植物学报 *Chinese Bulletin of Botany* 2025, **60** (6): 1017–1027, www.chinbullbotany.com
doi: 10.11983/CBB25142 cstr: 32102.14.CBB25142

·教学研讨·

基于“手作+课程包”的植物科普实践模式探索

穆丹[1†], 龙洪婕[1†], 陈静怡[1], 胡心怡[1], 方世涛[1], 周琪[1], 步佳豪[1], 白雅茹[1]
张原蓉[1], 尚钰祺[1], 石旌男[1], 赫倩文[1], 毕晨悦[1], 张欣燕[2], 秦华光[1]
饶玉春[2*], 孙廷哲[1*]

[1]安庆师范大学生命科学学院, 安徽省皖西南生物多样性保护与特色资源利用重点实验室, 安徽省新型研发机构安庆市林业科技创新研究院, 安庆 246133; [2]浙江师范大学生命科学学院, 金华 321004

摘要 在公众科学素养日益提升的背景下, 高校凭借其丰富的科研资源和人才优势, 已成为推动科普工作的核心力量。然而, 现有的科普教育体系仍面临发展不均衡及参与度低等问题。该研究立足已有实践, 遵循体验式学习理论, 构建“手作体验-科学反思-概念建构-迁移传播(HRCT)”四维科普路径, 提出“手作+课程包”模式, 系统开发文创教具、模块化课程与分层活动, 形成产品-课程-活动一体化范式, 完成从做中学到科学传播与应用的完整闭环, 为破解高校科普转化困境提供了可复制和可扩散的实践范式。

关键词 课程包, 体验式学习, 手作活动, 植物科普

穆丹, 龙洪婕, 陈静怡, 胡心怡, 方世涛, 周琪, 步佳豪, 白雅茹, 张原蓉, 尚钰祺, 石旌男, 赫倩文, 毕晨悦, 张欣燕, 秦华光, 饶玉春, 孙廷哲 (2025). 基于“手作+课程包”的植物科普实践模式探索. 植物学报 **60**, 1017–1027.

1 植物科普实践的背景与目标

植物是地球生命的根基, 而公众对植物学认知不足长期制约了科学传播与推广。尤其是儿童和青少年群体对于植物的认识还停留在概念层面, 甚至出现“植物盲”现象。Amprazis等(2021)以希腊农村和城市地区的148名小学生为研究对象, 调查学生对于植物与动物的态度与兴趣, 结果表明, 学生更关注动物。近年来, 植物正以兴趣点与生活方式新符号的双重身份, 迅速跃升成为公众焦点。研究者和教育者应及时利用这一热点, 提升植物科学传播效果, 增强社会对植物重要性的认识(Burke et al., 2022)。同时以需求导向、情感共鸣与文化关联为切口, 重塑科学传播的良好生态(Sawyer and Smith, 2024)。随着全民科学素质的不断提升, 公众对科学知识的需求与日俱增。在此背景下, 高校以其优越的科教平台及人才资源, 成为推动人才培养、科技创新和科学普及的中坚力量(胡心怡等, 2024; 胡鞍钢和周绍杰, 2025)。科学素质是国民素质的重要组成部分, 是社会文明进步的基础。第十四次中国公民科学素质抽样调查显示, 我国公民整体科学素质呈加速上升之势, 但不同文化程度人群之间的素质鸿沟依然显著, 表现为小学及以下与初中学段公民具备科学素质的比例分别仅为3.11%与8.03% (高宏斌等, 2025)。这一“低段塌陷”现象提示, 面向未来公民的科普干预仍需在儿童和青少年关键窗口期发力。

植物学是生命科学领域的基础学科, 加强公众的植物认知对于提升科学素质至关重要。国际上针对植物科普教育的实践已突破单一模式, 多元媒介与跨界协同成为主流途径。例如, 英国植物大学挑战赛以竞赛+学生节日的方式成功弥合了高校、科研机构与公众的认知断层, 同时对植物科普产生了积极影响

收稿日期: 2025-08-07; 接受日期: 2025-09-30
基金项目: 教育部学位与研究生教育发展中心主题案例(No.ZT-2410372012)、安徽省教学创新团队(No.2024cxtd089)、安徽省社会实践示范课程(研究生教育) (No.2023shsjsfkc022)、安徽省社会实践一流课程(No.2023shsj019)、安徽省教研项目(No.2024jyxm0279)和安徽省创新创业实践项目(研究生教育) (No.2023cxcysj141, No.2024cxcysj148)
† 共同第一作者
* 通讯作者。E-mail: ryc@zjnu.cn; confucian007@126.com

(Hall et al., 2025)。植物科学博客计划是一种有效的科普方式，也是将课程成果转化为网络科普内容的低成本扩散路径(Iriart et al., 2022)。户外植物探究可显著提升参与者的植物素养。因此，科普活动应营造积极情绪，强化动手实践与文化关联，从而持久弥合植物认知鸿沟(Corbacho-Cuello et al., 2025)。南非一组研究者以“植物病害公民科学”项目的形式邀请学生亲自用显微镜观察植物病菌，激发对植物学的兴趣，点亮学生的科学梦想(Hulbert and Roets, 2018)。以上探索实践为植物科普工作提供了新思路，即以资源整合为核心，以文化赋能为驱动，深度挖掘植物文化内涵，从而构建出一套可持续且可复制的植物科普新模式。目前，针对儿童与青少年植物科普实践案例仍显不足。为解决植物科普实践困境，本研究进行了一系列探索，提出“手作+课程包”的实践模式。以手作为引擎，驱动受众在真实情境中亲历科学探究；以课程包为轨道，确保知识、能力与情感目标精准落地。手作可理解为人通过双手和辅助工具，利用各种材料和技术，直接参与主导产品创作、制造、加工，并对产品最终形态或价值产生重要影响的过程(秦环宇等, 2025)。课程包是多元模块化教学资源包，包括教具、PPT及教师手册等。课程包作为一种教育工具，在一定程度上解决了传统教科书适配性不足的局限(Whitaker and Greenleaf, 2019)。研究显示，以手作体验为代表的创意劳动能够促进共同创造与学习，激发青年的感知力(胡玉宁和肖欣耘, 2024)。

