

指向人的内在品质刻画的计算思维框架构建

朱彩兰¹, 周 铭¹, 李 艺¹, 孙继红²

(1.南京师范大学 教育科学学院, 江苏 南京 210097;

2.南京市聋人学校, 江苏 南京 210007)

[摘 要] 计算思维作为培养目标,应该指向人的内在品质。为此,文章借鉴胡塞尔认识论思想,在认识发生的视野中分析人的构造过程,形成“它—我”结构,即“知识—素养”结构,以此解释概念与观念的根本相关性。借鉴皮亚杰两个范畴说明概念与观念的关联是在思维过程中实现的,借鉴布伦南计算思维的框架结构及布鲁姆认知目标分类理论中关于应用的强调,最终给出结构与应用兼备的指向人的内在品质的包括概念(基本概念、核心概念、大概念)、思维(关联、抽象、系统化)、观念(局部、聚合、全局)的计算思维框架。

[关键词] 计算思维; “知识—素养”结构; 概念; 思维; 观念

[中图分类号] G434

[文献标志码] A

[作者简介] 朱彩兰(1973—),女,山东烟台人。副教授,博士,主要从事中小学信息科技研究。E-mail:zhuc_l_nj@163.com。

一、引言

在《普通高中信息技术课程标准(2017年版)》和《义务教育信息科技课程标准(2022年版)》中,计算思维均被视为学科(课程)核心素养的要素,由此确定了其作为培养目标的官方地位,同时也获得了学界的认同。计算思维作为指向核心素养的培养目标,理所当然要指向人的内在品质且同时要有较好的可操作性,但在既有的工作中,这个问题并未得到很好的解决。因此,本文的任务是,分析已有计算思维描述的成就与不足,继而构建指向人的内在品质刻画并能够更好地指导教学实践的计算思维描述框架。

二、既有计算思维定义在指向人的内在品质方面的逼近与游离

所谓指向人的内在品质,本文中是指在界定计算思维时,能够指向人的能力或素养。素养是人的内在品质,计算思维作为核心素养要素之一,是素养的基本成

分,也是重要成分。所以计算思维需要指向人的内在品质。归纳已有的计算思维界定,多指向知识、指向过程或指向人的内在品质。其中,以布伦南(Brennan)等的界定最贴近指向人的内在品质的要求,且有着相对成熟的结构。本文以指向知识、指向过程再指向人的内在品质为线索进行分析,以使思考逐步走向成熟。

(一)指向知识

为促进人们对计算思维的理解,陈国良等构建了计算思维概念表述体系^[1]。该研究是将计算思维定位于学习内容,即作为学习对象的知识而非培养目标。冯友梅等从静态知识视角指出:作为学科核心素养,计算思维指向策略性知识体系^[2]。该研究显示出对策略性知识的关注,也因此似乎与“过程”产生关联,但基本思路还是将过程性知识对象化。归纳来看,从知识及知识结构的角刻画计算思维,更多的是为了明确其边界以促进计算思维的落地,有特定的价值。

(二)指向过程

指向过程的界定始自周以真,她在2006年即指

出计算思维是运用计算机科学的基础概念进行问题求解、系统设计以及人类行为理解等的系列思维活动^[3]。2010年,她将计算思维阐述为思维过程^[4]。2011年又指出计算思维的五个要素^[5]。这些要素可以视为思维活动的细化,具有过程特征。思维活动或思维过程的行为主体是人,因此,将计算思维与人相联结是周以真定义的重要贡献。2011年,美国国际教育技术协会(International Society for Technology in Education, ISTE)和计算机科学教师协会(Computer Science Teacher Association, CSTA)指出,计算思维是一种问题解决的过程,该过程包括明确问题、分析数据等六个要素^[6]。该类定义将计算思维定位于问题解决过程,指向人在解决问题过程中的表现,与指向知识的定义相比,人的意义得到进一步的重视,但由于缺少明确的指向人的内在品质的思考,该类定义的境界最终没能得到进一步提升。

