

国际博物馆教育中馆校合作研究的现状、热点与趋势*

The Current Situation, Hot Spots, and Trends of Museum-School Collaboration Research
in International Museum Education

何珊云 陈岑

He Shanyun Chen Cen

(浙江大学教育学院, 杭州, 310058)

(College of Education, Zhejiang University, Hangzhou, 310058)

内容提要: 馆校合作自诞生以来便朝着多元化、专业化方向发展, 现已成为国际博物馆教育的发展方向和国际趋势。本研究基于文献计量法, 以CiteSpace为研究工具对Web of Science核心合集中2016—2023年馆校合作研究进行文献计量与可视化分析。基于对筛选后938篇文献的分析发现, 馆校合作领域发文量总体呈上升趋势, 但受特殊原因影响存在不同年份的波动; 大学和博物馆都共同推进这一领域研究的发展, 但尚未形成核心机构群; 这一领域的研究主要聚焦教育环境、教育领域和教育机制方面; 并体现出日益关注学习者能力培养的前沿趋势。基于此, 本研究认为: 未来应推进馆校合作的研究范式构建, 关注馆校合作的数字化发展, 重视以能力培养为核心的馆校合作。

关键词: 馆校合作 文献计量 可视化分析 博物馆教育

Abstract: Since its inception, the museum-school collaboration has been evolving towards diversification and specialization, becoming the prevailing direction and international trend in museum education. Utilizing bibliometric methods and CiteSpace as a research tool, this research conducted a bibliometric and visual analysis of the 2016-2023 museum-school collaboration researches in the Web of Science core collection. After screening 938 literature sources, it was observed that the number of publications on museum-school collaboration was generally increasing, albeit with fluctuations in different years due to specific reasons. While universities and museums jointly advanced research development in this field, a core group of institutions not emerged; research in this area primarily focused on the educational environment, educational domain, and educational mechanisms, and reflected an emerging trend toward greater emphasis on cultivating learners' abilities. Building upon these findings, this research further presents insights and prospects for promoting the establishment of a research paradigm for museum-school collaboration, emphasizing digital development within such collaborations, as well as highlighting ability cultivation as central to museum-school cooperation.

* 本研究是2023年度浙江省文物保护科技项目“博物馆教育实践推进的研究”(2023008)研究成果之一。



Key Words: Museum-school collaboration; bibliometric; visual analysis; museum education

一、问题的提出

习近平总书记曾指出,“一个博物院就是一所大学校”^[1]。作为重要的非正式学习机构,博物馆在推进终身学习、促进社会公平、构建知识型社会等方面具有巨大潜力^[2],其教育价值正在为社会各界所发掘与认可。另一方面,博物馆在情境、资源等方面的天然优势^[3]能够有效提高学校教育的效果,学校也日益重视博物馆教育资源的运用。因此,馆校合作正在成为博物馆教育中的重要议题和国际趋势,并朝着多元化、专业化方向发展。

英国作为最早开展馆校合作的国家,将教育视为博物馆的核心,馆内大多设有专门的公共教育部门,为学生群体提供丰富的教育实践项目^[4]。美国博物馆联盟(American Alliance of Museums)则协助学校开发和教授州、地方核心标准的课程,并为教育活动提供超过每年20亿美元的支出经费和1800万小时的教学时间,倡导博物馆应成为教学和体验式学习的重要合作伙伴^[5]。2020年以来,我国教育部、国家文物局也大力倡导馆校合作,明确要求“健全馆校合作机制,促进博物馆资源融入教育体系”,推动“博物馆与学校教学、综合实践有机结合”^[6]。

博物馆教育的馆校合作在长期实践

中也产生了丰富的研究成果,已有学者对馆校合作的模式、挑战、效果等方面展开深入探索^[7-11]。然而,目前尚缺乏对日益丰富的文献的宏观描述,无法从整体上呈现馆校合作的进展与趋势,从而影响馆校合作这一新兴且重要的领域的推进和发展。

因此,本研究将立足宏观视野,对馆校合作领域的研究成果开展量化统计,分别对发文年限、研究机构、研究主题等进行分析,从而呈现国际馆校合作研究的现状、热点与趋势,以期对未来这一领域的相关研究提供参考借鉴。

二、研究方法

本研究基于文献计量法(Bibliometrics),以CiteSpace 6.3.R1为研究工具进行文献计量与可视化分析,文献均来源于科学引文数据库核心合集(Web of Science Core Collection)。

