博士。

[通信作者] 于旭东, E-mail: xwdlyxd@126.com。

^{*} 基金项目: 中国高等教育学会“校企合作 双百计划”典型案例(GJXH-SBJHDX-2022237); 四川省 2021—2023 年高等教育人才培养质量和教学改革重点项目“行业特色高校创新人才培养的机制与路径研究”(JG2021-649); 教育部产学合作协同育人项目“融合思政元素的盐湖化工课程资源建设与教学改革”(220505695315853)。

Key words: Curriculum ideological and political; Salt lake chemical engineering; Value leading; Morality education

高校立校之本在于立德树人。习近平总书记在全国高校思想政治工作会议和思想政治理论课教师座谈会上强调:“要坚持把立德树人作为中心环节,把思想政治工作贯穿教育教学全过程”“要坚持显性教育和隐性教育相统一,挖掘其他课程和教学方式中蕴含的思想政治教育资源,实现全员全程全方位育人”^[1-2]。《高等学校课程思政建设指导纲要》指出:“全面推进课程思政建设是落实立德树人根本任务的战略举措”,强调要“将课程思政融入课堂教学建设全过程”^[3]。专业课程是课程思政建设的基本载体,结合专业课程特点、教学内容、思维方式和价值理念,深入挖掘专业课程蕴含的思政元素,使知识传授与价值引领有机统一,有利于立德树人根本任务的实现。

成都理工大学盐湖化工课程教师以塑造学生的世界观、人生观、价值观为目标,充分挖掘该课程蕴含的思政元素,找准课程知识点与思政元素的融合点,润物无声地将思政教育融入课程教学中,在潜移默化中坚定学生的理想信念、厚植爱国主义情怀、培养奋斗精神,真正做到“守好一段渠、种好责任田”。

一、盐湖化工课程融入思政教育的必要性

盐湖资源是我国重要的优势资源,其中储量巨大的锂、钾等战略资源对于保障我国粮食安全、新能源安全意义重大。然而,盐湖化工企业大多不具备地缘优势,相关高素质人才缺乏成为制约盐湖产业发展的重要因素,“盐湖人才”队伍建设成为世界级盐湖产业基地建设必须重视的问题^[4]。与此同时,在新一轮科技革命和产业变革重构全球创新版图和经济结构的形势下,化工产业作为我国国民经济的基础产业和重要支柱产业,其未来的发展归根结底还需要高水平人才来支撑^[5]。

盐湖化工课程是成都理工大学化学工程与工艺专业的特色核心课程。该课程建立在“四大化学”、化工工艺学、化工热力学和分离工程等课程

知识的基础上,具有综合性强、覆盖面广、知识点多的特点。该课程以培养学生分析和解决盐湖化工生产实际问题的能力为目标,为学生从事盐湖化工相关的科研、产品开发、生产管理提供知识储备。以往的盐湖化工课程教学聚焦知识传授和能力培养,而相对忽视了对学生的价值塑造。从课程发展沿革和教学内容来看,盐湖化工课程同时涉及基础理论和工程实际应用,其中既蕴含着家国情怀、文化自信、工程伦理、工匠精神等思政元素,又包含与国家政策和社会需求直接相关的思政元素。因此,为了实现价值引领的目标,教师可以在传授专业知识的同时,从多维度入手,深挖课程蕴含的思政元素,有机融通思政元素与专业知识,充分发挥专业课程思政育人功能^[6]。

二、盐湖化工课程思政元素的挖掘和融入

教师紧扣课程育人目标,从盐湖化工的发展史出发,介绍盐湖化工发展过程中涌现出的杰出榜样、孕育的精神谱系,同时联系盐湖化工在社会主义现代化国家伟大事业中的作用,找准思政元素融入点,实现课程育人。该课程形成了以“讲政策—陈事实—挖深意—树榜样—强思维”为主链条,注重产教融合与科教融汇的课程思政教学设计思路,如图1所示。

(一)融入新发展机遇和新发展理念,增强学生的社会责任感

2016年8月和2021年3月,习近平总书记对盐湖资源开发利用作出重要指示:“盐湖是青海最重要的资源,也是全国的战略性资源,要制定正确的资源战略,加强顶层设计,在保护生态环境的前提下搞好开发利用”“贯彻创新驱动发展战略,加快建设世界级盐湖产业基地,打造国家清洁能源产业高地”,这为盐湖产业发展指明了方向,也对盐湖资源开发利用方面的专业人才培养提出了更高的要求。教师在授课过程中,有机融入世界级盐湖产业基地建设过程中的新发展机遇和新发展理念,帮助学生了解盐湖化工课程与国家农业

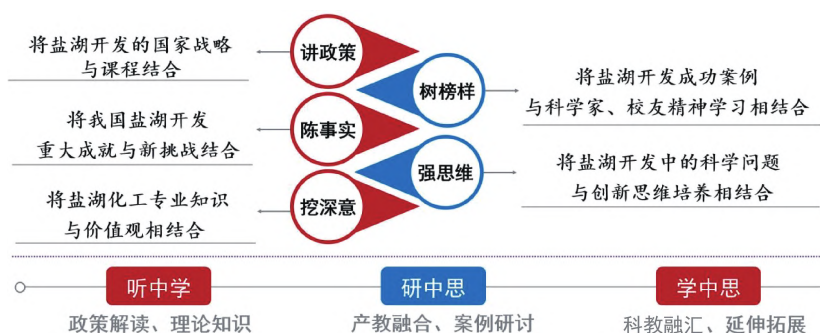


图1 盐湖化工课程思政教学设计思路

安全和新能源产业安全、区域经济社会发展的密切关系,增强学生的社会责任感。

(二) 介绍传统盐文化, 激发学生的民族自豪感

盐湖化工中蕴含着丰富的盐文化。汉字“盐”的字体演变过程体现了古代中国制盐技术的进步。“盐”的繁体是“鹽”, 该字由“臣”“人”“卤”“皿”四部分组成, 其中“臣”代表官吏, “人”指工人, “卤”指卤水, “皿”就是煮盐的器皿, 所以说“鹽”字是对我国古代晋南解池(运城盐湖)制盐实情的表述。西周末年和东周初的金文中发现的“𩇑”字和商朝文物“亚共覃父乙簋”上出现的金文“𩇑”字, 同样是指“盐”。无论是金文的“覃”还是古代的“鹽”字, 都描述了晒制法和煮卤法制盐的工艺过程。教师通过讲述字体演变过程背后的制盐工艺, 介绍制盐的原理, 激发学生的民族自豪感。

(三) 讲述盐业开发史, 培育学生的家国情怀

据《中国盐政史》记载:“世界盐业莫先于中国”, 这说明我国拥有世界上最早的制盐工艺。在教学过程中, 教师结合中国盐业开发史, 依次介绍公元前3 000—5 000年的煮海为盐、西汉时期的定滑轮汲卤、唐代“火井”煮盐及提纯技术、宋代卓筒井技术, 并告诉学生, 在新中国盐湖开发60余年中, 我国拥有了以盐湖股份为代表的580万吨/年钾肥生产能力(产能位列全球第四位), 建立了以国投罗钾为代表的世界上最大的单体硫酸钾生产基地, 成为世界上第四大钾肥生产国, 实现了钾肥从完全依赖进口到自给率约50%。讲述盐业开发史, 有助于学生厚植家国情怀。

(四) 弘扬科学家精神, 激发学生的科技创新活力

党的二十大报告指出, 要培育创新文化、弘扬科学家精神、涵养优良学风、营造创新氛围。科学家攀登科研高峰的过程, 是超越自我、将个人“小我”融入国家“大我”的过程。“天上无飞鸟, 地上不长草, 一日有四季, 风吹盐沙跑”是盐湖严酷地理环境的生动写照。在60余年的盐湖开发过程中, 我国涌现出一大批响应国家号召、献身科学、扎根盐湖的科学家, 他们写就了一个个感人故事。在授课过程中, 教师通过图片、视频等方式讲述“一生常耻为身谋”的盐湖化学奠基人柳大纲院士、建立稀释成盐理论的高世扬院士、“毕生探求尽在盐湖、一生为国找钾盐”的郑绵平院士等老一辈盐湖科学家的科研故事, 引导学生学习艰苦奋斗、无私奉献、团结协作、开拓创新的盐湖精神, 学习科学家潜心研究、淡泊名利、无私奉献、报效祖国、敢为人先的崇高精神, 培养学生的创新意识。

(五) 讲述校友故事, 引导学生开展创新实践

教师充分发挥学校众多校友参与盐湖资源开发的优势, 将校友艰苦奋斗、爱国奉献、创新攻坚的故事转化为教学案例。例如, 教师结合当前盐湖提锂热点, 讲述校友如何结合不同类型盐湖资源特点, 针对盐湖存在的镁锂分离难题, 开发出煅烧法盐湖提锂工艺, 并在“绿水青山就是金山银山”的理念指导下, 进一步研发盐湖提锂新工艺的过程; 介绍校友设立奖学金回馈学校, 将个人所长与服务国家新能源安全战略有机融合的事迹, 以此来增强学生的爱校热情和爱国情怀。此外, 教师还发挥在读研究生的作用, 在同龄人中选聘盐

