PISA 2025 科学素养测评框架的新动向及启示

李　川*

（河北师范大学教师教育学院，石家庄 050024）

[摘　要] PISA 科学项目团队按照“四阶段法”向国际科学组织代表咨询意见后，指出了 PISA 2025 科学素养测评框架研发的方向：进一步丰富拓展科学知识、科学能力维度，加入新的“科学身份认同”评价维度。其中，科学知识强调跨学科整合，科学能力侧重社会决策需求，科学身份认同注重为学生的学习成就奠基。倡导我国科学教育改革关注数字化时代原住民的学习方式，理解科学知识及其产生过程的功能和价值，重视科学背后的身份认同素养。

[关键词] PISA　科学素养　科学身份认同　科学教育

[中图分类号] N4　　[文献标识码] A　　[DOI] 10.19293/j.cnki.1673-8357.2022.01.005

受新冠肺炎疫情影响，原定于 2021 年实施的国际学生评估项目（Program for International Student Assessment，PISA）延后至 2022 年进行。相应地，以科学素养为主要测评领域的 2024 年测评延后至 2025 年，形成与上一轮 PISA 2015 科学素养测评遥相呼应的“10 年之约”，相关的测评框架和试题研发工作正在紧锣密鼓地进行。2020 年 3 月，PISA 科学项目团队发布了指导 PISA 2025 科学素养测评框架研发的报告（以下简称指导报告），建议适当拓展评价维度和评价内容[1]。

1 指导报告的形成过程

PISA 科学素养测评项目组织了英国伦敦大学路易斯·阿彻（Louise Archer）教授和美国斯坦福大学乔纳森·奥斯伯恩（Jonathan Osbourne）教授为联合主席的战略远景专家小组（Strategic Visioning Expert Group，SVEG），与科学咨询小组（Science Advisory Panel，SAP）一起就全球科学发展及其对未来教育提出的要求展开讨论。SVEG 由来自西班牙、英国、巴西、美国、意大利、加拿大、印度、中国的 14 名科学教育专家组成，但由于个人原因和新冠肺炎疫情旅行限制，印度、中国的专家未能参与最终成果的讨论。SAP 由 21 名科学家代表，STEM（科学、技术、工程、数学）领域公司代表，社会组织代表，政府机构代表组成。

两个小组采取参与、综合、确认、发表的“四阶段法”开展合作。在第一阶段，SVEG 向 SAP 发送覆盖科学教育目标、现状、

收稿日期：2021-08-04
基金项目：河北省教育科学研究“十三五”规划 2020 年度课题“新高考背景下普通高中实施项目式教学的协同机制研究”（2006003）。
*作者简介：李川，河北师范大学教师教育学院副教授，研究方向：科学教育、化学教育、教育评价，E-mail：lichuanbnu@126.com。

改革方向等 6 个问题的质性调查问卷，结合反馈结果初步确定 SVEG 深入讨论的重点领域。在第二阶段，召开为期 3 天的会议：第一天，SAP 成员自由讨论各自的教育观点；第二天，SAP 针对第一阶段确定的重点领域进行陈述，回答 SVEG 提出的问题；第三天，SVEG 完成报告初稿。在第三阶段，SVEG 向 SAP 发布量化调查问卷，收集各方的修改意见和建议，完成初稿修订。在第四阶段，SVEG 向 PISA 董事会提交报告文件进行专项讨论，再次修订后对外公布，指导 PISA 科学素养测评专家组研发 PISA 2025 科学素养测评框架。

