

地方院校材料与化工专业跨学科生源基于“PBL + 双栖导师组”重构的交叉学科研究生人才培养模式创新研究

袁晓丽^{1*}, 刘施峰², 李 科¹, 杨文强¹, 安 娟¹

¹重庆科技大学冶金与动力工程学院, 重庆

²重庆大学材料科学与工程学院, 重庆

收稿日期: 2026年8月6日; 录用日期: 2026年9月3日; 发布日期: 2026年9月11日

摘 要

针对重庆科技大学冶金工程专业研究生调剂生源占比高、专业基础差、跨学科背景难以转化为研究优势所导致的培养初期“排异反应”这一突出矛盾, 本文提出并实践了“三维耦合、个性发展”的课程体系重构方案。该模式以“项目贯穿、导师组协同”为核心重塑培养范式, 以“过程驱动、能力导向”为原则革新评价机制, 并依托“产教融合、生态育人”平台实现资源整合。实践表明, 该体系通过“PBL + 双栖导师组”的交叉学科创新机制, 将被动调剂转化为主动设计, 有效消解了传统冶金人才培养的结构性问题, 显著提升了跨学科研究生的创新能力与综合素质。本研究为工科院校同类专业处理跨学科生源培养问题提供具有显著的借鉴价值。

关键词

PBL + 双栖导师组, 跨学科生源, 材料与化工专业(冶金工程方向), 交叉学科人才培养

Innovative Research on Interdisciplinary Graduate Talent Development Model Based on “PBL + Dual-Advisor Team” for Cross-Disciplinary Students in Materials and Chemical Engineering at Local Universities

Xiaoli Yuan^{1*}, Shifeng Liu², Ke Li¹, Wenqiang Yang¹, Juan An¹

*通讯作者。

文章引用: 袁晓丽, 刘施峰, 李科, 杨文强, 安娟. 地方院校材料与化工专业跨学科生源基于“PBL + 双栖导师组”重构的交叉学科研究生人才培养模式创新研究[J]. 职业教育发展, 2026, 15(9): 182-188.

DOI: 10.12677/ve.2026.159380

¹School of Metallurgy and Power Engineering, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

²College of Materials Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing

Received: August 6, 2026; accepted: September 3, 2026; published: September 11, 2026

Abstract

Against the prominent contradiction of “rejection reaction” in the initial cultivation stage of postgraduate students majoring in metallurgical engineering at Chongqing University of Science and Technology, which is caused by the high proportion of transfer students, uneven professional foundations, and the difficulty in transforming interdisciplinary backgrounds into research advantages, this paper proposes and implements a curriculum system reconstruction scheme featuring “three-dimensional coupling and individualized development”. This mode reshapes the cultivation paradigm with “project penetration and tutor team collaboration” as the core, innovates the evaluation mechanism based on the principle of “process-driven and capability-oriented”, and realizes resource integration relying on the “industry-education integration and ecological education” platform. Practice shows that through the interdisciplinary innovation mechanism of “PBL + dual-role tutor team”, this system converts passive transfer into active design, effectively eliminates the structural problems in traditional metallurgical talent cultivation, and significantly improves the innovation ability and comprehensive quality of interdisciplinary postgraduate students. This study provides notable reference value for engineering colleges and universities with similar majors to address the cultivation problem of interdisciplinary students.

