

基于 STEM 学习目标的高阶思维评价*



首新¹ 黄秀莉² 李健³ 胡卫平⁴[通讯作者]

- (1. 重庆师范大学 科技教育与传播研究中心, 重庆 401147;
2. 哥廷根大学 教育科学学院, 德国哥廷根 37073;
3. 重庆市北碚区教师进修学院, 重庆 400700;
4. 陕西师范大学 现代教学技术教育部重点实验室, 陕西西安 710062)

摘要: 培养高阶思维已成为 STEM 学习的重要目标, 而如何对其进行有效评价, 是当前 STEM 教育面临的重要问题。文章首先分析了发展高阶思维的 STEM 学习路径, 在此基础上拟合 Rasch 模型对基于 STEM 学习目标的高阶思维评价进行了设计。随后, 文章对正式测评结果进行了分析, 结果发现: 小学阶段学生基于 STEM 学习目标的高阶思维可分为四个进阶层级, 这为如何逐步培养跨学科高阶思维提供了依据; 高阶思维层级与年级交互作用不显著, 与性别交互作用显著, 高水平男生的高阶思维要显著低于高水平女生。最后, 文章提出了基于 STEM 学习目标的高阶思维提升策略, 以期促进学习目标的有效达成。

关键词: STEM 教育; 跨学科学习; 高阶思维; 评价

【中图分类号】G40-057 【文献标识码】A 【论文编号】1009—8097(2021)03—0020—08 【DOI】10.3969/j.issn.1009-8097.2021.03.003

为解决“对科技创新的迫切需求与 STEM 人才匮乏”之间的矛盾, 全球掀起了发展 STEM 教育的浪潮, STEM 教育从倡导跨学科教育理念演变成具有可操作性的教育项目, 由高等工程教育拓展至中小学教育, 由教育口号催生成教育行为。由此, “保持全球科技竞争力和培养创新型复合人才”成为各国 STEM 教育重要目标^[1]。但是, 此目标是从教育政策角度确立的, 并不能切实指导 STEM 学习实践。STEM 学习过程是将学习置于真实问题情境, 进行开放式探究, 激发学生从多学科视角解决问题, 着眼于创造性设计和产品创造, 进而获得统整的知识和能力的过程。在这一学习过程中, 学生基于数学、科学知识从不同视角、应用不同方法进行工程设计, 发展创造性思维, 对工程设计方案(计划)择优选择, 基于技术优化设计过程, 发展批判性思维。因此, 具有指导意义的学习目标是: 在 STEM 学习过程中激发学生高层次认知过程, 发展创造性思维、批判性思维等高阶思维。本研究着眼于 STEM 学习中的高层次认知, 从学习目标视角探索 STEM 学习中高阶思维评价方法, 以期实现发展高阶思维的学习目标。

一 发展高阶思维的 STEM 学习路径

教育学者普遍认为, 布鲁姆认知目标中的分析、综合、评价属于高阶思维, 若学生在学习过程中能进行分析、综合、评价、创造, 则认为表现出高阶思维。Resnick^[2]在对有关高阶思维的论述进行多层面的分析后指出, 若问题解决过程无既定路径而又复杂多变, 需要调整多个标准来适应其中的不确定性, 那么往往是高阶思维认知过程。据此, 可将问题解决中的高阶思维分为三类^[3]: 创造性思维、批判性思维和元认知。其中, 创造性思维过程体现在提出问题、作出预测、建议方案等问题产生方面; 批判性思维过程体现在验证、分析、得出结论等问题评价方面; 元认知则对整个过程中起着监控、调节的作用。本研究主要基于 STEM 跨学科内容设计试题, 评价从创造性思维到批判性思维的高层次认知过程。

STEM 教育是一种面向高阶思维的创新教育^[4]。从期望价值视角分析国内外有关 STEM 学

习过程和模式的论述,可以发现发展高阶思维的 STEM 学习路径主要包括:

①CDIO 理念下的 STEM 学习。CDIO 代表构思(Conceive)、设计(Design)、实现(Implement)和运作(Operate),是最新的工程教育理念。CDIO 的核心是设计,这与 STEM 教育理念不谋而合,STEM 学习过程融入 CDIO 工程教育思想,本质上期望以产品设计激发高层次认知过程,以概念精细、创造设计、模型建构、测试和优化、评价与反思等过程培养高阶思维。

