

材料化学专业高分子加工部分实验的设计教学

郝向阳 范慧 郭素芳

中国地质大学（北京）材料科学与工程学院

DOI:10.12238/mef.v7i10.9690

[摘要]材料化学专业高分子加工部分的实验涉及两门实验课：材料制备实验和专业综合实验，根据中国地质大学（北京）材料科学与工程学院的特点，我们设计的实验内容涵盖了塑料、橡胶、纤维的制备与加工，覆盖了高分子领域的三个主要部分，体系是较为完整的，突出了我校材料化学专业在矿物改性高分子等领域的研究特色。使学生掌握高分子材料的加工成型原理及材料性能检测的基本方法，培养本科生创新意识和提高综合运用理论知识和实验技能，为培养“品德优良、基础厚实、知识广博、专业精深”的创新型和研究型人才打下良好的基础。

[关键词]塑料；橡胶；纤维；复合材料；加工成型；制备

中图分类号：G64 **文献标识码：**A

Design and Teaching of Polymer Processing Part of Material Preparation Experiment for Major Materials Chemistry

Xiangyang Hao, Hui Fan, Sufang Guo

School of Materials Science and Technology, China University of Geosciences (Beijing)

[Abstract] The experiment of polymer processing for major Materials Chemistry involves two experimental courses: Material preparation experiment and Professional comprehensive experiment. According to the characteristics of the School of Materials Science and Technology of China University of Geosciences (Beijing), the experimental content designed by us covers the preparation and processing of plastics, rubber and fibers, the three main parts of the polymer. The system is relatively complete, highlighting the research characteristics of mineral modified polymers for the major Material Chemistry. It enables students to master the principle of preparation and molding of polymer materials and the basic methods of material performance testing. It cultivates undergraduates' awareness of innovation, improves the comprehensive application of theoretical knowledge and experimental skills, laying a good foundation for cultivating innovative and research-oriented talents with "good moral character, solid foundation, broad knowledge and profound professional knowledge".

[Keywords] Plastics; Rubber; Fiber; Composite material; Processing; Preparation

引言

实验是理工科学学生的必修课，针对如何提高学生的兴趣，调动学生的积极性，让实验课变得生动有趣，改善教学效果，使学生们在实验过程中掌握实际操作技能，明白其中的原理，培养团队精神和严谨的科研态度，而不是应付学分。作者结合开设的高分子加工部分实验课做了一系列探索，总结了心得体会，希望能够抛砖引玉。

1. 高分子加工部分实验的意义

材料化学专业高分子加工部分的实验涉及两门实验课：材料制备实验（大三春季）和专业综合实验（大四秋季），根据中国地质大学（北京）材料科学与工程学院的特点，我们设计的实验内容涵盖了塑料、橡胶、纤维，三大高分子材料，体系较为完整，特别突出了矿物在聚合物中的应用。

材料制备实验为材料化学专业本科生的专业实验课。它

以高分子化学、高分子物理、高分子材料以及复合材料课程为基础，使学生掌握高分子材料、复合材料的加工成型及材料性能检测的基本方法，巩固和加深对已学理论知识的理解。了解复合材料的制备原理；熟悉材料领域的常用性能指标的测试方法；了解各种成型设备的构造工作原理、工艺过程和实际操作等。在分组实验中增强学生安全意识，培养学生团队协作精神。锻炼学生的动手能力，鼓励学生大胆创新，杜绝实验数据造假的学风。使学生了解日常生活中常见的高分子制品的生产就是用实验课所学的加工方法，使学生认识高分子材料设计与加工的巧妙，建立节能环保资源循环的意识。

综合实验是为材料化学专业高年级本科生开设的，学生可以根据自己的兴趣和专业需要选取一个研究方向，在老师的指导下独立进行实验方案的设计，实验方案的实施和实验结果的分析。该课程是在进入本科毕业论文工作之前所开设

的一个过渡性课程，为学生独立完成毕业论文实验工作打下基础。该课程体现了跨学科、多技能的综合训练，又体现了材料化学热点研究并与实际应用相结合。

2. 实验内容的设计

根据设备的更新，科研和生产的进步，不断完善实验内容。

（1）热塑性塑料的挤出（矿物改性塑料）（8学时）：目的是了解热塑性塑料的挤出原理和方法，了解热塑性塑料挤出机组造粒的构造和操作规程。教学内容是制备滑石粉（Talc）共混改性聚丙烯（PP）切片。再利用成型挤出机挤出型材和板材，截取型材和板材，借助靠模和仿型铣的方法制备国标样条进行测试。

（2）热塑性塑料的注射成型（6学时）：目的是了解注塑成型过程和成型工艺条件，掌握注塑成型工艺参数的确定以及它们对制品结构形态的影响。以及制作标准测试样品的的方法。教学内容是采用挤出造粒制成的滑石粉（Talc）-聚丙烯（PP）切片，利用注射成型机制备滑石粉-PP 国标样条，并对其进行拉伸、弯曲、冲击、氧指数等测试。

