

“理论+实验”交互模式在《聚合物表征与技术》教学中的应用

关晓琳^{1*}, 童金辉¹, 周桂江²

(1. 生态环境相关高分子材料教育部重点实验室, 西北师范大学化学化工学院, 兰州 730070;

2. 西安交通大学理学院应用化学系, 西安 710049)

摘要:《聚合物表征与技术》是化学、化学工程和材料等多个相关专业研究生的重点选修课程之一, 是一门实用性很强的应用型课程。针对研究生课程的应用性目标及加强研究生课程建设的需要, 在对聚合物表征与技术研究生教学现状及存在问题分析的基础上, 提出“理论+实验”交互式教学模式改革理念, 通过全新的教学内容设计及增设相应的实验教学环节, 以理论与实验教学相互穿插的方式实现两者的有效融合。问卷调查结果表明, 研究生对这种采用理论与实验相互穿插的新型授课方式表现出较高的满意度和认可度。这是由于交互式教学模式改革将“理论”与“实践”有机地、动态地融合在一起, 有效激发了研究生对应用型课程的学习积极性和参与度, 大大提高了教学效果, 提升了研究生的实际动手能力和创新能力, 增强了聚合物表征与技术在研究生科研中的实用性效果。

关键词: 聚合物表征与技术; 研究生教学; 交互模式; 教学改革; 实践

研究生教育是国民教育的最高层次, 承担着高端人才供给和科学技术创新的双重使命, 是经济社会发展的主要驱动力, 是实施创新驱动发展战略和建设创新型国家的重要基石^[1]。据统计, 2020 研究生录取人数已破 110 万, 在校人数预计突破 300 万。那么, 在如此大规模研究生数量增长的同时, 如何保证研究生教育质量, 稳步提升研究生教育水平, 是急需关注的问题。在教育部 2014 年 12 月 5 日颁布的《关于改进和加强研究生课程建设的意见》中已明确要求, 要更好地发挥课程学习在研究生培养中的作用, 提高研究生培养质量^[2]。但是, 近几年相关调查表明, 研究生课程教学仍采用本科教学中常用的传统讲授法, 即主要以知识点讲授为主, 很少安排相关的实践和研讨环节, 从而影响了学生发散思维的培养^[3,4]。因此, 根据研究生专业特点, 进行一系列课程教学改革, 为多元化研究生提供多种形式相结合的课程教学模式, 有效提升课程教学质量, 发挥研究生课程的作用功能, 显得尤为重要。

《聚合物表征与技术》是我院高分子化学与物理、分析化学、物理化学、有机化学及无机化学等多个相关专业研究生的重点专业选修课程, 主要介绍聚合物材料结构与性能表征中最基本的一些表征手段, 以及分析仪器的基本结构和测试原理, 介绍样品制备的方法和实验影响因素等, 并通过大量具体实例阐述各种表征手段在聚合物材料结构与性能研究中的应用, 有助于化学专业研究生进一步认识及掌握对聚合物材料结构及其性能的表征方法及加工技术。它是建立在高分子化学和高分子物理基础上, 并与其它多种学科如有机化学、物理化学、仪器分析、材料科学等交叉的综合性课程。其涉及多种类型测试仪器, 包括红外光谱(IR)、X 射线衍射(XRD)、透射电镜(TEM)、核磁共振(NMR)等。该课程教学质量的优劣对研究生能否有效选取测试仪器, 进行对聚合物材料结构及性能表征和应用非常重要。

本文从《聚合物表征与技术》研究生课堂教学出发, 结合西北师范大学研究生培养与课程改革项目,

10.14028/j.cnki.1003-3726.2022.06.008

收稿: 2021-01-26; 修回: 2021-08-09;

基金项目: 西北师范大学研究生培养与课程改革项目(2020KGLX01012), 西北师范大学参与式研讨课教学改革项目(1010244);

* 通讯联系人: 关晓琳(1979-), 女, 汉, 副教授, 博士, 主要从事聚合物表征与技术的教学工作和光电功能聚合物材料方面的研究工作。E-mail: guanxiaolin@nwnu.edu.cn.

