

·教育与教学·

自制教具在塑料工程类课程教学中的应用

温时宝* 于 振 黄兆阁 张振秀 王小新 王庆富

(青岛科技大学高分子科学与工程学院 青岛 266042)

摘要: 在新工科建设与一流本科课程建设的背景下,专业课程的教学改革至关重要。针对高分子材料与工程专业塑料工程类课程教学中存在的机械结构抽象、原理理解困难、学生参与度较低等问题,探讨了自制教具应用于课程教学的方法与实践。教学团队基于三维软件和3D打印技术设计和制作了螺杆、挤出机、注射模具等一系列关键结构模型,将平面图片转化为可观察、可操作的实物,应用于塑料成型机械、塑料成型工艺和塑料模具设计课程的课堂教学。同时,为“物流运输塑料包装”课程设计并搭建了多功能产品模拟器及配套数据采集系统,实现了包装保护效果的直观验证。教学实践表明,自制教具的应用将抽象理论具象化,有效激发了学生的学习兴趣,加深了其对专业知识的理解,显著提升了课堂教学效果,为工科专业课程的课堂及实践教学改革提供了有益参考。

关键词: 高分子材料与工程; 塑料工程; 课程建设; 教具设计; 3D打印

Application of Self-made Teaching Aids in Plastics Engineering Courses

WEN Shi-bao*, YU Zhen, HUANG Zhao-ge, ZHANG Zhen-xiu, WANG Xiao-xin, WANG Qing-fu

(School of Polymer Science and Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042)

Abstract: In the context of emerging engineering education and the development of first-class undergraduate courses, reforming practical teaching in specialized courses is of paramount importance. To address challenges in plastics engineering courses within the polymer materials and engineering program, such as difficulty in understanding abstract mechanical structures and principles and low student engagement, this paper explores the methods and practices of applying self-made teaching aids in course teaching. The teaching team designed and fabricated a series of key structural models, including screws, extruders, and injection molds, using 3D software and 3D printing technology, transforming two-dimensional images into observable and operable objects for application in classroom teaching of Plastics Processing Machinery, Plastics Processing Technology, and Plastic Mold Design courses. Additionally, a multifunctional product simulator and a supporting data acquisition system were designed and constructed for the Logistics Transport Plastic Packaging course, enabling intuitive verification of packaging protection effectiveness. Teaching practice demonstrates that the application of these self-made aids concretizes abstract theories, effectively stimulates students' interest in learning, deepens their understanding of professional knowledge, and significantly enhances classroom teaching effectiveness. This provides a valuable reference for the reform of classroom and practical teaching in engineering programs.

Keywords: Polymer materials and engineering; Plastics engineering; Course construction; Teaching aid design; 3D Printing

青岛科技大学高分子研究专辑;2026-03-02 收稿,2026-04-02 录用

基金项目:2024 年山东省本科教学改革研究项目(项目号 M2024078),2024 年度青岛科技大学教学改革研究重点项目(项目号 2024ZD009)

* 通信联系人:温时宝,E-mail: wenshibao@qust.edu.cn

doi: 10.14028/j.cnki.1003-3726.2026.26.119

引用:温时宝,于振,黄兆阁,张振秀,王小新,王庆富.自制教具在塑料工程类课程教学中的应用.高分子通报, doi: 10.14028/j.cnki.1003-3726.2026.26.119

Citation: Wen, S. B.; Yu, Z.; Huang, Z. G.; Zhang, Z. X.; Wang, X. X.; Wang, Q. F. Application of self-made teaching aids in plastics engineering courses. *Polym. Bull.* (in Chinese), doi: 10.14028/j.cnki.1003-3726.2026.26.119

