

·教育与教学·

留学生“聚合物制备工程”课程教学改革与实践

王 力^{1,2} 张 树^{1,2*}

(北京化工大学¹材料科学与工程学院²国际教育学院 北京 100029)

摘要: 随着我国与“一带一路”沿线国家的教育互联互通合作快速推进,越来越多的留学生来我国接受高等教育。针对北京化工大学高分子材料与工程专业留学生必修课“聚合物制备工程”进行教学改革,充分考虑留学生的成长背景和认知特点,建立适应性的全英文教学体系,打造高质量的教学资源,创新教学方法,构建多元化的评价方式,从而提升留学生的学习效果,培养具有扎实基础知识、专业工程思维和国际视野的高素质人才。通过从生活场景或聚合物史进行课程导入、“微实验”进课堂、从聚合物生产视频中提炼知识点、议题讨论与探究式学习、科-产-教融合与聚合物发展分析等方式,构建沉浸式学习体验,提高留学生的学习兴趣和主动性,提高留学生分析和解决实际工程问题的能力。此外,还注重培养留学生的国际视野和中国情怀,增进中外之间的交流与互信,使留学生成为未来国际交流的纽带。

关键词: 留学生; 聚合物制备工程; 教学改革; 教学方法; 工程能力

Teaching Reform Practice in “Manufacture Engineering of Polymers” for International Students

WANG Li^{1,2*}, ZHANG Shu^{1,2*}

(¹College of Materials Science and Engineering, ²School of International Education,
Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029)

Abstract: With the rapid progress of educational connectivity between China and “Belt and Road” countries, more and more international students are coming to China for higher education. Focusing on the teaching reform of the “Manufacture Engineering of Polymers” course for the international students of Beijing University of Chemical Technology, this study fully considers the academic backgrounds and cognitive characteristics of international students. It builds an adaptive all-English teaching environment, accumulates high-quality teaching resources, introduces innovative teaching methods, and adopts diversified evaluation standards. These measures aim to enhance the learning achievements of international students and cultivate highly qualified talents with solid fundamental knowledge, professional engineering mindset, and a global perspective. By employing approaches including using daily life scenarios or polymer history as a lead-in, performing “micro-experiments” in class, distilling knowledge points from polymer production videos, carrying out topic discussions and inquiry learning, and advancing the integration of science, industry, and education, this study generates an immersive learning experience. This approach promotes the learning interest and initiative of international students and improves their performance in analyzing and solving practical engineering problems. In addition, it aims to cultivate the students’ international vision and sentiment towards China, promote exchange and mutual trust between other nations and China, and turn international students into a bridge for international communication in the future.

2026-01-07 收稿, 2026-02-06 录用, 2026-04-15 网络出版

基金项目: 北京化工大学 2024 年教育教学改革研究首批委托立项(项目号 20)

* 通信联系人: 张树, E-mail: zhangshu@mail.buct.edu.cn

doi: 10.14028/j.cnki.1003-3726.2026.26.007

Keywords: International students; Manufacture engineering of polymers; Teaching reform; Teaching methods; Engineering capability

引用: 王力, 张树. 留学生“聚合物制备工程”课程教学改革与实践. 高分子通报, 2026, 39(5), 855–861.

Citation: Wang, L.; Zhang, S. Teaching reform practice in “manufacture engineering of polymers” for international students. *Polym. Bull.* (in Chinese), 2026, 39(5), 855–861.

自2016年7月教育部印发《推进共建“一带一路”教育行动》的通知以来,我国与“一带一路”沿线国家的教育互联互通合作快速推进,极大地促进了各国的民心相通和“一带一路”教育共同体的构建^[1-3]。在此背景下,北京化工大学积极与沿线国家扩大合作交流,2020年12月,与泰国先皇理工大学签署本科2+2双学位联合培养项目合作协议;2022年6月,与俄罗斯喀山国立研究技术大学签署本科2+2双学位联合培养项目。这2个项目致力于培养高分子材料领域的高质量国际化人才,以满足共建“一带一路”过程中相关行业对国际化人才的需求。在项目实施过程中,北京化工大学材料科学与工程学院的授课教师积极应对工科留学生教学挑战,分析留学生的学情特点,建设适应性的课程体系和课程资源,不断进行教学方法和评价方式等的创新,取得了不错的成效。本文以留学生“聚合物制备工程”课程为例,介绍该课程在课程建设教学、改革与创新等方面的实践情况。

