

# 非正式情境促进女生科学学习的 功能与策略探析

吕雅洁 蒿树君 高潇怡

(北京师范大学教育学部, 北京 100875)

**[摘要]** 女生的科学学习一直是国际科学教育领域关注的重点议题, 基于非正式情境的科学学习作为发生在正规学校教育框架之外的学习活动, 对提升女生的科学素质具有显著作用。本文基于系统性文献梳理与分析, 发现非正式情境对于促进女生科学学习具有独特功能: 延展学习时空, 促进女生科学学习中成长型思维的培养; 创设丰富情境, 助力女生科学兴趣的提升; 关照性别特质, 帮助女生塑造稳固的科学身份; 协同辐射家庭与学校, 为女生终身科学学习奠基。利用非正式情境促进女生科学学习的主要策略有四点: 关照性别差异与针对性, 激发女生的科学参与; 创新内容与形式, 增强女生的科学兴趣与身份认同; 整合多方资源, 持续赋能女生的科学学习; 实施多元评估, 彰显女生学习结果的多样性。本文从非正式情境视角探析促进女生科学学习的功能与策略, 以期为消解科学学习中的性别差异、促进女生的科学学习提供新的视角和思路。

**[关键词]** 非正式情境 女生 科学学习

**[中图分类号]** G776 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2024.04.006

女生的科学学习一直是国际科学教育领域关注的重点议题之一。提高女生的科学参与既是确保教育公平与社会正义的重要举措, 也是提升女生科学、技术、工程和数学 (Science Technology Engineering Mathematics, STEM) 素养进而推动社会经济持续发展的有效途径。1995年, 在北京召开的第四次世界妇女大会通过了《北京行动纲领》, 着重指出了在教育、技术发展及培训方面消除对女性歧视的重要性。2013年, 联合国大会通过了关于科学、技术和创新促进发展的决议, 其中明确指出, 确保所有年龄层的妇女及女童充

分、平等地获取并参与科学技术创新, 是实现性别平等和增强女性及女童权能的紧迫任务。2015年12月22日, 联合国大会通过了第A/RES/70/212号决议, 正式宣布将每年的2月11日定为“妇女和女童参与科学国际日”。这些重要举措均彰显了全球范围内提升女性科学参与的坚定决心。尽管国际社会持续呼吁关注女性在科学学习方面的处境与进展, 但是女性在科学教育和职业领域的代表性仍旧不足。国际学生评估项目 (Programme for International Student Assessment, PISA) 2015年的调查显示, 男生比女生拥有更高的

收稿日期: 2024-06-03

作者简介: 吕雅洁, 北京师范大学教育学部博士研究生, 研究方向: 科学教育, E-mail: lyuyajie@qq.com。高潇怡为通讯作者, E-mail: gaoyaoyi@bnu.edu.cn。

科学学习兴趣和更积极的科学学习行为<sup>[1]</sup>。在全球范围内，大学的科学相关专业学生中仅有 35% 是女生，不仅如此，女生的科学职业抱负比男生更低<sup>[2]</sup>。

科学学习中的性别差异并非由先天生物学因素决定，而是更多地受到后天社会因素的影响。已有研究证实，男性与女性在大脑的结构与功能、记忆与学习机制等方面并无显著差异，且双方在认知水平等心理特征上的差异十分微小<sup>[3]</sup>。然而从幼儿园开始，儿童就已经在潜意识里拥有了“男性更适合从事科学领域工作”的性别刻板印象。到了高中阶段，学生往往将数学、化学和物理等科学相关学科与男性气质联系起来，这成为女生追求 STEM 职业尤其是科学职业的一个潜在障碍<sup>[4]</sup>。基于现有研究，科学学习中的性别差异主要归结为以下三个原因：其一，女生缺乏女性科学家榜样，认为科学家大多是男性；其二，女生缺乏对于自身在科学及相关学科方面取得成功的认知；其三，教师、家长和其他权威人士强化了女生不适合学习科学的刻板印象<sup>[5]</sup>。这些因素影响了女生科学学习的态度、观念和经历等，最终导致她们在科学相关专业和职业选择方面与男生存在显著的性别差距<sup>[6]</sup>。因此，有必要针对性地通过多元途径为女生在科学领域的学习和发展创造更加公平和包容的环境，以促进其科学参与。

