基于问题解决的项目式学习支架构建*

钱永昌 (厦门外国语学校 福建 361021)
吕 婧 (厦门双十中学 福建 361102)

摘 要 项目式学习是培养学生创新品质的有效途径。基于现代认知心理学的问题解决理论,探讨项目式学习支架的设计策略。以“纸飞机飞行探秘项目”为例,采用系统化的问题解构方法,将大问题拆解为逐层递进的多个子问题,以解决子问题所需的必要技能和认知策略为依据,构建多层次学习支架,支持学生完成复杂问题解决的全过程,有效培养其整合力、思辨力、内驱力和实践力等创新品质,为项目式教学提供可操作的实践范式。

关键词 项目式学习 学习支架 问题解决 创新品质
文章编号 1002-0748(2025)12-0028 **中图分类号** G633·7 **文献标识码** B

在知识经济时代,创新人才的培养已成为全球教育改革的核心目标。包涵整合力、思辨力、内驱力和实践力的创新品质是学生应对未来复杂挑战的必备基础、关键能力和动力品格[1]。项目式学习(PBL)基于项目驱动,通过真实情境中的问题解决,促进学生深度学习、跨学科整合和自主探究,从而发展高阶思维能力、团队协作精神和意志品质等,成为培养创新品质的重要途径。然而,项目式学习驱动问题的真实性、挑战性、开放性也构成了教学的挑战,部分学生可能因认知负荷过重或缺乏系统支持而陷入低效探索。因此,学习支架的适时介入至关重要,它能帮助学生跨越认知阈限,在自主探究与教师指导之间达成平衡。当前关于PBL支架的研究存在三方面不足:一是支架设计缺乏理论性,多依赖经验而非认知规律;二是支架形式单一,无法匹配不同认知阶段的需求;三是动态调整不足,难以适应学生的个性化发展。基于此,本研究聚焦在问题解决理论的指导下,系统构建有效的项目式学习支架。

1 问题与问题解决

认知心理学认为,问题的本质即学习者当前状态与目标状态之间存在的认知障碍[2]。这一障碍具体表现为:学习者能够明确目标,但缺乏从既有知识到达目标的直接路径。当现有认知结构无法提供现成解决方案时,便形成真正的问题情境。

问题解决过程就是运用认知策略,在长时记忆中检索、组合必要技能的心理操作[3]。面对新颖复杂的问题,学习者往往只能依赖通用的“弱方法”。常用的弱方法包括类比法、向前推理法、逆推法等,这些方法虽效率较低,但具有跨领域适用性,是解决劣构问题的关键认知工具。本研究中,学生通过向前推理法,依据重心与平衡法等必要技能推理测量重心位置的方法。通过类比法,从生活中获取灵感,搭建发射平台与发射装置。学生在应用弱方法的过程中,能够将原本未被组合的技能进行重新整合与排列,经历了分析与综合的思维过程,又可能生成新的学习成果,从而实现个体在真正意义上的问题解决。教师的核心任务就是通过结构化支架帮助学生将这些弱方法转化为特定领域的问题解决技能。

2 项目式学习

项目式学习本质上是一种基于项目驱动的复杂问题解决的探究性学习模式。从认知过程来看,项目就是一个由主问题延伸出的多层次问题系统。在开展项目式学习前,教师需要通过教学任务分析解构其形成的子问题、各子问题解决的认知策略以及必要技能,据此做出判断:对于超出学生当前认知水平或学生无法在课堂中有依据地进行研究的子问题,如流体力学的计算公式、纸张材质的影响,采用教师直接讲授的方式。对于学生已经具备认知策略和必要技能的子问题,如控制变量法,应作为项目式学习的核心环节。有选择地重点突破才能使学生在

* 基金项目:本文系福建省教育科学“十四五”规划2023年度课题“指向拔尖创新人才培养的中学物理项目式学习的关键问题研究”(课程编号:FJJKZX23—491)的阶段性研究成果。

中国知网 https://www.cnki.net

解决适切挑战性问题的过程中有效发展自己的创新品质，即通过多源信息整合培养系统思维和提升整合力，在方案优化中锻炼批判性思考和耐挫力，通过成果迭代激发持续探究动机和内驱力，在实践操作中提升问题解决能力及实践力。这种既保证学科深度又符合认知规律的设计思路，是项目式学习取得实效的关键所在。

