

PISA2021 数学素养测评框架中的“21世纪技能”

孙彬博¹, 郭 衍¹, 邵珍红²

(1. 北京师范大学 数学科学学院, 北京 100875; 2. 北京景山学校, 北京 100006)

摘要: 2021年国际学生评估项目(PISA)将再次以“数学素养”为主测评领域,经济合作与发展组织(OECD)于2019年5月公布了新版测评框架.新框架最大变化之一是支撑数学素养的关键能力“消失”,并首次提出8项“21世纪技能”.选取2000年以来具有代表性的PISA数学素养测评框架,采用内容分析法,从内涵、构成和测评3个维度系统认识数学素养中关键能力的演变,理解PISA2021数学素养测评框架提出的“21世纪技能”,为中国以发展学生核心素养为目标的义务教育数学课程改革提供启示.

关键词: 21世纪技能; 关键能力; 数学素养; 测评框架; 国际学生评估项目(PISA)

中图分类号: G40-059.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9894(2019)04-0012-05

引用格式: 孙彬博, 郭衍, 邵珍红. PISA2021 数学素养测评框架中的“21世纪技能”[J]. 数学教育学报, 2019, 28(4): 12-16.

1 引言

当前,为贯彻落实国家“立德树人”的根本任务,中国正在以发展学生核心素养为目标推进基础教育课程改革.围绕学生数学核心素养建构课程目标体系成为新一轮普通高中数学课程标准修订的主要特色^[1].数学核心素养是具有数学基本特征的思维品质、关键能力及情感、态度与价值观的综合体现^[2].关键能力是学生通过数学学习获得的、面向未来、支撑数学素养发展的必备能力,是将数学核心素养落地实践的抓手^[3].2019年1月国家教育部启动了新一轮义务教育数学课程标准修订工作,对于义务教育数学课程核心素养目标体系建构及其关键能力认识,成为学界亟待解决的重要问题.

经济合作与发展组织(OECD)开展的国际学生评估项目(PISA)旨在评估项目参与国家和地区15岁学生完成义务教育时,在多大程度上获得全面参与社会所需要的问题解决能力和终身学习能力^[4].其前瞻性评价理念与设计、先进的测评技术与方法、严谨的测评流程与工具、建设性评价结果与建议,为教育政策制定提供参考,被国际社会大多数国家和地区认可并参与,成为国际上最具影响力的学生评价项目^[5].PISA数学素养测评框架(以下简称“数学框架”)中数学素养及其关键能力也为建构中国数学课程核心素养目标体系及其关键能力提供了值得借鉴的视角^[6].

2000年至今,PISA数学素养测评已经开展了7次(每3年评估一次).其中,2003年和2012年均以数学素养为主测评领域.2019年5月,OECD公布了2021年PISA数学框架,届时将再次以数学素养为主测评领域.纵观历次数学素养测评,每当数学素养作为主测评领域时,其测评框架便会表现出较大变化.较为突出的体现就是关键能力认识的“与时俱进”,尤其是PISA2021数学框架将关键能力“升级”

为21世纪技能¹.因此,为系统认识历次PISA数学框架中关键能力的演变,理解2021年PISA数学框架中首次提出的“21世纪技能”,采用内容分析法,在重点解析PISA2000^[7]、PISA2003^[8]、PISA2012^[9]和PISA2021^[10]数学框架基础上,分别从内涵、构成、测评3个维度纵向梳理PISA2000—2012关键能力的演变,探讨解析PISA2021数学框架中的“21世纪技能”,为中国以核心素养为目标、关键能力为抓手,凝练课程目标,为深化义务教育数学课程改革提供借鉴与参考.

2 PISA2000—2012 数学框架中关键能力演变

PISA数学素养测评中,关键能力如何建构数学素养?关键能力内涵及其要素如何界定?关键能力在数学素养测评中扮演了什么角色?2000年,PISA首次进行了数学素养测评,虽然当时不以数学素养为主测评领域,但奠定了以关键能力诠释数学素养的理论框架.历年PISA数学框架表明,PISA对关键能力的认识及建构不断“更新”.进一步从内涵、构成和测评3个维度梳理关键能力演变历程并总结其发展特点.