Blikstein (2013)发现数字手工艺课程能够显著提升学生的空间想象力与问题解决能力。国外研究者以64名五年级学生为对象，采用托兰斯创造性思维测验得出数据并进行分析，结果显示，手工活动对于提高小学生在原创性和灵活性方面有显著效果，学生的思维能力也得到大幅提升(Rezaei and Zakariaie, 2011)。上述研究虽聚焦通用手作，但为植物手作科普的价值提供了核心支撑。本研究提出针对青少年群体的“手作+课程包”植物科普实践模式，利用植物元素，以手作活动为主要形式，手作产品为课程教具，课程包为核心产出，旨在为针对青少年的植物科普实践模式提供参考与借鉴。本研究还破解了高校科普资源“高库存-低转化”与青少年“高意愿-低参与”的结构性错位，以体验式学习理论为底层逻辑，构建“手作实践+课程包”科普方案，将Kolb四阶段循环提炼为“手作体验-科学反思-概念建构-迁移传播”(hands-on experiences-reflection on science-concept construction-transfer and dissemination, HRCT)标准化模块，形成跨场景、跨群体且可复制的科普闭环，为激活科普资源效能提供参考工具。

2 体验式学习融入植物科普的实践路径

体验式学习(experiential learning, EL)是一种以学习者为中心的教学方式，其理论谱系可追溯至Dewey的实用主义教育哲学。Dewey (1893)提出教育即生活，主张儿童在真实情境中学习，使知识获取与生命经验无缝接驳。Kolb在此基础上提炼出四阶段体验循环，构建可迁移、可检验的学习模型，被视为修复知行断裂的关键路径(Wijnen-Meijer et al., 2022)。体验式学习从建构主义视角展现体验式学习方法在教育实践中的价值(Kong, 2021)。Kolb主张学习是由4个适应性学习阶段构成的循环过程，即具体体验-反思观察-抽象概念化-主动实验(concrete experience-reflective observation-abstract conceptualization-active experimentation)，该循环可以从任一学习阶段切入，构成一个持续迭代、螺旋上升的发展过程，使学习能够在理解深化与经验转化中不断推进。这种学习模式赋予学习者更多的权利与责任，让他们在轻松愉悦的氛围中直接体验学习的过程，逐步成长为灵活的学习者(Kolb and Kolb, 2017)。多项研究表明，EL教学理念在提升学生科学素养方面具有显著优势。有研究者从安巴尔省某小学挑选65名五年级学生，随机分成体验式教学组与传统教学组，通过科学成就测验发现体验式教学组平均分远高于传统教学组(Ibrahim and Hindi, 2024)。传统科普存在知识抽象化与受众认知负荷的固有矛盾，根源在于符号化知识与社会认知图式之间的反差；而体验式教学恰恰以认知为切入口，完成从信息传递到意义建构的范式跃迁。其机制在于把概念降维为可触、可嗅、可塑的感官物质，在多通道交互中触发神经-情感双回路，实现知识由外铄到内生的转码。体验式科普已成为科普事业发展的重要方向，体验式科普通过情境嵌入与参与式设计，有效破除科学传播的“最后一公里”障碍(任广乾和汪敏达, 2010)。将体验式学习理论应用于本科植物学课程教学实践，结果表明融入体验式学习的植物学课程，学生的作业成绩有所提高，对植物本质概念

的理解能力显著增强(Bauerle and Park, 2012)。由此可见，体验式教学与植物科普教育具有较强的耦合性，两者融合的可行性大。然而，已有研究多聚焦于体验式科普的宏观策略或单一活动案例，缺乏可迭代、可扩散、可复制的标准化产品。本研究提出“手作+课程包”的科普实践模式，以多样化植物手作实践嵌入系统科学知识，借助HRCT框架，将Kolb四阶段体验循环转译为可复制的科普脚本，使植物主题由单次活动对象升级为可重复运行、可规模扩散的科普产品。在“手作+课程包”模块化设计中，每株植物都被拆分为可触摸、可拼装的“认知积木”，先动手再造，后反哺科学概念，实现从指间到脑海的闭环。“手作+课程包”模式为基于体验式学习的植物科普教育提供了一条可操作且易推广的实践路径，为教育实践与科学传播提供了有益参考。

2.1 手作体验

体验是学习者在真实或模拟的情境中全身心投入参与的实践活动，是学习的起点，是感知信息的途径。构建生活化或感性化情境，设计兼具吸引力与趣味性的手工活动，引导受众直接接触植物，参与到活动之中，调动多感官协同配合，形成对事物的初步认知，为进一步的反思奠定基础。以叶脉画科普教育为例，学习者收集梧桐叶或银杏叶，在收集过程中触摸叶片的质地，观察叶脉的纹理，使参与者对于叶片的革质特性和叶脉结构有了初步了解，建立了对植物形态的直观认知。

2.2 科学反思

反思是从具体现象到问题意识激发的关键环节，引导学习者对体验过程进行元认知监控，在与他人或外界互动的过程中提出疑问，通过问题链触发深度反思，完成从操作技能(动手)到心智技能(动脑)的初步转变(Yaacob et al., 2021)，从而将感性体验与植物学知识相联系，促进批判性科学思维的发展。例如，针对叶脉画制作流程，思考“制作叶脉画为什么要选取玉兰叶而不选择菠菜叶?”“为什么煮沸后叶肉组织容易去除而叶脉组织仍然保留?”，从而激发体验者对叶片材质、叶脉维管束组织及叶肉薄壁组织等植物科学知识的探索欲望。

2.3 概念建构

此阶段是基于已有的操作实践、观察到的现象及提出的问题将感性体验上升到理性认知，形成科学概念的核心环节(McMullan and Cahoon, 1979)。基于具象体验与反思成果，联系已有观念，形成新图式以构建知识网络框架，运用科学方法论实现知识升维(Butler et al., 2019)。通过构建抽象科学知识转化到具体活动的科普模式，学习者能够理解现象背后的科学规律，实现心智技能的提升及科学知识的内化。例如，叶脉画科普教育中能够归纳出叶肉高温水解原理和叶脉结构组成；植物扎染科普教育中能够归纳出植物细胞结构与色素的分布；植物拓印科普教育中总结出植物形态特征与其功能相适应。

