

创造性探究：课堂组织与技术支持

陶丹¹ 张建伟²

(1. 北京师范大学未来教育高精尖中心, 北京 100875;
2. 纽约州立大学奥尔巴尼分校, 美国 奥尔巴尼 12222)

【摘要】 创新人才培养需要更加开放和动态的学习环境。尽管探究式教学为教育创新提供了一种潜在方式,但课堂实践常将探究过程简单化为任务流程,不利于学生主体性和创造性的发挥。为了实现从流程化探究到创造性探究的转变,本文首先总结了创造性探究的核心特征,分析了教育情境中实施这种探究面临的挑战,提出了一种创造性探究的课堂组织方式——集体探究结构反思生成。然后,基于上述理念设计了集体思维脉络图谱系统 ITM,并在小学科学课堂中开展了大量基于设计的研究。文章最后系统分析了如何使用集体探究结构反思生成的方法和 ITM 在课堂中组织动态创造性探究,探讨了这种方法对于我国开展课程和教学改革以及教育技术设计的启示。

【关键词】 创造性探究; 认知能动性; 知识建构; 反思生成; 思维脉络图谱

【中图分类号】 G633.7

【文献标识码】 A

【文章编号】 1007-2179(2022)03-0004-14

若干年前,众多学者还在用笔墨描绘 21 世纪可能带来的新变化和新挑战。如今 21 世纪的新景象已清晰地呈现在人们面前,变化之剧烈、挑战之复杂远超世纪之初的想象。人类社会在诸多领域不断实现知识增长和技术创新,但面临的新问题和新挑战也层出不穷。从环境污染、气候变化到全球瘟疫及种族冲突等,这些问题高度复杂且不断演化,每个问题的解决往往引出更多新的问题。在这些重大的问题和挑战面前,人类拥有的集体知识显得尤为不足,即便是各领域的专家也没有明确的答案。正如著名学者托马斯·霍默·迪克森(Thomas Homer-Dixon)指出的,21 世纪人类面临的最大的

挑战是如何应对知识需求与知识供给之间不断拓宽的鸿沟(Homer-Dixon, 2000)。

在此背景下,世界各国都在致力于深层的教育改革,调整教育目标、内容和方式,将知识创新与问题解决能力作为学生的核心素养来培养(Morin, 1999; OECD, 2008; Trilling & Fadel, 2009; Wagner, 2012)。这些改革试图将高水平思维、问题探究和协作创造活动整合到课程内容与教学中,并不断创新技术和学习环境,支持学习和教学方式变革。自 21 世纪初,我国启动了新一轮课程与教学改革,将创新人才培养作为重要目标,推进协作式、探究式教学和研究性学习。到目前为止,协作、探究式

【收稿日期】 2022-01-12

【修回日期】 2022-04-16

【DOI 编码】 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2022.03.001

【基金项目】 美国自然科学基金会赛博学习基金项目“促进在线对话的集体进展以支持持续的知识建构”(1122573);美国自然科学基金会赛博学习基金项目“连接不同共同体的思维脉络以支持持续的知识建构”(1441479);中国博士后科学基金面上项目“面向小学科学教育改革的教师培训与课堂设计研究”(2019M660522)。

【作者简介】 陶丹,博士后,北京师范大学未来教育高精尖中心,研究方向:协作知识建构、学生驱动的协作探究、学习科学视角的科学教育(dantao1106@gmail.com);张建伟,博士,副教授,纽约州立大学奥尔巴尼分校教育学院,研究方向:协作知识建构、学习分析与技术设计、基于原则的课堂设计与创新(jzhang1@albany.edu)。

【引用信息】 陶丹,张建伟(2022). 创造性探究:课堂组织与技术支持[J]. 开放教育研究,28(3): 4-17.

学习已经逐步在中小学课堂中开展。然而, 探究活动的实施多以教师规划的探究任务为主, 往往“有形少实”(裴新宁等, 2018)。如何在教学中实现更真实、动态的探究, 支持学生主体性和创造性的发挥, 是教育研究者需要解决的重要问题(Duncan & Chinn, 2021; Gutierrez & Barton, 2015; Ko & Krist, 2019; Miller et al., 2018; Tao & Zhang, 2021)。

本研究将围绕创造性探究重点解决以下两个问题: 1) 什么是创造性探究? 我们将以知识创新和知识建构共同体的相关研究为基础, 分析创造性探究的特征及实施挑战; 2) 如何在课堂中设计和支持创造性的探究过程? 基于近期开展的一系列课堂研究, 文章提出了创造性探究的动态组织和引导方式, 同时阐述这一方法的核心要素、技术支持和课堂实践。

一、从流程化探究到创造性探究

近 20 年来, 研究者对不同形式的探究式学习开展了深入研究, 如基于问题的学习(Lu et al., 2014)和基于项目的学习(Krajcik & Shin, 2014)等。探究式学习和教学为培养学生问题解决和知识创造能力提供了可能途径。与此同时, 国内外探究式教学实践也存在很多缺陷, 具体包括: 课堂中探究式学习常被简化为固定的任务流程, 缺少创造性活动所需要的动态思维和开放互动过程; 探究任务和过程常由教师设定, 包括探究问题的选择、问题解决流程的规划、小组的任务分工以及各阶段需要的资源和工具等; 学生参与往往局限于完成教师安排的探究任务, 而非发现问题、形成探究方向和引领协作过程(裴新宁等, 2018; Rogat & Linnenbrink-Garcia, 2011)。同样, 在计算机支持的协作探究环境中, 研究者也针对探究过程和角色分工为学生设计各种协作脚本, 支持和引导探究过程(Fischer et al., 2013; Kirschner & Erkens, 2013)。在这种引导模式下, 学生发挥自主性和创造性的空间非常有限。正如一些研究者所警告的, 将探究式学习转化为预先设定的问题和流程的做法有悖于真实科学探究过程所具有的创造性、动态性和不确定性的本质特征(Crawford, 2000; McComas, 2020; Osborne & Collins, 2001)。

为突破当前课堂探究和教学结构的局限, 教育研究者呼吁设计更加开放、动态的学习环境, 支持

学生探究过程中的主体性和创造性的发挥(胡卫平等, 2021; Ko & Krist, 2019; Miller et al., 2018)。本研究团队近期针对创造性探究过程开展了系列研究(Tao & Zhang, 2018, 2021; Zhang et al., 2018, 2022), 提炼出创造性探究的核心特征。

首先, 创造性探究关注开放、拓展的探究目标和持续深入的探究过程。创造性探究一般发生在相对开放的探究空间中, 鼓励学生按自己好奇的问题和想法确定探究方向和推进探究过程。学生在探究过程中并非是要完成某个具体、孤立的探究任务, 而是要把每步探究看作是对已有知识的拓展和对下一步深入探究的准备。随着探究进程的展开和知识的增长, 学生会发现更多问题和未知, 持续拓展探究过程(Engle et al., 2012; Engeström, 2014; Scardamalia & Bereiter, 2014)。例如, 在小学四年级的光学课程中, 学生们先探究彩虹是怎样形成的。他们通过实验和阅读发现, 彩虹是雨后悬浮在空气中的水滴分解太阳光而出现的颜色。然而, 他们并不满足于这一“标准答案”, 又提出了一系列更深入的问题, 如为什么彩虹的颜色总是按照同样的顺序排列? 为什么天空中的彩虹总是半圆形的? 在这些问题的引导下, 学生们开展了进一步的探究活动, 形成了关于光谱等复杂概念的深入理解(Zhang et al., 2007)。在这样的课堂中, 学生的探究进程会随问题的演化和知识的增长而动态延伸。这种不断发现问题、持续探究、超越已知的思维发展历程和习惯是科学创造的核心。

其次, 创造性探究需要学生开展持续的课堂对话和灵活的互动协作。研究表明, 创新共同体(如创新公司的研发团队)需要为成员提供开放的社会环境, 采用灵活的互动调节机制, 鼓励参与持续的对话和协作共同解决不断涌现的新问题, 进而激发创新(Gloor, 2006; Sawyer, 2015)。参与者的互动协作具有自组织性。他们常常开展即兴、开放的对话和讨论, 而非按照上级的集中安排, 分别完成任务然后分享汇报。用索耶(Sawyer, 2007: 19)的话来说, 知识创新的社会过程就像是无脚本的、协作演出的即兴戏剧, 没有事先设定的话题、议程和发言顺序, “共同体成员进行复杂的、不可完全预测的互动, 创造性在这样的互动中形成和展现”。在这一过程中, 参与者产生了多元化思考, 并进行深

