Creative Education Studies 创新教育研究, 2026, 14(11), 53-60
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ces
https://doi.org/10.12677/ces.2026.1411862

Hans汉斯

以赛促学模式下“材料成形与加工实验”课程项目化教学改革与实践

唐　鑫

桂林理工大学材料科学与工程学院，广西　桂林

收稿日期：2026年9月16日；录用日期：2026年10月29日；发布日期：2026年11月9日

摘　要

针对传统“材料成形与加工实验”课程验证性实验占比高、实验环节相互割裂、学生学习积极性不足等问题，课程团队立足新工科建设与工程教育认证对人才培养的要求，将“以赛促学”理念引入实验教学，重构了“基础技能训练 + 综合性竞赛项目”的课程体系，设计了以铝合金“成分自主设计－熔炼铸造－热处理－轧制成形－力学性能对比”全流程竞赛项目为核心的实验内容，面向全体学生实施项目化教学改革，并建立了“过程性评价 + 成果性评价”相结合的多元评价体系，实行以赛代考。实践表明，改革有效激发了学生的学习主动性与工程实践兴趣，学生能力自评明显提升，课内外“以赛促学”氛围初步形成，学院学生在金相技能大赛等学科竞赛中持续取得佳绩。该改革为工科实验课程的竞赛化、项目化转型提供了可借鉴的实践路径。

关键词

以赛促学，材料成形与加工实验，项目化教学，铝合金，教学改革

Teaching Reform and Practice of the Project-Based “Materials Forming and Processing Experiment” Course under the Mode of Competition-Driven Learning

Xin Tang

College of Materials Science and Engineering, Guilin University of Technology, Guilin Guangxi

Received: September 16, 2026; accepted: October 29, 2026; published: November 9, 2026

文章引用: 唐鑫. 以赛促学模式下“材料成形与加工实验”课程项目化教学改革与实践[J]. 创新教育研究, 2026, 14(11): 53-60. DOI: 10.12677/ces.2026.1411862

Abstract

This electronic document defines the standard format of the Chinese academic journals published the traditional "Materials Forming and Processing Experiment" course has several problems. Verification experiments dominate the course. Experiment links are disconnected. Students lack motivation. To address these problems, the course team introduced the concept of "promoting learning through competition" into experimental teaching. The reform follows the requirements of emerging engineering education and engineering education accreditation. A two-tier course system was reconstructed. It consists of "basic skill training + comprehensive competition project". The core project is an all-process competition for aluminum alloys: composition design, melting and casting, heat treatment, rolling, and mechanical property comparison. The project-based teaching reform covers all students. A diversified evaluation system was also established. It combines process and outcome assessment. The traditional final examination was replaced by the competition. Practice shows that the reform has stimulated students' learning initiative and interest in engineering practice. Students' self-evaluated abilities have improved significantly. A "promoting learning through competition" atmosphere has formed both in and out of class. Students at the college have continued to achieve excellent results in discipline competitions such as the National Metallographic Skills Competition. This reform provides a practical reference for the competition-oriented and project-based transformation of engineering experiment courses.

Keywords

Promoting Learning through Competition, Materials Forming and Processing Experiment, Project-Based Teaching, Aluminum Alloy, Teaching Reform

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

1.1. 传统实验教学的主要问题

“材料成形与加工实验”是材料成型及控制工程专业的核心实践课程，涵盖熔炼铸造、热处理、轧制成形与力学性能测试等实验环节。长期以来沿袭以验证性实验为主的教学模式，暴露出三方面问题。

其一，实验内容以验证性为主，学生“照方抓药”。指导书预先给出完整的工艺参数与操作步骤，学生只需复现已知结果，几乎不涉及方案设计等工程思维活动。相关研究指出，传统工科专业实验教学存在内容陈旧、验证性实验占比过高的问题，难以适应新工科背景下的人才培养需求[1]；确立综合性、设计性实验的主体地位，使验证性实验仅作为技能训练的基础层次，已成为实验教学改革的共识[2]。就本课程而言，原有熔炼、热处理、轧制、拉伸等实验项目彼此独立、各自验证单一知识点，学生难以建立“成分－工艺－组织－性能”的系统关联。