分析上述定义,“过程”实际具有两种含义,即流程之过程和实践过程。流程之过程,是根据人利用计算机科学的思想方法依次展开的解决问题的过程,体现抽象性特征。实践过程需要遵循流程的时序性,又要与具体内容相结合,体现面向具体应用的特征。上述定义对两者未予明确区分。借用新课改三维目标观察,流程之过程接近“知识与技能”之技能,关注的是技能角度的问题;实践过程则倾向“过程与方法”,聚焦的是应用角度的问题。认识过程的两种含义,并使二者相结合,才可能直面学习者的发展。

(三)指向人的内在品质

1980年,派珀特(Papert)将计算思维阐述为儿童在通过计算机学习时所训练与培养的思维技能^[7]。该认识具有指向人的内在品质的倾向,但缺少内涵的进一步描述。《中国计算机科学与技术学科教程2002》中列举了计算思维包含的一组能力^[8],同样具有指向人的内在品质的倾向。但能力表述停留于外延的罗列,缺乏对内涵的分析与把握。陈赞安等从计算认知、计算方法和计算文化三个维度构筑了计算思维能力分层谱系^[9],刻画方式具有指向人的内在品质的意识及倾向,但各能力向度倾向利用计算机科学思想方法解决问题的过程,层次性不够鲜明,且缺少学理支持。钟柏昌等认为,计算思维是用于刻画人的内在品质的概念,进而用三组有关联的思维结构加以描述^[10]。在该研究中,计算思维具有指向人的内在品质的意涵,但倾向思维类别的罗列,综合性内涵的提升稍显不足。

(四)布伦南框架的多维指向

布伦南等用三维框架来描述计算思维,即计算概

念、计算实践及计算观念^[11]。其中计算概念指编程时使用的概念。从建构主义的角度看,知识是人在认识活动中构造的产物,即构造的对象,所以,计算概念指向对象性知识。这与指向知识的定义相似,但布伦南等并不局限于此,另给出计算实践和计算观念的维度。计算实践指基于计算概念发展的、在编程解决问题中的系列过程^[11]。计算实践基于概念发展,体现了概念与过程的关联。计算实践指向问题解决的过程,包含流程之过程和实践过程,但因是在框架中的思考,使其内涵丰富性得到提升。布伦南指出,“计算实践聚焦思维与学习的过程,指向学生如何(How)学习,而非学习什么(What)”^[11]。这说明其实践过程还关注到学习(思维)过程,即实践过程可以分解为应用过程和学习(思维)过程,也说明设计者有意识地通过如何学习与学习什么的区分,将其和指向对象的计算概念区分开来,从而更好地诠释其间的有机关联。与应用过程相比,学习(思维)过程是从学习如何发生的视角关注学习者的发展。归纳分析结果,计算实践的指向涉及流程之过程和实践过程,实践过程又分解为应用过程和学习(思维)过程,体现了过程内涵的丰富性以及框架的应用特征及追求,也更为贴近新课标之“过程与方法”,即既包括应用角度的思考,又包括学习(思维)角度的思考。计算实践维度重视学习(思维)过程的目的在于连接知识与人的内在品质。框架中的计算观念,指学习者在计算实践中逐渐形成的对个人、社会关系及周遭技术世界的认识,如表达、联系、质疑等^[11]。框架中既有计算概念又有计算观念,明显意图是将概念与观念区分开来,因此,合理的解释是计算概念指向知识,而计算观念是人的内涵的进一步丰富,从而整体上完成对人的内在品质的揭示。计算观念指向人对事物及其规律的认识或观点,是人的内在特征的显现。综合三个维度,概念作为学习者面向的学习对象,观念是人在面向对象时基于内在品质的表现,学习(思维)过程的作用在于实现概念与观念的关联,实现从构造对象到发展自身的关联。

归纳来看,较之其他认识,布伦南框架的认识相对全面,体现为:其一,框架中既包括对象性知识(计算概念),也包括过程(计算实践),还借助观念延伸到对完整的人的把握,综合程度有所提高;其二,计算实践指向的过程内涵更为丰富,在原流程之过程和实践过程的基础上,将实践过程明确分解为应用过程和学习(思维)过程,体现对学习发生与学习者发展的重视;其三,计算实践基于计算概念发展,计算观念在计算实践中形成,说明框架借计算实践关联对象(概念)和“我”(观念),形成“(计算)概念—(计算)实践—(计算)观念”结

