

基于扎根理论的初中生物学项目式学习元认知发展构成要素分析

李万军^{1,3} 买合甫来提·坎吉²

(1 新疆师范大学教育科学学院 乌鲁木齐 830017; 2 新疆心智发展与学习科学重点实验室 乌鲁木齐 830017;
3 重庆市潼南实验中学校 重庆 402660)

摘要 为探究初中生物学项目式学习中的元认知发展构成要素,通过扎根理论对 56 份初中生物学项目式学习相关文本资料(包括新闻、报告和案例)进行编码分析。研究发现,初中生物学项目式学习中的元认知发展由元认知发展计划、具身认知学习、元认知监测与判断、元认知调节、元认知迁移、学习主体性强化和认知能力结构化升级 7 个维度和 16 个子维度构成,该研究结论对初中生物学项目式学习的设计、实施和评价具有参考价值。

关键词 元认知发展 构成要素 项目式学习 扎根理论 初中生物学

Analysis of the components of metacognitive development in junior high school biology project-based learning based on grounded theory

LI Wanjun^{1,3}, Maihefulaiti Kanji²

(1 School of Educational Science, Xinjiang Normal University, Urumqi 830017, China;
2 Xinjiang Key Laboratory of Mental Development and Learning Science, Urumqi 830017, China;
3 Chongqing Tongnan Experimental High School, Chongqing 402660, China)

Abstract To explore the components of metacognitive development in junior high school biology project-based learning, 56 pieces of relevant text data (including news, reports, and case studies) are coded and analyzed using grounded theory. The study finds that metacognitive development in junior high school biology project-based learning consists of 7 dimensions — metacognitive development planning, embodied cognitive learning, metacognitive monitoring and judgment, metacognitive regulation, metacognitive transfer, reinforcement of learner autonomy, and cognitive ability structuring and upgrading — and 16 sub-dimensions. The findings of this study provide valuable insights for the design, implementation, and assessment of junior high school biology project-based learning.

Keywords metacognitive development; components; project-based learning; grounded theory; junior high school biology

2022 年教育部印发的义务教育课程方案和课程标准要求推进学习方式变革,强化学科实践与综合育人。作为落实核心素养重要路径的项目式学习,需借助元认知促进学生对生物学概念的深度理解与科学思维的自主调控。当前学界对 PBL 中元认知的研究主要集中于自我调节机制、问题解决能力和认知迁移效能等维度,涉及的学科有英语、数学、信息技术,对生物学 PBL 中的元认知研究较少。初中生物学 PBL 的元认知发展特指学生在完成生物学探究项目时对自身认知策略的监控、评估与调节能力,涵盖计划制定、过程反思、迁移应用等维度,对破解教学困境与实现素养目标至关重要,亟需深入研究。鉴于此,本文采用扎根理论方法,对 56 篇初中生物学 PBL 文本(含案例、报告、学生反思等)进行三级编码,试图揭示初中生物学 PBL

中元认知发展的要素和阶段特征。

1 研究设计

1.1 研究对象 遵循扎根理论的基本抽样原则,采用了相关抽样、便利抽样,抽取学术文献(CNKI 核心期刊论文 16 篇、硕士学位论文 17 篇)、实践案例(微信公众号/小红书案例 15 个,含学生反思日志),以及其他文本(相关新闻 3 篇、教研活动资料 5 份)。筛选标准包括相关性(案例须明确涉及初中生物学内容)、完整性(包含完整 PBL 周期:规划—执行—评价)和典型性(获省级以上奖,或阅读量超 2 万,或论文下载量超 300)。

1.2 文本资料分析 编码实施采用 Nvivo 12 软件辅助三阶段编码:①开放编码阶段。逐句标记原始语句,不断比较、分析和归纳,合并整理后衍生出 46 个初始概念;再对概念进一步提炼,将多个具有相同指向的概