研究选择按“主题”进行检索,检索时间区间为2016年1月1日—2023年12月31日。之所以选择以2016年作为文献搜索的起始年份,是因为发表于2016年的《地平线报告:博物馆版》(*Horizon Report: 2016 Museum Edition*)报告指出,“跨机构协作”已成为博物馆发展的长期趋势^[12],此后国内外馆校合作研究迎来爆发式增长。

在主题词选择上,将“馆校合作”限定于博物馆教育的研究范畴,将博物馆界定为包含各种类型的专题博物馆与植物园^[13],学校包含从学前教育至高等教育阶段的所有类型的学校,由此确定检索词为(museum education OR museum learning) AND (museum OR science cent* OR planetarium OR gallery OR zoo OR arboretum OR environmental cent*^① OR aquarium) AND (school OR university OR college OR kindergarten OR nursery OR teacher OR student)。检索共获得文献1699篇。为保证样本文献的有效性和准确性,研究按照以下标准进行进一步筛选:①文献类型为论文(Article)、会议录论文(Proceeding Paper)、待出版论文(Early Access)、综述论文(Review Article);

① “*”在本研究的检索词中作为通配符使用,用来代替一个或多个字符,以扩大检索范围。

②发表语言为英文；③研究领域为教育
和教育研究（Education AND Educational
Research）、计算机科学（Computer
Science）、艺术与人文其他主题（Arts
Humanities Other Topics）、社会科学其
他主题（Social Sciences Other Topics）。
通过筛选与去重，研究者最终获得938篇
有效文献。

三、研究结果与分析

（一）文献数量的年度分布

文献数量变化直接反映科学知识
量的变化情况，对其进行年度分布统计
分析能够在一定程度上显示该领域的
发展现状和发展趋势^[14]。如图1所示，
2016—2023年间馆校合作的文献数量
总体呈上升趋势，年均发文量达117.25
篇，反映了学界对馆校合作的日益关
注和该领域科学知识量的增长。2019—
2023年，文献数量经历了“W”形波
动，其中2020年和2022年位于“W”的
两个低点，推测分别受新冠疫情引发的
博物馆关停潮^[15]与社会弥漫的消极情
绪^[16-17]影响；2021年，随着线上资源的开
发和对疫情背景下合作模式的反思，发文
量有所回升^[18-19]；2023年，随着社会对疫
情的适应和新兴技术如增强现实、虚拟现
实的推广^[20-21]，发文量再次上升。馆校合
作是应对教育危机和构建包容性教育生态
系统的有效手段，随着疫情的缓和、科技
的发展和学界重视程度的增加，预计未来
馆校合作领域的发文量将继续提升。

（二）研究机构

对某一领域的研究机构进行统计分
析可以揭示该研究领域的主要研究机构
和研究团队，从而更快地深入了解这一

研究领域。基于此，本研究以“Institution”为节点类型，设定
时间为2016年1月—2023年12月，时间切片为1，选择g-index筛

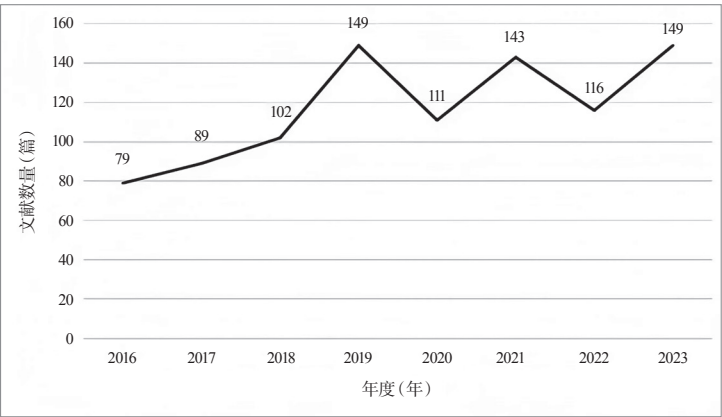


图1 馆校合作研究的文献数量年度分布

表1 发文量前10位（含并列）的研究机构

研究机构	文献数量 (篇)	所属国家/地区
本古里安大学 (Ben-Gurion University of the Neger)	12	以色列
墨尔本大学 (The University of Melbourne)	12	澳大利亚
伦敦大学学院 (University College London)	11	英国
美国自然历史博物馆 (American Museum of Natural History)	9	美国
北京师范大学 (Beijing Normal University)	9	中国
佛罗里达大学 (University of Florida)	8	美国
以色列理工学院 (Technion Israel Institute of Technology)	8	以色列
台湾博物馆 (Taiwan Museum)	8	中国
台湾科技大学 (Taiwan University of Science and Technology)	7	中国
格拉斯哥大学 (University of Glasgow)	7	英国
罗马第三大学 (Università degli Studi Roma Tre)	7	意大利



