

我国小学科学教科书中任务的特征与优化策略

——基于 PISA2025 科学框架的审视

万东升* 赵 婷

(苏州大学 教育学院, 苏州, 215123)

摘 要: 基于 PISA2025 科学框架, 本研究对我国现行三个版本主要小学《科学》教科书中的“任务”进行分析和比较, 发现它们在“科学能力”维度, 侧重科学的解释功能和探究方法程序, 忽视科学实践中批判反思和评估行动能力, 缺乏问题提出和探究设计的评估等能力以及认识论知识的关照; 在“知识”维度, 重视传统学科领域知识, 强调实验测量操作技能, 而认识论知识占比不足; 在“情境”维度, 真实情境占比不高, 突出重视个人层面科学社会应用价值。建议教科书任务的优化应注重人类可持续发展等议题情境任务设置, 发挥评价、争论和分析的“枢纽”统摄作用, 建立科学的认识论权威, 并建议教师对教科书任务的显性转化。

关键词: 教科书任务; PISA2025; 科学能力; 科学知识; 情境

一、问题的提出

《教育强国建设规划纲要（2024—2035 年）》提出“打造培根铸魂、启智增慧的高质量教材”^①, 体现了教材建设在育人育才建设中的重要价值和地位。教科书作为教材的主体形式, 其内容选择与呈现方式直接影响学生的学习效果^②。具体到特别重视动手能力培养的科学教育, 学生不仅通过阅读教科书直接获取科学知识, 而且通过执行教科书中提供的探究活动、练习和问题思考等各种学习任务（下文简称“教科书任务”），进行一种与任务情境互动的对话模式, 实现有意

* 万东升, dswan@suda.edu.cn。

① 中共中央、国务院印发《教育强国建设规划纲要（2024—2035 年）》[N]. 人民日报, 2025-01-20.

② 肖笛, 熊言林. 从 PISA 视角分析新加坡初中 Discover Chemistry 教材中的科学探究思想 [J]. 化学教育 (中英文), 2019, (03): 40.

义学习,加深对科学知识的理解、发展科学能力、增强科学思维和品格^①。

近年来教育界对教科书的研究已经成为一个热点。通过文献梳理可以发现,多数研究是从认知要求、编排类型等视角来分析教科书任务。例如,一些研究从布卢姆认知目标分类学、SOLO目标分类等框架出发来分析和比较教科书任务的认知水平,发现了教科书中任务主要停留在知识理解、概念的再现和巩固^{②③}。随着新一轮科学课程改革的推进,学者们开始对探究导向的教科书任务进行研究,分析、构建和比较任务所体现的探究特征、探究程度和科学本质^④。例如,研究者发现当前科学类教科书任务主要是以教师为中心,极少有体现高挑战性和开放性的探究任务,与课程标准的探究导向还有相当大的差距^⑤。此外,也有研究者关注教科书习题等任务的情境设置。例如,有研究分析情境的结构化程度和情境的素材内容^⑥。总体而言,已有研究均从科学素养的某个方面(认知、探究特征、情境内容等)进行教科书任务分析,呈现科学类教科书任务的特点。然而,面对日益复杂的社会变化和全球范围的新挑战(如气候变化、流行病、人工智能的使用等),国际科学素养内涵进一步发展,学生除了理解科学术语或概念以及能利用高认知参与实验验证、寻找证据、得出结论等个体层面的探究,还需要能在复杂的真实情境中参与和政治、经济、文化相关的科学议题讨论以及进行批判性反思、决策和社会行动(集体实践)^⑦。国际科学教育专家奥斯本(Osborne)等人称此为衍生(derived)意义的科学素养^⑧。他认为当学习者作为有能力的“局外人”理解科学中的重要思想,不是要成为能够从事科学研究和探究的科学家,而是能将科学知识、认知应用于他们的生活和社会情境,能够评估和判断科学信息和专业知识的可信度,并作出决策和行动。因此,新的科学素养概念是出于学生认识论上的需要,且这种认识论需要扩展到将科学知识、科学能力与真实情境进行关联来作出决策和行动^⑨。因此,面对新的科学素养要求,科学课程(包括教科书)重视将知识、技能和方法的习得与情境、活动进行有机融合,而非分离。那么,教科书任务的分析和研究就不仅要关注教科书任务中的科学内容的覆盖程度、认知要求和探究水平,而更应强调其如何引导学生在真实社会情境中运用知识进行判断、决策和行动。

经济合作与发展组织(OECD)制定的PISA2025科学框架以科学能力为核心,将知识、能力和情境进行整合,倡导科学教育“不在于培养个人成为科学知识的生产者,而在于教育年轻人成为知情和批判性的科学知识使用者——这是每个人都需要具备的能力”^⑩,即要求学生能在真实情

① 陈丽华. 评介《为学习设计而设计的教科书》及其对我国中小学教科书设计与研究的启示 [J]. 教科书研究, 2008, (2).

② 赵景方, 闫春更, 冯仔霞, 等. 布卢姆教育目标分类视角下的中美化学教材习题比较——以“氧化还原反应和电化学”为例 [J]. 化学教育(中英文), 2019, (03): 29.

③ 谢宏妮, 陈伊琳, 李德红, 等. 基于SOLO分类理论的生物学教材习题的比较分析 [J]. 生物学教学, 2023, (04): 87.

④ 余发碧. 科学教材探究性练习题评价指标研究 [J]. 课程·教材·教法, 2014, (03): 84.

⑤ Ma Y, Wang T, Wang J, et al. A comparative study on scientific inquiry activities of Chinese science textbooks in high schools [J]. Research in Science Education, 2021, (51): 407.

⑥ 姚娟娟, 王后雄. 情境在高中化学必修教材习题中的作用水平研究 [J]. 化学教学, 2023, (01): 78.

⑦ 裴新宁. 重新思考科学教育的若干概念与实施途径 [J]. 中国教育学报, 2022, (10): 19.

⑧ Osborne J, Allchin D. Science literacy in the twenty-first century: informed trust and the competent outsider [J]. International Journal of Science Education, 2024, (04): 1.

⑨ 同⑧.

⑩ OECD. PISA 2025 science framework [EB/OL]. https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/assets/docs/PISA_2025_Science_Framework.pdf.

