

## 新工科背景下“高分子综合实验”课程教学建设及探索

田月兰\*, 白利斌, 秦江雷, 闰明涛, 巴信武

(河北大学化学与环境科学学院, 保定 071002)

**摘要:**国家大力推进新工科建设的背景下,我们对“高分子综合实验”课程教学建设从教学理念、教学内容、教学实践和评价机制四个方面进行探索,提出建立以学生为中心、立德树人的教学理念,基于全过程的综合实验项目,并在教学中及时融入新技术和新成果,以多元化评价机制督促教学。教学过程中既强化学生对基础知识的综合运用,又注重学生创新能力、工程实践能力和专业精神的培养,以适应新工科实践要求。

**关键词:**新工科; 课程教学建设; 工程能力培养; 高分子综合实验

为适应和引领第四次工业革命的需求和挑战,国家适时提出了新工科建设,我国教育界先后形成了“复旦共识”、“天大行动”和“北京指南”新工科建设的三部曲。“新工科”作为支撑国家发展战略的新型工程教育,时代赋予其新的内涵:以立德树人为引领,以应对变化、塑造未来为建设理念,以继承与创新、交叉与融合、协调与共享为主要途径,培养未来多元化、创新型卓越工程人才<sup>[1]</sup>。高分子科学是一门发展迅速的基础和应用科学<sup>[2]</sup>,对接新工业,高分子科学人才能力的培养最终需要落实到课程教学中,因此积极探索新工科背景下课程质量的提升和改进必须提上日程<sup>[3]</sup>。

“高分子综合实验”课程是化学本科生在修完基础化学、高分子材料与工程专业课程基础上,开设的一门综合性、实践性的专业课程,是高分子材料与工程专业本科生工程化训练的重要一环,在培养“工科”视域下工程人才关键能力方面具有重要推动作用<sup>[4]</sup>。近年来高分子科学发展迅速,在技术的创新、理论的发展和概念的突破等方面取得了显著研究成果<sup>[5]</sup>,这些应该在课程教学中及时向学生介绍;另一方面,基于国家战略发展新需求、国际竞争新形势,需要将立德树人新要求及时融入到教学中<sup>[6]</sup>。

### 1 树立以学生为中心、立德树人的教学理念

以学生为中心,促进学生全面发展,不是把学生当作被动接受知识的机器,而是把学生作为教育活动的主体<sup>[7]</sup>。传统实验模式是“照单抓药”,很难将知识消化吸收,大大削弱了培养综合实践能力的环境。基于此,我们以项目式实验单元的形式开展高分子综合实验教学,为学生营造独立思考、勇于创新的环境,以学生为主体完成实验单元项目。例如,有机玻璃这一实验单元的教学,指导老师给出实验题目后,学生需综合运用高分子化学、高分子物理和高分子成型加工的相关知识,积极开动脑筋,选择合适的合成制备方法,加工、测试路线。学生通过自主完成实验项目单元,扎实掌握了学科理论知识和操作技能,培养了工程实践能力、工程思维能力、创新意识、创新能力和良好的科学素养<sup>[8]</sup>。

教育根本在育人,育人核心在育德<sup>[6]</sup>。高分子综合实验教学在传授专业知识与技能的过程中,坚持把立德树人作为教学中心环节。通过展示高分子材料及实验技术在推动国民经济发展中发挥的重要作用,例如,有机玻璃、高分子基复合材料在生活、生产医疗中的应用,激发学生的行业自信。针对化学化工

10.14028/j.cnki.1003-3726.2021.10.011

收稿:2020-04-16;修回:2021-04-15;

基金项目:河北省高等教育教学改革研究与实践项目(2019GJJG0019),河北大学省级一流本科专业建设点(2021-YLZY-041),河北大学高层次人才培养项目(521000981305),河北大学化学与环境科学学院教改项目(H2-01004, H2-04004);

\* 通讯联系人:田月兰(1979-),女,博士,主要从事高分子化学与物理科研和教学。E-mail: tianyuelan@hbu.edu.cn.

