

# 中小学理科教师科学素养:测评框架及模型建构

刘永泉<sup>1</sup>, 孟凡丽<sup>2</sup>

(1.新疆师范大学 教育科学学院,新疆 乌鲁木齐 830017;2.新疆大学 马克思主义学院,新疆 乌鲁木齐 830046)

**摘要:**提升公民科学素养是科学教育的主要目标,公民科学素养水平是评价科学教育质量的重要依据。中小学理科教师是提升青少年科学素养的中坚力量,制定中小学理科教师科学素养标准并进行测评对科学教育高质量发展具有重要的现实意义。本研究基于对国内外相关文献内容的分析,依据教育目标分类理论,将中小学理科教师科学素养概念模型在层级及其架构上分为科学认知、科学情操、科学能力三个维度,每个维度又分为五个水平,在评价指标方面依据教育和科技领域相关法律法规、基础教育科学课程标准、国际科学素养测评项目进行提炼,最终建构起由3个一级指标、8个二级指标和31个三级指标组成的三维五阶的科学素养测评框架。该测评框架突出素养导向,对标教育目标,符合中小学理科教师职业特点。

**关键词:**理科教师;科学素养;测评框架;结构模型

**中图分类号:**G652;G449.1      **文献标识码:**A      **文章编号:**1008-9659(2026)01-0096-08

提升公民科学素养是科学教育的主要目标,中小学综合科学、物理、化学、生物、地理、信息科技等理科课程的任课教师承担着提升公民科学素养的重任。提升理科教师科学素养对推进科学教育高质量发展具有重要的现实意义。但现有青少年及成年公民科学素养测评工具与理科教师的职业特点之间缺乏有效衔接。为提升中小学教师科学素养,教育部协同中国科学院在《关于实施中小学教师科学素养提升行动计划的通知》中明确提出了“中小学教师科学素养标准研制行动”等4项计划。构建适合中小学理科教师教育背景和职业特点的科学素养测评框架与结构模型,筛选确定测评指标,开发可操作的测评工具和评价标准,有利于科学教师职前培养与职后发展需求的统一,也是对现有科学素养测评理论的创新与发展。

## 1 中小学理科教师科学素养内涵解析

21世纪以来,教育的终身化、信息化、个性化、民主化和国际化等趋势越来越明显,面对新的挑战,以素养为导向的教育转型已经成为当前国际教育变革的主流。科学技术素养是21世纪核心素养框架体系中基础领域六大素养之一<sup>[1]</sup>,科学技术素养的培养需要以科学、物理、化学、生物、地理、信息科技、综合实践活动、研学旅行、研究性学习等理工科课程和活动课程为载体。但在科学技术哲学话语体系中,科学与技术是两个不同的范畴,科学素养与技术素养也应分而待之。从现有测评项目的考查内容及我国基础教育阶段课程结构来看,虽有少数学者对技术素养的测评进行研究,但对于教师技术素养的监测指标及测试项目的研究尚不成熟。因此,对素养、核心素养、学科素养及科学素养等概念进行辨析有助于厘清理科教师科学素养的理论内涵。

“素养”一词最早见于《后汉书》,具有“修习、平素所供养、素质及教养、平时所养成的良好习惯”等多重含义。在《现代汉语词典》等工具书中,素养指通过自我修养和自我锻炼,从而在某些方面达到较高的水平或境界。素养有核心素养与非核心素养之分,在《中国学生发展核心素养》研究报告中,核心素养被界定为学生发展所需的必备品格和关键能力,包括3个维度、6大核心素养和18个监测指标<sup>[2]</sup>。根据布鲁姆教育目

[收稿日期]2024-12-02

[修回日期]2025-01-16

[基金项目]2021年度教育部人文社会科学研究规划基金新疆项目(21XJJA880001)。

[作者简介]刘永泉(1981-),男,副教授,主要从事教育管理与科学教育方面研究,E-mail:597413351@qq.com.