湖化工方向的优秀在读研究生为朋辈导师,让他们指导本科生开展科技创新实验、参与“双创”活动,以此来发挥榜样的带动力量,凸显“攀登”精神。

(六)“产教+科教”双轮驱动,构建“1+2+N”课程教学模式

在学校深化产教融合、聚力校企共建的背景下,教学团队联合青海盐湖工业股份有限公司、青海中信国安锂业发展有限公司等企业共建盐湖化工课程,打造了以盐湖资源综合利用全产业链为主线、以真实问题为导向、以工程案例开发为背景、以项目实践为手段的课程教学模式,并建立了涵盖盐湖开发全过程的工程案例库。教师在讲授有关锂钾等战略元素提取的内容时,邀请青海盐湖工业股份有限公司的专家讲授从共和国钾肥“长子”到国家钾肥“压舱石”,再到绿色循环经济排头兵的察尔汗盐湖利用史;在讲授盐湖提锂技术时,邀请青海中信国安锂业发展有限公司的专家讲述西台吉乃尔盐湖 20 余年的开发史,介绍从煅烧法到膜法,攻克硫酸镁亚型盐湖卤水提锂技术难题的过程。另外,教师还邀请盐湖龙头企业专家进课堂,与企业联合开发工程案例库。这让学生既了解了盐湖化工技术发展现状,又产生了开发利用盐湖资源的浓厚兴趣。

教学团队注重科教融汇,通过系统梳理 30 余年来相平衡与盐卤化工方面的科研成果,筛选出获得四川省科技进步三等奖的“碳酸盐-硼酸盐水盐体系低温相图研究”成果和获得国土资源科学技术二等奖的“川西平落坝地区富钾铷卤水体系相平衡研究及资源综合利用”成果,将其及时转化为教学案例、虚拟仿真实验教学项目,以使学生了解工程实践难题和企业生产实际,在掌握本专业基本理论知识的同时提高提出问题、分析问题和解决问题的能力。此外,教师还邀请国家自然科学基金重点项目负责人讲述盐化工相关基础研究,并将教学内容延伸至火星研究、地质找矿等领域,以突出科技创新引领和学科交叉融合。

在“产教+科教”双轮驱动下,教学团队构建了“1+2+N”课程教学模式。“1”是指突出盐湖

化工课程特色,讲述盐湖化工基本理论,筑牢理论基础。“2”是指针对盐湖地处高原而带来的实践难的问题,开发虚拟仿真实验,建立仿真平台,并联合线下实验来为学生创造实践机会。如团队将“热溶冷结晶法生产氯化钾”的成果转化为线下实验项目,培养学生攻坚克难的创新精神;以学校研发的盐湖吸附提锂工艺为基础,开发深层地下卤水吸附提锂 3D 虚拟仿真实验教学项目;结合氯化锂电解过程中的安全环保因素,开发氯化锂电解化工安全 3D 仿真系统,进一步增强学生的实践创新能力。“N”是指结合盐湖化工技术更新快的特点,及时将盐湖化工领域的研究性与前沿性内容、最新科研成果和教研成果转化为课堂教学案例引入课堂。

三、完善盐湖化工课程评价体系

以往的盐湖化工课程评价大多采用考试的方式,通过简答题和分析论述题等考查学生对专业知识的掌握情况,而较少关注学生灵活运用专业知识的能力,更不会涉及课程思政的内容。而融入思政元素的盐湖化工课程,其评价环节也充分体现课程思政内容的考核。

教师在授课过程中,建立了涵盖课前、课中、课后的课程思政教学全链条。课前,教师在学堂在线平台上发布预习公告,要求学生了解与课程内容相关的国内外发展现状、国家战略等,引导学生形成主动服务国家战略的意识;在授课过程中,教师邀请企业专家和学科领域专家进入课堂,帮助学生及时了解产业现状和学科发展状况,激发学生的科技创新意识;课后,教师布置相关研讨课题,让学生主动了解专业发展前沿、及时跟踪产业发展动态,引导学生相互讨论,在思维碰撞中成长。根据课程思政教学过程,教师在考核环节结合“双碳”目标和国家新能源战略,让学生分析锂与新能源战略之间的关系、不同类型锂原材料制备锂化合物工艺的区别与联系、提高锂的回收率的方法以及降低提锂过程中环境成本的途径。结合四川盆地地下卤水资源优势,教师让学生思考盐湖卤水开发对地下卤水开发的指导作用和两者的异同点,以及如何将资源优势转化为经济优势。

这样的考核不仅有助于学生主动将专业知识与服务国家战略和区域经济社会发展有机融合,而且能促使学生主动将所学知识运用到不同的场景中,从而深层次地理解创新驱动发展战略和“绿水青山就是金山银山”的理念对化工人的要求,自觉养成良好的职业操守。多元化、全过程的评价,能够促进学生在专业知识、思想价值和能力素养方面的综合发展,有助于实现课程育人目标。

四、课程思政教学效果

经过多年的实践探索,盐湖化工课程形成了以盐湖院士、盐湖科研、盐湖产业为一体的产学研课程思政教学案例库;形成了以青海盐湖工业股份有限公司、青海中信国安科技发展有限公司为主的盐湖产业相关课程思政案例库,相关案例入选中国高等教育学会“校企合作 双百计划”典型案例。盐湖化工课程入选省级课程思政示范课程、省级一流课程,相关教学案例库在以盐化工为特色的高校、科研院所和企业事业单位中得到广泛应用。学生积极参加化工设计大赛、“互联网+”等科创赛事,获省级以上奖项 50 余项,他们的工程实践能力和创新能力得到显著提升。本校学生选择盐湖化工相关专业深造的人数显著增长。

五、结语

盐湖化工课程教学团队以成都理工大学相平衡与盐卤化工团队 30 余年的盐卤资源开发相关研究为基础,结合中国盐业开发史、我国盐卤化工的创新贡献、盐卤化工相关科学家故事和工程案例、盐湖化工服务国家战略和区域经济社会发展的过程,找准专业知识与课程思政元素的结合点,

将思政教育与专业教育相结合。教师通过邀请专家讲述盐湖开发的故事,将盐湖开发史与新中国发展史有机融合,引导学生树立正确的科学观;将技术创新与文化自信深度融合,增强学生的社会责任感;融入可持续发展理念,培养学生严谨的科学态度、远大的科研志向、深厚的家国情怀,增强学生对课程的认同感。在盐湖化工课程中有机融入课程思政元素,有助于实现思政教育与专业教育的有机统一。
(责任编辑:李丽妍)

参考文献:

- [1] 习近平.把思想政治工作贯穿教育教学全过程 开创我国高等教育事业发展新局面[N].人民日报,2016-12-09.
- [2] 习近平主持召开学校思想政治理论课教师座谈会[EB/OL]. [2019-03-18]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-03/18/content_5374831.htm.
- [3] 教育部关于印发《高等学校课程思政建设指导纲要》的通知[EB/OL]. [2020-05-28]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-06/06/content_5517606.htm.
- [4] 李海朝,乌志明,李辉琳.关于更高质量打造世界级盐湖产业基地的思考[J].青海科技,2021(3):16-20.
- [5] 苏海佳,张婷,谭天伟.未来化工行业领军人才培养改革的思考[J].中国大学教学,2021(11):14-18.
- [6] 樊秀峰,吴振祥,简文彬.工科专业课程思政元素多维度有机融通策略[J].化工高等教育,2021,38(6):7-10,69.

引领盐化工新程的新工科多元化人才培养探索与实践

杜威,郝庆兰,曾威,王彦飞,唐娜

(天津科技大学化工与材料学院,天津 300457)

摘要:面对新工科建设与国家盐化工行业转型升级的双重需求,天津科技大学化学工程与工艺专业以“厚业精术·工程报国”为育人理念,聚焦“化工+”跨学科融合,开展以制盐与盐化工为特色的专业改造与实践。通过“需求驱动、理念引领”的“化工+”人才培养体系、“技术赋能、因材施教”的个性化培养模式和“虚实结合、产学研协同”的实践育人体系三方面的系统改革,构建了 3E 人才培养目标、“化工+”课程体系、“133”个性化培养模式及“虚实结合、产学研协同”的多维实践平台,形成了一套贯穿“课程—实践—文化—评价”的系统化改革方案。

关键词:新工科建设;盐化工;人才培养模式;“化工+”;产教融合;工程教育认证

中图分类号:G642.0

Exploration and Practice of Diversified Talent Cultivation in Emerging Engineering for Leading the New Course of Salt Chemical Industry

DU Wei, HAO Qinglan, ZENG Wei, WANG Yanfei, TANG Na

(College of Chemical Engineering and Materials Science, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract:Faced with the dual demands of emerging engineering construction and the transformation and upgrading of China's salt chemical industry, the speciality of Chemical Engineering and Technology of Tianjin University of Science and Technology adheres to the educational philosophy of “solid professional foundation, mastery of expertise, and serving the country through engineering”. Focusing on the interdisciplinary integration of “chemical engineering +”, the speciality has been conducting professional transformation and practice featuring salt production and salt chemical engineering. Through systematic reforms in three aspects, namely the “demand-driven, philosophy-guided” talent cultivation system of “chemical engineering +”, the “technology-empowered, individualized instruction” personalized training model, and the “integration of virtual and real scenarios, and collaboration between industry and university” practice-oriented education system, we have constructed 3E talent cultivation objectives, a “chemical engineering +” curriculum system, a “133” personalized training model, and a multi-dimensional practice platform based on the “integration of virtual and real scenarios, and collaboration between industry and universities.” In doing so, we have developed a systematic reform plan that runs through the whole process of “curriculum, practice, culture and evaluation”.

