

•专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202006017

www.dxhx.pku.edu.cn

新工科项目“地方(行业)高校化学类专业应对产业变化的升级改造研究与实践”的实施

丁玉强¹, 朱亚先², 宋丽娟³, 刘卫⁴, 刘小珍⁵, 霍冀川⁶, 薛怀国⁷, 郭荣⁷, 廖青⁸, 倪哲明⁹, 周立亚¹⁰, 陆靖^{11,*}

¹ 江南大学化学与材料工程学院, 江苏 无锡 214122

² 厦门大学化学化工学院, 福建 厦门 361005

³ 辽宁石油化工大学石油化工学院, 辽宁 抚顺 113001

⁴ 红河学院理学院, 云南 蒙自 661101

⁵ 上海应用技术大学化学与环境学院, 上海 201418

⁶ 西南科技大学分析测试中心, 四川 绵阳 621010

⁷ 扬州大学化学化工学院, 江苏 扬州 225002

⁸ 北京服装学院材料设计与工程学院, 北京 100029

⁹ 浙江工业大学化学工程学院, 杭州 310014

¹⁰ 广西大学化学化工学院, 南宁 530004

¹¹ 上海市教育委员会, 上海 200003

摘要: “新工科”项目“地方(行业)高校化学类专业应对产业变化的升级改造研究与实践”是教育部首批新工科项目。本项目针对地方和行业高校化学类专业如何应对产业变化而开展专业升级改造的问题, 进行了深入的调查研究, 分析了“新工科”对人才的能力要求, 提出了适应未来要求的专业人才培养目标、毕业要求和新的培养模式, 总结了部分高校化学类专业开展“新工科”建设的经验。

关键词: 新工科; 地方高校; 应用化学专业; 人才培养

中图分类号: G64; O6

A Brief Summary of the “Emerging Engineering Education” Project “Upgrade and Practice of Chemistry-Related Majors of Local and/or Specialized University Responding to the Industry Changes”

Yuqiang Ding¹, Yaxian Zhu², Lijuan Song³, Wei Liu⁴, Xiaozhen Liu⁵, Jichuan Huo⁶, Huaiguo Xue⁷, Rong Guo⁷, Qing Liao⁸, Zheming Ni⁹, Liya Zhou¹⁰, Jing Lu^{11,*}

¹ School of Chemical and Material Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu Province, P. R. China.

² College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, P. R. China.

³ College of Petro-Chemical Engineering, Liaoning Shihua University, Fushun 113001, Liaoning Province, P. R. China.

⁴ College of Science, Honghe University, Mengzi 661101, Yunnan Province, P. R. China.

收稿: 2020-06-03; 录用: 2020-06-05; 网络发表: 2020-06-09

*通讯作者, Email: lujing@admin.ecnu.edu.cn

基金资助: 教育部首批“新工科”研究与实践项目“地方(行业)高校化学类专业应对产业变化的升级改造研究与实践”

⁵ School of Chemical and Environmental Engineering, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418, P. R. China.

⁶ Center of Analysis and Testing, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, Sichuan Province, P. R. China.

⁷ College of Chemistry and Chemical Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225002, Jiangsu Province, P. R. China.

⁸ School of Materials Design and Engineering, Beijing Institute of Fashion Technology, Beijing 100029, P. R. China.

⁹ College of Chemical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, P. R. China.

¹⁰ School of Chemistry and Chemical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, P. R. China.

¹¹ Shanghai Municipal Education Commission, Shanghai 200003, P. R. China.

Abstract: This “emerging engineering education (3E)” project “Upgrade and Practice of Chemistry-related Majors of Local and/or Specialized University Responding to the Industry Changes” was supported by the Ministry of Education. To aim at the issue of how to upgrade the chemistry-related majors of a local and/or specialized university responding to industry changes, an investigation on local regional economy and industry changes was carried out, the capability requirements of 3E for talents were analyzed, and the training objectives, graduation requirements as well as the new teaching models were also studied for the major to meet the future requirements. The practical experience for 3E construction of chemistry-related majors by selected universities was suggested.

