

基于失效分析大赛探索创新人才培养

吴 腾¹, 黄 峰¹, 张 华², 胡 骞¹, 张施琦¹

¹武汉科技大学材料科学与工程学院, 湖北 武汉

²武汉科技大学冶金与能源学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2026年7月11日; 录用日期: 2026年8月14日; 发布日期: 2026年8月21日

摘 要

目前失效分析实验课程以演示验证为主, 理论学习和实践工程结合不够紧密, 不利于学生解决复杂工程问题能力的提高。依托武汉科技大学金属材料工程专业的建设任务, 以创新人才培养为目标, 从搭建创新实践平台、优化创新实践内容、构筑创新实践体系等方面进行了探索, 也对教师创新能力提出了要求。实践表明, 基于失效分析大赛的教学改革, 有利于激发学生学习兴趣和提高学生的实践动手能力, 有利于培养出高素质创新人才。

关键词

失效分析大赛, 人才培养, 创新能力, 教学改革

Exploring Innovative Talent Cultivation Based on Failure Analysis Competition

Teng Wu¹, Feng Huang¹, Hua Zhang², Qian Hu¹, Shiqi Zhang¹

¹School of Materials Science and Engineering, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan Hubei

²School of Metallurgy and Energy, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan Hubei

Received: July 11, 2026; accepted: August 14, 2026; published: August 21, 2026

Abstract

At present, Currently, the failure analysis experiment course primarily focuses on demonstration and verification, with insufficient integration between theoretical learning and practical engineering. This approach is not conducive to enhancing students' ability to solve complex engineering problems. Relying on the construction task of the metal materials engineering major at Wuhan University of Technology, aim at cultivating innovative talents, the exploration is carried out from the aspects of building an innovative practice platform, optimizing innovative practice content, and

constructing an innovative practice system, and also puts forward requirements for teachers' innovation ability. Practice shows that teaching reform based on the failure analysis competition is conducive to stimulating students' interest in learning and enhancing their practical abilities, and it is beneficial for cultivating high-quality innovative talents.

Keywords

Failure Analysis Competition, Talent Cultivation, Innovation Capability, 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

失效分析实验技术是对失效产品寻找失效原因和预防措施进行的技术活动，是一门解决材料、工程结构、系统组元等质量问题的工程学。失效分析既可以促进相关科学技术进步，还可以提高构件的质量及其装备运行安全、寿命和效率。找出失效原因并采取预防措施，可以避免事故和损失，有显著的经济效益和社会效益[1]。随着国家对经济高质量发展和产品加快升级换代的内在要求，需要对产品的服役环境和使用状态把牢质量关，失效分析实验技术能力的提高正在为创新人才培养发挥重要作用。而高校作为原始创新的主要来源，其创新人才培养的探索是深化教育改革和推进“双一流”建设的有力抓手，还是高校在新时代回答好“怎样培养人”的应有之义[2]。

为适应国家的制造强国和创新驱动发展战略，鼓励学生参与失效分析工作并择优参加竞赛，可将所学的理论和培养的专业素养得到实际应用，从而在实践中提升创新思维能力，在交流中提高批判质疑能力，在比赛中增强团队协作能力。基于成果导向教育(Outcome-Based Education, 简称 OBE)理念以学生中心、以成果为导向、持续改进，而学科竞赛既可以拓展知识，还可以培养学生创新思维与实践能力的融合，切实践行“以赛促学、以赛促创、以赛育人”的教育理念。中国机械工程学会主办了中国大学生机械工程创新创业大赛-失效分析赛，比赛共有三个竞赛方向：“创新赛”、“创意赛”以及“能力赛”，分别要求参赛者使用从未公开发表过的失效分析案例作为参赛作品、参赛者参照他人公开发表的失效分析案例作为参赛作品和比赛组委会提供失效分析案例作为参赛作品。大赛旨在践行产教融合的“新工科”育人模式，为国家培养有理想、有担当、有责任、有能力的高素质创新人才。