构,即“知识—过程—观念”结构,整体指向人的素养,这使该界定的学理逻辑更加完整。可以说,框架初步实现了对作为核心素养的计算思维的综合描述。

(五)布伦南框架的局限性分析

布伦南框架的局限性也比较明显:其一,概念与观念间的关系缺少理论依据的支持。计算概念指向知识,计算观念指向人的内在特征,将概念与观念融合在一个统一框架中看似合理,但二者关系如何?问题可以改造为,知识和素养间关系如何?两个问题性质相同,后一种提问不能回答,则前一个问题之答案的合法性便不能建立。因此,在新的工作中,这个问题需要回答。其二,概念如何通过学习(思维)过程与观念相联结缺乏理论依据的支持。框架中试图借学习(思维)过程体现概念与观念之间的关联,这种关联机制是什么,实现二者关联的学习(思维)过程如何发生?理论依据的缺乏会使我们对其内在机制认识不清,也会导致对教学指导意义的不足,最终是框架之合理性及可能效用的不足。所以,需要为此寻找理论依据。其三,不同维度内部结构关系缺少一致性。三个维度从不同侧面刻画计算思维,实现了框架层面的结构性。分析维度内部,计算概念维度对概念的列举属于并列性质;计算观念既有并列性质,如表达与联系,又有时序的色彩,如表达与质疑;计算实践的要素既有流程的时序性,又具有实践过程的应用性。三个维度内部的关系刻画缺少一致性,损害了框架对实践的指导力,降低了框架的质量。

想要借鉴布伦南已取得的成就,同时解决框架现存问题,需要在引入充分理论依据的基础上,将计算思维分解为从知识开始且能够刻画人的内在品质的若干维度,实现对学习者发展各个侧面及其关系的把握;为强化指导性,各维度纵向的描述需要体现认知层次的递升,要有结构一致的层次性;各维度综合统一指向人的素养。

三、指向人的内在品质的计算思维设计的理论依据及方法论分析

我们在认识发生的视野中,以胡塞尔和皮亚杰的认识论思想为指导,借鉴布鲁姆的认知目标分类理论中的思想成就,尝试形成计算思维框架设计的系统性理论依据,并同时解决其结构及应用的细节问题,以给出一个更高质量的计算思维框架。

(一)从概念到观念指向人的内在品质

根据胡塞尔的观点,概念是认识的构造物,所有认识构造物都是在意向活动中被生产出来的^[13]。意识行为

在进行的过程中都伴随着自身意识^[13],即所有意向体验不仅是关于某物的意识,而且所有体验都是被意识到的^[13]。因之,人的认识成就不会消失,而是在心灵深处积淀下来,构成人的内在品质,即素养。概言之,对象是构造的,并且人在构造对象的同时,也在构造自身。即人在构造“它”的时候,也在构造“我”。可以理解为,主体的构造行为中含有“对象—自身”结构,即“它—我”结构。“它”,指构造的对象,在教育语境中指向知识;“我”,指主体人,在教育目标的意义上是实现人的内在品质即素养的发展。于是,“它—我”结构映射到教育语境中便是“知识—素养”结构,体现知识与素养间的关联。根据“知识—素养”结构,素养培养需要从知识开始,伴随知识的发生发展,素养的培养才能得以实现。

借鉴布伦南框架,使用“观念”帮助表达知识与人的内在品质的关联。当前课程研究中有始自“大概念”研究的“观念”或“大观念”的说法,指向并不相同,有的指向概念^[14],有的指向理论或命题^[15],有的指向看法或思想^[16]。本文中的“观念”指向人的思想、看法等,是人的内在品质的一个刻画角度,观念不是由概念而来的简单转换物,而是包含着面对概念时的方法论和态度。布伦南等正是因为对“观念”的引入,才形成了一个能归结为素养的框架。形成观念,意味着学习者在某一领域形成了方法论与价值观。所以,观念与新课改三维目标中的“情感态度与价值观”虽不严格相等,但直接相关。前文已述,流程之过程接近“知识与技能”之技能流程,实践过程倾向“过程与方法”。概念指向知识,接近三维目标中“知识与技能”之知识。于是,概念、过程、观念三个维度关联了新课改三维目标的各个侧面,形成一种相对完整的结构性框架,最终向上归结为素养。

