数字化跨专业生源背景下地方高校材料与化工专硕“四步闭环”培养模式改革与实践

李桂银*，谭晓红，王寒露，苏占华
广东石油化工学院化学学院，广东 茂名 525000
DOI: 10.61369/ETR.2026290041

摘　　要： 针对地方高校材料与化工专硕点数字化跨专业生源（占比30%）基础薄弱、专业认同低的问题，以广东石油化工学院为例，构建“诊断—桥接—嵌合—关卡”四步闭环体系。依托“化工补修+数字融合+企业任务制”路径，打造“化工+智能”模式；实施“任务书+月志+评价+交付”四元实践验收。实践表明，该模式显著提升了补修通过率与产业选题契合度，实现了生源差异的规范化管理，为同类院校提供了范式。

关 键 词： 材料与化工；专业硕士；跨专业生源；数字化背景；培养模式

Reform and Practice of the "Four-Step Closed-Loop" Training Mode for Materials and Chemical Engineering Professional Masters in Local Universities Under the Background of Digitized Interdisciplinary Student Sources

Li Guiyin*, Tan Xiaohong, Wang Hanlu, Su Zhanhua
College of Chemistry, Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming, Guangdong 525000

Abstract: Aiming at the problems of weak foundation and low professional identity among digitized interdisciplinary students (accounting for 30%) enrolled in the Materials and Chemical Engineering professional master's program of local universities, this study takes Guangdong University of Petrochemical Technology as the research case and constructs a four-step closed-loop system of "diagnosis — bridging — embedding — checkpoint". Supported by the path of "chemical engineering remedial courses + digital integration + enterprise task system", a "chemical engineering + intelligence" talent cultivation model is developed. A four-dimensional practice assessment mechanism of "task specification + monthly log + evaluation + deliverable submission" is adopted. Practical results demonstrate that this training mode greatly raises the pass rate of remedial courses and the matching degree of industry-oriented research topics. It realizes standardized management for students with diverse academic backgrounds and offers a practical paradigm for similar universities.

Keywords: materials and chemical engineering; professional master; interdisciplinary student sources; digital background; training mode

引言

近年来，我国专业学位研究生教育进入规模化、内涵化发展新阶段，作为支撑实体经济的主干类别，材料与化工（0856）已成为地方本科院校对标区域产业链、优化学科布局的核心抓手[1]。然而，随着学位点授权下放及招生规模扩张，地方院校生源竞争格局发生异化。为保障招生规模、拓宽生源渠道，大量计算机、软件工程及生物信息学等数字化背景本科生，通过主动报考或调剂进入材料与化工专硕学习。跨专业生源占比持续走高，生源多元化问题成为新建专硕点的共性难题[2]。

广东石油化工学院是华南地区唯一一所石化特色高校，也是广东省高水平理工科大学建设单位。学校于2021年获批硕士学位授予单位，2023年材料与化工专硕点实现首届招生。依托粤港澳大湾区世界级绿色石化产业集群，联动茂名石化、中科炼化等龙头企业，致力于培养石油化工、催化新材料及能源化工等领域的高层次人才。

作为典型的“新点+行业地方院校”组合，广东石油化工学院材料与化工专硕点（0856）在“从零到一”的运行初期，为兼顾规模与覆盖面，招生对象跨出“化学工程与工艺”核心池，吸纳了如计算机科学与技术、网络工程、信息与计算科学等工科生源，跨专业生源占比约30%。与化学、环境等“近化学类”生源不同，“数字化”跨专业背景的学生呈现出显著的异质性[3]。一是基础断层，缺乏化

项目信息：广东省研究生教育创新计划项目“产教科教双融合驱动的新工科研究生协同育人模式创新研究”（2025JGXM116）
作者简介：李桂银（1972—），女，汉族，湖南新宁，博士研究生，教授/教师，博士生导师，研究方向为生物医学传感。

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

工工程基础，对动量传递、热量传递、质量传递、相平衡等化工核心概念与工程场景认知空白，工程直觉严重不足；二是擅长代码迭代与数据运算，却难以构建化工过程的物理图景；三是优势独特，其数字建模与数据分析能力恰与石化产业智能化转型需求高度契合。

