

学科交叉视域下化学创新人才培养的探索

王群, 李杨, 卢松涛, 康红军, 洪杨, 吴晓宏*

哈尔滨工业大学化工与化学学院材料化学系, 哈尔滨 150001

摘要: 新时代出现知识生产多元性、学科交叉性和创新协同性特征, 工科院校理科人才培养机制迫切需要随时代发展改革创新、与时俱进。哈尔滨工业大学理科材料化学专业在二十年的建设和发展中, 对接国家航天重大战略需求, 探索出了独具航天国防特色、与国家一流专业相适应“三位一体, 多维融合”的多学科交叉的“大化学”的理科专业培养模式, 对其形成过程、内涵、模块化知识体系构建和“三导三实”跨界整合实践能力培养进行了系统研究和实施。

关键词: 学科交叉; 理科专业; 航天国防特色; 人才培养

中图分类号: G64; O6

Exploration for the Chemistry Innovative Talent Cultivation from an Interdisciplinary Perspective

Qun Wang, Yang Li, Songtao Lu, Hongjun Kang, Yang Hong, Xiaohong Wu*

Department of Material Chemistry, School of Chemistry and Chemical Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China.

Abstract: The new era is characterized by knowledge production diversity, interdisciplinary and collaborative innovation. Engineering universities urgently need to update their scientific talent cultivation mechanisms to stay aligned with these evolving demands. Over the past twenty years, the Department of Materials Chemistry at Harbin Institute of Technology has responded to the major strategic needs of national aerospace. It has developed a unique “Big Chemistry” approach to science education, characterized by its aerospace and defense focus and a “Trinity and Multidimensional Integration” model that combines multiple disciplines. This paper provides a systematic exploration and implementation of this model, detailing the formation process, conceptual framework, construction of a molecular knowledge system, and the cultivation of cross-disciplinary practical skills through “Triple mentorship and Triple Practice”.

Key Words: Interdisciplinary; Science discipline; Aerospace defense characteristics; Talent training

近25年来, 约50%的诺贝尔奖是通过学科交叉合作获得的, 强化学科交叉融合和多学科协同攻关, 是当前科技发展的显著特征, 是培养创新型人才的有效途径^[1]。强大的理科人才是创新的原始动力和主体, 而人才培养的基础和载体是学科和专业^[2,3], 学科是知识生产、传播到应用积累的阶段产物, 是系统有序的知识体系; 专业是人才培养目标、课程、教材、实践等各项工作的承载和依托。当前知识生产模式正从以理论产出为主旨的模式“1”向以实用产出为目的“2”转型, 后者基于跨学科基础, 更加以科学工程技术问题为导向^[4-7]。

新时代国家战略需求难题的攻克大都是多个学科高度交融的成果, 航空航天技术是衡量一个国

家综合实力的指标之一，我国明确提出强化发展“空天科技”，这就必然使用各种功能材料，化学为航空航天技术提供了强有力的材料支撑，但由于受到国外技术封锁，关键战略材料的研发仍然受制于人。面对多学科交叉融合的大趋势，院校内涵建设的底层逻辑起点是专业能否紧随产业发展而进行科学动态调整，专业要在全中国占有一席之地，就必须思考如何定位，办出特色。

1 材料化学专业和学科发展历程

1992年，教育部正式将本科专业材料化学归属为材料类的一个分支专业，可授予理学或工学学位，故不同院校根据自身研究优势对专业进行了定位^[8,9]。2021年5月，习近平在中国院士大会、中国科学技术协会第十次全国代表大会上讲到：“基础研究更要应用牵引、突破瓶颈，从经济社会发展和国家安全面临的实际问题中凝练科学问题，弄通‘卡脖子’技术的基础理论和技术原理。”并且，教育部新增第14个学科门类“交叉学科”，同时，国家自然科学基金委将交叉学科之一的材料化学定位为“满足国家先进材料的战略需求，引领国际材料化学领域发展”的目标，着重在原子/分子“小尺度”下凝练并解决系列重大基础科学问题，突破“卡脖子”的关键技术瓶颈，建设具有我国特色的材料化学和人才培养体系。我国很多大学的专业建设和学科建设、人才培养和科学研究的结合仍有互相转化和融合不足问题^[10-12]，即学科资源和本科教育资源、科研强项和教学优势、学术队伍和教学队伍存在“两张皮”现象。人才培养质量着力点是专业建设，理科和工科的学科交叉渗透是专业发展主要驱动力，这给我国高等教育的理科人才培养指明了前进方向，已成为新时代的研究范式。

