

## 材料虚拟仿真综合实习课程思政教学设计与实践

牛永盛, 李红春\*, 王杰, 李伟娜, 龚良玉, 孙钦星

青岛农业大学化学与药学院, 山东 青岛 266109

**摘要:** 专业课程融入课程思政是高校协同育人的重要举措。材料虚拟仿真综合实习是材料类专业的一门专业综合实践课, 采用了沉浸式体验思政案例。本文从实习课程开展课程思政改革的意义和必要性入手, 重点介绍了材料虚拟仿真综合实习开展的课程思政教学改革实践, 总结了专业实习课程开展思政教学的目标、举措和意义, 并对改革成效进行了介绍。

**关键词:** 虚拟仿真; 课程思政; 实践课程; 教学改革

**中图分类号:** G64; O6

## Design and Practice of Ideological and Political Education in the Virtual Simulation Comprehensive Internship Course of Materials Science

Yongsheng Niu, Hongchun Li\*, Jie Wang, Weina Li, Liangyu Gong, Qinxing Sun

College of Chemistry and Pharmacy, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, Shandong Province, China.

**Abstract:** Integrating ideological and political education into professional courses is a key strategy for collaborative education in universities. The virtual simulation comprehensive internship course for materials science, a specialized practical course, incorporates immersive ideological and political case studies. This paper begins by discussing the significance and necessity of implementing curriculum ideological and political education reform in the internship course. It then highlights the teaching reform practices undertaken in the virtual simulation comprehensive internship, summarizing the objectives, measures, and significance of ideological and political education in the professional practice courses, and outlines the outcomes of these reforms.

**Key Words:** Virtual simulation; Ideological and political education; Practice course; Teaching reform

习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上指出,“高校立身之本在于立德树人”,“要坚持把立德树人作为中心环节,把思想政治工作贯穿教育教学全过程,实现全程育人、全方位育人,努力开创我国高等教育事业发展新局面”。这要求高校教师在传授知识的同时,更要注重育人,通过精心设计实现课程思政贯穿课堂全过程<sup>[1]</sup>。正如,汤(课程)中缺盐(思政)淡而无味,也不能边喝汤边吃盐,只有适量的盐融入汤才美味。同样,引人入胜的课堂必须要巧妙融合知识和思政元素<sup>[2]</sup>。目前,理论课程基本实现门门有思政,然而,专业实习课程在思政教育方面重视程度还有待提升<sup>[3]</sup>。

收稿: 2024-03-12; 录用: 2024-05-16; 网络发表: 2024-09-10

\*通讯作者, Email: helichifeng@163.com

基金资助: 山东省本科教学改革研究项目(M2021240); 教育部供需对接就业育人项目(20220100198); 教育部产学研协同育人项目(201902164013, 201902085013); 青岛农业大学课程思政示范课程

青岛农业大学材料化学专业创建于2004年，2007年建设成为校级特色专业，2012年获批山东省特色名校工程重点建设专业群，2016年成为山东省高水平应用型立项建设专业，2022年获批山东省一流本科专业建设点。因教学条件的限制，开设一门设计研究性实验存在一些困难，而材料类教学质量国家标准要求的实践性教学环节至少包含1种“原料的选择-配方计算-工艺方案设计-制备-相关性能测试及结构分析等全过程训练”。在青岛农业大学材料化学和功能材料两专业中开设了材料虚拟仿真综合实习课程，其内容涉及原药合成、二氧化碳基聚合物的研发、材料改性、载农药粒子的制备、农用地膜的加工、性能测试、大田使用性能评价，可实现学生随意设计实验条件，反复操作，有效解决了全过程训练的难题。此外，实验内容也得到社会认可，本实习课程中的三个仿真实验被评选为山东省一流课程，即2019年“植物生长调节剂2,4-DI制备、质量控制与活性评价贯通实验”、2021年“二氧化碳基新材料研制及其载农药纳米粒子大田杀虫虚拟仿真实验”、2024年“二氧化碳基生物降解农用地膜的制备及大田应用虚拟仿真实验”(本课程已被推荐申报第三批国家级一流课程)。本课程在教学内容符合青岛农业大学材料化学专业培养要求，也是理论课程和实践的重要桥梁，具有创新性和设计研究性。此外，农药载体材料和农用地膜材料属于农用新材料领域，结合我校材料化学专业在农用新材料领域的贡献，挖掘思政元素，实现在传授知识的同时，也实现育人，进而培养学生能情系三农、服务三农、惠及三农的情怀。

