

指向复杂问题解决能力培养的跨学科实践设计

刘增泽

摘要：复杂问题解决能力是21世纪能力框架的重要成分，跨学科实践是培养这一能力的重要路径。根据跨学科实践活动的特征，在自主学习、科学探究和项目化教学理论的基础上，建构了伞式结构的跨学科实践教学设计模型。应用该模型设计指向复杂问题解决能力培养的跨学科实践时，可采用以下策略：明确主题，阐释核心素养；融会贯通，凝练核心知识；整合资源，明晰核心技能；完善结构，建构问题体系；基于生活，创设中心情境；规划清单，助力探究实践。

关键词：复杂问题解决能力；跨学科实践；教学设计

一、复杂问题解决能力的内涵与特征

复杂问题解决是指问题解决者与动态的任务环境之间成功交互的过程。^[1]20世纪70年代，这项能力开始受到心理学和教育学领域学者的关注。经济合作与发展组织（OECD）以及美国、澳大利亚等国家发布的21世纪能力（素养）框架均强调了复杂问题解决能力的重要性。^[2]我国在2016年发布的《中国学生发展核心素养》将实践创新作为六个要素之一，提出学生要具备在复杂情境中解决问题的行动能力。2017年9月，教育部发布《中小学综合实践活动课程指导纲要》，指出综合实践活动是从学生的真实生活和发展需要出发，从生活情境中发现问题，转化为活动主题，通过探究、服务、制作、体验等方式，培养学生综合素质的跨学科实践性课程。^[3]《义务教育课程方案（2022年版）》设立了跨学科主题学习活动，并提出将其与综合课程统筹设

计，注重培养学生在真实情境中综合运用知识解决问题的能力。^[4]在新一轮核心素养导向的课程改革中，真实情境下的复杂问题解决能力是研究者关注的重要议题。

复杂问题的情境通常是结构不良的，问题初始阶段的信息并不完整，指向不明，需要个体在与问题情境的交互中收集有效信息，探索解决方法。^[5]研究表明，复杂问题的核心特征包括复杂性、关联性、动态性、模糊性和多目标性。^[6]复杂问题解决能力关注在真实情境中综合运用多学科知识、技能解决问题的过程。因此，培养复杂问题解决能力的课程与活动应具有情境性、实践性、科学性、综合性等特征。跨学科实践能够为这项能力的培养提供良好的空间，但目前尚面临课程内容零散或理论性过强、实践时间少、课程间隔久、教师跨学科活动设计组织经验不足等诸多挑战。^[7]教师应如何设计具有良好育人价值的跨学科实践活动呢？应如何建构复杂问题情境，

基金项目：2024年度教育部人文社会科学研究规划青年基金项目“‘国优计划’科学教师培育现状与实践路径的实证研究”（24YJC880090）；2023年度江苏省教育科学规划重点课题“综合性大学基于‘国优计划’多元协同共育科学教师的实践路径研究”（B/2023/01/136）。

作者简介：刘增泽，苏州大学物理科学与技术学院讲师、硕士生导师，教育学博士（苏州 215031）。

促进学生与情境间的有效、科学交互呢？针对上述问题，本文以自主学习、科学探究、项目化教学理论为基础，提出一种跨学科实践设计模型。

二、指向复杂问题解决能力培养的跨学科实践设计模型建构

跨学科实践活动不是简单地将各学科知识叠加，而是根据主题内容、问题情境、学生群体、教学目标等的特征，将各要素相互协调、主次分明地组建为认知网络，并在此基础上开发设计教学活动。跨学科实践活动必然是多学科知识、技能、情境的融合，是以学生自主学习、实践为核心的综合性育人活动。

我国基础教育阶段以分科课程为主，在跨学科复杂问题解决能力的培养上存在一定不足。学生能够具备一定的学科问题解决能力，但较难解决跨学科的复杂问题，特别是难以应对未经抽象和未接受系统训练的现实生活问题。这与核心素养导向的课程改革目标存在巨大落差，学生难以养成终身学习的能力，不能很好地适应未来多变的社会生活。跨学科实践为培养学生的复杂问题解决能力提供了平台，但其仍面临课时少、间隔长、教师和资源匮乏等困境，存在理论化、学科化、机械化等问题。因此，应在厘清跨学科实践特征的基础上，以核心素养为导向，从复杂问题解决能力的培养出发，以自主学习理论作为实践活动设计的基本组织原则，以科学探究教学理论建构实践活动的基本结构，以项目化教学理论作为理论统整平台，形成完整的理论支撑。在此基础上，进一步细化跨学科实践教学设计，挖掘设计路径，优化设计流程，最终建构灵活度高、适应性广的伞式结构的跨学科实践教学设计模型（见图1）。