(二)以思维过程关联概念与观念

概念与观念之间实现关联的内在机制,需要从思维(过程)在“知识—素养”结构中的作用寻找答案。

皮亚杰有着关于认识发生规律的思考,他指出:人的大脑中存在物理范畴和逻辑数学范畴。物理范畴为与外部世界打交道所用,参考康德先验范畴,暂且认为对应概念;逻辑数学范畴为内部世界协调所用,对应逻辑规则。两个范畴结合具体问题的一并运动过程就是知识发生的过程,是将概念与规则运用于具体问题形成判断的过程,是真实的思维过程^[17]。这一认识实际上给出了“知识—思维”关系模型:思维以知识为基础,知识是思维的结果,思维过程结束后,新的知识结构得以建立或原有的知识结构被改写^[18]。这说明思维与知识之间是相互影响、相互促进且内在一致

的,“知识—思维”模型所指便是构造对象的过程。

思维作为过程性要素,又必然是连结“知识”与“素养”的桥梁。同样依据皮亚杰发生认识论并结合胡塞尔的思考,认识发生的过程同时是认识主体之先验范畴发生发展的过程,还是认识主体之习性积淀的过程,也即其素养发生发展的过程。团队前期研究中已指出,在针对具体问题的学习过程中,学习主体通过归纳、反思等思维活动形成思维习惯,进而形成方法论与价值观,实现对素养的逼近^[17]。也即可以借此再次确认“知识—素养”结构是一个发生性结构,该结构所指便是构造自我的过程。当然,真实的过程还需要关注事实存在的感性侧面。理性能力内涵的丰富及价值属性来自感性,所以,思维与素养的关联需要感性与理性的一并参与。这方面可以从针对皮亚杰物理范畴的深入分析^[19]和胡塞尔现象学的第二感性^[20]获得理论及方法的支持,受限于篇幅,本文不再赘述。另外,人的身体也会参与学习过程^[21],所以素养形成过程也是身体和思维统整参与的过程。

为了清晰地说明思维过程,我们延续已有做法,用“问题解决”来诠释。在发生认识论视野下,问题解决过程指向在人的学习过程中,逻辑数学范畴与物理范畴协同运行中认知主体“遭遇”认知冲突及解决的过程。

(三) 结构与应用兼备丰富内涵并强化指导力

计算思维需要指导教学及评价的开展,所以框架刻画需要体现应用性。布伦南框架中便有对应用(实践)的重视,这种重视在布鲁姆认知目标分类中也有表现,尤其是其指向高阶思维的几个阶段,表现为在指向应用的基础上解释高阶思维或深度学习的发生,直接面向学习者的认知过程。考虑到该体系在面向结合实际问题的应用方面思想表达较为丰富,可以借鉴其指导计算思维框架的建设。

根据前文,实践过程凸显应用性特征。实际上,应用性不仅体现在实践过程。实践过程作为学习(思维)过程关联知识与素养。因此,与实践过程相关的所有侧面都需要体现应用性,涉及如何面对知识,如何使知识与思维、知识与素养间建立连接。于是,对应用性的阐释可以归纳为三个方面:其一,用结构化的方式刻画计算思维框架,即分解为不同维度,以充分展示各个方面。各维度相互配合形成框架结构,综合指向素养培养。其二,结构化并学理贯通说明其内在关联。即利用学理依据诠释维度之间的内在关联,特别是以过程关联概念与观念,阐明维度之间的逻辑关系。其三,每个维度内进行层级规划,体现学习者的发展。要求每一层都有独立的意义,都可以在教学中单独展开;每一层都

指向(面向实践的)应用,能够引导教学开展;层级之间呈清晰的递进关系。如此兼顾结构性与应用性可以保证内涵的丰富,实现对教学过程(引领)与结果(追求)的双重关注,对教育目标的刻画会更为全面。

四、“概念—思维—观念”计算思维框架

根据分析结果,我们使用“概念—思维—观念”来描述作为核心素养的计算思维,即用概念指称“它”,用观念丰富“我”的内涵,用思维描述真实发生的过程,三者总体上升为“我”,即素养。“概念—思维—观念”结构与新课改三维目标有一定程度的契合,一方面印证该结构的合理性,另一方面也可为新课改三维目标提供理论支持。为进一步增强操作指导意义,将各个维度有依据地分解为整体一致、相互关联、渐次叠进的三个层次:概念分为基本概念、核心概念、大概概念;思维分为关联、抽象、系统化;观念分为局部、聚合、全局。为方便描述与理解,按照概念、观念、思维的顺序进行讨论。