作者简介:杜威(1986—),男,教授,研究方向:化学工程与工艺。

通信作者:唐娜(1972—),女,教授,研究方向:化学工程与工艺。

基金项目:天津市普通高等学校本科教学质量与教学改革研究计划项目“自主培养满足盐化工行业多元化需求的‘化工+’专业人才培养模式探索与实践”(PYGJ-B044)。

Key words: emerging engineering construction; salt chemical industry; talent cultivation model; “chemical engineering +”; industry-education integration; engineering education accreditation

在当前全球科技革命与产业变革加速演进、国家创新驱动发展战略深入实施背景下,高等工程教育正面临前所未有的机遇与挑战。新一轮工业革命以人工智能、大数据、物联网、智能制造等为代表,正在重塑产业形态与人才需求结构,对工程人才的创新能力、跨学科素养与实践能力的提出了更高要求^[1]。为应对这一变革,教育部于2017年启动“新工科”建设,推动工程教育从理念、模式、内容到方法的系统性改革,且新工科2.0要求紧密围绕理念深化、结构优化、模式创新等八个方面展开,旨在全面推进面向未来、面向产业、面向世界的卓越工程师的培养^[2-3]。

新工科建设强调“新的工科专业、工科专业的新要求、交叉融合再出新”,其核心是通过深化产教融合、优化专业结构、创新培养模式,构建具有中国特色的工程教育体系。面向传统的专业人才培养模式与快速迭代的产业技术需求之间呈现出的“结构性矛盾”,各高校均开展了新工科改革与探索。天津大学提出建设新工科培养平台和以学科交叉、项目式教学为特色的新工科建设方案^[4],并指出化工类专业应重新制定培养目标,更新专业知识体系,注重学科交叉和融合,推进协同育人机制和专业实践平台的构建^[5]。天津大学能源动力类专业提出“使命驱动,智能熔炼”的教育理念,建立了具有真实工程特征的智能实践教育平台体系^[6]。浙江大学海洋工程与技术专业进行了课程提质减量、核心课程群分层次构建、面向智慧海洋的信息类课程建设的探索与革新^[7]。南京工业大学通过优化课程体系、强化校企合作、创建创新平台、强化师资队伍建设等方式开展了生物工程专业“新工科”人才培养模式的探索与实践^[8]。福州

大学构建了“四驱动四融合四提升”人才培养模式,提升安全工程专业新工科人才的道德品质、专业素养、创新能力和就业质量^[9]。北京化工大学通过建设深度融合的校企合作育人实习实践基地,探索出一条新工科背景下实现高校毕业生由学校向社会高质量、精准过渡的新路径与新思路^[10]。

在借鉴兄弟院校新工科建设经验的基础上^[11-15],本文以天津科技大学化学工程与工艺专业为研究对象,聚焦盐行业3E人才培养,创建了“厚业精术·工程报国”育人理念,从“需求驱动、理念引领”培养体系的构建、“技术赋能、因材施教”的个性化培养模式的打造以及“资源整合、内涵发展”的协同育人生态的深化三个方面进行了深度实践,基于新工科建设的整体推进与范式转型,探讨未来工程教育在理念深化、师资建设、产教融合与卓越工程师培养等方面的挑战与路径,以期同类院校的工程教育改革提供参考与借鉴。

一、人才培养存在的问题

盐行业是国民经济的基础产业,同时也是支撑国家能源战略与智能制造的核心领域,目前正从传统的制盐与盐化工向新材料、高端化学品、智能制造等方向延伸。这对以制盐与盐化工为特色的化学工程与工艺专业人才培养提出了更高要求,不仅需要掌握化工基础理论,还需具备材料、化学、环保、人工智能等多学科交叉知识与实践能力。然而,通过多年的专业建设、专业毕业要求达成情况的直接和间接评价以及学生座谈等调研,发现本专业人才培养体系存在三大问题。

1. 人才培养理念滞后,与行业发展脱节

传统工科教育未能及时响应现代盐化工行业

的技术变革与人才需求变化,培养目标与毕业要求长期未作系统性更新,导致毕业生知识结构、能力素养与企业实际需求存在显著差距,教育教学内容滞后于产业升级步伐。

2. 培养模式趋同,缺乏分类发展与个性化引导

原有课程体系与教学方式较为单一,未能充分考虑学生多元发展路径与行业细分领域差异,导致人才培养同质化现象突出,难以适应盐化工行业对复合型、特色化、创新型人才的迫切需求。

3. 实践教学薄弱,能力培养流于形式

实践教学环节缺乏系统设计与资源整合,未能建立与复杂工程问题相适应的综合实训平台;评价体系偏重理论考核,缺乏对工程实践能力的有效衡量与反馈,导致学生解决实际问题的能力不足,实践教学效果未能真正落地。

二、人才培养理念

天津科技大学化学工程与工艺专业以制盐与盐化工为特色,面对盐行业向新材料、智能化、绿色化转型的新需求,提出“厚业精术·工程报国”的教育理念,以解决国家制盐与盐化工领域重大战略需求为使命,构建具有真实工程特征的教学平台体系,推动学生从“知识学习”向“能力锻造”转变。

“厚业精术”强调将人工智能、大数据等智能技术深度融合于实践教学全过程,通过多学科交叉、项目式学习、校企协同等方式,锻造学生的工程实践能力、创新思维与团队协作能力。“工程报国”则强调以国家与盐行业智慧盐场、智能动力、无人系统等发展中的真实问题为导向,激发学生的社会责任、创新动力与家国情怀。

三、专业改革举措

面对新工科与产业变革的双重挑战,本专业

立足“厚业精术·工程报国”育人理念,以“化工+”为核心,系统推进学科交叉、产教融合与模式创新,全面塑造具备跨学科素养、工程创新能力与家国情怀的卓越盐化工人才。

1. 构建“需求驱动、理念引领”的“化工+”人才培养体系

当前,工程教育已从供给侧转移到以需求端为牵引,化学工程与工艺专业通过与企业、研究院所及行业专家的深度调研与协同分析,精准锚定了现代盐化工产业升级对人才的核心要求,深度解析现代盐化工产业升级之需,根据盐化工行业对现代工程师解决复杂工程问题能力的要求,构建专业知识图谱,体现制盐与盐化工工艺和技术创新、制盐卤水精细化调控、高端多品种盐产品开发以及大规模高效制盐装备研创,实现从传统海盐生产工艺到井盐、湖盐、矿盐科技的全链条教育覆盖,培养能够通过技术革新整理碎片化信息和有效资源,具备系统性思维、创造性思维和批判性思维,具备家国情怀和社会责任感的高素质工程技术人才。

(1) 聚焦盐行业需求端的 3E 人才培养目标重塑

基于盐化工产业向高端化、绿色化、智能化转型升级的战略需求,该专业明确了解决复杂工程问题所需的多学科知识图谱、全链条技术能力及引领性思维格局三大核心维度。以此为导向,反向推导出人才培养目标,即夯实跨学科工程基础(Engineering),锻造胜任研发与创新的岗位能力(Expertise),塑造具有家国情怀与系统性思维的卓越素养(Excellence)(表 1)。通过产教深度融合,将这三个层次的目标具象化为课程体系、实践项目与价值引领,精准培育驱动行业变革的 3E 人才。

表 1 化学工程与工艺专业 3E 人才培养目标

人才层级(3E)	核心特质	在盐化工产业升级中的具体内涵
工程基础 (Engineering)	知识图谱	拥有化学工程、材料科学、机械自动化、资源环境、信息技术等多学科交叉的系统性知识结构
岗位胜任 (Expertise)	解决问题	具备解决复杂工程问题的实践能力,能胜任全链条工艺创新、高端产品开发、高效装备研创、卤水精细化调控等核心岗位要求
卓越 (Excellence)	思维与情怀	具备系统性、创造性、批判性思维,并怀有家国情怀和社会责任感,能引领盐行业技术革新和可持续发展,成为盐行业未来的开拓者

(2)与制盐产业深度产教融合的“化工+”课程体系构筑

该专业将盐行业数字化、信息化和智能化的产业前沿需求和技术变革直接融入课程体系的顶层设计,彻底打破传统学科壁垒,构建了以“化工+”为核心的跨学科课程体系(图 1)。设立“化工+人工智能”主线,引入信息与智能科学导论、计算思维与智能导论等课程,将大数据、物联网、深度学习等智能技术嵌入化工过程模拟与优化等核心课程的教学内容中。同时,设立“化工+材料”主线,

