

• 教学 •

国家一流专业建设背景下“赛教融合”的高分子化学实验教学改革与实践

覃忠琼¹, 张峰君², 乔梦霞¹, 李真¹, 徐文总^{1*}

(1. 安徽建筑大学材料科学与工程实验中心, 合肥 230601; 2. 安徽建筑大学材料与化学工程学院, 合肥 230601)

摘要:安徽建筑大学高分子材料与工程专业 2021 年获评国家级一流本科专业建设点, 对本专业人才培养能力提出了更高的要求。高分子化学实验是高分子专业核心课程, 是该专业重要的实践环节。全国大学生高分子材料实验实践大赛作为高分子领域的实验技能大赛, 对学生多方面能力都进行了培养、锻炼与提升。课题组从引进合理竞争, 与企业联合打造校内实验大赛、构建比赛与常规实验实践教学融合的课程体系以及细化实验过程考核+变革实验运行方式等三方面形成了“赛教融合”的高分子化学实验教学模式, 以提升高分子化学实验教学效果, 满足一流专业建设的要求。

关键词:国家一流专业; 高分子化学实验教学; 技能大赛; 赛教融合

The Reform and Practice of Polymer Chemistry Experiment Teaching Based on the Integration of Competition and Teaching under the Background of National First-class Major Construction

QIN Zhong-qiong¹, ZHANG Feng-jun², QIAO Meng-xia¹, LI Zhen¹, XU Wen-zong^{1*}

(1. Materials Science and Engineering Experiment Center, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China;
2. School of Materials Science and Chemical Engineering, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China)

Abstract: In 2021, polymer materials and engineering of Anhui Jianzhu University was listed as the national first-class major construction point, which puts forward higher requirements for the talent training ability of this major. Polymer chemistry experiment is the core course of polymer major and an important practical link of it. As the only experimental skills competition in the field of polymer, the National College Students' Polymer Materials Experiment and Practice Competition cultivates, exercises and improves students' various abilities. However, as only a few students can participate in the national competition, it is difficult to benefit more students. Therefore, it is necessary to find a suitable way to apply the results of the competition to conventional experimental teaching. The research group formed the polymer chemistry experiment teaching mode of "competition and teaching integration" from three aspects: introducing reasonable competition, jointly creating experimental competition with enterprises, constructing the curriculum system integrating competition and conven-

收稿: 2022-10-07; 修回: 2022-12-24

基金项目:安徽省教育厅 2020 重大教研项目(2020jyxm0350), 安徽省教学示范课程(2020SJJXSFK0591), 安徽建筑大学 2020 思政课程项目(2020szkc07), 安徽建筑大学 2021 教学研究项目(2021jy67), 安徽省高等学校省级质量工程项目(2021jyxm0274)

作者简介:覃忠琼(1978-), 女, 四川绵竹人, 副教授, 安徽建筑大学材料实验中心, 硕士研究生, 主要从事高分子化学实验教学与研究。Tel: 18019960212, E-mail: zhqqin2008@ahjzu.edu.cn

* **通讯联系人:**徐文总(1967-), 男, 安徽枞阳人, 教授, 安徽建筑大学高分子材料与工程系主任, 博士。E-mail: wenzongxu@ahjzu.edu.cn

doi:10.14028/j.cnki.1003-3726.2023.07.011

tional experimental practice teaching, refining experimental process assessment and reforming experimental operation mode. This model can improve the experimental teaching effect of polymer chemistry and meet the requirements of the construction of first-class major.

