

# 基于科学大概念设计场馆课程

## ——落实馆校结合的模式探索

陈奕喆<sup>1</sup> 严晓梅<sup>1</sup> 王凤英<sup>2</sup>

(上海交通大学教育学院, 上海 201100)<sup>1</sup>

(上海辰山植物园, 上海 201602)<sup>2</sup>

**[摘要]** 在加强面向青少年的科学教育背景下, 构建基于大概念理论的场馆课程设计框架能为落实馆校结合的场馆课程设计提供支持。一是目标维度, 馆校科学教育均可统一于理解科学大概念, 即能被灵活迁移运用的学科核心知识; 二是内容维度, 大概念层级框架可以定位馆校各自的特色, 有助于充分发挥所长。本研究通过开展小学生植物园课程设计与实施, 检验了该模式的应用。围绕叶子的环境适应性主题, 研究发现学校情境更多聚焦小概念和抽象核心概念理解, 因此场馆情境可以侧重关联丰富具体现象和小概念归纳。课程实施的效果研究发现, 基于大概念设计的场馆课程可以促进学生达成更具关联性、抽象性、迁移性的概念理解, 进而与其学校经验相补充。为此, 大概念理论可以助力我国场馆充分发挥教育效能, 使场馆课程关注具体科学现象感知, 以大概概念为主线串联各环节, 整合场馆资源。从而实现馆校深度融合、协同发展、各展所长。

**[关键词]** 大概念 场馆课程设计 馆校结合 科学教育

**[中图分类号]** N4; G459 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2023.04.011

基础教育阶段的科学教育关乎科技强国建设。习近平总书记指出, 要在教育“双减”中做好科学教育加法<sup>[1]</sup>。校外活动场所, 如科技馆、博物馆、植物园等, 为激发青少年好奇心、想象力、探求欲, 提供了重要的机会<sup>[2-3]</sup>。《全民科学素质行动规划纲要(2021—2035年)》将“建立校内外科学教育资源有效衔接机制”<sup>[4]</sup>作为青少年科学素质提升行动的重要一环。现有研究围绕馆校结合的探索, 在理念层面明确了教育学理论对场

馆课程理念的指导价值<sup>[5]</sup>, 立足建构主义学习观发掘场馆相较学校情境在真实性、自主性和探究性上具备的诸多优势<sup>[6-7]</sup>; 在实践维度将核心素养作为场馆课程开发的方向、内容与方法遵循<sup>[8]</sup>。在此基础上, 实践落地的挑战得到关注, 例如, 场馆与学校合作开展的教育项目随意性强, 难以系统融入学校教学计划; 场馆活动与校内活动趋同, 未充分发挥场馆优势<sup>[9]</sup>。场馆课程资源建设缺乏系统化, 导致校外科学教育在供需之间存在制度性脱

收稿日期: 2023-03-04

基金项目: 上海交通大学“新进青年教师启动计划——校外科学教育对我国城乡青少年科学学习表现的影响研究”(AF3500016)。作者简介: 陈奕喆, 上海交通大学教育学院硕士研究生, 研究方向: 场馆科学教育、科学教育, E-mail: yizhe.chen@sjtu.edu.cn。王凤英为通讯作者, E-mail: 378404650@qq.com。

节<sup>[10]</sup>。为此,本研究基于大概念理论,搭建了场馆与校内科学教育目标统一、形式互补,进而指导课程实践的课程模式框架,探索馆校科学教育深度融合的新路径。

## 1 应然分析:大概念理论及其作为场馆课程设计框架的潜力

英国学者温·哈伦(Wynne Harlen)曾指出,科学教育应作为一个趋向于理解核心概念的进程<sup>[11]</sup>,改变对碎片化知识的记忆和重复,而转向在真实情境中迁移并解决问题。大概念理论(Big Idea)由美国学者格兰特·威金斯(Grant Wiggins)和杰伊·麦克泰格(Jay McTighe)系统提出,从两个维度为素养导向的科学教育提供了实现路径,一方面,大概念指向学科中的核心概念,反映了学科的基本结构和基本思想,能强有力地解释现象<sup>[12]</sup>,能够成为制定课程框架的核心观念<sup>[13]</sup>。另一方面,大概念具备迁移价值。正如布兰思福特(John Bransford)所强调的,“对基础性原则和观点的理解是培养迁移能力的主要途径”<sup>[14]</sup>。大概念使碎片化的知识系统化、连贯化、结构化<sup>[15]</sup>,连接不同的知识片段,使学生具备应用和迁移的能力<sup>[12]</sup>。

在落实科学核心素养中,大概念扮演着重要角色<sup>[16]</sup>,当前已以核心概念(Core Concept)、跨领域概念(Cross-cutting Concept)等不同措辞见诸中国、美国、加拿大、澳大利亚、新加坡等国家或地方课程标准<sup>[17-18]</sup>,也为场馆和学校合作、共同指向科学核心素养培育提供了实践锚点。基于此,大概念融合场馆与校内科学教育的应然性可从目标一致、形式互补和实践构想维度进行厘清。

### 1.1 以大概念统一馆校教育目标

大概念追求学科核心理解和迁移运用的双重面向使其贴合校内和场馆科学教育目标。对校内情境而言,《义务教育课程标准(2022

年版)》(以下简称《课标》)以大概念统整科学教学,强调“聚焦核心概念,精选课程内容”<sup>[18]</sup>,帮助学生达成对学习内容的深层次理解。对校外情境而言,场馆教育目标与大概念理念也具备内在吻合。科学场馆将知识蕴藏于实物、环境和活动中,为学生提供了重要的科学实践和知识运用场域。总体而言,校内和场馆科学教育在目标维度均将理解科学大概念作为科学核心素养培育的重要落脚点,为馆校相互衔接、相互补充的课程开发创造了契机。

