

# 基于综合创新的材料成型及控制工程专业实验课程探索与实践

王亚军<sup>1\*</sup>, 瞿佰华<sup>1</sup>, 赵一舟<sup>2</sup>, 游国强<sup>1</sup>, 辜 诚<sup>1</sup>, 赵建华<sup>1</sup>

<sup>1</sup>重庆大学材料科学与工程学院, 重庆

<sup>2</sup>重庆大学电气工程学院, 重庆

收稿日期: 2023年10月6日; 录用日期: 2023年11月8日; 发布日期: 2023年11月14日

## 摘 要

基于创新开放的理念我们搭建了材料成型综合创新实验平台, 开发了材料成型及控制工程专业创新综合实验项目。材料成型创新实验平台集成了三个实验系统: 创新综合实验数字化前处理系统、创新综合开放成型系统和创新综合后处理系统, 能开展以“学生亲自动手综合应用铸锻焊三大工艺”为特色的创新综合实验课程。本文着重论述了基于该创新综合实验平台的创新综合实验项目的设计。

## 关键词

实验教学, 综合创新, 创新实验平台, 材料成型, 人才培养

# Exploration and Practice of Comprehensive Innovation Experiment in Material Forming and Control Engineering

Yajun Wang<sup>1\*</sup>, Baihua Qu<sup>1</sup>, Yizhou Zhao<sup>2</sup>, Guoqiang You<sup>1</sup>, Cheng Gu<sup>1</sup>, Jianhua Zhao<sup>1</sup>

<sup>1</sup>College of Materials Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing

<sup>2</sup>School of Electrical Engineering, Chongqing University, Chongqing

Received: Oct. 6<sup>th</sup>, 2023; accepted: Nov. 8<sup>th</sup>, 2023; published: Nov. 14<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Based on the concept of innovation and openness, a comprehensive innovation experimental

\*通讯作者。

文章引用: 王亚军, 瞿佰华, 赵一舟, 游国强, 辜诚, 赵建华. 基于综合创新的材料成型及控制工程专业实验课程探索与实践[J]. 教育进展, 2023, 13(11): 8694-8700. DOI: 10.12677/ae.2023.13111343

platform for material forming has been constructed, and a comprehensive innovation experimental project for material forming and control engineering has been developed. This platform integrates three experimental systems: an innovative comprehensive experimental digital preprocessing system, an innovative comprehensive open forming system, and an innovative comprehensive post-processing system. It can carry out innovative comprehensive experimental courses characterized by “students’ hands-on comprehensive application of the three major processes of casting, forging, and welding”. The design of an innovative comprehensive experimental project based on this innovative comprehensive experimental platform was emphasized.

## Keywords

Experimental Teaching, Comprehensive Innovation, Innovative Experimental Platform, Material Molding, Personnel Training

Copyright © 2023 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

随着经济社会的发展,对应用型人才、复合型人才和拔尖创新人才的需求日益迫切,很多高校对于如何提高学生培养质量,尤其是如何提高大学生解决实际问题的实践创新能力进行了探索并取得了一定的成果[1][2][3][4]。2016年《教育部关于中央部门所属高校深化教育教学改革的指导意见》明确指出切实增强学生的社会责任感、创新精神和实践能力[3]。在“一流大学”和“一流学科”建设的背景下,大学生实践创新能力的提升,能从根本上提高高校学生的培养质量,更好地满足实践型人才的需求[5],实现我国建设人力资源强国和创新型国家的战略目标。

## 2. 传统教学存在的问题[6]-[12]

实验教学是联系理论与工程实际的纽带,对提高理论教学效果、提高学生分析解决实际问题的能力 and 提高学生学习兴趣具有十分重要的作用。但在材料成型及控制工程专业传统的实验教学中出现了以下一些问题:

- 1) 材料成型及控制工程专业由铸、锻、焊三个方向整合而成,以此在传统的实验课程设置中专业实验课之间相互孤立联系甚少,在新时代教育教学的大背景下,难以满足人才培养的样的要求;
- 2) 材料成型及控制工程专业基础课和专业课实验课基本上以课夹实验为主,在实践教学环节往往出现理论课进度与实验课进度不匹配的情况;
- 3) 在专业基础课和专业课实验项目设置上,多以验证性实验项目设置为主,开放的综合创新性实验项目基本没有。因此,难以满足创新型人才培养的需求;
- 4) 实验教学平台陈旧落后,先进技术、先进设备以及先进制造工艺在实验教学中难以体现,难以勾起学生学习兴趣和热情。