②PBL 理念下的 STEM 学习。在 STEM 学习过程中,基于问题的学习(Problem-based Learning, PBL)被赋予了新的内涵,是培养高阶思维的基石。问题是 STEM 学习的逻辑起点,从问题解决视角让学生进行问题表征,即将问题转化为具有一定目的地认知过程,对问题的可行性、目标性进行分析,提高学生审辩、创新、问题解决等高阶思维能力。

③非正式学习中的 STEM 学习。非正式 STEM 一般指发生在社区、博物馆、科普中心、科技培训中心等的 STEM 活动,其重要特征是始终与新技术保持联系,变革单一的学习方式,积极回应学生的兴趣、经验和个体文化。有研究显示,创意 STEM 工作坊、科技馆 STEM 实践等非正式科学和工程项目对于激发学生 STEM 学科兴趣,提高创造性思维具有显著作用^[5]。非正式 STEM 学习所提供的更具个性和特色地学习过程,在培养高阶思维方面具有特殊的优势。

二 基于 STEM 学习目标的高阶思维评价设计

基于上述 STEM 学习路径,校内外开展了丰富而全面的 STEM 教育项目。那么,繁荣的 STEM 活动是否促进了 STEM 学习目标(如本研究所述“高阶思维”)的达成?为此,本研究拟探索如何设计跨学科试题评价 STEM 学习中的高阶思维:①根据对义务教育阶段科学、数学课程标准和教材的分析,设计能表征创造性思维到批判性思维认知过程的跨学科内容试题;②组合试题,初步形成测试工具;③实施第一次试测,拟合 Rasch 模型判别试题以及评分标准的质量,并进行修订;④实施第二次试测,评估试题修订效果,形成正式测评工具。

1 确定评价方法

(1) 选择评价模型

本研究采用部分赋值 Rasch 模型进行工具改进和正式评价,其数学表达式如公式(1)所示。其中, k 表示分数, D_{ik} 表示题目 i 在 k 分上的难度, P_{nik} 表示能力为 B_n 的被试在题目 i 中获得 k 分的概率。部分赋值模型多用于主观题或开放题的评定,而本研究所设计的试题多为开放题,评价模型能较好地提升工具的质量。一般认为,依据 Rasch 模型拟合度值、单维性表、题目难度—被试能力图、评分等级概率值等指标判定试题质量并进行完善,若绝大多数题目在可接受范围,说明测试工具信效度较好。

$$\ln\left(\frac{P_{nik}}{1-P_{nik}}\right) = B_n - D_{ik} \quad \text{公式(1)}$$

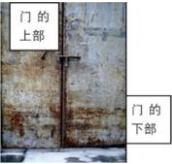
(2) 设计测试任务

依据科学探究要素、青少年科学创造力结构模型^[6],本研究从问题提出、方案设计、证据搜集、信息解释、物体应用、产品改进、反思评价等 7 个角度设计试题。

表 1 是以“信息解释”为例展示的样题。信息解释是将获取的核心信息与最优决策建立有效联结,并基于证据进行解释。根据这一过程,首先创设开放性试题情境,呈现中立信息。其次,利用问题激发高层次认知过程。第一问旨在让学生描述所有可能原因,考查创造性思维。

第二问旨在让学生对创造性思维结果进行有边界的批判，考查批判性思维（该题主要考察批判性思维中的“分析与预测”¹）。这样就达成了依据创造性思维获取核心信息，依据批判性思维进行基于证据解释的过程。之后，拟合 Rasch 模型修订试题水平、内容、评分标准等。建立怀特图发现，修订后的题目难度基本都有被试能力值与之对应，题目呈正态分布，这说明试题能有效反映高阶思维水平。

表 1 测试任务样题（“信息解释”视角）

要素	信息解释
情境	 <p>如图所示，这是某一建筑上的一道铁门。铁门上部生锈较少，中部有些的锈迹，下部则锈迹斑斑。</p>
问题	<p>①为什么这道铁门的下部比上部更容易生锈？请写出所有你认为可能的原因（考察创造性思维）。</p> <p>②你认为最可能是哪一个？请说明原因（考察批判性思维—分析与预测）。</p>