2.4 迁移传播

通过知识的迁移应用实现科普价值的延伸。科学知识的应用与传播是一种集体智慧的活动，通过对话、共创和参与实践，学习者将新获得的科学概念应用于新情境，通过实践验证并迭代优化创新，进一步丰富和扩展知识网(Wu et al., 2023)。例如，基于叶脉画植物科普教育学习者认识了叶脉运输功能，从而理解不同叶脉种类在生物适应中的作用并尝试对生活中的植物吸水现象进行解释与分析。“手作+课程包”模式构建了以手作体验为起点、科学反思为桥梁、概念建构为核心、迁移传播为应用的实践路径，针对性地解决植物科普实践中参与度低与科普效能低的双重困境。

3 体验式学习理论融入植物科普活动验证单元

以“一花一叶”为载体，遵循从“书中的植物”走向“植物中的书”的创新路径，继承发扬剪纸、雕刻、拓印和贴花等传统技艺，将自然科学、传统文化和美育深度融合，基于“手作+课程包”的HRCT四维递进式科普认知转化模型，打造出以文创产品为教具，“手作+课程包”为核心课程，手工创作为实践活动的三大特色产品，涵盖绘本、动画和教师手册等内容。教具的研发既保留传统工艺精髓，又融入做中学教育所需的科学模块，适配不同年龄段受众和教学场景的

需求，成为连接课程理论与实践落地的关键载体。科普课程包的设计注重跨学科内容的横向融合与不同学段的纵向衔接，形成交叉融合、由浅入深的主题课程体系。手工活动立足于科普主题，聚焦于知识构建、文化认同与能力提升，有助于实现手脑并用、知行合一的教育理念。

3.1 研发科普文创产品

科普文创产品是一种特殊的创意产品，集成了开发科普资源、体现科学内涵、传播科学文化等多重属性。科普文创产品在被消费的过程中，其背后所蕴含的科学知识、科学方法、科学思想和科学精神也随之被传播(周荣庭和李爽，2020)。高校的实验室资源和科研背景为科普文创产品设计提供了灵感。聚焦于植物的外观形态、生理结构和文化寓意，依托先进的仪器设备、科学实验数据及科研人员的专业知识，利用科研成果反哺文创产品开发。在设计时，要紧密围绕HRCT框架展开，遵循在体验中嵌入认知、在反思中激发探究、在构建中内化知识、在应用中实现传播的逻辑主线。在手作文创产品制作材料上优先选择天然植物材料，如落叶、花瓣和种子，保留原始的触感与形态，满足参与者的感性体验需求。立足于不同层次受众对于植物文创产品的需求和偏好，以及对科学知识的追求愿景，结合跨学科协作、社会热点和地域文化特色，利用现代化技术挖掘植物文创产品的研发空间，开发出兼具艺术性、教育性和实用性的文创产品(杨小乐, 2025)。此外，要注意产品的多元化，即拓展同一制作工艺下的不同形态表现，为HRCT科普实践模型的应用与传播奠定基础。以手作为形式，以课程包为范式，将植物科学知识、传统文化技艺与多感官实践活动有机融合，使每一件手作文创产品都成为引导学习者完成“手作体验-科学反思-概念建构-迁移传播”完整学习过程的载体教具。

以植物为纽带的文创产品兼具文化符号与科学属性，是可观察、可触摸的活教材，既连通传统技艺与现代创意，又充当教学现场的兴趣激发器，使沉淀于历史与自然中的科学智慧以可感知的形态重返学习者视野。以蓝晒叶脉书签为例，其沿用传统蓝晒工艺，将铁离子感光反应与叶脉结构耦合：感光剂在紫外辐射下发生氧化-还原反应，生成普鲁士蓝沉淀，从而把叶片维管束结构永久地转译为蓝色图像，实现科学原理与艺术呈现的同屏展示(何绮婷和张皓帆，2021)。其制作材料源自常见的植物，叶片采自自然脱落的枝叶，既展现了作品的天然美感，又符合绿色发展理念，有助于实现可持续发展的目标。结合传统叶脉画制作工艺，获得带有天然纹路的叶脉，利用铁盐感光原理，使深邃、神秘且独特的蓝色影像呈现在叶脉之上。叶脉与蓝色影像相互映衬，实现科学与艺术的完美融合，赋予蓝晒叶脉作品极高的艺术审美价值。以设计精美、富有特色的植物文创作品作为知识传递和文化传承的载体，有利于激发好奇心，促进五感的发展，满足对独立动手创作的渴望。利用植物资源和新工艺，将自然、文化与教育紧密结合，在接触和制作文创产品的过程中，创作者能亲身感受自然生态、体验工艺流程、学习科学知识。

3.2 设计科普课程包

科普课程包作为植物科普实践的核心内容，旨在促进基于“手作+课程包”的HRCT四维递进式科普认知模式落地。科普课程包的研发遵循科学主题凝练、资源整合、内容设计的思路，结合已有可开发的文创产品所蕴含的科学原理，筛选出适合儿童认知水平和兴趣特点的科普主题；纵向联动高校重点实验室的科研资源、标本馆特色实物资源及科普团队资源，为课程内容实施提供强有力的支持；将科学主题与整合资源有机结合，确定主题课程包的教学思路及内容，主题课程包由针对不同发展阶段青少年设计的子课程包构成，以满足多元化需求(图1)。科普主题包括非遗工艺、标本画作、植趣手作、植萃手作和植妙实验5个板块(表1)。

每个子课程包均含有主题PPT、教师手册、活动方案、教学方案及配套材料包。主题PPT中搭建历史溯源追踪、工艺流程操作、科学原理阐述三位一体的内容构架，既为体验手工活动提供操作指导，又为反思科学知识提供理论支撑，帮助儿童在实践中培养动手与探究能力。配套逐字稿采用情景化、拟人化语言与探究性策略，激发儿童主动参与知识探究，推动建立科普认知。教师手册作为标准化教学实施指南，系统规范课程操作流程，降低实施门槛，保障教学各环节的规范性，同时助力跨领域教学团队高效开展科普教育。教学方案统筹规划教学环节，解析工艺流程中的科学原理，确保课程包的科学性与教育性。配套材

