计算思维不是什么:论计算思维的边界及其何以成为信息技术学科的立足之本

冯友梅, 王昕怡, 刘晓蕊, 张 雪

(天津师范大学 教育学部, 天津 300387)

[摘要] 作为信息技术学科核心素养,计算思维与问题解决过程近乎等同。外延如此之广,势必会给课程建设及教学实践造成困扰。为了使计算思维稳妥落地,文章以“知识与思维内在统一”为理论前提,规避了动态思维过程固有的复杂性和易逝性,在此基础上,通过缜密的逻辑演绎,最终从静态知识视角,明确了两种角色下计算思维各自之边界:作为一种思维方式,计算思维指向程序性知识(非陈述性知识);作为信息技术学科核心素养,计算思维指向策略性知识体系(非技能性知识)。在信息技术学科语境下,厘清计算思维之边界,将其明确指向策略性知识体系,一方面,可确立信息技术学科核心的、不可替代的价值;另一方面,进一步厘清了信息技术学科的目标指向,有利于形成系统、稳定的学科知识体系,促进学科的良好发展。

[关键词] 计算思维; 边界; 策略性知识体系; 信息技术学科

[中图分类号] G434 **[文献标志码]** A

[作者简介] 冯友梅(1983—),女,河北香河人。讲师,博士,主要从事信息技术课程与教学、基于清晰图形语义的思维可视化研究。E-mail:youmeifeng2008@163.com。

一、引言

自2006年周以真教授正式提出计算思维概念以来,教育领域围绕“计算思维是什么”这一问题进行了积极思考和讨论。目前,计算思维早已走出计算机科学领域,走向自然科学、社会科学乃至更广泛的生活领域,演变为“在形成问题解决的过程中产生的一系列思维活动”^[1]。然而,当计算思维的外延扩大至如上似乎“无所不包”的程度,势必会给课程建设及教学实践造成困扰。

本文在关于“计算思维是什么”的诸“说”基础上,另辟蹊径,从知识(知识结构)视角,尝试回答“计算思维不是什么”,以厘清“作为一种思维方式的计算思维”与“作为信息技术学科核心素养的计算思维”各自之边界,从而为我国信息技术课程的良好发展及计算思维的稳妥落地提供必要的理论基础和保障。

二、计算思维边界不清及原因

(一)计算思维边界不清及实践困扰

关于“计算思维是什么”,目前已形成大量研究成果,包括问题解决说、构造说、抽象与自动化说、信息表达说、系统说、工具说等^[2-3]。以上诸“说”皆是从不同角度对计算思维的诠释,彼此间更倾向于互补而非矛盾。其中,问题解决说认同度最高。周以真教授在不同时间点对计算思维的诠释都没有脱离这一主线,我国最新版(2017版)普通高中信息技术课程标准亦采用了此种解读方式,即认为计算思维是“在形成问题解决的过程中产生的一系列思维活动”^[4]。众多面向实践的计算思维描述框架(操作性定义)亦是在问题解决说的基础上分解细化而得:从过程视角,将计算思维拆分为若干环节或要素。如“抽象、分解、算法思维、概括和模式化、评价、逻辑思维”^[4]、“界定问题、抽象特征、建

立模型、形成问题解决方案、总结迁移”^[1]等。

如果仅作为理论层面的解读,那么将“计算思维”诠释为“问题解决过程中的思维活动”无可厚非。但是,如果将该解读及以其为基础的描述框架作为计算思维教学实践的指导和依据,则会造成实践领域的诸多困扰。首先,任何学科均涉及问题解决过程,任何问题解决过程均包含前文列举描述框架中的全部或若干环节(要素)。以物理学科为例,若要经历从“界定问题”到“总结迁移”各环节以成功解决物理问题,则需要以物理学科的知识体系作为基础和支撑,其他学科亦然。如此问题便来了:是否所有学科知识均是计算思维培养的必备教学内容;如果不是,那么为了发展计算思维,应该系统学习哪些知识?进一步,既然所有学科都内含问题解决过程,那么为何将计算思维确定为信息技术学科核心素养?以上问题若不澄清,那么一方面,无法系统建构面向计算思维的教学及评价体系,实践领域只能朴素地认为,只要让学生经历问题解决过程,便是培养计算思维(实践领域已经有所显现),培养效果可想而知;另一方面,不利于信息技术学科确立学科核心价值及未来良性发展。

