

国际视野与本土实践： 科学方法论视角下的小学科学教材优化途径

林长春^{1*} 廖彬²

(1. 重庆师范大学科技教育与传播研究中心, 重庆, 400047;

2. 南京大学教育研究院, 南京, 210023)

摘要: 本研究立足于科学方法论的宏观视角, 首先对我国小学科学教材的历史沿革及其背后指导思想的变迁进行梳理, 然后通过比较分析国内外代表性小学科学教材在科学方法呈现方式上的差异, 揭示当前我国小学科学教材在此方面存在的不足, 尤其是科学方法知识体系的隐性化处理、内容呈现的碎片化状态, 以及探究活动设计与儿童生活经验、认知发展规律未能充分结合等情况。本研究提出以科学方法显性化和进阶化体系为核心的优化思路, 倡导将科学方法作为一条清晰、连贯的“明线”贯穿教材始终, 构建一套与儿童认知发展阶段相匹配、逻辑层次清晰、螺旋式上升的科学方法进阶框架, 从而有效支撑核心素养落地。

关键词: 小学科学教材; 科学方法论; 核心素养; 国际比较

一、引言

教材作为教育思想的物化形态, 是连接国家课程标准理念与课堂教学实践的直接载体, 其品质直接影响教育目标的实现效果。在科学教育领域, 教材的优劣更是深刻影响着国家科学课程的实施效能以及学生科学核心素养的最终养成。我国教育部颁布的《义务教育科学课程标准(2022年版)》将学生的“核心素养”凝练为“科学观念、科学思维、探究实践、态度与责任”四个维度, 并明确将“探究实践”置于核心地位, 强调学生需“掌握基本的科学方法, 具有初步的探究实践能力”。^[1] 这一论述体现了科学方法在整个科学学习体系中的根基性地位——无论是科学观念的建立、科学思维的锤炼, 还是科学态度与社会责任感的培育, 其根本都依托于真实、有

* 林长春, linchangchun@cqnu.edu.cn。

效的科学探究实践活动，而任何探究实践的内核，均是对科学方法的自觉意识与恰当运用。

然而，审视当前我国小学科学教育的实践图景，一个突出的矛盾现象不容忽视——课程标准所倡导的“探究实践”的先进育人理念，与一线课堂中探究教学实践的普遍乏力形成了鲜明反差。不少研究与课堂观察表明，许多中小学教师对于科学探究的本质内涵，特别是如何围绕核心科学方法来设计、组织和引导探究活动，仍存在不同程度的理解偏差与实践困惑。^[2] 这种理念与实践之间的割裂，深层原因在很大程度上可归咎于教材编写层面的支撑不足。当前，科学方法在我国现行主流小学科学教材中，普遍存在着呈现方式过于隐晦、知识体系缺乏系统性、与探究环节的结合不够紧密等问题^[3]，这使得教材未能为师生的教与学提供一套清晰、有力且可操作的方法论指引。教材若不能在科学方法的显性化、结构化、进阶性上实现质的突破，那么通过探究提升教学质量、有效培养核心素养的目标便难以达成。

因此，本研究选择以小学科学教材的编写优化为核心议题，从科学方法论这一关键视角切入，旨在系统性地回答以下三个核心问题：第一，当前我国小学科学教材在科学方法的呈现上，究竟存在哪些亟待解决的问题？第二，国际上科学教育发达国家的先进教材，在处理科学方法这一要素时，展现了哪些值得我们深入剖析和借鉴的成功经验？第三，如何立足科学方法论的理论指导，结合我国国情与学生认知特点，构建一个更为科学、有效的教材编写框架与实施策略？