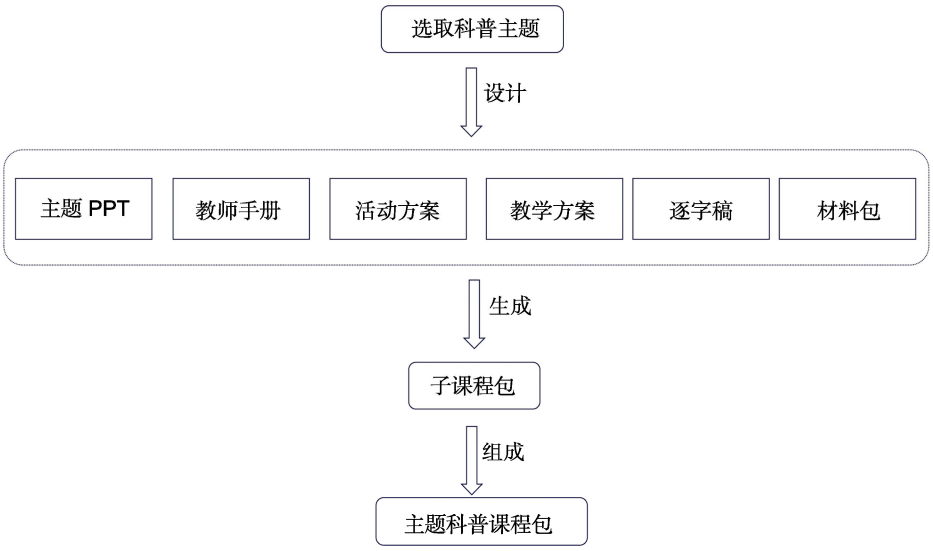


图1 科普课程包研发路线

Figure 1 Development pathway of popular science curriculum packages

表1 科普主题分类体系

Table 1 Classification framework of popular science topics

科普主题	主题内涵
非遗工艺	聚焦非物质文化遗产工艺，系统介绍传统工艺与植物载体的结合，通过对工艺的呈现与解读弘扬传统文化
标本画作	以植物和植物标本为元素进行艺术创作，旨在引导儿童认识植物形态、结构、功能等基础知识，同时在创作过程中激发儿童对自然与科学融合的探索欲望
植趣手作	强调将植物素材与日常生活用品相结合，以儿童自主制作实用性、生活化物品为主要活动形式，提升儿童审美能力和动手能力
植萃手作	适用于具备一定科学知识和动手能力的高年级儿童，涵盖更高级的科学原理与技能要求，促进高年级儿童提升科学探究能力
植妙实验	以植物为实验材料设计开展一系列科学实验，阐释生活现象背后蕴含的科学原理，培养儿童的科学思维及观察问题和解决问题的能力

料包严格遵循实验教学标准规范，为科普手工实践的顺利开展提供物质保障，支撑科普模式落地。

3.3 策划科普手工活动

科普手工活动是课程包实践转化的具体操作，以体验式学习理论为指导，植物科普活动策划遵循“手作体验-科学反思-概念建构-迁移传播”路径，为科普教育对象提供了一个做中学的机会。分析不同科普教育对象的需求是策划科普手工活动方案的基础。针对不同年龄段群体认知发展特点以及动手能力，构建分层递进的科普活动体系。针对低龄儿童，活动侧重趣味性和直观体验，满足其五感体验需求；对于青少年，则侧重科学原理的探索与实践应用(表2)。融合科普文创产品的传统工艺，结合科普手作课程包的教学内容，设计出既有科学内涵又充满趣味的活动。最终基于需求分析与知识图谱的整合，系统构建包含活动流程图谱、材料清单手册及差异化指导策略的活动实施方案，保障科普教育目标的有效达成。

现以蓝晒叶脉活动为案例，详细阐释体验式学习嵌入植物科普的实践路径。该活动将蓝晒工艺与植物叶脉耦合，参与者通过亲手制作艺术作品，深度体验化学光感原理与叶片形态结构，实现从具体操作到抽象概念的知识建构与迁移应用(图2)。在体验环节，参与者亲手刷涂感光液、铺放叶片、压合亚克力板，在紫外灯下即时目睹普鲁士蓝渐显，通过视觉捕捉颜色魔幻跃迁；指尖掠过叶表，通过触觉记录质地、厚度与

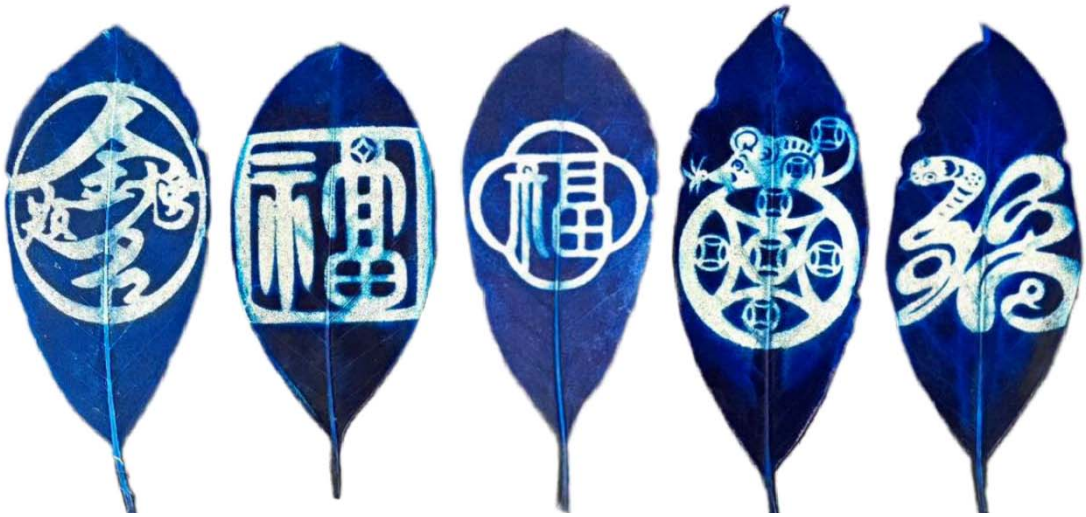


图2 非物质文化遗产代表作——蓝晒叶脉画

Figure 2 Intangible cultural heritage masterpiece—blueprint leaf-vein painting

表2 手工活动层次

Table 2 Levels of handicraft activities

活动层次	层次内涵	代表活动
启蒙层(3–6岁)	以感官探索为核心，满足儿童在认知发展阶段对具象化学习的需求	植物拓印
发展层(7–9岁)	侧重原理实践，在活动过程中培养操作技能，强化动手能力	叶脉书签
进阶层(10–12岁)	强调科学原理的应用，解释生活中常见现象背后的原理，增加前科学认识，提升心智技能	植物精油

