

·教育与教学·

高分子材料美育教学设计及科普案例打造

李 慧^{1*} 李元东¹ 左 凡² 唐 洁¹ 刘 鸿³ 钱虎军⁴

(¹兰州理工大学材料科学与工程学院 兰州 730050)

(²天水市秦州区教育局 天水 741000)

(³华南师范大学环境学院 广州 510631)

(⁴吉林大学 超分子结构与材料全国重点实验室 长春 130012)

摘要: 高分子材料美育教学单元秉持“以美育人”的理念,紧密结合学校、学科和专业特点,从工程师视角出发,发挥高分子专业知识教育的美育功能。该单元从发现高分子“结构之美”、探索高分子“功能之美”、展现高分子“应用之美”、引领高分子“探索之美”4个方面,通过课赛结合的方式,将专业知识、研究技术和学术前沿以“美”的设计、“美”的实物、“美”的运用和“美”的发现等形式融入教学内容,为理工院校美育奠定坚实基础,筑牢素质教育根基,促进大学生的全面发展。同时,将高阶专业知识转化为科普案例,以进阶“塔式”模式面向小学、中学和大学开展科普宣讲,发挥启智作用,激发学生对高分子专业的好奇心,有效提高专业招生成效和生源质量。

关键词: 美育; 材料之美; 高分子专业; 科普教育; 招生效果

Design of Aesthetic Education Teaching and Creation of Popular Science Cases for Polymer Materials

LI Hui^{1*}, LI Yuan-dong¹, ZUO Fan², TANG Jie¹, LIU Hong³, QIAN Hu-jun⁴

(¹School of Materials Science and Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050)

(²Education Bureau of Qinzhou District, Tianshui City, Tianshui 741000)

(³School of Environment, South China Normal University, Guangzhou 510631)

(⁴National Key Laboratory for Supramolecular Structures and Materials, Jilin University, Changchun 130012)

Abstract: The polymer materials aesthetic education teaching unit upholds the concept of “educating through aesthetics”, closely combines the characteristics of the school, discipline, and major, and from the perspective of an engineer, gives full play to the aesthetic education function of polymer professional knowledge. From the four aspects of discovering “the beauty of polymer structure”, exploring “the beauty of polymer function”, showcasing “the beauty of polymer application”, and leading “the beauty of polymer exploration”, professional knowledge, research techniques, and academic frontiers are integrated into teaching content through the combination of courses and competitions, using “beautiful” design, “beautiful” physical objects, “beautiful” application, and “beautiful” discoveries, to cultivate a broad soil for aesthetic education in science and engineering colleges, strengthen the foundation of quality-oriented education, and promote the all-round development of college students. Advanced professional knowledge can be transformed into popular science cases, and popular science lectures can be conducted for primary schools, middle schools, and universities through advanced “tower” tests, playing an enlightening role, stimulating students’ curiosity about the

2025-09-19 收稿, 2025-11-10 录用, 2026-01-09 网络出版

基金项目: 甘肃省教育科学“十四五”规划 2025 年度项目(项目号 GS[2025]GHB1401), 兰州理工大学高教研究重点项目(项目号 GJ2022A-4), 兰州理工大学高教研究一般项目(项目号 GJ2023B-23)

* 通信联系人: 李慧, E-mail: lihuidhg@lut.edu.cn

doi: 10.14028/j.cnki.1003-3726.2025.25.140

polymer major, and effectively improving the enrollment effect and student quality of the major.

Keywords: Art education; Beauty of materials; Polymer majors; Popular science education; Enrollment effectiveness

引用: 李慧, 李元东, 左凡, 唐洁, 刘鸿, 钱虎军. 高分子材料美育教学设计及科普案例打造. 高分子通报, 2026, 39(2), 314-324.

Citation: Li, H.; Li, Y. D.; Zuo, F.; Tang, J.; Liu, H.; Qian, H. J. Design of aesthetic education teaching and creation of popular science cases for polymer materials. *Polym. Bull.* (in Chinese), 2026, 39(2), 314-324.

在国家全面推进“五育并举”、强化新时代高校美育工作的背景下, 美育已从传统艺术教育拓展为融合审美、情操与心灵教育的综合育人体系^[1-3]。党的十八大以来, 国家将美育纳入立德树人的重要环节, 并在工程教育中持续强化^[4]。2015年, 《关于全面加强和改进学校美育工作的意见》明确了美育的多元功能, 鼓励理工院校推进学科交叉。2020年, 《关于全面加强和改进新时代学校美育工作的意见》进一步提出将美育贯穿人才培养全过程, 倡导“工程+艺术”的跨学科培养模式。2025年, 《教育强国建设规划纲要(2024~2035年)》更将美育视为立德树人的关键载体, 并将其纳入学生综合素质评价。这一系列关键政策持续推动美育与工程教育的深度融合, 为专业课程中系统融入美育理念提供了制度保障与发展动力^[5,6]。在这一背景下, 材料学科因其与美学在结构、形态、功能与应用层面的高度关联, 成为践行“工程美育”的理想载体。材料本身所呈现的微观结构有序性、宏观性能、智能性以及其在自然与工程中所展现的多样态、多功能特性, 构成了“材料之美”的丰富内涵, 既包括科学之美, 也涵盖技术应用与可持续发展所体现的人文之美。然而, 尽管材料的美学价值已被部分高校通识课程或科普活动所关注, 当前仍缺乏系统化的教学设计理念、分层实施路径与典型育人案例, 难以将材料的审美价值有效转化为可实施、可推广的美育教学内容。

因此, 本研究立足于国家美育政策导向与材料学科育人优势, 以自建《材料之美》中的“高分子材料美育教学设计”为核心研究内容, 旨在构建一套融合材料学科认知与审美素养培育的教学框架与实施路径, 为推动美育在工程教育中的系统融入与创新实施提供理论依据与案例参考。

1 材料学科美育融合与高分子实践路径

新时代工业文明正在突破功能理性的边界, 向审美维度跃迁。现代工程教育的目标不仅是培养具备扎实专业知识和实践能力的技术人才, 更强调创新思维、人文素养和审美能力的综合发展^[7,8]。随着国家将美育纳入人才培养战略体系, 理工科专业教师的教学舞台正在发生一场静默的革命, 专业教师的教学实践正从单纯的工程技术知识传授, 逐步拓展至工程审美能力的培养。在当前工程教育强调复合型能力培养的背景下, 美育已成为高素质工程技术人才培养的重要维度。材料学科凭借其艺术与人文的天然交叉属性, 成为美育融入专业教育的典型领域, 实现了微观结构、宏观性能与美学表达的有机统一^[9,10]。国内多所高校已开展了一系列以“材料之美”为核心的课程与活动, 如清华大学、北京大学、上海交通大学等通过显微成像、通识课程、影像展览等方式将材料科学与视觉艺术相结合^[11]; 北京科技大学、哈尔滨工业大学、浙江大学等则分别从传统工艺、航天材料及纳米科技等角度开设融合美学理念的专业课程。此外, 各类微结构摄影大赛、线上开放课程以及与研究机构合作推出的科学展览, 进一步拓展了美育的实施途径^[12,13]。