上述问题导致学生的实践能力得不到很好的锻炼、创新意识不足,制约了高素质人才的培养。为此,我校进行了综合创新实验教学改革探索与研究,即以铸、锻、焊专业理论课和专业实验模块课为基础,通过搭建综合创新实验教学平台,以学生自主创新为核心,打造成一门综合铸、锻、焊及特种成型工艺的综合创新实验课。

### 3. 综合创新实验平台

经调查发现,随着民生工业的升级,应用在佩饰、工艺纪念品、小五金行业的铸造、压力加工、焊接设备,如精密台式冲床、小型龙门液压机、真空注蜡机、小型激光焊机等已完全成熟,多为小型设备,甚至可桌面化使用,如果将这种小而精的设备引入实验教学中,既满足实验教学的需求,又能弥补机械制造工业化设备的不足。

基于这种思想,重庆大学材料成型及控制工程专业于2017年开始,以综合创新为主线,通过购置、自主研发设备等方式,组建了材料成型综合创新实验教学管理平台。综合创新实验教学管理平台集成了综合创新数字化前处理系统、综合创新开放式成型系统和综合创新后处理系统,涵盖了铸锻焊11门专业课程。这些材料成型设备用于支撑专业通识实验和专业模块特色实验,分布在实验流程中的各个工艺环节,承担相应的工艺任务,小而亲切,操作简单,学生可以亲自动手,获得真正亲手创造出产品的体验。

#### 3.1. 综合创新数字化前处理系统

综合创新数字化前处理系统是一套体现前沿制造技术,主要用于快速制模、制样和RE逆向工程的实验教学平台。该实验教学平台包括3D扫描仪、3D打印机等实验教学硬件设备,也包括CAD/CAE/CAM等实验教学软件系统。该系统可以满足“CAD/CAM基础”、“成型模具CAD/CAM”和快速成型技术等专业基础课程的需求。

综合创新数字化前处理系统将材料成型技术与计算机模拟仿真技术有机地结合在一起,能培养学生数值仿真意识,并能在解决技术问题时,将两者有效融合,充分利用所学的理论专业知识,从不同的角度、多层次地研究和分析问题。例如可以通过数值仿真模拟建立铸件凝固过程和传热的数学模型,从而在“未作先知”的情况下对铸造结果和缺陷就行预测,通过预测的结果来指导和优化铸造工艺,避免资源浪费,缩短产品的设计周期。

通过计算机虚拟的教学模式,可以把理论和实践结合起来,能更加透彻和形象地对抽象概念的理解,增强教学的直观性和形象。通过不同工艺参数的优化设计,极大地提升教学效果、活跃课堂气氛,增加了课堂的趣味性,同时也提高学生解决实际问题及创新的能力。

#### 3.2. 综合创新开放式成型系统

综合创新开放式成型系统主要用于承接前综合创新数字化前处理系统的工作,是一套集铸锻焊成型技术为一体的实验教学平台。该实验教学平台包括小型热室压铸机、小型离心铸造机等液态成型设备和精密台式冲床、小型龙门液压机等压力加工设备,以及多功能氩氟焊机、小型激光焊机等焊接成型设备,详见图1。可以满足开放性铸造工艺设计、锻造工艺设计和焊接工艺设计的需求,也可以满足相应的组织性能检测要求。

学生可以亲身体会这些前沿制造技术,激发学生DIY的兴趣,把“要求做”转换为“想做”,开发想象力,将构思转变为真实的立体模型,全程参与从设计、制作、展示等各环节实践操作,将自己的创造变成实物,获得一种难忘而有益的学习体验。在实践中发展和提高动手能力、设计能力和思维能力,推动学习者创新精神和创造能力发展,对创新型人才培养具有积极意义。

#### 3.3. 综合创新后处理系统

综合创新后处理系统主要用于综合创新开放式成型系统的成型零部件后处理工艺。经过开放系统成型的零件表面质量较差,通过该系统的表面喷砂、电镀等工艺,可以改变零件的表面质量,把毛坯变为

