

基于工程创新能力培养的高分子 物理实验混合式教学改革研究 ——以嘉兴学院为例

张葵花 代正伟 吴雯¹

(嘉兴学院 材料与纺织工程学院, 浙江 嘉兴 314001)

【摘要】: 从实验项目化设计入手, 结合工程创新能力培养, 采取线上、线下混合式实验教学方法, 对高分子物理实验课程进行了教学改革。结果显示, 以学生为中心、实验项目为驱动、工程创新能力培养为目标的实验教学模式, 充分吸收了现代互联网信息技术在实验教学中的优势, 能够充分调动学生的学习积极性, 显著提高学生的自学能力、语言表达能力、实践动手能力、分析问题和解决问题的能力、团队合作与协调能力。

【关键词】: 实验项目化 混合式实验教学 高分子物理

【中图分类号】: TB324.02 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1671-3079(2021)02-0140-05

工程教育专业认证在以学生为中心、以产出为导向、以质量持续改进三大基本理念指导下, 从工程知识、问题分析、设计/开发解决方案、研究、使用现代工具、工程与社会、环境和可持续发展、职业规范、个人和团队、沟通、项目管理和终身学习十二个方面对学生开展毕业能力达成度的专业认证, 目标是要培养具有工程创新能力的高质量工程技术人才。^[1-2]作为工程教育重要组成部分的实验教学是培养学生理论联系实际能力、工程实践能力和创新能力的重要环节。本文在“以学生为中心、以工程创新能力为导向”的培养理念下, 结合课程目标和特点, 基于“实验项目化+工程创新能力”的实验教学设计, 对高分子物理实验课程进行线上、线下混合式教学改革, 使学生在有限的实验课堂教学内, 既能掌握基本的实验操作技能, 又具有较强工程实践能力和创新能力。

一、改革的必要性

高分子物理实验课程的主要内容包括测定和研究聚合物的平均分子量(黏均、重均、数均)及分子量分布、聚合物溶液的性质、聚合物的结晶结构、共混物的织态结构、聚合物的热性能、聚合物的电性能(绝缘性和介电性能)、聚合物的力学性能(拉伸性能、抗冲击性能、剪切性能、抗弯性能等)、聚合物的流变性能等。由于高分子物理实验课程具有三多(知识点多、实验内容多、验证性实验多)两少(实验仪器配套少、课时少)的特点, 按照传统实验教学模式难以达到工程教育认证的标准。因此, 有必要对高分子物理实验课程进行“实验项目化+工程创新能力”培养的线上、线下混合式教学改革。

基金项目: 教育部产学合作协同育人项目(202002308014); 嘉兴学院专业实践教学综合改革研究项目(SJZY200723); 嘉兴学院课堂教学改革(jxxy201909)

作者简介: 张葵花(1969-), 女, 江西资溪人, 嘉兴学院材料与纺织工程学院副教授, 研究方向为功能高分子材料。

网络首发时间: 2021-03-10 14:23:41 网络首发网址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/33.1273.Z.20210309.1145.007.html>

（一）“实验项目化+工程创新能力”改革的必要性

工程教育的培养目标是培养具有工程创新能力的专业技术人才，其内涵主要包括信息获取、分析和挖掘能力、项目管理能力、实践操作能力、工程设计能力、科学研究能力、团队协作能力、沟通交流能力、分析问题和解决问题的能力、系统分析和综合能力。^[3-4]传统的高分子物理实验课程，学生通常先按要求书写实验预习报告，然后教师讲解实验步骤并演示，学生照方抓药，最后完成实验报告。整个实验教学过程中学生只是被动接受知识，没能充分激发和调动学生的学习主动性，更谈不上提高学生的工程创新能力，因此，实验教学没有充分发挥其理论与工程实践相衔接的桥梁作用。而实验项目化是以学生为主体、项目为载体、任务为驱动及能力培养为导向的实验教学模式，^[5]这种实验教学模式，将学生由被动性、个体性、验证性学习向主动性、团队合作性、探究性学习转变，在充分调动学生学习积极性、激发学生创造性的同时，还能培养学生的工程创新能力。因此，有必要对高分子物理实验课程进行“实验项目化+工程创新能力”实验教学改革。

