

高中化学教学中有效提问教学策略探析

——以“工业合成氨”为例

张继花

（华东理工大学附属中学）

[摘要]课堂提问是促进学生深度学习的核心策略。本文以“工业合成氨”为例，结合陶行知“教学做合一”和建构主义理论，构建“情境-矛盾-实践”提问框架，融入科学-技术-社会-环境（STSE）维度设计阶梯式问题链，培养学生证据推理与工程思维。通过动态反馈模型（设计-实施-反馈-反思）发现，真实情境与 STSE 融合能提升学生综合分析能力，基于数据分析的教学优化有效促进知识记忆向复杂决策转化，为化学教学提供实践参考。

[关键词]高中化学；有效提问；问题链设计；工业合成氨；STSE 教育；核心素养

课堂提问是激发学生思维、促进深度学习的重要手段。陶行知先生的“教学做合一”理论强调问题应源于真实情境，通过追问引导学生理解并加以运用和实践。建构主义理论提出通过创设问题情境引发认知冲突，以促进知识建构的策略。王后雄教授提出的“问题链”教学模式，即通过将基础性、有序性、开放性、整体性等问题有机串联，形成思维进阶路径^①。该模式在现代教育中得到了广泛的应用和推广。然而，当前化学课堂提问仍存在一些局限。比如，问题设计偏重知识整合而忽视创新思维培养，缺乏动态反馈机制优化策略，以及复杂主题（如化学平衡）的提问设计系统性不足等。

本文以“工业合成氨”为案例，依据“证据推理”“科学态度”素养要求，遵循“教学做合一”理论与建构主义理论；构建“情境-矛盾-实践”提问框架，设计含 STSE（科学-技术-社会-环境）的评价性问题；通过课堂实录与学情反馈数据，建立“设计-实施-反馈-反思”的动态改进模型。从上述三方面探索课堂提问策略，为化学教学提供实践参考。

一、有效提问的构建原则与策略

有效提问的构建需遵循两大原则。一是以学科核心素养为引领，通过多维融合与思维进阶实现“知识解构-能力提升-价值塑造”的育人目标。二是以教育理论与学科实践深度融合为基础，驱动问题链的科学设计。具体策略如下。

（一）创设真实情境，重构知识逻辑

^①王后雄. “问题链”的类型及教学功能——以化学教学为例[J]. 教育科学研究, 2010(5): 50-54.

以工业合成氨的实际生产需求如粮食安全与能源平衡为切入点，将勒沙特列原理等抽象理论融入工程决策。例如，通过“工业上为何采用 20-50MPa 的高压而非更高压强？”的提问，引导学生从热力学平衡（高压促进生成 NH_3 ）、动力学快慢（高压加快反应速率）及工程经济性（能耗与材料耐受与成本）三方面分析，理解压强选择的权衡逻辑，培养结构化决策能力。

（二）引发认知冲突，激活高阶思维

聚焦科学原理与工程实践的矛盾点设计问题。例如，针对“高温加速反应却降低产率”的冲突，设计“工业实际如何协调这一矛盾？能否通过压强调节或催化剂优化速率与转化的平衡？铁催化剂活性在 400-500℃，但为何工业生产仍维持 500℃ 高温？”的等系列问题。该问题链在引导学生从热力学与动力学双重角度展开辩证分析的同时，还能引发学生对“温度选择需综合考量设备耐热性、催化剂稳定性与能耗成本”的系统性权衡。此类问题促使学生从单一原理认知转向多因素综合分析，深化证据推理与工程思维。

（三）构建阶梯式问题链，促进思维进阶

构建阶梯式问题链需以“思维爬坡”为路径，从知识锚点出发，引导学生逐步深入：先诊断问题，再激发创新，最终挑战综合决策。例如，在“如何设计绿色合成氨方案”环节，以“绿色工艺设计”为主线，设计阶梯式问题链：工艺设计需考虑哪些科学因素？传统合成氨工艺的能耗与环境代价为何突出？如何通过催化剂优化或流程重构突破瓶颈？设计零碳方案需平衡哪些技术、经济与伦理维度？该问题链通过“发现问题-分析症结-创新设计-多维评价”的螺旋递进，驱动学生从记忆复述转向批判性思考，在真实情境中实现“知识解构-方案创造-价值升华”的螺旋式深度学习。

（四）STSE 深度融合，培育科学素养

以科学探究为基础，向技术应用、社会责任、环境伦理（原料循环利用）逐层拓展。例如，在探讨未来合成氨工艺改进方向时，基于 STSE 框架设计问题链，引导学生综合科学原理、技术实践、社会责任与环境伦理。以下为示例分析：