在这一背景下, 兰州理工大学依托“材料之美”课程, 将美育全面融入材料学科人才培养体系。该课程以区域产业需求与学校工科特色为依托, 通过多学科交叉方式系统融入材料的分类、组成、应用及前沿知识, 致力于培养具有“工匠精神”的工程技术人才。作为该课程体系的重要组成部分, 高分子专业知识教育在实现美育功能方面表现出显著优势。其多层次、多尺度的结构特

性与广泛的应用背景,为美学元素的融入提供了丰富素材。具体体现在以下三个方面:

第一,高分子专业知识能够展现科学之美,培养学生理性审美。高分子专业知识本身蕴含着深刻的科学之美,具备严谨的科学逻辑、精妙的研究规律。例如:聚合物链结构的规则排列、结晶形态、对称结构、共聚物微相分离、聚合物自组装等都展现了自然科学的秩序与和谐;高分子合成中的反应机理、反应方式,刻画出化学反应的精巧和可控性,展现科学规律的简洁和优雅;高分子材料的力学强度、弹性、自修复等多功能特征,展示出科学与技术的完美结合。从以上专业知识中提炼出美育元素,融合专业知识后能够进一步展现科学之美,培养学生对自然规律、科学规律的理性欣赏,激发学生开展科学探索的兴趣。

第二,高分子专业知识能够呈现结构之美,激发学生艺术灵感。高分子材料的多层次结构具有独特的美学价值,从原子组成、链结构、链形态、构象统计到聚合物聚集态和多级组装,高分子在不同空间尺度下呈现独特的微观排列、图案和纹理,能够为学生及工程人员提供艺术创造的灵感来源。高分子材料在加工过程中形成的纤维、薄膜、泡沫等形态,具备丰富的质感和视觉效果,能够用于学生及工程人员的艺术设计。高分子材料模仿自然界中的结构,如复杂网络、疏水表面、梯度结构等充分展现生命与材料的和谐共生,能够为学生和工程人员提供新视角。此外,高分子结构设计带来的合成、加工和表征技术,体现专业学习的严谨与规范,在激发艺术灵感的同时,让学生体验创新创造的乐趣,培养美育创新思维。

第三,高分子专业知识能够体现应用之美,深化学生对美的理解。高分子材料的广泛应用展现出专业知识与生活的密切联系,体现功能和美学的统一。例如,高分子材料在日常生活的衣、食、住、行等各领域的应用,不但注重功能性,还越来越赋予美学价值,柔性高分子材料能使电子产品更美观、更轻薄;生物医用的抗菌材料、可降解缝合线、替代器官不仅解决医学难题,也体现高分子功能与人类健康的关怀之美;可降解高分子材料的应用,充分体现可持续发展的理念,展现专业知识对大自然的尊重与保护。以上高分子材料在人与自然中发挥的功能性应用更体现了哲学和美学的契合,加深学生在学习过程、未来工作中

对美的理解。

2 高分子美育科普案例与启智价值

基于高分子专业知识的美育教学可通过科普化途径,将复杂的专业内容转化为生动、直观的教学案例,实现启智与价值引领的双重目标。具体途径包括:

第一,引入高分子学科代表性科学家的科研历程,传承科学家精神。通过介绍赫尔曼·施陶丁格(Hermann Staudinger)、保罗·弗洛里(Paul J. Flory)、白川英树(Hideki Shirakawa)等学者在推进高分子学科理论创建的过程中做出的巨大贡献,以及他们经历的各种科学研究的趣事历程,从被嘲笑的“荒谬理论”到爆炸实验,再到“美丽的错误”,这些科学家的故事不仅展现了他们的智慧,还揭示了科学发现中的偶然性与坚持的重要性。科普处理后的教学案例能够从科学发展的人情味和戏剧性角度激励学生破除“完美主义”迷信,培养“批判性思维”,并重塑失败观,感受科研工作的浪漫所在。

第二,借助显微成像技术展示高分子多级结构,激发探索自然奥秘的好奇心。在多尺度空间呈现高分子的结晶形态、液晶结构、两相界面和纳米聚集体等特征,揭示聚合物链的规则排列、对称结构和多样构型,引导学生从微观尺度理解材料宏观性能,强化其结构-性能关联的认知框架,激发学生揭示大自然奥秘的学习热情。

第三,聚焦高科技应用场景,感受材料科技对社会生活的深远影响。结合智能传感、形状记忆聚合物和生物降解材料等前沿应用,展示高分子材料在医疗、航空航天及环保领域中的重要作用,让学生感受最新科技成果,感受科技对生命、生活的改变,倡导绿色理念,引导学生主动探索未来变革需要的材料学知识,结合生物学、材料学和工程学,建立跨学科的知识框架。

第四,开发简单易行的高分子实验,提升跨界创新体验。通过树脂吸水、非牛顿流体行为、形状记忆效应等实验,将材料科学原理与艺术创作相结合,增强学生的动手能力与跨学科创新意识。

高分子美育案例的科普化延展,不仅有效降低了专业知识的认知难度,更在融通科学、艺术与工程视野的基础上,潜移默化地塑造学生的科技伦理观与责任感,为培养具备系统思维与

创新实践能力的复合型人才提供重要途径。

3 高分子材料之美教学单元的内容设计

高分子材料理论体系作为化学、物理、数学和材料工程的交叉学科,其广泛的知识覆盖为美育教学提供了多元化的融入途径。高分子材料之美教学单元是兰州理工大学“材料之美”课程的重要教学内容,面向该校大一、大二学段约1万名学生开设。课程要求教学内容从科研人员视角出发,展现高分子材料之美,深入材料本质,超脱材料局限,以“美”审视材料,培养对材料的热爱。以审美鉴赏为切入点,在解析高分子材料美学特征的过程中系统介绍材料科学知识,实现从基础分类到前沿应用的审美化教学,构建专业教育与美育教育相得益彰的新型教学模式(图1)。

3.1 结构之美驱动的高分子精准设计

高分子材料与传统材料最本质的区别在于其多层次、动态化的结构特征,这种结构独特性直接决定了高分子材料的特殊功能和应用。通过发掘高分子材料内在的“结构之美”,构建功能性与艺术性相统一的设计理念,使专业知识学习升华为独特的审美体验。高分子材料之美教学单元用2个学时,优选结构美图,解码高分子材料的多尺度结构世界,从微观到宏观讲解高分子材料分子层面的对称之美,介观尺度的动态之美及性能缺陷的艺术性重构,实现从“结构”到“设计”功能