境中展示三大能力^①：科学地解释现象；构建和评估科学探究的设计，批判性地解释科学数据和证据；研究、评估和使用科学知识进行决策和行动。因此，PISA2025 科学框架符合新的科学素养要求，适合作为教科书任务研究的分析框架和工具，突破已有研究关注个体探究、认知要求和情境等单一层面的分析。此外，PISA 科学框架不仅影响着学生学习评价改革，而且影响着许多国家的课程政策制定、教材编写和教学实施^②。然而，该框架除了被研究者们应用于分析各类入学考试的问题和科学教科书中评估/评价活动^③，很少被用于分析科学教科书任务。基于上述理由，本研究采用 PISA2025 科学框架对我国典型小学科学教科书任务进行分析和比较，以探求教科书任务的特点，从而为教科书任务的编制、修订以及教学提供具体参考建议。

二、研究设计与方法

本研究选取 A、B 和 C 三个版本现行小学科学教科书（出版时间 2017—2020 年），以 PISA2025 科学框架对此三个版本教科书中各类任务的特征进行比较分析。

（一）研究对象

教科书中的“任务”指在日常生活情境中进行的、旨在促使学生参与特定行动以推动学习进程的活动^{④⑤}。巴肯（Bakken）则进一步将其明确为以问题、练习、调查等形式呈现的、要求学生执行具体指令的文本内容，它涵盖了教科书中所有需要学生进行回应或进行知识应用的各类要求^⑥。然而，“任务”不同于通常说的“问题”，因为后者有时并不需要一定的能力和知识水平来回答（如“你喜欢哪种动物？”）。此外，“任务”也超越另一个作为一种学习活动的术语“练习”（通常指起到一种巩固知识的作用以及有相当固定程序）的范围。而任务既包括认知需求较低的简单练习，也包括在真实情境中解决实际问题的复杂高级探究活动^⑦。因此，本研究界定教科书任务为需要学生认知参与的问题、探究活动和练习等推动学习进程的指令要求或活动，它通常以疑问句或祈使句的形式呈现，比如：“观察不同的材料，发现他们有什么不同”。

（二）分析框架

本研究从 PISA2025 的科学能力、科学知识以及情境三个方面^⑧建立分析指标维度进行编码分析。

① OECD. PISA 2025 science framework [EB/OL]. https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/assets/docs/PISA_2025_Science_Framework.pdf.

② Auld E, Morris P. Pisa, policy and persuasion: Translating complex conditions into education ‘Best Practice’ [J]. Comparative Education, 2016, (2): 202.

③ Genç M N, Topçu M S. Classification of assessment and evaluation activities in an eighth-grade Turkish science textbook according to PISA science literacy proficiency levels [J]. European Journal of Education Studies, 2020, (11): 248.

④ Simon M, Budke A. How geography textbook tasks promote comparison competency—An international analysis [J]. Sustainability, 2020, (20): 8344.

⑤ Andersen K N. Assessing task-orientation potential in primary science textbooks: Toward a new approach [J]. Journal of Research in Science Teaching, 2020, (4): 481.

⑥ Bakken J, Andersson-Bakken E. The textbook task as a genre [J]. Journal of curriculum studies, 2021, (6): 729.

⑦ Littlewood W. The task-based approach: Some questions and suggestions [J]. ELT journal, 2004, (4): 319.

⑧ 同①。

1. 科学能力

PISA2025 科学能力在原有基础上进行了拓展和整合，具体包含三个维度。维度一“科学地解释现象”，维持了 PISA2018 的界定，指可以解释一系列自然现象和技术问题，并构建和评估其解决方案；维度二“构建和评估科学探究设计，并批判性地解释科学数据与证据”，对之前科学能力中“评估和设计科学探究”和“科学地解释数据和证据”进行了整合，指学生能识别可以探究的科学问题以及对其进行合适的实验探究设计和评价，理解并解释科学数据和证据的含义及其对特定受众的影响；维度三“研究、评估和使用科学信息进行决策和行动”作为新增加的维度，是指获取特定个人、地方和国家、全球科学问题的科学信息，并评估这些科学信息的可信度、潜在缺陷以及对个人和社会决策的影响。具体特征分析维度见表 1。

表 1 科学能力（A）特征分析维度（OECD，2023）

一级维度	二级维度	内涵界定
A1 科学地解释现象	A1.1 知识	回忆和应用适当的科学知识
	A1.2 形式	使用不同的表现形式并在这些形式之间进行转换
	A1.3 证明	做出适当的科学预测和解决方案并证明其合理性
	A1.4 模型	识别、构建和评估模型
	A1.5 假设	认识并形成对自然世界现象的解释性假设
	A1.6 影响	解释科学知识对社会的潜在影响
A2 构建和评估科学探究设计， 并批判性地解释科学数据与 证据	A2.1 识别	在给定的科学研究中识别问题
	A2.2 设计	提出合适的实验设计
	A2.3 评估	评估实验设计是否最适合回答问题
	A2.4 解释	解释数据，从中得出适当的结论并评估其相对优点
A3 研究、评估和使用科学信息 进行决策和行动	A3.1 信息	搜索、评估和交流不同信息来源的相对优点
	A3.2 区分	区分不同主张并提供理由
	A3.3 论点	从一组数据中构建论点以支持一个适当的科学结论
	A3.4 缺陷	使用认识论和程序性知识批评科学论点中的标准缺陷
	A3.5 论据	用科学论据证明决策的合理性

2. 科学知识

PISA2025 科学知识包括内容性知识、程序性知识和认识论知识等三类。内容性知识主要来自物质科学、生命科学、地球与空间科学等领域。程序性知识是指获得可靠、有效数据的标准程序和实践的知识，是科学家在进行实验操作的过程中有一套固定的方式方法和步骤程序，只有严格按照该标准获取的数据和证据才具有效力，才能被他人重复和验证。它包括测量的概念、控制变量、减少误差的方法等。认识论知识指科学知识建构过程所必需的结构和定义特征的知识，是对科学知识合理性的解释和证明。例如，认识论知识可能会要求学生确定哪条证据最能支持提出的假设并解释原因。科学知识的特征分析维度见表 2。

表 2 科学知识 (B) 的特征分析维度 (OECD, 2023)