人考察,有选择地保留和整合有关想法,构造新的、更复杂的知识产品和问题解决方案。与这种动态的协作方式迥异,当前探究性教学往往采用教师主导的任务设计和固定小组分工完成特定任务。为支持创造性的思维过程,探究型课堂需要更灵活的互动对话和协作方式。基于此,本研究构建了一种“机遇性动态协作机制(opportunistic dynamic collaboration)”。在这种动态协作中,探究小组因探究兴趣的交叉而形成,集合每个成员独特的知识背景和探究风格,以灵活多样的协作和对话开展持续探究(包括小组内协作、全班交流以及个人探究)。随着探究目标和需求的变化,探究小组也动态重组。相关研究表明,相对于固定小组协作,机遇性动态协作更能促成更高水平的互动和对话,每个学生参与多个主题的规划和探究,为整个班级的知识增长做出更多贡献(Siqin et al., 2015; Zhang et al., 2009, 2022)。

第三,动态、创造性探究需要学生发挥更高的认知能动性(epistemic agency),作为创造的主体参与探究进程的规划、追踪和协调。在教育研究中,斯卡德玛利亚等(Scardamalia & Bereiter, 1991)最早引入认知能动性概念,强调学生在确定学习目标和规划学习过程中承担高阶认知责任。在此基础上,学习科学和科学教育领域的研究者拓展了这一概念的社会和文化内涵,强调学生在利用各种学习资源实现学习目标、改变所处情境以及基于认知需求改造活动结构和资源等过程中发挥的作用(Damsa et al., 2010; Varelas et al., 2015)。基于这些文献,本研究将认知能动性界定为学生为了实现共同的探究目标而对个体和集体探究过程进行决策和管理、承担主体责任的行为过程。具体来说,学生承担认知责任的范围包括:1)应探究什么(目标)?2)该如何开展探究(过程)?3)应怎么合作?每个成员应承担什么角色?如何做有效的贡献(社会互动和参与)?(Schwarz et al., 2017; Zhang et al., 2018)在当前的探究式教学实践中,教师往往扮演探究要素的决策者角色。创造性探究需要发挥学生的主体作用,直接参与高阶决策,同时不断反思和调整自己的参与方式,对整个班级的探究实践发挥影响力。学生的主体意识和认知能动性的发挥是创造性探究的动力来源。

在众多探究式教学模式中,知识建构教学法(knowledge building pedagogy)是强调创造性探究的例子(Scardamalia et al., 2005; 张义兵等, 2012)。这种教学法由加拿大学者马琳·斯卡德玛利亚和卡尔·博瑞特提出,目的是帮助学生在课堂中实现真实的知识创造。在知识建构型课堂中,学生需要共同承担传统课堂中由教师全权代理的认知责任,如界定探究问题、规划探究活动、追踪和评估探究进展进而形成深层次的探究方向等(Scardamalia, 2002)。在具体课堂设计中,知识建构教学强调以知识建构的基本原则引领教师和学生弹性参与,依据探究问题和需求的动态变化决定具体的探究方式。知识建构原则包括真实性问题和想法的持续改进、集体知识与共同责任、知识建构对话、学生的认知能动性等(张建伟等, 2005; 张义兵, 2018)。基于这些原则,课堂的探究应关注学生兴趣驱动的、开放性的探究问题。探究的目标不是仅仅找到问题的“正确”答案,而是不断持续改进自己和同伴提出的想法以便形成更好的解释和更深入的理解。随着深层次理解的形成,学生会产生更多值得探究的问题。过去三十多年的研究和实践表明,知识建构教学对学生的学科知识掌握和21世纪技能(如合作、问题解决等)的培养均有显著影响(Chan, 2012; Chuy et al., 2011; Gan et al., 2010; Lee, Chan, & van Aalst, 2006; Moss & Beatty, 2010; Tao & Zhang, 2021; van Aalst, 2009; van Aalst & Chan, 2007; Zhang et al., 2007)。当前,知识建构教学研究面临的一个挑战是如何使开放的课堂组织和动态的交互过程更透明和易于实施,从而在能更多的学校和地区推广,促进广泛的课堂变革。

二、创造性探究面临的实践挑战与研究需求

在课堂教学中组织创造性探究并非易事,在我国教育文化环境和学校组织方式下实施和推广创造性探究尤其困难。在相关课堂实践的基础上,本研究认为开展动态的创造性探究需要克服两大矛盾和挑战。

(一)创造性探究过程的动态性与结构化课堂管理之间的矛盾

创造性探究是学生驱动的自组织过程,需要开

放、动态的学习环境为学生认知能动性和创造性的发挥提供空间。然而,我国教育体制和文化传统强调课堂的有序性,以明确的目标和任务引导和管理学生的学习。因此,在我国教学环境中实施创造性探究必须解决好探究的动态特征与结构化课堂管理之间的矛盾。

针对这一矛盾,研究者需要探索以学生为中心的探究式课堂所需要的引导结构。在当前的探究教学实践中,教师常常使用提前设计的探究任务和流程引导学生参与,学生只是探究流程的实施者(裴新宁等, 2018)。在计算机支持的协作学习和教育技术领域,研究者多年来重视协作脚本的设计,利用脚本为学生的协作探究提供支架和引导(Vogel et al. 2016)。这些脚本设计通常规定明确的探究问题、对话流程、角色分工等,为不善于协作的学生提供引导,提升协作效率和降低认知负载。然而,这种高度结构化的引导方式往往会抑制学生的主体性和创造性。新型的探究引导方式应关注学生的主体参与和认知决策,支持探究过程的动态延展。

(二)创造性探究过程的开放性与系统性知识掌握之间的矛盾

创造性探究是由学生的好奇心驱动的、不断延展的开放过程。亲身参与这一过程对于提升学生的主体性和创造力具有重要价值(Scardamalia & Bereiter, 2014; Sawyer, 2015)。在这种开放探究中,探究的主题、过程和学习结果都不可预测:学生在什么时候使用什么概念、发展什么样的知识以及形成怎样的理解会因学生的兴趣、问题情境和参与方式而有所不同。鉴于此,教师和相关教育管理部门往往担心这样的探究式教学难以促成学生掌握系统性知识,后者也一直是我国基础教育的重点和优势。在新课程改革推动协作探究等教学方法的过程中,一些研究者提出这样的教学会弱化知识掌握,牺牲课程内容的严密性,失去教育的传统优势(和学新等, 2012; 王策三, 2004)。

未来的教育改革无疑需要同时重视学生扎实的基础知识掌握和创造能力的培养。例如,2017年教育部出台了《义务教育小学科学课程标准》,强调以科学核心概念统领课程内容,在科学教育中突出学生的主体地位和推进学生兴趣驱动的科学

实践的重要性(中华人民共和国教育部, 2017)。但教师在课堂教学中实施这样的课程标准和教学转变任务艰巨。教育研究者需要深入研究学生驱动科学实践的发生机制,探索如何面向核心课程内容规划和组织创造性探究,促进高水平的协作互动和思维发展,帮助学生形成系统、深入的知识。这些研究主题对于我国课程和教学改革至关重要(胡卫平等, 2021)。

学生驱动的创造性探究需要何种与之相应的课堂组织和引导方式?如何通过学生驱动的创造性探究促进主体参与和系统性的知识建构?这两个问题是课题组近十年来与北美三所小学合作开展课堂研究工作的核心内容。课题组以基于设计的研究作为基本方法,探索和改进课堂探究的组织 and 引导方式,并结合课堂需求设计和开发新的网络协作支持系统。这一研究的两项重要成果如下: 1)面向创造性探究的课堂组织方式:集体探究结构的反思生成。2)面向动态探究过程的可视化技术支持系统:集体思维脉络图谱(Idea Thread Mapper, ITM),并就相关课堂研究进行总结和反思。