该模型以培育核心素养为目标，兼顾学生现阶段发展与未来终身学习的双重需求，确定核心主题，绘制素养主线，激发学生自主学习动机，保障课程主题与学生形成高频交互，为培养复杂问题解决能力的跨学科实践设计把控方向；以核心知识与核心技能为实践两翼，保障学生在复杂问题解决过程中的知识与技能储备；以核心问题为教学组织着力点，在中心情境中建构复杂问题网络，还原真实生活中的复杂问题本体，为复杂

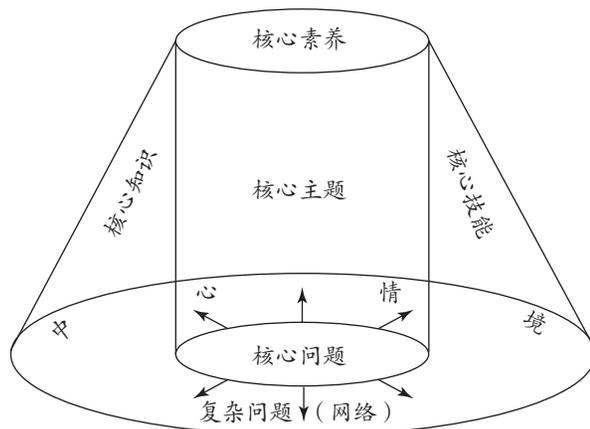


图1 伞式结构的跨学科实践教学设计模型

问题解决能力的培养提供保障；在跨学科实践活动中推动学生多学科知识与技能的整合式发展。可见，该模型由核心主题（core theme）、核心素养（core literacy）、核心知识（core knowledge）、核心技能（core skills）、核心问题（core issues）、中心情境（central context）六个要素组成，故又称6C-TLKSIC模型。该模型各要素间相互关联、互相影响、顺向规划、反向细化、循环反馈，形成了以核心素养、核心主题、核心问题为中轴，复杂问题网络为支撑架，中心情境为伞面的伞式结构。这种构型能使其在保证核心育人价值的同时，根据实际需要调整跨学科的维度、难度和深度，即如同雨伞一样，保持中轴不变，通过支撑架调整伞面的形态和张角。总之，6C-TLKSIC伞式结构模型为跨学科实践提供了一种灵活多元的教学设计思路。

三、指向复杂问题解决能力培养的跨学科实践设计策略

（一）明确主题，阐释核心素养

核心素养指明了个体未来生存发展的必备能力与品质。以核心素养为指导，可使跨学科实践目标清晰，有助于确定课程的核心主题。核心主题的选择直接决定了情境、学科领域、技能领域、问题特征等要素，往往是教师设计跨学科实践活动的难点。主题确定是一个复杂的过程，既受社会、政治、经济、时代特征等宏观因素的影响，又受区域特色、学生心理、资源条件等微观因素的影响。其确定流程如下页图2所示。

