

面向工程实际的塑性成形高级仿真能力多样性训练模式探索

权国政 周杰

重庆大学 材料科学与工程学院, 重庆 400044

[摘要]现代制造业对塑性成形过程仿真优化人才提出了多样化能力要求。本文围绕工程实践需求,探索塑性成形高级仿真能力培养的多样性训练模式。通过构建涵盖课堂讲授、虚拟仿真实验、项目驱动、产学研合作和竞赛创新等多维训练体系,为学生提供全方位的实践训练平台。文章分析了材料成形领域工业发展的技能需求,介绍了多样性训练方法体系的设计与实施,包括校企联合培养的实践案例、仿真平台建设经验和学生竞赛成果等。与此同时,建立了科学的定量评价体系,对训练效果进行综合考评。结果表明,多样化训练模式显著提升了学生解决实际工程问题的仿真分析能力和创新意识,培养出适应产业发展所需的高层次复合型人才,为工程实践导向的专业人才培养提供了有益探索。

[关键词]塑性成形;; 仿真能力;; 多样性训练;; 工程实践;; 产学研合作

DOI: 10.33142/fme.v6i10.18119

中图分类号: G64

文献标识码: A

Exploration on Diverse Training Modes for Advanced Simulation Capability of Plastic Forming in Engineering Practice

QUAN Guozheng, ZHOU Jie

College of Materials Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing, 400044, China

Abstract: Modern manufacturing industry has put forward diversified ability requirements for talents in plastic forming process simulation optimization. This article explores the diverse training modes for cultivating advanced simulation capabilities in plastic forming based on engineering practice needs. By constructing a multidimensional training system that covers classroom lectures, virtual simulation experiments, project driven learning, industry university research cooperation, and competition innovation, we provide students with a comprehensive practical training platform. The article analyzes the skill requirements for industrial development in the field of material forming and introduces the design and implementation of a diverse training method system, including practical cases of school enterprise joint training, experience in simulation platform construction, and student competition results. At the same time, a scientific quantitative evaluation system has been established to comprehensively evaluate the training effectiveness. The results show that diversified training modes significantly enhance students' simulation analysis ability and innovative consciousness in solving practical engineering problems, cultivate high-level composite talents that meet the needs of industrial development, and provide useful exploration for the cultivation of professional talents guided by engineering practice.

Keywords: plastic forming; simulation capability; diversity training; engineering practice; industry-university-research collaboration

引言

塑性成形工艺的数值模拟在工程实践中发挥着日益重要的作用。工业界在产品研发和工艺优化过程中高度依赖计算机仿真分析,以减少反复试模试验,降低成本并缩短开发周期。例如,汽车制造领域在冲压成形生产前通常进行详细的数值模拟,没有仿真论证就不允许开始模具设计。因此,高校亟需培养大量掌握先进仿真技术并具备工程实践能力的复合型人才。然而,以往的人才培养模式往往重学术轻实践,研究生和高年级本科生缺少与产业实际对接的训练机会。为满足现代工业对高级仿真人才的需求缺口,工程教育界开始强调“以产出为导向”(OBE)的培养理念和工程实践能力的训练。工程教育专业认证标准也明确要求学生掌握使用现代工程工具从事工程实践的能力,并能解决复杂工程问题。

在此背景下,培养塑性成形高级仿真能力的人才需要探索全新的训练模式。国内外高校一些成功经验表明,注重多样化实践教学、加强校企合作能够有效提高研究生创新能力和实践能力。例如,美国麻省理工等高校通过科研计划活动和稳定实习基地培养学生实践创新能力,韩国高校采用多样性教学模式强化研究生自主解决工程问题的能力。在我国,越来越多高校开展研究型、项目式教学改革,努力培养学生的创新精神与实践能力。这些探索为我们提供了重要启示:将课堂教学与工程实践相融合,构建多样化的人才培养模式,是提升仿真能力训练效果的关键。

重庆大学材料科学与工程学院在“塑性成形高级计算分析人才”教改项目指导下,尝试建立一种面向工程实践的多样性训练模式,涵盖课程教学、实验实践、工程项目、产学研合作和创新竞赛等多个方面。本文首先分析现

代材料成形行业对仿真人才的技能需求,然后阐述训练方法体系的构建思路和具体实施措施,接着通过产学研合作实践案例(如联合企业培养、仿真平台搭建、学生竞赛等)来展示训练模式的实践效果,最后介绍定量评价体系的建立用于客观评估训练成效。通过这些研究与实践,我们希望通过工程实践取向的高层次人才培养模式提供有益参考。

