

人工智能时代需要关注的新素养：计算思维

王罗那¹，王建磐²

(1. 湖州师范学院理学院，浙江湖州 313000; 2. 华东师范大学数学科学学院，上海 200241)

〔摘要〕计算思维作为智能时代的产物不仅影响计算机科学的转型，也正逐步渗透到教育的方方面面。计算思维经历了萌芽、探索、发展三个阶段，通过对近十年国内外关于计算思维研究的梳理，借助 CiteSpace 软件进行聚类分析，结合内容分析等方法，发现计算思维的研究热点聚焦在理论研究、教学应用和教育评估三大维度，重心随发展阶段不断演变并且深化。结合国内外的经验，讨论了计算思维在内容设置、实施策略以及评价等方面对中小学教育的意义。对未来研究提出四点可能的发展方向：明晰计算思维的目标定位，聚焦问题解决；完善计算思维的内容组织，关注跨学科整合；明确计算思维的实施路径，培养创新型教师；厘清计算思维的评价导向，关注外显型测评。

〔关键词〕计算思维；中小学教育；核心素养

中图分类号：G511 文献标识码：A 文章编号：1003-7667(2021)03-0024-07

21 世纪以来，人工智能、智能机器学习、基于 AR/VR 的学习等研究领域得到发展，计算思维的研究不仅与计算机教育密切相关，而且也越来越受到各学科教育学者的广泛关注。何为计算思维？它经历了怎样的发展，现在以及未来的研究重点是什么？对现代社会和教育有何意义？中小学教育如何进行计算思维的培养？上述问题值得探索和反思。

一、计算思维的概念与发展

（一）计算思维的概念

2006 年，美国卡内基·梅隆大学教授周以真（Jeannette M. Wing）首次在美国计算机协会通讯杂志（Communications of the ACM）上正式提出计算思维的概念，并将其定义为：利用计算机科学的基本概念进行问题求解、系统设计并且理解人类行为的思维活动。^[1]哥伦比亚大学教授阿尔弗雷德（Alfred V. Aho）认为，计算思

维是解决问题所涉及的思维过程，它的解决方案可以表示为计算步骤和算法，这个过程中最重要的是找到适当的计算模型从而表达问题并输出解决方案。^[2]随着对计算思维的研究进一步深入，周以真后将计算思维的定义更新为：“一种解决问题及其解决方案所涉及的思想过程，这类过程便于将问题与解决方案用一种可由信息处理代理有效执行的形式来表示。”^[3]

我国《普通高中信息技术课程标准》（2017 年版 2020 年修订）中指出：“计算思维是指个体运用计算机科学领域的思想方法，在形成问题解决方案的过程中产生的一系列思维活动。具备计算思维的学生，在信息活动中能够采用计算机可以处理的方式界定问题、抽象特征、建立结构模型、合理组织数据；通过判断、分析与综合各种信息资源，运用合理的算法形成解决问题的方案；总结利用计算机解决问题的过程与方法，并迁移到与之相关的其他问题解决中。”^[4]

作者简介：王罗那，女，湖州师范学院理学院讲师，教育学博士；

王建磐，男，华东师范大学数学科学学院教授，博士生导师。

可见,国内外研究者对计算思维的概念认识视角大致可分为三大类:计算机科学视角,强调工具性和专业技能;思维过程视角,强调程序化的思维过程;问题解决视角,强调计算思维的综合性 and 功能性。

(二) 计算思维的发展过程

国内外众学者理解计算思维的角度不尽相同,总体来看近十年来计算思维的内涵不断丰富、扩充,计算思维的发展经历了三个阶段。

1. 萌芽阶段

虽然计算思维一直是人类思维的重要组成部分,但对计算思维的研究在2011年以前进展迟缓,相关研究在此阶段刚刚开始“萌芽”。通过对计算思维的文献发布量的统计发现,在2010年以前(包括2010年),国内外计算思维的研究发表主要集中于科技类期刊,涉及主题包括计算机科学领域的计算思维的定位、意义等初级探讨,研究并不深入。周以真教授发表的《计算思维》一文可以被认为是21世纪以来围绕这一概念展开的若干讨论的起点。在我国,2010年发布的《九校联盟(C9)计算机基础教学发展战略联合声明》,确定了下一步的计算机基础课程教学改革要以计算思维为核心^[5],引起了计算机科学、教育科学等领域专家的重视,关于计算思维的研究由此蔓延开来。2011年,美国国家科学基金会计算机与信息科学工程理事会委托美国国家科学研究委员会连续组织了两次全国范围内的工作坊,分别对计算思维所涉及的范围和性质,以及教学方面的因素展开了充分的研讨,形成了具有重要指导意义的报告。^[6]美国国际教育技术协会与计算机科学教师协会也于2011年联合提出了计算思维的操作性定义,这都为计算思维在教育领域研究的开展奠定了基石。