Keywords: National first-class major; Polymer chemistry experiment teaching; Skill competition; Integration of competition and education

高分子化学实验是高分子专业的核心课程之一,注重训练学生的实验技能,是学生对外延的专业知识领域进行最初科学探索的起点。如何有效地开展实验教学,激发学生的志趣,夯实学生的专业实验技能,逐步培养学生的专业素养、思辨能力以及团队协作等能力,是许多开设高分子材料与工程专业的学校孜孜以求的要务。

部分学校侧重通过高分子化学实验来提高学生的科研能力。清华大学周欣然、杜奕等^[1]通过构建立体化实验课程结构、搭建由基础实验向自主探究的桥梁、在综合实验设计中引入工程伦理概念以及在灵活自主的实验组织中突出综合科研素养等建设了高分子化学实验课程体系,并且以“水凝胶的制备与性能研究”为试点项目^[2],进行自主探索型立体式高分子化学实验课程体系建设探索。华中科技大学刘承美等^[3]以单体竞聚率的测定为例,构造协作性高分子化学实验体系,将可变量引入常规实验教学内容,研究高分子基本性能如分子量等与工艺参数的定量关系,从而掌握高分子研究的基本技能与方法。

另外一些院校更注重采用先进的技术和教学方法构建教学模式。华侨大学吴翠玲等^[4]采用“翻转课堂”的教学理念,广泛采用视频讲义辅助教学,并辅助大量的引导问题,提高了学生对实验项目的领悟能力,有效实现了实验教学和理论教学的统一。湖南城市学院肖谷清等^[5]在分子化学实验教学中引入“微信群+翻转课堂”教学模式,方便教师提前将教学视频材料和学习资料在微信群里发布,在课前进行“课堂讲解”,使教师可以对学生进行高分子化学实验设计的训练,培养学生高分子化学实验设计能力。

不同学科交叉融合是现代科学技术发展的趋势,德州学院化学系王丽梅^[6]以协同创新思想为指导,根据学院专业设置及人才培养方案,将高分子化学实验与食品、药学、环境科学进行多学科融合,开设新的实验项目,既拓展了学生视野,又培养了学生的创新精神和实践能力。

目前高分子化学实验教学改革基本上集中在

常规的实验教学,在提升学生的实验技能和激发学生参与实验的热情、锤炼专业志趣以及培养学生自主创造意识的方面稍显不足。学科技能竞赛可以培养大学生创造意识和创新精神,使学生综合素质和动手能力得到全面提高。已经有部分学校将学科专业竞赛与常规教学相结合,探讨了学科专业竞赛与实践教学互动的途径,以促进地方高校实践教学改革^[7~10]。全国大学生高分子材料实验实践大赛是由教育部高等学校材料类专业教学指导委员会指导、全国大学生高分子材料实验实践大赛竞赛委员会主办的全国性比赛,以甲基丙烯酸甲酯或苯乙烯的悬浮聚合这一高分子专业的经典实验为主要内容,在考查学生动手操作、实验实践能力的同时,对知识的综合应用能力、方案设计能力、分析研究能力以及安全防护意识、交流沟通能力等进行培养、锻炼与提升。2021年7月,安徽建筑大学通过预赛选拔出三位同学组队参加大赛,在精心准备大赛的过程中,无论是学生还是指导老师都有很大的收获。

1 备战双实大赛中的启示和收获

首先,学生掌握了规范而精湛的实验技能。“双实”大赛对实验各阶段操作进行了严格的规定。以准备和称量阶段为例,见表1。

这些细则对操作提出了高要求,使学生的实验技能得到锤炼。以搭建实验装置为例,学生由一开始需要花费二十几分钟才能搭建出实验反应装置,到比赛时能够在10 min内迅速完成“横平竖直”的反应装置的搭建。称量、读数、加料、抽滤等操作也变得规范而精湛,学生张元盛在比赛过程中的操作获得了39.5的高分(总40分)。

其次,学生的专业志趣、探究精神和团队合作精神得到了升华。悬浮聚合十分复杂,单体种类、分散剂种类和用量、搅拌速度及反应温度甚至搅拌浆的高度都会对聚合产生影响。由于大赛只规定了产物的形貌和尺寸,并未给出各原料用量和反应条件,需要参赛队伍自主选择,这使比赛有了很强的设计和研究性质。学生必须根据产物的评