1 现代工业需求分析

当今制造业正朝着数字化和智能化方向发展,塑性成形领域对工程技术人员提出了更高要求。传统依赖经验试错的工艺设计方法已无法满足快速开发的需要,企业亟需能够运用数值模拟手段进行工艺论证与优化的专业人才。具体而言,现代工业对塑性成形高级仿真人才的需求主要体现在以下几方面:

首先,精益开发与优化要求工程师具备扎实的仿真分析能力。在汽车、航空等行业,新产品开发需要通过仿真预判成形缺陷、优化工艺参数,从而提高材料利用率和模具寿命,节约成本。这要求人才不仅懂材料成形理论,更能熟练使用专业仿真软件建立准确的有限元模型,并据此优化设计方案。例如,在汽车覆盖件冲压中,仿真工程师应根据仿真结果对拉深筋布局、板料厚度等进行调整优化,满足产品质量要求。没有经过仿真训练的传统工程师难以胜任此类工作。

其次,跨学科融合的智能制造趋势要求人才知识结构复合化。塑性加工工程涉及材料、机械、力学、计算机等多学科知识。现代企业希望招聘的仿真工程师既了解材料性能和成形工艺,又懂计算机建模和编程,能够将多领域知识结合用于解决复杂工程问题。例如,一名模锻仿真工程师可能需要结合材料热处理知识、机械设备特性和数值算法,才能对整个锻造生产过程进行模拟和改进。这种能力的培养需要教育过程打破学科壁垒,提供综合性的训练环境。

再次,企业技术升级与软件应用的落差也凸显人才培养的重要性。虽然国内高校和科研院所在仿真技术研究上取得了大量成果,通过产学研合作为企业解决了众多工程问题。但由于正版仿真软件昂贵、专业人才匮乏,目前只有少数大型企业掌握了先进仿真技术,许多中小成形制造企业对数值仿真应用不足。相比之下,发达国家企业高度重视仿真,没有仿真验证不启动模具设计。这反映出我国仿真技术应用水平与国际领先仍有差距,很大程度上归因于高级仿真人才的短缺。因此,加快培养更多精通仿真的高层次人才,将有助于推动我国企业技术升级和竞争力提升。

最后,从岗位胜任力看,塑性成形高级仿真人才不仅要有技术能力,还应具备工程实践经验和团队协作能力。企业更青睐那些在校期间有过实际项目训练、了解工业流程,并能与工程团队沟通协作的毕业生。这要求高校的人

才培养更贴近实际,提供学生与产业界接触的平台,在校阶段积累工程实践经历。

综上所述,现代工业需要塑性成形仿真领域的毕业生既懂理论、会软件、熟工艺,又能创新实践。培养这类人才必须针对现有教学中理论与实践脱节、学科分隔的弊端,改革训练模式,使学生在校期间得到类似工程环境的多方位锻炼,全面提升其高级仿真能力和工程素养。

2 训练方法体系构建

针对上述需求,我们构建了一套多样性训练方法体系,以提升学生塑性成形仿真能力为核心,通过多种教学形式的有机结合,实现从课堂知识到工程实践的全覆盖训练。该体系主要包含以下几个方面:

课堂教学与虚拟仿真融合:在专业课程课堂教学中,引入虚拟仿真演示和上机练习环节,将抽象理论与直观仿真相结合。例如,在“金属塑性成形原理”课上,当讲解金属流动和应力应变分布时,教师实时演示一个简单锻件的仿真过程,展示应力场的动态变化,这种演示教学法能帮助学生形象理解复杂理论 vs.sdu.edu.cn。随后安排学生到计算机上进行相应仿真操作练习,强化理解。课堂教学不再局限于黑板和 PPT,而是融入仿真软件环境,让学生边学理论边看仿真,学习效果明显提升。

项目驱动与案例教学:采用问题引导和项目驱动的教学方法,将实际工程案例作为载体贯穿教学。例如设置若干“小项目”供学生课后完成,如“利用仿真分析某铝合金件挤压成形的缺陷原因”。学生通过项目任务驱动主动查阅资料、搭建仿真模型、分析问题并提交报告。教师课堂讲评项目结果,点评过程中再次讲解相关理论和方法。这种问题教学法结合项目实践,有效激发了学生主动学习的积极性 vs.sdu.edu.cn。项目案例均来自工业实际(如企业委托的工艺问题或以往竞赛题目),因而学生在训练中接触到真实情境,锻炼了解决实际问题的能力。项目教学法贯穿于课程各章节,使学生在完成系列递进的项目过程中逐步提升仿真应用水平。