2. 探索阶段

2011年后,计算思维的相关研究进入探索阶段。2012年,计算思维有了一个简洁的阐释,“识别我们周围世界中有哪些方面具有可计算性,运用计算机科学领域的工具和技术来理解和解释自然系统、人工系统进程的过程”^[7]。这一阐释归纳了计算思维的本质,给广大研究者

提供了新的研究思路。澳大利亚于2012年将数字素养明确地归入中小学学生基本能力要求,新加坡于2014年倡导的“编码@新加坡政府”(CODE@SG)项目中亦提出,将计算思维发展为一项全民能力。在我国,2012年,教育部高教司设立了以计算思维为切入点的“大学计算机课程改革项目”;2013年,教育部高校大学计算机课程教学指导委员会于第二届“计算思维与大学计算机课程教学改革研讨会”上发布大力推进以计算思维为切入点的《计算机教学改革宣言》。之后MOOC、翻转课堂、创客等概念纷纷引入国内,在一定程度上也促进了计算思维的研究发展。据统计,2012年,我国相关文献数量迅速增加,2012-2015年,文献数量逐年递增,在2015年达到一个小高峰。

3. 发展阶段

我国《普通高中信息技术课程标准》(2017年版)中明确了计算思维是学科的核心素养之一。对国内发表的文献内容分析发现,2017年,理论研究的数量不断增多,除了对计算思维内涵概念、功能特征的分析外,还有研究者从不同视角对计算思维的能力培养、基础、核心素养等进行讨论。理论和实践的研究相辅相成,不难看出,我国学者对计算思维的研究逐层深入,在扎实的理论指导下不断地促进实践研究的创新和落地。2018年,美国国际教育技术协会发布了《计算思维能力标准(教育者)》(Computational Thinking Competencies Standards for Educators,后简称《能力标准》),这是国际上首个以计算思维命名的标准文本,对指引人工智能时代的计算思维教学具有里程碑意义。

二、计算思维教育研究的热点聚焦与重心演变

通过关键词共现分析,可以了解该关键词所代表的学科和主题的结构变化,窥见其科研脉络与演化轨迹,识别出与之相关的理论与前沿热点。为了解当前我国计算思维的研究核心领域,以及近十年计算思维的研究重心在不同时间阶段的演变过程与发展,本研究选择中国

知网 (CNKI) 为检索源, 以“计算思维”为主题词对 2010-2019 年的期刊文献进行检索, 文献分类选择社会科学 辑和信息科技, 剔除低相关度的文献, 最终获得文献 4129 篇。采用 Citespace5.1.R-8.SE 对相关文献的关键词进行聚类分析, 抓取源为篇名、摘要、关键词, 节点类型为关键词, 运行软件生成共现热词图谱。对生成的期刊热点进行整理, 得到近十年“计算思维”科研热词。由于本研究的文献是以“计算思维”为主题词进行搜索, 故其出现频率最高, 教学改革、信息技术、程序设计、核心素养、大学计算机基础和教学模式等分别为出现频次较高的热点关键词。由此可推测, 计算思维的提出和发

展, 引发了教育和教学的变革, 一定程度上促进了核心素养的发展。结合对文献的阅读梳理, 发现近十年来计算思维教育研究的核心领域与热点问题, 聚焦在理论研究、教学应用和教育评估三大维度。理论研究涉及内涵概念的研究和功能特征的研究; 教学应用的研究又可具体分为教学内容 (包括中学信息技术和大学计算机基础) 和教学模式的研究; 教育评估包括计算思维评价工具和评价体系的研究等。

对 2010-2019 年计算思维相关研究的期刊热点按年份进行整理, 得到每两年的研究热点 (呈现前 10 个热点词) 如表 1 所示, 其中与上两年相比, 新增的热点词前用“▲”标出。