2.1 PISA2000—2012 数学框架中关键能力内涵

PISA2000将关键能力(mathematical competencies)与核心概念(mathematical big ideas)视为构成数学素养的主要部分.关键能力是多种具有数学学科特征的概括性、非层级认知技能及其表现“集合”,如问题解决、推理论证和数学建模等,是学校教育可以培养和发展的系列重要能力.PISA2003不再区分构成数学素养的主次部分,而是整合关键能力、问题情境和数学内容3部分建构数学素养.进一步明确关键能力将数学与现实世界联系起来,是为解决问题所必须激活的能力及其表现体系,即强调问题解决过程中

¹ 21世纪技能(21st century skills),又称21世纪能力(21st century competencies)或21世纪核心胜任力(core/key competencies),是21世纪学生适应未来学习、生活和工作所应具备的一系列能力及其表现.文中统一以“21世纪技能”进行表述.

收稿日期:2019-07-03

基金项目:全国教育科学“十三五”规划2018年度国家青年立项课题——教育神经科学视域下学生问题解决能力发展研究(CHA180266);2018年国家建设高水平大学公派研究生项目(留金发[2018]3101号)

作者简介:孙彬博(1989—),男,甘肃平凉人,博士生,主要从事数学教育测量与评价研究.郭衍为本文通讯作者.

所调用的认知因素及其行为表现。PISA2012 不再使用关键能力直接建构数学素养,以“表达、使用、阐述(评估)”描述问题解决活动过程并反映数学素养表现,将关键能力(fundamental mathematical capabilities)沉淀为基础层面支持上述3项活动过程的能力体系。这有助于解构数学问题解决活动过程,解读学生内在数学素养的外显实践行为。

虽然 PISA2000—2012 数学框架中关键能力的界定逐渐变化,与数学素养的关系由上位性直接建构转变为下位性基础能力,聚焦问题解决过程。但是,以关键能力表征数学素养“能力本质”没有改变。关键能力作为学校数学课程培养并获得具有数学学科特征的系列技能及其行为表现,是以学生为中心,描摹学生运用数学解决现实问题过程中所激活的认知特征与行为状态^[11]。

2.2 PISA2000—2012 数学框架中关键能力构成

PISA2000—2003 数学框架均强调 8 项能力要素,内涵一致。区别仅在于 PISA2003 将“数学思维技能”“数学论证技能”等能力要素表述进行了调整(见表1)。2012年,PISA 数学专家组(MEG)根据 10 年来测试题开发及学生解决问题时关键能力及其表现,在 PISA2003 能力要素体系基础上将其整合为 7 项,删除“数学思维”,整合“推理”与“论证”,修改“建模”为“数学化”能力。同时,基于数学问题解决过程进一步发展其能力要素表述。如 PISA2003 将“建模”能力解释为:“将要建模的领域或情境结构化;将‘现实’转变为数学结构;依据‘现实’解释数学模型;利用数学模型开展工作;验证模型;对模型及其结果进行反思、分析与批判;交流模型及其结果(包括结果的局限性);监测和控制建模过程。”进一步,PISA2012 将“数学化”能力解释为:“数学素养涉及将现实世界中界定的问题转变为严格的数学形式(包括结构化、概念化、做出假设和/或形成模型),或解释、评估与原始问题相关的数学结果或数学模型。‘数学化’用以描述所涉及的基本数学活动。”

虽然 PISA2012 对关键能力构成做了调整,内容表述、构成体系等均存在变化,但由于 PISA2000—2012 关键能力构成均建立在 Mogens Niss 等人关于“数学能力花”研究工作基础上,故表现出了较好的继承性。

表1 PISA2000—2012 数学框架中关键能力构成演变

序号	PISA2000	PISA2003	PISA2012
1	数学思维技能	思维和推理	/
2	数学论证技能	论证	推理与论证
3	建模技能	建模	数学化
4	问题提出和解决技能	问题提出和解决	解决问题的多样化策略
5	陈述技能	陈述	陈述
6	符号、形式、技术性技能	使用符号、形式、技术性语言和操作	使用符号、形式、技术性语言和操作
7	交流技能	交流	交流
8	辅助与工具技能	辅助与工具使用	使用数学工具