采用“理论+实验”交互模式开展线下教学活动,以验证此方法在《聚合物表征与技术》课程中的可行性,有效促进研究生对本课程学习的积极性,提升教学效果和质量。

1 研究生课程《聚合物技术与表征》教学过程中存在的问题

1.1 教学内容本科化现象严重

目前,“研究生教育本科化”现象较为严重,尤其是不少课程设置两者趋同,令人担忧。长期以来,在传统教育观念的限制和影响下,各大高校在对研究生的教育中更注重学生科研能力的培养,对专业课程教学不够重视,从而导致在目前的研究生课程教学中存在着诸多问题^[5~7]。例如,很多高校在研究生培养中大部分仍采取课堂讨论为辅、讲授为主的本科式教学方式,理论讲授研究生课程仍然是课程的主流,研究生能力方面的培养没有得到重视,学生的课堂参与度不高,具有创新能力培养的课程比例不高,研究生学习积极性没有被提高;此外,大量研究生课程教学内容本科化严重,授课内容与本科阶段大量重复,课程内容的深度、难度与本科课程差距较小的问题普遍存在。甚至有研究生反映,个别老师给本科生和研一学生上专业课的PPT内容都基本一样。可想而知,如此进行教学的后果必将导致研究生无法从理论课程学习中获得研究专业及方向上实质性收获,从而造成研究生认为研究生课程学习的目的就是为了满足学分要求,对自己的科研帮助并不大的错误观念,进而敷衍甚至排斥参加专业课的学习。这样的教学无异于把硕士研究生下降到本科生的水平。

《聚合物表征与技术》研究生课程的教学内容主要是介绍一些针对各类聚合物的常规表征技术、仪器、测试及分析方法。而大部分化学及化学相关专业的研究生在本科期间都通过学习《仪器分析》课程,掌握了各种化学研究中常见、常用仪器的基本分析原理与适用范围^[8]。例如,当要确定一个新合成的有机分子的结构时,学生们都会选择通过NMR、质谱(MS)和元素分析三种仪器测试连用的方法进行结构分析。然而对于要确定一个新合成的聚合物结构时,再用上述方法是不可行的。这是由于聚合物和小分子在分子运动能力上有较大差别,尤其是分子量过大的聚合物,其NMR谱图分辨率不好,常常出现包峰,影响分析测试的准确性。其次,由于聚合物没有准确的分子量,无法通过MS和元素分析得到准确数据,只能通过凝胶渗透色谱(GPC)获得其平均分子量和分子量分散度(PDI)。但是,在本科阶段,绝大部分高校往往都是围绕无机及有机小分子开展合成和测试表征教学,很多研究生根本没有接触过聚合物的相关合成实验和测试表征,因而当进入研究生科研阶段,在涉及聚合物相关研究方向时,急需补充聚合物表征与测试技术方面的知识。这时,如果还沿用本科仪器测试教学中的一些传统分析方法,以及典型分子结构分析实例,是无法满足研究生科研需求的。因此,研究生课程《聚合物技术与表征》必须摆脱教学内容的本科化,根据研究生所涉及聚合物领域和热点材料,实时调整教学内容,在简要介绍分析仪器的基本结构和测试原理之后,详细介绍样品制备的方法,实验影响因素,重点内容放在数据处理及综合分析,谱图解析方法等方面,并通过大量具体聚合物实例阐述各种表征手段在聚合物材料结构与性能研究中的应用。

1.2 教学方式单一

《聚合物表征与技术》是一门应用性很强的专业课程,课程对实用性教学要求较高。如果仍然沿用本科式教学模式,仅仅进行仪器原理、测试技术和图谱数据分析等方面的纯课堂理论授课,显然不能使研究生牢固地领会有关仪器实操性知识,不再适用该课程对研究生的教学要求和目标。例如,当研究生通过活性自由基聚合方法:原子转移自由基聚合(ATRP)或可逆加成-断裂链转移(RAFT)合成一种分子量可控的功能性嵌段共聚物,在测定分子量时,其即可通过NMR技术进行测量分析,又可通过传统的GPC方法进行测试,但是两种测试技术所得聚合物分子量并不完全一致,甚至存在较大差异性。那么,学生该如何选用及进行解释?此时,研究生仅仅通过在《聚合物表征与技术》课上所学的纯课堂理论知识是无法解决上述问题的。这就需要通过实践应用解析等非纯课堂理论授课方式,帮助学生掌握解决非特征性聚合物测试及分析方面遇到的实际问题。因此,对《聚合物表征与技术》研究生课程进行教学方式单一性的

