

研究性高分子化学实验课程改革探索

施燕琴, 陈 思, 马 猛, 吴波震, 王 旭*

(浙江工业大学, 材料科学与工程学院, 杭州 310014)

摘要:首先论述了研究性高分子化学实验的重要性及其研究现状, 根据现有研究的空白, 结合具体的高分子化学实验《有机玻璃制备》, 详细论述了研究性高分子化学实验各环节的设计、实施及其作用。根据本文可直接实施研究性《有机玻璃制备》实验, 并可推广至其他高分子化学实验研究性方案的设计和实施。通过此研究性高分子化学实验课程的改革, 不仅提高了学生的动手能力, 而且提高了学生独立思考、发现问题的能力, 强化了理论与实践的结合, 深化理论知识的理解和吸收, 综合训练了学生的科学研究能力。

关键词:研究性; 高分子; 实验课程; 改革

1 研究性实验的必要性及研究进展

传统的高分子化学实验为一些经典的验证性实验, 教学内容步骤标准化、模式化, 学生只能被动的接收, 按方抓药, 无须动脑思考、分析。这种教学方式的优点是保证了实验教学的顺利进行, 培养了学生基本的实验技能和熟悉实验仪器的操作, 但对于学生动手能力、思考能力、团队协作能力、研究能力的培养效果甚微。这种实验教学方式不利于培养学生的科学精神、分析解决问题的能力 and 创新能力, 且造成学生学习兴趣下降, 使得实验课程“弱化”, 而把大部分的时间放在了帮助学生获取知识和记忆知识上, 忽略了实验课程在整个大学教育过程中的重要性和必要性。导致学生到大四毕业论文环节, 则充分暴露了学生实验操作不规范、实验技能较差、实验意识薄弱、科学研究精神欠缺等缺点^[1]。

很多教师已经认识到了传统实验课程的缺点和局限性, 也提出了很多的教学改革方法, 其中包括了研究性高分子化学实验课程^[2~5]。研究性高分子化学实验课程让学生参与了实验配方设计、实验的实施, 实验结果的分析讨论, 突出了学生作为课堂主体, 教师辅助学生完成实验课程, 提高课堂上教师与学生的互动, 活跃了课堂气氛, 激发了学生的兴趣, 有利于学生深化理论知识的理解, 充分锻炼动手能力、综合分析能力、科学研究能力, 为学生的综合全面发展奠定坚实的基础。

现有文献虽然充分论述了研究性实验的优点和作用, 但尚没有文献从备课到实施、总结、详细论述研究性实验的实验方案和实施方法。张玉琦等^[1]提出了在实验课程中增设研究性实验, 并结合聚合物微球乳液实验项目提出了新的实验内容, 但没有详细地叙述如何设计并实施该实验。张晓云^[6]提出了将研究性实验替代基础验证性实验, 并简单的介绍了《丙烯酰胺的水溶液聚合》实验的做法, 也没有详细深入的分析、研究和介绍各环节的实施方法与注意事项。胡先海等^[7]详细介绍了在 高分子化学实验教学中采用研究性学习需要采用的几种研究方式, 并详细解读了各种研究方式的优点。但这些研究方式可能无法在一个实验中全部应用。不同的实验采用的研究方法也不同。但文献未结合某个实验详细介绍研究性实验设计及实施方案。

本文根据作者理念和文献报道的关于研究性实验的理论, 结合具体的高分子化学实验《有机玻璃的制备》, 详细论述了该高分子化学实验如何设计成研究性实验, 介绍各环节需要做的工作及其作用。

10.14028/j.cnki.1003-3726.2016.02.013

收稿: 2015-05-11; 修回: 2015-06-09;

基金项目: 浙江工业大学校级教学改革项目(JG1430);

作者简介: 施燕琴, 女, 实验师, 主要从事高分子材料功能化与加工改性研究, E-mail: shiyanqin@zjut.edu.cn;

* 通讯联系人, E-mail: wangxu@zjut.edu.cn.