美学的创造性转化(图2)。例如,高分子多层次结构中列举双螺旋结构通过氢键形成的精密几何构型^[14]、液晶高分子自发组装产生的周期性层状排列^[15]、经X射线衍射图谱分析的分子间作用力与空间位阻关系^[16,17]、偏光显微镜下的塑料共混体系热致相变行为及高分子材料受气泡^[18,19]、银纹等缺陷启发的仿生抗裂涂层结构设计等^[20]。此外,将高分子材料结构思维转化为具有实用价值的“美”的设计,体现结构严谨与艺术感性的交织。例如:模仿蝴蝶翅膀光子晶体结构开发的“结构色材料”,无需染色即可通过纳米级有序孔洞产生彩虹效应^[21];可降解骨钉表面通过微图案蚀刻技术形成玫瑰状纹路来增加骨细胞附着面积^[22,23];响应性智能水凝胶创伤敷料根据pH值变化显色来实现伤口实时监测^[24,25];通过共混改性调控球晶尺寸分布使材料兼具珍珠光泽与力学强度^[26]。以上技术美化过程,使高分子材料的内在价值通过外在形式被直接感知,专业知识学习穿越工具理性局限,迸发多尺度的创造力。

3.2 功能之美引领的高分子材料技术实现

高分子材料的“功能之美”源于其科学属性与人类需求的深度耦合,功能的设计更来源于精妙的分子设计与结构调控。随着智能材料、仿生材料和增材制造等创新技术的引入,以及先进表征技术、计算机模拟技术和高通量实验技术等先进研究技术的应用,高分子材料在各类功能领域中通过“美”的实物呈现高分子“功能之美”(图3)。

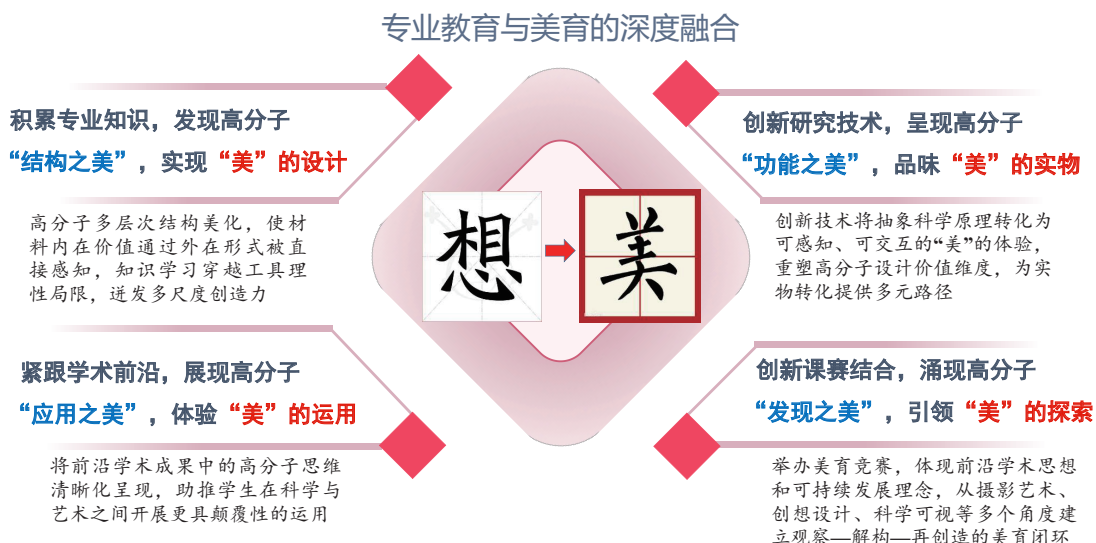


图1 高分子材料之美教学单元的内容设计

Figure 1 Content design of the teaching unit on the beauty of polymer materials

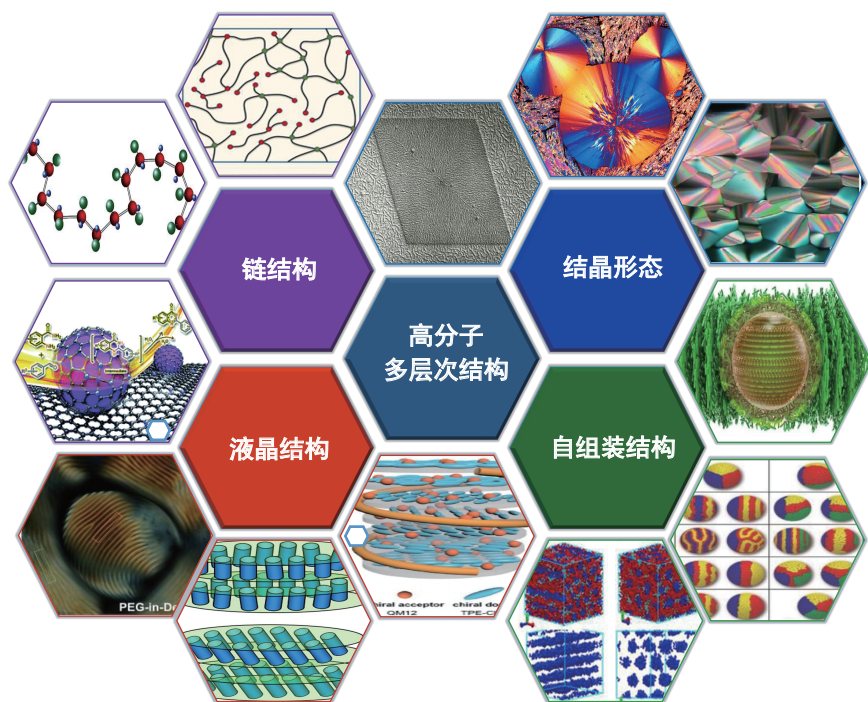


图2 高分子结构之美案例^[14,16,19,20,25,26] (2019 The Royal Society of Chemistry 版权许可; 2012 American Chemical Society 版权许可; 2020 American Chemical Society 版权许可; 2020 Wiley-VCH GmbH 版权许可; 2025 American Chemical Society 版权许可; 2017 American Chemical Society 版权许可)

Figure 2 Case of the beauty of polymer structure (Reprinted with permission from Ref. [14]; Copyright (2019) The Royal Society of Chemistry; Reprinted with permission from Ref. [16]; Copyright (2012) American Chemical Society; Reprinted with permission from Ref. [19]; Copyright (2020) American Chemical Society; Reprinted with permission from Ref. [20]; Copyright (2021) Wiley-VCH GmbH; Reprinted with permission from Ref. [25]; Copyright (2025) American Chemical Society; Reprinted with permission from Ref. [26]; Copyright (2017) American Chemical Society)