二、理论基础

（一）科学方法论的核心内涵与哲学意蕴

科学方法论本质上是关于人类如何开展科学研究、获取可靠知识的一般性理论体系，它是连接抽象的哲学认识论与具体的学科研究实践的关键桥梁。^[4] 在自然科学的范畴内，科学方法论具体指的是人类在探索自然奥秘、建构科学知识体系、解决实际科学问题的系统性活动中所普遍遵循和运用的方法、规则与程序之总和。其根本任务在于为人类认识世界、改造世界提供一套普遍有效、逻辑自洽的工具。从更深的哲学层面看，它体现了科学活动所内嵌的理性精神、实证原则和批判性思维，是区别于其他知识体系的根本标志之一。

（二）科学方法的层次结构与教育选择

科学方法的体系并非扁平化的，而是呈现出鲜明的层次性特征，通常可以从宏观到微观划分为三个层次：

首先是哲学方法论层次，此层面提供的是最为普适和根本的认识论原则与世界观指导，例如唯物辩证法中的对立统一、量变质变等规律，它们为一切科学探索提供了最顶层的思想框架。

其次是一般科学方法层次，这是适用于几乎所有自然科学分支乃至诸多社会科学领域的基础性、通用性方法。依据人类科学认识的逻辑进程，这一层次的方法可细分为三类：一是获取感性经验材料的经验认识方法（如观察、实验、测量等），这是科学认识的起点；二是理性逻辑思维方法，包括构建与检验科学理论的方法（如假说—演绎法、模型建构法、数学方法等），以及一般逻辑方法（如比较、分类、分析、综合、归纳、演绎等），其中前者是科学理论建立和发展的关键；三是充满创造性的非逻辑方法（如想象、直觉、灵感、猜想等）。

最后是具体学科方法层次，这一层次一般在特定的学科领域内（如物理学、生物学、化学）形成，它们的方法具有高度针对性，例如生物学中的谱系分析法、天文学中的光谱分析法等。

在基础教育，尤其是小学科学教育的语境下，我们所谈论的科学方法教学，其核心内容主要聚焦于一般科学方法层次中的那些基础性、普适性最强的方法。这些方法，如观察、实验、测量、控制变量、建立模型、假说等，是构成学生科学探究实践能力的基本“细胞”，是他们未来进行更复杂科学探索的必备工具。^[5]

（三）科学方法论在小学科学教育中的多元核心价值

将科学方法论的教学融入小学科学课程，其价值是深刻且多维度的：

其一，科学方法论是探究实践的基础。任何有意义的科学探究活动，都必然遵循一定的逻辑链条，例如提出问题—猜想假设—设计方案—获取证据—分析解释—表达交流。支撑这一链条中每一个环节有效运转的，正是具体的科学方法。例如，通过观察法敏锐地发现问题，运用假说方法进行创造性猜想，借助控制变量法设计严谨的实验。离开了方法的有力支撑，探究活动极易偏离轨道，或流于浅表，缺乏深度思维的参与。

其二，科学方法论是培养科学思维的条件。对科学方法的刻意学习和反复训练，是培养学生高阶科学思维（包括逻辑思维、批判性思维和创造性思维）最直接、最有效的路径。例如，控制变量法的训练，本质上是培养学生严谨的归因思维；模型建构的过程，核心是发展学生的抽象思维与系统思维；比较与分类的学习，则是培养学生有序思维和辨析能力的基础。

其三，科学方法论能加深对知识理解。学生对于一个科学概念或规律的理解深度，很大程度上并不取决于能否背诵其定义，而取决于是否能理解这个知识是如何被发现、被验证的。方法论知识是开启科学知识本质理解大门的钥匙。让学生了解伽利略如何通过斜面实验研究落体运动，比单纯告知他们结论更能让他们深刻理解实验在物理学中的作用。

其四，科学方法论是科学本质（Nature of Science, NOS）观的载体，显性化的科学方法教学是帮助学生构建科学的科学本质观（Views of NOS）的重要途径。^[6] 通过学习和实践科学方法，学生能亲身体会到科学知识并非一成不变的真理，而是暂时性的。科学结论必须建立在可重复的证据之上，即具有实证性。科学发展中充满了人类的创造性想象。这正是 HPS（科学史、科学哲学与科学社会学）教育理念所倡导的核心路径。^[7]

