

行动者网络理论视角下公众科学项目运作机制的实证探索^{*}

赵宇翔 刘周颖 宋士杰

摘 要 公众科学项目旨在借助群体智慧和大众参与来推动科学研究,实现科技创新和科学普及的有效结合。目前,国内外对公众科学项目运作过程中各行动者之间的关系网络及流程机理缺乏深入研究。本文借鉴行动者网络理论,采取开放式访谈的方法,对公众科学项目的运作机制进行实证探索。本研究邀请 46 名公众科学项目相关的参与者进行访谈,通过对访谈资料的分析,归纳出公众科学项目运作机制网络中所包含的行动者,根据行动者网络转译的四个步骤对公众科学运作过程进行分析,梳理各行动者之间的关系,并确定第三方管理机构为核心行动者。研究发现,公众科学项目运作过程中主要存在个体认知差异、任务设计困难、技术支撑不足、制度缺乏、协调困难和成本限制六个障碍,各行动者的收益主要包括声誉、自我提升和价值实现。针对所存在的问题,本文从招募培训、任务设计和数据管理三个层面对公众科学项目的运作机制提出了相关建议。图 2。表 3。参考文献 36。

关键词 公众科学 行动者网络理论 运作机制 转译分析

分类号 G315

An Empirical Investigation on Operation Mechanism for Citizen Science Projects: An Actor-Network Theory Perspective

ZHAO Yuxiang, LIU Zhouying & SONG Shijie

ABSTRACT

Citizen science projects aim at promoting scientific research with the help of the public, effectively combining the scientific diffusion with the scientific research. The actor network theory emphasizes the principle of generalized symmetry which insists that both non-human actors and human actors are important. So far, prior work on the operation mechanism of citizen science projects at home and abroad mainly focuses on the operation process from the perspective of the human actors and the related tasks, while lacking enough attention to the roles of non-human actors and the relationship between the actors. The actor network theory can provide an ensemble view to analyze the operation mechanism of citizen science projects.

^{*} 本文系国家自然科学基金面上项目“基于科研众包模式的公众科学项目运作与管理机制研究”(编号:71774083)和国家自然科学基金青年项目“基于行动者网络框架的众包模式设计与管理研究”(编号:71403119)的研究成果之一。(This article is an outcome of the project “Operation and Management Mechanism for Citizen Science Project Based on Scientific Crowdsourcing” (No. 71774083) and youth project “Design and Management of Crowdsourcing Mode Based on Actor Network Theory Framework” (No. 71403119) supported by National Natural Science Foundation of China.)

通信作者:赵宇翔,Email: yxzhao@vip.163.com, ORCID: 0000-0001-9281-3030 (Correspondence should be addressed to ZHAO Yuxiang, Email: yxzhao@vip.163.com, ORCID: 0000-0001-9281-3030)

Therefore, in this paper, we explore the operation mechanism of citizen science projects on the basis of the actor network theory, in which the relationship and impact between the actors will be fully examined.

In this paper, we conduct a qualitative interview via a formal protocol. 46 participants who had experience with citizen science projects have been involved in this empirical study. According to the interview data, we identify the actors in the network of citizen science operation mechanism, including the human actors and non-human actors. The human actors include organizations (e.g., scientific research institutions/teams, the third party managerial organizations, and citizen science platforms) and individuals (e.g., general public, researchers, project organizers, task designers, data scientists, platform developers and designers). The non-human actors include materials (e.g., training resources, smart ICT devices, internet, and scientific research equipment) and consciousnesses (e.g., knowledge, skills and experience). Then, according to the four steps of translation, we analyze the operation mechanism of citizen science projects accordingly. In the problematization stage, we analyze the relationships between the actors and identify the third party managerial institutions as the core actors. In the intersement stage, we analyze the barriers and benefits during the operation process. The results show that the existing barriers mainly result from the cognitive variance of the actors, the difficulty of task design, the lack of rules and regulations, the insufficient of technical support, the lack of coordination, and the cost constraint. The benefits of the actors include reputation, self-enhancement and value achievement. In the enrollment stage, we clarify the key responsibilities that core actors need to undertake. The findings show that, the core actors need to understand the obstacles and benefits clearly and set feasible goals, assigning tasks to the actors on the basis of the operation mechanism of citizen science projects. In the mobilization stage, given that the existing problems, the study provides some practical implications for the operation mechanism of citizen science projects, such as appropriate participants training, task design and data management. In this line, the power of actors can be fully exerted, which may further facilitate the success of citizen science projects.

Theoretically, this paper systematically investigates the actors that involved in citizen science projects, and explores the operation mechanism of citizen science projects empirically, which may further enrich our understanding on the managerial issues of citizen science research. Practically, this paper can provide important guidance for the operation and design of citizen science projects in various domains. 2 figs. 3 tabs. 36 refs.

KEY WORDS

Citizen science. Actor-network theory. Operation mechanism. Translation analysis.

0 引言

在传统的科学研究中,数据的采集与分析均由科学家和科研团队完成。进入互联网时代以来,网络技术与网络平台迅速发展,广大用户由初期的内容接收者逐渐向现在的内容生产者转变,互联网群体协作的效力和效率也逐渐提

高^[1]。越来越多的科学家和科研团队认识到,一些科研任务可以通过网络发布给公众,利用众包的方式集思广益。一方面,能充分调动公众的认知盈余和时间盈余来协助科研工作者;另一方面,公众所贡献的维度丰富、层次多样且时效性强的数据是科学研究的珍贵素材和基石。公众科学作为一种新型的开放科学研究范式正逐渐兴起。

国外的公众科学起源较早,历史悠久,涵盖鸟类学、生态学、天文学、地球科学等诸多领域^[2-5]。广为人知的项目有1900年奥杜邦学会创立的圣诞节鸟类调查项目,2002年由美国康奈尔大学和国家奥杜邦协会联合推出的e-bird公众科学项目,2008年约翰霍普金斯大学、牛津大学等机构建立的星系动物园(Galaxy Zoo)项目等。目前,国外著名的公众科学网站(www.citizenscience.org)上的注册项目已达一千多个。这些公众科学项目的开展能够帮助科学家及时掌握相关领域的实时数据和情景数据,为科学研究做出了巨大贡献。近几年,国内也陆续开展了一些公众科学项目,如中国科学院植物研究所的中国自然标本馆(Chinese Field Herbarium, CFH)、上海图书馆的盛宣怀档案手稿项目等。较之国外,国内公众科学项目的发展尚处于起步阶段,在公众科学的实践与研究方面缺乏相应的经验和理论指导。笔者认为,从项目管理和推广的角度,总结提炼出有效的运作机制,能够帮助公众科学项目更好地开展。然而,目前国内外针对公众科学项目运作机制的探索还很少,尤其缺乏从系统的视角对公众科学项目中行动者关系、利益冲突及所面临的障碍等方面的分析^[6-8]。行动者网络理论(Actor Network Theory, ANT)能够较为全面地分析项目管理中所涉及的行动者及其之间的关系,为深入探究项目的运作机制提供坚实的理论基础。

基于此,本文采取开放式访谈的研究方法,从行动者网络理论的视角来研究公众科学项目的运作机制。了解各行动者在网络中的交互关系,并对公众科学项目的运作过程进行转译分析,从中找出各行动者的障碍及利益。希望通过公众科学项目运作机制的分析,协调各行动者之间的利益,对各行动者面临的障碍提出相应的建议,从而促进公众科学项目更加顺利地开展。

