

项目式学习在工科实践教学中的有效性评估

张吉哲

山东大学齐鲁交通学院 山东 济南 250001

【摘要】：新工科是基于国家战略发展新需求、国际竞争新形势、立德树人新要求而提出的我国工程教育改革方向。本文聚焦于项目式学习在工科实践教学中的有效性评估。通过对项目式学习理论基础的阐述，结合工科实践教学的特点，分析项目式学习在提升学生实践能力、创新能力、团队协作能力等方面的作用。运用多种评估方法，从不同维度对项目式学习的有效性进行全面评估，并提出相应的改进策略，旨在为工科实践中更好地应用项目式学习提供理论支持和实践参考。

【关键词】：项目式学习；工科实践教学；有效性评估

DOI:10.12417/2705-1358.26.04.077

引言

2017年以来，教育部持续推进新工科建设，取得了重要进展和显著成效，新工科建设已由理念倡导、顶层设计阶段，走向落实推进和质量提升阶段。更多的高校以工程教育新理念、新模式、新方法、新内容、新质量作为学校教育改革的基本内容。传统的教学模式往往侧重于理论知识的传授，而忽视了学生实践能力和创新能力的培养。项目式学习作为一种以项目为导向的教学方法，强调学生的主动参与和实践操作，能够有效弥补传统教学的不足。然而，如何科学、客观地评估项目式学习在工科实践教学中的有效性，是当前教育领域亟待解决的问题。

1 项目式学习的理论基础

1.1 建构主义学习理论

知识的生成并非线性传递的结果，而是在特定社会文化语境中由学习者主动建构而成。在这一过程中，个体通过与环境、工具及他者的持续互动，将外部信息转化为内在认知结构。项目式学习恰好构建了此类认知场域：学生面对真实工程问题时，不再是被动接受既定结论，而是借助文献资料、实验设备与师生对话，经历假设、试错、修正与整合的认知循环。例如，在某高校高性能路面结构设计项目中，学生需综合运用数值模拟、理论计算与试验验证，在不断调试中重构对结构性能的理解。这种以问题驱动的知识整合过程，体现了维果茨基“最近发展区”理论的实践意涵——教师作为支架提供适时引导，同伴协作则推动认知边界外延。知识由此脱离抽象符号状态，转化为可迁移的实践智慧。

1.2 情境学习理论

学习本质上是参与社会实践的过程，其有效性高度依赖于情境的真实性。当学生置身于具有明确目标、约束条件与实际产出的工程项目中，知识的应用便不再局限于课本范式，而嵌入到动态的技术决策与资源协调之中。如在建筑类院校的绿色建筑设计中，学生需调研当地气候数据、材料成本与施工工艺，在模拟软件与实地踏勘的双重验证下完成方案迭代。此类任务迫使学习者在真实约束条件下权衡技术可行性与社会需求，实现从“知”到“行”的转化。莱夫与温格所倡导的“合法边缘性参与”在此得以体现：学生以准工程师身份介入项目流程，逐步内化专业话语体系与实践规范。情境不仅成为知识的容器，更成为塑造工程思维的结构力量。

2 项目式学习在工科实践教学中的作用

2.1 提升学生的实践能力

工科实践教学的根本旨归在于弥合理论认知与工程现实之间的鸿沟。项目式学习通过具象化的任务情境，使学生深度介入从需求分析、方案设计到系统调试的全周期流程。在路面结构设计实训中，学生需依据弯沉与材料性能检测数据调整结构层厚度与模量参数，在反复验算中理解耐久性与初期造价间的动态平衡；在混合料配合比设计与施工模拟过程中，材料变异性与环境因素的突发影响促使设计规范内化为工程直觉。此类经验不再停留于理论公式层面，而是在真实荷载与自然环境的约束下，演化为可灵活调用的设计感知，形成对工程不确定性的系统性应对机制。