高分子材料之美教学单元用4个学时,分别列举如下:在热^[27,28]、光^[29,30]、电刺激下展现出如舞蹈般节奏感的4D打印形状记忆聚合物SMP支架^[31,32],展现智能响应的韵律之美^[33,34]; 萘酰亚胺共聚物薄膜在飞秒激光光谱成像中呈现绚丽的荧光图谱,直观评估材料性能,实现科学指标与美学体验的同步认知,展现能量转换的光影美学^[35]; 各向异性水凝胶表面的微柱阵列在湿润状态下产生可控黏附力,实现触感从“丝绸般顺滑”到“橡皮泥黏着”的渐变体验,展现人机界面优化中独特的触觉艺术^[36]; 介电弹性体纤维束机器人运动姿态呈现出猎豹奔跑般的力学优雅,展现出仿生肌肉的机械美感^[37]; 体温响应变色纤维制作的舞蹈跟随运动强度产生流云状色斑,将生物力学数据转化为动态视觉艺术^[38,39]。

这些以创新技术为桥梁,以真实可触碰的实物案例展示的功能之美,将抽象的科学原理转化为可感知、可交互的“美”的体验,重塑了材料设

计的价值维度,为“功能之美”的实物转化提供多元路径。

3.3 应用之美牵引的高分子前沿与价值拓展

高分子材料的“应用之美”体现在专业知识解决实际问题的能力和对人类社会发展的推动作用,是科学家们不断探索和创新的结果。高分子材料之美教学单元通过调研广泛的学术前沿,列举先进的科学研究手段,沉浸式科研体验,让学生在创新思维与宏观性能的关联中,发现科学背后的哲学设计,激发对“美”的创新运用。教学单元用2个学时,案例式展现“美”的运用场景、运用形式,讨论式开展学术思想的碰撞,启发式留给学生创造“美”的思考空间(图4)。例如:微胶囊自修复系统的动态修复机制不仅可以延长材料使用寿命^[40],还能创造出独特的“创伤美学”^[41,42],利用PLA和菌丝体混合材料修复家具^[43-45],家具表面纹理可模仿树木年轮,记录材料的使用历程^[46-49]; 会“呼吸”的建筑表皮高温时展开遮阳

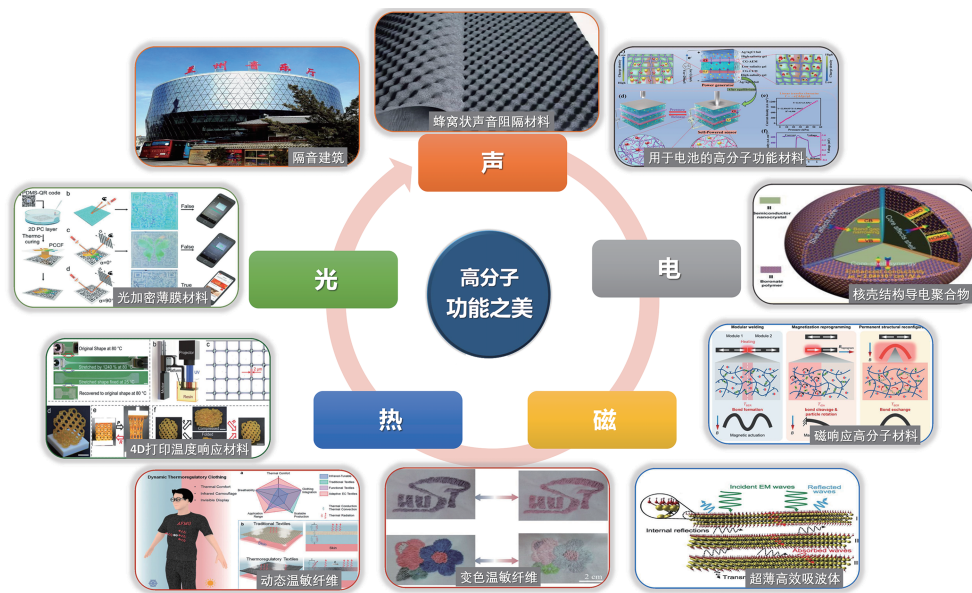


图3 高分子功能之美案例^[28,30-32,40-42] (2018 American Chemical Society 版权许可;2023 Wiley-VCH GmbH 版权许可; 2022 Springer Nature 版权许可;2021 Wiley-VCH GmbH 版权许可;2016 AAAS 版权许可;2021 Wiley-VCH GmbH 版权许可; 2021 Wiley-VCH GmbH 版权许可;2025 Wiley-VCH GmbH 版权许可)

Figure 3 Case of the beauty of polymer function. (Reprinted with permission from Ref. [28]; Copyright (2018) American Chemical Society; Reprinted with permission from Ref. [30]; Copyright (2023) Wiley-VCH GmbH; Reprinted with permission from Ref. [31]; Copyright (2022) Springer Nature; Reprinted with permission from Ref. [32]; Copyright (2021) Wiley-VCH GmbH.; Reprinted with permission from Ref. [39]; Copyright (2021) AAAS; Reprinted with permission from Ref. [40]; Copyright (2021) Wiley-VCH GmbH; Reprinted with permission from Ref. [41]; Copyright (2021) Wiley-VCH GmbH; Reprinted with permission from Ref. [42]; Copyright (2025) Wiley-VCH GmbH)



图4 高分子应用之美案例^[33,43,45-47,49,54-59] (2020 Wiley-VCH GmbH 版权许可;2018 AAAS 版权许可;2019 AAAS 版权许可;2021 Wiley-VCH GmbH 版权许可;2020 American Chemical Society 版权许可;2019 AAAS 版权许可;2021 AAAS 版权许可;2020 Wiley-VCH GmbH 版权许可;2019 American Chemical Society 版权许可;2024 American Chemical Society 版权许可;2025 Wiley-VCH GmbH 版权许可;2021 Wiley-VCH GmbH 版权许可)

Figure 4 Case of the beauty of polymer application (Reprinted with permission from Ref. [33]; Copyright (2020) Wiley-VCH GmbH; Reprinted with permission from Ref. [43]; Copyright (2018) AAAS; Reprinted with permission from Ref. [45]; Copyright (2019) AAAS; Reprinted with permission from Ref. [46]; Copyright (2021) Wiley-VCH GmbH; Reprinted with permission from Ref. [47]; Copyright (2020) American Chemical Society; Reprinted with permission from Ref. [49]; Copyright (2019) AAAS; Reprinted with permission from Ref. [54]; Copyright (2021) AAAS; Reprinted with permission from Ref. [55]; Copyright (2020) Wiley-VCH GmbH; Reprinted with permission from Ref. [56]; Copyright (2019) American Chemical Society; Reprinted with permission from Ref. [57]; Copyright (2024) American Chemical Society; Reprinted with permission from Ref. [58]; Copyright (2025) Wiley-VCH GmbH; Reprinted with permission from Ref. [59]; Copyright (2021) Wiley-VCH GmbH)