1 留学生“聚合物制备工程”全英文课程现状

1.1 课程特点

“聚合物制备工程”是高分子材料与工程本科专业核心课程,也是我校泰国和俄罗斯留学生联合培养项目学生的核心专业课。该课程从聚合反应工程与聚合物合成工艺学2条主线出发,使学生初步了解现代聚合物工业生产的概貌,掌握聚合反应工程的基础知识,掌握各种聚合实施方法及其基本原理,了解、掌握三大合成材料中代表性聚合物品种的制备原理与生产工艺,为从事聚合物分子设计、工业化制备、合成工艺优化和实际应用奠定基础。课程属于典型的工科专业基础课,建立在聚合反应工程与聚合物合成工艺学的基础上,又与聚合物生产实践紧密相关。例如,在低密度聚乙烯(LDPE)部分,学生不仅需要学习乙烯本体聚合的特点、聚合机理、工艺条件及其对

产品结构的影响、工艺流程以及聚合反应器等,还需要学习聚合反应器型式(管式和釜式)对LDPE结构与性能的影响。因此,本课程涉及知识面广,专业性强,使任课教师的教学和留学生的学习均面临极大的挑战。

1.2 学生特点

本课程的授课对象是来自泰国先皇理工大学纳米材料专业和来自俄罗斯喀山国立研究技术大学高分子材料专业的大三学生,学生人数由8人(2023年)增加到33人(2025年)。两国留学生在课堂活动中均表现出Z世代的典型特点:对传统的单向知识传递的教学模式感到乏味,更喜欢小组讨论、团队合作和动手实验等形式的教学活动;对图像、短视频等视觉信息表现出更浓厚的兴趣;追求学习的实用性,希望学习内容能与现实生活相关联,渴望在学习活动中能得到即时的反馈和认可。

1.3 课程教学存在的问题

近年来,北京化工大学在面向中国学生的聚合物制备工程教学中通过改革与创新,已取得显著成效,极大地促进了课程知识目标、能力目标和情感目标的达成。然而,将基于中国学生群体特征构建的教学体系直接移植到留学生教学中时,暴露出明显的问题^[4]。

全英文环境下,工科专业课程的教学活动存在教学双方的语言适应问题。在教学过程中发现,仅少数留学生具有优异的英语听说能力,大部分留学生在用英语学习专业知识和交流时仍有困难。如果教师不考虑学生的语言水平,留学生对专业概念和原理等的理解和掌握会出现偏差^[5]。例如,在第二章聚合反应工程基础教学中,就有operation mode(操作方式)、geometric configuration of reactors(反应器构型)和residence time distribution(停留时间分布)等专业概念。如果这些概念讲解不到位,留学生的后续学习就会出现困难,进而信心受挫,学习积极性明显下降。例如,在学习合成树脂、合成橡胶和合成纤维三

大合成材料中代表性聚合物品种时,难以理解反应器对材料结构和性能的影响。

留学生课程存在教学体系和教学资源问题。课程的建设基本照搬了中文课程的体系,对留学生来说内容偏难。此外,由于缺少英文参考书和其他形式的英文教学资源,学生只能依赖基于中文课件编制的英文资料这一单一载体进行学习,教学资源匮乏。近年来,电动汽车、无人机、人工智能和人形机器人等新兴的产业极大地推动了多种重要聚合物材料的需求,然而在教学中缺乏相关案例介绍。此外,几乎完全静态、脱离真实工程场景展示的教学内容使留学生的学习兴趣受挫^[6]。

课程教学方法单调,工科教学理科化倾向突出,科-产-教融合和学生实践能力与国际化视野的培养等存在不足。教学活动仍以传统教师讲课、学生听讲的方式展开,留学生在教学活动中的参与度低,在每次的三节课中必然会经历饶有兴趣→逐渐疲惫→完全饱和的过程。在这种传统教学模式下,留学生对知识的掌握是机械的,且对工程问题缺乏实质的分析和思考,这使其学习积极性受到抑制,学习效果一般^[7~9]。此外,尽管任课教师有丰富的科研和产业实践经验,且对全球聚合物工业的发展现状、面临的挑战与未来趋势有深刻的认识,但并未有效地将这些内容融入教学活动中。