三、历史与现状：我国小学科学教材中方法论的缺失与现实困境

（一）教材编写指导思想的演变轨迹

回顾我国小学科学（及前身“自然”）教材的发展历程，其指导思想经历了数次深刻的转型。

中华人民共和国成立初期至改革开放前（20 世纪 50~70 年代）：这一时期，教材编写深受苏联教育模式的影响，高度强调系统、严谨的科学知识体系传授。在内容组织方面，教材与当时的社会政治、经济环境紧密相连，偏重于工农业生产实践所需的知识，带有浓厚的政治性和生产性色彩。尤其是在“文化大革命”时期，教材内容更是直接服务于生产实践的需求。

改革开放至世纪之交（20 世纪 80~90 年代）：随着思想解放和教育改革的推进，教材编

写开始跳出单纯知识传授的窠臼，首次明确提出要关注学生的能力培养，尤其是创造能力的培养。教材内容不再片面追求学科知识的逻辑完整性，并开始引入现代科技知识，增强教材的时代感。

新世纪以来（2001年至今）：这是我国小学科学教育发生根本性变革的时期。2001年《全日制义务教育科学（3~6年级）课程标准（实验稿）》的颁布，标志着课程名称从“自然”正式转向“科学”。更重要的是，标准首次将科学探究作为核心理念和主要的学习方式引入了小学科学教育。此后，课程标准历经2017年和2022年两次重要修订，以核心素养为导向的教育理念日益清晰和深化。当前我国各地使用的主流教材，均是依据最新的2022年版课程标准进行编写或修订的，内容上普遍涵盖了物质科学、生命科学、地球与宇宙科学、技术与工程四大领域。

（二）现行教材的共性特征与深层问题

通过对教科版、苏教版、人教版等主流小学科学教材进行文本分析，可以发现它们在宏观层面呈现出一些值得肯定的共性特征。例如，均明确以核心素养为纲，强调科学观念、科学思维、探究实践和态度责任的整合培养。在栏目设计和活动安排上有意识地凸显对学生思维的引导与训练，普遍设置了形式多样的探究活动栏目，并注重融入中国科技成就、传统文化等本土化元素，关注地区差异，初步尝试体现人工智能等现代科技的影响。

然而，在我国小学科学教材不断改革发展的背景下，当我们用科学方法论对其进行深度剖析时，便会发现一个核心的、制约其育人效能的瓶颈问题——科学方法论在教材中的显著缺失与呈现困境。

首先是科学方法隐性化而非显性化，这是核心问题。尽管教材中安排了大量的观察、实验、制作等活动，但科学方法本身作为一个关键的术语和明确的知识体系，却极少被直接、系统地提出和阐述。有研究指出，当前教材更多是让学生经历探究过程，而非教会学生如何开展探究。^[8]方法类的知识（如何观察、如何分类、如何控制变量）往往隐含在具体的活动步骤、教师用书的提示或活动后的结论中，高度依赖教师的解读引导和学生的自主领悟。这种“只可意会，不可言传”的设计，导致了课堂上教师不讲科学方法、不善讲科学方法，学生不知有科学方法、不识科学方法为何物的现象。

其次是科学方法碎片化而非系统化。由于缺乏顶层的方法论统摄，教材中涉及的各种科学方法零散地分布于不同年级、不同单元和不同主题的活动中，彼此孤立。研究发现，不同版本教材在科学方法的呈现上均存在系统性的不足^[9]，教材往往未能对方法本身（例如，什么是控制变量？为什么要控制变量？如何设计一个有效的控制变量实验？）提供清晰的定义、阐明其适用情境、梳理其内在逻辑关联，更遑论设计一套循序渐进、螺旋上升的系统性训练体系。方法知识在教材中呈现为一个个孤立的知识点，而未能串联成一条引导探究能力发展的方法链。

