

# 做好科学教育加法导向下的科学教材编写

钟晓媛，谭永平

**摘要：**中小学科学教材是落实科学教育加法的核心载体。对标“加法”的目标和原则，进一步提高科学教材的编写质量，可以通过优化程序性知识与充实认识论知识、完善科学知识结构、增加实践活动设计的系统性、充分发挥实践活动全面育人价值、强化跨学科实践活动的多学科协同、提高情境素材的效用等方向进行优化。同时，可以在队伍组织、工作机制、工作流程等编写模式上进一步革新，强化数字化融合。

**关键词：**中小学；科学教材；科学教育加法

2023年，习近平总书记在二十届中共中央政治局第三次集体学习时指出，要在教育“双减”中做好科学教育加法，激发青少年好奇心、想象力、探求欲，培育具备科学家潜质、愿意献身科学研究事业的青少年群体。中小学阶段是创新人才培养的形成期和转型期<sup>[1]</sup>，中小学科学教材（即物理、化学、生物学、科学教材，以下简称“科学教材”）是落实科学教育加法的核心载体。对标科学教育加法的目标和原则，总结科学教材编写已取得经验，正视有待提升的不足，才能明确改进的方向。

## 一、科学教材编写的经验

中小学科学课程做好科学教育加法，其目标是服务立德树人根本任务，锚定强国建设目标。<sup>[2]</sup><sup>17</sup>为此，需激发学生主观意愿，强调创新能力培养，在落实“双减”前提下集成增效<sup>[2]</sup><sup>18</sup>，同时，坚持以育人为本，夯实知识基础，补充短板，重视融合贯通，解决当前的突出问题<sup>[3]</sup>。对标以上科学

教育加法的目标和原则，当下的科学教材在探索中取得了一些经验，呈现一些特点。

### （一）面向全体学生，立足素养发展

1949年以来，我国中小学课程目标总体呈现从“双基目标”到“三维目标”再到“核心素养”的变革，按照《普通高中课程方案（2017年版）》《义务教育课程方案（2022年版）》和各学科课程标准凝练出的各学科核心素养要求，科学教材不断调整内容的选择、组织和呈现，坚持育人为本原则，明确各学科独特、关键、共同的育人价值。当下科学新教材的设计体现内容进阶与纵向关联，提供学习支架支持学生自主学习<sup>[4]</sup>；重视以学科知识为基础的学科观念的形成，如生物学教材中的进化与适应的生命观等；强调基于事实证据和科学推理进行验证或批判，培养学生科学思维；体现教材的国家事权属性，充实德育相关内容<sup>[5]</sup>。

### （二）激发学习动机，注重实践探究

科学教材在发展过程中从以学科逻辑为主，

**基金项目：**国家教材建设重点研究基地2025年度重大项目“做好科学教育加法的中学生物学课程教材建设研究”（2025GH-ZDA-JJ-Y-027）。

**作者简介：**钟晓媛，人民教育出版社化学编辑室副主任、副编审（北京 100081）；谭永平，人民教育出版社副总编辑、编审（北京 100081）。

逐步转变为学科知识逻辑、学生认知逻辑和教学实践逻辑三结合的逻辑体系。重视学生的认知逻辑，表现在重视激发学生的学习动机。当下科学教材会以问题驱动内容，创设符合学生认知水平的情境，或者通过设置认知冲突，激发其好奇心与探究欲，如物理教材会在每节节首设置一个问题，生物学教材会将科学家访谈或科研论文作为情境素材使用，还会插入一些描述生物现象的小诗。重视提升学生的认知逻辑，还表现在注重实践活动的编写，以分层的实验、探究等活动任务为载体，帮助学生理解知识和其背后的原理。以化学教材为例，其不仅在数量上整体呈现科学实践内容增多的趋势，还在实验探究水平和探究技能要求方面呈现不断提高的变化趋势。<sup>[6]</sup>此外，根据各学科课程标准的要求，部分科学教材新增了跨学科实践相关内容。