课程评价方式单一,对学生的评价仅通过课后作业的完成情况和期末考试进行,评价的时效性差,不能起到以评促学的即时效果。

2 改革思路与实施方案

2.1 建立师生双向适应的英文教学环境

课程充分考虑两国留学生的英文听说水平和专业背景,选择具有较高英语水平和丰富中文课程教学经验的教师承担课程。授课时,注意节奏控制,用简单的英语讲好专业的内容。通过不断钻研英文交流技巧,并与留学生及时沟通与调整,对齐教与学的英文“颗粒度”,从而克服了语言的无形壁垒。特别地,在讲解关键术语和原理时,通过举例、类比等方式使学生理解到位,再继续推进后续教学。例如,在讲述反应器构型的教学时,如果局限于概念陈述与罗列,留学生往往只能获得浅层的认知。因此,教学过程中,通过不同型式的烹饪厨具类比聚合物生产中反应器的型式,如图1所示。留学生很容易从个人生活经验出发,理解选择不同的厨具,提供不同的加热和混合方式,可以做出不同风味的食物。那么,聚合物生产中反应器型式的选择也是类似的,不同的反应器提供了不同的混合和传质特性,根据不同单体聚合的机理和动力学特征选择不同型式的反应器,得到结构和性能各异的聚合物产品,晦涩的专业知识因此变得鲜活起来。

2.2 打造新课程体系和高质量教学资源

该课程为32学时,少于对应中文课程的48学时,并且考虑到留学生的知识背景与专业能力,对课程体系、内容及难度都进行了调整。删除了



图1 通过类比促进对反应器构型的学习

Figure 1 Learning reactor configurations through analogies

聚合反应工程基础章节中的反应器设计与计算的部分,选取最具代表性的合成塑料与树脂(聚苯乙烯、聚氯乙烯、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物、聚乙烯、聚丙烯)、合成橡胶与弹性体(顺丁橡胶、丁苯橡胶、丁基橡胶、乙丙橡胶、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯三嵌段共聚物),以及合成纤维(聚对苯二甲酸乙二酯、尼龙)进行聚合原理和聚合工艺介绍,并降低了整体的难度水平。

该留学生课程打造了“高颜值”、丰富又生动的教学资源。例如:我们选取经典的英文专业书籍,投入大量精力在其基础上编写与课程体系和留学生知识水平相适应的英文课件及讲义,提高课程内容的时效性,在绪论中引入新兴产业及涉及的关键聚合物(人形机器人用聚合物)的介绍,还引入聚合物材料引起的“微塑料”污染(图2)及“升级回收”等热点话题。综合利用多渠道资源,不断提炼教学内容及素材,形成了以英文课件和讲义为核心,辅以英文视频、动画、图书和参考文献的课程资源体系。例如,课件第4~6章在导入部分会通过大量“高颜值”的图片展示典型聚合物的应用场景,使学生直观地了解该类聚合物在实际生活中的重要作用。通过播放不同品种聚乙烯水箱从高空坠落的视频,以极具视觉冲击的方式使学生理解聚乙烯链结构与性能的密切关系。通过播放聚合物生产过程的动画及视频,使留学生在不去现场实践的情况下也能建立对真实工程场景的感性认识,跨越认知的鸿沟。这些高度时效性的教学内容和丰富的课程资源,充分考虑了留学生的成长环境和认知特点,能够第一时间抓住留学生的眼球,提高其学习兴趣。这也为后续

教学模式创新提供了有力支撑。

2.3 构建沉浸式的学习体验

在课程内容和教学资源创新的基础上,综合采用多种创新教学方法(图3),提升学生的学习体验和学习效果。

参考优秀纪录片的叙事风格,从学生日常生活的场景或聚合物的发明史出发,引出教学的主题。进一步自然地引出问题,启发学生思考。例如,课程第4~6章教学导入环节会展示典型聚合物的产品,使留学生能够亲身触摸不同聚合物材料,从而体会聚合物对现实生活的重要性。又如,在第4章聚苯乙烯的教学中,采用以下方式进行教学导入和问题的引出:

“同学们,一百多年前,科学家被一种从安息香属植物中提取的液体苯乙烯所吸引,它在光照或加热的条件下会从有特殊气味的液体转化为无色无味且透明的硬质固体。起初,科学家认为这是苯乙烯发生了氧化反应,然而元素分析表明液体和固体的元素组成完全相同,这使得科学家十分困扰。同学们,你们知道这个过程发生了什么吗?没错,是苯乙烯的聚合反应。经历一百多年的发展,苯乙烯的聚合反应生产了庞大的苯乙烯系树脂家族,其产能位居合成塑料前列,应用涉及生产生活的方方面面。那么,同学们,你们知道聚苯乙烯在工业上是怎样生产出来的吗?”