2.2 培养学生的创新能力

创新并非灵感突现，而是根植于复杂问题求解过程中的认

作者简介：张吉哲，男（1987年1月），汉族，籍贯山东省济南市，工学博士，教授，研究方向：新型路面材料设计、道路工程智能养护装备与技术、交通基础设施智能检测。

知重构。当学生面对沥青混合料高温抗车辙性能瓶颈时，传统级配与改性方法难以突破现有性能阈值，促使团队引入材料基因组学理念，借鉴复合材料细观结构原理优化沥青-集料界面设计与矿料骨架构成。这一转变背后是跨尺度知识的主动融合与多维度性能验证路径的自主建构。项目所提供的配方容错空间允许非常规材料组合与结构构想存在，进而激发逆向思维与性能边界探索，使材料创新成为基于机理的系统性探究的自然产物，而非依赖经验的偶然结果。

2.3 增强学生的团队协作能力

工程实践本质上是一种集体智识活动。在沥青混合料材料性能验证项目中，路用性能组需根据结构设计组的荷载与耐久性要求迭代验证方案，而室内外性能差异性问题的倒逼材料配方组动态调整配合比设计。成员间频繁的数据互证、责任界面协商与验证进度同步，构建起类真实工程研发体系的协作网络。专业分工间的技术张力与共识形成过程，逐步塑造出对上下游技术逻辑的理解能力，团队协作由此超越简单的任务交接，演变为基于数据互信与技术共识的协同决策系统。

3 项目式学习有效性评估的方法

3.1 学生学习成果评估

项目终结阶段的成果物不仅是技术实现的终点呈现，更是认知结构转化的物质载体。一份具备工程深度的设计报告，往往包含对材料成本、制造工艺与环境适应性的多维考量，其文本背后是学生在资源有限性与性能最大化之间反复博弈的思维痕迹。例如，在某高校风力发电装置设计项目中，部分团队虽能完成额定风速下的并网输出，但面对阵风扰动时系统响应迟滞，暴露出对动态负载匹配机制理解的浅表化。进一步分析发现，这些团队在叶片攻角设定上机械套用贝茨理论最优值，未结合本地风谱特征进行频域修正，导致实际捕能效率较仿真结果下降逾 23%。塔架模态测试亦显示，若干样机的一阶固有频率接近旋转激励频率，存在共振风险，反映出结构动力学知识在真实场景中的应用断层。此类偏差并非单纯的技术失误，而是知识迁移过程中情境感知能力缺失的外显，为教学反馈提供了具象化的诊断坐标。

3.2 学生学习过程评估

课堂观察所捕捉的微观行为序列，揭示了高阶能力生成的非线性轨迹。在持续八周的多旋翼无人机开发进程中，初期日志显示机械组多以“等待指令”姿态响应飞控参数变更，设计方案高度依赖上游输出。然而至第四周，一组学生在模拟载荷测试中识别出机身惯量对姿态调整速率的制约效应，主动提出采用拓扑优化减重方案，并协同控制组重构 PID 增益配置。这一转变标志跨子系统耦合认知的初步形成。更具代表性的是通

信链路异常事件：某小组在室外飞行测试中遭遇间歇性信号中断，未依赖教师介入，而是自主搭建简易射频测试平台，通过移动发射源记录接收强度空间分布，最终构建出基于实测数据的链路预算模型。该过程历时三昼夜，期间出现多次误判与回溯，但正是这种在不确定性中持续试错的行为模式，映射出工程直觉的萌发路径。此类过程性证据虽难量化，却构成评价创新思维激活状态的核心依据。

3.3 学生满意度调查

匿名问卷中的质性反馈常隐含深度学习机制的线索。有学生描述“经历三次方案被否后才真正意识到需求定义需前置验证”，言语间透露出从执行者向问题界定者身份转换的觉醒；另有成员指出“因共享传感器资源不足，相邻小组选择隐瞒校准数据”，折射出协作制度设计中激励相容机制的缺位。值得关注的是，中期答辩环节引发的认知冲击尤为显著——专家围绕环境耐久性、维护可达性等现实维度提出的质疑，迫使学生跳出技术闭环重新审视设计逻辑。某团队原以为高效的齿轮传动方案，在专家追问维修成本与野外更换可行性后被迫重构。后续访谈显示，此类高压质询促使学生开始关注 IEEE 1547 标准中关于分布式电源运维条款，自发拓展学习边界。这些主观体验经扎根理论编码后，可提炼为教学设计迭代的关键变量，推动评估体系由结果导向向认知发展过程深度嵌入。