表3 蓝晒叶脉活动中的HRCT学习阶段映射

Table 3 Mapping of HRCT learning stages in the blueprint leaf-vein activity

Kolb阶段	变量命名	本案例做法	可替代做法
具体体验	手作体验(H)	体验蓝晒叶脉做法	体验活动，动手操作
反思观察	科学反思(R)	叶脉遇光变蓝色	以问题串形式追问，引发反思
抽象概念化	概念建构(C)	铁盐光化学反应	将个体归纳形成科学抽象概念
主动实验	迁移传播(T)	制作蓝晒叶脉书签或蓝晒日用品摆件	再次验证概念

脉脊起伏；通过嗅觉分辨植物清香与柠檬酸铁铵的微弱金属味——多重通道同时编码，建立“铁离子感光-叶脉形态”的鲜活表征。随后进入反思环节，指导者提出“为何被叶遮挡处留白?”“不同叶脉为何清晰度不一?”“叶脉走向差异怎样影响染色深浅？”等层级化问题，促使参与者对获得的感官经验进行元认知监控。在观察、对比与追问中，操作体验转化为认知冲突，感性直觉开始与植物学、化学概念对接，为后续抽象概念形成奠定框架基础。然后揭示蓝晒反应化学原理，引导学习者自主归纳叶片结构-铁离子感光科学概念(概念建构)，实现由感性到理性的内化。接着进入迁移传播，学习者将铁盐光还原-负像显影概念迁移至新情境，自主设计蓝晒书签、明信片或帆布袋，并在实践中反复调试曝光时间与叶片密度，验证与优化成像质量。完成后，向同伴或家长讲解步骤与原理，拍摄短视频上传班级云空间，实现认知迁移与科普传播的双重目标，完成HRCT闭环(表3)。

3.4 蓝晒叶脉画科普实践评价

为评估蓝晒叶脉科普课程的实施效果，本研究在安庆市某学校开展前后测问卷调查，共回收有效问卷53份。结果显示，28名学生的后测成绩高于前测，其余25名学生成绩保持稳定，无一人退步。Wilcoxon符号秩检验结果表明，前后测成绩具有统计学显著性差异

(P<0.001)，效应量较大(r=0.874>0.5)，表明课程与学生知识水平提升之间存在强相关性。上述结果与课程“手作体验-科学反思-概念建构-迁移传播”四阶段设计逻辑一致。学习者在多感官参与中建立对蓝晒化学反应原理和植物叶片结构的感性认识，并通过反思与迁移将其转化为理性认知与社会传播实践。研究表明，该课程包在促进学习者对相关知识的理解与掌握方面具有积极意义，并为其科学素养的提升奠定良好基础。

本案例验证了“手作实践+课程包”科普模式的可行性与推广价值。一方面，它能够有效化解高校科普资源高库存-低转化的困境，提升科普资源的利用效率；另一方面，它也回应了青少年高意愿-低参与的结构性矛盾，激发持续的学习兴趣与参与动力。结果表明，该模式不仅显著提升认知水平，还在学习方式与科普传播价值上展现高度适应性与可复制性，为今后开展体验式植物科普教育提供了实践参考与理论支撑。统计结果表明，在蓝晒课程实施前后，学生关于蓝晒及植物知识的了解程度有显著提升。蓝晒课程包有助于学习者提升科学素养，科普教育效果扎实有效。该案例验证了HRCT四维实践路径与“手作+课程包”科普模式的可行性。

4 讨论与展望

本研究针对高校科普资源转化率低与青少年参与度不足的双重困境，基于体验式学习理论构建“手作+课程包”的植物科普模式，并以HRCT四阶段将Kolb循环转译为标准化、可复制的科普实践脚本。实践表明，蓝晒叶脉课程显著提升学生对植物的认知水平，验证了该模式在知识留存与迁移应用上的有效性，为科普教育提供了可迭代、可扩散的推广范式。

4.1 “手作+课程包”解决科普教育问题

4.1.1 高校科普资源高库存-低转化问题

尽管高校拥有丰富的科研资源与人才优势，但其科研成果难以有效转化为面向公众的、可重复使用的教育生产力(欧阳河, 2008)。研究表明，我国高校知识研发效率相对较高，但价值实现效率较低(Jia and Wang, 2024)。这种高库存-低转化现象严重制约了高校科普资源的社会效益。其原因在于管理-经费-教师-受众四重结构性失灵的叠加。高校科普成果缺乏系统转化机制，科研与科普脱节，科普成果不计入考核体系，教师缺乏转化动力；科普项目经费多为一次性投入，缺乏持续性支持，难以形成可迭代的教育产品(李冬梅, 2018)。同时，由于缺乏科研与教育设计并重的复合型人才，科普产品设计质量参差不齐。此外，科普内容与受众认知水平及兴趣脱节，供求错位(王君宜等, 2016)，缺乏分层设计，导致传播效果差。本文提出的“手作+课程包”植物科普模式力求以标准化结构、导向化产品、低消费材料、跨学科协同来破解此困境。将Kolb体验式学习循环转化为HRCT四步教学法，形成可复制的标准化科普脚本；以手作文创产品为教具，课程包为核心产出，形成产品-课程-活动一体化范式，便于传播与落地；鼓励使用本地植物材料以降低成本，达到增强文化关联性目的；整合高校科研和人才资源，确保科普内容的学术性与教育性并重。

4.1.2 青少年高意愿-低参与问题

尽管青少年对科学充满好奇，但是在植物科普中表现出认知浅、兴趣弱、参与度低的问题，甚至出现“植物盲”。少年儿童普遍认为植物不如动物那样具有吸引力或重要性，对植物缺乏感知与情感联结，认为植物“无趣、无用”(Melis et al., 2020)。此外，青少年群体对植物的感知和理解受限于他们的生活经验，如缺乏与自然接触的机会，或对植物的抽象概念理解困难则会产生文化疏离感(Fokides et al., 2020)。在现有的科普活动中，多数科普内容比较抽象，缺乏情境化与感官体验，青少年群体难以理解，高负荷认知导致其对科普活动兴趣低。Sarkowi等(2023)提出儿童在学习中缺乏直接体验与感官体验会使他们难以理解抽象概念。“手作+课程包”的植物科普模式能在一定程度上解决此问题: 通过手作活动调动视觉、触觉、嗅觉等多感官通道，降低认知门槛，满足五感需求；将植物与传统文化和生活经验联系起来，增强文化认同感；支持多场景多学科使用，材料易得，操作简便，持续提升参与感。