(一) 概念(基本概念、核心概念、大概概念)

概念指向对象性知识,体现对相应内容的关注。新一轮课程改革中倡导学科大概概念,在课程方案及学科课程标准中都有体现。大概概念被视为认知结构中重要的关联点^[22],提供了构建理解的认知框架或结构^[23]。这说明大概概念具有结构性。据此,大概概念可以由其下不同层级的概念来解释^[24],即大概概念是以概念为标识的结构性体系,也是知识体系的一种指称方式。与认知心理学上所称的“知识结构”相比较,更强调自上而下和自下而上的体系的力量。如此使其在用作教学目标描述上具有明显的优势。考察义务教育课程标准:生物课程中有大概概念、重要概念、次位概念的形式^[25];地理课程中有宇宙—地球—地表—世界—中国的内容结构^[26];信息科技课程中采用课程逻辑主线,体现大概概念的结构性。

因此,我们在所给出的一般性描述框架的意义上,将概念分为三层,即大概概念、核心概念和基本概念,形成一种树状结构以彰显结构性。下层概念为上层概念做支撑与说明,是上层概念的分解与展开;上层概念是对下层概念的抽象与提炼。分层是为了教学或评价的需要,框架中将概念划分为三层,用于体现大概概念的树状结构并说明逻辑关系。对三个维度而言,三层之“三”只是用于说明该维度上的层级与渐进,各学科课标设计或一线教学都可以有适合自己的理解,比如划分为四层等。

(二) 观念(局部、聚合、全局)

根据前文,概念、过程、观念三个维度综合呼应了三维目标,在结构上都可以视为完备系统。所以观念

与情感态度、价值观目标相关联是合理的。布伦南等对观念的认识,源于对儿童认识及其变化的归纳,所以,框架对观念的认识相对较为下位,缺少进一步抽象或认识的提升,难以完成其从概念开始发展并能逼近素养的功能。因此,根据与情感态度、价值观之间的关联来理解观念是一种可行的思路。

以此说明,观念作为素养的一个侧面,可以用来表达人的内在品质。因此,伴随主体的构造过程,基于概念形成观念最终上升为素养。实际上,采用观念来指称一个维度,正是因为有利于说明其与概念、思维维度间的内在关联,从而确保其内涵的准确与丰富。即观念是具体的产生在与知识(对象)相遇的思维(过程)之中的特定的东西,所以可以在具体发生的基础上进行抽象提升。另外,情感态度与价值观基于概念发展,与学科知识紧密相关。如此定位,观念得以植根于对学科本质的把握,不会流于泛泛而谈的诸如“热爱家乡”等具有普适性的、脱离具体内容的情感描述,从而避免类似“情感态度与价值观”遭受的质疑。

观念的形成是一个发生发展的过程,为了刻画观念形成与发展的渐进性,该维度上下两层分别用全局和局部来描述,中间层用聚合^①来表示。局部观念水平是指学习者初步形成学科某一模块内的观念。即学习主体在利用计算机科学领域的思想与方法解决某一模块问题的过程中,通过体验、认识及内化等过程,在掌握方法的基础上,初步形成解决问题的思维方法系统,并对此类问题形成自己的立场及态度。此时的观念只是局限于学科的某一模块,且还不够稳定,具有变化的可能。全局观念水平则是指学习者具备系统的、能够作用于全学科范围的方法论与价值观等。即学习主体面对学科问题,业已形成相对稳定的思考问题、解决问题的思维方法系统,并能迁移到真实世界的问题解决中,由此形成符合信息社会需求、有助于促进信息社会健康发展的普遍价值观。从局部到全局,体现观念发展变化的过程,是观念逐步成熟的过程,也是观念作用范围越来越大的过程。聚合是指向两者的中间状态,且是特别强调其动态发展的那个状态,从局部走向全局的状态。