### 1.2 以大概念定位馆校互补切口

大概念处于一种层级性的体系框架中,能统摄下位的小概念和具体现象。温·哈伦等学者根据抽象程度和解释力范围差异区分了大概念和小概念<sup>[11]</sup>。大概念基于小概念归纳,小概念抽象程度更弱,并随着大概念的运用被不断激活<sup>[17]</sup>。小概念又关联着诸多具体现象,由此形成了“大概念—小概念—具体现象”的层级划分。

围绕“理解大概念”这一共同目标,校内科学课堂和校外科学场馆在层级侧重点上有所差异。促成更具核心性和抽象性的概念理解是校内科学教育的优势所在。与此相对,场馆教育更聚焦学生对具体现象的具身感知和小概念建构。彼得·洛克斯利(Peter Loxley)指出,非正式科学情境所能提供的场景、经历、现象、刺激远远比教室更广泛、更生动,支持有深度的概念理解<sup>[19]</sup>。我国学者刘晟同样强调场馆中的大概念学习重在将参观者情绪和感官体验与具体的科学现象联系起来<sup>[20]</sup>,通过提供情境化的科学知识,鼓励参与式科学探索,让学生看见学科知识与现实世界的关联,以求得真实性的问题解决<sup>[21-22]</sup>。

### 1.3 以大概念指导场馆课程开展

大概念为场馆科学课程的内容组织提供了可遵循框架。课程标准凝聚着最精要的知

识结构,是提取大概念的重要来源<sup>[23]</sup>,科学场馆可对课程标准中现有学科大概念进行降维分级,抽离出表达不同维度的观点语句,随后寻找支撑这一观点的学习内容<sup>[24]</sup>,进而搭建课程内容框架。大概念指导课程设计在国外场馆教育实践中已得到运用,如英国科学博物馆集团(Science Museum Group)下属的伦敦科学博物馆等五大场馆均将课程标准深度融入教育项目设计与实施中,以课程标准为衔接学校和场馆的桥梁<sup>[25]</sup>。

基于此,本研究构建了基于大概念理论的场馆课程设计框架(见图1)。在左侧设计过程维度,框架的运用“自上而下”,始于确定校内外科学教育所共同关注的科学大概念内容。随后运用大概念层级结构作为分析馆校情境特征的工具,定位馆校互补切口。最后开展课程设计与实施。而课程设计产出的结果在逻辑结构上形似右侧双螺旋状“自下而上”,场馆与学校科学课程在最下位的教学内容、教育方式等维度各具特色。而这种差异的内在逻辑是馆校互补的教育情境特征,两者立足自身优势,在大概念框架的不同层级上各有侧重,并共同指向一致的教育目标,即促进学生理解科学大概念。

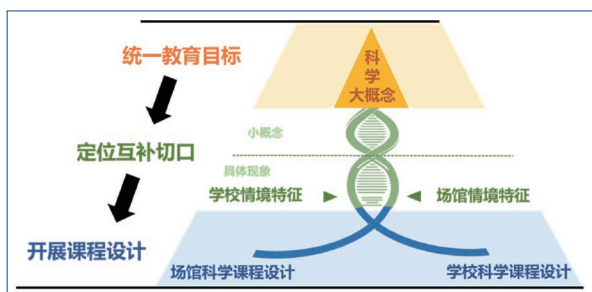


图1 基于大概念理论的场馆课程设计框架

## 2 实践探索：基于大概念的场馆课程设计与实践

研究者以植物园课程设计与实施为例,对上述课程设计框架开展实际运用和检验。课程以小学生为对象,这一群体处于储备科

学知识、激发科学兴趣、培育科学素质的奠基阶段,也是科学场馆学习的重要受众。课程设计遵循图1所示的3个主要步骤。首先定位核心概念,统一培养目标。《课标》明确了“物质与能量”“系统与模型”“结构与功能”“稳定与变化”4项学科核心概念<sup>[18]</sup><sup>[16]</sup>。其中“结构与功能”是生物学的基本观点<sup>[26]</sup>,在自然界的众多生命现象中有所体现,亦贴合植物园情境特征,因此被选定为本研究的大概念主题。随后,研究者以上海市“空中课堂”教学录像为校内课堂情境样本,以大概念层级框架分析其实践特征,关注课堂教学内容在不同层级上的分布,从而寻找场馆科学教育有机互补的着力点。最后,立足场馆优势,开展课程设计。

### 2.1 基于层级框架,分析校内科学课堂特征

本研究运用MAXQDA Analytics Pro 2020软件,从学科核心概念、小概念和具体现象3个层级对校内科学课程的教学内容开展编码分析。作为编码标准,学科核心概念被界定为有组织、有结构的科学知识和模型,处于科学学科的中心位置<sup>[27]</sup>。《课标》中与“结构与功能”相关的共有4条生物学核心概念,分别为生命系统的构成层次、生物体的稳态与调节、生物与环境的相互关系、生命的延续与进化。除此之外,小概念被界定为对学科事实的抽象表达,对特定范围的学科现象具有解释力,而具体现象指围绕学科主题的现象、特征和表现。

#### 2.1.1 校内课程的概念层级分布特征

对校内科学教育特征分析的样本来源于上海市“空中课堂”平台,该平台是上海智慧教育平台的重要组成部分,包含小学一线教师录制的全学段科学课堂视频微课,课程由上海市教育局组织本地中青年骨干教师,经过专家共同研课形成,具备一定的规范性和代表性。

根据“结构与功能”这一大概念主题，4个年级共计21个课程视频被纳入分析，并以“年级(y)–单元(u)–课程号(c)”作为命名代号。每个编码单元为完整的意义片段，即从授课内容开始涉及相应的概念类型起，直到该部分内容讲解完毕为止，该时间段即被记为编码一次。编码过程由两名研究者独立开展，在开始编码前，研究者对编码框架进行讨论并达成共识，编码完成后计算评分者一致性达88%，一致性良好。在数据分析后，研究者提取已编码课堂视频片段的时长在其所属课程总时长中的占比，并采用加权平均数方式计算各概念类型在单一课程中的平均时长占比，最后按照年级汇总（见图2）。