非正式科学学习是指发生在传统、正规的学校教育框架之外的非正式情境中的科学学习，广泛存在于诸如自然科学博物馆等科学场馆、家庭、社区以及网络空间等多元情境中<sup>[7]</sup>。在非正式情境中，学生通过亲身体验和实践活动，如家庭种植和宠物养育、科技馆参观体验、网页浏览等开展科学实践，从而提升科学素质。当前，科学教育领域已普遍认识到融合正式与非正式学习资源的重要性，致力于为全体学生提供更为全面、灵活

的学习路径。基于非正式情境的学习在个体成长与发展中的重要作用不容忽视，有研究表明，学龄期儿童约有 79% 的时间在进行基于非正式情境的学习，而在个体的整个生命周期中，有近 90% 的时间都处于非正式学习情境之中<sup>[8]</sup>。此外，非正式情境为学生参与持续、源于自我激励的科学教育活动提供了可能，其强调互动、实验、演示等体验式、情境式的科学学习方式，能够激发学生对科学领域的持续兴趣和身份认同，强化他们的科学职业选择，促进其终身科学学习<sup>[9]</sup>。

在追求教育公平与卓越的全球视野下，如何借由非正式情境促进代表性不足群体的科学参与和科学成就，已成为科学教育领域的关键议题之一。已有研究表明，非正式科学学习情境连接正式与非正式科学教育，对那些因年龄、性别或教育水平等因素而在科学学习上受限的学生尤其有益<sup>[10]</sup>。研究者广泛认同通过非正式科学情境为女生的科学学习提供有效支持<sup>[11]</sup>。国际上以美国为例，近年来，构建融合正式与非正式情境的 STEM 学习生态系统成为科学教育改革的新趋势，科学教育工作者致力于通过整合包括社区在内的各类资源，为所有学生提供个性化的、高效的 STEM 学习机会<sup>[12]</sup>。如聚焦社区中社会与环境议题的“I AM STEM”项目，精心策划了一系列专为女生设计的体验式学习课程，不仅促进了女生特别是黑人女生在非正式科学活动中的积极参与，还帮助她们将学习成果有效地迁移到学校正式的科学学习中，为她们未来的 STEM 学习奠定坚实的基础<sup>[13]</sup>。在我国，研究者已经充分认识到学生在科学学习中存在的性别差异，面对某些科学学习领域中男生表现相对突出的现状，在科学课程编制、学校课程建设、教师课程实施等方面提出了有效应对措施<sup>[14]</sup>，然而很遗憾的是，缺少对于校外非正式情境作用的探讨；而少

量关于非正式科学学习情境的研究<sup>[15-16]</sup>却鲜少体现出对科学学习中性别特性的关照。本文探讨非正式情境对女生科学学习的独特促进功能以及利用非正式情境促进女生科学学习的策略,能够为消解科学学习中的性别差异、促进女生的科学学习提供新的视角和思路。

## 1 非正式情境促进女生科学学习的功能

非正式情境不仅能够在一一般意义上促进所有学生科学素质的发展,也能为女生群体提供独特的学习支持和契机<sup>[10-11, 13]</sup>。通过多维度剖析非正式情境对女生科学学习的促进功能,我们能够更深刻地理解其潜在的价值。值得注意的是,尽管这些功能具备一定的普适性,但它们在促进女生科学学习方面亦可表现出更为突出的效果。

### 1.1 延展学习时空:促进女生科学学习中成长型思维的培养

成长型思维能够为女生的科学学习提供支撑,是她们科学学习中不可或缺的动力源泉。根据德韦克(Carol S. Dweck)等人的成就目标理论,持有能力增长观的学生相信能力可以通过学习得到提高,而持能力实体观的学生则会认为能力固定不变,努力只会帮助自己达到能力的上限,因此当遇到失败或挫折时,后者更容易表现出习得性无助<sup>[17]</sup>。研究发现,相较于男生,女生在科学学习中更需要成长型思维,因为女生在学校教育中更倾向于完美主义<sup>[18]</sup>,同时避免选择与天赋相关的专业,而科学常被她们视为与天赋紧密相关<sup>[19]</sup>。因此,肯定努力和毅力而非单纯地表扬能力有助于提升女生的科学自我效能感,促进她们持续参与科学。

