

科学素养内涵与评价模型的发展现状研究



陈怡*

温州大学教育学院 (教师教育学院), 浙江温州 325035

摘要: 随着科技时代的到来, 有关科学素养的研究受到社会各界高度重视, 科学素养评价可以促进科学素养的提升。通过对科学素养评价相关研究进行综述, 可以为国内外领域研究的学者提供参考。以科学素养评价相关的文献为研究对象。首先, 对科学素养的内涵和概念进行界定和辨析; 其次, 从科学素养评价模型、指标和维度三个层面对科学素养评价的进展进行介绍; 最后对科学素养评价的相关研究进行总结与展望。尽管各个时期, 不同的群体对科学素养概念的内涵有着不同的理解, 科学素养内涵随着科学技术的发展也在不断地变化, 但科学素养的核心内容是基本一致的; 评价模型以国际上三大测评项目为主要代表; 评价维度不同学者有不同的看法, 但现阶段科学态度与科学认同是目前研究的主要方向。

关键词: 科学素养; 内涵; 评价模型

DOI: [10.57237/j.edu.2023.02.006](https://doi.org/10.57237/j.edu.2023.02.006)

Research on the Development Status of Features and Evaluation Model of Scientific Literacy

Chen Yi*

College of Education (College of Teacher Education), Wenzhou University, Wenzhou 325035, China

Abstract: With the advent of the era of science and technology, research on scientific literacy has been highly valued by all sectors of society, and scientific literacy evaluation can promote the improvement of scientific literacy. By summarizing the relevant research on the evaluation of scientific literacy, which can provide reference for scholars at home and abroad in the field of research. The research object is the literature related to scientific literacy evaluation. Firstly, defines and differentiates the connotation and concept of scientific literacy; Secondly, introduces the progress of scientific literacy evaluation from three levels: scientific literacy evaluation model, indicators and dimensions; Finally, summarize and prospect the relevant research of scientific literacy evaluation. Although different groups have different understanding of the connotation of scientific literacy in different periods, and the connotation of scientific literacy is also changing with the development of science and technology, the core content of scientific literacy is basically the same; The evaluation model is mainly represented by three major international evaluation projects; Different scholars have different views on the evaluation dimension, but scientific attitude and scientific identity are the main research directions at present.

基金项目: 温州大学硕士研究生创新基金《基于结构方程模型的小学生科学素养评价研究》(316202201087).

*通信作者: 陈怡, 540041343@qq.com

收稿日期: 2023-03-13; 接受日期: 2023-04-12; 在线出版日期: 2023-04-25

<http://www.educationrd.com>

Keywords: Scientific Literacy; Features; Evaluation Model

1 引言

科学素养是国民素质的重要组成部分，是社会文明进步的基础，公众科学素养不仅关乎国家综合国力，而且影响现代社会中人们的生活质量，潜移默化地改变公众的价值观和对问题的看法。没有全民科学素质普遍提高，就难以建立起宏大的高素质创新大军，难以实现科技成果快速转化。科学素养不仅对公民树立科学的世界观和方法论具有十分重要的意义，还在增强国家自主创新能力和文化软实力、建设社会主义现代化强国方面担当重要的使命。科学素养具有不同的层次和形式，提高和扩展科学素养是一生的事情[1]。

因此，科学素养评价研究已经受到广大学者的关注，当前已有研究多从科学素养评价模型、指标体系构建等方面展开。比如，为构建适合中国本土的科学素养评测方案，栢毅等借助了 Rasch 模型和 Logistic 模型，结果表明这两种模型能够客观、准确、全面地评价学生科学素养[2, 3]。亦有学者对科学素养评价研究做了回顾，如胡方对中小学科学素养评价研究进行了综述，介绍中小学生科学素养的内涵，同时比较了国际上三大测评项目的框架[4]。这些文献为科学素养的评价研究提供了宝贵的理论与实践经验。

本文对科学素养内涵与评价相关文献进行梳理，总结科学素养的内涵与评价模型的发展现状，以期能够为科学素养评价研究的学者提供借鉴。

2 科学素养的内涵

2.1 科学素养的缘起至发展阶段 (1950-1980 年)