选标准（k=25），点击运行，得到结果“N=237，E=128”。这表明8年来国际馆校合作领域有主要研究机构237个，它们之间存在128次合作。

由表1可知，馆校合作的研究机构遍布欧洲、美洲、大洋洲和亚洲等地，这在一定程度上表明馆校合作已成为世界性议题。以色列的本古里安大学与澳大利亚的墨尔本大学以12篇发文量并列首位，二者研究重点分别指向教育主体（尤其是学生参与）与教育方法。发文量前十的机构中，大学的研究热情略高于博物馆；但在一些地方，大学与博物馆的研究力量不分伯仲，这可能与其社会对于博物馆教育的需求较高、馆校合作紧密、政策支持力度较大等原因有关。

对研究机构合作网络进行可视化分析（图2），发现大量研究机构间存在合作，如墨尔本大学与佛罗里达大学、格拉斯哥大学、维多利亚博物馆等近20所研究机构具有合作关系。此外，根据普赖斯定律，核心机构的判定标准为 $M \approx 0.749 \times \sqrt{N_{\max}}$ ，其中M为论文数量， $N_{\max}$ 为对应年限中论文发文数量最多的机构的论文数量^[22]。当前研究领域中 $N_{\max}$ 为12，推算出M为2.59，意味着发表3篇以上论文的机构可视为核心机构。近8年Web of Science核心合集上发文3篇及以上的机构有53所，合计发文量达284篇，占样本文献（938篇）的30.28%，低于普赖斯定律的发文比值（50%），可见，馆校合作研究的核心机构群还未成熟。

（三）研究热点分析

1. 关键词共现分析

本研究以“Keyword”为节点类



图2 馆校合作领域研究机构合作网络

表2 出现频次排名前10位的关键词

序号	关键词	中介中心性	出现频次
1	增强现实	0.07	49
2	非正规学习	0.08	35
3	虚拟现实	0.10	33
4	知识	0.11	31
5	文化遗产	0.04	30
6	经历	0.04	25
7	影响	0.05	25
8	参与	0.06	24
9	专业发展	0.04	21
10	态度	0.07	21

型，设定时间、时间切片、选择标准同前。点击运行，得到馆校合作研究的文献关键词网络图谱，该图谱中包括节点299个，连线1496条。剔除“education”“museum”“school”等检索词，选取出现频次前10的关键词，如表2所示。

由表2可知，“增强现实”出现频次最高，这在一定程度上表明技术是馆校合作研究中重点关注的问题；“知识”一词的中介中心性大于0.1，说明其在整体知识网络中呈现显著的中介作用。

2. 关键词聚类分析

对于同一领域的研究，关键词共现频次越高，意味着其关系越密切，从而可聚合成同一研究主题^[23]。每一个聚类包含一组经常共同出现的关键词，相比单个关键词更能突出凝练热点

主题。本研究采用关键词K值聚类分析上述关键词，共获得8种聚类（图3）。其中，聚类模块值 $Q=0.3483>0.3$ ，平均轮廓值 $S=0.7141>0.7$ ，表明聚类结构显著且可信。由此可知，当前馆校合作的热点主题主要包括：增强现实、科学教育、博物馆学习、教育史、博物馆教育、科学中心、公众、文化遗产。

各个聚类涵括的关键词如表3所示，本研究基于聚类结果将以上类团归纳为教育环境、教育领域、教育机制三种类型。

（1）教育环境方面，关注社会环境、技术环境与心理环境。

由关键词的聚类结果可知，在馆校合作的教育环境上，学界主要关注“科学中心”“文化遗产”等社会环境，以“增强现实”的应用为代表的技术环境，以及学生、教师、博物馆教育工作者等各方主体的心理环境，这些环境构成了一个多维空间。关于社会环境的研究集中在博物馆与学校、大学与博物馆和PK-12学校、博物馆与区域教育生态系统之间的关系，已有研究指出了现有主体间联系的不足并提出了改进策略^[24-26]。