非正式情境中的科学体验能够延展学校相对单一、刻板的科学教学方式,激发并培养女生的成长型思维。学校科学教育难免受

到诸多因素的制约,如有限的教室环境、书面化的课本内容、标准化的学业测评以及序列性的课程规划等<sup>[20]</sup>,这些限制同时也会阻碍有完美主义倾向的女生养成科学学习的成长型思维。科学场馆、家庭、社区以及网络等非正式情境充分延展了学习时空,发生于此类“不设限”时空的科学学习能够为女生提供更多的兴趣和自由。她们不再过分担心考试表现,在探索科学学科、体验相关职业的过程中,不仅可以收获解决科学问题的获得感、提升科学学习的自我效能感,而且也会认识到投入、动机和坚持在科学学习中的重要性,从而对科学产生更加丰富的理解和认同,培养科学学习中的成长型思维。

### 1.2 创设丰富情境:助力女生科学兴趣的提升

科学兴趣是学生科学学习的关键动力,女生科学兴趣的提升已成为科学教育领域亟待突破的瓶颈性问题。当前,学生对科学的兴趣普遍不高,甚至表现出明显的抵触情绪,科学被视为比其他学科更难理解的课程<sup>[21]</sup>。而从性别角度来看,尽管我国青少年中女生的科学学习行为表现普遍好于男生,但在情感和认知层面男生却表现出更为积极和浓厚的兴趣<sup>[22]</sup>,女生的科学学习兴趣尤为需要被关注和培养。

非正式情境为提升女生的科学兴趣开辟了新的路径。正式教育体系中的学习内容具有非选择性、系列性、教师主导和非自愿性等诸多局限<sup>[15]</sup>,学校经验可能具有加剧学生对科学类职业的消极印象,淡化学生科学兴趣的风险<sup>[21]</sup>,非正式情境是女生体验新颖性和探索科学世界的关键途径,对于促进她们的科学兴趣尤为有效。非正式情境更容易创设真实的问题情境,使学生亲身体验并获得直观学习经验,更有助于激发学生的学习兴趣和自我效能,提升其科学学习态度<sup>[23]</sup>。而相较于男生,女生在科学学习中往往更需要额外的支持

和引导来增强其对科学的兴趣<sup>[24]</sup>。与传统学校教育相比,在非正式情境中,学习主体、指导者的角色和关系都发生了变化,非正式情境能够以独特的优势、丰富的学习资源和灵活的学习方式,为女生提供广泛的学习机会,帮助女生获得新颖的学习体验,进而促进女生获得情境性动机,以鼓励她们的科学学习<sup>[25]</sup>。

### 1.3 关照性别特质:帮助女生塑造稳固的科学身份

科学身份认同指个体对科学有浓厚的兴趣,确信自身具备科学方面的能力,自我认同为科学学习者,同时也能被“有意义的人”认同<sup>[26]</sup>。女生在学校教育的过程中对被拒绝的线索很敏感,缺少对科学的归属感,是导致她们后续在科学领域中代表性不足的重要原因之一<sup>[27]</sup>。

非正式情境是具有包容性的空间,基于非正式情境的科学体验作为科学资本的一种形式,能够为女生提供一个在正式课堂情境外获取科学身份的有效途径,使女生感受到对科学的归属感。科学学习情境的包容性通常体现在为那些代表性不足的群体(如女生群体)创造一个积极、受欢迎的学习环境,相比之下,缺乏包容性的科学学习情境则会影响女性在科学相关职业中的代表性<sup>[28]</sup>。正式的科学课堂环境往往强调“科学家”的传统男性形象和气质,这在一定程度上会将女生置于科学身份之外,限制了女生对科学身份的选择,强化了科学不适合她们的观念<sup>[29]</sup>,而非正式情境提供了这种包容性,使女生更加自主,对科学的追求受到更少的限制,更容易建立自己是“科学人”的认同,认识到“像你这样的人受欢迎”(不是更普遍的“所有人都受欢迎”)。当女生看到自己的性别与非正式科学学习情境之间的联系后,她们会感到自己的社会身份群体在科学领域的价值,从而建立并巩固自己的科学身份<sup>[30]</sup>。