将“微实验”引入课堂,使留学生能够对课程重要概念和原理建立感性认识,从而为后续专业知识学习奠定基础。例如,在聚合反应实施方法一章中讲述本体聚合时,在课堂教学中引入光固化树脂的聚合微实验,实验耗时仅2~3 min,但可

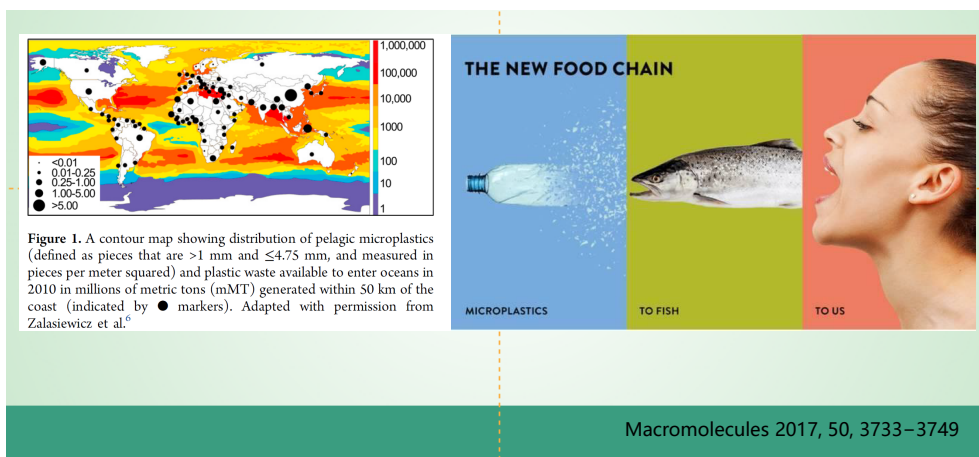


图2 微塑料污染^[10] (2017 American Chemical Society版权许可)

Figure 2 Microplastic pollution (Reprinted with permission from Ref. [10]; Copyright (2017) American Chemical Society)

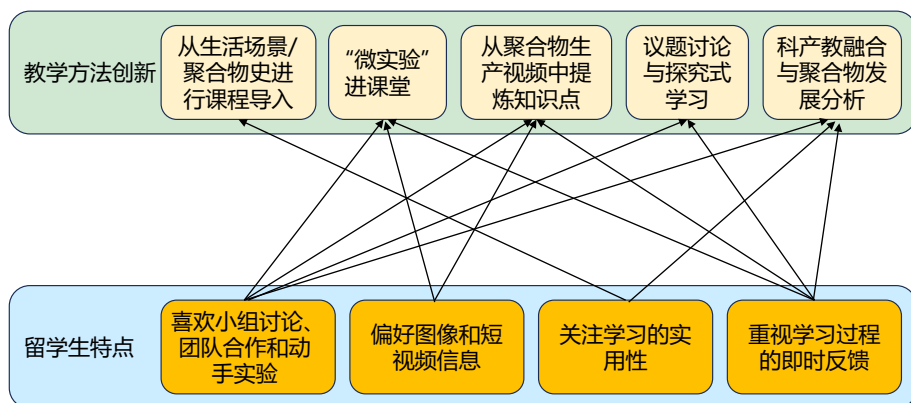


图3 基于留学生特点进行的教学方法创新

Figure 3 Innovation in teaching methods based on the characteristics of international students

使留学生快速理解本体聚合的体系组成特征及聚合过程的物性变化。又如，聚合反应装置的传热对聚合物的生产和质量控制至关重要，为加深留学生的理解，在课堂上引入氧化还原引发体系引发甲基丙烯酸甲酯本体聚合微实验。该聚合实验与教师的讲解同步进行，过程中留学生能够通过触摸反应试管感受到明显的聚合热。进一步播放课前拍摄的展示由于聚合体系缺乏有效传热出现热失控进而单体沸腾的短视频，组织留学生讨论出现该现象的原因及处理对策。这种教学方式使得留学生很好地掌握了传热与控温对聚合物生产和质量控制的重要性。