本文提出的“手作+课程包”科普模式，是一种轻量级、低成本、高适配的科普转化路径，回应了当前高校科普转化难与青少年参与度低的双重困境。该模式强调内容产品化与教学标准化，便于复制推广，融合地方文化与科学原理，增强科普的情感性与本地

适配性。后续在政策、机制和研究层面仍有继续发展的空间，如设立高校科普成果转化专项基金，为科普活动提供支持，将科普成果纳入高校教师绩效考核以激发教师的积极性。

4.2 “手作+课程包”科普模式的普适性

“手作+课程包”科普模式的普适性体现在结构化设计、内容本地化和教具低成本三大机制。HRCT四维框架是对Kolb体验式学习循环的本地化转译，具有高通用性。其不依赖于数字平台的独特性，可成功在乡村学校、博物馆甚至家庭场景中实施。类似结构在国际上也普遍存在，4H教育模型(head, heart, hands, health)在美国3 000多个县以及华盛顿特区广泛开展，强调做中学，4H教育模型是一个以体验式学习为基础的非正式教育项目(Donaldson et al., 2020)。研究表明，参与4H的青少年在社区服务和综合教育参与等方面的表现远高于非参与者(Meighan and Fuhrman, 2018)。在科普内容本地化方面，可根据地域文化特色进行植物选材，手作活动以本地植物为材料，适配性强，科普主题可与地方文化和生态资源结合，形成校本课程。例如，云南高校可采用普洱茶和野生菌；四川高校可用竹子和蜀锦植物染料；东北高校可采用松树、玉米和大豆等作物。该模式操作简便、材料易得，可实现低成本教具。研究表明，利用低成本教具也能达到较好的科学教育效果，废弃塑料瓶热学应用等低成本实验可提高学生对科学的兴趣与亲切感(余建刚和沈艳文, 2023)。

4.2.1 “手作+课程包”科普模式的共性借鉴机制

“手作+课程包”的植物科普实践模式是基于Kolb体验式学习模型与植物文化特色相结合提出的HRCT四维框架下的科普教学，搭建了产品-课程-手作一体化、可复制的科普实践脚本，在其它学科和高校均适配。例如，中医药类高校，可结合高校内部的人才资源以及多种植物中药材资源，针对青少年进行中草药科普主题的香囊制作手工活动，让青少年在体验过程中了解中药故事，弘扬中华优秀传统文化的同时激发其热爱中医事业的热情。农业类高校可根据校内农作物与育种实验室等特色资源，设计粮食安全和种子发育等科普主题，策划胚芽观察和种子拼图等手工活动。艺术类高校利用其工艺设计和视觉传达等资源，选择植物染料方面的科普主题，策划植物扎染、大漆团扇等手工活动。

4.2.2 “手作+课程包”的植物科普内容选择

为破解青少年高需求-低参与的困境，应构建认知适配性-文化关联性-科学可迁移性三维筛选标准模型。科学教育要考虑到青少年的身心发展，根据受众的认知发展阶段来设计实践活动。Metz (1997)指出，科学教育不仅要注重认知发展阶段，更要注重实践。基于此，本文提出的课程包与手作活动均结合产品类型与受众特点进行分类。此外，文化嵌入也非常重要，选择与本地文化和生活经验密切相关的主题内容更有助于提升科普效果。应用迁移性对于受众的知识掌握度提升有显著作用，优先选择能阐明科学原理或引发生态议题的内容，如叶脉画，可引导学生反思叶片的运输系统、叶脉结构与叶肉结构的异同之处。

国外也有类似的探索。英国Botanical University Challenge (BUC)是由3位植物学家于2015年发起的植物学科大学挑战赛，旨在支持热爱植物的学生，之后BUC逐渐受到大众的欢迎，成为欧洲最大的年度植物学比赛。BUC作为一种工具被用于提升学生的参与度，不仅在英国，甚至在国际上都具有一定的影响力(Hall et al., 2025)。此外，美国的Project Learning Tree (PLT)项目强调通过实践和体验式学习来增强学生对环境的理解和兴趣，旨在帮助学生发展批判性思维并提升掌握新知识的能力，创造体验式学习的机会，该模式已经在100多所高校推广(Liou-Mark et al., 2018)。与本研究相比，英国的BUC依赖高校自发组织，未形成可扩散的“课程包”和“手作产品”；美国PLT项目虽有模块化教材，但缺乏“手作-反思”的标准化脚本，教师仍然需要二次开发。

5 结语

本研究以“手作+课程包”为核心，提出结构化教学、本地化内容与低成本教具三位一体的可复制范式，无需依赖大型平台即可实现跨学校、跨区域的快速扩散。通过“认知适配+文化关联+科学迁移”三维筛选模型，将科普内容的取舍从经验上升为可操作的科学决策；借助高校植物科普内容适配矩阵，进一步将一类一策的理念落地，为综合型、师范型和职业型等不

同类型高校提供即取即用的主题-手作匹配方案。实践表明, 该模式有效缓解了高校科普资源高库存-低转化与青少年高意愿-低参与的双重痛点, 为破解科学传播难题提供了低成本、高情感、可规模化推广的解决方案。未来, 将联合更多院校与地方科普机构, 共建高校植物科普课程包开源联盟, 持续迭代课程资源与评估工具; 同时引入地方植物图谱+教师协同设计机制, 使每节课都能讲出家乡的植物故事; 并通过教育局、博物馆和图书馆等线下场所, 形成非平台型科普产品交付网络, 把课程包精准送到最需要的学生手中。综上, 本研究可为我国高校科普服务能力标准化建设提供参考, 也为提升全民科学素质开创了可持续、可扩散和可评价的实践路径。

作者贡献声明

穆丹: 设计论文结构, 撰写论文; 龙洪婕: 设计科普实践模式; 陈静怡, 胡心怡: 设计科普主题; 方世涛, 周琪: 开发科普手作课程包; 步佳豪, 白雅茹: 制作手作课程包; 张原蓉, 尚钰祺: 开发科普文创产品; 石旌男, 赫倩文: 制作蓝晒叶脉画; 毕晨悦, 张欣燕: 策划科普手工活动; 秦华光: 推进科普活动落地; 饶玉春: 修改润色论文; 孙廷哲: 审查并完善论文。

参考文献

Amprazis A, Papadopoulou P, Malandrakis G (2021). Plant blindness and children's recognition of plants as living things: a research in the primary schools context. *J Biol Edu* **55**, 139–154.