念聚拢后提炼形成范畴,最终得到 16 个初始范畴。
②主轴编码阶段。利用矩阵编码检验范畴间条件关系,聚类形成 7 个主范畴。
③选择编码阶段。通过对 7 个主范畴之间关系的分析,将核心范畴定为“初中生物学 PBL 中元认知发展的要素”,初步构建了初中生物

学 PBL 中元认知发展的要素体系(图 1)。
④理论饱和度检验。为确保模型效度,进行三重验证。预留 30% 样本(学术文献 10 篇、实践案例 5 个、其他文本 3 个)进行理论饱和度测试;邀请 2 位 PBL 专家参与范畴修正;并与 Schraw(1998)元认知监控模型^[1]进行对话。

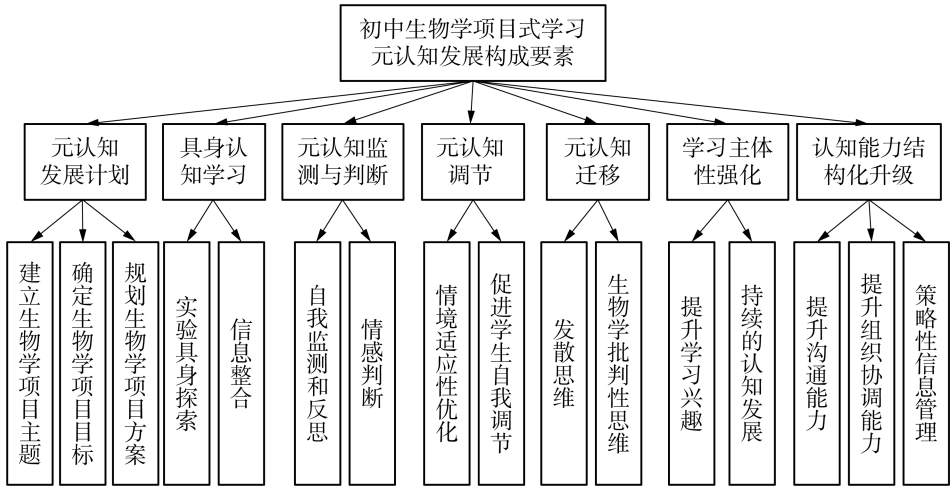


图 1 初中生物学项目式学习元认知发展构成要素体系

2 初中生物学 PBL 元认知发展的要素探索结果

通过对文本资料进行三级编码和理论饱和度检验,提炼出初中生物学 PBL 中元认知发展的要素体系,该体

系包括元认知发展计划、具身认知学习、元认知监测与判断、元认知调节、元认知迁移、学习主体性强化和认知能力结构化升级 7 个维度及其下属的 16 个子维度(表 1)。

表 1 三级编码结果

选择性编码	主轴编码	开放式编码
元认知发展计划	建立生物学项目主题	分析学习需求、设计驱动型问题、分解出子项目
	确定生物学项目目标	分析教材、课标提要、确定核心素养目标
	规划生物学项目方案	个体方案设计、小组方案融合、方案优化提升
具身认知学习	实验具身探索	生物实验研究、生物实验结果探索
	信息整合	资料加工、创新利用信息
元认知监测与判断	自我监测和反思	自我测试、错误识别、主动反思
	情感判断	积极情感状态、保持冷静、满足感、困难感
元认知调节	情境适应性优化	策略调整、目标调整、环境调整
	促进学生自我调节	注意力控制、改变作息、改变学习方式、情绪调节
元认知迁移	发散思维	联系生活、观察后联想
	生物学批判性思维	批判性思考、科学分析判断
学习主体性强化	提升学习兴趣	吸引注意力、正向反馈、提高自我效能感、自然的探究心态
	持续的认知发展	记忆理解到评价创造、更长久的记忆认知
认知能力结构化升级	提升沟通能力	提升语言表达、合作交流、沟通协调
	提升组织协调能力	冲突管理、锻炼组织能力
	策略性信息管理	信息处理监控以及求助策略

