

非正式环境下的 科学学习

人、场所与活动

[美] 菲利普·贝尔 布鲁斯·列文斯坦 编著
安德鲁·绍斯 米歇尔·费得 赵健 王茹 译



科学普及出版社
POPULAR SCIENCE PRESS

非正式环境下的科学学习

人、场所与活动

[美] 菲利普·贝尔 布鲁斯·列文斯坦 编著
安德鲁·绍斯 迈克尔·费得

赵健 王茹 译

科学普及出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

非正式环境下的科学学习：人、场所与活动/（美）贝尔等编著；
赵健，王茹译．—北京：科学普及出版社，2014.10

书名原文：*Learning Science in Informal Environments*

ISBN 978 - 7 - 110 - 08826 - 5

I. ①非… II. ①贝… ②赵… ③王… III. ①学习方法—研究
IV. ①G791

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 290724 号

This is a translation of *Learning Science in Informal Environments: People, Place and Pursuits* by Philip Bell, Bruce Lewenstein, Adrew W. Shouse, and Michael A. Feder, Editors, Committee on Learning Science in Informal Environments, National Research Council 2009. First published by the National Academies Press. **All rights reserved.** This edition published under agreement with the National Academy of Sciences.

著作权合同登记号 01 - 2011 - 1667

本书中文版由美国科学院出版社授权科学普及出版社独家出版，未经出版者许可不得以任何方式抄袭、复制或节录任何部分

出版人 苏 青
责任编辑 单 亭 崔家岭
责任校对 王勤杰
装帧设计 中文天地
责任印制 张建农

出版发行 科学普及出版社
地 址 北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编 100081
发行电话 010 - 62173865
传 真 010 - 62179148
投稿电话 010 - 62176522
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 787mm × 1092mm 1/16
字 数 380 千字
印 张 21
印 数 1 - 5000 册
版 次 2015 年 2 月第 1 版
印 次 2015 年 2 月第 1 次印刷
印 刷 北京长宁印刷有限公司

书 号 ISBN 978 - 7 - 110 - 08826 - 5/G · 3758
定 价 45.00 元

美国国家科学院

全美科学、工程和医学顾问

美国科学院（National Academy of Science）是一家私有、非营利性、自负盈亏的社会组织，在科学和工程研究领域拥有雄厚的学术研究实力，致力于推动科技发展和利用科技为社会造福。谨遵美国国会 1863 年的建院规定，科学院有义务为联邦政府的科学与技术事物提供咨询。拉尔夫·赛瑟罗恩（Ralph J. Cicerone）博士是现任科学院院长。

美国工程院（National Academy of Engineering）建立于 1964 年，是根据国家科学院章程，由杰出工程师组成的与科学院平行的机构。工程院在行政管理和成员选择方面拥有自主权，和科学院共同担负为联邦政府提供咨询的责任。工程院还赞助符合国家需要的工程项目，鼓励教育和研究，表彰工程人员的卓越成就。查尔斯·维斯特（Charles M. Vest）博士是现任工程院院长。

美国医学研究院（Insitute of Medicine）于 1970 年由科学院建立，旨在获得相关领域的杰出成员的帮助，对公共健康方面的政策进行探讨。美国医学研究院为科学院分担国会章程规定的责任——为联邦政府提供咨询，并主动识别医疗、研究和教育方面的问题。哈维·费恩伯格（Harvey V. Fineberg）博士是现任美国医学研究院院长。

美国国家研究理事会（National Research Council）由美国科学院于 1916 年组建，目的是联合广大科学和技术共同体，以服务于科学院促进知识发展、为联邦政府提供咨询为宗旨。遵循科学院规定的宏观政策，理事会已经成为美国科学院和美国工程院为政府、公众、科学和技术共同体服务的首要执行机构。理事会由美国科学院、美国工程院和美国医学研究院共同管理。拉尔夫·赛瑟罗恩博士和查尔斯·维斯特博士分别担任国家研究理事会的主席和副主席。