1 相关研究概述

1.1 行动者网络理论

行动者网络理论是20世纪80年代中期,由

科学知识社会学家 Callon^[9]、Latour^[10]、Law^[11]等提出的理论。行动者网络理论的本质在于将科学研究与社会联系起来,打破了技术与社会的二元对立的思维方式,强调技术是社会的重要组成部分,社会是科学研究活动顺利开展的前提^[12]。据此,行动者网络理论将科学研究从更为宏观的社会层面来分析,充分调动社会网络中各异质行动者的积极性。其中,异质行动者包括人类行动者(如组织、个人等)和非人类行动者(如物质、意识等)^[13]。另外,行动者网络理论基于广义对称性原则(General Symmetry Principle),即将人类行动者与非人类行动者置于同等重要的位置,并通过转译来分析各行动者的障碍、利益,以及各行动者之间的相互联系、作用和影响。随后,将各行动者的利益结合起来,从而形成一个动态的行动者利益联盟^[10,14]。对于转译这一过程,Callon进行了详细的描述,包括问题化(Problematisation)、参与(Interessement)、招募(Enrolment)和动员(Mobilization)四个步骤^[14]。各行动者也必须要通过“强制通行点”(Obligatory Passage Point, OPP),即行动者网络发起者根据自己的目标,对各行动者所面临的问题提出解决措施。各行动者对强制通行点问题解决的结果,决定其是否能顺利进入行动者网络,以及行动者网络利益联盟的稳定程度。

行动者网络理论提供了一个较为系统的视角,在社会学、计算机科学、教育学、管理学等学科都有较为广泛的运用。在教育领域,Fenwick、Edward等基于行动者网络理论分析了教育改革过程中行动者及其相互之间的关系,为教育学领域的研究提供了新的思路^[15]。左璜等分析了教学中所涉及的“物”与“人”,认为行动者网络理论对教育的重组具有实践意义^[16]。在信息系统领域,除了对技术系统和社会化系统的研究,技术系统和社会化系统两者交互时所引发的现象也值得深入探索。行动者网络理论为信息系统的研究提供了强有力的质性分析工具,能够帮助研究者更深入、更系统地认识与

理解信息系统及其所带来的影响^[17,18]。王程韡等基于网络外部性和行动者网络理论研究技术标准的形成机制,并分析政府在其中所能发挥的作用^[19]。Cho等基于相关情境从行动者网络的视角全面分析医疗信息系统中各行动者之间的关系^[20]。Tatnall表示行动者网络理论对信息系统实施过程以及技术创新十分有用^[21]。在图书情报领域,基于行动者网络理论的研究较少,主要是对信息素养教育^[22]、CALIS文献保障体系^[23]和全民阅读^[24]中所涉及的行动者进行网络构建。通过分析行动者的目标、面临的障碍、利益来对运作机制提出相应的建议,推动其更好的发展。

1.2 公众科学

公众科学(Citizen Science)是包含科学爱好者、非职业科学家和志愿者等社会公众参与的科学研究活动,故又称大众科学、群智科学(Crowd Science)、公众参与式科学研究(Public Participation in Scientific Research)^[25-27]。目前,公众科学在生命科学、天文学、地球科学等诸多自然科学研究中均有所实践,展现了群体智慧对科研工作的巨大帮助^[6,28]。在传统的科学研究活动中,专业的科学研究人员或团队位于中心位置并主持了几乎全部的科学研究活动,公众一般被动接受科学研究成果或者享受科学研究成果带来的改变,较少或直接不参与到实际的科学研究中,因而在科研活动中的贡献非常有限^[29]。在“云物移大智”的时代,任何能接触到互联网、移动环境且拥有智能终端的人都有成为科学家的潜质^[30]。并且,在以往的众包活动中,公众高效并高质量地完成任务的优越性已经得到了极大的彰显^[31]。随着公众科学的逐渐兴起,越来越多的科学研究活动邀请公众参与其中,如实时数据的采集和监测、情境数据的上传和共享、海量数据的初步分析和筛选、多样化科研方案的辅助设计等^[32,33],将科技创新和科学普及有效结合^[34]。在公众科学项目开展的过程中,一方面,公众作为直接的参与者与协助者

可以从中获取到许多与项目相关的科学概念、研究方法、理论原理等,实现了对公众参与者科学知识的普及,并对公众参与者的科学素养具有显著的提升作用。另一方面,由于公众科学参与者具有地理分布上的多样性,科学家所进行的研究活动能够借助大众的力量以较低的成本和较高的效率在更大范围内开展,并且能够从公众参与者身上获取到更有价值、更加多样的数据信息^[35]。在科研项目完成后,科研成果将以易于理解的方式向公众普及,并提供相关的知识服务,彰显公众科学项目“取之于民,用之于民”的思想^[36]。总的来说,公众科学充分调动了社会公众的力量来辅助科学家顺利进行科学研究,在科学知识普及和知识服务创新方面发挥了重要的作用。

在公众科学的项目类型研究方面,赵宇翔从项目环境(线上、线上和线下)及科研众包类型(非涌现型、量变式涌现型和质变式涌现型)两个维度划分公众科学项目^[36]。根据公众参与公众科学项目的程度差异,Shrink等将公众科学项目划分为五种类型,参与程度由低到高分别为契约型项目(Contractual Projects)、贡献型项目(Contributory Projects)、协作型项目(Collaborative Projects)、联合创新型项目(Co-Created Projects)、学院型项目(Collegial Projects)^[7]。实际上,公众科学在实际的运作过程中,其类型也会有一定的变化,例如随着公众在相关科学项目中参与程度的加深,其所具备的项目知识和经验也就愈加丰富和娴熟,也就逐渐向参与程度高的类型转变。与此同时,公众科学项目类型虽有所差异,但在最基本的运作模型上也有较强的共性。Bonney和Cooper等通过对康奈尔鸟类科学实验室(Cornell Lab of ornithology, CLO)公众科学项目的研究,总结出了公众科学项目开展的九阶段运作模型^[6]。Shirk等在相关研究中提出了更具有概括性的公众科学项目运作过程,主要包括前期投入(Inputs)、活动(Activities)、输出(Outputs)、成果(Outcomes)以及后期影响(Impacts)五个阶段^[7]。牛毅冲和赵宇翔

等通过文献调研与案例分析,将公众科学的运作机制分为前期投入、中期行动、后期产出三个阶段^[8];前期投入阶段包括定义问题和组建团队;中期行动阶段包括设计完善项目流程、提供公众参与平台、招募训练公众参与者和收集处理数据;后期产出阶段包括产出成果和评估后续影响。类似的,基于对公众科学项目中机构、科研团队、志愿者、科学任务和平台五个实体间关系的探索,赵宇翔提炼出项目运作的八个步骤^[36]。

综上所述,公众科学项目运作框架大体包含选择研究问题、收集数据、成果产出等基本环节。然而,Bonney等、牛毅冲、赵宇翔等所提出的公众科学项目运作流程,虽然整合分析了项目运作过程,但未深入探究公众科学项目各行动者(人类行动者和非人类行动者)之间的联系与影响;Shirk等构建的公众科学项目运作机制虽然概括简洁,但在行动阶段却缺少参与者招募、培训等诸多重要环节。鉴于此,笔者基于行动者网络理论来分析公众科学项目的运作机制,旨在从系统的视角对各行动者之间的关系,以及各行动者所面临的障碍和利益进行全面分析,更好地推动公众科学项目的运营和发展。