结构,夜晚温度下降时收缩形成通风孔洞,将高分子相变过程转化为建筑空间诗学,让热力学定律可感可视^[50-53];含水量达99%透明质酸水凝胶仍具备固态结构,启发创造出透明且柔软的生命体系列装置^[54,55];生物塑料被吹制成透明器皿,在降解过程中逐渐雾化,成为“短暂性美学”的载体^[56,57];淀粉基高分子开发“种子纸”包装,降解后萌发植物,包装表面的浮雕花纹隐喻物质形态的轮回转化^[58,59]。以上高分子材料的“应用之美”,将前沿学术成果中的材料思维清晰化呈现,助推学生在科学与艺术之间开展更具颠覆性的运用。此外,随着技术发展,高分子材料的“应用之美”将更广泛地渗透到各行业领域,这种美学实践将不断丰富美育教育的内涵。

3.4 课赛融合激发高分子探索与创新

高分子材料之美教学单元所在的《材料之美》课程构建了“一目标—二融合—三模式—四结合”的素质教育教学改革模式(图5)。通过融合美育与专业教育,融合课程教学与创新竞赛,采用师生共建教学、互动多维讨论、贯穿历史比较3种教学模式,推行专业思想与艺术性相结合、情绪体验与逻辑思维相结合、学习内容与学生专业相结合、教学过程与学生差异相结合的教育路径。以“探索之美”为主题在教师和学生层面举办各类美育竞赛:在教师层面,《材料之美》课程组牵头在全校范围内举办材料微观之美的竞赛,征集原创微观美图,形成材料微观之美的素材集锦,用于补充教学案例,教师在作品中交流先进的研究技术、

开展丰富联想讨论,让科研工作与美学呈现以及文化内涵有机结合;在学生层面,以不同学科背景为前提,举办“探索材料之美”为主题的大学生创新美育竞赛,体现前沿学术思想和可持续发展理念,从摄影艺术、创想设计、科学可视等多个角度建立“观察—解构—再创造”的美育闭环,并将竞赛成果纳入课程教学内容,形成师生共建的原创性美育教学资源库。

4 高分子美育科普塔式进阶路径

高分子材料之美教学单元以审美教育与科学普及深度融合为理念,系统构建了贯穿大中小学全学段的科普教育案例体系。依据不同学段学生的认知水平与兴趣特点,分层设计教学内容与方法,将复杂的高分子专业知识转化为生动可感、启思益智的美育资源,有效激发各年龄段学生对材料科学的兴趣,提升了其观察、审美与创新能力,在实践中取得了显著育人成效。2023年至今教学团队分别在甘肃省多个市州、县区的各学段学校进行科普宣讲,每个学段学生设计多个科普宣讲的案例,获得各学校的高度评价(图6)。

4.1 小学:感性培养与兴趣激发

课程组针对小学生认知特点,从日常生活物品如书包、水杯和玩具入手,采用讲故事、做游戏、实物观察等互动方式,辅以图片、视频等多媒体资源,帮助学生在具象体验中初步建立对高分子材料的感知。例如,通过“会呼吸”的防水面料和温感变色材料等实物案例,引导学生观察现象、提出

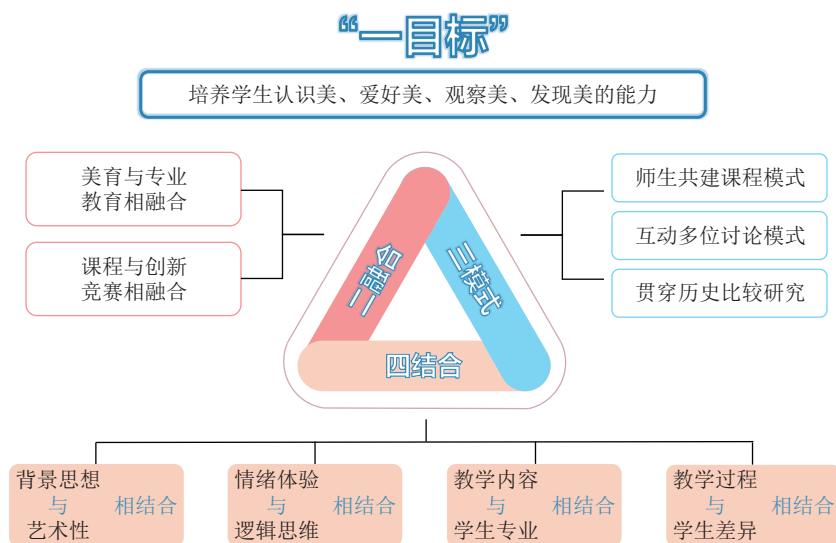


图5 “一目标—二融合—三模式—四结合”的素质教育教学改革模式

Figure 5 Quality education reform model of “one goal-two integrations-three modes-four combinations”



图6 进阶“塔式”科普案例打造

Figure 6 Advanced “Tower-like” popular science case creation

问题，并从结构角度简单解释其科学原理。教学实践表明，该方式极大激发了小学生的好奇心和参与热情，课堂互动积极，学生能够踊跃提问并发挥想象力，初步培养了观察与探索的科学习惯。

4.2 中学：知能衔接与思维深化

面向初中阶段，科普案例以拓展认知与衔接学科为目标，通过设计具有趣味性和探索性的问题情境，借助视频、模型等多元素材，引导学生从现象出发，推理材料性能与结构关系。例如，课程组设计了“点石成金的魔法”为主体的纳米材料科普案例，通过纳米机器人的视频，引发学生学习兴趣，辅以图片和模型，讲解纳米、纳米材料的概念，解释纳米材料的表面效应和小尺寸效应，展示纳米材料作为纳米涂层、纳米药物、纳米传感器等应用。学生反馈表明，此类案例有效增强了对物理、化学学科知识的实际感知，激发了进一步学习的动力。

针对高中学生，案例更注重跨学科整合与批判性思维培养，例如，“新型光电材料点亮未来之光”案例融合物理、化学等多科内容，引导学生探讨科技与社会的关系。实际教学中，学生展现出良好的主题延伸探讨能力及创新思维。部分学生在课后主动进行文献阅读和小组讨论，表明案例有效促进了知识融合与高阶思维能力的培养。

4.3 大学：跨界融合与实践导向

在大学阶段，课程组突出专业性与前沿性，如“加速材料研发的新范式——材料基因工程”的科普案例。详细讲解利用材料基因工程筛选优异性能的新型导电高分子复合材料的方法，利用机器学习建立高分子基体、填料、界面结构等结构与

性能间的关系模型，筛选出潜在的复合材料体系，阐明材料基因工程技术推动材料研发的重要作用。教学注重理论深度与实践结合，通过互动研讨和项目式学习引导学生开展初步科研体验。学生普遍反映，该类案例有效拓宽了学术视野，增强了对专业研究方法的直观认识，激发了对跨学科创新的兴趣，为后续课程学习及参与科研项目奠定了基础。

高分子材料之美科普教育案例通过系统化、分段式设计与实践，成功将专业知识以审美主线融入不同学段教学，显著提升了学生的科学兴趣、审美素养与创新能力，形成了一条协同大中小学美育能力培养的创新路径。