虽然以ChatGPT和Deepseek等为代表的人工智能技术开始在高等教育上快速应用^[1~3],但实际的大学教育仍是以传统教育模式为主。2018和2019年,教育部先后提出新工科专业建设和一流本科课程建设,在其指引下各个工科专业开始对现有课程进行升级和改造。相对于新工科、人工智能等概念和技术,实际的课程教学更需要进行脚踏实地的提升,特别是基于问题和项目学习(PBL)^[4]教学改革要求下,工程类专业课程的教具和实物模型建设方面还需要持续推进。实物模型教学应用比较成熟的是机械(制图)类课程,为了加深学生对结构和运动的理解,这类课程通常有较为全面的模型教具^[5,6]。相对来讲,工程类专业课程,由于使用人数较少,通常无专门开发这类教具的人员。

高分子材料与工程专业课程中,塑料成型工艺、塑料成型机械及塑料模具课程教学中,经常涉及机械和零件结构、运动原理等内容的教学,传统多媒体教学时,展示机械结构主要依靠各类资料中的图片和视频进行,学生在学习过程中关注度较低,参与感较弱^[7~10]。“物流运输塑料包装”课程涉及包装保护有效性的验证,课程教学纯理论说明时说服力较弱,若能通过实物模型教具直接让学生看到实在的保护效果,会使得课程的吸引力更强。基于这方面的需求,结合3D打印技术,制作了如下教具用于相关课程的教学。

1 塑料工程类课程中教具的制作

根据文献^[11~13],3D打印技术在机械类课程教学中可以解决学生空间想象能力不足和学习兴趣缺乏的问题。3D打印能有效革新工程教育,将抽象理论转化为具象实践,显著提升学生的学习效果和参与度^[14]。

特别是对于非机械类专业的学生,能降低课程的枯燥程度,提升学生的学习兴趣。为了提升学生学习过程中的兴趣与参与度,团队设计或收集了一些关键结构和零件的模型,利用FDM3D打印机制作了结构和零件模型,以利于学生直接

观察机械结构的运动和配合过程,将参考资料中的平面照片变为实物,3D打印制作的演示教具模型如图1~图7所示。

例如:授课时讲到DIS分流型螺杆^[15]的内容,根据资料中的图片,学生很难理解其结构,据此用三维软件重新绘制了其三维模型,利用3D打印制作其实物结构,并将图中的分流通道做了局部剖切,以利于学生加深对该结构的理解(图1)。教学过程中,不再需要授课教师进行烦琐的讲解,学生直接一看即可明白零件的结构和原理。

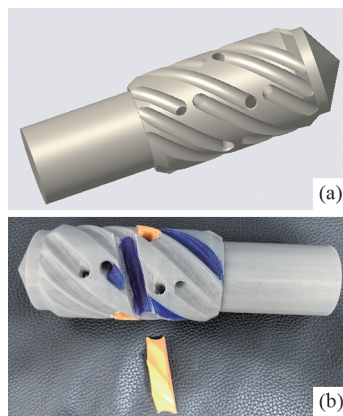


图1 DIS型螺杆的三维模型图(a)和3D打印模型(b)
Figure 1 3D model diagram (a) and 3D printed physical model (b) of DIS type screw

单螺杆挤出机是最基础的塑料成型机械,核心是单螺杆结构和三段式螺杆挤出理论,其中单螺杆结构可以通过模型和图例直接说明,但加料段的固体输送理论、熔融段的熔融理论和均化段的熔体输送理论,由于实际挤出机的单螺杆处于机筒内部,难以通过直接观察的方式理解,为此设计制作了3D打印单螺杆挤出演示模型教具(如图2所示),其中机筒采用了管状透明PMMA制作。

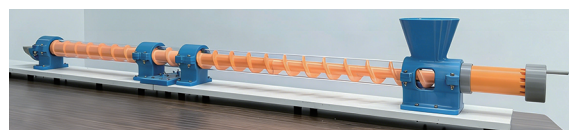


图2 单螺杆挤出演示模型
Figure 2 Demonstration model of single-screw extrusion

尽管该模型教具不能模拟物料的加热熔融过程，但授课时将颗粒物料置入料筒，手动转动螺杆即可通过透明机筒演示物料的前进输送和压紧挤出过程。通过该演示过程，学生对单螺杆挤出机的挤出过程和原理有了清晰深刻的认识和体会。