2 研究设计

2.1 访谈内容设计

目前,国内外有关公众科学项目运作机制的实证研究较少,缺乏相关的数据支撑,因此,本文采用开放式访谈来获取基础数据。基于行动者网络理论中所涉及的问题化、行动者识别、转译和强制通行点四个概念,笔者对公众科学项目的运作机制进行访谈设计与解构。访谈内容分为三个部分:第一部分,了解受访者的基本信息,如年龄、教育背景、学科背景、参与过的公众科学项目等;第二部分,了解公众科学项目各行动者的任务和彼此之间的关系,如参与公众科学项目的方式、对公众科学的认知、所要承担的任务,以及与其他行动者的联系等;第三部

分,了解公众科学项目中各行动者的障碍和利益,以及对公众科学项目的建议,如参与过程所面临的难点、获得的利益、公众科学项目成功实施过程中的关键要素、公众科学项目运作机制的改善建议等。希望通过此次访谈,逐步梳理出公众科学项目中行动者要素的构成,了解各行动者在参与公众科学项目过程中的联系,并依照转译的四个步骤对现有的公众科学项目的行动者构成进行解析,分析出各行动者的障碍与利益因素。希望研究结果能够为后续的公众科学项目运作机制研究提供参考。

2.2 样本选择

根据公众科学项目运作过程所涉及的行为主体,笔者将公众参与者、项目组织人员和专业科研人员、任务设计人员、数据管理人员、平台开发与设计人员作为访谈对象。通过众包社区、豆瓣小组、微信朋友圈、知乎论坛等社会化媒体邀请有意愿参与本次访谈的公众参与者(共60名);通过高校联系到正在主持或参与公众科学项目的专业科研人员(共12名);通过数字人文机构联系到负责公众科学项目的相关人员(共32人)。最终经过分层抽样,笔者选择了24名公众参与者、6名专业科研人员、4名项目组织人员、4名任务设计人员、4名数据管理人员和4名平台开发与设计人员,共计访谈了46人。根据受访者在公众科学中所扮演的角色,对每个访谈者进行编号,并按照性别和受教育程度进行分类,访谈对象的基本情况如表1所示。访谈者的年龄主要分布在24—56岁,受教育程度均为本科及研究生学历,学科背景比较多样,有计算机科学、地理信息系统、材料科学、网络工程等工科,有图书情报、社会学、新闻传播、市场营销等人文社科类学科,也有天文学、物理学、地质学、生物学等理科。在访谈过程中,笔者围绕所设计的访谈内容对其进行访谈,每次访谈时间约为60—70分钟。在受访对象同意的情况下,对访谈过程全程录音,并在访谈结束后将其转化为文字资料。

表 1 访谈对象的基本信息

访谈对象	编号	性别	年龄	受教育程度	学科背景
公众参与者	C1—C6	男	24—28 (3 位), 31—45 (3 位)	本科	计算机科学、统计学、物理学、 生命科学、电子科学与技术
	C7—C12	女	26—30 (3 位), 31—48 (3 位)	本科	高分子材料、市场营销
	C13—C18	男	26—33 (3 位), 36—43 (3 位)	研究生	管理科学与工程、地质学、环 境科学、新闻传播、历史学
	C19—C24	女	24—35 (3 位), 40—46 (3 位)	研究生	天文学、艺术设计、护理学、材 料科学、社会学
专业科研人员	R1—R3	男	32 (1 位), 36—56 (2 位)	研究生	生物学、计算机科学、地理信 息系统
	R4—R6	女	38 (1 位), 35—45 (2 位)	研究生	管理科学与工程、计算机科 学、图书情报
项目组织人员	S1—S2	男	33—39 (1 位), 41—46 (1 位)	研究生	生物学、环境科学、天文学、图 书情报
	S3—S4	女	37—42 (1 位), 51—54 (1 位)	研究生	地球科学、农学、水资源保护、 高分子材料
任务设计人员	T1—T2	男	27—35 (2 位)	本科 (1)、 研究生 (1)	市场营销、视觉传达
	T3—T4	女	28—34 (2 位)	本科	广告学、动画学
数据管理人员	D1—D2	男	26—40 (2 位)	研究生	计算机技术、网络技术
	D3—D4	女	27—37 (2 位)	研究生	计算机技术、软件工程
平台开发与 设计人员	P1—P2	男	25—35 (2 位)	本科 (1)、 研究生 (1)	计算机技术
	P3—P4	女	25—40 (2 位)	本科 (1)、 研究生 (1)	计算机技术、设计学

3 数据分析与讨论

3.1 公众科学项目中的行动者构成要素识别

在实施公众科学项目的过程中,多个行动者均参与了这一过程。为了全面了解行动者网络的构成,在对访谈结果整理分析之后,笔者发现,除公众参与者、专业科研人员和项目组织人

员、任务设计人员、数据管理人员、平台开发与设计人员之外,科研机构/团队、第三方管理机构(如数字人文机构、科技孵化基地、图书馆、众包社区、在线社区等)和平台(如公众科学项目网站、APP等)以及其他资源同样不能忽视。例如,受访者 C7 谈及公众科学平台时,认为第三方管理机构能够让参与者了解公众科学项目的实施背景、目的及意义,并且让参与者尽快熟悉

科学任务、规则及注意事项,促使公众参与者更快更好地完成任务。受访者 C9 表示科研机构/团队所提供的培训资源、智能终端、科学研究设备等对他们的研究过程具有重大的帮助。由此可知,完成公众科学项目的过程不仅仅是公众

参与者辅助专业科研人员完成科学研究活动的数据信息收集的过程,也是科研机构/团队和第三方管理机构的协作过程。根据行动者网络理论中所提出的“广义对称性”原则,公众科学项目的行动者构成如表 2 所示。

表 2 公众科学项目的行动者构成

行动者	类别	成员
人类行动者	组织	科研机构/团队、第三方管理机构(如数字人文机构、科技孵化基地、图书馆、众包社区、在线社区等)、平台(如公众科学项目网站、APP 等)
	个人	公众参与者、专业科研人员、项目组织人员、任务设计人员、数据管理人员、平台开发与设计人员
非人类行动者	物质范畴	培训资源、智能终端、移动互联网、科学研究设备
	意识范畴	知识、技能、经验

公众科学行动者网络中人类行动者既包括公众参与者、专业科研人员、项目组织人员、任务设计人员、数据管理人员、平台开发与设计人员等个人,也包括科研机构/团队、第三方管理机构等组织。非人类行动者包括培训资源、智能终端、移动互联网、科学研究设备等物质范畴要素,也包括知识、技能和经验等意识形态要素。通过对访谈资料的整理与分析,各个行动者之间的关系表现为以下方面。①科研机构/团队、第三方管理机构和平台是公众科学项目顺利展开的重要支撑。科研机构/团队能够提供一定的物质资源来配合公众科学项目的展开。第三方管理机构能够协调公众参与者与科研机构/团队之间的沟通与合作。一方面,第三方管理机构通过指导项目组织人员对公众参与者进行培训,使其顺利地参与到公众科学项目中,并且通过指导任务设计人员将科学家的科研任务以易于理解的方式向公众参与者展示,搭建科学家与公众参与者之间的沟通桥梁;另一方面,第三方管理机构通过指导数据管理人员来确保数据的安全和质量,为科研机构/团队后期的数据分析工作打好基础。平台提供了公众参与科研众包的方式和机会,也为项目组织人员、任务设计人员和数据管理人员提供了管