### （三）优化知识结构，契合认知规律

科学教材已经呈现通过多种方式，协同实现内容结构化的特点。不仅按照课程设置采用螺旋上升、区分层次、突出重点的逻辑架构，还在单元或章的划分、课题或节的划分上做了充分的研究；尽量平衡学科逻辑与学习逻辑，实现知识结构化与认知适切性的统一。同时，不仅在单元或章的开头设有提纲挈领的引言类内容，还在其末尾呈现跨单元内容整合的知识框图的总结；将零散知识整合为目标明确、逻辑清晰的学习单元。此外，科学教材除了呈现学科知识逻辑，还非常注意引导学生自主建构知识关联<sup>[7]</sup>；将学科逻辑真正转化为学习逻辑，鼓励学生运用自身视角理解学习内容，学会系统分析问题。

### （四）融入科学故事，涵养科学精神

通过科学家的故事、科学故事，介绍科学家基于事实大胆假设最终发现新知识的过程，不仅让学生感受想象力在解决科学问题、形成科学知识过程中的作用，还帮助学生理解科学知识建构的过程，并在认识和经历科学知识的发展过程中深化对概念和观念的理解，是渗透学科核心素养的良好素材。有研究显示，近20年来有关科学教材中科学史相关研究文献呈逐年递增趋势，增幅显著<sup>[8]</sup>，也侧面反映了科学教材中融入科学故事的做法引起了学界关注。在不断的研究与实践的反馈中，科学教材逐渐注重科学史的演变过

程以及内容呈现方式的多样化，使这一具有较高教育价值的内容更加具有多样性和时代性的特征。

## 二、科学教材编写的内容优化路径

当下科学教材虽然已经呈现出与科学教育加法这一目标契合的特点，但还存在一些缺失与不足。旨在激发青少年好奇心、想象力、探求欲，培养他们的科学家潜质的教材编写方法，未必能充分发挥预期效用，还需要进行不断优化。

好奇心是一种渴望获取信息的积极情绪，想象力是需要多维信息与因素支持的认知形式，而探求欲是建立在好奇心与想象力基础之上的行动渴求，可以把三者之和视作创造力。<sup>[2]18</sup>以下几个指向提高创造力的优化路径，在逻辑关系上可能并不严谨和完备，却是科学教材短期内可以提高的“最近发展区”。

### （一）知识内容的选择

毫无疑问，科学素养的提高，科学家潜质的培养，以掌握必要的科学知识为前提。科学教材中的知识，应该是学生理解自然界、理解科学既充分又必要的知识。从“在教育‘双减’中做好科学教育加法”的要求来看，我们要重新审视：教什么样的知识可以既“减”又“加”？

在经典的教育心理学中，知识常被分为两对相对概念：陈述性知识和程序性知识、显性知识和隐性知识。<sup>[9]</sup>科学教材一直重点选择和组织显性化的陈述性知识，近30年来加入了一些显性化的程序性知识，而学生对所学内容的整体、本质的认知和对自身习得过程的认知，属于隐性知识，教材极少呈现。根据建构主义理论和终身学习理论，这类知识恰是学生适应未来社会和终身学习所必不可少的。因此，教材知识内容的优化需紧扣素养目标，重点从以下两个方面发力：第一，优化程序性知识，发展科学探究素养，将解决问题的方法、范式显性化；第二，充实认识论知识，建构科学本质观，帮助学生从具体的事实性知识中跳出来，提高和扩展看待问题的站位和视角。教材需引导学生思考三类关键问题。第一类：科学是什么？科学知识为什么能有效地解释自然界？第二类：科学知识是如何探索形成的？科学知识形成过程中，科学思维是怎样起作用

的？第三类：科学知识的本质是什么？各类知识之间有什么关系？

教材中充实程序性知识、认识论知识的途径主要有以下两个方面。一方面，增加对科学知识更为深入且开放的反思与讨论内容，引导学生对不同的观点、假说和方法等予以理解与包容，帮助学生认识到知识具有多元性和相对性，培养学生开放的认知态度。多元和开放的认知是创造力的土壤。另一方面，加强引导学生以事实为证据，适度还原推理、论证、建模的思维和实践过程，提示知识的形成过程，让学生体验如何论证知识、质疑求真，深度思考科学的本质。论证、推理等过程体验为创造力提供了更多生长点。