（3）设计评分标准

针对创造性思维，本研究从思维的流畅性、灵活性、独创性等方面建立评价指标。其中，流畅性是指思维发散的速度，主要根据问题①回答的（合理）个数进行评分；灵活性是指思维发散的广度，主要通过归纳学生回答的（合理）类别进行评分；而独创性是指对问题具有合乎逻辑却又与众不同的想法，主要通过答案占样本总体的比例进行评分。

参考 Watson 等^[7]、Halpern^[8]等的观点，本研究认为批判性思维的核心是推理、分析与预测、评价。推理主要是非形式推理，表现为审辩或论证；分析与预测包括对可能性、可行性的分析与预测；评价是对结果的判断和反思，也蕴含着监控、自我调节等过程。本研究每个试题一般只考查批判性思维三要素之一（如样题是考查“分析与预测”）。部分赋值 Rasch 模型可以针对每个题的等级评分进行参数估计，最终修订之后，每个试题的评分标准具有唯一性²。

2 形成测试工具

（1）单维性分析

为确保测评的是基于 STEM 学习的高阶思维而不含其它杂质，采用标准化残差图（Standardized Residual Contrast Plot）判别单维性。第二轮试测结果显示，标准残差的总解释率为 64.9%，除去所测潜在特质（本研究指高阶思维）外，其它潜在变量与题目的相关性绝大多数在-0.4~+0.4 区间，说明我们所测的是预设的潜在特质，即基于 STEM 学习目标的高阶思维。

（2）测试工具分析

从 STEM 学科内容出发，同时关注跨学科内容，形成了包含 39 个任务的 3 套测试工具。Rasch 模型分析显示测试工具内部一致性信度均大于 0.9（分别为 0.90、0.93、0.91），分离度均大于 2（分别为 3.30、3.75、3.20），说明区分效果较好。测试工具还包括 5 道链接题（2~4 年

¹ 试题从问题提出、方案设计、证据搜集、信息解释、物体应用、产品改进、反思评价等 7 个角度设计，侧重有所不同，因此一道试题一般只考查批判性思维一个要素。最终，一套测试卷中每个要素大致各占 1/3。

² 样题评分标准的可参见：<http://blog.sciencenet.cn/blog-3361920-1274614.html>。

级 2 题、4~6 年级 2 题、2~6 年级 1 题)。链接题可充当“锚”将不同测试卷连接起来,这样就可以进行跨年度的分析。采用“同时评估”分析链接题(如表 2 所示),绝大部分题的 MNSQ 值(0.7~1.3)、ZSTD 值(-2~+2)都在可接受范围。因此,拟合数据表明,链接题质量较好。

表 2 链接题质量分析(同时估计)

题目	估计值	标准误	INFIT 指数		OUTFIT 指数		点一测量相关
			MNSQ 值	ZSTD 值	MNSQ 值	ZSTD 值	
PR3 MI2	-1.24	0.17	1.18	2.6	1.24	2.6	-0.02
PR4 MI8	-0.26	0.23	1.12	1.9	1.15	1.7	0.12
MI7 HI6	1.52	0.15	1.06	0.6	1.08	0.8	0.21
PR9 HI15	0.54	0.09	1.01	0.1	1.06	0.5	0.52
MI6 HI3	0.65	0.17	1.02	0.3	1.05	0.5	0.22

注: PR-2 年级题, MI-4 年级题, HI-6 年级题, 如 PR3 MI2 表示 2 年级第 3 题和 4 年级第 2 题相同, 为链接题。

3 样本选择与实施

利用两轮试测修订试题, 完善评价工具, 然后进行正式测评。第一轮试测对象为某直辖市普通小学 2、4、6 年级(下同)130 名学生(男生 67 名, 女生 63 名)。第二轮试测对象为另一所普通小学(学生学业水平、学校所获荣誉等相当)122 名学生(男生 61 名, 女生 61 名)。最后, 选取市区、乡镇小学共 264 名学生进行正式测评, 如表 3 所示。