STSE 维度	工艺改进措施	核心问题与素养指向
科学（S）	开发低温催化剂	“如何通过键能数据分析优化催化机理？”（科学探究、微观探析）
技术（T）	循环压缩机的使用	“如何平衡设备效率与能耗？”（技术应用、系统优化）
社会（S）	降低农业氮肥成本	“合成氨技术如何平衡粮食安全与能源消耗？”（社会责任、伦理决策）

环境（E）	生物质制氢替代化石燃料	“如何量化绿氢工艺的碳减排效益？”（环境关怀、数据建模）
-------	-------------	------------------------------

在上述问题的解决过程中，学生需提交涵盖科学原理、技术优化、社会责任与环境关怀的多维度方案，实现学科价值与社会价值的统一。

二、问题链框架的系统化设计

工业合成氨教学中的问题链以“情境锚定-矛盾解析-实践创新”为逻辑主线，结合 STSE 维度构建层次分明的思维进阶路径（具体见表 1）。

（一）设计层次：从情境层、矛盾层到实践层的思维进阶

1. 情境层：锚定真实需求，激发探究动机

以“为何选择合成氨而非电弧法固氮？”为例，通过对比两工艺的能耗、产率（合成氨催化优化提升氨的合成效率）及工业适用性（合成氨可规模化），引导学生从反应条件、催化剂效率与经济性三个维度分析，将理论知识与工程决策有机关联。

2. 矛盾层：揭示科学原理与工程实践的冲突

聚焦化学反应内在规律与工业化条件的矛盾，驱动学生辩证分析多变量影响。例如，“哈伯法理论产率仅 15%~20%，为何仍被工业化采用？”“高温加速反应却对平衡不利，如何通过工程手段协调这一矛盾？”等问题的设计，通过认知冲突激发深度思考，帮助学生理解科学原理转化为工程实践的复杂性。

3. 实践层：推动创新设计与伦理评估

以工程优化与可持续发展为导向，设计开放性、综合性的问题。例如，“如何通过合成塔结构设计实现原料循环与能耗降低？”“未来合成氨工艺需优先解决哪些环境与社会问题？”等问题设计，从知识应用转向价值判断，强化创新意识与社会责任。

（二）设计特征：多维融合与逻辑闭环

问题链设计需兼顾梯度性与系统性，构建纵横交织的思维网络。横向维度通过“原理验证-工程转化-伦理评估”串联科学规律、技术应用与社会价值；纵向维度以“现象观察-本质剖析-方案创新”为路径，引导学生思维进阶。

开放性问题创新思维的突破点，例如分析“绿色合成氨工厂如何实现零碳排放？”的问题，要求学生融合可再生能源制氢与碳捕集技术，综合设备可行性、碳排放约束与微观-符号-宏观三重表征，形成科学原理与工程实践的逻辑闭环。

STSE 融合贯穿全程。从科学探究（哈伯法产率低的原因）、技术实践（循环系统优化），到社会责任（粮食安全与能源平衡）、环境关怀（原料循环利用），将学科知识置于真实社会情境中，凸显化学学科解决复杂工程问题的育人价值。

表 1 合成氨问题链框架设计

思维梯度	STSE 维度	典型问题设计	核心素养指向
情境层	社会（S）	1.固氮对工农业的意义？	科学态度、社会责任
	技术（T）	2.为何选择合成氨而非电弧法固氮？	证据推理、技术应用
矛盾层	科学（S）	3.哈伯法产率仅 15%~20%的根本原因？	科学探究、辩证思维
	社会-技术 （S&T）	4.如何协调速率与平衡的矛盾？	证据推理、综合分析
实践层	科学-技术 （S&T）	5.合成氨反应中得到的是纯净的 NH_3 吗？ 如何分离出产品并提高原料的利用率？	证据推理、综合分析
	技术-环境 （T&E）	6.如何通过合成塔结构设计实现原料循环与能耗降低？	科学态度、社会责任
	技术-环境 （T&E）	7.观察合成氨工业生产流程图，尝试建构工艺流程图。	模型认知、技术应用
	环境-社会 （E&S）	8.未来合成氨工艺改进重点是什么？需优先解决哪些环境与社会问题？如何设计绿色合成氨方案？如何实现零碳排放？	综合素养、创新实践