非正式环境下的科学学习项目委员会

菲利普·贝尔 (PHILIP BELL), 副主席, 西雅图华盛顿大学教育学院学习科学专业

布鲁斯·列文斯坦 (BRUCE LEWENSTEIN), 副主席, 康奈尔大学信息系

苏·艾伦 (SUE ALLEN), 旧金山探索博物馆参观者研究和评估部门

布拉德福·布朗 (B. BRADFORD BROWN), 威斯康星大学麦迪逊分校教育心理学系

玛丽·卡莱恩 (MAUREEN CALLANAN), 加利福尼亚大学圣·克鲁兹分校心理学系

安吉拉·克里斯蒂尼 (ANGELA C. CRISTINI), 新泽西拉玛波文理学院理论和应用科学学院

克斯顿·伊伦伯根 (KIRSTEN ELLENBOGEN), 明尼苏达科学博物馆学习评价和研究部门

塞西莉·盖瑞贝 (CECILIA GARIBAY), 芝加哥盖瑞贝集团

劳拉·马丁 (LAURA MARTIN), 亚利桑那科学中心科学解释部

戴乐·麦克科里蒂 (DALE McCREEDY), 富兰克林研究所性别和家庭学习项目组

道格拉斯·麦丁 (DOUGLAS L. MEDIN), 西北大学心理学系

范瑞·米凯尔西克 (VERA MICHALCHIK), 斯坦福研究院

格尔·诺安 (GIL G. NOAM), 哈佛大学校外适应性教育项目组、波士顿麦克林恩医院

布莱安·史密斯 (BRIAN K. SMITH), 宾夕法尼亚州立大学信息科学、技术和教育系

安德鲁·绍斯 (ANDREW W. SHOUSE), 高级项目官员

米歇尔·费得 (MICHAEL A. FEDER), 高级项目官员

海蒂·施温格鲁贝 (HEIDI A. SCHWEINGRUBER), 科学教育委员会副主任

维克多利亞·沃德 (VICTORIA N. WARD), 高级项目助理 (截至 2008 年 3 月)

凯莉·邓肯 (KELLY DUNCAN), 项目助理

瑞贝卡·克朗 (REBECCA KRONE), 高级项目助理

科学教育委员会

卡尔·维曼 (CARL E. WIEMAN) (主席), 科罗拉多大学波尔得分校物理学系、英属哥伦比亚大学物理学系

菲利普·贝尔 (PHILIP BELL), 西雅图华盛顿大学教育学院学习科学专业

威廉姆·伯恩维里安 (WILLIAM BONVILLIAN), 麻省理工学院华盛顿哥伦比亚特区办公室

约翰·布兰思福特 (JOHN BRANSFORD), 西雅图华盛顿大学课程与教学系

亚当·加莫恩 (ADAM GAMORAN), 威斯康星大学麦迪逊分校教育研究中心

杰尼特·赫斯雷 (JANET HUSTLER), 加利福尼亚山景城新思科技有限公司
“学生成功学习科学”项目合作伙伴

弗兰克·凯尔 (FRANK KEIL), 耶鲁大学莫尔斯学院

布瑞提·莫得林 (BRETT D. MOUDLING), 盐湖城犹他州教育办公室

卡罗·帕拉维诺 (CARLO PARRAVANO), 默克集团 (美国) 默克科学教育研究所

海伦·奎恩 (HELEN R. QUINN), 斯坦福大学斯坦福线性加速器中心

苏珊·辛格 (SUSAN R. SINGER), 卡尔顿学院生物学系

詹姆斯·斯皮尔兰 (JAMES P. SPILLANE), 西北大学教育和社会政策系

威廉姆·伍德 (WILLIAM B. WOOD), 科罗拉多大学波尔得分校细胞和发展生物学系

C. 吉恩·穆恩 (C. JEAN MOON), 主任 (截至 2007 年 10 月)

海蒂·施温格鲁贝 (HEIDI A. SCHWEINGRUBER), 副主任

安德鲁·绍斯 (ANDREW W. SHOUSE), 高级项目官员

米歇尔·费得 (MICHAEL A. FEDER), 高级项目官员

派翠西亚·哈维 (PATRICIA HARVEY), 高级项目助理

托马斯·凯勒 (THOMAS E. KELLER), 项目官员

维克多利亞·沃德 (VICTORIA N. WARD), 高级项目助理 (截至 2008 年 3 月)