强化高分子化学、功能材料设计与加工等课程,对接盐化工下游高附加值新材料产业链的需求。课程内容紧密围绕制盐产业真实场景,将“制盐卤水开采与净化”“多效蒸发结晶”“日晒盐田设计”等全流程生产工艺引入制盐工艺与盐田设计、卤水化工工艺、工业结晶等特色专业课中。该专业还联合企业、设计院共同开发了包含大量真实工程案例的“化工+”教学资料库,使学生在课堂上就能接触到来自生产一线的最新技术难题和解决方案,确保了人才培养与产业升级需求的同频共振。

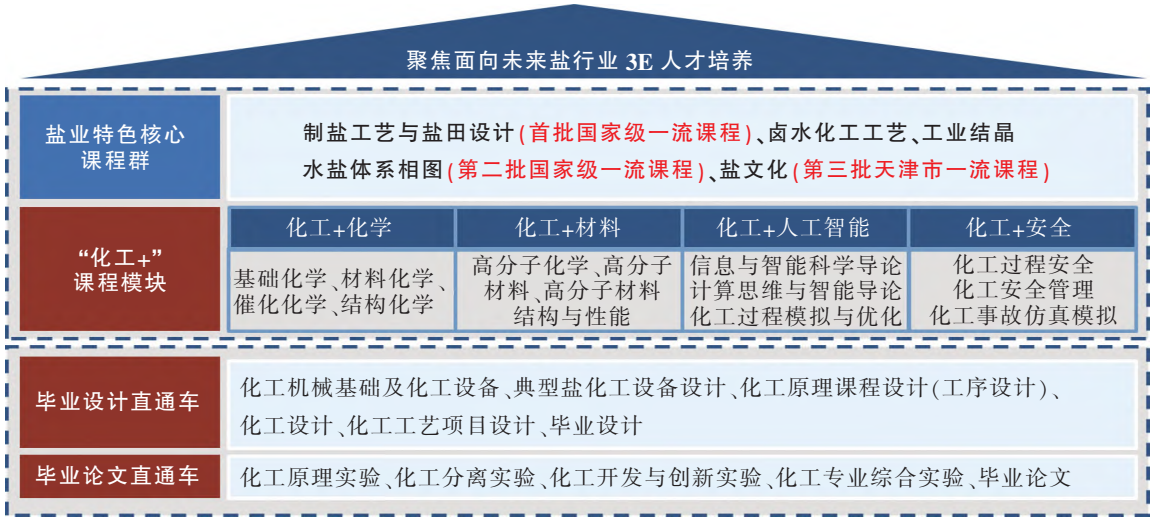


图 1 化学工程与工艺专业“化工+”课程体系

2. 打造“技术赋能、因材施教”的个性化培养模式

(1)“133”个性化培养模式构建

为深化产教融合、突出个性化与工程型人才

培养,该专业创建了“133”人才培养模式(图 2),全面推动学生多元成长和高质量发展。该模式以“一人一方案”为核心,依托本科生全程导师制和项目制教学,为每位学生量身定制符合其兴趣、能

力与职业规划的发展路径。导师自学生入学起便提供全程指导,结合企业实际项目与科研课题,在课程选择、科研训练、实习实践及职业发展等方面给予个性化支持,确保培养过程的精细化和差异化。

培养过程明确划分为“三阶段”,形成循序渐进的育人链条。在通识教育阶段,着力夯实数理基础、人文素养和化工学科基本理论;进入专业基础阶段,则强化跨学科交叉能力培养,引入人工智能、材料科学等“化工+”课程模块;在专业方向阶段,充分尊重学生意愿,提供制盐工艺、盐化工、精细化工等不同方向课程组,增强专业选择的自主

性与灵活性。

在出口方向上,设置“三类型”发展路径,满足学生多样化需求。就业创造型路径注重产教协同与职业技能实训,强化工程实践能力,直接对接企业需求;工程创新型路径侧重复杂工程问题解决与技术创新能力,通过参与教师横向课题和企业技术攻关提升研发素养;学术深造型路径则突出科研训练与学术素养培育,鼓励学生深造,从事前沿基础或应用研究。通过“133”模式的系统实施,实现了分类培养、因材施教,显著提升了人才供给的适应性和竞争力。

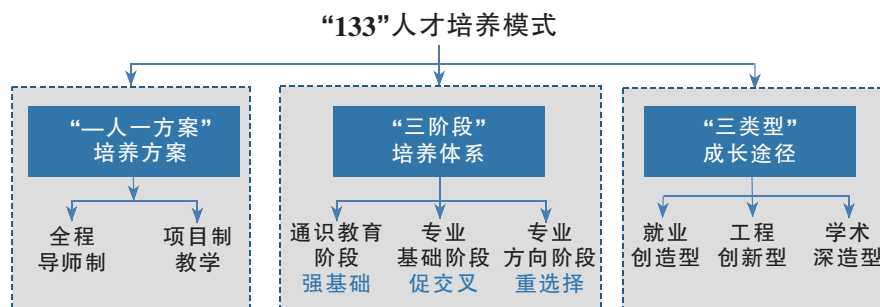


图 2 化学工程与工艺专业“133”人才培养模式

(2)“行业—企业”全过程深度融入

邀请盐行业龙头企业、设计院与科研院所专家参与培养方案制定,建立内外部评价反馈机制;打通学校与企业壁垒,覆盖材料、化学、人工智能、安全等多领域;引入资深工程师参与教学,指导毕业设计与学科竞赛,增强工程实践能力;实施项目制教学,结合课程思政与劳动教育,提升学生综合素质。强化“知识图谱—项目制—实习实践基地—人才产出评价”协同育人机制,打造产教教深度融合的现代盐化工人才培养新范式。

3. 强化“虚实结合、产学协同”的实践育人体系

(1) 专业文化建设

该专业秉持“文化育人”理念,深耕国家盐业教育,担当国家盐业栋梁和先锋,推动盐业科技进步,着力构建以“盐业黄埔”精神为内核的专业文

化体系,强化价值引领与行业认同。通过系统整合学科历史资源与制盐产业文化基因,将“艰苦奋斗、精益求精、为国制盐、产业报国”的优良传统融入课程思政与第二课堂,推动专业教育从“技能传授”向“人格塑造”升华。开设盐文化特色课程,组织学生深入盐田和制盐车间开展实践教学与主题党日活动,引导学生在认识盐行业演进历程和国家战略需求中,树立家国情怀与全球视野,培养兼具专业能力、社会责任与创新精神的盐业领军人才。

(2) 虚实结合的资源 and 平台建设

坚持“协同共建、产教融合”的资源建设理念,该专业以行业发展前沿与工程实践需求为导向,系统推进教学资源与平台建设。贯彻“科教融汇”思路,将科研成果及工程案例转化为优质教学资

源,牵头编写制盐工艺学、水盐体系相图等一批体现行业领先水平的特色教材并制作数字化教学资源。在实践平台方面,构建“虚实结合、产学研协同”的多层次实践教学新生态,依托与中盐集团、渤海化工等龙头企业共建的 20 余个国家级和省级实践教学基地,构筑了制盐工程设计、制盐科学研究

和制盐产业应用三大平台(图 3),将企业真实项目、工艺瓶颈和研发任务融入课程设计、毕业实习及创新训练中,不仅拓展了产学研合作的广度与深度,更实现了工程现场与教学场域的有效贯通,为培养学生扎实的盐化工工程基础、岗位胜任力和卓越素养提供了坚实支撑。

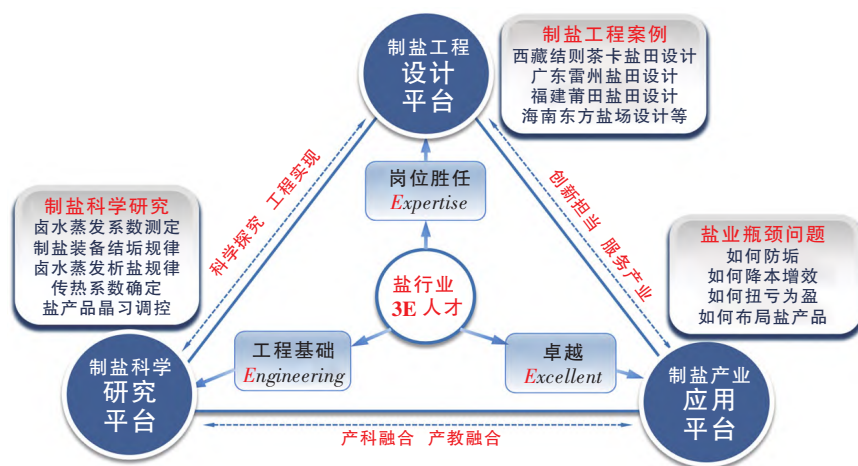


图 3 化学工程与工艺专业三大平台与 3E 人才培养的支撑关系

(3)“虚拟仿真—实习实训—工程设计—科研项目”实践教学体系建设

该专业将实践教学作为产教融合的核心载体,构建了“虚拟仿真—实习实训—工程设计—科研项目”多维一体、与企业深度绑定的实践教学体系。与企业合作开发了“日晒盐田 3D 虚拟仿真系统”和“多效真空制盐 3D 虚拟仿真软件”等多个高度仿真的教学平台,使学生能在虚拟环境中安全、低成本地完成整个制盐工艺的操作、故障诊断和工艺优化,极大弥补了传统实习“只能看不能动”的不足。同时,全面推行“人人做设计”模式,将化工设计、化工工艺设计等课程与认识实习、生产实习、毕业设计(论文)环环相扣。学生从第五学期开始进入企业实地了解生产设备与工艺,第七学期则需运用所学知识,完成包括工艺选择、计算、设备设计和图纸绘制等完整项目,其设计课题

