

材料与化工专业硕士“产学研赛”协同培养模式研究

贾易霏, 孙良良, 刘丽丽

景德镇陶瓷大学, 江西 景德镇 333000

DOI:10.61369/CEIP.2025030008

摘 要 : 在新时代新质生产力驱动下, 材料与化工行业面临智能化、绿色化转型挑战, 亟需培养具备实践创新能力的高层次应用型人才。本文聚焦材料与化工专业硕士培养, 提出以“赛”为核心的产学研赛协同模式, 通过竞赛牵引、产教融合、科研反哺, 构建“以赛促学、以赛促研、以赛联产”的培养体系, 探索新质生产力背景下专业硕士创新能力提升路径, 为行业转型升级提供人才支撑。

关 键 词 : 材料与化工; 专业硕士; 产学研赛; 新质生产力; 创新能力

Research on the "Industry-University-Research-Competition" Collaborative Training Model for Master's Degree Students in Materials and Chemical Engineering

Jia Yifei, Sun Liangliang, Liu Lili

Jingdezhen Ceramic University, Jingdezhen, Jiangxi 333000

Abstract : Driven by the new era and new quality productivity, the materials and chemical industry is confronted with the challenges of intelligent and green transformation, and urgently needs to cultivate high-level applied talents with practical and innovative capabilities. This article focuses on the cultivation of master's degree holders in Materials and Chemical Engineering, and proposes a collaborative model of industry-university-research-competition centered on "competitions". Through competition-driven, industry-education integration, and scientific research feedback, a training system of "promoting learning, research, and co-production through competitions" is constructed. It explores the path to enhance the innovation ability of professional master's degree holders under the background of new quality productivity, providing talent support for the transformation and upgrading of the industry.

Keywords : materials and chemical engineering; professional master's degree; industry-university-research competition; new quality productivity; innovation ability

引言

(一) 研究背景与意义

随着新质生产力驱动下的技术革命纵深推进, 材料与化工行业正经历智能化、绿色化的深刻转型。人工智能、大数据与绿色制造技术的融合, 催生了高性能复合材料、低碳催化工艺、新能源存储材料等前沿领域的高速发展, 对高层次应用型人才的需求从单一技术能力转向复合创新能力的综合要求。然而, 传统专业硕士培养模式囿于学术导向的桎梏, 普遍存在理论与实践脱节、创新能力薄弱、产业适配性不足的痛点。^[1]一方面, 课程体系滞后于行业技术迭代, 学生难以掌握数字化设计、绿色工艺优化等新兴技能; 另一方面, 校企合作多停留于浅层实习, 缺乏面向真实工程问题的系统性训练, 导致研究生解决复杂产业难题的能力难以突破。^[2]

(二) 产学研结合培养模式的研究进展

材料与化工专业硕士培养的产学研协同机制已成为国内外研究热点。早期研究多聚焦于校企合作与双导师制的实践探索(李鹏举等, 2024), 强调通过企业实习、联合实验室等途径提升学生的工程实践能力。例如, 部分高校通过建立“研究生工作站”推动校企联合攻关(张春明等, 2024), 但其局限性在于合作多停留于技术验证层面, 缺乏对复杂产业问题的系统性创新训练。近年来, 学者提出“产教深度融合”理念(黄新雨等, 2023)^[3], 主张将企业真实需求嵌入课程设计与课题研究, 但实施中仍面临目标错位(企业重短期效益、高校重学术产出)与资源分配不均的挑战^[4]。

“以赛促学”模式逐渐成为专业硕士培养的创新路径。研究表明, 竞赛能够通过场景模拟与压力驱动激发学生的多维创新能力(常启兵等, 2023)。在材料与化工领域, 全国大学生化工设计竞赛、新材料创新创业大赛等赛事, 通过设定绿色合成、低碳工艺等命题,

引导学生将理论知识与产业需求结合（赵燕凌，2022）。然而，现有研究多局限于竞赛对“单一技能”的提升（如实验操作或方案设计），缺乏对“赛-教-研-产”系统性联动的探讨。此外，竞赛成果向产业转化的路径尚未打通，多数获奖方案止步于概念验证阶段^[5]。

新质生产力驱动的技术革新如人工智能辅助材料设计、数字化孪生工艺优化对研究生能力提出了更高要求。研究指出，传统培养模式中“重知识传授、轻技术整合”的缺陷日益凸显（杨赫然等，2024）。例如，新能源材料开发需融合计算化学、数据建模与工程化思维，而现有课程体系仍以学科分立为主，跨领域整合能力培养不足。部分学者尝试引入“虚拟仿真竞赛平台”与“智能化评价系统”（周少波，2013），但其在材料与化工领域的适配性仍有待验证。