工艺品,提升学生制作热情。该实验教学平台包括微型研磨机、小型电镀机等表面处理设备。可以满足表面工程等材料成型及控制工程专业课程的需求。

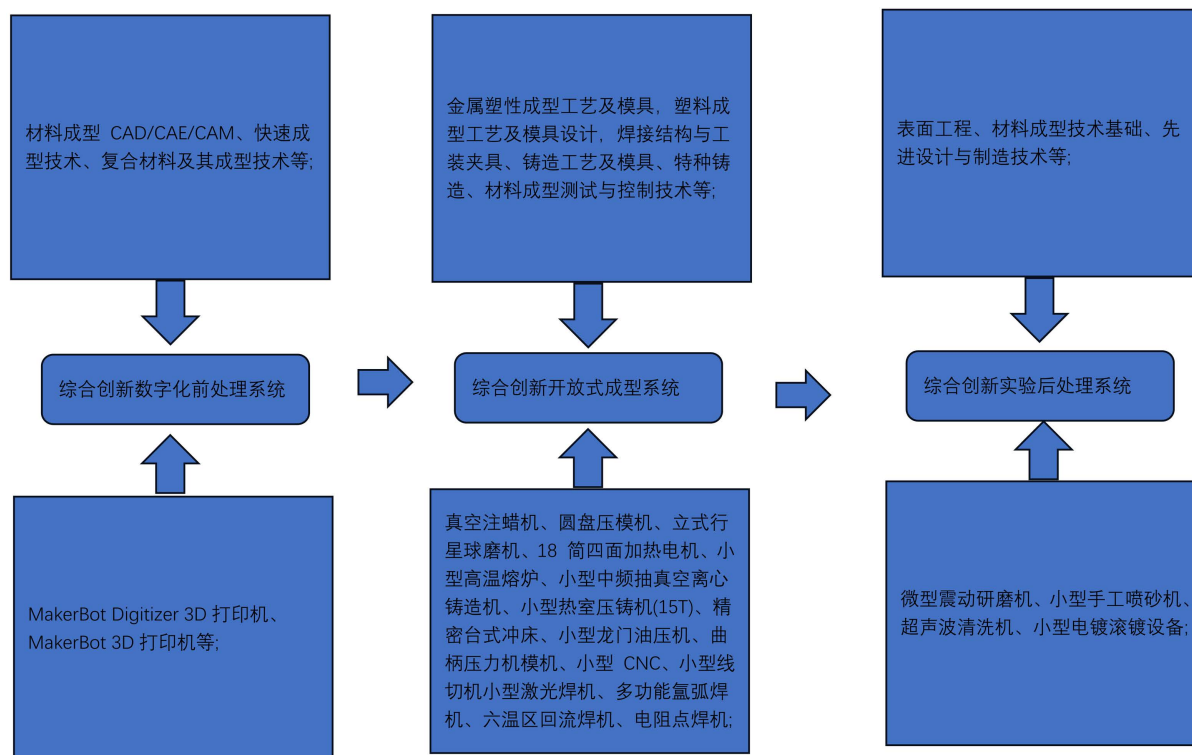


Figure 1. Comprehensive innovation experimental teaching platform

图 1. 综合创新实验教学平台

## 4. 基于开放模式的实验教学改革探索

### 4.1. 教学实践探索

为保证实验教学的效果,达到创新型人才培养的目的,重庆大学材料成型及控制工程专业经过反复的调研和论证,将本专业的部分课夹实验整合成含有 1.5 个学分的必修单开实验课,即材料成型综合创新实验课。同时,结合本专业的培养计划,将材料成型综合创新实验课安排在大四上学期的后半期,即课程设计前。通过这几年的教学实践来看,这样的教学设计既可以保证学生在实验前完成专业基础课程的学习,有理可依,也可以为课程设计和毕业设计奠定一定的实践基础。材料成型综合创新实验课设计学时为 32 学时,实验项目的设计涵盖铸锻焊,采用集中实验模式开展,在一周内完成所有实验项目。

### 4.2. 实验项目设计

实验项目以能运用课本基础理论知识,能体现材料成型特色,能融合铸、锻、焊成型方法,项目趣味性大、工艺具有行业代表性,且学生参与程度较高为设计原则。

材料成型综合创新实验课包含四个项目,分别为包括熔炼操作的铸造工艺及性能测试实验,塑性成型工艺及性能测试实验,焊接工艺及性能测试实验,以及接头微观组织表征实验,实现了从材料成型工艺与微观表征多维度交叉融合,让学生实验时能直观体会到材料成型工艺对微观结构的影响。综合创新实验项目操作路线及构架如图 2 所示,在此构架下,重点进行如下实验项目设计:

