

•专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202005012

www.dxhx.pku.edu.cn

理科背景下新工科人才培养的思考 ——以南开大学“新能源科学与工程”探索为例

陶占良, 程方益, 陈军*

南开大学化学学院, 天津 300071

摘要: 当前, 新一轮科技革命与产业变革加速演进, 给具有典型交叉学科特点的新能源科学与工程专业提出了更高的要求。在“新工科”建设背景下, 南开大学主动布局新能源专业, 探索理科背景下的“新能源科学与工程”新工科人才培养模式, 对人才培养方案、课程体系设置、人才培养模式、教学实践形式等进行了改革和探索, 以期推动应用理科向工科延伸, 培育出理工交叉融合、理论与实践结合、创新能力强的新能源专业人才。

关键词: 新工科; 新能源科学与工程; 学科交叉; 创新型人才

中图分类号: G64; O6

Reflections on the Cultivation of Emerging Engineering Talents on the Science Background: An Example on Exploring New Energy Science and Engineering Discipline at Nankai University

Zhanliang Tao, Fangyi Cheng, Jun Chen*

College of Chemistry, Nankai University, Tianjin 300071, P. R. China.

Abstract: At present, a new round of scientific and technological revolution and industrial transformation is accelerating, which has put forward higher requirements for the discipline of new energy science and engineering with typical interdisciplinary characteristics. On the background of emerging engineering education, the “new energy science and engineering” discipline is building at Nankai University to cater for the development of renewable energy and to explore the strategies of talent cultivation. The models for talent training, settings of new curriculum system, and forms of teaching practice are presented. The goal is to promote the extension of applied science towards engineering and to foster the cultivation of talents in the new energy field with broad interdisciplinary science-technology horizon and strong practical ability.

Key Words: Emerging engineering education; New energy science and engineering; Interdisciplinarity; Innovative talent

能源是人类生存和发展的重要物质基础, 是社会经济发展水平的重要标志。能源利用的变革伴随着工业革命, 推动了人类文明的发展进程。当今社会, 环境污染和能源危机是可持续发展中面临的重要问题, 调整能源结构, 构建清洁低碳、安全高效的能源体系, 开发与利用新能源成为大势所趋。

收稿: 2020-05-06; 录用: 2020-06-04; 网络发表: 2020-06-10

*通讯作者, Email: chenabc@nankai.edu.cn

基金资助: 教育部首批“新工科”研究与实践项目“新能源科学与工程专业建设与探索”

当今世界科技发展日新月异,从科学发现到技术成果转化的时间不断缩短,知识更新迭代速度加快,这些对工程技术人员知识体系、职业素养、科学思维、专业技能及国际视野等提出了更高的要求。为主动应对新一轮科技革命与产业变革,支撑服务创新驱动发展、“一带一路”“中国制造2025”等,高等教育必须进行全面深入的改革和创新,以适应当前科学技术和社会的发展,在这一背景下,“新工科”建设应运而生^[1]。

1 现有课程体系和人才培养模式的局限

开展“新工科”建设旨在加快培养新兴领域工程科技人才,改造升级传统工科专业,主动布局未来战略必争领域人才培养,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、从适应服务转向支撑引领^[2]。2017年2月,教育部发布了《教育部高等教育司关于开展“新工科”研究与实践的通知》,积极推进新工科建设,来探索领跑全球工程教育的中国模式、中国经验。2020年1月,教育部、国家发展改革委、国家能源局联合制定《储能技术专业学科发展行动计划(2020–2024年)》,提出统筹整合高等教育资源,加快建立发展储能技术学科专业。

新能源科学与工程专业属多学科交叉、特色鲜明的综合型工科专业。但由于专业设置在能源动力类,一般院校主干课程多为工程热力学、工程传热学等,急需对新能源及储能技术专业基础课程内容进行改革、整合和深化提升。对现有“新能源科学与工程”专业进行改造,以理科强化工科,加强科学思维、知识体系、应用能力的拓展,加强与行业企业对接,完善协同育人机制,使专业人才更好地适应新技术、新产业、新业态的发展需要^[3,4]。

2018年,南开大学申报的“新能源科学与工程专业建设与探索”入选教育部首批“新工科”研究与实践项目(能源、电气、核工程类项目群)。2019年,经教育部审批,南开大学新增“新能源科学与工程专业”并开始招收本科生,旨在推动以新技术、新模式、新产业为代表的新经济创新发展。学校高度重视“新工科”建设,将“新工科”研究与实践项目纳入“双一流”建设总体方案,主动布局新能源专业,探索理科在技术前沿的应用,推动应用理科向工科延伸,培育实践能力强、“接地气”的新工科人才。

