

## 助力拔尖创新人才培养的创新实验教学研究

韩冬雪\*, 李卓勇, 邹汉波, 吴旭, 袁杨, 李红宾

广州大学化学化工学院, 广州大学国家级化学化工实验教学示范中心, 广州 510006

**摘要:** 基于化学、化工实验教学活动的实践本质属性, 围绕创新型实验课程的设置与实践型拔尖创新人才培养体系构建展开研究。将实践类创新型人才培养理念和策略贯穿于人才培养全过程, 旨在通过高质量科研成果向教学资源的有效转化进一步助力科技—教育—人才培养的同频共振。

**关键词:** 实验教学; 创新实践; 人才培养体系

**中图分类号:** G64; O6; G420

## Research on Innovative Experimental Teaching to Cultivate Top Talents

Dongxue Han\*, Zhuoyong Li, Hanbo Zou, Xu Wu, Yang Yuan, Hongbin Li

National Experiment Teaching Demonstration Center for Chemistry and Chemical Engineering in Guangzhou University, School of Chemistry and Chemical Engineering, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China.

**Abstract:** Based on the practical nature of chemistry and chemical engineering experimental teaching activities, this paper focuses on the design of innovative experimental courses and the construction of a training system for cultivating top-notch innovative talents. The concept and strategy of practical innovative talent training are integrated throughout the entire talent cultivation process, aiming to further promote the integration of science and technology, education, talent cultivation through the effective transformation of high-quality scientific research outcomes into teaching resources.

**Key Words:** Experimental teaching; Innovative practice; Talent cultivation system

党的二十大报告指出, “教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑”, 强调高等教育要“全面提高人才自主培养质量, 着力造就拔尖创新人才”。化学、化工的“实践性”学科内涵属性, 对于构建从分子到世界层面的逻辑思维, 树立理论联系实际的方法论体系, 从而提升创新人才解决问题、动手创造、开拓创新等能力意义重大。在高质量发展的促动下, 广东已成为汇聚人才的“强磁场”, 广州大学国家级化学化工实验教学示范中心(以下简称中心)作为重要拔尖创新人才培养基地之一, 自2009年获批以来融合粤港澳大湾区人才培养实践需求, 面向11个专业开设各类基础类实验教学课程数十门, 具有专业门类宽、基础性强、受益面广等特点。同时中心秉承“创新实践教育”理念, 不断探索创新性实验教学模式, 深化实验教学改革, 致力于科教融合的同时, 积极为“拔尖创新”人才培养目标提供创新实践“源动力”。

收稿: 2024-06-24; 录用: 2024-06-25; 网络发表: 2024-06-28

\*通讯作者, Email: dxhan@gzhu.edu.cn

基金资助: 国家科技重大专项课题(2022YFD2100304); 广州市教育局高等教育教学研究和改革重点项目(2023JGZDXM007)

## 1 高水平科研成果向教学资源转化的创新型实验课程设置

高校是拔尖创新型人才基础和内涵培养的第一阵地(图1), 高校教师科研成果的转化途径除了技术转让、产学研合作等服务国家、地方经济建设方式以外, 高水平科研成果向教学资源的有效转化被视为“科技——教育——人才培养”相融合的最有效路径和模式, 把课本以外的“超纲知识”打造为学生认识科技前沿的钥匙和创新源动力, 真正做到科教融汇, 科研育人。



图1 高校是拔尖创新型人才基础和内涵培养的第一阵地

### 1.1 虚实结合的创新实验教学体系设计

虚实结合的创新实验教学体系设计能够有效提升实践创新的普适性。相对于常规实验课程, 虚拟仿真元素的有效融入能够使创新实践教学活起来、动起来、靓起来, 同时实现了创新实践教学的全人皆学、处处能学、时时可学的目的。如基于中心教师梁红教授牵头开发具有自主知识产权的“香料紫罗兰酮生产工艺虚拟仿真实验”在国家虚拟仿真平台开放, 虚拟实验教学中积极引入人工智能技术应用, 构建理论与实践高度融合的“现代企业情景式”教学环境, 拓展教学深度和广度, 解决传统教学与工程能力培养的矛盾, 获得了广东省教育研究项目的资助。该课程被认定为首批国家级一流本科课程、国家虚拟仿真实验项目, 课件获2019年广东省教育“双融双创”教师教育教学信息化交流及新媒体新技术教学应用三等奖、2019年广州市教育教学信息化创新应用——高教组二等奖和2022年广州市教育教学信息化教学案例一等奖(图2)。