一级维度	二级维度	三级维度界定
B1 内容性知识	B1.1 物理系统	B1.1.1 物质的结构和性质
		B1.1.2 物质的化学变化
		B1.1.3 运动和力、远距离作用
		B1.1.4 能量及其转移
		B1.1.5 能量和物质间的相互作用
	B1.2 生命系统	B1.2.1 生物体和微生物概念
		B1.2.2 基因及其与环境的相互作用
		B1.2.3 细胞
		B1.2.4 植物和动物系统及其相互关系
		B1.2.5 生物进化
		B1.2.6 生态系统
		B1.2.7 生物圈
		B1.2.8 人类及其影响
	B1.3 地球和空间系统	B1.3.1 地球系统的结构
		B1.3.2 矿物资源
		B1.3.3 地球系统中的能量
		B1.3.4 水、供给和保育
		B1.3.5 地球系统的相互作用和变化
		B1.3.6 地球历史
		B1.3.7 太空中的地球
		B1.3.8 宇宙和太阳系起源
	B1.4 跨学科	超越单一学科限制, 涉及两个或以上学科的知识
B2 程序性知识	B2.1 变量的概念	包括因变量、自变量和控制变量
	B2.2 测量的概念	如定量、定性、量表的使用
	B2.3 评估和最小化不确定性的方法	如重复测量和平均测量
	B2.4 确保精度和数据准确性的机制	重复测量、测量值与真实值的一致性程度
	B2.5 表示数据的常用方法及其应用	表示数据的常用方法及其适当的使用
	B2.6 变量控制策略	变量控制策略及其在实验设计中的作用
	B2.7 科学问题的研究设计	科学问题研究的适当设计; 控制在建立因果关系中的作用
	B2.8 同行评审流程	科学界使用哪些同行评审流程确保知识主张值得信赖
B3 认识论知识	B3.1 模型	B3.1.1 对物质世界的认识, 如何使用模型构建对物质世界的认识
		B3.1.2 模型与现实间的区别, 如模型是过小或过大事物的表示
		B3.1.3 模型的预测和解释, 模型如何实现预测和解释
		B3.1.4 模型的局限性如何限制其使用, 如变量数量、模型难易度、数据质量
	B3.2 科学主张中的数据 and 证据	B3.2.1 科学主张如何得到支持, 科学主张如何得到数据、方法、推理和评估的支持
		B3.2.2 科学证据如何产生, 如科学实践的本质
		B3.2.3 误差影响知识置信度, 测量误差如何影响科学知识的置信度

续表

一级维度	二级维度	三级维度界定
B3 认识论知识	B3.3 科学推理的本质	B3.3.1 不同形式的实证探究，如田野工作、对照实验、模式探索等
		B3.3.2 用于建立知识及其目标的推理类型和示例，检验解释性假设或识别模式和实体，演绎、溯因、归纳、概率思维
		B3.3.3 科学实践的伦理困境，如动物实验、利益冲突等
		B3.3.4 知识的作用和局限性，在解决社会和技术问题上的作用和局限性
	B3.4 科学的协作和公共性	B3.4.1 如何资助和支持科学研究，如政府、私人和决策机制
		B3.4.2 共识，共识在保证信念上的重要性
		B3.4.3 同行评审，如何依赖科学界并建立对科学主张的信心
		B3.4.4 科学家，科学家为共享知识采取的实践，科学家的作用和协作性
		B3.4.5 科学发现，科学发现的确信性和置信度的局限性
		B3.4.6 如何传播科学发现，如预印本、同行评审期刊、公共交流等

3. 情境设置

PISA2025 科学框架需要在特定真实情境下对学生科学能力进行评估，其情境包含个人、地方/国家和全球三个层面。同时情境的主题划分了健康与疾病、自然资源、环境影响与气候变化、危害以及科技前沿等五个主题类型，而传统学校科学教育将科学知识作为一种抽象孤立呈现给学生，缺乏这些真实情境，学生难以体验到科学学习的个人和社会意义。PISA2025 框架的情境分类见表 3。

表 3 情境（C）主题类型（OECD，2023）

	C1 个人	C2 地方和国家	C3 全球
CX.1 健康与疾病	维持健康；事故；营养；疫苗接种	疾病控制；社会传播；食物选择；肥胖；社区卫生	大流行病；粮食安全；健康生活方式
CX.2 自然资源	个人消耗物质、食物和能源；消费当地生产食品；选择非乳制品和素食	维持人口；生活质量；粮食安全、生产和分配；能源供应；资源开采对环境的影响；可再生能源的生产	再生和不可再生能源；自然系统；人口增长；物种和土地的可持续利用；生物多样性及其价值
CX.3 环境影响与气候变化	回收和减少资源使用的可持续实践	人口分布；废物管理；环境影响；再生农业的使用	环境可持续性；污染和空气质量管理；土壤、生物量损失；物种大灭绝；海洋酸化
CX.4 危害	生活方式选择的风险评估	快速变化；缓慢进行性变化；风险评估；面部识别	气候变化威胁；现代通信影响；能源及其生产
CX.5 科技前沿	科学新技术，例如基因编辑、虚拟现实等	新型材料；器件和工艺；基因改造；卫生技术；运输；人工智能	探索太空；宇宙的起源与结构

（三）编码分析

本研究对教科书任务进行编码的原则如下：首先，若教科书中出现某个任务涉及多项科学能力文本，根据其标点符号（如分号、句号、问号等）将其拆分为若干子任务，使每一个分析单元仅涉及一项二级维度科学能力（不包括任何科学能力的任务不属于编码范围）。例如，“观测云：怎样描述和记录天空中的云量？云量的多少与天气之间有什么关系？”那么该任务就包括两个分析单元：“怎样描述和记录天空中的云量”和“云量的多少与天气之间有什么关系”。前者涉及二级维度能力 A1.2 “使用不同的表现形式并在这些形式之间进行转换”，后者涉及二级维度能力

A1.3 “做出适当的科学预测和解决方案并证明其合理性”。如果某个分析单元可能同时涉及两个或两个以上层面的情境（如“个人”和“地方”），本研究将考虑小学生可能涉及哪种层面情境为主。例如，“太阳与我们的生活息息相关，你能说出哪些利用太阳的事例？”该任务可能涉及“个人”和“地区/国家”两个层面的“自然资源”主题，但是它位于小学二年级教科书中，学生列举的事例主要来源于个人生活（如用太阳能晒衣服、取暖等），因此，该任务情境被编码为“个人”层面“自然资源”主题。此外，本研究编码过程中没有遇到某个分析单元同时涉及两种及两种以上知识类型。编码结果发现，A、B和C版本分别具有890、1123和1056个分析单元。其次，研究者对每个分析单元按照能力、知识和情境三个方面进行逐一编码，例如，“按心跳75次每分计算，我们的的心脏不到1秒钟就要跳动一次，一天要跳动108000次。心脏为什么要这样频繁地跳动？”该分析单元要求学生认识并解释心脏跳动现象，因此将其编码为“A1.5 假设：认识并形成对自然世界现象的解释性假设”；该任务涉及人体器官，因此编码为“B1.2 生命系统”；该任务与个人的健康有关，因此其情境编码为“C1.1”。两位编码员进行独立编码，以确保研究的内容效度。由此，本研究由两位研究者任意抽取A、B和C版本中的800个分析单元（约占总分析单元的26%）进行独立编码，并进行一致性信度检验，科学能力的信度系数为0.876，科学知识的信度系数为0.847，情境的信度系数为0.742，均具有较好的一致性^①。两位编码员对有分歧的编码进行讨论，最终达成一致。最后，由于两位编码者显示出较好的信度，其余分析单元由其中一位编码者完成。