再次是探究要素与方法支撑的脱节。教材所设计的探究活动，其环节（如提出问题、建立假设、设计实验、处理数据等）往往是程序化的，未能清晰地与支撑该环节的核心科学方法（例如，用观察法和比较法来提出问题，用假说方法来建立假设，用变量控制法来设计实验，用比较/分类/图表法来处理数据）建立起显性的、强有力的连接。这使得探究过程缺乏了方法论的支撑，学生只是在“走流程”，未能在流程中习得方法、运用方法。

最后是方法论支撑的缺位，从而导致探究活动易于形式化。当探究活动缺乏清晰的方法论指导时，其结果往往是活动场面热闹，但学生的思维含量却很低。学生看似动了手，但并未真正地动了脑。这种低效的探究无法有效地指向核心的科学思维和实践能力的培养。这也从深层解释了为何众多一线教师反映探究活动实施难度大、课堂时间紧张，因为缺乏方法指引的探究，必然是低效、耗时且学习产出有限的^[10]。

四、科学方法显性化呈现的教材范例与启示

将目光投向国际，审视以美国、英国等为代表的科学教育发达国家的小学科学教材，一个极为显著的共同特点是：他们高度重视科学方法的显性化、系统化呈现，并将其作为贯穿教材编写的一条明线和学生能力培养的核心基石。

（一）典型国际教材案例分析

1. 美国教材的“过程技能”与“探究实践”传统

以《科学启蒙》(Science Start)为代表的早期教材，深受美国科学教育中传统悠久的“过程技能”(Process Skills)影响。它们将观察、比较、分类、测量、预测、推断、交流等基础科学方法明确地称为过程技能，并将其作为与科学概念同等重要的、明确的学习目标。教材中会清晰地列出每一册、每一单元需要重点训练的过程技能，并在具体的探究活动中用专门的图标或文字明确标注出来，通过单元小结、技能回顾等方式进行反复强化。这种设计清晰地传递出一个信息，科学方法的训练是达成科学知识理解和科学素养培养目标的必要途径。

基于《新一代科学标准》(NGSS)的现代教材革命性地提出了三维学习框架，其中科学与工程实践(Science and Engineering Practices, SEPs)是与学科核心思想、横贯概念并列的核心维度之一。^[11]与之配套的新一代教材(譬如由加州大学伯克利分校劳伦斯科学馆研发的Amplify科学课程Amplify Science)^[12]，在设计任何一个探究活动时，其学习目标不仅指向某个科学概念，更明确指向支撑该活动的核心实践能力(如提出问题与定义问题、开发与使用模型、计划与实施调查、分析与解释数据、运用数学与计算思维、建构解释与设计解决方案等)。更重要的是，在探究活动结束后，教材通常会设置专门的板块，对活动中运用的关键方法(如如何进行系统性观察、如何分析数据中的模式)进行提炼、总结和术语化，帮助学生完成从“做”到“思”的转变，形成方法论层面的认知。

2. 英国《牛津国际小学科学》^[13]

这套教材的一个显著特色是，在起始部分或特定单元中设置名为“如何成为一名科学家?”(How to be a scientist?)或“科学技能”(Science Skills)的专门板块。这些板块会集中、图文并茂地呈现观察、比较、分类、测量、记录、预测等基础科学方法，并配以清晰的操作步骤指导和生动的实例，为整个学期的学习打下方法论基础。

此外，该教材的科学工具与方法是紧密绑定的。教材在介绍放大镜、温度计、量筒等常用科学工具时，会明确地将其对应的使用方法、适用场景和注意事项进行详细说明，将方法与工具紧密绑定，极大地增强了方法教学的可操作性。