理公众科学项目的渠道。②专业科研人员是公众科学项目的研究主体,公众参与者是公众科学项目的参与主体,项目组织人员、任务设计人员、数据管理人员、平台开发与设计人员是科学研究的辅助。首先,通过与第三方管理机构的沟通,平台开发人员搭建公众科学平台,提供公众参与者参与渠道,并为任务设计、激励机制设计、数据上传与存储等提供相应的技术支撑。随后,项目组织人员招募和培训公众参与者,使公众参与者逐渐掌握实施公众科学项目必备的知识、技能和经验。接着,任务设计人员对任务进一步明确与设计,并利用公众科学平台、社交媒体等渠道发布任务。在公众完成任务后,数据管理人员主要负责对公众所上传的数据进行安全维护,以及对数据质量的控制。专业科研人员对数据进行处理和分析。③培训资源、智能终端、移动互联网、科学研究设备是公众科学网络的重要构成,也是公众科学项目能够高效实施的保障。培训资源能够帮助公众参与者提升自身的科学素质。由于大多数的公众科学项目要求公众参与者以线上或线上和线下相结合的方式来完成,所以,智能终端和移动互联网是公众参与科学项目的必要物质条件。现代化的科学研究设备能够帮助研究人员更为细致地分

析公众参与者所上传的资料和数据。④知识、技能和经验是科学研究环节的必备要素。项目发布与组织人员需要具备一定的知识、技能和经验来分解任务,专业科研人员需要具备一定的知识、技能和经验来评估与分析数据,公众参与者的知识、技能和经验水平也会对公众科学项目的顺利展开产生一定的影响。因此,大部分公众科学项目在招募公众参与者之后,都会对其进行培训,帮助其了解项目运作流程,甚至有些专业性较强的公众科学项目,直接在特定的高校专业或者民间团体中招募具备特殊知识素养的人员进入研究项目。实际上,公众科学项目运作的顺利与否,产出的成果能否经过同行检验,都直接取决于公众参与者的知识、技能与经验。

3.2 公众科学项目行动者网络中异质行动者的转译过程分析

本节基于 Callon 提出的问题化、参与、招募和动员这四个转译步骤,通过对访谈资料的梳理,逐步确定核心行动者,分析行动者的障碍和利益以及可以克服障碍的方法,以此来帮助公众科学行动者网络形成稳定的利益联盟。

3.2.1 问题化——确定核心行动者

在行动者网络理论中,相比于其他行动者,核心行动者具有更高的权威性,是共同目标和强制通行点(OPP)方案的提出者,是异质行动者矛盾与冲突的化解者,是网络中各个行动者之间的协调者和管理者。

目前,公众科学项目一般由科研机构/团队发起,如康奈尔实验室发布的 e-Bird 项目。该项目凝聚全球鸟类爱好者,共有三十多万人参与并贡献了大量珍贵的鸟类研究数据信息。我国目前也在效仿其公众科学的研究模式,典型的案例就是 2007 年中国科学院植物研究所建设的中国自然标本馆生物多样性信息平台,旨在推动建立中国范围内的植物物种分类系统。总的来说,科研机构/团队对公众科学项目的实施起到了重要的引领作用。根据项目规划和研究目

标,科研机构/团队利用其在相关领域的领导地位召集专业科研人员,并提供相关的培训资源、智能终端、移动互联网、科学研究设备,使得公众参与者能够利用相关知识和技术独立地进行观测、收集数据,同时,专业科研人员也能够利用相关资源来进行科学研究,为科学研究的顺利开展提供了保障。但是,值得注意的是,科研机构/团队和专业科研人员是共同在公众科学项目的运作过程中承担数据分析、科研成果的产出等研究工作,并不能起到化解行动者网络中行动者之间矛盾与冲突的作用,所以,科研机构/团队和专业科研人员不能担任公众科学项目中核心行动者的角色。公众参与者是公众科学项目的重要参与主体。在访谈过程中,有些被调查者(C2、C17)认为公众科学应该由专业的人士来完成,自身缺乏所需的专业素养,并且只有较少的时间来支持研究。他们的知识、技能和经验在不接受培训的前提下能否完成相应的公众科学研究项目还有待商榷。另外,公众参与者没有完全深入地了解公众科学项目的运作机制,无法清楚地认识到行动者网络中各行动者之间的利益关系。并且,公众参与者对同处于网络节点中的其他行动者也无法起到足够的约束与示范作用,不能提出被其他行动者认可和接受的强制通行点(OPP)方案,从而无法保证行动者网络的顺利运行。因此,在行动者网络中,公众参与者不能担任核心行动者这一角色。

通过对访谈资料的分析,笔者认为第三方管理机构是公众科学项目行动网络中的核心行动者。根据科研机构/团队的预期目标及需求,第三方管理机构设置公众科学项目中行动者们的共同目标——顺利实施和完成公众科学项目。另外,第三方管理机构能够合理地规划和引导公众科学项目的进展,协调科研机构/团队和公众参与者之间的沟通,提供各行动者参与渠道,设计公众科学任务,对所收集的数据进行管理与维护,并提供知识创新服务。总的来说,第三方管理机构在公众科学项目中起到了协调和管理的作用,所以,核心行动者由第三方管理

