

理-工校企复合型人才培养模式探索

马建功*, 程鹏*

南开大学化学学院, 天津 300071

摘要: 分子科学与工程专业是南开大学化学学院和天津大学化工学院利用各自办学优势和特点联合创办的理工复合型人才专业。专业自2003年起正式招生以来, 经过20年的建设与发展, 已为国家和社会培养培养拥有宽广深厚的化学化工基础, 同时具有科学研究、产品研发与产业化能力的毕业生1000余人。2020年分子科学与工程专业入选国家一流专业建设点, 成为复合型人才的专业标杆。为适应新时期国家“推动校企合作, 培养顶天立地人才”的战略和发展需要, 分子科学与工程专业在理-工复合型人才培养的基础上, 进一步深化本科教学改革与人才培养, 将南开大学化学与天津大学化工两个国家一流学科与国内国际一流企业联合, 有效结合基础科学、应用科学、实际生产与国际先进企业模式, 探索理-工-企国际化复合型人才模式, 协同一流专业、一流学科、一流企业强强联合, 建立兼具爱国情怀、扎实专业基础、优秀创新能力、国际化研发经历的“全一流”人才培养体系。

关键词: 产学研; 复合型人才; 校企合作

中图分类号: G64; O6

Research on the Training Model of International Composite Talents in Science, Engineering and Industry

Jiangong Ma^{*}, Peng Cheng^{*}

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

Abstract: The Molecular Science and Engineering major is a science engineering composite talent training specialty jointly established by the College of Chemistry at Nankai University and the College of Chemical Engineering at Tianjin University. Since its official enrollment in 2003, the major has undergone 20 years of construction and development with more than 1000 graduates combining a broad and profound foundation in chemistry and chemical engineering. In 2020, Molecular Science and Engineering has been selected as the national first-class specialty construction site, becoming the professional benchmark for the cultivation of interdisciplinary talents. In order to meet the strategic and development needs of “promoting school enterprise cooperation and cultivating outstanding talents” in the new era, Molecular Science and Engineering further deepens undergraduate teaching reform and talent cultivation above science engineering composite talents. It combines basic science, applied science, practical production, and international advanced enterprise models, exploring the international composite talent cultivation mode of science engineering enterprises, to establish a “fully first-class” talent cultivation system that combines patriotism, solid professional foundation, excellent innovation ability, and international research and development experience.

Key Words: Industry-university-research; Inter-disciplinary talent; University-industry collaboration

收稿: 2025-09-08; 录用: 2025-09-25; 网络发表: 2025-10-21

^{*}通讯作者, Emails: mvbasten@nankai.edu.cn (马建功); pcheng@nankai.edu.cn (程鹏)

为了培养适应21世纪发展要求的理工复合型专业人才,南开大学化学学院和天津大学化工学院按照“独立办学,紧密合作”的要求,坚持“高起点、高标准、创特色、建一流”原则,于2003年创办我国首个“分子科学与工程”专业(图1)。两校每年各招收30人,前两年在南开大学后两年在天津大学集中培养、统一管理,毕业时授予南开大学理学和天津大学工学双学士学位。专业配备两校优势师资力量,包括国家教学名师、院士、和中青年国家级人才等。2020年,分子科学与工程专业入选国家一流专业,被国家和教育部定为重点建设打造的核心专业,为我国培养高水平复合型人才开辟了一条全新的道路。培养的学生以理论基础扎实、实践创新能力强得到业界的普遍赞誉。他们与传统的工科专业出身的学生相比明显表现出强的思考问题能力和探索问题的精神,发展潜质与前景巨大。专业学生同时具备理学与工学背景,具有更加广阔的选择空间。每年约有54%学生保送或考入北京大学、清华大学、中科院大学等国内著名高校;约有15%毕业生赴国际一流大学深造;约有31%毕业生进入国际知名化学或化工企业和国家重点事业单位工作^[1]。