实验中污染、爆炸、有毒有害等负面因素,在实验教学中着重融入绿色理念,要求学生余料回收利用,废液回收,提高材料的利用率,减少“白色垃圾”防止环境污染,从而培养学生良好的职业道德,厚植学生对国家社会环境的责任感、使命感。同时,课堂上充分强调实验安全注意事项时,融入人文教育,教育学生热爱生命、珍爱健康。

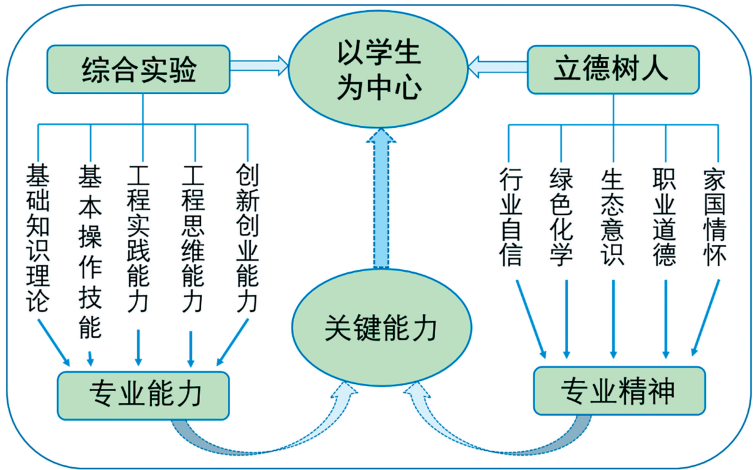


图 1 高分子综合实验教学理念  
Figure 1 Teaching concept of polymer comprehensive experiment

## 2 教学内容

### 2.1 基于全过程的实验项目

综合实验目的是强化学生对基础专业知识和理论的融会贯通,增强学生综合实验技能和工程实践能力,重点是教会学生从事高分子工作、开展科学研究的一些基本方法和步骤,加强团队合作的能力。按照从合成制备到加工、性能测试和结构表征的生产全过程,我们以典型高分子材料为研究对象,将高分子材料与工程专业实验有机嵌合成项目式实验单元。例如,玻璃钢这一实验单元,将配方设计、加工方法和力学性能测试等专业基础实验按照全生产过程优化整合为一个实验单元,学生通过完成该实验项目,熟悉玻璃钢的生产全过程,培养工程实践能力。我们按项目式实验单元的形式编写了配套教材《高分子科学综合实验教程》,教材中采用不同基体高分子材料,例如,粒料的聚苯乙烯、板材的有机玻璃和高分子基复合材料等作为实验项目的实施对象,使学生学会根据不同高分子材料选择并实施相应制备加工方法,调整制备工艺参数,使学生直观看到不同试样的化学制备方法 & 物理性能之间的差异,利用相关知识分析相应材料的实验现象和实验结果,从而全面掌握高分子科学知识体系。

### 2.2 及时融入新技术新成果

我校化学实验教学中心作为“国家级实验教学示范中心”的教学平台,可提供动态力学分析仪、差示扫描量热仪、高效液相色谱仪、平板流变仪、蠕变仪、扫描电子显微镜和偏光显微镜等大型精密仪器投入到高分子综合实验教学中,确保实验课程教学的正常进行,有效地提高实验教学质量,使学生熟悉高分子科学领域先进技术原理,掌握高分子材料测试表征的先进技术操作。

我校高分子材料与工程专业经过河北大学省级一流本科专业的建设,已形成教学水平高、科研能力强的教学团队。根据“高分子综合实验”课程涉及的教学内容、实验类型组建“高分子综合实验”课程教学队伍,以确保各实验教学环节指导到位,取得良好的实验教学效果。例如,聚苯乙烯微球的制备涉及多种聚合方法,包括悬浮聚合、分散聚合、乳液聚合、无皂乳液聚合、种子溶胀聚合等。分散聚合和种子聚合适用于制备大粒径的微球,微球粒径分散性较好;乳液聚合和无皂乳液聚合则常用于制备纳米级的微球,悬浮聚合虽然也可以制备大粒径的微球,但所得微球通常分散性较差。为使学生清楚不同粒径微球制备方

法的选择,配备熟悉合成领域的教师为该环节的指导教师,同时,教师结合自己的科研工作,将国内外合成领域的新成果,如 click 反应、RAFT 反应在教学中进行介绍,开阔学生视野。