表 1 全国“双实”大赛准备和称量阶段评分细则

Table 1 Scoring rules for the preparation and weighing stage of the National “Experimental & Practice” competition

序号	阶段	评分细则	分数	否(×)	备注
1	准备	比赛场地必须全程穿着实验服,佩戴防护眼镜、口罩、一次性手套,出比赛场地需脱手套,回场地重新戴好(如中途喝水、上厕所等)	2		错一项扣 1 分,最多扣 2 分
2		冷凝管先通冷却水,后固定在三口烧瓶上	1		
3		实验装置整体正确稳定,参考此细则后实验装置图进行评分(温度计远离搅拌桨、冷凝水下进上出、冷凝管以及搅拌桨固定、装置稳定等)	3		错一项扣 1 分,最多扣 3 分
4	称量	天平称量建议少量多次,试剂标签朝向掌心,确定重量需关闭舱门数字稳定读取;过量试剂放入指定废液缸中;已用称量纸放入指定垃圾桶;用清洁纸清洁天平放入指定垃圾桶	2		错一项扣 1 分,最多扣 2 分
5		量筒量取操作(试剂标签朝向掌心、平视量筒内液面、滴定时滴管悬空在量筒口之上,严禁伸入量筒以内;试剂转移时,烧杯与量筒保持倾斜,试剂沿烧杯壁缓慢加入)	2		错一项扣 1 分,最多扣 2 分

分标准进行原料用量和反应条件的探究,找到最佳反应配方和条件。三位参赛选手在实验过程中明确分工,密切配合,经过不断试验和调整,最终成功制备出两种尺寸和外观都非常完美的产品。如图 1 和图 2 所示。

图 1 和 2 中聚合体系的配方及反应条件见表 2。在不断探索的过程中,学生遇到了各种问题,例如结块(配方 h)、爆聚(配方 i)、产物粒径分布极度不均(配方 j)、实验重复性不好等。面对各种拦路虎,学生没有退缩,通过有针对性地查阅资料,不断调整实验方案,最终确定采用混合分散剂的方案,如表 2 中 f(MMA : PVA 1799 : PVA 1788 = 10 : 17 : 1)和 l(St : PVA1799 : PVA1788 = 10 : 17 : 1)配方,得到的产品粒度非常均匀。推测

PVA1799 溶液的高粘度能够有效地阻止单体液滴之间的碰撞,而醇解度低的 PVA1788 由于分子链中有约 12%的乙酰氧侧基,亲油性比较好,在单体液滴与水的界面处形成了双重保护膜,具有更好的分散性。这两种分散剂组合使用,达到最好的分散效果。经多次重复试验,均能合成出符合要求的产品,实验成功率达到 100%。这大大激发了学生的专业志趣,加深对专业知识的理解,学生的探究精神也得到了强化,具备了初级的科研素质。

对于指导教师来说,实验指导水平的提升是最大的收获。由于指导老师拥有“教练员”和“裁判员”双重身份,故教师在指导实验过程中必须熟悉各项标准操作,在解决实验中出现的难题时,