三、研究发现

（一）教科书任务中科学能力的呈现特点

1. 侧重科学的解释功能，忽视科学实践中批判反思和评估行动能力

三个版本教科书任务中，“A1 科学地解释现象”能力占比均超过一半，“A2 构建和评估科学探究设计，并批判性地解释科学数据与证据”能力占比均超过40%（见图1）。然而，“A3 研究、评估和使用科学信息进行决策与行动”能力占比最低（最高仅为2.4%）。因此，教科书任务普遍侧重于解释和探究能力，尤其是强调将科学作为一种静态的理论、模型知识体系来显化科学的解释功能，而不太重视根据相关科学信息进行分析、判断从而作出决策与采取行动的能力，反映出教科书更加强调科学探究的过程和结果，没有给予学生更多机会去理解和认同科学探究及其作用和价值，淡化了批判性地评价不同来源科学信息的可信度、潜在缺陷及其对个人和公共决策的影响。而后者更反映近年来国际科学教育所强调的“科学实践”本质，即以评价、辩论作为中心而形成的网络状实践活动^②。

2. 侧重回顾和应用科学知识，缺乏真实探究需要的高认知参与

在“科学地解释现象”能力维度内，三个版本教科书任务体现“A1.1 回忆和应用适当的科学知识”能力类型占比均超过50%（见图2），这表明“科学解释现象”维度中超过1/2的任务主要

^① Lombard M, Snyder-Ruch J, Bracken C C. A call for standardization in content analysis reliability [J]. Human communication Research, 2004, (3).

^② National Research Council, et al. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas [M]. Washington, DC: National Academies Press, 2012. 30.

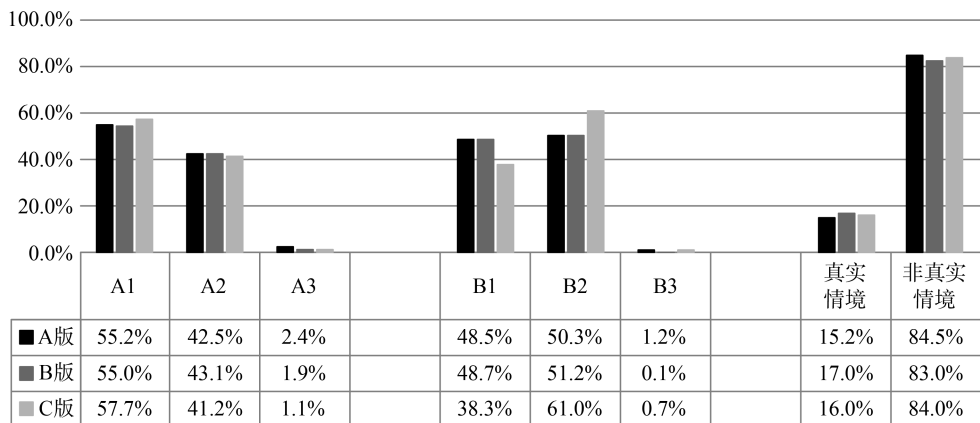


图1 科学能力、科学知识和情境在三个版本教科书任务的占比分布

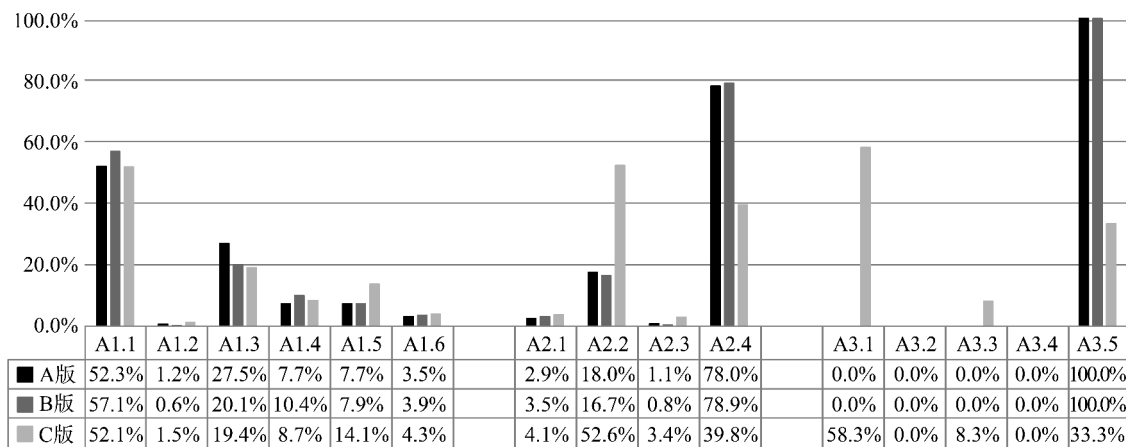


图2 三大科学能力各二级维度分别在科学能力维度中的占比分布

体现识记和回顾内容性知识的功能。“A1.3 做出并证明适当的科学预测和解决方案并证明其合理性”占比次之（19.4%—27.5%），主要关注学生利用科学知识进行预测并将科学知识与日常生活应用紧密结合，帮助学生认识科学知识解决现实问题的作用及其应用价值。例如，“研究水的传热方式：将两个分别装有热水和冷水的小塑料袋，同时放入室温水中，会出现什么现象？”这个任务要求学生结合所学科学知识对实验结果进行科学预测。然而，教科书任务较少涉及对学生需要逻辑推理来采用不同形式表达知识、建模、提出解释性假设以及解释知识对社会影响的能力（A1.2 形式、A1.4 模型、A1.5 假设、A1.6 影响）。事实上，学生在探究过程中识别、构建和评价模型、与其他解释进行比较、再修订所构建的模型、应用模型形成对物质世界现象的解释和预测，需要不断争论和讨论、再解释和预测，寻找科学现象中诸多关键变量的因果机制，发展高认知科学思维。然而，这些能力维度占比多数不足。从教学实践来看，目前的教科书任务很大程度导致课堂教学采用“教师提问—学生回答—教师评价”的固定模式^①。课堂上，学生完成教科书

^① 唐小为，李佳，宋乃庆. 课堂科学辩论实施探究：以中美中小学科学课堂案例比较分析为例 [J]. 课程·教材·教法，2012，(05)：105.