该课程借助工业生产的现场视频，使留学生能代入聚合物制备过程的真实工程场景，并从中自行总结提炼聚合物制备工艺流程。例如，在聚合反应器、聚丙烯的生产、聚氯乙烯的生产、合成橡胶的生产等部分均匹配了高质量的英文视频。留学生在观看视频后进行分组讨论，然后自行绘制出聚合物制备工艺流程简图，并阐述聚合反应实施方法及工艺要点。在此过程中，教师即时给出针对性的反馈或改进意见。通过这种方式，使留学生能够深度参与教学活动，促进了其对知识的掌握和能力的提升。

我们还设置议题，启发留学生思考和讨论，开展教师启发下的探究式学习过程。例如，在聚合物生产工艺先进性的评价标准板块，课前发布了高密度聚乙烯的多种生产工艺，要求留学生进行预习和调研。课上进行分组讨论与分享，将留学生分成五组，针对议题进行10 min的讨论，然后各组进行分享，由教师和留学生共同提炼出讨论的要点。通过讨论，单体来源、产品性能、工艺控制、经济性、

能源消耗、环境影响及安全性等成为高频词，这种形式使得教学活动不再是知识点的单向灌输，而是教师启发下留学生主动参与探究的过程。

通过科-产-教融合典型案例分析与聚合物发展史及未来趋势的讨论，提升留学生分析和解决问题的能力，培养留学生的国际化视野和中国情怀。例如，在第5章的丁基橡胶部分，介绍我校在丁基橡胶产业化方面所做的贡献。通过介绍，留学生对阳离子聚合的动力学特点、阳离子聚合产业化中的工程化难题以及针对性的解决方案有了非常深刻的认识，工程思维和能力得到锻炼。课程教学中会以生动的素材辅助介绍典型聚合物的发明和工业化历史，涵盖美国、德国、英国、俄罗斯、日本、中国等多个国家，使留学生自然而然地形成国际化视野，并体会“人类命运共同体”的思想。在资源生态高分子板块设置讨论泰国或俄罗斯聚合物工业的可持续发展实践环节，使留学生能通过对本土相关议题的前期调研、分享与总结，掌握聚合物工业发展的趋势。在课程教学中还会介绍我国在高端装备制造领域使用的聚合物材料以及我国在克服重要聚合物工业化难题方面的实践，使留学生能够更深层次地感受我国现代化进程，体会我国制度的优越性。

2.4 构建多元化评价体系

除了传统的作业和期末考试评价外，构建多元化的评价体系。本课程实施过程中尽可能多地引入提问、分组讨论和主题分享等环节，以在提升留学生学习的积极性和效果的同时，对留学生学习情况进行更加多元化的评价。例如，在聚合物生产工艺的多维度评价标准的讨论中，教师对留学生的观点进行即时地反馈，并根据留学生

的参与情况进行评价。又如,在课程重点和难点的复习中,邀请若干个同学给其他同学讲解。通过这种方式,提供了多元化评价的窗口,同时提升了留学生学习的积极性。因此,学生最终的成绩由平时作业成绩(20%)、课上讨论及展示成绩(30%)以及期末考试成绩(50%)三部分组成,充分体现过程评价在总成绩中的作用。

3 改革成效

本课程通过全英文教学的节奏和难度控制及技巧运用,克服了教学过程的语言壁垒,使留学生对知识的理解和掌握得以深化。本课程的教学课件、讲义及其它资源的应用使留学生的学习体验大为改观。通过提升教学资源的时效性提升课程内容的新鲜度,通过“高颜值”教学资源使学习过程产生审美上的愉悦感,通过教学资源的丰富性拓展留学生对课程内容认识的广度和深度,通过生动的教学将留学生从课堂链接至真实的工程场景。自2023年教学资源的积累和应用开始,促进了留学生对教学内容的掌握,提升了留学生的分析能力和工程意识。课程的教学模式创新使留学生教学风貌焕然一新。充分考虑留学生的特点,通过课程导入创新、“微实验”进课堂、从聚合物生产视频中提炼知识点、议题讨论与探究式学习,以及科产教融合与聚合物发展分析,构建了沉浸式的学习体验,实现了工程教育与现实生产生活的深度对接,实现了工科教学从知识传递到能力塑造的升级。留学生的学习兴趣显著增强,上课时的抬头率明显提高,参与课堂回答问题与讨论的积极性大幅提高。