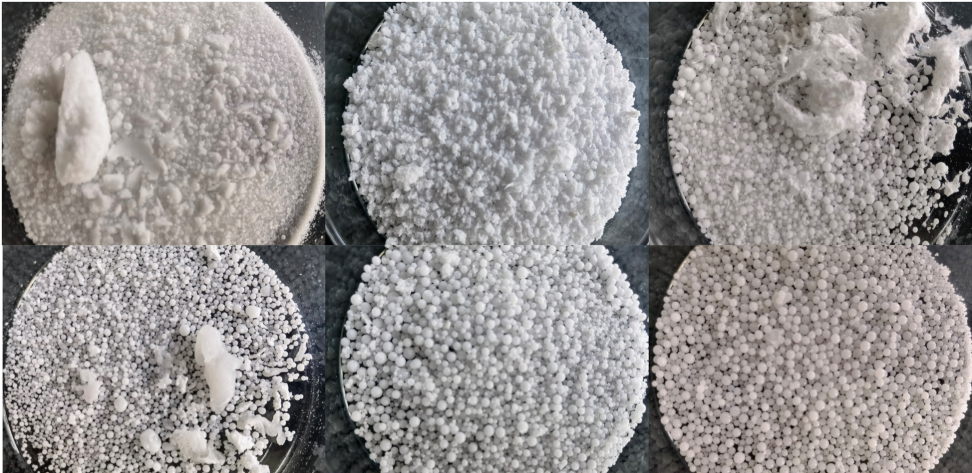


图 1 聚甲基丙烯酸甲酯悬浮聚合产品图片

Figure 1 Pictures of suspension polymerization product of polymethyl methacrylate



图 2 聚苯乙烯悬浮聚合产品图片

Figure 2 Pictures of polystyrene

表 2 各聚合体系配比及反应条件

Table 2 Proportion and reaction conditions of each polymerization system						
编号	单体	单体用量 (mL)	5%PVA1799 溶液(mL)	5%PVA1788 溶液(mL)	搅拌速度 (r/min)	反应温度 (℃)
a	甲基丙烯酸 甲酯(MMA)	10	0	4	300	80
b		10	0	20	350	80
c		10	20	0	300	80
d		10	18	0	300	80
e		10	20	0	300	80
f		10	17	1	300	80
g	苯乙烯(St)	10	0	20	325	90
h		10	5	0	350	90
i		10	20	0	300	92
j		10	17	0.5	300	90
k		10	20	0	350	90
l		10	17	1	300	90

对常见的问题进行深层次的思考。例如,对于悬浮聚合实验中最容易出现 的结块问题,在综合分析聚合温度、搅拌速度以及分散剂的种类和用量等诸多因素对聚合的影响后,找到了出现这一现象的根本原因,提出了类似“高速公路上由一辆超重货车引发的的连环撞车现象”的理论,并通过采取在反应进行到一定阶段时补加少量分散能力更强的分散剂的方法顺利解决了这个难题,不管是甲基丙烯酸甲酯单体还是苯乙烯单体聚合时均未再出现结块现象。通过对这些类似问题“追根究底”的研讨,大大提高了教师的实验指导水平,同时也会激发教师对其他实验项目中出现的问题开展深入研究的热情。

综上所述,专业竞赛对实验课程中“教”和“学”双方的提升都大有裨益。2021 年本校高分子材料与工程专业被评为国家一流专业建设点,对本专业人才培养能力提出了更高的要求。因此,有必要以“双实”大赛精神为驱动力,对常规高分子化学实验教学进行改革,促进赛教融合,提升教学双方的能力,以满足一流专业建设的要求。

2 以赛为擎,全方位高分子化学实验教学改革初探

2.1 细化考核内容,变革实验组织方式

安徽建筑大学的目标是培养具有敬业乐群、精益求精的工匠精神的建设者,因此,规范而精湛

的实验技能是评价教学效果的重要标准。在专业实验教学阶段,由于教学的重点更多地侧重于通过实验验证课程的相关理论,忽视了学生基本实验技能的培养和巩固,致使学生在实验过程中的操作随意,出现取样过程中读数不准、损坏天平、

打碎仪器等等。这种散漫的作风与培养学生严谨的实验作风的目标相悖,也可能导致实验结果“差之毫厘谬以千里”的后果,必须予以纠正。对照“双实”大赛评分细则,对现有的考核方进行了细化,新老考核内容区别见表 3。

表 3 高分子化学实验新旧考核方式比较
Table 3 Comparison of new and old evaluation method for polymer chemistry experiment