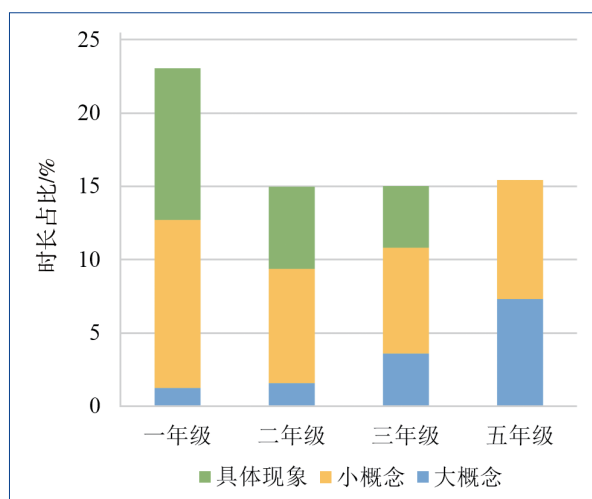


图2 上海市“空中课堂”小学科学“结构与功能”相关课程的概念层级分布

结果显示，概念层级的年级分布存在差异。学科核心概念随年级上升在课堂教学中的比重增加，在一年级课堂中占比仅有1.27%，在五年级课堂中已增长至7.33%。核心概念在课堂中以教师总结归纳为主要形式，如教师在课程最后指出，“今天我们了解了生物能够适应环境，在不同的环境如草原和森林中，生物均具备适应环境的生理特征”（y3–u4–c1）。小概念总体占比的年级分布较为稳定，主要呈现方式是“教师提问—学生作答”，教师引导学生归纳现象之间的共同特

征和规律，从而生成更具解释力和概括力的科学理解，如“通过观察，我们发现在自然界除了种子植物还有孢子植物，用孢子繁殖后代”（y5–u3–c1）。与此相对，具体现象的比重呈减少趋势，一年级课堂中占比最多，达10.33%，而在二、三年级有明显下降，五年级课堂的内容抽象程度更高，未出现具体现象。

## 2.1.2 校内课程针对具体现象的教学方式特征

作为馆校互补的切口，校内课程对“具体现象”的呈现方式得到重点关注，编码识别了“科学观察”“科学实验”和“举例”3类内容，分别占比23%、22%和55%。“科学观察”与“科学实验”是“探究实践”这一《课标》核心素养的重要组成<sup>[18]7</sup>。“科学观察”体现为教师通过演示帮助学生掌握有目的、有顺序、全面细致的观察方法，如教师邀请学生总结“我们可以用眼睛看叶子的形状和大小，用放大镜观察叶缘和叶脉，用鼻子闻叶的气味，用手触摸叶片表面”（y1–u4–c3）。“科学实验”则体现为教师对实验设计、实验过程和方法的讲解，并鼓励学生通过实验方式开展科学探究，如教师在课堂中播放“将一枝白色的花的茎剖开并分别插在两杯不同颜色的水中”的实验演示视频，并总结“植物的茎具有传输水分的作用”（y2–u6–c3）。而“举例”指课堂中以案例形式出现的事物与现象，其细节与特征往往未得到详细介绍，仅向学生做简单罗列，如教师以图片形式向学生列举了传统漫灌、喷灌、滴灌、水培等植物灌溉培植方法（y2–u6–c2），而对不同灌溉方式中水分进入植物根系的作用机制未进行深入讲解。

## 2.1.3 校内课程特征总结与互补需求定位

从总体上看，抽象化和结构化的科学知识体系依然是校内课堂重点关注的部分。在具体现象的呈现方式和丰富程度上依然存在较大的可完善空间。有研究指出，科学大概

念体系符合知识金字塔结构，自下而上分别为科学事实和现象、小概念和大概念，数量逐渐精减，内容逐步抽象，课程设计可遵循这一结构实现学习进阶<sup>[28-29]</sup>。而当前学校课堂的内容分布整体呈现“上下窄，中间宽”的“枣核形”，学生对丰富科学现象的探索和体验不够充分，课程对核心概念的触及也较为有限，而大量存在的是相对零散且较为抽象的小概念。追求大概念理解意味着实现具体与抽象的“协同思维”<sup>[30]</sup>，具体现象是理解大概念的重要基础，支撑大概念具备较强可迁移性<sup>[31]40</sup>。

在课时量和教学方式制约下，“举例”内容的大量存在即反映课堂容纳科学现象的能力有限，教师不得不对科学具体现象进行压缩以保障核心知识点的讲解，在“多而浅”的现象列举之上，由教师主导直接总结出相应的小概念。而学生探究、试错和归纳的过程则往往不够充分，难以使学生主动发掘现象背后的原理和机制。类似的，课堂中的“科学观察”和“科学实验”大都以教师示证或播放视频的方式向学生传授，将操作性技能转化为记忆性知识，弱化了学生亲自发现与感知科学现象的学习体验。

而场馆科学教育能为此提供有针对性的补充。科学场馆等非正式科学学习环境融合了多感官刺激和丰富的现象，为学生提供了主动选择、主动参与、具身体验的机会<sup>[32]</sup>。从大概念的核心价值维度为学生充分感知、探索多元的科学现象创造时空条件，从而使建构科学大概念理解具备着力点；从迁移价值维度帮助学生在科学理解和日常生活经验之间建立起联系<sup>[33]</sup>，使抽象科学原理更具备情境性，从而容易在面对新问题时灵活调用。

## 2.2 立足场馆优势，开展大概念课程设计

对校内科学课程的特征分析明晰了场馆

情境的独特优势。本研究遵循格兰特·威金斯和杰伊·麦克泰格提出的围绕大概念的逆向教学设计原则（Backward Design）开展课程设计，第一环节为明确预期结果，即理解大概念；第二环节为确定评估证据，采取多元评估手段收集大概念理解证据；第三环节为设计学习活动，包含各教学环节有机组合<sup>[12]14</sup>。