2 课程建设探索

2.1 课程体系设置

为了培养新能源专业的跨学科复合型人才,进一步推动应用理科向工科延伸,实现学科的深度交叉融合,南开大学整合化学学院、电子信息与光学工程学院等在化学、材料、电/光方面的师资及教学资源优势,结合目前新能源产业的发展形势和“新工科”理念,依托应用化学与工程研究所和新能源转化存储交叉科学中心,将部分重要的化学基础课、半导体物理等加入到学科专业核心课程内,改革现有新能源科学与工程专业的人才培养目标与课程体系,使之更加适应行业发展的需要。

南开大学“新能源科学与工程专业”本科人才培养方案旨在面向太阳能、生物质能、氢能、高能电池、化学储能、电动汽车、智能电网(储能)与分布式能源建设等国家急需的新能源产业方向,培养在清洁能源领域科学研究、技术开发、工程应用、服务经济社会发展等方面具有扎实的理论基础和较强实践与创新能力的复合型专业人才。

学校成立新能源科学与工程专业特色班招生选拔小组,制订详细的选拔方案,打破学科框架,实行“通识(基础)+专业”的培养方案,主要课程如表1所示。

在通识教育基础上,培养方案注重新工科特色,突出新能源内涵。在核心课程设计上强化与新能源关联的概念和学科方向,如能源利用史、能源分类、能源与环境、能源经济、能源管理等,引导学生重点掌握热/电/化学能/机械能/辐射能等常见能量形式的储存与转化原理、能流能效分析、能源材料、光电器件、储能技术等核心知识体系,融入介绍新兴交叉领域如能源互联网。将前沿的科技进展与团队的研究成果融入本科教学中,培养学生系统性思维方式和创新能力。

表1 新能源科学与工程本科专业具体课程

类别	课程名称	
学科通识(基础)课	高等数学、大学物理、化学概论、物理化学、固体与半导体物理、电路基础、机械工程基础、智能工程、循环经济学	
学科专业必修课	新能源科学与工程导论、能源材料科学基础、能源化学、能源催化材料、有机光电功能材料与器件、半导体光伏材料与器件、化学电源、工程制图、化工基础、应用化学分析	
实验与实践	大学物理、创新研究与训练、军训、体育、公能实践、无机化学实验、有机化学实验、物理化学实验、仪器分析实验、化工基础实验、光伏器件基础实验、化学电源基础实验、应用化学实验、实践教学、毕业论文	
学科专业选修课	太阳能利用模块	光伏电站设计运行与控制、太阳电池中的物理与化学、人工光合作用
	储能与节能模块	储能材料与技术、氢能与燃料电池技术、功能材料与节能电子器件、能源系统和气候变化、建筑中的能源系统
	功能材料模块	碳纳米功能材料、纳米表界面、功能配合物化学、结构化学、电子材料第一性原理计算
	分析开发模块	电分析化学、化学软件开发、化学信息学、计算机化学基础、材料分析技术、化学信息与模拟、原子光谱分析法概论、半导体材料测试与分析
	其他	能源化学专业英语、风能、能源经济与政策、当代化学前沿、线性代数、绿色化学基础、综合化学实验、高分子材料导论、数理统计、高分子物理、质量保证导论、分子识别与组装、工业设计基础

通过化学、电子、信息、光学、材料、控制等多学科交叉、跨专业融合，系统掌握太阳能、生物质能、氢能、高效化学电源、储能材料等新能源及转换利用技术，满足国家战略性新兴产业对该领域教学、科研、技术开发、工程应用、经营管理等方面的复合型高级专业人才，培养国际化视野。

2.2 实践教学体系的设计

结合学科研究特色和科研优势，构建以培养学生科学思维、锻炼学生实践技能与创新意识为目的的实践教学体系，包括基础实验平台、专业实践平台和创新培育平台(图1)，为产学研合作提供保障。

基础实验平台以专业基础教育为主体，包括大学物理实验、无机化学实验、有机化学实验、物理化学实验、仪器分析实验、综合化学实验、电路基础实验、模拟电子技术实验、数字电子技术实验等，实验教学安排随理论课程的进程进行，充分考虑与新能源专业的相关性，进行具体实验的精选与设计，引导学生加强对光、电、热、磁、化学反应等物理、化学现象的理解。

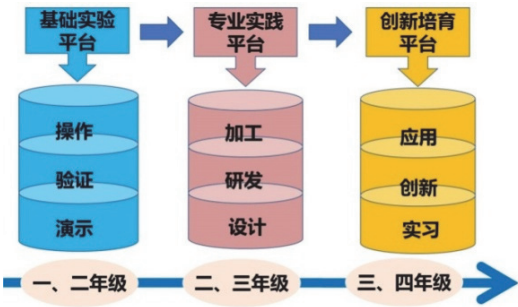


图1 实践教学课程体系设计

专业实践平台以专业核心需求为导向,包括化工基础实验、光伏器件基础实验、化学电源基础实验、应用化学实验等。这两类实验的主要目的是培养学生的实际动手操作能力,使学生深入了解实践操作的规范化流程,同时也加深学生对相关理论课程知识的理解,强化对新能源概念的认识以及对能量转化与存储规律的掌握,建立系统设计、过程分析等理工结合的思维模式。