(二)计算思维边界不清之原因

事实上,研究者在阐释“计算思维是什么”这一问题的同时,虽然未明确澄清“计算思维不是什么”,但也在尝试说明其特定指向性以及与其他思维方式的差异。例如,“构造说”认为,自然科学领域有三大科学方法,分别为理论方法、实验方法和计算方法^[5],与之相对,便存在三种科学思维方式:理论思维、实证思维和计算思维^[6]。与以推理和演绎为特征的理论思维和以观察和归纳为特征的实证思维不同,计算思维(构造思维)以设计和制作为特征^[7]。再如,“问题解决说”的支持者 Bill Wulf 认为,“其他科学领域(思维方式)所关注的是物理对象,而计算思维应该聚焦的是解决问题的过程和能够抽象为过程的现象”^[8]。显然,以上两“说”分别从不同角度阐释了计算思维的特定指向性。但即便如此,实践领域依然观计算思维如“雾里看花”,甚至研究领域也无法真正厘清其边界。实践领域不必多言,仅举研究领域一例。依前文所述可知,计算思维与理论思维是两种不同的思维方式,其中,“计算思维是计算机科学的主要思维方式,理论思维则是数学的主要思维方式”^[9]。由此可见,计算思维与数学思维是两种不同的思维方式;然而,又有观点如下:“计算思维是数学思维和工程思维的互补和融合”^[10],也就是说,计算思维与数学思维你中有我,我中有你,矛盾显而易见。当然,笔者更认同第一种观点,即计算思维

与理论思维(数学思维)是两种不同的思维方式,这也是目前学术界普遍认同的观点^[11-12]。但问题在于,为何有研究者会把以上两种在聚焦对象和运转方式方面均存在明显差异的思维方式混为一谈?笔者认为,真实思维过程的复杂性是重要原因。

之所以说真实思维过程复杂,是因为任何真实的思维过程均内含多种思维方式。一方面,理论思维和实证思维的运转需要计算思维的引导。人是主体人,故人的思维活动是主动的、以目标为导向的思维活动,科学思维活动更是如此。而目标的有效实现必须以经过规划设计的行动方案或步骤为基础,无论主体是否清晰意识到此规划设计过程。从这个意义上说,任何真实思维过程均有计算思维的参与。以数学学科的几何证明问题为例。直观来看,几何证明过程就是一系列的演绎、推理过程,即理论思维过程。不过,该推理过程并非毫无目的,而是以目标为导向展开的。换言之,推理过程中内含以目标为导向的方案设计过程:为了得到某结论,需要分几步证明,第一步证明什么,第二步证明什么……可见,理论思维的运转须有计算思维的引导,实证思维亦然。另一方面,计算思维的运转须以理论思维和实证思维为支撑。前文已提及,计算思维以设计、构造、制作为特征。以设计实现特定目标的行动步骤为例。认知心理学将解决问题的每一个行动步骤称为一个算子^[13]。算子或算子序列的获得主要有两种途径:其一,通过归纳他人或自身成功解决问题的经验获得;其二,通过手段一目的分析法(Means-ends Analysis)获得^[13]。很明显,第一种算子获得过程符合实证思维的特征,即算子或算子序列通过实证思维获得;第二种算子获得过程运用的手段一目的分析也称为逆向推理,其与正向推理均是演绎、推理过程,即理论思维过程。由此可见,计算思维过程中关键的设计、构造(形成问题解决方案)环节需要理论思维和实证思维的支撑。除此之外,计算思维过程的其他环节,如界定问题、抽象特征等,亦需要以上两种思维方式的支撑,不再赘述。

综上,虽然从聚焦对象、运转方式的角度,可以在理论思维、实证思维、计算思维三者间划定清晰的边界线,但这仅是逻辑上的划分,真实的思维过程中三种思维方式互为支撑,彼此交织。结果是,其一,计算思维研究者自身便因此模糊了三种思维方式间的边界,给出的计算思维定义或描述自然会“无所不包”;其二,研究者自身的认识无误,但在描述计算思维的时候,即使努力回避,也难免会带有其他思维方式的印记,特别是当其尝试以形象、直观的方式面向实践