凯莉·邓肯 (KELLY DUNCAN), 项目助理

瑞贝卡·克朗 (REBECCA KRONE), 高级项目助理

致 谢

本报告的发表得益于国家研究理事会的领导和工作人员以及许多其他组织的大力支持。

首先，我们感谢国家自然科学基金（National Science Founding, NSF）的赞助和支持。我们特别感谢正式和非正式学习研究部副主任戴维·俄克（David Ucko），他和委员会不仅是本报告自始至终的参与者，而且在报告的撰写过程中也不断地给予鼓励和支持。

我们诚挚感谢项目规划过程中所有参与者的贡献，尤其是那些参与了研究的人们。我们感谢纽约科学馆的阿兰·弗里德曼（Alan Friedman）主持了这次规划会议。我们同样感谢俄勒冈州立大学的林恩·德尔金（Lynn Dierking）和约翰·法尔克（John Falk）、独立展览（Independent Exhibitions）^①的凯萨琳·麦克莱恩（Kathleen McLean）、学习创新研究所（Institute for Learning Innovation）的马丁·斯托克斯迪克（Martin Storksdieck），他们为这次会议准备讨论材料。规划会议的成功主要归功于与会者积极的表达他们的意见，包括探索博物馆（The Exploratorium）的苏·艾伦（Sue Allen）、技术教育研究中心（Technical Education Research Centers, TERC）的丹尼斯·巴特尔斯（Dennis Bartels）、康奈尔大学鸟类实验室（Cornell Lab of Ornithology）的里克·邦尼（Rick Bonney）、匹兹堡大学的凯文·克劳利（Kevin Crowley）、史密森学会（Smithsonian Institution）的扎哈瓦·多林（Zahava Doering）、伦敦大学国王学院的萨莉·杜恩森（Sally Duensing）、at-Bristol^②的约翰·杜兰特（John Durant）、明尼苏达州科学博物馆的柯尔斯滕·埃伦伯根（Kirsten Ellenbo-

① 独立展览（Independent Exhibitions）：一个博物馆咨询公司，专门从事会展的发展、设计、编程和战略规划工作。——译者注

② at-Bristol：英国的最大的互动科学中心之一。——译者注

gen)、科什兰科学博物馆的帕特里克·勒格罗 (Patrice Legro)、康奈尔大学的布鲁斯·列文斯坦 (Bruce Lewenstein)、观众研究协会 (Visitor Studies Association) 的玛丽·艾伦·穆恩雷 (Mary Ellen Munley)、科技中心协会 (Association for Science-Technology Centers) 的温迪·波洛克 (Wendy Pollock)、太平洋科学中心 (Pacific Science Center) 的丹尼斯·沙兹 (Dennis Schatz)、范德比尔特大学的里奥娜·夏尔伯 (Leona Schauble)、博物馆和图书馆服务研究所的玛莎·西莫尔 (Marsha Semmel)、波士顿科学博物馆的卡里·I. 斯内德 (Cary I. Snider)、加州大学伯克利分校劳伦斯科学厅的伊丽莎白·斯特吉 (Elizabeth Stage)、国家科学基金会的戴维·艾克 (David Ucko) 以及自由科学中心的艾伦·沃尔 (Ellen Wahl)。在规划会议之后, 明尼苏达州科学博物馆的茱莉亚·约翰逊 (Julie Johnson) 帮助项目筹建了该委员会。

在研究过程中, 参与四次调查会议人员的讨论和演讲给予了委员会成员很多灵感。特别是, 我们对非正式环境下的科学学习的初步框架的制订进行了重大修改和完善, 而这都要归功于背景文献的作者、演讲者和响应者们所提出的深刻的学术性建议。在第一次会议上, 俄勒冈州立大学的林恩·德尔金总体回顾了非正式学习领域的科学、技术、工程和数学学习研究。儿童媒体研究和咨询公司的沙勒姆·菲什 (Shalom Fisch) 讨论了教育媒体的影响力。文化机构的战略设计顾问希拉·格林内尔 (Sheila Grinell) 谈到了非正式科学领域最近的发展实践。莱斯利大学和技术教育研究中心 (TERC) 的乔治·海因 (George Hein) 讨论了在该领域的探究中谨慎和大胆的必要。西北大学的乔恩·米勒 (Jon Miller) 描述了理解儿童和青少年的科学、技术和其他复杂学科的学习过程的框架。