(二) 对我国小学科学教材编写的核心启示

首先,科学方法论必须成为一条明线,不应再是隐藏在科学探究活动背后的附加品,而应确立为教材设计清晰、连贯的主线,成为学生需要明确认知、学习并掌握的核心内容之一。

其次,科学方法体系必须追求系统化与结构化。科学方法的学习和训练应遵循其内在的逻辑和儿童认知发展的规律,设计出由易到难、由单一到综合、螺旋式上升的进阶序列。

再次,科学方法教学必须坚持显性标注与术语界定。在科学探究活动及相关阅读文本中,应明确使用科学方法的规范术语(如观察、变量控制、分类、模型建构等),并对其内涵、意义和操作要点进行清晰阐释,帮助学生建构科学的语言体系。

然后,科学探究过程必须实现要素与方法的强关联。必须在教材中为探究过程的每一个逻辑步骤(提出问题、假设、实验、结论等)与支撑它的核心科学方法建立紧密而显性的联系,让学生明白为何要这么做以及可以怎样做。

最后,科学方法学习必须包含总结提炼与反思迁移。在活动之后,必须提供专门的空间和引导,让学生有机会对自己所使用的科学方法进行回顾、总结和评价,思考其优缺点和改进方向,从而促进其元认知能力的发展。

五、构建以科学方法论为支柱的新一代小学科学教材体系

基于对我国小学科学教材核心问题的深度诊断,并借鉴国际先进经验,本研究提出一套以推动科学方法从“隐”到“显”、从“零”到“整”、从“知”到“能”为目标的系统性优化策略。

(一) 实现科学方法论的显性化与结构化

设立“科学方法”专栏/模块,这是实现方法论显性化的最直接手段。可以在每个单元的起始页、重要探究活动前后,或是在教材的书末附录中,设立固定的、标志性的“科学方法聚焦”“探究工具箱”“像科学家一样思考”等栏目。在内容上,清晰地定义本单元或本活动将要学习或运用的核心科学方法(如观察、比较、分类、测量、控制变量、建立模型、推理等)。在功能上,简明扼要地阐述该方法的科学价值、适用情境、具体操作步骤以及关键的注意事项(例如,有效观察的四个要点、控制变量实验设计的三步法等)。在形式上,提供简洁明了、贴近学生认知水平的范例,最好图文并茂。

在科学探究活动中嵌入显性的方法指导与脚手架,将方法指导无缝融入探究过程的每一个环节。譬如在探究活动的每个步骤(例如,“提出我的问题”环节)旁,用旁白或提示框明确点出此处可以运用的核心方法(例如,“通过仔细观察和比较这两种现象,你能提出什么值得探究的问题?”)。设计一系列结构化的引导性问题,促使学生主动思考和运用科学方法。例如,在设计实验环节,可以提问:“在这个实验中,为了保证公平,你需要控制哪些条件保持不变(控制变量)?哪个条件是你唯一想要改变来研究的(操纵变量)?你预期会观察到什么不同的结果(建立假设)?”

广泛运用可视化思维工具,借助图形化的工具,将抽象的探究逻辑和方法关系变得直观、清晰。有研究表明,思维导图等可视化工具能有效帮助学生梳理科学概念和探究过程,提升学习效

率。^[14] 可以引入思维导图来梳理探究方案,用流程图来展示探究步骤与方法的对应关系,用概念图来表达变量之间的复杂关系,用维恩图进行对比分析,用T形图或鱼骨图来分析因果。例如,在进行控制实验前,引导学生用一个简单的对比表格清晰地列出实验组和对照组的所有条件,哪些相同,哪些不同,一目了然。

(二) 构建螺旋式上升的科学方法学习进阶体系

科学方法的学习绝非一蹴而就,必须遵循儿童的认知发展规律和科学方法本身的逻辑复杂度,设计一套贯穿整个小学阶段、螺旋式上升的方法学习路径。这在本质上是布鲁纳“螺旋式课程”理论在方法教学上的具体应用。特别是要参考皮亚杰关于儿童认知发展的阶段理论,将教学内容与学生的认知水平相匹配。^[15]