标分类理论,品格属于情感领域,能力则属于心理动作领域,但必备品格和关键能力的形成必须以科学技术知识为基础,知识则属于认知领域,即素养的内涵与教育目标分类具有内在的一致性。

学科素养不仅仅是对某一学科基本概念、原理和事实性知识的记忆,更是如何运用这些知识解决实际问题,进行创新思维、批判性思考以及培养与他人合作交流的能力。学科素养的培养对于学生的终身发展至关重要,其有助于学生形成跨学科的视野,提升适应未来社会挑战的能力。从当前的基础教育阶段课程方案来看,学科素养可根据基础教育阶段课程分类划分为审美素养、信息素养、物理素养及生物素养等不同领域。狭义的科学素养即自然科学素养,建立在现代物理、化学、生物、自然地理学等学科素养基础之上,侧重于实验操作、科学探究、理论与实践结合、科学思维以及对自然界规律的理解和应用等。

中文语境下的“科学素养”一词经常与“科学素质”交替出现。与“科学素养”对应的英文词汇为“Scientific Literacy”,指的是一种长期积淀下来的习惯,是一种内在的品质,其重点在于对科学的态度,观察和思考问题的科学性以及批判精神等内容,而非抽象的批判精神和科学的思维习惯等<sup>[3]</sup>。国内政策文本、学术文献和工具书对“科学素养”与“科学素质”的用法并没有作出明确区分。一般学校科学教育相关文本和教育管理部门多使用“科学素养”一词,科普机构和科技管理部门多使用“科学素质”一词。但从词源和字面意思来看,“科学素养”及其所对应的“Scientific Literacy”更符合现代科学素养的多维表征和动态发展特征。

“科学素养”是“核心素养”的下位概念,同时又是物理、化学、生物、地理等学科素养的上位概念。中小学理科教师科学素养的内涵可理解为教师胜任综合科学课程或分科科学课程教学所需的现代科学知识、必备品格和关键能力。这些知识、品格和能力具有多个维度和多个层级,而这些维度和层级是可以进行建构和测量的。从现有科学素养测评项目及科学学业质量监测项目的监测指标和测试题目来看,中小学理科教师科学素养的内涵与布鲁姆教育目标分类学中的认知领域、情感领域和心理动作领域的内涵具有内在一致性。中小学理科教师科学素养的监测与评价必须建立在基础教育阶段人才培养目标、课程目标和教学目标定位、中小学科学教育核心内容、中小学教师专业发展需要以及相关的教育和心理测评理论等基础之上。

## 2 中小学理科教师科学素养测评框架

建构中小学理科教师科学素养测评框架,必须对科学素养的组成要素进行解构。基于此,以对科学素养内涵作出明确界定的重要文本材料,即《中华人民共和国科学技术普及法(2024年修订)》《中华人民共和国科学技术进步法(2021年修订)》两个法律文本,《全民科学素质行动计划纲要(2006—2010—2020年)》和《全民科学素质行动计划纲要实施方案(2016—2020年)》两个规划文件,党和国家领导人关于科学素质的重要讲话原文及相关解读文本,基础教育阶段理科(科学)课程标准,PISA、TIMSS、NAEP等七项国际或国家测评项目为研究样本,以教育目标分类学为指导对理科教师科学素养测评指标进行解构与建构。

### 2.1 中小学理科教师科学素养组成要素提取

在知识分类理论和教育目标分类理论指导下,提取文本材料关键词,共提取出与科学素养相关的关键词83个,其中认知领域32个、情感领域23个、心理动作领域28个(表1)。通过关键词对比分析发现,现有的科学素养评价指标往往只关注指标要素的重要程度,而存在忽视专用术语的层次结构与类属关系之嫌。如世界公众科学素质促进大会的科学素养测评项目将科学知识、科学能力、科学态度和科学精神并列使用,但科学技术知识又是科学能力的必备条件,二者具有因果关系;科学态度和科学精神描述的是心理状态和心理倾向,二者之间又具有并列关系,都属于心理活动领域。国际学生评估项目(PISA)测评项目中的科学情感与科学态度之间也具有从属关系。对科学素养各组成要素进行类属整合是确保中小学理科教师科学素养测评框架和指标体系科学性的基础。

### 2.2 中小学理科教师科学素养组成要素辨析

尽管不同文本和机构对科学素养的概念界定有所不同,不同的科学素养测评项目有不同的测评重点和指标要素,但这些指标要素和评价结果本质上均可以归属于特定的学习领域和表现水平,与知识分类体系和教育目标分类理论具有内在一致性。如文本中出现的“科学技术知识、科学概念、学科大概念、跨学科概念以及科学观念与科学思想”等词汇均为认知的起点及目的。“科学态度、科学价值观、科学技术社会与环境、科学精神、科学兴趣、科学情感、科技伦理、社会责任”等词汇均与心理倾向和行为规范有关。“探究技能、