### （二）知识结构的完善

完善的知识结构能使学生清晰地认识到科学知识的内在逻辑与脉络，更能培养其系统思维、知识整合与迁移应用的素养。结构化知识能让新知识与学生已有认知建立非人为、实质性联系，而这种“联系能力”本身就是科学素养的重要组成部分。知识的结构化，本质是为创造力提供“拔节生长的脚手架”，让学生学会从整体视角解决问题。虽然当下的科学教材已经有了诸多知识结构化的设计，但优化是不断完善的动态过程。以下一些做法可以在继承中持续优化。

从教材设计的宏观层面上，首先，要自上而下。依据课标，将课程中的学习主题以一定的学科逻辑线贯通，用显性化的学科思想或观念贯穿各主题，使教材内容构成一个有机整体，帮助学生从整体上把握本学科的知识体系。其次，要横向兼顾。一方面，要兼顾学生认知结构中的已有知识，充分了解并善于关联、利用，据此搭建教材知识结构，这点目前科学教材都有体现；另一方面，要更有意识地兼顾各学科的知识结构，将那些能够体现科学底层逻辑和承担学科间概念桥梁的跨学科概念利用好，帮助学生在建构更为完整的学科知识结构的同时，认识自然界的统一性。

从教材设计的中微观层面上，要自下而上。深入研究那些激发学生将零散知识主动联结的方式方法。例如，强化已有的一些栏目功能的系统性设计，搭建知识关联的显性路径，对问题链引导、方法归纳、迁移应用等目前已经存在的栏目内容进行更有系统的设计和整合，在一个个小的

学科知识体系中注重形成部分知识建构的完整性。再如：在文字表述方面，通过设计递进式的引导语、体现知识关联的问题链、概念对比分析等文本，激发学生探索知识间逻辑关系的思维主动性；在图表呈现方面，利用多样化图示直观展现知识的层级结构、发展脉络与内在联系，将隐性的思维路径可视化；在版式设计方面，设置留白思考区、质疑标注栏等互动空间，鼓励学生自主梳理知识脉络、记录思维轨迹，进行个性化的知识加工，建构属于自己的系统性认知体系。

### （三）实践活动的提质

从科学的本质来看，科学的发展就是在不断的实践和对实践的不断反思与修正中实现的；从学生的学习过程来看，皮亚杰（Piaget）认为知识来源于动作，这揭示了实践在知识建构中的核心地位；从智慧的诸多要义来看，智慧往往指向人的实践能力或实际本领，具有实践性、探索性、创造性<sup>[10]</sup>。科学教材呈现的内容也应该能充分反映知识的动态形成过程，引导学生切实开展有意义的实践活动，为实现培养学生创造力的目标提供抓手。具体可以从以下几个方向入手。

第一，提升实践活动在科学教材中的地位和作用。例如：以实践活动为中心，将前、后的知识内容、拓展素材等看作整体来设计，摆脱实践活动目前还存在的“点缀”状态；明确进行实践探究需要解决怎样的问题，改善教材中那些还停留在简单模仿层面的实验、探究；重视实践之后的反思，总结实践活动提供了怎样的证据，能得出怎样的结论，过程中收获了怎样的思路和方法；充分利用实践活动进行科学思维训练，让学生学会提出问题、作出假设、区分事实和观点，能够概括、推理、分析和解释，拥有系统思维等，以显性化的方法帮助学生学会科学思考。

第二，关注实践活动的全面育人价值。教材中现有的实践活动，对于实践活动中的异常现象关注度较低。异常现象往往蕴含着新的科学发现契机。教材编写时，应避免只呈现理想状态下的实验结果，要适当将常见的异常现象及分析思路纳入其中。教材可在实践活动中辟出专门的位置，对实践中可能出现的非预期情况设置问题，引导学生按照一定的逻辑顺序进行归因分析或修正分析，以培养学生批判性思维、解决实际问题

和创新思考的能力，从而激发学生的创造力。

第三，从广阔的学科协同育人视角安排实践活动。当下科学教材的跨学科实践活动处于“试水”阶段，还需从顶层设计入手，围绕“用科学知识解决真实问题”的核心目标，以系统化思路重构实践活动。一方面，以上位跨学科概念为统领，构建学科协同框架。“物质与能量”“稳定与变化”等跨学科概念，能串联物理、化学、生物学、地理等学科的核心逻辑。设计时需以这类概念为指引，明确各学科的知识定位与任务分工，引导学生从整体视角理解问题，而非孤立掌握单一学科内容。另一方面，聚焦核心实践能力，精准匹配学科价值。为培养学生的综合能力，需针对数据处理、系统思维等核心能力明确各学科的支撑路径。例如，针对数据处理能力，各学科提供真实问题场景下的数据来源，使数据处理能力与学科知识应用深度结合。