其二，实验环节相互割裂，缺乏工程全流程体验。若将材料成形工艺链拆分为孤立单项实验，学生便无法体会上下游工序的制约关系——铸造缺陷如何遗传至后续轧制、热处理制度如何决定最终性能。针对金属成形类实验的改革实践表明，割裂的单项实验难以支撑学生解决复杂工程问题能力的培养，应将产品设计、工艺设计、加工制造与质量检验贯通于同一实验项目之中[3]。本课程同样存在这一局限：学生完成了全部单项实验，却从未完整经历“从成分设计到性能评价”的全流程。

其三，实验结果预先可知、难度缺乏梯度，学生积极性不高。当实验结果在课前即已确定，实验过程退化为机械操作，学生缺少挑战感与获得感。已有研究表明，引入竞赛机制能有效调动学生参与实验教学：以学科竞赛为抓手推动实验教学改革的实践，在教学内容、学生选拔、考核形式等多个层面取得了成效[4]；“以赛促学”实验教学模式的探索亦表明，竞赛式任务有助于加深理论理解、锻炼动手能力[5]。反观传统课堂，缺少目标牵引与竞争机制，学生普遍存在应付心理，报告质量不高，学时投入与教学效果不匹配。

1.2. 改革背景与依据

课程改革是对新工科建设与工程教育认证要求的主动回应。2017 年以来，教育部积极推进新工科建设，明确提出主动适应和引领新经济、推动现有工科专业改革创新，培养具有创新创业能力的工程科技人才[6]。材料成型及控制工程作为典型传统工科专业，其实践教学必须跟上这一转型步伐。与此同时，我国于 2016 年正式成为《华盛顿协议》缔约成员，工程教育认证对学生解决复杂工程问题的能力提出明确要求。根据《华盛顿协议》的相关界定，复杂工程问题往往缺乏明显解决方案，需创造性地综合运用工程原理，这一能力的培养必须落实到综合实验、课程设计等教学环节[7]。原有验证性实验体系显然难以承担这一任务在此背景下，“以赛促学、以赛促教”理念为实验教学改革提供了可行路径。已有教学实践在实验课程中引入“以赛促学”成果展示途径，有效促进了学科交叉融合与学生实践能力培养[8]。然而现有“以赛促学”实践多集中于选拔少数优秀学生参加学科竞赛，竞赛资源难以覆盖全体学生，面向课堂全员参与的竞赛式教学改革仍较为少见。

从国际研究脉络看，项目式学习与基于问题的学习已在工程教育中获得大量实证支持，真实开放的任务情境能够维持学生的探究投入并促进深层学习[9] [10]；实验教学作为工程教育的核心环节，其教育功能与改革方向已得到系统论述[11]。然而，既有“以赛促学”研究多聚焦课外选拔性竞赛，面向全体学生、以完整工艺链为载体的课堂内竞赛化实验教学仍鲜有报道，这也是本研究的切入点。

针对上述问题，本课程团队立足课程特点，提出以铝合金“成分自主设计－熔炼铸造－热处理－轧制成形－力学性能对比”全流程竞赛项目为载体，将竞赛机制嵌入课堂教学，面向全体学生实施项目化教学改革，推动课程由验证性实验向设计性、综合性实验转型。

2. 改革总体思路与课程重构

2.1. 改革目标

课程改革围绕知识、能力、素养三个维度展开。知识目标上，要求学生贯通理解合金成分设计、凝固成形、热处理、塑性成形与力学性能之间的内在联系，能够运用相图与热力学知识解释“成分－工艺－组织－性能”的演变规律，改变以往各知识点孤立记忆、互不关联的状况。能力目标上，对标工程教育认证中“解决复杂工程问题”的毕业要求[7]，重点培养文献查阅、方案设计、动手操作、数据处理与团队协作五类能力，使学生能够针对一个开放性的性能目标，独立完成实验方案设计并组织实施。素养目标上，通过全流程真实工艺操作强化工程规范意识与安全成本意识，通过自主设计环节激发创新意识，养成严谨求实的工程习惯，为后续毕业设计及企业实践奠定基础。

2.2. 课程体系重构

按照层次递进的原则，将课程由单一的验证性体系重构为“基础技能训练 + 综合性竞赛项目”两层结构[2]。基础技能训练层保留必要的单项技能实验，如熔炼安全操作训练、金相制样与显微组织观察等，为竞赛项目提供操作基础；同时大幅压缩内容重复、结果已知的验证性实验，将节省的课时并入竞赛项