Key Words: Emerging engineering education; Local university; Major of applied chemistry; Talents training

“新工科”建设是主动应对新一轮科技革命与产业变革的战略行动，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“新工科”研究与实践项目“地方(行业)高校化学类专业应对产业变化的升级改造研究与实践”，2018年3月获得教育部批准。自立项以来，项目组按照申请书中的指导思想和计划安排，分别针对地方和行业高校化学类专业如何应对产业变化而开展专业升级改造的问题，开展了一系列相关工作，本文对项目组的工作进行简要总结，期望能为其他学校相关专业开展新工科建设提供有意义的经验借鉴。

1 项目实施整体情况

1.1 项目实施的基本思想

近年来，主要发达国家正在积极推动和发展新经济，抢占甚至要霸占产业和科技革命的制高点，“工业4.0”、分享经济、虚拟现实和人工智能技术的发展风起云涌，贸易战更是把产业技术的竞争推向新的高度。目前我国经济发展正处于结构调整、转型升级和新旧动能转换阶段，新一轮科技和产业革命蓄势待发，人才培养也同样面临改革大势^[1-5]。

在地方和行业高校中，大多数专业与区域经济社会发展的结合比较紧密，一般都带有较鲜明的行业特征或区域特征。作为长期以来主要针对这些传统产业培养应用型人才的地方和行业高校，在产业形态发生变化时必然需要对自身人才培养的体系和内容进行调整和改造以适应产业的变化。因此，地方和行业高校面临着以“新工科”的理念和思路对传统专业进行改造和建设的重任^[6-8]。

根据教育部新工科建设的精神和项目申报书的工作计划，项目组分别选择东部沿海区域、中西部地区与边境地区作为研究对象，在学校层次上考虑地方省属高校、省部共建高校及教育部直属高校为研究对象，力求具有广泛的代表性。在深入调研的基础上，分析未来地方区域经济和行业发展对人才的能力要求，研究专业适应未来发展的人才培养目标、毕业要求，开展人才培养模式及培养方案的探索，期望能够形成可在全国地方(行业)高校中值得推广的做法与经验。

1.2 项目实施的方案

依据上述项目实施的基本思想，项目组在教指委和应用化学协作组的指导下拟定了项目的实施方案，方案分四个部分。项目组认为在项目实施的过程中，“项目组”部分是保障，“调研报告”部分是研究的基础，“人才培养”部分是研究的抓手，“经验总结”部分是研究的目标。

(1) 成立项目组。选择有代表性的区域(地方)和行业及其相关的高校,组成地方高校项目组和行业高校项目组。

(2) 开展相关调研。分别针对相应的行业或地方区域经济发展,调研行业或地方区域经济发展的趋势,研究在新工科背景下这些趋势带来的对人才要求的变化。

(3) 探索人才培养模式。依据调研情况研究制定适应产业变化的人才培养目标、学生毕业要求及培养模式。

(4) 总结成果经验。将前述的调查研究结论应用于有关学校的专业建设中,在应用过程中形成可推广的经验和办法。

2 调研及分析

2.1 区域、行业与学校的选择

本项目选择了三个行业和在此方面有着丰富办学经验的三所高校的应用化学专业。行业分别为:国民经济支柱的石油化工行业,已经上升为国家战略的大健康产业重要组成部分的化妆品行业,传统的、多学科相交叉的表面精饰(电镀)行业;学校分别为在这三个行业中有较长办学历史的辽宁石油化工大学(辽宁抚顺)、江南大学(江苏无锡)和上海应用技术大学(上海)。

本项目选择的区域是具有代表性的长三角地区、西部地区及西南国家边境地区,选择的学校分别是相应区域内的扬州大学(江苏扬州)、浙江工业大学(浙江杭州)、广西大学(广西南宁)、西南科技大学(四川绵阳)和红河学院(云南蒙自)。