### 2.2.1 构建概念层级，定位具体现象

课程设计选定植物的叶为内容主题。叶子是植物体中相对外显的功能器官，为在不同环境中发挥功能，其形态结构存在非常多元的变化<sup>[34]</sup>，为展现丰富具体现象并帮助学生探索小概念和学科大概念奠定基础。对应植物园情境，“结构与功能”大概念被具体化为“植物的形态结构往往与其生存的环境相适应”，并基于课标提炼了“大概念—小概念—具体现象”的概念层级框架（见表1）。课程概念主要对应小学三至四年级课标内容要求。

表1 课程概念内容框架

| 大概念                 | 小概念                  | 具体现象                                                                                                         |
|---------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 植物的形态结构往往与其生存的环境相适应 | 不同环境下植物的外部形态结构具有不同特点 | 热带雨林中存在花叶现象和二型叶现象<br>热带雨林中存在滴水叶尖和巨叶现象<br>沙漠环境中叶子会长成针状、肉质或表面革质，如丝兰、虎刺梅、油橄榄                                    |
|                     | 不同特点都对维持植物生存发挥重要功能   | 热带雨林中的滴水叶尖和巨叶现象有利于迅速收集并排干叶子表面的水分<br>热带雨林中的花叶现象和二型叶现象是植物对弱光环境和防御需求等适应的结果<br>沙漠环境中的针状、肉质或表面革质叶子减少了水分的流失，适应干旱环境 |
|                     |                      |                                                                                                              |
|                     |                      |                                                                                                              |

### 2.2.2 确定评估手段，明确学习成果

对大概念理解情况的评估从两个维度展开。其一为概念理解，即学生在课程学习后掌握的大概念、小概念和具体现象情况；其二为概念迁移，即学生运用所学概念解决真实问题的表现。图示化评估工具“个人意义图”（Personal Meaning Mapping, PMM）被用作评估工具。学习者可自由使用单词、短语和绘画表达对特定主题的想法<sup>[35]</sup>。在课程

引入环节，研究者下发包含个人意涵图绘制指导语和绘制案例的学习单（见图 3、图 4），由学生用蓝色水笔围绕中心词“叶子与环境”完成意涵图绘制。在课程总结环节，学生使用黑色水笔对原有内容进行修改，同时补充新的知识理解。随后每位学生意涵图被转录提取其中的概念理解，并对照课程概念框架考察其层级分布。

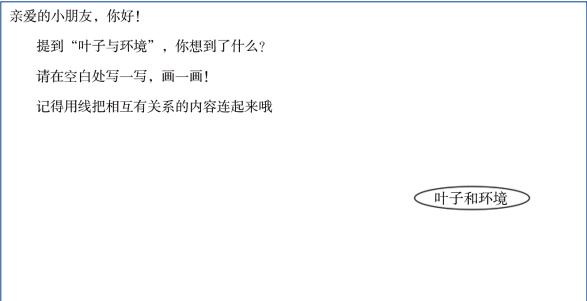


图 3 个人意涵图任务单（正面）

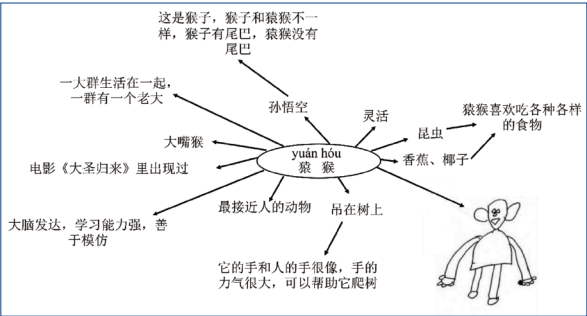


图 4 个人意涵图任务单（反面）

除此之外，课程活动包含表现性任务以考察概念迁移，并辅以对应的学习单（见图 5），研究者对表现性任务全过程进行视频录制并开展视频分析，以评估学生问题解决过程，从而检验学生对课程概念的迁移运用情况。

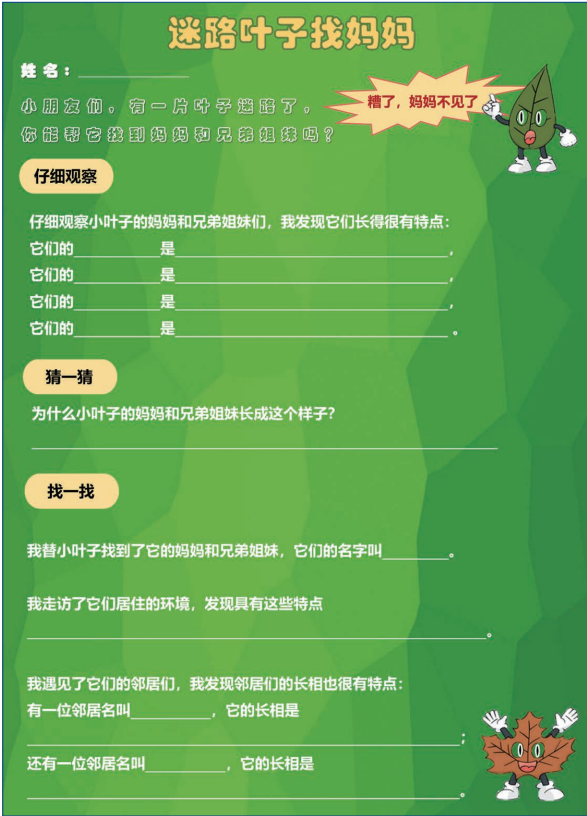


图 5 表现性任务学习单

2.2.3 开展活动设计，融入具身现象

自格兰特·威金斯和杰伊·麦克泰格提出大概念理论以来，围绕大概念的课程活动设计模式得到学界广泛探索。我国学者刘徽构建的“准备—建构—应用—反思”四要素模式<sup>[31][232]</sup>，既融合了诸多研究者的理论成果，又具备较好的本土适应性，被选定为课程活动设计框架。课程共计 5 个环节（见表 2），大概念内容框架贯穿其中，通过趣味性、探索性学习活动促进学生理解科学大概念。