Keywords

PBL+ Dual Mentor Team, Interdisciplinary Student Body, Materials and Chemical Engineering (Metallurgical Engineering Direction), Cross-Disciplinary Talent Cultivation

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着“双碳”战略纵深推进，教育部出台多项专项教育文件¹，明确要求高校依托学科建设与人才培养改革，精准对接重点产业低碳转型发展需求。与此同时，人工智能、大数据等新兴数字技术深度重构传统工业发展形态，新经济业态倒逼工程人才培养体系迭代升级，行业对工程人才的要求从传统“单一专精”逐步转向“跨界融合”的复合型能力体系。传统以理论讲授为核心、学科边界固化、实践导向薄弱的专业学位研究生培养模式，已无法适配冶金行业低碳创新发展的现实诉求。而新工科建设的核心本质，是打破固有学科壁垒、重塑现代工程教育生态，重点培育具备跨学科整合能力、创新思维能力与解决工程复杂问题能力的高素质科技人才，为传统工科教育改革提供了核心导向[1]-[6]。

冶金工程是支撑钢铁行业低碳绿色转型的核心骨干学科，其研究生培养质量直接决定产业升级与低碳技术落地成效。当前氢冶金、短流程炼钢、碳足迹核算等低碳冶金技术逐步实现工程化应用，推动行业人才能力需求结构性升级，要求研究生在掌握传统冶金理论功底的基础上，兼具氢能利用、低碳管控

¹http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202205/t20220506_625229.html

等跨学科知识,以及流程仿真、智能工艺优化等数字化应用技能。在此背景下,构建以成果导向教育(OBE)理念为核心框架的新型培养体系,成为破解冶金人才培养困境的关键路径[7]。OBE秉持“产出导向、反向设计、持续改进”核心逻辑,以人才最终能力成果为起点,反向统筹培养目标、课程体系、教学过程与评价标准,实现培养全链条高度契合行业出口要求,将低碳冶金复合能力转化为教、学、测一体化的可落地、可评价学习成果。

项目式学习(PBL)、校企协同育人、跨学科多元评价构成 OBE 框架的核心实施支撑[8]。PBL 以真实低碳工程问题为驱动,助力学生整合跨学科知识、锤炼高阶工程思维;校企协同育人依托双导师制、联合课题攻关、产业场景共建模式,打通学术研究与产业应用的壁垒;跨学科评价依托过程性数据追踪与能力图谱评估,实现学生复合素养动态诊断与闭环改进。三者联动赋能,推动工程教育从“知识传授”向“能力生成”范式转型,构建了适配低碳冶金发展的复合型人才培养模式。综上,革新冶金工程专业学位研究生培养模式,既是行业低碳可持续发展的迫切需求,也是新工科教育改革的重要实践创新,对丰富 OBE 理论应用场景、拓展工科协同育人适配边界具备重要的理论与现实意义。

2. 材料与化工专业(冶金工程方向)硕士研究生培养存在的主要问题

重庆科技大学材料与化工专业(冶金工程方向)作为传统优势学科,正面临前所未有的生源结构性挑战。以重庆科技大学冶金与动力工程学院材料与化工专业(冶金工程)方向招生为例,近三年数据显示,该方向硕士研究生中调剂生源占比高达 92%,且仅约 8%的学生本科为冶金工程专业。生源背景横跨计算机、信息、自动化、机械、土木等非传统冶金学科。这一现状导致培养初期出现严重的“排异反应”,由于跨学科调剂学生专业基础薄弱、学习信心不足,跨学科背景未能转化为学习优势,反而成为认知负担;而教师面临学生“高数基础参差、编程能力两极分化”的教学困境,传统“一刀切”教学模式难以奏效。

破解上述困境的传统思路是“补课”,通过增设冶金基础课程弥补学生知识短板。然而,实践证明,将四年本科知识进行压缩灌输,既不可行,也扼杀了学生的创新热情和跨学科优势。我们主张正视并主动利用这一生源结构,将跨学科背景从“教学负担”转化为“创新资本”。对于产业需求端,钢铁冶金正加速迈向绿色化、智能化,亟需掌握大数据、人工智能、自动控制技术的复合型人才。而对于学生供给端,计算机背景学生长于算法建模,自动化背景学生精于过程控制,这些能力恰恰是传统冶金工程专业学生的结构性短板。因此,如何利用多元知识背景,培养能解决冶金复杂工程问题的创新型复合人才,实现从“补齐短板”到“锻造长板”的范式转换。