5 高分子美育教学成效

高分子材料美育教学单元对工科学生审美素养的培育成效显著，不仅填补了专业教育的审美空白，打破了传统美育的认知局限，更在理性认知与感性体验之间架起了一座互通的桥梁。以独特的结构多样性与性能可设计性，展现出丰富的审美可能性，以多尺度思维模式容纳科学真理与美学体验，用沉浸式实验、碰撞式讨论等教学方法创造独特的认知价值，使学生在未来的材料创新中，自然地考虑美学维度，实现科技与艺术的真正融合。高分子材料之美教学单元所在的“材料之美”课程自2020年开课至今，成为兰州理工大学美育教育课程模块的重要组成部分，授课人数累计达到14600余人，跨学科将工程师审美教育从专业科研人员的视角体现出来，课程建设和教学改革成效显著：首先，学生学习兴趣倍增，学风建设成效显著，课程所在的材料科学与工程学院全覆盖式选课，近3年学生补考率、降级率年均回落0.64%，各类奖励荣誉获得年递增1.31%；学生参与科技创新率100%覆盖，年均学科竞赛获奖150余项，其中获国家级奖励40余项；就业率达98%，西部欠发达地区材料类企业的重点技术岗位任职率达83%。其次，教学改革与课堂质效攀升，依托美育教学改革案例和新工科建设的融合获省级教学成果一等奖1项，获批教育部“新工科”实践项目1项，省级教学成果培育项目5项、创新创业改革项目2项、教育科学规划课题5项，获全国美育先进单位、全国高校美育教学优秀成果奖。最后，学院、专业招生成效显著，通过《材料之美》

大中小学科普案例在省内外各类生源基地和高中的推广宣讲,材料学科各专业获得了学生和家长的广泛关注,其中,高分子材料与工程专业面向全国21个省市地区本科第一批次录取,招生分数线逐年提高,2024年较2020年提高22分,招生位次提升1300余位次,招生效果和生源质量得到双提升。

6 结语

兰州理工大学“材料之美”课程中的高分子材料美育教学单元立足于工科美育实践,坚持以学生为中心,推进个性化、模块化教学改革,系统融专业知识与审美教育于一体,实现了从知识传递向审美素养和系统思维培养的跨越。该美育教学单元充分发挥高分子材料多尺度结构、多样化功能与广泛应用的学科特点,构建了以“结构之美—功能之美—应用之美—探索之美”为主线的美育教学体系,有效培养了学生的微观结构想象力、过程美学认知能力、跨学科应用感知力以及科技创新探索意识。打造系列进阶型科普案例,实现高分子专业知识的延展应用,形成可复制、可推广的“专业美育”教学范式,高分子美育教学单元将在持续完善课程内容与教学方法的基础上,重点推进跨校合作与资源共享,建设开放式在线课程,以及高分子美育教学资源公共平台和科普案例集,建立美育教学环节的多元跟踪评价机制,实现课程模块、案例与实践经验与跟踪评价的广泛推广,为全国工程美育的改革与创新提供重要实践基础。

参考文献

- 尹群. 形神兼备: 推进高校审美教育高质量发展. 中国高等教育, **2023**, (7), 53–56.
- 宋漂俊. “以美育德”对大学生个体发展的价值意义. 中国高等教育, **2023**, (5), 57–60.
- 陈若旭. 新发展阶段高校美育教育优化路径. 中国高等教育, **2021**, (23), 56–58.
- 杨玲玲. “数字中国”与高校大学生智慧美育新模式探究. 中国高等教育, **2023**, (6), 42–45.
- 王珊. 理工类高校开展美育教育的方法与策略研究. 中国高等教育, **2020**, (20), 62–64.
- 丁子茜. 以美育人 以美化人 加强高校美育工作. 中国高等教育, **2018**, (24), 40–41.
- 于婉莹. 高校艺术通识课程的美育价值及其实现. 中国大学教学, **2023**, (1), 51–57.
- 郭瑾莉. 新时代高校公共艺术课程价值赋能的三重维度. 中国大学教学, **2021**, (12), 48–51.
- 魏殿林, 倪旭前. 综合性高校艺术通识教育课程体系构建的思考与实践. 中国大学教学, **2022**, (4), 54–59.
- 李梅. 学校美育与多学科“跨学科”教学协同活动的探讨. 中国教育学刊, **2023**, (12), 10043.
- 严岩. 基于新工科背景的高校美育体系创建. 山西财经大学学报, **2022**, 44(S2), 224–226.
- 刘健婷, 万蓓, 詹麒. 新时代高校美育实施: 意涵流变、逻辑遵循与路向建构. 江苏高教, **2023**, (10), 99–103.
- 李腾子. 新时代高校公共艺术教育的愿景、困境与发展策略. 中国人民大学教育学报, **2023**, (5), 1–9.
- Ma, Z. M.; Song, T.; Yuan, Y. Z.; Yang, Y. Synergistic catalysis on Fe-Nx sites and Fe nanoparticles for efficient synthesis of quinolines and quinazolinones via oxidative coupling of amines and aldehydes. *Chem. Sci.*, **2019**, 10(44), 10283–10289.
- Hu, Y. M.; Teat, S. J.; Gong, W.; Zhou, Z.; Jin, Y. H.; Chen, H. X.; Wu, J. Y.; Cui, Y.; Jiang, T.; Cheng, X. B.; Zhang, W. Single crystals of mechanically entwined helical covalent polymers. *Nat. Chem.*, **2021**, 13(7), 660–665.
- Pons-Siepermann, I. C.; Glotzer, S. C. Design of patchy particles using quaternary self-assembled monolayers. *ACS Nano*, **2012**, 6(5), 3919–3924.
- Bai, X. Y.; Sun, Q. X.; Cui, H.; Guerzoni, L. P. B.; Wuttke, S.; Kiessling, F.; de Laporte, L.; Lammers, T.; Shi, Y. Controlled covalent self-assembly of a homopolymer for multiscale materials engineering. *Adv. Mater.*, **2022**, 34(39), 2109701.
- Xiao, J. Q.; Yin, K.; Wang, L. X.; Pei, J. Q.; Song, X. H.; Huang, Y.; He, J.; Duan, J. Femtosecond laser atomic-nano-micro fabrication of biomimetic perovskite quantum dots films toward durable multicolor display. *ACS Nano*, **2025**, 19(25), 23431–23441.
- Bai, L.; Huan, S. Q.; Zhao, B.; Zhu, Y.; Esquena, J.; Chen, F.; Gao, G.; Zussman, E.; Chu, G.; Rojas, O. J. All-aqueous liquid crystal nanocellulose emulsions with permeable interfacial assembly. *ACS Nano*, **2020**, 14(10), 13380–13390.
- Wu, Y.; Yan, C. X.; Li, X. S.; You, L. H.; Yu, Z. Q.; Wu, X. F.; Zheng, Z. G.; Liu, G. F.; Guo, Z. Q.; Tian, H.; Zhu, W. H. Circularly polarized fluorescence resonance energy transfer (C-FRET) for efficient chirality transmission within an intermolecular system. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2021**, 60(46), 24549–24557.
- Lee, J.; Jung, Y.; Lee, M.; Hwang, J. S.; Guo, J.; Shin, W.; Min, J.; Pyun, K. R.; Lee, H.; Lee, Y.; Shiomi, J.; Kim, Y. J.; Kim, B. W.; Ko, S. H. Biomimetic reconstruction of butterfly wing scale nanostructures for radiative cooling and structural coloration. *Nanoscale Horiz.*, **2022**, 7(9),

