

•专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202002021

www.dxhx.pku.edu.cn

## 高校化学类专业开展新工科建设的建议

张树永<sup>1,\*</sup>, 朱亚先<sup>2</sup>, 霍冀川<sup>3</sup>, 宋丽娟<sup>4</sup>, 徐华龙<sup>5</sup>, 郑兰荪<sup>2</sup><sup>1</sup> 山东大学化学与化工学院, 济南 250100<sup>2</sup> 厦门大学化学化工学院, 福建 厦门 361005<sup>3</sup> 西南科技大学分析测试中心, 四川 绵阳 621010<sup>4</sup> 辽宁石油化工大学化学与材料科学学院, 辽宁 抚顺 113001<sup>5</sup> 复旦大学化学系, 上海 200433

**摘要:** 概述了“新工科”的专业特征和人才培养特点。论述了以化学为基础开展“新工科”建设的必要性。介绍了化学类专业开展“新工科”建设的基本思路和化学类专业教学指导委员会开展教育部“新工科”研究与实践项目的研究进展。重点介绍了“化学测量学与技术”“智慧分子工程”两个基于化学的新工科专业的建设思路和对“能源化学”专业进行“新工科”改造的方法。对化学类专业开展“新工科”改造和建设具有指导意义。

**关键词:** 新工科; 化学类专业; 化学测量学与技术; 智慧分子工程; 能源化学

**中图分类号:** G64; O6-1

## Suggestions for “Emerging Engineering Education” Reform for Chemistry-Related Majors

Shuyong Zhang<sup>1,\*</sup>, Yaxian Zhu<sup>2</sup>, Jichuan Huo<sup>3</sup>, Lijuan Song<sup>4</sup>, Hualong Xu<sup>5</sup>, Lansun Zheng<sup>2</sup><sup>1</sup> School of Chemistry and Chemical Engineering, Shandong University, Jinan 250100, P. R. China.<sup>2</sup> College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, P. R. China.<sup>3</sup> Center of Analysis and Testing, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, Sichuan Province, P. R. China.<sup>4</sup> School of Chemistry and Materials Science, Liaoning Shihua University, Fushun 113001, Liaoning Province, P. R. China.<sup>5</sup> Department of Chemistry, Fudan University, Shanghai 200433, P. R. China.

**Abstract:** The education characters of emerging engineering education (3E) is summarized. The necessary for reform and construction of new chemistry-related majors based on the ideal of 3E is discussed. The main ideas and ways proposed and the main research progresses made by the Instructional Committee of Chemistry Majors, Ministry of Education are briefly introduced with emphasis on the setup of two new majors namely “Chemistry Metrology and Technology” and “Intelligent Molecular Engineering” and reform of “Energy Chemistry”. It is of guidance significance for the future reform of chemistry-related majors based on the 3E idea.

**Key Words:** Emerging engineering education; Chemistry majors; Chemistry metrology and technology; Intelligent molecular engineering; Energy chemistry

收稿: 2020-02-12; 录用: 2020-02-13; 网络发表: 2020-02-24

\*通讯作者, Email: syzhang@sdu.edu.cn

教育部于 2016 年提出“新工科”建设, 2017 年 2 月, 在复旦大学召开“新工科研究与实践”综合性高校组工作会议, 标志着“新工科”建设正式启动<sup>[1]</sup>。“新工科”以引领未来新技术和新产业发展为目标, 致力于推动应用理科向工科延伸, 推动学科交叉融合和跨界整合, 创新技术和材料, 实现产业的信息化、智能化改造, 培育新工科领域, 促进科学、人文和工程教育的有机融合, 培养科学基础厚、工程能力强、综合素质高的新型人才, 突破原创性、创新性战略技术的瓶颈, 构筑先发优势。因此, 开展“新工科”相关研究和建设, 对促进新经济增长点的形成, 占据新业态制高点, 发展未来产业, 提高我国综合国力和国际竞争力具有重要意义<sup>[1-4]</sup>。

2017 年 9 月, 教育部高等学校化学类专业教学指导委员会(以下简称化学教指委)组织申请了教育部“新工科”研究与实践项目“基于化学的新工科专业设置和建设方案研究”, 于 2018 年 3 月获得批准。化学教指委随即在四川大学召开会议, 正式启动项目研究, 力图通过给出推进化学类专业的教学改革与“新工科”建设对接或者设置服务国家重大战略需要的“新工科”专业的建议, 为化学类专业“新工科”建设提供可资借鉴的思路和方案。经过近 2 年的调研和研究, 取得了一些重要的阶段性成果。