表1 基于文本分析的中小学理科教师科学素养关键词提取

序号	领域	关键词
1	认知领域	科学技术知识、科学知识、知识、科学观念、物理观念、化学观念、人地协调观、生命观念、科学本质观、宏观辨识和微观探析、变化观念、运动与相互适应观、结构与功能观念、物质观念、能量观念、模型观念、进化与适应观、稳态与平衡观、科学概念、学科大概念、跨学科概念、科学认知、科学内容、科学共同体、科学思想、平衡思想、转化思想、互补思想、系统思想、守恒思想、进化思想、极限思想。
2	情感领域	科学态度、科学价值观、科学兴趣、科学行为倾向(愿意参与或从事)、科学情感、科学精神、追求真理、崇尚创新、实事求是、创新精神、宽容精神、批判质疑精神、社会关怀精神、态度责任、情感态度价值观、科学技术社会与环境、创新意识、科技伦理、社会责任、健康意识、环保意识、生态意识、家国情怀。
3	心理动作领域	探究实践、探究技能、实践技能、技能、科学能力、能力、实践能力、分析判断事物的能力、批判性思维能力、独立思考能力、创新能力、解决实际问题的能力、参与公共事务的能力、探究式学习能力、过程与方法、科学方法、科学思维、综合思维、创新思维、证据推理、模型认知、提出科学问题、猜想或假设、制定计划或方案、搜集证据、分析论证、表达交流、反思评价。

实践技能、科学方法、科学思维、创新能力”等词汇均与心理动作和操作技能有关。

在《现代汉语词典》中,知识指人们在社会实践中获得的认识和经验的总和。现代教育领域一般将知识根据属性分为事实性知识、概念性知识、程序性知识和元认知知识四种类型<sup>[4-5]</sup>。知识的习得是一个渐进的过程,根据学习进程可被分为不同的层级,这个过程也被称为认知过程。在认知发展过程中,事实性知识和概念性知识只是一种静态的信息,只有被人格化为观念才具有现实意义。程序性知识指关于技能和方法的知识。元认知知识指对自己认知过程的认知。作为知识的组成部分,科学知识主要包括概念性知识和程序性知识两类,是从科学视角形成的对自然现象的基本认识,是科学的研究的结果,同时也是科学教育的载体<sup>[6]</sup>。科学观念是对科学的过程、结果及应用价值等的概括性理解和认识,关照的对象是具体事物,对科学教育具有导向作用<sup>[7-8]</sup>。科学思想是对科学观念的进一步深化。科学的研究中较为典型的科学思想有系统思想、互补思想、极限思想、进化思想、转化思想、平衡思想和守恒思想等,是对宏观世界的理性思考<sup>[9-10]</sup>。

科学认知是组成科学素养的智力因素,科学品质是组成科学素养的非智力因素,主要表现为科学态度、科学精神和社会责任等心理倾向和状态。态度是人们在自身道德观和价值观基础上对事物的评价和行为倾向,主要包括主观感受、情感和意向等三个方面。科学态度是指个体对科学相关工作的主观认识及价值判断、兴趣爱好和从业志向等<sup>[11-12]</sup>。作为名词的精神主要指人的意识、思维和一般心理状态,科学精神则特指近代以来科学发展所积淀形成的独特的意识、理念、气质、品格、规范和传统,典型的科学精神主要包括求真精神、实证精神、批判和怀疑精神、创新精神、宽容精神和社会关怀精神<sup>[13-14]</sup>。

相对而言,科技伦理的内涵稍显复杂,可进一步分解为科学道德规范、科技发展及其成果应用的道德评价和伦理规范、现代科技与伦理道德的关系三个方面<sup>[15]</sup>。科学道德规范包括科研道德和社会责任感,科技发展及其成果应用的道德评价和伦理规范主要考察个体对科学技术发展的“双刃剑”作用的理解,现代科技与伦理道德的关系方面主要考察科技发展对传统伦理道德的颠覆性影响。科学道德规范中的社会责任感与基础教育阶段科学课程标准中的社会责任、科学精神中的社会关怀精神含义较为接近。科技发展及其成果应用的道德评价和伦理规范、科研道德以及现代科技与伦理道德的关系这三个内容在以往的科学素养测评项目中并未引起足够的关注。