2 PISA 2025 科学素养测评框架的新动向

根据指导报告的内容来看，PISA 2025 将从科学知识、科学能力和科学身份认同维度评估学生的科学素养水平。对比 PISA 2025 和 PISA 2015 科学素养测评框架的主要维度（见表 1）可以发现，科学知识、科学能力是已有维度，科学身份认同是新增维度；科学情境不再是 PISA 2025 测评的一个维度，而是内隐在科学知识、科学能力和科学身份认同维度中。比如，科学知识下的二级维度不再从知识类型出发，而是将科学知识作为一个整体，划分为数字信息化情境中应用科学知识所需的信息学知识，以及应用科学知识所产生的社会环境可持续发展、科学知识的发展和滥用等维度。科学能力的子维度是在继承“设计和评价科学探究”“科学地解释数据和证据”两个维度的基础上，更加强调运用科学解决社会问题所需的概率思维，以及应用科学知识解决问题形成决策和行动的表现。新增的科学身份认同维度是在整合科学态度已有维度的基础上，立足学生应该具有包容精神，愿意并批判性使用科学工具解决问题的基本立场，加入社会伦理道德因素，成为学生认知和非认知学业表现的奠基要素。因此，PISA 2025 科学素养测评框架中更加凸显科学地解决问题的能力，科学知识维度更加强调跨学科整合，科学能力维度更加侧重社会决策需求，科学身份认同维度更加注重为学生的学习成就奠基。

表 1　PISA 2015 和 PISA 2025 科学素养测评框架的比较

一级维度		二级维度	
		PISA 2015	PISA 2025
相同	科学知识	内容性知识、程序性知识、认知性知识	社会环境系统和可持续发展、科学知识的发展和滥用、信息学
	科学能力	科学地解释现象、设计和评价科学探究、科学地解释数据和证据	设计和评价科学探究、科学地解释数据和证据、运用科学知识进行决策和行动、运用概率思维
不同	科学态度	对科学的兴趣、评价科学探究方法的价值、环境意识	
	科学情境	个人、国家 / 地区、全球	
	科学身份认同		科学资本、批判的科学使用者、包容的科学经验和实践、道德伦理和价值观

2.1 强调跨学科整合的科学知识

针对科学知识类型划分缺少学科交叉、应用情境和跨学科视角的现状，PISA 2025 科学素养测评强化科学的跨学科属性，重视科学知识在社会环境中的应用过程，以及相关的经济、社会问题。整合后的知识领域主要覆盖 3 个方面：（1）社会环境系统和可持续发展，帮助学生认识气候变化、流行病、粮食

安全等复杂问题；（2）科学知识的发展和滥用，帮助学生理解科学知识的发展历程，辨别现代伪科学、假新闻中的错误知识；（3）信息学，帮助学生认识数据学习的重要性、数字技术对社会的影响，尤其是人工智能技术对科学发展的贡献。

“社会环境系统和可持续发展”领域从系统和可持续发展的视角整合了物质科学、生命科学、地球与空间科学等知识，培养学生识别复杂系统要素、识别系统内部以及系统之间相互作用的能力。比如，在分析人工繁育的狼群是否可以重新放回某地时，不仅要考虑狼群对当地农民、其他动物群体的影响，还要考虑狼群对当地植被和水流等环境要素造成的影响。尽早让学生们了解气候变化、流行病、水安全、物种保护等不同的社会环境问题解决的新思路和新方式，可以让他们更好地为未来做准备，以享受科学和技术的福祉。

“科学知识的发展和滥用”领域的提出，是因为随着网络信息社会发展，辩证地认识科学知识，成为科学知识的理性、批判性消费者，是未来社会公民的基本素养之一。未来的年轻人要像科学家一样思考，不仅要知道 DNA 双螺旋结构等现阶段科学家共同体的正确想法，更需要认识地心说、拉马克进化学说、热质说、冷聚变、优生学等科学史上出现的错误假说，理解科学不断发展的本质，理解同行评审和客观性原则对于科学知识建立的重要推动作用。

“信息学”领域被纳入科学素养框架，一方面是因为信息学的重要分支人工智能、机器学习，正在影响着我们的社会和经济发展，汽车导航、人脸识别、语言翻译等技术日益普及；另一方面是因为信息学在获取、应用跨学科知识方面发挥着重要作用，尤其是在生命健康领域的生物信息学、基因组学，帮助人类解决了许多世界难题。掌握信息学知识的学生应该熟悉数据的不同表示方式、计算模型和信息结构，理解人工智能概念，推动公平、公正、安全的数字社会建设与发展。