（二）线上、线下混合式教学改革的必要性

传统实验教学中，由于学生缺乏对实验过程和仪器的直观认识，教师需花大量的时间讲解实验原理、仪器、内容和注意事项。学生的实验成绩主要是通过教师对学生的实验报告作出评价，而对学生在实验过程中遇到的问题则缺少有效的解决途径，从而影响实验教学的效果。现代“互联网+教育”的高速发展，为线上、线下混合式教学改革提供了有利的实施途径，线上、线下混合式教学是将传统课堂教学（线下）和网络教学（线上）相结合的新型教学模式，可以解决在时间上、空间上无法解决的难题。如清华大学推出的“智慧教学工具箱”——雨课堂，能充分利用信息技术手段将 PowerPoint 和微信融为一体，将课外学习与课堂教学有机结合，充分发挥课前、课中、课后每一个环节的作用，采用丰富的教学手段，最大限度地发挥教与学的效能，实现教学信息化“互联网+黑板+移动终端”，^[6-7]有利于推动实验教学改革。高分子物理实验课程教学具有大型设备少、课时少的特点，如果仅依赖于课堂实验教学，则较难完成实验教学目标，更谈不上提升学生的工程创新能力。因此，有必要利用雨课堂的课前、课中、课后每一个环节，进行线上、线下混合式教学改革。

二、改革实施过程

（一）“实验项目化+工程创新能力”改革实施过程

在“实验项目化”上，依据高分子物理实验课程教学大纲、课程目标对实验教材中的实验项目进行梳理和提炼；在“工程创新能力”上，结合当地企业的发展，通过校企合作、产教融合、协同育人，营造一定的职业情境，培养学生的工程创新能力。为确保实验基础和实验项目的顺利实施，课程组将总学时划分为两个部分，第一部分为基础实验部分（主要是基础实验操作，共 10 学时），第二部分为实验项目（学生分组完成，共 22 学时）。整个实验项目以学生为主体，教师为主导。具体由学生成立实验项目小组，合作完成文献的查阅，制定详细、可行的实验方案和实施方案，分析、讨论、总结实验结果，撰写并汇报实验论文等。教师在每个环节进行指导和跟踪，同时，聘请企业导师对方案制定和实验结果进行评价。

“实验项目化+工程创新能力”的改革实施，不仅提高了学生的实验操作能力，同时培养了学生的工程创新能力及职业意识。目前，嘉兴学院高分子物理实验室已与当地多家知名企业合作，具体合作的实验项目见表 1 所示。

表 1 校企合作高分子物理实验项目

实验项目	高物实验核心内容	主要仪器	对应企业
高吸水树脂的制备与性能研究	微观形貌和化学结构表征、热性能、凝胶强度	SEM、FTIR、DSC、TGA、流变仪	浙江卫星石化股份有限公司

玻璃纤维增强环氧树脂的制备与性能研究	微观形貌、热性能、力学性能（拉伸性能、冲击强度）	拉伸 DSC、TGA、拉伸试验机，冲击仪	中国巨石股份有限公司
聚酯（PET）熔融纺丝过程的性能研究	结晶性能、热性能、流变性能、力学性能（拉伸性能）	XRD、DSC、TGA、流变仪、拉伸试验机	浙江新凤鸣集团股份有限公司
高性能聚酰亚胺薄膜的性能研究	热性能、电性能（介电性能、体积电阻和表面电阻率）、力学性能	DSC、TGA、介电常数测试仪、高阻计、拉伸试验机	嘉兴瑞华泰薄膜技术有限公司
PE 和 PP 共混物的相容性研究	结晶结构、热性能、力学性能（拉伸性能、冲击强度）	偏光显微镜或拉伸试验机、抗冲击仪	世源科技（嘉兴）医疗电子有限公司
聚乳酸的降解行为研究	降解过程中微观形貌和化学结构、热性能、分子量变化	SEM、FTIR、DSC、TGA、GPC、黏度计	浙江三创生物科技有限公司

备注：SEM、FTIR、XRD、DSC、TGA、GPC 分别为扫描电镜、红外光谱、X-射线衍射、差式扫描量热分析、热重分析、凝胶渗透色谱的英文缩写。

图 1 是“实验项目化+工程创新能力”改革实施过程。

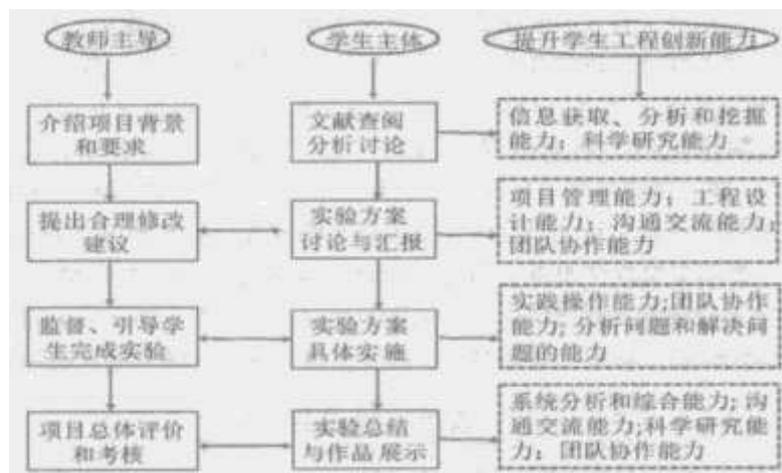


图 1 “实验项目化+工程创新能力”改革实施过程

(二) 线上、线下混合教学改革实施过程

基于“实验项目化+工程创新能力”培养的线上、线下混合式教学改革，就是要充分利用雨课堂平台，紧扣“课前、课中、课后”3个环节，实现线上教学和线下课堂教学的有机结合，有效解决高分子物理实验课程存在的实验内容多、验证类实验多、实验设备少、实验课时少等影响实验教学效果的不足。