许多直接来源于企业的实际需求或技术改造难题。在毕设环节,采用“毕业设计(论文)直通车”模式,将教师的纵向科研课题或企业的横向技术开发项目分解为本科生的毕业设计(论文)课题,让学生从大一就进入导师课题组,直接参与前沿科研与工程实践,实现了“专业课—科研实践—毕业设计(论文)”的无缝对接,有效培养了学生的工程实践和创新能力。

(4) 师资队伍建设

立足“双师双能、跨界协同”的教师发展观,该专业多路径构建了一支教学水平高、工程素养强、育人意识突出的高水平师资队伍。通过携手山西大学和青海大学共建天津市制盐与盐化工课程群虚拟教研室,开展常态化教学研讨与资源共享,提升教学学术共同体建设水平。积极推行“产业导师融入机制”,聘请一批企业资深工程师与技术专

家参与课堂教学、毕业设计指导及教材开发,促进工程经验与教育过程的深度融合。实施“青年教师工程能力提升计划”,完善教师赴盐企研修、挂职及合作研发制度,显著增强教师的实践教学与技术创新能力,为复合型工程人才培养提供可靠的师资保障。

(5) 评价机制建设

以新时代盐化工行业人才需求为导向,引入产出导向教育(OBE)理念,构建以能力达成度为核心、多元协同的评价体系,实现人才培养质量的持续改进。依据新工科与工程教育认证要求,系统解构盐化工行业人才能力构成,建立覆盖工程知识、创新设计、团队协作、职业规范等维度的能力图谱。推动评价方式从单一考试成绩向多主体、多形式、多维度转变,融入企业评价、同行评议、项目评估等多元主体视角,并将课程项目、研发成果、实习表现等纳入形成性评价。该机制强化“评价—反馈—改进”闭环管理,为“产科教协同”育人模式提供制度保障,切实推动人才供给与产业需求之间的动态适配,提升人才培养目标评价过程的合理性。

四、专业改革成效

针对原有培养体系存在的理念滞后、模式趋同与实践薄弱三大核心问题,本专业以“厚业精术·工程报国”为引领,通过构建“需求驱动、理念引领”的“化工+”课程体系、“技术赋能、因材施教”的“133”个性化培养模式,以及“虚实结合、产学研协同”的多维实践平台,系统推进改革并取得显著成效。人才培养与产业需求实现紧密对接,专业于2021年获批国家级一流专业建设点,建成国家级和省级一流课程7门;个性化培养路径有效激发学生多元发展活力,近三年学生获“互联网+”“挑战杯”等省部级以上竞赛奖项百余项,连续荣获全国大学生化工实验大赛特等奖;实践教学与工程

创新能力培养实效突出,“毕业设计直通车”及校企共建平台助力学生真操实练,师资教学能力同步提升,获全国高校教师教学创新大赛一等奖等多项荣誉。

五、结语

本文以新工科建设为引领,立足盐化工行业特色,通过系统化的教育改革与实践,构建了以“厚业精术·工程报国”为核心、跨学科融合为路径、个性化培养为手段的多元化工程人才培养体系。改革显著提升了学生的工程基础、岗位胜任力与卓越素养,专业建设与教学成果获得认可,形成了可复制、可推广的“天科大模式”,通过新工科建设,持续深化产教融合、优化资源整合、强化师资队伍队伍建设,进一步推动工程教育范式持续转型,促进新工科专业建设和人才培养质量提升。

参考文献:

- [1] 王凯峰,王磊,林佳妮,等.探索数智时代工程教育新转型与新模式[J].科教发展研究,2025,5(1):13-37.
- [2] 顾佩华.新工科与新范式:实践探索和思考[J].高等工程教育研究,2020(4):1-19.
- [3] 林佳妮,胡德鑫,夏淑倩,等.新工科研究与实践的发展现状、成效评价与未来趋势[J].高等工程教育研究,2024(2):38-43.
- [4] 王召,程金萍,魏树红,等.智慧化工人才培养平台研究与实践[J].化工高等教育,2023,40(1):13-18.
- [5] 夏淑倩,张凤宝.化工类国家级一流本科专业建设现状和发展分析[J].化工高等教育,2023,40(1):2-7.
- [6] 梁兴雨,谢辉,顾佩华,等.基于“使命驱动,智能熔炼”教育理念的能源动力类实践教学改革探索[J].高等工程教育研究,2023

- (S1):4-6.
- [7] 刘天英,瞿逢重,胡鹏,等.新工科背景下海洋工程与技术专业培养方案的改革探索:以浙江大学海洋学院为例[J].创新创业理论与实践,2024,7(20):138-142.
- [8] 于艳芳,信丰学,蒋羽佳.生物工程专业“新工科”人才培养模式的探索与实践[J/OL].生物学杂志, <https://link.cnki.net/urlid/34.1081.Q.20250901.0955.002>.
- [9] 阳富强,李嘉鹏,葛樊亮,等.新工科背景下地方高校安全工程专业人才培养模式探索与实践[J].化工高等教育,2025,42(4):18-24.
- [10] 刘乔溪,白智群,崔玉.新工科背景下“大化工”专业特色校企联动就业育人体系构建:以北京化工大学与万华化学集团股份有限公司供需对接育人项目为例[J].产业创新研究,2025(13):175-177.
- [11] 马锋,刘雅,张铭,等.新工科背景下化工专业类课程教学改革与评价机制探索[J].河南化工,2024,41(10):63-65.
- [12] 高强,李威,吉月辉,等.新工科背景下“脑机接口与智能系统”微专业建设研究与实践[J].中国轻工教育,2025(2):53-61.
- [13] 陈永超.“新工科”背景下的工业设计课程体系优化[J].工业设计,2021(12):32-33.
- [14] 葛磊蛟,李尚泽,王尧.新工科条件下电气工程学科本科毕业设计的新模式[J].当代教育实践与教学研究,2020(9):49-51.
- [15] 郭玉花,王怀文,张晓川,等.包装工程专业“学-研-赛-练-学”五位一体教学模式的探索与实践[J].包装工程,2022,43(S2):20-23.
- (责任编辑:姚歆烨)

天津科技大学三位学者入选爱思唯尔 2025“中国高被引学者”榜单

近日,国际知名学术出版集团爱思唯尔(Elsevier)正式发布2025“中国高被引学者”(Highly Cited Chinese Researchers)榜单。天津科技大学高发明、司传领、王书军三位学者凭借深厚的学术积淀与突出的科研贡献,分别入选化学工程与技术、轻工技术与工程、食品科学与工程领域榜单。

据悉,爱思唯尔“中国高被引学者”榜单以全球权威引文与索引数据库Scopus为统计来源,具有公信力与认可度。2025年榜单共涵盖6310位高被引学者,来自543所高校、企业及科研机构,覆盖教育部10个学科领域、83个一级学科。榜单通过多维度指标体系,系统呈现中国学者在各学科领域的科研贡献与创新价值,入选意味着学者以第一作者或通讯作者身份发表的论文,被引次数稳居本学科领域顶尖水平,其研究成果为学科发展提供了重要支撑。

三位学者的入选,既是对其个人长期深耕学科前沿、潜心钻研创新的认可,更是天津科技大学“先锋计划”学科登峰行动成效的生动体现。这一成果将为天津科技大学“3510”战略工程的深入推进注入动力,推动优势学科向高质量内涵式发展迈进,进一步扩大学校在学术领域的影响力。

(天津科技大学新闻网)



新工科教育背景下工科专业建设探索与成效

——以天津科技大学化学工程与工艺专业为例

唐 娜 蒋建伟 郝庆兰 樊 志 王耀环

(天津科技大学化工与材料学院, 天津 300457)

摘要: 基于教育部新工科研究和实践的指导意见, 为适应新技术、新业态、新模式、新产业、新经济社会发展对当前高等院校培养人才的需要, 遵循工程教育专业认证质量标准, 天津科技大学对具有多方向的化学工程与工艺专业进行了有益探索, 从教学管理到教学落实, 突出学生的学习效果, 强化学生解决复杂工程问题的能力, 并对专业建设改革的成效开展多维度的结果评价, 评价结果用于专业建设的持续改进。

关键词: 新工科; 工程教育认证; 持续改进; 评价

中图分类号: G642.0

Investigation and Effectiveness of the Construction of Engineering Specialty against the Background of New Engineering Education—Taking Chemical Engineering and Technology of Tianjin University of Science and Technology as an Example

TANG Na, JIANG Jianwei, HAO Qinglan, FAN Zhi, WANG Yaohuan

(College of Chemical Engineering and Materials Science, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: Following the guidelines by China's Ministry of Education on research and practice in the field of new engineering as well as the quality standards for professional certification of engineering education, Tianjin University of Science and Technology has undertaken significant investigations into the construction of specialty of Chemical Engineering and Technology with multiple directions, with an intended purpose to meet the needs of new technologies, new business formats, new models, new industries, and new economic and social development for the current universities to train talents. Such investigations were conducted from teaching management to teaching implementation, stressing students' learning result and their ability in solving complex engineering problems. Moreover, multi-dimensional evaluation was performed on the effectiveness of educational reform on the specialty construction. The result of the evaluation will be applied to the continuous improvement of specialty construction.

