

## 强化学术牵引，深化科教融合：创新化学本科人才培养的探索与实践

左彪<sup>1,2,\*</sup>, 张旖芝<sup>1,2</sup>, 陈铮凯<sup>1,2</sup>, 田厚宽<sup>1,2</sup>, 王勇能<sup>1,2</sup>, 张伟<sup>1,2</sup>, 王伟祖<sup>1,2</sup>,  
郑旭明<sup>1,2</sup>, 王新平<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>浙江理工大学化学与化工学院, 杭州 310018

<sup>2</sup>浙江省高分子材料表面科学重点实验室, 杭州 310018

**摘要:** 创新人才培养是高等教育的永恒主题。本文介绍了浙江理工大学化学与化工学院在创新化学人才培养方面的探索与实践：以学术科研为牵引，通过优化课程构架、健全科研实践体系、加强导师队伍建设三方面，将学术科研有机融入本科生培养过程，促进科教融合，加强理实融通，提升学生思辨能力和实践创新水平，培养卓越化学人才。

**关键词:** 人才培养；学术引领；科教融合；化学本科生；创新人才

**中图分类号:** G64；O6

## Strengthening the Functions of Academic Research and Promoting the Integration of Science and Education: Exploration Ways to Cultivate the Talents of Undergraduate Chemistry Students

Biao Zuo<sup>1,2,\*</sup>, Yizhi Zhang<sup>1,2</sup>, Zhengkai Chen<sup>1,2</sup>, Houkuan Tian<sup>1,2</sup>, Yongneng Wang<sup>1,2</sup>,  
Wei Zhang<sup>1,2</sup>, Weizu Wang<sup>1,2</sup>, Xuming Zheng<sup>1,2</sup>, Xinping Wang<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> School of Chemistry and Chemical Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China.

<sup>2</sup> Key Laboratory of Surface & Interface Science of Polymer Materials of Zhejiang Province, Hangzhou 310018, China.

**Abstract:** The cultivation of innovative talents is the eternal theme of higher education. This article introduces our efforts in building the education systems to cultivate innovative chemical talents by strengthening the functions of academic research and promoting the integration of science and education. Specifically, we integrate academic research into the undergraduate training process by optimizing the curriculum structure, constructing practice system for scientific research and building a strong mentor team for the undergraduates. With these reforms, we hope to enhance the students' critical thinking and practical innovation ability and cultivate outstanding chemistry talents.

**Key Words:** Student cultivation; Academic research; Integration of science and education;  
Undergraduate chemistry students; Innovative talents

创新是当今时代的重大命题，是推动科技进步和社会发展的核心动力。新一轮科技革命和产业变革的加速演进对我国科技创新能力提出了更高要求。高校作为人才培养的重要阵地，亟需改革传统的知识传授型培养模式，探索创新人才培养途径与方法<sup>[1]</sup>。化学是一门中心科学，孕育了许多伟大的科学发现和关键技术突破，在人类发展和科技进步中起到基础性和支撑性作用。培养具有创新

收稿：2024-02-28；录用：2024-04-17；网络发表：2024-05-16

\*通讯作者，Email: chemizuo@zstu.edu.cn

基金资助：浙江省普通本科高校“十四五”教学改革项目(jg20220183)

能力的拔尖化学人才对于提升我国在自然科学领域的综合实力，促进重大科技突破和技术革新有着重要而深远的意义。浙江理工大学应用化学专业作为国家一流本科专业建设点，始终秉持“厚品德、重基础、宽口径、强实践、育创新”的教育理念开展本科生教育教学工作。近十年来，为对接科教兴国、创新驱动发展和人才强国“三大战略”需求，提出“强化学术牵引，加强科教融合，探索以科学研究支撑高质量本科教学”的育人途径，对课程体系、科研实践系统和师资队伍开展统筹改革，总体思路如图1所示。旨在通过教学改革，培养具有高尚思想道德，扎实理论基础，出色实践能力，学思贯通、学用相融，接轨前沿、视野宽广的化学创新人才。本文介绍了我们在创新化学类本科人才培养方面的举措、方法和实效。