国内冶金强校的探索是开设了“智能化冶金”“数字冶金”等新兴方向,但其课程体系多为“冶金+X(课程)”的附加式结构,存在三类共性不足:其一,仍以传统冶金本科生为培养对象设定方案,未能针对高比例跨学科调剂生进行系统性重构;其二,课程组织以冶金工程学科知识体系为中心,缺乏基于项目逻辑的模块化整合;其三,评价体系以课程考试成绩和学术论文为主要依据,难以有效衡量跨学科整合能力与复杂工程问题解决能力等高阶素养。相比之下,国际经验提供了有益参照:美国欧林工学院的项目式学习(PBL)与麻省理工学院(MIT)的“新工程教育转型”(NEET)强调通过真实项目整合多学科知识,其“以项目串联能力”的培养理念,配合由校内学术导师与校外行业导师协同指导的“双栖导师组”机制,突出“理论+实践”“学术+产业”的双向融合,尤其在应用型人才培养中强调双导师的深度协同与角色互补[9][10]。

本研究响应国家“新工科”建设及“交叉学科”门类设置精神,服务重庆市“33618”现代制造业集群体系建设需求,以材料与化工专业(冶金工程方向)为样本,探索“PBL+双栖导师组”重构的交叉学科人才培养创新模式,该研究对于资源、环境、材料等同样面临跨学科调剂压力的专业,具有重要的示

范价值与推广意义。

3. 基于“PBL + 双栖导师组”重构的交叉学科人才培养创新模式研究

在“双碳”和新工科背景下,以重庆科技大学材料与化工(冶金工程)专业跨学科调剂生源为主体研究对象,基于“PBL + 双栖导师组”重构的交叉学科人才培养模式创新研究,构建一套基于 OBE 理念(成果导向教育)、面向跨学科生源实际、项目式学习(PBL)为牵引的“知识 - 能力 - 素养”三位一体培养新模式。

3.1. 构建“三维耦合、个性发展”的课程体系与知识重构

根据材料与化工专业研究生培养方案,在专业基础课程模块,采用分流 + 补短的形式,在入学前导师推荐国家高等教育智慧教育平台学习免费的开设《冶金概论——钢铁是这样炼成的》《冶金资源综合利用与环境保护》《冶金新技术》等线上 MOOC 课程等。入学后,将学生分为“冶金基础强化型”和“交叉应用直通型”等不同层次,定制学习路径,围绕冶金“物质流 - 能量流 - 信息流”三条主线开设,必修《高等物理化学——原理与应用》《金属凝固与应用》《冶金反应工程》等专业基础课程,这三条主线深度融合、协同优化,形成“三维耦合”的课程体系。

在核心课程模块,采用跨界 + 整合的模式,打破传统学科导向的课程设置,学习《冶金过程典型案例》《能量转换与储存材料》和《材料与冶金过程数值模拟与应用》等融合性核心课。

在专业学科前沿模块,采取创新 + 引领的模式,紧跟国家“双碳”战略,开设《材料与化工前沿》《智能低碳冶金》《人工智能应用》等前沿专题案例课程,由研究生导师、学术带头人与青年骨干教师共同引导学生快速进入研究方向。

3.2. 建立“项目贯穿、导师组协同”的人才培养新范式

(1) 建立项目式学习(PBL)递进体系

为破解传统冶金工程研究生培养中“重理论轻感知、重论文轻协作、重模拟轻实战”的积弊,本研究构建了“三阶递进、虚实结合、跨界融合”的项目式学习(PBL)体系,将三年培养期重构为三个能力跃升阶段。

第一个阶段(研一)为虚拟感知与工程启蒙阶段,学生须独立完成涵盖高炉炼铁至连铸轧制的全流程虚拟仿真操作,并在无提示条件下 30 分钟内应对“炉温骤降”等随机故障,系统依据操作精度、响应速度和能耗指标生成“工程感知力雷达图”。同时需提交虚拟仿真冶炼分析报告,该阶段确保学生建立对高温、连续、多变量工业场景的本能敬畏与基本掌控感。

