

非正式科学教育活动的边际效应与价值拓展

——以南京师范大学公益科普“科学大篷车”为例

周海忠 庄伟*

(南京师范大学物理科学与技术学院, 南京, 210023)

摘要: 本研究以南京师范大学“科学大篷车”公益科普项目为研究对象, 探讨应对非正式科学教育活动边际效应的实践策略。本研究采用案例研究法, 通过多源素材讨论了“科学大篷车”的运行机制、边际效应及价值拓展, 并重点关注科普对象本身收益之外的附加价值, 包括参与者的个人能力提升、校园环境氛围的良性带动以及实践模式的复制与推广。研究结果揭示, 参与主体、活动内容、活动场景的创新变化, 可以减少连续科普活动的收益递减效用; 创新的协同效应为高校主导的移动式科普项目在人才培养、课程建设、模式创新以及教育生态等维度带来价值拓展。

关键词: 非正式科学教育; 科学大篷车; 边际效应; 教育协同机制

一、引言

科普活动因其场域的非固定性、内容及载体的可变动性、参与对象的流动性、方式的多样性, 被归为非正规性科学教育。与学校正式的科学教育不同, 非正规性科学教育不是强制性的, 然而学生从中获得的经验、知识或技能可以在不同的教育目标指导下被有效组织, 进而影响学生的科学态度和行为。^[1] 南京师范大学的“科学大篷车”活动是一个以大学生为参与主体, 面向社会公众特别是中小学生的公益科普活动, 已经持续开展十余年, 形成了相对稳定的操作模式。^[2] 在“科学大篷车”的大部分活动中, 两类学生身份的群体都会在正式教育与非正式教育的场景中切换。这种“大带小”的非正式科学教育活动能够产生什么质性的边际效用及价值, 是一个值得研究且十分有趣的课题。

* 庄伟, zhuangwei@njnu.edu.cn。

边际效应原本是经济学的概念，用于描述边际产出或边际收益，关注的是下一个活动收获如何。^[3] 将之引入非正式科学教育研究领域，是因只要科普活动持续开展，总会有“下一个”发生，边际效应也就可用于分析连续参加活动的大学生、随机参加活动的中小学生的收获，也可以分析作为项目整体新增教育投入在现有教育生态中的边际贡献，即其是否能够在既有资源基础上带来额外的学习收益、是否能够触发系统性创新，以及是否能够通过协同机制放大总体教育效能。

当前对这种高校主导、大学生参与度高且以育人为导向的科普模式的内在机理与长期效应的研究不多，特别是在该项目作为“育人平台”如何融入大学生培养体系、如何推动正式课程的设立，以及如何通过跨学科实践扩大教育边际效应等方面，缺乏系统性的研究。

“科学大篷车”的流动性使得其对同一所学校的中小学生即“大带小”中的“小”来说，当年参与相同活动的机会不会超过两次，可以明确将中小学生的收获设定为一定的增量，忽略其“下一次”的边际因素。本研究采用案例研究法，以南京师范大学“科学大篷车”项目为单一案例，集中关注“大带小”中的“大”；通过多源素材的三角验证确保结论的可信度。研究素材主要包括三类：文本资料（包括项目活动方案、总结报告、课程大纲、媒体报道及高校人才培养相关文件等）、深度访谈（包括大学生志愿者、中学教师、中学生等典型参与者）和实践观察（包括记录的活动流程、互动细节、参与者反应及场域特征，捕捉项目实施中的真实情境）。

二、“科学大篷车”项目及其边际效应

南京师范大学“科学大篷车”公益科普活动，其公益性和实践性延续了20世纪“为您服务”“学雷锋”活动的传统，活动内容带有该校刘炳昇教授倡导的“小实验大智慧”的特色。初期活动的组织者校团委，主要参与者是人员相对稳定的大学生志愿者小组，活动周期和频次不固定，活动地点在校内和邀请方约定场所。随后活动逐渐构建起稳定的组织架构，形成了“大学生志愿者—学院指导教师—校外合作单位（学校/社区）”的运作链条。经过数年实践，该项目在活动频次、学科覆盖范围以及课程化发展等方面均取得了显著成效。^[4] 项目采用学院牵头、导师指导、学生自主管理的运行机制，学院负责项目的总体策划与资源分配，教师担任顾问并参与活动设计，大学生组成项目小组，负责设备准备、实验实施以及现场讲解工作。同时，项目建立了志愿者培训常态化制度和活动安全管理机制，以保障活动的可持续性 with 规范性。