### 1.4 协同辐射家校教育:为女生终身科学学习奠基

国务院颁布的《全民科学素质行动规划纲要(2021—2035年)》中明确指出,要实施馆校合作行动,引导中小学充分利用科技馆、博物馆、科普教育基地等科普场所广泛开展各类学习实践活动,推动学校、社会和家庭协同育人<sup>[31]</sup>。学生科学学习的积极效果不是单一因素造成的,一定是个人、家庭、学校和社会等一系列因素相互作用的结果<sup>[15]</sup>,非正式情境作为其中的关键要素,不拘形式,以无处不在的方式贯穿人的一生,其联动作用能够有效地为女生的终身科学学习奠定坚实基础。

非正式科学学习是实现学校、家庭、社会三方协同开展科学教育的关键要素,有利于为女生全面发展与健康成长营造浓厚的氛围,促进她们作为未来公民的终身科学学习。一方面,非正式情境能够提升学校、家庭对女生科学学习的重视程度。从学校来看,对女生在非正式情境中科学学习表现的观察会影响到教师的教学观念。现有研究发现,在与学生共同参与非正式科学学习后,教师会从不同的角度观察学生,关注到学生个体的行为,惊讶于原本处于弱势地位的学生的科学潜力<sup>[32]</sup>。而从家庭来看,非正式情境能够促进父母转变性别刻板印象,帮助他们意识到女生对科学的兴趣。以往父母往往更鼓励男生学习科学而认为女生不喜欢科学,这种对女生学习科学的消极态度会对女生的自我效能感和科学参与产生不利影响。非正式情境为父母与女儿提供了共同探索科学的契机,使他们能够更直观地感受到女儿对科学的热情,进而鼓励她们参与科学<sup>[33]</sup>。另一方面,非正式情境为女生的终身科学学习奠定了坚实的基础。不是每一个孩子都会成为科学家,但每一个孩子都能成长为有科学兴趣、

自信、认同感和使命感的未来公民。正如美国著名科学教育专家赫德（P. D. Hurd）所言：“大约有 10% 的学生能够在未来成长为科学家，90% 的学生将会从事其他行业。正是为了这 90% 的学生能够在未来社会中更好地生活，我们致力于提升所有学生的科学素质。”<sup>[34]</sup>因此，非正式科学教育情境同样担负着为女生成长为未来公民和终身科学学习者奠基的重要作用。

## 2 利用非正式情境促进女生科学学习的策略

### 2.1 关照性别差异与针对性，激发女生的科学参与

关照性别差异、增强针对性的非正式情境能够促进女生追求优异、超越自我并积极参与科学活动。在性别刻板印象的威胁下，女生在科学任务中会更多地致力于避免表现得比别人差（即采取避免目标），而较少努力追求卓越（采取表现目标），这显著抑制了她们的科学参与热情<sup>[35]</sup>。因此，非正式科学学习情境应注意为女生提供自主与可胜任的选择，使得在此基础上产生的自主性与满足感促进她们生成科学参与的内在动机。

值得注意的是，当前的科学场馆等校外非正式科学情境通常只将参与的团体视为一个整体，而非一个由不同个体组成的团体，对女生在科学学习中面临的挑战和特殊需求缺乏足够的关照，忽视受众的个体差异<sup>[36]</sup>。为此，设计专门针对女生、兼顾多样需求的非正式科学学习情境成为突破点。例如，考虑到女生往往试图追求对全貌的整体性理解，擅长语言思维，而男生倾向于从功能层面思考，更加专注于元素的相互依赖性等性别差异特征<sup>[37]</sup>，科学场馆如果能够融入这些特性，打造激发女性兴趣与热情的互动体验，则能够有效促进女生的科学参与。

女性科学家的榜样力量在非正式科学情境中同样不可或缺，这也是打破性别偏见、

激励女生追求科学理想的关键。个体对科学事业的向往与强大的社会支持以及能够在科学事业中清晰地构想自己的未来有关，而从现状来看，女生在这方面得到的支持通常是不足的<sup>[38]</sup>。例如，就科学家气质而言，积极进取、有逻辑、有领导力、雄心勃勃和善于分析等性格通常被标记为男性特征，而情绪化、健谈、深情、温柔和依赖等性格则被标注为女性特征，这也加剧了女生认为自己不符合科学家形象的认知<sup>[39]</sup>。因此，在生活中真实接触女性科学家榜样可以改变女生的感知障碍，激发她们树立科学职业理想。当前，女生主要从数字媒体和教科书中了解科学职业，这些途径所呈现的科学职业并未特别突出女性的科学身份和真实性，同时女生在家庭、社区或科技馆中与女性科学家互动的机会较少，缺少榜样的影响<sup>[40]</sup>。因此，数字媒体、家庭与社区、博物馆和科技馆等应注重为女生提供接触真实的、积极的女性科学家榜样的机会，吸引女生参与到科学中来。