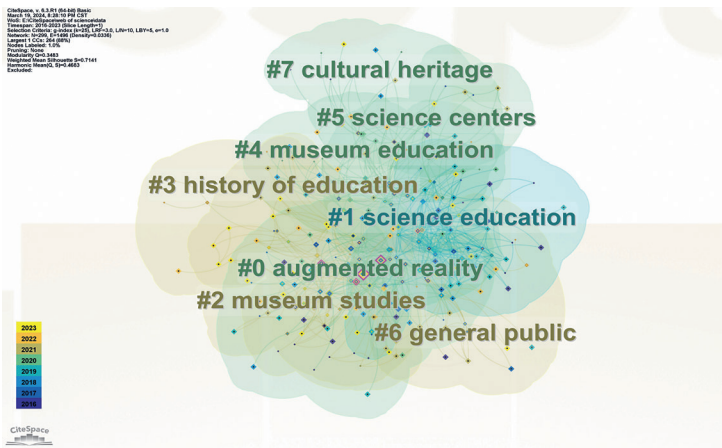


图3 关键词聚类

技术环境方面，增强现实等数字技术在馆校合作中的应用显示出其在提升学习体验、动机和认知等方面的潜力^[27-29]。心理环境则关注学生、教师、博物馆教育工作者等微观主体对馆校合作的态度和观点。例如埃弗拉特·纳蒂夫·罗南（Efrat Nativ Ronen）等人的研究指出，教师和博物馆教育工作者在教学方法和角色上存在分歧，且不同级别的教师在教学方法上也存在差异^[30]。

（2）教育领域方面，侧重科学教育与历史教育。

馆校合作的研究主要集中在科学教育和历史教育。已有研究表明，一方面，馆校合作开展科学教育是一项具有前瞻性的教育实践。其能够通过基于情境、跨学科和以价值为中心的教学策略来解锁跨越不同的话语社区的“第三种空间”，促进有意义的科学教育^[31]。另一方面，研究还将馆校合作视为职前科学教师专业发展的途径，如瓦伦蒂娜·多梅尼奇（Valentia a

表3 关键词聚类结果及类团内容

聚类类型	聚类编号	聚类名称	类团内容
教育环境	# 0	增强现实	非正规学习、表现、动机等
	# 5	科学中心	非正规科学教育、参与等
	# 7	文化遗产	科学、专业发展、虚拟博物馆等
教育领域	# 1	科学教育	策略、教师、学习环境等
	# 3	教育史	博物馆、高等教育、环境等
教育机制	# 2	博物馆学习	知识、技术、经验、科学博物馆等
	# 4	博物馆教育	非正规教育、教育、历史等
	# 6	公众	态度、框架、经历等



Domenici)详细描述了STEAM基于项目的学习方法,并从参与者对课程内容的动机和兴趣、学生对培训经历的最终判断验证了这种职前教师培训方法的有效性^[32]。历史教育方面,研究指出馆校合作能够提升学生的学习兴趣和历史素养,并将情感教学法、历史同理心框架等方法应用于馆校合作的教育活动之中^[33-34]。

(3)教育机制方面,包括合作机制、教学机制和学习的机制。

教育机制是教育现象各部分之间的相互关系及其运行方式。馆校合作的教育机制研究包括合作机制、教学机制和学习机制,其中合作机制主要体现在“公众”聚类,教学机制体现在“博物馆学习”“博物馆教育”“公众”三个聚类,学习机制体现在“博物馆学习”“博物馆教育”两个聚类。合作机制的研究揭示了不同利益相关者的观点差异及其对教学目标实现的影响,如海伦·乌宾(Helene Uppin)等人指出,教师与学生的支持性关系是促进参与的关键^[33]。教学机制涉及教学方法的发展,如内塔·沙比(Neta Shaby)等人提出的通过感觉运动体验、有形呈现和故事化引导来提高学生学习兴趣和自我效能感^[24]。学习机制关注学生如何通过馆校合作获取和理解信息,其中身体互动和合作学习是重要的学习方式^[35-36]。