2.2 制定合理的调研提纲

在新一轮科技革命和产业变革当中产业形态将发生怎样的升级改造和变化?在新业态下,面对行业产品的升级改造将有哪些新的科学与技术需求?而新的科技需求又需要创新型人才具备哪些能力、视野和知识结构?这些问题对专业的人才培养方案改革具有重要指导意义。同时,调研地方区域经济及行业产品技术发展的趋势是项目研究的基础,调研结果的准确性直接影响项目的成果成效。

因此,项目组制定了“方案共同制定-各校分头行动-经验时时交流-提纲适时修改-成果及时分享”的工作方法,经多轮次的讨论修改,研究制定了建议性的调研提纲,各学校根据建议提纲可以增加特色项目。表1是江南大学的调研提纲,提纲的一级指标包含行业的重要性、行业机构部门、产品与技术、人才需求、毕业要求和培养模式六项。每项一级指标分解为若干二级指标。

表1 江南大学新工科建设行业调研提纲

一级指标	二级指标
1、行业机构	1.1 政府(行业协会)管理部门; 1.2 国内外规模企业; 1.3 高校、研究院所
2、行业的重要性	2.1 经济: 产值及其发展趋势; 2.2 就业: 从业人数及其发展趋势; 2.3 国计民生: 国防安全、健康生活
3、产品与技术	3.1 产品: 产业(产品)将如何升级; 3.2 技术: 产业(产品)升级的技术需求; 3.3 知识: 新技术对知识结构的需求
4、人才需求	4.1 层次与数量比例; 4.2 素养能力; 4.3 知识结构
5、毕业要求	5.1 现有要求; 5.2 改进建议
6、培养模式	6.1 现有模式; 6.2 专家参与

项目承担学校依据调研提纲制定了具体的调查表,依据指标的的内涵确定哪些指标以问卷调查的形式完成以获取更大的样本,哪些指标以走访、会议研讨等形式完成以便和行业专家、行政管理部门做深入交流。最终形成了针对不同区域、不同行业的具有特色的调研提纲和调查表。

2.3 多方式开展调研

针对不同大学面对行业、区域经济的差异性,项目承担高校开展了多种方式的调研。下面是几所大学开展调研工作的做法介绍。

(1) 行业管理部门及知名企业找专家—会议(论坛)汇专家—产业如何升级改造问专家:例如,江南大学作为特色鲜明的行业高校,利用其在行业中的影响力,在项目实施期间主(承)办了化妆品相关领域的高层次会议,通过会议将一批批行业内知名专家和国家重要管理部门领导汇聚在江南大学,形成了以会议(论坛)的方式汇聚行业专家的方式。同时,以学术会议的举办为契机,邀请参会的部分行业专家召开产教论坛,以此凝聚行业专家意见。

(2) 企业走访—高校研讨:上海应用技术大学先后走访了安美特(广州)化工有限公司、美国诺信涂装设备有限公司等近十家电镀添加剂销售公司和涂装设备公司,并和上海大学、上海交通大学、上海轻工业研究所等高校和科研院所就新经济环境下人才培养的环境和模式进行交流研讨。辽宁石油化工大学也采用了类似的方法,调研了石油行业和环渤海区域经济发展。

(3) 地方发展规划—学校定位:红河学院从研究云南省、红河州相关政策规划开始,根据地方产业发展规划,针对与化学相关的生物医药、大健康产业、高原特色现代农业产业和新材料等4大产业群深入调研,把握这些传统产业的改造升级需求。同时根据学校的定位,将调研分为红河州内、红河州外、云南省外等地,采用集中走访和问卷调研相结合的方式。扬州大学、广西大学、浙江工业大学采用了类似的调研方法。

2.4 多视角分析调研数据

对于通过多种方式获得的调查数据,项目组从多个角度进行了分析。

(1) 从社会发展的历史角度分析数据:新工科是在新时代背景下,由对社会产品和技术需求的预判进行的专业改革和建设。因此项目组从历史的角度对数据进行了科学的分析,从过去—现在—未来人才的需求趋势分析使用数据。例如,江南大学从人类社会进步发展的视角看人们对美好生活的向往,以及由此产生的对化妆品“量”和“质”的新要求;辽宁石油化工大学从人类对能源的需求和资源的开发利用的角度看行业的社会发展趋势,以及由此产生的对石油化工行业的影响。