机构来承担较为合适,这也与笔者在前期研究中的理论观点保持一致^[36]。基于对上述行动者

之间的关系分析,笔者绘制了公众科学项目的行动者网络关系图(见图1)。

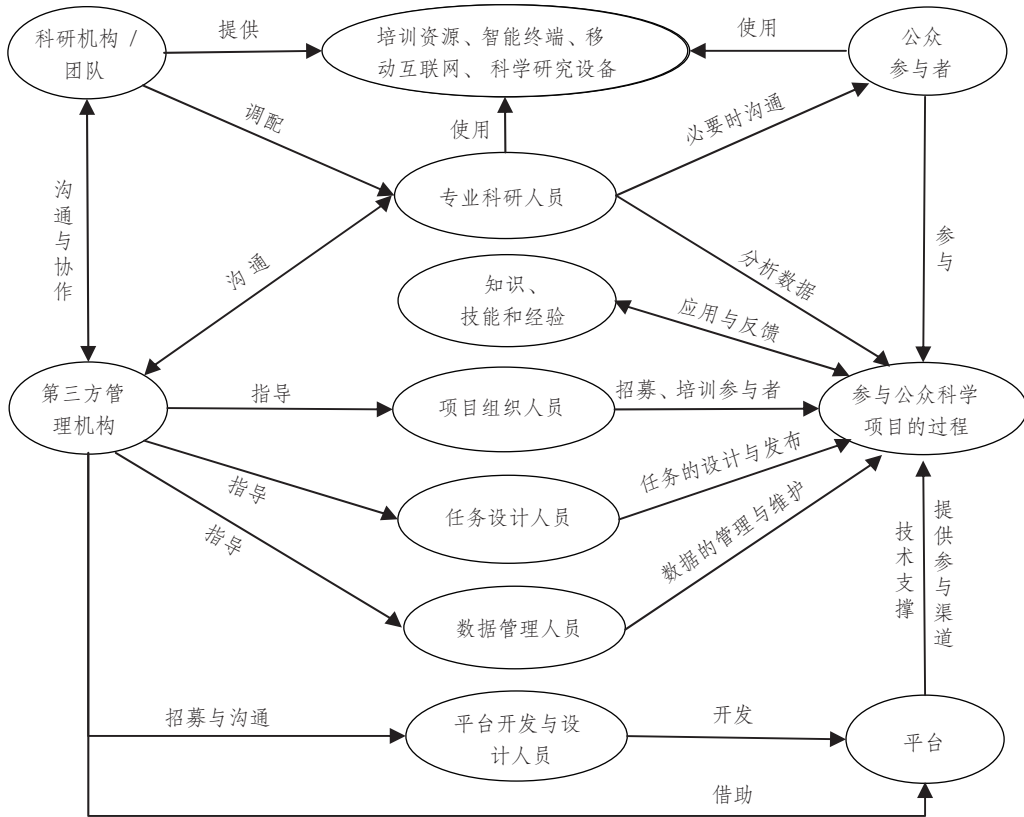


图1 公众科学项目行动者网络关系图

3.2.2 参与——行动者的利益与障碍

在构建公众科学项目行动者网络的过程中,各个行动者会遇到一些障碍,但同时也会获得一些利益。本小节采用开放编码对访谈内容进行标签化处理,提炼和归纳相似标签,最终形成了43个概念。随后,总结出9个范畴,并将相关概念归入其中。最终,笔者通过主轴编码,将这9个范畴归入实施障碍和利益因素两个主范畴内,详见表3。

根据访谈资料的分析结果,笔者对公众科学行动者网络中各个行动者所涉及的障碍和利益进行论述。

(1) 科研机构/团队。科研机构/团队在公

众科学项目中存在的主要障碍是缺乏对潜在公众参与者科学素养教育的足够重视,对公众参与者科学知识的普及力度稍显不足(R3),导致公众科学项目在招募公众参与者时耗时耗力。科研机构/团队需要耗费一定的资金购买相应的物质资源来对公众参与者进行培训,这些都导致公众科学运作成本的上升(R1、R3)。值得注意的是,科研机构/团队也缺少相应的政策支持(R5),无法充分借助社会组织/机构的力量来推动公众科学项目的展开。在所获得的利益方面,科研机构/团队使得公众所贡献的珍贵数据的价值得以实现,分析数据所取得的研究成果不仅能够提升自身的知名度,还能对其他科研机

表3 主轴编码形成主范畴

主范畴	范畴	初始概念
实施障碍 A1	A11 个体认知差异	a1 对公众科学的认识 (C3、S1); a2 科学知识水平 (C20、S3、T2、D1); a3 专业素养 (T2、C10); a4 学习能力 (C8)
	A12 任务设计困难	a5 任务表达枯燥 (T2); a6 任务模式单调 (T4); a7 任务激励机制效果欠缺 (T3); a8 用户交互体验 (P2)
	A13 技术支撑不足	a9 文件上传限制 (P3); a10 任务模式设计无法满足 (T1、P4); a11 激励机制设计支撑不足 (P4); a12 技术不够成熟 (R2、D2); a13 数据质量控制策略欠缺 (D3)
	A14 制度缺乏	a14 筛选机制 (R6); a15 评审机制 (D1); a16 政策扶持 (R5)
	A15 协调困难	a17 参与主体之间沟通困难 (R3、T3、P1); a18 资源的分配与利用不合理 (R2); a19 培训规划与模式 (S4); a20 培训激励机制 (S3)
	A16 成本限制	a21 经济成本 (R1、S3); a22 物质资源成本 (R3、S2); a23 时间成本 (C15)
利益因素 B1	B11 知名度提升	b1 科研成果 (R2); b2 科研机会 (R4); b3 用户量增长 (C4、P2)
	B12 自我提升	b4 设计任务能力提升 (T2); b5 分析及处理数据的能力提升 (R5); b6 数据安全维护能力提升 (D4); b7 数据质量控制能力提升 (D3); b8 开发平台能力提升 (P3); b9 用户交互设计能力提升 (P2); b10 积累项目组织经验 (S2); b11 科学素养提升 (C9、S1、T4); b12 学习能力提升 (C22); b13 分析、解决问题能力提升 (C16); b14 信息素养提升 (C24); b15 媒介素养提升 (C20); b16 知识服务创新能力提升 (P1、P2)
	B13 价值实现	b17 资源利用效率提高 (R6); b18 认知盈余 (C9); b19 时间盈余 (C15); b20 数据价值的实现 (R2)

构/团队起到科研模范作用 (R2、R4)。

(2) 第三方管理机构。第三方管理机构与科研机构/团队的良好沟通, 以及其对项目组织人员、任务设计人员和数据管理人员的正确引导是公众科学顺利开展的前提。第三方管理机构所面对的障碍在于对科研机构/团队研究目标的认知存在一定的偏差, 从而导致在指导项目组织人员的过程中会有失偏颇 (S1)。另外, 第三方管理机构缺乏对项目组织人员、任务设计人员、数据管理人员的筛选机制 (R6)。这三类人员自身的信息素养和科学素养影响其对公众科学的了解程度, 这直接对公众科学项目中

任务的发布和活动的组织产生较大的影响 (S3、T2、D1)。利益在于: 一方面, 第三方管理机构可以获得运行公众科学项目的经验, 有利于未来相关工作的顺利开展; 另一方面, 第三方管理机构可以通过公众的反馈不断提升自身的服务水平, 并扩大自身的知名度 (C4、P1、P2)。

(3) 平台。目前较多的公众科学项目需要公众以图片或音频的方式采集信息, 尤其是自然科学类的公众科学项目, 如 e-Bird 需要公众上传所在地区鸟类的照片和声音, Evolution MegaLab 需要公众上传蜗牛的壳色、数量、所处环境等信息。由此, 平台面临的障碍主要在于

平台对公众所上传的大量数据(如文字、图片、音频等)的技术支撑力度(P3)。另外,平台能否满足任务设计人员对任务及激励机制的设计也是其所面临的障碍之一(P4)。在利益方面,平台可以提供知识创新服务,并且用户量会有一定程度的增加,相应地,平台自身的知名度也会逐步提高(P1、P2)。

(4)专业科研人员。专业科研人员常年处在研究岗位上,所存在的障碍在于专业科研人员的专业素养易与公众参与者形成沟通鸿沟,这会对两者的合作互动关系造成一定的影响,降低公众参与者的研究热情(R3)。另外,公众参与者所上传的数据不仅包括结构化的数据,还包括半结构化和非结构化的数据,如图片、音频、视频等。目前对视频图像进行数据挖掘的技术不够成熟是专业科研人员所面临的障碍(R2)。利益是专业科研人员能够充分利用公众参与者所贡献的珍贵数据。通过分析公众参与者所分享的数据,专业科研人员能够不断提升自身处理数据的能力(R5)。并且,在分析完数据之后,所发布的研究成果对提升专业科研人员的声誉大有裨益(R2)。