领域进行阐释时,其他思维方式的印记会更为明显,加之实践领域基于经验的朴素“脑补”,计算思维也有可能落入“无所不包”的境地;其三,即便实践领域对计算思维的边界有清晰认识,因其不能独立运转,故当计算思维作为教育目标时,也难免会被动地将其他作为支撑的思维方式“据为己有”,最终依然“无所不包”。

三、从知识视角看计算思维的边界

承接前文,事实上,研究领域已经从过程(思维过程)视角给出计算思维的边界,但因计算思维运转过程须有其他思维方式的支撑,加之思维过程本身的易逝性(运转结束即消失,且与其他作为支撑的思维方式同步出现和消失),故难以把握计算思维独立的存在形式,实践领域也难以剥离掉其他作为支撑的思维方式,仅聚焦计算思维本身开展教学。换言之,即便从过程视角厘清计算思维的边界,但当计算思维成为教育目标时,因其与其他思维方式的共存性及易逝性,依然会边界不清、无所不包。

(一)视角转换:从动态易逝的“思维过程”到静态稳定的“知识结构”

分析至此可发现,问题的核心非“计算思维”边界不清,而是“作为教育目标的计算思维”边界不清,且问题根源为思维过程本身的固有属性。既然如此,那么是否意味着作为教育目标,计算思维无所不包是一种必然结果,计算思维教学和评价也因此根本无法形成体系?一方面,计算思维对于学生终身发展和社会发展的重要价值不允许我们如此轻易地下此结论;另一方面,主体思维水平相对稳定这一事实让我们看到了困境突破的可能性。

思维水平相对稳定,意味着存在支撑主体思维运转的相对稳定的内部心理基础。此内部心理基础与其支撑的动态思维在发展过程和水平方面应该具有一致性,且不随着思维运转过程的结束而消失。就计算思维而言,如果把观察视角从动态易逝的计算思维过程转换为支持其运转的静态稳定的内部心理基础,那么作为教育目标,其便有了独立的、可把握的存在形态,边界不清、无所不包的问题自然迎刃而解。关键问题是,思维的内部心理基础是什么?计算思维的内部心理基础又是什么?

自2016年起,笔者及团队成员从核心素养的落地困境入手,层层追溯,最终发现认知心理学关于学习核心机制的“信息加工”隐喻的局限性。在此基础上,从皮亚杰发生认识论(“新理论”)之哲学精髓处获

得启发,得到关于知识与思维间关系的全新认识:静态的知识(知识结构)与动态的思维(思维结构)具有内在一致性。其中,知识(知识结构)是思维(思维结构)运转的内在基础;思维(思维结构)是思维过程与思维内容的整体(并无独立于思维内容的思维过程),它是以既有知识结构为基础的知识结构再建构过程,其结果是新的知识结构的形成,此知识结构又是下一次思维运转的基础。如此螺旋上升,使得静态的知识结构与动态的思维结构在发展过程与水平方面保持同步和统一^[4]。

至此我们可以确定,动态易逝的思维之内部静态稳定的心理基础就是知识。接下来的问题是,作为整体思维集合中的一员,计算思维的内部基础是什么样的知识?即与计算思维内在一致的是什么样的知识?在回答此问题之前,有必要对计算思维概念本身再作一番审视。任何概念均有其特定的内涵和外延,且概念的内涵和外延会随着概念所处语境或承担“角色”的变化而改变。对于“计算思维”这一概念而言,其至少有两个“角色”,分别为“与理论思维、实证思维并列的一种思维方式”和“信息技术学科核心素养”(既有研究普遍将以上两角色含混等同)。以上两个“角色”下的计算思维之内涵和外延便存在差异,对应的知识类型亦有别。以下本文分别阐释与不同“角色”下的计算思维内在一致的知识类型,从知识视角,厘清“作为一种思维方式”的计算思维与“作为信息技术学科核心素养”的计算思维各自之边界,从而为信息技术课程建设和教学实践提供更为科学有效的引领和指导。