2.2 侧重社会决策需求的科学能力

充分考虑新技术在社会决策和问题解决中的显著作用，PISA 2025 科学素养测评进一步丰富设计和评价科学探究、科学地解释数据和证据两种能力的内涵，新增运用科学知识进行决策和行动、运用概率思维两种能力。

“设计和评价科学探究”能力要素的丰富主要包括理解复杂系统设计、研究和评价信息。理解复杂系统设计，就是要识别复杂系统要素，识别子系统及其相互影响，预测系统内部行为以及系统间的相互影响，在系统背景下进行风险评估。通过研究和评价信息，学生应该能够使用多种搜索方式、不同术语找到与研究目的最相关的资源，能够寻找证据说明复杂研究主题存在的缺陷或局限，能够对信息来源的专业性做出评价和判断。要想实现这些目标，学生必须学会识别论证的基本要素，学会区分论点、论据以及它们之间的逻辑推理关系；必须能够认识到偏见的存在，正确对待反驳、反论证，利用所获信息对科学工作质量、论点有效性进行评判，进而学会辨别伪科学、区分伪科学和做得不好的科学。

“科学地解释数据和证据”能力要素的丰富主要包括质询数据、使用科学证据做出判断。在质询数据的过程中，需要区分基础科学的研究价值以及为理论寻找证据的实践活动价值，需要警惕数据集中的虚假结论，需要具备使用柱状图、茎叶图和表格等不同工具表征数据的能力。使用科学证据做出判断，是认识虚假结论所必需的能力。只有在极少数情况下，表面上看似相关的变量才存在潜

在的因果关系[2]。从这个意义上来讲，“科学地解释数据和证据”能力可以重新命名为“解释数据和证据以做出判断”。

新增的“运用科学知识进行决策和行动”能力，既包括运用科学知识进行决策，也包括在决策过程中需要考虑的道德因素，以及在决策和行动过程中通过问题解决与创新创造新价值的能力。运用科学知识进行决策可以帮助学生学会确定复杂系统问题的解决方法，学会从伦理道德、社会经济视角评价不同行动方案，更好地认识物质系统、生态系统和社会政治系统因内部联系而产生的反馈机制和行为，了解科学在改善健康、改进能源和食品供应、应对气候变化中的贡献，体会经济、政治、社会与科学的关系。考虑道德因素一方面是因为科学不会为人类的决策提供“应该做什么”的直接答案，需要我们基于社会道德和伦理的价值导向做出判断；另一方面是因为人工智能、生物技术的进步在给人类带来各种便利、帮助人类解决问题的同时，增加了利用科学知识进行决策的复杂性，需要学生能够把握科学技术实验、设计、结论背后的道德伦理问题。通过问题解决与创新创造新价值的能力需要拓展同一问题的多种解决策略和方案，不断引导学生反思哪些是有效的、哪些是无效的，让他们尝试灵活寻找问题的解决方案，为应对未来不确定因素和变化做好充足准备，养成积极的科学态度，增强科学身份认同感。

新增的“运用概率思维”能力要求学生正确认识概率的客观存在、科学观点的可信度，认识到所有科学活动中都存在风险。从本质上讲，科学家们对任何命题和事实的陈述都是在试探。无论是仅比错误可能性高出一点的 51%，还是高度正确的 99.999 9%，都不可能是完全有把握的。正确认识并使用普遍存在的概率思维方法，是科学不断发展的动力，是对科学事实和科学家工作的尊重，也是改变一味崇拜或否定新证据、新观点、新概念、新理论的基础。具备概率思维的学生能够更加注重自己表达的严谨性，评估自己观点的可靠性；能够对社会新闻、报刊上的科学报道持有一定的怀疑态度，正确认识科学探究的局限性；能够理解正态分布、平均值、中位数概念，理解异常值存在的合理性；能够通过探寻是否存在偏差数据、质疑数据集大小、预测的置信度等措施，客观审视人工智能系统的预测和发现。理解概率、不确定性和风险，是做出明智决策的必要条件。尤其是在新冠肺炎疫情全球大流行的问题处理中，运用概率思维认识传染病存在的不确定风险，可以帮助我们正确理解个人、国家采取的防疫措施。