表 1 2010-2019 年“计算思维”相关研究热点

2010-2011	2012-2013	2014-2015	2016-2017	2018-2019
计算思维	计算思维	计算思维	计算思维	计算思维
程序设计	教学改革	信息技术	信息技术	核心素养
算法	▲信息技术	教学改革	高中信息技术	信息技术
大学计算机	算法	▲高中信息技术	▲核心素养	教学改革
教学模式	程序设计	程序设计	教学改革	高中信息技术
大学计算机基础	教学模式	▲小学数学	程序设计	Scratch
解析	▲培养	教学模式	小学数学	▲人工智能
计算机科学	大学计算机	大学计算机	▲MOOC	▲教学策略
课程改革	课程改革	培养	▲Scratch	程序设计
教学改革	计算机科学	▲能力培养	教学模式	小学数学

在不同的发展阶段, 研究重心逐渐发生变化。教学自始至终都是该领域核心的研究主题。在计算思维研究的萌芽期, “程序设计”与“算法”是主要研究主题, 研究者们就事论事地研究计算思维本身, 重点倾向于探讨计算思维的程序及其算法。在探索期, 研究主题逐步转向为课程与教学改革服务。在发展期, 研究又进行了进一步的深化, “核心素养”“能力培养”等词成为共现热词, 说明研究者不仅关注了课程与教学的改革, 还转向对于学生关键能力及其核心素养的养成。随着 5G 新智能时代的来临, “MOOC”“Scratch”“人工智能”等也成为该领域新增的研究热点。计算思维的研究始终与程序设计和信息技术结合紧密, 教学改革也是与

其息息相关的热点, 计算思维的教学经历知识传递、工具操作到思维培养的过程。随着近年来对核心素养的重视, 越来越多的研究者开始挖掘计算思维与核心素养的内在联系。随着时间的推移, 总体来看计算思维的研究越来越系统、越深化。

三、计算思维对中小学教育的意义

(一) 如何将计算思维转变为具体的中小学课程内容

当前我国计算思维的教学内容研究普遍集中在高等教育领域, 面向“大学计算机”等计算机学科专业课程, 这与《九校联盟 (C9) 计算机基础教学发展战略联合声明》中明晰了培养大

学生计算思维是计算机基础教学的核心任务和目标有重要关系。美国计算机科学技术教师协会认为,计算思维教育应当存在于每个学校的每堂课程教学中。

在中小学的课程中,怎样将计算思维由理论向实践过渡呢?在英国,保罗·柯松(Paul Curzon)等人^[8]首先通过梳理、精炼,定

义出计算思维的几个核心概念——算法思维(Algorithmic Thinking)、评价(Evaluation)、分解(Decomposition)、抽象(Abstraction)和概况(Generalisation),然后与具体的教学行为进行映射(对应),转化为可操作性的方法和可评估的表现。计算思维核心概念与课堂行为举例的映射见表2。

表2 计算思维核心概念对应的课堂行为

计算思维核心概念	课堂行为举例
算法思维	编写一组指令以达到预期效果;对一组指令进行分组和命名,让这些指令执行定义明确的任务;重复组成指令的组(循环/迭代)以达到理想的效果;编写使用算术和逻辑运算达到预期效果的指令;创建提供最佳解决方案的算法;创建现实世界过程的算法描述。
评价	评估算法是否适合目标;评估算法是否做正确的事(功能正确性);比较执行相同操作的算法的性能;在矛盾的需求之间进行权衡;评估解决方案是否符合规范(标准);判断算法解决方案何时足够好(即使它不是完美的)。
分解	将对象(无论是问题、过程、解决方案或系统)分解为组成部分,以使其更易于使用;将问题分解为可以以相同方式解决的问题,使问题更简单(递归,分和征服策略)。
抽象	通过删除不必要的细节来降低复杂性;选择一种表示对象的方式,以便以有用的方式对其进行操纵;隐藏数据的复杂性,例如通过使用数据结构;识别抽象之间的关系;在开发解决方案时过滤信息。
概况	识别问题、流程、解决方案或数据中的模式和共性;调整解决方案或解决方案的一部分,以便将它们应用于一类类似的问题;将想法和解决方案从一个问题领域转移到另一个问题领域。