表 3 正式施测样本统计

	市区			乡镇			总计
	2 年级	4 年级	6 年级	2 年级	4 年级	6 年级	
男	21	24	24	20	21	22	132
女	21	25	21	22	23	20	132
总计	42	49	45	42	44	42	264

三轮测试评分由笔者和 1 名科学教育博士生组成。笔者首先对其进行培训, 然后从工具中随机抽取 6 道试题分别评分, 结果显示 Kappa 系数在 0.77~0.92 之间, 说明两人评分具有较高的一致性。与另一位评分者讨论获得一致意见后确定最终评分, 然后对余下题目进行评分。

三 基于 STEM 学习目标的高阶思维评价分析

根据正式测评结果, 一方面可以了解学生基于 STEM 学习目标的高阶思维状况, 另一方面还可探讨相关影响因素。另外, 利用 Rasch 模型还能寻找基于 STEM 学习目标的高阶思维层级进阶结构, 这为循序渐进发展 STEM 活动中的高阶思维提供了理论依据。

1 基于 STEM 学习目标的高阶思维状况

正式测评中, 学生的平均 Rasch 值-0.27, 最大值 1.86, 最小值-3.09。利用链接题已将三套试题建立在同一量尺上, 可进行跨年度的比较。设置平均难度值为 50, 1 个 logit 单位为 4.55, 原始分与转换后 Rasch 值(0~100)之间对应关系, 如图 1 所示。如某 2 年级学生 A、4 年级学生 B、6 年级学生 C 的原始得分分别为 7 分、11 分、9 分, 虽然 B 的原始得分最高, 但其对应的 Rasch 值并非最高。可以预测, 2 年级学生 A 的高阶思维要好于 4 年级学生 B ($45.72 > 45.52$)。

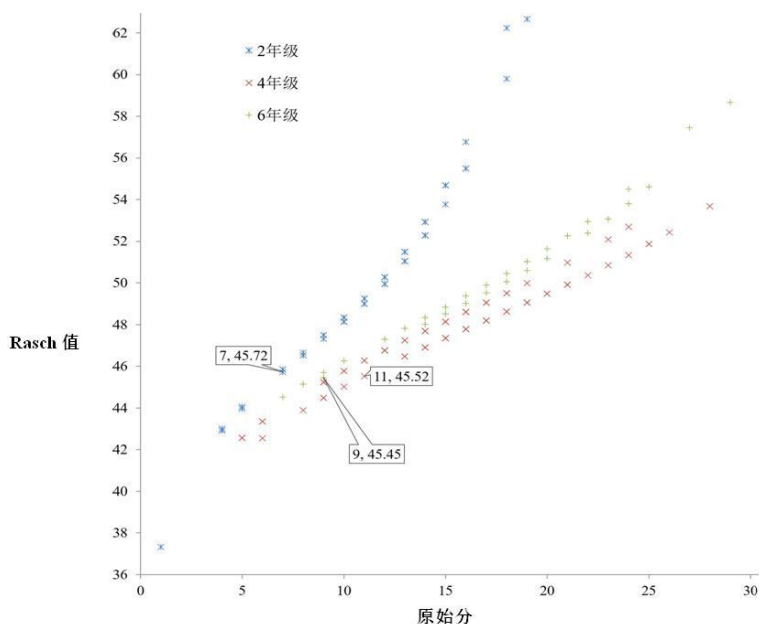


图1 测验原始分与 Rasch 分值的对应关系

2 基于 STEM 学习目标的高阶思维层级进阶结构

试题的 Rasch 值分布可反映高阶思维水平，其具体分布如图 2 所示。从试题群集分布可以发现，数值上可将其划分为 4 个由低到高的区域，从而代表基于 STEM 学习目标的高阶思维四个层级水平。通过深入分析学生在各个水平上的答题情况，可以描述其高阶思维表现，进而构建出基于 STEM 学习目标的高阶思维层级结构。