武汉科技大学是以工为主以钢铁冶金为特色的高校，其材料科学与工程、冶金与矿业工程等学科均入选湖北省“国内一流学科”建设学科，而我国钢铁采矿等金属材料产业正处于低碳化和高端化转型的关键时期，金属材料工程专业也需要培养适应社会经济发展的高素质创新人才。我校积极参加失效分析大赛等学科竞赛，发挥学科特色和优势，总结比赛经验，结合失效分析实验技术的特点和教学现状进行教学改革，对大学生创新能力的培养具有重要意义。

2. 失效分析课程的特点及教学现状

失效分析大赛主要针对高年级本科生，需要学生在学习了《材料研究方法》《金属材料学》《材料力学性能》《腐蚀与防护》等失效分析相关理论课程后，再进一步系统学习《金属材料失效分析》课程，并且配套了 6 个实验内容：常见热处理显微缺陷及渗层组织的观察与测量、X 射线衍射的物质相分析、扫描电镜断口形貌与能谱仪分析钢中夹杂物、材料的硬度测试、常用合金钢的显微组织观察和分析、利用

塔菲尔曲线测量金属的腐蚀速率。由于失效分析实验课程涉及较多的理论课程和实验项目,而且有很多微观组织形貌的观察和分析,学生学习积极性不高,各分析手段相互独立,难以形成完整的实验分析体系,不利于学生的创新能力和综合分析能力的提高。在教学过程中,由于扫描电镜和X射线衍射仪等贵重设备台套数有限,以演示验证为主,学生不能进行完整的操作,主要讲解设备的工作原理、构造和操作过程,缺乏设备在实践过程中的应用案例与应用场景介绍,导致理论学习和实践工程结合不够紧密,不利于学生解决复杂工程问题能力的提高。

传统教学偏向于培养“学术性人才”,学生在毕业后的工作中面对具体问题容易停留在理论分析上,不利于学生的职业发展[3]。因此,以失效分析大赛为契机,结合学科特色与经济发展需求,将科研项目中的研究论文或者科研成果走进课堂,用实际遇到的工程项目问题充实教学过程,可有效激发学生的学习兴趣和提高教学质量。通过理论与实践结合,也有利于学生夯实金属材料工程及其科学领域的专业知识,培养出能够在材料、汽车和新能源等行业从事科学研究、产品开发、质量检测和工艺设计等工作的创新应用人才。

3. 创新人才培养的探索与实践

3.1. 搭建创新实践平台

在知识生产模式转型和人才培养跨学科转向背景下,以学科群为代表的具有推动学科互动、融合优势的新型组织方式和实践平台成为科学研究和创新人才培养的重要载体。我校金属材料工程专业学生依托湖北省材料学实验教学示范中心和耐火材料全国重点实验室进行实验教学,也联合武汉科技大学分析与测试中心、高性能钢铁材料及其应用省部共建协同创新中心、钢铁冶金及资源利用省部共建教育部重点实验室和高温材料与炉衬技术国家地方联合工程研究中心搭建创新实践平台为学生进行创新实验提供支撑。将这些实践平台纳入教学预约系统,学生可以根据课程和项目需要进行预约。这些实践平台可以根据材料的微观组织观察、力学性能测试、物理性能测试、热处理和环境腐蚀等金属材料工程专业领域,形成材料的成分设计、工艺优化、组织表征和性能测试的一体化实践平台搭建,为学生进行创新实验活动和探索提供了设备支持。例如,在讲授失效分析理论课时,某汽车转向直拉杆技术要求材料是35钢,要求服役20万公里,实际运行不到5000公里就发生断裂失效。为找出失效原因,先进行金相组织观察,其实际组织中珠光体体积分数较少,因此可以认为实际碳含量低于材料标示的35钢,这可能是导致材料强度不够的主要原因,另外进行显微硬度的测试发现,其硬度值低于正常的35钢的数值,可认为材料的碳含量不够,通过体式显微镜观察到样品表面存在裂纹,应该是冷加工过程中产生的,这种原始裂纹极易产生疲劳断裂。因此,该失效分析涉及金相观察、硬度测试和体式显微镜观察,该创新实践平台可为失效分析活动提供有力支持。