2.3 注重为学习成就奠基的科学身份认同

科学身份认同影响学生的科学学业成就、科学参与程度和效率[3–4]，是容易被忽略的评价内容。在整合科学知识、科学能力和科学情境的基础上，PISA 2025 主要从科学资本、批判的科学使用者、包容的科学经验和实践、道德伦理和价值观 4 个方面评价科学身份认同素养。

拥有科学资本的学生能够通过认识社交媒体上不同的“科学人”，感受到“科学是我的”，认识到科学与生活的相关性、有意义的联系，理解科学知识和能力在不同时间、空间中的可迁移性，成长为具有批判意识的科学消费者和生产者。

“批判的科学使用者”能够帮助学生认识到科学生产者和消费者的重要性，从而愿意把科学作为工具，批判性地使用科学专业知识，应对各种各样的社会和环境挑战，获得个人和社会效益，解决社会不公平问题，感

受到自己的认同、文化和经验可以被重视和尊重。

“包容的科学经验和实践”是指让所有学生有教学资源、教材资源、社会资源和数字资源，有能够学好、做好科学的机会、情境和平台，在常态化学习中能够接触到不同的科学表征形式和科学家代表，感受科学的安全、价值和包容。

“道德伦理和价值观”要求学生理解与科学知识、方法、实践和结果有关的道德伦理与价值观，更加明确突出了道德伦理和价值观在科学研究中的重要作用，有助于学生理解科学的局限性，提升利用科学进行决策和行动的能力。

3 PISA 2025 科学素养测评框架的启示

20 世纪 80 年代以来，培养和提升公民科学素养，已经成为全球科学教育改革的主旋律[5]。科学教育不再是精英主义教育，已经成为普通大众都必须接受的一种教育，成为事关全民素质提升的大工程。面对信息技术、人工智能、云计算、大数据带来的科技巨变，中小学科学教育改革应该着眼于学生未来生活，探寻科学教育新范式[6]。PISA 2025 科学素养测评框架的新动向，为我们探寻改革之路提供了一些启示。

3.1 关注数字化原住民的科学学习方式

相比于 20 世纪需要到图书馆、资料馆实地手动查阅图书、报刊、档案资料获取信息，现在的我们可以通过很多渠道轻松地检索到科学知识。尤其是进入 21 世纪以后，笔记本电脑、平板电脑、智能手机日益普及，信息获取通道越来越畅通，数字化正在悄然改变着人类的生活、学习方式。通过百度、搜狗等各种搜索引擎，借助中国知网、超星、Web of Science 等数据库资源，简单地输入几个关键字词，很快我们就可以获得数千条信息，出生在数字化时代的原住民——“00 后”们似乎进入了科学知识泛滥的社会。

如何从众多科学知识中筛选出符合自己需求的内容，如何辨别科学知识的真假，如何推动科学知识的创新与发展，是数字化时代科学教育改革的重要命题。为此，PISA 2025 科学素养测评明确提出了“科学知识的发展和滥用”“信息学”两个新的科学知识领域，要求学生利用信息学知识了解数字化时代下不同搜索引擎和数据库中的科学知识存储方式、编码方式，认识科学知识发展历程中一些重要科学概念的变化过程及其对现代科学滥用的影响，以便更好地辨析科学知识。

科学的发展历程记录了人类对于同一科学现象、科学问题研究的不同结果，体现了科学体系不断完善的本质，有助于学生理解科学学科鲜明的科学性、趣味性和发展性。我国科学课程标准、教科书中已经明确了科学史实对于学生学习学科基本理论和方法、建立学科核心观念、发展高阶思维能力的重要作用。在教学实践中也进行了利用科学史进行课堂导入、开展课堂活动、开设专题讲座等不同形式的探索，但还缺少如何基于科学史分析帮助学生在知识大爆炸甚至泛滥的时代养成辨别真伪的意识，以便更好地参与科学决策讨论、做出恰当选择的研究。