表 2 课程主要环节及流程

| 课程环节        | 活动目的                                                         | 主要流程                                                                                         |
|-------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 环节一 我对叶子知多少 | 激活先验知识；作为个人意涵图前测活动，明确学生知识储备                                  | 教师下发个人意涵图任务单并讲解绘制方式，由学生独立完成意涵图绘制并上交                                                          |
| 环节二 叶子朋友在哪里 | 使学生调动触觉、嗅觉等感觉，仔细感知叶子结构                                       | 学生围圈闭眼，手背于身后，教师分发叶子，每 2~3 名学生手中为同种叶子；全场保持安静，学生通过触摸、闻嗅、敲击听音等方式感知叶片的形态结构特征；学生依次详细描述叶子的特征，并进行配对 |
| 环节三 雨林叶子大揭秘 | 引导学生深入认识热带雨林中植物的叶为了适应环境所产生的形态结构的变化，从而理解叶子结构的变化都对维持植物生存发挥重要作用 | 学生跟随植物园教师进入热带雨林温室参观学习，重点关注雨林中的滴水叶尖、花叶现象、巨叶现象、二型叶现象等植物叶子对环境的适应现象                              |

续表 2

| 课程环节          | 活动目的                                           | 主要流程                                                                                        |
|---------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 环节四 迷路叶子找妈妈   | 将表现性任务作为教学环节，使学生尝试使用已有知识解决陌生问题，在此过程中实现知识的激活和运用 | 学生以小组为单位领取装在信封中的某种沙漠植物叶子，细致观察并在学习单上记录叶子结构特征，随后在不携带叶子的情况下，进入沙生植物馆，以学习单为辅助，寻找该叶子所属的植物并记录其生存特征 |
| 环节五 小小叶子·大大收获 | 帮助学生理清思路，巩固所得；作为个人意涵图的后测环节，检验学生在课程学习后的概念理解有何变化 | 学生用不同笔墨对原始意涵图进行修改、补充、完善                                                                     |

2.2.4 招募参与学生，开展课程实施

研究立足上海市某综合性植物园，该园拥有数量庞大且相对稳定的受众家庭。课程招募信息通过官方微信公众号平台发布，结合课程内容与课标对应情况，参与者被限定为小学三至四年级学生，课程的研究性质和知情同意条款被清晰标注，最终有 9 名小学生参与本研究课程（见表 3）。

表 3 课程参与者基本信息

| 属性 | 分类  | 人数 / 人 | 编号                   |
|----|-----|--------|----------------------|
| 性别 | 男   | 2      | B1 B2                |
|    | 女   | 7      | G1 G2 G3 G4 G5 G6 G7 |
| 年级 | 三年级 | 4      | B2 G1 G3 G6          |
|    | 四年级 | 5      | B1 G2 G4 G5 G7       |

2.2.5 基于表现性任务的概念迁移情况

在课程实施中，学生以 2~3 人小组为单位完成任务，过程中会产生丰富的交流讨论、判断推理等信息，研究者收集了 4 个小组总计 70

分钟的视频资料，并运用 MAXQDA Analytics Pro 2020 软件，采用视频分析法（Video Analysis），构建编码框架对视频资料开展编码分析。格兰特·威金斯和杰伊·麦克泰格提出了评价大概念理解的 6 个侧面，即解释、阐明、应用、洞察、神入和自知<sup>[12][152]</sup>。课程表现性任务涉及其中的 3 个侧面，即解释、阐明和应用。其中，解释要求学生能避免常见的误解和简单肤浅的见解，能提供有力证据来证明观点；阐明要求学生提供有力的推理和叙述，能有效地观察并解读数据和情境；应用要求学生在情境中运用已有的知识，在行动时能够有效地进行自我调整<sup>[12][153]</sup>。对上述标准进行分解后，本研究搭建了学生行为表现视频分析编码框架（见表 4），共包含 5 类表现为。对照各行为表现的具体内容，研究者标注了学生在行为过程中主要调用的概念层级。

表 4 表现性任务视频分析编码框架

| 所调用知识层级 | 行为表现编码 | 编码具体内容                       | 参与者案例                                                           |
|---------|--------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 具体现象    | 信息收集   | 对所处情境及其中事物展开有效观察，从中提取有用的科学信息 | G6:（伸手触摸龙舌兰的叶子）哇！这个叶子是尖尖的，而且它特别厚，边缘还有锯齿                         |
|         | 区分比较   | 对不同具体现象展开对比，并能发现现象之间的相似与差异   | G7: 好像有点像，但我觉得它的叶子有点太大了。它是爱心形的，我们的那个特点更突出一点，更细长一点               |
| 小概念     | 循证推理   | 提出推理观点，并能为此提供依据              | B2: 像，这两个确实像，但是我觉得不是，因为它（目标叶子）的水滴状好像比这个宽，然后颜色又不太对，它（目标叶子）是深绿色的  |
|         | 自我调整   | 能自主克服与修正错误的判断并能为此提供依据        | G5: 我感觉不对了，我刚才看到这个，我感觉明显和这里（指任务单上的笔记）不一样，它好像是锯齿状的，我们的那个比较光滑     |
| 大概念     | 扩展迁移   | 能扩展已有对科学大概念的理解，并将其运用到新的场景中   | B1:（经过仙人掌展区）沙生馆里的叶子大都呈现收集水的样子，水是很重要的，对沙漠叶子来说，所以它们的形状都是为了适应干旱的环境 |

从编码结果来看（见图6），参与课程的学生在概念迁移维度能开展信息收集和比较，进行循证推理并及时纠正误解，进而理解不同情境所共享的大概念本质。具体而言，“信息收集”和“区分比较”行为的出现频次和人数均较多，反映了参与学生能很好地掌握具体现象。面对陌生的沙生植物叶子和沙生植物馆，绝大部分学生能综合运用视觉、触觉、嗅觉手段开展科学观察，有目的地收集叶子的特征结构信息，并持续开展现象间的共性提取和差异区分。与此同时，参与学生在小概念维度也有充分的理解，超过一半的学生展现出“自我调整”和“循证推理”行为。其中，“循证推理”出现频次较高，学生在对叶子的归属做出猜测或判断的同时，能够以叶子结构特点、其对环境的适应等相关证据佐证观点。面对过程中的误判，参与学生能够在持续的信息收集和区分比较中察觉错误并及时修正。在此基础上，有两名学生能够用大概念解释不同叶子结构特征背后的环境适应性这一共同本质，表达出对大概念的迁移运用。