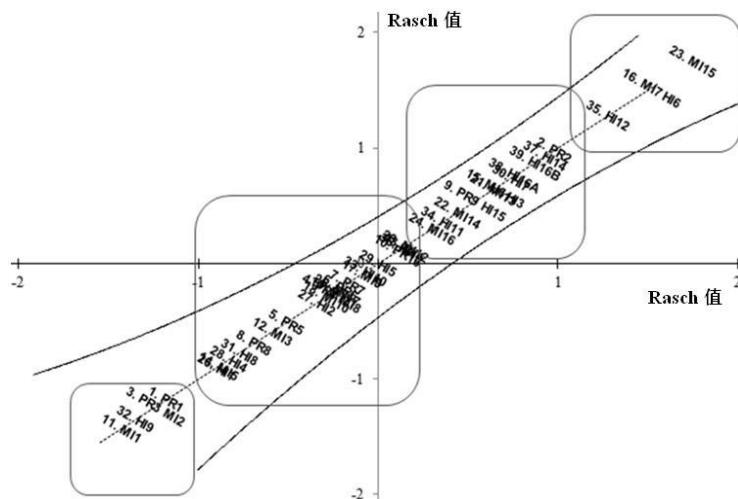


图2 试题的 Rasch 值分布

处于水平 1 的学生倾向于采用孤立的观点看待具体现象和事物，因而新想法受限，其设计经不起精细的逻辑推理，能基于理解运用知识和概念，但跨学科迁移程度不高。他们正在尝试基于具体现象和事物进行归纳、解释，但是总是臆断，急需提高证据的合理性和权威性。

处于水平 2 的学生能基于经验建立具体现象和事物之间的联系,进行初步判断与推理,建立学科之间的联系,从而酝酿出新想法,但是推理过程仍缺乏逻辑或关键证据。他们正在尝试用不同方法进行优化设计,但涉及的跨学科知识、关键证据等仍然不足以实施新的计划。

处于水平 3 的学生的思维过程逐渐从具体走向抽象,能从条件、过程、原因等角度建立联系,进而提出新的想法、设计等,但分析、反省、监控等过程还有待加强。他们正在尝试利用证据或听取他人建议完善新想法或设计,并从实施过程中进行分析与预测,但由于仍不能有效整合多学科知识理解事件的相互影响机制,因而较易出现循环解释或论证。

处于水平 4 的学生能从结构、功能、变化及相互关系等角度建立事物之间的影响机制,进而拓展新想法。他们能够从跨学科视角解释科学、技术问题,进而设计方案开展科学实践。但由于想象思维较为活跃,可能导致独创性不足、预测缺乏可信度。

基于上述层级结构可知,水平 1 是高阶思维低水平,水平 2 是中水平,水平 3 和水平 4 的学生已具备相对较好的高阶思维,处于高水平。分析发现,与 2、4 年级学生相比,6 年级学生的高阶思维有了明显变化,低水平学生较少,而高水平学生增加。层级水平之间多重比较发现,两两水平间有显著差异 ($p < 0.01$),这充分反映出我们利用 Rasch 模型划分的高阶思维层级结构不存在交叉,层级之间的隔断效果明显,能有效甄别学生基于 STEM 学习目标的高阶思维。

3 基于 STEM 学习目标的高阶思维层级水平的年级差异

本研究采用 3 (年级: 2、4、6) \times 3 (水平: 低、中、高) 组间设计比较不同年级基于 STEM 学习目标的高阶思维,结果如表 4 所示,可以发现: 年级主效应显著,但是其效应值 $\eta_p^2 = 0.035$,说明年级差异仅能解释高阶思维 3.5% 的变异,反映出年级对其影响不大。年级与水平的交互作用不显著,2 年级学生高阶思维略高于 4 年级,无显著差异 ($p = 0.646$),但 4 年级显著低于 6 年级。有研究显示,低年级学生创造性思维以自发创造为主,在 3 年级达到较高水平,随后有所下降,向理性创造发展^[9]。低年级学生的自发创造其实是创造性想象的表现,暗示思维带有主观想象,而到了 6 年级,自发创造逐步过渡到理性创造,推理、判断的过程过滤了不合理的创造性想象,批判性思维逐步处于重要地位。

