产教研赛融通模式下粉体工程课程育人路径研究与实践

王淑红[1,*]，孙永峰[1]
1. 山东理工大学，资源与环境工程学院，山东淄博，255000

摘要：在国家能源安全、绿色矿山与矿山智能化建设战略指引下，矿业行业对矿物加工工程专业人才的工程实践与综合素养提出更高要求。针对《粉体工程》课程存在教学内容滞后产业前沿、课程思政融入不充分、实践创新训练不足、考核评价维度单一等痛点，依托校企实践基地与科研资源构建课程专题，实现专题成果对接学科竞赛，建立产教研赛融通教学模式。重塑“模块+专题”课程架构，融合项目教学法，设计“三段十步”专题实施流程，搭建四主体多维度评价体系与持续改进闭环。教学实践表明，该模式能够提升学生解决复杂工程问题的能力，实现德技并修，可为同类工科课程教学改革提供借鉴。

关键词： 产教研赛融通；粉体工程；教学改革 创新

Research and Practice on Educational Pathways of Comminution Course under the Industry-Education-Research-Competition Integration Model

Shuhong Wang[1,*], Yongfeng Sun[1]
1.School of Resource and Environmental Engineering, Shandong University of Technology, Zibo, Shandong,255000, China

Abstract: Guided by the strategies of national energy security, green mines and intelligent mine construction, the mining industry has raised higher requirements for the engineering practice and comprehensive literacy of talents majoring in Mineral Processing Engineering. Aiming at the pain points of the *Powder Engineering* course, including outdated teaching content compared with industrial frontiers, insufficient integration of curriculum ideology and politics, inadequate practical and innovative training, and single-dimensional assessment, curriculum topics are developed relying on university-enterprise practice bases and scientific research resources. The outputs of these topics are connected with disciplinary competitions to establish an integrated teaching mode of industry-education-research-competition. The "module + topic" curriculum framework is reconstructed, the project-based teaching method is adopted, and a three-stage ten-step implementation process for topics is designed. A four-subject, multi-dimensional evaluation system and continuous improvement closed loop are constructed. Teaching practice shows that this mode can improve students' ability to solve complex engineering problems and realize the cultivation of talents with both professional competence and moral integrity. It can provide references for the teaching reform of similar engineering courses.

Keywords: Industry-education-research-competition integration; Comminution; Teaching Reform innovation

建设教育强国、推进新工科建设、深化产教融合与科教融合，是我国高等工程教育改革的重要战略部署[1]。《国务院办公厅关于深化产教融合的若干意见》提出推动教育链、人才链与产业链、创新链有机衔接，破解人才培养与产业需求“两张皮”难题[2]；新工科建设倡导传统工科专业面向产业转型升级改造课程体系，强化学生解决复杂工程问题的能力、创新能力与工程素养[3]。在国家

能源安全、绿色矿山与矿山智能化建设战略指引下，矿业行业加速向智能选矿、低碳生产、固废资源化方向转型，对矿物加工工程专业人才的工程实践能力、创新能力与生态责任意识提出更高要求[4]。同时，国家大力倡导以学科竞赛为抓手推进创新创业教育，推动“以赛促教、以赛促学”。在多重战略叠加背景下，探索产教研赛融通课程育人模式，将企业生产实践、科研课题、学科竞赛融入课堂教学，既是落实立德树人根本任务、推进课程思政建设的内在要求，也是顺应矿业产业升级、培育服务行业的德技并修工程技术人才的现实需要。

《粉体工程》是矿物加工工程专业衔接基础理论与工业生产的核心课程，课程内容涵盖矿物粉体物性表征、破碎、磨矿、分级、筛分等单元操作，以及工艺设备、流程设计与工程应用。课程旨在培养学生工程实践能力、问题分析能力与创新思维。通过系统学习碎磨相关理论知识，学生能够掌握解决矿物加工领域粉体复杂工程问题的思路与方法。然而，在行业人才质量需求不断升级的背景下，《粉体工程》课程逐渐暴露出教学内容滞后于产业发展与学科前沿、教学方法、育人路径和课程考核方式难以达成预设课程目标等问题，无法满足矿物加工领域对高素质工程人才的迫切需求。因此，为顺应行业与时代发展，课程教学亟需改革创新[5]。目前，该课程的教改研究多聚焦于单一教学方法优化，例如引入项目式教学、信息化多元教学手段等。上述改革虽在一定程度上提升了课程教学质量，但未能从整体层面抓住核心矛盾，难以从战略层面形成系统性、可落地的教改方案。

立足当前人才培养目标要求，需要全面深化课程教学各环节改革，在课程实施过程中构建有效的产教融合育人机制[6-8]，打通传统教学与产业生产之间的壁垒，实现教育与产业深度融合。在项目式教学基础上推动课程项目成果向学科竞赛成果转化，通过构建产教研赛融通模式，将产业工程痛点难点与高校教学内容、科研方向、学科竞赛紧密耦合，搭建校企沟通协作平台，促进校企资源共享、优势互补，培养契合产业需求、兼具实践能力与创新素养的高层次工程人才。