该项目高度强调互动体验与探究导向，主要包含以下三类活动形式：

1. 校园内科普展演。进驻中小学设置打卡式多学科站点，涵盖物理、化学、生物以及信息技术等学科的互动小游戏与实验，学生在某一时间段中逐站体验或按兴趣在某些站点反复体验。
2. 社区科普与家庭科普。在社区活动中设置与居民日常生活相关的科学主题，如电子垃圾分类、家庭节能、生活化学小实验等，集中释疑宣导。
3. 乡村基层科普帮扶。深入乡村学校，开展基础科学实验教学以及教师培训工作，助力针对性资源补缺与技能提升。

在教学模式方面，项目突出“发现—探究—展示”三个环节，倡导通过情境任务驱动学习，尽可能使参与者在实践过程中提出问题，自主设计操作并与同伴协作解决问题。这一模式在具体操作中体现为设置“实验区”“探究任务卡”“小组协作评分”等环节，以确保参与者的深度参与和持续投入。

“科学大篷车”公益科普的边际效应主要表现在项目自身和参与主体（大学生）两个方面。项目的整体收效呈现不断上升的趋势：一是立意高度契合国家不断加强科技教育、创新教育、科学普及的政策；二是项目设计关注到让所有参与者构成价值链、具有收获感；三是项目实践经过正向传播，产生了品牌效应。然而随着需求的不断增长，组织者面临着较大的订单压力，大学生参与者中最初相对固定的组员由于忙于相对稳定的活动菜单，逐渐感到课业带来的压力和重复作业带来的倦怠，对“下一场”的激情、收获期待与价值感增量逐渐减少。

相较于传统的非正式科学教育（ISE）形式^[5-6]，“科学大篷车”通过改变投入的人力、时间、活动内容等边际条件，来保证稳定的收获增量，破解边际递减现象，实现了以下几方面突破：

1. 场域出新，以场域之变激发参与者激情。借助“流动载体”打破固定场域的局限，将科普服务拓展至社区、乡村，有效缓解了科普资源分配不均衡的问题。

2. 主体更新，以任务主体之变保持输出动力和项目的可持续发展。将固定的小组任务转变为全员轮值参与的集体任务，大学生人人有参与的机会。同时，构建“高校主导—学生实施—多方协作”的模式，使大学生从“科普受众”转变为“科普参与者”，并联动中小学、社区形成协同网络。

3. 内容创新，以任务内容之变令参与者保持学有新用的动力。通过跨学科融合（如科学与美育相结合的“实验装置艺术展示”）和生活化设计（如“生活化学小实验”），在“教不倦学不厌做不完”理念下，拓展科学教育的内涵与适用场景。

此外，该项目与其他科普主体形成互补协同关系。一方面，与科技馆、其他科普基地实现资源共享（如借鉴科技馆的互动展品设计，邀请专家参与志愿者培训）；另一方面，弥补固定场域的不足（如为科技馆提供“流动延伸服务”，将博物馆的“静态展品”转化为“动态实验”）。这种协同不仅提高了项目自身的效能，还推动了区域内 ISE 资源的整合。

三、“科学大篷车”项目的价值拓展

以近五年“科学大篷车”项目的项目团队成员为访谈考察对象，观察比较科学大篷车连续进驻的三所学校——南京师范大学附属实验学校、南京师范大学附属中学丁家庄初中、南京栖霞区仙林小学，发现科普效果和社会反响良好。本研究重点关注科普对象本身收益之外的附加价值，包括参与者的个人能力提升、校园环境氛围的良性带动以及实践模式的复制与推广。