4 项目式学习有效性评估的维度

4.1 知识与技能维度

学生在风力发电装置设计中对贝茨极限的理解已突破课堂推导的静态框架，转而将其置于动态风场环境中进行修正。某团队采集校园周边三个月实测风速数据，发现日均风速峰值集中于 6.2 m/s 且湍流强度达 18%，远偏离理想层流假设。据此，他们在原有理论模型中引入湍流修正系数，并通过 MATLAB 拟合出适应本地工况的功率系数衰减曲线。这一过程促使学生重新审视升阻力比在非定常流动中的适用边界。另一小组针对低风速启动难题，重构叶片弦长梯度分布，初期仿真结果显示叶根区域存在显著逆压梯度，诱发边界层提前分离。经三次风洞实验迭代，逐步调整 S825 翼型沿展向的安装角分布，最终将失速裕度提升至设计值的 1.4 倍。其技术日志详录了从“气流分离不可控”到基于壁面压力测点反演分离点位置的转变，实现了对 CFD 中 y^+ 值设定与网格分辨率匹配关系的物理性把握。工具操作之外，诊断逻辑的演进尤为显著：当发电机输出出现周期性波动时，学生未止步于电压检测，而是结合振动传感器频谱分析锁定齿轮箱二级传动轴不平衡量，进一步拆解验证磁极偏心距超差 0.15 mm，体现出多源信息耦合的故障溯源能力。

4.2 能力维度

创新构想的萌发往往嵌于持续观察与微小异常的捕捉之中。一组学生连续三周夜间驻守测试平台，利用高速摄像机记录叶尖涡结构演化，意外发现鸟类滑翔时翼尖羽片上卷可抑制涡破裂。受此启发，他们在叶尖加装由形状记忆合金驱动的微型襟翼，构建可调涡流发生器，通过实时调节攻角改变尾涡能量耗散速率，延缓动态失速 onset。该方案在雷诺数 4×10^5 条件下使瞬时扭矩波动降低 27%。跨组协作中，机械与控制成员在联合调试 MPPT 算法时，因响应延迟导致桨距控制滞后，双方摒弃原有黑箱式接口，共同绘制通信协议握手时序图，明确 CAN 总线帧优先级与采样同步机制，形成共享的认知拓扑。沟通行为亦发生质变，某项目组长在进度延误情境下组织情景模拟会议，模拟运维人员野外更换齿轮箱的操作路径，引导团队识别出原设计维护可达性不足的问题，进而推动模块化快拆结构的引入，实现从任务推进到流程重构的跃迁。

4.3 态度与价值观维度

面对西北地区春季沙尘天气引发的轴承加速磨损，多个团队自发延长疲劳测试周期至 200 小时，主动申请砂粒浓度可控环境舱开展对比试验，获取不同防护等级下的寿命折损曲线。这种对工程可靠性的执着，已内化为一种实践自觉。深夜实验室灯光下，常有学生围聚白板争论拓扑优化结果，讨论焦点不再局限于质量减轻百分比，而是延伸至材料回收路径与制造能耗的权衡。一份匿名反思笔记提及：“曾执着于功率最大化，直至目睹邻组为降低风机近地噪声牺牲 3% 效率，改用非对称齿形带传动。”这一细节折射出技术选择背后伦理维度的觉醒。部分团队开始查阅 IEC 61400-2 标准中关于小型风力机声发射限值条款，尝试将社区接受度纳入性能指标体系，标志着工程价值坐标的多元重构。