1 课程建设现状分析

1.1 课程内容更新滞后产业生产实践与学科前沿发展

《粉体工程》现有教学内容以碎矿、磨矿理论及传统设备工艺为主，矿山现场真实工程案例供给不足，造成课堂知识与产业技术迭代脱节，不利于学生解决矿物加工领域复杂工程问题。随着人工智能技术在矿业领域逐步推广，智能碎磨装备、粉体绿色改性等新工艺、新技术持续涌现，亟需纳入课程教学体系。在新工科建设与产教融合持续深化的背景下，课程教学内容亟待迭代更新。

1.2 课程思政建设与行业人才素养需求衔接不够紧密

以往课程教学偏重物料特性、碎矿磨矿理论、设备及工艺等专业知识讲授，对矿业报国情怀、工程伦理、生态文明等育人元素挖掘不足，课程育人功能发挥不充分。依据《高等学校课程思政建设指导纲要》要求，在产教融合背景下，课程需引入矿产资源安全、绿色矿山建设、节能环保、低碳生产等行业真实工程案例并融入教学全过程，着力培养契合行业需求，兼具责任意识、生态理念与职业操守的德技并修工程技术人才。

1.3 教学模式与方法难以有效激发学生实践创新潜能

《粉体工程》课程内容对接选矿厂碎磨车间生产设计及完整生产流程，工序具备安全环保约束严格、设备大型化、工艺流程复杂等工程特征。采用传统课堂讲授模式教学效果有限，容易造成理论学习与工业现场实践脱节。面对矿山复杂生产工况，学生缺少工程问题分析与求解思路，工程处置能力训练不足，实践创新潜能难以充分激发。

1.4 课程考核评价体系难以全面衡量多维课程目标达成

原有课程考核以期末笔试这类终结性评价为主，侧重理论知识考查，缺少项目实践、团队协作相关的过程性评价指标，也未纳入工程伦理、绿色生产等素质类评价内容。评价维度较为单一，评价主体唯一，无法衡量知识、能力、素质多维课程目标的达成程度，难以全面反映学生工程实践、创新能力与思政素养，与产教融合育人导向不匹配。

2 教学改革实践路径

2.1 教学模式构建

针对课程现存痛点，本文整合校企合作资源，依托生产实践与科研课题开发系列教学专题，将产业科研内容与价值内涵融入课程，把工业生产场景引入课堂，强化行业在人才培养中的主导作用。打通前导实践课程、本课程与学科竞赛体系，实现专题成果向竞赛成果转化，提升学生实践创新能力，构建产教研赛融通培养模式。重构以专题为框架的课程内容体系，融合项目式教学、PBL 问题导向学习、TBL 团队协作学习与 BOPPPS 教学模型，将产业科研资源深度嵌入教学全过程，落实校企协同育人。配套全过程双闭环评价机制，最终实现德智相长、知行合一的育人目标。

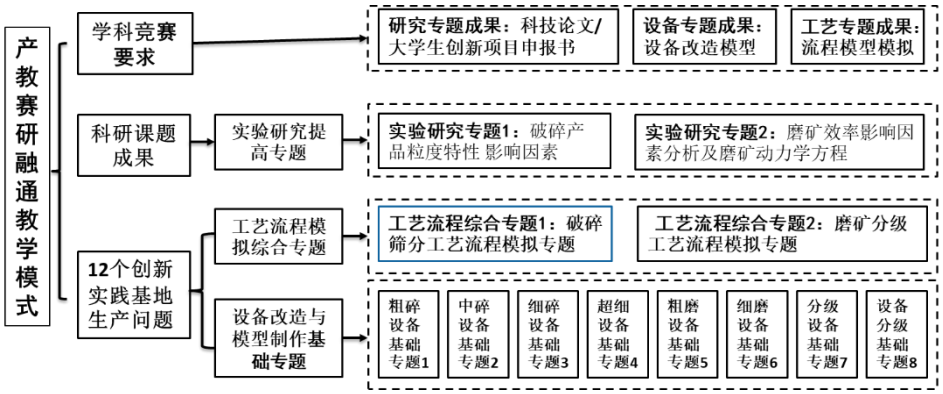


图 1 教学改革总体设计

Fig. 1 Overall Design of Teaching Reform

2.2 内容及资源建设

对照毕业要求指标点与课程教学目标，依托创新实践基地、校企共建粉体实验室等教学资源，更新替换陈旧教学内容。将实践基地的设备工艺、生产痛点与技术革新案例融入理论教学，把科研成果转化为实验教学项目，推动专题教学成果对接学科竞赛，引入生产实践案例与资源循环交叉学科知识作为拓展学习内容。同时，从国家、专业、个人三个维度，围绕家国情怀、专业责任、科技创新等六个层面搭建课程思政体系，打造具备全方位育人功能的“产教研赛融合”课程内容。以专题为主线对教学内容进行模块化组织，重塑知识与育人并重的“模块+专题+思政”课程内容架构。