通过调查问卷,及时了解了留学生对该课程教学改革效果的看法。从留学生的反馈结果(图4)来看,59%的留学生非常认可英文授课的节奏、难度和水平,而对此持正面看法的留学生占比达约89%。大约96%的留学生认可课程教学资源的质量,所有留学生均认为本课程教学内容能理论结合实践,且能结合领域的前沿。在课程教学模式、国际化的教学内容、课程评价方式及在课程中取得的知识和能力方面,持正面观点的留学生比例均达到85%以上。在课程的总体满意度方面,约41%的学生选择了非常满意,而选择满意及非常满意的留学生达到约93%。在问卷调查的开放问题部分,留学生们反馈了给他们留下最为深刻印

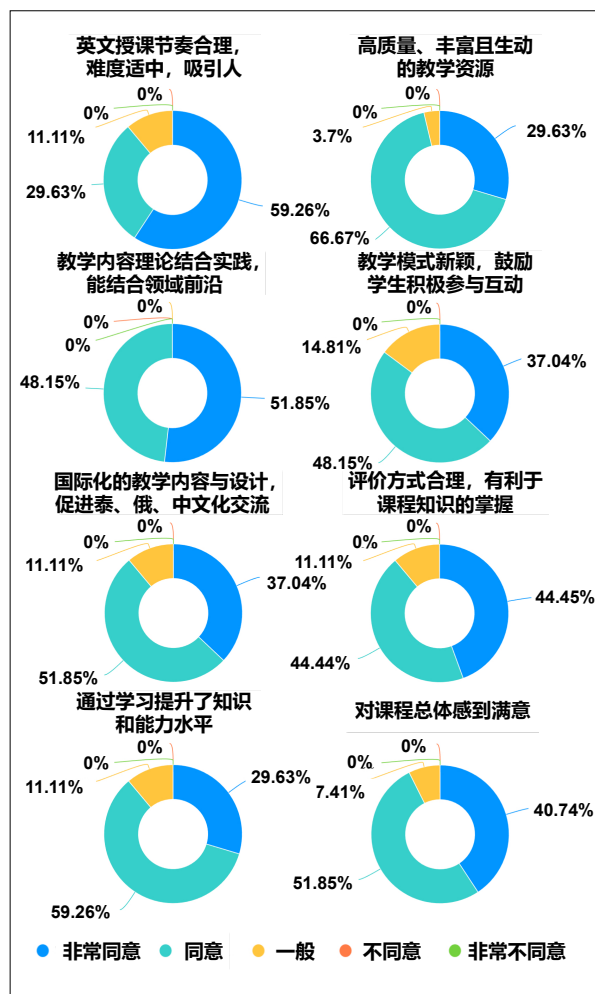


图4 对2024和2025年度27名留学生进行问卷调查的结果分析

Figure 4 Analysis of questionnaire survey results from 27 international students in 2024 and 2025

象的教学环节,有多位同学表示,在课堂上能够真正看到聚合物产品,能够学习与现实生活密切相关的聚合物的真实生产过程使他们印象深刻。这些意见说明本课程根据Z世代心理特点所制定并实施的教学改革措施是被留学生充分感知,且对提升他们的学习兴趣、知识掌握水平及工程能力起到积极效果的。以上反馈结果充分表明,本课程的改革举措取得了留学生的高度认可。

本课程的学生为泰国先皇理工大学和俄罗斯喀山国立研究技术大学经遴选确定的,在2023~2025年,生源质量基本稳定,而3年间的试题难易程度和阅卷标准也基本保持恒定,因此留学生的期末考试成绩能够在一定程度上反映教学效果。在以上改革举措的助力下,留学生对聚合物制备工程课程的学习效果不断改善,

在期末考试环节的表现也稳步提升。图5对比了2023~2025期间本课程的期末考试成绩分布,从中可以看出,从2023年到2025年,90~100和80~89两个分数段的学生比例明显增加,而70~79分数段的学生比例逐年降低,60~69分数段的学生比例较低。期末考试成绩的稳步提升证明了改革成效,学生对本课程知识点的掌握逐年加强。在期末考试试卷的正确率方面,聚合物生产工艺流程题的得分率提升最为明显,说明通过教学改革,学生能够对复杂工程问题深入了解。