图2 国家级虚拟仿真实验教学项目

中心教师韩冬雪教授依据其在“减碳”“负碳”等方面的科研成果, 将发表于*Adv. Mater.* **2015**, 27, 3767及*Nat. Sustain.* **2021**, 4, 509的科研成果分别开发成为“基于可方便回收的三维AgX/石墨烯气凝胶(X = Br, Cl)的光催化污水降解处理虚拟仿真实验”及“助力‘双碳’目标的甲烷温室气体高选择性光催化转化虚拟仿真实验”两门虚拟仿真实验项目(图3)。高校实验室安全直接关系到学校和学

院的人才培养、学科建设等工作的推进<sup>[1]</sup>, 以上两门课程的最大特点在于有效地规避了实体的高危操作, 学生可通过电脑操作步骤试错以保障实验安全。作为一种“可逆”的试错方式, 虚拟现实中的不规范操作在带给学生浸润式视觉震撼的同时, 又能够充分展现可能带来的严重后果, 警示类似错误不可再犯。另外虚拟实验步骤的设计有效地缩短了实验周期, 极大降低了时间和经济成本。由于以上两个实验所涉及实验内容的专业性, 如果直接面向本科生开放存在较大的实际困难, 虚拟元素的融入可使课程跨越实践难度难点, 有效解决以上难题。利用虚拟交互模式还可以实现化学过程平行时空的有效转换, 通过实验条件的改变探索不同产物路径, 有助于学生在不断的探究模式中掌握并充分理解整个实验过程, 培养学生解决复杂问题的综合能力。



图3 高水平科研论文转化为虚拟仿真教学资源

目前两门课程累计线上实验人数超过5万人次, 该类课程的有效开放和尝试, 使学生能够更好、更深入、更身临其境地了解身边的前沿科技, 配合实验室现场教学与互动, 这种虚实结合的教学方式更加有利于创新实践类人才的培养。

### 1.2 科研项目向创新性实践教学资源的有效转化

近年来依托中心教师主持的多项化学学科国家级科研项目(21878059、22278093、52370096、21978058)及省级科研项目等, 中心新增多项创新性示范性实验项目, 如“水性丙烯酸树脂设计合成与涂料性能研究”“锂离子电池负极材料制备及电化学性能测试”“黑米色素提取分离及鉴定”“碳中和背景下高效有机小分子氧化电催化剂的设计合成”“元素掺杂改性金属氧化物电催化剂的制备”“面对化工大数据的Artificial Intelligence (AI)算法训练与测试”等, 多项课程入选校级示范性实验建设项目。将教师开展的最新学科发展前沿进展以实践课程的方式引进实验教学, 在充分发挥科研成果应用价值的同时, 有效提升本科实验教学质量, 教师通过与学生共同探索关键科学问题教学相长, 不但有效培养了学生科学素养精神, 提升其实践创新能力, 也为教师的深入性实践科学研究提供助力。

### 1.3 全过程do-it-yourself (DIY)互动学科交叉实验课程设计

分析仪器的技术进步和发展为基础研究及产业助力提供了必要的技术保障。但在这样一个重要

领域，我国却一直处于被动和依赖状态，科学仪器自主研发能力较差，实验室分析仪器中国市场仅占全球7%左右，高端领域国产化率几乎为零，甚至比芯片行业更为严重。分析仪器产业的高质量发展更多地依赖于化学学科基础前沿科技的发展与人才培养，积极培养高质量化学测量与装备基础研究及学科交叉型创新实践人才势在必行。

中心教师在分析仪器自主研制方面具有多年的经验积累，目前已成功开发如柔性力学传感器件测试、单粒子显微平台、扫描电致发光显微成像、电化学表面成像及图案化、时间分辨表面等离子体共振检测、微阵列生物芯片点样等仪器设备，相关系统已向研究生科学研究开放并逐步尝试纳入本科生小班创新课程实践教学。目前正在筹建的“电化学分析技术与实验”课为着力打造的针对化学、化工专业拔尖班的小班创新实验&研讨课程。依托中心教师近年来主持的国家自然科学基金委重大仪器研制项目(含子课题)(21527806、21627809、21727815、22227804)及科技部重点研发课题(2022YFD2100304、2023YFB3210103)等分析仪器研制类项目中的先进电化学技术，基于学校“新材料新装备新制造”交叉学科科研平台，学院教师带领学生共同完成电化学分析仪器的自主搭建(硬件及软件系统)。通过该门创新实验课程的开展，学生可全过程参与分析仪器装备的搭建、组装及集成，了解各元器件的作用及功能，配合电化学基础知识及电化学分析测量步骤方法的学习，更深刻理解仪器原理和界面电子转移行为。授课实验教材为全部自主编写，所有实验模块设计对标科技前沿及行业需求，如电化学分析基础、纳米材料在离子选择性电极中的应用、生物电化学分析及信号放大策略、能源利用中的电化学界面活性测量等，可为高质量化学测量与装备基础研究及应用研究人才培养打下基础。以上学科外延的拓展能让化学工作者从更高的维度去认识世界进而改造世界，培养能够从多学科角度发现问题、分析问题并解决问题的复合型创新人才<sup>[2]</sup>。