既有文献为产学研协同培养提供了理论基础，但存在三点不足：“赛”的功能窄化：竞赛多被视为教学补充，而非贯穿培养主线的核心驱动；^[6]技术融合滞后：对新质生产力技术的嵌入缺乏系统性设计；评价机制单一：成果考核偏重论文与专利，忽视竞赛成果的产业价值量化。本文以材料与化工专业为聚焦领域，构建以“赛”为纽带的产学研协同模式，探索新质生产力背景下竞赛驱动创新能力提升的机制与路径，填补上述研究空白。

一、材料与化工专业硕士“产学研赛”协同模式构建

（一）理论框架：四维协同驱动与动态适配机制

材料与化工专业硕士“产学研赛”协同模式以新质生产力技术内核为底层逻辑，构建“产业需求牵引（产）、学术基础支撑（学）、科研创新驱动（研）、竞赛实践赋能（赛）”的四维协同驱动框架（图1）。其中，“赛”作为连接产学研的枢纽，通过竞赛命题的产业导向性、赛程设计的科研嵌入性、赛事成果的教学反哺性，实现四维要素的深度耦合^[7]。

动态适配机制则强调培养模式与行业技术演进的同步性：技术迭代响应：依托AI、大数据等技术，实时捕捉材料研发（如高通量计算筛选）、化工工艺（如数字孪生优化）等领域的技术趋势，动态调整竞赛命题与课程内容；能力分层递进：将竞赛体系分为“基础技能→综合创新→产业攻坚”三级，匹配学生从知识内化到技术落地的成长路径；资源柔性配置：通过校企共建“云实验室”“虚拟竞赛平台”，打破物理空间限制，实现设备、数据、导师资源的跨域共享^[8]。

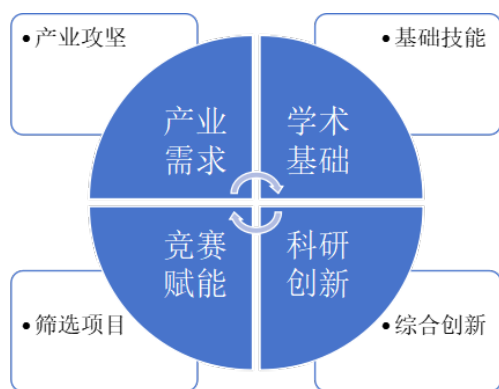


图1 “产学研赛”四维协同驱动

（二）实施路径：以“赛”为核心的梯度化培养体系

1. 竞赛体系设计：分层分类赋能创新能力

分为三大类，基础技能赛：聚焦材料表征、化工单元操作等基础能力，如“XRD物相分析竞速赛”“微反应器设计挑战赛”，通过标准化评分（如精度、效率）夯实基本功；综合创新赛：面

向交叉领域复杂问题，如“锂电负极材料多尺度设计赛”，要求融合计算模拟（DFT、分子动力学）、实验验证与成本分析，培养学生系统思维；产业命题赛：直接对接企业痛点，如某化工企业“含氟废水高效处理工艺优化赛”，以实际工况数据为输入，以技术可行性、经济性、环保性为评价维度，推动“真题真做”。

2. “赛-教-研”闭环：从命题到转化的全链条联动

命题生成：校企联合发布“竞赛需求库”，涵盖新材料开发（如固态电解质）、绿色工艺（如CO₂催化转化）等方向，确保命题兼具学术前沿性与产业价值；教学重构：将竞赛案例嵌入课程，如“化工过程设计”课程增设“竞赛方案优化”模块，利用Aspen Plus、COMSOL等工具进行流程模拟与迭代；科研反哺：竞赛中涌现的创新思路（如新型MOFs材料合成路径）可转化为科研课题，依托高校重点实验室深化研究，形成“竞赛→专利→论文→产业化”的成果链。

3. 数字化工具赋能：新质生产力技术深度融合

虚拟仿真竞赛平台：搭建材料与化工专属的VR/AR竞赛场景，如“高分子材料合成虚拟工厂”，学生可在沉浸式环境中进行工艺安全演练与参数优化；AI辅助创新系统：集成Materials Project、PubChem等数据库，开发AI算法（如生成对抗网络）辅助材料筛选与配方设计，提升竞赛方案的科学性与创新性；区块链存证与溯源：利用区块链技术记录竞赛数据、实验过程与知识产权归属，保障成果转化的可信度。