Key words: new engineering; professional certification of engineering education; continuous improvement; evaluation

作者简介: 唐娜(1972—), 女, 教授, 研究方向: 海水和卤水资源综合利用、盐科学与工程、膜分离技术。

基金项目: 教育部第二批新工科研究与实践立项项目“以制盐与盐化工为特色的化学工程与工艺专业改造升级探索”。

一、引言

进入 21 世纪以来,经济全球化和社会信息化推动着高等教育的快速变革,实践证明传统工程教育模式、课程体系、课程内容、教学方法已经不能适应新产业和新经济发展需求^[1],为主动应对新一轮科技革命与产业变革,培养符合时代发展与产业行业要求的工科人才,2017 年 2 月以来,教育部积极开展新工科研究与实践,新工科建设的根本目的,在于培养适应乃至引领未来工程发展需求的复合型创新人才^[2],在“新工科”建设背景下,高校承担着培养多样化、创新型卓越工程科技人才的重任^[3-5],许多高校也正在探索新的教育形式^[6-7],天津科技大学化工与材料学院以化学工程与工艺专业为试点,开展新工科建设的研究与实践,充分落实以学生为中心、成果导向、质量持续改进的工程教育认证理念,探索多方向化学工程与工艺专业在课程体系、实习实践、毕业设计环节的改革研究及实践。

二、专业教学机构的改革与实践

天津科技大学化学工程与工艺专业源于 1958 年的海水制盐工艺专业和盐化工艺专业,经过多年的发展,形成了“制盐与盐化工”“精细化工”“催化科学与工程”和“生物化工”四个专业方向。

为贯彻“厚基础、宽口径、高素质、强实践、重创新”的人才培养方针,学院坚持以学生为中心,结合教育部发布的新工科研究与实践项目指南,实施教学管理机构改革,将该专业的四个方向所属四个系进行整合,成立化工系,下设课程教学教研室、实习实践教研室、毕业设计教研室,分别负责课程、实习实践和毕业设计的教学工作,化工系教学组织结构见图 1。

三、课程建设的改革及成效

课程建设改革由课程教学教研室统筹管理和推进,基于新工科和工程教育认证的建设要求,根

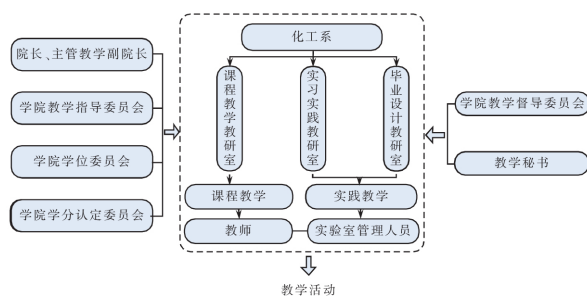


图1 化工系教学组织结构图

据专业培养目标制定明确、公开、可衡量的毕业要求,课程设置从“知识体系”向“毕业要求能力体系”转变,优化调整课程体系,在教学实践中不断优化教学内容,改革教学方法,完善考核方式,内部通过课程目标达成情况的有效评价支撑毕业要求达成度,并同时改革的成效进行了追踪调查和外部评价。

1. 以需求为导向,优化课程体系

本专业按照新工科建设思路,结合工程教育专业认证标准,通过对企业、行业、教师、在校生成和校友的问卷调查和反馈,制定出满足社会需求的课程体系,形成具有扎实化学基础、突出的材料制备和工程设计能力、理工融合型的化学工程与工艺专业课程教学体系。

新的课程体系改革将原有的四个专业方向的课程划分为通识教育课程、学科基础课程、专业教育课程以及个性化课程四大模块,通过增加材料类课程和个性化课程模块,构建了以化工专业课程为核心、以“化工-化学-材料”和“化工-化学-现代信息与人工智能”为主线的具有学科交叉特征的课程体系,允许学生跨专业、跨学科选课,由学院学分认定委员会认定替代相似课程或选修课,实现了跨学科课程的交叉设置和学分互认,大大增加了多专业方向学生对课程的选择自由度,同时实现了学生知识结构的多样性。

2. 以工程教育认证标准为准绳,调整教学内容
在教学内容上,按照工程教育认证补充标准,



结合毕业要求中的非技术因素与立德树人,形成可观察、可评价的覆盖理论课、实验课、课程设计和课外活动的“全程”课程思政教学方案,全面推进课程思政,使专业课思政与思政课程同向同行,将思政元素体现在教学大纲中,根据不同课程的特点,将课程思政的要求体现在课程目标和课程章节的能力要求中。

对学生全覆盖讲授化工安全与环保的共性知识和技术,如将原来各专业方向的选修课化工环保技术、化工安全概论等统一整合优化为本专业的必修课化工环保与安全,增设材料化学、催化化学、结构化学以及理论和计算化学等课程内容,将智能化工、大数据和物联网、三维数字化、现代化化工厂设计等知识引入计算化学、化工过程模拟与优化和化工设计等课程,教学内容突出智能化工设计理念,开设化工工艺设计课程,增加综合性、设计性、创新性实验,既便于学生巩固知识以提升学生在解决实际复杂工程问题时的创新意识和工程实践能力,又能达到理论与实际的相辅相成。

3. 以学生为中心,改进教学方法

在教学方法上,化学工程与工艺专业打破传统教学模式,探索多元混合式教学方法,以充分发挥学生学习的自主性、能动性和创造性。一是以问题为导向,开展启发式教学,激发学生的想象力和创造力,使学生成为课堂的主体。二是开展研讨式教学,以启迪学生思维、培养学生能力为目的,激发学生的创新思维,从应用知识学习转变为创造知识学习。三是结合现代化教学工具,开展线上线下信息化教学,如采用“雨课堂”、慕课、微课、虚拟仿真实验室等信息化手段,实现了“课堂教学”与“现场观摩”“理论传授”与“工程实践”的有机统一,突出学生工程能力的培养,提高学生解决复杂化学工程问题能力、适应能力和就业的灵活性。四是考核方式多元化,实施形成性评价,形

成性评价原则上不少于四种考核方式,确保过程性考核比例不低于40%,实现过程性考核与结果性考核的有机结合。

4. 实施课程建设效果评价

(1) 调查数据结果

课程教学效果的结果性评价是衡量课程建设改革是否合理的标尺,为此,经学院教学指导委员会讨论研究制表对课程的设置、进度及教、学、考、评等多个方面进行了满意度随机在线调查与测评,调查对象是2016级和2017级化学工程与工艺专业410名学生,共回收问卷332份,有效问卷332份,有效率为100%,其中2016级163份、2017级169份,2016级、2017级化学工程与工艺专业学生课程教学效果调查数据结果详见图2和图3。

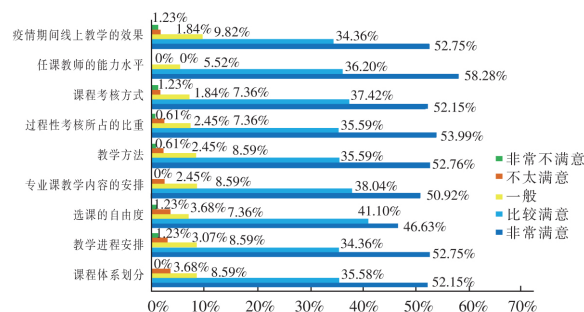


图2 2016级化学工程与工艺专业学生课程教学效果调查结果数据图

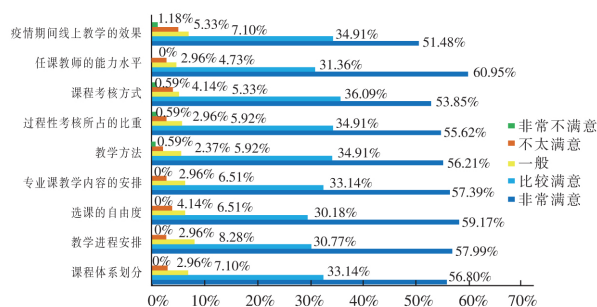


图3 2017级化学工程与工艺专业学生课程教学效果调查结果数据图

通过基本描述统计可以看出所调查的学生对任课教师的能力水平满意的占比90%以上,满意度最高,其他考评环节学生们给予的满意度占比

均在 85% 以上,说明我们的教师自学院教学贯彻工程教育认证标准以来,能够转变教学理念,不断学习,自我提高,更新自己的知识。然而线上的教学效果满意度相对有所欠缺,分析认为虽然存在一定的客观原因,但教师需结合自己的课程更加积极主动探索研究信息化教学,全方位、全程、全线提高网络教学的满意度。