1952 年，美国著名教育家、化学家柯南特(Conant)在出版的《科学中的普通教育》书里首次使用“科学素养”一词，柯南特指出，科学素养的程度和每个人的经验正相关，有越多的生活、人生经验，就有越高的科学素养。科南特把科学素养定位在普通教育层面，为后来的科学素养研究定下了基调，但柯南特并没有对科学素养做进一步的阐述[5]。随后，在 1958 年，斯坦福大学的赫德(Hurd)发表了《科学素养：对美国学

校的意义》，将“科学素养”描述为人们通过社会实践活动而获得的对科学的相关理解与应用。他是历史上第一个将科学教育的概念纳入教育领域范畴的人，也是最早使用“科学素养”一词的人[6]。到了 60 年代中期，佩乐(Pella)等人首次概括了科学素养的内涵，包括①科学和社会的互相关系、②科学理论、③科学本质、④概念性知识、⑤科学和技术、⑥人文中的科学 6 个方面，这为科学素养框架的形成奠定了基础[7]。1964 年，美国科学教师协会(NSTA)将科学素养描述为：“有科学素养的人知道关于科学在社会中的作用，鉴赏科学生存的文化条件，知道概念产生和发展的过程。有科学素养的人理解科学和社会的关系，理解控制科学家的道德；理解科学的本质，包括基本概念、科学和人文的相互关系”[8]。1974 年，沙瓦尔特(Showalter)在佩乐的基础上对科学素养的内涵进行了细化，认为具有科学素养的人具有 7 个特征：①理解科学的本质；②在探索宇宙的过程中能准确运用恰当的科学概念、定律、原则、理论；③在解决问题、进行决策、进一步了解生存于其中的宇宙时能运用科学；④在探索宇宙的各个方面时能遵守构成科学基础的各种价值；⑤理解和欣赏科学与技术相结合的事业以及科技事业与社会其他方面的关系；⑥科学教育的成果培养人具有更富有、更令人满意、令人兴奋的宇宙观，并在其一生不断拓展科学教育；⑦养成诸多与科技有关的操作技能[9]。1975，申(Shen)从社会-环境的角度讨论了实际的、公民的和文化的科学素养，他认为人们在不同的环境中会有不同的科学素养的需要。实际的科学素养主要用来解决人们在日常生活中所遇到的困难和问题，例如健康、安全等。市民的科学素养使人们能够更多地关心与科学有关的社会问题，积极参与社会决策文化的科学素养则满足人们对科学事业、科学文化和科学精神的探求的需要[10]。不同层面上科学素养具有不同的内涵和功能，此时学者对科学素养的研究逐渐走向立体化与系统化。

二十世纪五十年代，有关科学素养的主题开始萌芽，但是在轰轰烈烈的科学课程结构化运动中并没有引起人们的重视。到了六七十年代，随着课程运动的

衰微，人们从失败中反思，发现了科学课程目标定位的偏差，并认识到科学素养在科学教育改革中的重要价值。于是，七十年代，更多学者开始丰富科学素养的内涵。

2.2 科学素养的发展至深化阶段 (1980-1990 年)

80 年代，国外对于科学素养的研究尤其活跃，其中以米勒（Miller）在 1983 年提出的三维模式最具代表性，即：①关于科学概念的理解；②关于科学过程和科学本质的认识；③关于科学、技术和社会的相互关系的认识[11]。NSTA 在“80 年代的科学教育报告”中指出，在科技革命的时代背景下，学校的科学教育应该培养学生 5 大方面的科学素养：①科学与技术的过程及提问技能；②科学与技术的知识本质；③在作个人及社会判断时，运用科学技术知识和技能；④科学态度、价值观及理解能力；⑤正式与科学有争议的社会议题里的科学、技术与社会联动关系[12]。1985 年，美国启动“2061 计划”，将科学素养定义为人们熟悉自然界、尊重自然界的统一性；懂得科学、数学和技术相互依赖的一些重要方法；了解科学的一些重大概念和原理；有科学思维的能力；认识到科学、数学和技术是人类共同的事业，并认识到它们的长处和局限性；能够运用科学知识和思维方法处理个人和社会问题[13]。