改革也很重要。

1.3 教学评价方式单一

目前,在 我 院《聚 合 物 表 征 与 技 术》研 究 生 课 程 教 学 中,原 有 教 学 考 核 与 评 价 方 式 为 平 时 成 绩 占 20%,期 末 卷 面 考 试 成 绩 占 80%。这 种 与 本 科 生 考 核 模 式 相 似,更 侧 重 于 期 末 卷 面 理 论 知 识 考 核 的 教 学 评 价 方 式 不 利 于 教 师 及 时 地 掌 握 研 究 生 的 学 习 状 态 和 应 用 需 求,从 而 能 够 根 据 成 绩 反 馈 调 整 自 己 的 授 课 内 容 和 方 式;同 样 也 不 利 于 研 究 生 及 时 了 解 自 己 学 习 的 问 题 和 需 求,更 无 法 调 动 他 们 学 习 的 积 极 性 和 参 与 性。因 此,通 过 教 学 评 价 改 革,不 断 促 进 研 究 生 努 力 积 极 学 习 课 程 内 容,并 更 加 真 实 地 反 映 研 究 生 掌 握 课 程 知 识 点 和 实 际 应 用 的 能 力,从 而 提 高 该 研 究 生 课 程 的 教 学 质 量 及 实 用 性,需 要 进 行 教 学 评 价 方 式 多 样 性 的 改 革。

2 “理论+实验”交互模式教学改革思路及实施过程

为了改善我院《聚合物表征与技术》研究生课程当前存在的诸多问题,如教学内容本科化、理论教学模式单一、理论与实践联系不足等缺陷,本教研组提出一种可操作的“理论+实验”交互式教学模式改革方案,一方面有效调动研究生对本课程学习的积极性,提升教学效果和质量,另一方面最大程度满足当前研究生实际的科研应用需求。在聚合物表征与技术研究生课程改革具体实施过程中,我们提出并采用“五步法”来逐步实现课程改革目标,图 1 为“五步法”的流程示意图。

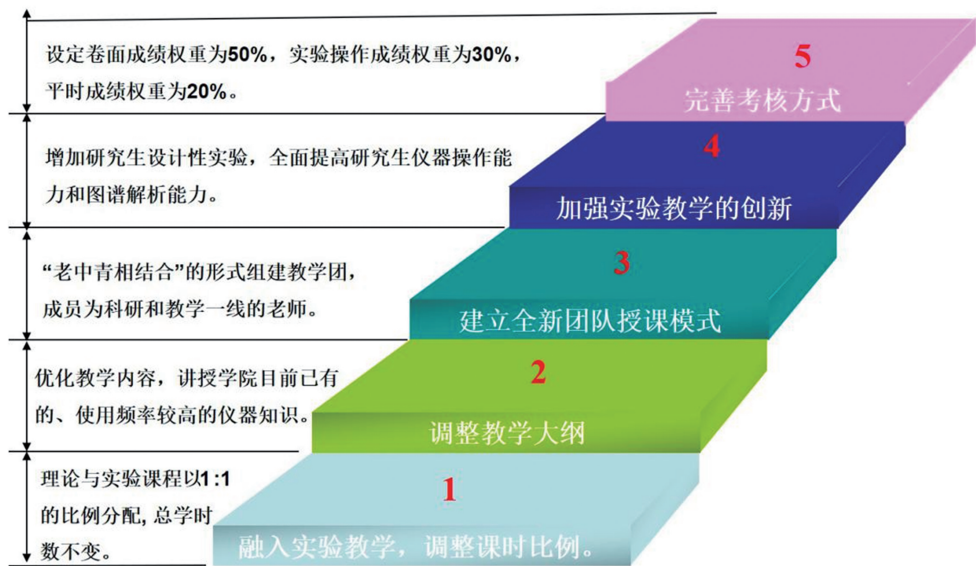


图 1 “理论+实验”交互模式教学改革的“五步法”流程示意图

Figure 1 Schematic diagram of “five step” process of “Interactive Teaching Mode of Theory and Experiment”

2.1 融入实验教学,重新进行课时比例的调整

为了实现“理论+实验”交互式教学模式改革,我们首先对现行教学模式和制度进行全面改革。本课程以往只进行理论课程教学,没有开设对应的实验课程。研究生在课程结束后,普遍反映仅仅通过课堂中理论知识的学习,不能有效掌握聚合物结构及性能测试相关仪器的操作方法和数据分析,实际应用效果不佳。因此,在目前课程基础上,增设相应实验课程,是解决上述问题的最佳手段。我们首先根据本学院内目前已有的,可用于聚合物样品测试的仪器,设计了七个实验,如图 2 所示。然后在总学时数满足的前提下,将理论课程与对应的实验课程的课程数量以 1 : 1 进行比例分配,在时间安排上每 4 个课时为一个单元,先进行 1 个单元时间的理论授课,紧接着完成对应 1 个单位的实验课程分组操作(分组的原因是由于学院内实验仪器数量有限),然后再进行下一个单元的理论授课,如此类推,按理论与实验相互穿插