### 2.2 创新内容与形式，增强女生的科学兴趣和身份认同

非正式科学教育与正式科学教育是科学教育体系中并行且相互交织、有效衔接但不可相互替代的两个有机组成部分。非正式的学习经历不应孤立存在，而应巧妙融入学校科学教学的全过程，以新颖多样的形式在女生的多元学习环境之间构建桥梁。当前已有较多非正式学习项目通过连接课堂内外来促进女生的科学学习。例如，德国在各地大学和研究机构中为中学生开设了 300 多个被称为“学生实验室”（Schülerlabor, SL）的实验室项目，每个 SL 都有特定的目标，其中也有针对女生的项目（如旨在促进女生 STEM 参与的 Fix-IT 项目），通过提供校外经验和实践来支持学生的校内科学学习，以弥补中学开展实验的设备缺乏、成本高或设施简陋等障碍。

SL 已被证实在提高学生对科学的积极性和情境兴趣方面有巨大潜力，同时推动了中学课程与教学的双重革新<sup>[32]</sup>。

深化科学与人文社会学科的跨学科融合也是激发和维持女生科学学习兴趣与认同的有效手段。学业情绪对女生的科学学习行为具有直接影响，当前社会普遍的性别刻板印象导致人们倾向于认为科学是男生的学科，人文社会学科则与女生紧密相连，这种偏见会引发女生在理工科学习中较高的焦虑情绪，从而影响她们的学习行为和学业成绩<sup>[41]</sup>。鉴于此，非正式情境可以通过创新形式和内容引导女生重新审视科学，发现其内在的人文魅力，进而提升科学素质。例如，可以通过营造轻松、自由、舒适的探索氛围，促进女生在轻松状态下接触科学；鼓励女生参与项目式学习、社会性科学议题学习等跨学科、真实的实践活动；加强科学与日常生活的联系和社会的融合，引导女生体验科学与人文社会学科的交融之美，以此激发女生学习过程中积极的情绪状态，促进女生感受科学魅力，提升科学学习兴趣，确立积极的科学身份认同。

### 2.3 整合多方资源，持续赋能女生的科学学习

《基础教育课程教学改革深化行动方案》强调，要开展科学素养提升行动，加强科学教育实践活动，遴选一批校外中小学科学教育实践基地；在国家中小学智慧教育平台，建设一批优质线上科普教育资源；会同中科院、工程院和高校开展“科学公开课”活动<sup>[42]</sup>。为深化女生的科学学习，提供非正式情境的各主体都应挖掘优势潜力，将物理、个人与社会情境有机融合，打造跨学科发展、校内外双管齐下的科学教育新生态。

要通过多方资源协同联动机制，更新科学教育理念，营造开放包容的校外科学教育环境，聚焦 STEM 及跨学科教育，为女生科学学习提供不竭动力。以美国的激发创造力

和卓越科学计划为例（The Science Program to Inspire Creativity and Excellence, SPICE），该计划是针对初中女生的科学补充计划，致力于激励女生追求并坚持 STEM 学习和职业，由大学理科专业的学生担任讲师和助教，在每年暑假期间开设包括探索营、法医调查营、工程和计算机科学训练营等在内的科学营。该计划同时联动了当地学校、家校沟通网络、地区非营利组织和社区等主体，帮助女生获取招募信息，为女生提供了相互学习和观察同龄人做科学的机会，有效促进了女生形成稳定的科学身份认同和学习科学的自我效能感<sup>[43]</sup>。此外，还有借助基金会等社会资源支持的专门为中学女生开设的全日制化学夏令营。夏令营的内容包括多项趣味科学实验、女性科学家专题讲座、基于科学问题的实地考察等，活动得到德雷福斯基金会化学科学特别资助计划（The Dreyfus Foundation Special Grant Program in the Chemical Sciences）的大力资助，动员了社会各界及私人资源的广泛参与<sup>[5]</sup>，充分体现了资源的有效整合与利用，为女生科学学习赋能。