八十年代，科学素养的内涵不断发展并深化，具有如下特点。第一，科学素养的内涵不断被丰富，学者开始尝试建构科学素养模型，例如“米勒”的三维模型简洁明了，至今在学术界还有影响力；第二，出现了“大科学”的概念，“技术”与“科学”有了同等的地位；第三，科学素养被设定为教育目标，成为了科学课程实践和改革的指南。

2.3 科学素养的深化至繁荣阶段 (1990 年至今)

1993 年，伴随着“2061 计划”的提出，美国科学促进会出版了《科学素养的基准》，指出科学素养应包括多方面的特征，一个具有科学素养的人应该：熟悉自然及其整体性；了解数学、技术学和各门自然科学相互依赖的一些重要方式；理解一些重要的科学概念

和原理；发展科学思考的能力；了解数学和技术学的人文性；认识科学的长处和局限性；能够把科学知识和科学思维用于个人和社会需要的各个方面[14]。1996 年，美国颁布了《美国国家科学教育标准》（NSES），将科学素养定义为“为个人决策，参与市民的和文化的事物以及经济生产力需要的知识和科学概念的理解以及过程”，即：①科学中统一的过程和概念；②作为探究的科学；③物理科学；④生命科学；⑤地球和空间科学；⑥科学和技术；⑦从个人和社会的视角所见的科学与⑧科学的历史和本质[15]。九十年代，美国这两个文件把科学素养的教育改革推向高潮，给世界各国带来了重要的参考。例如英国在 2000 年颁布的《国家科学课程标准》将科学教育的目标概括为以下 6 个方面：①使学生了解科学概念；②训练科学研究方法；③建立科学和其他知识的联系；④了解科学对社会的贡献；⑤认识科学教育对个人发展的贡献与⑥认识科学知识的本质[16]。2001 年 7 月，中国教育部颁布了《科学（3~6 年级）课程标准》，这是中国第一个小学科学课程标准，也是中国小学科学教育的一个全新起点，把小学科学课程的性质界定为以培养科学素养为宗旨的科学启蒙课程，提出科学素养构成要素包括①科学探究、②情感态度价值观与③科学知识[17]。由经济合作与发展组织（Organization for Economic Co-operation and Development）筹划实施的国际学生评价项目（The Program for International Student Assessment, PISA）对科学素养进行了与时俱进的定义。在首次（2000 年）和第二次（2003 年）的评价项目中，将科学素养定义为：科学素养是个人“运用科学知识、发现问题，得出有根据的结论，以便理解和帮助做出对自然界和通过人类活动使其变化的决策”[18]。在第三次（2006 年）进行的评价项目中，对科学素养进行了更具体详细的定义：科学素养是“个人的科学知识和运用科学知识来界定问题，获得新的知识，解释科学的现象，得出科学有关事务的基于证据的结论；理解科学作为人类知识会和探究的形式的特征；有科学和技术如何形成我们的物质的；智力的和文化的环境的意识；愿意参与与科学有关的事务和做一个有科学素养的反思性公民”[19]。PISA 在 2015 将科学素养定义为“作为一名具有反思力的公民能够运用科学思维参与相关科学议题的能力”，认为拥有良好科学素养的个人应具备以下三种能力：①科学地解释现象、②设计和评价科学探究与③科学地阐释数据和证据[20]。