(5)项目组织人员。在公众科学项目的宣传和激励机制设计方面,项目组织人员需要考虑招募公众所需花费的经济成本和时间成本,激励机制是否有效(S1、S3、S4)。另外,项目组织人员在培训方面(培训规划和培训模式)也面临相应的障碍(S4)。目前,公众科学参与者主要是根据项目介绍来参与公众科学项目。在参与的过程中,公众不可避免地会遇到自身无法解决的问题。如果对公众进行分阶段的培训,公众能够较为顺利地完成任务,这会对公众后期的持续参与带来重要的影响。另外,现有的培训模式主要是以线下的形式举行,而公众的空闲时间较为分散,在这种情况下,线下培训这类模式的适用性稍显不足。项目组织人员所能获得的利益是对项目有较为前卫的认知,从而提升自身的科学素养(S1)。并且,通过招募与培训公众,项目组织人员还丰富了组织

项目的经验(S2)。

(6)任务设计人员。在障碍方面,首先,任务设计人员缺乏专业素养,不能很好地理解研究目标,导致所发布的任务不能达到既定的研究目标(T3);其次,任务设计人员在任务设计方面也具有一定的障碍,存在所设计的任务模式较难吸引公众的积极参与(T2、T4)、平台无法提供任务模式的技术支撑(T1)。在利益方面,任务设计人员在设计任务的过程中不仅能够积累相应的经验,提升自身的设计能力(T2),而且自身的科学素养在设计过程中也得以提升(T4)。

(7)数据管理人员。数据管理人员所面临的障碍主要在于现有的安全分析算法或模型的成熟度不能完全保障多样化数据的安全(D2)。另外,由于缺乏对公众科学项目的实践经验,公众参与者在完成任务的过程中所上传的数据不符合要求或者存在一些错误,导致数据质量较低(D3)。数据管理人员的科学知识水平也会对数据评审和质量控制存在一定的障碍(D1)。在利益方面,在维护数据安全的过程中,数据管理人员会积累一些技术漏洞方面的修复经验,这在一定程度上能够强化和提升自身的数据安全技术水平(D4)。通过制定和实施相应的质量控制策略,数据管理人员积累了数据质量控制经验(D3)。

(8)平台开发与设计人员。公众科学平台主要是给公众参与者提供相应的参与渠道,并为公众科学项目的顺利实施提供相应的技术支撑。所面临的障碍主要在于开发人员对公众科学项目的了解程度不够,从而导致平台需求分析不到位,影响平台在实际应用中的效果(P1)。此外,平台的交互也是开发和设计人员所面临的障碍,平台的易用性、可用性、交互设计会对用户体验造成一定的影响(P2)。在利益方面,平台开发和设计人员能够丰富自身的项目平台开发和设计经验,并且能够提升自身的知识服务创新能力(P2、P3)。

(9)公众参与者。在公众科学项目中,公众参与者是项目的参与主体,是数据的来源。公

众参与者存在的障碍较为明显。其一,认知差异(C10、C20)。公众参与者与专业科研人员之间存在着一定的认知差距,公众参与者的任务完成情况未必能达到科研机构/团队的期望。另外,公众参与者自身的信息素养水平较低,必要的收集技能主要依赖于培训,缺乏必备的素养。其二,缺乏主动性(C3)。公众参与者对公众科学任务及其意义不太了解,导致公众的参与热情不高。其三,空闲时间较少(C15)。公众参与者在完成相关任务之后,获得的利益在于能够提高学习能力和分析、解决问题的能力(C16、C22),同时,自身的素养、信息素养和媒介素养也会潜移默化地不断提升(C20、C24)。

(10) 培训资源、智能终端、移动互联网和科学研究设备。所存在的障碍主要在于如何实现培训资源的合理分配,以及如何利用这些资源完成公众科学项目的研究(R2)。另外,维护价值较高的资源和研究设备所需面临的经济压力也是障碍之一(S4)。利益在于培训资源、智能终端和科学研究设备等资源的利用率得到了提升,能够更好地服务于专业科研人员和公众参与者(R6)。

(11) 知识、技能和经验。障碍主要凸显在公众科学项目所需数据与公众参与者所贡献数据之间的对接、公众参与者所贡献数据的价值实现两个方面。在利益方面,公众参与者、专业科研人员、项目组织人员、任务设计人员、数据管理人员、平台开发与设计人员的知识、技能和经验得到了充分的利用(C9、C15)。另外,专业科研人员通过对公众所贡献数据的分析与挖掘,能够丰富人们对事物的认知,并且,对分析结果的深入探索和思考或许能够创造出更多的知识,实现知识服务的创新(R2)。

公众科学网络中行动者的障碍、利益及实现途径如图2所示。

3.2.3 招募——各行动者的加入

核心行动者通过与其他行动者的协商将其吸引到网络中,并为其清除所面临的障碍,明确目

标并赋予行动者相应的任务。第三方管理机构作为核心行动者,在项目实施过程中,一方面,需要根据项目预案将公众参与者、专业科研人员、项目组织人员、任务设计人员、数据管理人员、平台开发与设计人员等人类行动者吸引到网络中来。第三方管理机构需要招募平台开发与设计人员来构建相应的公众科学平台,为各行动者提供参与渠道。项目组织人员能够帮助科研机构/团队招募公众参与者。任务设计人员设计公众科学任务并激发公众参与者的参与热情。公众参与者通过平台为公众科学项目贡献珍贵的数据资料。数据管理人员主要承担维护数据安全,并保障数据质量。随后,专业的科研人员承担清洗数据、分析数据和产出科研成果等工作。另一方面,第三方管理机构也需要合理调配培训资料、科学研究设备等非人类行动者,为公众科学项目提供资源和研究设备上的支持。

3.2.4 动员——利益联盟的形成

动员是在核心行动者与其他行动者协商后,各行动者按照既定的安排行动,并将网络中的所有行动者高效地组织起来,为实现目标组成利益联盟。公众参与者和专业科研人员是公众科学项目中的参与主体和研究主体。作为公众科学项目中的数据来源方,公众参与者本应成为网络中的重要参与主体,但是根据访谈内容的分析,公众缺乏主动参与公众科学项目的积极性,如访谈中C23提到“由于忙于工作,个人闲暇时间较少;自己对公众科学的主题不是很感兴趣,并且任务有一些枯燥无味”。笔者认为,在招募培训方面,项目组织人员可以采用线下和线上相结合的方式对公众参与者进行培训。公众参与者无需花费大块时间来完成培训,只需利用碎片化时间来学习相关知识、技能和经验(C5、S4)。在任务设计方面,设计人员可以设置任务难度等级,来帮助公众参与者根据自身能力来选择任务(C8、T1)。另外,可以适当加入一些游戏化元素激发公众的参与热情,如故事线、积分、排行榜等(C20)。同时,平台对多