3　问题解决视角下的项目式学习样例——纸飞机飞行探秘

3.1　问题驱动

播放视频：吉尼斯纸飞机记录。

运用物理学通用解题方法“审题分析题”对视频中的纸飞机进行分析，具体如下。

审题：对象——纸飞机；过程——纸飞机先向上爬升，而后进入近似平稳飞行状态，最后略带俯冲急速下降。

分析题：三阶段的飞行过程共同决定纸飞机的飞行距离，其中急速下降的飞行距离极短，故主要考虑前两阶段对飞行距离的影响。

提出问题：在前两阶段的飞行中，哪些因素会影响纸飞机的飞行距离呢？

3.2　假设猜测

显然，“探究影响纸飞机飞行距离的因素”是一个跨学科综合性问题，可从物理学、工程学等多学科角度分析。学生应根据自己的生活经验及已有的必要技能等，形成合理有据的猜想。

猜测1：纸飞机向上爬升是因为我们总会斜向上将其扔出，当投掷角度改变时，飞行距离一般也变化。同时，如果出手力度不同，纸飞机的初速度不同，飞行距离也不同。由此猜测：投掷角度和投掷力度可能影响纸飞机的飞行距离。

猜测2：在平稳飞行过程，对纸飞机受力分析（见图1）。根据伯努利原理，机翼上方空气流速快、压强小，下方空气流速慢、压强大，这种压强差产生向上的升力。空气的流速与纸飞机不同，对纸飞机产生阻力。思考平稳飞行需满足的条件，即竖直方向重力大小等于升力大小且二者的作用点尽量重合，水平方向在阻力作用下慢慢减速。由此猜测：阻力、重力、升力、重心位置可能影响飞行距离。

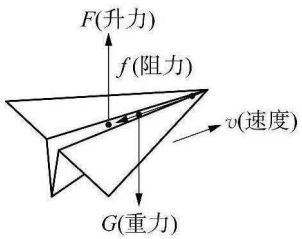


图1　纸飞机受力图

猜测3：从工程学角度来看，纸飞机重力大小与纸张材质有关，升力与阻力可能与机翼形状有关。由此猜测：影响因素可能有克重、刚度、展弦比、翼型曲率等。

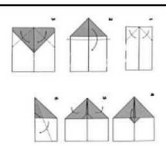
猜测4：空气湿度、风速等环境因素也可能影响纸飞机的飞行距离。

以上猜测的变量有些涉及空气动力学与材料力学，其复杂程度远超普通初中生的认知水平，且局限于课堂情境下的设备精度、变量控制及课时条件，不宜让学生探究，可由教师讲授或作为课后拓展。通过本环节，学生明确需要重点研究的因素，如重心位置、发射角度。

3.3　规划方案

以“探究重心位置对纸飞机飞行距离的影响”为例，本环节需完成方案规划。影响飞行距离的因素较多，如要探究单一变量对飞行距离的影响，规划方案时需运用控制变量法，即保证纸飞机的材质、折叠方式、发射力度、发射角度、环境等保持不变，并且形成初步记录表格（见表1）。

表1　规划方案表

实验目标	探究重心位置对纸飞机飞行距离的影响		
材质与大小	A4白纸	折叠方式	
发射力度与角度	1 N、30°	实验环境	关闭门窗、风扇等
实验次数	重心位置到飞机尖端的距离/cm		飞行距离/cm
1			
2			
……			

3.4　设计实验

接下来，面对“如何设计实验”这个问题，学生可遵循设计实验的通用策略进行思考[4]（见表2）。

表2　设计实验表

确定实验目的	探究重心位置对纸飞机飞行距离的影响
确定实验对象	按照规定方式折叠的纸飞机
确定实验中对象的状态及过程	飞机以一定的投射角度被抛出，在空中短暂爬升后较为平稳地飞行再减速落地
确定需要测量的物理量及测量原理	测量重心位置和水平飞行距离。 子问题1：怎么测量重心位置？
选择测量各物理量的仪器	重心位置：铅笔、刻度尺； 飞行距离：软尺或激光测距仪

中国知网　https://www.cnki.net

续　表

确定每次的实验条件	探究重心位置对飞行距离的影响，需要改变重心位置，同时保证投射角度、投射力度不变。 子问题2：怎么改变重心？ 子问题3：怎么保证投射角度不变？ 子问题4：怎么保证投射力度不变？
确定仪器的连接方式	

“设计实验的通用策略”作为弱方法，只能逐步引导学生的思考方向，故学生运用策略的过程中自然而然会产生上述四个子问题。接着，学生可以尝试向前推理法、类比法等思考可能的解题方向。