在课堂活动的各个阶段和环节都可以找到计算思维核心概念的行为示例,学习的内容决定了活动的相关性和挑战性。值得注意的是,计算思维不是计算机的思维,计算思维在中小学课堂中不是仅在“计算”主题的内容才有体现。计算思维的内在价值是数据抽象、模型建设、自动化实现和解决问题,是一种兼具数学思维、工程思维、科学思维和跨学科性的思维。它是能够将数学科学与工程思维互补融合的、动态的和综合性的思维,对解决问题的能力提升具有重要价值,将融入不同学科、场景乃至生活各方面。

(二) 计算思维在中小学教育中的实施策略有何变化

教学内容的重构与革新势必引发对传统教学模式的反思,带来教学模式的变革。教学模式是计算思维研究的重要主题,研究者的角度与视野各不相同。郁晓华等人采用了基于可视化编程软件App Inventor的教学模式,配合学案,发现该模式对学生的计算概念、形式化、模型

化方面有较明显的提升效果^[9];庄小云用微课培养高中生的计算思维^[10]。牟琴等人结合网络学习的特点构建了计算思维的网络自主学习模式、任务驱动教学模式、探究教学模式,应用实例分别论证以上三种模式的有效性,最后发现以上三种模式能提高学习效率,比传统教学更有助于提升学生的计算思维^[11]。

通过上述研究发现,我国研究者主要是通过使用现代教育技术手段,让学生在运用工具的过程中自主体会计算思维或将计算思维融入具体的教学过程和情境中,来培养学生的计算思维能力。在中小学课堂中,实证研究验证的有效教学策略主要包括两类,一类是基于“微课”或Code Monster、App Inventor、Alice、Scratch等可视化编程软件构建信息技术支持下的该软件的专属教学模式,这对教师的教学论基础和素养有较高的要求;另一类是结合不同的教学主题特征,选择已有的合适的教学模式,例如面向计算思维的探究教学模式、WPBL教学

模式、多元混合教学模式等教学模式新思路。

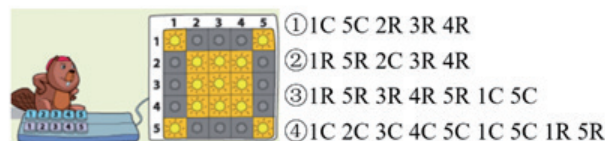
(三) 怎样评价中小学教育中的计算思维

评价是验证教学效果的重要依据,也是完整的教学流程中不可或缺的一链。关于计算思维的评价研究主要集中在评价工具和评价体系方面。目前我国计算思维的评价研究较少,主要是教育活动中的计算思维的评价研究。有学者基于麻省理工学院的相关研究^[12],开发了面向教师工作坊的Scratch创意课程,设计了作品档案袋分析(Project Portfolio Analysis)、基于编程制品的访谈法(Artifact-based Interviews)、情景设计法(Design Scenarios)三种计算思维评价方法,并归纳了这三种方法的优缺点及不同侧重点。张兆芹等人总结了学生必须具备的问题约简能力、抽象推理能力、规律发现能力、问题优化能力、方案评价能力、并行处理能力和系统保护意识七个方面的计算思维能力要求。^[13]

国外关于计算思维的评价研究相对更为丰富和成熟。除了目前中小学阶段普遍接受和使用的评估方式——标准化的纸笔测验或问卷形式(González^[14]),还包括线上测试平台、精灵评价工具(Fairy Assessment)以及测量量表(CTS^[15])等方面。国际计算思维挑战赛(Bebras ICICT)是典型的以在线形式进行评价的计算思维大型测评平台。平台按挑战者的年龄层次细分为5-8岁(Pre-Primary Task)、8-10岁(Primary Task)、11-12岁(Benjamins Task)、13-14岁(Cadets Task)、15-16岁(Juniors Task)和17-18岁(Seniors Task)六个不同层级的任务,参赛者有45分钟左右的时间来解决18项复杂程度不同的任务。国外也有不少中小学教师利用学校的移动设备将Bebras挑战融入他们的日常教学中。Bebras平台旨在开发能在计算机上解决(无需纸笔或其他软件)的、能通过浅显易懂的方式呈现的创新而有趣的考察计算思维能力的题目。例如以下小学组中等难度的测试题:

海狸通过特殊的键盘来控制台灯,操作一个指令,他可以更改相应列或行中(C代表列,R代表行)所有灯的状态:灯亮——熄灭,灯不亮——点亮(例如,指令1C点亮第一列的所有

灯,若重复相同的指令(1C),则第一列的所有灯都将熄灭)。海狸编写了4个程序:



操作以上选项中的两个程序,会得到如图所示的结果,是哪两个?

