

# 小学科学教材科学活动编排的国际镜鉴——以美国《Science: A Closer Look》为例

周深几，李欣窈

## 一、引言

教材在科学教育中发挥着核心支撑作用。它不仅承载科学知识的系统传递，更通过内容的组织与任务的设计，引导学生形成科学思维、发展科学素养<sup>[1]</sup>。然而，如何使科学教材从知识载体转化为促进学生核心素养生成的教学媒介，仍是全球科学教育改革的关键议题。2023年，中国教育部发布《关于加强新时代中小学科学教育工作的意见》，提出要构建系统的科学课程教材体系，强化教材的实践性与综合性，推动内容的结构化与情境化，以更好契合学生的认知发展规律。尽管课程改革普遍以核心素养和未来能力为导向，但研究表明，“中小学科学教材偏向于呈现科学知识，对呈现科学本质的内容关注不足，仅有少部分开始关注重要的科学方法”<sup>[2]</sup>。因此，通过比较不同国家科学教材在“探究任务”与“科学方法”呈现上的结构与策略，有助于揭示科学素养培养的多样路径，并为我国教材改革提供分析框架与参照。

## 二、文献综述

### （一）科学实践活动作为科学教材对接科学核心素养的关键

科学教材作为知识结构的组织者，承担着将课程标准中抽象的科学概念转化为学生可理解、可操作知识的任务<sup>[3]</sup>。这一转化不仅关乎知识的传递，更关系到教材能否引导学生在学习中形成科学探究的方法与批判性思维<sup>[4]</sup>。因此，在教材设计中仅关注知识的覆盖范围是不足的；若缺乏系统性与应用性，学生往往难以在学习中维持投入<sup>[5][6]</sup>。关键在于：这种系统性与应用性应当如何在教材中实现？现有研究涉及科学教材的方方面面（如学习概念、非文本元素、习题设置、语言特征、科学史、社会性议题）<sup>[7][8]</sup>，但在“学科实践”导向的课程改革背景下，实践活动被认为是科学教材实现育人功能的关键环节。教材应起到学生学科实践“助学伙伴”的作用，帮助其在探究情境中系统发展核心素养<sup>[9]</sup>。

科学教材的有效性，取决于其能否通过科学实践活动的设计，将知识学习转化为学生主动探究与意义建构的过程。若探究任务缺乏情境支撑或逻辑层次不清，教材中的探究活动往往流于形式，不仅限制学生思维的深度发展，也容易削弱学生的探究兴趣<sup>[8][10]</sup>。早在三十年前，德里弗（Driver）等人在《理解中学科学》（Making Sense of Secondary Science）中指出，学生的科学误解（misconceptions）并非偶然错误，而是一套基于日常经验形成的连贯性解释体系。有效的科学教学不应试图消除这些“替代理论”，而应促使其被重构——这种重构并非个人层面的内化，而是在社会化探究语境中，通过对证据的理解与使用逐步实现的<sup>[11]</sup>。因此，科学实践活动是连接教材设计与科学核心素养发展的关键环节<sup>[12]</sup>。

## （二）教材中科学实践活动的评价

对于科学教材中的科学实践活动如何呈现，或何种呈现更能促进学习，从根本上取决于对“科学实践活动”的理解。目前的研究与评价大体呈现出两种取向：要素型与导向型。前者着眼于科学实践活动的本体结构，关注活动内部包含哪些核心环节，如观察、假设、实验、证据解释与论证等，被视为科学素养形成所依托的基本过程；后者则体现一种认识论取向，强调科学实践在教育中的意义与价值，关注活动的真实性、社会性与情境嵌入。

### 1. “要素型”取向：基于程序结构的框架分析

“要素型”研究主要聚焦于科学活动的内部结构与技能构成，并常借助不同理论框架进行开发。例如，有学者基于《德尔菲报告》和《加州批判性思维技能测试》提出的六大批判性思维要素（阐释、分析、评估、解释、推理与自我调整），构建了批判性思维在教材中的内容划分<sup>[13]</sup>。不过“批判性思维”概念范畴相对宽泛，与科学探究的特定学科语境存在距离。

