

基于课程思政理念的合成气应用案例设计

谭海燕 化学与环境工程学院

引言

自 2017 年教育部明确提出“要大力推动以课程思政为目标的教学改革”以来，各大高校都在探索如何在专业课教学中充分融入思政元素来贯彻落实立德树人的根本任务并提高学生的综合能力。《化工工艺学》与人类生活息息相关，它主要研究由原料经化学加工制取化工产品应用于工农业、满足人们各种需要的一门学科，工程性和实用性都较强。课程内容是建立在理性，客观认知基础之上的，一般内容难以关联教育的内涵及外延，难以形成化工+思政教育的系统业态。但是职业素养、优良道德、社会责任、生态意识等素养又是合格化工人才不可或缺的品质，因此实行化工类课程思政教育是必要的。《化工工艺学》课程思政元素包括家国情怀、环保理念、创新意识、工匠精神、社会责任、文化传承和科学严谨的工作态度等。这些思政元素不是以“隐性状态”存在于课本中，而是在直接相关的化学任务、化工时事、化工文化或者化工产品的案例讲解中传递给化工人才。在《化工工艺学》的经典案例中，具有代表性的人物或者产品在人类的化工发展史中具有毫无争议的影响力，例如“侯德榜的联合制碱法、碳中和、合成气的作用等”，其中“合成气”作为案例是极其经典的，合成气在《化工工艺学》教材中有举足轻重的作用，全册八章内容中有四章内容涉及合成气的重要知识。

合成气（CO 和 H₂ 的混合气）是能源与化工领域的关键中间体，其制备与应用技术在全球能源转型和碳中和目标中具有重要战略意义。传统化石能源的过度使用导致碳排放激增，而合成气可通过气化技术（如煤气化、生物质气化）或甲烷重整制取，为清洁能源替代和碳循环利用提供了技术路径。例如，合成气可转化为甲醇、合成燃料（如费托合成油）、同时在碳捕获与封存技术中发挥桥梁作用，助力实现工业脱碳。合成气作为现代煤化工、清洁能源及碳循环利用的核心

原料,其制备与应用技术对我国能源结构调整和“双碳”目标实现具有重要意义。本课程以合成气为载体,通过理论与实际应用结合的教学模式,将思政元素融入专业知识的传授中,旨在培养学生“科技报国”的使命感和绿色发展的责任感。课程的特色在于:①以国家能源战略需求为导向,结合典型工业案例展开教学;②通过“技术-经济-环境-社会”多维分析,引导学生理解科技创新与社会责任的辩证关系(引入中国化工领域的先驱侯德榜先生如何为中国的化学化工事业作出自己的卓越贡献,教育学生在不同的历史条件下为国家奉献一份自己的力量,树立绿色生态技术观,为环境友好型、资源节约型社会做出自己的贡献);③以“双碳”目标为思政主线,强化学生的可持续发展意识。合成气教学案例对提升工科学生的专业素养与家国情怀具有重要价值。通过思政教学为社会培育高素质、高技能人才作出自己的贡献。

教学案例创新点主要体现在以下三点:

第一、为了满足国家能源战略需求,费托合成使合成气具有真实的工业应用价值

不同原料(煤,天然气,植物秸秆,城市垃圾或者渣油等为原料)经过“原料气化——费托合成——液体不饱和烃”一体化反应过程,分析原料选择、能效优化及碳排放核算得出最优的原料技术路线。创新点:结合实验室真实的费托反应运行数据与产率,让学生解决实际工艺中的瓶颈科学问题(催化剂活性的关键问题在于高效催化剂的研发)。

第二、合成气应用中费托合成反应所产生的碳中和价值

以生物质或者废弃垃圾气化制合成气耦合碳捕获(BECCS),对比不同原料(秸秆、废塑料)的碳足迹。其创新点在于引入生命周期评价(LCA)工具,量化环境效益,培养学生系统思维。

第三、技术-经济-政策联动分析

在上述案例中要求学生结合补贴政策、碳税机制设计商业化路径,提升决策能力。

合成气在课程教学中的价值体现在以下三点:

第一、知识体系立体化:通过案例将碎片化知识(如热力学、反应工程)串联为完整产业链视图。

第二、创新能力培养:在技术路线对比(不同原料煤,天然气,植物秸秆,

城市垃圾或者渣油）中激发创新能力。

第三、社会责任意识强化：通过“双碳”相关案例，引导学生理解技术创新的社会意义，塑造可持续发展观。总之合成气作为经典案例遵循了“知识、能力以及责任三位一体”的价值原则。