三、创造性探究的课堂组织方式

为了解决上述挑战,本研究在近期一系列课堂实践的基础上提出了一种创造性探究的动态组织方式:集体探究结构的反思生成。依照社会学和组织科学等领域的相关理论,人类社会实践活动之所以能有序又不断变革演进,一个核心机制是通过各种“社会结构”(如市场机制、法律)进行调节。社会结构是实践活动的图式(或类比为语法),它在社会实践中形成,进而指导和调节社会成员的参与方式,同时又在社会实践中被调整 and 重构,最终带来社会实践的革新演进(Archer, 1995; Giddens, 1984; Sewell, 1992)。基于社会结构的生成和重组视角,本研究考察了多个知识建构教学共同体,分析有经验的教师如何有效地组织和引导学生驱动的动态协作和开放探究。结果发现,这些教师有意识地让学生参与探究目标和探究过程的建构,形成集体引导结构(如由学生共同生成探究问题和方向)。在这些共生探究结构的引导下,学生的参与和互动不再完全依赖于教师的指令。基于这些实证分析,本研究提出了“集体探究结构的反思生成”

(reflective structuration)的概念和设计框架,支持知识建构共同体的自我组织和集体调节(Tao & Zhang, 2018, 2021; Zhang et al., 2022)。简单地说,集体探究结构反思生成指学生作为认知主体在知识建构的过程中同时参与探究活动系统的设计,共同生成探究的方向、过程和协作结构,为个体、小组和集体的探究行动提供指引和调节。

(一)利用共生的课堂结构组织动态协作探究

系统化教学设计侧重于使用教师或其他设计者预定的结构规划学习的方向、内容和过程。这种方法也同样被用来设计流程化的课堂探究。集体探究结构反思生成重在利用“共生的结构”组织动态的协作探究进程。在探究初期,教师可能需要引入事先设计好的任务和活动启动探究;在这些初步探索的基础上,让学生参与探究活动系统的反思和规划,共同生成探究结构引导后续的协作探究过程。这种共同生成的探究结构成为课堂成员共享的解释框架,帮助学生解读不同成员的探究兴趣、参与方式和知识进展,形成对协作探究的反思意识和动态调节。这些集体探究结构的具体维度包括:1)探究目标:作为一个知识建构共同体,应探究什么?在哪些方向开展协作探究?2)社会互动和参与结构:每个成员与哪些人协作?分别探究什么内容?3)过程结构:共同体成员该如何开展深入的探究和高质量的互动?4)信念结构:作为一个共同体,该基于哪些基本原则和规范(如尊重多元观点)开展协作探究?在课堂中,这些共同生成的探究结构常被物化为具体的引导资源,以各种可视化的形式表征和呈现以上结构(Tao & Zhang, 2018, 2021; Tao et al., 2018)。例如,教师鼓励学生提出和分享探究问题,共同构建集体探究问题列表,体现整个班级的探究兴趣和方向。这种图示可以挂在教室前方或上传到网络学习空间,引起学生注意。随着探究的深入,学生会形成新的问题和兴趣,发现不同探究方向之间的交叉点。教师可以组织学生讨论和反思集体探究的知识进展和新的探究需求,更新集体探究问题列表,引导学生下一步的探究工作。

(二)探究结构生成与学科知识建构交互推进

知识建构共同体成员参与双重建构:一方面开展具体探究活动,围绕相关问题和核心概念建构学科知识,同时也参与对共同体探究活动系统的反思

和重组(Engeström, 2014)。学科知识建构和集体探究结构生成是创造性探究过程的两个方面,交互推进,促进协作探究过程的深入和动态延展。基于长期的课堂探索和实践,本研究总结出创造性探究的可能进程:1)引入早期活动结构指导学生的开放性参与和初步探索。教师根据课程要求设计导入活动,引发学生对探究核心主题的兴趣,在此基础上开展初步探究,提出问题和想法。2)反思参与,形成集体探究结构。在开放探究的基础上,教师组织学生反思和分享各自感兴趣的问题和想法,开展集体讨论,生成整个共同体的探究方向和协作方式。3)以共生的结构引导逐步深入的知识建构。在共同构建集体探究方向的引导下,学生基于兴趣确定自己的角色和选择小组,开展知识建构活动。4)集体知识的增长进一步促进探究结构的重组。随着探究活动的推进,学生对核心探究问题的理解逐步深入,产生新的、更进一步的探究问题。在协作探究过程中,学生围绕共同感兴趣的新问题组建探究小组,开展更深入的协作。面对探究过程的这些变化,整个班级开展集体反思和讨论,共同确定集体知识进展和新的探究方向,形成新的探究结构引导下一步的探究活动。

(三)通过探究结构反思生成促进学生主体性和能动性的发挥

创造性探究需要学生参与探究过程的决策和规划,集体探究结构的共同生成为学生主体性和能动性的发挥提供了重要途径。通过共同构建和调整探究结构,学生有机会参与协作探究过程的组织和决策,最大限度地承担以往由教师代理的众多认知责任(Scardamalia, 2002; Zhang et al., 2009),参与集体探究活动系统的调整和改进。最近开展的一系列研究表明,即便是小学生也有能力共同规划探究的方向和协作方式,开展持续数月乃至学年的动态协作探究。例如,在五年级科学课堂中,学生围绕“人体系统是如何工作的”主题,提出自己感兴趣的问题(如“为什么我们要吃东西”),生成七个探究的“大问题”,如“大脑是如何工作的?”“免疫系统是如何工作的?”“血液是如何在人体流通的?”教师将这些探究“大问题”记录在一张大海报纸上,张贴在教室墙上。这些共同构建的探究“大问题”被用来规划班级的在线研讨空间,组

建动态的协作小组。每个学生根据自己的兴趣聚焦一个探究问题, 关注同一个大问题的学生形成小组。同时, 小组成员随着探究进程和兴趣变化而不断调整。教师和学生利用共同构建的探究问题引导后续探究的开展, 反思个体和小组的探究进展, 跨组分享新知识和新问题。随着协作探究的深入, 班级涌现越来越多的新问题。于是教师组织集体反思活动, 帮助共同体成员了解彼此新的关注点, 在更新集体探究“大问题“(如“不同类型的细胞是如何工作的?”)的同时调整协作小组的构成, 开展下一步的知识建构(Tao & Zhang, 2021)。

综上, 集体探究结构反思生成的动态组织方式为创造性知识建构提供了组织机制。这种机制重在鼓励学生的主体性参与, 实现知识建构共同体的自我组织和集体调节。这种组织机制有助于解决前文中提到的创造性探究实施面临的两大矛盾。首先, 探究结构的反思生成可以化解探究过程的动态性与课堂所需的指导结构之间的矛盾。共同生成的集体探究结构可以为学生个体、小组及整个班级的参与提供必要的引导结构。学生使用这些探究结构规划自己的探究行为, 引导自己参与, 追踪和反思个体和集体知识进展。同时, 这种引导结构是动态和开放的, 可以随探究活动的展开而不断发展和重组。其次, 探究结构的反思生成也可以在一定程度上化解开放探究与系统性知识掌握之间的矛盾, 以相对开放的探究过程支持系统化知识的学习。学生带着不同的问题和想法参与开放的探究活动, 开展灵活的互动和对话。这样的课堂可能看起来有些乱, 但探究结构的反思生成过程可以帮助整个共同体实现“乱中有序”。全班学生在教师指导下共同形成探究的核心问题和方向, 组建探究小组, 讨论关于探究过程和高质量协作对话的规则和标准, 使用有形的资源将这些探究结构物化为探究的指南和框架, 在后期持续使用和动态调整。学生个体和整个班级按照这些结构框架追踪知识建构的进展, 反思探究内容与核心课程目标之间的关系, 有目的地针对核心学科内容开展进一步的探究。一系列课堂研究表明, 通过持续探究, 学生可以形成对学科知识的深度理解, 并在一部分内容主题上超越自己所处年级的课程目标(Chen & Hong, 2016; Tao et al., 2017; Tao & Zhang, 2021; Zhang et

al., 2007, 2009, 2018)。

四、创造性探究过程的技术支持: 集体思维脉络图谱

(一) 技术设计的目的

支持学生认知能动性驱动的创造性探究对教育技术设计提出了新的挑战。第一个挑战是协作探究环境的设计和规划方式。如上文所述, 当前支持协作探究的技术系统多采用预先设定的结构引导和管理学生的参与, 可谓“我(设计者)搭台子、写脚本, 你们(学生)来唱戏”。计算机支持的协作学习环境常采用协作脚本明确学习任务、角色分工和交互方式(Fischer et al., 2013; Kirschner & Erkens, 2013), 基于网络的探究式学习也常为学生提供预先设定好的探究项目、流程和资源。支持创造性探究过程的技术环境需要鼓励学生参与探究方向和过程的决策, 共同构建探究结构, 并有机会对探究结构进行动态调整和拓展(即学生作为协作探究系统的用户有机会基于自身需求“搭台子”, 对演出内容做即兴发挥)。