表 4 基于 STEM 学习目标的高阶思维层级水平的年级差异

方差来源	平均偏差平方和	F 值	Sig.	η_p^2	Pe	R ²	Adjusted R ²
年级	0.477	4.429	0.013	0.035	0.758	0.764	0.756
水平	27.373	254.034	<0.01	0.676	1.000		
年级 \times 水平	0.220	2.037	0.090	0.032	0.604		

4 基于 STEM 学习目标的高阶思维层级水平的性别差异

总体而言,男生得分均值低于女生 ($-0.346 < -0.189$)。通过一元方差分析,本研究得到基于 STEM 学习目标的高阶思维层级水平的性别差异,如表 5 所示。表 5 显示,性别与高阶思维水平的交互作用显著,说明男女生变化不一致。在“水平”条件下,高水平男生的高阶思维要显著低于高水平女生。这是由于学龄期女生智力发育要早于男生,但随着男生智力发育成熟,其高阶思维增长迅速,如王福兴等^[10]的研究显示小学高年级男生的发散思维等要高于女生。进一步截取本研究 6 年级高水平学生数据,也发现男生的高阶思维高于女生 ($0.527 > 0.335$),与上所述结果基本一致。在“性别”条件下,不同水平中男生、女生的高阶思维差异均显著,说明高阶思维水平高其测验得分也高,这也佐证了本研究对高阶思维层级水平建构结果的合理性。

表 5 基于 STEM 学习目标的高阶思维层级水平的性别差异

方差来源	平均偏差平方和	F 值	Sig.	η_p^2	Pe	R ²	Adjusted R ²
性别	0.366	3.469	0.064	0.014	0.458	0.766	0.761
水平	38.972	368.962	<0.01	0.750	1.000		
性别×水平	0.691	6.545	0.002	0.051	0.906		

四 基于 STEM 学习目标的高阶思维提升策略

通过据实设计和修订试题, 试题质量和测试工具信效度均有所提高。因此, 本研究正式测评结果为 STEM 学习中如何发展学生的高阶思维提供了逻辑依据。

1 设计 STEM 跨学科课程促进学生思维向更高层级发展

研究结果显示, 基于 STEM 学习目标的高阶思维包括 4 个进阶层级, 这为设计 STEM 跨学科内容提供了参考。从水平 1 到水平 4, 思维的流畅性、独创性等逐渐由具象过渡到抽象, 思维想象由注重新颖发展到关注评价整个思维过程。这提醒教师在选择跨学科内容时, 要注意内容的思维性, 并体现思维的进阶过程, 即内容之间的联结和转移能激发学生高层次认知过程, 从而增强内容的进阶度、思维的层次性, 使学生在进行跨学科学习时不因内容难度而放弃积极思维。另外, 从高阶思维过程与跨学科内容之间的微观关系来看, 还要以跨学科内容为出发点, 从不同角度、深度、范围来拓展科学内容与其它学科的联系, 如果内容的设计能让学生产生多个观点或主张, 并能进行基于证据的评价, 那就为发展高阶思维提供了可能。

2 协同发展学生创造性想象与基于证据评价的思维

研究结果显示, 低年级流畅性得分较高, 创造性思维以自发想象为主, 高年级灵活性、独创性得分增加, 批判性思维逐步占有重要地位, 主要表现为能进行基于证据的评价, 筛选出不合理的想象。这提醒教师, 在关注创造性想象的同时, 让学生进行基于证据的评价也同等重要。教师要鼓励学生进行发散性的思考, 能从不同角度、运用多种方法、采取多样化的措施认识、分析问题, 进而适当地修改、完善问题, 凸显发散性思维在问题提出中的作用; 同时, 也要引导学生基于不同观点、不同知识背景建立可行性方案, 考虑各种因素或制约条件择其最优的一个逐步进行完善, 发展批判性思维。