校企联合实践训练:构建产学研合作平台,创造学生深入企业实践的机会。我们与重庆市某大型模具制造企业合作建立校外实训基地,每年选派优秀学生赴企业实习,在企业工程师指导下参与实际生产项目的仿真分析。例如,学生协助企业进行汽车纵梁冲压成形缺陷仿真预测,提出优化方案。这种校企联合培养使学生置身真实工程环境,经受完整的工程训练流程。在合作研究中发现企业亟待解决的工艺难题,并鼓励学生运用所学对具体问题进行分析和改进。通过企业实践,学生的工程意识、自主学习和创新能力得到显著增强。企业导师的参与也使教学内容更贴近生产实际,实现了学校培养目标与企业需求的无缝对接。

竞赛和科研训练:将学科竞赛和科研项目纳入人才培

养体系，作为课外延伸的训练平台。鼓励并指导学生参加各级仿真类竞赛和创新创业大赛，如材料成形仿真比赛、“互联网+”大学生创新创业大赛等。在备赛过程中，学生需要综合运用所学知识完成具有挑战性的仿真课题，这对提高动手能力和创新思维大有裨益。同时，我们组织研究生低年级学生参与导师科研课题的仿真部分，采用“以研代训”方式提升其实验技能。例如，让研究生承担某新材料冲压工艺的仿真模拟研究，在完成科研任务的同时掌握先进仿真技术和科研方法。这些竞赛和科研活动为学生提供了展示和锻炼的平台，进一步激发了学生的学习热情和潜力，不少学生在竞赛中获奖或在毕业前发表论文，反过来又印证了训练模式的成效。

通过以上多种教学方法和实践手段的组合，我们形成了一个层次丰富、形式多样的训练体系。它将课堂教学、实验教学、校企实践、课外竞赛等有机融合，既保证学生夯实理论基础，又通过不断的实践动态提升高级仿真能力。与传统单一模式相比，该体系具有明显的系统性和开放性：一方面注重培养学生有限元仿真实理论和软件操作技能，另一方面注重提供多种实践训练途径，促使学生在不同场景中反复磨练、逐步成长。初步实践表明，多样性训练模式有效改善了教学过程中学生被动接受的局面，学习过程变得灵活生动，学生实践能力和创新意识显著提高。这为深入推进塑性成形领域工程教育改革提供了新思路。

3 产学研合作实践案例

为了验证上述训练模式的有效性，我们在教学改革过程中开展了多种形式的产学研合作实践。以下选取几个典型案例进行介绍：

3.1 校企联合培养案例

案例背景：重庆大学材料学院与重庆某大型模具制造公司签署了联合培养协议，建立“材料成形产学研联合培养基地”。该企业在汽车覆盖件模具制造领域具有丰富经验，但面临着新产品开发周期要求缩短、试模成本高的问题，希望利用数值仿真技术提高开发效率。基于此需求，校企双方共同制定人才联合培养计划，每年遴选数名研二学生进入企业参与实际工程项目，在企业导师和校内导师双重指导下开展为期半年的仿真研究训练。

训练实施：在企业实训期间，学生以企业当前项目为课题展开仿真分析。例如，某一批学生参与了汽车纵梁冲压工艺优化项目。开始时，企业工程师提出当前生产中存在的主要问题：制件局部起皱和回弹超差。学生们首先在导师指导下查阅相关文献和企业以往数据，制定仿真分析方案。随后利用企业提供的 CAD 模型，在仿真软件中建立冲压过程有限元模型，模拟了不同压边力、摩擦系数等参数条件下工件的成形结果。通过反复试算和对比分析，学生找出了起皱和回弹的敏感因素，提出了优化压边力曲线和局部增设拉延筋等改进措施。最终仿真预测显示改进

方案将起皱高度降低了 50% 以上，回弹量控制在公差范围内。企业据此调整了实际工艺并一次试模成功。学生在这一过程中发挥了重要作用，不仅锻炼了仿真技能，也体会到团队协作和沟通的重要性。