2.3 教学方法改革

课程以项目教学法为主体，依托团队协作开展分层专题训练，并形成逐级递进的专题成果。小组内部协作完成设备改造基础专题，三到四个小组间联合攻关工艺流程模拟综合专题，全班组间协同开展实验研究提高专题，专题成果从设备改造模型、工艺流程模拟到科技论文逐步提升，以此锻炼学生沟通协作及解决复杂问题能力。课程将生产难题与科研成果融入专题设计，通过典型案例精讲启迪创新思维，依托课程思政涵养综合素养，借助校内外多元评价机制推动教学持续改进。结合 BOPPPS 教学法，构建课前、课中、结课后三阶段，课前思，课中“引、论、析、拓、研、评”，课后

做，十步骤的专题实施流程。前导课阶段完成选题与前期预实践；课程实施阶段依次开展课前方案构思、课中问题引导、知识点解析、方案讨论、知识拓展、专题研究、师生评价以及课后实践产出成果；结课阶段组织学生参与校级、国家级学科竞赛。三级专题递进实施，实现产教研赛全过程融通。

2.4 考核方式优化

课程秉持“持续改进”理念，围绕评价目标、评价原则、评价标准与目标达成开展系统化评价设计。考核采用过程性评价与终结性评价相结合的方式，提高综合素质评价权重。建立适配“三段十步”教学全过程、依托学习数据支撑的四主体、多维度考核反馈机制，构建包含自评、互评、师评、机评的多元综合评价体系。基于课程目标达成度分析，形成教学闭环，实现教学持续改进。

3 结论

针对《粉体工程》课程在教学内容、课程思政、教学模式、考核评价方面存在的突出问题，本文立足新工科建设要求，依托校企创新实践基地与共建粉体实验室资源，开展产教研赛融通模式下的课程教学改革。通过整合校企资源，围绕生产实践、科研课题开发系列教学专题，重塑以模块化专题为主线的课程内容架构，将产业新工艺、前沿技术案例与课程思政元素有机融入教学。构建以项目教学法为核心，融合 BOPPPS 教学模式，设计 “三阶段十步骤” 专题实施流程。通过组内、组间、全班分层递进式三级专题训练，打通前导实践课、课程教学与学科竞赛，实现知识传授、能力培养与价值引领一体化。同时建立过程性评价与终结性评价相结合，涵盖自评、互评、师评、机评的四主体多维度多元评价体系，依托目标达成度分析形成教学持续改进闭环。

教学改革实践表明，产教研赛融合模式有效破解原有课程内容滞后产业发展、理论与现场实践脱节、实践创新能力培养不足、思政育人成效薄弱等问题。改革能够强化学生解决矿物加工碎磨领域复杂工程问题的能力，提升学生工程创新、团队协作素养，厚植家国情怀、绿色发展理念与工程责任意识，实现德智相长、知行合一。本课程形成的改革思路与实施方案，可为矿物加工工程及相近工科专业同类课程开展产教融合、课程思政与新工科教学改革提供参考借鉴。

参考文献

[1] 中共中央，国务院。教育强国建设规划纲要（2024—2035 年）[Z].2024.
[2] 国务院办公厅。国务院办公厅关于深化产教融合的若干意见 (国办发〔2017〕95 号)[Z].2017.
[3] 教育部，工业和信息化部，中国工程院。关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划 2.0 的意见 (教高〔2018〕3 号)[Z].2018.
[4] 自然资源部。关于加快绿色矿山建设的若干意见 [Z].2018.
[5] 教育部。高等学校课程思政建设指导纲要 [Z].2020.
[6] 莫伟，封金鹏，杨金林，等。新工科建设背景下 “粉体工程” 课程教学改革探索 [J]. 广西大学学报 (自然科学版),2021,46 (04):1404-1408.
[7] 葛金龙，焦宇鸿，王传虎。校企深度合作模式下 “粉体工程与设备” 课程教学改革与实践 [J]. 长春师范大学学报，2017,36 (06):141-143.
[8] 吴彩斌，邱廷省，石贵明，等。项目驱动下研讨式教学改革研究 —以《粉体工程》课程为例[J]. 江西理工大学学报，2015,36 (04):62-65.

基金项目：基于 OBE 理念的“产教赛创四维融合”应用研究型课堂教学研究-以粉体工程课程为例（M2022142）。

[1,*]**第 1 作者&通讯作者简介：**王淑红（1974-），女，工学硕士，副教授。研究方向：资源综合利用。E-mail: 254377841@qq.com。