3 制定有效的 STEM 学习目标循序渐进地发展高阶思维

研究结果显示, 小学中段学生高阶思维有所回落, 这与自发创造思维逐渐向理性思维、批判性思维过渡有关, 易形成表达观点的迫切需求同思维的批判性匮乏之间的矛盾。这提醒教师在制定 STEM 学习目标时, 要因时制宜、多方循证, 如面对不同时间跨度的学习进阶结果, 要基于教学内容仔细分析, 避免机械地照搬相关结论。教师在制定目标时要结合内容树立可达成的高层次认知目标, 促进学生思维朝着多样化方向发展, 关注创造想象和理性评价、形象思维与抽象思维、发散思维与聚合思维的阶段性和互补性, 注重让学生经历创造性思维到批判性思维的变化过程。另外, STEM 活动目标要避免只注重自发创造或学科知识建构的倾向, 要注意关注基于证据的推理能力, 以逐步让学生基于 STEM 学科知识进行创造性的分析、预测和评价。

参考文献

[1]Swaby K, Ernst J V. STEM education fiscal year 2015: An analysis of educational investments and expectations[J].

Journal of STEM Teacher Education, 2016,(1):17-31.

[2]Resnick L B. Education and learning to think[M]. Washington, DC: National Academy Press, 1987:8.

[3]江芳盛.批判思考教学研究的必要性[J].高雄文教,1990,(5):34-35.

[4]祝智庭,雷云鹤.STEM教育的国策分析与实践模式[J].电化教育研究,2018,(1):75-85.

[5]Barroso L R, Nite S B, Morgan J R, et al. Using the engineering design process as the structure for project-based learning[A]. 2016 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)[C]. Princeton, NJ, USA, 2016:249-256.

[6]Hu W, Adey P. A scientific creativity test for secondary school students[J]. International Journal of Science Education, 2002,(4):389-403.

[7]Watson G, Glaser E. Watson-glaser critical thinking appraisal[M]. London: Pearson Assessment, 2002:7-29.

[8]Anastasi J. The Halpern critical thinking assessment: A valid assessment of critical thinking?[J]. Inquiry: Critical Thinking Across the Disciplines, 2013,(3):13-17.

[9]刘国雄,施建农.乡镇中小學生创造性思维的发展与教育[J].中国特殊教育,2004,(2):76-79.

[10]王福兴,沃建中,林崇德.言语、图形任务条件下青少年发散性思维的差异研究[J].心理科学,2009,(1):29-33.

The Evaluation of Higher-order Thinking Based on STEM Learning Objectives

SHOU Xin¹ HUANG Xiu-Li² LI Jian³ HU Wei-ping⁴(Corresponding Author)

(1. Science Education and Communication Research Center, Chongqing Normal University, Chongqing, China 401147;

2. Institute for Educational Science, University of Göttingen, Göttingen, Germany 37073;

3. Chongqing Beibei Teachers' Training College, Chongqing, China 400700;

4. Key Laboratory of Modern Teaching Technology, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi, China 710062)

Abstract: Cultivating higher-order thinking (HOT) has become an important goal of STEM learning, and how to effectively evaluate HOT is an important issue faced by current STEM education. This paper firstly analyzed the learning path of STEM for the development of HOT, and on this basis designed the evaluation of HOT based on STEM learning objectives by fitting Rasch model. Subsequently, this paper analyzed the formal assessment results and found that students' HOT based on STEM learning objectives in the primary school stage could be divided into four levels, and this could provide a basis for how to gradually cultivate interdisciplinary higher-order thinking. Meanwhile, the interaction between high-order thinking level and grade was not significant, and the interaction with gender was significant. In addition, the HOT of high-level boys was significantly lower than that of high-level girls. Finally, some strategies for improving HOT based on STEM learning objectives were proposed, in expectation of promoting the effective achievement of learning objectives.

Keywords: STEM education; interdisciplinary learning; higher-order thinking; evaluation

*基金项目: 本文为国家教育考试科研规划课题“大规模计算机交互式科学创新能力测评研究”(项目编号: GJK2019033)、重庆市教育科学“十三五”规划重点课题“核心素养导向的中小学STEM活动评价研究”(项目编号: 2019-GX-103)、重庆师范大学博士启动基金(项目编号: 19XWB006)的阶段性研究成果。

作者简介: 首新, 讲师, 博士, 研究方向为科学教学心理、STEM教学, 邮箱为 346532216@qq.com。

收稿日期: 2020年5月29日

编辑: 小新

27