Bauerle TL, Park TD (2012). Experiential learning enhances student knowledge retention in the plant sciences. *Hort Technol* **22**, 715–718.

Blikstein P (2013). Digital fabrication and 'making' in education: the democratization of invention. In: Walter-Herrmann J, Büching C, eds. FabLab. Beilefeld: Transcript Publishers. pp. 19–32.

Burke R, Sherwood OL, Clune S, Carroll R, McCabe PF, Kane A, Kacprzyk J (2022). Botanical boom: a new opportunity to promote the public appreciation of botany. *Plants People Planet* **4**, 326–334.

Butler MG, Church KS, Spencer AW (2019). Do, reflect, think, apply: experiential education in accounting. *J Account Edu* **48**, 12–21.

Corbacho-Cuello I, Hernández-Barco M, Muñoz-Losa A (2025). Science and plant interest in outdoor learning: evaluating prospective teachers' experiences with a botanical inquiry trail. *Sci Edu Inter* **36**, 57–67.

Dewey J (1893). Self-realization as the moral ideal. *Philos Rev* **2**, 652–664.

Donaldson JL, Franck KL, Baker MA (2020). Challenge to bolster the evidence base for 4-H science, technology, engineering, and mathematics programming. *J Ext* **58**, 1–23.

Fokides E, Atsikpasi P, Karageorgou D (2020). Tablets, plants, and primary school students: a study. *Technol Knowl Learn* **25**, 621–649.

Gao HB, Ren L, Hu JP, Li XJ, Huang LL, Cao J (2025). Current situation and characteristics in the development of scientific literacy of Chinese citizens: main findings of the 14th national civic scientific literacy sampling survey. *Stud Sci Pop* **20**, 5–14, 105. (in Chinese)
高宏斌, 任磊, 胡俊平, 李秀菊, 黄乐乐, 曹金 (2025). 我国公民科学素质的发展现状与特征——第十四次中国公民科学素质抽样调查报告. 科普研究 **20**, 5–14, 105.

Hall H, Stroud S, Culham A, Clubbe C, Batke S, Medcalf S, Jones MG, Baker L, Lydon S, McGale E, Acedo C, Charmley J, Warren JM, Mitchley J (2025). The botanical university challenge: bridging isolation and empowering plant-aware students. *Plants People Planet* **7**, 906–919.

He QT, Zhang HF (2021). Adventures in blue pigments: cyanotype. *Univ Chem* **36**, 2107107. (in Chinese)
何绮婷, 张皓帆 (2021). 蓝色颜料之蓝晒奇旅. 大学化学 **36**, 2107107.

Hu AG, Zhou SJ (2025). Preliminary assessment of economic and social developments during the 14th five-year plan period. *J Beijing Univ Technol* (*Soc Sci Ed*) **25**(4), 1–24. (in Chinese)
胡鞍钢, 周绍杰 (2025). 中国“十四五”时期经济社会发展初步评估. 北京工业大学学报(社会科学版) **25**(4), 1–24.

Hu XY, Mu D, Zhang HW, Qin HG, Bai YR, Long HJ, Xu YR, Zhang WJ, Deng Y, Zhou Z, Hu JY, Bi CY, Shen ZY, Sun TZ, Rao YC (2024). Exploring biological popularization education in university botany courses. *Chin Bull Bot* **59**, 1054–1062. (in Chinese)
胡心怡, 穆丹, 张惠雯, 秦华光, 白雅茹, 龙洪婕, 徐颖睿, 张雯菁, 邓洋, 周洲, 胡洁怡, 毕晨悦, 沈昭阳, 孙廷哲, 饶玉春 (2024). 基于高校植物学课程的生物科普教育探索. 植物学报 **59**, 1054–1062.

Hu YN, Xiao XY (2024). Creative labor and embodied practice: the internal logic and value orientation of youth's immersive experience in handicraft. *J Chin Youth Soc Sci*

43(3), 57–66. (in Chinese)

胡玉宁, 肖欣耘 (2024). 创意劳动与具身实践: 青年沉浸手作体验的内在逻辑与价值向度. 中国青年社会科学 **43**(3), 57–66.

Hulbert JM, Roets F (2018). Science engagement in South Africa. *Science* **361**, 985.

Ibrahim HAK, Hindi FAM (2024). The effectiveness of experiential learning strategy in achieving science subject competence among fifth grade elementary school students. *Evol Stud Imag Cult* **82**, 250–261.

Iriart V, Forrester NJ, Ashman TL, Kuebbing SE (2022). The plant science blogging project: a curriculum to develop student science communication skills. *Plants People Planet* **4**, 485–498.

Jia XL, Wang CC (2024). Research on the transformation efficiency of scientific and technological achievements of ministry-affiliated universities based on network DEA. *Int J Glob Econ Manage* **2**, 35–50.

Kolb AY, Kolb DA (2017). Experiential learning theory as a guide for experiential educators in higher education. *Exp Learn Teach High Edu* **1**, 7–44.

Kong YT (2021). The role of experiential learning on students' motivation and classroom engagement. *Front Psychol* **12**, 771272.

Li DM (2018). Causes and countermeasures for the difficulties in the transformation of scientific and technological achievements in universities. *China Univ Sci Technol* (S1), 114–116. (in Chinese)

李冬梅 (2018). 高校科技成果转化难的成因与对策. 中国高校科技 (S1), 114–116.

Liou-Mark J, Ghosh-Dastidar U, Samaroo D, Villatoro M (2018). The peer-led team learning leadership program for first year minority science, technology, engineering, and mathematics students. *J Peer Learn* **11**, 65–75.

McMullan WE, Cahoon A (1979). Integrating abstract conceptualizing with experiential learning. *Acad Manage Rev* **4**, 453–458.

Meighan LG, Fuhrman NE (2018). Defining effective teaching in environmental education: a Georgia 4-H case study. *J Res Tech Careers* **2**, 36.

Melis C, Wold PA, Billing AM, Bjørgen K, Moe B (2020). Kindergarten children's perception about the ecological roles of living organisms. *Sustainability* **12**, 9565.

Metz KE (1997). On the complex relation between cognitive developmental research and children's science curricula. *Rev Edu Res* **67**, 151–163.