效果与反馈：通过校企联合培养，学生得以在真实工程环境中应用所学，大幅提升了解决实际问题的能力。企业导师评价说：“学生的仿真分析细致周到，思路有条理，提出的方案很有参考价值。”校内导师也发现，参与企业项目的学生在后续学术研究中思路更开阔，对实践痛点有更敏锐的洞察。多个学生在企业实习期结束时被给予留用意向，实现了从学生到准工程师的角色转变。此案例表明，将企业真实课题引入教学训练，学生在为企业解决工程问题过程中培养了主动学习和创新能力。校企联合培养不仅提高了学生能力，也为企业带来了实际效益，真正实现了双赢。目前，我们正计划将这种模式常态化，每年固定选派一定比例学生赴合作企业轮训，并逐步扩大合作企业范围，为更多学生创造实践机会。

3.2 仿真平台建设案例

案例背景：在多样性训练体系中，我们非常重视软件仿真平台的建设与应用。除了学校自建的虚拟仿真实验平台，我们还积极与仿真软件厂商合作开展教学平台共建。以与某国际知名 CAE 软件公司的合作为例：该公司在塑性成形模拟领域拥有先进的软件和案例库，希望推动其在高校的教学应用；而我们希望借助其技术力量提升教学信息化水平。双方一拍即合，于 2021 年共同启动“塑性成形仿真教学云平台”建设项目。

平台功能：该仿真教学云平台基于企业成熟的云仿真技术，搭载了塑性成形仿真教学资源库和在线仿真系统。学生和教师可以通过校园网登录平台，使用网页界面调用后台高性能计算服务器进行仿真运算，无需在本地安装大型软件。平台预置了一系列教学案例模板，如“U 形件弯曲回弹分析”“模锻齿轮充型模拟”等，学生只需上传几何模型或调整少量参数即可运行仿真，迅速获得结果。这大大降低了初学者使用仿真软件的门槛。平台还集成了教学视频、步骤指导和答疑论坛，形成完整的在线学习社区。

教学应用：在“高级塑性成形仿真”选修课中，我们率先引入该云平台作为教学辅助工具。教师布置课程作业时，会指定学生利用平台完成某一案例的仿真分析，并要求在报告中讨论不同参数对结果的影响。例如，在学习板料回弹控制时，让学生使用平台提供的 U 形弯曲模型，尝试改变材料牌号、压边力大小等参数，观察回弹角度变化。学生可以随时通过浏览器访问平台，方便地进行多工况模拟，提高了学习自主性和效率。平台自动记录了每个学生的操作和结果数据，教师据此了解学生学习过程并给予针对性指导。通过平台的讨论区，学生还与企业工程师进行了互动，就仿真遇到的问题请教专业人士，拓宽了视野。

成效评估：仿真教学云平台的使用，使课堂教学和课外实践实现了良性互动。一方面，学生对仿真工具的掌握更加迅速，在短时间内完成了过去需要数周的软件学习过程，腾出更多时间关注仿真结果分析和工程意义；另一方面，平台丰富的案例资源激发了学生的探索欲，不少学生在完成规定任务后自发尝试平台上的其他案例，有的还进一步优化了默认模型，这些额外的尝试极大促进了他们仿真技能的提高。教师反馈，借助平台学生提交的作业报告质量明显提升，许多分析图表清晰专业，讨论深入有理。据平台数据统计，选课学生人均仿真运行次数较以前增加了两倍，学生动手实践的频次和深度均有大幅提高。合作企业也很满意，认为高校学生群体的积极使用为其软件教学版的改进提供了宝贵意见。此案例显示，产学研共建的仿真平台有效融合了企业先进技术与高校教学需求，为多样性训练模式提供了强有力的技术支撑。

3.3 学生竞赛成果案例

案例背景：学生参与高水平竞赛并获奖，是检验多样性训练模式效果的直接指标之一。在塑性成形仿真领域，我们通过课程训练和课外指导，着力培养学生在各类专业竞赛中的竞争力。近年来，材料学院学生在全国性的相关比赛中屡创佳绩，显示出训练模式培养的学生具有突出能力。以下以 2022 年全国大学生材料成型工艺与仿真挑战赛为例进行说明。

参赛过程：该竞赛吸引了国内众多高校材料类专业学生参加，要求参赛队伍在规定时间内对给定的工程课题进行仿真分析并提出解决方案。2022 年比赛题目聚焦“复杂锻件成形缺陷预测与工艺优化”。我校选派了由两名本科生和一名研究生组成的队伍参赛，指导教师即为平时授课教师。由于多样性训练体系中学生已具备扎实的仿真基础知识和实践经验，参赛队伍在动员后迅速进入角色：本科生负责前期几何建模和模拟试跑，研究生负责结果分析和方案优化，团队协作完成任务。比赛期间，他们充分运用了课堂所学的有限元理论和仿真技巧，借鉴了以往在企业实训中见过的缺陷成因分析方法，创造性地提出了“双向充型、分步成形”的工艺方案来避免缺陷。整个方案先后迭代了十余次仿真模拟，最终形成完整报告和答辩陈述。凭借严谨的分析和创新的方案，我校队伍在决赛中获得全国二等奖的佳绩，评委称赞他们“仿真分析深入透彻，方案有较高创新性，展示出卓越的工程素养”。