任务，多数情况下是获取教师心目中的答案，其思考的理性光芒被遮蔽。

3. 重视探究程序方法，缺乏问题提出和探究设计的评估

具体到“A2 构建和评估科学探究设计，并批判性地解释科学数据与证据”能力维度，A 和 B 版本教科书任务主要侧重于“A2.4 解释：解释数据，从中得出适当的结论并评估其相对优点”，在 B 版中占比高达 78.9%，其次为“A2.2 设计：提出合适的实验设计”，分别占比 18.0% 和 16.7%（见图 2）；相对 A 和 B 版本，C 版本对“提出合适的实验设计（A2.2）”最为重视，占比达到 52.6%，而降低了“解释数据，从中得出适当的结论并评估其相对优点（A2.4）”的比例，其占比为 39.8%。然而，“A2.1 识别：在给定的科学研究中识别问题”和“A2.3 评估：评估实验设计是否最适合回答问题”两个能力类型严重不足。这表明三个版本教科书任务侧重于学生解释数据、评估证据、得出结论、设计实验能力，很少让学生辨别证据的真伪、区别科学论点和其他论点，也极少涉及识别和提出科学问题以及评估实验设计的合理性等方面的科学能力。也就是说，教科书任务似乎更强调探究性问题的最终结论，而不是论证和评价的过程。其实，科学探究只有始于学生从科学情境中识别和提出问题，才能制定和设计实验方案，它涉及学生批判能力和抽象思维。而评估实验设计是否适合回答问题又是涉及理解科学实验价值和本质的科学认识论。然而，在中国的教育文化背景中教科书内容和教师常被视为权威^①，缺乏批判思维、辩论和认识论知识关照的实验任务设计、数据解释及得出结论，可能导致学生将“探究任务”当作一种“机械化步骤”。

（二）教科书任务中科学知识的呈现特点

1. 强调动手探究实践，忽视认识论知识的关照

三个版本教科书任务均重视“B2 程序性知识”类型，其占比均超过 50%（见图 1），反映了我国科学课程强调测量、变量控制和寻找证据等动手实验、进行实验检验和验证操作等探究性活动，符合小学生具身认知特点。“B1 内容性知识”占比次之（38.3%—48.7%）（见图 1），因为学生科学能力的发展需要对科学事实、概念和理论的掌握、理解与运用，无论什么阶段的教科书任务，强调内容性知识都是一种共识。然而，作为“认识论知识”，不仅包含科学产生于社会实践的科学本质问题，而且包含如何看待科学探索过程和步骤在保证知识生产的有效性及其标准制定上的作用问题（如对知识获得的方法是否可靠的认知）。然而，三个版本教科书任务涉及认识论知识的占比最高仅为 1.2%（见图 1）。教科书任务缺乏认识论知识关照，必然导致教育过程中只重视概念、规律、原理和理论的掌握而忽视用批判的视角评价科学探究的过程和结果，重视知识积累而忽视知识的进阶原理。

2. 重视传统学科领域知识，强调实验测量操作概念

在内容性知识维度中，A 和 C 版本教科书任务均重视“物理系统”知识，其占比在内容性知识维度中最高，分别为 37.0% 和 38.9%，而 B 版本教科书任务最重视“生命系统”知识，其在内容性知识维度占比最大（37.8%）（见图 3）。相比而言，A 版本教科书任务对三大学科领域知识分布较为均衡。然而，遗憾的是，“跨学科”占比在三个版本教科书任务中占比最低，仅 C 版本在内容性知识维度内占比超过 10%，反映了教科书任务的内容性知识偏重于传统学科领域。近年来，

^① Huang X, Lederman N G Cai, C. Improving Chinese junior high school students' ability to ask critical questions [J]. Journal of Research in Science Teaching, 2017, (8), 963.

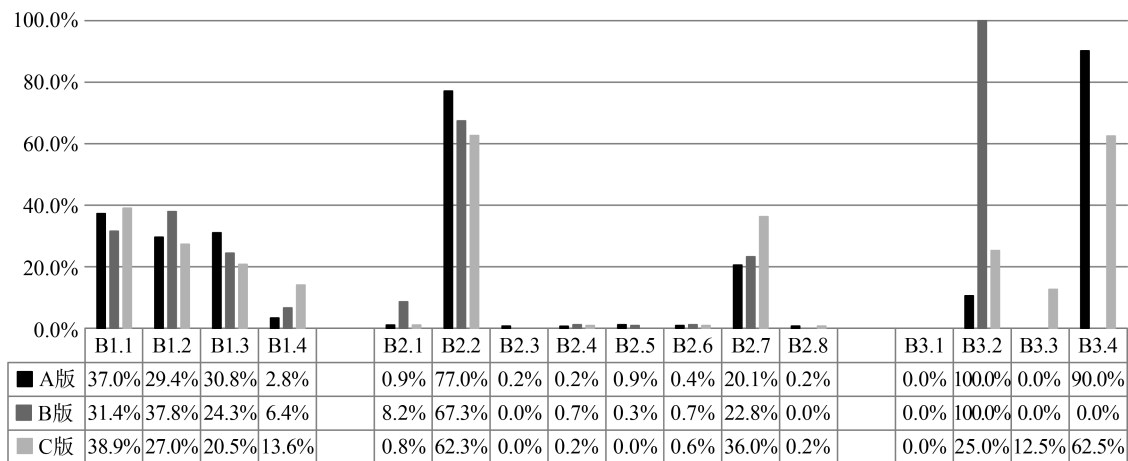


图3 科学知识各二级维度分别在三大知识维度中的占比分布

随着经济和科技进步与发展，健康、生态环境等主题成为人们关注的重点，它们与生命科学领域知识相关度高，这可能是B版本教科书任务将生命科学领域知识放在首位的原因。

在程序性知识中，三个版本教科书任务均重视“B2.2 测量的概念”知识类型，其占比最大（62.3%—77.0%），“B2.7 科学问题的研究设计”次之（20.1%—36.0%）。首先，因为观察、分类和各类测量工具的认识和使用，是实验设计和探究活动开展的基础，因此，教科书任务强调小学生有关“测量的概念”的程序性知识。其次，近年来，科学课程改革强调科学探究，教科书重视“针对科学问题的研究设计，进行控制变量探索因果关系”类型知识，反映了教科书任务关注引导学生针对具体的科学问题开展包括实验、观察、调查和验证等探究活动的研究设计，重视对学生实验验证的探究能力培养。然而，教科书任务包含科学本质特征的变量及其控制策略、不确定性和数据表示方法、数据精度保障机制、同行评审流程等程序性知识较少，可能会导致学生虽然会进行程序化测量和实验设计，但不明白为什么这么测量和设计。