主题的确定需要考虑宏观因素与微观因素两

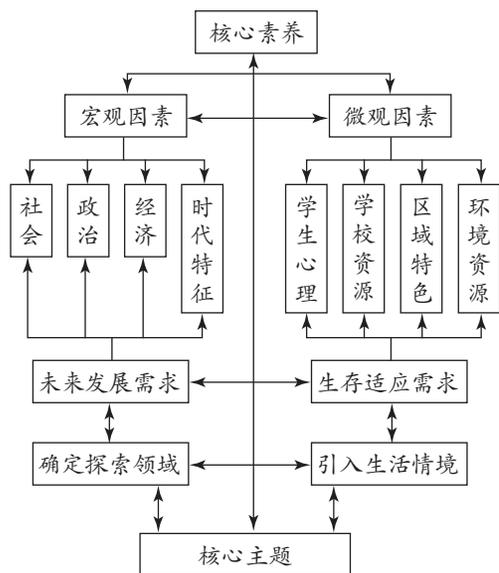


图2 核心主题确定流程

个方面。在中国学生发展核心素养框架的指导下，既要站在宏观层面把握方向，又要关注学生生活的微观因素，选取学生能够触及的生活实践主题。脱离生活的问题将使教学陷入理论化困局，脱离学生视角的内容将磨灭他们的学习动机与积极性。例如，以往综合实践课程中常见的机器人、编程、无人机等STEM课程深受学生欢迎，但部分课程过于注重趣味性 with 技能训练而忽略了原理性科学知识的学习，课程内容较为空洞，导致育人效果不佳。又如，黑洞的奥秘、揭秘考古、探索月球等主题也受到学生喜爱，但它们理论性偏强，实践性较弱，难以发展学生的实践技能。上述主题虽各具特色，但都不适合成为培养复杂问题解决能力的跨学科实践活动的选题。因为这些选题不能建构情境问题与学生个体间高频互动的桥梁，难以激发学生主动调用多学科知识进行问题解决的动机。遵循图2所示的主题确定流程，综合考虑宏观因素与微观因素，可从探索领域与生活情境相整合的视角确定核心主题，以保证活动主题与学生的高频交互，为培养复杂问题解决能力的跨学科实践设计把控方向。

以某所具有城市规划资源的学校为例。首先，确定宏观因素，结合时代特征以及政治、经济、社会发展需求，可将互联网、智能、环保、城乡一体化、环境整治等领域作为主题备选。其次，围绕学生心理、学校资源、区域特色、环境资源等微观因素进一步细化分析，为自主探究提

供保障。考虑到该校与规划院存在合作关系，且该校拥有一部分尚在规划的土地，城市规划对于该校的跨学科实践是一个很好的核心主题。在此基础上，从学生视角去思考他们的生活与城市规划之间的联系，包括道路拥挤、出行不便、绿植单一等生活因素。这些内容与学生生活密切相关，不仅能够激发他们的兴趣，还能保证他们易从生活中获取自主探究资源。最后，以学校、社区资源为基础，选择学生感兴趣的内容，确定二级主题，如道路规划的智慧、绿化规划的美学、空间规划的艺术等。

确定核心主题后，反向明确核心素养目标是必不可少的过程，应使科学素养与人文素养相交织、多学科核心素养相整合。以城市规划主题为例，对应的核心素养应包含人文与科学两个方面。对于人文素养，应关注学生在规划设计时对区域人文底蕴的深刻理解、健康生活的认知、社会责任的使命担当等。对于科学素养，则应关注勇于批判、敢于创新、理性思考、运用科学理论与技术解决问题等。将这些素养要素整合于主题实施的具体环节之中，可帮助学生更好地发展跨学科实践能力与核心素养。

(二) 融会贯通，凝练核心知识

作为探究型跨学科实践的两翼，核心知识与核心技能是支撑学生自主探究、展开实践的重要保障。根据最近发展区理论，核心知识应关注学生已有的知识基础和经过探究能够达到的知识水平。核心知识来源于核心主题，应根据核心主题所涵盖的知识体系，结合学生已有的知识基础和最近发展区加以确定，并遵循主题性、适龄性、科学性等基本原则。多元的跨学科知识体系是还原真实情境中复杂问题解决过程的重要保障，也是培养学生面对复杂问题时调用多学科知识解决问题能力的重要载体。因此，6C-TLKSIC模型采用如下页图3所示的过程确定核心知识：由核心素养确定核心主题和核心知识领域，根据核心主题确定核心知识和核心问题，核心知识与核心问题形成相互筛选反馈系统，而后根据核心知识反馈细化核心素养目标。整个体系相互联系、动态调整。