## 1 化学类专业参与“新工科”建设的必要性

作为最具活力和创造性的中心学科, 化学以数学和物理学为基础, 又是支撑生命、材料、能源、环境、医药、农业、信息、电工电子、航空航天等众多学科和支柱产业、高精尖技术发展的上游学科, 化学学科的发展决定着这些学科和产业的发展层次和水平<sup>[5]</sup>。在过去一个多世纪里, 基于化学学科的发展而建立的工业领域和服务业态不胜枚举<sup>[6]</sup>, 表 1 给出了部分典型实例。

表 1 基于化学学科发展建立的典型产业和业态

| 学科领域  | 研究领域    | 对应产业领域                    |
|-------|---------|---------------------------|
| 无机化学  | 金属单质制备  | 冶金工业                      |
|       | 硅酸盐化学   | 水泥工业、玻璃工业、陶瓷工业            |
|       | 半导体材料制备 | 集成电路行业、电子工业               |
|       | 合成氨     | 化肥工业、炸药、推进剂               |
|       | 氟利昂     | 制冷工业                      |
|       | 发光材料    | 照明工业、显示器行业                |
|       | 分离提纯    | 稀土工业、核工业                  |
| 有机化学  | 基础化学品   | 化学工业、精细化工行业、染料行业、液晶材料     |
|       | 药物合成与改性 | 医药行业、医药中间体行业              |
|       | 农药合成    | 农药行业                      |
|       | 石油加工    | 炼化行业、石油化工                 |
|       | 香精香料    | 香水工业、香精工业                 |
| 分析化学  | 定性定量分析  | 分析检测行业                    |
|       | 仪器分析    | 化学仪器制造、分析检测服务业            |
| 高分子化学 | 基础高分子   | 塑料行业、轮胎工业、纤维工业、胶黏剂行业      |
|       | 功能高分子   | 医用高分子行业                   |
| 物理化学  | 电化学     | 电池工业、电解行业、电镀行业、腐蚀防护行业、新能源 |
|       | 表面活性剂化学 | 表面活性剂工业、日用化学品工业           |
|       | 胶体化学    | 涂料工业、颜料工业、食品饮料行业          |

表 1 显示,化学在已有技术和产业的形成和发展中发挥着基础和引领性作用,是现代社会产业结构建立和升级的最主要推动力。但不可否认,近一段时期以来,化学教学与前沿学科交叉不够,研究的综合性和问题导向性不足,导致原创性成果少、研究周期长、应用拓展不够,很多化学研究的创新性成果没有及时转化为生产技术和生产力而是束之高阁;与此同时,化学工作者对其他学科面临的许多基础科学性问题没有及时响应,相关研究缺乏应用性导向,导致科研和人才培养不能够充分满足其他学科和产业发展的需要。因此,调整化学学科科学研究和人才培养的导向,聚焦培养一大批综合素质高、创新能力强的应用型拔尖人才,通过拓展学生的学科视野,加强科学素养培养,提升研究能力、应用开发能力和技术推广能力,使学生形成复合型的知识和能力结构,以化学的观点和方法去观察、思考和解决重大基础性、挑战性问题,从应用需求出发开发新原理、新方法、新物质、新材料,一方面解决化学新技术的应用转化问题,另一方面又为解决能源、生命、环境等学科领域的重大技术难题提供突破口,无疑是推进新技术、新产业、新业态发展的最重要基础<sup>[7]</sup>。

因此,化学在培养“新工科”亟需专业人才方面发挥着不可或缺的重要作用。探索建立依托化学学科的“新工科”专业设置和建设思路并按照“新工科”理念对现有专业进行革命性改造是十分必要的。

## 2 基于化学的新工科建设思路

基于化学的“新工科”建设思路主要有两个,分别是对已有专业进行“新工科”改造和建设新的工科专业<sup>[3,8]</sup>。

按照“新工科”理念对现有专业进行改造,主要是调整专业培养目标、课程体系、教学内容和教学模式,使之更加适应行业产业发展的需要。包括加强知识应用能力的拓展,强化专业的应用特色建设,加强与行业企业的对接,完善协同育人机制建设等,使专业人才培养能够更好地适应新技术、新产业、新业态的发展需要<sup>[3,7]</sup>。

化学类所属专业见表 2。应该说,化学类目录下的新办专业都或多或少地体现了“新工科”理念,体现了基于化学拓展学科领域、注重应用拓展的特点。

表 2 化学类所属相关专业的情况

| 专业代码   | 专业名称    | 专业特征                                         |
|--------|---------|----------------------------------------------|
| 070302 | 应用化学    | 体现化学面向应用的发展思路和与社会需求的紧密对接                     |
| 070303 | 化学生物学   | 体现化学与生物学的交叉融合,从化学(分子和微观)的角度研究生物分子结构及其发展、调控机制 |
| 070304 | 分子科学与工程 | 注重化学与化工的衔接,促进化学研究的最新成果向应用化、产业化、集群化转变         |
| 070305 | 能源化学    | 面向能源关键技术,以化学的视角、方法和手段,开发新能源、提高能源转化和利用效率      |

