

基于OBE理念的《冶金原理》课程教学改革与实践

黄青云*, 袁晓丽, 向俊一, 张生芹

重庆科技大学冶金与动力工程学院, 重庆

收稿日期: 2025年9月28日; 录用日期: 2025年12月16日; 发布日期: 2025年12月25日

摘要

根据最新的“工程教育专业认证”毕业要求和OBE理念, 本文分析了重庆科技大学冶金工程专业《冶金原理》课程在教学中存在的主要问题, 基于冶金工程专业2023级人才培养方案指标点的要求, 从通过优化教学目标, 将课程思政深度融入教学目标, 明确了课程目标、毕业要求指标点和课程内容之间的支撑关系, 还通过强化课堂设计、将理论与实践相结合, 细化考核评分标准等环节, 达到显著提高了教学效果的要求。

关键词

冶金原理, 冶金工程专业, 教学改革, 工程教育专业认证

Teaching Reform and Practice of the “Principles of Metallurgy” Course Based on the OBE Concept

Qingyun Huang*, Xiaoli Yuan, Junyi Xiang, Shengqin Zhang

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

Received: September 28, 2025; accepted: December 16, 2025; published: December 25, 2025

Abstract

Based on the latest graduation requirements of the “Engineering Education Professional Accreditation” and the OBE concept, this paper analyzes the main problems existing in the teaching of the

*通讯作者。

“Principles of Metallurgy” course in the Metallurgical Engineering major of Chongqing University of Science and Technology. According to the requirements of the 2023-level talent cultivation plan index points of the Metallurgical Engineering major, it starts from optimizing the teaching objectives and deeply integrating ideological and political education into the teaching objectives. The supporting relationship among the course objectives, graduation requirement indicators and course content has been clearly defined. Moreover, by strengthening classroom design, integrating theory with practice and refining the assessment and scoring standards, the requirement of significantly improving teaching effectiveness has been achieved.

Keywords

Principles of Metallurgy, Metallurgical Engineering Major, Teaching Reform, Professional Accreditation of Engineering Education

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

自 2018 年以来，重庆科技大学冶金工程专业通过工程认证，于 2023 年底已经完成一轮工程认证要求。随着冶金工程专业认证的持续改进，为了达到新一轮工程认证的要求，冶金工程专业《冶金原理》课程需要根据新的 OBE 的标准和要求进行改革。《冶金原理》是冶金工程专业的一门专业基础课，是冶金工程专业学生必修的核心课程，是介于基础课和专业课之间的重要桥梁和纽带。通过本课程学习，能够应用冶金热力学的相关知识，判断冶金过程反应的方向，改进冶金反应条件；能够应用冶金动力学的相关知识，分析冶金工程中的多相反应动力学过程，改善冶金过程反应条件；能够分析冶金二元相图和三元相图；能够利用冶金熔体的基本理论知识，分析冶金过程的燃烧、分解、还原、氧化等冶金过程的热力学和动力学问题。通过融入思政元素知识的学习和能力培养，具有冶金工程技术人员要求的专业能力、科学思维方法、工程伦理意识、精益求精的大国工匠精神，为学生后续学习《铁冶金学》《钢冶金学》《轻金属冶金学》《湿法冶金工艺学》等课程提供理论基础，并为将来从事冶金生产及新产品、新工艺的开发工作打下必须的专业理论基础。在以成果导向教育(OBE)理念和工程教育专业认证要求的指导下，众多研究者从教学大纲优化、课程思政有效融入和考核标准细化等方面进行了卓有成效的教学改革和实践[1]-[7]。

为了提高教学效果，满足工程教育认证持续改进的需要，本文通过分析《冶金原理》课程教学存在的主要问题，结合冶金工程专业 2023 级人才培养方案对毕业要求指标点的要求，对该课程进行教学改革研究与实践。

2. 冶金原理课程教学存在问题

1 课程教学大纲中教学目标、毕业要求指标点与教学内容的关系支撑关系模糊，不明确。此外，教学大纲课程思政元素融入不够

在《冶金原理》课程教学大纲中，设置的教学目标与毕业要求指标点、教学内容、教学方式以及支撑课程目标之间关系不明确，缺乏对应的支撑关系，根据工程教育认证持续改进和教学要求，需要明确它们之间的关系。