能力有广义和狭义之分,广义的能力指完成某种任务或活动所需具备的心理和行为条件,狭义的能力主要指保证完成一定活动所必需的心理特征,包括有效方式以及与此对应的个性心理品质。这里的有效方式一般用技能来指代,技能指个体运用已有的知识经验,通过练习形成的一定操作过程或智力活动方式,所谓操作过程主要指具体的科学方法,智力活动方式主要指科学思维<sup>[16-17]</sup>。技能是形成能力的基础,能力是构成素养的重要因素。基础教育科学课程标准和国际科学素养测评项目中的科学能力、科学探究与科学实践的测评内容实际上都属于思维能力和探究实践能力<sup>[18]</sup>。

### 2.3 中小学理科教师科学素养组成要素编码

在词义辨析的基础上,对科学素养各组成要素的上下位关系进行整理归类后形成中小学理科教师科学

素养评价的初始指标群。其中,由一些相同或相近概念合并而成的初始指标有42个,其中,认知领域15个,情感领域14个,心理动作领域13个。在文本阅读过程中发现,描述中小学理科教师科学素养的关键词出现频率和重要程度各不相同。基于此,按照文本分析法的基本规范,以整理归类后的42个关键词及其同义词为三级指标,以教育部2001—2022年发布的20份理科课程标准(科学、物理、化学、生物和地理)为研究样本,利用NVIVO 20工具软件对初始概念群以自动和手工两种方式进行编码及词频统计(表2)。

表2 中小学理科教师科学素养组成要素初始编码表

序号	领域	关键词	样本数	词频	序号	领域	关键词	样本数	词频	
1	认知领域	科学本质观	8	32	22	领域	批判质疑精神	17	126	
2		物质观	18	1567	23		宽容精神	1	1	
3		能量观	18	543	24		社会关怀	13	41	
4		运动观	19	730	25		情感	生态意识	16	461
5		变化观	20	974	26		领域	环保意识	20	1526
6		结构观	20	998	27		健康意识	14	314	
7		功能观	16	324	28		科技伦理	18	551	
8		人地协调	19	228	29		家国情怀	20	205	
9		系统思想	16	633	30		提出问题	17	86	
10		进化思想	9	146	31		猜想或假设	14	189	
11		平衡思想	17	248	32		计划或方案	19	363	
12		转化思想	15	348	33		观察或实验	20	2726	
13		互补思想	2	5	34		收集证据	16	322	
14	情感领域	守恒思想	9	184	35	心理	分析论证	20	1091	
15		极限思想	1	6	36		动作	表达交流	20	1935
16		科学价值观	20	107	37		领域	反思评价	18	294
17		科学兴趣	19	160	38		科学推理	15	213	
18		科学行为倾向	19	148	39		模型建构	19	509	
19		创新精神	14	45	40		创新思维	7	33	
20		求真精神	10	20	41		参与公共事务	6	11	
21		实证精神	13	36	42		解决实际问题	19	225	

#### 2.4 中小学理科教师科学素养指标体系建构

基础教育阶段课程标准将科学学科核心素养归纳为科学观念等4个维度。其中科学观念根据学科又可分为物理观念、化学观念、生命观念等,科学观念的下位概念包括科学本质观、物质观、能量观、运动观、变化观、结构观、功能观和人地协调观等。人地协调观是地球科学领域的核心概念,结构与功能观、物质与能量观、运动与变化观是贯通自然科学的跨学科概念。科学思想虽然在4个核心素养中未得到明确体现,但在具体内容中却从未缺位。科学思想的下位概念可提取出系统思想、平衡思想、进化思想、转化思想、互补思想、极限思想和守恒思想等。其中守恒思想与能量观念密切相关,可将其与能量观念合并。互补思想和极限思想出现频率较低,样本数不足3个,故予以剔除。系统思想、平衡思想和进化思想是贯穿自然科学各领域的基本思想精髓。因此,可以将科学思想与科学观念作为并列概念,二者的上位概念可归纳为科学认知。

情感领域的下位概念包括科学态度、科学精神和社会责任3个二级指标,科学态度的下位概念包括科学价值观、科学兴趣和科学行为倾向3个三级指标,且三者呈层级递进关系。科学精神的下位概念包括求真精神、实证精神、批判质疑精神、宽容精神和创新精神,五者为并列关系。对于词频为1的宽容精神则从指标体系中予以剔除。社会责任的下位概念包括社会关怀、科技伦理、家国情怀、生态环境与健康意识等,六者为并列关系。科学态度、科学精神和社会责任三者之间在20份课程标准本中呈并列关系,但从教育目标分类