当然,面对新技术、新业态、新产业快速发展的需要和国家重大发展战略需求,单纯依赖对现有专业进行改造升级是不够的,还需要以化学学科的知识体系和学科思维为基础,根据国家发展战略和行业企业发展的前瞻性需求,按照复合型人才的理念打造特色“新工科”专业,构建全新的人才培养目标、课程体系和教学内容,培养能够适应和引领新技术、新产业发展的新型工科人才<sup>[7]</sup>。

## 3 基于化学的“新工科”建设建议

化学教指委首先就如何对已有专业实施“新工科”改造和增设“新工科”专业的可能性和必要性进行了研讨,最终将项目研究的重点放在更具指导意义的“新工科”专业设计上。

化学教指委一开始基于学科交叉和国家战略需求<sup>[3]</sup>, 提出在“化学与生命健康”“化学与海洋或者深海开发”“化学与能源”“化学仪器设备”和“化学与大数据物联网”等5个领域增设“新工科”专业的可能性。随着研究的进行, 发现“化学与生命健康类”专业与教育部立项的生物类、医药类、医工结合类的“新工科”专业建设思路接近, 难以体现化学学科的特色和优势; 同时“化学与海洋或者深海”结合的专业存在专业就业面过窄、需求不大的问题, 可以作为应用化学的特色方向而不宜作为独立专业。因此, 最终将“化学与生命健康”“化学与海洋或者深海开发”这两个方向排除在外, 确定了3个主攻方向, 分别针对国家发展尖端精密仪器设备的战略需要、基于大数据和物联网开发针对性化工过程的需要以及推进能源化学专业更好地适应国家能源战略发展的需要开展研究。这3个方向要么属于我国战略性短板、要么属于国家安全和竞争力的核心领域, 相关研究具有重要的战略意义和引领意义。

为推进相关研究的开展, 化学教指委组建了3个子课题组, 分别由西南科技大学霍冀川教授、辽宁石油化工大学宋丽娟教授和厦门大学朱亚先教授牵头开展研究。

### 3.1 化学测量学与技术专业

“化学测量学与技术”专业是新设计的基于化学的“新工科”专业。

目前, 我国的仪器设备研发能力、生产能力和使用水平与发达国家还有相当大的差距, 测量物质化学组成和结构的大型仪器设备主要依赖进口, 成为我国一个重要的战略短板。这一方面消耗大量外汇, 另一方面容易成为西方遏制我国发展的工具, 而且由于对仪器的工作原理和设计生产过程不熟悉, 我国对仪器设备进行改造升级的能力不足, 严重制约了我国开展开拓性、原创性研究。因此, 培养能够开发仪器测量新原理和新方法、设计制造新型仪器设备、能够开展仪器设备高效使用和相关服务的高端人才迫在眉睫。

“化学测量学与技术”专业是建立在化学、物理学、数学、计算机科学、精密仪器制造科学、信息科学、大数据科学、智能科学等多学科交叉与融合基础上的综合性专业。该专业主要面向化学、材料、信息、能源、环境、生命、医学和药学等应用领域, 培养应用型、复合型或创新型人才, 可以较好地满足我国应对新一轮科技革命与产业变革的战略需要。

该专业主要培养从事物质化学组成和结构分析仪器设备开发、制造和使用的专业技术人才。需要以化学为基础, 突出各种检测信号的发生及与原子、分子、化学键、物质结构等的相互作用, 强化图谱的获得、显示和解析。因此, 在介绍无机化学、有机化学和高分子化学时应突出原子和分子结构、化学键等与激励源的作用, 减少物质的物理化学性质和合成方法学的内容; 强化仪器分析、波谱分析、物理化学、结构化学和化学信息学的教学。在压缩化学教学内容的同时, 需要增加数学、物理学、计算机和软件、精密仪器设计与制造、微电子、大数据分析等领域的知识。因此, 该专业人才培养的复合性很强, 很难在四年内完成培养, 建议按照五年制双学位或者本硕连读的模式进行培养<sup>[4]</sup>。

### 3.2 智慧分子工程专业

“智慧分子工程”专业是新设计的基于化学的“新工科”专业。

“智慧分子工程”从原子分子角度研究各种自然资源(如煤、石油、天然气、生物质、矿物质等)的组成、性能、结构与其反应性能之间的关系, 以智慧工厂、智慧流程、智能存储和销售的设计与管理为基础, 以分子信息库、分子反应规则库等为手段, 以社会需求为导向设计生产流程和工艺, 实现产品的高度专一性以及高转化率、高功能化和高附加值, 目的是实现自然资源的高效利用与经济、社会效益的最大化。