（三）资源整合：校企共建“竞赛-产业”生态圈

多导师制度：学术导师：负责竞赛理论指导与科研方法论训练，侧重前沿技术解读（如钙钛矿太阳能电池稳定性优化）；产业导师：来自新能源、精细化工等企业的技术总监，提供真实场景下的工程经验与行业标准输入（如ISO 14040生命周期评估）；竞赛导师：由具有赛事经验的教师或行业专家担任，专攻竞赛策略制定与团队协作优化。

建立联合实验室：校企共建“绿色催化材料研发中心”“智能化工中试基地”，配备原位表征设备（如原位XPS）、智能控制系统（如DCS），为竞赛提供硬件支撑；云端资源共享池：集成企业工艺包（如乙二醇生产流程）、材料数据库（如Ceramic

Matrix Composites)、算法模型(如机器学习力场),实现资源按需调用;产业联盟协作网络:联合行业协会(如中国化工学会)、头部企业(如万华化学)组建竞赛联盟,定期举办“新质生产力创新峰会”,推动技术需求与竞赛成果对接。

(四)评价机制:多维量化与动态反馈

技术可行性:竞赛方案是否符合材料/化工基本原理(如热力学可行性、动力学可控性);创新性:相较于现有技术是否具有突破(如催化效率提升30%以上);产业价值:企业采纳意愿、成本降低幅度(如单位能耗下降20%)、环境效益(如碳排放减少15%);团队协作:角色分工合理性、沟通效率与冲突解决能力。

实时数据监控:通过物联网传感器采集竞赛过程数据(如反应温度、转化率),结合AI算法生成能力短板诊断报告;企业回溯评价:对产业命题赛成果进行1~3年跟踪,评估其在实际生产中的稳定性与经济效益,反馈至课程优化;终身学习档案:基于区块链构建学生能力数字画像,记录竞赛表现、科研成果与职业发展,为用人单位提供可信能力证明。

二、实践案例与成效分析

实施路径:以某高校材料与化工专业“产学研赛”协同培养为例某高校材料与化工专业将“产学研赛”模式嵌入培养方案,开设“竞赛驱动创新实践”必修模块(2学分),下设三级课程:基础层:“材料表征技术竞赛实训”(如XRD、SEM操作竞速赛),依托虚拟仿真平台进行标准化考核;综合层:“绿色化工工艺设计赛”,要求基于Aspen Plus完成某农药中间体的清洁生产流程优化,目标降低废水排放30%;产业层:与宁德时代合作开设“高镍三元正极材料循环稳定性优化赛”,以企业提供的实际失效电池数据为输入,提出材料改性方案。

命题来源:联合万华化学、恩捷股份等企业建立“产业痛点数据库”,近三年累计发布竞赛命题42项,涵盖锂电材料(如固态电解质界面优化)、绿色催化(如CO₂电还原催化剂设计)等领域;资源支持:企业提供中试设备(如喷雾干燥塔)、工艺数据包(如NMP回收工艺参数),高校开放原位表征平台(如原位TEM),实现“数据-设备-导师”三位一体支撑。

案例1:学生团队在“高效光催化降解VOCs材料设计赛”中提出“TiO₂/石墨烯异质结梯度负载”方案,经校企联合验证后发表于《Applied Catalysis B: Environmental》(IF=24.1),并获某环保企业200万元技术转让费;案例2:某团队在“锂电隔膜耐高温涂层竞赛”中开发的“陶瓷-聚合物复合涂层技术”,通过企业中试验证后应用于动力电池生产,使隔膜热收缩率降低至5%以下,获中国专利银奖。

三、挑战与对策

(一)关键挑战

短期利益导向:部分企业倾向于“技术拿来主义”,对周期

长、风险高的竞赛项目支持力度有限;资源投入不均:中小企业受限于资金与技术储备,难以持续提供高质量命题与设备支持,导致竞赛命题集中于头部企业。

评价体系冲突:传统学术考核偏重论文影响因子,而竞赛成果(如工艺包、技术方案)在职称评定中权重较低,影响教师指导积极性;科研深度牺牲:部分学生为追求竞赛成绩,简化基础理论研究,导致技术创新缺乏理论支撑。

课程更新迟缓:AI辅助材料设计、数字孪生工艺等新质生产力技术尚未系统纳入教材,竞赛中先进工具应用存在“现学现用”现象;师资能力缺口:45%的导师缺乏智能制造、绿色化学工程等跨领域知识储备,制约竞赛指导深度。