目。综合性竞赛项目层为课程主体，即面向全体学生开设的“铝合金成分自主设计全流程竞赛”：各组在给定合金体系范围内自主设计成分，依次完成熔炼铸造、热处理、轧制成形与力学性能测试，以性能指标进行组间评比。该项目任务设定是开放性的——不给定工艺参数、不预设唯一答案，各环节参数均由学生自主决策，使“成分–工艺–组织–性能”的完整工程链条在一个项目中得到真实再现。由此，课程形成了“以基础训练保底线、以竞赛项目促发展”的教学格局，为后文竞赛项目的具体设计与实施奠定基础。

3. “以赛促学”竞赛项目教学设计

3.1. 项目任务与分组

竞赛项目采取“任务开放、结果竞争”的组织方式。本课程 50 名学生按 5 人一组分为 10 组，各组在 Al-Si、Al-Cu、Al-Mg、Al-Zn-Mg-Cu 四个合金体系范围内自主选题，同一体系安排 2~3 组以保证组间可比；每组设组长一名，组内按工序分工并定期轮换。项目设定统一性能底线(如抗拉强度不低于 300 MPa、延伸率不低于 6%)，未达标组须在报告中深入分析原因，避免片面追求强度而牺牲塑性。选题与分组设计见表 1。

Table 1. Topic selection and group assignment of the competition project
表 1. 竞赛项目选题与分组设计

组号	合金体系	参考牌号方向	成分设计任务
1~3	Al-Si 系	ZL101A、ADC12	Si 含量与变质处理对铸造性能及力学性能的影响
4~5	Al-Cu 系	2A12、2A14	Cu、Mg 含量设计及固溶–时效强化效果
6~7	Al-Mg 系	5A06、5083	Mg 含量设计及固溶强化与加工硬化规律
8~10	Al-Zn-Mg-Cu 系	7075、7A04	Zn/Mg/Cu 配比设计及时效制度优化

3.2. 全流程工艺链设计

竞赛项目按照“成分设计→熔炼铸造→热处理→轧制成形→性能测试→综合分析”的真实生产流程组织为六个环节，各环节工艺参数均由学生自主决策。其中热处理环节工艺窗口最宽，是各组性能拉开差距的主要来源，鼓励学生在固溶温度、时效制度上开展差异化设计。学生须通过前期熔炼安全操作训练考核后方可进入项目操作环节。各环节任务与课时安排见表 2。

Table 2. Process stages and class-hour arrangement of the competition project
表 2. 竞赛项目工艺环节与课时安排

环节	任务内容	学生自主决策要点	学时
成分设计与相图分析	查阅相图、热力学计算、制定配料方案	合金元素种类与含量	2
熔炼与铸造	配料、熔炼、精炼、浇注	熔炼温度、精炼变质工艺	4
热处理	均匀化、固溶、时效	固溶温度/时间、时效温度/时间	2
轧制成形	铣面、轧制	轧制道次、每道次变形量	2
性能测试与组织表征	拉伸、硬度测试、金相观察	试样取样与测试方案	2
综合分析报告	数据处理、规律分析、撰写报告	成分–工艺–组织–性能关联分析	4
合计	—	—	16

3.3. 公式竞赛规则与过程管理

竞赛过程设置方案答辩、中期检查、性能对比、成果汇报四个考核节点。方案答辩重点审查成分设计依据与工艺方案可行性；中期检查记录各组成分实测值与铸造缺陷情况，作为过程考核依据；性能对比以各组抗拉强度、延伸率、硬度的归一化加权得分(权重分别为 0.5、0.3、0.2)进行组间公开排名并即时公示，营造竞争氛围；成果汇报采用组间互评与教师评审相结合的方式。竞赛评分标准见表 3，竞赛成绩与课程总成绩的关联方式将在第 4 章阐述。

Table 3. Scoring criteria of the competition project
表 3. 竞赛项目评分标准

考核项目	权重/%	考核要点
方案设计答辩	20	成分设计依据充分性、工艺方案可行性
过程操作考核	25	操作规范性、安全记录、团队协作、数据记录
力学性能排名	30	强度、延伸率、硬度归一化加权得分排名
综合分析报告与答辩	25	成分－工艺－组织－性能关联分析的深度与逻辑性