(二)不同“角色”下计算思维之边界

1. 作为一种思维方式的计算思维之边界

计算思维是一种特定的思维方式,这是目前学界公认的计算思维的角色定位。事实上,研究者在阐释理论思维、实证思维及计算思维三者之差异时,已经暗示了各种思维方式所指向的知识类型。例如,“其他科学领域(思维方式)所关注的是物理对象,而计算思维应该聚焦的是解决问题的过程和能够抽象为过程的现象”^[8];再如,“理论思维是数学的思维方式,实证思维是物理学的思维方式,计算思维则是计算机科学的思维方式”^[9]。显然,以上论断均把特定思维方式与具体的学科领域相关联,而不同的学科领域便指向不同的知识类型。

认知心理学将知识分为两种基本类型,分别为陈述性知识和程序性知识。其中,陈述性知识指是什么的知识,程序性知识指如何做的知识^[5]。不过,因知识有内部表征和外部表征之分,导致以上两个概念(陈

述性知识和程序性知识)在使用的过程中被衍生出多种既相关又有差异的内涵^[6],故本文对概念内涵作进一步界定:在本文中,陈述性知识指关于世界是什么的知识,是主体理解、解释世界的结果和基础;程序性知识指关于如何塑造现实、改造世界的知识,是主体以目标为导向改造世界的结果和基础。以此为依据,我们分析各学科领域及其主要思维方式所指向的知识类型。

首先看物理学科。物理学是自然科学领域的一门基础学科,研究自然界物质的基本结构、相互作用和运动规律^[7]。可见,物理学科以解释世界为旨归,形成的知识显然属于陈述性知识。作为物理学科的主要思维方式,实证思维的运转过程便是解释世界的过程,与此动态运转过程内在一致的静态结果自然是陈述性知识。事实上,除物理学科外,实证思维是所有科学类学科,如化学、生物等的主要思维方式。作为实证思维的运转结果,科学类学科知识(学科核心知识体系)均为陈述性知识。再看数学学科。数学源于对现实世界的抽象,基于抽象结构,通过符号运算、形式推理等,理解和表达现实世界中事物的本质、关系和规律^[8]。因此,数学学科同样以解释世界为旨归,与数学学科的主要思维方式——理论思维内在一致的知识亦是陈述性知识。最后看计算机科学。计算机科学虽然也被冠以“科学”之名,但与物理学等以自然物为对象的科学类学科不同,其学科对象是“人造物”。人造物也有自身的结构和运行规律或原理,如网络体系结构、计算机工作原理等,但此结构和原理非天然存在,而是主体改造世界、塑造现实过程中所运用的策略、方法等的物化。计算机科学研究人造物的结构和原理的最终目的也非解释,而是创造出能够更好地满足主体需求的方法或新的人造物。可见,计算机科学以改造世界为旨归,作为其主要思维方式的计算思维之运转结果便是程序性知识。

综上,我们以“知识与思维内在一致”为理论前提,结合计算思维研究者们的“暗示”,确定了与计算思维(作为思维方式)内在一致的知识类型——程序性知识。这也意味着,我们已经从知识视角,厘清了作为一种思维方式的计算思维之边界:计算思维(作为思维方式)的内部心理基础及运转结果是程序性知识,而非陈述性知识。

2. 作为信息技术学科核心素养的计算思维之边界

计算思维边界不清之所以会成为一个亟待解决的问题,正是因为它被赋予了教育目标这一角色。故问题的核心非作为思维方式的计算思维边界不清,而

是作为教育目标的计算思维边界不清,更具体的是作为信息技术学科核心素养的计算思维边界不清。因此,厘清此角色下的计算思维之边界,是解决与计算思维相关的一系列实践问题的关键环节。