（3）橡胶的开炼与硫化（8学时）：目的是认识开炼机和硫化机的基本结构和操作规程。掌握橡胶的塑炼、混炼和硫化的基本原理及操作方法。熟悉橡胶硫化前后的性能特点。教学内容是将天然橡胶和硅橡胶分别经过塑炼、混炼和硫化制备天然橡胶和硅橡胶国标样片，并做相应的测试与表征。

（4）芳纶III高分子复合纤维的制备（8学时）：目的是了解芳纶III高分子复合纤维的制备方法及其原理。了解纺丝流水线的组成，设备构造和操作。教学内容是配制纺丝原液，采用湿法纺丝制备芳纶III-石墨烯复合纤维及纤维的后处理和力学性能测试和抗静电性能测试。

（5）复合材料雕塑制作（8学时）：目的是了解玻璃钢手糊成型的原理和工艺。教学内容是用手糊法铺层玻璃纤维毡制作浮雕，浇铸制备圆雕，最后上色彩。为此作者还请中央工艺美院的雕塑专业研究生设计了浮雕模具和圆雕模具，还到中央工艺美院购买了油彩、画笔、调色盘等。

3. 实验内容的前期预备

实验课之前，作者还承担了复合材料、材料概论、高分子材料等课程的教学，在相应的课堂授课章节引入视频辅助教学，解决学生从教材文字描述或插图想象不出来的难题。通过形象、生动、直观的图文、动画、视频结合展现出来，调动了学生的积极性和学习兴趣，便于学生对知识的理解和掌握。更加直观和生动，传统与先进多媒体辅助教学手段相结合，丰富高分子材料成型加工实验教学方法，培养学生的学习兴趣，为实验课做铺垫。也为今后的专业精品课程建设、重点课程建设积累经验。

结合实验现场把知识点向学生讲透，比如：（1）注塑机

的结构及各部分的作用，注塑机的结构：1）注射系统（螺杆、喷嘴）、2）锁模系统、模具结构、3）液压传动和电器控制等；（2）注塑成型的原理（注射量与锁模力）；（3）注塑成型基本操作：了解注塑成型的主要工艺参数（温度、压力和时间）控制，初步设定注塑各段、机头和口模的控温范围，同时拟定螺杆转速、注射压力、保压力（型腔压力）、背压力（塑化压力）等。收集注射成型的聚丙烯 PP 标准样条的飞边和下脚料，用破碎机器粉碎重新造粒再用，培养学生环保和资源循环利用意识。

大学二年夏季小学期，学生们参加了教学实习，我院与北京周边多家高分子材料成型加工企业，如海尔科化（中科先行），中科院理化所廊坊中试基地、中嘉卫华等公司建立了教学实践合作关系。学生们走进高分子材料成型加工的生产车间，在参观成型加工的过程中，进一步加深了对书本上的理论知识的理解，培养产业化意识。学生了解到从工厂概貌布局、母料制备、配方设计、工艺设计、型材异形材制品结构和设计再到产品质量检测等一系列相互联系的环节。学生们看到工厂车间相关的生产设备，看到从这里生产出各种产品，感到很神奇，不过为了避免打扰企业正常的生产，学生们是不能亲手操作的。我们安排的实验弥补了这个不足，可以让学生们实际操作。

4. 实验的实施和创意教学

作者曾在军工单位从事高分子复合材料的研发工作，给学生开设的所有实验设备都使用过，积累了丰富的经验，为教学打好了基础，具备工程师证和教师证，符合最新的“双师”要求。作者从2006年每年都承担两门实验课的教学工作，目前已经历了17年。在材料化学专业成立初期，调研了国内的设备生产企业，选购了注射机及模具、橡胶开炼-硫化机、哑铃型制样机、靠模、缺口制样机、万能试验机、简支梁冲击测试仪、维卡-热变形测试仪、氧指数测试仪等，并且参与安装、调试和验收。结合自己的科研经历，编写了相关的实验讲义。并请清华大学化工系高分子研究所、北京化工大学、北京橡胶工业研究院、中国兵器工业第53研究所、中科院理化研究所、中科先行（海尔科化）公司、金纬机械常州公司、安信模具公司的科研技术人员，对实验讲义进行补充修改。针对本专业的特点选购了相应的原材料，提前进行了预实验验证实验讲义。随着学院的发展壮大，又购置了动态机械分析仪 DMA、TSE30 双螺杆共混造粒挤出机组、JW35/28 单螺杆成型挤出机组及模具、更新了注射机及各种抽芯式模具。2010年作者受教育部骨干教师计划的资助在美国佐治亚理工材料学院做访问学者，从事一年有关高分子复合纤维的研究工作，使用了美国的先进仪器设备。由于国内没有现成的仪器设备，作者回国后调研了国内相关企业，设计加工了实验室级别的湿法纺丝流水线，为学生们的实验

创造了条件。

由于所用设备接近生产设备或机组，相对于合成实验的烧杯烧瓶等，体积较大、造价较高，所以材料化学教研室和实验中心只有1套。为了尽可能让学生们实际动手操作，尽可能将学生分成小组，每组实验人数少，每个学生都有机会每操作，也便于老师及时辅导。