## 1 实习课程开展课程思政教学改革的必要性和意义

实习课程开展课程思政改革的必要性。材料虚拟仿真综合实习是青岛农业大学材料化学专业的一门专业核心实习实践课程。首先，部分带实习课程的老师在理解上存在误区，课程思政是理论课程的专属，导致实习课程思政不足；其次，部分带实习课程的老师在认识上存在误区，认为实习课主要指导学生如何设计实验方案、掌握仪器操作方法和技巧，解决一定的实际问题，传授知识和技能，面对呆板的仪器设备，无思政元素，导致实习课程思政教学不足；再者，部分带实习课程的老师重点培养学生的实操训练，让学生尽可能掌握实习场地的仪器设备和生产工艺等，不重视实习课程思政元素的发掘与利用，致使育人不足。

为了解学生对专业课程思政的实施情况，对青岛农业大学材料化学和功能材料两本科专业2000级138名同学进行了对专业课程建设满意度问卷调查，主要包括：学生对课程思政目标明确性、课程思政内容丰富度、课程思政设置清晰度、教学思政教学满意度，见表1。调查结果表明：绝大多数同学对课程思政目标明确性仅了解，对课程思政内容丰富度认为一般，对课程思政设置清晰度还有相当部分同学模糊，对课程思政教学满意度认为一般，这也说明专业实习实践课程开展课程思政教学改革非常迫切。

表1 本科生对专业建设满意度问卷调查

项目	评价		
课程思政目标明确性	模糊	了解	明确
	13.0%	55.1%	31.9%
课程思政内容丰富度	单一	一般	丰富
	5.1%	58.7%	36.2%
课程思政设置清晰度	模糊	了解	清晰
	27.5%	55.1%	17.4%
课程思政教学满意度	不满意	一般	满意
	3.6%	71.0%	25.4%

实习课程开展课程思政教学改革的意义。2008年国务院发布“限塑令”；2015年由国家农业部启动化肥农药使用量零增长行动，由生物可降解缓控释材料研制的缓控释农药、缓控释复合肥起了不可忽视的作用；2020年1月，国家发改委、生态环境部发布《关于进一步加强塑料污染治理的意见》，开启了“禁塑令”；2020年9月，国家正式明确提出2030年“碳达峰”与2060年“碳中和”目标。绿色生物可降解环保视角下的材料虚拟仿真综合实习课程思政教育是时代的需求，每一个实验项目具有大量的思政元素，都可使学生在操作过程中感受到生物可降解材料绿色环保的价值观，同时可激发学生勇于创新不畏困难的热情，培养学生正确的人生观和价值观，为新材料方面人才的培养奠定了坚实的基础。任课教师认真梳理思政元素，在实习操作过程中巧妙将其润物无声地融入课程全过程。学生在这种情况下学习很容易产生共鸣，行之于途而应于心，更具有感染力和亲和力。与理论课程相比，在实习课堂上，师生交流更随意，更容易使课程思政与时代和实践操作产生同频共振，课堂更生动，富有温度。材料虚拟仿真综合实习课程具有较强的创新性和设计研究性，以培养学生综合运用知识解决实际问题 and 创新思维能力为目标，巧挖思政元素润物有“形”有“声”，践行绿色环保生态理念，培养勇做绿色生活倡导的新材料研发应用人才。故，材料虚拟仿真综合实习课程可实现传授专业知识的同时，又全面育人。

## 2 材料虚拟仿真综合实习授课中的课程思政实践

课程思政巧妙融入课堂，激发学生自主学习兴趣，提高学习效果，就要实现“如春在花，如盐在水，润物无声”<sup>[3]</sup>。在材料虚拟仿真综合实习课程中，首先，构建了材料虚拟仿真综合实习课程思政教学目标；其次，精心设计材料虚拟仿真综合实习课程思政教学内容并实施；最后，通过材料虚拟仿真综合实习课程思政考核来检验思政融入的成效。