以“绿化规划的美学”主题为例。该主题涵盖规划、设计、植物、气候、地貌、电磁学、流

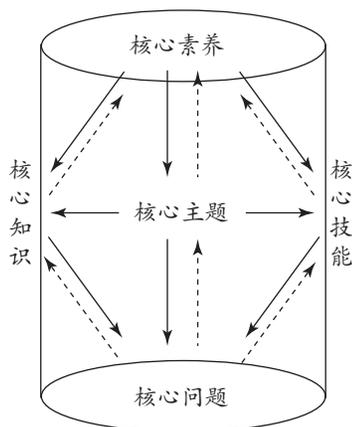


图3 核心知识与核心技能确定过程

体力学等知识领域，它们分别归属于工程、美术、生物学、地理、物理等学科。教师可基于知识领域确定学科知识目标与综合性知识目标。学科知识目标围绕核心主题和核心素养要求确定，如知道本地气候、地形与适宜生存的生物品种（地理），光合作用和呼吸作用对城市街道的影响（生物学），植物颜色的选择与搭配规则（美术），灌溉照明系统的线路布局及控制（物理）等。综合性知识是课程的线索性知识，学科知识依附在综合性知识之上，如绿化规划的基本原则、国家标准、技术指南等。学科知识与综合性知识相互配合，以保障综合性知识能够在学科知识的基础上得到理解与建构，同时，避免综合性知识过于陌生而给学生造成额外的学习压力。根据知识目标规划核心问题，再反向细化知识体系，通过这样的往复过程实现由上层核心素养逐渐下沉到核心问题，从知识层面将它们相互连接并勾画出核心知识体系。

（三）整合资源，明晰核心技能

核心技能是在复杂问题解决过程中培养核心素养的又一重要成分，是学生从理论走向实践的重要基础，是他们自主探究的有力保障，是学生主体与客观世界交互的重要载体。在跨学科实践活动中，技能处在非常重要的位置。教师不仅要在核心素养的目标下培养学生的学科技能，还要在复杂问题的解决过程中培养学生的综合实践技能。技能培养的目标不仅需要根据核心素养、核心主题、核心问题的交互加以确定，还需要关注学生自身的技能水平、技能培养的资源储备等。其中，资源保障是技能训练的重要基础，应充分

考虑设备工具和仪器资源是否充裕、生活中是否容易获得、学生能否独立操作、安全性能否得到保证等问题。

在确定核心技能时，要先明确学生的现有技能及其水平，以便确定技能目标的层次与任务难度，保障学生自主学习探索的动机。随后，教师需要根据核心素养与核心主题确定技能领域和目标，经由核心问题反馈形成核心技能（参照图3），使技能的学习给学生提供与现实情境充分交互的可能，锻炼学生在面对复杂问题时有效调用科学技能的能力。最后，根据学校、社会、家庭等所能提供的技能实践资源，确定实践活动中的核心技能。

以“绿化规划的美学”主题为例。首先，分析学生的技能水平。在初中阶段，学生的探究技能和自主学习技能尚未得到系统性训练，因此需要详细讲授科学探究的基本步骤、常见方法、注意事项等问题以及自主学习的相关知识与方法，如任务规划、时间管理、自我监督、反思总结、自我激励等。若是在高中阶段，教师则可以根据学生各项能力的水平适当补充相关技能性知识，进行简单训练即可。其次，综合核心主题和核心素养的要求确定技能领域，如信息获取、规划、制图、土地测量、沙盘制作、电路模拟与连接等。教师需要根据学生的年龄段设定不同技能标准，如对于小学生可要求用笔绘制轮廓图或概念图，能够制作简单的模型；对于初中生可要求纸笔绘制比例图或使用简单的绘图软件，能够实际测量、连接基本电路、制作简单沙盘；对于高中生则可要求纸笔绘制视觉图或运用专业制图软件绘制设计图，能够展开精准测量、连接真实电路、制作标准模型和沙盘。最后，根据学校、社会、家庭的资源，明晰学生需在实践中锻炼的核心技能。如学校实验室有电路实验相关设备，可提供低压电路模拟实验，便可开展电路规划设计和模拟工作；学校周边有待规划的绿化场地，能够协调土木工程中使用的测量工具，便可开展更为专业的实地测量与设计规划实践活动。

（四）完善结构，建构问题体系

在明确核心主题、素养、知识、技能后，需要在核心知识与技能的体系中向下细化、向上凝练，构建核心问题、节点问题、子问题三级问题

体系,形成发散性复杂问题网络。以此为基础,反向优化核心问题与核心知识、技能,根据问题的逻辑和递进性设计知识与技能的培养顺序,使跨学科实践活动的结构与内容逐渐丰满。