第二次调查会议演讲者的报告趋于多样化。加州大学圣克鲁兹分校的莫林·卡拉南 (Maureen Callanan) 描述了学习的社会文化和建构主义理论。多伦多大学的凯文·邓巴 (Kevin Dunbar) 概述了科学学习的认知和神经认知机理以及它们如何在非正式学习环境下发挥作用。科罗拉多大学波尔得分校的玛格丽特·艾森哈特 (Margaret Eisenhart) 讨论了非正式环境在为弱势群体提供学习机会方面可能起的作用。教育发展中心的莱斯利·古德伊尔 (Leslie Goodyear) 和斯坦福研究院 (SRI) 的范瑞·米凯尔西克 (Vera Michalchik) 介绍了为弱势群体提供服务的非正式项目的评估方法和评估结果。加州大学洛杉矶分校的克里斯·古特瑞兹 (Kris Gutiérrez) 介绍了非正式学习环境如何服务于不同人群的具体案例。匹兹堡大学 UPCLOSE 项目的凯

伦·克努森 (Karen Knutson) 讨论了各项目组和评估过程中内在的有关非正式环境中学习科学的观点。斯沃斯莫尔学院 K. 安·瑞宁格 (K. Ann Renninger) 作了关于动机理论以及它们如何在非正式环境下起作用的研究综述。

在第三次会议上, 委员会听取了有关科学学习发生在多种非正式地点的证据, 了解在该领域颁布相关政策的迫切性需求。探索博物馆的布朗温·贝文 (Bronwyn Bevan)、独立顾问克里斯蒂尼·克莱因 (Christine Klein) 和政策研究协会的伊丽莎白·瑞斯纳 (Elizabeth Reisner) 参与了当前非正式学习环境相关政策的专题讨论。赛琳达研究联合公司的黛博拉·派瑞 (Deborah Perry) 描述了展品和展览馆的空间是如何为促进参观者科学学习而设计的。索尔·洛克曼 (Saul Rockman) 等人讨论了通过传统媒体形式学习科学的相关研究证据, 霍帕·莫顿 (Hopa Mountain) 有限公司的邦妮·沙太罗-索耶 (Bonnie Sachatello-Sawyer) 概述了关于青少年科学学习项目的设计及其影响的相关研究。

在第四次会议上, 会议的公共部分主要关注的是用于支持委员会工作的各文件的进展状况以及与这一项目相关的国家科学基金会当前的组织结构。戴维·艾克在概览了国家科学基金会新的组织结构的基础上, 重点介绍了其中涉及教育项目的部门。

在最后一次会议上, 委员会讨论了《非正式环境下的科学学习——面向实践者的手册》一书的工作。基于在研究证据、发现和结论方面的一致性, 委员会认为应该将科学教育委员会 (BOSE) 发展为实践者的资源之一。委员会最新的两名成员同时也是“面向实践者手册”监督小组的成员, 他们分别是探索博物馆的苏·艾伦 (Sue Allen) 和哈佛大学的吉尔·诺安 (Gil Noam)。监督小组其余的五位成员也参与了最后一次会议: 顾问迈勒斯·戈登 (Myles Gordon)、华盛顿大学的莱斯利·鲁伯特·海仑考尔 (Leslie Rupert Herrenkohl)、麻省理工学院媒体实验室的娜塔莉·拉斯科 (Natalie Rusk)、邦妮·沙太罗-索耶 (Bonnie Sachatello-Sawyer) 以及太平洋科学中心的丹尼斯·沙斯 (Dennis Schatz)。我们由衷感谢每一位监督组成员给予我们的绝妙反馈。《面向实践者的手册》由国家科学基金会下属的正式和非正式环境下的学习研究部、博物馆和图书馆的服务研究所、宝来惠康基金 (Burroughs Wellcome Fund) 共同赞助, 将会在本报告出版之后发表。