(四) 前沿趋势分析

研究前沿代表研究领域某段时间突然出现、骤增但不稳定的研究趋势^[37]。

在CiteSpace中,关键词能够反映文献研究主题核心和精髓,而其突显强度代表文献短期内引用频次的变化^[38],故关键词突显可以用于馆校合作领域前沿趋势的分析。本研究通过CiteSpace 6.3.R1的“Burstness”菜单对2016—2023年的938篇文献进行关键词突显处理,获得突显强度最高的20个关键词(表4)。

根据表中突显关键词的起止时间,可将前沿趋势分为以下三个阶段。

表4 突显强度最高的20个关键词

关键词编号	突显关键词	突显强度	起止年份
1	科学教育	3.63	2016—2017
2	选择	2.39	2016—2017
3	评估	2.15	2016—2017
4	严肃游戏 ^①	2.15	2016—2018
5	科学博物馆	2.23	2017—2018
6	自然历史博物馆	2.1	2017—2019
7	幼儿	3.07	2018—2019
8	参与	2.55	2018—2020
9	框架	2.19	2018—2019
10	动机	1.88	2018—2021
11	经验	1.78	2018—2019
12	实地考察	3.11	2019—2020
13	模型	2.66	2019—2021
14	女孩	1.86	2019—2021
15	博物馆教育	2.12	2020—2021
16	旅行	2.07	2020—2021
17	健康	2.07	2020—2021
18	思维	2.41	2021年至今
19	素养	1.82	2021年至今
20	非正规教育	1.8	2021年至今

① 严肃游戏(Serious Game)也被称为功能性游戏,这一名称始于1970年,指的是不以娱乐,享受或乐趣为首要目的的游戏。其不仅限于教育类游戏,还包括用于军事训练、企业培训、政策宣传等目的的游戏。但在本文中,馆校合作范畴中的严肃游戏多指教育类游戏。

1. 2016—2018年：关注博物馆作为科学教育非正式机构的重要性

随着多国对STEM教育的重视达到新高度^[39]，科学博物馆和自然历史博物馆作为非正式教育机构的角色受到关注。研究者探索了博物馆在激发学生科学兴趣和参与方面的作用，以及技术在科学教育中的应用。例如，布莱思·乌纳尔（Bryan Wunar）等人强调了博物馆作为科学教育催化剂的重要性^[40]，而安德鲁·J. 马丁（Andrew J. Martin）等人评估了博物馆科学教育计划的效果^[41]。

2. 2018—2021年：关注馆校合作中特定群体的学习成效

随着馆校合作的深入发展，部分学者开始对其进行系统总结，尤其关注馆校合作中儿童、女性等特定群体的学习成效。儿童教育方面，研究者关注了疫情背景下的儿童教育挑战，以及以儿童为中心的学习方式。谭吉德·穆克塔巴（Tamjid Mujtaba）等人讨论了自然历史博物馆如何加强学生的科学学习^[42]，而凯特·诺布尔（Kate Noble）考察了远程博物馆教育的策略^[43]。此外，女性教育成为研究的新领域，已有研究探讨了女孩在科学博物馆的表现和困境^[44-45]。

3. 2021年至今：关注馆校合作如何提升学习者能力

最新阶段的研究强调了馆校合作对学习能力的提升。随着新冠疫情持续蔓延、人工智能迅猛发展，社会对教育创新的需求日益强烈^[46]，研究者对高阶思维、人工智能素养等关键能力也愈发关注。例如，西蒙·摩拉多（Simon Morard）等人研究了博物馆环境中游

戏对批判性思维的促进作用^[47]，而玛利亚·格雷戈里乌（Maria Gregoriou）提出了一种新的教学法来培养小学生的可能性思维^[48]。素养方面，研究者探索了博物馆如何扩展学生的多样化素养，以及人工智能时代下的教学策略^[49-51]。此外，非正规教育的潜力也得到了进一步的挖掘和验证^[52]。

四、启示与展望

本研究以CiteSpace 6.3.R1为研究工具，以多元视角对2016—2023年间国际范围内博物馆教育中的馆校合作研究进行了文献计量与可视化分析。在此基础上，提出对未来馆校合作研究的启示与展望。

（一）进一步推进馆校合作研究的交叉融合程度

作为重新组织并产生新学习机会的“第三种空间”^[31]，馆校合作在教育环境、领域、机制等方面都与单纯的学校教育或博物馆教育有明显差异，这种差异要求进一步推进馆校合作研究的交叉融合，以更好地理解 and 促进该领域的实践与发展。然而，当前馆校合作领域的核心机构群仍在形成中，相关研究也尚未从学校/博物馆教育中独立。