3. 认识论知识占比不足，其二级维度分布不均衡

认识论知识涉及知识的性质、来源、结构、获取和验证方法，它关注我们如何获取知识，知识如何被验证，以及知识的局限性和可靠性等^①。然而三个版本教科书体现认识论知识的任务占比极低，且主要集中在“B3.2 科学主张中的数据和证据”和“B3.4 科学的协作和公共性”等二级维度（见图3），反映了教科书任务开始关注科学知识产生的本质以及科学的社会建构特征。然而，体现“B3.1 模型”和“B3.3 科学推理的本质”等二级维度的任务甚至在三个版本教科书任务中大多缺失。其实，模型是帮助学生理解复杂概念和现象的重要工具，认识科学推理的本质又是进行不同形式探究、有序产生科学知识以及认识科学知识功能的保障。尽管在小学阶段认识论知识占比低具有一定的认知合理性，但教科书任务缺乏认识论知识的关照将导致学生对科学探究的深度理解欠佳，更会导致学生无法认识科学知识产生背后的价值、原理和逻辑，不利于学生有关“提出和进行合适的实验设计”“评估实验设计是否最适合回答问题”和“搜索、评估和交流不同信息来源的相对优点”等科学能力的形成。此外“研究、评估和使用科学信息进行决策与行动”能力的培养更是需要认识论知识作为一种“监控机制”进行保障。

① 林雪榕，认识论信念影响学生科学职业期望的路径探究 [D]，华东师范大学，2023。

(三) 教科书任务中情境设置的特点

1. 关注知识获得的实验探究情境，真实情境占比不高

国际科学教育界认为科学素养具有三种取向^{①②}：取向Ⅰ以科学内容为重点，强调将科学概念知识、科学探究过程和方法作为重点，不关注科学的日常生活和社会情境；取向Ⅱ以科学技术社会问题为重点，关注科学与社会的联系，重视科学的社会应用；取向Ⅲ关注社会中的科学，积极参与社会、文化、政治和环境问题讨论，它不仅包括作出个人决策的能力，而且还包括能运用科学思想参与公共议题讨论和决策，采取集体行动。然而，尽管三个版本教科书任务包含了大量的探究实验、做一做等强调学生实验体验和探究学习，但主要侧重于诸如称鸡蛋的重量、测量铅笔的长度等进行实验操作的活动情境（我们称之为“非真实情境”），未能体现科学与技术、社会、环境和工程联系。由此可以看出，教科书任务设置主要侧重于科学素养取向Ⅰ，缺乏真实情境关照，只有不到1/5的任务符合科学素养取向Ⅱ和Ⅲ所需要的社会应用和议题等真实情境的设置（见表4）。非真实情境的任务设置虽能直接有效地评价学生对知识掌握的理解程度，但学生的科学学习知识与活动、情境往往是分离，学生无法理解探究的社会意义。

表4 三个版本教科书任务中真实情境在情境类型上的数量和分布占比

情境类型		A 版本	B 版本	C 版本
C1 个人	C1.1 健康与疾病	12 (15.8%)	33 (49.3%)	21 (36.8%)
	C1.2 自然资源	17 (22.4%)	13 (19.4%)	9 (15.8%)
	C1.3 环境影响与气候变化	3 (3.9%)	5 (7.5%)	4 (7.0%)
	C1.4 危害	5 (6.6%)	6 (9.0%)	4 (7.0%)
	C1.5 科技前沿	39 (51.3%)	10 (14.9%)	19 (33.3%)
	总计	76	67	57
C2 地方/国家	C2.1 健康与疾病	4 (14.3%)	1 (1.3%)	1 (1.2%)
	C2.2 自然资源	7 (25.0%)	20 (25.3%)	19 (22.6%)
	C2.3 环境影响与气候变化	7 (25.0%)	8 (10.1%)	31 (36.9%)
	C2.4 危害	3 (20.7%)	2 (2.5%)	5 (6.0%)
	C2.5 科技前沿	7 (25.0%)	48 (60.8%)	28 (33.3%)
	总计	28	79	84
C3 全球	C3.1 健康与疾病	0 (0.0%)	0 (0.0%)	3 (11.1%)
	C3.2 自然资源	17 (54.8%)	16 (35.6%)	12 (44.4%)
	C3.3 环境影响与气候变化	2 (6.5%)	19 (42.2%)	6 (22.2%)
	C3.4 危害	5 (16.1%)	6 (13.3%)	3 (11.1%)
	C3.5 科技前沿	7 (22.6%)	4 (8.9%)	3 (11.1%)
	总计	31	45	27
总计		135	191	168

① Roberts D A, Bybee R W. Handbook of research on science education (Volume II): Scientific literacy, science literacy, and science education [M]. New York: Routledge, 2014. 559.

② Valladares L. Scientific literacy and social transformation: Critical perspectives about science participation and emancipation [J]. Science & Education, 2021, (3), 557.

2. 重视个人层面科学社会应用价值，开始关注可持续发展情境

在真实情境的任务设置中，A 版本最重视“个人”情境，占有所有真实情境的一半以上，B 和 C 版本最关注是“地方/国家”情境，而三个版本教科书任务体现“全球”情境的占比最低。当然，小学阶段教科书任务真实情境设置来自学生个人和地方社会生活，符合学生年龄特点和认知特征，具有一定的可取性。然而，三个版本教科书任务的真实情境设置主要侧重于“科学和技术前沿”主题，关注科学的技术与工程应用，这在一定程度上迎合了当前国际和国内 STEM 教育的热潮，强调科学的社会应用价值和功能。三个版本教科书任务中“自然资源”主题情境均超过 20%，C 版本教科书任务中“环境影响和气候变化”主题占比高达 24.4%（见表 5），反映了科学教科书开始重视环境、气候，以及自然资源等与人类可持续发展相关的科学实践情境，有利于培养学生保护环境、节约资源、建设生态文明的社会责任感。然而，尽管生命科学领域内容性知识也占比较大比重，但涉及生命健康和安全的“健康和疾病”和“危害”两个主题情境的占比还略显不足。

表 5 三个版本教科书任务中真实情境在各情境主题中的数量和占比分布

情境主题	A 版本	B 版本	C 版本
CX.1 健康与疾病	16 (11.9%)	34 (17.8%)	25 (14.9%)
CX.2 自然资源	41 (30.4%)	49 (25.7%)	40 (23.8%)
CX.3 环境影响与气候变化	12 (8.9%)	32 (16.8%)	41 (24.4%)
CX.4 危害	13 (9.6%)	14 (7.3%)	12 (7.1%)
CX.5 科技前沿	53 (39.3%)	62 (32.5%)	50 (29.8%)
总计	135	191	168