(2) 从学科交叉融合的角度分析数据:社会的发展对产业、产品和技术的升级改造的影响是全方位的,产品及其制造技术融入更多文化元素和学科基础。例如,化妆品行业的产品已经由传统的以化学为基础的精细化学品升级为融入生物科学、皮肤生物学等学科的高科技产品;相应的生产技术由传统的精细化学配方发展为生物技术、纳米技术等前沿科技的融合;生产工艺也从传统制造升级为智能制造。消费者对产品“一对一”个性化服务的要求更使“大数据”技术发挥极大作用,化妆品的特殊性要求毕业生具备更高的人文素养、产品艺术设计等能力,同时化妆品极强的商品性,要求毕业生具备一定的产品营销能力。石油化工行业也在向一体化、信息化及智能化的转型升级,对化工辅助计算、信息化控制技术和能源工程的融合度也在不断深化。

(3) 从化学主体地位的角度分析数据:多学科的交叉融合、大数据智能制造等对传统的“化学”行业确实造成了极大的冲击,深刻地变革着地方区域经济和行业的发展,但是这些产业的基础依然是化学。从化学的主体地位分析这些调研数据,加强化学基础教育仍然是专家学者们的共识。

(4) 从学校定位的角度分析数据:项目组对地方区域经济和行业的调研是从整体上的调研,各学校在分析调研数据时,结合自身学校的办学定位和专业人才培养的层次,科学分析调研数据。

2.5 调研结论

调查研究发现:在新工科背景下,社会的发展变革对产业产品的影响越来越大,地方区域经济与行业产品技术将发生深刻变革,人工智能、智能制造将深刻影响产业发展,复合型、创新型人才需求增加。例如,辽宁石油化工大学对石油化工行业的调研发现,石油化工产业面临着资源紧缺及劣质化加剧、产品质量升级步伐加快、节能减排任务艰巨、高端产品产量与种类少等诸多挑战,而新能源产业极大地变革着石油化工行业,石油的用途将从“烧掉”变为以石油为原料转化为精细化学品的“转化掉”;江南大学对化妆品行业的调研发现,随着人们生活水平的提高,化妆品已经不再是简单的配方,而是以皮肤营养、皮肤健康为目标的个人消费品,是化学、医学、生物学的多学科交叉;现有的产品“制造”技术跟不上“智造”的需求;企业家参与教育教学的深度还不够;因

此,为适应经济的发展、人民生活水平的提高建设和新业态的要求,改革人才培养模式势在必行。

3 项目成效与典型案例

3.1 适应产业变化升级改造的培养目标和毕业要求

在行业与区域社会经济发展调查研究的基础上,项目组根据调研的结果研究制定了毕业生适应产业变化升级改造的培养目标和毕业要求,探索了为达到这些目的的新的培养模式。在研究过程中充分考虑了以下三点意见,相关高校根据这三个方面对人才培养目标进行了论证和调整。

(1) 与国家战略和地方经济发展相符合。人才培养首先要认清“为谁培养人,培养什么样的人,如何培养人”。公共课的教学不仅包括计算机信息技术等课程的改革,还包括思政课程的改革。辽宁石油化工大学、江南大学等学校在新的培养方案制定过程中专门研究方案,制定“思政”进专业课堂的具体办法,“思政”也成为了专业课程的培养目标之一。培养目标和毕业要求的修订,要充分理解地方经济发展规划和尊重行业专家意见。江南大学等学校多次邀请行业专家研讨行业人才需求、修订专业培养目标和方案,深度参与培养过程等。新的培养目标和培养模式更加贴近实际需求。