虽然最新版的《普通高中课程方案和课程标准》修订过程要求“关注信息化环境下的教学改革”“反映时代要求”[7]，但长期存在的东西部、城乡经济发展不均衡问题导致资金、设备、师资等多方面受到限制，利用信息技术开展科学教学的探索还有一段较长的路要走。尤其是在基于信息技术学科与科学学科的跨学科融合方面的实践，虽然已经出现了 3D 打印、计算机编程、机器人设计等

科学与信息技术融合的校内外课程设计与教学实践，但还需要进一步思考如何更好地基于科学教育培养学生的信息学意识与素养。

3.2 理解科学知识蕴含的功能和价值

根据 PISA 2015 科学素养测评框架，学生掌握的内容性、程序性和认知性科学知识影响其科学能力表现 [8]。在进一步整合、丰富已有能力要素的基础上，PISA 2025 科学素养测评关注学生对于科学知识应用、建立过程的认识和理解，强调科学知识及其产生过程的功能和价值，提出两种新的能力要素，即运用科学知识进行决策和行动、运用概率思维。

科学知识的功能和价值不仅仅是让学生掌握代表科学研究结果的事实性科学知识，更为重要的是让他们知道并理解科学知识建立的过程，掌握科学程序与方法，了解科学本质内涵 [9]，传承科学方法、科学文化。学生在学习、内化科学知识的基础上，迁移、应用科学方法解决真实社会生活问题的一个重要表现就是参与科学决策的研制。比如，参与关于地沟油使用、硫酸厂和核工厂选址、转基因食品、克隆人等社会性科学议题的讨论与决策 [10]。

理解和掌握科学知识建立过程及其所用的程序和方法，既需要认识科学知识的不断发展，更需要运用概率思维认识科学知识产生过程中的不确定性，理解定性与定量研究的关联。比如，面对“是否支持重污染条件下汽车限行政策”的社会性科学议题，学生通过科学论证可以认识到汽车尾气中的氮元素经过一系列氧化还原反应转化成为雾霾的成分，但在汽车尾气对雾霾影响有多大的问题上始终存在着来自气象专家、环保部门、环保组织的不同声音，基于现有的研究和认识，结合概率思维的内容，不能因为影响大小不确定就不顾汽车尾气促使雾霾形成的既定事实，需要在综合考量、权衡利弊的基础上，做出支持汽车限行的决策 [11]。

能力的培养和发展，必须源于知识，但又需要高于知识。科学能力是学生在完成科学认识活动和问题解决活动过程中，系统化、结构化的科学知识对活动经验的定向调节和执行机制 [12]。科学事实的内容性知识积累，可以发展学生认识世界的宽度和广度，但难以帮助学生理解知识内容的深度。学生不仅仅要知道科学知识是什么，更需要认识科学知识产生的背景，认识科学知识产生过程中使用的科学方法、形成的科学思想和科学文化，理解科学知识及其产生过程的功能和价值，像科学家一样运用概率思维、应用科学知识参与科学问题讨论和决策。

3.3 重视科学背后的身份认同素养

认同是国家繁荣的基础 [13]。科学身份认同是培养学生科学素养的基础。如果学生不能感受到“科学是我的”，成为自己拥有的科学资本，就难以成为具有批判精神、包容的科学学习者，更不会考虑科学问题解决过程中的伦理道德与价值观。科学身份认同素养水平既反映了学生应用科学知识、科学实践的认知能力，也体现了学生在科学态度、科学精神、科学伦理等非认知能力上的差异。

科学的外在表现形式是知识，知识背后是人类进行科学研究的实践过程。科学容易被片面地等同于系统、完整的科学知识，将科学教育视为知识的传授 [14]。之所以造成这种现象，一方面是“表里不分”的思维定式，另一方面是“科学”常常被理解为正确的、不可撼动的真理。科学发展的历程已经表明，科学知识会因为新的证据、数据得到修正和完善，甚至被重新建构。从牛顿的经典力学到爱因斯坦的相对论，从德谟克利特的朴素原子论到道尔顿的化学原子论，均反映了科