2.3 PISA2000—2012 数学框架中关键能力测评

关键能力是学生迎接现实问题挑战时所调用的认知因素与行为状态,在问题解决过程中,学生通常需要激活并调用诸多(或全部)能力要素。因此,PISA2000 指出,开发的测试题并不单独评估每一项能力要素,而是在能力要素操

作性定义基础上,参考测试题难度建构 3 类“能力集”,从而实现对关键能力的评估,并以关键能力为基本元素描摹数学素养水平。在每个能力集中,上述 8 项能力要素在解决现实问题时均承担一定的功能角色。能力集之间表现出认知技能由简单到复杂的层级性。现实问题越难,需要激活并调用的能力层级越高。同时,由于关键能力直接建构数学素养,能力集成为数学素养报告的子维度之一。PISA2003 继承 PISA2000 能力集设计,仅调整其表述为“再现”“联系”“反思”。由于 PISA2012 中关键能力作为基础性能力不直接建构数学素养,所以关键能力(能力集)不再作为数学素养报告的子维度之一。但是,PISA2012 数学框架给出学生解决现实问题时所经历的表达、使用、阐述(评估)数学活动过程与关键能力的关系,如“表达”过程中“数学化”能力体现为“识别现实世界问题中潜在的数学变量和结构并做出假设,便于他们能够被使用”,并阐明 7 项能力要素在测试题难度中所扮演的角色,作为测试题开发和描摹数学素养水平的依据。

纵观 PISA2000—2012 数学素养测评,虽然关键能力在数学素养测评报告中“从台前走到幕后”,但关键能力建构并反映数学素养实质没有变化,即“数学能力花”模型为捕捉个体数学行为表现提供了工具和方法^[12]。关键能力支持测评工具开发,关联测试题难度,作为基本元素描摹数学素养精熟度水平,为评估与促进学生数学素养提供参考。

3 PISA2021 数学框架中的“21世纪技能”

在最新发布的 PISA2021 数学框架中,最大的变化之一是删去了原 PISA2012 中 7 项“支撑数学问题解决过程的基础性数学能力”。首次提出与数学学科相关的 8 项“21 世纪技能”。表面上,似乎是关键能力在 PISA 数学素养测评中的缺失,但实际上,“21 世纪技能”在数学学科中整合,并不代表 PISA 偏离了其数学素养的“能力本质”。随着国际教育界对“21 世纪技能”研究的兴起与深入,将该类跨学科高阶思维能力培养与学科教育目标“整合发展”逐渐成为一种趋势。

21 世纪的学生需要什么样的知识、能力和情感态度价值观以应对未来生活的挑战? 21 世纪的学校教育如何变革才能有效发展学生这些知识、能力和情感态度价值观? 为了与时俱进探讨“培养什么人,如何培养人”这一教育基本问题,许多政府机构、学术团体、研究者尝试沿着这个问题探索并从不同视角总结了“21 世纪技能”框架^[13-14]。当前,已有不少国家将“21 世纪技能”融入国家课程或国家教育体系,有的是将 21 世纪的知识、技能、情感态度蕴含在国家的教育目标或课程说明中,更多的是将 21 世纪技能嵌入学校课程的各个科目中,如数学、科学、人文、艺术、信息技术等。

在同样的背景下,OECD 于 2015 年发起了“教育 2030: 教育和技能的未来”项目,目的在于支持大约 25 个项目成员国对上述两个问题的解答。项目分两个阶段进行,第一阶段(截止 2018 年)开发共同的 2030 学习框架并进行国际课程比较。第二阶段(2019 年以后)开始探索将 2030 学习框架有效转化为教学、评价和教学系统的设计^[15]。数学作为基础教育重要学科之一,也是项目关注的焦点。在这一跨学

科学学习框架的基础上,凝练数学学科2030学习框架成为统整课程目标、实施整合发展的必然。

3.1 PISA2021 数学框架中“21世纪技能”内涵与构成

“21世纪技能”既有跨学科通用型技能,也有学科相关的特定性技能。这些学科相关的特定性技能本身与学科关键能力存在共性与交集。因此,PISA2021数学框架中的“21世纪技能”与数学关键能力息息相关,依然凸显“能力及其表现”的本质内涵。PISA2021数学专家组遴选出的8项“21世纪技能”分别为:批判性思维、创新、研究和探究、自我导向、主动和坚毅、信息使用、系统思维、交流和反思。