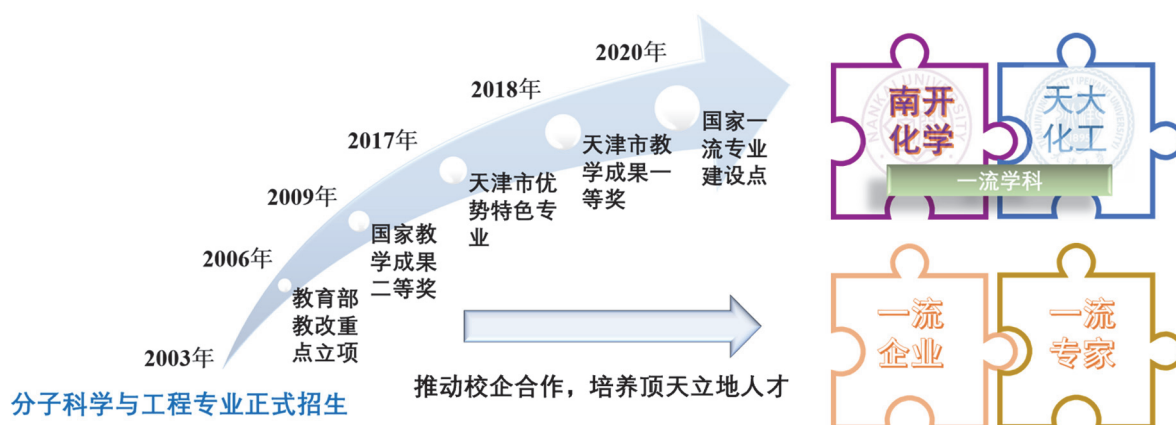


图1 南开大学分子科学与工程专业发展历程与新时期建设思路

进入新时期,面向国家“推动校企合作,培养顶天立地人才”的战略和发展需要,已建设20余年的分子科学与工程专业提出在理-工复合型人才培养的基础上,进一步深化产学研人才培养,将南开大学化学与天津大学化工两个国家一流学科与一流企业联合,有效结合基础科学、应用科学、实际生产与国际先进企业模式,探索理-工-企国际化复合人才培养模式,协同一流专业、一流学科、一流企业强强联合,建立兼具爱国情怀、扎实专业基础、优秀创新能力、国际化研发经历的“全一流”人才培养体系。

1 发展背景

2022年7月,习近平总书记在中央人才工作会议上指出,高校特别是“双一流”大学要发挥培养基础研究人才主力军作用,全方位谋划基础学科人才培养,建设一批基础学科培养基地,培养高水平复合型人才。产学研深度融合是教育科技复合型人才一体化推进的关键。

当前,理-工复合型人才培养方案往往局限于学校内部,学生培养目标及课程设置与企业研发需求之间存在缺失环节。传统课堂授课形式单一,学生自主创新意识与学以致用能力培养缺乏,课程内容更新动力不足,与实际应用和发展前沿脱钩,国际化实用化视角局限,已越发无法满足“顶天立地”复合人才培养要求。为更好适应新时期人才培养机制发展需要,响应教育部理论与实践进一步紧密结合的要求,分子科学与工程专业依托南开化学与天大化工两个“双一流”学科,在夯实理-工专业基础前提下,邀请产学研交叉领域专家、引进一流国际化企业进入课堂,同时引导学生走出象牙塔,结合化学、化工基础教学与企业实践培训,开展理论课、实验课、实践课融合授课尝试,