#### 1.4 “学研创”三位一体特色课程体系设计

“学研创”三位一体创新拔尖人才培养模式指导下的课程体系构建对于实践型拔尖创新人才培养尤为关键(图4)，以上创新实践课程已有效融入学院“专业概论”“创新研究课”等本科研讨类课程，学生进行完整的创新实验课程实际操作后，在研讨课程中采用“翻转课堂”教学模式进行分组互动讨论，深入学习和探究实验现象背后的原因和反应机理，并根据相关原理尝试设计实验体系解决新的问题。结合教师对相关学科前沿领域研究现状的讲解增强兴趣引导，把课本以外的“超纲知识”打造为认识科技前沿的钥匙和创新源动力。同时研讨类课程中设置分析测试中心仪器测试现场教学环节，使学生对虚拟平台中使用到的仪器设备增强感知认识，学习仪器工作原理的同时进一步消化理解虚拟仿真化学实验中的关键问题。采用这种“学-研-创”的教学模式取得事半功倍的效果。

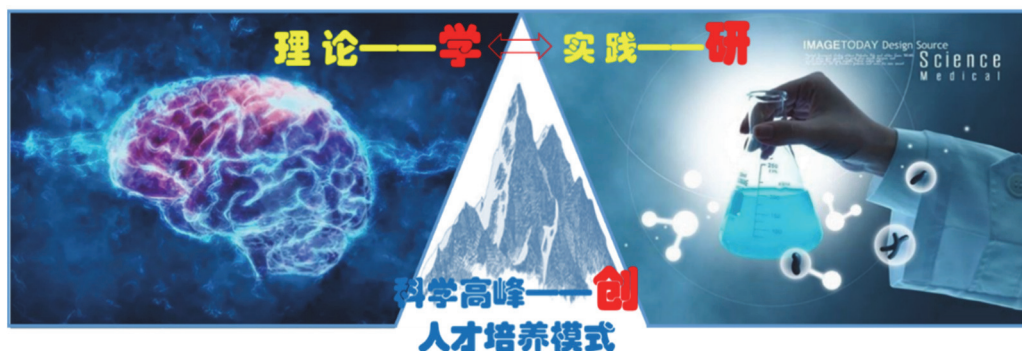


图4 “学研创”三位一体创新拔尖人才培养模式指导下的课程体系

## 2 实践型拔尖创新人才培养体系构建

依托丰富的教学资源、师资队伍及辐射作用，近年来中心在实践型拔尖人才培养模式创新方面进行了不断尝试，在“基础+创新”方面持续发力，同时着力发挥示范中心实践基地作用，提升学生

对专业的认可度、提升人才适应行业产业发展的实践能力，实现更高质量的就业创业，践行高校责任担当，发挥示范中心引领作用。

### 2.1 提高学生对专业的认可度和主观能动性

生、化、环、材专业并不是所谓的“天坑”专业，如化学作为一门重要的基础学科，与人类的衣、食、住、行以及能源、信息、材料、国防、环境保护、医药卫生、资源利用等方面密切相关。中心利用自身雄厚的师资资源，着力开展化学学科拔尖创新人才培养体系构建(图5)，从做好新生第一课的组织工作开始，由院士、国家级人才等“学术大咖”亲自作为新生导师，开展“名师大讲堂”专业教育、新生入学职业生涯规划等教学互动，理论联系实际地引导学生热爱化学，将提升学生对于专业的认可度、笃信度为重要目标，坚持从头开抓、常抓不懈。

结合化学学科生师比较低的具体情况着力打造“一生一计划”的创新人才培养策略，鼓励本科生尽早加入教师科研团队参与科学实践研究，为每位学生量身打造其感兴趣的研究课题并制定未来发展规划。跟踪世界前沿、引领科技创新、结合国家地方需求的科技实践指导极大提升学生勇攀学术高峰的志趣，同时科研团队优越的实验条件给予学生足够的硬件条件支撑，研本联动梯队式传帮带模式让学生更好、更快融入实践进程，真正实现从“要我学”到“我要学”的转变，从而不断提升创新实践的主观能动性。



图5 化学学科拔尖创新人才培养体系构建示例

### 2.2 提高实现创新的视野指引

党建引领、思政赋能创新视野发展。依托中心“全国党建工作样板支部”“广东省党建工作样板支部”、广东省“双带头人”书记工作室等先进组织，在“不忘初心、牢记使命”理想信念支持和“不负青春，不负韶华”的激励下，充分发挥教师、学生党员的辐射带动作用，通过党课、团课、千千工程等形式拓宽学生科技视野。通过思政课程、课程思政与实践创新课程的进一步结合，将思政教育润物细无声地融入理工科专业基础课程，启发学生逻辑思维能力，内化学生科学思维方式<sup>[3]</sup>，引领学生了解什么是行业的“卡脖子”问题，聚焦学术理想，树立科技自立自强信念，培养学生爱国主义情感，增强学生职业使命感与社会责任感。