采用局部、聚合及全局的层级性框架来描述观念,有利于揭示该维度的内在机制,三个层次是关于学习发生的奠基性内在规律的描述。在此意义上,与概念、思维两个维度在内在规律把握思想上保持一致

性,即局部、聚合及全局三个层次共同描述观念,刻画观念的发展变化。

概念与观念相关联,可以推测两个维度的层级之间也必然相互联系与影响。譬如,如果学习者只能掌握基本概念,则可以推断出建立在其基础上的观念更多处于局部水平。反之,当观念达到全局水平,则意味着学习主体已然具备了理解与把握大概概念的基础。

(三)思维(关联、抽象、系统化)

1. 思维结构的认识论分析

用“思维”作为过程维度的指称词而不使用“实践”的原因在于:在重视应用(实践)的角度看,“应用”是通过三维框架整体揭示的而不仅仅是“过程”这一个维度;有利于刻画学习过程中学生认识发生的内在机制,因此,更有利于指导教学。本工作依然用问题解决来说明思维过程,而问题解决指向在学习者内部的认知冲突的发生与解决。根据皮亚杰发生认识论思想,特别是其中的系统闭合思想,该维度的层次可以划分为关联、抽象、系统化。原因陈述如下:

最底层是关联。关联是认识发生的根本,是所有意义的原初来源。从认识发生的角度来看,关联是意义的关联,是基于因果关系的关联。因果是所有协调(范畴)的原初根本。所有的关联都是由因果关系而起,意义发生就是意义关联,所以关联成为最为基础的一层。因果关系又可认为包括两层:一层是作为原初意义发生绝对条件的因果关系,另一层是随着主体认识能力的提升逐渐形成的、作为概念的因果关系或关联关系。第一层是绝对的,也是最基础的关联;另一层是发展的,可以视为高级关联,建立在基础关联之上。

最高层是系统化。系统化源于皮亚杰系统闭合思想。系统闭合是一个过程,结果是形成一个闭合系统,与之相伴的是分类与序列化。参照皮亚杰系统闭合思想,闭合系统是一种自我闭合结构,内在转换的发生不要求外部元素的出现,且系统闭合能够以不同的程度完成^[7]。实际上,系统闭合是大系统分化的过程,闭合系统则是大系统分化的结果。儿童刚出生时的世界是一个混沌的整体。自感知运动水平开始,主客体开始分化且与日俱增,伴随协调的形成和分类(两个范畴)^[7],逐步分解、分化出许多小系统,且分化出的系统越来越细,儿童由此得以成长。因此,系统最终是分化的结果,也就是系统化。在此意义上,系统化是认识发展的比较高级的阶段,正是在系统化不断发生的过

①聚合,指分散地聚集到一起。在信息科学中是指对有关的数据进行内容挑选、分析、归类,最后分析得到人们想要的结果,主要是指任何能够从数组产生标量值的数据转换过程。

程中,人的主体性得以逐渐丰富。

中间层是抽象。系统化或系统闭合与分类和序列化是相辅相成的关系,可以视为同一问题的不同侧面:一方面,系统闭合的结果导致分类和序列化;另一方面,系统闭合的过程是分类和序列化的过程,也正是在逐渐成熟的分类和序列化过程中完成系统闭合的。序列化指向运算传递系统的建立;分类建立在属性抽象的基础上,表现为概念化。分类与抽象是对一个问题不同视角的观察。分类是对概念结构从上向下观察,抽象则是自下而上地认识。抽象和分类二者一致,可以视为走向系统化的过程。所以抽象可以作为中间层。

综上所述,关联、抽象、系统化形成问题解决过程的三个层次。关联是基础,具有关联的两个事物会有某种共性,因而可以向上抽象,在不断抽象过程中实现系统化。

2. 思维结构的教育学分析

思维三层结构下沉到教育领域同样成立。认知冲突的发生源于认知空缺或认知矛盾,分别对应新知与已知之间无关联或错误关联,本质上是理解新知与已知之间的关系。一旦清晰了两者之间的关系,根据关系进行认知重组或重建,认知冲突就会得以解决,即认知冲突的解决就是在新知与已知之间建立准确关联。据此,建立关联成为认知冲突解决的基础,也是丰富知识结构(思维结构)的保证。在 SOLO 模型中,关联结构和抽象扩展结构被视为高阶思维。据此,一方面,基于基本的意义关联逐步发展的高级关联属于高阶思维;另一方面,建立在关联结构基础上的抽象拓展结构,其思维结构更复杂。从关联到抽象,意味着因果关系基于基础关联发展至高级关联,进而走向新的高级结构。系统化则可以看作是关联结构及抽象拓展结构的综合,即关联、抽象、系统化的层次关系在教育领域同样成立。