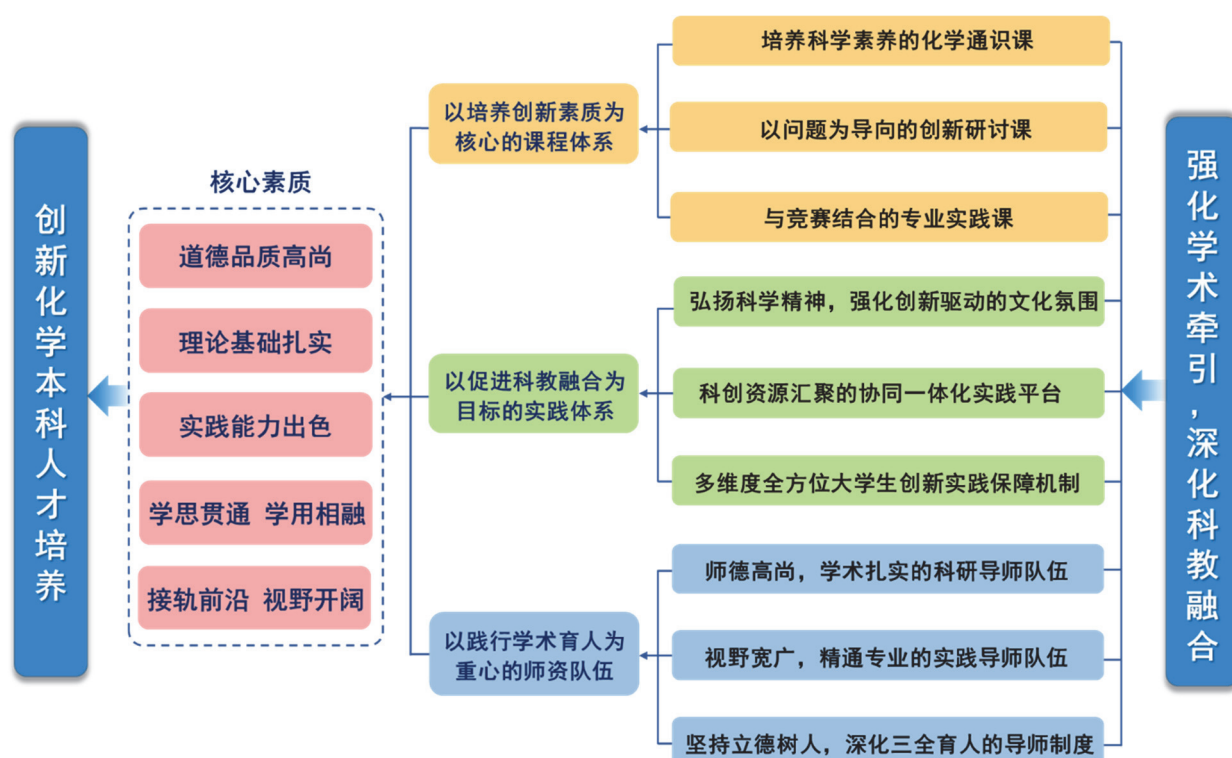


图1 浙江理工大学创新化学本科人才培养总体思路示意图

## 1 优化课程体系，突出问题导向，加强理实融通

为顺应化学类创新人才培养的需求，建立了“三层次双融通”课程体系，形成“培养科学素养的化学通识课—问题为导向的创新研讨课—与竞赛结合的专业实践课”三个课程梯度，循序渐进、由浅入深培养学生学术兴趣，提升思辨和实践能力。在教学过程中引导学生形成以问题为中心的探究性思维，强调理论与实践的有机融合，培育创新精神和强化实践能力。