学生的满意度是一种自我体验和心理感知,为对 2016 级和 2017 级进行纵向定量测评和有效分析,我们采用李克特 5 级计分将其转变成实际数字进行推论统计,对应的 5 级态度是非常满意、比较满意、一般、不太满意和非常不满意,相应的赋值是 5、4、3、2、1。其 2016 级和 2017 级课程教学效果矩阵量表项平均分对比分析见图 4。

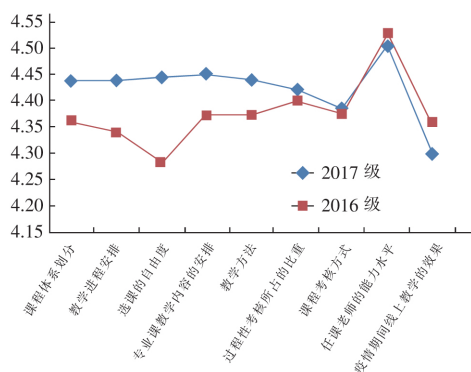


图 4 2016 级和 2017 级课程教学效果矩阵量表项平均分对比图

通过 2016 级和 2017 级对比图表明,随着化学工程与工艺专业工程教育认证标准的贯彻落实,课程建设改革的进一步深化,学院及教师们对 OBE 理念的进一步深刻认识和理解,2017 级学生对课程教学的各方面满意度普遍比 2016 级学生的满意度偏高,尤其体现在以学生为中心,跨专业、跨学科选课的自由度方面。

(2) 调查数据的可信度分析

为了表明态度定量量表题回答数据的可靠准确性,本文对调查数据通过 SPSS 软件进行了统计

和 Cronbach 信度分析,分析结果详见表 1。

表 1 课程建设 Cronbach 信度分析表

年级	项数	样本量	Cronbach α 系数
2016 级	9	50	0.969
2017 级	9	50	0.976

一般而言, α 系数如果高于 0.8,则说明信度高;如果此值介于 0.7 ~ 0.8 之间,则说明信度较好;如果此值介于 0.6 ~ 0.7 之间,则说明信度可接受;如果此值小于 0.6,说明信度不佳。从上表可知,2016 级和 2017 级的信度系数值均大于 0.9,说明课程教学调查数据信度质量很高。

四、实习实践的改革及成效

实习实践是工科人才培养的重要一环,是将理论知识应用于实践的过程,是学生向工程师转变的认知阶段,也是现场教学的绝佳机会。

1. 突出专业特色,整合优质实习资源

为切实提升学生实习实践的效果,组建后的实习实践教研室对各方向的实习基地资源按工业领域进行了整合,将所有的实习实践教学基地进行统一的筛选和规划,根据各方向特色精选出符合专业教育的实践基地,并实现优质实习资源的互通共享,结合专业方向特点,制定出统一的实习实践教学方案,在突出专业培养特色的基础上,提升实习实训效果。

2. 强化工程能力培养,明确实习目的和标准

实习实践教研室以强化解决复杂工程问题能力培养为目标,教研室主任组织教师制定出明确的实习目的和标准。实习过程中学生按照规定的实习目的和标准,结合企业实际生产中遇到的工程技术问题,通过现场参观、企业技术人员讲解指导、调阅文献、运用软件工具和所学知识来分析问题,设计研究方案,撰写实习报告,以避免化工专业走马观花放羊式传统实习模式,强化学生工程能力培养。



3. 探索多元考核途径,优化实习考核方式

按照工程教育认证要求,注重学生过程考核,实习实践教学教研室征求多方意见,修订了以实习报告为主的传统考核方法,探索多元考核评价途径,从实习过程综合表现、安全环保知识测验、平时考勤与纪律、实习报告和企业导师打分等5个方面评定学生成绩。

4. 实习实践改革成效

(1) 调查数据结果

经学院教学指导委员会讨论研究制表对实习实践环节的针对性、基地条件、目的和标准、工程能力培养、考核方式等多个方面进行了满意度随机在线调查与测评,调查对象同是2016级和2017级化学工程与工艺专业410名学生,有效问卷及有效率同上,2016级、2017级化学工程与工艺专业学生实习实践教学效果调查结果数据图及年级矩阵量表项平均分对比图详见图5、图6和图7。

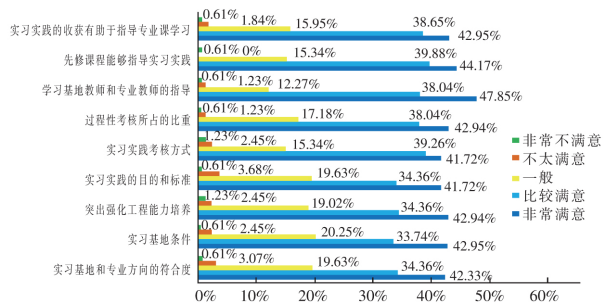


图5 2016级化学工程与工艺专业学生实习实践教学效果调查结果数据图

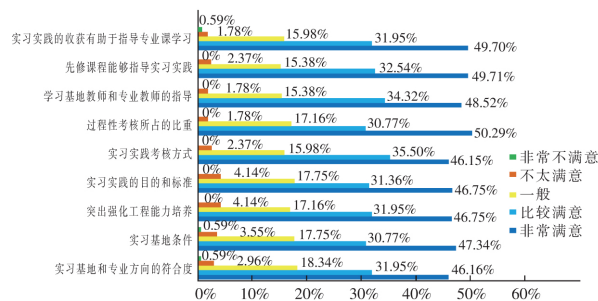


图6 2017级化学工程与工艺专业学生实习实践教学效果调查结果数据图

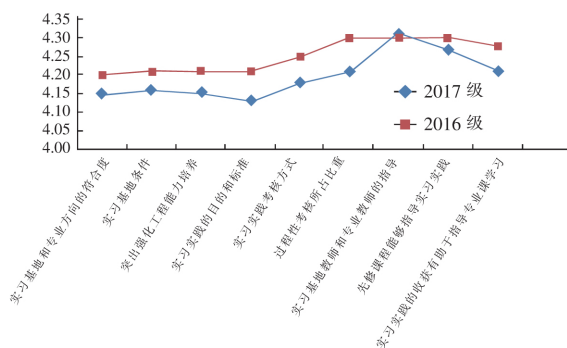


图7 2016级和2017级实习实践教学效果矩阵量表项平均分对比图

数据显示实习实践环节的矩阵量表平均分均在4.0以上,表明学生对学院实习实践环节改革综合认可度在比较满意和非常满意之间,另2017级对实习环节调查分析项满意度普遍偏高,尤其提高实习实践环节过程性考核所占比重分析项平均分达到相对最高值4.3,说明学生最认可提高实习实践环节的过程性考核比重,这更能准确客观反映学生的实习表现,仅凭千篇一律的实习论文,难以判定实习成绩的真实性和差异性。同时,数据表明,学院今后需进一步遴选更加优质的实习基地,强化学生的工程能力培养。

(2) 调查数据的可信度分析

本文对实习实践环节调查数据通过SPSS软件进行了统计,也做了Cronbach信度分析,分析结果详见表2。

表2 实习实践环节Cronbach信度分析表

年级	项数	样本量	Cronbach α 系数
2016级	9	50	0.979
2017级	9	50	0.995

通过计算,分析项的CITC值均大于0.4,说明分析项之间具有良好的相关关系,同时也说明信度水平良好,2016级和2017级实习实践环节研究数据信度系数值均高于0.9,综合说明实习实践环节教学调查数据信度质量很高。



五、毕业设计(论文)的改革及成效

毕业环节教研室统一组织开展毕业设计(论文)的改革与实践,通过对选题、过程管理指导、评价体系三方面的改革,以达到提高毕业设计(论文)质量的目的。

1. 强化毕业设计选题导向,突出工程设计能力训练

为培养高素质工程技术人才,本专业要求选题至少有60%的学生为毕业设计,其余可为毕业论文。选择毕业论文的学生,应在教师的指导下,在完成毕业论文的基础上再完成一个三周的化工设计训练,工程设计比例达100%。一是提倡结合企业工程发展和教师科研项目进行选题,并围绕实际生产中亟待解决的工程问题拟题,支持学生将大学生创新创业训练计划项目或其他科技创新类活动延伸为毕业设计(论文)。二是对于工作量较大的工程设计项目,教师通过指导4~6名学生组成集体设计的方式来进行,根据内容的深度、难度进行分工分段设计,锻炼学生解决复杂工程问题能力的同时,培养学生团队协作能力。三是坚持以学生为中心,允许学生跨专业、跨学科选择指导老师及课题,完善多学科交叉培养复合型技术人才。四是聘请化工行业设计企业专家作为兼职指导教师和校内教师一起指导毕业生的毕业环节工作,强化毕业设计实际工业生产背景,使设计内容更加符合资源规划和市场规划。