完成相关仪器和测试方法的讲授,如表 1 所示。

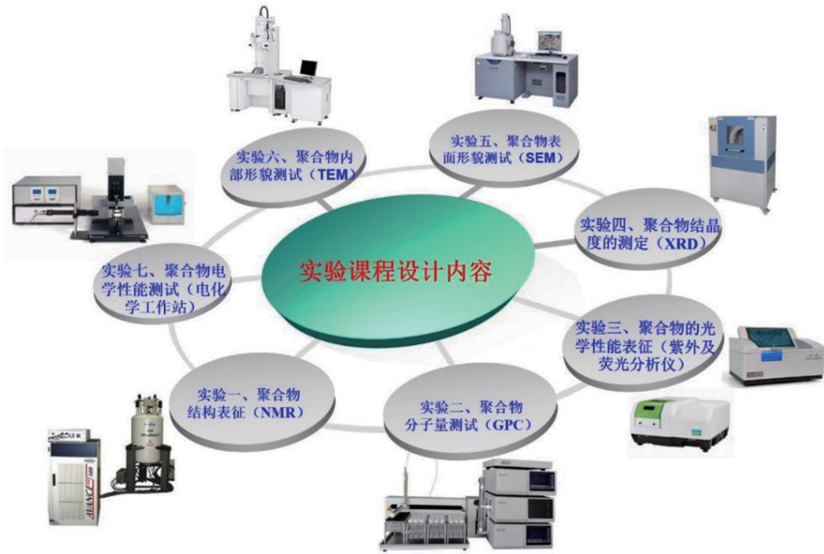


图 2 实验课程设计内容示意图

Figure 2 Schematic diagram of experimental course design content

表 1 “理论+实验”交互式教学中各单元内容安排

Table 1 Content arrangement of each unit in Interactive Teaching Mode of “Theory and Experiment”

单元数	章节内容	预习/准备要求	理论/实验
第一单元	1.聚合物结构表征方法介绍; 2.NMR测试方法讲授。	1.了解NMR测试原理; 2.思考小分子与聚合物NMR测试的差异性。	理论
第二单元	实验一、采用NMR测试聚合物结构。	1.每小组准备1份易溶于氘代试剂的聚合物样品。	实验
第三单元	1.聚合物分子量测定方法; 2.GPC测试方法讲授。	1.了解GPC测试原理; 2.思考GPC测试与核磁及粘度法的差异性。	理论
第四单元	实验二、聚合物分子量测试	1.每小组准备1份易溶于THF的聚合物样品。	实验
第五单元	1.聚合物光学性能表征方法; 2.紫外光谱测试方法讲授; 3.荧光测试方法讲授;	1.了解紫外测试原理; 2.了解荧光测试原理; 3.思考发光聚合物结构与发光性能之间的关系。	理论
第六单元	实验三、聚合物光学性能测试	1.每小组准备1份发光聚合物样品。	实验
第七单元	1.聚合物结晶性能测试方法; 2.XRD测试方法讲授。	1.了解XRD测试原理; 2.思考晶体与结晶聚合物XRD测试结果的差异性。	理论
第八单元	实验四、聚合物结晶度的测定	1.每小组准备一份具有结晶度的聚合物样品。	实验
第九单元	1.聚合物表面形貌测试方法; 2.SEM测试方法讲授。	1.了解SEM测试原理; 2.思考聚合物结构与其表面形貌间的关系。	理论
第十单元	实验五、聚合物表面形貌测试	1.每小组准备1份具有组装形貌的聚合物样品。	实验
第十一单元	1.聚合物内部形貌测试方法; 2.TEM测试方法讲授。	1.了解TEM测试原理; 2.思考聚合物结构与其内部形貌间的关系。	理论
第十二单元	实验六、聚合物内部形貌测试	1.每小组准备1份具有组装形貌的聚合物样品。	实验
第十三单元	1.聚合物电学性能测试方法; 2.电化学工作站测试讲授。	1.了解电化学工作站原理; 2.思考导电聚合物结构与电学性能的关系。	理论
第十四单元	实验七、聚合物电学性能测试	1.每小组准备1份导电聚合物样品。	实验