4. 评价体系改革

传统课程成绩以实验报告为主，形式单一，难以反映学生的真实能力与过程投入。改革后，课程建立“过程性评价 + 成果性评价”相结合的多元评价体系，与竞赛环节一一对应，并取消期末实验考试，实行“以赛代考”。

4.1. 过程性评价

对应竞赛项目的方案设计答辩与过程操作考核(见表 3，权重合计 45%)，竞赛项目评价量规见表 4，重点考察方案设计质量、操作规范性、安全记录与数据记录真实性、团队协作贡献度。其中团队协作贡献度采用组内匿名互评方式评定，以抑制“搭便车”现象；操作过程实行安全一票否决制，出现违规操作即取消该组评优资格。

Table 4. Assessment rubric of the competition project (Rubric)
表 4. 竞赛项目评价量规(Rubric)

评价项	优秀(90~100 分)	良好(80~89 分)	合格(60~79 分)	不合格(<60 分)
方案设计答辩	成分设计依据充分，相图与热力学分析正确，工艺方案完整可行，答辩逻辑清晰	设计依据较充分，工艺方案基本可行，表述清楚	方案基本完整，但参数选择缺乏论证	方案不完整或存在明显错误
过程操作考核	操作规范，安全记录完整，分工合理，数据记录及时准确	操作基本规范，记录完整	存在少量不规范操作或记录缺失	出现安全违规或数据不实
综合分析报告与答辩	“成分－工艺－组织－性能”关联分析深入，图表规范，回答问题准确	关联分析较清楚，报告较规范	报告完整，但机理分析浮于表面	报告残缺或数据不实

注：力学性能排名按归一化加权得分客观计算，不设量规。

4.2. 成果性评价

对应力学性能排名与综合分析报告答辩(见表 3，权重合计 55%)。性能排名按强度、延伸率、硬度归一化加权得分在同体系组内比较，兼顾不同合金体系之间的公平性；报告答辩重点考察学生能否建立“成分－工艺－组织－性能”之间的逻辑关联，避免以单纯“晒性能”替代机理分析。

4.3. 课程成绩构成

课程总成绩由基础技能训练与安全考核(20%)和竞赛项目综合成绩(80%)两部分构成，以竞赛成绩作为终结性评价，实现“以赛代考”。由此，过程性评价在课程总成绩中合计占比约 56%，成果性评价占比约 44%，体现了实验课程“重过程、重平时”的评价导向，使评价环节与“以赛促学”的教学逻辑形成闭环。

5. 实施效果与分析

5.1. 学科竞赛成效

课程改革将竞赛机制引入课堂，基础技能训练层的金相制样与操作规范训练同课外学科竞赛形成衔接，营造了“以赛促学”的良好氛围。以全国大学生金相技能大赛为例，学院金属材料工程专业学生近年来屡获佳绩：2024 年第十三届大赛获一等奖 1 项、二等奖 2 项及团体三等奖[12]；2021 年第十届大赛获一、二、三等奖各 1 项及团体三等奖[13]；第六届大赛亦获一、二、三等奖各 1 项[14]。指导教师王春霞、唐鑫、陈南春等多次获评“优秀指导教师”。学科竞赛成绩是课内外多种因素共同作用的结果，但竞赛与课内实验教学在“练好基本功、以赛促学”上同向发力，课内全员化的竞赛式训练为课外拔尖培养提供了稳定的生源基础，形成了“课堂筑基、赛场拔尖”的良性循环。

5.2. 问卷调查与分析

课程结束后，课程组采用自编问卷对全班 50 名学生进行匿名调查，回收有效问卷 50 份，回收率 100%。问卷从学习兴趣、自主学习、工程实践、团队协作、解决问题五个维度，考察学生对自身能力在课程前后变化的评价，结果如图 1 所示。