批判性思维(critical thinking)被称为21世纪获得个人成功的最重要的认知特质之一^[16]。为了通过学校教育获得应对现实生活挑战的能力,学生必须学会批判性思考和推理。批判性思维的定义经历了从简单到复杂的演变过程,作为一种高阶认知技能,包括运用归纳和演绎推理,进行正确的分析、推断和评估^[17]。可以从寻找真理、开放思想、分析能力、系统化能力、批判性思维的自信心、求知欲和认知成熟度7个维度进行测评^[18]。

创造力(creativity)作为一种复杂现象,研究者采用多重视角对创造力进行研究。前任美国心理协会(American Psychological Association, APA)主席、美国塔夫茨大学文理学院院长 Sternberg 教授指出,创造力涉及旨在产生相对新颖且具有吸引力的想法或产品的思维;拥有特定学科(如学科知识)和跨学科领域要素;在某种程度上是可测量的;也是可以发展和培养的;在实践中,创造并不能像理想中认为的那样应该得到很高的回报^[19]。所以,创造力是具有原创性和社会价值的劳动产出表现^[20],体现创新思维过程,表征个体新思想、新方法^[21]。可以从发散思维、创造性人格、创新潜力等维度进行测评^[22]。

研究和探索(research and inquiry)体现科学探究过程,反映探索发现的本质内涵,是学习者积极、主动学习的内在要求。研究和探索是系统地对资料和来源进行调查和研究,以明确事实并得出新结论。探索要求学生通过提出自己的问题、寻求答案和探究复杂问题来积极学习^[23]。问题导向和问题引领^[24]、激发好奇心等成为促进学生研究或探究的有效策略。

自我导向、主动和坚毅(self-direction initiative and persistence)。自我导向作为“了解并控制自己的学习”状态^[25],是学生对自己学习现象的认识和理解。主动是学生获得的一种信念,即学生可以通过学习对自己的学习及未来产生影响,包括有目标感,计划和采取行动实现目标,对反馈及建议进行反思并对行动负责。这种能力是通过发展有关目标设定、监控进展、应对挫折、反思和评估的知识、技能、态度和价值观而获得的。坚毅反映出学习者在面对内外干扰时,能够始终如一地从事具有挑战性的任务,而不是失去注意力或变得急躁^[26]。

信息使用(information use)是一种在日常生活环境中随处可见的现象。澳大利亚昆士兰科技大学 Hughes 指出,信息使用具有广泛的含义,包括用户行为、链接(信息源)、检索信息、信息能力、使用信息、信息素养、信息需求、情

境等^[27]。具体来说,信息使用是使用信息以满足个人需求的行为,包括为需要解决的问题精准和创造性地使用信息,以及对具有广泛多样来源信息过程的管理^[28]。

系统思维(systems thinking)体现整体性分析方法,与传统分析形成对比。传统分析通过将系统拆解为各个元素以研究系统,而系统思维侧重于系统组成部分间相互关联的方式以及系统在更大系统中如何随着时间的推移而工作。因此,系统思维作为一系列分析技能的集合,以提高识别和理解系统的能力,预测行为并对系统进行修改以产生预期效果^[29]。

交流(communication)是通过使用相互理解的符号及规则将意义从一个实体或群体传达到另一个实体或群体的行为,体现出个体与个体(团体)信息互换的过程。个体能够恰当使用符号、语言表达个体的思想,与他人互动,这种互动形式包括对话、文字表达等。良好的沟通与交流需要学生能够具有接受不同意见的意识,能够聆听不同的建议,并做出恰当的回音^[30]。

反思(reflection)对于21世纪学习者来说是非常必要。学生需要时间思考他们学到了什么,并将其与已有知识、经验结合起来,使其意义更持久保持在头脑中。学生的反思能力体现在决定、选择和行动之前采取批判性立场,个人能够将之前的经验与学习联系起来。