为推进馆校合作研究的交叉融合，未来研究可从以下几方面开展：第一，巩固馆校合作研究的理论基础，促进教育学、博物馆学等多学科理论的融合，尤其是融入更多博物馆学的视角，从而为研究提供指导性原则和概念；第二，开发符合馆校合作特点的研究方法，应特别注重实证研究，深入考察馆校合作中环境、机制等研究的细分领域；第三，拓宽馆校合作领域的学术合作广度，建议研究机构充分把握已形成的合作关系，并积极向外拓展，通过发展跨机构、跨学科、跨国界的合作网络，促进研究范式的不断进化。

（二）进一步加强馆校合作的数字化发展

2022年的国际博物馆日主题为“博物馆的力量（The Power of Museum）”^[53]，其中“数字化和可及性创新力量”是该主题的一大要义^[54]。随着增强现实等数字技术成为馆校合作领域的研究热点，加快馆校合作的数字化发展已成为业界共识。对此，未来可从以下三方面展开探索：一是积极推进博物馆藏品与展览的数字化，为学校提供集成便捷的教学资源；二是馆校合作开发数字化教育项目，根据博物馆资源、学校的教学需求



和课程目标进行个性化定制；三是关注数字化人才的培养，一方面加强博物馆数字化技术人才的培养和引进，另一方面向学校提供专业的培训和技术支持，以帮助教师更好地利用博物馆的数字资源进行教学。最后，警惕因过分追求数字化而落入人文性缺失的陷阱，并注重通过数字技术促进学生对人类文明的理解和尊重。

（三）馆校合作应促进学习者能力提升

为培养应对全球化、技术变革和未

来不确定性带来的挑战，联合国教科文组织、经济合作与发展组织等国际组织纷纷确立了以能力导向的教育蓝图^[55]；2021年以来，能力培养也成为馆校合作研究的前沿趋势。因此，未来研究需要重视以能力培养为核心的馆校合作。首先，丰富馆校合作的教育机制研究，通过优化课程设计、教师发展、学生参与等环节，使能力培养更多地渗透于教育过程中。其次，深化馆校合作背景下学生能力发展影响因素的研究，建议从教育技术、教育方法、教育主体三个角度出发，探讨各种具体因素对学生特定能力发展的作用路径。最后，开展并细化对能力的评估研究，通过构建专门针对馆校合作能力培养效果的评估指标体系，明晰当前培养的成效与存在的问题，从而为后续研究实践提供实证参考。

参考文献

- [1] 人民网. 习近平春节前夕赴陕西看望慰问广大干部群众[EB/OL]. (2015-02-17)[2024-05-08]. <http://cpc.people.com.cn/n/2015/0217/c64094-26578449.html>.
- [2] 季娇, 翟俊卿, 王秀江. 矛盾、边界和文化工具: 西方国家馆校合作共同体的建构与发展[J]. 比较教育学报, 2021 (1): 112-126.
- [3] ANDRE L, DURKSEN T, VOLMAN M L. Museums as avenues of learning for children: a decade of research[J]. Learning Environments Research, 2017, 20: 47-76.
- [4] Museums Association. Partnerships[EB/OL]. [2024-01-09]. <https://www.museumsassociation.org/campaigns/learning-and-engagement/partnerships-2/>.
- [5] American Alliance of Museums. Museums and P-12 Education[EB/OL]. [2024-12-25]. <https://www.aam-us.org/programs/museums-and-p-12-education/>.
- [6] 中国政府网. 教育部 国家文物局关于利用博物馆资源开展中小学教育教学的意见[EB/OL]. (2020-09-30)[2024-03-24]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-10/20/content_5552654.htm.
- [7] MARTIN L M W. An emerging research framework for studying informal learning and schools[J]. Science Education, 2004, 88(S1): S71-S82.
- [8] KISIEL J F. Clarifying the complexities of school - museum interactions: perspectives from two communities[J]. Journal of Research in Science Teaching, 2014, 51(3): 342-367.
- [9] KIM M, DILLON J, SONG J. The factors and features of museum fatigue in science centres felt by Korean students[J]. Research in Science Education, 2020, 50(2): 419-436.
- [10] SHABY N, VEDDER-WEISS D. Science identity trajectories throughout school visits to a science museum[J]. Journal of Research in Science Teaching, 2020, 57(5): 733-764.
- [11] EPPLEY H. Museums as partners in PreK-12 social-emotional learning[J]. Journal of Museum Education, 2021, 46(4): 509-518.
- [12] FREEMAN A, BECKER S A, CUMMINS M, et al. New horizon report: 2016 museum edition[R]. The New Media Consortium, 2016.
- [13] 伍新春, 曾箴, 谢娟, 等. 场馆科学学习: 本质特征与影响因素[J]. 北京师范大学学报(社会科学版), 2009(5): 13-19.
- [14] 彭伟, 赵栩, 赵帅, 等. 基于文献计量的国内外创业失败比较研究[J]. 研究与发展管理, 2019, 31(4): 139-150.
- [15] ZOLLINGER R, DICINDIO C. Community ecology: museum education and the digital divide during and after COVID-19[J]. Journal of Museum Education, 2021, 46(4): 481-492.