图1 小学组(8-10岁)测试题:编程灯

此题涉及的计算思维的关键是二进制,二进制表示法在信息学中非常常用,在计算机上如何存储各种信息方面起着核心作用。用学生常见的灯的开关两种状态模拟二进制逻辑,让学生利用已有知识完成挑战性任务,从而评价其计算思维水平。

计算思维的评价体系方面,任友群等人结合计算思维能力培养特点建议从“原理解”和“项目实践”两方面构建中小学计算思维评价体系^[16],保罗等人则建议从教什么、做什么和怎么做三方面对中小学生对计算思维的程度进行评价,还通过对计算思维核心概念进行剖析,对应具体的行为指标,系统地设计了培养框架和评估框架^[17]。这些为计算思维在中小学教育中的评价体系构建、更具体地观察学生计算思维能力的发展、更细致地评价学生的理解程度提供了思路。总体而言,依据学生在课堂活动中如何表现计算思维建立整体性的评估体系,在时间允许的情况下,用成果(作品)的方式记录,对学生的计算思维进行过程性的评价是有必要且有重要意义的。

四、计算思维的未来展望

(一) 明晰计算思维的目标定位,聚焦问题解决

计算思维的本质是抽象,计算思维中的抽象完全超越物理的时空观,数字抽象只是其中的一类特例。随着我国基础教育的育人目标与理念向核心素养的层次聚焦,计算思维的培养目标不应仅着眼于抽象、逻辑、算法等计算机知识与基本原理,在此基础上更要关注运用计算机语言进行自我表达与应用信息通信技术

进行思维发散。英国计算（Computing）课程的目标就是要让学生同时掌握计算机科学、信息技术、数字素养，成为兼具技术力、责任感和创造力的信息通信技术使用者。除此之外，问题解决是众多研究中公认的计算思维的本质特征，学生的问题解决过程，是其通过内在的思维变化来逐步建立问题解决路径，进而形成系统解决方案的过程。计算思维需要帮助学习者有意识地从计算思维的角度思考问题，学会主动用技术帮助解决问题。目前的研究已聚焦到培养计算思维解决现实生活中的问题，但是对开放性问题的关注度不高，对计算思维的培养还需从单纯的技术使用到技术的再创造进一步拓展。综观近十年的研究文献，多数为微观层面的探索性文献，缺乏深度，而探讨计算思维本质与形成过程的解释性文献数量较少，宏观的理论研究应进一步深化，这样才能使计算思维的实践与应用的研究有理可依、有据可循。

（二）完善计算思维的内容组织，关注跨学科整合

计算思维不是计算机科学家特有的思维，计算思维也不再只和计算机有关，这就需要进一步丰富和完善计算思维研究的内容组织。目前的研究多聚焦于教学模式的创新与应用，占有研究文献的近七成，其他如计算思维的形成机制、师资队伍建设、计算思维的可视化工具开发、计算思维的课程开发、计算思维的评价等环节也应该是研究的重要内容。

美国国际教育技术协会颁布的《能力标准》中除了关注学科融合以外，对跨学科的课堂实践也进行了重点讨论，提出了整合计算思维的跨学科课堂教学实践。英国爱丁堡大学和曼彻斯特大学等高度重视学科之间的融合，提出了人工智能与计算思维的交叉学科课程，帮助学生养成适应人工智能时代的计算思维。^[18]作为当今数字公民的必备素养，计算思维是国际计算机领域重点关注的概念，但在其他教育领域也应引起足够重视，可以通过推进STEM课程等，促进计算思维在学科间的融合。计算思维中所需要的多种能力与数学学科是融会贯通

的，比如抽象聚焦、算法、逻辑完备性、模式识别等，并不是编程人员独有的，而是一种高效解决问题的思维方式，需引起数学教育研究人员的重视。邦迪（Bundy）认为，计算思维几乎影响所有学科的研究，往后的研究应该更加多样化，眼光与视角还可覆盖至人文社会领域、基础教育领域，甚至学前教育领域，使计算思维的研究形成贯通完整的系统。^[19]