2.2 调整现有教学大纲,选择合适教学内容

通过对选修过以及准备选修《聚合物表征与技术》的研究生进行调研,了解研究生对本课程教学内容上的需求和关注点,同时结合本学院目前已有的可用于聚合物测试的仪器设备,适当删减一些使用频率不高,测试需求量不大的仪器教学章节,优化教学内容,有侧重地讲授学生感兴趣、本学院使用频率较高的仪器测试知识。例如,在我们学院,绝大部分研究生的研究课题与光电能源材料的开发有关,因此,学生们对聚合物电学性能、光学性能及微观形貌的测试方法及谱图解析更加感兴趣,学习积极性也更高。鉴于上述原因,在新的教学大纲中,我们增加了聚合物电化学测试、紫外和荧光测试的教学内容,同时调高了 SEM 和 TEM 两种仪器测试内容的讲授比例,并增设相应的实验教学内容,从而满足研究生的科研需求。

2.3 建立多种教学模式下的团队授课方式

根据《聚合物表征与技术》所涉及仪器类型和测试内容,以“老中青相结合”的形式组建教学团队。所有成员必须为长期活跃于科研和教学一线的老师。组建团队时重点考虑团队成员的学科背景、教学与科研经历、以及对相关仪器的熟悉程度等,以便能更好地实现“理论+实验”交互式教学,达到预期教学目标。例如,负责聚合物电化学测试单元授课的老师为长期从事超级电容器研究领域的一线教师。再如,负责聚合物形貌测试单元授课的老师为一直从事超分子自组装研究领域的一线教师。

2.4 加强实验教学的创新

针对理论教学内容,合理筛选具有代表性、实用性的七种仪器实验教学。同时,增加研究生设计性实验,以及与研究生科研直接相关的实验测试分析,注重提高研究生仪器操作能力和图谱解析能力。例如,我们在实验教学过程中,设置了开放式教学单元,按研究方向将研究生进行分组,然后由各组讨论后设计合成一种具有代表性的聚合物,然后选取合适的表征测试技术和仪器,完成从结构表征到分子量测试,再到性能检测一整套的聚合物表征流程,并进行详细的谱图解析、数据处理和分析,最后由各单元代课老师检查并纠错。显而易见,经过上述实践锻炼的学生,在以后可以独立地完成研究课题中所合成聚合物材料的各种表征和分析工作。

2.5 完善考核方式

我们改变原有更侧重于期末卷面理论知识考核的教学评价方式,合理分配卷面成绩、平时成绩和实验成绩的权重,设定卷面成绩权重为 50%,实验操作成绩权重为 30%,平时成绩权重为 20%。同时,增加平时考核成绩的考核项目和内容,除了课堂考勤和平时作业外,增加课堂辩论、回答问题、课堂讨论表现等考核手段,充分发挥研究生的主观能动性,提高学习兴趣和热情。需要增设相应仪器测试实验课程内容,从而提高该课程的教学质量和效果。

3 教学改革效果探讨

为了全面了解经过“理论+实验”交互式教学模式改革后研究生的学习效果,我们对完成本课程的研究生进行了针对学习效果的调查问卷。所设计的调查问卷主要包括预习效果、课堂效率、互动效果、学习兴趣、解决问题和教师沟通六个方面,而每一方面里又包括理论学习和实验学时两部分。调查问卷在课程结束一周内发放给调查组的 42 位研究生,收回 42 份,回收率达到 100%,问卷调查统计结果如表 2 所示。调查结果可知,研究生们普遍认为“理论+实验”交互式的教学模式对于提高本课程的学习效果是有效的,大多数研究生认同并接受这种教学模式。值得注意的是,在调查结果中,我们可以明显地观察到,在课堂效率和解决问题两方面,无论理论学习,还是实验学习,学生们都普遍反映出非常好的学习效果,说明“理论+实验”交互式的教学模式能有效地改善原有教学方法中研究生课堂学习效率低且普遍认为本课程实用性不强的问题。

此外,对比研究生理论教学和实验教学的反馈结果发现,在六个不同的调查方面,实验教学的学习效

表 2 学习和实践应用效果调查结果

Table 2 Investigation results of learning and practical application effect

学习效果	预习效果/%		课堂效率/%		互动效果/%		学习兴趣/%		解决问题/%		教师沟通/%	
	理论	实验	理论	实验	理论	实验	理论	实验	理论	实验	理论	实验
非常好	59.52	71.43	83.33	88.10	66.67	92.86	57.14	85.71	71.43	92.86	47.62	83.33
好	30.95	19.05	14.29	11.90	26.19	7.14	38.10	11.90	19.05	7.14	35.71	14.29
一般	9.53	9.52	2.38	0.00	7.14	0.00	4.76	2.38	9.52	0.00	11.90	2.38
无效果	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.76	0.00