1. 促进大学生志愿者的个人成长

本研究随机抽取参与过“科学大篷车”项目的大学生志愿者 10 人，以访谈的方式了解他们对参加该项目意义的反思情况。在回答“该项目中什么环节对你的个人成长最有帮助”这一问题时，有 8 人认为是“接受系统的科普表达与组织协调训练”环节。事实上，受访者曾经担任不同的分工，有的在项目中担任小组负责人，负责活动筹备、材料采购、设备调试与现场讲解等任务协调工作，积累了团队管理与项目实施的经验；更多的受访者负责的是具体某个站点的单项科普任务，他们或是通过温习，或是行动前“现学”，掌握了相关知识科普技能。而作为“小老师”的角色，在青少年群体中传递科学知识，比通常的见习、实习有更大的自主性，历练过程也是他们对未来从事职业的知识技能准备的过程。对师范生而言，持续开展演示与讲解，能加深对学科知识的理解，提升科学表达能力。

关于“对后续学术或职业发展的自我效能感”的话题，受访者一致认为在竞赛申报或读研、求职面试时，他们能够凭借项目经验展示组织能力与公众沟通能力。这一点在高校人才培养成果展示中也多次被提及。^[7]

同时，通过面向项目志愿者的问卷调查获悉，参与项目的学生普遍在校内外的科普竞赛或学科类竞赛中展现出更强的表达能力与团队协作素养，整个志愿者团队有超过一百人次在省级以上科普展示或比赛中获得奖项或表彰，有数十人获得保研资格。相较于未参与活动的学生，科普活动对大学生个人成长与学业发展具有促进作用。

2. 形成可复制推广的教育实践模式

“科学大篷车”项目运行结构紧凑、机制灵活、资源开发利用有可持续性（一些设备器材可以反复使用），因而在高校容易复制推广。许多高校已经将大学生参加科普活动作为提升学生核心素养、服务社会的常规性举措。同时大批热心科普的教授担任中学科学副校长的职务，也有利于项目的复制、多地推广。

作为非正式教育活动的科普，“科学大篷车”的“大带小”模式有一种内嵌式的应用值得关注。其展开环节为：设置多个跨学科站点，由不同学科的研究生或本科生负责演示、指导，同时针对中小学生的问题进行讲解；中小学生按站点完成打卡，并在活动结束后会进行展示汇报，汇报环节采用“小老师带小同学”的方式，即由部分高中生在参与“科学大篷车”活动后，自发组织面向低年级学生的科普演示。这一过程不仅使低年级学生从中受益，更为高中生提供了提升表达能力与领导能力的实践平台。

一位高中生代表在活动结束后表示，通过为低年级同学设计实验流程并进行讲解，他学会了如何将复杂的科学语言深入浅出地表述，并在实践中增强了自信心。这类成长轨迹体现了该项目在从大学到中学的多层级教育联动中的育人价值。^[8]

“大带小”准同伴教育，是通过平等互动实现知识传递、经验分享的非正式教育活动。而高中生面向低年级学生的科普汇报，则需要比对大学生要求更高的现场消化与转述能力，直接检验前段科普效果和高中生的学习力。在这样的活动中，知识“传”与“授”的角色可以相互转换，这种转化体现了双向促进的成长机制。

“大带小”模式的应用价值不只是体现在项目的内嵌环节，还可以“外挂”，应用于一些正式教育教学场合，如跨学段教学、实践性的跨学科教学。如南京燕子矶中学开设的“神奇的灯泡”科学公开课，就是同一课题面向不同学段的学生，在正规课堂上部分采用“大带小”模式，共同提升学生的科学素养。南京师范大学附属实验学校打通初高中课程界线，在“旺旺旺纸塑”“光学探究”等社团实践课上采用了以大带小、大小合研的方法。教学成果显示，这种“大带小”模式鼓励不同学段学生之间进行交流互动，能减轻学业压力，对项目式教学具有应用价值。

3. 带动校园积极向上的科教氛围

“科学大篷车”年年进校，对滋养校园科教文化起到了积极的作用。南京师范大学“科学大篷车”项目在南京师范大学附属实验学校已连续开展五年。2021年10月，项目首次进驻学校体育馆，为该校学生开展一系列互动实验与科学演示活动。活动面向初一、初二学生，设计了涵盖电磁学实验、火烧冰演示、马德堡半球示范等内容的十个站点，学生6人一组，轮流逐站动手操作，观察并记录实验现象。活动结束后，多名学生表示其科学兴趣受到强烈激发，好奇心得到充分调动。一位中年级学生在接受采访时指出，此前课堂教学中较少涉及的实验在“科学大篷车”活动