在认知发展的低段(1~2年级)注重感知与基础操作,重点训练获取外部信息的基础方法。如运用多种感官进行有目的的观察,寻找事物异同点,按单一、外显标准进行的简单分类,运用非标准单位(如一拃)进行的体验式测量,以及用图画、符号等方式进行的简单记录。强调在学生极为熟悉的、具体的、生活化的情境中(如玩具、食物、校园植物)自然地运用这些方法。

在认知发展的中段(3~4年级)注重规范操作与初步探究(对应具体运算阶段),发展处理信息与设计简单探究的科学方法。如使用标准工具(刻度尺、温度计、天平)进行精确测量,按多个或内隐标准进行复杂分类,开始初步识别变量并理解其含义,能基于观察到的证据做出简单的预测和解释,学习使用简单的表格、柱状图来记录与呈现数据,并尝试用示意图、流程图等方式进行初步的模型表达。开始接触简单的、结构化的实验设计,尤其是在教师的引导下产生控制单一变量的初步意识。

在认知发展的高段(5~6年级)注重自主设计与抽象推理(对应具体运算阶段后期向形式运算阶段过渡),强化自主设计、系统分析和抽象逻辑推理的方法。如能够独立地识别和控制变量,自主设计对比实验和重复实验,系统地收集和记录多组数据,能主动选择并运用柱状图、折线图等多种图表分析数据并从中寻找规律和模式,能基于证据进行逻辑推理和构建解释,能主动构建和使用概念模型或物理模型来解释复杂的科学现象,初步运用演绎和归纳的逻辑进行论证。关注多种方法的综合应用,并能尝试将所学方法迁移到全新的、更复杂的问题情境中去。

(三) 丰富科学方法论呈现的载体与情境

1. 尝试将科学方法论融入多元化的教学案例

经典科学史案例(HPS视角),精心选择并改编那些能够生动展现关键科学方法诞生与应用的科学史故事。例如,通过讲述伽利略如何巧妙设计斜面实验来“化曲为直”“化快为慢”地研究落体运动,让学生深刻理解控制变量和理想实验的思想作用;通过介绍孟德尔如何通过长达八年的豌豆实验并运用统计方法最终发现遗传定律,让学生领会长期且系统的观察和数据分析的重要性。^[16]

贴近生活的现实案例,设计与学生日常经验(衣、食、住、行)紧密相关的探究情境,如厨房里的科学(探究酵母发酵的条件)、校园植物调查(学习分类和制作标本)、不同材料的保暖性测试等,让方法的学习更具亲和力、实用性和可迁移性。

技术与工程案例（STEM/STEAM 整合），在技术与工程学习领域中，要特别突出工程设计流程（明确问题—设计方案—制作原型—测试评估—优化迭代）中所蕴含的独特方法论，如建模、测试、权衡与取舍、优化等。

2. 创设生动活泼的呈现形式

引入卡通形象与故事化叙事，可以设计一个或一组深受学生喜爱的、贯穿整套教材的卡通科学家或小探险家形象（如好奇博士、问问鼠等），以他们探险、发现故事为载体，在生动有趣的情节中，自然而然地融入科学方法的学习和应用。

模拟科学家/工程师的真实工作场景，借鉴国际优秀的 STEM 教育资源，可以在教材中通过插画、照片或二维码链接的视频，模拟呈现科学家在实验室、工程师在设计室的真实工作片段，展示他们如何使用专业工具、讨论和辩论、面对失败并重新尝试，从而增强学生的职业代入感和榜样力量。

（四）建立指向科学方法掌握的配套评价体系

好的教材编写，必须一体化地思考如何体现和引导对学生科学方法掌握水平的评价。评价应注重过程性，关注学生在科学探究中如何运用方法解决问题，而不仅仅是结果的对错。这种思路与形成性评价的理念高度契合^[17]，可从以下几个方面引入评价体系：