2 研究性实验设计和实施

2.1 实验准备

根据对研究性实验的理念和理解,从充分调动学生学习兴趣,让学生参与每一个教学环节,体现学生学习主体的目标出发,教师从软件和硬件上准备实验。

对于《有机玻璃制备》实验,教师需要根据四大聚合方法之一的本体聚合理论知识,分析该实验方案中各实验参数是否可变? 可变范围为多少? 变化后对实验过程其他参数、实验现象、实验结果是否有影响。

《有机玻璃制备》实验方案中可变的参数包括了实验温度、脱模剂用量、引发剂用量、前期烘箱聚合温度。根据理论,各实验参数的预期可变范围如表 1 所示。

表 1 各实验参数预期可变范围
Table 1 Expected variable scope of experimental parameters

实验参数	反应温度/℃	脱模剂用量/mL	引发剂用量/g	前期烘箱聚合温度/℃
可变范围	85~95	0~5	0.1~0.5	40~60

各实验参数之间具有一定的关联性,例如其它条件一致,反应温度降低,反应时间则会延长,或引发剂用量越低,反应时间越长。在设计实验时,需要注意到各参数之间的相互关联性。

根据实验参数是否可变,修改指导书内容,将可变的实验参数空白。在上课之前,要求学生根据已学的理论知识,并查找相关文献资料,初步确定自己的实验参数。在动手做实验之间,教师和学生讨论相关参数的可行性,学生需说明采用这个数据的理由和依据。

通过上述准备工作,教师能够更好地指导学生实验参数的制定,对于学生定的不合理实验参数具有一定的预测。有利于在课程中,顺利完成实验参数的探讨和设计环节。

学生通过参与上述实验参数的设计,对该实验的理论知识进一步进行了复习,对实验原理把握更加准确,充分理解各原料作用和各实验参数内在含义。同时,有利于促进学生的自主学习、自主思考、独立研究能力和查阅文献等科学研究基础功底,为后续该实验的顺利开展、大四本科毕业环节的顺利进行,以及今后工作打下良好的基础。

2.2 实验预演

为了使教师对不同参数下的实验进程和实验现象有一个整体的把握,教师需要对不同参数下的实验进行预演,把握各参数之间的关系,更好的指导学生实验参数的设定,并进行理论指导。但是,由于高分子化学的特殊性,实验条件存在一定的变化范围,加上可变的实验参数较多,因此,可设计出的配方数较多。在预演环节,教师不可能对所有参数的实验进行预演,为了对实验进行具有一个清晰、整体的把握,对预期的上下限参数实验进行预演,并根据实验能否进行、实验现象是否明显、实验所需时间是否在课时内,实验是否存在一定的危险性等,调整各参数的上下限范围,防止实验的不可进行和危险性实验的发生。

在《有机玻璃制备》实验中,从理论分析来说,反应温度越低,引发剂用量越低,聚合反应速率越慢,当低至一定程度时,反应有可能无法进行,因此需要对低温、低引发剂条件下的实验进行预演,掌握该条件下,各步反应所需的时间和实验现象。

相反,当反应温度较高,引发剂用量较多时,反应速率越快。由于该实验为放热反应,反应速率过快,会导致爆聚现象的发生,因此需要对高温、高引发剂含量的实验条件进行预演。

为了对不同条件下的实验进程和实验参数有良好的把握,需要对中等条件的实验进行预演,比较低

温、低引发剂,高温、高引发剂和中温、中等含量引发剂的实验进程和实验现象有何不同。

根据上述分析,《有机玻璃制备》实验需要对以下上下限参数进行实验预演(见表 2)。

表 2 预演实验参数
Table 2 Experimental parameters for presentation in advance

序号	反应温度/℃	脱模剂用量/mL	引发剂用量/g	前期烘箱聚合温度/℃
1	85	0	0.1	40
2	95	5	0.5	60
3	90	3	0.3	50

根据实验预演结果、实验课时的安排、硬件条件等客观因素,修改实验参数范围,以便于更好的指导学生实验参数的设定。

经过实验预演步骤,教师对各实验参数下的实验进程和实验步骤做到了心中有数,对整个实验进行能够起到良好的指导作用。

2.3 学生预习

作为学习的主体,需要对整个实验内容进行预习,联系理论知识,对整个实验的操作过程和基础理论知识有一个基础的了解。并罗列操作和理论问题,方便在课堂上解决,加深对知识的理解和掌握。在提高动手能力的同时,实现理论与实践的结合。