- [16] DAI W, MENG G, ZHENG Y, et al. The impact of intolerance of uncertainty on negative emotions in COVID-19: mediation by pandemic-focused time and moderation by perceived efficacy[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(8): 4189.
- [17] SANWALD S, WIDENHORN-MÜLLER K, GenEmo Research Group, et al. Primary emotions as predictors for fear of COVID-19 in former inpatients with Major Depressive Disorder and healthy control participants[J]. *BMC Psychiatry*, 2022, 22(1): 94.
- [18] RE M R, VALENTE M, AMENDUNI F. Open learning for museum educators professional development: an online experience in time of a pandemic[C]//2021 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT). IEEE, 2021: 20-22.
- [19] TSERKLEVYCH V, PROKOPENKO O, GONCHAROVA O, et al. Virtual museum space as the innovative tool for the student research practice[J]. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 2021, 16(14): 213-231.
- [20] CHEN H R, LIN W S, HSU T Y, et al. Applying smart glasses in situated exploration for learning English in a national science museum[J]. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2023.
- [21] QI B, ZHANG M, ZHU X, et al. Effects of haptic interaction on learning performance and satisfaction with 3D collections[J]. *Education and Information Technologies*, 2023: 1-19.
- [22] 普赖斯, 张季娅. 洛特卡定律与普赖斯定律[J]. *科学学与科学技术管理*, 1984(9): 17-22.
- [23] 石倩, 何文涛, 梁晨, 等. 近十年国内外STEM课程研究的比较分析[J]. *比较教育学报*, 2023(5): 133-146.
- [24] SHABY N, BEN-ZVI ASSARAF O, TAL T. A student's-eye view: what 4th grade students describing their visit to a science museum recall as significant[J]. *Research in Science Education*, 2019, 49: 1625-1645.
- [25] LIOU Y H, DALY A J. Obstacles and opportunities for networked practice: a social network analysis of an inter-organizational STEM ecosystem[J]. *Journal of Educational Administration*, 2021, 59(1): 94-115.
- [26] WANG C Y. Building a network for preserving intangible cultural heritage through education: a study of Indonesian batik[J]. *International Journal of Art & Design Education*, 2019, 38(2): 398-415.
- [27] GOFF E E, MULVEY K L, IRVIN M J, et al. Applications of augmented reality in informal science learning sites: a review[J]. *Journal of Science Education and Technology*, 2018, 27: 433-447.
- [28] CHIN K Y, WANG C S. A historic site and museum guide system based on wearable mixed reality: effects on students' situational interest[J]. *Bulletin of the Technical Committee on Learning Technology*, 2021, 21(1): 2-9.
- [29] YOON S A, ANDERSON E, PARK M, et al. How augmented reality, textual, and collaborative scaffolds work synergistically to improve learning in a science museum[J]. *Research in Science & Technological Education*, 2018, 36(3): 261-281.
- [30] RONEN E N, TAL T. Stakeholders' perceptions of science-day programs at university-based science outreach centers[J]. *Visitor Studies*, 2019, 22(2): 147-170.
- [31] RAAIJMAKERS H, MC EWEN B, WALAN S, et al. Developing museum-school partnerships: art-based exploration of science issues in a third space[J]. *International Journal of Science Education*, 2021, 43(17): 2746-2768.
- [32] DOMENICI V. STEAM project-based learning activities at the science museum as an effective training for future chemistry teachers[J]. *Education Sciences*, 2022, 12(1): 30.
- [33] UPPIN H, TIMOŠTŠUK I. "We'll be back by Christmas" -developing historical empathy during a museum activity[J]. *Journal of Museum Education*, 2019, 44(3): 310-324.
- [34] PIQUERAS J, ACHIAM M, EDVALL S, et al. Ethnicity and gender in museum representations of human evolution: the unquestioned and the challenged in learners' meaning making[J]. *Science & Education*, 2022, 31(6): 1517-1540.
- [35] SHABY N, ASSARAF O B Z, TAL T. "I know how it works!" student engagement with exhibits in a science museum[J]. *International Journal of Science Education, Part B*, 2019, 9(3): 233-252.
- [36] SHABY N, ASSARAF O B Z, KOCH N P. Students' interactions during laboratory group activity in a science museum[J]. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2024, 22(4): 703-720.
- [37] PRICE D J de S. Networks of scientific papers[J]. *Science*, 1965, 149(3683): 510-515.
- [38] 陈超美, 陈悦, 侯剑华, 等. CiteSpace II: 科学文献中新趋势与新动态的识别与可视化[J]. *情报学报*, 2009(3): 401-421.
- [39] 余胜泉, 胡翔. STEM教育理念与跨学科整合模式[J]. *开放教育研究*, 2015, 21(4): 13-22.