三、动态反馈模型设计与实施

工业合成氨教学中的动态反馈模型以“设计-实施-反馈-反思”为闭环机制，通过数据追踪与多维度评价优化教学策略。

（一）设计阶段：构建数据驱动的干预框架

在教学设计初期，明确以“问题链优化”为核心目标，通过数据驱动策略精准定位学生的认知盲区与素养短板，具体实施如下。

数据采集规划：依托 Classin 平台实时追踪“压强选择”“流程图构建”等关键问题的学生答题数据，量化错误类型，为分层干预提供依据；

分层任务设计：基础层复述勒沙特列原理，提升层分析压强对产率与成本的动态平衡，满足差异化学习需求；

评价维度预设：从科学性（40%）、创新性（30%）、可行性（30%）三个维度量化《绿色合成氨方案》，确保评价维度与“证据推理”“技术应用”等核心素养精准对接。

通过上述闭环设计，既实现了教学策略的动态优化，又推动学生从知识记忆转向复杂工程决策能力的系统性提升，为后续动态反馈模型的实施奠定科学基础。

（二）实施阶段：动态调整与协作探究

课堂教学中通过实时互动与协作任务推动思维进阶，具体实施如下。

学情实时干预：例如，当约 50%左右的学生压强选择错误时，推送分层练习：基础层学生复述压强对平衡的影响，提升层学生结合设备成本表分析最优压强范围。

小组建模实践：学生分组构建“温度-压强-催化剂活性”三维模型，教师通过追问诸如“催化剂活性温度如何制约工艺选择？”的问题，引导学生从单一变量分析转向多因素综合决策。

开放任务驱动：以“设计零碳排放合成氨工厂”为任务，鼓励学生整合绿色氢气制备、碳捕集技术等前沿方案，提出工艺改进方案。

通过分层干预、协作建模与开放性实践，学生从知识应用逐步进阶至复杂决策，既强化了证据推理能力，又深化了工程伦理意识，为动态反馈模型的闭环运行提供实践支撑。

（三）反馈阶段：多维度数据解析

反馈阶段以数据为核心，通过量化分析与综合评价精准定位教学薄弱环节。具体包括：

高频错误归因：例如，针对流程图绘制过程中约 75%的学生遗漏原料循环环节的现象，教师结合课堂观察发现系统性思维训练不足，需强化分步建构能力。

多维度评价反馈：学生提交《绿色合成氨方案》后，组织答辩会，从科学性（40%）、创新性（30%）、可行性（30%）三个维度评分，并反馈改进建议。

通过数据解析与多维度评价，既识别学生思维短板，又推动教学策略动态优化，为后续反思与改进提供科学依据。

（四）反思阶段：策略优化与模型升级

基于教学反馈数据，针对学生能力短板与素养缺口，通过系统性策略优化完善教学设计，具体实施如下。

模块化重构：针对流程图构建困难，采用“模块拼图法”，将流程拆解为“原料处理→反应塔→产物分离→循环利用”四模块，分阶段协作完成。

STSE 融合深化：在问题“未来合成氨工艺改进重点是什么？”中增加“技术-环境-社会”综合评价任务，要求学生结合碳中和目标改进工艺路线图。

通过模块化拆解与 STSE 融合设计，既破解了复杂流程的建构难题，又深化了工程伦理意识，推动动态反馈模型从“问题发现”到“能力进阶”的闭环优化。

动态反馈机制打破了传统教学的静态局限，将课堂转化为“问题发现-策略生成-能力进阶”的活态系统。通过数据追踪与循环优化，不仅提升工业合成氨等复杂主题的教学效果，更培养了学生基于证据的决策能力与终身学习素养。

四、教学反思与总结

“工业合成氨”教学实践表明，有效提问策略需以理论为基础、以学情为导向、以动态调整为保障。有效提问策略的优化则需围绕理论架构、实施路径与育人价值三方面展开。

（一）理论架构：系统化构建跨学科整合框架

有效提问策略的构建需突破学科壁垒。在探讨“固氮对工农业的意义”的环节中，发现约 75% 的学生虽能复述工业合成氨与粮食安全的关系，但难以建立跨学科关联。为此，引入生物学（根瘤菌固氮机制）与经济学模型（粮食供需曲线），重构理论框架，强化科学原理与人文社科的融合。同时，针对开放性问题的深度不足（如“未来工艺改进重点”），设计预学任务。如文献调研、案例分析，以补充背景知识，确保理论应用的广度与深度。

（二）实施路径：技术驱动的动态优化机制

学情分析的时效性仍待加强。现有 Classin 平台虽能统计错误率，但对一些开放性问题的思维过程捕捉不足。未来可引入 AI 辅助工具，例如通过自然语言处理自动归类学生答题中的逻辑漏洞，为分层任务设计提供更精准的数据支持。

（三）育人价值：STSE 导向的素养培育体系

教学实践中发现，学生易陷入“技术至上”思维（如约 71% 的方案忽视社会影响）。需在评价机制中增设“伦理权重”。例如在“绿色合成氨工艺”答辩会上，可将评价维度调整为“科学性（30%）+技术可行性（25%）+环境友好性（25%）+社会效益（20%）”，引导学生多角度分析，实现学科价值与社会价值的统一。

有效提问策略的优化永无止境。唯有坚持理论筑基、数据导航、技术赋能的三维驱动，才能在化学课堂中培育出既能解读反应方程式、又能驾驭复杂工程伦理的新时代人才。这既是学科教学的必然追求，更是老师们在新时代要扛起的教育责任。