我们同样要感谢为我们提供背景文献的 8 位作者的努力。来自蒙大拿州立大学的亚瑟·班戈尔特 (Arthur Bangert) 和迈克尔·布罗迪 (Michael Bro-

dy) 以及伦敦大学国王学院的贾斯丁·迪伦 (Justin Dillon) 作了关于结果评价方面的文献综述。来自斯坦福大学的劳拉·卡斯特森 (Laura Carstensen) 和凯西·林德伯格 (Casey Lindberg), 连同罗切斯特大学的埃德温·卡斯特森 (Edwin Carstensen) 作了有关老年人在非正式环境下学习的研究综述。斯坦福大学和布朗大学的雪莉·布莱斯·西斯 (Shirley Brice Heath) 描述了多样化问题是如何影响个体的科学概念的。学习创新研究所回顾了有关精心设计的空间所带来的影响的评价研究的证据。犹他州立大学的布莱恩·麦金利·琼斯·布瑞博 (Bryan McKinley Jones Brayboy) 和北亚利桑那大学的安吉莉娜·卡斯塔里奥 (Angelina E. Castagno) 回顾并整合了土著科学的相关研究文献。斯沃斯莫尔学院的 K. 安·瑞宁格作了非正式环境下科学学习情境中与兴趣和动机相关研究的综述。洛克曼等人综述了传统媒体 (如电视、广播、出版物) 所产生的影响的实证研究。哈佛大学的莎拉·施瓦茨 (Sarah Schwartz) 概括了放学之后和校外时间项目的范围和投资机构。

美国国家研究理事会的很多成员都为委员会提供了慷慨的帮助。正是在吉恩·穆恩 (Jean Moon)、帕特里西亚·莫里森 (Patricia Morison) 和海蒂·施温格鲁贝 (Heidi Schweingruber) 的帮助下, 本研究才得以顺利进行。他们都积极参与了委员会的审议工作, 帮助我们聚焦关键的信息和结论。另外, 他们和委员会的联合主席以及国家研究理事会其他成员在周期性的领导会议上, 为本报告的发展做出了重要的贡献。我们也要向维克多利亞·沃德 (Victoria Ward) 和科米·亚依 (Kemi Yai) 表示感谢, 他们为我们筹备并促进了会议的进行。我们还要感谢瑞贝卡·克朗 (Rebecca Krone) 帮助我们罗列出了本报告每一章节之后的参考文献。马修·冯·亨迪 (Matthew Von Hendy) 负责文献的检索以及获取我们所需要的研究文献的副本, 如果没有他的帮助, 本报告中涉及的文献的整合将无法进行。

按照美国国家研究理事会报告审查委员会批准的程序, 本报告以草案的形式发到了具有不同观点和不同技术专长的人手中审阅。这种独立审查的目的在于提供公正的、批评性的评论, 以便使理事会在正式发表报告时做到尽可能正确合理, 保证报告符合客观、有据与负责的学术标准。审查评语和草稿处于保密状态, 以确保审议过程的公正诚实。

我们对参与审查的下列人员表示感谢: 英属哥伦比亚大学课程研究系的戴维·安德森 (David Anderson)、加利福尼亚州旧金山探索博物馆非正式学习和学校中心的布朗温·贝文 (Bronwyn Bevan)、瑞典哥德堡大学公众学

习和理解科学（PLUS）中心的伊兰·沙贝（Ilan Chabay）、俄勒冈州立大学数学和科学教育系自主学习专业的林恩·德尔金、新泽西州蒂内科儿童媒体的研究和咨询公司主席沙勒姆·菲什、斯坦福大学教育学院教育人类学系和布朗大学教育学系雪莉·布莱斯·西斯（Shirley Brice Heath）、洛克菲勒大学研究生和博士后研究院长办公室邦尼·凯撒（Bonnie L. Kaiser）、耶鲁大学心理学系弗兰克·C. 凯尔（Frank C. Keil）、范德比尔特大学皮波迪学院里昂娜·夏尔伯（Leona Schauble）、波士顿科学博物馆卡里·斯内德（Cary I. Sneider）。