第一层次，在面向一年级学生的基础通识课中增设“百年诺奖与化学创新”课程。课程讲授化学科学从萌芽到成熟的发展历程，介绍被授予诺贝尔化学奖的重大科技突破，分享当前化学学科前沿科研成果和科学发现，讲述国内外化学家成长历程和故事，以启发式教学法引导学生了解化学重大突破对人类生活的影响，感受化学创新对科技进步的意义，增强对专业的认同感与使命感，激发学术志趣与探究热情。课程在展现专业领域研究成果的同时融入思政元素，弘扬执着、求真、思辨、严谨的科学家精神，适合面向全校本科生开放选课，对于提高大学生修养和科学素质具有重要作用。课后满意度调查问卷结果显示，90.1%的学生表示对课程内容“满意”或“非常满意”，88.7%的学生认为增进了对化学的了解、提高了学习化学的兴趣。

第二层次,为二年级学生开设了以问题为导向的专题研讨课,引导学生发现问题和解决问题,锻炼学术思维、提升思辨能力。开设的“化学创新研讨课”以“不同材料的镀银化学原理及化学实践”“不同化学环境下的金纳米材料合成”“一种纳米材料的合成及其对染料废水的吸附处理”为题目,组织学生以小组为单位挖掘专题背后的技术难题,开展文献调研、研讨交流、实验设计与结果展示,启发学生从被动学习转变为“问题引入、科学剖析、自主思考、优选方案”的主动探索过程,将思辨贯穿始终。课程设置了与专题内容匹配的课时开展讨论汇报,安排学生交流展示解决方案,提高学生表达、交流和沟通能力。

第三层次,为三年级学生开设了对接浙江省大学生化学竞赛的专业实践课程,锻炼学生的实践创新能力。浙江省大学生化学竞赛是一项以化学及其交叉学科的科学问题为选题,通过发现问题、提出问题、分析问题、解决问题和阐释结果的综合训练,培养大学生创新精神和实践能力的学科竞赛<sup>[2]</sup>。该竞赛已成功举办十四届,为促进浙江省高校化学专业大学生实践能力和创新水平提高起到了积极作用。我们以化学学科竞赛为翘板推动创新本科人才培养,实现以赛促学、以学促用。在针对大三学生专业实践课程中将浙江省大学生化学竞赛考核评价机制和办法引入实践课程教学,培养学生实践创新能力。课程分三大专业方向,帮助学生在各自方向进行有的放矢的精进学习。有机化学方向开设了“正交法优化苯甲醛与氯仿的亲核加成反应”和“5,5-二苯内酰脲的合成研究”实验,高分子化学方向开设了“聚乙酸乙烯酯的合成、表征和性能测试”实验,分析化学方向开设了“水质分析及净化”和“L-苯丙氨酸的质量标准方法建立及管理”实验,要求学生完成文献查找、课题设计、实验探究、数据分析和研究报告撰写的全流程实践,形成“课题研究报告”与“文献报告”代替实验报告;开展研究课题汇报答辩,以教师评分、生生互评进行考核,提升学生知识运用能力、实践水平以及表达能力。该举措不仅增强了学生实践创新能力,还有效提高了学生参与学科竞赛的积极性。近三年获浙江省大学生化学竞赛奖励26项,获奖学生100余人。

## 2 健全科研实践系统,营造学术氛围,筑牢平台支撑

加强科研训练是培养高素质创新本科人才的重要举措<sup>[3]</sup>。引导本科生进入科研实验室,通过系统、完整的科研训练强化本科生实验操作技能、仪器使用技能与数据处理技术,促使学生知悉课题选题来源、厘清研究思路、推敲实验方案,提高学术表达能力。为了推动本科生科创训练的开展,我们通过营造学术氛围、构建一体化实践体系、完善激励和保障机制,构建了完善的本科生科研实践生态系统。