我校金属材料工程专业在现有教学科研平台的基础上,与湖北省海洋工程材料及服役安全工程技术研究中心、宝武集团、武汉材料保护研究所、武汉四高祥联轧制设备有限公司等企业与科研院所共建实习基地,为学生开展失效分析创新实验提供便利,也有利于深化产学研合作进行科研成果转化。我校还同华中科技大学、武汉大学和武汉理工大学等高校实现了大型设备共享,为失效分析实验中遇到难点问题提供帮助。这些创新实践平台的开放与搭建,为学生敢于挑战和寻找失效原因进行大胆探索,有利于学生的个性发展和创新能力提高。

3.2. 优化创新实践内容

创新人才培养需要关注创新人才对经济发展和社会生产产生的贡献和影响,这要求教师引导学生注重理论应用和加强多学科交叉思维培养,教学改革也应该对课程内容、教学方法和教学理念进行更新和

提升, 优化创新实践内容是深化教学改革和创新人才培养的必然要求[4]。金属材料工程专业的培养目标是学生经过大学期间学习, 可以在材料的成分设计、工艺控制、组织分析、性能测试和服役评价等方面具备解决复杂工程问题的能力, 优化创新实践内容有利于提高这种能力。在常用合金钢的显微组织观察和分析实验课程讲授中, 教师可以将某钢铁企业送来的样品引导学生进行失效分析, 让学生根据所学的理论课程和实践技能找出失效原因。

学生首先用体式显微镜对断口位置和形貌进行观察, 如图 1 所示, 发现裂纹在板厚中间位置附近形成和扩展。由于裂纹形成位置不一样, 根据材料力学性能理论课所学应该是不同位置承受的塑性变形能力不一样, 会有不同区域的硬度存在差异, 接着采用显微硬度计沿厚度方向进行硬度测试, 由硬度测试结果(如图 2)知: 试验钢表层硬度分布均匀, 中间位置和次表层硬度波动较大, 整体硬度偏低。根据体式显微镜观察和硬度测试可以判断出样品失效是由于中间位置硬度偏低引起的, 如果浅尝辄止难以提高学生的创新能力, 可进一步引导学生找出硬度偏低的内在原因。有的学生将样品制成金相样品, 其显微组织图如图 3 所示, 其中间位置的马氏体粗大, 承受疲劳载荷的能力弱, 易造成开裂失效。这与硬度试验得到的结果相符。最后, 可以基于失效分析大赛的考核要求对学生失效分析方法的合理性以及改进措施情况作为评价依据。因此, 学生通过科研项目与创新实验结合可以提高其分析问题和解决问题的能力。