中得以直观呈现,促使抽象的物理概念变得具体可感。^[9]

移动式、体验式的科普活动,可借助情境创设与手动操作,将抽象知识转化为可观、可听、可触的具象画面,进而在短期内有效提升学生的学习兴趣与初步探究能力,提升物理课程教学效果;校方也积极将科普活动的部分节目迁移到了校园“科艺节”上,作为年度重点活动的常态化节目展示;学校教学楼走廊增设了不少随手可“玩”的实验器材,让学生们在休憩的课间10分钟里能随时体验物理实验的魅力;在“科学大篷车”的科普顾问及专家指导下,老师们还创新了田野课堂的场景,如带领学生到郊外寻找、体验、分析“回鸣梯”现象阶段性的科普项目,助力营造了贯通校园的良好科教氛围。“流动”的科普起到了“播种”的效果,在校园内扎根、生长,在师生群体间持续发挥强劲的带动作用。

四、机制、推广与政策建议

对“科学大篷车”“大带小”模式运行的观察分析可知,科普的场域、主体、内容的变动出新,是降低边际效应的重要途径。模式的创新应用则是科普项目价值拓展的根基。项目动能的提供,依赖于“课程开发—实践浸润—社会辐射”的三维协同机制:

第一,课程开发。高校将科普实践纳入选修课体系,为大学生提供“科普理论+技能培训”的制度化学习途径,保障志愿者的专业素养。南京师范大学“科学大篷车”项目团队开发的课程“物理探究实验与科普实践”荣获2025年度江苏省优秀科普课程二等奖,课程依托的“物理演示与探索实验室”也获批江苏省科普教育基地,科普活动“科普向新力,启智育新苗活动”被省科协评为2024年全国科普日优秀活动。该课程的实施改变了仅有志愿者小组作为科普主体的状况,大部分学生都有机会得到锻炼。

第二,实践浸润。通过常态化活动(如每月1~2场社区服务、每学期1次乡村帮扶、每周一次实验室开放)为大学生提供持续的实践场域,实现“理论—实践”的转化。常态化的实践能够降低科普产品升级迭代的成本。

第三,社会辐射。通过社区动员、媒体宣传、跨机构合作扩大项目影响,同时收集公众需求以反馈活动设计,形成“服务—反馈—优化”的闭环。这一机制使项目从“边缘性活动”转变为高校参与ISE的“核心平台”,为其他高校提供了可借鉴的框架。同时,非正式教育活动的部分模式,也能为正式教育提供借鉴。

但是推广“科学大篷车”这种科普形式仍然需要关注以下几个方面的关系:

首先,资源开发既要照应受众需求,又要适度超前。不能满足于就事论事解答知识性问题,要将科学方法培养、科学家精神传播纳入项目内容,还要走近前沿、眺望未来,发挥引领作用。

其次,项目成员既要实践育人,又要加强学习、修炼本领,达成育己。成功的“大”者,还必须确保活动设计的科学性与安全性,因此,除了开展科学研究,还需要开展科普研究。

再次,制度配套应结合学情及非正式教育的规律,力求参与主体、受众都能保持积极性。建立志愿者培训、考核与激励机制(如将项目经历纳入奖学金评审、社会实践学分认定),提高项目参与者的积极性。协调中小学生的时间安排,不与课业发生矛盾,不增加负担。

最后,联动协同要将自建的项目基地与在地科技馆、科普基地、社区、教育部门建立长期合作关系,共享资源、分担成本,避免“单打独斗”导致的效率低下。

此外,建议设立高校科普专项基金,支持高校科普硬件建设(如实验设备采购、车辆改装)水平与流动服务能力提升;将高校科普工作纳入“双一流”建设评价指标,引导高校重视ISE工作;推动高校与地方科技馆签订合作协议,建立“展品共享、人员互聘”机制;将高校科普服务纳入地方科学素质行动考核。