3. 思维结构的学科分析

关联、抽象、系统化的渐进关系在课程标准中也有体现:其一,抽象。在计算思维的表现形式中,形式化与模型化都与抽象有关。周以真认为,抽象过程是计算思维中最重要的高阶思维过程^[9];陈国良等强调,计算学科中的抽象比数学和物理学更丰富^[1]。可见,在结合具体内容的计算思维问题解决过程中,抽象是重要的一环。其二,系统化。系统化在计算思维内涵中被描述为反思、总结、优化、迁移等,意味着经历抽象过程,将具体问题与具体方法的关联抽象为一类问题与一般方法的关联,即对问题、方法形成相对系统的认识。这也说明关联、抽象、系统化层级在学科中的合理性。

基于以上思考,作为素养的计算思维框架如图 1 所示。

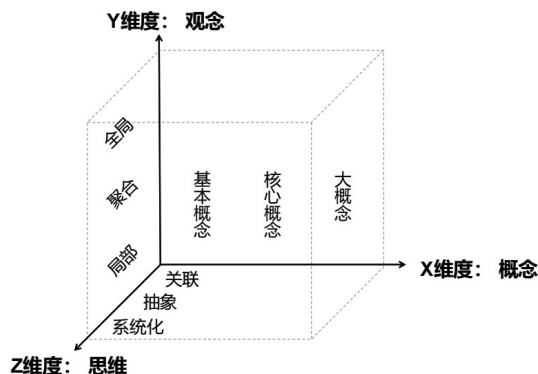


图1 作为素养的计算思维框架

概念与观念之间通过思维过程实现关联,思维过程作为桥梁,在层级上必然与概念维度、观念维度有紧密的联系及相互影响。概念是在思维过程中发生的认识成就,理解大概念意味着对大概念对应的整个概念树的理解与把握,这需要经历系统化思维过程。与此同时,在观念维度,经历系统化思维过程形成的极有可能是全局观念水平,体现思维过程在实现从构造对象到发展自身的关联中的作用。同理,理解核心概念意味着对基本概念组的整体把握及其与大概念关联或关系的贯通,这需要建立在关联基础上的抽象思维过程的参与,同时,在构造自我的过程中,观念维度达到聚合水平。

五、结 语

概念、思维、观念从三个维度描述计算思维,综合指向人的内在品质刻画,体现对计算思维作为培养目标的认识方式。用问题解决诠释的思维(过程)作为概念与观念关联的桥梁,解释二者关联的机制,实现从概念到观念,进而上升为素养。各维度内的层次之间呈现递进关系,前一层为后一层作基础,后一层在前一层的基础上提升。整个框架体现了对结构性与应用性的双重关注。需要说明的是,框架基于学习主体构造过程的“它—我”结构而进行建构,其间,哲学层面的“它—我”结构下沉至教育领域,具体化为“知识—素养”结构,这为本文建议用“概念—思维—观念”结构来描述人的发展提供了学理依据。这一过程是哲学认识指导学科的过程,也是“它—我”结构落地的过程。

三个维度虽有各自的侧重,但相互之间又有必然的联系与影响,包括各维度的层级之间。因为这种本质上的内在联系,所以三个维度相互协调,体现皮亚杰发生建构思想演绎出的学习,即学习是发生在学习者内部的、基于问题解决的知识构造与思维能力发展的过程^[28],也是素养得以培养与提升的过程。

分析“概念—思维—观念”框架,三个维度体现知识与思维发生发展逼近素养的本质,具有一般性意义,每个维度的分层又体现自身的发展逻辑,也具有一般性价值。因此,可以推测,三个维度实际上是建立了一个新的培养目标描述框架,或者是建立了一个理解培

养目标的方法论框架,同时也为新课改三维目标提供了一种解释方案。因此,本描述框架的意义可能不限于计算思维本身,而具有一定范围的适用性。如或可用于具有相似属性或内容关联的科学或技术类课程,当然还有待详细论证。