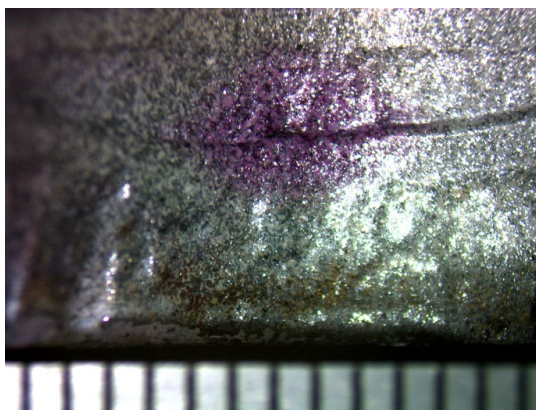


Figure 1. Fracture morphology image under stereomicroscope
图 1. 体式显微镜下断口形貌图

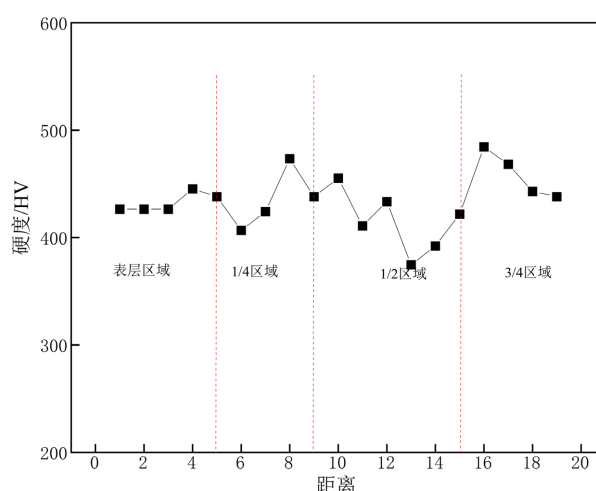


Figure 2. Hardness test results of failed samples
图 2. 失效样品的硬度测试结果

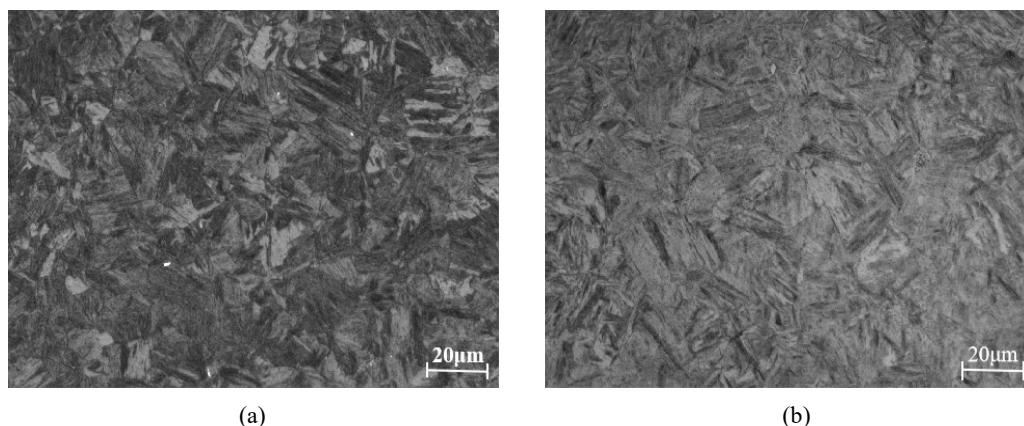


Figure 3. Microstructures of the tested steel. (a) Surface layer; (b) Middle layer
图 3. 试验钢的金相组织。(a) 表层; (b) 中间

3.3. 构筑创新实践体系

由于传统实验多是验证性，对学生的过程性管理较少，而失效分析实验需要较多的理论知识储备和灵活的实践技能，传统实验难以发挥学生的主观能动性和反映学生的真实水平，以失效分析大赛为契机，为了选拔出具有优异实践创新能力的学生，需要改革现有实践教学体系。首先是根据学科特点整合现有设备和实验室资源，建立项目选择、线上预约、实践操作、优化改进、创新分析为一体的具备解决复杂工程问题的实践教学体系[5][6]。比如，学生在进行失效分析课程学习时根据自己的兴趣爱好选择合适的项目，根据项目需要进行线上预约实验，实验日志可以反映出学生的思考过程，操作结果可以反映学生的实践技能水平和规范性，根据操作结果优化自己的实验项目，然后整合实验项目结果分析失效原因，通过开放-共享-自主的实践教学体系提高了学生的学习积极性和创新应用能力。另外，实验项目可以实行校内外联动，校外加强与企业的合作联系，切实解决企业在生产和应用中遇到失效难题，校内积极申请“校级、省级、国家级”的大学生创新创业项目，形成多层次的实践教育创新平台，为学生顺利开展创新实践活动提供源头活水，为教学质量提高和创新人才培养提供支撑。