3 初中生物学 PBL 元认知发展的要素阐释

初中生物学 PBL 中的元认知发展是指学习者在项目式学习情境中,通过主动规划、体验学习与结果预期,实现对其认知过程进行监控、调整与迁移应用的能力提升过程。初中生物学 PBL 中的元认知发展是一个动态的整体观念,基于元认知理论和对 PBL 教学实践文本的分析,运用系统论的整体观念,构建初中生物学 PBL 中的元认知发展要素结构,其结构由实践基础(元认知计划与具身认知学习)、内在表现(元认知监测与判断、元认知调节和元认知迁移)和系统性效果(学习主体性强化和认知能力结构化升级)三个关键维度有机构成(图 2)。

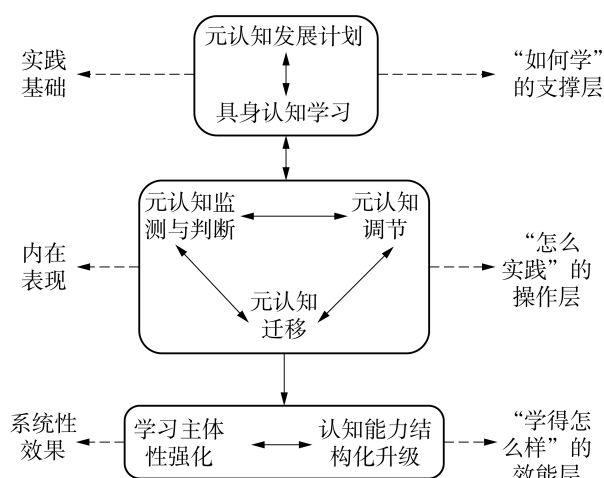


图 2 初中生物学项目式学习元认知发展要素结构

3.1 元认知发展的实践基础:元认知发展计划和具身认知学习 元认知发展计划和具身认知学习是初中生物学 PBL 元认知发展的实践基础,归属于“如何学”的支撑层,对学习者的元认知能力提升起到方法支撑和实践驱动作用,指向生物学 PBL 中“如何支撑”的问题。

元认知发展计划指设定目标并激活相关的背景知识的过程^[2]。具体到生物学 PBL,制定元认知计划是学习者在考虑自身生物学学习需求的基础上,从建立生物学项目主题、确定生物学项目目标和规划生物学项目方案三个维度对某个 PBL 进行前期的准备。以初中生物学“人体的呼吸”单元为例,建立生物学项目主题是基于学习需求(学生期中测试分析和学习习惯调查),设计驱动性问题(如“为什么运动后呼吸会加快”),并分解为可操作的子项目(“呼吸系统的结构组成”“呼吸运动的原理”“气体交换的过程”),确保项目与课标要求和学生认知水平匹配,发挥联结、统领和推进项目的作用^[3]。确定生物学项目目标时,应结合课标核心概念(如“人体生理与健康”)和教材内容(“人体的呼吸”章节),确定“结构与功能相适应”等核心素

养目标,如理解呼吸道、肺的结构与呼吸功能的适应性,以实现全面性和适宜性。规划生物学项目方案时,可通过设计实验探究等活动,通过小组协作完成“呼吸系统结构识别→呼吸运动机制探究→运动后呼吸变化验证”的学习闭环,如开展模拟呼吸运动实验、测量不同运动状态下的呼吸频率。