师者传道授业引领视野发展。中心教师队伍人才济济，从国家、省级、市级高端人才，到青年后备力量等，全员教师参与到本科生的创新实践人才培养过程中，无论是院士、国家杰青、优青、资深教授等学术大咖，刚刚留学归来的青年才俊，还是产学研典范等，总有一位导师，总有一个方

向会吸引学生志趣相投,形成了“一师一特色”的人才培养格局,为学生创新视野的拓展打下了良好的“言传身教”基础。

高水平实践平台搭建奠定了创新实践基础。中心各科研团队场地资源丰富,实验设施齐全,除了配备数十种常规大型科研仪器设备如核磁共振波谱仪(NMR)、电子显微镜(扫描SEM、透射TEM、场发射FEM)、X光射线衍射仪(XRD)、红外光谱(FTIR)、拉曼光谱及显微成像、原子力及扫描隧道显微镜(AFM & STM)、荧光共聚焦显微镜之外,还设计了具备不同模块化功能的仪器设备实验平台,包括电化学传感基础及应用、电化学传感基础及应用、电化学能源及催化材料、柔性传感器件工程、光电材料及传感器件,以及分析仪器化设计工程等多个类别,为同学们充分认识自然,探索自然和引领创新事业发展奠定了良好的基础,先进创新实践平台的搭建为拔尖创新人才培养提供了坚实而强有力的基础条件支撑(图6)。



图6 拔尖创新人才培养创新实践平台搭建

行业“产学共融”引领视野发展。“产教融合,校企合作”是高校培养新时代所需人才的重要途径之一,牵引着人才培养的发展方向<sup>[4]</sup>。专业要服务行业,学科要最终推动产业,通过组织百企行业调研、寻访校友、化学节、我的大学生涯规划等活动,为创新视野的拓展提供了良好的“产学共融”通道。通过企业实地参观、访谈与实践实习,学生可以更好地沉浸式了解企业和行业需求,理解自己所学专业知识在国民经济和地方建设中的意义和作用,通过社会实际需求进一步规划自己未来的历练重点,使产业所需与理论实践同步同频,为解决“卡脖子”难题提供助力。

### 2.3 提高实现实践创新的战斗力

中心注重对学生学科特长和创新潜质的培养和锻炼,着力打造科学基础和动手能力兼备、知行合一的创新型人才,具体可通过创新实践活动体现出来。如中心在本科生中实施以学生实验大赛带动学生专业素质全面提升的“凌云工程”,充分利用国家实验教学示范中心资源,积极组织学生参加实践教学成果及创新创业大赛,如“互联网+”创业大赛、化工设计大赛、实验室安全竞赛、实验技能大赛、师范技能大赛等学科竞赛,以赛促学,使学生在实践创新能力方面实现飞跃发展(图7)。



图7 实践教学成果及创新创业大赛获奖

每年55%以上的学生获得各级各类科技创新立项资助, 在创新人才培养的理念指导下, 近年来学生在“挑战杯”全国大学生课外科技竞赛、全国化工实验大赛等学科专业竞赛中, 已获创新训练项目立项230项(其中国家级立项51项), 产生成果论文226篇, 专利40余篇。荣获“挑战杯”国赛一等奖4项、二等奖3项、三等奖3项, “挑战杯”省赛奖励45项, “创青春”国赛银奖2项, “创青春”省赛20项。中心本科生深造率从2020年的29.74%提升至2024年的46.72%, 拔尖创新人才实战能力显著提升, 培养成效显著。

总的来说, 广州大学国家级化学化工实验教学示范中心对于实践型拔尖创新人才培养的探索一直在路上, 未来将继续发挥中心在科研、师资、实验资源、产学研合作等方面的优势, 通过更加深入地探索创新实验课程体系改革, 更高质量创新人才培养体系的构建, 为打造具备实践创新与终身学习意识和能力的拔尖创新人才提供助力。

#### 参 考 文 献

- [1] 陶涛. 大学化学, **2023**, 38 (2), 120.
- [2] 徐小奇, 王亚培. 大学化学, **2024**, 39 (6), 90.
- [3] 王亚林, 李萌, 吕从聪, 赵永宏. 科学咨询, **2021**, No. 10, 170.
- [4] 龚成斌, 张国娜, 唐倩, 雷洪, 孔玲, 任文山. 大学化学, **2024**, 39 (6), 220.