5 项目式学习有效性评估的结果分析与改进策略

5.1 结果分析

评估数据显示，项目式学习在提升学生工程系统思维与综合实践能力方面展现出显著效能。多数学生能在复杂装置调试中自主构建故障树模型，体现出对多变量耦合问题的解析能力。然而，部分团队在需求定义阶段仍依赖教师预设参数，缺乏对真实工况的主动调研，暴露出问题意识薄弱的问题。深度访谈揭示，其根源在于前期课程中工程情境暴露不足，导致学生惯于在封闭条件下求解，难以应对模糊性挑战。创新能力评估亦显示，尽管 85% 小组完成既定功能实现，但仅 23% 提出具有技术延展性的优化方案，表明创造性转化能力尚未充分激活。团队动态观察发现，角色固化现象普遍存在，控制组成员多集中于算法调试，机械组则局限于结构装配，跨域知识整合频次偏低，反映出协同机制设计尚存结构性缺陷。

合实践素养方面展现出显著效能。多数学生能在复杂装置调试中自主构建故障树模型，体现出对多变量耦合问题的解析能力。然而，部分团队在需求定义阶段仍依赖教师预设参数，缺乏对真实工况的主动调研，暴露出问题意识薄弱的问题。深度访谈揭示，其根源在于前期课程中工程情境暴露不足，导致学生惯于在封闭条件下求解，难以应对模糊性挑战。创新能力评估亦显示，尽管 85% 小组完成既定功能实现，但仅 23% 提出具有技术延展性的优化方案，表明创造性转化能力尚未充分激活。团队动态观察发现，角色固化现象普遍存在，控制组成员多集中于算法调试，机械组则局限于结构装配，跨域知识整合频次偏低，反映出协同机制设计尚存结构性缺陷。

5.2 改进策略

为突破创新瓶颈，引入“逆向项目启动”模式，在任务发布前组织现场考察与用户访谈，强化需求捕获训练，促使学生从真实痛点中生成技术命题。增设“概念碰撞工作坊”，通过跨年混编与角色轮换机制，激发异质思维交互。针对协作深度不足问题，构建基于 MBSE（基于模型的系统工程）的协同平台，要求各模块接口以统一建模语言（UML）显性化表达，推动沟通由经验驱动转向规范驱动。同时，在过程评价中嵌入“认知迁移指标”，记录个体在非本务领域中的贡献密度，引导知识边界的主动拓展。教学干预后追踪数据显示，跨组联合提案数量提升 47%，系统级优化方案采纳率提高至 39%，验证了机制重构的有效性。

6 结论

项目式学习在工科实践教学中具有重要的作用，能够有效提升学生的实践能力、创新能力和团队协作能力。通过科学、客观地评估项目式学习的有效性，可以及时发现问题并采取相应的改进策略，提高工科实践教学的质量。未来，还需要进一步探索项目式学习的最佳实践模式，不断完善项目式学习的评估体系，为培养更多高素质的工科人才提供有力支持。

参考文献：

- [1] 郭豫鹏,陆晓峰,朱晓磊.新工科背景下“焊接方法与设备”项目式教学与改革研究[J].科技风,2025,(34):59-62.
- [2] 解新峰.新工科背景下融合 PBL 和 CDIO 的项目实践教学改革与创新[J].计算机教育,2025,(02):79-84.
- [3] 于倩,张璇,王杰,等.新工科产教融合与项目实践教学相结合的探索与实践[J].科技风,2024,(02):74-76.
- [4] 黄伟莉,章国庆,裴东芳,等.新工科背景下机械类专业分层次递进项目式实践教学探索——以东华理工大学机械工程专业为例[J].大学教育,2023,(04):59-62.
- [5] 刘广敏,李小伟,解兆延,等.新工科背景下基于项目的多课程融合实践教学研究——以轨道交通电气与控制专业为例[J].科技风,2022,(17):130-132.
- [6] 门金龙,欧杨柳,郑鸿区,等.基于项目式教学的石化安全应急创新人才培养[J].化工高等教育,2021,38(06):75-81.