#### （四）情境素材的增效

优质的情境素材是激发学生创造力的重要载体，能让抽象知识变得生动可感。在当下科学教材内容编排与评价设计等都已重视情境铺设和素材甄选的基础上，做好科学教育加法，即指向培养学生创造力的教材优化，内容的选取与习题的设计还可以进一步强调以下几个方面。

一是结合更真实的学生生活经验。一方面，所结合的情境素材必须是当代学生的真实的生活，照顾我国广大地区学生日常体验的差异；另一方面，根据学生的年龄特点强调教材的趣味性：选择的科学现象新奇、有趣，补充的拓展阅读真实、新颖，提出的探究问题巧妙、激趣，语言的表述生动、活泼，编排的版式新颖、悦目。

二是更紧密地与实践活​​动环​​环相​​扣。情境素材不应仅作为实践活动的静态背景或简单引入，而应深度融入实践活动全过程，成为推动探究的核心动力。除创设问题情境驱动实践活动的开展，对于学习过程中可能产生的认知冲突，教材还可以补充相应的情境素材为支点，启发新思路。将情境素材与实践活​​动深度融合，帮助学生建构系统的科学认知体系，在不断探索与创新的过程中，培养科学探究能力与创造性思维。

三是优化科学史、科学哲学、科学社会学（History, Philosophy and Sociology of Science,

HPS）内容。科学教材中的HPS内容，可以帮助学生提升思辨能力、发展批判意识，正确看待科学与社会的关系以及科学对人类的价值，有利于学生形成规范的科学本质观。当下的科学教材中不缺HPS内容，需要做的是使之与学科内容融合性更好，更能反映科学技术是第一生产力，更能体现科学性社会议题在科学课程中的价值<sup>[11]</sup>，更能渗透科学精神与科学家精神。例如，在已有的科学史内容中适度加入科学方法、学派之间争论的内容等，引导学生分析各观点的合理性和局限性；尽量避免对于科学家生平与成就的简单罗列（“户口本式”介绍）<sup>[12]</sup>，应该深入挖掘科学家在研究过程中遭遇的失败、挫折与反思，让学生认识到创造本就是​​以挫败为常态，培养学生敢于质疑、勇于探索的创新精神。

### 三、科学教材编写的模式革新方向

在教材中进一步落实做好科学教育加法的要​​求，培养学生的创新能力，仅在内容上做加法是不够的，还需要在编写模式上进行系统性的革新。这要求我们从编写队伍的构成、协同机制、工作流程到技术融合，进行重构与升级。

#### （一）编写队伍的构成创新

鉴于教材要进一步加强学生的创新能力培养，人员构成上可以考虑在现有的三结合队伍（学科专家确保知识的准确性，一线教师保障教学的适用性，教材编研专职人员实现内容的规范性）的基础上，注入跨界活力，构建多元协同的创新共同体。可以适当补充科普作家，将抽象的科学原理转化为贴近生活的叙事场景，吸引学生的同时培养学生的科学叙事能力。可以补充前沿应用工程人员，让学生通过教材看到知识在产业中的实际应用，理解科学研究的实用价值。也可以适当补充科学哲学及科学史学研究者，深化科学教材对学生思维深度的培养。还可以邀请有创新实践经验的青少年团队在教材编写过程中有针对性地参与探究案例的试做、内容难度的评估和呈现形式的改造，让教材真正贴近青少年的探究兴趣、语言习惯和认知特点，增强当代学生对教材的认同感。

#### （二）工作机制上的协同联动

在各分科编写团队之外，可以考虑设立协同

专项编委会，主要承担整体规划和审核校准工作。制定跨学科概念在小学、初中、高中的螺旋式发展图谱，加强学科间协同，打通学科间的壁垒，统筹和审核不同学科通过跨学科概念进行前后左右的贯通，避免出现知识重复或断层，如有不妥及时协调实现互补。