3.2 PISA2021 数学框架对“21世纪技能”的考察

虽然PISA2021首次将“21世纪技能”整合在数学框架中,但并没有使用遴选的8项“21世纪技能”直接建构数学素养。其数学素养模型在继承PISA2012模型的基础上,进一步强调数学推理(mathematical reasoning),即通过数学推理驱动下的“表达、使用、阐述(评估)”反映数学素养问题解决过程,成为测评报告的维度之一。

作为对关键能力的继承,PISA2021数学框架对PISA2012“数学问题解决活动过程与关键能力关系”“7项能力要素与测试题难度关系”进行了重构,形成数学推理与问题解决活动过程中一系列所预期的学生行动(expected student actions),以描述测试题对学生作答反应的具体要求。如数学推理中要求学生“做出简单总结”,问题解决中“表达”维度提出“在一个模型中识别关键变量”等。

遴选出的8项“21世纪技能”与问题情境(个人、社会、职业和科学)知识内容等维度影响测试题目开发不同,PISA项目组并不会刻意开发测试题以涵盖并强调这些21世纪技能。相反,根据PISA2021数学框架理念与数学素养定义,所遴选的8项“21世纪技能”会在题目中自然而然有所体现。

3.3 PISA2000—2012 关键能力与 PISA2021“21世纪技能”关系

从关键能力的上位概念“数学素养”来看,一方面,遴选出的8项“21世纪技能”支持数学素养的发展;另一方面,数学素养的发展也促进“21世纪技能”的培养。两者相互依赖共同发展,如数学推理与批判性思维均在学生成长中扮演了重要角色,为发展学生在未来现实生活中能够正确推理与论证提供保障。

从关键能力层面来说,遴选出的“21世纪技能”与数学关键能力均凸显“能力”本质,是数学教育能够发展的、

个体通过数学学习能够获得的关键性数学能力,存在能力要素的交叉点,均指向盎然的学科育人目标,凸显时代育人价值。但两者的不同点在于提出的角度不同,数学关键能力的提出源于学科视角,是自下而上的数学育人价值的直接体现。而21世纪技能的提出,缘起于更广泛的跨学科视角,是自上而下的宏观育人目标的学科实现。

4 总结与启示

考虑到社会发展以及科技进步对人才要求的不断变化,PISA2021 数学框架表现出与时俱进的特色。其中,21世纪技能的提出并不代表数学关键能力真正的消失,这是立足时代发展,在宏观层面对育人理念与评价思路上的调整,结合这一演变过程中所表现出的稳定特征,为中国义务教育数学课程改革提供3点启示。

4.1 立足21世纪公民教育以“关键能力”为抓手聚焦数学核心素养“整合”发展

与时俱进探讨21世纪义务教育阶段数学课程应该发展学生什么样的核心素养,如何发展这些核心素养,成为摆在教育工作者面前亟待解决的重要议题。以前,PISA 数学框架中的关键能力是具有数学学科特点的能力目标体系,强调学生应用数学知识以解决具有现实情境问题时所激活的认知技能,并以此作为测试题开发、分析及描摹数学素养水平的基本要素。由于21世纪社会发展、科技进步对人才需求转变,这对当代学生提出了许多新的要求。国际社会通过对“发展什么人,如何发展人”这一教育基本问题的再思考,以及对“21世纪技能”育人价值的逐渐重视,立足21世纪公民教育,构建统一的育人目标框架成为教育发展的趋势。在统一的育人目标框架基础上进行学科整合与渗透,构建跨学科能力目标与学科能力目标的一致性成为“整合”发展重要体现。将21世纪技能与数学关键能力的关联与整合,进一步在宏观育人框架下厘清数学学科育人价值与目标,这为21世纪的学生通过学校教育获得迎接未来生活挑战的“21世纪技能”,同时发展数学素养提供了思路、内容、方法和途径。

4.2 立足数学核心素养“关键能力及其表现”属性厘清复杂多维多层的结构模型

分析PISA 关键能力演变与“21世纪技能”的提出可以发现,“能力及其表现”是支撑数学素养的本质属性。不论是PISA2012 及以前版本数学框架中关键能力的提出,或是PISA2021 数学框架中的“21世纪技能”,描摹数学素养的能力本质没变,两者均凸显了随着时代发展个体在面对现实问题挑战时所应具备的什么样的能力、所能表现出什么样的