理论中情感领域的发展水平来看,此三者之间也存在逐层递进关系。因情感领域的科学态度、科学精神和社会责任反映的是情感体验和德行操守,故将其归纳为科学情操。

动作技能领域的下位概念包括科学思维能力、科学探究能力和科学实践能力3个二级指标。科学思维能力的下位概念包括推理论证能力、模型建构能力和创新思维能力3个三级指标。科学探究能力的下位概念包括提出问题、作出猜想或假设、制定计划或方案、进行观察或实验、收集证据、分析论证、表达交流、反思和评价能力等8个三级指标;科学实践能力的下位概念包括利用科学技术知识参与公共事务或解决实际问题的能力。

根据基础教育阶段科学、物理、化学、生物、地理等课程最新版课程标准,从科学认知领域的学科大概念和跨学科概念课程目标中共提取出5个典型的科学观念和4种代表性的科学思想,合计9个三级指标;科学情操中的科学态度包括科学认知、对待科学情感和科学行为倾向3个指标,科学精神包括求真精神、实证精神、批判质疑精神、创新精神4个指标,社会责任包括社会关怀、家国情怀、健康与环保意识、科技伦理4个指标;科学能力维度中的科学思维包括科学推理、模型建构和创新思维3个指标,科学探究包括探究的6个核心环节,科学实践主要包括参与公共事务与解决实际问题,最终形成中小学理科教师科学素养结构模型和测评框架(表3)。

表3 中小学理科教师科学素养测评指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	指标描述
A 科学认知	A1 科学观念	A11 科学本质观	理解科学本质及建构主义科学观
		A12 物质与能量观	理解世界是物质的,能量是物质运动的一般度量
	A1 科学观念	A13 运动与变化观	理解运动是物质的固有属性,变化是绝对的
		A14 结构与功能观	理解客观世界中物质的结构与功能相适应的观点
	A2 科学思想	A15 人地协调观	理解人口、资源与环境之间的关系及科学发展观
		A21 平衡思想	理解客观世界的各种系统均处于动态平衡状态
		A22 转化思想	具有化繁为简、化未知为已知、化难为易的思想
		A23 进化思想	理解世界从简单到复杂、从低级到高级的进化过程
	B1 科学态度	A24 系统思想	理解客观世界均由各级各类不同的系统构成
		B11 科学价值观	能够认识科学技术的“双刃剑”作用
B 科学情操	B2 科学精神	B12 科学兴趣	善于观察、具有科学探究的兴趣和热情
		B13 科学行为倾向	愿意从事与科学技术相关的职业
		B21 批判精神	不迷信权威,对现有科学理论持有条理的怀疑
		B22 求真精神	具有科学研究不以功利为目的的品格
	B3 社会责任	B23 实证精神	具有尊重事实、尊重证据的品格
		B24 创新精神	具有从不同视角、用不同方法思考问题的品格
		B31 社会关怀	具有科技发展服务民生的责任感
		B32 家国情怀	理解科学无国界、科学家有祖国的内涵
C 科学能力	C1 思维能力	B33 环境与健康意识	在科学探究中具有生态、环保、健康意识
		B34 科技伦理	在科学探究过程中尊重科学和技术伦理
		C11 推理论证	具有基于数据进行类比、归纳、演绎的能力
		C12 模型建构	具有建构数学模型、概念模型、实物模型的能力
		C13 创新思维	具有从不同视角、用不同方法分析问题的能力

续表

一级指标	二级指标	三级指标	指标描述
C2 探究能力	C21 提出问题	C21 提出问题	能根据真实科学现象提出可探究的科学议题
	C22 猜想与假设	C22 猜想与假设	能基于科学问题提出合理的猜想或假设
	C23 计划或方案	C23 计划或方案	能基于假设制定科学观察、调查或实验方案
	C24 观察与实验	C24 观察与实验	能遵守自然科学研究范式开展科学观察与实验
	C25 分析论证	C25 分析论证	能对观察或实验数据进行相关性及因果分析
	C26 表达交流	C26 表达交流	能客观表达研究结果并虚心接受批评和怀疑
C3 实践能力	C31 公共参与能力	C31 公共参与能力	能以理性方式参与国家和地方政府的科技决策
	C32 解决问题能力	C32 解决问题能力	能利用所学科学技术知识解决常见的现实问题