第二个挑战是网络对话的组织与表征方式。在大多数协作网络平台中, 学生发言常以一系列线性的帖子列表呈现。随着学习活动的开展, 学生发布的帖子可能累积到数百个。这些帖子所反映的讨论方向、核心问题以及内容深度的变化却不透明导致集体的知识进展和新方向难以追踪。学生无法清晰地感知学习共同体的探究目标、探究方向和知识进展, 也就难以规划个人及小组的参与行为。此外, 讨论中产生的众多发帖往往信息分散且繁杂, 通常局限在特定班级的学生之间, 非常不利于跨共同体和跨情境的知识分享。尽管有研究者做了关于跨班级、跨校协作学习的探索(徐晓冬, 2003), 技术支持和设计仍需要更好地解决协作产生的信息超载问题, 在更大范围内发挥协作的潜力, 促进高质量的知识建构。

为了解决以上问题, 本研究设计和开发了协作知识建构的可视化系统——集体思维脉络图谱^①(Zhang & Chen, 2019)。其核心理念是支持学生通过反思共同参与集体探究结构的构建, 促进持续的探究进程和知识建构对话。为支持更广泛的协作和探究, 集体思维脉络图谱整合了跨班级分享的空

间和支持工具。学生能够浏览其他班级学生的探究方向和知识进展,在此基础上对共同感兴趣的挑战性问题,不同班级的学生可以开展协作。目前,集体思维脉络图谱与计算机支持的协作信息平台“知识论坛”(Knowledge Forum)(Scardamalia & Bereiter, 2014)整合使用,帮助学生规划知识建构活动,对协作对话的过程和进展进行可视化反思。

(二)集体思维脉络图谱系统的功能设计

集体思维脉络图谱系统的一个核心功能是帮助学生反思他们关注的探究问题和方向,形成班级需要聚焦的集体探究问题和具体主题(见表一)。图1展示了五年级科学课堂关于人体系统的探究项目。在四年级科学课中,学生学习了生态系统,包括食物链等概念。因此,学生在探究初期提出了很多与食物和能量有关的问题。在反思这些问题的基础上,全班集体讨论共同生成了四个问题领域:“人如何获取和使用食物中的能量?”“消化系统如何工作?”“心脏和肺如何一起工作?”以及“血液怎样在人体中流动?”。教师将这些问题领域分别添加到集体思维脉络图谱系统中(见图1)。每个问题领域代表一个探究的分支方向。例如,学生可以根据兴趣选择一个或多个问题领域作为自己的探究方向,与有共同兴趣的学生组成探究小组开展协作探究。随着探究的深入,学生提出

新的问题,不断拓展已有的问题领域。全班对这些问题进行讨论,决定添加两个新的问题领域“大脑”和“骨骼和肌肉”作为新的分支方向(见图1)。一些学生对自己的探究方向做了调整,转向这些新的问题领域,开展小组探究和协作讨论。

集体思维脉络图谱以可视化的方式组织和呈现学生的在线讨论,支持学生跟踪和反思探究进展。本研究将学生在一段时间内围绕一个探究主题持续进行的在线对话定义为一支共享的集体思维脉络。集体思维脉络图谱按照帖子发表的时间和核心成员对在线讨论进展进行可视化。图2展示了部分学生围绕“消化系统是如何工作的”展开的讨论。在这一集体思维脉络中,学生从一月到四月(见图2的横轴)共发布了22个帖子。随着探究的展开,参与讨论的学生成员可以使用集体思维脉络图谱的“思维进程”工具,反思在线讨论中获取的知识进展,提出进一步讨论的问题。思维进程反思包括三部分:“研究主题和问题”“我们产生的重要想法”和“需要进一步研究的问题”。

为了帮助学生和教师反思探究项目的集体知识进展,集体思维脉络图谱系统提供了多支思维脉络的可视化分析工具。学生或教师可以选择若干思维脉络,生成关于这些思维脉络的全局性图谱。图3展示了上述班级在人体系统探究生成的五支

表一 集体思维脉络图谱系统的主要功能

主要功能	功能描述
集体思维脉络图谱探究项目管理	集体思维脉络图谱项目是一个围绕特定课程主题或者跨学科问题的探究单元。它可以由教师辅助设置,添加对应的学生名单作为项目成员。学生自己也可以浏览一个或多个知识建构共同体项目,从教师那里获取代码加入感兴趣的项目。
对探究方向和小组结构的共同建构和反思调整	- 项目操作面板(见图1)相当于集体思维脉络图谱项目的导航界面,用来规划项目的探究方向和相关的讨论。 - 探究开始时,学生点击“开放问题区”参与开放性探索和讨论。 - 根据新的探究问题和兴趣,教师和学生添加探究“问题领域”(wondering area)。每个问题领域都有一个或者多个讨论主题,每个主题的网络讨论以可视化方式呈现,组织为随时间延伸的集体思维脉络(idea thread)(见图2)。 - 每个学生选择一个或多个问题领域,设置自己的关注点。 - 教师和学生可以通过“活动雷达”追踪每个探究方向或思维脉络下的成员参与情况。
思维脉络的可视化反思	- 每条思维脉络分支代表学生围绕一个探究主题在一段时间内持续进行的知识建构对话。集体思维脉络图谱按照帖子和时间与作者对讨论进展生成可视化图示。学生可以查看自己和同伴在不同时间贡献的帖子,做出回应,开展对话。 - 每条思维脉络下,学生可以通过“思维进程(Journey of Thinking, JoT)”(见图2)工具反思他们在讨论中取得的知识进展。反思包括三个部分:“我们的研究主题和问题”“我们的主要想法”和“需要进一步研究的问题”。 - 教师和学生可以选择若干思维脉络,生成这些思维脉络的全局性图谱(见图3),反思知识进展的全貌以及不同探究方向之间的联系。
跨班级、跨项目分享协作	跨项目共享空间支持不同班级之间的分享和协作。教师可以结合本班的探究项目主题,查询不同学校和不同班级开展的探究项目,发送“伙伴连接(buddy connections)”邀请,开展跨班协作。参与跨班协作的学生能够看到伙伴班级的探究主题、思维脉络以及思维发展历程的总结,提出挑战性的讨论问题,发起跨班级讨论:“超级对话(super talk)”(见图4)。