Ouyang H (2008). Why is the conversion rate of scientific research achievements in universities relatively low? *Edu Vocation* (25), 19. (in Chinese)

欧阳河 (2008). 高校科研成果转化率为何偏低? 教育与职业 (25), 19.

Qin HY, Liu ZC, Xie ZP, Lü LX (2025). Handmade effect on marketing. *Adv Psychol Sci* **33**, 362–380. (in Chinese)

秦环宇, 刘展呈, 谢志鹏, 吕林祥 (2025). 以"手"为攻, 匠心独具: 营销中的手工制作效应. 心理科学进展 **33**, 362–380.

Ren GQ, Wang MD (2010). An overview of the theory of experiential science and its behavior mechanism. *Sci Popul* **5**, 22–27. (in Chinese)

任广乾, 汪敏达 (2010). 体验式科普及其行为机理理论综述. 科普研究 **5**, 22–27.

Rezaei A, Zakariaie M (2011). Exploring the impact of handcraft activities on the creativity of female students at the elementary schools. *Int Edu Stud* **4**, 127–133.

Sarkowi S, Wahid AH, Umami S, Astriani SA (2023). Enhancing science knowledge in early childhood through environmental exploration-based learning management. *Al-Tanzim J Manajemen Pendidikan Islam* **7**, 1077–1089.

Sawyer K, Smith B (2024). Communication and engagement for basic science: insights and practical considerations. *J Sci Commun* **23**, Y01.

Wang JY, Feng Y, Liu Q, Zhao SY (2016). A brief analysis of the incentive mechanisms for the transformation of scientific and technological achievements in universities. *Technol Innov Appl* (24), 87. (in Chinese)

王君宜, 冯源, 刘琦, 赵思缘 (2016). 浅析高校科技成果转化激励机制. 科技创新与应用 (24), 87.

Whitaker BL, Greenleaf JP (2019). Using course packs to address limitations of traditional textbooks in leadership education. *J Leadership Edu* **18**, 176–184.

Wijnen-Meijer M, Brandhuber T, Schneider A, Berberat PO (2022). Implementing Kolb's experiential learning cycle by linking real experience, case-based discussion and simulation. *J Med Edu Curr Dev* **9**, 23821205221091511.

Wu YJ, Goh M, Mai YP (2023). Social innovation and higher education: evolution and future promise. *Humanit Soc Sci Commun* **10**, 283.

Yaacob A, Mohd AR, Hussain RMR, Ismail SN (2021). Empowering learners' reflective thinking through collaborative reflective learning. *Int J Instr* **14**, 709–726.

Yang XL (2025). The value and strategy analysis of the integration of intangible cultural heritage inheritance and cultural and creative product design. *Packag Eng* **46**(12),

374–377. (in Chinese)

杨小乐 (2025). 非遗传承与文创产品设计融合的价值与策略研究. 包装工程 **46**(12), 374–377.

Yu JG, Shen YW (2023). The ingenious use of low-cost homemade teaching aids in classroom instruction: the case of “recycled plastic bottles in high school thermodynamics instruction”. *Phys Teacher* **44**, 54–56. (in Chinese)

余建刚, 沈艳文 (2023). 低成本自制教具在课堂教学中的妙用——以“废弃塑料瓶在高中热学教学中应用”为例. 物理教师 **44**, 54–56.

Zhou RT, Li S (2020). Research on the fusion approach of science popularization for world cultural heritage. *Stud Sci Popul* **15**, 44–52. (in Chinese)

周荣庭, 李爽 (2020). 世界文化遗产科普的融合路径探究. 科普研究 **15**, 44–52.

Exploring a Plant Science Popularization Practice Model Based on “Hands-on + Curriculum Package”

Dan Mu[1†], Hongjie Long[1†], Jingyi Chen[1], Xinyi Hu[1], Shitao Fang[1], Qi Zhou[1], Jiahao Bu[1], Yaru Bai[1] Yuanrong Zhang[1], Yuqi Shang[1], Jingnan Shi[1], Qianwen He[1], Chenyue Bi[1], Xinyan Zhang[2] Huaguang Qin[1], Yuchun Rao[2*], Tingzhe Sun[1*]

[1]Anqing Forestry Science and Technology Innovation Research Institute, a New R & D Institution of Anhui Province, Key Laboratory of Biodiversity Conservation and Characteristic Resources Utilization in Southwest Anhui, College of Life Sciences, Anqing Normal University, Anqing 246133, China; [2]College of Life Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China

Abstract Amidst the rising demand for public scientific literacy, universities have emerged as a core force in advancing science communication, leveraging their abundant research resources and talent advantages. However, the existing science education system still faces challenges such as uneven development and low participation rates. Building upon existing practices and guided by experiential learning theory, this study proposes a four-dimensional science communication pathway: “hands-on experiences-reflection on science-concept construction-transfer and dissemination (HRCT)” four-dimensional science literacy pathway. It proposes a “hands-on activities + curriculum package” model, systematically developing cultural and creative teaching aids, modularized courses, and tiered activities. This forms an integrated “product-curriculum-activity” paradigm, completing the full cycle from “learning by doing” to “science communication and application”. It provides a replicable and scalable practical model for overcoming the challenges of translating science literacy initiatives within universities.

Key words curriculum package, experiential learning, hands-on activities, plant science popularization

Mu D, Long HJ, Chen JY, Hu XY, Fang ST, Zhou Q, Bu JH, Bai YR, Zhang YR, Shang YQ, Shi JN, He QW, Bi CY, Zhang XY, Qin HG, Rao YC, Sun TZ (2025). Exploring a plant science popularization practice model based on “hands-on + curriculum package”. *Chin Bull Bot* **60**, 1017–1027.

---

† These authors contributed equally to this paper

* Authors for correspondence. E-mail: ryc@zjnu.cn; confucian007@126.com

(责任编辑: 白羽红)

作者简介

穆丹, 博士, 教授, 博士生导师。安徽省教坛新秀, 安徽省研究生导师师德标兵, 安徽省教科文卫体系统师德先进个人。主持国家自然科学基金1项。以第一作者或通讯作者身份在*The Crop Journal*、*Plants*及*Plant Growth Regulation*等期刊发表论文20余篇。荣获安徽省教学成果二等奖1项、三等奖3项。指导学生获“中国国际大学生创新大赛”、“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛等国家级和省级奖项20余项。