第二个阶段(研二)为跨界组队与协同攻关阶段,每队含冶金、自动化、环境、材料等 3~4 个专业背景学生,8 周内完成给定命题(如“基于数字孪生的电炉炼钢碳排放优化方案”)。冶金专业学生需将工艺参数转化为跨专业可理解的约束条件,协同核算碳足迹,运用设计思维工具绘制用户旅程图,最终提交技术方案、商业画布与知识产权布局三位一体的成果并进行路演答辩。评审组由企业总工、经管教授和知识产权律师组成,重点考核跨专业术语转换能力与冲突解决效率,显著提升学生的系统整合思维。

第三个阶段(研三)为真题真做与前沿突破阶段,毕业课题直接源自企业真实需求或国家级前沿项目,实行“冶金 + 本科原专业方向”的交叉选题。具有计算机双修背景的学生选择“冶金 + AI”方向,基于“智慧炼钢”需求开发转炉终点预测模型。学生需驻现场三个月采集数据,处理海量噪声信号,构建轻量化模型并部署于边缘计算终端,解决工艺机理与数据驱动融合及工程落地难题。模型试运行将终点碳温双命中率提升至 92%,成果形成学位论文,展现了从科学建模到工程落地的完整闭环能力。

实施两年来,学生工程感知达标率从 67%升至 94%,跨学科协作效率提升 40%,高级阶段课题 100% 源于实际需求。毕业生入职后平均适应期缩短至 1.5 个月,较传统模式减少近一半,实现了“入学即入

行，毕业即骨干”的培养目标。

(2) 采用“双栖”导师组制

为破解传统单一导师制下“学术深度有余、交叉视野不足、工程落地困难”的培养困境，全面推行“三源汇流、双栖共育”的导师组指导模式，为每位研究生配备由主导师、跨学科副导师及行业导师构成的“三位一体”导师组，实现学术纵深、技术横向与工程前沿的有机融合。

主导师坚守冶金之本，把牢学术底线，由冶金工程专业教授担任，负责培养全周期的学术规划与质量把控。通过每周“冶金机理研讨会”，引导学生剖析冶炼过程的热力学与动力学机理，指导文献阅读、实验方案设计与论文逐章审阅。当学生在虚拟仿真中发现异常时，主导师引导其从渣系组成、供氧强度等本源因素建立因果分析模型，确保冶金专业根基扎实稳固。

跨学科副导师打破学科壁垒，注入技术活水，从计算机、自动化、材料、化学等学科选聘，负责提供方法论支撑。副导师通过定期“算法工作坊”，指导将冶金机理转化为可计算的约束条件，针对小样本回归难题引入迁移学习与贝叶斯优化方法提升模型泛化能力。材料学科副导师同步指导钢种成分设计与微观组织演变分析，确保 AI 预测结果具备物理合理性，避免“数据驱动但机理不可解释”的误区。

行业导师锚定真实战场，校准前沿坐标，来自中冶赛迪集团有限公司或重庆钢铁集团设计院有限公司等企业，每季度参与线上或现场指导，将工业场景与动态需求带入培养过程。项目启动期即开放产线脱敏数据，安排学生现场实习，掌握工业级设备操作流程。

该双栖导师组制实施以来，学生论文选题 100%兼具学术前沿性与工程实用性，毕业生独立承担项目周期平均缩短 45%，跨学科合作效率提升逾 50%。学生感言：“三位导师像三面棱镜，让我同时看清了理论的深度、技术的宽度和现场的温度——这才是冶金工程师该有的全息视野。”