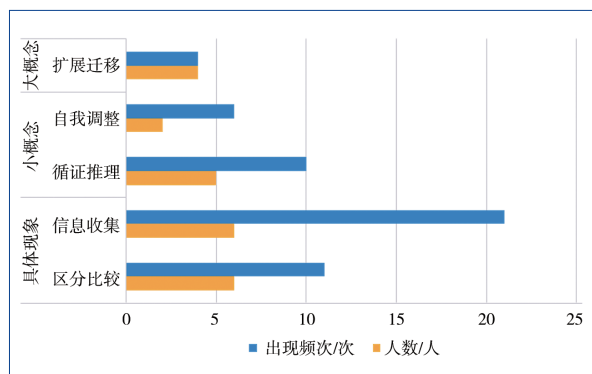


图6 学生概念迁移行为表现编码结果

## 2.2.6 基于个人意涵图的概念理解情况

个人意涵图展现了学生在课程前后的概念理解变化。研究者对照表1的课程概念内容框架，区分了参与者的概念理解在课程学习前后在大概概念、小概念和具体现象层级的分布（见图7）。

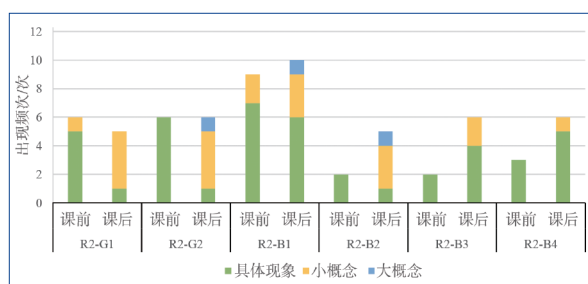


图7 参与者在课程前后概念理解的层级分布

从总体上看，参与者通过课程学习呈现出更具关联性的具体现象和小概念理解，以及更具抽象性的大概念理解。具体而言，大部分参与者在课程中所掌握概念的抽象程度和上位性上有所提升，B2、G5、G6和G7 4名学生在课程前均仅表现出具体现象和小概念理解，而在课程后能较精准地表达科学大概念，如G6写道“叶片的大小和厚度与他（它）生存的阳光和温度有密切关系，是他（它）适应环境的结果”。而G1、G3和G4 3名学生能从仅掌握零散的具体现象，转变为归纳现象背后潜藏的规律，从而实现小概念理解。如G4写道“不同环境的叶子样子不同，光照多的叶片大，光照少的叶片小”。除此之外，B1和G2两名学生尽管在课后学生概念理解的抽象程度并未进一步提升，但能将新掌握的具体现象与已有小概念之间形成关联，如B1在课后将“仙人掌在炎热环境，叶子是尖刺”与课前所写的“叶子和环境的关系很密切”连在一起。课程学习帮助学生在不同层级的概念之间建立了关联，形成更具体体系化的知识结构，进而为知识的迁移运用奠定基础。

## 3 经验启示：以大概概念为锚点创新场馆科学教育

本研究探索了以馆校深度融合为目标的场馆课程创新实践路径，构建了基于科学大概念的统—教育目标，厘清了互补优势，进而开展场馆课程设计的新模式，并对这一模式开展实践检验。以理解科学大概念为共同

目标,在与学校教育情境的衔接和比对中,将能充分发挥场馆科学教育的独特价值。

### 3.1 以具体现象为切入点,重构场馆课程内容

基于大概念框架对校内课堂情境的分析,指出了校内教育在学生科学大概念建构的过程中仍有局限,进而定位了场馆课程的需求。研究发现并明确了“具体现象”体验在其中的欠缺。学生往往需要直接记忆更具抽象性的小概念和科学大概念。已有研究指出,以记忆性信息的形式教授科学难以激发学生的兴趣和好奇心<sup>[36]</sup>,以这种方式习得的大概念也难以被灵活运用,获得的仅仅是没有被理解的惰性知识。而场馆科学教育是感知具体现象的重要场域。在场馆中,学习者拥有时间的自由、空间的开放和内容的生动,可以主动投入与科学现象的深度互动之中。诸多在学校课堂中无法呈现的资源,可以通过科学场馆这一渠道开放给学生,让他们可以自由探索。

基于大概念框架的学习分析可以明晰学校和场馆的各自特色,既避免了场馆课程学校化的误区,又定位了协同发展的契合点。对我国科学场馆而言,可以在场馆课程中给学生创造深度体验的机会,融入多感官体验、实物制作、模拟操作、虚拟现实、增强现实技术等,同时精选典型性、代表性的科学现象,使学生能对有价值的科学信息开展深入探索。

### 3.2 以大概念为逻辑,创新课程实施路径

大概念为场馆课程的具体设计提供了具有指导意义的框架,有助于场馆教育者“检

查在一个课程框架中哪些知识方面有所欠缺,进而补充完整知识体系”<sup>[37]</sup>。基于大概念的教学设计框架可以帮助串联场馆丰富的“具体现象”,为场馆课程开发提供了一条可以依托的主线,有效避免了各教学单元零散而割裂的问题。例如,本研究设计的课程各部分环环相扣,围绕一致的大概念展开,有意识地引导学生从具体现象归纳小概念,从小概念提取大概念,从而让每一教学环节均指向共同的大概念理解目标。大概念的引入同样对教学具体实施提出新要求。相较于常见的导赏游览中庞杂而浅层的现象展示,已有学者指出场馆课程应关注实践性,在场馆学习过程中采取“手脑并用、学思结合和知行合一”等具有实践形式的学习方式<sup>[38]</sup>。在本研究所设计的课程中,导向大概念构建的学习活动可以让学生在不同教学环节均有深入细致地聚焦叶子结构的细节开展观察的机会,进而让学生在陌生的情境中也能灵活地开展科学观察,提取有效信息。