前文已经确定了计算思维(作为思维方式)与程序性知识的内在一致性。然而,程序性知识的外延甚广:依据抽象程度,程序性知识可划分为抽象方法类知识(也称方法论或策略性知识)和具体技能类知识^[9],同时,这两类知识又广泛分布于各个学科领域,特别是具体技能类知识,更是体量巨大。作为学科核心素养,计算思维的外延显然不应如此之广。换言之,作为信息技术学科核心素养的计算思维之外延,应是程序性知识的某一子集,或者说,应是某一核心子集。接下来的问题是,如何确定这一子集?既然计算思维是作为新的教育目标被引入基础教育领域,那么意味着,在支持学生终身发展和社会发展方面,既往基础教育存在某种缺失,而计算思维恰指向此缺失。因此,只要我们能够找到既往基础教育的与程序性知识相关的缺失,便确定了作为信息技术学科核心素养的计算思维之外延和边界。

基础教育的最终目的,便是赋予学生“能够适应终身发展和社会发展需要的必备品格和关键能力”^[20]。其中,必备品格大体对应价值观,关键能力则大体对应世界观和方法论。即是说,经过基础教育后,学生应在头脑中形成特定的世界观、方法论及价值观体系。反观我国基础阶段的课程设置,首先,科学类课程(如物理、历史等)占比较大,无论是自然科学还是社会科学类课程,其目的均是引导学生从不同角度理解世界,在此基础上形成世界观体系;其次,语文、政治(道德与法治)等学科为主阵地,其他所有学科为辅,亦能支持学生价值观体系的建构;最后,对于方法论体系,虽然其对于学生未来发展的重要性从未被质疑,但在计算思维走进课程标准之前,没有任何课程或课程群支持其系统建构。

方法论体系又称为“策略性知识体系”,如“分治”“变治”“减治”“封装”“重用”“统筹”“迭代”“可视化”“折衷”“回溯”等。显然,策略性知识体系对于学生终身发展和社会发展至关重要^[9]。但截至目前,该类知识在K-12阶段并未得到足够重视,仅在个别课程中偶有涉及,如语文学科中的“曹冲称象”内含变治策略,数学学科中的“数形结合”内含可视化策略,信息技术学科中的“网络体系结构”内含分治策略等。其结果便是,学生头脑中仅有零散的策略性知识,远未形成体系,以至于在面对复杂问题时缺少系统规划的意

识和能力,难以给出有效且高效的问题解决方案。这显然有悖于“核心素养”的初衷。

至此,我们找到了既往基础教育在支持学生终身发展和社会发展方面的重要知识缺失——策略性知识体系,而策略性知识正是程序性知识的核心子集。作为程序性知识之精华,其“镶嵌”于大量具体技能类知识中,对学生未来发展具有重要的奠基作用。作为信息技术学科核心素养,计算思维便聚焦于此。

四、计算思维何以成为信息技术学科的立足之本

行文至此,很可能会引发如下疑问:既然计算思维的教育指向是策略性知识体系,那为何其被确定为信息技术学科而非其他学科的学科核心素养?此疑问顺理成章,毕竟依据既有经验,很多学科都可以向学生渗透策略性知识,如前文提及的语文、数学等学科。这里需要特别强调,计算思维指向的是策略性知识体系,而非零散的策略性知识,“体系”二字恰是问题的关键所在。

所谓策略性知识体系的建构,是作为学科知识的客观策略性知识体系内化为学生头脑中主观策略性知识体系的过程。因此,能够有效支持策略性知识体系建构的学科,其学科知识结构中必须内含策略性知识体系,而非零散或零星的策略性知识,或者说,策略性知识须处于其知识体系的核心地位。纵观基础教育各学科,只有信息技术学科满足以上条件,原因如下。

首先,学科对象的性质决定了学科知识的性质。前文已提及,信息技术学科的研究对象为人造物,人造物的结构、机理等乃是其制造者为实现特定目标所运用的策略、方法等的物化。也就是说,与化学、生物等以自然物为对象的学科不同,信息技术学科所有学科对象中均内含制造者的目的以及为实现目的所采用的策略和方法。例如,“网络体系结构”与化学学科中的“原子结构”虽然均是特定对象之结构,但二者有本质区别:网络体系结构是主体以数据的安全、有效传输为目的设计、开发而成的人造结构,结构本身便内含设计开发者的目的以及为实现目的所采用的策略和方法,如分治、统筹等;原子结构则是天然结构,不蕴含任何主观要素。再如,“计算机内部工作原理”与生物学科中的“光合作用原理”,二者亦在相似的“外表”下有着本质的不同。正是信息技术学科对象的特殊性,使得其学科知识结构中系统内含了各类策略性知识,即策略性知识体系,而非零散的策略性知识(如化学、生物等以自然物为对象的学科)。事实上,信