[参考文献]

- [1] 陈国良,董荣胜.计算思维的表述体系[J].中国大学教学,2013(12):22-26.
- [2] 冯友梅,王昕怡,刘晓蕊,等.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[J].电化教育研究,2023,44(1):84-90.
- [3] WING J M. Computational thinking[J]. Communications of the ACM,2006,49(3):33-35.
- [4] WING J M. Computational thinking: what and why? [DB/OL]. (2010-11-17) [2023-06-21]. <http://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf>.
- [5] WING J M. Research notebook: computational thinking—what and why[J]. The link magazine,2011,6:20-23.
- [6] ISTE&CSTA. Operational definition of computational thinking for K-12 education [EB/OL]. [2023-04-27]. <https://cdn.iste.org/www-root/ct-documents/computational-thinking-operational-definition-flyer.pdf>.
- [7] PAPERT S. Mindstorms: children, computers, and powerful ideas[M]. New York: Basic Books, 1980.
- [8] 中国计算机科学与技术学科教程 2002 研究组.中国计算机科学与技术学科教程 2002[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [9] 陈赞安,李宇宇,尹以晴,等.从算法到参与构建计算模型:人机协同视域下计算思维的内涵演进与能力结构[J].远程教育杂志,2021,39(4):34-41.
- [10] 钟柏昌,李艺.计算思维的科学涵义与社会价值解析[J].江汉学术,2016,35(2):88-97.
- [11] BRENNAN K, RESNICK M. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking[C]//Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association. Vancouver: AERA, 2012:1-25.
- [12] 丹·扎哈维.胡塞尔现象学[M].李忠伟,译.上海:上海译文出版社,2007:39.
- [13] 倪梁康.胡塞尔现象学概念通释(修订版)[M].北京:生活·读书·新知三联书店,2007:408,432.
- [14] 刘延革,冯林.大观念统领下单元学习任务的开发[J].中小学管理,2021,366(5):32-35.
- [15] 冯春艳,陈旭远.以大观念为中心的教学:基本内涵、价值向度及设计路径[J].教育学报,2021,17(3):85-94.
- [16] 崔允灏.论大观念及其课程意义[J].上海课程教学研究,2015,2(10):3-8.
- [17] 李艺,冯友梅.支持素养教育的“全人发展”教育目标描述模型设计——基于皮亚杰发生认识论哲学内核的演绎[J].电化教育研究,2018(12):5-12.
- [18] 张沿沿,冯友梅,顾建军,等.从知识结构与思维结构看思维评价——基于皮亚杰发生认识论知识观的演绎[J].电化教育研究,2020(6):33-38.
- [19] 侯家英,李艺.“胡塞尔—皮亚杰”视角中的康德知识学框架的改造[J].电化教育研究,2021,42(8):19-25.
- [20] 张浩军.从形式逻辑到先验逻辑——胡塞尔逻辑学思想研究[M].北京:首都师范大学出版社,2010:103.
- [21] 梅洛-庞蒂.知觉现象学[M].姜志辉,译.北京:商务印书馆,2001.
- [22] 格兰特·威金斯,杰伊·麦克泰格.追求理解的教学设计[M].闫寒冰,宋雪莲,赖平,译.上海:华东师范大学出版社,2017:75.
- [23] CLARK E T. Designing and implementing an integrated curriculum: a student-centered approach [M]. Brandon, VT: Holistic Education Press, 1997.
- [24] 朱彩兰,陈彤,李艺,等.关联思维的内涵与形成路径研究[J].电化教育研究,2023,44(5):29-35,43.
- [25] 中华人民共和国教育部.义务教育生物学课程标准(2022年版)[M].北京:北京师范大学出版社,2022:8-32.
- [26] 中华人民共和国教育部.义务教育地理课程标准(2022年版)[M].北京:北京师范大学出版社,2022:2-6.
- [27] 皮亚杰.发生认识论原理[M].王宪钊,等译.北京:商务印书馆,1981:41,26.
- [28] 白倩,李艺.皮亚杰发生建构思想下的学习发生[J].电化教育研究,2022,43(12):11-17.

(下转第87页)