### 2.1 材料虚拟仿真综合实习课程思政教学目标构建

结合《高等学校课程思政建设指导纲要》提出的课程思政目标，围绕绿色可持续发展理念、科学素质、工匠精神、服务三农和家国情怀等方面，梳理材料虚拟仿真综合实习课程蕴含的思政元素，制定了课程的教学目标，落实立德树人根本任务，有效将价值塑造、知识传授和能力培养三者融为一体，制定了材料虚拟仿真综合实习课程的教学目标，见表2。

表2 材料虚拟仿真综合实习课程思政教学目标

知识目标	能力目标	素质目标
1.1 理解聚合反应分子变化机理，掌握酯化-缩聚化学变化及其特点	2.1 能够将反应理论知识灵活应用到聚合实验中，独立开展实验	3.1 培养客观评价聚合工艺对环境及社会可持续发展理念
1.2 掌握聚合反应原料与催化剂比对聚合反应的影响	2.2 能够运用高分子聚合理论知识进行实验方案设计	3.2 培养分析思考能力和创新能力的科学素质
1.3 掌握聚合反应条件对聚合反应的影响，了解不同设计和操作方案导致的结果变化	2.3 开拓学生实验方案设计思路，提高学生的实操能力	3.3 培养解决复杂工程问题的能力和精益求精的工匠精神
1.4 掌握生物可降解农膜加工工艺，掌握加工成型实验的操作过程	2.4 能够设计加工生物可降解农用地膜，具备操作吹塑机的能力	3.4 培养自我探索能力、自主创新意识和服务三农使命
1.5 掌握聚酯合成过程中涉及原料选取、工艺设计与优化、产品分析和市场开发等方面的专业知识	2.5 能够控制聚合参数、灵活运用聚合方法，判断反应结果	3.5 了解生产对社会、健康、安全的影响，激发学生科技兴农的家国情怀和社会责任
1.6 掌握农药载体材料合成工艺，掌握载农药粒子的制备及其应用方法	2.6 能够设计制备载农药粒子，精通自组装技术	3.6 树立绿色可持续发展理念，认识农业面源污染的严重性，树立解决的办法

## 2.2 材料虚拟仿真综合实习课程思政教学内容设计与实施方法

材料虚拟仿真综合实习课程思政教学内容设计。课程内容由生产安全知识、操作实训和考核模块三部分组成，实习1周。通过价值观引导于知识传授和能力培养之中，以全面实施课程思政建设。课程结合专业特色，按照材料虚拟仿真综合实习课程的内容和特点，从生产实习安全、实操科学求实精神、绿色环保可持续发展理念、双碳战略、白色污染、温室效应等方面融入思政元素，并通过课前学情分析、任务引导与自主学习结合，课中互学互评、梳理归纳、汇报交流与精讲精练相结合，课后答疑指导和沟通交流等方式将思政内容融入教学中，见图1。把立德树人贯穿教学全过程，培养学生追求真理、勇攀高峰、服务三农的责任感和使命感，树立学生可持续发展的绿色低碳发展理念，培养精益求精的大国工匠精神，激发学生科技兴农的家国情怀和社会责任<sup>[4]</sup>。