更具学科针对性的是北京师范大学研究团队开发的“探究本位任务分析清单”（Inquiry-based Tasks Analysis Inventory, ITAI）（见表1）。该框架以科学探究理念为核心，将教材分析划分为“概念”“探究过程技能”和“对探究的理解”三个维度共22项指标。后续研究发现，国内高中生物教材在探究过程技能的分布上存在明显不均衡，部分内容忽视了分类、预测、假设与问题提出等探究要素，反映出教材对科学探究理念的理解不足<sup>[14]</sup>。尽管该框架在技能分析上具有较高操作性，但编码上仍依赖有无的二分式判断，难以捕捉教材中探究理解的深层特征。

表 1 探究本位任务分析清单

| 维度                 | 子维度                       |           |          |
|--------------------|---------------------------|-----------|----------|
| 帮助学生建构对科学概念的理解     | 1. 本任务所涉及的科学概念与课程目标一致     |           |          |
|                    | 2. 对所涉及概念的理解有助于核心思想的学习    |           |          |
| 在该任务中，学生预期应运用以下技能  | 3. 观察                     | 4. 推论     | 5. 测量    |
|                    | 6. 表达与交流                  | 7. 分类     | 8. 预测    |
|                    | 9. 控制变量                   | 10. 操作性定义 | 11. 提出假设 |
|                    | 12. 解释数据                  | 13. 提出问题  | 14. 构建模型 |
| 该任务文本体现了以下对科学探究的理解 | 15. 科学探究都始于问题，但不一定检验假设    |           |          |
|                    | 16. 科学探究没有固定的步骤或统一的程序     |           |          |
|                    | 17. 探究过程由所提出的问题所引导        |           |          |
|                    | 18. 不同科学家执行相同程序可能不会得到相同结果 |           |          |
|                    | 19. 探究程序可能会影响结果           |           |          |
|                    | 20. 结论必须与收集的数据一致          |           |          |
|                    | 21. 科学数据不等同于科学证据          |           |          |
|                    | 22. 解释基于收集的数据与既有知识的结合     |           |          |

进一步来看，科学探究框架的细化也带来学科差异问题。不同学科“像科学家一样行动”的方式并不相同——物理、化学、生物学更依赖实验，而天文学、地球科学等领域则侧重于模型建构与数据推理<sup>[15]</sup>。由此可见，诸如测量、控制变量等技能并非所有学科都具备普遍适用性。探究框架若忽视学科特征，反而可能导致科学实践的形式化。因此，问题的关键不在于进一步细化探究技能，而在于把握科学实践的共性结构——包括探究者的角色、方法的组织、证据的使用以及知识生成与修正的过程<sup>[16]</sup>。尤其要避免教材中常见的线性化科学方法表征（观察—假设—实验—结论），忽视科学实践的多样性与非线性特征<sup>[17]</sup>。

沙特学者提出的论证驱动的探究技能（argumentation-driven inquiry skills）框架则在一定程度上克服了上述问题。该框架从更高层次上将探究过程划分为八个关键范畴：问题提出、证据使用、学生解释、理论或模型运用、论证与辩护、分析、联系与反思<sup>[18]</sup>。然而，该框架以“教师中心—学生中心”作为任务评估维度，但教材文本并不直接反映课堂行为，因而难以据此判断探究的主导权或学习取向，解释效度有限。

## 2. “导向型”取向：基于教育意义的探究观

与“要素型”取向不同，“导向型”研究关注科学实践的教育功能。例如，安德森（Andersen）从异质性、认知激活、真实性与复杂性四个方面共 11 个维

度评价科学教材中活动的“潜能”。其中，异质性关注学习路径与解决方式的多样化；认知激活强调概念前理解与从复制到创造的认知迁移；真实性关注活动与现实世界的关联；复杂性关注问题表述及表征形式的多元性。该框架采用从“无”到“隐性”再到“显性”的等级标记方式，以评估教材任务在多维度导向上的显化程度<sup>[19]</sup>。这种显隐评估思路比“教师中心—学生中心”的二分模式更具操作性，也与科学本质（NOS）研究中常用的显性教学范式一致——即通过显性方式引导学生进入科学知识与实践的意义世界<sup>[20][21]</sup>。但是，问题是这四个维度比较虚，并且没测探究的实质总觉得差点意思。不过，该框架在理论层面仍存在局限：其维度偏重任务外显特征，对探究的内在机制与学科性理解涉入不足，难以揭示活动如何在学习过程中促成真正的概念生成与方法迁移。