然而传统“旁听本科课程 + 期末考核”的补修模式，仅能弥补表层知识缺口，无法适配数字化背景的学生思维特点与能力优势[4]。一方面，学生难以理解化工公式背后的工程内涵，长期处于“听得懂公式、建不起思维”的困境，无法深度参与课题组科研工作。另一方面，学生的数字化特长被闲置，最终沦为单纯的数据处理人员，造成人才资源浪费。

当前，深化产教融合、推进“人工智能 + 工科”的学科交叉培养已成必然趋势[5]。面对石化行业数字化转型的迫切需求，如何将数字化背景生源的结构性劣势转化为差异化竞争优势，是新建专硕点实现突围的关键[6]。基于此，本文立足办学实际，重构适配数字化背景生源的培养体系，旨在将生源差异转化为“化工 + 智能”的交叉培养红利，并形成可复制的规范化管理范式。

一、基于 DBDG 模型的跨专业生源培养路径重构

传统“一刀切”补课模式引发的供需错位问题，本文构建了“诊断（Diagnosis）—桥接（Bridging）—嵌合（Docking）—关卡（Gating）”四步闭环培养体系（简称 DBDG 体系）（图1）。该体系覆盖研究生第一学年至中期考核全周期，旨在将离散的补修环节整合为贯通“认知—能力—实践—质量”的全链条管理范式，以系统化手段破解生源异质化带来的培养困境[7]。

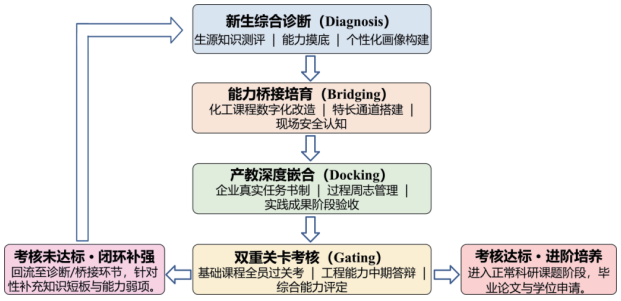


图1 “诊断—桥接—嵌合—关卡”的四步闭环培养体系

（一）诊断环节：生源能力精准量化评估

精准诊断是实施差异化培养的逻辑起点[8]。为规避对跨专业生源“基础薄弱”的刻板印象，本研究从“知识结构、专业能力、职业诉求”三个维度构建全景式评估矩阵。

首先，建立先修课程映射机制。通过核查本科成绩单，重点筛查大学物理、无机化学等前置知识节点，量化个体知识断层图谱。其次，实施“理论 + 实操”双轨测评。卷面考核聚焦化工原理与物理化学核心概念、量纲分析与单位换算；实操环节则提供化工实验原始数据集，要求学生完成数据可视化及工程推论，以此评判学生的工程直觉与数据敏感度。最后，开展一对一深度访谈，了解学生报考动机，摸清学生数字化工具（如 Python、C++、Matlab 等）掌握程度及对化工现场工作环境的的接纳度。

诊断结果表明，本学位点的“跨专业30%”并非传统的“近化学类”考生，而是“从屏幕走向塔器”的数字原住民。这一精准诊断为后续“扬长避短”的培养策略提供了数据支撑。

（二）桥接环节：以数字化能力搭建化工学习支点

桥接环节旨在利用学生原生数字化优势，消解化工学科的入门壁垒，变“被动填鸭””为“主动建构”。搭建“数字能力—化工知识”互通桥梁，同时设置特长发展通道、前置化工安全与现场认知教育。

1. 课程内核的数字化改造。在《化工原理》《物理化学》补修课中嵌入微型实训模块（如 Python 流体计算、Excel 矩阵衡算、Origin 相图拟合）。允许学生调用熟悉的编程工具替代手工推导，将抽象的“物理图景”转化为具象的“算法模型”，降低认知负荷，强化“化工过程可量化、可校验”的工程认知。有效降低跨专业学生的学习门槛。

2. 科研特长的顺势迁移。入学初就为学生匹配数据型子课题（如催化材料的机器学习筛选、谱图批量处理与可视化分析、工艺参数的响应面优化）。使其依托编程特长快速切入科研，在“做中学”中理解化工参数的物理意义，缩短适应期，提升自我效能感[9]。