3.3. 采用“过程驱动、能力导向”的多元评价与质量保障

传统研究生评价长期存在“重终端轻过程、重分数轻能力、重论文轻实物”的积弊，导致学生陷入“考前突击、实验依赖、综述凑数”的被动学习循环。从 2024 级研究生起，以“过程驱动、能力导向”为核心，对课程考核、中期筛选与学位论文实施系统性改革，构建了“可量化、可追溯、可成长”的多元质量保障体系。

课程考核从“考知识”转向“考能力”，降低期末笔试权重至 40%~50%，过程性考核提升至 50%~60%。以“材料与冶金过程数值模拟与应用”课程为例，笔试仅占 40%，其余 60%分解为三项：虚拟操作日志与故障诊断报告(25%)，系统自动记录决策路径并生成“工程感知成长曲线”；跨学科方案评审会(20%)，学生就工艺优化问题撰写涵盖冶金机理、材料表征与自动化控制的三维方案，由导师组按“机理深度 30%+ 方法创新性 40%+ 工程可行性 30%”联合打分；项目答辩(15%)，公开展示操作策略并接受质询。

中期考核实行“项目路演 + 能力图谱”双轨制，在研二下学期，学生须完成 15 分钟项目路演，面向导师组及 3 名院外专家汇报跨学科课题阶段性成果，从“科学问题凝练度(20%)、技术路线交叉性(30%)、团队协作贡献力(20%)、应答逻辑与学术表达(30%)”四维度实时评分。同时提交可视化能力图谱，以冶金为核心节点，向计算机、自动化、材料等方向标注“认知层级”与代表性成果。评审组针对图谱中“认知鸿沟”进行质询，促使学生补充机理修正项。两轨评分共同构成中期结论，未达标者启动“个性化补强计划”。

学位论文突破单一“实验 + 论文”模式，允许融入“软件开发 + 冶金应用”、“算法设计 + 工艺优化”等交叉形态成果，认可实物模型、算法包、数据平台等非传统产出形式。学校同步建立“评价 - 反馈 - 改进”闭环机制：每次考核后生成个性化《能力发展建议书》推送导师组，每学期末召开“评价

效度听证会”，由学生、导师和企业方共同修订评分细则。

运行两年来，该“过程驱动、能力导向”的多元评价体系成效显著，课程过程性考核实现全员覆盖（参与率 100%），中期考核一次通过率由 75%跃升至 91%；学位论文中融入非传统形态成果的比例已达 34%。尤为突出的是，硕士毕业生入职 12 个月内获得独立项目授权比例较改革前提升 27 个百分点，充分彰显了“以评促学、以评促创”的预期培养效果。

3.4. 搭建“产教融合、生态育人”的协同平台建设

为破解“教学内容滞后于产业迭代、科研选题脱离企业痛点、人才培养割裂于工程实践”这三重结构性矛盾，我校与中冶赛迪集团有限公司、宝武集团(重庆钢铁)等龙头企业开展深度合作，联合共建“冶金 + 分析检测/大数据/智能化”融合型联合实验室、重庆市现代钢铁产业学院，以及高校产教融合虚实一体化实践教学平台。以“企业出题、师生答题”为核心机制，以“动态案例库”为知识载体，着力构建资源互通、角色互融、价值共创的产教融合生态体系。

在平台建设方面，高校投入核心科研团队，企业导入工业级数字孪生系统、边缘计算设备及脱敏生产数据，三方共同组建联合运维组，设立数字孪生仿真、工业大数据分析、场景模拟验证三大功能区。同时，通过协议明确知识产权共享机制：企业享有成果优先转化权，高校保留学术发表权，学生拥有署名权及代码著作权，从制度层面破解“各自为政、成果悬空”的困局。

运行机制上，平台建立“真问题驱动真研究”的导向机制。每年由企业发布年度攻关课题清单，以“揭榜挂帅”方式组建师生联合攻关小组，配备校内学术导师与企业技术导师，实行双周汇报与月度现场对接制度，确保研究始终紧扣产业实际。