(2) 与新工科-工程认证-三级认证相融合。新工科建设、工程认证和三级认证的教育理念是一致的。项目组在调研的基础上制定新的专业人才培养目标和毕业要求时,以此为契机融合三者的要求,大幅度地调整了原有的专业人才培养目标。如,江南大学应用化学专业授予理学学士学位,在新工科专业建设与改革中充分考虑了三级认证工作要求,将二者融合在一起,制定了符合二者要求的人才毕业目标和要求。

(3) 与学校定位相统一。近年来,随着中国高等教育的不断改革和发展,各学校的办学水平和办学层次发生了深刻的变化。各项目承担单位根据调研结果和学校的定位,制定了适宜的专业人才培养目标和要求:如,江南大学根据学校的“双一流”办学层次和办学定位,制定了以培养行业高学历层次为目标的毕业要求,办学规格体现本科-硕士-博士-博士后一体化的化妆品人才培养体系。浙江工业大学根据本校在浙江省的地位和区域经济特征,制定了针对浙江省高端人才需求的人才培养目标和要求。红河学院是云南省红河州唯一的一所本科学校,根据学校“立足红河,服务云南,辐射南亚东南亚”的较高水平的区域性、国际化的特色鲜明的地方应用型大学的定位,制定了相应的人才培养目标和要求。

3.2 体现“新工科”要求的人才培养方案

各项目承担学校根据新的人才培养目标和毕业要求,制定了相应的人才培养方案,形成了各具特色的做法。各学校制定新的培养方案,不仅体现了“新工科”对人才的要求,也体现了地方技术经济发展或行业升级改造的要求,以及各自学校办学定位的要求。

辽宁石油化工大学与辽宁省科技厅、抚顺市政府、中国石化大连石化研究院等多部门联合成立辽宁省石油化工产业技术创新研究院,形成了行业、企业人员高度参与的产学研协同育人模式,应用化学专业对2016版培养方案进行了大规模的重新修订,并在2017、2018以及2019年根据培养方案的实际运行情况,又对某些课程的具体教学内容进行了调整,制定了2021年版的培养方案。江南大学的企业家在校任教和学校教授在企任职的“专家+教授”+“科研+教学”培养模式为学生的培养带来硬件(实践条件)和软件(企业家智力)的双升级。西南科技大学在原来的复合型卓越工程师培养的“学生3年校内学习、1年企业学习”的“3+1”人才培养模式的基础上,根据新工科建设的要求和学校办学定位将开展“3+1+X”模式,即学生通过3年的校内学习、1年企业学习以及2-3年的研究生阶段学习,毕业后获得专业硕士学位,成为卓越的设计型工程师。

3.3 课程建设

(1) 根据需求建群课(模块):为适应“新工科”建设的需求,辽宁石油化工大学在课程建设中以化学为中心,除设置化学类模块、化工类模块外,增加了由物联网技术概论、运筹学与最优化方法概论、大数据与分析方法基础、智能控制基础、机器学习概论等课程组成的计算机及信息类模块,

以及由体现行业发展的针对分子炼油理念的石油分子信息学、分子组成构建技术、分子反应网络构建技术、催化材料及催化剂工程等课程组成的分子管理工程模块。红河学院围绕云南省和红河州的发展和产业升级的需求,设置食品药品加工检测方向、资源综合利用与环境保护方向等系列课程群。

(2) 多部门联动开新课:新工科的内涵建设对专业建设要求多学科的交叉融合,要求新课程、学科交叉课程的开设,这些课程的开设需要多部门联动。如江南大学利用优质的工业设计(第四轮学科评估为 A-)和物联网(中国首个设置的物联网本科专业)等教学资源开设了“化妆品品牌文化与产品设计”“物联网基础及智能制造”等新课。上海应用技术大学以新成立的信息与智能技术产业学院为依托,将大学计算机课程的课程改革、教材建设和应用化学专业的“新工科”建设相融合。

(3) 点面结合建新课:上海应用技术大学以新课“信息与智能技术基础”的建设为试点,按照大化工类、大机电类和大文科类分别构建分层次、分模块的课程内容体系,开展在线课程、线上线下混合式教学改革。在此基础上,带动“数字媒体”“程序设计”等其他课程的改革,共同构成符合人才培养目标的大学计算机课程体系。