（三）明确计算思维的实施路径，培养创新型教师

在我国，计算思维教学的广泛开展是在2012年之后，因此教学实施时间不长，并且首先在高等教育领域展开，在基础教育领域仍处于启动阶段。计算思维的实施路径应根据不同学段的不同学情分别引入，如在小学与初中阶段可在通用技术与艺体类课中穿插计算思维内容来融合，高中阶段可在计算机课程或数学建模课程中按不同单元有梯度地分层次引入，而大学阶段则可以采取开放型问题的研究或数学教育讲座类活动来引导学生深入探究。

在人工智能推动“未来智慧国家”的新浪潮之下，教师的数字素养亦不可忽视。创新型教师是学生计算思维潜能挖掘与转化的催化剂，具有良好计算思维素养的教师可以借助计算思维资源和工具来解释学习者的学习过程，采用多样化的教学方法帮助学生强化算法思维、对计算思维概念及实践形成合乎年龄的理解。如果教师本身对计算思维的认知不足或有偏差，对学生计算思维的发展可能产生很大的阻碍。全球学习检测联盟（GAML）等机构联合推出包含人工智能、计算思维等在内的数字素养框架。^[20]教师应具有终身学习的理念，从以往关注基础数字素养到高阶的计算思维的转变是必要且迫切的。因此计算思维也应成为数字时代教师终身学习的核心内容。“AR计算思维体验平台”“AI虚拟导师”等个性化实施路径都值得教师们尝试探索，在长期的实践中进一步检验。另外，一线教师还可以联合研究专家、软件产品开发机构形成实践共同体，凝聚研究合力，来推进计算思维实施的高效性与科学性。

(四)厘清计算思维的评价导向, 关注外显型测评

计算思维已成为人工智能时代不可或缺的新素养, 对学生已达到的水平进行准确测评和全面认知尤为重要。设计和开发科学有效的计算思维评价工具是计算思维嵌入学科教学的关键。^[21]现阶段我国计算思维的评价研究大部分是针对教育实施过程的评价, 鲜有测试平台开发与评价量表开发的研究, 而教育实施过程的评价多集中于对基本概念的知识方面的评价, 对技能与方法、信念与态度方面的评价关注度不高。总体来说, 评价研究集中在认知层面的测评, 缺乏关于能力或技能的外显型测评, 尚未形成完整的评价体系。因此, 在今后的研究中, 一方面需要研究者更加重视技能方面的评价, 进一步开发外显型测评, 使得评价更有利于监测教学目标达成效果。评价内容应趋于多元化, 增加对信念与态度方面的关注。另一方面, 可以从计算思维的测量量表和测试平台的研究上寻求突破, 开发可靠严密的测评工具, 或者针对具体学科开发计算思维的测评量表, 使评价更具有针对性。

参考文献:

- [1]Wing J M. Computational Thinking[J]. Communications of the ACM, 2006,49(03):33-35.
- [2]Aho, A. V.. Computation and Computational Thinking[J]. The Computer Journal, 2012, 55(7):832-835.
- [3]Wing, J. M. Computational Thinking: What and Why? [EB/OL]. (2010-09-17)[2019-01-17]. <http://www.exploringcs.org/wp-content/uploads/2010/09/Wing-CT-Article.pdf>.
- [4]中华人民共和国教育部. 普通高中信息技术课程标准(2017年版2020年修订)[M]. 北京:人民教育出版社. 2020: 6.
- [5]董荣.《九校联盟(C9)计算机基础教学发展战略联合声明》呼唤教育的转型[J]. 中国大学教学, 2010,(10):14-15.
- [6]National Research Council. Report of a Workshop on the Pedagogical Aspects of Computational Thinking[R/OL]. (2011-12-01)[2019-03-15].<https://www.nap.edu/read/13170/chapter/1>.