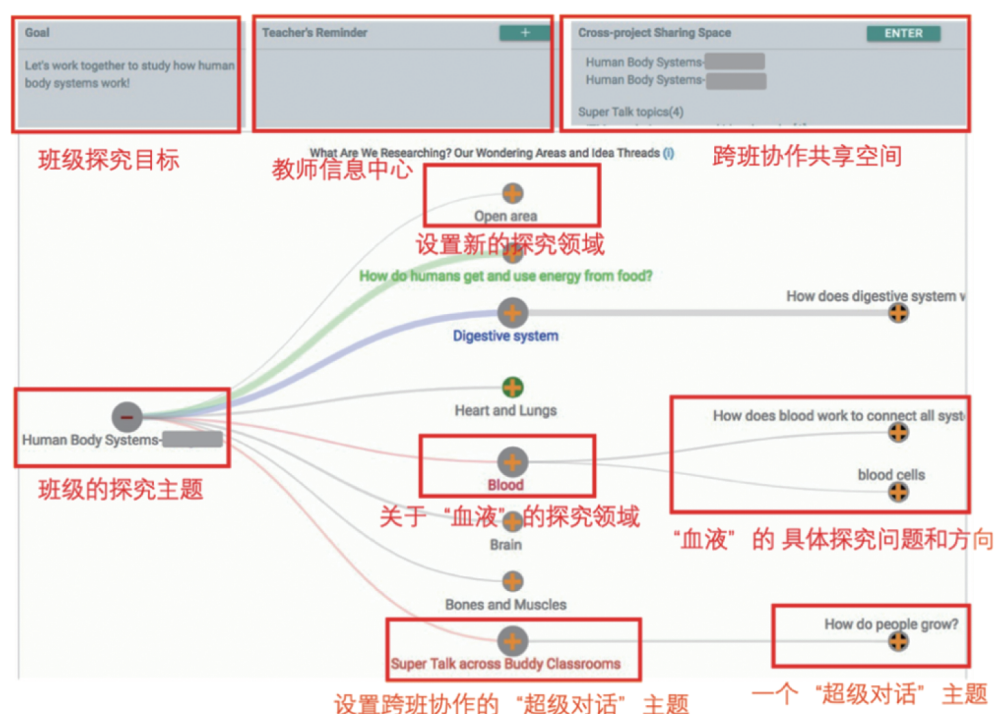


图1 集体思维脉络图谱的探究方向规划面板

共享思维脉络,横轴为在线讨论的时间范围,纵轴为围绕不同主题形成的共享思维脉络。脉络2的讨论启动最早,另外四个主题讨论陆续开展,脉络5(关于骨骼和肌肉)出现最晚。每支思维脉络包括主题、发帖数量和参与人数等基本信息,每个小圆点代表学生的一个发帖,每两个发帖之间的连线表示回应关系。纵向的跨越不同思维脉络的连线代表这些不同主题讨论所共有的帖子,即同一发帖涉

及多个探究主题的内容,可以在不同思维脉络之间建立关联。学生在关于心脏与肺、血液和脑的讨论中形成了丰富的知识关联(见图3)。利用全局思维脉络图谱,学生可以反思共同体知识建构的全貌以及不同探究方向之间的联系,思考如何进一步改善他们之间的协作互动。

除了支持每个班级内部的协作探究,集体思维脉络图谱系统还可以支持跨越不同班级、不同探

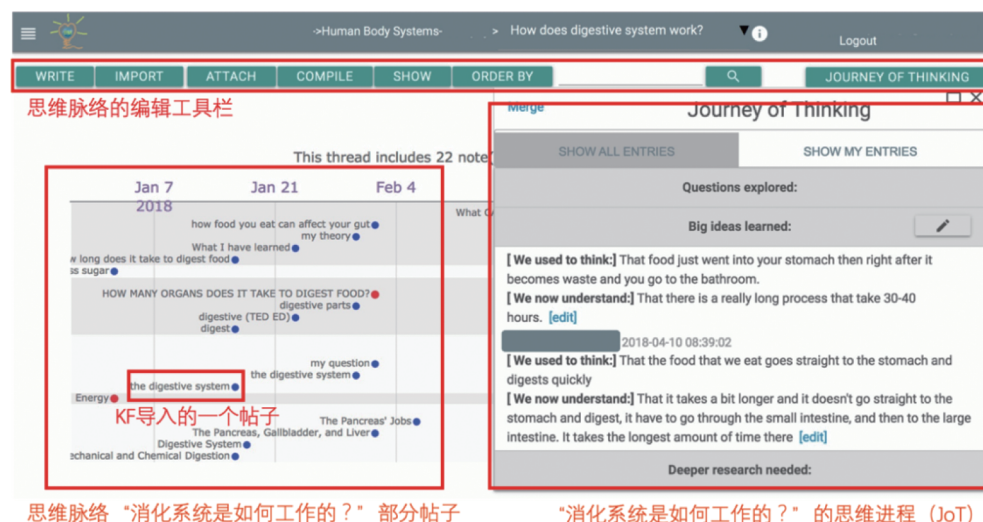


图2 学生利用集体思维脉络图谱生成一支共享思维脉络和思维进程反思

究项目的协作互动, 促进更广泛的知识建构。共同体内部的协作和跨共同体的互动是知识建构系统的两个层面: 共同体内部的协作是基础, 跨越不同班级、不同探究项目的互动是在此基础上的拓展和提升 (Zhang & Chen, 2019)。集体思维脉络图谱系统为跨越共同体协作提供了一个“元空间”, 具体包括如下两种互动方式:

1) 通过“思维进程”反思短文总结和分享探究进展: 随着学生在各自班级开展协作探究和对话, 小组核心成员反思相应问题领域中的探究, 并借助“思维进程”工具共同撰写思维进程的反思短文。每个反思短文总结了学生们围绕特定主题的一系列网络发帖中的知识增长。本研究把这种反思短文称为“超级帖子”(super notes)。这些反思短文的内容能自动与各个协作班级的成员分享, 以便了解彼此的探究方向、知识进展和进一步研究的问题。图 4 展示了几个五年级的班级围绕人体系统建立的跨班协作空间。每个班的学生都可以看到其他班的探究问题和方向, 访问协作班级的思维进程反思短文。通过集体思维脉络图谱提供的关键词搜索工具, 学生可以查找与特定主题相关的思维进程, 了解彼此的知识进展和确定共同感兴趣的探究问题。

2) 通过跨班“超级对话”开展协作探究: 针对共同感兴趣的、具有挑战性的探究问题, 协作班级

发起跨班对话——“超级对话”(super talk)。这种“超级对话”主题通常由学生构思, 而后由教师审核和设置, 一旦获批将成为协作班级共同参与的探究领域(图 1 呈现了一个对话主题)。在各个班级关于人体系统的探究中, 有学生提出了一个涉及不同人体系统的综合问题: “人是如何成长的?” 这个问题被设置为“超级对话”主题, 其它三个班级中关注这个主题的学生也参与进来。这些学生组成新的探究小组, 在所在班级探究的基础上围绕多种视角(如肌肉骨骼、消化吸收、脑机制、睡眠、细胞分裂、青春期等)开展进一步的讨论和探究, 以解释人的成长过程(Yuan et al., 2022 in press)。

五、创造性探究的课堂研究与反思

以集体思维脉络图谱系统和知识论坛为技术支持, 课题组在北美三所小学的科学课堂中开展了多年的基于设计的研究项目, 探索如何帮助教师和学生共同组织创造性探究。在这些研究中, 课题组以丰富的课堂数据分析学生在教师支持下共同生成集体探究结构的过程和机制, 考察这种动态探究组织方式对学生知识建构过程和效果的影响(Tao & Zhang, 2018, 2021; Tao et al., 2017; Zhang et al., 2022)。