1. 做好实验教学前的预习工作，充分发挥学生的主动性

充分利用清华大学推出的“智慧教学工具箱”——雨课堂可以上传视频和插入题目的特点，结合高分子物理实验课程，将

仪器的实验原理、结构、操作步骤录制成微课上传到雨课堂，同时，插入与视频相关的预习问题、注意事项等，并在电脑上设置一些相关的题目作为打开仪器的密钥，学生只有把这些问题回答正确后才能对仪器进行操作，督促学生做好预习，掌握仪器的基本操作，以节省实验课堂教学中教师讲解和演示的时间。通过观看视频，提高了学生的学习兴趣，也激发了学生的创新思维。目前，课程组已经将高分子物理实验课程中需用到的大部分大型仪器操作规程录制成视频用于实验教学，既节省了课堂实验教学的时间，又解决了学生多仪器少的问题。

2. 做好实验项目的实施过程，充分发挥教师的指导作用

实验项目化，并不是简单的“放羊式”实验教学，实际上需要教师花更多的时间和精力，不仅要线下现场指导，更需要线上随时指导和跟踪，因此，要充分发挥教师的指导作用。一是利用“雨课堂”讨论区的发帖功能，在文献查阅过程中，指导学生如何更好地阅读、整理和分析文献，从中提炼有用的信息进行共享；二是在方案设计过程中，通过“雨课堂”随时跟踪指导学生，直到方案确定；三是在实验方案实施过程中，教师通过线上视频在线指导，不但多个实验项目可以同时进行，而且可以随时在线掌握学生的出勤情况和实验态度；四是在实验项目论文写作过程中，教师可运用线上、线下功能，对学生的实验数据的收集与分析、作图等问题进行指导。总之，只有充分发挥教师在实验项目实施过程中的指导作用，学生才能高质量地完成实验项目，进而提升其工程创新能力。

3. 做好实验教学课后工作，提升学生实验技能和工程能力

课程组在完成实验教学的同时，还专门设计了多样化的实验教学题目编成试题库，对学生进行考核，使学生在完成试题的过程中，既能对高分子物理实验的基础知识有一定的巩固，又能进一步拓宽学生的知识面，提高其运用理论知识解决实际问题的能力。同时，充分利用校企合作基地、产教融合基地等协同育人平台，组织学生到企业实地参观学习，定期聘请企业工程师进行网上授课，与学生互动、答疑解惑，让学生了解实验项目在企业实际生产过程中的意义，从而拓展学生的专业视野，培养学生的工程意识。

三、效果评价

传统的实验考核存在考核内容单一、重结果轻过程、考核标准不细化、依据不明确等缺点，考核内容也只包括实验预习（20%）、实验操作（20%）、实验报告（60%）3个方面。为解决传统实验考核存在的问题，改革后的实验考核采取线上、线下相结合的考核方式，并对考核内容、考核指标、考核过程进行细化，做到客观、公正地评价学生的工程创新能力，有利于课程目标达成度的评价。具体考核方式：课前预习（10%）+课后巩固（10%）、实验操作（20%）、实验项目（60%）（其中实验方案占10%、实验过程占30%、实验作品占20%）。实验项目由小组成员共同完成，但鉴于每个学生的贡献度不同，采取个人评价、团队评价、教师评价相结合的差异化考核。改革后的教学效果评价可通过课程目标的达成度（见表2）来体现。

表2 嘉兴学院高分子物理实验课程目标达成度计算表

课程目标	权重	分数	课前预习+课后巩固		实验操作		实验项目		评价结果 达成度
			均分 81.6	占比/%	均分 82.6	占比/%	均分 80.8	占比/%	
目标一	0.3	30	32.64	40	41.30	50	16.16	20	0.816
目标二	0.4	40	20.40	25	20.65	25	40.40	50	0.811
目标三	0.3	30	28.56	35	20.65	25	24.24	30	0.813
课程目标达成度（取所有课程目标评价结果的平均值）									0.813

以课程目标一为例:

$$\text{达成度}=(81.6 \times 0.4 \times 0.2+82.6 \times 0.5 \times 0.2+80.8 \times 0.2 \times 0.6) / 30=0.816$$