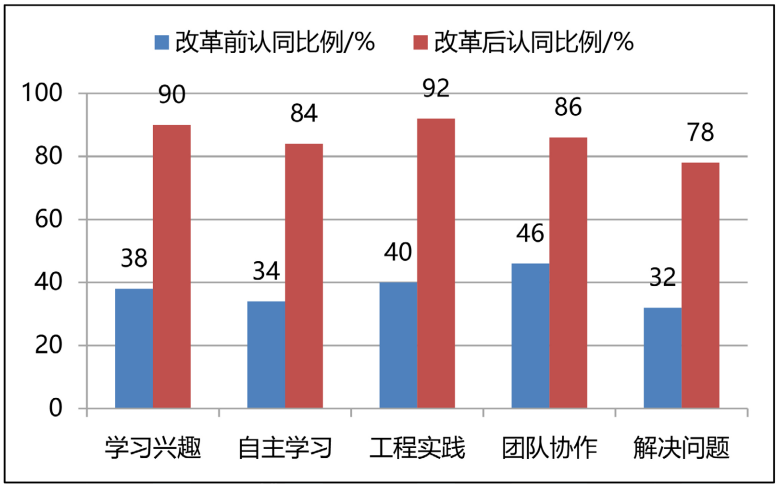


Figure 1. Comparison of students' self-evaluated abilities before and after the course reform
图 1. 课程改革前后学生能力自评对比

由图 1 可见，五个维度“明显提升”的认同比例均由改革前的 32%~46%上升至 78%~92%。其中工程实践与动手能力提升幅度最大，由 40%→92%，表明全流程真实工艺操作对学生动手能力的促进作用最为直接；分析解决问题能力的提升幅度同样显著，由 32%→78%，但改革后的认同比例在五个维度中相对最低，提示开放性问题训练仍有加强空间。在对课程改革的总体评价中，94%的学生表示“满意”或“很满意”，满意度分布如图 2 所示。

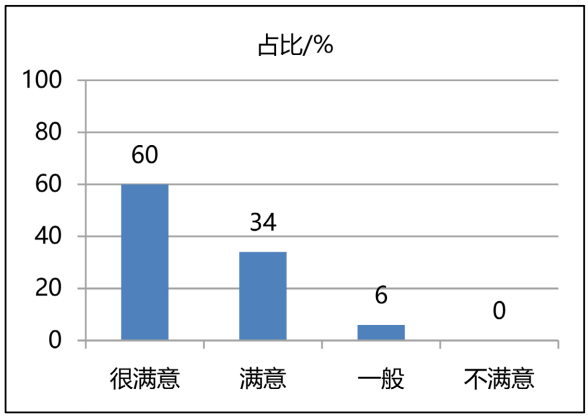


Figure 2. Distribution of students’ overall satisfaction with the course reform
图 2. 课程改革总体满意度分布

此外，96%的学生认为竞赛式项目比传统验证性实验更能激发学习兴趣，88%的学生表示愿意继续参加学科竞赛或选择与本课程相关的毕业设计题目。在开放性意见中，多数学生提到“性能 PK”环节带来的压力与成就感并存，是促使组内成员主动查阅文献、反复优化工艺参数的主要动力。上述结果表明，“以赛促学”项目化教学改革有效提升了学生的学习投入度与工程实践能力，改革目标基本达成。

上述成效与相关教育心理学理论高度吻合。竞赛通过“明确目标 + 即时反馈”双路径激发动机：明确的性能目标维持了任务投入，性能 PK 的即时排名促使学生分析差距、修订方案并反复尝试，外部竞争激励逐步内化为内部动机。工程实践提升幅度最大，印证了项目式学习研究中真实任务情境促进深层学习的结论；团队协作提升源于组内分工形成的积极互依。解决问题维度相对偏低，提示目标分解与反馈及时性仍需加强。此外，同体系组内排名与较高过程性评价权重亦缓冲了竞争的动机损害风险。

6. 存在的问题与改进方向

经过完整实施，课程改革仍暴露出一些有待解决的问题，主要体现在三个方面。其一，设备台套数与课时制约明显。竞赛项目共安排 16 学时，而熔炼炉、轧机等关键设备台套数有限，10 个小组需排队轮换使用，部分小组等待时间较长、进度不均，个别组被迫压缩热处理等环节的工艺探索空间。后续拟通过错峰开放实验室、增设预约时段加以缓解。其二，安全风险与运行成本上升。铝合金熔炼涉及高温操作，50 名学生分批作业对指导教师配比与安全管控提出了更高要求；与传统验证性实验相比，竞赛项目的原材料、坩埚及辅料消耗明显增加。今后将进一步完善安全准入培训与耗材核算制度，并引入 ProCAST 凝固模拟、Deform 轧制模拟等虚拟仿真手段，让学生在数字环境中先行优化工艺方案，减少实物试错次数，同步缓解设备压力与材料消耗。其三，小组评价的公平性仍显不足。尽管采用组内匿名互评抑制“搭便车”现象，但互评易受人情因素影响，个别贡献度较低的学生仍可能获得偏高的过程分数。后续将引入过程留痕机制(操作日志、方案迭代记录)，并尝试跨组双盲互评，提升过程性评价的客观性。此外，竞