综上，更为合理的途径是在结构分析上借助“要素型”框架的可测维度，在价值判断上引入“导向型”的显隐标记方式，从而兼顾教材在科学实践的结构性与教育潜能。

## 三、研究设计

### （一）研究对象与分析单元

本研究选取美国《Science: A Closer Look》作为分析对象。该教材由麦格劳—希尔（McGraw-Hill）公司出版，被包括巴林<sup>[22]</sup>、沙特阿拉伯<sup>[23]</sup>等国家在内的多国教育部门翻译与使用。《Science: A Closer Look》在体例上对“科学实践活动”作出了明确划分。其目录中设置“活动与调查”（Activities and Investigations）专栏，涵盖三类活动：“探索活动”（Explore Activity）、“快速实验室”（Quick Lab）和“探究技能与调查”（Inquiry Skills and Investigation）。其中，小学一、二年级未包含“探究技能与调查”部分，且“快速实验室”多为导入性任务，缺乏完整的探究过程，因而未纳入分析范围。出于研究焦点的统一性考虑，本研究仅将直接服务于科学探究过程的活动纳入分析。参考现有教材分析的做法<sup>[14][15][18]</sup>，本研究将教材中被明确标识为科学实践活动的单元界定为分析单元。共 344 个分析单元。

### （二）研究工具

在文献综述基础上,本研究选取“论证驱动的探究技能”框架<sup>[18]</sup>,并结合“导向型”研究常用的“无一隐性—显性”三级标记方式,对教材中的科学实践活动进行编码。具体而言,“论证驱动的探究技能”框架包括八个维度:①问题(教材内容推动学生投入科学导向的问题);②证据(教材内容鼓励学生在回答问题将证据置于关键位置);③学生解释(教材内容推动学生从证据中形成解释);④科学理论或模型(教材内容推动学生引入科学知识到解释中);⑤论证、沟通与辩护(教材内容鼓励学生交流和辩护自己的解释);⑥分析(教材内容鼓励学习者分析证据);⑦联系(教材内容激发学生在解释和科学知识间建立联系);⑧反思(教材鼓励学生对自己的论证和辩护反思)。在显隐性标记中,“无”表示教材未体现该要素或任务指令未涉及此类活动(编码为0);“隐性”表示教材虽未直接表述,但活动过程暗含相应的探究要素(编码为1);“显性”表示教材对该要素有明确指令或独立任务设置(编码为2)。以《Science: A Closer Look》六年级第107页的“探索活动”为例:

- **实验目的:** 单个细胞如何发育为完整生物体?通过观察处于不同细胞分裂阶段的玻片(即细胞增殖过程),探究这一问题。
- **实验材料:** 细胞分裂各阶段的预制玻片、显微镜、大张白纸、剪刀、胶带、索引卡。
- **实验步骤:** (1) 观察: 在低倍镜下观察第一张玻片。先用粗调焦旋钮初步聚焦,再用细调焦旋钮使图像清晰。能否看到单个细胞内部的细节?若不能,换用高倍镜重复操作。记录不同细胞内部的细节,轻微移动玻片观察其他细胞,绘制多个观察示例。对每张玻片重复此过程。(2) 交流: 对比绘制的所有细胞图。哪些细胞处于相似的分裂阶段?哪些处于不同阶段?与同伴讨论。(3) 分类: 剪下你的细胞图,将形态相似的归为一组。与同学的分类结果对比,全班共同确定分组标准。
- **得出结论:** (4) 每组选一张代表性细胞图,粘贴在索引卡空白面。保留索引卡作为本课后续学习的参考。
- **拓展探究:** 植物和动物细胞中是否能观察到相同的分裂过程?你认为植物哪个部位最可能发生这些过程?设计实验验证你的预测。实施实验,并向全班分享结果。