考核项目	新考核方式		旧考核方式	
	考核内容	分值	考核内容	分值
预习报告	理解与实验项目内容相关的理论,利用框图或者流程图简述实验过程,明确实验注意事项。	20	理解与实验项目内容相关的理论,利用框图或者流程图简述实验过程,明确实验注意事项。	30
实验过程	细分为实验准备(6分)、称量(5分)、加料(3分)、聚合过程(7分)、聚合终止(5分)、抽滤(4分)、清理(5分)和实验过程记录(5分)8个部分,每个阶段的都有详细的评分标准。	40	学生按照实验内容完成原料称量、实验装置搭建、聚合和后处理,无详细评分标准	30
产物性状分析	产率(2分)、外观(3分)、合格率(5分)	10	无要求	0
实验报告	实验报告基础(3分)、试剂及实验设备部分(3分)、实验内容(9分)、实验结果与分析(9分)、思考题(6分),重点考核学生的思辨能力,每部分都有详细的评分标准	30	实验原理、试剂及实验设备部分、实验内容、实验结果与分析、思考题,无细化分标准	40

细化考核内容后,详细的评价标准方便教师在实验过程中对学生的技能进行量化的评价。但是要做到对每位同学进行精准的考核,需要实验教师付出大量且细致的劳动。因此,原来 20 人一批次同时实验的组织方式就不能满足现在的要求,必须降低每次实验的学生人数,提高师生比。经过仔细测算,两名教师同时指导 10 人实验基本可以满足要求。参与实验的 10 位同学组成协作实验小组,每个组员选用不同的配方或实验条件进行实验,实验结束后每位同学都需要独立处理所有的数据,然后根据对实验结果的分析得到自己的结论。这种组织方式不仅有利于教师在实验过程中及时观察到学生在操作工程中的不规范的地方并加以纠正,培养学生过硬的实验技能和严谨求实的实验作风,还能让学生树立起初级的科研观念。

2.2 构建将比赛与常规实验实践教学相融合的课程体系

近 20 年来,本校已经对高分子化学实验教学进行多次调整^[11,12]。此次教学改革将在实验项目中增加具有初步研究性质的内容。以悬浮聚合为例,将在教案中将可变量(单体种类、分散剂种类

和用量、反应温度、搅拌速度)引入常规实验教学内容中,使经典的悬浮聚合具备一定的科研要素。在后续的高分子综合与设计型实验环节,开设有“悬浮聚合法制备磁性 PMMA 微球”实验,进一步将有机高分子与无机粒子复合。在综合设计型实验实施过程中,教师只给出实验提纲,学生通过查阅资料→拟定实验方案→确定合理的方案→实验实施→制得符合要求的产品→实验结果分析讨论等系列训练,获得进阶的科研能力。在毕业论文阶段,教师还根据自己的科研方向拟定毕业论文题目《悬浮法制备纳/微米胶囊相变材料》,让学生在参与教师科研项目过程中得到系统的科研创新训练,使学生获得突出的科研能力。以悬浮聚合为起点,辐射到高分子化学实验的其他实验项目,构建高分子化学实验(科研要素的初融)→高分子综合设计型实验(科研能力的获得)→毕业论文(科研品质的提高)的实验实践教学体系。

2.3 引进合理竞争,与企业联合打造校内实验大赛

列宁说过:“竞争在相当广阔的范围内培植进取心、毅力和大胆首创精神。”在教学中适当的引进竞争意识是积极、健康的,可以为教学增添活

力。为此,学校制定了《安徽建筑大学大学生学科专业竞赛管理与奖励办法》,对参加比赛并取得名次的同学给予奖金和学分的奖励,极大地激发了学生的竞争意识,提升了学生参与校内大赛以获得参加国家级比赛的动力。本校高分子系与多家企业合作建立了联合生产实习基地,为校企联合举办实验大赛提供了必要的支撑,校企双方以此为新的开始,进行更多层次的合作。一方面学校应允以公司之名为高分子实验实践大赛冠名,获得资助来有效地推进实验技能大赛的开展,聘请企业专家作为大赛的裁判,让企业通过大赛进一步了解学校,加强学校在相关企业乃至行业中良好的辐射作用;另一方面,公司出资支持实验大赛,可以通过这个窗口宣传推广自己,让企业的文化和形象深入到老师和同学的心中,另外还可以通过参与大赛的评判更深入地了解未来从业者的素质,为制定企业发展方向和引进人才策略提供必要的参考。