此外,教学大纲中教学目标缺乏课程思政元素的融入,这显然是跟最新的工程教育认证标准是不相符的。立德树人永远是排在教学的首要位置,《冶金原理》是冶金工程专业中一门非常重要的专业课,在教学中将知识能力和教书育人有机结合也是工程认证和新工科的基本要求。

2 《冶金原理》课程教学形式单一,课程内容缺少与现场工程实践的有效结合,与当前卓越工程师人才培养的目标严重脱钩

《冶金原理课程》主要以教师为中心的讲授方式,课程内容中缺少现场工程实践内容的结合,学生被动地接受知识,课堂枯燥无味,学习气氛沉闷,无法有效引导学生主动思考和讨论的过程,严重制约了学生学习主动性的发挥,影响了整体教学效果。这种教学手段缺乏培养学生工程实践能力有效结合,忽略对学生应用能力的培养。学生学完课程后只是掌握了几个孤立的知识点,不能针对复杂工程问题与同业内同行进行高效交流。上述问题与新工科背景下卓越工程师人才培养的目标严重脱钩。

3 课程考核方式粗犷,缺少过程考核评分标准和课程目标达成度评价

《冶金原理》课程考核方式主要包括了平时作业(28%),期中考试(20%)和期末考试(52%),虽然期中考试和期末考试以试卷的形式有评分标准,但是缺乏对过程性评价平时成绩的考核评分标准和课程目标达成度评价,这显然不符合现代工程教育认证的要求。

3. 教学改革研究与实践

1 优化教学大纲,明确课程教学目标、毕业要求指标点与教学内容的关系,将课程思政深度融入课程教学目标

通过对《冶金原理》教学大纲进行优化,将科学思维方法、精益求精的工匠精神以及工程伦理意识等课程思政元素有效融入了课程的教学目标,本课程目标分为以下3个目标:

目标1:能够利用冶金热力学、冶金动力学、相图、熔体的结构与性质的相关知识和原理,分析冶金生产单元较为复杂的工程问题,并通过热力学和动力学过程的逻辑分析,具备科学思维方法。

目标2:能够分析冶金过程燃料的燃烧、化合物的分解、还原熔炼、氧化熔炼等冶金过程复杂的热力学和动力学问题;并通过冶金理论在冶金实践中的应用,培养学生精益求精的大国工匠精神。

目标3:能够利用所掌握的冶金热力学、冶金动力学、相平衡和冶金熔体相关的基本理论知识,分析冶金过程燃料燃烧、化合物分解、矿物还原、单质氧化、硫化物的火法冶金与氯化冶金、浸出净化和沉积、湿法冶金电解等冶金过程的热力学和动力学问题;能够根据工程需求设计合理的实验方案,并能够分析、阐明方案的合理性。通过冶金基础理论在冶金实践中的应用,培养学生工程伦理意识和精益求精的大国工匠精神。

在课程思政融入案例方面,例如在期中考试中考核热力学吉布斯自由能计算中,需要学生分析冶金工艺 SO_2 的能耗与排放,在计算过程中工程师需平衡效益与环保,强调工程伦理;通过反复校正热力学数据,培养学生具有工匠精神、追求精准与卓越的精神,以此赋能绿色冶金,践行责任担当。

此外,结合冶金工程专业教育认证和人才培养方案对《冶金原理》课程要求,明确了课程目标、毕业要求及其指标点与冶金原理单元内容与评价方式的关系。明确了课程目标、毕业要求及其指标点与冶金原理单元内容与评价方式的关系,见表1。教学内容、教学方式、学习方式和学时、支撑学习目标见表2。

2 强化课堂设计,将理论与实践相结合,优化教学内容,激发学生学习兴趣,提高教学效果

在《冶金原理》课程中,通过加强课程设计,把冶金原理的理论知识点有效融入专业实践过程,从而提高教学质量,激发学生的学习兴趣。例如冶金热力学基础章节中,如何通过计算标准溶解吉布斯自由能应用等温方程解决冶金过程中的热力学问题,可以引入铁矿粉烧结中燃料燃烧 C 与 O_2 反应实例,烧结料中的固体碳在温度达 $700^{\circ}C$ 以上即着火燃烧,发生如下反应:

Table 1. Teaching objectives and corresponding graduation requirement indicators
表 1. 教学目标及对应毕业要求指标点