### 3 中小学理科教师科学素养结构模型

20世纪60年代前后,本杰明·布鲁姆(1913—1999年,美国当代心理学家、教育家)等人率先对教育目标进行分类研究,并形成一批各具特色的教育目标分类分层研究成果。标志性研究成果有认知能力完善分类学、行为整合统筹分类学、四大系统一致分类学、学习结果与策略适配分类学、SOLO分类理论、OECD的关键能力与评价适配分类学、知识技能分类体系、多元智能理论、成功智力理论、情绪智力理论等<sup>[19]</sup>。其中行为整合统筹分类学在布鲁姆工作的基础上将教育目标分类并纳入完整的教学系统中考虑,对理科教师科学素养测评具有较好的指导意义。

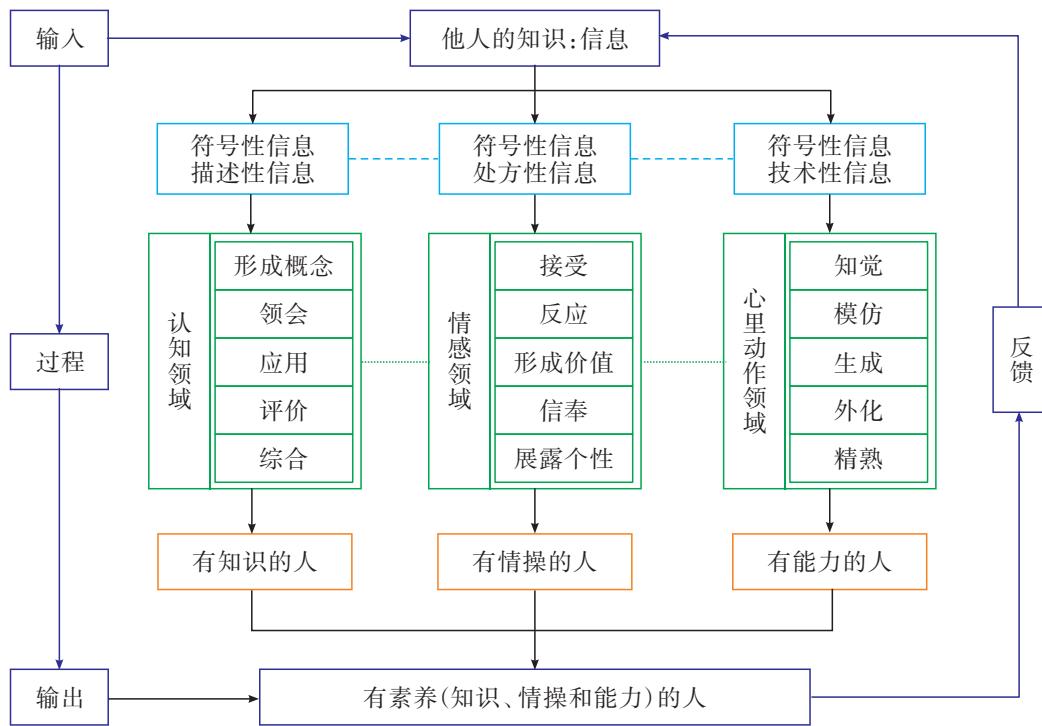


图1 豪恩斯坦行为整合统筹分类体系

#### 3.1 中小学理科教师科学素养分层依据

行为整合统筹分类理论认为教育系统是一个由信息的输入、转化、输出和反馈四个环节构成的闭合回路,同时将以信息输入与反馈为主渠道的认知发展过程作为纵向发展水平,将认知领域、情感领域和心理动作领域作为横向发展维度,用行为领域来统摄最终输出结果。在这一体系中,教育的起点是信息的输入,输出的结果是预期的教育目标,不同个体对输入信息的转化会存在客观差异。教学系统可以根据输出结果进

行评价性反馈,用于精确评价学习者真实的行为业绩表现<sup>[20]</sup>。

行为整合统筹分类理论将教育过程输入的信息分为符号性、描述性、处方性和技术性等四类信息。符号性信息是以语言、文字、图形等符号为主的一种表征工具;描述性信息是用符号表征的,对自然界客观存在物的状况、特点和发展过程做出客观描述的信息,需要以直接经验或间接经验方式习得的事实性或概念性知识;处方性信息是服务于个体情感体验,用于改变个体心理倾向和心理状态的信息,个体需通过自我价值判断才能选择是否可以接受;技术性信息是用于训练个体大脑活动或肢体活动的一种方法性知识,需要经过实践训练才能习得。行为领域是对其他三个领域的整合。在行为整合统筹分类体系中,描述性信息是认知领域的输入内容,认知发展过程依次为形成概念、领会、应用、评价和综合,输出结果是一个有知识的人;处方性信息是情感领域的输入内容,发展水平依次分为接受、反应、形成价值、信奉和展露个性等五个层次,输出结果是一个有情操的人;技术性信息是心理动作领域的输入内容,发展水平依次为知觉、模仿、生成、外化与精熟五个层次,输出结果是一个有能力的人。三个领域的输出结果构成行为领域的输出,输出结果可看作一个有素养的人,素养水平依次为习得、同化、适应、表现和抱负等五个水平。