五、结论与未来研究展望

本研究通过对南京师范大学“科学大篷车”项目的系统性探究,揭示了高校主导的移动式科普项目在人才培养、课程建设、科普模式创新以及教育生态协同等维度存在显著的边际效应,项目的协同效应对校园文化建设、育人效能提高是十分有益的。研究结果显示,该项目不仅有助于提升参与大学生的表达与组织能力,还能借助体验式活动有效激发中小学生的科学兴趣,提高社区公众的科学认知。

未来研究可从以下方向深入推进:

1. 开展基于纵向设计的跟踪研究,评估参与者长期的科学素养变迁以及教育职业导向。
2. 在多区域、多院校范围内开展比较研究,探讨不同高校科普模式的适应性与最优实践方案。^[10]
3. 探寻信息技术赋能科普大篷车的新途径,例如将VR/AR、在线学习资源与移动科普相结合,提升远程与线下混合科普的效能。
4. 构建更为严谨的评估指标体系,综合运用量化与质性方法评估项目的边际效应与社会回报。

基金项目

江苏省教育科学规划重点课题“‘物理+技术’复合型硕士层次师范人才创新能力提升途径与实践研究”(B/2024/01/115)

作者简介

周海忠,南京师范大学物理科学与技术学院编审。研究方向:科学教育研究。

庄伟,南京师范大学物理科学与技术学院教授。研究方向:中学物理实验教学研究。

参考文献

- [1] 孙晓雪. 从割裂走向融合:非正式科学教育与学校科学教育走向融合的可能性[J]. 中国教育政策评论, 2024(1): 63-75.
- [2] 周海忠. 大学生课外公益科普活动的育人功能及其实现——以南京师范大学“科学大篷车”为例[J]. 高校辅导员学刊, 2020, 12(4): 26-29.
- [3] 赵立新. 试析思想政治教育中的“边际效应”[J]. 求实, 2000(11): 40-42.
- [4] 同[2].

- [5] 万东升, 张红霞. 我国非正式科学教育发展的困境与路径选择——基于美国的经验 [J]. 教育科学, 2013, 29 (4): 6-11.
- [6] 陈舒, 裴新宁. 正式与非正式科学教育组织的协作——美国 K-12 科学教育的经验与启示 [J]. 全球教育展望, 2016, 45 (01): 84-93.
- [7] 同 [2].
- [8] 吴莹莹, 丁雅欣. “科”探奥妙“艺”起筑梦, 南师附校第二届校园科艺节精彩纷呈 [EB/OL]. (2023-05-17) [2025-12-01]. <https://www.ourjiangsu.com/a/20230517/1684378116256.shtml>.
- [9] 南京魅力校园. “科学大篷车”开进南师大附属实验学校 在实践中趣学物理 [EB/OL]. (2021-10-29) [2025-12-01]. <https://www.ourjiangsu.com/a/20211029/1635503029849.shtml>.
- [10] 潘婷婷, 张晓峰, 张舒平. 非正式环境下科学教育的场景、特征与策略 [J]. 现代基础教育研究, 2025, 58 (02): 166-171.

The Marginal Effects and Value Expansion of Informal Science Education Activities: A Case Study of the Public Science Popularization Program “Science Caravan” at Nanjing Normal University

Zhou Haizhong, Zhuang Wei

(Department of Physics and Institute of Theoretical Physics, Nanjing Normal University,
Nanjing, 210023)

Abstract: This study focuses on the “Science Caravan” public science outreach program at Nanjing Normal University, which has been continuously running, and explores practical strategies for addressing the marginal effects of informal science education activities. The research adopts a case study approach, discussing the operating mechanisms, marginal effects, and value expansion of the “Science Caravan” program through various sources of material. It particularly highlights the added value beyond the direct benefits to the science outreach participants, including the enhancement of personal abilities of the participants, the positive influence on the campus environment, and the replication and promotion of the practical model. The study reveals that through innovation in the participants, activity content, and activity scenarios, the diminishing returns of continuous science outreach activities can be reduced. Innovation generates a synergistic effect, bringing value expansion to mobile science outreach programs led by universities, in terms of talent cultivation, curriculum development, science outreach model innovation, and educational ecology.

Key Words: Informal Science Education; Science Caravan; Marginal Effects; Educational Synergy Mechanisms