毕业要求	毕业要求观测点	课程目标	教学单元	评价方式
1. 工程知识：能够将数学、自然科学、工程基础和专业知识用于解决冶金生产、工艺设计过程中的复杂工程问题。	指标点 1.3：能够将工程基础知识、专业知识和数学模型用于分析冶金过程的复杂工程问题，揭示过程机理及关键影响因素，确定过程极限和优化途径。	① 冶金热力学基础 ② 冶金动力学基础		平时作业 期中考核 期末考核
2. 问题分析：能够应用数学、自然科学和冶金学科专业的基本原理，识别、表达、判断冶金生产、设计过程中的复杂工程问题，分析过程影响因素，并通过文献研究分析综合论证获得有效结论。	指标点 2.1：能够运用相关科学原理，对冶金过程复杂工程问题的关键环节进行识别和判断。	① 冶金熔体的相图 ② 冶金熔体的结构与性质	目标 2	平时作业 期中考核 期末考核
3. 研究：能够基于科学原理，选取适宜的实验研究方法，对复杂冶金工程问题进行研究，能够设计相应的研究方案、搭建实验系统，开展实验研究，综合分析实验数据和结果，得出合理有效的结论。	指标点 4.1：能够基于科学原理，通过文献研究或相关方法，调研和分析复杂冶金工程问题，提出解决方案和关键环节。	目标 3	① 化合物的生成 – 分解和燃料的燃烧反应 ② 还原熔炼反应 ③ 氧化熔炼反应 ④ 硫化物的火法冶金和氯化冶金 ⑤ 浸出、净化和沉积 ⑥ 湿法冶金电解过程	平时作业 期末考核

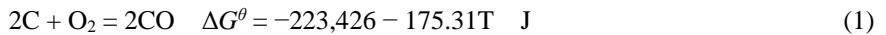
Table 2. Teaching content, teaching methods and supporting course objectives
表 2. 教学内容、教学方式与支撑课程目标

序号	教学单元	教学内容	学习产出要求	学时	教学方式	支撑课程目标
1	冶金热力学基础	① 溶液的活度及活度标准态； ② 活度相互作用系数及应用； ③ 标准溶解吉布斯自由能； ④ 冶金反应的焓变及吉布斯自由能变化。	① 灵活选择活度的标准态； ② 利用活度相互作用系数计算冶金熔体的活度； ③ 计算标准溶解吉布斯自由能； ④ 应用等温方程解决冶金过程中的热力学问题。	10	讲授 讨论	目标 1
2	冶金熔体的相图	① 熔渣的来源、组成及作用； ② 三元系相图的基本知识； ③ 三元系相图的基本类型； ④ 复杂三元系相图的分析； ⑤ 冶金中典型二元相图及三元系相图的应用。	① 描述熔渣的来源与组成； ② 简述三元系相图的基本知识及基本类型； ③ 描述三元系相图的分析方法； ④ 分析复杂的冶金三元系相图； ⑤ 应用相图知识，分析、解决冶炼中的实际问题。	10	讲授 讨论	目标 2
3	冶金熔体的结构与性质	① 金属熔体的结构； ② 熔渣的结构； ③ 冶金熔体的化学性质； ④ 熔渣组元的活度及计算； ⑤ 冶金熔体的物理性质及应用。	① 描述金属熔体的结构； ② 描述熔渣的结构； ③ 分析熔渣的酸 – 碱性、氧化 – 还原性等化学性质； ④ 计算熔渣组元的活度； ⑤ 应用冶金熔体的结构理论和性质分析温度、组成等对冶金熔体性质的影响。	10	讲授 讨论	目标 2