息技术学科知识从本质或源头上讲主要为程序性知识,策略性知识体系便是此程序性学科知识结构的核心。

进一步,就有效支持策略性知识体系的建构而言,与同样以人造物为对象的通用技术学科相比,信息技术学科亦有自身独特的优势。“计算思维在人类思维的早期就已经萌芽,并且一直是人类思维的重要组成部分”^[9],然而,其真正引起教育领域的关注,并被视为学生素养的重要组成部分,却还不到二十年的时间。我们认为,计算思维之外延(知识视角)在近几十年的快速丰富,特别是大量策略性知识的“加盟”,是其在教育领域“存在感”凸显的重要原因,而“幕后推手”正是信息技术。

策略性知识,如分治、统筹、重用、动态规划等的价值主要体现在复杂问题的解决上,即问题越复杂,其成功解决对有效策略的依赖性就越高,策略性知识的价值也就越发凸显。信息技术进入社会生产领域之前,很多复杂的解决问题过程根本无法实现,策略性知识也无太多用武之地,故彼时计算思维的外延(知识视角)主要为具体技能类知识,策略性知识的占比较少。信息技术逐渐取代物质技术成为社会第一生产力之后,因其对信息的高效处理能力,使得许多原本仅停留在理论层面的复杂过程得以真正实现^[10],大量可有效解决复杂问题的策略也应运而生。这带来了两个结果:其一,策略性知识成为计算思维之外延(知识视角)中最有“存在感”的组成部分,计算思维对于学生未来发展的奠基作用也因此凸显,并受到全球教育领域的关注;其二,出现大量内含更多、更有效的策略和方法的人造物——信息系统或由信息流带动物质流的数字制造系统^[11],这正是信息技术学科的关注对象。也就是说,较之通用技术学科,信息技术学科对象及学科知识结构中内含了更为系统、全面的策略性知识,这便是其在支持学生策略性知识体系建构方面的独特优势。

综上,作为计算思维的教育指向,策略性知识体系对于学生终身发展和社会发展至关重要,而信息技术学科在支持其有效建构方面具有的独特的、不能被其他学科所替代的价值。这正是信息技术学科的立足之本!

五、结 语

多年来,因“工具属性”这一学科定位,信息技术学科对学生未来发展的奠基作用一直备受质疑。“数字土著”时代的到来,使得信息技术作为一门独立(工

具性)学科存在的必要性遭遇了更为严峻的拷问。幸得计算思维的“眷顾”,信息技术学科终于摘掉工具的帽子,确定了自身对于学生终身发展和社会发展的价值所在。然而,因计算思维边界模糊不清,外延近乎等同于问题解决过程,故信息技术学科根本无法证明其对于计算思维培养而言的不可替代性,处境依然尴尬。

本文以“知识与思维内在统一”为理论前提,从知识视角,明确了计算思维的教育指向——策略性知识

体系,并以此为基础,分析了信息技术学科对于计算思维培养的独特、不可替代的价值。但若要使信息技术学科真正站稳脚跟,还有很长的路要走:首先,需要建构系统、稳定的学科知识体系,而非跟随信息技术的发展亦步亦趋;其次,需要建构学科特有的教学方法论及方法体系,以有效实现其对于学生计算思维(策略性知识体系)发展的独特价值……这是笔者及团队成员的努力方向,期待更多同行者!