虽然上述各位审查人员提供了许多建设性的评语和建议，但是他们并没有被要求赞同结论或推荐意见，他们在报告正式发表之前也没有看到报告的最后定稿。该报告的审查由威斯康星大学麦迪逊分校教育研究中心的亚当·盖莫兰（Adam Gamoran）和伊利诺斯大学厄巴纳-香槟分校昆虫学系的梅·贝伦鲍姆（May Berenbaum）监督。国家研究理事会任命他们负责依照制度程序保证该报告独立审查的进行，并保证所有的审查评语都进行了仔细斟酌。但是，本报告的定稿内容完全由编著委员会和机构负责。

副主席：菲利普·贝尔、布鲁斯·列文斯坦

高级项目负责官员：安德鲁·W. 绍斯

高级项目负责官员：米歇尔·A. 费得

目 录

全书提要	1
------------	---

第一部分 非正式环境下的科学学习

第一章 导 言	9
第二章 理论观点	25
第三章 评 价	51

第二部分 场所和布置

第四章 日常场境和家庭中的活动	89
第五章 经过设计的场境中的科学学习	123
第六章 面向青年人和老年人的项目	169

第三部分 横向特征分析

第七章 差异与公平	203
第八章 媒 体	241

第四部分 结论、建议和未来的方向

第九章 结论和建议	285
附录 A 委员会成员和工作人员介绍	307
附录 B 评价中的一些技术问题	315
译者后记	319

全书提要

科学，正在从根本上塑造人们的生活。个体、群体和国家越来越寻求加强科学能力，从而促进社会世界、物质世界和人性世界的完善。加强科学能力的努力，通常把目标指向学校，聚焦于类似改善科学课程与教师培训、强化科学灌输等策略上。非学校情境下的科学学习的潜在价值常常被忽略或者被低估，而人们的大多数时间恰恰消耗在这些情境中。

校门之外，科学学习的机会比比皆是。每一年，千千万万的美国人，无论是青少年还是老人，都通过参观非正式学习机构、参与各种节目、运用喜爱的媒体来探索 and 了解科学。数以千计的机构投入到为所有年龄和背景的学习者开发、记录和改善非正式环境下的科学学习中。这些机构包括与非正式学习和社区有关的组织、图书馆、私营公司和慈善基金。非正式环境涵盖了一系列情境，如家庭讨论，参观博物馆、自然中心和其他人工设计的场所，园艺等日常活动以及徒步旅行、钓鱼和参加俱乐部之类的休闲活动。实际上所有年龄、所有背景的所有人都从事着能够支持日常生活过程中的科学学习的活动。

非正式环境下的科学学习委员会的建立，是为了考察非学校情境对于科学学习的潜力。该委员会包括 14 名科学、教育、心理、媒体和非正式教育的专家，进行了广泛的揭示非正式环境下科学学习的文献研究。我们的责任中特别包括：对跨越不同情境、不同学习者年龄组以及贯穿不同时间历程时所发生的科学学习的证据进行评价；对非正式环境下所发生的特有的学习经验的特征，与那些非正式情境与其他情境（如学校）中共有的学习经验的特征进行区分；提出研究与发展非正式环境下的科学学习的议程。

该委员会通过观察科学学习发生的场所以及非正式学习环境的横断面特征，来组织相关研究。所谓“场所”，涉及诸如公园散步、欣赏日出等获得日常经验的地方，参观科学中心、动物园、水族馆、植物园、天文馆等人工

设计的场馆以及通过当地组织所进行的校外科学学习或者环境检测等项目。非正式环境的横断面特征，包括媒体作为学习的一种情境脉络和工具的作用，以及这些环境所提供的在文化、社会和语言等方面能够包容多元社群的机会。

在本报告中，我们以非正式环境促进科学学习的证据为出发点，总结了该委员会结论的主要方面。然后描述了在这些情境中的适当学习目标以及拓展科学学习中的参与的方法。最后，我们提出了委员会对于实践的建议。