表 1 高分子综合实验教学内容

Table 1 Teaching content of polymer comprehensive experiment

| 实验单元     | 实验过程 |      |               | 新技术新成果及综合知识技术                   |
|----------|------|------|---------------|---------------------------------|
|          | 实验对象 | 实验方法 | 全生产过程         |                                 |
| 聚苯乙烯     | 粒料   | 乳液聚合 | 乳液聚合          | 了解悬浮聚合、分散聚合、乳液聚合、无皂乳液聚合、种子溶胀聚合等 |
|          |      |      | ↓<br>结构表征     | 掌握扫描电子显微镜技术                     |
|          |      |      | ↓<br>性能测试     | 掌握差示扫描量热仪、高效液相色谱仪技术             |
| 聚甲基丙烯酸甲酯 | 板状   | 本体聚合 | 本体聚合          | 了解悬浮聚合、本体聚合、溶液聚合和乳液聚合           |
|          |      |      | ↓<br>结构表征     | 熟练掌握分级技术                        |
|          |      |      | ↓<br>性能测试     | 掌握蠕变、流变、耐热、介电性能的测试              |
| 玻璃钢      | 复合材料 | 层压复合 | 本体聚合          | 层压复合                            |
|          |      |      | ↓<br>结构表征     | 掌握热重分析技术                        |
|          |      |      | ↓<br>性能测试     | 掌握力学性能测试和动态力学分析仪技术              |
| 计算机模拟实验  | 理想模型 | 模拟实验 | 动态呈现高分子构象形态变化 | 计算机模拟高分子链构象形态变化                 |

传统的高分子实验,很难涉及到高分子链的形态和构象演化过程,为了弥补实验教学中这一缺陷,让学生对高分子链构象形态有直观、形象、透彻的了解,依托我校高性能计算平台,在 高分子综合实验教学中开展高分子模拟实验。例如,利用 Monte Carlo 方法模拟链状及支化高分子链的特征和性质,使学生对链平均尺寸、均方末端距及末端距向量的自相关函数等高分子链特征有形象、直观的理解。

及时融入高分子领域的新技术、新成果,保证了实验教学内容的先进性和新颖性,显著增加了学生对高分子科学的兴趣,有许多同学提前进入我们教研室的课题组,参加指导老师的研究课题开始科研工作。同时,又激发了学生学好专业本领和技能的时代紧迫感和责任感,激励学生为我们国家在 高分子基础领域走在国际前沿和高分子材料市场竞争取得新优势等方面做出贡献。

3 教学实践

3.1 利用信息化教学提升学生参与度

依托我校化学实验教学中心网站,上传高分子综合实验课程的教学大纲,多媒体课件,大型仪器(如凝胶渗透色谱、扫描电子显微镜及平板流变仪等)操作方法和工艺原理的动画演示,典型实验教学的 操作示范、注意事项等微视频,以及工厂车间实际操作视频等,这样既节省教学时间,增强课堂教学的说服力又延伸了课堂教学。利用现代 QQ、微信群等通讯技术,建立高分子综合实验学习群,提供不受时间和空间限制的师生交流讨论渠道,便于及时指出学生思路缺陷,和肯定学生的正确思路。学生通过访问实验 教学中心网站了解实验教学内容和要求,对实验测试原理和流程有初步认识,使得学习更加灵活;通过学 习群的及时交流,提升学生的学习兴趣和学习的参与度。

3.2 实验各阶段强化学生深度参与

高分子综合实验每个实验单元,从方案设计到实施再到结果分析处理这一全过程,各项工作都由学 生在教师有限指导下自主完成。例如,有机玻璃这一单元,教师给出“不同生产方法所得产品形态与应用