(一) 为创造性探究提供动态的引导和支持

如前文所述, 创造性探究面临的挑战是探究过

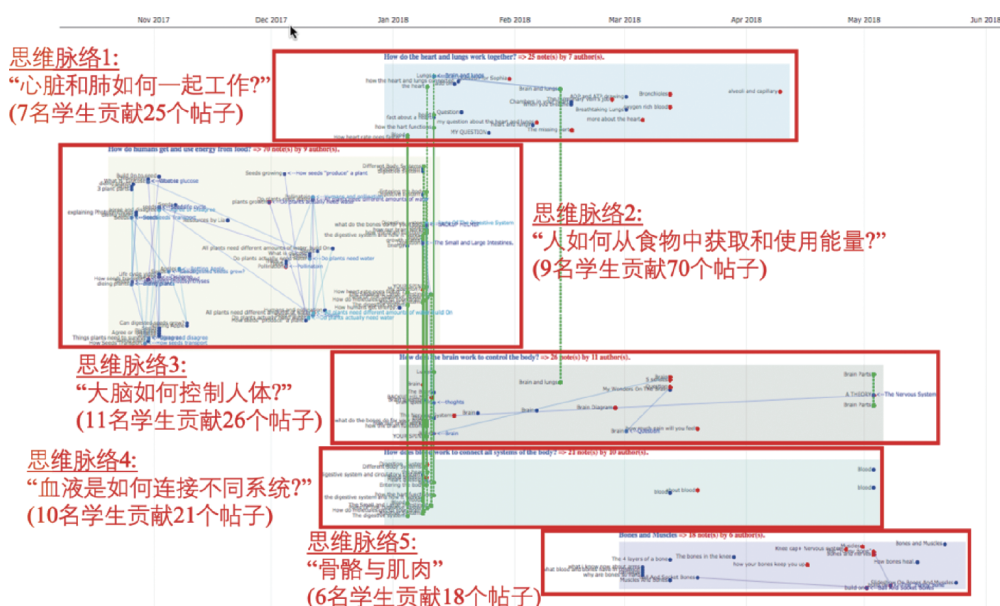


图 3 多支思维脉络的全局图谱

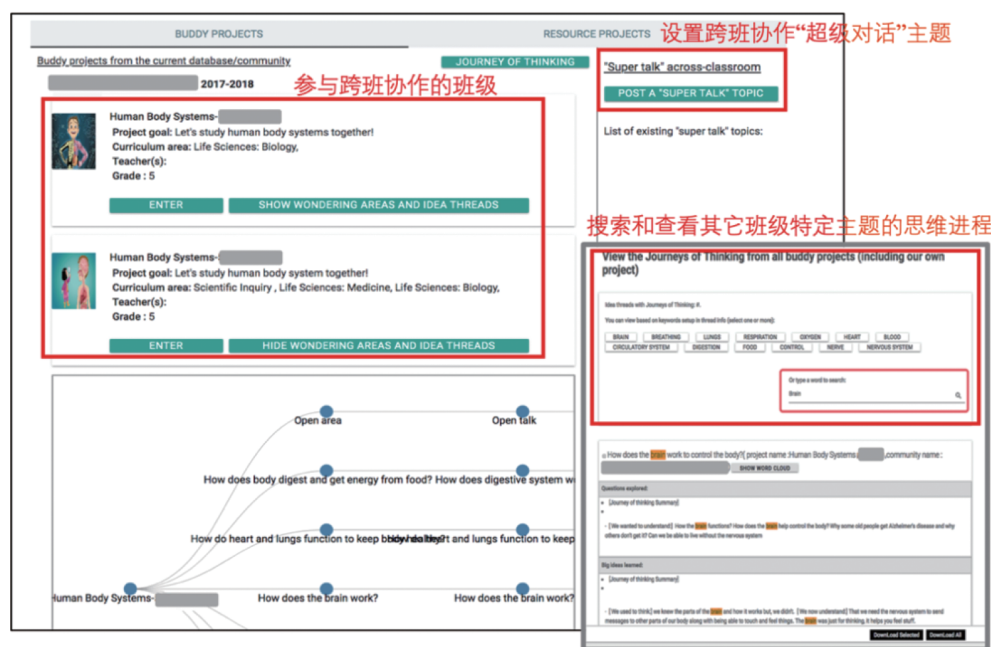


图4 集体思维脉络图谱支持不同知识建构共同体的协作和对话

程的动态开放性与预设结构的课堂组织和引导之间的矛盾。集体探究结构反思生成以及相关的集体思维脉络图谱为解决这一矛盾提供了途径。一方面,这种方式鼓励学生生成探究兴趣、问题和想法,以此作为深化探究的基本动力源。学生有机会在感兴趣的问题和方向上开展多元探究,各种奇思妙想都得到尊重。与此同时,作为一个知识建构共同体,学生在教师的引导下反思探究问题和方向的重要性及可能性,共同生成全班同学都关注的探究问题领域、探究分支和小组协作方式。这些共同构建的探究结构以可视化的技术表征和课堂实物呈现,学生个体和小组可随时查看,教师也能使用这些共同构建的结构了解学生的参与情况,跟踪个体、小组和整个班级的探究行为和知识进展。借助这些内发生成而后加以外化表征的集体探究结构,传统教师的课堂指挥和控制角色可在很大程度上转化为学习共同体的自我组织和协调。这样的课堂表面看起来杂乱无章,但深入观察会发现学生在有目和有序地推进协作探究的进程。

采用集体探究结构的反思生成方式组织课堂探究需要改变传统的系统化教学设计思路,即从教师为主的预先设计(prescriptive design)转变为自下而上的、涌现生发的协作参与设计(emergent co-design)。这种设计过程类似建筑学的“兴趣路径”

(desire lines)策略:为了更好地了解人们对公共空间的使用偏好,景观建筑师会花一段时间邀请人们在需要设计的空间内随意行动,用户会在其中形成自然踩踏的路径,后续设计师将其作为设计蓝图的基础铺设路面(Lidwell et al., 2010)。学生认知能动性驱动的创造性探究也可以参照这种设计思路。本研究总结了教师和学生创造性探究不同阶段承担的主要角色(见表二)。需要强调的是,这四个阶段和角色不是固定或线性的,教师需要结合知识建构的核心原则以及特定的教学情境设计出满足实际需求的教学实施过程。

(二)参与集体探究结构的构建激发学生的主体性

在组织创造性探究和规划知识建构教学时,教师担心这样的探究模式操作起来难度大,学生没有能力达成这样高的期望和要求。然而,在大量课堂研究中,本研究发现学生所释放出的认知潜能和集体责任感远超教师的预期。借助创新的课堂设计以及集体思维脉络图谱和知识论坛等提供的支持,即便是小学生也能在教师的帮助下发挥认知能动性,参与集体探究结构的反思生成和动态重组:1)以共同生成的集体探究问题领域等组织整个班级的探究目标和方向;2)通过多轮、多层级(个体、小组和集体)的反思生成探究过程的模型(包括问

题-初步想法-研究-对话-改进想法-生成新问题), 引导学生高质量参与; 3) 在集体探究问题领域的基础上, 学生确定自己的探究焦点, 按照共同兴趣形成动态探究小组, 支持思维碰撞和互动。随着探究的进行, 学生的兴趣和知识联系发展变化, 他们必须重新审视集体的探究方向、过程和分组形式 (Tao & Zhang, 2021; Zhang et al., 2022)。集体思维脉络图谱系统的支持能够帮助学生和教师较好地可视化各个探究方向的知识进展, 反思探究历程和进一步明确探究方向, 调整和拓展集体探究的目标 (Zhang et al., 2018)。通过构建动态的集体探究结构, 学生有机会参与协作探究的核心决策过程, 发挥自己的认知能动性和创造性。这些研究结果有助于理解学生驱动的探究式课堂教学的开展并取得良好的效果, 也促使教育实践者和政策制定者重新思考相关教育改革的可能性。

(三) 师生共同规划的创造性探究可以促进学生系统深入的知识建构

在教学改革的讨论中, 研究者担心开放的探究活动难以掌握系统的知识, 集体思维脉络图谱支持的集体探究结构反思生成有助于解决这一难题。

一方面, 在共同生成探究方向的过程中, 学生能够以开放的心态考虑多种多样的问题和想法, 推动探究过程的开放拓展。而反思集体探究方向时, 教师和学生可以参考课程目标的要求, 共同探讨这些探究问题的价值和重要性, 在学科核心问题和概念上构建共同探究的问题领域, 引导学生协作和参与。另外, ITM 中的探究脉络图谱和分析工具可以帮助学生对知识进展情况进行反思监控, 思维进程反思工具可以促使学生总结对核心概念理解的进展以及需要进一步探究的问题。同时, 不同探究小组和班级之间可以互相分享思维进程, 互相补充形成更全面的理解。研究表明, 基于集体探究结构反思生成方法和集体思维脉络图谱系统支持的协作探究可以促成更高质量的知识建构, 具体包括: 1) 带来更深入的探究过程、更全面的探究内容、更活跃的知识建构对话和交互; 2) 支持更有成效的在线对话类型 (如提出更多深层次问题、构建更多理论以及形成更多整合的理解等), 促进不同探究主题之间的关联; 3) 帮助学生形成更科学和更复杂的理解 (Tao & Zhang, 2018, 2021; Zhang et al., 2018, 2022)。在以往知识建构教学效果的研究 (Chen & Hong,