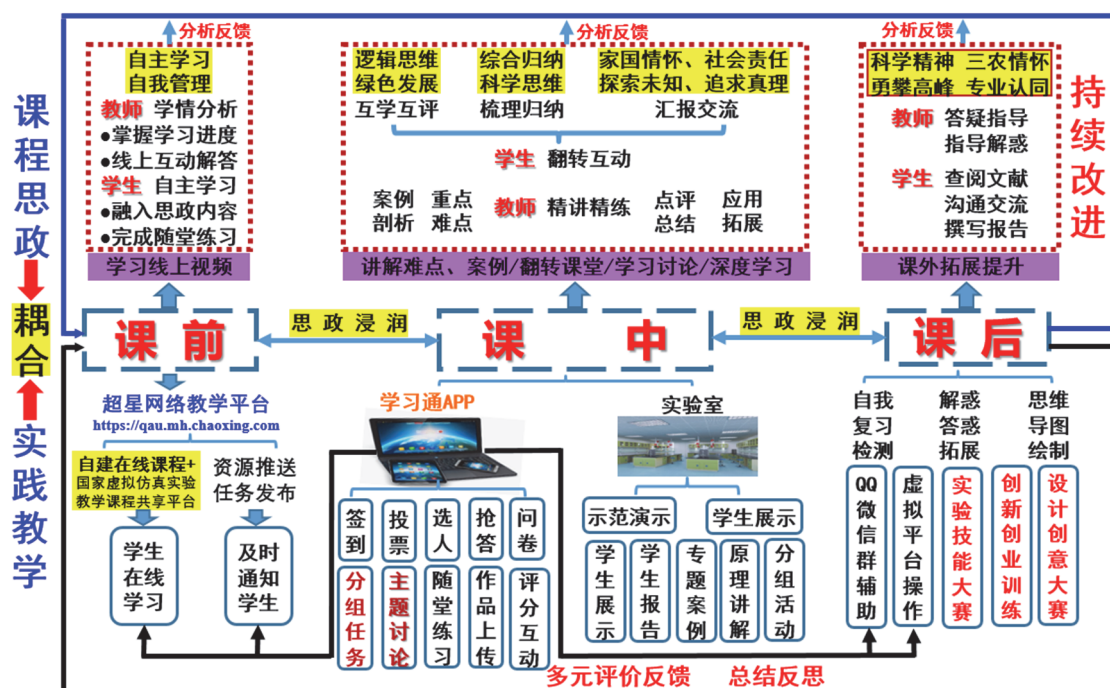


图1 课程思政与实践教学融合模式

首先，梳理材料虚拟仿真综合实习课程内容，凝练课程思政元素，探讨思政素材与课程知识体系的内在关联，结合材料虚拟仿真综合实习课程思政典型案例，来激发学生主动学习的兴趣。其次，通过学习通学习平台和QQ交流群，发布思政素材和学习任务，组织学生分析讨论，汇总凝练解决问题的方案，从而使课程思政和实践教学深入耦合，使学生在理解的基础上内化知识，梳理正确的价值观、人生观、世界观。材料虚拟仿真综合实习课程思政教学内容设计见表3。

材料虚拟仿真综合实习课程思政教学实施方法。课前采用Small Private Online Course (SPOC)课堂、小组讨论，课中采取案例教学、小组讨论、项目驱动，课后采用小组讨论等教学方法开展课程思政教学。

SPOC课堂教学法。教师将生产安全的一些典型事件的视频资料通过“SPOC”推送给同学，让同学们思考“江苏盐城突发重大爆炸事故的原因是什么？”“如何可以避免江苏盐城突发重大爆炸事故？”，让同学们按照这次事故的起因，设计实验，通过虚拟仿真实验来模拟。教师在平台监督同学们的预习情况，及时完善课堂教学设计。通过线上视频学习、虚拟仿真操作，使学生具有身临其境的感觉，认识生产安全的重要性，激发学生的学习兴趣，掌握生产安全知识及生产安全法等，提升了教学效果。