续表

4	冶金 动力学 基础	① 化学反应的速率; ② 扩散传质; ③ 对流传质; ④ 动力学方程建立; ⑤ 气 - 固反应的动力学; ⑥ 液 - 液反应的 ⑦ 动力学。	① 描述化学反应速率; ② 描述扩散过程; ③ 描述对流传质过程; ④ 建立冶金多相反应过程动力学方程; ⑤ 描述气 - 固反应的动力学, 分析该 过程影响因素; ⑥ 描述液 - 液反应的动力学, 分析该 过程影响因素。	12	讲授	目标
					讨论	1
5	化合物 的生成 - 分解 和燃料 的燃烧 反应	① 化合物分解的热力学分析; ② 碳酸盐分解; ③ 铁化物分解; ④ 燃烧反应的热力学及平衡体系 成分的计算。	① 描述碳酸盐、氧化物分解的规律; ② 识别燃烧反应的规律和碳气化反应的 热力学特点; ③ 解释化合物分解的热力学原理和动力 学原理; ④ 计算燃烧体系气相平衡成分。 ① 应用还原反应的热力学分析方法; ② 比较、解释 CO、H ₂ 还原铁氧化物的 热力学和动力学; ③ 解释碳还原铁氧化物热力学和 动力学; ④ 计算熔渣中氧化物的还原; ⑤ 描述金属热还原原理; ⑥ 运用热力学原理、熔体理论分析优化 脱硫热力学和动力学条件。	12	讲授	目标
					案例式3	项目式
6	还原 熔炼 反应	① 还原反应的热力学分析; ② CO 及 H ₂ 还原(铁)氧化物; ③ 碳还原铁氧化物; ④ 熔渣中氧化物的还原; ⑤ 金属热还原反应的热力学; ⑥ 高炉冶炼的脱硫。	① 描述氧化熔炼反应的物理化学 原理; ② 炼钢熔池中元素的选择性 氧化; ③ 脱碳反应; ④ 脱磷、硫反应; ⑤ 脱氧反应; ⑥ 真空冶金。	4	讲授	目标
					案例式3	项目式
7	氧化 熔炼 反应	① 氧化熔炼反应的物理化学 原理; ② 炼钢熔池中元素的选择性 氧化; ③ 脱碳反应; ④ 脱磷、硫反应; ⑤ 脱氧反应; ⑥ 真空冶金。	① 描述氧化熔炼反应的物理化学原理; ② 分析炼钢熔池中元素的选择性氧化 顺序; ③ 分析脱碳反应热力学和动力学; ④ 分析脱磷、硫反应热力学和动力学; ⑤ 分析脱氧反应热力学和动力学; ⑥ 描述真空冶金原理。	6	讲授	目标
					案例式3	项目式
8	硫化物 的火法 冶金与 氯化 冶金	① 硫化反应热力学; ② 造锍热力学; ③ 氯化反应热力学及动力学。	① 描述硫化物冶金和氯化冶金的物理 化学原理; ② 分析硫势图; ③ 分析造锍热力学; ④ 分析氯化反应热力学; ⑤ 分析氯化反应动力学;	6	讲授	目标
					案例式	项目式
9	浸出、 净化和 沉积	① 湿法冶金反应热力学基础; ② 浸出过程、离子沉淀; ③ 金属从水溶液中的沉积。	① 了解湿法冶金优点, 浸出分类; ② 掌握湿法冶金反应的热力学基础; ③ 浸出过程的热力学及动力学分析; ④ 电位-pH图的结构原理。	6	讲授	目标
					案例式3	项目式
10	湿法 冶金 电解 过程	① 电极过程的动力学; ② 阴极过程; ③ 阳极过程; ④ 电解过程槽电压、电流效率和 电能效率。	① 了解电冶金应用范围; ② 掌握电解的基本过程及几个重要 概念; ③ 阴极过程氢离子及杂质金属离子的 放电行为; ④ 电解沉积及电解精炼的基本原理。	4	讲授	目标
					案例式4	项目式

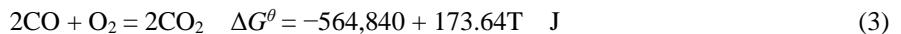
碳的不完全燃烧反应:



碳的完全燃烧反应:



CO 的燃烧反应:



布多尔反应(歧化反应、碳素沉积反应):



结合反应式(1)~(4)以及图 1 可知, 在高温下 CO 稳定, 碳过剩生成 CO, 而低温下 CO_2 稳定, 氧过剩生成 CO_2 , 在实际的烧结过程中, 总体是氧化气氛, 局部存在还原气氛, 所以燃料 C 经过烧结料层燃烧后主要生成 CO_2 为主, 局部有少量的 CO 产生。所以从烧结矿产质量和节约成本的角度, 在烧结过程中, 通过发展反应式(1)碳的完全燃烧反应和反应式(2) CO 的燃烧反应。

通过以上理论分析, 结合实际应用, 具体采取以下措施: 通过降低燃料粒度大小、使原燃料充分混合、偏析布料以及改善料层的透气性, 从而保证燃料充分与 O_2 发生完全燃烧反应, 提高烧结矿强度和还原性, 降低燃料的能耗。通过实例的结合, 将冶金原理中的理论和冶金实践相结合, 让学生感受到冶金原理的理论知识切实能解决冶金中的复杂工程问题, 从而激发了学生的学习兴趣, 大大提高了教学效果。