好的项目式学习应关注学习过程中人、境、事之间的互动^[4]。具身认知将项目式学习中的人、境、事串联,学生在生产生活情境、生命现象情境、实验探究情境和模型建构情境中通过具身探索和信息整合的活动,促进身体参与和感官体验,加深对生物学概念、规律、原理的理解和认知。在初中生物学项目式学习中,学生作为个体的“人”,在与同学合作探究生物学现象、与教师交流生物学知识以及与实验环境互动的过程中,激活了内在多种发展过程,实现了自我认知与群体智慧间的联结与转换。这离不开“事”层面的实验具身探索,即学生通过参与中学生物学实验,如显微镜观察细胞、植物光合作用实验等,进行实验研究和结果探索,进而构建和深化对生物学概念的理解,将抽象知识具体化,从而实现对生物学概念、规律、原理的深入理解。此外,学生在信息整合过程中,充分利用了“境”层面提供的真实情境,通过资料加工与文本互动,在解决实际问题中创新利用信息,从而实现深度学习和能力提升。具体到生物学项目学习中,学生很难理解吃的红薯是植物的根这个器官、吃的土豆是植物的茎这个器官,而在看到或摸到刚从土中刨出的红薯连接着很多根须、而土豆连接的是茎时,问题就迎刃而解了。

3.2 元认知发展的内在表现:监测与判断、调节、迁移

元认知监测与判断、元认知调节能力、元认知迁移是初中生物学 PBL 元认知发展的内在表现,归属于“怎么实践”的操作层,对学习者的元认知发展起到认知诊断、策略迭代和素养转化的驱动作用,指向生物学 PBL 中“如何深化”的核心问题。

元认知监测与判断是元认知发展的自我评估阶段,包含自我监测和反思、情感判断两个方面。自我监测和反思让学生评估与分析学习状态和效果,如实验操作准确性、报告完整性。具体而言,在学习“人体的呼吸”时,学生通过“提问和小测验”检查自己对呼吸运动过程的理解,观察自己实验操作(如制作呼吸运动模型)的准确性、报告撰写的完整性。从反思中深刻理解呼吸的详细过程和机制,就像有学生表示“通过反复看模型制作视频和反思操作步骤,我现在对呼吸运动的原理一目了然”。情感判断帮助学生认识情绪变化,如实验成败引发的挫败感和满足感,有助于调整学习策略。兴趣驱动学生参与,“我最喜欢的是自主性选择

做实验的那次,因为可以完全按照自己的兴趣做实验……”“我特别享受成功完成呼吸气体成分检测实验的感觉,这激励我更深入地探究呼吸知识”。满足感作为积极反馈,虽因个体和项目难度而异,如“即使有‘失败’的情况,也多多少少有一两次成功的情况,毕竟我不可能白当一学期的组织者”,但能激励学生克服困难,坚持完成项目。

元认知调节能力是元认知发展的自我调整阶段,包括情境适应性优化和促进学生自我调节两方面。情境适应性优化指学生根据项目进展和学习效果,调整目标、策略和环境,如合理分配任务“发现部分成员对气体交换原理解困难,就合理分配任务,安排理解能力强的学生帮助讲解”、调整实验方法和环境“实验时若环境嘈杂影响观察,寻找安静的场所或合适的学习工具”,以适应项目变化,提高学习效率。促进学生自我调节则指学生在初中生物学 PBL 过程中,对认知、行为和情绪进行持续调整,确保学习目标的实现。具体而言,学生评估认知状态“是否理解了呼吸相关概念”,关注注意力“避免分心”,调整学习方式“查阅资料而非简单套用公式”、策略和时间“早起观察自然现象”,管理情绪“遇到难以理解的呼吸调节机制时保持积极态度”。这些实践和应用帮助学生在 PBL 中不断提升元认知调节能力,确保学习目标的实现。

元认知迁移是元认知发展的弹性应用阶段,包含发散思维和生物学批判性思维两个方面。发散思维是指学生能够将生物学知识从课堂学习情境迁移到现实生活中。例如学生能将“人体的呼吸”知识迁移到生活中,从生理学角度思考空气污染对呼吸健康的影响,并产生新的思考创意。例如看到空气净化器想到其对改善呼吸环境的作用,联想到呼吸健康与生活环境的关系。这些联想加深了对呼吸的理解,激发了对健康生活的兴趣,提升了知识应用能力。生物学批判性思维是指学生能够将从课堂上习得的对生物学实验数据的批判性思考与科学验证分析,迁移到对更广泛生物学概念和问题的深入分析和理解。例如,学生对“呼吸道对空气的处理能力是有限的”的说法产生疑问,通过查阅资料、收集实际案例来探究真相;当多次实验测量呼吸频率不准确时,分析原因并再次验证,从而提升科学态度和批判性思维能力,深入理解生物学概念,提高解决问题的能力。