促进学习

人们在非学校情境中能够学到科学吗？这是一个对于决策者、实践者和研究者来说都很关键的问题。问题的答案是肯定的。本委员会找到了证明所有年龄的个体在各个不同的场合——日常经历中、设计情境中和项目中——学习科学的丰富证据。委员会的概括是：

- 日常经历能够实质性地支持所有人的科学学习。所有文化的非正式学习实践，都能够对学习系统化的和可靠的关于自然世界的知识具有传递性。从婴儿到晚年，个体贯穿一生都在学习关于自然世界的知识，发展科学学习的技能。
- 经过设计的空间——包括博物馆、科学中心、动物园、水族馆和环境中心——都可以支持科学学习。这些场所拥有丰富的真实世界中的现象，人们在其中可以追求和发展科学兴趣，从事科学探究，通过建构意义的对话来反思自己的经验。
- 科学学习的项目发生在学校和基于社区的、科学资源丰富的组织中，包括了科学爱好者可持续的、自组织的活动。不断增加的证据表明，结构化的、非学校的科学项目能够满足或者激发成人和儿童特定的科学兴趣，可以积极地影响学生的学业成就，可以拓展参与者对未来科学职业选择的意识。
- 广播、电视、网络和手持设备等各种形式的科学媒体已经非常普及，使得人们可以越来越方便地跨越各种科学学习场所接触科学信息。科学媒体从本质上塑造着人们与科学之间的关系，成为科学学习的新途径。尽管有强有力的证据证明关于科学学习的教育电视的影响，但是关于其他媒体（数字媒体、游戏、收音机等）对科学学习的影响的证据就相当有限。

界定相适的结果

为了理解学习是否发生、如何发生以及何时发生，我们需要好的学习结果测量方法，但是很难界定在非正式场景中的科学学习结果的努力。研究者和实践者时常采用在学校情景中使用的同样的工具和测量方法。有时候，投入到非正式教育的公共基金和私人基金甚至要求这样的学业成就测量。但是，传统的学业成就结果是有局限的，尽管它们可以促进非正式学习环境和学校之间的协调，但是在如下三个方面上却不能反映非正式环境的确切特征：①不能包含非正式情境能够促进的能力；②有悖于非正式场境中的关键假设，比如，这些假设注重闲暇经历或者自愿经历以及非标准化的课程等；③不是为广泛的参与者而设计的，但非正式场境的参与者中有许多人并不是中小學生。

开发在非正式环境下学习科学的清晰而合理的目标所面临的挑战，与学校式行动方式对这些环境所产生的实际或可能的影响混杂在一起。这种情况导致有些人彻底回避正式的学习结果评估，而主张学习者自主的结果评估。该委员会的意见是，盲目地采纳纯学术性目标或者纯主观学习目标都是无效的。委员会倾向于第三条道路，即将各种具体的科学学习目标结合起来运用到研究和实践中去。

科学学习的若干因素

我们提出一个“科学学习六方面”框架来阐述非正式环境所支持的科学能力。该框架建立在《把科学带进学校》^①（美国研究理事会报告，2007）中为幼儿园大班至8年级学生而发展的科学学习框架之上。这个四方面框架与本书框架的第2至第5方面紧紧对应。我们增加了对于非正式学习环境具有特殊意义的另外两个方面——即第2方面与第6方面。这6个方面阐明了学校和非正式环境如何能够追求相互补充的目标，并可以作为一个概念工具来组织和评估科学学习。这些方面所涵盖的科学学习的六个相互关联的特征，反映出该领域对参与的重视——事实上，它们描述了在这些场境中参与者在认知、社会性、发展性和情感等各方面的表现。