子问题1：怎么测量重心位置？

纸飞机的重心可能在哪里？

纸飞机的形状规则，质量分布均匀，具有对称性，重心在几何中心位置，即机身纵向对称轴上的某点。

怎么确定？

拿一根铅笔撑着机身纵向对称轴，缓慢移动铅笔，直到纸飞机刚好保持水平静止，该支撑点即重心（见图2）位置。或用胶带在纸飞机某处粘贴一根细线，悬挂于固定点，待飞机静止后，用铅笔沿悬挂线方向在机身上画一条直线，该直线与机身纵向对称轴的交点即为重心位置（见图3）。

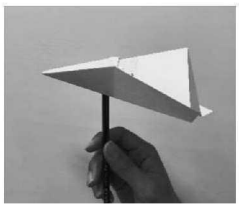


图2　支撑法

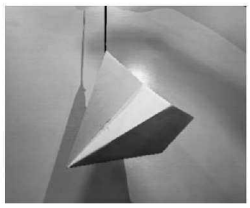


图3　悬挂法

子问题2：怎么改变重心位置？

前述已确定纸飞机的折叠方式、纸张材质等，故无法通过纸飞机本身来改变重心位置，需要借助外物，例如夹回形针、粘贴纸片等。

将回形针夹在何处？

只将回形针夹在机翼的一侧，那么整架纸飞机的质量分布便不均匀，重心明显偏向有回形针的一侧，在空中难以平稳飞行。因此，回形针应该对称分布，让重心依旧落在对称轴上。

怎么对称分布？

将两个回形针分别夹在两侧机翼的对称位置，改变回形针到机头的距离，从而改变重心位置。

子问题3：怎么保证发射角度不变？

学生可能首先想到用手来投掷，怎么保证发射角度不变？

手要稳，且对照量角器的角度投射，操作难度较大。

学生意识到要搭建发射平台，联想生活中存在的发射平台，例如火箭发射塔、滑雪大跳台、雪橇滑梯等。

发射平台的共同点？

倾斜程度固定。

故可用木板来构建倾斜程度固定的发射平台。

怎么固定木板的倾斜程度？

将木板一端放在水平桌面上，用量角器确定需要的角度，另一端用小木块或硬纸片垫高至刚好的角度。

子问题4：怎么保证发射力度不变？

显然，用手推动纸飞机起飞，无法精准控制每次施加的推力大小。因此，还需要发射装置。思考生活中常见的发射装置，例如弓箭。

弓箭受到推力的大小特点？

推力由弦的形变而产生，弦的形变程度越大，推力越大。

如何保证推力大小不变？

弦的形变程度保持不变。

想出类似的实验装置：将一根橡皮筋的两端固定在木板垫起的那一侧，该橡皮筋作为发射纸飞机的“弦”。

但纸飞机较柔软，不像弓箭可以直接搭在弦上，怎么办？

在橡皮筋上粘贴一块皮兜，让飞机放在皮兜上发射。

皮兜粘在橡皮筋的任意位置吗？

将皮兜放在橡皮筋的中间位置，能让橡皮筋两侧拉力均匀，更容易瞄准发射方向。

怎么保证每次发射的力度不变呢？

使每次实验橡皮筋形变程度相同。

怎么做呢？

在木板上做好标记点，每次将皮兜拉到标记点位置。

3.5　实践成果

学生进行实验，记录并分析实验数据，总结结论：纸飞机的飞行距离与重心位置有关；在其他因素不变时，重心位置较靠前时，纸飞机的飞行距离更远。各小组需要展示纸飞机产品和测量数据，并进行自评及互评，课后还需要完成纸飞机项目报告。

4　有效学习支架构建

学习者在纸飞机项目学习中主要经历“问题驱动→假设猜测→规划方案→设计实验→实践成果”

中国知网　https://www.cnki.net

环节，学习支架作为支持学生认知发展、技能整合和协作探究的关键工具，需针对不同认知层次的学生分环节进行设计。

4.1　假设猜测支架

在假设猜测环节，学生需要整合多学科知识再锁定项目的具体探究因素。但学生常因学科壁垒陷入碎片化认知，可借助思维导图（见图4）为学生提供跨学科的概念性支架，帮助学生建立概念间的关联，明确探究的具体变量。