- [7]Royal Society. Shut Down or Restart: The WayForward for Computing in UK Schools[DB/OL].(2012-01-12)[2019-05-21].<https://royalsociety.org/-/media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf>.
- [8][17]Paul Curzon, Mark Dorling, Thomas Ng. Developing Computational Thinking in the classroom: a framework [DB/OL]. (2014-06-08)[2019-03-01].<https://eprints.soton.ac.uk/369594/1/DevelopingComputationalThinkingInTheClassroomaFramework.pdf>.
- [9]郁晓华, 肖敏, 王美玲, et al. 基于可视化编程的计算思维培养模式研究——兼论信息技术课堂中计算思维的培养[J]. 远程教育杂志, 2017(06):12-20.
- [10]庄小云. 巧用微课促进高中学生“计算思维”的培养[J]. 中国教育学刊, 2018(09):104.
- [11]牟琴, 谭良. 基于计算思维的探究教学模式研究[J]. 中国远程教育, 2010(11):40-45.
- [12]武建鑫. 重塑自身以塑造未来: 人工智能时代的“MIT方案”[J]. 比较教育研究, 2020,42(02):24-31.
- [13]张兆芹, 陈守芳, 贾维辰, 等. 职业教育中学生计算思维能力的培养方案探析[J]. 职教论坛, 2016(3):14-19.
- [14]González M R.. Computational Thinking test: Design guidelines and content validation [C]//Proceedings of Edulearn15 Conference. Valencia: IATED, 2015:2436-2444.
- [15]Özgen Korkmaz, Cakir R, Özden M Y. A Validity and Reliability Study of the Computational Thinking Scales (CTS) [J]. Computers in Human Behavior, 2017, 72:558-569.
- [16]任友群, 隋丰蔚, 李锋. 数字土著何以可能?——也谈计算思维进入中小学信息技术教育的必要性和可能性[J]. 中国电化教育, 2016(01):2-8.
- [18]段世飞, 张伟. 人工智能时代英国高等教育变革趋向研究[J]. 比较教育研究, 2019,41(01):3-9.
- [19]Bundy, A. Computational Thinking is Pervasive[J]. Journal of Scientific and Practical Computing, 2007, 1(2):67-69.
- [20]袁利平, 陈川南. 美国人工智能战略中的教育蓝图——基于三份国家级人工智能战略的文本分析[J]. 比较教育研究, 2020,42(02):9-15.
- [21]Grover S., Cooper S., Pea R.. Assessing computational learning in K-12[C]//Proceedings of the 2014 Innovation and Technology in Computer Science Education Conference. Uppsala, Sweden: ACM, 2014:57-62.

(下转第 38 页)

Western Debates on Critical Thinking: Concept, Attribute and Influencing Factor

XIE Xiaoyu

(Institute of International and Comparative Education, Northeast Normal University, Changchun Jilin 130024)

Abstract : Since the 1980s, in order to respond to the requirements of the global economy for students' skill levels, Western countries have begun to pay attention to the cultivation of students' critical thinking, which has gradually become an important topic of higher education reforms in various countries. However, there are always debates on several key issues such as the concept, attribute and influencing factor of critical thinking. From the perspective of the concept, attribute and influencing factor of critical thinking, the debates in Western countries are around whether to emphasis "thinking skills" or "social participation", whether they are applicable to "all disciplines" or "specific disciplines", and whether they are affected by "differences between oriental and western cultures" or "differences in educational environments".

Key words : critical thinking; criticality; student cultivating

责任编辑: 曾晓洁

.....
(上接第 30 页)

New Literacy for Attention in the Era of Artificial Intelligence: Computational Thinking

WANG Luona¹, WANG Jianpan²

(1.School of Science, Huzhou University, Huzhou Zhejiang 313000;

2.School of Mathematical Sciences, East China Normal University, Shanghai 200241)

Abstract : Computational thinking, as a product of the intelligent age, not only affects the transformation of computer science, but also gradually infiltrated into all aspects of our education. Computational thinking has experienced three stages: germination, exploration and development. The relevant study of computational thinking in the past decade, both domestic and overseas, was conducted by using CiteSpace for cluster analysis and content analysis. The findings show that most of the research pays close attention to three dimensions: theoretical investigation, teaching application and educational evaluation, and the research priorities continues to evolve and deepen with the progress of the development stage. Combining the experience from domestic and overseas, the significance of computational thinking to primary and secondary education in terms of content setting, implementation strategies and evaluation are discussed in this article. The development trend of computational thinking is manifested in the following aspects: clarify the goal of computational thinking and focus on problem solving; further improve the content organization of computational thinking and pay more attention to interdisciplinary integration; illustrate the implementation path of computational thinking and cultivate more innovative teachers; and clarify computational thinking oriented-evaluation, focusing on explicit evaluation.

Key words : computational thinking; primary and secondary education; key literacy

责任编辑: 张瑞芳