21 世纪以来，中国意识到公民科学素养对实现建

设社会主义小康社会的目标有着至关重要的作用，人才是第一资源，青少年是社会发展的活力，是祖国未来的建设者，因此结合中国的政治、经济、文化和教育背景，对科学素养进行深入探究，不仅有助于促进中国学生核心素养的培养，而且还能对科学教育的改革和提升提供借鉴参考。但是公民科学素养与中小学科学素养有所不同，于是有学者借鉴国外相关学者的研究，开始了关于中小学科学素养的研究。李美茹为了及时解中国中学生科学素养的现状和发展变化趋势，为制定和修订更为合理的科学教育课程标准提供基础数据，开展中学生科学素养测评工具的研究，认为科学素养为对科学内容、科学情感价值观的基本理解，以及运用科学知识和方法解决现实生活中的问题的能力[21]。王晶等人，通过比较 8 个国家和地区的科学课程标准中对科学素养的描述，更具体提炼了科学素养的内容，其中科学内容、科学探究和科学认知出现频率最高，其中科学内容包括科学知识和科学方法，科学探究包括基本技能和过程技能，科学认知包括科学的性质和态度[22]。杜秀芳等人，从科学素养概念的发展历史，世界各国科学教育的纲领性文件以及科学素养的测量等角度对科学素养概念的内涵进行多方位解析，在此基础上提出中小学生学习科学素养的内涵应包括①科学知识与原理、②科学探究技能、③科学有关的态度和④科学世界观四个要素[23]。黄芳等梳理了 20 世纪 50 年以来不同时代背景下科学素养概念产生的情境及内涵，分析出科学素养内涵具有情境性、宽泛性特质，合理处理科学素养与科学教育目标关系的原则，为中国公民科学素养建设、科学教育发展提供参考建议[24]。

2017 年，教育部颁布了《义务教育小学科学课程标准》，明确提出小学科学课程的总目标是培养学生的科学素养，并给科学素养下了一个明确的定义：了解必要的科学技术知识及其对社会与个人的影响，知道基本的科学方法，认识科学本质，树立科学思想，崇尚科学精神，并具备一定的运用它们处理实际问题、参与公共事务的能力[25]。2022 年，教育部颁布了《义务教育科学课程标准》，提出了科学核心素养主要包括 4 方面：①科学观念（是指人们在科学知识的基本上，对科学对象、科学过程的本原和本体的见解或意识）、②科学思维（具有意识的人脑对自然界中事物的本质属性、内在规律及自然界中事物间联系和互相关系。间接的、概括的和能动的反映。）、③探究实践（指学生用以获取知识、领悟科学的观念、领悟科

学家们研究自然界所用的方法而进行的各种活动）和④态度责任（指人们遵守科学活动的法则，或者科学群体的约定规范，在科学活动或社会行动中从事工作所表现出来的一种稳定性行为倾向或意愿）[26]。

科学素养作为国际科学教育的基本目标，是当前的科学教育改革中“普及科学”和提高科学教育质量这两大目标的基石[27]。尽管国内外有不少学者对科学素养的定义都进行了界定，但随着时代的发展与变化，科学素养的定义仍会存在动态发展，但不管哪种定义，科学素养都具有以下特征：涉及内容的宽泛性、个体科学素养水平的复杂性与连续性、强调科学教育目标的平衡性[28]。

3 科学素养评价模型

科学素养评价模型是在测量人们能力、思维、素养、性格等抽象事物中产生的，不仅仅涉及评价的维度与指标，还涉及不同评价维度或指标之间的逻辑关系。学者们基于不同的评价目标，构建了含不同评价维度和指标的评价模型。1983 年，米勒提出了科学素养三维模型，包括关于科学概念的理解（科学概念）、关于科学过程和科学本质的认知（科学方法）和关于科学、技术和社会的相互关系的认识（科学影响），得到了普遍认同，被广泛应用于科学素养的普查项目中，至今对科学素养评价的研究都颇具影响[29]。此后，不同的研究者或者组织根据科学素养评价的目的，增加科学素养评价维度，如科学态度、科学能力等。随着科学素养成为科学教育中的核心概念，学者们更加关注科学探究和科学认同。

国外对于科学素养的大规模评价始于 20 世纪 90 年代，其评价模型发展到今天日趋完善，其中以三个评价项目为主要代表：PISA [30]，国际教育成就评价协会发起的国际数学与科学成就趋势研究（简称 TIMSS）[31]，美国国家教育测评中心发起的国家教育进展评估项目（简称 NAEP）[32]。基于教育效能研究理论，PISA2024 科学素养评价模型由科学情境、科学知识、科学能力、科学态度和科学认同五个维度组成。其中科学情境和科学态度沿用了 PISA2015 测评模型的内容。科学情境分为个人的、本土/国家的、全球的，试题背景主要围绕健康与疾病、自然资源、环境质量、危害、科学和技术前言等方面进行设定。科学态度包括对科学的兴趣、重视科学探究方法、环保意识三个方面，着重测评学生是否拥有对科学和科学问题的好