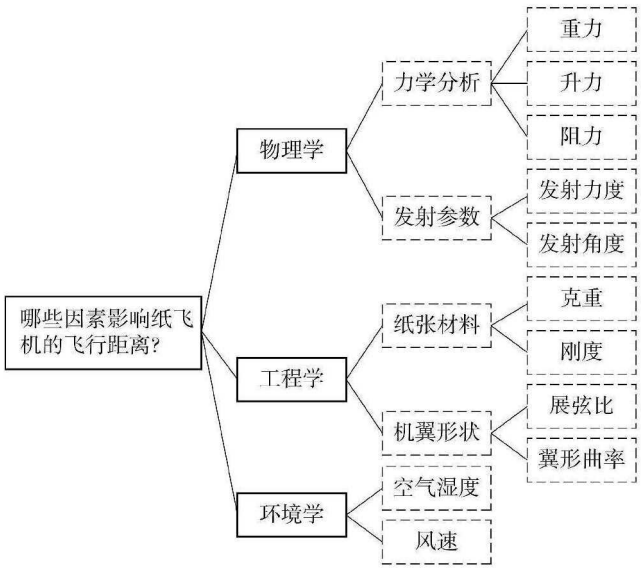


图4　思维导图

而后，面对多个变量，提供变量筛选的决策矩阵（见表3），从可测量性、可控制性、课堂适宜性三个方面投票决定小组最想探究的一两个变量。

表3　变量筛选支架

变量	可测量性	可控制性	课堂适宜性	最终优先级
重心位置	☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆	
空气湿度	☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆	

4.2　规划方案支架

在规划方案环节，提供如表1所示的变量控制表，引导学生进行初步的方案规划，帮助学生识别并细化需保持不变的其他变量，并设计包含自变量与因变量的数据记录表。

4.3　设计实验支架

之后，提供实验设计表（见表2），引导学生系统完成实验框架的搭建，具体包括明确实验对象、选定待测物理量、挑选合适的测量仪器以及设置实验条件等要素，从而推动实验方案的具体化与可操作化。

其中，对于学生可能遇见的关键子问题，根据学生现有的认知水平提供不同层次的提示卡。以子问题1“测量纸飞机重心位置”为例，若学生完全理解“重心”“二力平衡”的物理意义与物理性质，且有过“平衡法”或“支撑法”寻找重心的经历，则提供提示卡一（见图5）。若学生只理解“重心”“二力平衡”的物理性质，则提供提示卡二（见图6）。若学生对于必要技能的物理性质都尚未完全理解，则提供提示卡三（见图7）。而像子问题4“怎么保证发射力度不变”，学生在解决过程中更缺乏类比法策略，则需提供策略提示卡（见图8），通过弓箭引导学生发现“形变程度表征推力大小”，由此类比构建发射纸飞机的装置，寻找到控制发射力度不变的方法。

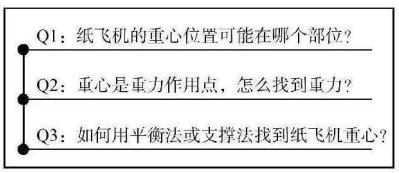


图5　提示卡一

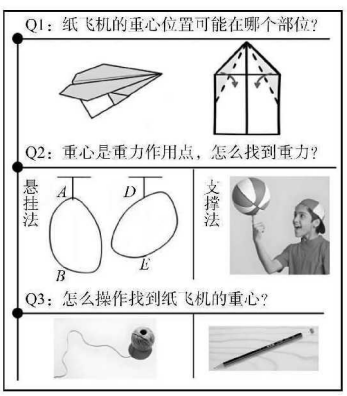


图6　提示卡二

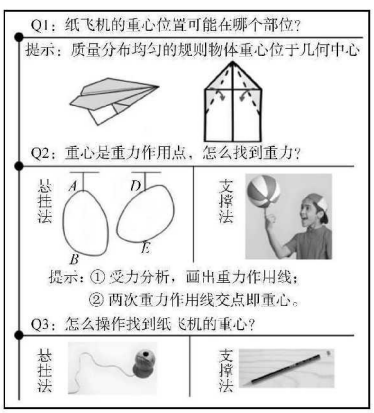


图7　提示卡三

4.4　交流评估支架

在实践成果环节，当学生完成作品制作与实验探究后，科学有效的交流评估对深化学习效果具有重要作用。故有必要开发“项目式学习评价量表”，并将其作为支撑此环节的关键评估支架。该量表采用“项目