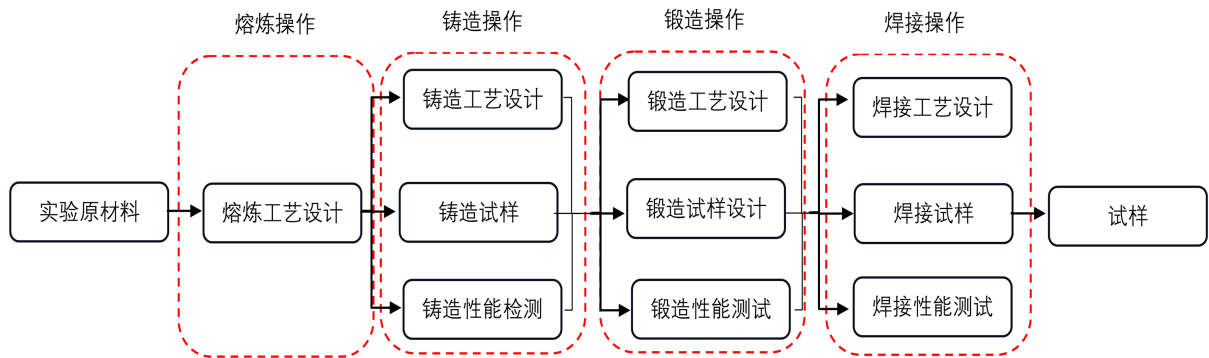


Figure 2. Innovation experiment project flowchart

图 2. 创新实验项目流程图

1) 铸造工艺及性能测试实验设计。学生根据零件性能需求，设计计算材料成分配比，再利用综合创新实验开放成型系统选择合适的熔铸设备，设计最佳的工艺参数，铸造出铸造试样，分别用作组织性能检测，锻压试验的坯料以及焊接用母材。

2) 锻压工艺及性能测试实验设计。学生根据零件性能需求，自行选择锻压设备并设计锻压工艺参数，自主进行锻压操作，制备锻压试样，分别用作组织性能检测和焊接实验的母材。

3) 焊接工艺及性能测试实验设计。学生自主选择合适焊接成型设备，设计焊接工艺参数，制成焊接试样或零件，并进行相应的焊接组织性能检测。

4) 接头微观组织表征实验设计。对上述铸造、锻压和焊接试样分别进行组织性能检测及对比，包括金相制样和观察、拉伸力学性能检测等，最后得到铸锻焊工艺对材料组织性能影响的规律。

每个实验项目设置 8 个学时，为保证理论课与实验课的深度融合，指导教师采用“1 + 1”方式，即由该研究方向的理论课教师和实验教师共同指导。分小组开展，每组 3~4 人。基于开放模式的实验教学，使课堂教学内容发生了变化，使教师角色发生了改变，更加明确了学生在教学活动中的主体地位，更注重学生动手能力和创新能力的培养，与理论教学相互补充，能够显著提升教学效果，提高人才培养质量。

### 4.3. 实验结果

将焊接工艺及性能测试实验中制备的表征试样，通过磨样、抛光、腐蚀和金相观察等操作，在金相显微镜下观察内部微观组织，如图 3：

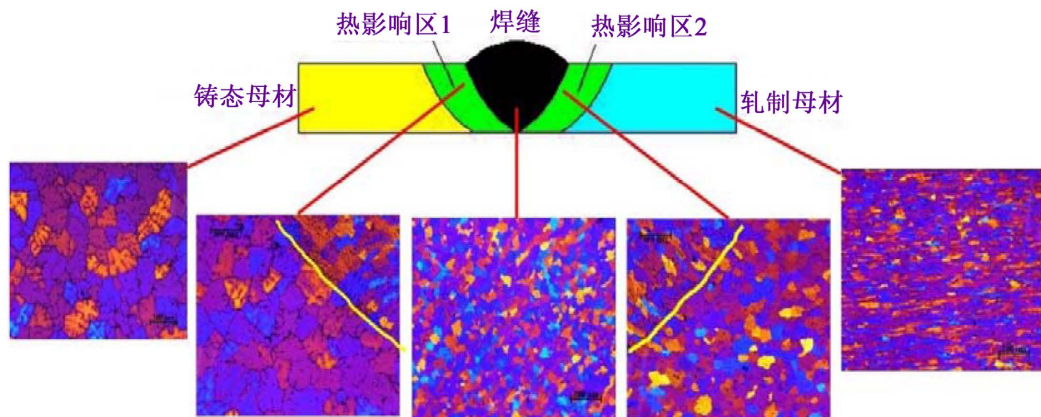


Figure 3. Microstructure of sheet metal connectors

图 3. 板材连接件显微组织



通过显微组织，我们可以明显的看到，连接件有明显的四个区域：铸态组织区、轧制态组织区、焊缝区和中间过渡区。在铸态区域晶粒粗大，没有明显的方向性。轧制态区域晶粒由于受到轧制力的作用，有沿轧制方向有明显的织构现象。焊接区域晶粒较铸态区域晶粒小，没有明显的方向性。过渡区域由于收到焊接热流的影响，晶粒大小介于铸态区和焊缝区之间。