3.3 元认知发展的系统性效果:学习主体性强化和认知能力结构化升级 学习主体性强化和认知能力结构化升级是初中生物学 PBL 元认知发展的效果,归属于“学得怎么样”的效能层。这两者对学习者的素养进阶起到内驱激活、思维深化与能力整合的作用,能够实现

生命观念塑造、科学思维进阶与社会责任养成的素养目标,指向“核心素养如何验证”的效果层问题。

学习主体性强化是元认知发展的关键效果之一,主要通过提升学习兴趣和促进持久的认知发展来实现。具体来说,提升学习兴趣通过吸引学生注意力、提供正向反馈、增强自我效能感和培养探究心态,激发学生的学习热情和参与度。研究表明,PBL 在激发学习兴趣和与合作技能方面有显著作用^[5]。在“人体的呼吸”PBL 中,设计有趣的任务活动,如制作呼吸运动科普手抄报、开展呼吸健康小调查,让学生在探索呼吸奥秘、分析运动与呼吸关系、解决相关问题过程中爱上学习,提高学习兴趣和自我效能感。同时,持久的认知发展通过深度学习活动实现,如通过深度学习“人体的呼吸”内容,理解呼吸调节的神经和化学机制、评价有氧运动对呼吸功能的影响,促进更长久的记忆保持。学生不仅接收和理解知识,还能运用知识分析睡眠时的呼吸变化等现实问题,有更长久、深刻的记忆。

认知能力结构化升级是初中生物学 PBL 中元认知发展的关键阶段,主要通过提升沟通能力、组织协调能力和策略性信息管理来实现。具体来说,提升沟通能力指在 PBL 过程中,通过增强语言表达能力和交流合作机会,培养学生有效沟通和协作能力。例如,通过对比不同 PBL 活动,发现学生语言表达能力显著提升。在“人体的呼吸”PBL 中,小组合作形式要求成员多沟通交流。如规划呼吸实验方案、汇报呼吸学习成果等,通过对比不同阶段,学生语言表达和交流合作能力显著提升,沟通方式确保信息畅通共享。提升组织协调能力是指在 PBL 推进过程中,通过冲突管理和组织能力锻炼,加强学生在项目规划、执行和团队协作中的技能。在项目推进中,面对团队成员对呼吸实验的不同态度和分工,学生学会合理分配任务、处理冲突。例如调节成员在呼吸频率测量实验中的不同意见,提升组织协调和团队协作能力。策略性信息管理指在 PBL 中,通过信息处理监控和运用求助策略,提高学生面对生物学问题时的分析、解决和决策能力。在学习“人体的呼吸”时,学生处理呼吸相关信息,监控信息处理的深度和广度,确保全面理解和整合知识。遇到呼吸调节方面的难题时,能识别何时求助老师或查阅权威资料,以提高解决问题的效率和质量。

4 总结与展望

本文以初中生物学 PBL 的新闻、报告、案例、学生反馈、论文等为原始资料,经过扎根理论程序化的归纳凝练,构建的初中生物学 PBL 中元认知发展由元认知发展计划、具身认知学习、元认知监测与判断、元认知调节、元认知迁移、学习主体性强化和认知能力结构化

AI 赋能的生物学单元教学问题设计的循证探索

石秀芹¹ 王红梅² 周初夏^{3,*}

(1 浙江省新昌中学 绍兴 312500; 2 浙江省嘉善高级中学 嘉兴 314100; 3 浙江省教育厅教研室 杭州 310012)