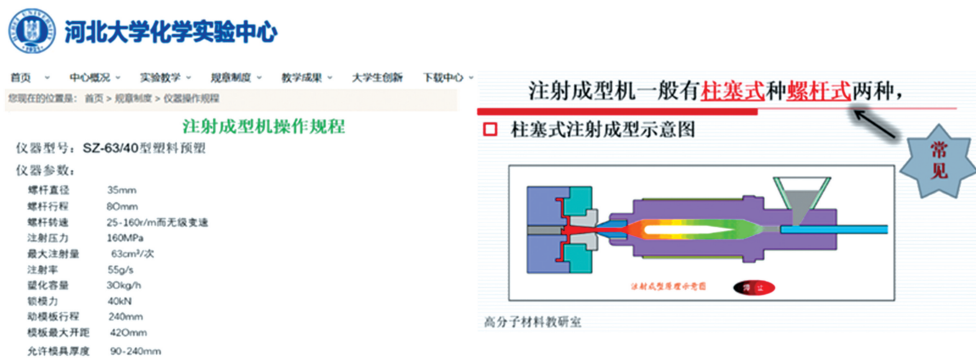


图 2 高分子综合实验信息化教学示例

Figure 2 Examples of information teaching in polymer comprehensive experiment

领域也不同”这一信息后,学生查阅聚甲基丙烯酸甲酯悬浮聚合、本体聚合、溶液聚合和乳液聚合等合成方法的相关知识,根据查阅的结果,实验小组进行开题报告答辩,指导教师检查学生对“悬浮聚合适于制备模塑用的颗粒料或粉状料,本体聚合适于制备板材、棒材和管材等型材,溶液聚合和乳液聚合分别适于制备粘合剂及涂料”等内容的了解程度,指导教师引导学生讨论聚甲基丙烯酸甲酯的性能、用途、基本配方、合成制备方法及实验影响因素,规划实验方案。学生根据实验方案确定材料的特定用途,测试性能指标,选择仪器设备及测试条件。针对实验过程中出现的问题和失败的风险,引导学生认真分析原因,自主处理,总结经验教训。实验完成后,教师引导学生对实验结果自评、判断和分析,总结实验结果进行 PPT 制作和汇报答辩。通过实验各阶段学生深度参与,不仅帮学生巩固基础知识,还锻炼了学生查阅文献、写作能力及口头表达能力,通过成员分工协作处理问题,让学生体会到了团队合作的魅力。

### 3.3 改革教学方法突出学生主体

高分子综合实验在“教”与“学”过程中建立科学的互动式教学模式,突出学生的主体地位,灵活运用多种教学方法培养学生的综合素质。

高分子综合实验以项目式教学开展,将相对独立的实验单元交给学生完成。学生通过团队内成员分工,完成材料相关信息的收集、方案的设计及实施,熟悉整个项目完成过程的基本要求,初步形成工程思维和工程实践能力。在项目实施过程中,针对具体知识点和实际问题的解决,开展研究性教学和问题式教学,培养学生独立获取知识和分析、解决问题的能力 and 创新意识。例如,聚苯乙烯微球粒径的分布及如何改善,玻璃钢和有机玻璃的力学性能提高及配方改善,由学生查阅资料文献或咨询相关课题组的老师,通过团队内讨论、分析、综合、概括,经过多样化的思维过程和认知方式,多种观点的碰撞、论争和比较,形成初步结论<sup>[9]</sup>,从而培养学生自主获取知识和分析、解决问题的能力。期间,为了更大限度的突出学生主体性,引入翻转课堂,让学生将自己的查阅结果及团队结论上讲台讲述,通过解答老师和同学的提问,培养学生口头表达和发现问题、分析解决问题的能力。

多种教学方法的运用可以有效激发学生的高分子科学的学习兴趣,培养学生的交流能力,团队协作能力和工程思维 and 实践能力。但是,新的教学模式中,需要指导教师处理预期和非预期的问题,这就对教师的综合素质提出更高要求,需要指导教师具备强大的知识背景和广阔的专业视野。

## 4 突出学生综合素质的多元化评价机制

建立以实验项目方案设计、实施过程、实验项目报告全过程的评价体系,将实验要求转化为可量化的分数,评分标准公开到化学实验教学中心网站,让学生自觉遵守教学规范。评价指标强调知识目标、技能目标、素质目标,注重学生实验过程中解决实际问题的能力、分析与设计能力、创新能力与工程实践能力等方面的考查,强调项目报告的科学性和规范性<sup>[10]</sup>,具体量化分值如表 2。