表二 师生在动态创造性探究中的协作参与设计

动态探究过程	教师角色	学生角色
初期参与和自由探索	- 根据课程目标确定探究主题, 考虑与学生日常生活和社会普遍关注问题之间的关联, 组织探究的启动活动, 激发学生的探究兴趣和热情; - 为学生营造安全的协作共享文化, 设计相应的集体活动鼓励学生分享想法和问题; - 根据学生感兴趣的问题准备相应的学习资源, 支持学生自由探索。	- 积极参与教师引入的启动活动, 思考感兴趣的问题, 生成初步的想法, 并与同伴分享; - 基于感兴趣的问题和想法以及老师准备的相关资源启动最初的自由探索。
结构生成与协作探究	- 组织集体反思和讨论活动, 根据学生感兴趣的问题确定共同体协作探究的问题领域, 协助学生描述探究的问题目标, 设置相应的在线研讨空间; - 关注个体和小组的探究进程和集体知识进展, 了解个体和小组面临的问题和需求, 提供相应的支持; - 组织对话活动, 支持各个小组和整个班级内部的知识进展反思和分享, 关注不同主题的学生就共同的兴趣建立知识连接, 促进跨越小组的问题和想法的产生。	- 在教师的帮助下与同伴一起反思小组成员提出的问题之间的关联, 形成囊括这些个体问题的集体探究方向, 并尝试用更科学的词汇描述和表达; - 与探究兴趣相同的同伴组建探究小组, 规划小组的探究活动并开展协作探究, 形成和改进关于小组核心问题领域的想法, 推进思维的深入, 产生更深层的问题。
反思进程、重组探究	- 活动反思要围绕不同探究方向的知识进展和涌现的深层次探究问题, 设置相应的在线空间; - 帮助学生发现新的观点、新的探究问题, 组织集体反思活动, 更新和调整协作探究方向和分组方式。	- 围绕集体探究方向反思个人和集体的知识进展, 明确需要进一步解决的问题和新的兴趣方向; - 根据自己的兴趣调整探究小组, 或形成新的小组, 开展更深入的探究。
整合升华与应用分享	观察和反思学生探究中出现的有深度、有价值的问题和思想, 关注他们与现实问题和真实挑战之间的关联, 组织知识整合和分享活动, 为学生准备相应的资源。	- 反思整个探究历程和知识进展, 凝练“大想法”, 设计和制作相应的知识产品。 - 将探究过程的知识进展与班集体内外的其他人分享。

2016)基础上, 这些研究为创造性探究的有效组织提供了更透明的方法, 也检验了用这种方法促进系统掌握知识的可能性和有效性。

六、结语

为了培养具有知识创新和问题解决能力的下一代公民, 课程和教学改革需要探索如何在课堂实践中整合创造性探究过程。本研究分析了当前我国学校教育情境中实施创造性探究面临的两大突出矛盾, 提出了一种创造性探究的课堂组织方法: 集体探究结构反思生成, 并基于这种理念和方法设计开发了面向创造性探究的技术系统: 集体思维脉络图谱。课堂研究表明, 共同生成的集体探究结构能够为创造性探究提供动态的课堂引导和支持, 激发学生在探究过程中的主体性和创造性, 推动探究过程的开放延展和持续深化进而实现高质量的知识建构。

本文最后讨论了集体思维脉络图谱项目对于我国课程、教学改革以及技术工具开发的启示。从课程角度来说, 基础教育科学课程标准以及相关课程的改革应该针对核心学科内容让学生参与真实的探究和问题解决过程。从教学角度来说, 为了促进学生认知主体性和创造性的发挥, 教师需要改变流程化探究式教学的组织方式, 更多地从学生兴趣出发, 以自下而上的方式形成探究问题和方向, 通过灵活且持续的协作探究提升课堂实践的思维活力和创造力。此外, 开放、动态的创造性探究的课堂实施离不开技术的支持。集体思维脉络图谱系统为探索开放、动态的协作知识建构环境提供了例子, 让学生成为网络探究空间的共同设计者和主体参与者, 并整合可视化工具和学习分析技术支持个人和集体反思。期待这些教学理念、方法和技术能为面向创新能力培养和知识创造的课程和教学改革提供参考, 同时也为协作探究式学习和知识建构研究领域的推进提供启示。

[注释]

① 参见 <https://idea-thread.net/>

[参考文献]

[1] Archer, M. S. (1982). Morphogenesis versus structuration: On combining structure and action[J]. *British Journal of Sociology*, 33(4): 455-

483.

[2] Chan, C. K. K. (2012). Co-regulation of learning in computer-supported collaborative learning environments: A discussion[J]. *Metacognition and Learning*, 7(1): 63-73.

[3] Chen, B., & Hong, H.-Y. (2016). Schools as knowledge-building organizations: Thirty years of design research[J]. *Educational Psychologists*, 51(2): 266-288.

[4] Chuy, M., Zhang, J., Resendes, M., Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2011). Does contributing to a knowledge building dialogue lead to individual advancement of knowledge?[A]. In H. Spada, G. Stahl, N. Miyake, & N. Law (Eds.), *Connecting computer-supported collaborative learning to policy and practice: CSCL2011 conference proceedings* [C]. (Vol. 1, pp. 57-63). Hong Kong: ISLS.

[5] Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9): 916-937.

[6] Damsa, C. I., Kirschner, P. A., Andriessen, J. E. B., Erkens, G., & Sins, P. H. M. (2010). Shared epistemic agency: An empirical study of an emergent construct[J]. *Journal of the Learning Sciences*, 19(2): 143-186.

[7] Duncan, R. G., & Chinn, C. (2021). *International handbook of inquiry and learning*[M]. New York: Routledge.

[8] Engeström, Y. (2014). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research* (2nd ed.) [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

[9] Engle, R. A., Lam, D. P., Meyer, X. S., & Nix, S. E. (2012). How does expansive framing promote transfer? Several proposed explanations and a research agenda for investigating them[J]. *Educational Psychologist*, 47(3): 215-231.

[10] Fischer, F., Kollar, I., Stegmann, K., & Wecker, C. (2013). Toward a script theory of guidance in computer-supported collaborative learning[J]. *Educational Psychologist*, 48(1): 56-66.

[11] Gan, Y., Scardamalia, M., Hong, H. -Y., & Zhang, J. (2010). Early development of graphical literacy through knowledge building[J]. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 36, Retrieved from <http://www.cjlt.ca/index.php/cjlt/article/view/581/284>.

[12] Giddens, A. (1984). *The constitution of society*[M]. Cambridge, Oxford, UK: Polity Press.

[13] Gloor, P. A. (2006). *Swarm creativity: Competitive advantage through collaborative innovation networks*[M]. Oxford, England: Oxford University Press.

[14] González-Howard, M., & McNeill, K. L. (2020). Acting with epistemic agency: Characterizing student critique during argumentation discussions[M]. *Science Education*, 104(6): 953-982.

[15] Gutierrez, K. D., & Barton, A. C. (2015). The possibilities and limits of the structure-agency dialectic in advancing science for all[M]. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(4): 574-583.

[16] Hakkarainen, K. (2003). Progressive inquiry in a computer-supported biology class[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10): 1072-1088.