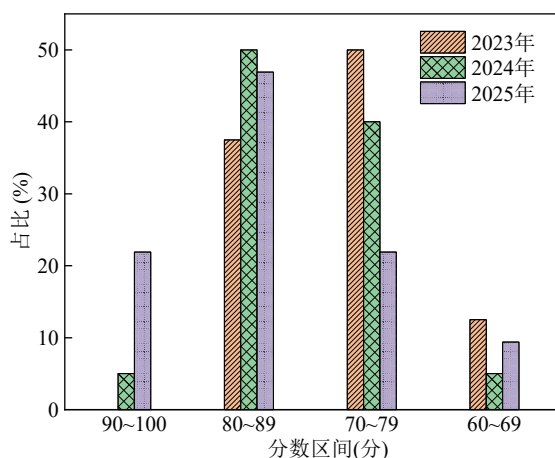


图5 2023~2025年期间留学生的期末考试成绩

Figure 5 Final exam scores of international students from 2023 to 2025

4 结论

高校留学生课程建设是高校留学生教育高质量发展的重要组成部分,其不仅要促进专业知识的传授,还要肩负起促进文化交流的使命。本次教学改革中,任课教师努力提高自己的专业素养和教学能力,以学生为中心,根据留学生的学情特点和认知规律进行系统性课程设计,不断以适应性的全英文教学环境、高质量的课程内容、创新性的教学模式和多元化的评价方式支撑教学质量的提升。在教学模式创新方面,综合运用从生活场景或聚合物史进行课程导入、“微实验”进课堂、从聚合物生产视频中提炼知识点、议题讨论与探究式学习,以及科-产-教融合与聚合物发展分析等措施,构建沉浸式的学习体验,显著提升了留学生的学习兴趣,提升了留学生的知识水平和工程

思维,培养了留学生的国际化视野和中国情怀。

未来,本课程还将进一步改进课程讲义和课件的质量,积累全球优质英文教学资源,不断增强教学资源的新鲜度、“高颜值”、丰富性和生动性;通过AI技术赋能课程,重点在于打造课程智能体以提供个性化学习方案,提升课堂交流讨论的效率,开发基于文本生成聚合物生产工艺流程图的应用等。通过多种措施并举,将留学生聚合物制备工程课程提升到新的水平。留学生课程教学改革永远在路上,要通过持之以恒的努力,增强留学生的专业知识、工程意识和素养,并使留学生了解真实的中国,成为未来实现“一带一路”国家民心相通、建设教育共同体和加强国际交流合作的纽带。

参考文献

- 1 刘鑫旺,曹华堂,闫春泽.“一带一路”背景下来华留学生教学设计与实践. 教育教学论坛, 2025, (44), 170-175.
- 2 郭玉波.“一带一路”背景下无机非金属材料工程专业建设研究. 高教学刊, 2020, 6(18), 17-20.
- 3 吴志峰,吴巧云.“一带一路”留学生钢结构设计原理教学改革研究. 山西建筑, 2025, 51(20), 189-194.
- 4 王志伟,白艳红,赵鑫,周仁武,周儒森,刘乐,尚晓博. 留学生医用有机化学教学改革实践:以手性知识为核心的创新探索. 大学化学, 2026, 41(X), 1-8.
- 5 徐荷澜,侯秀良,李蔚.“一带一路”沿线国家来华留学生全英语课程教学探索:以“高分子概论”课程为例. 纺织服装教育, 2021, 36(4), 351-354.
- 6 宋福常,秦艳.“一带一路”背景下金融专业留学生模块化人才培养体系构建. 中国集体经济, 2025, (28), 181-184.
- 7 刘洪梅,付元元,唐利,何勇. 东南亚临床药学本科留学生实习带教模式探索. 现代医药卫生, 2024, 40(12), 2144-2147.
- 8 于璟. 留学生医学影像教学的特点及教学形式多样化的重要性. 现代职业教育, 2017, (6), 93.
- 9 许佳丽,朱娟娟,朱蕾,郑伟龙,吴文华. 实践教学视角下材料专业来华留学生学风建设研究:以“材料测试与表征技术”实验教学为例. 纺织服装教育, 2025, 40(2), 33-37.
- 10 Schneiderman, D. K.; Hillmyer, M. A. 50th Anniversary perspective: there is a great future in sustainable polymers. Macromolecules, 2017, 50(10), 3733-3749.