4. 结果与讨论

我校积极学习《国务院办公厅关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见》¹成立创新创业学院，在基于失效分析大赛进行创新人才培养的改革和实践中，获批国家级大学生创新创业训练项目 1 项、省级 3 项、校级 2 项，学生撰写论文《汽车轮毂疲劳裂纹的原因分析》在《材料科学》发表。学校制定了学生学科与科技竞赛管理办法等文件大力支持学生的创新实践活动和学科竞赛，我校学生在学科竞赛中刻苦钻研、敢于挑战，取得了优异成绩。金属材料工程专业 2022 级学生参加由中国工程机械学会主办的 2025 中国大学生机械工程创新创业大赛——失效分析赛获得国家级一等奖 2 项、二等奖 1 项；参加由教育部高等学校材料类专业教学指导委员会主办的第十二届全国大学生金相技能大赛上获得国家级一等奖 2 项、二等奖 1 项和三等奖 4 项；参加由中国工程机械学会主办的 2025 中国大学生材料热处理创新创业大赛获得国家级一等奖 3 项和二等奖 1 项，参加由中国金属学会主办的第八届全国大学生冶金科技竞赛获得国家级二等奖和三等奖各 1 项。学生在比赛中团结协作、面对评委提问沉着稳定、经过答辩找到自己的不足。因此，基于失效分析大赛的创新人才培养提高了学生的创新应用能力，也促进了教学水平和实验室建设的提高。同时，失效分析涉及多行业多学科协同，该创新人才培养模式还可以扩展应用到机械工程和汽车交通等工科专业。

¹https://www.gov.cn/gongbao/content/2015/content_2868465.htm

5. 结语

本文基于失效分析大赛探索了创新人才培养,激发了学生对材料学习的兴趣和对前沿知识的求知欲,夯实了学生理论知识的掌握及其创新分析,提高了学生实践操作的技能及其灵活应用,推动了创新实践体系的建立和发展,促进了金属材料工程专业创新人才培养质量的提高。同时,也对教师的科研水平和实践创新能力提出了较高要求,需要教师主动联系企业和了解企业需求,加大对前沿知识的学习和掌握,也需要教师对教学内容和考核机制的更新和提高,为创新人才培养提供支撑。

基金项目

湖北本科高校省级教学改革研究基金项目“面向低碳冶金产业链的材料类拔尖人才培养体系研究”(项目编号:2024225);湖北新工科实践教学建设基金项目“面向低碳冶金产业链的冶金类专业实验教学体系研究”(项目编号:XGK03040);武汉科技大学教学改革研究重点基金项目“生成式人工智能赋能材料类专业产教融合协同育人体系研究与实践”(项目编号:2025Z010)。

参考文献

- [1] 叶杰,刘凤芳,孙桂芳,朱彦荣,陈欢欢.材料现代研究方法课程实验教学方法探索[J].中国现代教育装备,2021(21):135-136.
- [2] 周立明,王才东,孙冬,阮世敏.基于学科竞赛的创新创业人才培养体系探索与实践[J].高教学刊,2025(32):78-81.
- [3] 赵卫旭,杨中宣,王蕾.基于学科竞赛的创新型人才培养问题及对策研究[J].中原工学院学报,2024,35(1):65-69.
- [4] 于蓉蓉,陈德,刘小刚,韦娜娜,陈雯.基于学科竞赛与科研项目融合下大学生实践创新能力研究[J].创新教育研究,2025,13(5):118-124.
- [5] 李国利,杭阿芳.新工科建设及工程教育专业认证背景下课程思政探索与实践[J].社会科学前沿,2022,11(8):3267-3272.
- [6] 戴银所,徐迎,孔新立,周寅智,杨畅.面向工程创新能力的专业竞赛教育体系探索[J].创新教育研究,2022,10(3):465-471.