行为状态的厘定。具体来说,这一系列技能“集合”是个人在解决现实情境问题时所激活的技能及其表现出的状态。同时,关键的意义在于所遴选的要素是对能力发展以至于个人成长起到了决定性影响作用,必不可少。

关键能力的要素调整、删减与“21世纪技能”的遴选,“多维多层”是体现数学能力综合性与复杂性的常态结构。尽管PISA 关键能力在数学素养中的定位、概念表述、要素结构在与时俱进地更新,以及PISA2021 遴选8项与数学学科强相关的“21世纪技能”,不论关键能力如何演变以及“21世纪技能”如何遴选,PISA 始终承认构建数学素养的关键能力的综合复杂性,在遴选能力要素以及构建数学素养时的多维多层结构没有变化。多维表现在数学能力的多样性,多层表现在不同能力水平的学生有不同的行为表现。

4.3 关注学生“个体”凸显社会“现实及未来”强调“数学特征”价值取向

从数学关键能力的演变开始直至新版框架中“21世纪技能”的提出,关注学生“个体”、凸显社会“现实及未来”、强调“数学特征”是提出数学关键能力与“21世纪技能”的价值追求。首先,历次PISA 数学框架中关键能力价值诉求之一便是以学生为中心,关注每个学生,强调学生在多大程度上掌握了应对现实以及未来生活挑战的能力。其次,关注现实,面向未来,是PISA 关键能力的另一价值追求,即学生通过数学学习之后,能够在未来充分利用数学思考自己的生活、计划自己的未来、推理和解决自己生活中的一系列重要问题。最后,数学区别于其它学科的重要特征在于抽象性、严谨性和应用的广泛性。数学能力及其表现也是在数学内容习得基础上的思维反映与行为表现。作为重要学习领域,数学成为帮助学生应对现实问题与挑战的有利工具。这一理念与价值追求同样为中国义务教育数学课程中关键能力的遴选与建构提供了价值取向维度的参考。

5 结束语

PISA 数学素养测评已经历18个年头,2021年即将再次迎来数学素养作为主测评领域。通过对历次PISA 数学框架中关键能力和PISA2021 数学框架中首次提出的“21世纪技能”的梳理与解读,进一步明确了OECD 在整合育人目标、能力认识以及实施测评的最新理念和方法。“21世纪技能”的学科整合为中国义务教育数学课程实施以核心素养为目标、关键能力为抓手的改革提供一种新的认识、一种新的理念和一种新的方法。

[参考文献]

- [1] 黄翔,吕世虎,王尚志,等.高中数学课程目标的新发展[J].数学教育学报,2018,27(1):27-30.
- [2] 中华人民共和国教育部.普通高中数学课程标准(2017年版)[M].北京:人民教育出版社,2018:4.
- [3] 曹一鸣,王振平.基于学生数学关键能力发展的教学改进研究[J].教育科学研究,2018(3):61-65.
- [4] 胡典顺,雷沛瑶,刘婷.数学核心素养的测评:基于PISA 测评框架与试题设计的视角[J].教育测量与评价,2018(10):40-46,64.
- [5] 高凤萍.PISA 数学素养测试对中国基础数学教育的启示[J].数学教育学报,2015,24(5):63-66.
- [6] 王烨晖,张岳,杨涛,等.义务教育数学相关因素监测工具研发的探索与思考[J].数学教育学报,2018,27(5):8-12,16.