- [40] WUNAR B, KOWRACH N. Museums as a catalyst for advancing science education[C]//ICERI2016 Proceedings. IATED, 2016: 7091–7096.
- [41] MARTIN A J, DURKSEN T L, WILLIAMSON D, et al. The role of a museum-based science education program in promoting content knowledge and science motivation[J]. Journal of Research in Science Teaching, 2016, 53(9): 1364–1384.
- [42] MUJTABA T, LAWRENCE M, OLIVER M, et al. Learning and engagement through natural history museums[J]. Studies in Science Education, 2018, 54(1): 41–67.
- [43] NOBLE K. Challenges and opportunities: creative approaches to museum and gallery learning during the pandemic[J]. International Journal of Art & Design Education, 2021, 40(4): 676–689.
- [44] DANCSTEP T, SINDORF L. Creating a female - responsive design framework for STEM exhibits[J]. Curator: The Museum Journal, 2018, 61(3): 469–484.
- [45] DAWSON E, ARCHER L, SEAKINS A, et al. Selfies at the science museum: exploring girls' identity performances in a science learning space[J]. Gender and Education, 2020, 32(5): 664–681.
- [46] UNESCO. 全球教育监测报告摘要, 2021/2年: 教育领域的非国家行为体: 谁能主动选择? 谁将错失机会[EB/OL]. [2024-04-06]. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380076_chi.
- [47] MORARD S, SANCHEZ E, BONNAT C. Museum games and personal epistemology: a study on students' critical thinking with a mixed reality game[J]. International Journal of Serious Games, 2023, 10(4): 131–151.
- [48] GREGORIOU M. Creative pedagogies: examining the pedagogies fostering possibility thinking in primary classrooms, using learning resources associated with museum visits[J]. Education 3–13, 2024, 52(4): 551–566.
- [49] GILES R M. Science, technology, and literacy? Assessing the potential for children's reading and writing in four science centres[J]. International Journal of Early Years Education, 2021, 29(1): 88–95.
- [50] DEROO M R, GALANTE M. Disciplinary literacy learning at the museum: supporting preservice teachers' expanded understandings of multimodality[J]. Literacy Research and Instruction, 2023, 62(4): 350–370.
- [51] LONG D, ROLLINS S, ALI-DIAZ J, et al. Fostering AI literacy with embodiment & creativity: from activity boxes to museum exhibits[C]//Proceedings of the 22nd Annual ACM Interaction Design and Children Conference. 2023: 727–731.
- [52] HABIG B, GUPTA P. Authentic STEM research, practices of science, and interest development in an informal science education program[J]. International Journal of STEM Education, 2021, 8: 1–18.
- [53] 岳小莉. 数据赋能博物馆的力量[J]. 中国博物馆, 2022(2): 25–29.
- [54] 沈业成. 关于博物馆数字化转型的思考[J]. 中国博物馆, 2022(2): 19–24.
- [55] 施芳婷, 陈雨萌, 邓莉. 从原则指导到能力导向: UNESCO与OECD面向2030年的教育蓝图比较[J]. 世界教育信息, 2020, 33(12): 8–17.