- 1054–1064.
- 22 Xie, K.; Wang, L.; Guo, Y.; Zhao, S.; Yang, Y. Z.; Dong, D. S.; Ding, W. J.; Dai, K. R.; Gong, W. H.; Yuan, G. Y.; Hao, Y. Q. Effectiveness and safety of biodegradable Mg-Nd-Zn-Zr alloy screws for the treatment of medial malleolar fractures. *J. Orthop. Transl.*, **2021**, *27*, 96–100.
- 23 Fan, L.; He, Z. J.; Peng, X. L.; Xie, J. L.; Su, F. F.; Wei, D. X.; Zheng, Y. P.; Yao, D. D. Injectable, intrinsically antibacterial conductive hydrogels with self-healing and pH stimulus responsiveness for epidermal sensors and wound healing. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **2021**, *13*(45), 53541–53552.
- 24 Zhang, Z. J.; Zhang, J. G.; Cao, W.; Liu, X.; Gong, L.; Zhang, X. M.; Chen, W. X.; Bao, J. N. Design of toughened bio-based polylactide/polyamide 11 blends with regulatable size of dispersed phase and spherulites by interfacial stereo complex crystallites. *Int. J. Biol. Macromol.*, **2024**, *282*, 137267.
- 25 Feng, W. Q.; Zhang, S. Q.; Jiang, Y.; Yu, D.; Wang, W. Stretchable ion-conductive porous polymers with a semi-interpenetrating polymer network prepared via thiol-acrylate chain transfer reaction. *Macromolecules*, **2025**, *58*(15), 8479–8487.
- 26 Gong, M. Q.; Yu, Q. Y.; Ma, S. Y.; Luo, F.; Wang, R.; Chen, D. Z. Self-assembly behavior of triphenylene-based side-chain discotic liquid crystalline polymers. *Macromolecules*, **2017**, *50*(14), 5556–5564.
- 27 Jin, Q.; Jiang, S.; Zhao, Y.; Wang, D.; Qiu, J. H.; Tang, D. M.; Tan, J.; Sun, D. M.; Hou, P. X.; Chen, X. Q.; Tai, K. P.; Gao, N.; Liu, C.; Cheng, H. M.; Jiang, X. Flexible layer-structured Bi₂Te₃ thermoelectric on a carbon nanotube scaffold. *Nat. Mater.*, **2019**, *18*(1), 62–68.
- 28 Yuan, C. H.; Wu, T.; Mao, J.; Chen, T.; Li, Y. T.; Li, M.; Xu, Y. T.; Zeng, B. R.; Luo, W. A.; Yu, L. K.; Zheng, G. F.; Dai, L. Z. Predictable particle engineering: Programming the energy level, carrier generation, and conductivity of core-shell particles. *J. Am. Chem. Soc.*, **2018**, *140*(24), 7629–7636.
- 29 Saranathan, V.; Osuji, C. O.; Mochrie, S. G. J.; Noh, H.; Narayanan, S.; Sandy, A.; Dufresne, E. R.; Prum, R. O. Structure, function, and self-assembly of single network gyroid (I4₁32) photonic crystals in butterfly wing scales. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, **2010**, *107*(26), 11676–11681.
- 30 Fan, Q. C.; Fan, H. W.; Han, H. Z.; Bai, Z. Y.; Wu, X. L.; Hou, C. Y.; Zhang, Q. H.; Li, Y. G.; Li, K. R.; Wang, H. Z. Dynamic thermoregulatory textiles woven from scalable-manufactured radiative electrochromic fibers. *Adv. Funct. Mater.*, **2024**, *34*(16), 2310858.
- 31 Li, P.; Sun, Z. H.; Wang, R.; Gong, Y. C.; Zhou, Y. T.; Wang, Y. W.; Liu, X. J.; Zhou, X. J.; Ouyang, J.; Chen, M. Z.; Hou, C.; Chen, M.; Tao, G. M. Flexible thermochromic fabrics enabling dynamic colored display. *Front. Optoelectron.*, **2022**, *15*(1), 40.
- 32 Zhang, B.; Li, H. G.; Cheng, J. X.; Ye, H. T.; Sakhaei, A. H.; Yuan, C.; Rao, P.; Zhang, Y. F.; Chen, Z.; Wang, R.; He, X. N.; Liu, J.; Xiao, R.; Qu, S. X.; Ge, Q. Mechanically robust and UV-curable shape-memory polymers for digital light processing based 4D printing. *Adv. Mater.*, **2021**, *33*(27), 2101298.
- 33 Xia, Y. L.; He, Y.; Zhang, F. H.; Liu, Y. J.; Leng, J. S. A review of shape memory polymers and composites: mechanisms, materials, and applications. *Adv. Mater.*, **2021**, *33*(6), 2000713.
- 34 谢振达, 付曼琳, 尹彪, 朱勃. 1, 8-萘酰亚胺类荧光探针在双光子成像中应用的研究进展. *有机化学*, **2018**, *38*(6), 1364–1376.
- 35 Wang, S.; Lei, L.; Tian, Y. H.; Ning, H. M.; Hu, N.; Wu, P. Y.; Jiang, H. Q.; Zhang, L. D.; Luo, X. L.; Liu, F.; Zou, R.; Wen, J.; Wu, X. P.; Xiang, C. X.; Liu, J. Strong, tough and anisotropic bioinspired hydrogels. *Mater. Horiz.*, **2024**, *11*(9), 2131–2142.
- 36 Zhang, Q. H.; Yu, W.; Zhao, J. H.; Meng, C. Z.; Guo, S. J. A review of the applications and challenges of dielectric elastomer actuators in soft robotics. *Machines*, **2025**, *13*(2), 101.
- 37 Fang, X.; Yu, D. L.; Wen, J. H.; Dai, Y. F.; Begley, M. R.; Gao, H. J.; Gumbsch, P. Large recoverable elastic energy in chiral metamaterials via twist buckling. *Nature*, **2025**, *639*(8055), 639–645.
- 38 贺子腾, 张伟, 马万鹏, 于鹤龙, 赵阳. 微胶囊智能自修复材料研究进展. *化工新型材料*, **2018**, *46*(9), 25–29.
- 39 Shahzad, F.; Alhabeab, M.; Hatter, C. B.; Anasori, B.; Man Hong, S.; Koo, C. M.; Gogotsi, Y. Electromagnetic interference shielding with 2D transition metal carbides (MXenes). *Science*, **2016**, *353*(6304), 1137–1140.
- 40 Lai, X. T.; Ren, Q.; Vogelbacher, F.; Sha, W.; Hou, X. Y.; Yao, X.; Song, Y. L.; Li, M. Z. Bioinspired quasi-3D multiplexed anti-counterfeit imaging via self-assembled and nanoimprinted photonic architectures. *Adv. Mater.*, **2022**, *34*(3), 2107243.
- 41 Kuang, X.; Wu, S.; Ze, Q. J.; Yue, L.; Jin, Y.; Montgomery, S. M.; Yang, F. Y.; Qi, H. J.; Zhao, R. K. Magnetic dynamic polymers for modular assembling and reconfigurable morphing architectures. *Adv. Mater.*, **2021**, *33*(30), 2102113.
- 42 Yin, J. Y.; Jia, P. X.; Ren, Z. Q.; Zhang, Q. X.; Lu, W. Z.; Yao, Q. Q.; Deng, M. F.; Zhou, X. B.; Gao, Y. H.; Liu, N. S. Mechanically enhanced, environmentally stable, and bioinspired charge-gradient hydrogel membranes for efficient ion gradient power generation and linear self-