训练贡献：通过赛后交流，参赛学生深切感受到平日多方面训练对比赛的帮助。一位同学提到：“如果没有之前课程中项目训练的磨炼，我们不可能在短时间内理清复杂锻件缺陷的成因。”另一位同学则表示，多样性训练培养了他们良好的团队协作和抗压能力，使他们在竞赛高强度下依然高效合作。这些反馈印证了训练模式在培养学生综合能力方面的效果。此外，我们还观察到，参与竞赛的

经历进一步提升了学生的兴趣和信心。赛后，这些同学继续投入相关科研课题，成果更加丰硕，其中有人在毕业设计中发表了学术论文。这说明，将竞赛融入人才培养形成良性循环：训练提高了竞赛表现，而竞赛又促进了学生更深入的学习与实践。

其他成果：除上述比赛外，学生在各类创新实践中全面开花。比如，在“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛中，我院学生的基于仿真优化的模具设计项目获得重庆市特等奖。在“中国研究生工程实践大赛”材料类赛事中，我校研究生团队连续两年夺冠。这些荣誉背后都有多样性训练模式的支持。从产学研合作项目中挖掘课题、利用仿真平台完善作品、通过竞赛锻炼展示——学生将训练所学融会贯通，最终转化为令人瞩目的成果。企业和科研院所也对这些获奖学生青睐有加，多名同学提前签约知名企业或获得直博名额，体现了人才培养的社会认可度。

通过以上实践案例可以看到，多样性训练模式为学生提供了丰富的实践舞台，使其在不同环境中将仿真能力付诸应用并取得优异成绩。这不仅验证了训练模式的有效性，更激励我们继续完善培养体系，创造更多学生脱颖而出的机会。

4 定量评价体系构建

在实施多样性训练模式的过程中，如何科学评价其对学生能力培养的效果是一个重要课题。为此，我们建立了多指标的定量评价体系，从知识掌握、技能提升和综合素质发展等方面对训练效果进行测评。评价体系的构建遵循“全过程、多维度、重能力”的原则，具体包括：

（1）分阶段评价：将仿真能力训练分为理论知识掌握和综合实践应用两个阶段，并分别设计评价方式。第一阶段主要在课程内进行，通过笔试、上机操作考核等评价学生对基础理论和软件操作知识的掌握程度。第二阶段侧重在项目、实习和竞赛中评价学生解决实际问题的能力，以小组项目成果、实习表现和竞赛成绩等为依据。这样的两阶段评价对应训练模式由课堂到实践的推进过程，确保对学生能力发展的不同侧面进行针对性考核。

（2）量化考核指标：在综合实践阶段，我们引入了量化评价指标体系，设计了包含多项指标的评分细则。例如，对于课程项目或毕业设计中的仿真课题，制定了如下指标及权重：方案完整性（20 分）、结果合理性（20 分）、创新性（30 分）、团队协作（30 分）。每项指标细分为优秀、良好、合格和不合格四个等级，并明确相应评分标准。以“方案完整性”指标为例：若学生设计过程完整、零件模型和图纸齐全、动画仿真和结果分析完整，则评为优秀（18~20 分）；若设计基本完整但仿真分析有所欠缺，可评为合格（10~14 分）；不完整者不及格。又如“创新性”指标：相比现有模具设计有较大创新、简化工序或降低成本者评优秀（28~30 分），略有改进者评良好，以此类推。

团队协作则根据成员参与度和贡献差异程度打分。这些定量指标覆盖了项目实施效果和软技能（如合作沟通）等维度，能够客观反映学生在实践训练中的综合表现。

（3）多主体评价：评价体系强调教师、企业导师和学生多主体参与。在校内项目中，由授课教师和指导教师按照评分细则对学生小组项目进行打分评议；在校企合作实习中，企业导师对学生的工作态度、解决问题能力等进行评定；在竞赛训练中，引入同行专家或评委的意见作为参考。我们还采取学生互评和自评的方式，让学生从团队成员和自身角度对能力提升情况进行评价。这种多元评价机制可以有效减少主观偏差，确保评价结果的公平可靠。