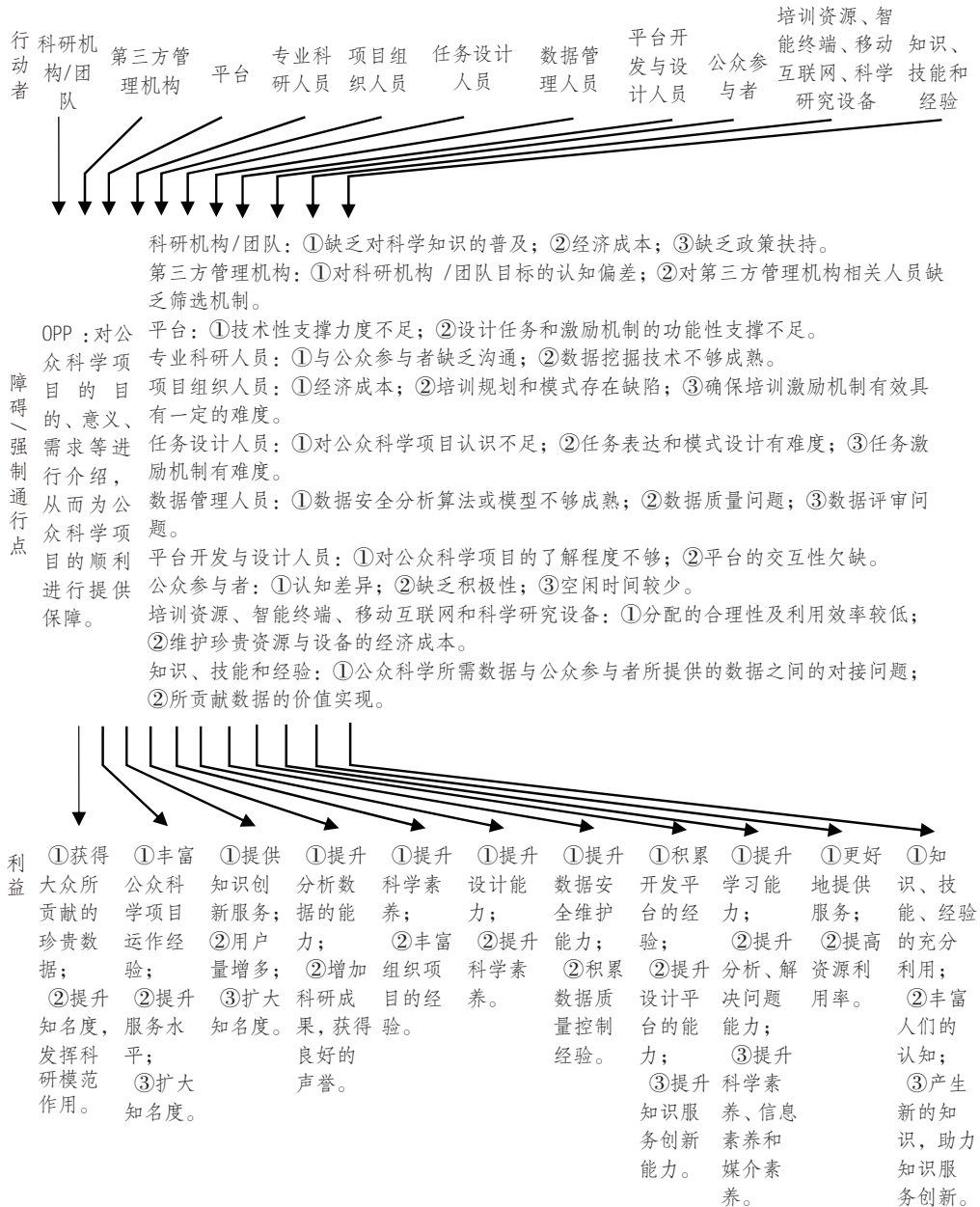


图2 公众科学项目中行动者的障碍、利益及实现路径

样性任务的设计及多元化数据的上传需提供坚实的技术支撑(S2)。此外,为了吸引公众参与公众科学任务,任务设计人员也需承担一定的推广工作,利用合适的渠道和方式号召公众参

与到公众科学项目中来(C16、T3)。在数据管理方面,科研机构/团队需根据自身所需的数据,对公众贡献的数据设置一定的标准(C14、D3)。对于非结构化或半结构化的数据,需给数据管

理人员提供相应的筛选机制,避免由于过度筛选所造成的数据浪费(D3)。总之,科研机构/团队和第三方管理机构需加强沟通与交流,充分考虑到网络中各行动者的障碍与利益,并为其设置共同的目标。在实现共同目标的过程中,各行动者互相协作并从中获得了相应的利益会促使利益联盟的形成,从而推动公众科学项目的顺利展开。

4 结语

近年来,公众科学项目逐渐进入人们的视野。公众科学项目改变了传统意义上的科学研究范式,打破了以往自然科学研究在时间和空间上的限制,极大地推动了科学研究的进展,同时在对公众的科学普及方面也发挥了重要的作用。本文在总结行动者网络理论和公众科学研究现状的基础上,基于行动者网络理论,对访谈结果进行分析,认为公众科学运作机制网络的

构成要素包括人类行动者和非人类行动者,并分析了各行动者在网络中的关系。人类行动者既包括公众参与者、专业科研人员、项目组织人员、任务设计人员、数据管理人员、平台开发与设计人员等个体,也包括科研机构/团队、第三方管理机构和平台等组织;非人类行动者包括培训资源、智能终端、移动互联网和科学研究设备等物质范畴要素,也包括知识、技能和经验等意识形态要素。随后,笔者通过问题化、参与、招募和动员这四个转译步骤,逐步确定核心行动者、分析行动者的障碍、利益等,以此来帮助公众科学行动者网络形成稳定的利益联盟,为公众科学项目的运作提供一定的理论指导。另外,在本文的研究过程中,笔者发现公众的科学素养和参与热情是公众科学项目顺利进行的重要影响因素。因此,如何提升参与者的科学素养,缩小公众参与者与科研工作者之间的认知差异,设计有效的激励机制,是未来值得探索的主要方向。

参考文献

- [1] 张永云,张生太,吴翠花.嵌入还是卷入:众包个体缘何贡献知识?[J].科研管理,2017,38(5):30-37.
(Zhang Yongyun, Zhang Shengtai, Wu Cuihua. Embedded or involved, why crowdsourcing individual contribute knowledge?[J]. Science Research Management, 2017, 38(5):30-37.)
- [2] Sullivan B L, Wood C L, Iliff M J, et al. eBird: a citizen-based bird observation network in the biological sciences [J]. Biological Conservation, 2009, 142(10): 2282-2292.
- [3] Cooper C, Dickinson J, Phillips T, et al. Citizen science as a tool for conservation in residential ecosystems[J]. Ecology and Society, 2007, 12(2):375-386.
- [4] Raddick M J, Bracey G, Gay P L, et al. Galaxy zoo: exploring the motivations of citizen science volunteers[J]. Astronomy Education Review, 2009, 9(1):89-103.
- [5] Brossard D, Lewenstein B, Bonney R. Scientific knowledge and attitude change: the impact of a citizen science project[J]. International Journal of Science Education, 2005, 27(9): 1099-1121.
- [6] Bonney R, Copper C B, Dickinson J, et al. Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy[J]. BioScience, 2009, 59(11):977-984.
- [7] Shirk J L, Ballard H L, Wilderman C C, et al. Public participation in scientific research: a framework for deliberate design[J]. Ecology and Society, 2012, 17(2):29-48.
- [8] 牛毅冲,赵宇翔,朱庆华.基于科研众包模式的公众科学项目运作机制初探——以 Evolution MegaLab 为例[J].图书情报工作,2017,61(1):5-13. (Niu Yichong, Zhao Yuxiang, Zhu Qinghua. Exploring the opera-