四、优化策略

启智增慧、培根铸魂是新时代教科书建设的根本价值追寻，而教科书任务的优化关系到学生科学能力的形成和科学品格的培养。因此，针对我国小学科学教科书任务的上述特点，未来教科书的修订和使用可考虑从以下四个方面进行优化考量。

1. 强调议题情境任务设置，发挥评价、争论和分析的“枢纽”统摄作用

各类别的科学能力均具有存在的价值和意义，如果淡化或削弱了教科书任务中某些类别的占比和分量，可能不利于学生科学素养的整体养成。首先，教科书在小学高年级要适当加强“研究、评估和使用科学信息进行决策和行动”能力类别的任务设置，可引入学生社会生活中的社会性科学议题作为任务情境，诸如“疫苗会导致自闭症？”“气候变化是个骗局吗？”等，引导学生对相关信息进行分析 and 研究，评估不同信息的证据（包括搜索和交流不同信息来源并评价其相对优点，区分证据并提供理由）以及基于科学证据进行决策和行动，促进学生形成科学观念和科学精神。其次，以评价与争辩作为探究实践的“枢纽”，平衡三大能力各二级维度分布。自 2001 年以来，我国将科学探究作为科学教育的目标、内容和方法被课程标准所提倡，但是在一线教学当中，探究在教学中流于形式，成为“八股文”^①。这与教科书任务没有反映高质量探究学习要求不无关系。

① 张莉娜，中学化学学习过程研究：理论、技术、案例 [M]，北京：北京师范大学出版社，2015：211.

例如,教科书任务重视回忆和应用适当的科学知识、设计实验、解释数据、得出结论等能力,而缺乏识别问题、建构模型、提出假设性检验以及评估实验设计是否最适合回答问题等能力。难怪有学者认为我国科学教学目前主要属于金(C. A. Chinn)等人所提出的有别于真探究(authentic inquiry)的简单探究^{①②}。因此,教科书任务不仅要体现科学能力中被弱化的二级维度,更重要的是,要以评价、争论和分析作为“枢纽”来统摄上述各自二级维度的能力,从而形成一个以评价、辩论模块为中心相互联系的网络。这就要求教科书应适当增加实践导向的任务设置,提高问题探究的开放度,在探究的不同阶段、不同层面触发学生思考、讨论和辩论,引导学生打破“和为贵”的传统所崇尚的讷言敏行^③,引导学生争辩和合理的怀疑,促进他们提高“针对科学问题能够提出合理的不同探究方案并能加以科学地评价”“能够阐释和评价科学家怎样保证数据的可信度、客观性以及所得出的结论的适用范围”等当前教科书任务中缺失的能力。例如,教科书提供不同的实验方案让学生评价和选择的任务设置。比如,某同学在探究日光照射量对辣椒生长状况的影响,下面几种实验设计方案,你认为哪种更合理?为什么?教科书还可以设置一些类似以下的驳斥型问题:请写一篇科学小论文来反驳“植物不进行呼吸作用”“植物仅在夜晚进行呼吸作用”^④的观点。

2. 强化科学本质,建立科学的认识论权威

我国科学教育一直备受诟病的是重视内容性知识传授而忽视对科学本质的理解。其实,科学教育目标不是引导每个学生在未来都对新知识的增长作出贡献,而是侧重于让学生认识科学本质和进行批判性思考,成为负责任和知情的公民,让他们未来能够在与科学相关的社会事务中做出决策。已有的研究也表明人们掌握科学知识和科学事实多少与他们在社会性科学议题中的决策和行动的关系非常弱^⑤。可见,学生具备科学知识并不意味着在面对真实情境时能进行决策和行动。此外,尽管当前我国教科书任务重视程序性知识,但主要集中在测量概念上,很少关注如何保证测量的可靠性、如何评估和最小化不确定性等知识。而后者是保证科学知识生产客观性的方法论规则。因此,教科书任务不仅应关注科学的内容性知识和科学所带来的社会应用价值和功能,也还应侧重程序性知识中的实验操作、验证和测量,而应呈现真实的科学实践,促进学生理解科学实践的本质,尤其是理解科学是如何运行的、科学家是如何工作的。例如,某版教科书任务:探究影响降落伞下降的速度与什么因素有关?教科书以伞面大小、绳子的长短、重物质量、伞的材料四个因素分别列了四个实验记录表格,学生在该任务中主要按照表格进行格式化的实验操作验证,即可获得降落伞下降速度与什么有关。若将该任务改编为:请设计和制作一个护送从二楼下落的鸡蛋的降落伞。学生在该任务中并不是马上知道要验证什么因素影响着降落伞下降速度,而是基于原有的知识进行解决实际问题,将科学与工程实践及数学进行链接,在建构模型、控制变量、进行科学推理、论证、争论、检验和评估降落伞模型过程中发现降落伞下降速度与什么有关,从而实现知识的学习与真实情境、活动有机融合,理解实践导向的科学本质。

① Chinn C A, Malhotra B A. Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks [J]. Science Education, 2002, (2): 149.

② 张红霞,郁波.从“探究”到“实践”:科学教育的国际转向与本土应对[J].教育研究,2023,(7):66.

③ 同②.

④ 董娜,黄甫全,李迪,曾文婕.科学教育中驳斥型文本研究及其启示[J].教育发展研究,2017,(Z2):98.

⑤ National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Science Literacy: Concepts, Contexts and Consequences [M]. Washington DC: The National Academies Press, 2016. 103.

其次,科学教育促进受教育者理解科学本质,其重要性不是培养未来为科学知识做贡献的科学家,而是出于受教育者发展认识论知识的需要,因为这种认识论知识可以扩展到日后社会生活中来处理社会事务、做出决策和判断^①。中国科学院学部也提出“科学教育是将科学知识、科学思想、科学方法、科学精神作为整体的体系使其内化为受教育者的信念和行为的 Education 过程”^②。因此,鉴于目前认识论知识在教科书任务中的严重不足,教科书任务需要去维护和建立科学的认识权威。但中国文化的思维方式与现代科学认识论差异较大,决定了我国学生建立科学认识论知识的困难性和艰巨性。因此,教科书需要针对我国学生传统思维方式和社会文化情境,设置问题和任务,促进学生反思、讨论和争辩,建构科学认识论。例如,有研究者认为将《墨经》里的诸多疑问句和《天问》里的一百多个科学问题进行改写和重新设计,引导学生讨论和分析历史故事背后自然和社会环境与古人的认知发展之间的联系,促进学生科学认识论知识的建立^③。