3.4 工程实践能力

工程实践能力的培养是专业进行“新工科”建设的关键环节之一。辽宁石油化工大学将学生的应用能力和创新创业能力的培养采用两步法的策略:第一步是借助通识类的创新创业类选修课程的设置,发散学生的思维方式,转变原有毕业就进厂工作的想法;第二步是加强化工设计、制图、化工安全与环保等工程应用类课程的强度,强化学生的工程应用能力。各项目承担高校采取多样化的方式,校内以实物仿真、实验课独立设课等,校外借助地域优势校企合作建立校外实践基地,将学生参与科研项目、创新创业大赛等纳入实践能力培养体系等方式强化实践环节。

3.5 机构与机制探索

新工科的内涵建设要求多学科的交叉融合,专业建设需要多学科的共同支撑,新课程的建设更需要学校多个部门联合推进。因此,在学校层面设立机构或赋予原有机构新的职能、形成相应的机制是搞好新工科建设的保障。上海应用技术大学于 2019 年 4 月成立了信息与智能技术产业学院,江南大学也于 2019 年 12 月份成立了人工智能与计算机学院。

4 项目实施中的经验与思考

(1) 加强学习、全员参与是搞好新工科建设的前提。新工科建设是经专家充分论证后付诸实施的国家战略,是对未来产业升级改造做出科学预判的前提下开展的专业建设,是在探索中前进。在新工科建设过程中一些教师对“新工科”的理解不完整、不深刻是正常的,组织教师先“跟着干”、不断探索“摸着干”,在干的过程中不断学习、不断改进,使新工科建设快速进入状态、推向深入。

(2) 设立机构、形成机制是搞好新工科建设的保障。新工科的内涵建设要求多学科的交叉融合,专业建设需要多学科的支撑,新课程的建设更需要学校多个部门联合推进。在学校层面设立机构或赋予原有机构新的职能、形成相应的机制是搞好新工科建设的保障。

(3) 深入调研、多方联动是搞好新工科建设的基础。新一轮科技革命和产业变革当中产业形态将发生怎样的升级改造和变化?这些变化对科学与技术有哪些新的需求?这些问题对人才培养方案改革具有指导意义。因此,掌握地方区域经济和行业如何升级是新工科建设的前提,教授、行业专家、高校、政府及行业管理部门联合共同推进“和着干”,深入调查研究,多学科协同发展是新工科建设的基础。

(4) 交叉融合、勇于改革是搞好新工科建设的关键。围绕新工科背景下的新要求,加强校企融合、科教融合、理工融合、学科交叉、虚(拟)实(践)结合,勇于改革是搞好新工科建设的关键。

各项目承担学校在项目的研究与实践过程中,形成了调研分析报告,修订了培养方案和课程体系,加强了专业和课程建设,对项目的实施情况进行了总结,这些成果为其他地方(行业)高校如何开展新工科研究和建设提供了可借鉴的经验。

参 考 文 献

- [1] 张树永, 朱亚先, 霍冀川, 宋丽娟, 徐华龙, 郑兰荪. 大学化学, **2020**, 35 (10), 6.
- [2] 顾佩华. 高等工程教育研究, **2017**, No. 6, 1.
- [3] 张大良. 新工科建设的六个问题导向. 光明日报, 2017-04-13 (13).
- [4] 胡波, 冯辉, 韩伟力, 徐雷. 复旦教育论坛, **2017**, 15 (2), 20.
- [5] 张树永, 朱亚先. 中国大学教学, **2018**, No. 3, 25.
- [6] 张树永, 张剑荣, 陈六平. 大学化学, **2016**, 31 (9), 1.
- [7] 陆国栋, 李拓宇. 高等工程教育研究, **2017**, No. 3, 20.
- [8] 林健. 清华大学教育研究, **2017**, 38 (2), 26.