奇心, 是否具备基于证据进行科学研究的能力。在科学知识上保留了 PISA2015 提出的“内容性”“程序性”“认知性”知识, 增加了“社会环境系统和可持续性”“科学知识的发展及其滥用”与“信息学”。科学能力维度保留了 PISA2015 模型中的“科学地解释现象”, 扩展了“评价和设计科学探究”“科学地解释数据和证据”两个现有能力, 增加了“利用科学知识进行决策和行动”“运用概率思维”两个新的能力。科学认同是科学学习、获得成就和参与的关键, 它决定了学生思考、学习、理解和参与(或不参与)科学的程度。这是 PISA2024 测评的一个全新维度, 包含“科学资本”“批判性科学意识”“包容性的科学经验和科学实践”“伦理与价值观”四个子维度[33]。TIMSS 对古德莱德(Goodlad)的“课程层次理论”进行了改良, 提出三层次模型并运用于评价, TIMSS2023 的科学评估框架由科学内容(包括生命科学、自然科学和地球科学三个主题)、科学认知(包括知道、应用、推理)、科学实践(包括根据观察提出问题、形成证据、数据处理、回答研究问题、依据证据得出论证)三大部分组成[34]。NEAP2019 将科学评估框架分为两部分: 科学内容(包括物质科学、生命科学、地球与空间科学三个领域)和科学实践(包括识别科学原理、运用科学原理、运用科学探究、运用技术设计)[35]。以上三大测评项目有关科学素养评价维度都以个人的科学知识或科学内容为基础, 在一定的科学情境下进行科学实践。

中国也有学者关注于科学素养的评价研究。通过梳理相关文献, 国内关于科学素养评价模型可以根据维度数量和形状上的不同来进行划分。在三维结构模型上, 潘苏东认为科学素养维度包括①科学知识(概念、原理、规律等)、②科学技能方法(科学技能与科学方法)、和③科学观念(科学本质与 STS)[36]; 中国义务教育(4/8 年级)科学教育质量监测框架(2017)提出科学素养测评模型的维度包括①科学理解与应用、②科学思维与实践和③科学态度与责任[37]。在四维结构模式上, 中国科学技术部门连同其他有关部门发布了《2001~2005 年中国青少年科学技术普及活动内容与目标》将科学素养理解为: ①科学态度、②科学知识、技能、③科学方法、和④科学行为、习惯[38]; 韩跃红等认为科学素养包括①科学知识、②科学思想、③科学方法和④科学精神[39]; 王素认为科学素养有 4 个核心因素: ①对科学技术的理解、②对科学、技术、社会三者关系的理解、③科学的精神和态度与④运用科学技术解决日常生活及社会问题的能力[40]。在多维

结构模型上, 梁英豪认为科学素养包括①科学知识、②科学技能、③科学方法和思维方法、④价值观、⑤解决社会及日常问题的决策、⑥创新精神等十个纬度[41]; 顾志跃基于形状提出“同心圆”模型, 具有一定的新颖性和独创性, 其核心部分为科学观(科学精神、科学态度和价值观)、中间部分为科学知能(包括科学知识、技能、方法与能力)和最外围部分为科学行为(科学行为和习惯)[42]。总体而言, 中国学者在科学素养评价的结构上并没有提出一个统一的模型, 并且在模型设计上大多数都是通过借鉴国际评估项目, 并结合本土国情来构建科学素养评估方案。

从上可见, 国内外科学素养评价模型种类很多, 但都具有有一些共同之处。第一, 所有模型都由多个维度而不是单一维度构成, 维度之间存在密切的联系。第二, 模型维度会动态发展变化, 例如 PISA2024 从原来三维度增加到五维度。第三, 从各个维度所涉及的内容上来看, 不仅包括科学知识认知方面的内容, 也包括科学精神和科学态度非认知方面的内容。第四, 科学素养不单单与科学本身有关, 还要考虑到与技术、社会和环境之间的关系, 它们相互影响。