双螺杆挤出机是塑料配混与改性、反应挤出等必不可少的成型机械，其核心是双螺杆结构，与单螺杆挤出机相同，由于实际设备螺杆都处于设备内部，通常难以直接观察两根螺杆间的配合情形，传统平面示意图或动画无法解决结构感知的问题。为此设计制作了典型的异向啮合双螺杆演示实物模型，如图3所示，手动转动螺杆可观察到不同位置螺杆螺纹的啮合情况。该模型教具虽然不能演示物料在螺杆间的运动情况，但其将抽象的工程语言转化为可触摸、可操作的具体对象，部分实现了理论与实践结合。通过多感官刺激(视觉+触觉+动觉)，帮助学生完成了从“抽象符号”到“具体实物”的认知跃迁，有效弥补了非机械类工科学生空间想象能力和机械素养的短板。

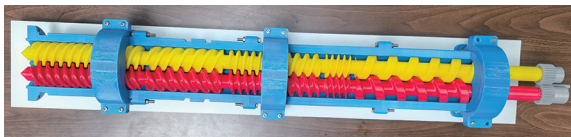
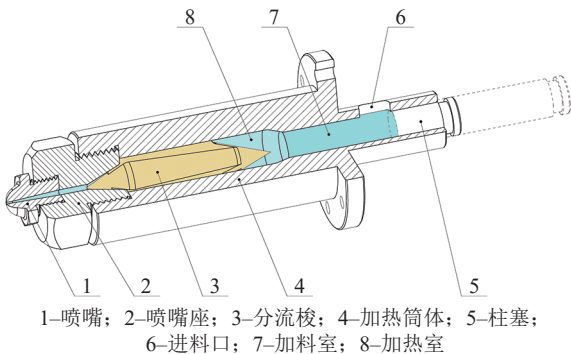


图3 异向啮合双螺杆演示模型
Figure 3 Demonstration model of intermeshing counter-rotating twin screw extruder

在注射成型机柱塞式注射装置^[15]的教学过程中，由于参考书籍中只有平面结构示意图，无三维模型，学生很难理解分流梭在机筒中如何定位固定和物料的运动过程，据此我们设计了其三维模型，如图4所示，物料从进料口6加入到加料室7，柱塞5推动物料向前运动到加热室8，物料持



1-喷嘴；2-喷嘴座；3-分流梭；4-加热筒体；5-柱塞；6-进料口；7-加料室；8-加热室

图4 柱塞式注射装置三维模型
Figure 4 3D model of plunger-type injection unit

续加热熔融后，柱塞5继续推动物料向前运动，物料沿分流梭3分散变薄进一步熔融，最后从喷嘴1挤出。

根据图4的三维模型，进一步制作3D打印的演示模型，如图5所示。图中还单独制作了分流梭的3D模型，授课时可以让学生用实物模型直接观察分流梭的结构和功能。使用柱塞式注射装置实物模型后，所有的学生都能对其结构原理和功能等完整理解和掌握。

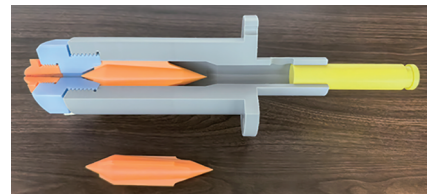
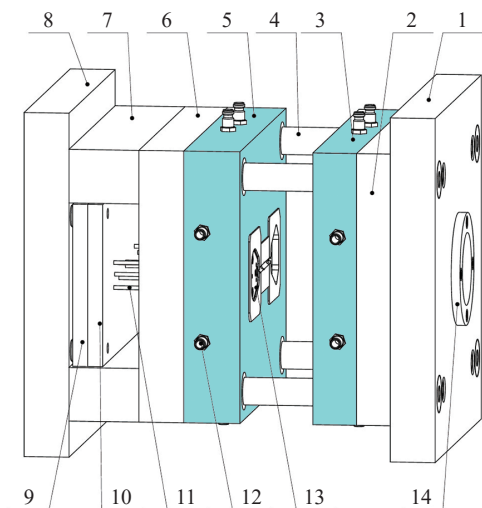