2 人才培养体系的具体改革和举措

哈尔滨工业大学理科材料化学专业面向国际学术前沿，立足航天与国防底色，遵循“专业建在学科上”的办学思路，围绕“服务航天化工新材料的理科人才培养”中心，发展基于“大学科”理念跨界融合的多元知识体系和集成创新能力培养体系，交叉融合材料、化学、物理及化工四个学科，构筑“三位一体，多维融合”的多学科交叉的“大化学”的理科专业培养模式。

“三位一体”内涵是人才培养规格融“知识、能力、素质”为一体，即在“多维综合教学”中完成知识传授和知识体系的构建，集成平台达成能力培养，多学科师资实现对学生的价值塑造。简言之，师资是平台和教学的建设者，教学、平台和师资围绕服务人才培养，具体实施策略如下所述。

2.1 跨界融合的多元知识体系解决单一学科导致的不合理知识结构和创新思维受限难题

2.1.1 精密耦合打造核心知识课程和应用模块课程体系

专业围绕着培养目标所需要的知识结构，以材料、化学、物理及化工四个学科交叉提供的优质课程组合形成完整的理科培养方案，在保持通识课程及素质教育课程基础上，重点对专业教育的课程进行重新交叉融合，确定培养方案，构筑兼容“学科基础课程模块+专业核心课程模块+实习实践课程模块+个性化课程模块”的课程体系，开设材料合成化学、材料物理化学、物质结构分析、应用界面化学和材料基因组学等专业课程模块。同时，为满足学生个性化培养，设定与专业方向对应课程的柔性化模块课程。以最强的教授建设好优秀课程，包括编好新形态教材、教案、知识图谱等。材料、化学、物理及化工四个学科教师共同讨论制定每门课程教学大纲，保障教学内容有效性、体系性和前沿性，明确每门课程的知识点子集，由所开设的各门课程的知识点子集的集合形成以知识点为构成要素的课程内容体系。

2.1.2 科研成果进课堂、教材和实验，“三导”方式多维化共同发力

教师注重公式讲解中的工程应用背景介绍，交叉融合的最新科研成果进课堂、教材和实验，引导学生在课外利用所提供的货架式云课程库等网络资源进行深入学习，教师结合学生的个人特点进行课外辅导；全程指导成果梳理，包括从科研立项申请书、具体实施方案制定及实施过程中答疑解惑、结题报告、文章撰写和专利申请等全过程环节，形成循序渐进的“三导”方式，多维化共

同发力拓展课堂教学宽度,给理科生注入工科素养。根据研究生类型,制定了“厚基础、重学术、强融合”和“宽基础、重工程、强融合”两类培养方案,选苗子,通过“引导、辅导和指导”实现创新人才梯队的提前布局和长周期培育。