目前全国高分子材料实验实践技能大赛已经举办三届,参与的高校已经达到 60 多所,占到全国开设高分子专业高校的 1/2,已经在全国高校内产生了较为广泛的影响,大赛举办时间也在每年的 7 月下旬举行,相对时间比较固定。本校高分子化学实验课程开设时间为大三下学期,从三月初开始到 5 月下旬结束。基于此时学生已经掌握了高分子化学知识和基本的高分子化学实验技能,课程组初步决定将校内实验实践大赛安排在 6 月底举行,一方面可以“趁热打铁”,加深印象,让学生苦练基本功;另一方面,也可以有针对性地训练,纠正学生在实验中的毛躁粗糙的行为,精进技能,通过竞争选拔杰出的学生,为参加全国大赛做好准备。

3 结语

鉴于全国高分子材料实验实践大赛在提升高分子专业学生和教师双方能力中的积极作用,为了更好地将“双实”大赛的成果融入到常规的实验教学中去,笔者从实际出发,通过引进合理竞争,与企业联合打造校内实验实践大赛、构建将比赛

与常规实验实践教学相融合的课程体系以及细化实验过程考核+变革实验组织方式三方面对高分子化学实验教学进行全方位的改革,将专业技能大赛与常规实验实践教学相结合,打造“赛教融合”的实验教学体系,提高高分子化学实验教学效果,夯实本校高分子专业国家一流专业建设的基础。

参考文献:

- [1] 周欣然,杜奕,和亚宁.关于高分子化学实验课程设计的深层思考. 高分子通报, **2015**, (6), 71-75.
- [2] 黄浩,周欣然,唐波,杜奕.高分子化学实验教学中的自主科研创新引导:以“水凝胶的制备与性能研究”为例. 高分子通报, **2018**, (4), 100-105.
- [3] 刘承美,李秋莲,周兴平,谭必恩,薛志刚,金尚彬.协作性高分子化学试验体系构建与创新人才培养. 高分子通报, **2021**, (5), 102-106.
- [4] 吴翠玲,陈珺,钱浩.基于视频辅助的“翻转课堂”技术在高分子化学实验课程中的应用. 高分子通报, **2016**, (6), 84-89.
- [5] 肖谷清,贺国文,游一兰,吴丹.“微信群+翻转课堂”教学模式的学生高分子化学实验设计能力的培养. 高分子通报, **2018**, (1), 79-83.
- [6] 王丽梅.基于协同创新的高分子化学实验教学内容建设. 高分子通报, **2013**, (7), 89-91.
- [7] 李俊鹏.技能大赛对教学改革和人才培养有效促进的实践. 实验技术与管理, **2019**, 36(1), 180-183.
- [8] 马明辉,周一帆.打造实验技能大赛系列平台 构建实践育人长效机制. 实验室研究与探索, **2016**, 35(7), 183-185.
- [9] 刘艳,孟威,孟令军,姜丹,孟庆繁,滕利荣,逯家辉.大学生创新实践教育模式的探索与实践. 实验室研究与探索, **2016**, 35(1), 166-168.
- [10] 郭琳.技能大赛与常规教学相结合的网络技术专业实践教学模式改革. 实验技术与管理, **2016**, 33(12), 233-236.
- [11] 李真,刘瑾,任琳,覃忠琼,赵青春,徐文总.高分子基础实验的优化与改革. 高分子通报, **2011**, (6), 107-111.
- [12] 覃忠琼,李真.提高高分子化学实验教学效果的几点思考. 安徽理工大学学报(社会科学版), **2011**, 13(3), 85-87.