发展主动创新、共同设计、产教结合的新型授课形式与培养措施,通过校企合作建立理-工全面复合型人才培养模式(图2)^[2]。



图2 理-工全面复合型人才设计

2 改革专业理论课程，整合理-工专业课，开设大师课堂

分子科学与工程专业整合南开大学化学专业(150学分)与天津大学化工(200学分)专业课程,按照专业特点精简课程数量,凝练核心课程,并根据时代变化、科技发展与人才培养需求持续优化课程内容,由2003年设立专业之初的230学分,逐渐精炼至209学分(2013年)和192学分(2023年),突出化学概论、化工热力学、化学反应工程等涵盖化学和化工的核心基础课程,并根据专业特点和课程难度合理安排开课学期。在此基础上,融合化学与化工课程并结合分子科学与工程特点,开设特色鲜明的全新专业课程,如综合化学化工实验、分子设计与产品工程、分子科学与工程信息学等,促进学生化学与化工思维融合,突出专业特色。此外,针对专业特色与学生学习过程,两校共同设置特色选修课程,如绿色化学基础、中药工程基础、能源化工基础、生物大分子研究中的化学工程问题等。近年来,针对课业负担繁重与学生创新训练需求日益提升的矛盾,和基础理论与实际应用脱节问题,进一步对理论课增质减量,整合分析化学与仪器分析课程,将化工核心理论课集成为“化工原理(上、下)”,衔接物理化学中化学热力学部分与化工热力学课程内容。探索化学化工理论课程改革与理论-实践联合培养模式,2025年将本科阶段专业课程压缩至3个学年,增加学生参与科研训练与实践时间。通过化学化工基础理论教学改革将企业研发与基础化学化工理论联系起来,改革理论课方案,将部分理-工实践课程提前,并邀请交叉领域顶尖科学家与企业专家进入课堂,与一批国内国际知名企业建立了企业专家-高校教师共同授课模式,形成了国际化复合型人才理论学习-研发应用培养格局。

2021年,以南开大学化学学科成立100周年和分子科学与工程专业立项20周年为契机,打造专业品牌讲座“分子视界·大师课堂”,旨在通过大师言传身教,了解科技前沿,拓宽学生学术视野,树立远大理想,明晰奋斗目标,打造复合型人才培养的精品课堂。邀请企业专家走进课堂,紧密结合理论基础与企业研发过程,既巩固理论知识,又使学生真正认识到理论基础的应用价值,形成典型理-工-企复合课程。截至目前,已邀请来自中国核工业集团、中国航空工业集团等企业及科研院所的智能分子工程、二维材料、仿生材料、稀土资源、铜系与核化学、防护与腐蚀化学等领域专家做客大师课堂,显著拓宽了分子专业学生眼界与专业知识。大师课堂与专业基础课内容有机结合,相互交叉促进,让化学理论课“活起来”。例如通过大师课堂联系“铜系元素”与反应堆发展历程、铜系多元素分离、核燃料后处理工艺,形成铜系化学基础-实验平台设计-乏燃料铜系镧系元素分离应用全链条课程内容,使学生学习不一样的元素概论,真正将铜系元素化学与国家战略和实际应用结合起来。通过航空器“腐蚀与防护”,结合航空发动机运转和航空装备腐蚀过程的物理化学原理和其中动力学与热力学过程,在理解其中化学原理基础上指导航空装备和材料环境腐蚀与防护、涂层设计等实际问题,使理论课程与大国重器形成链接,激发学生爱国报国热情,形成热烈课堂讨论氛围,

完美诠释理-工-企复合人才培养理念。

3 改革实验课程，建立实验-实践联合模式、面向企业实际问题

针对传统实验课内容陈旧单一，学生自主创新意识与学以致用能力培养不足问题，结合实验教学、科技前沿与生产实践，探索化学化工实验课程改革与实验-实践联合培养模式，通过实验教学改革将企业研发问题与基础化学化工以及分子科学实验教学联系起来，从企业研发问题出发，提炼关键科学技术问题或普适性工艺环节，设计实验讲义，建设实验-实践密切结合的实验培养方案。通过结合行业与技术前沿热点、邀请国内国际知名企业专家作为行业导师等方式，从科技与企业的研发与生产实际出发，指导实验设计，并引导学生基于实验操作思考规模化生产方案，形成典型理-工-企复合实验课程。