3. 工程思维的逆向植入。前置化工现场与安全文化教育。采用现场观摩、安全 VR 实训、标准作业程序（SOP）学习相结合的方式，讲解危化品管理、厂区安全规范、工艺流程图（P&ID）常用符号等内容，强制学生跳出“代码即真理”的虚拟思维，建立对不可逆物理系统及安全红线的敬畏感。

（三）嵌合环节：任务驱动与产教融合

为解决专业实践与产业需求“两张皮”问题，依托区域石化集群资源，构建“任务书 + 过程月志 + 企业评价 + 成果交付”的四元闭环实践体系（图2），实行校内外双导师协同问责制[10]，校内导师统筹科研训练与学术质量，企业导师严控工程真实性与职业素养。实践任务源于企业真问题：针对数字化生源，重点部署生产数据流梳理、设备台账数字化升级、检测数据清洗等专项任务[11]。学生需在为期一年的实践中，提交标准化的数据集、数字化管控模板或工艺优化方案。这种“真题真做”的模式，迫使学生的数字化能力在复杂的化工现场环境中完成落地嵌合。

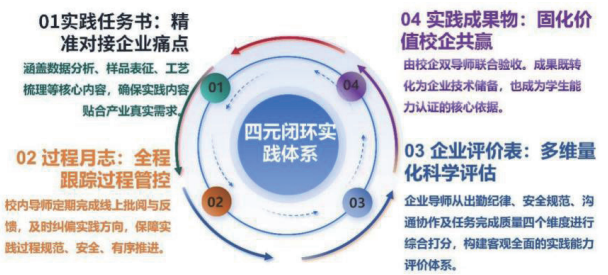


图2 “任务书 + 过程月志 + 企业评价 + 成果交付”的四元闭环实践体系

（四）关卡环节：过程淘汰与质量兜底

设立刚性考核关卡，构建“出口把关”的质量约束机制，防

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

止培养标准滑坡。

第一关：补修通关（第一学期）。设置化工原理与物理化学综合壁垒考核，侧重工程衡算与概念辨析。未通过者需进入“专项辅导—延期重测”循环，直至达标方可参与课题研究。

第二关：能力认证（第三学期）。开展中期工程能力答辩，摒弃文献综述式汇报。重点考核三项内容：一是科研体系中关键变量的耦合关系分析；二是实验安全与废弃物处置落实情况；三是核心数据的复现与可视化能力。

两道关卡层层递进，既是对前期培养效果的检验，也是对跨专业研究生工程素养达标的强制兜底。

二、实践结果与分析

（一）生源基础特征与归因分析

摸底测评数据揭示了数字化跨专业生源显著的“偏态分布”特征。在化工工程概念、量纲分析、工程衡算等题型中得分较化工对口生源低14~17分（百分制），证了其工程基础知识的结构性断层。然而，其在数据清洗、可视化绘图及代码规范等项目上的表现则显著占优。这一“此消彼长”的现象有力回击了“跨专业生学习能力不足”的偏见，证实其劣势在于知识储备的缺失，而非智力或能力的匮乏；其核心特征表现为“强工具、弱系统”的思维异构。

（二）培养成效量化对比

DBDG 闭环培养体系实施后，各项培养指标均得到大幅提升，具体数据见表1。

表 1 数字化背景跨专业生源培养关键指标对比

考核指标	改革前（经验预估）	改革后（体系落地后）
化工原理、物理化学补修一次合格率	无统一考核机制	92%
实验室分级安全准入通过率	仅完成基础安全考试	100%
独立完成 “数据—绘图—归档”全流程占比	≈ 35%	≈ 81%
专业实践四件套资料齐全率	标准不一、资料残缺	100%
毕业选题对接石化企业需求占比	≈ 25%	≈ 63%
研究生中期考核一次性通过率	≈ 68%	100%