- [17] Hakkarainen, K.(2009). A knowledge-practice perspective on technology-mediated learning[J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 4(2): 213-231.
- [18] 和学新, 马苏静(2012). 新世纪我国基础教育课程内容变革反思[J]. *当代教育与文化*, 4(1): 47-53.
- [19] Homer-Dixon, T. (2000). *The ingenuity gap*[M]. New York: Knopf.
- [20] 胡卫平, 郭习佩, 季鑫, 严国红, 张皖(2021). 思维型科学探究教学的理论建构[J]. *课程·教材·教法*, 41(6): 123-129.
- [21] Kirschner, P. A., & Erkens, G.(2013). Toward a framework for CSCL research[J]. *Educational Psychologist*, 48(1): 1-8.
- [22] Ko, M. M., & Krist, C.(2019). Opening up curricula to redistribute epistemic agency: A framework for supporting science teaching[J]. *Science Education*, 103(4): 979-1010.
- [23] Krajcik, J. S., & Shink, N. (2014) Project-based learning[M]. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 275-297). New York: Cambridge University Press.
- [24] Lee, E. Y. C., Chan, C. K. K., & van Aalst, J.(2006). Students assessing their own collaborative knowledge building[J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 1(1): 57-87.
- [25] Lidwell, W., Holden, K., & Butler, J. (2010). *Universal principles of design: 125 ways to enhance usability, influence perception, increase appeal, make better design decisions, and teach through design* (pp. 76-77)[M]. Beverly, MA: Rockport Publishers.
- [26] Lu, J., Bridges, S., & Hmelo-Silver, C. E. (2014). Problem-based learning[M]. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (2nd ed., pp. 298-318). New York: Cambridge University Press.
- [27] McComas, W. F. (2020). Principal elements of nature of science: Informing science teaching while dispelling the myths[M]. In W. F. McComas (Ed.), *Nature of science in science instruction* (pp. 35-65). Springer International Publishing.
- [28] Miller, E., Manz, E., Russ, R., Stroupe, D., & Berland, L.(2018). Addressing the epistemic elephant in the room: Epistemic agency and the next generation science standards[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(7): 1053-1075.
- [29] Moss, J., & Beatty, R. (2010). Knowledge building and mathematics: Shifting the responsibility for knowledge advancement and engagement[J]. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 36, Retrieved from <http://www.cjlt.ca/index.php/cjlt/article/view/575/277>.
- [30] Morin, E. (1999). *Seven complex lessons in education for the future*[M]. Paris, France: UNESCO Publishing.
- [31] NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*[R]. Washington: National Academies Press.
- [32] OECD. (2008). *Innovating to learn, learning to innovate*[R]. Paris, France: OECD.
- [33] Osborne, J. & Collins, S.(2001). Pupils' views of the role and value of the science curriculum: A focus-group study[J]. *International Journal of Science Education*, 23(5): 441-467.
- [34] 裴新宁, 刘新阳(2018). 初中课堂科学探究中究竟发生了什么——基于多案例的实证考察[J]. *华东师范大学学报(教育科学版)*, (4): 107-212.
- [35] Rogat, T. K., & Linnenbrink-Garcia, L.(2011). Socially shared regulation in collaborative groups: An analysis of the interplay between the quality of social regulation and group processes[J]. *Cognition and Instruction*, 29(4): 375-415.
- [36] Sawyer, R. K. (2007). *Group genius: The creative power of collaboration*[M]. New York: Basic Books.
- [37] Sawyer, R. K.(2015). A call to action: The challenges of creative teaching and learning[J]. *Teachers College Record*, 117(10): 1-34.
- [38] Scardamalia, M. (2002). Collective cognitive responsibility for the advancement of knowledge[M]. In B. Smith (Ed.), *Liberal education in a knowledge society* (pp. 67-98). Chicago: Open Court.
- [39] Scardamalia, M., & Bereiter, C.(1991). Higher levels of agency for children in knowledge building: A challenge for the design of new knowledge media[J]. *Journal of the Learning Sciences*, 1(1): 37-68.
- [40] Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2014). Knowledge building and knowledge creation: theory, pedagogy, and technology[M]. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (2nd ed., pp. 397-417). Cambridge University Press.
- [41] Scardamalia, M., 张建伟, 孙燕青(2005). 知识建构共同体及其支撑环境[J]. *现代教育技术*, 15(3): 5-13.
- [42] Schwarz, C. V., Passmore, C., & Reiser, B. (Eds.). (2017). *Helping students make sense of the world using Next Generation Science and Engineering Practices*[R]. Arlington, VA: NSTA Press.
- [43] Sewell, W. H. Jr.(1992). A theory of structure: Duality, agency, and transformation[J]. *American Journal of Sociology*, 98: 1-29.
- [44] Siqin, T., van Aalst, J., & Chu, S. K. W.(2015). Fixed group and opportunistic collaboration in a CSCL environment[J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 10(2): 161-181.
- [45] Tao, D., & Zhang, J.(2021). Agency to transform: How did a grade 5 community co-configure dynamic knowledge building practices in a yearlong science inquiry?[J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 16(3): 403-434.
- [46] Tao, D., Zhang, J., & Gao, D. (2017). Reflective structuration of knowledge building in Grade 5 science: A two-year design-based research[C]. In *proceedings of the 2017 International Conference on Computer-Supported Collaborative Learning*. Philadelphia, PA: International Society of the Learning Sciences.
- [47] Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*[M]. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- [48] 徐晓东(2003). 基于网络的校际协作学习效果的质的分析[J]. *中小学电教*, (1): 1-5.
- [49] van Aalst, J.(2009). Distinguishing knowledge-sharing, knowledge-construction, and knowledge-creation discourses[J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 4: 259-287.
- [50] van Aalst, J., & Chan, C. K. K.(2007). Student-directed assessment of knowledge building using electronic portfolios[J]. *Journal of the Learning Sciences*, 16: 175-220.
- [51] Varelas, M., Settlege, J., & Mensah, F. M.(2015). Explora-

tions of the structure-agency dialectic as a tool for framing equity in science education[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(4): 439-447.

[52] Vogel, F., Wecker, C., Kollar, I., & Fischer, F.(2016). Socio-cognitive scaffolding with computer-supported collaboration scripts: A meta-analysis[J]. *Educational Psychology Review*, 29(3): 477-511.

[53] Wagner, T. (2012). *Creating innovators: The making of young people who will change the world*[M]. New York: Simon & Schuster.

[54] 王策三(2004). 认真对待“轻视知识”的教育思潮(上)——再评由“应试教育”向素质教育转轨提法的讨论[J]. *北京大学教育评论*, (3): 5-24.

[55] Yuan, G., Zhang, J., & Chen, M. -C. (accepted). Cross-community knowledge building with Idea Thread Mapper[J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, .

[56] Zhang, J., & Chen, M. -H. (2019). Idea thread mapper: designs for sustaining student-driven knowledge building across classrooms[C]. In K. Lund, G. Niccolai, E. Lavoué, C. Hmelo-Silver, G. Gweon, & M. Baker (Eds.), *A wide lens: Combining embodied, enactive, extended, and embedded learning in collaborative settings*, 13th International Conference on CSCL (Vol. 1, pp. 144-151). Lyon: International Society of the Learning Sciences.

[57] Zhang, J., Scardamalia, M., Lamon, M., Messina, R., & Reeve, R.(2007). Socio- cognitive dynamics of knowledge building in the work of nine- and ten-year-olds[J]. *Educational Technology Research and Development*, 55: 117-145.

[58] Zhang, J., Scardamalia, M., Reeve, R., & Messina, R.(2009). Designs for collective cognitive responsibility in knowledge building communities[J]. *Journal of the Learning Sciences*, 18: 7-44.

[59] 张建伟, 孙燕青(2005). 建构性学习: 学习科学的整合性探索[M]. 上海: 上海教育出版社.

[60] Zhang, J., Tian, Y., Yuan, G., & Tao, D.(2022). Epistemic agency for co-structuring expansive knowledge building practices[J]. *Science Education*, 106(4): 890-923.

[61] 张义兵(2018). 知识建构: 新教育公平视野下教与学的变革[M]. 南京: 南京师范大学出版社: 41-51.

[62] 张义兵, 陈伯栋, Marlene Scardamalia, Carl Bereier.(2012). 从浅层建构走向深层建构——知识建构理论的发展及其在中国的应用分析[J]. *电化教育研究*, (9): 5-15.

[63] 中华人民共和国教育部(2017). 义务教育小学科学课程标准[S]. 北京: 北京师范大学出版社.

(编辑: 李学书)

Creative Inquiry: Classroom Organization and Technology Support

TAO Dan¹ & ZHANG Jianwei²

(1. *Advanced Innovation Center for Future Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China*; 2. *University at Albany, State University of New York, Albany NY 12222, United States*)

Abstract: *Schools need to create more open and dynamic learning environments to support student epistemic agency and creativity. Research on inquiry-based learning provides a potential model to meet this need. However, current classroom practices often turn inquiry into scripted procedures, leaving little space for student epistemic agency and creativity. This paper argues for a shift from scripted inquiry to creative inquiry and knowledge building. We elaborate on the three key features of creative inquiry and identify the two major challenges of implementing creative inquiry in classrooms in China. In order to address these challenges, we introduce a new approach to co-organizing dynamic and creative inquiry through “reflective structuration.” A new technology system, Idea Thread Mapper (ITM), was designed to support students’ reflective structuration of creative inquiry in the classroom. We summarize our recent research on the reflective structuration approach supported by ITM and discuss the implications for curriculum reform, instructional practices, and technology design.*

Key word: *creative inquiry; epistemic agency; knowledge building; reflective structuration; Idea Thread Mapper (ITM)*