首先，在科学探究活动中嵌入过程性评价指引。在探究活动的设计中，为教师提供可操作的过程性评价观察点或简易量表。例如，在观察活动旁提示教师可以从学生是否运用了多种感官、观察是否全面细致有序等维度进行评价。在实验设计环节，提供清单让学生自查或互评，如“变量控制是否合理？”“数据记录表格是否设计清晰？”等。

其次，在练习中设计聚焦科学方法的评价任务。在单元练习、章节测试或拓展探究活动中，设置专门考查学生特定科学方法掌握与应用情况的开放性或半开放性任务。例如，“请你设计一个实验，来探究蚯蚓喜欢生活在潮湿的土壤还是干燥的土壤中，并详细说明你计划如何控制其他可能影响实验结果的条件。”

最后，在总结中鼓励自我反思与同伴互评。在每个单元或探究活动结束后，设计专门的反思环节，引导学生回顾和反思：在这次探究中，我使用了哪些科学方法？哪个方法我用得最好？下次可以从哪些方面改进我的实验？同时，可以设计简单的同伴互评表，让小组成员之间就方法应用、团队协作等方面进行相互评价和学习。

需要说明的是，在我国现今教育传统下，科学方法的显性化呈现应该注意与探究实践活动有机地融为一体，不能机械地将方法过程作为“知识点”进行传授，更不能作为独立的考题。新的理念，应克服教学实践中普遍存在的将探究步骤机械化处理的问题，用“科学实践”代替“科学探究”的目的是强调科学探究活动的探索性、生成性、没有预设和反复迭代的特点。此外，科学方法的学习也要注意循序渐进，认识论认知是一种高阶认知，在探究活动的基础上抽象出方法论概念，如类型、归纳，对低段儿童而言是一种“高阶思维”，需要在真实具体情境中进行足够的自然观察为基础。

六、结语

小学科学教材的编写，绝非仅仅是科学知识的简单罗列与探究活动的机械堆砌，其核心使命

在于为学生构建能够有力支撑自主科学探究、有效发展科学思维、深刻理解科学本质的内在逻辑框架与有力工具体系。而科学方法论，作为科学探究与科学思维的基础，理应从幕后走向台前，成为优化新一代教材编写的核心支柱和贯穿始终的明线。

本研究通过对我国小学科学教材的历史回溯、现状反思，结合对国际先进经验的比较分析和理论建构，系统性地论证了在教材中实现科学方法论显性化和精心构建科学方法进阶体系的必要性与现实可行性。这在本质上要求教材编写者与广大科学教育工作者实现一次理念转变，从传统的以知识为中心，或当前模糊的以活动为中心，转向以能力培养为目标、以方法为中心。唯有将观察、实验、比较、分类、测量、控制变量、模型建构、假说等一系列核心科学方法，以显性化、结构化、情境化、进阶化的方式深度融入教材体系，才能真正为教师的精准施教和学生的深度学习提供坚实可靠的脚手架，从根本上破解当前科学教学普遍存在的形式化、低效化困境。

展望未来，高质量小学科学教材的诞生，亟待科学家、科学教育专家、教育心理学家、一线科学教学名师乃至技术与设计专家的跨界深度协同。我们需要科学融合学习科学、认知心理学、科学史哲、技术与工程教育等多领域的最新前沿研究成果，在坚守科学教育的根本——培养学生主动探究世界的能力与思维的基础上，利用人工智能、大数据、虚拟现实等现代技术，丰富教材的呈现形态与互动体验，最终实现构建一套逻辑严谨、探究导向鲜明、方法支撑有力、深度契合儿童认知规律，同时兼具宽广国际视野与深厚中国特色的新时代小学科学教材体系。这不仅是提升我国整体科学教育质量的重要举措，更是为国家培育未来科技创新后备人才的固本强基之道。科学方法的种子必须在小学课堂这片宝贵的沃土中被精心播撒、培育，方能在未来公民的心中生根发芽、茁壮成长，最终筑牢整个民族科学素养与创新精神的根基。