问题的创设直接关系到跨学科实践活动的组织实施,是将素养、知识、技能转化为实践活动的重要节点。其设计可遵循不同路径。一是按照学科类别组织问题,以便表现出一定的学科属性,这将有助于学生有倾向性地通过各学科知识逐步解决子问题,进而解决复杂的综合性问题,使学生认识到现实问题的解决需要多学科知识与技能的共同参与。二是按照难度差异组织问题,根据学生已有的知识技能将问题分级,形成递进式脚手架问题组,模糊问题的学科特性,有针对性地提升学生的知识整合与迁移能力。三是按照问题解决路径组织问题,以问题解决过程中的逻辑关系为线索,凸显问题解决的思维过程,促进学生科学思维的发展。问题的组织设计并不局限于上述三种路径,路径之间可以相互交叉,以服务节点问题与核心问题为原则。考虑到跨学科实践活动的自主探究需求,问题设计要注重胜任感、紧迫感、成就感,提升问题解决所激发的动机和求知欲,强化学生的自主探究意识。

问题创设主要包含以下步骤:首先,根据核心知识、核心技能的交互,确定核心问题;其次,根据知识技能体系映射形成核心问题体系;最后,由核心问题体系发散形成围绕核心问题的复杂问题网络。创设问题后,要检验其能否与主题相呼应,能否准确涵盖核心素养、核心知识、核心技能的培养目标,学生能否独立实施探究方案,安全性能否得到保障,脚手架间的梯度是否合理,教师应提供的辅助性资源是否充沛。检验完成后,仍需在实践中不断优化问题网络,以保证复杂问题解决能力的培养质量。

以“绿化规划的美学”主题为例。首先,根据对知识与技能的分析,可确定核心问题为“如何开展综合绿化规划”。其次,根据知识技能体系,可以设置该地的气候类型如何、每年雨季旱季在什么时期、适宜生长的植被有哪些、最佳的植被密度是多少、照明电路如何设计、灌溉设备如何选择、绿化规划的国家标准有哪些等问题,形成核心问题体系。最后,根据核心问题体

系,进一步发散细化形成复杂问题网络。

(五) 基于生活,创设中心情境

复杂问题解决能力的培养是为了帮助学生应对现实生活中的综合性问题,因此,复杂问题的情境应回归生活。中心情境是依据核心问题及复杂问题网络选择的具有教育意义的生活情境空间,应兼具情境真实性和育人价值。建构生活化的情境将帮助学生在问题解决的过程中建立知识与生活的联系,提升学生的动机与成就感,增强学生与真实世界的交互频次,保持学生在面对复杂问题时的耐心与兴趣。中心情境的建立不是简单地创设虚拟文字情境,而是从实际生活中取景,形成“学习在生活之中,生活在学习之中”的教学情境。^[8]这需要教师完成以下工作:首先,收集各类生活化情境资源;其次,基于复杂问题网络筛选截取生活化情境,建构中心情境;再次,建构中心情境与问题、问题与知识技能、知识技能与素养之间的连接,实现课程的全情境化设置;最后,勘察实践,确定在生活情境中探究的安全性、可行性和科学性。

以“绿化规划的美学”主题为例。首先,收集学校、社区和学生身边的可用资源,根据核心问题和复杂问题网络选择適切的情境,划定实践情境范畴,选择学校待规划的绿化场地作为跨学科实践的情境空间。其次,结合中心情境特征,将问题情境化:“为提升校园环境质量,增添校园植被覆盖面积,丰富植物品种,现面向全校师生征集校园操场北侧绿化带(面积 100 m²)规划方案。”再次,展开细化情境中的问题描述。明确规划人需提供绿化规划图(应标注现有建筑物和规划绿化区域);提交规划工程书,内容包含本地气候类型、特征、土地类别、适宜植物品种的环境分析,绿化位置、形状、图案、植被选择的设计介绍,植被光合作用与呼吸作用对周围环境影响的安全性分析,灌溉、照明等水电管线布局及施工说明。最后,实地测量勘探,确定探究活动的安全性、可行性、科学性。

中心情境的确定与布置是多元的,可以根据实际资源从多视角进行设计。如从学生生活环境入手,以街道绿化、社区绿化为背景,组织田野教学;赋予学生多元角色,如规划院街道规划员、社区委员会规划人员等,以提升学生探究的