3 考核方式改革, 细化过程性评分标准以及课程目标达成情况评价

课程考核以考核学生能力培养目标的达成为主要目的, 以检查学生对各知识点的掌握程度和应用能力为重要内容, 包括平时考核和期末考核两个部分。平时考核采用平时作业(占 28%)、期中考试(占 20%)等方式评定学生成绩; 期末考核(占 52%)采用笔试考试评定学生成绩。此外, 明确了课程目标所占成绩评定比例和考查点所支撑的目标, 课程目标 1 所占成绩比例为 30%、目标 2 占 30%, 目标 3 占 40%, 对于期中和期末考核笔试试卷都有详细的评分标准, 细分了平时作业成绩的评分标准, 详见表 3。最后, 还确定了平时作业、期中考核和期末考核所支撑的课程目标、详细的比例以及课程目标达成度评价, 见表 4。

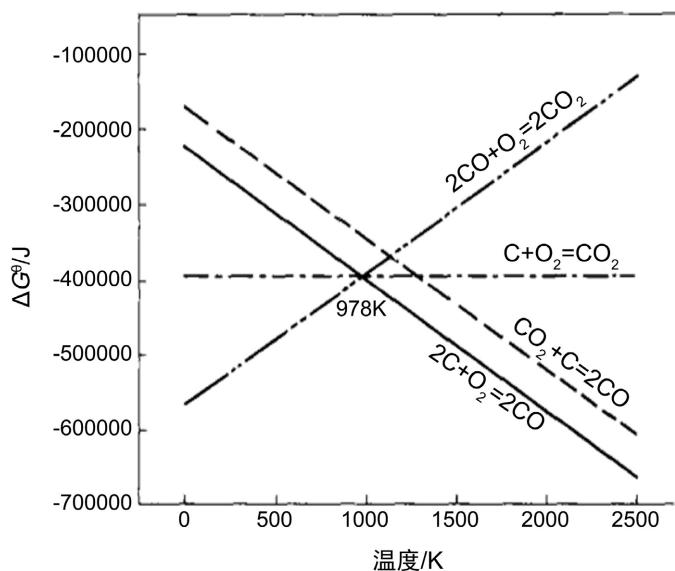


Figure 1. Diagram of the relationship between ΔG^θ of the carbon-oxygen reaction and temperature
图 1. 碳 - 氧反应的 ΔG^θ 与温度的关系图

Table 3. Grading criteria for regular homework grades**表 3. 平时作业成绩评分标准**

对应目标	目标 1	目标 2	目标 3
考查点	具有冶金原理热力学和动力学理论知识，并能对冶金生理论知识，并能较深入地结合冶金过程的单元进行初步理论分析。	具有冶金熔体和组分结构的基本原理和方法分析治性质的基本原理和方法分析。	能够运用冶金原理基础理论知识，较深入地结合冶金体系，分析冶金生产过程较为复杂的热力学和动力学问题。
成绩比例	30%	30%	40%
90%~100%	运用冶金热力学、冶金动力运用相图、冶金熔体结构与金生产单元的能力很强，分分析过程非常规范、完整，计算正确。	运用冶金热力学、冶金动力运用相图、冶金熔体结构与金生产单元的能力很强，分分析过程非常规范、完整，计算正确。	运用冶金原理的基本理论知识和方法分析冶金生产过程的热力学和动力学问题的能力很强，分析过程非常规范、完整，计算正确。
75%~89.9%	运用冶金热力学、冶金动力运用冶金相图、冶金熔体结构与金生产单元的能力较强，分分析过程比较规范、完整，计算正确。	运用冶金热力学、冶金动力运用冶金相图、冶金熔体结构与金生产单元的能力较强，分分析过程比较规范、完整，计算正确。	运用冶金原理的基本理论知识和方法分析冶金生产过程的热力学和动力学问题的能力较强，分析过程比较规范、完整，计算正确。
60%~74.9%	运用冶金热力学、冶金动力运用治相图、冶金熔体结构与金生产单元的能力一般，分析过程规范性、完整性一般，计算基本正确。	运用冶金热力学、冶金动力运用治相图、冶金熔体结构与金生产单元的能力一般，分析过程规范性、完整性一般，计算基本正确。	运用冶金原理的基本理论知识和方法分析冶金生产过程的热力学和动力学问题的能力一般，分析过程规范性、完整性一般，计算基本正确。
0%~59.9%	运用冶金热力学、冶金动力运用相图、冶金熔体结构与金生产单元的能力差，分析过程不规范、不完整，计算错误多。	运用冶金热力学、冶金动力运用相图、冶金熔体结构与金生产单元的能力差，分析过程不规范、不完整，计算错误多。	运用冶金原理的基本理论知识和方法分析冶金生产过程的热力学和动力学问题的能力差，分析过程不规范、不完整，计算错误多。