### 3.2 中小学理科教师科学素养结构模型

结合中小学理科教师科学素养测评要素分类情况和行为整合统筹分类体系的发展水平,中小学理科教师科学素养概念模型可以看作一个同心圆结构(图2(a))。同心圆的中心部分即为科学素养总体水平,由内向外依次为一级指标、二级指标和具体监测点。科学素养的一级指标可概括为科学认知、科学情操和科学能力3个维度。科学认知领域又可分为科学思想和科学观念2个二级指标;科学情操领域可分为科学态度、科学精神和社会责任3个二级指标;科学能力可分为科学探究、科学实践和科学思维3个二级指标。根据行为整合统筹分类理论的评价原则,各级指标的测度值介于0~5之间,各维度的测度值以算术平均数进行整合。中小学理科教师科学素养发展水平可以看作一个三维五阶的阶梯结构,五阶代表科学素养及其指标群的5个发展水平,各级指标测度值代表不同的科学素养水平,测度值介于0~1代表水平1,1~2代表水平2,2~3代表水平3,3~4代表水平4,4~5代表水平5(图2(b))。

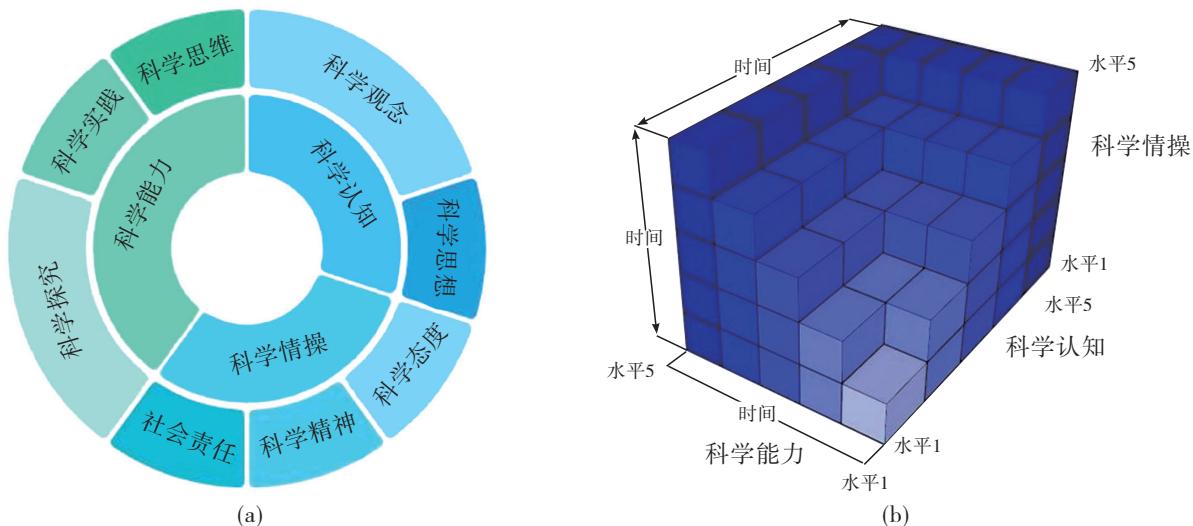


图2 中小学理科教师科学素养概念模型

与国际成年公民科学素养测评指标相比,理科教师科学素养测评框架和结构模型在科学认知维度突出了科学观念和科学思想2个二级指标;在科学情操维度明确了科学态度、科学精神、社会责任的要点。考虑到理科教师科学素养测评不仅要考查监测的广度,也要考查测评的层次,且科学探究的环节在不同版本的教材中既有“六要素说”,也有“七要素说”和“八要素说”,故测评指标仅选取了与中小学理科教师职业特点相对较重要的六个要素。三级指标基本涵盖了基础教育阶段科学、物理学、化学、生物学和地理学课程标准中所有的核心素养目标。测评框架在坚持素养导向的同时,对标基础教育阶段科学课程标准的最新要求,不仅可以作为中小学考核在职理科教师科学素养的基本依据,也可供高校测量职前理科教师科学素养水平并据此开展教学改革的依据。