在非正式环境中的学习者要：

方面1：体验兴奋、兴趣和动机，去探索自然世界和物质世界的现象；

① 《把科学带进学校》（*Taking Science to Schools*）：中文版将由科学普及出版社出版。——译者注

4 非正式环境下的科学学习

方面2：逐步概括、理解、记忆和运用与科学相关的概念、解释、争论、模型和事实；

方面3：对自然世界和物质世界进行操作、验证、探究、预测、质疑、观察和建构意义；

方面4：对科学进行反思，作为认识的一种方式；包括对过程、概念、科学机构的反思；对他们自己学习现象的过程的反思。

方面5：运用科学语言和科学工具，和他人共同参与科学活动和学习实践。

方面6：作为科学学习者反思自己，并发展出一种身份认同，即成为那种知晓、运用并适时为科学做出贡献的人。

这些方面，与学校所要发展的特定的科学知识、技能、态度和素质既有所区别，又有一定重叠。方面1和方面6，与非正式学习环境特别相关。方面1集中在发展兴奋、兴趣和动机——这也是其他各类科学学习的基础。方面1同时对任何情境中的学习都很重要，但与非正式学习环境尤其相关，这些环境中蕴藏着丰富的日常科学现象，并为开启学习者的先前经验和兴趣而组织。方面6表达了学习者如何从科学的角度看待自己。本方面指的是这样一个过程：通过这个过程，个体与科学亲密相处，掌握丰富科学知识，对科学兴趣盎然。当学习者遨游在非正式环境以及学校中的科学世界里时，非正式学习环境能够在激发和建立初始兴趣、支持科学学习身份的逐步确立方面，起到非常独特的作用。

这些方面是发展实践和研究工具的一种重要资源。它们应当在精制评价系统、评估非正式学习环境下的科学学习时，扮演关键角色。

扩大参与范围

在研究者和实践者中存在一个明确而强烈的共识，即要扩大科学学习的参与性。增进来自不同群体的个体参与科学学习的努力，已经在各个层次启动，包括教师和设计人员，同时也包括学习者自身。但是值得赞许的全方位努力常常很匮乏，这一点也很显而易见。在如何组织和引导科学学习的全方位参与，研究总结有价值的见解方面，该委员会总结道：

- 非正式环境为所有的学习者提供与科学观念互动、调动先前知识以及产生经验的空间；
- 学习者在那些承认他们需求和经历的环境中乐此不疲，这种需求和经历在人生不同阶段具有不同特征。与人的成熟相伴随的是不断增加的

记忆容量、推理和元认知能力，这些使得成人学习者能够以新的方式探究科学。年纪大的公民保持着许多这样的能力。对大多数老人而言，尽管感知能力，比如听觉和视觉发生一定退化，但是推理、再认和解释事件等认知能力仍然保持着完整无损。

- 学习经历应该反映一种科学观，即科学受到个体经验的影响，同样也受到社会、历史境脉的影响。学习经历应当注重对于非科学家的学习者所熟悉的各种各样的科学参与形式——比如提问、各种交流形式、进行类比等。
- 成人家长、同伴、教师、服务商和指导者在支持科学学习方面扮演着重要角色。他们运用的方式可以从简单的、具体的支持行为，到长期的可持续关系、合作和师徒关系。
- 科学机构和本地社区的伙伴关系，特别是当这种伙伴关系根植于社区伙伴的不断投入，使得始于目标设置的整个科学学习过程充满活力时，构建跨情境的全方位科学学习就会显示出美好的前景。
- 一些项目，尤其是校外时间项目，为数百万儿童提供了拓展科学学习经历的特别机会。这些项目中有很多是基于学校的，而且正在越来越贴近学科和学科内容，但却是以非正式教育的方式进行的。

建议

该委员会在如何组织、设计和支持科学学习方面提出了具体的建议。这些建议提出了一个有待探索、验证和精制的研究与开发议程。它们涉及面宽广并应用于广泛的行动者，包括：实践和研究中的投资者和领导人；有关机构负责设计、评估和付诸实践的职员以及那些为学习者提供直接服务的人们——童子军领导、俱乐部组织者、科学中心的一线员工等。在此，我们对能够影响实践中的科学学习的具体行动者提出建议。其他的对于研究者的建议参见第九章。

对展品和项目设计者

展品和项目设计在确定学习经历中应反映何种科学特征，学习者如何参与科学、如何与他人一起互动，以及学习者使用的教育材料的类型和品质等方面，起着十分关键的作用。

建议1：展品和项目设计者应当按照下列原则为科学学习创建非正式环