教师的一切努力,只为学生能够掌握知识,提高动手能力,锻炼学生理论联系实际,提高解决问题的科研能力。教师在力所能及的范围内,提高学生的学习积极性,但如果学生不配合,教师努力的效果就会大打折扣。因此,学生预习实验内容是非常重要的,为后续实验课程的开展奠定基础。

对于《有机玻璃制备》实验,学生在预习过程中,需要做好以下几方面的内容:

- (1)该实验的基本原理;
- (2)实验的操作过程;
- (3)操作和理论上存在的问题;
- (4)根据理论知识和查阅文献,初步确定本组实验参数。这一步需要小组学生团结协作,共同确定。

经过预习,学生复习了理论知识,初步掌握了实验的操作。并通过团队合作,提高了学生的协作精神,小组互通有无,共同提高。

2.4 实验实施

实验的实施是整个实验课程的中心环节。优秀的实验方案设计,需要良好的实验实施才能实现最终的目的。因此,教师需要根据课时对每个环节进行细致的安排,确保实验的顺利进行以及学生对知识的掌握。

根据前期的实验设计、准备、预演,实验的实施可按照以下步骤开展:

- (1)教师介绍本次实验的内容,以及该实验设计的基础理论知识;
- (2)从基础理论知识引出实验参数的设定,小组汇报本组实验参数及其设定理由,由同学讨论是否合适,教师引导,并最终确定参数;
- (3)教师根据各组参数设定情况,有目的的引导各组学生参数的分布。尽量使各组实验参数具有一定的差异性,并具有不同的实验现象和实验结果;
- (4)教师演示实验操作。对于特别需要注意的环节,则着重说明;
- (5)学生操作实验;
- (6)在实验实施过程中,由学生或教师提出问题,学生观察实验现象,通过理论与实际的结合,教师与学生互动探讨问题。

对于《有机玻璃制备》实验过程中,可能出现的问题如下:

(1) 在预聚过程中,锥形瓶为什么需要晃动? 晃动频率不同,对结果是否有差异?

措施:可以让一组学生尝试不晃动锥形瓶,观察现象。

现象:出现爆聚。学生观察有机玻璃制备过程中的爆聚现象。

解释:甲基丙烯酸甲酯聚合是一个放热反应,晃动锥形瓶主要是为了将反应热释放,并让单体流动,各处单体均匀聚合。晃动频率不同,主要影响散热及不同位置单体聚合程度的差异。晃动过慢也会出现爆聚。

(2) 达到预聚的时间存在差异的原因是什么?

解释:主要取决于引发剂的用量及预聚合温度。引发剂用量较多、聚合温度越高,完成预聚时间就越短。反之,时间越长。

(3) 在灌模时,产生气泡的原因是什么? 如何防止气泡产生?

解释:由于模具三面封闭,一端开口,里面存有空气。如果竖直模具直接倒入液体,液体充满开口端,里面的空气无法排出,则容易产生气泡。

措施:将模具倾斜,从模具的较低处缓慢注入,将模具里的空气从无液体的开口处缓慢赶出,液体充满模具,则无气泡。

(4) 灌模后,为什么还是需要低温聚合后,再高温聚合?