综合来看,我国科学场馆可在深入研究课程标准的基础上,立足场馆特色和教育资源,在课程设计环节即确定大概念主题,以大概念作为内涵,系统化整合各类零散的科学现象,呈现现象之间的内在规律和关联,并引导学生构建科学解释;调动场馆中的探索性设施与资源,使学生聚焦特定大概念开展丰富的科学观察、科学实验和探究而最终指向科学大概念理解。以大概念为指导,场馆科学教育能更好地实现与学校教育的交错发展,真正具备与学校教育互补的能力。

## 参考文献

- [1] 新华社. 习近平在中共中央政治局第三次集体学习时强调 切实加强基础研究 夯实科技自立自强根基 [EB/OL]. (2023-02-22) [2023-02-23]. <http://cpc.people.com.cn/n1/2023/0222/c64094-32628987.html>.
- [2] 中共中央办公厅 国务院办公厅. 关于进一步减轻义务教育阶段学生作业负担和校外培训负担的意见 [EB/OL]. (2021-07-24) [2023-02-04]. [http://www.gov.cn/zhengce/2021-07/24/content\\_5627132.htm](http://www.gov.cn/zhengce/2021-07/24/content_5627132.htm).

- [3] 王晶莹, 刘青. 中学生校外科学教育状况的调查研究 [J]. 首都师范大学学报 (自然科学版), 2015, 36(2): 28-32, 42.
- [4] 全民科学素质行动规划纲要 (2021—2035 年) [M]. 北京: 人民出版社, 2021.
- [5] 大卫·安德森, 王乐. 场馆教育的前沿问题与热点探讨——访英属哥伦比亚大学大卫·安德森教授 [J]. 自然科学博物馆研究, 2020, 5(5): 61-67, 96.
- [6] MacDonald A, Danaia L, Murphy S. STEM Education Across the Learning Continuum: Early Childhood to Senior Secondary[M]. Singapore: Springer, 2020.
- [7] 季娇, 伍新春. 何为“好”的博物馆教育——博物馆学习效果的多元维度及指标分析 [J]. 教育研究与实验, 2021(1): 87-92.
- [8] 王乐, 刘晓霞. 基于核心素养的馆校合作课程资源开发研究 [J]. 教育与教学研究, 2019, 33(8): 24-32.
- [9] 周瑶. 学习理论视角下看博物馆教育与学校教育的有效结合 [J]. 中国博物馆, 2020(4): 22-26.
- [10] 宋娴. “双减”背景下科学类博物馆教育生态体系搭建: 现状、困境与机制设计 [J]. 中国博物馆, 2022(1): 4-9, 127.
- [11] Harlen W. Working with Big Ideas of Science Education[M]. Trieste: The Science Education Programme (SEP) of the Interacademy Partnership (IAP), 2015.
- [12] Wiggins G, McTighe J. Understanding by Design (2nd Expanded) [M]. Alexandria, VA: Association for Supervision & Curriculum Development, 2005.
- [13] Semilarski H, Soobard R, Holbrook J, et al. Exploring the Complexity of Student-Created Mind Maps, Based on Science-Related Disciplinary and Interdisciplinary Core Ideas[J]. Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education, 2020, 17(1): e2227.
- [14] Bransford J D, Brown A L, Cocking R R. How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School[M]. New York: The National Academies Press, 2000.
- [15] 郑青岳. 大概念的特征及其对科学教学的启示 [J]. 物理教师, 2021, 42(4): 14-17.
- [16] 李刚, 吕立杰. 落实学科核心素养: 围绕学科大概念的课程转化设计 [J]. 教育发展研究, 2020, 40(Z2): 86-93.
- [17] 刘徽. “大概念”视角下的单元整体教学构型——兼论素养导向的课堂变革 [J]. 教育研究, 2020, 41(6): 64-77.
- [18] 中华人民共和国教育部. 义务教育科学课程标准 (2022 年版) [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2022.
- [19] Loxley P. Big Ideas in Outdoor Primary Science[M]. New York: Routledge, 2021.
- [20] 刘晟. “大概念”对科学教育至关重要——《科学教育的原则和大概念》导读 [J]. 自然科学博物馆研究, 2017, 2(2): 87-92.
- [21] 李凯, 吴刚平. 为素养而教: 大概念教学理论指向与教学意蕴 [J]. 比较教育研究, 2022, 44(4): 62-71.
- [22] Stuckey M, Hofstein A, Mamlok-Naaman R, et al. The Meaning of ‘Relevance’ in Science Education and Its Implications for the Science Curriculum[J]. Studies in Science Education, 2013, 49(1): 1-34.
- [23] 王强, 李松林. 大概念教学设计的三个框架 [J]. 教育科学研究, 2022(9): 55-60.
- [24] 刘艳萍, 章巍. 学科大概念统领下的单元整体教学之整校探索 [J]. 中小学管理, 2021(7): 27-31.
- [25] Science Museum Group. What Influences Science Capital: The Eight Dimensions[EB/OL]. (2016-09-01) [2023-02-14]. <https://learning.sciencemuseumgroup.org.uk/blog/eight-dimensions/>.
- [26] 苏爱娣. 初中生物学结构与功能观念: 内涵、价值与培育策略 [J]. 生物学教学, 2022, 47(6): 15-19.
- [27] 韦钰. 以大概念的理念进行科学教育 [J]. 人民教育, 2016(1): 41-45.
- [28] 李刚, 吕立杰. 科学教育中的大概念: 指向学生科学观念的获得 [J]. 自然辩证法研究, 2019, 35(9): 121-127.
- [29] Bang D, Park E, Yoon H, et al. The Design of Integrated Science Curriculum Framework Based on Big Ideas[J]. Journal of the Korean Association for Science Education, 2013, 33(5): 1041-1054.
- [30] 埃里克森, 兰宁. 以概念为本的课程与教学: 培养核心素养的绝佳实践 [M]. 鲁效孔, 译. 上海: 华东师范大学出版社, 2018.
- [31] 刘徽. 大概念教学: 素养导向的单元整体设计 [M]. 北京: 教育科学出版社, 2022.
- [32] Shaby N, Assaraf O, 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.
- [33] Nesimyan-Agadi D, Assaraf O. Making an Impression: What Do Students Who Attended an Informal Evolution Enrichment Program in the Sixth-Grade Recall from the Experience 3 Years Later?[J]. Journal of Research in Science Teaching, 2022, 59(2): 252-284.
- [34] 邹支龙. 叶的形态、结构、功能及其适应性特征例析 [J]. 生物学教学, 2019, 44(3): 69-70.
- [35] Falk J, Moussouri T, Coulson D. The Effect of Visitors’ Agendas on Museum Learning[J]. Curator (New York), 1998, 41(2): 107-120.
- [36] Kanli U, Yavaş S. Examining the Effect of Workshops Pedagogically Modelling Exhibits at Science Centres on the Development of Students’ Conceptual Achievements[J]. International Journal of Science Education, 2021, 43(1): 79-104.
- [37] 金荣莹. 馆校合作课程资源开发策略研究——以北京自然博物馆为例 [J]. 科普研究, 2021, 16(3): 91-98, 111-112.
- [38] 王杰, 陈书强. 走向深度体验的场馆课程 [J]. 教学与管理, 2021(3): 92-95.