“智慧分子工程”专业属于具有前瞻性和引领性的“新工科”专业。该专业致力于培养能够从整个自然资源加工产业价值链出发, 高效整合人力、流程和技术, 实现资源配置优化以及设备、生产、销售的全生命周期智能化管理, 推进产品生产与服务满足经济效益最大化要求的高端性、国际化、复合型、创新性人才。该专业以化学和化学相关数据库的建设为基础, 涉及工程(特别是微

化学工程)、储运和营销、大数据、云计算、物联网、区块链、人工智能、虚拟现实等多个领域。学生需要打破用现有技术和方法解决工程问题的思维方式,体现较强的创新研究和设计能力。具有就业面宽、能力素质综合、创新创业能力强等特点。

该专业主要基于化学研究和化学工程设计培养综合性人才,因此需要以化学特别是无机化学、有机化学、高分子化学、化学动力学和催化化学等为基础,熟练掌握化工生产过程设计和智慧化管理和营销,能够根据用户需求开展供应链分析。在人才培养过程中,在需要满足化学类专业教学基本要求的基础上,需要进一步强化数学、物理学、运筹学及优化、大数据、物联网、人工智能、云计算、虚拟现实、模拟方法与计算技术、智慧化管理等方面的知识和能力。由于该专业的知识和能力复合度高,四年制难以完成相关培养过程,建议采用五年制双学位或者本硕连读的方式进行培养<sup>[4]</sup>。

### 3.3 能源化学专业

“能源化学”专业是厦门大学 2015 年申请设立的我国也是世界第一个该类专业,截止到 2019 年,共有 4 所高校申办了“能源化学”专业,已经形成了比较系统完整的人才培养体系。但按照“新工科”理念对能源化学专业的人才培养进行相应调整,使其更好地适应国家能源发展战略的需要是必要的。

目前的“能源化学”专业人才培养方案存在涉及面过宽,过于偏重能源,化学学科的特征不够突出等问题。需要在对能源进行分类的基础上,充分发挥化学在新原理、新方法和新材料创新方面和解决能源基础科学问题方面的优势,将教学内容聚焦到新型能源载体、新型储能装置的开发和高效制备、现有能源的高效转化和有效利用等体现化学学科特征的方向上来。调整后的培养方案应以化学为基础,拓展在化学能源结构、能源材料、能源储存与转化原理和技术,以及节能和过程优化等方面的知识,同时结合信息化技术、过程控制、自动化和过程工程等,建立符合国家能源战略发展需要的培养方案。

“能源化学”专业培养较好地掌握化学与能源基础知识、基本理论和基本技能,掌握碳资源和化学新能源高效转化的原理和技术,具有创新意识和实践能力,能够在能源化学及相关学科领域从事科学研究、技术开发和教育教学等工作的人才。

## 4 “新工科”专业建设方案实施建议

上述有关“化学测量学与技术”“智慧分子工程”和“能源化学”的介绍,是化学教指委通过“新工科”研究与实践项目研究提出的框架性建议,化学教指委将进一步完善并发布相关专业的建设方案和指导原则,作为全国各高校试办这些专业的重要参考。各高校可以根据自身办学定位和人才培养目标,将培养目标、毕业要求、课程体系、教学内容和人才培养模式具体化,形成系统完整专业人才培养方案。在 3 个“新工科”专业中,“能源化学”属于已办专业,各高校只需申请备案,而“化学测量学与技术”“智慧分子工程”则属于新开办专业,各高校需按照新专业申报要求申请办理。

### 参 考 文 献

- [1] 胡波,冯辉,韩伟力,徐雷. 复旦教育论坛, 2017, 15 (2), 20.
- [2] 钟登华. 高等工程教育研究, 2017, No. 3, 1.
- [3] 吴爱华,侯永峰,杨秋波,郝杰. 高等工程教育研究, 2017, No. 1, 1.
- [4] 陆国栋,李拓宇. 高等工程教育研究, 2017, No. 3, 20.
- [5] 2013-2018 年教育部化学类专业教学指导委员会. 普通高等学校化学类专业教学质量国家标准. 北京: 高等教育出版社, 2018.
- [6] Eubanks, L. R.; Middlecamp, C. H. *Chemistry in Context: Applying Chemistry to Society*, 3rd ed.; McGraw-Hill: New York, 2000.
- [7] 张树永,朱亚先. 中国大学教学, 2018, No. 3, 25.
- [8] 顾佩华. 高等工程教育研究, 2017, No. 6, 1.