实验是一切科学研究成果的实践支撑点。在以前传统的高分子材料成型加工实验教学中，学生往往都是依葫芦画瓢，已给定一个具体实验项目、药品用量、实验步骤甚至数据原始记录表格等，学生只是按部就班的接受实验，对实验原理、实验目的等都不了解。对此我们做出相应调整，在设计实验时从激发兴趣着手，例如：在复合材料雕塑实验中，在雕塑固化脱模后，让学生自由发挥对浮雕和圆雕上色，充分发挥学生的创意，把好的作品放入展柜展览，让学生很有成就感，纷纷用手机与自己的作品合影留念，对自己劳动成果产生的一种喜悦感，激发了学生做实验的兴趣和积极性。在橡胶开炼与硫化实验中，橡胶混炼得到的生胶，没有强度，用手一拉就断，而硫化之后，4名强壮的男生抓住硫化后的胶片的四个角，用力拉也拉不断。通过前后对明白了硫化的作用和效果。在热塑性塑料的挤出（矿物改性塑料）实验中，给每个学生都分配了具体工序：例如称料配料，偶联处理、预混、加料、主机-主喂料转速的调控、牵出拉条、压辊、修剪、造粒机的调控、接料等，每个同学都各司其职，紧密配合。刻意淡化老师的作用，老师只做现场口头指导。实验下来同学们感到全程是自己独立完成的，有自豪感也体会到团队协作的重要性。另外结合自己多年的亲身经历讲解安全的重要性和操作规程，鼓励学生们大胆心细敢于做实验。

5. 考核与反馈

考核方式为实验报告。以预习报告、实验操作、实验结果、实验报告等综合评价。学生提前查阅文献、设计实验、实施预设方案、总结和处理实验数据、撰写实验报告，回答思考题。老师则详细记录学生们的参与态度，综合权重给出公正的成绩。



图1 小组成员紧密配合完成矿物改性PP的共混挤出造粒



图2 硫化后的天然橡胶4个学生也拉不坏



图3 学生们自己的创意

在每年一度的教学座谈会上学生们反映：“对于理工科的同学来说，实验是很关键的学习内容，也是一个能清楚了解自己所学专业以后将从事什么样工作的机会，有利于我们的职业规划，建立了专业自豪感。”

“实验中应认真观察，获取直接经验知识，巩固所学基本理论，培养我们的实践能力和创新能力。通过对高分子材料加工工艺的分析，以及加工过程中所用的机器设备的认识，从而把理论知识和实践结合起来，提高分析和解决问题的能力。”

“每次老师都强调着装要求，像不能穿拖鞋，女生不能穿裙子，头发长的要戴帽子等等。实验之前，我们就有些心惊和胆颤，毕竟是有危险的。意识里闪过事故出现在自己身上时的痛苦和恐惧，真的有点害怕，许多人也和我有同样的感受。老师看出了这一点，就告诉我们只要按规程操作，认真谨慎，就不会出现那些危险。规范的操作，是安全的重要保证！安全教育的结果是从来没有发生过事故。”

“就业单位不会像老师一样点点滴滴细致入微的把要做的工作告诉我们，更多的是需要自己去观察、学习。很感谢老师兢兢业业的教导，他们的敬业精神和指导方式也给我上了一节深刻的职业道德课程！老师手把手的讲解更让我受益匪浅。”

6. 结语

通过形象细致的现场教学和操作，学生对书本知识有了直观了解，对本专业产业化的生产工艺、生产设备有所认识，并且亲手操作，协同完成一条生产线的配合作业，明白工艺流程和每一个步骤的意义。提高实际工作能力，学会生产技能，同时了解产品设计的主要环节，产品设计程序，生产过程以及相关模具设计，模具制造等知识。使学生真正做到学有所得，提高学生在研发、实际生产等方面的综合应用能力，为大四最后一年的毕业论文和毕业设计打基础，使学生进入企业马上能得心应手。提高学生的创新意识和解决工程问题的能力。顺应“工程教育专业认证、可持续性发展”国际高等教育主流理念，对我们的教学提出了更高的要求。通过教学改革，不断完善高分子成型加工课程的教学实验内容，提高了学生的主动创新意识，培养环保节能减排资源循环利用

的意识。不断探索研究，不断提高教学质量，加快本专业与先进高等工程教育接轨，培养出高素质应用型人才。总之，通过多方努力，高分子加工实验达到了预期目的。

[参考文献]

[1]张以河,郝向阳等.复合材料学(第二版)[M].北京:化工出版社,2022

[2]兴英,李齐方.高分子科学实验[M].北京:学工业出版社,2004

[3]保全,牛晋川.先进复合材料[M].北京:防工业出版社,2007

作者简介:

郝向阳(1969),男,汉,山东桓台,博士,职称:副教授,研究方向:主要从事复合材料和纳米材料的教学和科研。工作单位,中国地质大学(北京)材料科学与工程学院。