基于上述框架与等级划分，本研究对该活动进行逐项编码（见表 2）。

表 2 编码案例

| 维度         | 编码 | 依据  |
|------------|----|---|
| 1. 科学问题    | 2  | 活动以核心探究问题“单个细胞如何分裂形成完整生物体？”为主线，问题清晰、可检验，且直接指向观察与分析细胞分裂阶段。                                     |
| 2. 证据      | 2  | 学生通过显微镜观察多个视野，连续绘制并记录不同阶段的细胞图像，数据可追溯、来源明确，具备直接证据的特征。  |
| 3. 学生解释    | 1  | “比较绘图并讨论阶段异同”环节推动学生形成描述性解释（如识别分裂期形态差异），但未要求建立分裂过程动态变化的因果机制解释，解释深度停留在现象层面。                     |
| 4. 理论 / 模型 | 2  | 任务要求调用细胞分裂阶段模型作为解释框架，学生在绘图和分组过程中需基于模型辨识各阶段特征，实现理论的操作化体现。                                      |
| 5. 论证 / 辩护 | 2  | 论证结构体现科学探究的社会性本质：通过同伴对话实现观点互证（“与伙伴讨论分类依据”），并依托全班协商确立分类标准（“共同决定分组方案”），再现科学共同体的知识建构过程。          |
| 6. 分析      | 2  | 学生对多幅图像进行分类、标注与归类，全班再共同整合阶段序列，体现出从数据到结构化结果的系统分析过程。  |
| 7. 联系      | 1  | “拓展探究”设计促进知识迁移：（1）概念上，思考动物细胞结论在植物界的普适性；（2）方法上，自主设计实验验证预测（如比较根尖分生组织与动物胚胎细胞）。但是，没有直接点明连通其他科学知识。 |
| 8. 反思      | 1  | “设计实验检验预测”本质是元认知干预：要求学生审视初始结论（动物细胞分裂规律）的边界条件，通过植物细胞实证检验暴露原有解释的情境局限性，促成对论证有效性的自觉评估。            |

（三）数据分析

为确保编码结果的信度，两位研究者分别对全部样本（n = 344）独立评分，并开展一致性检验。鉴于评分采用 0–2 的序位尺度，本研究使用线性加权 Cohen’s  $\kappa$  ( $\kappa_w$ ) 以区分不同程度的不一致。结果显示，各维度 $\kappa_w$  分别为：科学问题 0.45、证据 0.90、学生解释 0.90、科学理论/模型 0.89、论证/辩护 0.91、分析 0.95、联系 0.95、反思 0.90。总体平均 $\kappa_w$  为 0.86（范围 0.45–0.95）。除“科学问题”外，其余维度均达到显著一致水平（ $\kappa_w \geq 0.80$ ），其中“分析”“联系”等维度一致性很高。

需要指出的是，“科学问题”维度一致性相对较低（ $\kappa_w = 0.45$ ），可能与该维度的概念边界相对模糊和文本表征的多义性有关。例如，部分教材活动中问题

既可被理解为情境导入的表层问题，也可视为引发探究的核心科学问题，导致评分者在判断“是否体现科学问题”时标准略有差异。尽管如此，整体一致性仍处于可接受范围。对于存在分歧的条目，研究者通过讨论与协商重新审阅文本语境，直至形成一致判定，从而保证编码结果的准确性与稳定性。在此基础上，本研究使用 SPSS 29.0 软件对各维度得分进行描述性统计分析。