- powered sensing. *Adv. Mater.*, **2025**, 37(24), 2417944.
- 43 Wu, L.; Dong, Z.; Du, H.; Li, C.; Fang, N. X.; Song, Y. Bioinspired ultra-low adhesive energy interface for continuous 3D printing: reducing curing induced adhesion. *Research*, **2018**, 2018, 4795604.
- 44 Feiner, R.; Engel, L.; Fleischer, S.; Malki, M.; Gal, I.; Shapira, A.; Shacham-Diamand, Y.; Dvir, T. Engineered hybrid cardiac patches with multifunctional electronics for online monitoring and regulation of tissue function. *Nat. Mater.*, **2016**, 15(6), 679–685.
- 45 Shrestha, P. K.; Pryn, M. J.; Jia, J.; Chen, J. S.; Fructuoso, H. N.; Boev, A.; Zhang, Q.; Chu, D. P. Accommodation-free head mounted display with comfortable 3D perception and an enlarged eye-box. *Research*, **2019**, 2019, 9273723.
- 46 Lv, P. F.; Lu, X. M.; Wang, L.; Feng, W. Nanocellulose-based functional materials: from chiral photonics to soft actuator and energy storage. *Adv. Funct. Mater.*, **2021**, 31(45), 2104991.
- 47 Lu, H. J.; Zhang, X. Y.; Sakurai, T.; Li, X. H.; Tu, Y. F.; Guo, J.; Seki, S.; Li, C. Y.; Ungar, G.; Cheng, S. Z. D. Frustrated layered self-assembly induced superlattice from two-dimensional nanosheets. *Nano Lett.*, **2020**, 20(12), 8647–8653.
- 48 Hu, M. J.; Zhang, N. B.; Shan, G. C.; Gao, J. F.; Liu, J. Z.; Li, R. K. Y. Two-dimensional materials: Emerging toolkit for construction of ultrathin high-efficiency microwave shield and absorber. *Front. Phys.*, **2018**, 13(4), 138113.
- 49 Oh, J. Y.; Son, D.; Katsumata, T.; Lee, Y.; Kim, Y.; Lopez, J.; Wu, H. C.; Kang, J.; Park, J.; Gu, X. D.; Mun, J.; Wang, N. G.; Yin, Y. K.; Cai, W.; Yun, Y.; Tok, J. B.; Bao, Z. N. Stretchable self-healable semiconducting polymer film for active-matrix strain-sensing array. *Sci. Adv.*, **2019**, 5(11), eaav3097.
- 50 Boutry, C. M.; Beker, L.; Kaizawa, Y.; Vassos, C.; Tran, H.; Hinckley, A. C.; Pfattner, R.; Niu, S. M.; Li, J. H.; Claverie, J.; Wang, Z.; Chang, J.; Fox, P. M.; Bao, Z. N. Biodegradable and flexible arterial-pulse sensor for the wireless monitoring of blood flow. *Nat. Biomed. Eng.*, **2019**, 3(1), 47–57.
- 51 赵蕊. 响应日光的气候适应性可变建筑表皮设计研究. 北方工业大学硕士学位论文, **2023**.
- 52 杨淑, 崔文国, 魏杰, 蔡正伟. 自愈合可注射性透明质酸水凝胶的构建及促进血管生成的研究. 上海交通大学学报(医学版), **2023**, 43(12), 1480–1492.
- 53 刘金凤, 者东梅, 杨勇, 胡孝义, 胡嘉伟, 丁树岩, 李永泉. 生物降解塑料的分类和应用研究进展. 塑料科技, **2024**, 52(1), 117–123.
- 54 Peng, L.; Peng, H. R.; Liu, Y.; Wang, X.; Hung, C. T.; Zhao, Z. W.; Chen, G.; Li, W.; Mai, L. Q.; Zhao, D. Y. Spiral self-assembly of lamellar micelles into multi-shelled hollow nanospheres with unique chiral architecture. *Sci. Adv.*, **2021**, 7(45), eabi7403.
- 55 Pang, Q.; Lou, D.; Li, S. J.; Wang, G. M.; Qiao, B. B.; Dong, S. R.; Ma, L.; Gao, C. Y.; Wu, Z. H. Smart flexible electronics-integrated wound dressing for real-time monitoring and on-demand treatment of infected wounds. *Adv. Sci.*, **2020**, 7(6), 1902673.
- 56 Zhu, Y. Y.; Cao, K. L.; Chen, M.; Wu, L. M. Synthesis of UV-responsive self-healing microcapsules and their potential application in aerospace coatings. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **2019**, 11(36), 33314–33322.
- 57 Wang, L. R.; Luo, Y.; Song, Y. C.; He, X. C.; Xu, T. L.; Zhang, X. J. Hydrogel-functionalized bandages with Janus wettability for efficient unidirectional drug delivery and wound care. *ACS Nano*, **2024**, 18(4), 3468–3479.
- 58 Song, L.; Wang, Z. W.; Chen, S. J.; Shen, Y.; Yin, J. B.; Wang, R. Phytic acid-induced gradient hydrogels for highly sensitive and broad range pressure sensing. *Adv. Mater.*, **2025**, 37(9), 2417978.
- 59 Jiang, P.; Zhang, Y. X.; Mu, X. X.; Liu, D. S.; Liu, Y. H.; Guo, R.; Ji, Z. Y.; Wang, X. Z.; Wang, X. L. Grayscale stereolithography of gradient hydrogel with site-selective shape deformation. *Adv. Mater. Technol.*, **2022**, 7(7), 2101288.