中国知网　https://www.cnki.net



研究对象：弓箭；
推力特点(方向/大小)：_____
保证推力大小不变的方法：_____

图8　策略提示卡

过程×创新品质”的双维评价框架，组成4×4的矩阵式评估体系(见表4)。每个评价单元均可再细化为三级可观测的行为标准，如设计方案环节的整合力表现为“整合多学科原理设计实验方案(5分)”“应用单一学科知识设计(3分)”“模仿现有设计无理论依据(1分)”。

表4　评价量表

评价维度	设计方案(30%)	研究过程(25%)	成品性能(25%)	团队协作(20%)
整合力(5分)	整合多学科原理设计实验方案	综合运用多种研究方法解决问题	实现多学科参数协同优化效果	协调团队成员优势互补完成任务
思辨力(5分)	对比分析多种设计方案的优劣	发现并解决实验过程中的关键问题	分析异常数据，并做出合理解释	促进团队民主决策形成共识
内驱力(5分)	主动探索非任务要求的设计方案	坚持多次实验迭代优化	追求极致性能，主动多次改进	主动承担额外团队责任
实践力(5分)	设计的方案具有较好的可实施性	精准执行实验操作，并记录数据	成品性能达到理论预期	高效解决团队合作中的问题

5　总结与展望

项目式学习作为一种基于真实问题情境的项目驱动的教学模式，在培养学生创新品质方面展现出独特优势。借助问题解决理论，将复杂问题拆解为递进子问题，结合“类比法”等认知策略，帮助学生逐步突破认知障碍。支架的设计则以学生认知水平和必要技能为依据，采用分层次、动态调整的方式，既有针对基础概念规律的跨学科思维导图，也有引导高阶思维的策略提示卡。在实践过程中，学生需要将物理学的概念规律、工程学的结构设计等跨学科知识有机融合，不仅掌握了知识迁移的方法，更培养了系统性思维。同时，学生需要运用控制变量法进行多轮实验探究，并对实验数据进行显著性分析，这种严谨的实证过程有效培养了科学推理能力。即时且可视化的成果反馈则形成了正向强化，促使学生产生持续探究的动力，主动寻求更优化的解决方案。从测量重心位置到搭建发射装置，实践力的培养更是贯穿项目始终。可以说，整合力为思辨提供多维度视角，思辨力推动实践方案优化，实践成果又反过来强化内驱力，形成良性循环的创新素养发展机制。

展望未来，基于问题解决理论的教学支架设计模式将具有广泛的应用前景。一方面，可结合智能技术开发动态适配的数字化支架系统，通过实时学习数据分析提供个性化支持；另一方面，该模式可拓展至STEAM等更多跨学科领域，验证其培养创新品质的普适性。对教师而言，需要进一步研发配套的专业发展工具，帮助其掌握问题解构和支架分层的设计方法。随着教育创新的深入，这种融合理论指导与实践验证的支架设计方法，将为创新人才的培养提供更系统的解决方案。

参考文献

[1] 钱永昌. 拔尖创新人才之创新品质培养：框架模型与评价指标[J]. 现代基础教育研究，2024(2)：104—109.
[2] Hong S N，杜娟，盛群力. 解决良构问题与非良构问题的研究综述[J]. 远程教育杂志，2008(6)：23—31.
[3] 陈刚. 物理教学设计与实施[M]. 上海：华东师范大学出版社，2019：7—9.
[4] 陈刚. 试论“科学探究”素养的实质与教学实现——问题解决的视角[J]. 物理教学，2021(8)：2—7.
[5] 陈刚，吕婧. 试论物理概念和规律“理解”层次的实质——信息加工心理学的视角[J]. 物理教学，2023(10)：2—7.

(上接第39页)

4　总　结

总的来看，例1是一道很好地体现跨学科知识融合的题目。高中学科知识融合是当前教育教学改革的重要方向，它打破了传统学科间的壁垒，通过跨学科整合培养学生的综合思维能力。融合式学习不仅能帮助学生建立完整的知识网络，更能培养其解决复杂现实问题的能力。教师可通过项目式学习，引导学生发现物理定律与数学公式间的内在联系，使各学科知识互为补充，最终实现从“单一学科认知”到“多维素养提升”的转变，着力于创新型拔尖人才的培养。

参考文献

[1] 陈开懋，幸芹. 从“阿氏圆”到“阿氏球”[J]. 中学数学研究，2024(7)：26—30.
[2] 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.

中国知网　https://www.cnki.net