## 四、研究结果

在《Science: A Closer Look》中，Life Science 单元覆盖小学一至六年级的全部学段，包含三类探究活动类型：“Explore Activities”“Quick Labs”与“Inquiry Skills and Investigation”。依据前文所建立的“论证驱动的探究技能”（argumentation-driven inquiry skills）分析框架，并结合“无一隐性—显性”三级标记体系，对各类任务在八个探究维度（问题、证据、解释、模型、论证、分析、联系、反思）上的显隐性特征进行编码与统计。本研究对教材中探究活动的结构特征进行了两层分析：其一，按年级聚合各科学门类，以揭示探究维度随学段递进的变化；其二，按科学门类（生命科学、地球与空间科学、物理科学）聚合数据，以考察不同学科知识形态下探究结构的差异。

### （一）年级层面的特征变化

整体来看，小学科学教材中的探究活动在“证据”和“分析”两个维度上呈现显著的年级递进效应，而模型、论证与反思等高阶维度依然处于较低发展水平。这种结构性差异揭示了学生探究能力随学段推进的“基础技能—思维加工—元认知”层级递进模式，但也反映出高阶思维的教学引导尚不充分。

具体而言，首先，证据维度在高年级获得更强的编排权重与更明确的操作指令：文本中对“测量—记录—整理”的要求更为清晰，常配合数据表、定量比较与时间序列观察等版式或步骤提示，均值由一年级的 1.32 提升至六年级的 1.83（活动层相关  $r \approx 0.31$ ），显示教材在“可追溯数据”的呈现上由弱到强、由粗到细的梯度设计。其次，分析维度随年级稳步增强（均值由 0.92 到 1.38），体现为文本在高年级更频繁地安排“归类—对比—归纳规律”的处理环节，并以表格化或步骤化语言引导学生完成基础的数据加工；相较证据，其斜率较缓，说明教材虽增加“处理证据”的任务密度，但仍以入门级分析操作为主。再次，反思维度虽有提升（均值由 0.44 到 0.68），但主要体现为“结论评估”“方法改进”

等提示性语句的增配，真正涉及“普适性检验、边界条件、误差来源、再验证”等显性元认知要求的情境仍较少，导致2分反思在版式与任务层面的供给不足。最后，科学理论/模型与论证/辩护的呈现虽在高年级略有抬升（模型由0.24到0.36；论证 $r \approx 0.10$ ），但整体仍以“观察—描述—结论”的线性叙事为主，较少以明确指令要求调用学科模型或组织同伴辩护流程；这使高阶要素多以隐含性存在，未形成与“证据—分析”相匹配的结构化支撑。

就横向结构而论，教材的探究编排呈现出“上游强—中游稳—下游弱”的版面与任务分配格局：问题引导与证据获取在各册中占比较高、外显度强；分析随年级增配但以基础处理为主；而模型—论证—高阶反思在文本中多为点状出现、缺乏流程化与显性化。这一格局揭示的并非学生能力本身的变化，而是教材对探究要素的供给结构：随着年级升高，教材优先强化可操作、可量化的环节，但在将证据上接到理论模型、将结果纳入论证流程、将结论置于元认知检验方面，仍留有显著“编排空白”。

## （二）学科门类差异

在不分年级的情况下，三类科学教材在探究维度上呈现出稳定而显著的结构差异。总体来看，地球科学教材在“模型”与“分析”维度上表现突出，物理科学教材在“证据”维度上优势明显，而生命科学教材则在“问题引领”与“反思”维度上较为突出。

地球科学类活动的平均模型得分为0.52，分析维度为1.47，均高于其他门类。其中高分任务占比达67%，显示地球科学教材更倾向于以系统性主题（如循环、能量流动、地质过程）为载体，强化数据整合与结构化分析要求。这种设计突出“系统—变量—关系”的逻辑框架，使模型建构成为活动组织的核心要素。

物理科学教材的证据维度均值最高（1.78），说明其探究任务以操作与测量为主要特征，强调精确记录与数据验证。然而，其模型（0.08）与论证（0.23）维度得分最低，表明活动虽注重实验规范，却较少引导学生在理论层面对结果进行解释或论证，呈现出“重操作、轻建构”的教材取向。