（4）定性定量结合：我们认识到，有些高层次能力（如创新意识、研究潜力）难以用简单分数衡量。因此，评价体系除了定量评分，也结合定性反馈。比如，每次项目答辩后设置讨论环节，请评委对学生亮点和不足给出意见；每次实习和竞赛结束后，让学生撰写心得总结反思收获。这些质性评价为我们改进教学提供了宝贵信息。同时，我们尝试绘制“仿真能力培养效果雷达图”或“评价指标谱图”来呈现学生能力特征，通过多指标的综合分析评判训练模式的普适性和有效性。这种可视化手段有助于发现训练中仍需加强的环节，从而不断完善培养方案。

应用该评价体系两年来，我们对多样性训练模式的效果有了更清晰的认识。评价结果显示，绝大多数学生在理论考核和实践考核中均达到良好以上水平，尤其在创新性和团队协作指标上得分普遍较高，印证了训练模式在提升学生软硬能力方面的成功。同时，不同学生的评价谱图也揭示出个体差异：有些学生理论基础稍弱但实践能力突出，反之亦然。这提醒我们今后需更有针对性地实施个性化辅导，真正做到因材施教。总体而言，定量评价体系为训练模式的效果评估和持续改进提供了科学依据，使人才培养质量得到有效监控和保障。

5 结论

面向工程实践的塑性成形高级仿真能力多样性训练模式的探索与实践取得了显著成效。通过将课堂教学、虚拟仿真实验、项目实践、产学研合作、竞赛创新等多种培养途径相结合，学生在校期间得以全方位锻炼仿真技能和工程素养，自主解决实际工程问题的能力和创新意识显著增强。实践证明，这种多样性训练模式很好地满足了现代制造业对高层次仿真人才培养的要求，所培养的学生在各类实践中表现出色，得到了企业和社会的高度认可。

本研究的主要成果包括：构建了系统完备的训练方法体系，实现了理论与实践的紧密结合；通过校企合作和仿真平台建设，搭建了良好的实践训练平台；学生在竞赛和科研中取得的优异成绩验证了训练模式的有效性；建立的定量评价体系为人才培养质量的监控和改进提供了支撑。在改革实施过程中，我们深切体会到产教融合、多措并举是提升工程人才培养质量的关键。高校应不断拓展与行业的合作深度，更新教学观念，打破传统教学与实践的界限，探索更多元的教育模式。

需要指出的是，多样性训练模式的完善是一个持续迭代的过程。未来我们将根据定量评价反馈，进一步优化训练内容和方法。例如，引入更复杂的跨学科综合项目，增加国际交流实践机会，培养学生的全球化视野；加强对教师的培训，提升指导产学研项目的能力；引入企业真实数据和案例更新教学资源，使训练始终贴近工业前沿。同时，我们也将跟踪毕业生发展，对训练模式的长期影响进行评估，为模型的推广应用提供依据。我们相信，随着这些工作的推进，多样性训练模式将在更多院校和专业中发挥作用，为我国工程教育改革和创新型人才培养做出贡献。

基金项目：重庆市研究生教育教学改革研究项目（编号：yjg153015）。

【参考文献】

- [1] 苏学满,孙丽丽.“中国制造 2025”背景下制造业人才的新需求[J].教改教法,2016(5):64-65.
 - [2] 权国政,周杰.提升材料加工学科研究生高级仿真能力的多样性训练模式与实践[J].重庆电子工程职业学院学报,2014(3):5-10.
 - [3] 孙虹,刘建中,刘沛平,等.《中国制造 2025》背景下基于产教融合协同创新视域的新工科实践教学体系研究与构建[J].教育教学论坛,2020(49):299-300.
 - [4] 郑超,胡蔓,赵新海,等.基于工程教育专业认证的锻造缺陷分析虚拟仿真实验设计与实践[J].实验科学,2021,24(2):114-119.
 - [5] 郑超,毕见强,宋立彬,赵新海,赵国群.“三融合”构建汽车覆盖件成形实验教学平台的研究与实践[J].实验科学与技术,2021,19(3):99-105.
 - [6] 习小慧,刘强,王金亮,王贵.《塑性成形工艺与模具设计》课程实践教学研究[J].教育进展,2023,13(5):2378-2383.
- 作者简介：权国政（1980—），男，河南南阳人，教授，双博士后，从事材料-制造-服役-再制造一体化研究。