### 2.1 浓郁学术氛围,强化创新驱动

通过学术分享活动、主题讲座、实验室开放日、交换生项目等方式营造浓厚的学术氛围,提升本科生的创新精神和内驱力。举办“化”语学术文化节、学科介绍和经验分享会、学术道德规范教育等活动,开展化学学科前沿讲座,通过化学学科应用领域、交叉学科领域、化学发展史、学术诚信等主题讲座和活动的开展,让学生感受化学学科包含的文化底蕴,厚植学生家国情怀和使命担当,强化学术素质与学术品质,形成“精益求精、大气包容、团结和谐、求真务实”的“化语”文化。近五年来,邀请来自美国普林斯顿大学、日本九州大学、西班牙巴斯克大学、美国密西根大学、清华大学的知名教授来校开展学术交流并为本科生授课,组织学术报告与科研讲座100余场。设立实验室开放日,面向本科生开展实验室探索和参观活动,并在此基础上打造“化语廉洁”文化品牌建设,围绕实验室场景和化学学科特色制作形成“化语廉洁因子”科普视频。借助学校国际交流平台,鼓励学生出国交流,积极探索与教育、科研机构建立合作关系和学生出国项目渠道,为学生接触世界前沿科学创造条件,拓展学术视野。

### 2.2 构建多平台协同的多阶一体化实践体系

统筹学院科研平台和校外实训基地,为本科生科研训练筑建支撑。学院建有浙江省化学实验教学示范中心、浙江省高分子材料表面科学重点实验室、浙江省精细化学品绿色合成技术国际科技

合作基地、浙江省纺织印染节能减排产业技术创新战略联盟等科研平台，拥有透射电镜、扫描电镜、原子力显微镜、X射线衍射仪等100万元以上大型仪器设备20余台套，仪器设备总值近5000万元，所有设备对本科生开放。近年来，为发挥引领示范作用，学院对平台运行机制进行了探索，建立资源共享机制。利用大型设备平台统筹各教学科研平台仪器资源，实现多平台协同育人，打造“教育+科研”深度融合的一体化本科生创新实践资源平台；充分发挥资源平台载体作用，通过导师制度、本科生创新实践项目、学科竞赛等多种途径鼓励本科生参与科研锻炼。每年承担本科毕业设计(论文)110余人次，创新创业项目及科技创新活动50余人次；积极承担化学实践课程改革任务，获全国大学生化学实验创新设计大赛(华东赛区)一等奖等实践创新大赛奖励。同时，还建立了浙江理工大学-浙江石油化工有限公司省级大学生校外实践教育基地、浙江理工大学嵊州创新研究院学生培养基地等5个合作实践基地，打通产学研，构建“校企共教”的创新教育生态圈，形成“实验教学+科学研究+产业实践”的全链条本科生创新实践模式，增进学生对产业前沿的熟悉和了解。与浙江石油化工有限公司签订了“浙石化理工班”合作协议，每年选拔本科生进入企业实习实训并接受高级技术专家授课。近三年组织学生参加企业实训470余人次，实习经验分享交流会6次。问卷调查显示92.3%同学认为专业实践对于提升个人创新能力效果明显，成为升学、就业面试环节的亮点。

紧密对接国家级大学生创新创业训练计划、浙江省新苗计划等学生科研创新项目以及中国国际大学生创新大赛、“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛等“双创”竞赛，建立完善的国、省、校、院四级双创大赛体系，打通科创锻炼与双创竞赛的通路。在学校大学生科创训练资助体系基础上，制定了《化学与化工学院大学生创新创业项目培育工作实施办法》，每年立项20项本科生科创项目，支持学生进入科研课题组开展科研锻炼；并从结题项目中优选10-12项予以特别资助，助力项目成果转化为挑战杯、中国国际大学生创新大赛等竞赛作品，架起科研训练与双创竞赛的桥梁，形成了完善的“院-校-省-国”多阶一体化本科生科创实践与竞赛体系。通过举办科研文化节暨项目成果展示活动，带动全体学生主动参与，促进优秀项目涌现。近五年，学生承担省级以上大学生创新训练项目30余项，获包括中国国际大学生创新大赛金奖在内的省级以上双创竞赛奖项10余项。