表3 材料虚拟仿真综合实习课程思政内容设计

序号	分类	教学内容	融合思政内容的教学过程
1	课前预习	1.1 生产安全等知识的学习 1.2 生产安全法学习 1.3 实习认识	<p>【课前案例】江苏盐城突发重大爆炸事故</p> <p>【问题导入和学生研讨】分析引起爆炸事故的原因和危害</p> <p>【问题导入和学生研讨】生产安全法立法的背景和生产安全风险的成因</p> <p>【课前启发】生产安全事件和生产车间之间的关联性</p> <p>【课前教师线上讲解】从国家安全、生命健康、生产资源和生态环境等方面引入生物安全；从实验室安全、化工厂车间安全等方面阐述风险的成因</p>
2	实习操作	2.1 二氧化碳基聚合物(PPC)的单釜共聚合成 2.2 聚己二酸/对苯二甲酸丁二酯(PBAT)单釜直接熔融共聚合成 2.3 PBAT/PPC农膜的吹塑成型 2.4 农用地膜性能测试 2.5 农用地膜的使用性能评价	<p>【课前案例】20220814海利尔公司六车间二甲基甲酰胺脱溶釜过压破裂事故</p> <p>【问题导入和学生研讨】反应釜操作失误产生的危害性</p> <p>【课堂教师讲解和演示】讲解高压反应釜设备的工作原理和操作规范，课后引导学生思考控温装置出现报警不及时处理、压力过高、操作不规范的原因</p> <p>【课前案例】温室效应和白色污染问题</p> <p>【讨论】分析温室效应的起因、危害性及解决方案</p> <p>【教师讲解和演示】讲解PPC合成的原理，合成的操作规范和注意事项；讲解PPC属于CO<sub>2</sub>回收利用的典型实例，引导同学反思，培养学生废物回收利用和环保意识</p> <p>【课堂教师讲解和演示】讲解PBAT的合成原理及生产过程和演示PBAT生产操作规范和注意事项；讲解PBAT属于一种典型生物可降解材料，引导学生反思，培养学生绿色可持续发展的理念</p> <p>【课堂教师讲解和演示】讲解农用地膜的使用性能评价，引导学生反思，培养学生服务三农的使命</p> <p>【启发和课堂随机提问】了解绿色可持续发展有何意义？引导学生认识温室效应、白色污染危害性，以及双碳目标传略的重要性</p> <p>【课前问题导入和学生自主学习】白色污染和温室效应</p> <p>【课堂教师总结】以时间为轴，引起全球变暖和白色污染的历史起因</p> <p>【课前问题导入和启发】PBAT/PPC农膜对生产实际有何意义？如何设计PPC和PBAT生产原料配比、合成工艺路线？</p> <p>【课堂学生汇报及教师总结】学生文献汇报，教师补充研究动态；重点讲解PPC的合成催化剂的选择、单体的回收、聚合物的纯化等</p> <p>【学生活动】各小组合作完成实习项目，撰写实验报告，对整个实习过程进行现场汇报，反思实习过程中温室效应和白色污染等问题</p>
3	课后总结		<p>【课堂问题导入和学生研讨】引导学生进行知识点回顾和如何运用相关知识在温室效应和白色污染等方面贡献自己的力量</p> <p>【课堂教师总结】总结“农用地膜材料的PPC和PBAT的合成、PBAT/PPC农膜的吹塑成型、农用地膜性能测试和农用地膜的使用性能评价”的设计和操作规程；启发学生开展生物可降解材料合成与应用研究，以及涉及的相关生产安全问题</p> <p>【课堂教师案例导入】讲述学校成果农用地膜对农业生产所做的贡献，提高学生的专业认同感，强化学生的服务三农、爱国情怀和使命担当</p>

案例教学法。在“二氧化碳基新材料研制及其载农药纳米粒子大田杀虫虚拟仿真实验”中，引入案例“纳米技术”，内容包括纳米材料与农药结合的目的是什么、纳米材料的制备方法、农药纳米粒子增效机理，以及农药进入靶生物体内的方式等问题，以此激发学生独立思考和创新意识。通过纳米农药的大田杀虫应用，引导学生发现问题、分析问题和解决问题，从而掌握纳米农药开发的

意义, 形成观点和提高能力, 进而实现在参与式教学的过程中培养学生的综合能力。

小组讨论法。第一次课将学生按自由组合的方式进行分组, 组织每组成员对教学任务合作完成。同时将诸如“植物生长调节剂2,4-DI合成工艺”“二氧化碳基新材料合成工艺条件”“农药纳米粒子大田杀虫”“二氧化碳基生物降解农用地膜的制备工艺条件”“二氧化碳基生物降解农用地膜大田使用”等研讨课题分给不同小组。组内成员分工合作, 查阅文献资料, 设计不同实验方案、对比实验结果, 课下集中总结、讨论, 课上分组汇报, 每次各组指派1名同学发表组内讨论的观点, 其他同学补充; 小组之间互相提问, 讨论结束后由任课教师对教学任务、学生的观点进行总评; 课后及时收集各组反馈问题和建议, 同时对各小组进行考核, 给出成绩并评价。通过组内讨论可以增加学生在课堂的参与度, 激发学生的专业认同感和自信心, 培养相互协作和共同解决问题的能力, 激发参与讨论和交流思想的兴趣; 组内讨论也能满足学生的求知欲和表现欲, 拓宽视野、培养团队合作精神。