创新培育平台以学科融合为背景,以科研反哺教学为方向,包括创新性实验、创新训练项目、创新竞赛活动、参与研究项目和社会实践等方面。创新性实验主要是针对于专业相关的实验项目,但有别于基础实验,它不指定具体的某一实验内容,而教师只给出一个宽泛的题目,学生在这宽泛题目内再结合自己的想法设计出具体的实验项目并进行实验;创新训练项目如大学生开放性课题和竞赛性的实践项目,则是面向大二以上年级且对科研感兴趣的学生,以学生提出申请创新性想法并进行实践,教师辅助指导,在锻炼学生自主开展科研实践能力的同时,也培养了学生的协作和创新能力;毕业设计是在教师指导下,结合教师自身的科研项目进行的一项比较系统、完整的实践项目,从开题、文献查阅、实验设计和搭建,再到实验测试、数据分析处理,以及最后的论文撰写等整个过程。在整个过程中,教师以引导为主,学生通过案例式探究来提升实践与创新能力。

上述内容以校内实践教学为主,形式较多,可开展一些较为前沿性的科研实践活动,但它并不具备工业化、规模化的流水线生产条件。校外实践教学是一个难得的机会,并且与校内实践教学具有良好的互补性^[5]。校外实践教学包括到校外企业参观学习和到企业专业实习两部分。

采取多种途径进行双师型教师的培养,如定期聘请光伏发电企业、电池厂有经验的专业技术人员对教师进行培训,增强教师的工程素质。同时,通过教师和企业联合做科研项目、联合编写教材的方式,使教师加强和企业的联系,提高对企业生产的参与度。

2.3 依托学科特色优势,汇聚人才资源

依托学科特色优势和优质师资,推出了“本科生导师工作制”“名师面对面”“导师工作坊”等活动,坚持“全员育人、全程育人、全方位育人”三全育人机制。

“本科生导师工作制”采取一对一工作方式,除学生工作部门配备的年级辅导员外,为每名入校本科新生配备导师,在学业规划、学习过程、科研探索以及品德素养等方面提供全方位辅导;“名师面对面”主要邀请院士、长江学者、教学名师、校长、院长参与学业指导,教师结合科研成果等方面讲授国家需求和国际前沿,激发学生对学习专业知识的兴趣。“导师工作坊”则聘请专任教师和辅导员给学生以学术或职业生涯指导,明确自己的人生规划。同时,每年邀请3—4位院士、杰青或长江学者特聘教授来校讲学,以杰出学者的成就和科研经历启迪学生的创新思想,定期举行企业家讲座,以工程实践来激励学生立志科技报国、服务国家需求。朋辈导师在学习生活上全程帮扶,学业导师在专业方向和实践课题上适时引导指导,名师讲座开阔视野和激励创新,通过这些举措持续、全方位培养新能源人才。

新能源科学与工程专业担负着为国家与全球培养新能源战略性人才的重任,提升专业国际化水平是必然的趋势。结合学校本科教学对外交流项目,积极开展国际交流合作,如与美国斯坦福大学、康奈尔大学、加州大学洛杉矶分校,英国剑桥大学、牛津大学、格拉斯哥大学,德国杜伊斯堡埃森大学,澳大利亚悉尼大学、卧龙岗大学等优势高校开展本科生短期学习研修项目,推进本科教育国际化水平,服务“双一流”建设。同时,通过师资培育、海外引智等,“内培外引”,建设一支年龄、学历、职称和学缘结构上配置合理的教学团队,提高师资队伍国际化水平。

3 结语

新能源是世界各国竞相争夺的焦点,我国需要培养一批能够站在新能源领域国际前沿的顶尖学术与工程技术人才,开展“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。新能源科学与工程学科交叉性强、专业跨度大,学科基础来自于多个理科和工科专业。本质而言,“新工科”建设就是推进学科的交叉融合。南开大学将新兴交叉学科优势转化为人才培养优势,落实立

德树人根本任务, 依托化学、材料、电子、信息、光学等专业, 改变单一学科办专业的模式, 打破专业壁垒, 积极对接国家能源重大发展战略需求, 跨学科融合、多学院建设, 实化南开新工科体系建设, 构建新工科教育人才培养共同体, 进一步推进南开本科教育教学高水平建设和内涵式发展。

参 考 文 献

- [1] 吴岩. 高等工程教育研究, **2018**, No. 6, 1.
- [2] 钟登华. 高等工程教育研究, **2017**, No. 3, 1.
- [3] 刘金磊, 赵晶. 教育教学论坛, **2019**, No. 25, 230.
- [4] 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.
- [5] 冯亚青, 杨光. 中国大学教学, **2017**, No. 9, 16.