数据表明，该体系实现了从“入口补修”到“出口产出”的全流程提质增效。特别是补修合格率的量化管理（91.7%）终结了以往“旁听即过关”的粗放模式。而研究生选题紧密对接区域产业需求，契合度的大幅跃升（由25% 至63%），直接验证了“数字 + 化工”交叉培养路径与区域石化产业升级需求的高度同构性。人才培养的应用性显著增强，中期考核通过率大幅提升。该培养模式与国内同类材料与化工专硕改革实践形成呼应，具备良好的实践效果[12]。

（三）师生质性反馈

质性反馈进一步佐证了量化指标的可靠性，揭示了培养模式改革带来的深层价值转变。

企业导师视角：从“参观者”到“协作者”。企业导师反馈，以往研究生专业实践多以观摩学习为主，“出工不出力”现象普遍，产出成果有限。任务书制度实施后，学生依托数字化特长产出的“数据核对模板”、“检测归档规范”等成果，直接填补了企业在数据治理环节的漏洞，这种“即插即用”的实用价值显著增强了企业接收实习的积极性。

学生视角：从“认知障碍”到“思维同构”。受访学生表示，化工理论的抽象性曾是其最大障碍。但通过 Excel、Python 等熟悉的工具开展计算实训，将化工过程类比为程序调试，逐步理解了公式背后的工程逻辑，学习难度大幅降低。“以编程思维解构化工过程”的策略有效降低了认知负荷，从而建立起对工程逻辑的深层自信。

三、讨论

（一）数字化背景跨生源是产业转型下的人才新供给

当前石化产业正加速向数字化、智能化升级，行业痛点已从传统工艺改造，延伸至数据孤岛、设备数字化管理、低碳核算、智能检测等交叉领域[13]。数字化背景生源主动流入材料与化工专硕赛道，并非研究生教育的“问题”，而是产业数字化转型在研究生招生端的直观体现。数字化转型背景下，培养跨界整合能力成为工程专硕人才培养的核心目标之一[14]。

若固守传统培养逻辑，此类生源极易陷入“双重异化”困境：要么因无法跨越化工门槛而退守至纯代码领域，导致专硕培养目标空心化；要么因缺乏交叉融合能力而降维为低端数据处理人员，造成优质人力资源的错配与浪费。DBDG 体系的核心逻辑在于构建“双向互嵌”的培养生态：以数字化能力为认知脚手架拆解化工复杂性，以工程实践为价值锚点规避技术空心化。该模式既不降低化工专业标准，也不埋没学生原生特长，实现交叉能力融合发展。

（二）数字化背景跨专业补修的机制创新

国内多数新建材料与化工学位点仍将“跨专业补修”视为一种风险防控的“免责条款”。仅简单要求补修化工原理、物理化学等本科课程，且不计学分，缺乏配套考核，这种“物理叠加”式的补救仅停留在知识层面的浅层修补，无法触及思维重构与能力融合，本质上是一种消极的“放水”行为。

本研究的创新本质在于实现了培养机制的“化学反应”。我们将孤立的课程补修重构为“模块化能力过关”体系，并将其作为关键枢纽，串联起实验室准入、企业实践与双导师考核等全环节。把知识补修、能力融合、实践应用、质量管控形成闭环，让“补修课程”真正服务于研究生后续科研与实践。这一设计打破了“补修即终点”的割裂状态，构建了“知识输入—能力转化—实

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

践输出”的完整闭环。实践证明，这种模式成功推动了培养质量观从“形式达标”（拿到学分）向“能力达标”（解决实际问题）的根本性转变。

（三）研究局限与未来改进方向

本研究虽初步验证了 DBDG 体系的有效性，但仍存在样本时效性与追踪跨度不足的局限。受限于该校首届招生规模，样本量相对有限，且当前数据多集中于培养中期（如课程考核、中期答辩）。该体系对学生长期职业生涯的影响 – 学位论文的创新性产出、入职后的工程胜任力等 – 需通过后续2~3届学生的纵向队列研究予以实证补充。

后续优化方向：一是将“计算实训模块”固化为1学分必修课程《化工数据科学与编程基础》，正式纳入人才培养方案；二是将企业实践“四件套”升级为电子档案袋管理系统，利用数字化手段记录学生从“诊断”到“关卡”的全过程数据，实现培养质量的动态监测与预警。三是立足石化行业特色，持续优化本硕贯通式人才培养体系，前置数字化生源的化工基础储备，从源头优化生源结构，形成区域高校协同育人的新格局。