生命科学教材在科学问题（1.90）、联系（0.34）与反思（0.66）三个维度上领先。活动多围绕生长、生态与人体系统等熟悉情境展开，通过生活化问题驱动探究过程，从而在问题提出与意义反思方面更具显性特征。然而，其模型（0.27）

与分析（1.34）维度得分均低于地球科学，说明该领域的探究设计仍偏向经验性与描述性。

总体而言，三类学科教材呈现出相对稳定的结构分工：地球科学突出系统建模与数据分析，物理科学侧重实证测量与证据积累，生命科学强化情境联系与反思引导。这种差异反映出不同学科知识形态在教材探究设计中的迁移方式，也揭示了当前小学科学教材在“模型—论证—反思”链条上的整体薄弱与学科间的不均衡分布。换言之，虽然探究活动总体上体现出从经验性向理论化的递进逻辑，但高阶维度的薄弱及不同学科间的不平衡表明，教材在支撑学生从“做探究”迈向“理解科学”的过程中仍存在明显断层。未来教材修订可在三方面强化设计：其一，建立模型与论证的递进梯度，使学生能在不同年级逐步接触并应用科学解释框架；其二，提高反思性任务的显性度，通过自我质询与方法改进环节促进元认知生成；其三，在不同科学门类中构建“共通的探究逻辑”，以避免探究经验在学科间割裂。

## 四、结论与建议

本研究揭示的小学科学教材探究活动在结构递进与学科差异上的双重特征，反映出当前教材设计在“可操作性”与“概念性”之间的张力：低年级偏重经验积累与过程规范，而高年级虽强化了证据与分析，却未能充分建构通往模型与论证的路径。这一结构性失衡使探究逻辑呈现“前重后轻”“显低隐高”的形态，学生在具体任务中虽能掌握实验步骤，却难以形成科学推理的内在结构。为此，教材与教学实践可从以下三方面加以改进。

首先，应在教材编排中确立“模型—论证”递进主线，形成从证据到解释的教学梯度。教材可在不同年级设置“解释链条”的渐进任务，如在四、五年级阶段引入简化模型的构想活动，在六年级系统呈现理论解释与辩护任务，使学生逐步体验科学建构的逻辑，而非停留在操作与描述层面。特别是在地球与物理科学模块中，应将实验结果与学科模型更紧密衔接，通过比较与可视化方式帮助学生理解模型的解释功能。

其次，应提升“反思”与“元认知监控”的显性度，在活动设计中嵌入自我评估与方法检视环节。教材可在每单元活动结尾提供反思模板，如“我的假设与结果一致吗？”“还有哪些变量可能影响结论？”“如果重新实验，我会改进什

么？”此类提示既能引导学生对思维过程进行再认识，也能在教学中培养科学探究的自我修正意识。

再次，应在不同科学门类之间构建共通的探究逻辑框架。当前三类科学教材的探究结构各有优势，但缺乏横向迁移性。未来教材可在学科间统一探究要素的表现形式与层级指标，使学生在跨主题学习时能识别并沿用一致的科学思维模式。例如，可在生命科学中强化证据—论证路径，在物理科学中补充反思与模型生成任务，在地球科学中增加问题引领与社会情境联系，以形成整体连贯的探究素养培养体系。

最后，从教学实践角度看，教师的任务不应仅是引导学生完成教材活动，而在于重构探究情境的认知支撑。通过补充解释性提问、可视化建模与小组辩护环节，教师可以弥补教材在高阶维度的不足，促进学生从“执行性探究”过渡到“解释性探究”。这种转向不仅关乎任务设计，更关系到科学教育在义务教育阶段能否真正实现由“技能导向”向“思维导向”的转变。

综上，教材探究设计的优化应立足于探究逻辑的系统建构，而非单纯的任务堆叠。唯有在“证据—模型—论证—反思”的循环体系中，学生的科学思维与探究能力才能实现从经验积累到概念理解的质性跃迁。

## 参考文献

[1] Abd-El-Khalick F, Myers J Y, Summers R, et al. A longitudinal analysis of the extent and manner of representations of nature of science in US high school biology and physics textbooks[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 2017, 54(1): 82-120.