积极性和主人翁意识。问题情境化完成后,可依据情境和问题对核心知识、技能进行反向观照,完善知识技能网络,为评估提供参照。中心情境的创设能将核心素养、核心主题、核心知识、核心技能、核心问题相融合,可提升课程的综合性与主题性。从核心素养到知识技能双线并进,再到核心问题与复杂问题网络的建构,直至实现跨学科实践活动的情境化设置,6C-TLKSIC模型能有效指导探究型跨学科实践活动的设计,促进学生复杂问题解决能力的养成。

(六) 规划清单,助力探究实践

有序的跨学科实践设计是为了更高效地实施。基于跨学科实践的教学特征和以学生为主体、教师为主导的原则,教学应以学生自主探究为主。学生在围绕跨学科问题体系展开自主探究的过程中,难免会因为步骤烦琐或知识领域跨度大等问题遇到瓶颈,提供探究清单作为学生的学习指南可有效缓解上述困境。

考虑到跨学科问题体系的复杂性,探究清单应以活动设计中的问题网络为基础,根据学情与活动内容特征合理选择问题的广度与深度,结构化地呈现问题,引导学生掌握复杂问题分析的内在逻辑,避免盲目探索。在设计清单时,应关注以下三个方面。

首先,探究清单应由阶梯性问题构成,与活动设计的问题体系相对应。每个问题可下设自我解读、猜想与计划、方案、实施步骤、结果结论、反思等栏目,并根据探究问题涉及的领域具体细化。与传统探究清单的不同之处在于,该清单要在每个阶梯问题中提供参考资料及可用资源的获取方式等信息,为学生提供有效的资源脚手架,从探究程序与资源层面提供保障,助力学生解决复杂问题。以“绿化规划的美学”主题为例,对于绿化样式与植被选择等的规划设计过程,教师需要提供《园林绿化工程施工及验收规范》(CJJ 82-2012)、社区绿化规划设计案例、景观亮化案例、植被气候分布图、适合学生年龄的绘图软件和操作手册等资源,帮助学生应对跨学科问题,逐步形成归纳分析、自主学习等复杂问题解决技能,为他们解决复杂问题提供保障。

其次,探究清单应考虑学生的差异,提供有效、适龄的认知脚手架。教师要根据学生差异设计几类清单,既可在内容的详细程度上有所区别,也可在问题展现的逻辑顺序上有所不同。教师要根据学生的知识储备或思维特征提供适当的清单,注意控制清单任务与学生已有知识技能间的差距,保障学生的自主学习效果。只有这样,学生才能有效地应对复杂问题,从不同路径、在不同层次上去识别与解决复杂问题。

最后,清单设计要增加元认知元素,提供元认知脚手架,帮助学生在面对复杂问题时形成较为清晰的逻辑和规划。如设置时间节点、自我规划、自我反思、自我评述等栏目,让学生了解独立解决问题时应注意的时间管理、自我认知、规划反思等基本环节。

参考文献:

- [1] 李一茗,黎坚.复杂问题解决能力的概念、影响因素及培养策略[J].北京师范大学学报(社会科学版),2020(5):36.
- [2] 张华.论核心素养的内涵[J].全球教育展望,2016(4):13-18.
- [3] 教育部关于印发《中小学综合实践活动课程指导纲要》的通知[EB/OL].(2017-10-30)[2024-08-23].http://www.gov.cn/xinwen/2017-10/30/content_5235316.htm.
- [4] 中华人民共和国教育部.义务教育课程方案(2022年版)[S].北京:北京师范大学出版社,2022:5.
- [5] JONASSEN D H. Toward a design theory of problem solving[J]. Educational technology research and development, 2000(4): 63-85.
- [6] FUNKE J. Complex problem solving[M] // SEEL N M. Encyclopedia of the sciences of learning. Heidelberg: Springer, 2012: 682-685.
- [7] 许静,于海波.物理跨学科实践教学的内涵价值、现实困境与优化策略[J].物理教学,2024(1): 13-14.
- [8] 刘增泽,潘苏东.生活视域下的物理科学探究活动设计策略[J].课程·教材·教法,2021(5): 116-121.

(责任编辑:郭晨跃)