2. 加强过程管理指导,提高毕业设计(论文)质量

由毕业设计教研室主任负责制定毕业论文标准和设计说明书、设计图纸规范及要求,明确指导教师指导责任,切实保证指导时间和质量。在学生查阅文献、实验、调研、分析资料、处理数据、撰写毕业论文或毕业设计说明书的过程中,指导教师随时解答学生毕业设计(论文)的疑难问题,审定学生开题报告、设计方案、论文提纲、论文及设

计说明书、工程图纸、实习或调研报告以及外文资料翻译。严格把关毕业设计(论文)的开题环节、中期检查和答辩环节,重点检查教师的指导、毕业设计(论文)进度、质量、出勤、纪律等情况,对不具备开题条件的题目,毕业设计教研室应要求学生和指导教师限期整改,对中期检查中发现的问题及时总结、整改,学校组织专家对各学院毕业设计(论文)进行随机检查和评定,以保证学生毕业设计(论文)按期高质量完成。

3. 调整考核机制,建立多元评价体系

为保证毕业设计(论文)质量的公正性、客观性,毕业设计(论文)的最终成绩由三个部分做出独立评价,校内指导老师评分占比45%,评阅教师的评分占比15%,答辩组评分占比40%。评价的重点由注重格式到研究设计过程,注重考查学生的写作能力、实践操作能力、设计图纸制绘能力,表达能力、强调过程的完整性与思路的合理性,弱化结果(成果)是否一定优异。

4. 毕业环节改革成效

(1) 调查数据结果

经学院教学指导委员会讨论研究制表,对毕业设计环节的选题、过程指导、质量监控、考核方式等多个方面进行了满意度随机在线调查与测评,调查对象是2015级和2016级化学工程与工艺专业毕业生,共回收问卷204份,有效问卷204份,有效率为100%,其中2015级42份,2016级162份,2015级、2016级化学工程与工艺专业学生毕业设计环节调查结果数据图及年级矩阵量表项平均分对比详见图8、图9和图10。

以上数据表明,2016级毕业生对学院毕业设计环节改革综合认可度普遍比2015级高,尤其在采取大组设计模式和毕业环节考核方式方面,平均分由3.95提高到4.21,说明学生进一步充分认识和认可学院采取的大组设计模式改革,并且学

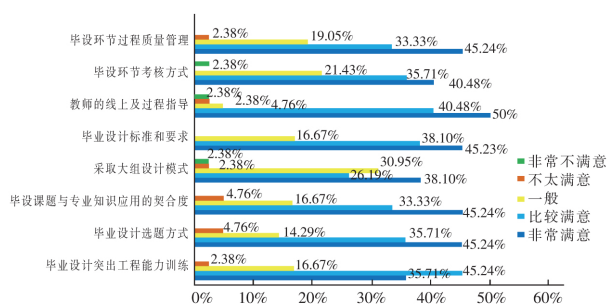


图 8 2015 级化学工程与工艺专业学生毕业设计环节

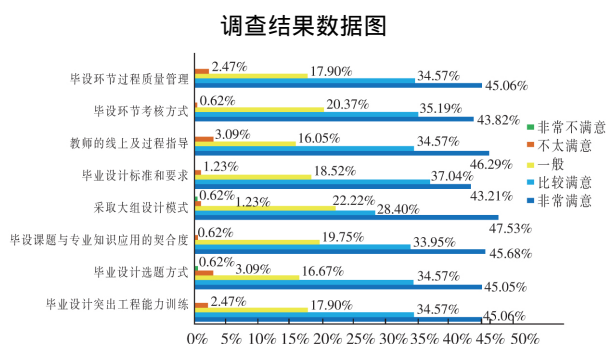


图 9 2016 级化学工程与工艺专业学生毕业设计环节

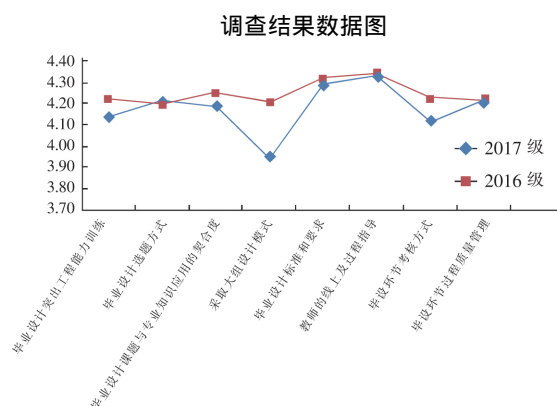


图 10 2015 级和 2016 级毕业设计环节效果

矩阵量表项平均分对比图

院在毕业设计环节的考核方式机制方面得到进一步持续改进。

(2) 调查数据的可信度分析

本文对毕业设计环节调查数据通过 SPSS 软件进行了统计,并做了 Cronbach 信度分析,分析结果详见表 3。

通过计算,分析项的 CITC 值均大于 0.4,说明分析项之间具有良好的相关关系,同时也说明信度水平良好。2015 级和 2016 级毕业设计环节研

究数据信度系数值均高于 0.9,综合说明数据信度质量高。

表 3 毕业环节 Cronbach 信度分析表

年级	项数	样本量	Cronbach α 系数
2015 级	8	42	0.953
2016 级	8	50	0.968

六、结论

为加快培养适应和引领新一轮科技革命和产业变革的卓越工程科技人才,以加入国际工程教育《华盛顿协议》组织为契机,学院以新工科建设为重要抓手,持续深化工程教育改革,在课程建设、实习实践、毕业设计环节方面的改革中取得了一定成效,但仍需在线上教学效果、遴选优质的实习基地、完善毕业设计环节过程性考核机制等方面进行持续改进,依托首批国家级、市级专业课及市级教学名师和教学团队,建设具有理工融合特色的专业课程群,依托海洋化工市级实验教学示范中心和化工基础市级实验教学示范中心,构建理工融合的实践教学平台,积极开展新工科专业建设的研究与探索,提高符合区域性发展需要的具有社会责任感的复合型工程技术人才培养质量。

参考文献:

- [1] 顾佩华. 新工科与新范式: 实践探索和思考[J]. 高等工程教育研究 2020(4): 1-19.
- [2] 李培根. 工科何以而新? [J]. 高等工程教育研究 2017(4): 1-4, 15.
- [3] 王海舰, 蒋艺涵, 梁智深. “新工科”建设背景下高校卓越工程科技人才培养机制研究[J]. 学周刊 2019(12): 10-11.
- [4] 张锦, 朱小梅. 基于国际工程教育视域的新工科人才培养模式研究[J]. 高教学刊, 2019(6): 143-145.

(下转 17 页)



92%以上。环境工程专业建设水平也得到显著提高,建成了环境科学与工程省级实验教学示范中心、环境工程省级虚拟仿真实验教学示范中心,成功申报陕西省虚拟仿真实验教学示范项目2项。学校环境工程专业于2017年入选陕西省“一流专业”培育项目,2018年11月顺利通过由中国工程教育认证协会组织的工程教育专业认证,2019年入选陕西省“一流专业”建设点。

参考文献:

- [1] 本书编写组. 党的十九大报告辅导读本[M]. 北京: 人民出版社, 2017
- [2] 陆国栋, 李拓宇. 新工科建设与发展的路径思考[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 20-26.
- [3] 周权锁, 陆隽鹤, 周立祥, 等. 面向农业的环境工程专业实践教学体系与平台构建[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(07): 185-187.
- [4] 钟秉林. 一流本科教育是“双一流”建设的核心任务和重要基础[J]. 中国高等教育, 2017(19): 16-17.
- [5] 宁滨. 以专业认证为抓手, 推动“双一流”建设[J]. 中国高等教育, 2017(21): 24-25.
- [6] 胡清. 面向环境工程实际的创新人才培养探讨[J]. 中国大学教学, 2020(4): 46-49.
- [7] 刘云庆, 王兴磊, 张芝, 等. 环境工程实验教学的改革与实践[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(3): 203-205.
- [8] 苏荣军, 李俊生, 苏欣颖, 等. 培养环境工程创新人才的实践教学体系改革探索[J]. 实验室科学, 2019, 22(3): 115-118.
- [9] 王家宏, 王森, 李成涛, 等. 基于工程教育专业认证标准的环境工程专业综合改革——以陕西科技大学环境工程专业为例[J]. 教育现代化, 2018, 5(52): 61-63.
- [10] 陈莉荣, 张铁军, 殷震育, 等. 环境工程专业实践教学体系改革与实践[J]. 中国冶金教育, 2018, 189(6): 74-76.
- [11] 王德义, 高书霞, 张晓龙, 等. 环境工程专业创新实践教学体系的构建与实现[J]. 当代化工研究, 2019(17): 76-78.

(责任编辑: 张华凡)

(上接11页)

- [5] 王威燕, 刘平乐, 游奎一, 等. 新工科建设背景下化学工程与工艺专业应用型人才培养方案修订的探讨[J]. 教育现代化, 2018, 5(36): 8-10.
- [6] 黄治同. 面向“新工科”复合型创新人才培养的教学模式综合改革与实践[J]. 教育教学论坛, 2019(16): 224-225.
- [7] 刘霞, 王延遐, 许英姿. 新工科模式下力学课程的教学改革[J]. 教育教学论坛, 2019(16): 86-87.

(责任编辑: 姚歆烨)