## 参考文献:

- [1] 师曼,刘晟,刘霞,等.21世纪核心素养的框架及要素研究[J].华东师范大学学报(教育科学版),2016,34(03):29-37,115.
- [2] 一帆.《中国学生发展核心素养》总体框架正式发布[J].教育测量与评价,2016,(09):34.
- [3] 姜瑜.湘桂公众科学素养培养政策及途径比较研究[D].桂林:广西师范大学,2015.
- [4] 陈洪澜.论知识分类的十大方式[J].科学学研究,2007,(01):26-31.
- [5] 吴刚平.知识分类视野下的记中学、做中学与悟中学[J].全球教育展望,2013,42(06):10-17.
- [6] 朱永新.新教育实验二十年:回顾、总结与展望[J].华东师范大学学报(教育科学版),2021,39(11):1-44.
- [7] 郭思乐.论科学观念教育在学科教育中的地位[J].教育研究,1995,(04):66-69.
- [8] 蔡铁权,郑瑶.科学观念及其科学教育价值[J].教育科学研究,2019,295(10):5-11.
- [9] 周德红,陈敬全.谈科学思想与科学研究[J].科学,2012,64(03):4,38-41.
- [10] 蔡铁权,谢佳莹.科学思想及其科学教育功能[J].浙江师范大学学报(自然科学版),2022,45(01):113-120.
- [11] 魏晓东.国外科学态度测评研究进展与启示[J].外国中小学教育,2019,323(11):20-28.
- [12] 黄瑄,李秀菊.我国青少年科学态度现状、差异分析及对策建议——基于全国青少年科学素质调查的实证研究[J].中国电化教育,2020,407(12):69-77.
- [13] 管培俊.将科学精神深度纳入教师培养过程[J].中国高教研究,2022,349(09):1-6.
- [14] 蔡铁权.科学教育中科学精神的地位及养成[J].全球教育展望,2016,45(04):79-93.
- [15] 许逸颖.科技价值观的变迁与社会发展[D].西安:陕西师范大学,2022.
- [16] 董博清,彭前程.核心素养视域下科学思维的内涵及其实现路径[J].课程·教材·教法,2019,39(04):84-90.
- [17] 李正福,谷雅慧.论物理核心素养视野下的科学思维教育内容[J].课程·教材·教法,2018,38(02):97-102.
- [18] 朱行建.国际教育评价中的科学探究能力测评简介及启示[J].课程·教材·教法,2007,280(02):89-91.
- [19] 盛群力.21世纪教育目标新分类[M].杭州:浙江教育出版社,2008.
- [20] 马兰.实现掌握知识和发展智能的统一:豪恩斯坦认知领域目标新架构及其启示[J].全球教育展望,2005,34(04):74-77.

## Scientific Literacy of Science Teachers in Primary and Secondary School: Evaluation Framework and Structural Model

LIU Yong-quan<sup>1</sup>, MENG Fan-li<sup>2</sup>

(1. College of Educational Science, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang, 830017, China;

2. School of Marxism, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang, 830046, China)

**Abstract:** Enhancing the scientific literacy of citizens is a major goal of science education, and the level of citizen scientific literacy is an important standard for evaluating the quality of science education. Science teachers in primary and secondary schools are an important force in enhancing the scientific literacy of young people, and it is of great practical significance to formulate and evaluate the scientific literacy standards of science teachers for the high-quality development of science education. Based on the content analysis of relevant literature at home and abroad, the conceptual model of science literacy for primary and secondary school science teachers can be divided into three dimensions of scientific cognition, scientific emotions, and scientific ability according to the theory of educational objectives classification, and each dimension can be divided into five levels. In terms of evaluation indicators, they can be extracted from relevant laws and regulations in the fields of education and science and technology, the basic science curriculum standards for primary education, and international science literacy assessment projects. Finally, a comprehensive scientific literacy evaluation framework with three dimensions, five levels, three primary indicators, eight secondary indicators, and thirty-one tertiary indicators has been established. The evaluation framework emphasizes the orientation of competencies, aligns with educational objectives, and is consistent with the professional characteristics of science teachers.

**Keywords:** Science teachers; Scientific literacy; Evaluation framework; Structural model