### 2.4 实施多元评估，展现女生学习结果的多样性

多样化学习效果的呈现是非正式科学教育在功能与作用上区别于正式科学教育的重要体现，也是非正式学习评估关注的重要内容。发生科学学习的情境多样、活动短暂独立、影响因素错综复杂、个体背景因素复杂等都使得在非正式情境中对学生科学学习的评估与在校内大不相同<sup>[16]</sup>。鉴于女生可能面临的完美主义压力及对单一成绩指标的过度关注，非正式学习情境应强化多元评估机制，以全面反映女生的学习成就，促进女生对科学学习多元结果的感知，有效促进她们的科学身份认同和科学兴趣提升。

非正式情境中的科学学习有六种成效，分别是产生经验、兴趣与动机，理解科学知

识,验证科学推理,在学习过程中能够积极反思科学,参与科学活动并使用科学语言工具的能力,发展科学学习者的自我认同能力<sup>[44]</sup>。这些成效相互交织,随学习深入而逐步深化,因此在评估时需综合考量,以全面展现女生科学学习结果的多样性。

从针对非正式情境本身的评估来看,对提供非正式科学情境的主体和其提供的活动都有必要采取多元化的评估。非正式情境的目的不同、结构多样,对其进行的系统评估一直以来都较为缺乏,这进一步导致非正式情境的规划缺乏严谨性甚至充满随意性<sup>[43]</sup>。从主体来看,提供非正式情境的不同主体目的多元化,如科技场馆、动植物园、科普网站等担负着一定的政府使命,大学生志愿者团体、民间团体等致力于促进代表性不足群体(如女生)的科学参与。而从所开展项目的规模来看,既有资源充足的大型项目,也有小而精的小型项目等。这要求评估策略必须灵活多样,紧贴情境特点,使之在关注女生学习结果、精准衡量学习成果的同时,还能促进情境的持续优化。以美国圣道大学(the University of the Incarnate Word, UIW)推出的旨在吸引更多女性进入STEM领域的免费女生夏令营 miniGEMS 为例,其通过对参与女生的问卷调查、深度访谈及成果展示(如海报制作)等多元化手段,全面评估了夏令营对女生STEM相关职业兴趣、学习体验、夏令营条件满意度等的影响。

同时,未来也考虑纳入家长与教师视角,以构建更加全面、立体的评估体系<sup>[45]</sup>。此评估模式不仅关注女生的学习结果,还深入分析了其学习过程与感受,为其他非正式科学学习情境提供了宝贵借鉴。

### 3 结语

分析非正式情境在促进女生科学学习方面的独特作用,并探索有效策略以利用非正式情境促进女生的科学学习,能够为缩小科学学习中的性别差距、激励女生更积极地参与科学提供新的视角和思路。当前,“双减”政策的深入实施增加了中小学生的课外时间,这使得非正式科学教育机构和场所能够吸引更多学生,非正式情境的教育功能进一步强化。同时,5G、人工智能、大数据、区块链等信息技术正不断赋能教育领域,对非正式情境促进学生个性化、智慧化、终身化的科学学习提供了更为广阔的空间。鉴于国内关于非正式情境中女生科学学习的研究尚显不足,关于非正式情境如何独特地、深入地促进对女生科学学习机制的理解,还需要通过更多深入的实证研究来揭示和深化。未来需进一步聚焦当前社会的实际需求与女生科学学习的独有特征,通过深入的跨学科合作将理论与实践深度融合,提炼出更具系统性的模式与策略,以有效指导非正式科学教育实践,促进女生及全体学生科学素质的全面发展。

### 参考文献

- [1] OECD. PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education[M]. Paris: OECD Publishing, 2016.
- [2] UNESCO. Cracking the Code: Girls' and Women's Education in Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) [EB/OL]. [2024-05-14]. <https://doi.org/10.54675/QYHK2407>.
- [3] Nguyen U, Russo-Tait T, Riegle-Crumb C, et al. Changing the Gendered Status Quo in Engineering? The Encouraging and Discouraging Experiences of Young Women with Engineering Aspirations[J]. Science Education, 2022, 106(6): 1442-1468.
- [4] Makarova E, Aeschlimann B, Herzog W. The Gender Gap in STEM Fields: The Impact of the Gender Stereotype of Math and Science on Secondary Students' Career Aspirations[J]. Frontiers in Education, 2019, 4(60): 1-11.