[参考文献]

- [1] 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)[S].北京:人民教育出版社,2018.
- [2] 钟柏昌,李艺.计算思维的概念演进与信息技术课程的价值追求[J].课程·教材·教法,2015(7):87-93.
- [3] 张立国,王国华.计算思维:信息技术学科核心素养培养的核心议题[J].电化教育研究,2018(5):115-121.
- [4] BELL T, HENDERSON T, ROBERTS J. Computational thinking and CS unplugged[EB/OL]. [2022-01-01]. <https://csunplugged.org/en/computational-thinking>.
- [5] 石钟慈.第三种科学方法:计算机时代的科学计算[M].北京:清华大学出版社,2000.
- [6] 朱亚宗.论计算思维——计算思维的科学定位、基本原理及创新路径[J].计算机科学,2009(4):53-55,93.
- [7] 陈国良.计算思维导论[M].北京:高等教育出版社,2012.
- [8] NRC. Report of a workshop on the scope and nature of computational thinking[M]. Washington, D. C. US: National Academies Press, 2010.
- [9] 李廉.计算思维——概念与挑战[J].中国大学教学,2012(1):7-12.
- [10] WING J M. Computational thinking and thinking about computing[J]. Philosophical transactions of the royal society, 2008(7):3717-3725.
- [11] 蒋宗礼.计算思维之我见[J].中国大学教学,2013(9):5-10.
- [12] 李锋,赵健.高中信息技术课程标准修订:理念与内容[J].中国电化教育,2016(12):4-9.
- [13] 安德森.认知心理学及其启示[M].秦裕林,程瑶,周海燕,徐玥,译.7版.北京:人民邮电出版社,2012.
- [14] 冯友梅,颜士刚,李艺.从知识到素养:聚焦知识的整体人培养何以可能[J].电化教育研究,2021(2):5-10.
- [15] 斯滕伯格.认知心理学[M].北京:中国轻工业出版社,2006.
- [16] 王建安,叶德营.知识分类与知识表征——评赖尔的知识分类和围绕它的争论[J].自然辩证法通讯,2010(4):13-18,126.
- [17] 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版)[S].北京:人民教育出版社,2018.
- [18] 中华人民共和国教育部.普通高中数学课程标准(2017年版)[S].北京:人民教育出版社,2018.
- [19] 冯友梅,王珊,王昕怡,周彤彤.支持我国信息技术课程评价体系构建的计算思维描述框架设计[J].电化教育研究,2022(6):115-121.
- [20] 核心素养研究课题组.中国学生发展核心素养[J].中国教育学刊,2016(10):1-3.
- [21] 陈国良,李廉,董荣胜.走向计算思维 2.0[J].中国大学教学,2020(4):24-30.

What Computational Thinking is Not: On the Boundary of Computational Thinking and Why It Becomes the Base of Information Technology Discipline

FENG Youmei, WANG Xinyi, LIU Xiaorui, ZHANG Xue
(Department of Education, Tianjin Normal University, Tianjin 300387)

[Abstract] As a key competency in information technology discipline, computational thinking is almost equivalent to the problem-solving process. With such a wide denotation, it is bound to cause troubles for

curriculum construction and teaching practice. In order to ensure the implementation of computational thinking, taking "the inner unity of knowledge and thinking" as the theoretical premise, this paper avoids the inherent complexity and perishability of dynamic thinking process, and clarifies the boundaries of computational thinking under the two roles from the perspective of static knowledge through a meticulous logical deduction: as a way of thinking, computational thinking points to procedural knowledge (non-declarative knowledge); as the key competency of information technology discipline, computational thinking points to strategic knowledge system (non-skillful knowledge). In the context of information technology discipline, this paper clarifies the boundaries of computational thinking and points it clearly to the strategic knowledge system. On the one hand, it can establish the core and irreplaceable value of information technology discipline; on the other hand, it further clarifies the target orientation of information technology discipline, which is conducive to the formation of a systematic and stable disciplinary knowledge system and promotes the healthy development of the discipline.

[Keywords] Computational Thinking; Boundary; Strategic Knowledge System; Information Technology Discipline

(上接第 47 页)

but also makes technology-enabled education "hidden crisis". The study analyzes the potential challenges faced by five key subjects of education from the perspective of subject behavioral anomie, and finds three main reasons: the bias between technical design and value intentionality, the confusion between the technology acceleration logic and the education logic, and the lack of advancement in educational governance awareness and approach. In order to avoid the educational crisis in the risk society, it is urgent to build an education security defense line from technology research and development, application and supervision, and comprehensively improve the awareness and ability of prevention.

[Keywords] Risk Society; Technology-enabled Education; Education Crisis; Education Governance