2.2 搭建以国家航天重大战略问题为导向的“三实”平台来培养集成创新能力

航天工程是多学科集成领域,基于航天新材料的重大需求,教研双轮驱动多学科知识流运转,搭建实训、实践、实战一体化的“三实”平台,促进学生形成多学科交叉的创新思维、多学科知识融合的运用能力,特别是科技攻关实践创新能力。专业聘请海外高校,中国科学院上海技术物理研究所,航天科技集团等国际知名学者、工程院研究员和工程管理专家作为“业界导师”,进行学术前沿引领、工程专家合作、管理专家辅助和学术委员会指导,依托校内实践基地,国家级实验教学平台,由过去‘点对点’转换到多学科导师团队的‘多对一’小组化指导,积极开展创新创业和化学竞赛活动,提升学生实训和实践能力。凭借省重点实验室、工程技术中心和航天企业校外实践基地,采取校企联合、产教融合方式,在空间材料化学领域拓展深化,对接服务航天战略,工程引导、任务驱动、让学生参与国家重大项目,接受从化学分子水平设计合成材料、物理技术手段表征材料理化性质、原材料加工成型转为化工产品三方面由微观到宏观的研究思维和能力培养过程,走理论基础与工程技术并举路线,进行“真刀真枪”的实战锻炼,培养学生多学科集成知识运用能力与工程实践能力,这支撑了多项国家型号任务的攻关和科研课题的完成。此外,邀请优秀毕业生为新生分享经验回馈学校,形成良性循环。

2.3 基于“三性”原则,组建跨院系的学科交叉型队伍,达到群体效应

教师是学生培养实施者,不同学科的研究对象、方法和思维方式的特异性,导致学科内特定文化,学者们更倾向于封闭在自己的学科领域内。构建跨学科的教师队伍是实现创新拔尖人才培养必不可少的前提,但团队运行机制是关键,以学缘结构合理性、基础知识需求有共性、教学科研资源互补性为团队构建的“三性”原则,要求教师的科研方向与专业方向一致,实行带头人负责制,强化“大师+团队”政策导向,以交叉融合为原则,发挥每位教师自身的学科知识优势,分工协作、碰撞融合多元的学术观点、研究方法及思维方式,集智攻关,承担国家重大项目,实现群体效应,即通过群体对个体在心理和行为上的约束和指导。青年教师国际视野宽、学术思想活,特别是国外引进青年人才,科研能力强,但缺少教学训练环节,往往存在“重科研轻教学”的误区,通过学校校训精神传承教育,使其理念认同教学和科研都是为了人才培养,返聘退休老教师成立帮扶工作室,给青年教师压担子,通过以老带新,共编教学大纲、共同备课、共编教材,实现教学深度融合,形成教学相长、教研融合生态,保证团队发展延续性。

3 建设成效

专业经过近二十年的实践,在学科建设、课程改革、大学生创新能力培养和教师队伍组建上积累了丰富的经验。依托课程建设培养青年教师教学能力,“以问题为导向”将创新平台建设与人才培养相结合,满足集成创新能力培养,毕业生任职于航天五院、八院及军科院等单位。学科群体实现对空间表界面材料的关键技术突破,研究生参与完成的重大课题获省部级科技一等奖2项,黑龙江省高等教育教学成果一等奖1项,这对我国高校学科交叉理科拔尖人才培养具有一定借鉴价值。

参 考 文 献

- [1] 李立国,李登. 设置交叉学科:打破科学割据,作彻底联合的努力. [2021-02-27].
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1692795547549190679&wfr=spider&for=pc>
- [2] 李幼年,方学礼. 国家教育行政学院学报, 2015, No. 6, 13.
- [3] 段红红,徐权. 黑龙江高教研究, 2012, No. 9, 168.

- [4] Gibbons, M.; Scott, P. *Los: Sage* **1994**, 8, 17.
- [5] 顾佩华. 高等工程教育研究, **2017**, No. 6, 1.
- [6] 孙朝阳. 黑龙江高教研究, **2020**, No. 10, 114.
- [7] 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.
- [8] 张宝莲, 魏冬青, 杨学稳, 雅菁. 高等建筑教育, **2007**, 16 (4), 93.
- [9] 陈万平. 大学化学, **2016**, 31 (12), 21.
- [10] 周玉, 齐晶瑶. 高等工程教育研究, **2013**, No. 6, 1.
- [11] 邓义江. 黑龙江高教研究, **2016**, No. 12, 119.
- [12] 顾志勇, 和天旭. 湖北社会科学, **2019**, No. 3, 169.