### 2.3 建立全方位激励机制，激发创新活力

构建完善的激励保障机制，激发大学生创新创效活力。设立“创新实践学分”作为本科生课程的必修学分，建立规范的创新实践考核和学分授予机制，将创新实践纳入大学生培养体系的基本要求，形成制度保障；设立本科生创新创业专项经费及课外学术科技成果奖励基金，对发表学术论文、专利，参与学科竞赛获省级以上奖励或参与导师科研课题并明确承担任务的学生给予奖励和表彰，形成有效的激励制度；积极推动本科生出国交流，帮助学生接触科学前沿、拓展学术视野，制定《出国(境)交流学习资助办法》，多位学生赴美国德州农工大学等国际高校开展短期联合培养，获得国外大学全额奖学金资助攻读博士学位；修订学院本科生保研实施办法，将本科生科创成果作为保研名额分配的指标之一。上述机制多管齐下，形成了多维度全方位大学生创新实践保障机制。近年来本科生科研训练参与度提升，积极性得到调动，全学院约70%本科生进入各类科研课题组开展各项科研训练。

## 3 加强导师队伍建设，夯实“三全育人”基础

习近平总书记强调，人才培养的关键在教师<sup>[4]</sup>。2019年10月教育部发布《深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见》，指出建立健全本科生导师制度，让符合条件的教师帮助学生制订个性化的培养方案和学业生涯规划<sup>[5]</sup>。充分发挥学术科研的牵引作用，促进科教融合，离不开导师的支撑与助力。为此，组建了以资深教授、优秀青年教师和企业导师为主的导师队伍，制定了相应的本科生导师制度，积极推动“三全育人”。

### 3.1 科研导师助推科教融合

化学与化工学院集聚了一支结构合理、水平高、理念新、有活力的教师队伍，化学学科ESI排名

处于全球2%。学科现有教师85人，其中正高级职称20人，副高级职称28人，拥有博士学位导师占比达98.8%，海外背景导师占比83.5%；其中国家级杰出人才2人，国家优秀青年人才2人，浙江省万人计划科技创新领军人才、青年拔尖人才等省部级人才28人，为本科创新人才的培养提供师资保障。大力鼓励和支持教师赴海外高校和科研机构访学、参加学术会议，邀请专家学者来校开展讲座，举办学术研讨会等，提供学习交流机会；学院教师科研实力与专业水平显著提升，在*Nature*、*Chemical Reviews*、*Journal of the American Chemical Society*、*Physical Review Letters*等刊物发表系列高水平学术论文，获得中国化学会青年化学奖、国际复合材料协会青年科学家奖等荣誉，多名教师入选ESI高被引学者，担任学术期刊编委和青年编委等。学院硕士和博士生导师全员参与本科生培养，承担重要课程的授课任务、帮助学生制定学习规划、指导学生开展科研训练和参与双创竞赛等；获浙江省优秀教师、浙江省第五届师德先进个人和浙江省万名好党员等荣誉称号，获浙江省高校教师教育技术成果等奖励。此外，还聘请国外著名高校教授来校为本科生授课，扩展学生知识面和学术视野。

### 3.2 企业导师助力产教融汇

充分利用企业优质的产业人才资源，共建企业导师队伍，铺平校内教育到产业实践间的鸿沟，完善全方位育人体系。建立了企业导师库，聘任来自巨化集团、龙盛集团股份有限公司、浙江石油化工有限公司等企业的12位技术骨干、专家作为企业导师，为本科生培养助力赋能。邀请企业导师为本科生讲授“现代化学前沿”课程，发挥专业优势，向学生介绍理论知识在产业实践中的应用，提高学生对行业的理解；指导本科生实习活动，带领学生实地考察企业，参观车间产线，让学生了解企业生产流程，深化专业认知，培养其学以致用能力。近五年，举办企业导师讲座20余场，开展企业实习10次，受益学生达500余人；获批浙江省产学研合作协同育人项目，促进教育链、人才链与产业链、创新链的衔接，提高学生培养质量。