项目驱动式教学法。本虚拟仿真综合实习的教学内容由“植物生长调节剂2,4-DI制备、质量控制与活性评价贯通实验”“二氧化碳基新材料研制、及其载农药纳米粒子大田杀虫虚拟仿真实验”“二氧化碳基生物降解农用地膜的制备及大田应用虚拟仿真实验”三大模块组成, 各模块都具有大量思政元素, 以及探究问题多样性、学科交叉明显等特点。通过项目驱动式教学开展实际任务训练, 可以帮助学生充分认识到所掌握的知识和实验技能需要与实际问题相结合, 同时也可以进一步提高运用所学知识解决生产安全问题、化工生产领域复杂科学问题和复杂应用问题的意识, 从而真正做到将思政元素融入课程教学。

### 2.3 材料虚拟仿真综合实习课程思政考核方案

课程的考核需同课程目标相呼应, 注重全过程考核。在考核体系中应体现生产安全、持续发展理念、白色污染、服务三农、爱国情怀、使命担当和创新思维等内容的考核。为调动学生的积极性, 采用过程性考核。把生产安全考核放在平时生产安全学习和操作规范, 占35%; 持续发展理念和创新思维放在综合实验的应用能力上, 占40%; 把白色污染、服务三农、爱国情怀和使命担当等相关内容考核放在课程论文上, 占30%, 具体见表4。考核内容包含: 课前, 学生查阅资料的能力、生产安全理论知识、实验设计能力; 课中, 学生的操作规范、处理突发事件的能力等; 课后, 学生归纳总结能力、实习报告撰写能力、绿色可持续发展理念和社会责任感等。通过这种全过程线上考核, 培养了学生学习的主动性、激发了学生学习的热情、调动了学生自主学习的动力, 实现了以学生为中心的教學理念<sup>[5]</sup>。

从表4可以看出: 课程考核是对整个实践教学环节的全程考核。对专业实习课程开展课前、课堂和课后的过程考核, 一方面能有效杜绝学生不参与课堂活动和抄袭报告等问题, 另一方面可帮助授课教师全面了解学生实习操作实践全过程, 及时发现问题, 并能分析是个性还是共性问题, 帮助学生及时解决。课前, 重点考核生产安全隐患分析判断能力、查阅资料能力、实验综合设计能力; 课中, 重点考查实验操作技能、时间规划能力、解决问题能力等; 课后, 重点考查归纳综合分析能力、报告撰写能力、绿色可持续发展理念和社会责任感等。通过这种方案的考核, 调动学生自主学习的积极性, 激发同学们的学习动力<sup>[6]</sup>。

## 3 教学效果

为了解材料虚拟仿真综合实习课程融入思政的教学效果, 对开课的材料化学和功能材料两专业2021级140名学生进行了调差问卷(见表5)。调查结果表明: 在授课实施过程中, 学生对融入的思政内容满意度为100%, 绝大多数学生对思政内容感兴趣, 90%以上的同学认为思政对课程的学习有帮助, 对课程学习目标更清晰。针对一般认同的同学进行座谈, 我们了解到这部分同学认为: 思政元素的引入使学生对课程内容的理解更加扎实, 但会延误操作时间。后期对课程思政教学的目的、内容和方法还需进一步优化, 以期达到和全体同学共鸣的目标。