Table 4. Evaluation form for the achievement of course objectives**表 4. 课程目标达成情况评价表**

对应目标	目标 1	目标 2	目标 3
作业	平时作业 1、4 支持目标 1，共占总评分的 10%。能够进行冶金热力学、冶金动力学计算，视为课程目标达成。	平时作业 2、3 支持目标 2，共占总评分的 10%。能够分析相图与化合物的分解、矿物的还原、单质的氧化和冶金熔体的结构与性质，视为化、硫化物的火法冶金与氯化冶金、浸出净化和沉积、湿法冶金电解等冶金过程，视为课程目标达成。	平时作业 5、6、7、8、9 支持目标 3，共占总评分的 14%。能够分析冶金过程燃料的燃烧和冶金熔体的结构与性质，视为化、硫化物的火法冶金与氯化冶金、浸出净化和沉积、湿法冶金电解等冶金过程，视为课程目标达成。
期中考核	期中考核部分支持目标 1，共占总评分的 10%。能够较为综合地进行冶金热力学和冶金动力学计算，视为课程目标达成。	期中考核部分支持目标 2，共占总评分的 10%。能够较为综合地分析相图和冶金熔体的结构与性质，视为课程目标达成。	期中考核部分支持目标 3，共占总评分的 13%。能够综合分析冶金过程燃料燃烧与化
期末考核	期末考核部分支持目标 1，共占总评分的 13%。能够运用热力学、动力学的知识综合分析计算，视为课程目标达成。	期末考核部分支持目标 2，共占总评分的 13%。能够运用相图和化合物分解、矿物还原、单质氧化、硫化物的熔体的结构与性质的知识进行火法冶金与氯化冶金、浸出净化和沉积、湿综合分析，视为课程目标达成。法冶金电解等冶金过程涉及的物理物理化学的相关问题，视为课程目标达成。	期末考核部分支持目标 3，共占总评分的 25%。能够综合分析冶金过程燃料燃烧与化

4. 结语与展望

根据工程专业认证的标准和重庆科技大学冶金工程专业 2023 级人才培养方案要求, 通过优化《冶金原理》教学大纲, 深度融入课程思政元素, 明确了教学目标、毕业要求指标点、课程内容之间对应支撑关系, 还通过强化课堂设计, 将理论与实践相结合, 激发学生学习兴趣, 细化考核评分标准等环节, 使《冶金原理》课程教学效果显著提高。

在人工智能技术迅速发展的当下, 将 AI 深度融入《冶金原理》课程教学, 并借助信息化评价工具对教学成效进行科学评估, 已成为该课程未来教学改革与实践持续深化的关键方向。

基金项目

重庆科技大学本科教育教学改革研究项目(项目编号: 202515 和 202409); 重庆市高等教育教学改革研究项目(项目编号: 253239 和 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] 袁晓丽, 安娟, 夏文堂, 等. 基于工程教育认证的冶金工程设计课程教学改革[J]. 中国冶金教育, 2019(3): 4-6, 11.
- [2] 李小明, 施瑞盟, 邹冲, 等. 基于毕业要求的冶金工程专业课程体系优化[J]. 中国冶金教育, 2017(1): 78-81.
- [3] 崔雅茹, 施瑞盟, 张朝晖, 等. 冶金工程专业工程教育认证毕业要求的解读及达成度评价[J]. 中国冶金教育, 2017(3): 109-112.
- [4] 黄青云, 袁晓丽, 安娟, 等. 基于工程教育认证的冶金工程专业毕业论文(设计)教学改革研究与实践[J]. 科教导刊(电子版), 2020(11): 7-9.
- [5] 黄青云, 袁晓丽, 向俊一, 等. 基于工程教育认证的《冶金原理实验》课程教学改革[J]. 职业教育发展, 2024, 13(6): 1969-1974.
- [6] 张生芹, 邓能运, 黄青云, 等. 冶金原理实验教学创新能力培养[J]. 中国冶金教育, 2017(4): 61-62.
- [7] 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(31): 112-113.