率均普遍高于理论教学效果,尤其是在互动效果和解决问题两方面,认为教学效果非常好的已超过 90%。由此可见,研究生们对本课程中实验教学部分表现出了更高的学习热情和积极性。这可能是由于,与本科生不同,研究生往往把自己的科研摆在第一位,理论课程没心思学,倒是对科研有帮助的实用性仪器测试有兴趣。因此,“理论+实验”交互式教学方式比较适合研究生教学。

最后,该教学模式下研究生学习效果调查中,“无效果”一栏除了教师沟通中的理论学习 1 个选项之外,全部为 0,说明几乎所有被调查的研究生均承认“理论+实验”交互式教学是有效果的。

4 结语

《聚合物表征与技术》是一门应用性很强的研究生专业课程,能有效辅助研究生解决研究课题中出现的有关聚合物材料表征和性能测试问题,具有较高的实用性。为了解决本课程目前由于“本科式教学模式”带来的诸多问题,同时提高课程的实用性,满足对于高分子学科相关基础知识储备薄弱研究生的科研应用要求,我们从教学内容和教学模式两方面进行了初步的教学改革和尝试,采用“理论+实验”交互式教学模式改革思路,通过调整和精简教学内容,增设相应的实验教学环节,将理论与实验教学相互穿插,以达到两者的有效融合,极大地加强了本课程的实用性建设。实践证明,“理论+实验”交互式教学模式改革将“理论”与“实践”有机地、动态地融合在一起,确实有效激发了研究生对本课程的学习积极性和参与度,大大提高了教学效果和研究生的实际动手能力和创新能力。今后,我们将不断跟进聚合物材料的最新测试表征技术,紧密联系本院研究生实际科研需求和学院测试仪器的添置情况,不断更新教学内容,增加相应的实验设计,以满足培养创新性实用型人才的需要。

参考文献:

[1] 教育部、国务院学位委员会关于印发《学位与研究生教育发展“十三五”规划》的通知. 教研[2017]1 号.

[2] 教育部关于印发《关于改进和加强研究生课程建设的意见》. 教研[2014]5 号.

[3] 赵阳. 教育发展研究, 2014, 3: 79~84.

[4] 叶晓力. 现代教育科学, 2019, 7: 134~139.

[5] 史素青, 宫永宽. 高分子通报, 2013, 2: 89~93.

[6] 汪霞. 研究生教育研究, 2019, 3: 22~28.

[7] 冉亚辉. 研究生教育研究, 2020, 2: 6~13.

[8] 吕玉光, 王旭, 江欣, 杨春荣, 高媛, 刘翠娟, 高金波, 张云杰, 丁立新, 杨铭, 王堂, 于连生. 分析仪器, 2014, 3: 100~102.

Application of Interactive Teaching Mode of “Theory and Experiment” in Polymer Characterization and Technology Teaching

GUAN Xiao-lin^{1*}, TONG Jin-hui¹, ZHOU Gui-jiang²

(1. *Key Laboratory of Polymer Materials Related to Ecological Environment, Ministry of Education, College of Chemistry and Chemical Engineering, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China;*
2. *Department of Applied Chemistry, School of Science, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China*)

Abstract: Polymer Characterization and Technology, which is a key elective course for graduate students majoring in chemistry, chemical engineering and materials, is a course with very strong practicability. In view of the practical goal and the need to strengthen the construction of the postgraduate course, we put forward the reform idea of interactive teaching mode of theory and experiment based on the analysis of the current situation and problems of graduate teaching. The effective integration of theory and experiment teaching is realized through designing new teaching content and adding the corresponding experimental teaching. The results of questionnaire survey indicated that graduate students show a high degree of satisfaction and recognition to this new interactive teaching mode of theory and experiment. The integration of theory and experiment teaching can effectively stimulates the graduate students' learning enthusiasm and participation. As a result, the teaching effect is greatly improved. Meanwhile, the practical ability and innovation ability of graduate students are also greatly improved. Besides, the practical effect of this postgraduate course is enhanced in graduate research.

Key words: Polymer characterization and technology; Postgraduate teaching; Interactive mode; Teaching reform; Practice