表 2 高分子综合实验量化平分表

Table 2 Quantitative bisection table of polymer comprehensive experiment

| 评价项目         |                | 考察内容                                                                        | 分值 | 得分 |
|--------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------|----|----|
| 实验项目<br>方案设计 | 目的和意义          | 能够通过查阅文献寻求实验项目的研究进展及热点,明确研究目的及意义。                                           | 5  |    |
|              | 方案的可行性         | 能够基于专业知识查阅文献;实验方案科学合理;较全面的考虑安全因素,融入绿色化学理念;团队分工明确。                           | 15 |    |
|              | 方案的规范性         | 内容完整,格式规范。                                                                  | 5  |    |
| 实施过程         | 操作技能和分析解决问题的能力 | 能够自主搭建实验装置,规范完成对仪器的安装、调试和测试操作;能够对实验数据进行科学记录、分析和解释;小组讨论的积极性、实验现象或结果偏离预期后的处理。 | 30 |    |
|              | 团队合作能力         | 能够在团队担任相应的责任;与其他成员交流、协同工作的能力。                                               | 10 |    |
|              | 考勤打扫实验室        | 按照预约时间,按时到达实验室;实验结束后,整理实验台面,打扫约定区域卫生。                                       | 5  |    |
| 总结报告         | 报告完整           | 实验报告形式符合要求,包含实验目的、原理、材料仪器、步骤及结果的分析讨论。                                       | 5  |    |
|              | 语言规范           | 能够用科学、规范、简练的语言完整地总结实验过程;能够用专业语言准确描述、记录实验现象和结果;能够合理地讨论实验结果。                  | 5  |    |
|              | 创新             | 能够对比文献,对前人工作有独特见解。                                                          | 5  |    |
|              | PPT 汇报         | 实验技能、相关知识的融会贯通能力;数据分析的逻辑性,结论的合理性,具有分析总结能力;创新意识和创新能力的体现,团队成员贡献。              | 15 |    |

5 结语

通过高分子综合实验课程教学初步实践,学生对知识的融会贯通能力,独立分析问题、解决问题的能力,创新能力,合作交流能力及工程实践能力显著提升,得到兄弟院校、科研机构 and 用人单位的认可。但是随着社会大环境和学生素质的变化,需要我们不断摸索教学方法,更新教学内容,例如,在后期教学中逐步增加热塑性塑料的等综合实验,增多课程思政元素,继续努力提高教学质量。

参考文献:

[1] 钟登华. 高等工程教育研究,2017,3:1~6.

[2] 董建华,张希,王利祥. 高分子科学学科前沿与展望. 北京:科学出版社,2011.

[3] 高迪,印桂生,孙建国. 黑龙江高教研究,2018,12:144~147.

[4] 殷勤俭,周歌,何波兵等. 高等理科教育,2008,5:105~108.

[5] 安立佳,陈尔强,崔树勋. 高分子学报,2019,10:1047~1067.

[6] 王光彦. 中国大学教学,2017,10:4~7.

[7] 李培根. 中国高等教育,2011,13:8~9.

[8] 杨小兵. 教育理论与实践,2018,38:6~8.

[9] 刘智运. 江苏高教,2006,2:150.

[10] 冯俊荣. 中国教育技术装备,2018,4:120~122.

# Teaching Construction and Exploration of “Polymer Comprehensive Experiment” under the Background of New Engineering

TIAN Yue-lan<sup>\*</sup>, BAI Li-bin, QIN Jiang-lei, RUN Ming-tao, BA Xin-wu

*(College of Chemistry and Environment Science, Hebei University, Baoding 071002, China)*

**Abstract:** Under the background of the state vigorously promoting the construction of new engineering, the teaching construction of “polymer comprehensive experiment” was explored from four aspects: teaching concept, teaching content, teaching practice and evaluation mechanism. This paper put forward the teaching concept of “student-centered, moral education and human cultivation”, comprehensive experiment project based on the whole process, new technology and new achievements integrated in teaching in time, and diversified evaluation mechanism implied in urging teaching. In the process of teaching, we should not only strengthen the students’ comprehensive use of basic knowledge, but also pay attention to the cultivation of students’ innovation ability, engineering practice ability and professional spirit, so as to meet the requirements of new engineering practice.

**Key words:** New engineering; Course teaching construction; Engineering ability training; Polymer comprehensive experiment