- tion mechanism of research crowdsourcing oriented citizen science project; a case study of Evolution MegaLab[J]. Library and Information Services, 2017, 61(1): 5-13.)
- [9] Callon M. The sociology of an actor-network; the case of the electric vehicle[M]. Mapping the Dynamics of Science and Technology, 1986: 19-34.
- [10] Latour B. Give me a laboratory and I will raise the world[J]. Science Observed, 1983: 141-170.
- [11] Law J. Notes on the theory of the actor-network; ordering, strategy, and heterogeneity[J]. System Practice, 1992, 5(4): 379-393.
- [12] 王程韡. 重新发现信息社会: 来自行动者网络理论的回答[J]. 长沙理工大学学报(社会科学版), 2011, 26(5): 27-32. (Wang Chengwei. The rediscovery of information society: an answer from actor network theory[J]. Journal of Changsha University of Science & Technology (Social Science), 2011, 26(5): 27-32.)
- [13] Latour B, Sheridan A, Law J. The pasteurization of France[M]. Harvard University Press, 1993: 23.
- [14] Callon M. Some elements of a sociology of translation; domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay[J]. Sociological Review, 1984, 32(S1): 196-233.
- [15] Fenwick T. Reading educational reform with actor network theory; fluid spaces, otherings, and ambivalences[J]. Educational Philosophy and Theory, 2011, 43(1): 114-134.
- [16] 左璜, 黄甫全. 行动者网络理论: 教育研究的新视界[J]. 教育发展研究, 2012, 32(4): 15-19. (Zuo Huang, Huang Fuquan. Actor-network theory: the new vision of educational research[J]. Research in Educational Development, 2012, 32(4): 15-19.)
- [17] Orlikowski W J, Iacono C S. Research commentary: desperately seeking the "IT" in IT research: a call to theorizing the IT artifact[J]. Information Systems Research, 2001, 12(2): 121-134.
- [18] Hanseth O, Aanestad M, Berg M. Guest editors' introduction: actor-network theory and information systems. What's so special?[J]. Information Technology & People, 2004, 17(2): 116-123.
- [19] 王程韡, 李正风. 基于分层演化观点的技术标准的形成机制探析[J]. 中国软科学, 2007(1): 42-48, 54. (Wang Chengwei, Li Zhengfeng. A new model of standardization based on layered evolution[J]. China Soft Science Magazine, 2007(1): 42-48, 54.)
- [20] Cho S, Mathiassen L, Nilsson A. Contextual dynamics during health information systems implementation: an event-based actor-network approach[J]. European Journal of Information Systems, 2008, 17(6): 614-630.
- [21] Tatnall A. Actor-network theory applied to information systems research[J]. Encyclopedia of Information Science and Technology, 2009, 20-24.
- [22] 刘咏梅, 赵宇翔, 朱庆华. 行动者网络理论视角下嵌入式信息素养教育运行机制分析[J]. 图书情报工作, 2016, 60(18): 35-42, 70. (Liu Yongmei, Zhao Yuxiang, Zhu Qinghua. Analysis of embedded information literacy education operating mechanism from the perspective of actor-network theory[J]. Library and Information Service, 2016, 60(18): 35-42, 70.)
- [23] 徐孝娟, 赵宇翔, 孙建军. 行动者网络理论视角下的 CALIS 运行机制[J]. 情报资料工作, 2015(5): 45-52. (Xu Xiaojuan, Zhao Yuxiang, Sun Jianjun. CALIS operating mechanism under the perspective of actor-network theory[J]. Information and Documentation Services, 2015(5): 45-52.)
- [24] 范文婷. 行动者网络理论视角下的全民阅读协同推广研究[J]. 出版发行研究, 2017(1): 81-85. (Fan Wenting. Research on collaborative promotion of nationwide reading from the perspective of actor network theory

- [J]. Publishing Research, 2017(1):81-85.)
- [25] Conrad C C, Hinchey K G. A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities [J]. Environ Monit Assess, 2011, 176(1-4):273-291.
- [26] Franzoni C, Sauermann H. Crowd science: the organization of scientific research in open collaborative projects [J]. Research Policy, 2014, 43(1): 1-20.
- [27] Miller-Rushing A, Primack R, Bonney R. The history of public participation in ecological research[J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2012, 10(6): 285-290.
- [28] 张健, 陈圣宾, 陈彬, 等. 公众科学: 整合科学研究、生态保护和公众参与[J]. 生物多样性, 2013, 21(6): 738-749. (Zhang Jian, Chen Shengbin, Chen Bin, et al. Citizen science: integrating scientific research, ecological conservation and public participation[J]. Biodiversity Science, 2013, 21(6):738-749.)
- [29] Sagarra O, Gutierrez-Roig M, Bonhoure I, et al. Citizen science practices for computational socialscience research: the conceptualization of pop-up experiments[J].Frontiers in Physics, 2016, 3(93):1-14.
- [30] Wiederhold B K. Citizen scientists generate benefits for researchers, educators, society, and themselves[J]. Cyberpsychology Behavior and Social Networking, 2011, 14(12):703-704.
- [31] 王姝, 殷凤春. 网络众包的知识价值化过程与组织响应分析[J]. 科研管理, 2017, 38(9):35-42. (Wang Shu, Yin Fengchun. An analysis of knowledge valuation and organization respond of website-based crowdsourcing [J]. Science Research Management, 2017, 38(9):35-42.)
- [32] Goodchild M F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography [J]. GeoJournal, 2007, 69(4): 211-221.
- [33] Rossiter D G, Liu J, Carlisle S, et al. Can citizen science assist digital soil mapping? [J]. Geoderma, 2015, 259-260: 71-80.
- [34] 房迈莼, 任海. 科研与科普有效结合 促进公众科学素养提高——以英国皇家邱植物园和爱丁堡植物园为例[J]. 科技管理研究, 2016, 36(3):252-255. (Fang Maichun, Ren Hai. The combination between scientific research and scientific popularization facilitates public scientific literacy[J]. Science and Technology Management Research, 2016, 36(3):252-255.)
- [35] 张轩慧, 赵宇翔. 国际公众科学领域演化路径与研究热点分析[J]. 数据分析与知识发现, 2017, 1(7): 22-34. (Zhang Xuanhui, Zhao Yuxiang. Evolution path and hot topics of citizen science studies[J]. Data Analysis and Knowledge Discovery, 2017, 1(7):22-34.)
- [36] 赵宇翔. 科研众包视角下公众科学项目刍议: 概念解析、模式探索及学科机遇[J]. 中国图书馆学报, 2017, 43(5):42-56. (Zhao Yuxiang. A preliminary exploration on citizen science projects based on scientific crowdsourcing perspectives: conceptualization, pattern design and research opportunities[J]. Journal of Library Science in China, 2017, 43(5):42-56.)

赵宇翔 南京理工大学经济管理学院信息管理系教授, 硕士生导师。江苏 南京 210094。

刘周颖 南京理工大学经济管理学院信息管理系硕士研究生。江苏 南京 210094。

宋士杰 南京大学信息管理学院博士研究生。江苏 南京 210023。

(收稿日期:2018-07-23;修回日期:2018-09-03)