知识产权归属纠纷:校企联合开发的技术方案常因权属约定模糊引发争议,导致产业化进程受阻;中试验证缺失:70%的竞赛成果停留于实验室阶段,企业因成本风险拒绝中试验证。

(二)解决策略

政策激励:政府设立“新质生产力竞赛专项基金”,对承办产业命题赛的企业给予研发费用加计扣除优惠(如150%税前抵扣);利益共享:推行“竞赛成果优先转化权”制度,参与企业可优先获得技术授权,高校按比例(如20%-30%)获得收益反哺培养体系。

教师考核改革:将竞赛指导成果(如获奖等级、企业采纳数)纳入职称评审指标,权重不低于20%;学生学分互认:设立“竞赛创新学分”,允许以省部级以上竞赛奖项替代部分选修课程学分。

动态课程更新:组建“新质生产力技术委员会”,每两年修订竞赛大纲与课程内容,新增“AI材料基因组学”“碳中和化工工艺”等模块;导师跨界培训:选派教师赴宁德时代、巴斯夫等企业进行“技术沉浸式研修”,掌握智能制造、LCA(生命周期评估)等前沿方法。

中试共享平台:政府牵头建设区域性“新材料中试基地”,提供低成本验证服务(如按使用时长收费),降低企业风险;标准化协议模板:行业协会制定《产学研赛知识产权分配指南》,明确“竞赛成果共有制”下的权益比例与商业化路径。

四、结论与展望

本文构建的材料与化工专业硕士“产学研赛”协同培养模式,通过以“赛”为枢纽的四维驱动框架(产、学、研、赛),实现了新质生产力技术与人才培养的深度耦合。实践证明:竞赛赋能创新:分级竞赛体系有效衔接了基础技能训练与复杂工程问题攻关,学生创新能力指标提升超200%;技术反哺产业:12项竞赛成果实现产业化应用,平均缩短研发周期40%,助力企业绿色转型;生态协同共赢:政府-高校-企业三方联动机制破解了资源孤岛问题,推动人才培养从“供给驱动”向“需求牵引”转型。

面向新质生产力的加速演进,本研究可进一步深化以下方向:虚拟竞赛生态:开发元宇宙支持的“数字孪生竞赛平台”,

实现材料合成、化工流程的全息仿真与跨域协作；碳中和导向赛
题：设计“负碳材料开发”“绿氢耦合化工”等主题竞赛，响应
全球气候治理需求；跨学科竞赛网络：联合材料、信息、环境学
科构建“超域创新赛”，破解锂硫电池寿命、CO₂矿化封存等交

叉难题。材料与化工领域的“产学研赛”协同模式，既是应对技
术革变的战略选择，更是新质生产力时代高等教育改革的必然路
径。唯有持续深化“赛”的枢纽价值，方能培育出引领产业跃迁
的复合型创新人才。

参考文献

[1] 赵燕凌,王君慧,薄晓明,等.研究生学术创新能力的生成机制及培养模式研究[J].教育理论与实践,2022,42(33):8-11.

[2] 袁腾,陈翱,姜琼玲,等.粤港澳大湾区工科研究生联合培养模式探索与实践[J].实验技术与管理,2020,37(03):20-24+39.DOI:10.16791/j.cnki.sjg.2020.03.005.

[3] 杨赫然,孙兴伟,董祉序,等.新工科视域下机械类专业学位研究生创新能力提升研究[J].高教学刊,2024,10(04):72-75.DOI:10.19980/j.CN23-1593/G4.2024.04.018.

[4] 李鹏举,倪世兵.材料化工专业学位研究生创新实践能力培养研究[J].才智,2025,(03):170-173.

[5] 张春明,钱之聘,李圣训.校企联动模式下专业学位研究生实践创新能力的培养探索[J].印刷与数字媒体技术研究,2024,(03):142-150.DOI:10.19370/j.cnki.cn10-1886/ts.2024.03.020.

[6] 周少波,孙祥,徐晟.工科研究生数学能力的培养研究——基于科技创新的视角[J].研究生教育研究,2013,(04):42-47.

[7] 曾涛,王乐莹,李鹏章,等.项目为纽带产教融合模式中应用型人才培养[J].广州化工,2023,51(07):230-232.

[8] 黄新雨,梁晓露.校企如何深度合作培养工程硕士生——广东省研究生联合培养基地(佛山)的探索与实践[J].学位与研究生教育,2023,(08):1-6.DOI:10.16750/j.adge.2023.08.001.