(编辑 颜 燕 袁 博)

## Research on the Mechanism and Path of Collaborative Development of Research and Practice Courses by Museum, School and Society

Yu Xiunan<sup>1</sup> Xu Chang<sup>2</sup>

( Beijing Dongcheng District Youth Science and Technology Museum, Beijing 100011 )<sup>1</sup>

( Beijing Dongcheng District Education Science Research Institute, Beijing 100009 )<sup>2</sup>

**Abstract:** In response to the challenges in meeting the diversified needs of primary and secondary school students for research and practice courses, the imbalance between the supply and demand side of the courses, as well as the inadequate performance of public extramural education units, it is urgent to integrate the resources of multiple entities to break the current dilemma of study and research practice courses. Being a new type of educational governance structure, the Museum–School–Society collaboration has important insights and references to break the current dilemma of the study and research practice curriculum. Based on the unique function of “youth science and technology museums”, the thesis adopts a descriptive single–case study approach to describe and reveal the specific actions of youth science and technology museums in promoting the study and research practice curriculum in collaboration with schools and society. The results indicate that the theoretical model guiding mechanism pointing to the cultivation of students’ core literacy, the supply and demand balancing mechanism under the participation of multiple subjects, and the implementation process optimization mechanism promoting the refinement of the whole process are the basic prerequisites to guarantee the involvement of multiple subjects. Guided by the mechanism, organizational synergy, program synergy, operation synergy, and evaluation synergy are the specific paths to break out of the dilemma of research and practice courses. It is recommended that teachers in different areas further update their concepts and get rid of the misconception of independent development; educational administrations should transform and function as a coordinator, and public extramural units should take the initiative and vigorously integrate external forces. Thus, a synergy of education with the participation of multiple subjects will be achieved.

**Keywords:** museum–school–society collaboration; field trip; practice courses; collaborative development; youth science and technology museum

**CLC Numbers:** N4; G459 **Document Code:** A **DOI:** 10.19293/j.cnki.1673–8357.2023.04.010

## Design Science Museum Course with the Science Big Idea: The Model Exploration for the Museum–School Collaboration

Chen Yizhe<sup>1</sup> Yan Xiaomei<sup>1</sup> Wang Fengying<sup>2</sup>

( School of Education, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 201100 )<sup>1</sup>

( Shanghai Chenshan Botanical Garden, Shanghai 201602 )<sup>2</sup>

**Abstract:** This research constructed a curriculum–design model based on big idea theory, which focused on students’ understanding of core concepts and application of science knowledge, thus providing a possible framework for the collaboration of museums and schools. Specifically, museums and schools shared the common goal of prompting students to understand science big ideas, while having respective context features. Accordingly, a botanical garden science course for primary school students was designed under this model. As a result, participants showed more abstract and transferable conceptual understanding after the course learning. In the future, Chinese science museums could focus more on students’ perception of science phenomena and course integrity based on big idea theory in order to complement school science education.

**Keywords:** big idea; museum course design; Museum–School collaboration; science education

**CLC Numbers:** N4; G459 **Document Code:** A **DOI:** 10.19293/j.cnki.1673–8357.2023.04.011

---

## From Biography to Film and Television: The Image of Li Shizhen in Science Communication

Jiang Lisha<sup>1</sup> Liu Bing<sup>1,2</sup>

( Institute of Chinese Medical Literature and Culture, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250355 ) <sup>1</sup>

( China Association for Science and Technology–Tsinghua University Research Center for Science and Technology Communication and Popularization, Beijing 100084 ) <sup>2</sup>

**Abstract:** By studying the image of Li Shizhen and its transformations in biographies, biographical films and TV dramas of different periods, some experiences are provided for the creation of biographies, movies, and TV dramas that are more acceptable to the audience and the same time academically sound images of scientists. The image of Li Shizhen in biographies has undergone a transformation from a Confucian doctor with legendary colours to a great scientist and then to a famous ancient Chinese medical practitioner with outstanding excellence, extraordinary qualities, and great achievements. The image of Li Shizhen in film and television dramas has been transformed from a great scientist who is authoritative and represents scientific truth and orthodoxy to an ordinary man of flesh and blood, full of emotion and vividness. For the construction of the image of scientists, it is not only necessary to be concerned about their occupation, work, and achievements but also to consider the latest academic research and the description of their personal life, character qualities, and moral and spiritual aspects.

**Keywords:** Li Shizhen; biographies; image of scientists; biographical films and dramas

**CLC Numbers:** N4; G206.3 **Document Code:** A **DOI:** 10.19293/j.cnki.1673–8357.2023.04.012