作者简介

林长春，重庆师范大学科技教育与传播研究中心教授。研究方向：科学教师教育研究。

廖彬，南京大学教育研究院博士生。研究方向：教育经济学。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 义务教育科学课程标准（2022年版）[S]. 北京：北京师范大学出版社，2022：14.
- [2] 田春风. 教师对科学探究本质的理解及其对教学的影响——基于对一线物理教师的调查 [J]. 物理教师，2017，38（9）：74-76+90.
- [3] 宗汉，杨晓丽. 教材中科学方法的呈现及教学实现——以人教版高中化学新教材（必修）为例 [J]. 化学教学，2021（2）：21-25.
- [4] 刘大椿. 科学技术哲学导论 [M]. 北京：中国人民大学出版社，2001：161.
- [5] 叶宝生. 小学科学教学观察实验设计的依据和方法 [J]. 课程. 教材. 教法，2013，33（12）：68-72.
- [6] Lederman N G. Nature of science: Past, present, and future [M] // Abell S K, Lederman N G. Handbook of research on science education. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2007: 831.
- [7] 范冬萍，魏崑海. 科学教育的科学本质观争论与跨学科 HPS 教学进路 [J]. 自然辩证法研究，2023，39（8）：125-130.

- [8] 姚建欣. 新编小学科学教材的特点分析与后续册次修订建议 [J]. 课程. 教材. 教法, 2018, 38 (11): 128-133.
- [9] 同 [3].
- [10] 同 [2].
- [11] NGSS Lead States. Next generation science standards: For states, by states [M]. Washington, D. C. : The National Academies Press, 2013: 2.
- [12] Lawrence Hall of Science. Amplify science [Curriculum] [M]. New York: Amplify Education, 2017.
- [13] Roberts D, Hudson T, Shaw G, et al. Oxford international primary science [M]. London: Oxford University Press, 2014.
- [14] Heidari A A, Karimi L. The effect of mind mapping on vocabulary learning and retention [J]. International journal of educational investigations, 2015, 2 (12): 54-72.
- [15] Inhelder B, Piaget J. The growth of logical thinking from childhood to adolescence [M]. London: Routledge, 1958: 334.
- [16] 同 [7].
- [17] Black P, Wiliam D. Developing the theory of formative assessment [J]. Educational assessment, evaluation and accountability (formerly: Journal of personnel evaluation in education), 2009, 21 (1): 5-31.

International Perspective and Local Practice: An Exploration on the Optimization of Primary School Science Textbook Compilation from the Perspective of Scientific Methodology

Lin Changchun¹, Liao Bin²

- (1. Center for Science and Technology Education and Communication,
Chongqing Normal University, Chongqing, 400047;
2. School of Education, Nanjing University, Nanjing, 210023)

Abstract: This study adopts a macro-perspective of scientific methodology, first systematically reviewing the historical evolution of primary school science textbooks in China and the shifts in their underlying guiding philosophies. Through comparative analysis of representative domestic and international primary school science textbooks regarding their approaches to presenting scientific methods, it reveals existing deficiencies in China's current textbooks—particularly the implicit treatment of scientific method knowledge systems, fragmented content presentation, and the disconnect between inquiry activity designs and children's lived experiences as well as cognitive development patterns. The study proposes optimizing China's primary school science textbooks by emphasizing explicit and progressive systems of scientific methods, advocating for scientific methods to serve as a clear, coherent “visible thread” throughout the textbooks. It suggests establishing a progressive framework of scientific methods that

aligns with children's cognitive developmental stages, featuring logical hierarchies and spiral advancement, thereby effectively supporting the implementation of core competencies.

Key Words: Primary School Science Textbooks; Scientific Methodology; Core Literacy; International Comparison of Science Textbooks