在知识沉淀方面，平台构建动态案例库，以“问题描述 - 数据样本 - 技术路线 - 成果总结”一体化结构记录完整攻关生命周期。目前已积累 60 余个完整案例，覆盖炼铁原料、炼铁、炼钢至轧制全流程。新案例即时融入课程教学，并实行每两年更新机制，淘汰过时内容、补充前沿方向，形成“老案例练手、新案例攻坚”的螺旋上升路径。

该综合实践平台运行以来，通过多方共生、动态化进化、自我成长的生态育人模式已累计支撑 70 余名研究生开展课题研究，协同完成企业委托课题 21 项。效果调研显示，95.3%的毕业研究生认为该平台经历“显著深化了对工业现场约束条件的认知理解”，其入职后独立承担项目的平均适应周期缩短至 2.3 个月，较传统培养模式大幅缩减。目前，该平台正持续为冶金行业智能化转型输送“懂机理、会算法、接地气”的高素质复合型人才，同时为行业高校深化产教融合改革提供了具有价值的借鉴。

4. 结论

本研究基于“PBL + 双栖导师组”重构的交叉学科人才培养模式，成功将材料与化工专业跨学科生源的多元背景由“短板”转化为“杠杆”，实现了从被动调剂到主动设计的范式转变。该模式通过课程体系、培养链路、评价机制与实践平台的协同联动，既弥合了生源的知识鸿沟，又激发了跨学科创新动能。研究成果表明，这一路径不仅有效提升了研究生的创新效能，也为解决传统工科研究生培养中普遍存在的同质化问题，提供了具有推广价值的参考。

基金项目

重庆科技大学研究生教育教学改革研究项目(项目编号: YJG2026y003); 重庆科技大学本科教育教学改革研究项目(项目编号: 202409 和 202653); 重庆市高等教育教学改革研究项目(项目编号: 244114); 重庆科技大学人工智能 + 课程建设项目——《冶金工程设计》课程(序号: 9)。

参考文献

- [1] 夏佳志, 段桂华, 王建新, 等. 面向学科交叉的计算机研究生创新人才培养模式探索与实践——以智慧医疗方向为例[J]. 工业和信息化教育, 2026(3): 1-5.
- [2] 杨丹, 贺飞, 闫峰. 多学科交叉培养复合型研究生的创新模式探索[J]. 教育教学论坛, 2025(6): 97-100.
- [3] 赵占勇, 赵英虎, 杨业昕, 等. “材料 + 化工”学科交叉新工科人才培养模式[J]. 未来与发展, 2022, 46(7): 94-98.
- [4] 康诚轩, 李保忠. 交叉学科建设的现实困境及转向路径[J]. 现代教育科学, 2023(4): 151-156.
- [5] 殷俞. “化工-材料-环境”学科交叉背景下的研究生培养研究[J]. 科教导刊(电子版), 2024(16): 31-33.
- [6] 袁绍军, 李季, 吉旭, 等. “化工 + X”多学科交叉人才培养模式的探索与实践[J]. 化工高等教育, 2023, 40(2): 2-8, 70.
- [7] 袁晓丽, 安娟, 夏文堂, 尹建国, 周雪娇, 任兵芝, 吕俊杰. 基于工程教育认证的冶金工程设计课程教学改革研究与实践[J]. 中国冶金教育, 2019(3): 4-6, 11.
- [8] 袁晓丽, 刘施峰, 安娟, 夏文堂. 项目驱动 + 微课模式下课程思政融入《冶金工程设计》教学探索[J]. 科教导刊(电子版), 2022(11): 112-113.
- [9] 程明, 肖华锋, 花为, 等. 工程学科研究生“四协同”拔尖人才培养模式与实践[J]. 学位与研究生教育, 2020(10): 11-15.
- [10] 王仲平, 刘小青, 王立, 等. “学科交叉、团队协同”培养研究生的探索[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(7): 277-280.