例如，将2023年诺贝尔化学奖成果、代表显示行业先进工艺的量子点技术引入实验教学，开设“钙钛矿量子点的制备与性能调控”实验(图3左、中)。通过该实验，学生认识并制备钙钛矿量子点，从组成、反应温度、反应时间等多方面去调控量子点的荧光性质，学习了热注射法，即在高温下将一种前体快速注射入另一种前体中，利用快速成核的过程提高量子点的单分散性，同时高温可以促进离子流动与晶体的自修复，提高量子点的结晶度。该实验将钙钛矿化合物、诺奖成果量子点、电子态量子限域效应与半导体显示器件结合起来。将已在联合企业试验气体分离提纯与硅橡胶催化聚合的金属-有机框架(metal-organic frameworks, 简称MOFs)及其复合材料引入实验教学，结合任课教师团队的研究基础，开设“金属-有机框架及其复合材料合成”实验(图3右)。2025年10月刚刚公布的诺贝尔化学奖正是授予了金属-有机框架(MOFs)，充分体现了实验课程改革的前瞻性和对于科学前沿的精准把握。

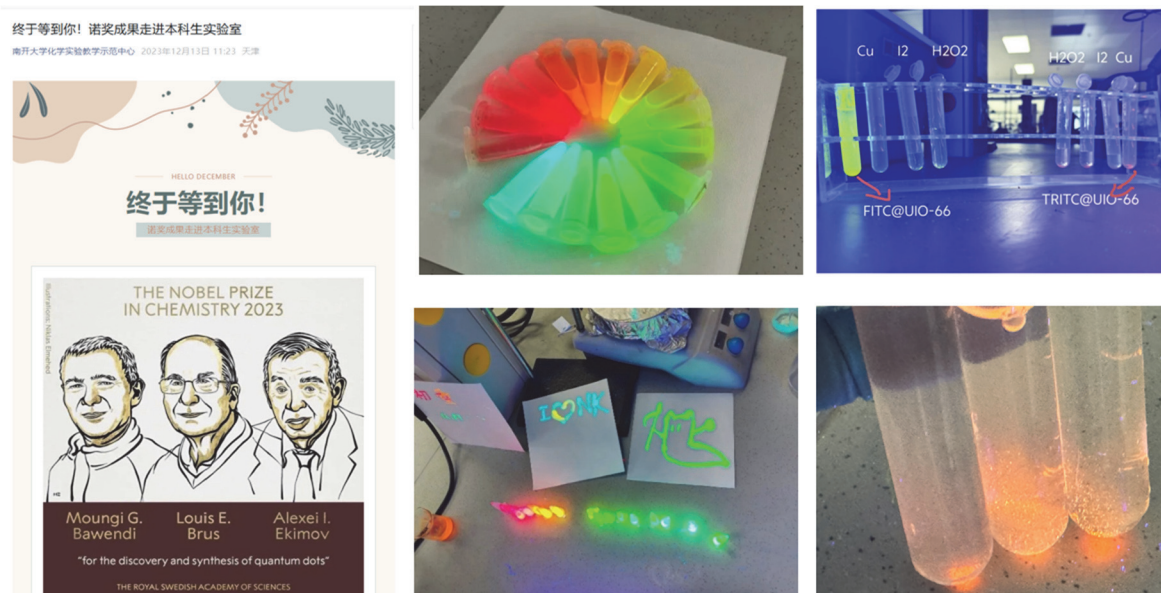


图3 量子点实验(左、中)与金属-有机框架传感材料(右)实验图

4 改革成果与应用推广

深化产学研人才培养取得了显著成效。改革依托的核心课程之一“化学概论”入选国家一流课程；多名学生借助大师课堂等平台进入中国核工业集团原子能科学研究院、航空工业集团等企业及相关科研院所深造；部分成果形成本科生第一作者论文，如基于诺贝尔奖成果开发的量子点实验^[3]，与天津市第一中心医院国际移植中心合作的新型器官保存液配制研究等^[4]。