4 总结

本文对科学素养的内涵与评价模型的研究进行梳理发现:

①科学素养的内涵会随着时代发展而动态改变, 不同学者和不同组织对科学素养的内涵有不同的看法, 缺乏统一的概念标准, 但都具有以下特征: 涉及内容的宽泛性、个体科学素养水平的复杂性与连续性、强调科学教育目标的平衡性。②科学素养的评价模型种类很多, 但都由多个维度构成, 并且是动态发展变化的, 各个维度所涉及的内容上不仅包括认知方面的内容也包括非认知方面的内容。并且, 随着时代的发展, 有关科学本质、科学理论、科学和人文、技术与社会的关系的指标被弱化, 科学态度、科学责任、科学思维与科学认同等非认知指标被强化。

当前中国学者对于科学素养评价研究主要停留与理论研究阶段, 缺乏实践应用, 合理与准确的科学评价模型可以有效反应科学素养的真实水平, 能够为一线教师提高学生科学素养提供依据, 因此, 未来的研究可以关注以下几个方面。

①在科学素养构成要素上, 由于概念的复杂性, 涉及内容的宽泛性, 研究需要的多样性, 不同学者和

不同组织从不同的角度对科学素养进行界定, 有关科学素养的实证研究结果会出现差别。因此对科学素养的相关影响因素进行研究具有一定的重要意义。②在科学素养评价的理念上, 可以参考国际三大测评项目, 进一步理清科学素养评价的内涵与外延, 加强对科学素养评价原则与评价模型的构建。③在科学素养评价模型上, 基于科学素养已成为世界各国科学教育的核心目标, 而科学素养教育是以人为本, 促进学生形成科学人性和科学品质的教育。因此, 中国有关科学素养模型的建构应以相应的理论为基础, 结合中国国情, 根据课程标准, 构建出具有针对性和实效性的科学素养评价模型, 从而来指导中国的科学教育。