- [7] OECD. Measuring student knowledge and skills: A new framework for assessment [R]. Paris: OECD Publishing, 1999: 41–57.
- [8] OECD. The PISA2003 assessment framework: Mathematics, reading, science and problem solving knowledge and skill [R]. Paris: OECD Publishing, 2004: 23–105.
- [9] OECD. PISA2012 assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy [R]. Paris: OECD Publishing, 2013: 23–58.
- [10] OECD. PISA2021 Mathematics Framework (Second Draft) [R]. Paris: OECD Publishing, 2018: 1–46.
- [11] 曹一鸣, 刘晓婷, 郭衍. 数学学科能力及其表现研究[J]. 教育学报, 2016, 12(4): 73–78.
- [12] 凯·斯泰西, 罗斯·特纳. 数学素养的测评——走进 PISA 测试[M]. 曹一鸣, 等译. 北京: 教育科学出版社, 2017: 47–55.
- [13] 靳昕, 蔡敏. 美国中小学“21世纪技能”计划及启示[J]. 外国教育研究, 2011(2): 50–54.
- [14] 彭正梅, 邓莉. 迈向教育改革的核心: 培养作为 21 世纪技能核心的批判性思维技能[J]. 教育发展研究, 2017(24): 57–63.
- [15] OECD. The future of education and skills: Education 2030 [R/OL]. (2018–04–05) [2018–12–26]. [http://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdf](http://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf).
- [16] LAMM A J, RHOADES E B, IRANI T A, et al. Utilizing natural cognitive tendencies to enhance agricultural education programs [J]. Journal of Agricultural Education, 2011, 52(2): 12–23.
- [17] FACIONE P, SANCHEZ C, FACIONE N, et al. The disposition toward critical thinking [J]. The Journal of General Education, 1995(44): 1–25.
- [18] 陈婷, 孙彬博, 张玲. 民族地区高中生批判性思维能力的跨文化研究[J]. 民族教育研究, 2017, 28(5): 37–43.
- [19] KAUFMAN J C, STERNBERG R J. The International handbook of creativity [M]. New York, NY, US: Cambridge University Press, 2006: 1–10.
- [20] SAWYER R K. Explaining creativity: The science of human innovation [M]. 2nd ed. New York, NY, US: Oxford University Press, 2012: 18–36.
- [21] MUMFORD M D, MEDEIROS K E, PARTLOW P J. Creative thinking: Processes, strategies, and knowledge [J]. The Journal of Creative Behavior, 2012, 46(1): 30–47.
- [22] The European Commission of Joint Research Centre. On creativity: Towards an understanding of creativity and its measurements [R]. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2008: 9–34.
- [23] HOLLAND B. Inquiry and the research process [EB/OL]. (2017–10–26) [2018–12–26]. <https://www.edutopia.org/article/inquiry-and-research-process>.
- [24] 郑毓信. 中国数学教育的“问题特色”[J]. 数学教育学报, 2018, 27(1): 1–7.
- [25] BIGGS J B. The role of meta learning in study processes [J]. Educational Psychology, 1985, 55(3): 185–212.
- [26] DRAKE K, BELSKY J, FEARON R M. From early attachment to engagement with learning in school: The role of self-regulation and persistence [J]. Developmental Psychology, 2014, 50(5): 1350–1361.
- [27] HUGHES H. Responses and influences: A model of online information use for learning [J]. Information Research, 2006, 12(1): 1–12.
- [28] KARI J. Diversity in the conceptions of information use [J/OL]. Proceedings of the seventh international conference on conceptions of library and information science, 2010, 15(3). <http://www.informationr.net/ir/15-3/colis7/colis709.html#hug06>.
- [29] ARNOLD R D, WADE J P. A definition of systems thinking: A systems approach [J]. Procedia Computer Science, 2015(44): 669–678.
- [30] 滕珺. 21 世纪人才的十大核心技能[J]. 中国教师, 2015(1): 69–71.

21st Century Skills in PISA2021 Mathematical Literacy Assessment Framework

SUN bin-bo¹, GUO Kan¹, SHAO Zhen-hong²

(1. School of Mathematical Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. Beijing Jingshan School, Beijing 100006, China)

Abstract: In 2021, the Programme for International Student Assessment (PISA) would focus on mathematical literacy as the main domain again, and Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) released a new version of the assessment framework in May 2019. One of the tremendous changes in the new framework was the disappearance of mathematical competencies and the first appearance of eight 21st century skills related to mathematics. With the methodology of content analysis, this paper chose the representative PISA mathematical literacy assessment frameworks since 2000, systematically recognized the evolution of mathematical competencies supporting mathematical literacy from three dimensions, including connotation, composition and assessment, understands the eight 21st century skills proposed in PISA2021 mathematical literacy assessment framework, and provides inspirations for the reform of mathematics curriculum in compulsory education aiming at developing students' mathematical core literacies and competencies.

Key words: 21st century skills; core mathematical competencies; mathematical literacies; assessment framework; PISA

[责任编辑: 周学智、陈汉君]