[2] 郑永和,张登博,王莹莹,等.基础教育阶段的科学教育改革：需求、问题与对策[J].*自然辩证法研究*,2023,39(10):11-17.

[3] Atakan M, Akçay B. Representation of changes about nature of science in Turkish middle school science textbooks[J]. *Science & Education*, 2024, 33(3): 551-580.

[4] Yu J, Li C, Li G. Alignment between biology curriculum standards and five textbook editions: a content analysis[J]. *International Journal of Science Education*, 2022, 44(14): 1-20.

[5] Arias A M, Bismack A S, Davis E A, et al. Interacting with a suite of educative features: Elementary science teachers' use of educative curriculum materials[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 2016, 53(3): 422-449.

[6] Peti-Stantić A, Keresteš G, Gnjidić V. Can textbook analysis help us understand why Croatian students seldom read their textbooks?[J]. *Technology, Knowledge and Learning*, 2021, 26(2): 293-310.

[7] Vojří K, Rusek M. Science education textbook research trends: a systematic literature review[J]. *International Journal of Science Education*, 2019, 41(11): 1496-1516.

[8] 诸荒泽.国际科学教科书的研究热点与特征——基于文献计量学的实证研究[J].*外国中小学教育*,2019,(01):61-70.

[9] 石鸥,张靖卉.新课标下教师教科书使用的困境及其纾解[J].*教育科学*,2025,41(04):40-47.

[10] Garrecht C, Czinczel B, Kretschmann M, et al. ‘Should We Be Doing It, Should We Not Be Doing It, Who Could Be Harmed?’ Addressing Ethical Issues in Science Education[J]. *Science & Education*, 2023, 32(6): 1761-1793.

[11] Driver R, Leach J, Millar R, et al. Young people's images of science[M]. McGraw-Hill Education, 1996.

[12] Lederman N G, Lederman J. Nature of scientific knowledge and scientific inquiry[M]//Critical questions in STEM education. Cham: Springer, 2020: 3-20.

[13] 陈运保,李芳芳.初中物理教材探究实验中批判性思维内容比较研究——以“人教版”和“上教版”教材为例[J].*物理教师*,2020,41(11):50-53+56.

[14] Yang W, Liu E. Development and validation of an instrument for evaluating inquiry-based tasks in science textbooks[J]. *International Journal of Science Education*, 2016, 38(18): 2688-2711.

[15] Yang W, Liu C, Liu E. Content analysis of inquiry-based tasks in high school biology textbooks in Mainland China[J]. *International Journal of Science Education*, 2019, 41(6): 827-845.

[16] Herron M D. The nature of scientific enquiry[J]. *The school Review*, 1971, 79(2): 171-212.

[17] Bybee R W. Scientific inquiry and science teaching[M]//Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education. Dordrecht: Springer Netherlands, 2006: 1-14.

[18] Aldahmash A H, Omar S H. Analysis of activities included in Saudi Arabian chemistry textbooks for the inclusion of argumentation-driven inquiry skills[J]. Studies in Educational Evaluation, 2021, 68: 100968.

[19] Andersen K N. Assessing task-orientation potential in primary science textbooks: Toward a new approach[J]. Journal of Research in Science Teaching, 2020, 57(4): 481-509.

[20] Abd-El-Khalick F, Waters M, Le A P. Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades[J]. Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 2008, 45(7): 835-855.

[21] Zarei E, Hossein Nia R. Analysis of high school chemistry textbooks used in Iran for representations of nature of science[J]. Interchange, 2023, 54(2): 253-270.

[22] Örnek F, Alaam S. Five Essential Features of Scientific Inquiry in Bahraini Primary School Science Textbooks and Workbooks: F. Örnek and S. Alaam[J]. Science & Education, 2025, 34(3): 1551-1599.

[23] Hamdan Alghamdi A K. Citizenship education in science curricula: Exploring the Saudi Arabia case[J]. International Journal of Science and Mathematics Education, 2020, 18(4): 669-689.