图5 柱塞式注射装置演示模型
Figure 5 Demonstration model of plunger-type injection unit

注射成型是塑料加工中最重要的成型工艺之一，其成型过程中必须使用成型模具，为了让学生理解成型模具结构，设计了典型的注塑模具三维模型，如图6所示。据此制作了可以模拟模具开合模、制品顶出过程的实物模型，如图7所示，模型中的主要结构采用3D打印方式制作，连接紧固件(螺栓)和推杆直接采购标准件。根据图7模型，授课时，学生亲自操作开合模具后，可以准确掌握注射成型模具的零件名称、结构原理和运动过程。



1-定模座板；2-定模垫板；3-定模板；4-导柱；5-动模板；6-动模支撑板；7-垫块；8-动模座板；9-推板；10-推杆固定板；11-推杆；12-水嘴；13-动模镶块；14-定位环

图6 注射成型模具三维模型
Figure 6 3D model of injection mold

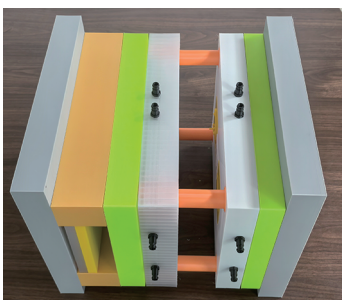


图7 注射成型模具演示模型

Figure 7 Demonstration model of injection mold

随着这些模型教具的逐步使用,学生对塑料成型机械、零部件和模具结构的理解更加深刻,从近2年的考试成绩可以反映,塑料成型机械课程学生总体的考试平均成绩逐步提升,成绩从2024年的69.7分,提升到了2025年的77.9分,考核内容中关于塑料机械结构和原理的相关内容得分大幅提升。

2 产品包装模拟及数据采集系统的设计与搭建

长期以来,塑料一直是除纸张外排名第二的包装材料,由于我校有包装工程专业相关教学资源,据此为塑料工程方向的本科学生开设了“物流运输塑料包装”课程,作为应用类特色专业选修课程,该课程32学时2学分,其中4学时实验内容。课程重点旨在使学生能够根据产品特点和物流环境,选择合适的塑料包装材料并进行缓冲包装设计,以确保产品流通安全。学生需掌握基础的包装力学原理、塑料泡沫材料的基本力学特性,据此设计与流通环境要求和产品特性相匹配的合格运输包装。

传统教学中,学生先进行材料力学特性测试,再对被包装产品进行包装设计,由于产品千差万别,同时实验时可能造成物品的损坏,实验成本高又无法进行对比或重复性实验,最终包装件的保护效果难以直接观察。为解决这一难题,教学团队设计并制作了一套产品包装模拟器^[16],用于验证缓冲材料及其包装件的跌落冲击特性,实物照片如图8所示。同时,团队自行搭建了简易数据采集系统,如图9所示,其核心数据分析程序通过AI辅助编写。该产品包装模拟器及简易数据采集系统具有4个方面的优点:(1)模拟器本身为

规则和刚性结构。规则结构不需要考虑产品本身形状的影响,便于简化包装设计;刚性结构不需要考虑产品本身缓冲特性的影响,采用的铝合金框架和硬质木板都是抗冲击材料,便于重复使用。(2)模拟器带有关键元件结构,关键元件质量和弹性(阻尼)可在一定范围内快速调整,用于模拟产品本身受外界作用后易损零件的受力变化情况。(3)模拟器整体质量可在一定范围内快速调整。(4)缓冲包装对模拟件的保护效果通过传感器数据确定,而非通过产品是否损坏判断。