四、结论

数字化背景生源的涌入，既是地方高校新建材料与化工专硕点专硕点面临的现实挑战，更是石化产业智能化转型赋予的人才培养宝贵契机。针对这类生源“数字化能力突出、化工专业基础薄弱”的能力异构特征，传统无差别化的“旁听式”补修模式已陷入适配性不足的实效困境。本文构建的“诊断 – 桥接 – 嵌合 – 关卡”四步闭环培养体系，通过“诊断画像”实现精准分层，利用“桥接模块”实现认知迁移，依托“嵌合实践”实现产业落地，最终通过“关卡考核”实现质量兜底。实证数据表明，该培养模式不仅提升了跨专业生源的补修课程通过率与中期考核合格率，更有效引导学生的数字化特长向化工专业场景渗透融合，推动研究生选题与区域石化产业发展需求的匹配度显著提升。具备数字化背景的跨专业生源是培育“化工 + 智能”交叉人才的优质资源，行业特色院校无需将跨专业生源强行同质化塑造为传统化工人才。将生源的数字化能力基因转化为解决化工领域复杂工程问题的创新范式，是新建专业学位硕士点突破办学瓶颈、实现差异化发展的可行路径。本研究所形成的标准化流程与规范化管理机制，剥离了地域与资源限制，具有较强的普适性与可复制性，可为同类型地方院校的专业学位研究生培养提供有益参考与实践范式。

参考文献

[1] 张春红，刘立佳，周天莹，等 . 基于产教融合的材料与化工专业学位研究生培养模式探索与实践 [J]. 高教学刊，2025，21：59–62.

[2] 王翔 . 跨专业研究生的专业适应问题及提升策略研究 [J]. 黑龙江教育（理论与实践），2024(2)：48–50.

[3] 魏新玉，刘丽超，蒋路茸，等 . 数字化转型背景下专业学位研究生校企协同 " 跨界整合能力 " 培养路径研究 [J]. 教育进展，2026，16(4)：297–302.

[4] 卫勇，刘琪，冒国兵 . 新工科背景下材料与化工（材料类）专业学位硕士研究生培养模式研究与改革 [J]. 长春工程学院学报（社会科学版），2024，25(3)：102–105.

[5] 徐晓明，周海 . 应用型高校专业学位研究生教育产教协同育人的实践困境与对策探析 [J]. 应用型高等教育研究 . 2024，9(2)：21–27.

[6] 陈可可，俊敏，新明，等 . AI 背景下材料与化工专业教学模式改革探索研究 [J]. 科技风，2026(02)：144–147.

[7] 魏语傲，朱沐光，张文瑞，等 . " 全链条 " 产教融合培养模式研究—以材料与化工专业研究生为例 [J]. 洛阳师范学院学报，2026，45(2)：47–52.

[8] 杨东，李瑶瑶 . 数字化背景下产教融合驱动专业学位研究生创新能力提升路径研究 [J]. 教育研讨，2025，7(9)：1041–1046.

[9] 崔淑淇，姚聪莉 . 教育数字化视域下专业硕士研究生人才培养机制创新研究 [J]. 陕西学位与研究生教育，2025(02)：45–50.

[10] 谭梦茜，李亚馨，何春雨，等 . 专业学位研究生培养模式改革研究与实践——以材料与化工专业硕士培养为例 [J]. 大学化学，2025，40(11)：11–17.

[11] 教育部，国家发展改革委，财政部 . 关于 " 双一流 " 建设高校促进学科融合加快人工智能领域研究生培养的若干意见 . 教研〔2020〕4号 .

[12] 戚海新，姜培玉，张文艳，等 . 地方高校材料与化工专业创新应用型高层次人才培养模式探究 [J]. 化工时刊，2026，40(1)：87–89.

[13] 李洁 . 专业学位研究生产教融合协同培养体系研究——以材料与化工专业为例 [J]. 学位与研究生教育，2022，12：6–12.

[14] 王松林，李舒畅，李波，等 . 面向高质量发展的材料与化工专业学位硕士研究生培养新路径探索 [J]. 高教学刊，2026，13：166–169.

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.