参考文献

- [1] 国务院关于印发全民科学素质行动规划纲要(2021—2035年)的通知 [J]. 中华人民共和国国务院公报, 2021 (19): 12-20.
- [2] 高靖寒, 柏毅. 基于 Rasch 模型的小学四年级科学素养评价研究 [J]. 东南大学学报(哲学社会科学版), 2021, 23 (S1): 135-138.
- [3] 郭宪, 柏毅. Logistic 模型在科学素养评测中的应用 [J]. 东南大学学报 (哲学社会科学版), 2021, 23 (S1): 145-148.
- [4] 胡方. 中小学生学习科学素养评价研究述评 [J]. 教育测量与评价(理论版), 2014 (12): 30-34.
- [5] 杨基瑜, 徐欣蕾, 权梦娅, 柏毅. 学生科学素养及其评测体系的国际比较研究 [J]. 文教资料, 2014 (05): 81-84.
- [6] 高坤. 在语文教学中培养学生的科学素养 [D]. 辽宁师范大学, 2010: 3.
- [7] Pella M O, O'hearn G T, Gale C W. Referents to scientific literacy [J]. Journal of Research in Science Teaching, 1966, 4 (3): 199-208.
- [8] 赖小琴. 广西少数民族地区高中学生科学素养研究 [D]. 西南大学, 2007: 9-10.
- [9] SHOWALTER V M. What is united science education [J]. Journal of Mathematical Analysis and Applications, 1974 (3): 2-14.
- [10] Shen B. Literacy and the public understanding of science [J]. Communication of Scientific Information, Baser: Karger, 1975: 44-52.
- [11] 魏冰. “科学素养”探析 [J]. 比较教育研究, 2000 (S1): 105-108.
- [12] 魏冰. STS 与理科课程改革 [J]. 比较教育研究[Z], 1999 (2): 33, 35.
- [13] 美国科学促进协会. 面向全体美国人的科学 [M]. 中国科学技术协会译. 北京: 科学普及出版社, 2001: 188-195.
- [14] 美国科学促进协会. 科学素养的基准 [M]. 中国科学技术协会译. 北京: 科学普及出版社, 2001: 3-12.
- [15] 美国国家研究理事会. 美国国家科学教育标准 [M]. 戴守志等译. 北京: 科学技术文献出版社, 1999: 28-30.
- [16] 胡献忠. 新版英国《国家科学教育课程标准》及其启示 [J]. 全球教育展望, 2001 (03): 44-49.
- [17] 潘洪建. 小学科学课程标准 60 年 [J]. 现代中小学教育, 2012 (11): 22-25.
- [18] OECD. The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills. [J]. Organisation for Economic Co-operation and Development, 2003: 131-152.
- [19] OECD. Assessing scientific, reading and mathematical literacy: a framework for PISA 2006 [M]. Organisation for Economic Co-operation and Development, 2006: 19-42.
- [20] OECD. PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy [M]. Paris: OECD Publishing, 2016: 22, 25-39.
- [21] 李美茹. 基于课程标准的初中生科学素养测量工具的设计 [D]. 辽宁师范大学, 2012: 5-6.
- [22] 王晶莹, 徐静, 彭聪, 付洪艳. 中学生科学素养构成及其测评研究 [J]. 教育导刊, 2015 (05): 38-43.
- [23] 杜秀芳, 刘丹丹, 陈英敏. 多元视角下的中小学生学习科学素养内涵解析 [J]. 当代教育科学, 2011 (08): 49-52.
- [24] 黄芳, 黄林青, 张娥娥. 科学素养的情境、目的、内涵分析及启示 [J]. 高等工程教育研究, 2022 (01): 116-120.
- [25] 中华人民共和国教育部. 义务教育小学科学课程标准 [S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2017, (02).
- [26] 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.
- [27] 郭元婕. “科学素养”之概念辨析 [J]. 比较教育研究, 2004 (11): 12-15.
- [28] 陈博, 魏冰. 科学素养概念三种取向的界定 [J]. 上海教育科研, 2012 (02): 48-52.
- [29] Miller J D. Scientific literacy: A conceptual and empirical review [J]. Daedalus, 1983: 29-48.
- [30] 张民选, 陆璟, 占胜利等. 专业视野中的 PISA [J]. 教育研究, 2011, 32 (06): 3-10.

- [31] Guhn, M., A. Gadermann, and A. D. Wu, Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS), in Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research, [M]. Springer Netherlands, 2014: 6737-6739.
- [32] Salganik, L. H. and E. Dogan, National Assessment of Educational Progress (NAEP), in Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research, [M]. Springer Netherlands, 2014: 4244-4246.
- [33] 黄兴娟, 林长春, 首新. PISA2024 科学素养测评框架评述与启示 [J]. 考试研究, 2022 (04): 52-61.
- [34] 曾小平, 田河. 国际数学与科学教育评价新动向——例析 TIMSS 2023 的主要特点 [J]. 基础教育课程, 2020, No. 281 (17): 67-71.
- [35] 邓雪贞, 俞如旺. 美国 NAEP 科学测评分析与启示 [J]. 中学生物教学, 2022, No. 405 (28): 65-68.
- [36] 潘苏东, 褚慧玲. 科学素养的基本内涵——三维模式 [J]. 科学, 2004, 56 (06): 39-41.
- [37] 胡卫平. 基于核心素养的义务教育科学课程与教学改革 [J]. 中国科技教育, 2019 (12): 10-12.
- [38] 科技部、教育部、中宣部、中国科协、共青团中央关于印发《2001-2005 年中国青少年科学技术普及活动指导纲要》的通知 [J]. 教育部政报, 2001 (Z1): 27-32.
- [39] 韩跃红, 李浙昆. 科学素质的层次结构及其与邪教易感性的关系 [J]. 中国科技论坛, 2004 (01): 131-134.
- [40] 王素. 科学素养与科学教育目标比较——以英、美、加、泰、中等五国为中心 [J]. 外国教育研究, 1999 (02): 5-9.
- [41] 梁英豪. 科学素养初探 [J]. 课程. 教材. 教法, 2001 (12): 59-63.
- [42] 顾志跃 著 《科学教育概论》 [M]. 科学出版社 1999 年 12 月第一版: 53-86.