3. 关注可持续发展主题,丰富教科书任务情境

学习科学研究发现,对事实性知识或程序性知识的学习,只有在学习者准确知道它用在什么情境以及在新情境中如何加以修正时,才是有效的、可迁移的^④。社会文化理论也认为学习和意义建构是发生在个人与情境之间的复杂社会过程^⑤。因此,教科书任务需使学生参与社会生活的真实问题情境中进行有意义学习,才能发展学生科学能力。如果忽视了科学产生的具体社会实践情境,包括为了迎合 STEM 教育浪潮而关注科技前沿主题情境的许多探究性学习任务,最后可能变成认知层次不高的验证性实验或操作性活动,缺乏体现解决人类社会问题所展示的社会意义和科学本质教育。其实,有研究者发现英国典型科学教科书围绕“社会与问题”真实情境设置来促进有意义学习的表现型活动任务占比近 50%^⑥。基于此,我国科学教科书可以就一些与人类可持续发展主题相关情境设置项目化学习或议题式学习等表现型任务,引导学生将学习视作参与解决具有社会意义的真实问题,拓展学生的认识论知识和对科学本质的理解。例如,小学高年级在学习生态保护与经济开发相关议题时,以我国高铁兴建和营运为议题设置学习任务^⑦,通过文字及图片介绍我国某地区兴建高铁的缘由和涉及的争议,设置任务如下:“你赞成或反对兴建高铁吗?请说明你的想法和理由”“有些同学如果持有与你相反的立场,他们可能会怎么说”“你会如何应对以说服他们支持你”“如果同学希望你提出证据来支持自己的想法时,你可能会提出哪些证据”等,引发学生课后寻找资料、思考观点、寻找证据和课堂内分组扮演各类角色(环保团体、游客、交通运输部官员、高铁经过地区的农场主、该地区科学主管、高铁附近居民),就“交通便捷与安全”“生态与环境的保护”“土地开发和利用”“观光产业与地方经济的发展”“噪声与震动的防治”

① 朱晶. 科学教育中的知识、方法与信念——基于科学哲学的考察 [J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2020, (07): 106.

② 中国科学院学部. 面向二十一世纪发展我国科学教育的建议 [J]. 科学新闻, 2000, (36): 2.

③ 张红霞, 郁波. 从“探究”到“实践”: 科学教育的国际转向与本土应对 [J]. 教育研究, 2023, (7): 66.

④ 裴新宁. 学习科学与科学教育的共同演进: 与国际学习科学学会前主席马西娅·林教授对话 [J]. 开放教育研究, 2018, (4): 4.

⑤ Lave J, Wenger E. Situated learning: Legitimate peripheral participation [M]. Cambridge: Cambridge university press, 1991: 50-51.

⑥ 马冠中, 程林, 胡炳元. 学生活动中表现性任务的内容分析——以英国物理教科书“社会与问题”为例 [J]. 全球教育展望, 2010, (5): 74.

⑦ 林树声, 黄柏鸿. 國小六年级学生在社会性科学议题教学中之论证能力研究: 不同学业成就学生间之比较 [J]. 科学教育月刊, 2009, (2): 111.

等观点进行辩论，培养学生逻辑论证能力、社会责任感和作出社会层面的决策和行动的能力。

4. 强调表现性任务融入，促进教师对教科书任务的显性转化

教科书任务承载着学生理解、巩固和活化科学知识的功能，加深学生认识科学、技术和社会关系的联系，具有较强的基础性和适用性，适用于全国不同层次水平和地区学生的需要。因此，我们不应期望教科书任务全方位满足学生三大能力中各二级维度能力的要求以承担核心素养发展的全部责任。尽管我国教师和学生有严重依赖教科书的传统，但在教学实施过程中，教师应根据学生需要，有效利用教科书任务，对其进行扩展和改编，显化其教育功能。一方面，教师可以就教科书的某些知识主题学习任务，选择网络媒体上的相关报道（如科学的新技术、人工智能、环境保护等），设计一些争议性的表现性活动任务，引发学生进行分析调研，发表自己的观点以及寻找证据支撑，也可以引导他们进行科学写作以及进行行动决策的宣传展示。另一方面，教师可借助国家数字化教育平台，整合或开发电子学习资源，通过动态化任务呈现推动学习资源从静态向智能化转型，丰富学生完成任务的方式。在此基础上开展项目化学习、问题解决学习等，有效弥补传统教科书中静态非真实情境、侧重知识巩固和再现的不足。例如，对地球与空间科学领域内容的学习，设置项目化学习任务，引导学生在虚拟的空间中调整行星的大小、轨道位置，认识太阳系的结构以及运行规律，搭建太阳系模型。通过表现性任务的融入与教科书任务的动态转化，不仅能突破传统教材的静态知识固化局限，更能为学生创造基于真实情境的科学实践空间。这种“以教材为基、以任务为桥”的教学转化，坚守了基础知识体系的奠基作用，突破了教材静态限制，开拓了学生科学能力培养的教学途径，最终实现从“知识传递”到“素养培育”的科学教育范式转型。

基金项目

2023 年江苏省社会科学基金重点项目《基于本地化情境的科学教育实践及模式创新研究》（项目编号：23JYA003）。

作者简介

万东升，苏州大学教育学院教授，研究方向：K-12 科学课程与教学。

赵婷，苏州大学教育学院硕士研究生，研究方向：课程与教学论。

Optimizing Strategies and Characteristics of Tasks in China's Primary School Science Textbooks: From the Perspective of the PISA 2025 Science Framework

Wan Dongsheng, Zhao Ting

(School of Education, Soochow University, Suzhou, 215123)

Abstract: Based on the PISA 2025 science framework, this study analyzes and compares the “tasks” in three major current primary school Science textbooks in China. It was found that in the dimension of “scientific competencies,” these tasks emphasized explanatory functions and procedural inquiry methods, while neglecting critical reflection and capacity for evaluative action in scientific practice, lacking assessment of abilities such as problem formulation and inquiry design, and overlooking epistemic knowledge. In the “knowledge” dimension, they prioritized traditional disciplinary knowledge and emphasize experimental measurement and operational skills, with insufficient coverage of epistemic knowledge. In the “context” dimension, the proportion of real-life contexts was not high, and they predominantly highlighted the value of scientific applications at the individual level. The study suggested that optimizing textbook tasks should focus on setting tasks in contexts related to issues such as human sustainable development, leverage the integrative role of evaluation, argumentation, and analysis as “hubs,” establish a scientific epistemic authority, and recommend teachers to explicitly transform textbook tasks.

Key Words: textbook tasks; PISA 2025; scientific competencies; scientific knowledge; context