摘要 问题设计是单元教学有效实施的关键。以“机体细胞生活的内环境需要维持稳态”单元教学为例,依据课程标准提出核心问题,通过生活化情境与逻辑梳理使问题真实而进阶。借助 AI 智能体,通过对学习前准备、学习中实施及学习后反思的全流程循证分析,推动问题设计从“经验驱动”向“循证实践”转型。

关键词 问题设计 单元教学 循证 AI 赋能

Evidence-based exploration of AI-empowered question design in biology unit teaching

SHI Xiuqin¹, WANG Hongmei², ZHOU Chuxia^{3,*}

(1 Zhejiang Xinchang High School, Shaoxing 312500, China;

2 Zhejiang Jiashan Senior High School, Jiaxing 314100, China;

3 Teaching and Research Office of Zhejiang Provincial Department of Education, Hangzhou 310012, China)

Abstract Problem design is key to the effective implementation of unit teaching. Taking the unit on “Need for homeostasis in the internal environment of body cells” as an example, core questions that are proposed based on the curriculum standards are made realistic and progressive through real-life scenarios and logical analysis. With the assistance of AI agents, the full-process evidence-based analysis of pre-learning preparation, in-class implementation, and post-learning reflection is conducted, facilitating the transformation of problem design from “experience-driven” to “evidence-based” practice.

Keywords question design; unit teaching; evidence-based; AI empowerment

《普通高中生物学课程标准(2017 年版 2025 年修订)》明确指出:生物学学科核心素养是学生在生物学课程学习过程中逐渐发展起来的,在解决真实情境中的实际问题时所表现出来的价值观、必备品格与关键能力^[1]。这一要求凸显了教学需从知识传授转向素养培育,从“解题”走向“解决问题”,而问题正是连接核心素养与课堂教学的重要纽带,问题设计是单元教学有效实施的关键^[2]。

然而,传统教学问题的设计往往依赖于教师主观

经验判断,存在目标不明确、学情诊断滞后以及反馈策略缺乏实证支持等困境,导致核心素养落地效果不佳。借助 AI 智能体,可对师生互动行为、课堂问题类型以及认知目标达成情况进行智能分析,精准反馈教学中的问题,并实施动态干预,从而推动教学从“经验驱动”向“循证实践”转型。

1 单元教学问题设计的循证分析路径

循证教学是以证据为核心、以教师经验素养为基础、以学生发展为目标进行设计和组织的教学活动^[3]。

升级 7 个维度及 16 个子维度构成,体现了初中生物学 PBL 中元认知发展的多层次协同演进机制。该结论对初中生物学 PBL 的设计、实施和评价具有一定的借鉴意义。然而,后续还有一定的研究空间,如进一步探究元认知发展路径及各维度间的动态交互,从而为学生核心素养的发展提供科学有效的路径。

(基金项目:重庆市潼南区科学技术局 2025 年度区科研项目“初中生物学项目式学习元认知发展路径模型构建与应用研究”,No. TK-2025-22;重庆市教育评估研究会 2025 年度重大课题“基于核心素养的中学生物实验操作考试评价研究”,No. PJY2025007)

主要参考文献

- [1] SCHRAW G. Promoting general metacognitive awareness [J]. Instructional Science, 1998, 26: 113-125.
- [2] 高凌飏. 基础教育考试评价三个视角的融通转换与观念更新 [J]. 中国教育科学(中英文), 2020, 3(5): 77-84.
- [3] 顾琰琰, 金婷璐. 主题·话题·问题: 小学英语项目式学习路径探析[J]. 中小学英语教学与研究, 2023(11): 10-14.
- [4] 杨春梅, 沈书生. 从理想到行动: 项目化学习的校本化实施路径[J]. 课程·教材·教法, 2024, 44(9): 91-99.
- [5] LEE D, HUH Y, REIGELUTH CM. Collaboration, intragroup conflict, and social skills in project-based learning [J]. Instructional Science, 2015, 43(5): 561-590. ◆