学知识因科学实践不断被重构的过程。

非认知层面的科学态度、科学精神、科学伦理道德是学生认知能力发展的前提。科学态度是学生在参与科学问题讨论和决策制定过程中表现出来的对科学的看法[15]。科学精神是科学本性的自然流露，可以内化为人的科学思维方式、科学良心等科学心态，也可以外化为人的科学态度、科学伦理道德等科学风气[16]。在科学态度、科学精神背后指导科学研究规范的是科学家共同体遵守的科学道德、科学伦理和价值观。在参与科学议题讨论、科学问题解决的过程中，正确应用科学知识的重要前提在于参与者遵守科学伦理、相信科学、愿意使用科学。

回顾我国的科学教育改革，认知层面的科学知识已经成为科学教育的重要基础内容，科学实践也在近几十年的改革进程中得到越来越多人的关注；非认知层面的科学态度随着21世纪初我国对科学素养界定中的“情感态度与价值观”目标得到重视，科学精神、科学伦理道德在以学科核心素养为宗旨的最新一轮改革中被大家所共知，正在成为改革进程中的热点内容。PISA 2025科学素养测评中提出的科学身份认同，集合了批判性科学精神、包容性科学实践以及科学道德伦理等科学知识背后的要素，有助于扭转过于注重认知能力、忽视非认知能力发展的偏失，培养德智全面发展的科学消费者和生产者。

参考文献

[1] OECD. PISA 2024 Strategic Vision and Direction for Science [EB/OL].（2021-04-25）[2021-05-17]. https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA-2024-Science-Strategic-Vision-Proposal.pdf.
[2] Calude C S，Longo G. The Deluge of Spurious Correlations in Big Data[J]. Foundations of Science，2017，22(3)：595-612.
[3] Nasir N S，Hand V. From the Court to the Classroom：Opportunities for Engagement，Learning，and Identity in Basketball and Classroom Mathematics[J]. Journal of Learning Sciences，2008(17)：143-179.
[4] Calabrese B A，Tan E.We Be Burnin’！ Agency，Identity，and Science Learning[J]. Journal of the Learning Sciences，2010，19(2)：187-229.
[5] 刘克文 . 科学素养：当代科学教育改革的主旋律 [J]. 教育科学研究，2007(10)：16-18.
[6] 李川，刘克文 . 中小学生科学教育改革的热点与趋势 [J]. 中小学管理，2016(5)：4-7.
[7] 中华人民共和国教育部 . 普通高中化学课程标准（2017版）[S]. 北京：人民教育出版社，2018：2.
[8] 刘克文，李川 . PISA 2015科学素养测试内容及特点 [J]. 比较教育研究，2015(7)：98-106.
[9] 李川 . PISA 2015科学素养测试公开试题分析及教学启示 [J]. 外国中小学教育，2017(9)：69-76.
[10] 朱玉成，刘茂军，肖利 . 国外社会性科学议题（SSI）课程研究及其影响述评 [J]. 上海教育科研，2013(1)：53-56.
[11] 李川 . PISA科学素养取向的教学评价与教学改进研究 [D]. 北京：北京师范大学，2019：209-221.
[12] 王磊 . 基于学生核心素养的化学学科能力研究 [M]. 北京：北京师范大学出版社，2017：13-19.
[13] 林尚立 . 认同：国家繁荣的基础 [N]. 中国社会科学报，2015-04-01（B05）.
[14] 王云生 . 理解、认同科学和科学教育的真谛 [J]. 福建基础教育研究，2017(4)：4-6.
[15] 李川 . 中小学生科学素养培养研究 [D]. 北京：北京师范大学，2015：27-31.
[16] 李醒民 . 科学的文化意蕴——科学文化讲座 [M]. 北京：高等教育出版社，2007：215-296.

（编辑 袁 博）