- [5] Levine M, Serio N, Radaram B, et al. Addressing the STEM Gender Gap by Designing and Implementing an Educational Outreach Chemistry Camp for Middle School Girls[J]. *Journal of Chemical Education*, 2015, 92(10): 1639-1644.
- [6] Dabney K P, Tai R H. Factors Associated with Female Chemist Doctoral Career Choice within the Physical Sciences[J]. *Journal of Chemical Education*, 2014, 91(11): 1777-1786.
- [7] Hofstein A, Rosenfeld S. Bridging the Gap between Formal and Informal Science Learning[J]. *Studies in Science Education*, 1996, 28(1): 87-112.
- [8] Alexander P A, Winne P H. *Handbok of Educational Psychology (2nd ed.)* [M]. New Jersey: Lawrence Erlbaum Asociation, 2006.
- [9] Magaji A, Ade-Ojo G, Bijlhout D. The Impact of After School Science Club on the Learning Progress and Attainment of Students[J]. *International Journal of Instruction*, 2022, 15(3): 171-190.
- [10] Affeldt F, Tolppanen S, Akselab M. The Potential of the Non-Formal Educational Sector for Supporting Chemistry Learning and Sustainability Education for All Students-A Joint Perspective from Two Cases in Finland and Germany[J]. *Chemistry Education Research and Practice*, 2017, 18(1): 13-25.
- [11] Bamberger Y M. Encouraging Girls into Science and Technology with Feminine Role Model: Does This Work?[J]. *Journal of Science Education and Technology*, 2014, 23(4): 549-561.
- [12] Falk J H, Staus N, Dierking L D, et al. Understanding Youth STEM Interest Pathways within a Single Community: The Synergies Project[J]. *International Journal of Science Education, Part B*, 2016, 6(4): 369-384.
- [13] King N S, Pringle R M. Black Girls Speak STEM: Counterstories of Informal and Formal Learning Experiences[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 2019, 56: 539-569.
- [14] 伍远岳, 郭元祥. 中学生科学学习的性别差异与课程应对——基于 PISA 2015 中国四省市的数据分析 [J]. *华东师范大学学报 (教育科学版)*, 2019, 37(5): 115-127.
- [15] 赵小娟. 非正式科学学习环境中科技馆教育作用初探 [J]. *科协论坛*, 2017(4): 28-31.
- [16] 汤雪平. 非正式环境中的科学学习及其评价 [J]. *教学研究*, 2015, 38(2): 14-16, 26.
- [17] Dweck C S, Yeager D S. Mindsets: A View from Two Eras[J]. *Perspectives on Psychological Science*, 2019, 14(3): 481-496.
- [18] Flett G L, Hewitt P L. A Proposed Framework for Preventing Perfectionism and Promoting Resilience and Mental Health among Vulnerable Children and Adolescents[J]. *Psychology in the Schools*, 2014, 51(9): 899-912.
- [19] Donovan B M, Stuhlsatz M A M, Edelson D C, et al. Gendered Genetics: How Reading about the Genetic Basis of Sex Differences in Biology Textbooks Could Affect Beliefs Associated with Science Gender Disparities[J]. *Science Education*, 2019, 103(4): 719-749.
- [20] 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(1): 84-93.
- [21] Linder C, Östman L, Wickman P O. *Promoting Scientific Literacy: Science Education Research in Transaction*[C]. Uppsala, Sweden: Uppsala University, 2007: 7-8.
- [22] 黄瑄, 李秀菊. 我国青少年科学态度现状、差异分析及对策建议——基于全国青少年科学素质调查的实证研究 [J]. *中国电化教育*, 2020(12): 69-77.
- [23] Salmi H, Thuneberg H, Vainikainen M P. Learning with Dinosaurs: A Study on Motivation, Cognitive Reasoning, and Making Observations[J]. *International Journal of Science Education, Part B*, 2017, 7(3): 203-218.
- [24] Mujtaba T, Reiss M J. What Sort of Girl Wants to Study Physics after the Age of 16? Findings from a Large-Scale UK Survey[J]. *International Journal of Science Education*, 2013, 35(17): 2979-2998.
- [25] Vainikainen M-P, Salmi H, Thuneberg H. Situational Interest and Learning in A Science Centre Mathematics Exhibition[J]. *Journal of Research in STEM Education*, 2015, 1(1): 15-29.
- [26] Warner J M. *Supplemental Instruction for Non-Science Majors Biology Students: Meanings and Influences on Science Identities for Women*[D]. Greensboro, North Carolina State: The University of North Carolina at Greensboro, 2008.
- [27] Walton G M, Logel C, Peach J M, et al. Two Brief Interventions to Mitigate a “Chilly Climate” Transform Women’s Experience, Relationships, and Achievement in Engineering[J]. *Journal of Educational Psychology*, 2015, 107(2): 468-485.
- [28] Ainscow, M, César M. Inclusive Education Ten Years after Salamanca: Setting the Agenda[J]. *European Journal of Psychology of Education*, 2006, 21(3): 231-238.
- [29] Carlone, H B, Johnson A, Scott C M. Agency Amidst Formidable Structures: How Girls Perform Gender in Science Class[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 2015, 52(4): 474-488.
- [30] Zhao M, Mathews C J, Mulvey K L, et al. Promoting Diverse Youth’s Career Development through Informal Science Learning: The Role of Inclusivity and Belonging[J]. *Journal of Youth and Adolescence*, 2023, 52(2): 331-343.
- [31] 全民科学素质行动规划纲要 (2021—2035 年) [M]. 北京: 人民出版社, 2021.
- [32] Garner N, Hayes S M, Eilks I. Linking Formal and Non-Formal Learning in Science Education-A Reflection from Two Cases in Ireland and Germany[J]. *Sisyphus*, 2014, 2(2): 10-31.