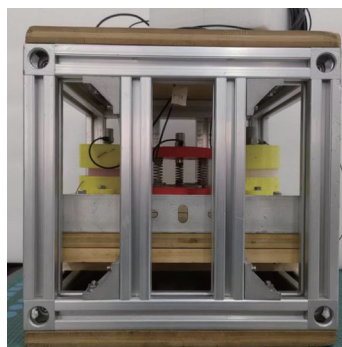


图8 产品包装模拟器

Figure 8 Product packaging simulator

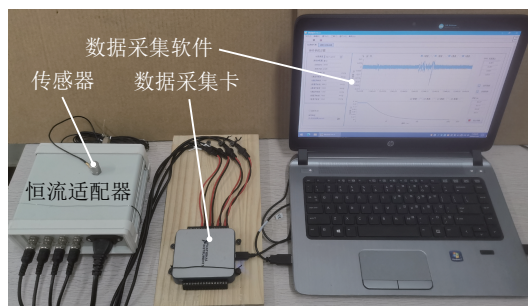


图9 数据采集装置

Figure 9 Data acquisition device

课程中该部分的课程理论教学完成后,学生完成4学时的课程实践,进行塑料泡沫材料特性测试,再进行包装结构与尺寸设计,并制作缓冲包装,最后与产品包装模拟器(指定质量 m 和脆值 G_c)组合为包装件,通过跌落冲击实验获取数据,直观判断设计是否满足保护要求。图10为学生用EPE塑料泡沫设计和制作的缓冲包装,图11为学生利用该套装置进行跌落冲击实验的场景。图12为采集到的典型跌落冲击波形,根据该数据图即可分析塑料泡沫缓冲材料结构、尺寸与跌落高度、模拟器质量等对跌落冲击最大加速度与冲



图 10 学生设计制作的缓冲包装

Figure 10 Cushioning package designed and fabricated by students

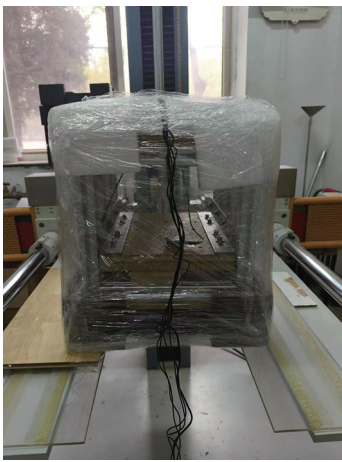


图 11 包装件实物跌落测试

Figure 11 Drop test photo of package

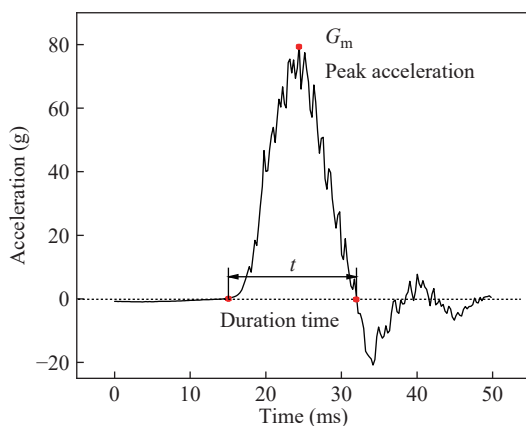


图 12 跌落加速度-时间曲线

Figure 12 Drop acceleration-time curve

击持续时间的影响。

利用该套装置，学生还可以进一步得到塑料泡沫材料与产品以及外界物流环境的关系规律，指导实际的运输包装设计。2024 和 2025 年已经有 4 位学生在毕业论文环节利用该套装置进行 EPP、EPE 塑料泡沫材料的跌落冲击性能研究，取得了

优秀的答辩成绩。该套装置的应用显著提升了学生课程的参与度，锻炼了学生的动手能力，同时加深了学生对塑料泡沫类缓冲材料对产品的保护效果与其在物流运输中的作用的理。作为特色类专业课程，近 2 年学生的选课率保持在 80% 以上。