表4 材料虚拟仿真综合实习课程思政考核方案

序号	项目	考核内容	占比	考核方式
1	生产安全	生产安全虚拟仿真实训的识别情况, 和课程总结	15%	实训操作和课程论文
		实习过程的操作规范	20%	实训操作
2	实习操作	课前预习绿色可持续发展理念	15%	预习报告
		实验方案设计、虚拟操作、实验报告等和自我能力提升、创新意识、社会责任	25%	实训操作、提问考核
3	期末评价	归纳综合分析能力、报告撰写能力、绿色可持续发展理念和社会责任感	25%	实习周志 实习报告

表5 材料虚拟仿真综合实习课程思政满意度问卷

专业	对融入的思政内容是否满意				对融入的思政内容是否感兴趣			
	非常满意	满意	一般	不满意	非常有趣	有趣	一般	无趣
材料化学	63.5%	26.9%	9.6%	0	62.1%	28.7%	9.2%	0
功能材料	65.9%	25.8%	8.3%	0	60.9%	29.3%	8.6%	1.2%
专业	思政内容的融入对课程学习有无帮助				融入思政内容对课程学习目标是否更清晰			
	非常有帮助	有帮助	一般	没帮助	非常清晰	清晰	一般	无用
材料化学	72.5%	26.4%	9.1%	0	74.8%	15.9%	9.3%	0
功能材料	69.8%	29.4%	0.8%	0	71.8	18.4	9.8	0

### 3.1 实施了生产安全教育训练, 培养了学生的生产安全意识

借助虚拟实验将生产安全危险事件还原, 学生身临其境, 感受到高压反应釜操作不当造成灾难的严重性, 意识到危险化学品的危害性, 体验突发危险事件未及时处理的灾难性。这种生产安全教育训练, 增强了学生们生产安全意识, 提升了后期操作实习的成功率, 培养了学生提前查阅文献、精准设计实验的意识, 锻炼了学生规范操作、沉着思考问题等能力, 提高了学生全面思维的品质。

### 3.2 培养了良好的学习习惯, 提升了学生学习的兴趣和深度

通过课程思政的引入, 帮扶人生目标不明确的同学建立长期和短期学习目标, 并且让学生看到自己有能力达成目标, 进而激发学生学习的主动性。通过课前查阅资料、设计实验、组内讨论, 课上完成任务、实验分析, 课后总结汇报等活动, 培养了学生对问题深层次思考和剖析深究能力, 科学素养自然得到提升。经思政教学改革第一年, 学生的成绩有了明显提升, 优秀占比28.4%, 良好占比64.9%, 一般占比6.7%。参加课外双创大赛和科技活动的学生占比也明显提升, 近三年年均获得国家级大学生创新创业立项6项, 省级8项, 校级31项。学生参加科技竞赛活动也明显增加, 近三年年均获得国家级5项, 省级10项, 校级36项, 科技创新能力和创新思维能力均有明显提升。

## 4 结语

以绿色可持续发展理念为背景的材料虚拟仿真综合实习课程思政教育实现既教书又育人的使命, 通过服务三农使命、爱国情怀、工匠精神等方面结合思政教育, 可循序渐进提升学生的思想品德修养<sup>[7]</sup>。借助虚拟仿真的优势, 让学生直观感受生产安全的实际问题, 深层次意识到精心设计、精益求精、安全生产的必要性, 激发学生创新科研意识, 培养学生具有“知农、爱农、强农、兴农”的家国情怀。

参 考 文 献

- [1] 赵琦, 张瑞, 邱意弘, 曹林奎, 李银生, 李新红. 高等农业教育, **2023**, No. 5, 106.
- [2] 王冬梅. 北京教育(德育), **2023**, No. 10, 36.
- [3] 郑炜超, 赵淑梅, 李保明, 王朝元, 施正香, 童勤, 季方. 高等农业教育, **2023**, No. 5, 77.
- [4] 闫毅, 颜静, 姚东东. 大学化学, **2021**, *36* (3), 2008023.
- [5] 王月霞, 杜登学. 大学化学, **2022**, *37* (10), 2112059.
- [6] 孙浩, 侯美静, 王华子, 凡素华, 武海. 大学化学, **2022**, *37* (10), 2204077.
- [7] 任颜卫, 杨少容, 邓远富, 王湘利, 展树中. 大学化学, **2023**, *38* (10), 115.