赛项目的合金体系与工艺参数空间还可进一步拓展，并将加强与毕业设计、大学生创新创业项目的衔接，推动课内竞赛成果向课外研究延伸。其四，成效评价的客观性有待增强。当前成效证据以学生自评与过程观察为主，后续将设计与课程目标对应的知识与技能前测、后测，考查学生在相图运用、热处理工艺设计、轧制参数计算等核心能力上的学习增量；对实验报告与设计方案实施基于统一量规的盲审评分，控制评分者偏差；在条件允许时，选取平行教学班开展准实验对照研究，以增强结论的因果推断力。

7. 结语

针对传统“材料成形与加工实验”课程验证性实验占比高、环节割裂、学生积极性不足等问题，本课程以“以赛促学”理念为导向，将竞赛机制嵌入课堂教学，构建了以铝合金“成分自主设计–熔炼铸造–热处理–轧制成形–力学性能对比”全流程竞赛项目为核心的课程体系，并配套建立“过程性 + 成果性”多元评价体系。实施结果表明，学生的工程实践能力、学习主动性与团队协作能力均有显著提升，课内外“以赛促学”氛围初步形成，学院学生在金相技能大赛等学科竞赛中的表现持续向好。下一步将继续完善设备保障、虚拟仿真支撑与评价机制，推动课程改革走深走实，为同类工科实验课程的竞赛化、项目化改革提供参考。

参考文献

[1] 董桂伟, 赵国群, 宋立彬, 等. “新工科”建设背景下传统工科专业实验教学改革探索——以材料成型及控制工程专业为例[J]. 教育教学论坛, 2020(9): 125-126.

[2] 董桂伟, 赵国群, 王桂龙, 等. 面向新工科的层次化实验教学体系设计与实践[J]. 实验科学与技术, 2020, 18(3): 55-58, 74.

[3] 郑超, 李亨, 赵新海, 等. 基于工程能力全过程培养的锻造成形综合实验设计与实践[J]. 实验科学与技术, 2021, 19(1): 59-64, 86.

[4] 王晓岗, 虞大红, 许新华, 等. 以学科竞赛为抓手 推动化学实验教学改革[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(10): 192-195.

[5] 吴淮, 吉家成, 米源. “以赛促学”的实验教学模式探索与设计[J]. 实验科学与技术, 2019, 17(2): 86-88.

[6] 吴爱华, 侯永峰, 杨秋波, 等. 加快发展和建设新工科 主动适应和引领新经济[J]. 高等工程教育研究, 2017(1): 1-9.

[7] 林健. 如何理解和解决复杂工程问题——基于《华盛顿协议》的界定和要求[J]. 高等工程教育研究, 2016(5): 17-26, 38.

[8] 常鸣, 雷纯, 蔡国军, 等. 基于教实结合的泥石流实验教学改革模式探讨[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(5): 153-155, 168.

[9] Blumenfeld, P.C., Soloway, E., Marx, R.W., Krajcik, J.S., Guzdial, M. and Palincsar, A. (1991) Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. *Educational Psychologist*, **26**, 369-398. https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139

[10] Hmelo-Silver, C.E. (2004) Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, **16**, 235-266. https://doi.org/10.1023/b:edpr.0000034022.16470.f3

[11] Feisel, L.D. and Rosa, A.J. (2005) The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, **94**, 121-130. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00833.x

[12] 桂林理工大学材料科学与工程学院. 我院学子在第十三届全国大学生金相技能大赛取得佳绩[EB/OL]. https://mse.glut.edu.cn/info/1011/8029.htm, 2024-07-31.

[13] 桂林理工大学. 我校学子在 2021 年第十届全国大学生金相技能大赛中再创佳绩[EB/OL]. https://glut.edu.cn/info/1076/5730.htm, 2021-11-26.

[14] 桂林理工大学. 我校学子在第六届全国大学生金相技能大赛中喜获佳绩[EB/OL] https://glut.edu.cn/info/1076/6658.htm, 2017-12-05.