3 结语

课程教学的核心在于引导学生学以致用，将理论知识应用于实际工程问题。塑料工程类课程中自制教具的应用，将学生从枯燥的平面学习中解放出来，使其在观察、操作和实验中快速掌握复杂结构与原理。实践证明，基于三维设计和 3D 打印技术的系列教具和自主搭建的产品包装模拟测试系统，有效解决了塑料工程类课程教学中结构难于理解、实践环节弱的问题。这些教具不仅将静态知识动态化、可视化，更通过互动式、探究式的学习方式，激发了学生的主动学习兴趣，深化了对专业知识的理解与应用能力，为提升专业课程的教学效果探索了一条切实可行的路径。未来，教学团队将持续优化教具设计，完善现有教具的种类，并探索将其与学生创新实践项目相结合，进一步发挥其在人才培养中的作用。

参考文献

- 1 胡小勇, 刘桓秀, 贺玮. 人工智能融入高等教育: 时代考察与发展进路. 中国教育信息化, 2026, 32(2), 41-52.
- 2 王昆仑, 崔喆, 徐慎刚, 刘洋, 王万杰. “新工科”背景下高分子材料与工程专业核心课程群建设的探索与实践: 以郑州大学材料科学与工程学院教学改革为例. 高分子通报, 2026, 39(3), 486-492.
- 3 余砚, 顾金楼, 牛德超, 滕鑫, 左沛元, 徐启杰, 侯宇. 数智时代高分子材料与工程专业人才培养模式探索. 高分子通报, 2026, 39(3), 477-485.
- 4 Chen, J. B.; Kolmos, A.; Du, X. Y. Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: a review of literature. *Eur. J. Eng. Educ.*, 2021, 46(1), 90-115.
- 5 刘国栋, 王文中, 李朝将, 冀寒松, 金鑫. 3D 打印技术在机械工程基础课程教学中的应用研究. 大学教育, 2025, (21), 7-12.
- 6 孙国勋, 孙超. 基于 3D 打印的机械制图实体模型教具研究. 机械工程师, 2022, (10), 63-65.
- 7 李海英. 《冲压与塑料成形设备》课程改革的探索与实践. 装备制造技术, 2020, (8), 186-188.
- 8 张伟, 刘冰肖, 王林艳, 张涛, 谭英杰. 任务驱动下的《塑料成型机械》教学模式研究. 广东化工, 2020,

- 47(2), 217.
- 9 郭建华, 刘维锦. 高分子材料专业《橡胶塑料成型模具设计》课程教学改革初探. 高分子通报, **2014**, (3), 81-84.
- 10 何领好, 张治红, 陈荣源, 杨皓然, 张晓静, 方少明. 新工科背景下“高分子材料成型机械”课程教学改革探索. 广州化工, **2022**, 50(20), 206-208.
- 11 王宏卫, 万熠, 靳一帆. FDM3D打印技术在机械专业教学中的应用探讨. 工具技术, **2017**, 51(8), 94-97.
- 12 彭翀, 徐振澎, 姜兴刚. 3D打印技术在机械学科教学中的应用研究. 实验科学与技术, **2017**, 15(5), 63-68.
- 13 王小新, 黄兆阁, 温时宝. CAD-CAE及3D打印在《塑料制品设计》课程教学中的应用探索. 高分子通报, **2020**, (2), 54-58.
- 14 Munir, M. T.; Jamwal, P. K.; Li, B.; Carter, S.; Hussain, S. Revolutionising engineering pedagogy: the role of 3D printing in modern engineering education. *Innov. Educ. Teach. Int.*, **2025**, 62(2), 575-593.
- 15 秦宗慧, 谢林生, 祁红志. 塑料成型机械. 北京: 化学工业出版社, **2012**, 41, 137.
- 16 温时宝, 周晓猛, 李亚民, 朱群峰, 于振, 张振秀. 一种产品模拟件. 中国专利, CN202411896513.5, **2025-03-28**.