结合科技前沿与企业需求的理-工复合人才培养激发学生创新热情,提升实践创新能力。分子科学与工程专业本科生李连鹏与团队结合化学化工原理、实验基础与企业需求,设计并制造以化学反应为唯一动力源的小车,通过精准调控反应速率、能量转换与机械系统,在限定条件下完成载重行进、高精度距离控制等核心任务,获得中国化工协会主办的中国大学生Chem-E-Car竞赛一等奖。赵轶臻率领团队基于任课教师课题组自旋转换材料相关研究成果改进为无机化学实验“热致变色自旋转换材料的制备与表征”,获得第二届全国大学生实验创新设计大赛特等奖,并已推广作为南开大学化学学院“无机化学实验2-1”内容^[5]。这些以本科生为创新主体取得的成果、论文与奖项等体现了理-工复合对学生将化学原理与科技创新转化为工程系统创新能力的全方位培养。

5 结语

针对“顶天立地”复合型人才培中理-工复合型人才培方案与企业研发需求及过程脱节、传统课堂授课形式单一、学生自主创新意识与学以致用能力培养缺乏、课程内容与实际应用和发展前沿脱钩、国际化实用化视角局限等问题,适应新时期人才培养机制发展需要,响应教育部理论与实践进一步紧密结合的要求,引进国内国际知名企业进入课堂,引导学生走出象牙塔,结合化学、化工基础教学与实践训练,开展理论课、实验课、实践课融合授课尝试,发展主动创新、共同设计、产教结合的新型授课形式与培养措施,建立了理-工全面复合型人才培模式,取得了良好效果。金属-有机框架等相关实验,已经加入到中国科协与教育部联合设立的“中学生英才计划”培养方案。此外,依托南开大学化学科普基地,将量子点等实验作为展示实验,向中小学生学习科学兴趣、全国化学类基础人才培养等具有积极的辐射和示范作用。

致谢:感谢《大学化学》给高等学校化学教师、研究生、本科生、中学化学教师、对化学有浓厚兴趣的中学生提供了很好的交流和学习的平台。笔者不仅是《大学化学》的忠实读者,而且作为作者曾经发表过8篇论文,并参与论文审稿工作。承蒙《大学化学》的邀请,笔者(程鹏)在攻读博士学位期间,最早的2篇中文论文“对化学的挑战——分子铁磁体的设计”和“桥联多核配合物的合成及磁交换作用的评估”均发表在《大学化学》的“今日化学”栏目(1993年8卷2期1-5页和1994年9卷1期6-11页),后来都被收录到北京大学出版社1995年出版的《今日化学》。在教育部高等学校化学教育研究中心成立和《大学化学》创刊40周年之际,很荣幸再次应邀为《大学化学》撰稿。我们总结了南开大学化学学院与天津大学化工学院共同创办的“分子科学与工程”专业二十多年来的经验与体会,期待为我国化学与化工教育改革提供启示与借鉴。祝愿《大学化学》越办越好!

参 考 文 献

- [1] 马建功. 化学教育, 2021, 42 (18), 49.
- [2] Ma, J. G.; Liu, X.; Cheng, P. *Creat. Educ.* 2024, 15, 932.
- [3] 刘子卓, 赵伟, 田浩文, 葛明威, 铎悠洋, 刘安安, 邱晓航. 大学化学, 2023, 38 (10), 293.
- [4] Wang, Y.; Lan, T. T.; Wu, S.-H.; Ma, J. G.; Zou, X. F. *Transplant Immunol.* 2024, 87, 102144.
- [5] 赵轶臻, 杨皓程, 叶雨锬, 马建功, 邱晓航. 大学化学, 2022, 37 (5), 2109100.