在教材的选用工作机制和培训机制两个环节上也需要同步发力。在教材选用环节，考虑到同一出版社的教材在编写理念、跨学科设计、内容衔接上具有一致性，能从源头上避免不同出版社教材之间的割裂，鼓励地区和学校优先选择相同出版社整体规划出版的科学教材。在教材培训环节，还要更充分、有效地将编写的理念与实践一体化的建设思路和方法讲透，使教学过程能够实现教材编写的理念和意图。同时，建立长效培训机制，定期组织教师交流跨学科教学经验，分享典型案例，让教师从被动接受转变为主动实践，成为科学教育加法的有效执行者。

### （三）工作流程上的专项落实

鉴于以往教材编写的经验，一旦开始教材编写的具体工作，往往是基于学科知识系统性考虑比较多，未必能时时考虑做好科学教育的加法。将科学教育加法的要求流程化、机制化，是确保其贯穿始终的关键。

在工作流程上，考虑将“做好科学教育加法”作为专项研讨和专项核查的项目，研制创新素养培养清单，在教材工作流程的不同阶段各有侧重地开展对照清单的自审或核查。教材投入使用后，还需要利用有效的教材试教反馈机制，对照创新素养培养清单的各项要求定期进行教学反馈，从而确保把科学教育加法落在实处。

### （四）融合数字化途径做好加法

在当前的技术革新下，科学教材的编写模式革新应当充分利用现代技术融合数字化。可以利用AI技术建构并直观呈现全面且细致的知识结构图谱，对教材中的科学知识（包括跨学科内容）进行细致化关联，呈现动态、可交互的知识网络图，直观展现各知识点间的结构化逻辑关系，更加便教利学。在上述AI技术建构的知识结构图谱之上，“当出现新内容需要加入时，教材编写者可直接在体系结构图谱中新增节点，系

统会自动将其与已有章节知识关联，还会在教材中自动将此内容置于后续教材的例证铺垫的备选内容库中，避免出现传统教材修订时‘牵一发而动全身’的难题，始终保持知识体系的完整性与关联性”<sup>[13]</sup>。同时，利用好AI工具，监测科学领域的最新动态，收集教师教学数据和学生学习数据，对教材内容进行更精细的修订和调整。

### 参考文献：

- [1] 戴耘. 拔尖创新人才培养的理论基础和实践思路 [J]. 华东师范大学学报（教育科学版），2024（1）：10.
- [2] 谭永平，钟晓媛. 中小学科学课程做好科学教育加法的目标与原则 [J]. 中小学科学教育，2024（5）：16-20.
- [3] 谭永平. 做好科学教育加法视角下科学课程内容优化的数字化途径 [J]. 中小学数字化教学，2024（11）：5.
- [4] 徐莹莹. 坚持素养导向 用好小学科学新教材 [J]. 人民教育，2024（20）：56.
- [5] 赵占良，谭永平. 落实核心素养培养，突出学科育人功能：人教版义务教育生物学教材的主要特点 [J]. 课程·教材·教法，2024（8）：77.
- [6] 王磊，孙影，周冬冬. 改革开放以来我国初中化学教科书中实验编排的演变：基于实验探究水平和探究技能要求的视角 [J]. 化学教育（中英文），2022（13）：23-29.
- [7] 王晶. 聚焦核心素养 研编化学教材：人教版《义务教育教科书 化学》修订思路及变化特点 [J]. 中学化学教学参考，2024（9）：6.
- [8] 崔世峰，王娟. 国内HPS教育融入中学化学教学的研究综述 [J]. 化学教学，2022（4）：3.
- [9] 刘儒德. 教育心理学 [M]. 北京：北京师范大学出版社，2024：170-171.
- [10] 靖国平. 论教育的知识性格和智慧性格 [J]. 教育理论与实践，2003（10）：2.
- [11] 钟晓媛. 新课标背景下初中科学课程中社会性科学议题内容解析与教学建议 [J]. 中小学教材教学，2022（8）：11-15.
- [12] 杜静，罗梦园. 我国高中物理教材中科学本质内容表征分析 [J]. 课程·教材·教法，2025（1）：126.
- [13] 钟晓媛. 人工智能时代中学化学课程适配性提升：路径与策略建议 [J]. 中小学数字化教学，2025（10）：12.

（责任编辑：汪 滢）