## Exploring the Functions and Strategies of Informal Contexts to Promote Girls' Science Learning

Lv Yajie Hao Shujun Gao Xiaoyi

( Faculty of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875 )

**Abstract:** Girls' science learning has always been a critical issue in the international science education field, and science learning based on informal contexts, as a learning activity that occurs outside the framework of formal school education, plays a significant role in enhancing the scientific literacy of girls. Based on a systematic review and analysis of the literature, this paper finds that informal contexts have unique functions in promoting girls' science learning: they extend learning time and space, encouraging the cultivation of a growth mindset in girls' science learning; they create rich contexts, helping girls' interest in science; they take care of gender-specific qualities' helping girls to build a solid scientific identity; and they coordinate with the family and the school, laying the foundation of lifelong science learning for girls. There are four main strategies to promote girls' science learning through informal contexts: taking into account gender differences and relevance to stimulate girls' participation in science; innovating the content and form to enhance girls' interest in science and their identity; integrating resources from various sources to empower girls' science learning continuously; and implementing diverse assessments to highlight the diversity of girls' learning outcomes. This paper explores the functions and strategies of promoting girls' science learning from the perspective of informal contexts, aiming to provide new perspectives and ideas for dissolving gender differences in science learning and promoting girls' science learning.

**Keywords:** informal contexts; girls; science learning

**CLC Numbers:** G776 **Document Code:** A **DOI:** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2024.04.006

---

## Study on the Practice, Mechanisms and Strategies of Synergistic Development of the Modern Science and Technology Museum System

Qian Yan Liu Wei Mo Xiaodan

( China Science and Technology Museum, Beijing 100101 )

**Abstract:** The modern science and technology museum system is an essential force for popularizing scientific knowledge, promoting the spirit of science, improving the scientific literacy of the whole nation, and achieving the equalization of basic public cultural services. Based on the development data and practice cases of the construction of the modern science and technology museum system from 2012 to 2024, this paper draws on the theory of synergism, summarises the practice of synergistic development of the modern science and technology museum system, analyses the problems, modes, and mechanisms, and explores the future development strategies. The study shows that in terms of synergistic practice, there are mainly problems such as insufficient total amount of science popularization resources, unbalanced regional distribution, and imperfect top-level internal and external synergy design. In terms of synergistic mode and mechanism construction, we carried out problem-oriented research, summarised the synergistic development modes of intra-provincial synergistic mode, regional synergistic mode and cross-field synergistic mode, increased the overall supply of science popularization resources and reduced the regional supply gap, and connected resources and activities and promoted