### 3.3 本科生导师制度保障

围绕“三全育人”理念开展本科生导师制是新时代教书育人的新要求，是提高本科生教育质量的有效方法。为了推动本科生导师制的开展，制定了《化学与化工学院本科生导师制实施细则》，明确导师职责与权利；要求被聘任的导师需具有丰富的教学、科研经验以及优秀师德师风，应负责指导学生参与科研项目，定期组织交流，帮助制定学习规划，跟踪反馈学习情况。为了激励导师履行职责，保障导师制建设推进，试行“优师优酬”政策。根据工作态度及效果对导师进行考核，给予工作量奖励；对于指导学生发表SCI论文、学科竞赛获奖等成果的本科生导师，授予“优秀本科生导师”称号，表彰其在创新化学本科人才培养方面的贡献。

## 4 建设成效

浙江理工大学化学与化工学院持续推动教育教学改革，探索构建创新化学人才培养体系，取得了成效。学生的学术素养和实践创新能力提升，用人单位对毕业生满意度超过90%，评价毕业生务实肯干，专业基础扎实，综合素质高，创新能力强。近五年，我院本科生获国家级大学生创新创业训练计划、浙江省“新苗”计划等省级以上创新实践活动立项40余项；获得浙江省化学竞赛等省级以上学科竞赛奖项40余项；获中国国际大学生创新大赛金奖、中国纺织类高校大学生创新创业大赛特等奖、浙江省“互联网+”大赛和挑战杯金奖等省级以上创新创业大赛奖励10余项；本科生以第一作者在*Applied Catalysis B-Environmental*、*Chemical Engineering Journal*等高水平SCI期刊发表论文54篇；3名学生获浙江省化学会创新奖。对创新化学本科人才培养的探索也有效提高了专业和课程建设水平，提升了学院教师的教学能力。学院教师共承担省部级教改与课程建设项目14项，校级项目31项，发表教改论文16篇，出版教材和专著15部；获高等教育国家级教学成果奖二等奖和中国纺织工业联合会纺织高等教育教学成果奖一等奖等教学奖励。学院教师获得浙江省高校优秀教师、中国化学会青年化学奖、中国纺织工业联合会“纺织之光”教师奖等奖励和荣誉。

## 5 结语

创新型化学人才的培养任重而道远。浙江理工大学化学学科已有25年的本科生培养历史，培养了一批学术领军和产业技术人才，其中部分校友任职于国内外知名高校、科研机构和企业单位。在中国式现代化对高等教育发展的新要求下，学院将持续聚焦创新拔尖人才的培养，结合化学专业特点和自身优势，进一步完善人才培养体系；强化学术牵引，深化科教融合，力求对学生的创新能力与创新人格起到全面塑造与提高的作用，使其成长为推动国家发展和民族富强的化学创新人才。

## 参 考 文 献

- [1] 姚奇志, 金谷, 朱平平, 李玲玲, 李娇, 刘红瑜. 大学化学, **2021**, 36 (2), 1912006.
- [2] 浙江省大学生化学竞赛章程. [2024-04-30]. <https://zjshxjs.dodokon.com/#/matchMessageDetail?id=1656602410307104769>
- [3] 王永生, 屈波, 刘拓, 范玲. 中国高等教育, **2010**, No. 6, 21.
- [4] 习近平. 在北京大学师生座谈会上的讲话. 北京: 人民出版社, 2018: 8.
- [5] 教育部关于深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见. [2024-04-30]. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201910/t20191011\\_402759.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201910/t20191011_402759.html)