由表 2 可知, 经改革后的高分子物理实验课程的目标达成度情况较好, 说明教学改革取得了一定的成效。图 2 是学生完成高吸水树脂的制备与性能实验项目的部分实验成果展示。

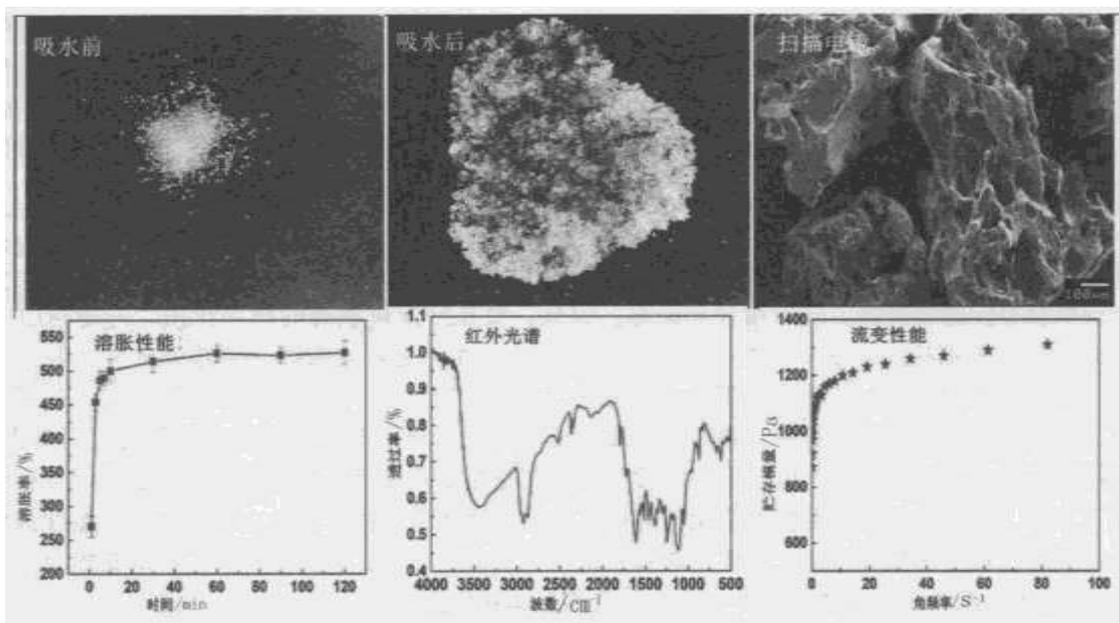


图 2 高吸水树脂的制备与性能实验项目的部分实验成果展示

另外, 合作企业对学生的毕业设计(文献综述、开题报告、大型仪器的使用、毕业论文的撰写)和实习过程给予了一定的肯定, 这也充分说明学生的工程创新能力得到了明显的提升。

四、结语

“实验项目化+工程创新能力”培养的线上、线下混合式教学改革, 践行了以学生为中心、实验项目为驱动、工程创新能力培养为目标的实验教学模式, 充分发挥了现代互联网信息技术在实验教学中的优势, 能够充分调动学生的学习积极性, 显著提高学生的自学能力、语言表达能力、实践动手能力、分析问题和解决问题的能力、团队合作与协调能力。同时, 对教师的教学能力、学生学习的自觉性和办学条件等提出了更高的要求: 一是教师不仅要具有较高的专业理论水平、深厚的科研基础和丰富的实践经验, 还需要熟练掌握现代互联网技术; 二是学生的自主学习能力要提高; 三是必须建立比较完备的校企合作、产教融合等协同育人平台。只有教师、学生、教学条件三者良性互动, 才能确保“实验项目化+工程创新能力”线上、线下混合式教学改革的有效实施, 把学生培养成具有工程创新能力的应用型人才。

参考文献:

[1]方润, 陈云平. 高分子材料与工程专业人才培养体系改革研究[J]. 教育教学论坛, 2014(9): 41-42.

[2]马兰超, 梁永日, 戴玉华. 基于工程教育认证理念《高分子材料研究方法》教学设计改革与实践[J]. 高分子通报,

2019(8):65-70.

[3]陈刚,高荣礼,符春林,等.基于微课模式的材料力学性能实验课程项目化教学[J].中国冶金教育,2020,196(1):78-80.

[4]李党娟.基于“光电技术实验平台”的工程创新能力培养[J].价值工程,2012(7):69-70.

[5]乔兵,王志瑾.基于问题的学习与工科大学生工程创新能力培养[J].南京航空航天大学学报(社会科学版),2012,14(2):88-94.

[6]王杨.基于“雨课堂”项目化课程混合式教学的效果与评价[J].职教论坛,2020(2):70-75.

[7]王帅国.雨课堂:移动互联网与大数据背景下的智慧教学工具[J].现代教育技术,2017(5):26-32.