措施:将一组样品直接置于高温下聚合过夜,观察现象。

现象:模具中的预聚体也会出现爆聚的现象,出现大量的气泡,并溢出模具。

解释:预聚后体系中聚合物分子量较小,如果直接高温聚合,仍会产生爆聚。

通过实验课程的实施,学生能够系统的掌握整个实验的操作及其注意事项,对不同参数带来的影响也有了感观的认识,加深了对理论知识的理解,提高了动手能力,并养成了研究比较的良好科研精神,为后续的本科毕业论文提前做好训练。

2.5 总结报告

总结报告是实验课程的成果总结,反应了学生对实验操作和理论知识的掌握,是教师考察课堂教学效果的重要手段。对于研究性实验,其报告需要充分体现研究性。实验的总结报告需要包含以下几方面的内容:

(1) 全班实验参数和实验数据汇总;

(2) 根据各小组实验现象和实验结果差异,教师引导学生讨论,探讨差异存在的原因;

(3) 以小论文的形式提交实验总结报告。锻炼学生科研写作能力,为后续的本科毕业论文和工作奠定基础。

对于《有机玻璃制备》实验,可能出现的问题如下:

(1) 预聚程度的控制。温度越低,引发剂越少,预聚合的时间越长;

(2) 预聚程度的把握。预聚程度对后续的操作和实验具有一定的影响,预聚程度过低,倒进模具时容易漏液,预聚程度过高,太粘稠,不易倒入模具,且容易爆聚;

(3) 产品出现气泡。产品出现气泡的原因可能有:a. 倒入模具时未赶出气泡;b. 预聚程度过低,小分子单体残留过多,小分子挥发导致气泡;

(4) 产品透明度。气泡、表面光洁度对有机玻璃的透明性具有较大的影响。

通过上述总结,学生学会了有机玻璃的制备,并掌握了其中的基础理论知识。并深刻理解如何控制有机玻璃产品质量,学到了理论课堂上学不到的知识,深化了理论知识,锻炼了科学研究能力。

3 小结

针对传统的高分子化学实验《有机玻璃制备》,在无须增加硬件,现有实验条件的基础上,实现了研究

性实验的系统改革。结合该具体实例,对研究性高分子化学实验的必要性,如何设计研究性高分子化学实验,每一步实施方案的实施方案、注意事项及其作用,进行了详细的论述。通过上述研究,形成了研究性高分子实验改革通用的系统方案,研究性的《有机玻璃制备》实验可按照论述方案实施,其它高分子化学实验可按照上述方法进行设计并实施。

通过上述实验的实施,在锻炼提高学生动手操作能力的同时,训练了学生的系统研究能力。从文献查阅、参数设定及问题的提出,充分引导学生独立思考深化知识的理解。课堂学生与教师、学生与学生的交流探讨,形成了以学生为主体,小组团结协作,共同探讨解决问题的气氛,极大的提高了学生的团队合作精神。最后,研究性实验报告的撰写,训练了学生的科研写作能力,并对本次实验学到的知识和能力进行了总结。

参考文献:

- [1] 张玉琦,王俏,宋延卫. 教育教学研究,2010,(3):132,134.
- [2] 袁伟忠,王国建. 科技创新导报,2013,(35):171.
- [3] 余兆菊. 实验科学与技术,2010,8(2):118~119.
- [4] 冯海柯. 广州化工,2013,41(9):243~244.
- [5] 胡建设,周爱娟,王宏光. 高分子通报,2010,(3):70~73.
- [6] 张晓云. 高分子通报,2007,(10):62~64.
- [7] 胡先海,刘瑾,朱绍峰,徐文总,程从亮. 合肥师范学院学报,2009,27(6):76~77.

Inquiry Learning of Macromolecule Chemistry Experiment

SHI Yan-qin, CHEN Si, MA Meng, WU Bo-zhen, WANG Xu*

(Zhejiang University of Technology, College of Materials Science and Engineering, Hangzhou 310014, China)

Abstract: The paper discussed the importance and research situation of inquiry learning of macromolecule chemistry experiment. For filling up void, this paper showed an inquiry learning example of organic glass preparation from design to operation in detail. According this paper, the experiment of organic glass preparation could carry out successfully in inquiry learning mode. This method also could be used in the revolution of other macromolecule chemistry experiment. The revolution not only improved manipulative ability of students, but also enhanced the elaborative faculty, the combination of theory and practice, and the scientific research ability of students.

Key words: Inquiry learning; Macromolecule; Experiment; Revolution