#### 4.4. 成绩评定

材料成型创新综合实验课成绩由实验操作和实验报告成绩组成，分别占总成绩 50% 和 50% 计入总分。实验报告及实验操作均由铸造、锻压、焊接和表征四个模块组成，分别参照如下标准按百分制评定成绩，再按各占 25% 的比例计算出相应成绩，如表 1 所示。

**Table 1.** Performance evaluation criteria

**表 1.** 成绩评定标准

类别	分值	评定标准	占比
实验操作 与表现	50 分	1) 正确使用实验器材，无元件、器具因使用不当而损坏；正确组装实验装置。	20%
		2) 熟练掌握实验操作步骤，操作规范、认真。	20%
		3) 能按要求完成所有的实验内容，对实验中的故障能自行进行检查、分析、判断并排除。	20%
		4) 能完整地记录实验过程及测定结果。	20%
		5) 实验完成后，能将实验台整理干净，器具清洗干净，并按规定放置整齐。	20%
实验报告	50 分	1) 实验报告格式规范，书写工整，及时上交实验报告。	20%
		2) 数据处理方法正确，记录完整清晰，误差在实验允许范围内；能按要求作出结果图形和分析曲线，且作图规范。	40%
		3) 能对实验结果或实验中出现的的问题进行分析，并把实验中遇到的故障及排除方法记录下来。	20%
		4) 独立完成报告，各项内容完整无缺。	20%

#### 5. 组织形式探究

1) 实验方式创新。重庆大学材料成型及控制工程专业创新综合实验于 2017~2018 学年第二学期开始开设，设置实验项目 8 个，采用集中实验的模式开展。

2) 学生参与度高。各实验项目采用分组实验的方式开展，每组实验人数小于等于 5 人，从原材料到产品，每个实验环环相扣，形成人人能动，人人必动的实验好局面。

3) 实验教学秩序有序，实验衔接性良好，平台运行平稳，取得了预期的实验效果。

#### 6. 结束语

综合创新实验项目顺应了高等教育的发展趋势，符合创新人才培养的需求，是高等学校实验教学的新方式，也将对我系创新型人才培养起到积极推动作用。接下来，我们将在充分调研的基础上进一步优化实验项目，使实验项目既富于趣味性又不缺乏专业性。

## 基金项目

重庆市高等教育教学改革研究项目资助(项目编号: 233052); 重庆大学实验教学改革项目(syaq202201018 和 syaq202201002)。

## 参考文献

- [1] 刘清涛, 张新荣, 贺朝霞. 工程机械开放式虚拟仿真实验教学管理平台建设[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(7): 148-151.
- [2] 邹广平, 夏兴有, 张学义. 力学实验室开放的实践与探索[J]. 实验室研究与探索, 2007(4): 141-144.
- [3] 郑传明, 胡长文, 黄如丹, 等. 教学科研实验室开放资源共享探索[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(6): 382-384+397.
- [4] 严薇, 唐金晶, 廖琪, 等. 构建可持续发展的高校实验室安全管理体系[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(9): 5-7.
- [5] 严薇, 袁云松. 大学生实践创新能力培养的探索与实践[J]. 中国大学教学, 2012(9): 78-80.
- [6] 李艾民, 张伟, 刘同冈. 机械工程专业生产实习新模式[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(11): 16-18.
- [7] 林健. “卓越工程师教育培养计划”专业培养方案研究[J]. 清华大学教育研究, 2011, 32(2): 47-55.
- [8] 徐峰, 刘艳, 冯小明, 等. 材料成型及控制工程专业创新创业人才培养模式改革研究[J]. 铸造技术, 2013, 34(4): 471-473.
- [9] 张建军, 魏晓伟, 王剑, 等. “卓越计划”背景下材料成型及控制工程专业实践教学体系构建[J]. 高教学刊, 2017(1): 113-114.
- [10] 高有华, 李延斌, 翟惠萍, 等. 基于校园企业实验室的机电类专业综合实践教学改革与探索[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(3): 241-244+254.
- [11] 郭钟宁, 骆少明, 张湘伟. 机械类专业实践教学体系构建与实施[J]. 实验技术与管理, 2009, 26(6): 15-17+22.
- [12] 周仲海, 朱昌平, 刘丹平. 学术型创新人才培养模式的构建与实施[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(11): 31-34.