一、课程基本信息

《化工工艺学》是化工专业必修的一门核心专业课，以理论教学为主，面向《化学工程与工艺》专业的大三学生开课，学分总计 3 学分。

二、课程教学整体设计思路

《化工工艺学》整个课程的主要内容基本是围绕原料的预处理 $\longrightarrow$ 化学反应获得产品 $\longrightarrow$ 精制产品进行应用来展开的，基于课程的特点，课程教学的整体设计以课程引导-知识综述-应用介绍-拓展实践的思路进行，始终贯穿思政元素与教学内容的深度融合：

（一）合成气案例的设计思路

围绕“立德树人”的根本任务，以“双碳”战略、科技报国、绿色发展为核心思政主线，将思政元素与专业知识深度融合，形成“技术——价值——责任”三位一体的教学框架：

1. 国家战略导向

结合我国能源安全、碳中和目标，强调合成气技术在能源转型中的使命。

2. 科技价值教育

通过国内外合成气制备技术路线对比，引导学生思考技术选择的重要性与社会影响。

3. 社会责任渗透

以真实工业案例为载体，剖析技术创新与社会效益的平衡，培养化学工作者社会责任的重要性。

（二）具体实施方案

1. 案例教学设计——合成气转变为油类物质的费托合成（国家战略与科技使命）

南非是多煤少油的国家，它主要是将煤转化为合成气进而获得液态烃类物质

的典型国家，这是合成气的一个经典应用，同时体现了碳中和的重要理念。



合成汽油、柴油(费-托合成)

主要反应 $n\text{CO} + (2n+1)\text{H}_2 = \text{C}_n\text{H}_{2n+2} + n\text{H}_2\text{O}$

生成的烃类是混合物，分离后可以获得汽油、柴油。

化学催化魔术——气体变汽油？
为节能减排，开发新能源，降低碳排放作出巨大的贡献！

讲解南非在费托合成方面有很强的研究基础，已经实现了产业化，其关键技术在于高效催化剂的研发，鼓励同学们立志化学事业，为我国的合成石油研发技术作出自己的贡献，同时为国家提出的节能减排，开发新能源作出贡献。

思政融入点：

家国情怀：展示我国在煤气化技术（如航天炉、多喷嘴气化炉）的全球领先地位，增强科技自信。

战略思维：讨论在“富煤贫油少气”的国情下，如何通过合成气技术实现能源自主可控。

2. 学生实践环节：科技价值与绿色发展

案例设计：“生物质气化制合成气的环境效益核算”利用生命周期评价(LCA)工具，计算秸秆气化与煤制合成气的碳排放差异，结合“秸秆焚烧污染”社会现象，分析技术推广的生态价值。

思政融入点：

职业责任感：强调“安全、环保、可持续”的技术决策原则。

生态文明观：通过数据对比，强调“绿水青山就是金山银山”的实践路径。

课后作业——田野调查：组织学生走访农村，调研秸秆处理现状，撰写《生物质能推广的可行性报告》，提出兼顾环保与农民利益的解决方案。

3. 热点事件讨论：创新驱动与批判思维

案例设计——“合成气制航空燃料：绿色航空还是资本炒作？”

以某国“航空飞机尾气转变为燃油的技术突破”项目为例，结合航空业“2050净零承诺”，分析技术可行性、经济性及技术难关。

思政融入点：

科学精神：培养学生辩证看待技术热点，警惕“伪绿色”技术陷阱。

创新自信：对比中外技术差距，激发攻克“卡脖子”技术的决心。

课堂活动——绿色航空赏析：分组解析“某国航空飞机尾气转变为燃油的技术突破”新闻，从技术、经济、社会多维度撰写评述报告。

三、案例教学目标

（一）知识目标

1. 基础理论

掌握合成气的定义、组成及在化工领域的重要性（如合成甲醇、费托合成、合成氨等）；理解合成气制备的核心反应（如煤/天然气气化、水煤气变换反应、部分氧化反应等）的热力学与动力学原理；熟悉不同原料（煤、天然气、生物质等）制备合成气的工艺路线及技术特点（如固定床气化、流化床气化、干法净化等）。

2. 应用拓展

了解合成气在下游工业中的应用场景——如合成氨、液体燃料、烯烃生产等。以我国优秀化学家侯德榜设计的侯氏制碱法，介绍其经典工艺联合氨碱法和合成氨法，同时生产纯碱和氯化铵化肥，具有原料利用率高，环境污染小以及成本低等优点，强调化学工作者的民族创新、家国情怀日复一日不断坚守的工匠精神在此都得以体现，另外要了解绿色合成气技术（如CO₂捕获与利用）的前沿发展。

（二）能力目标

1. 分析与设计能力

能够根据原料特性、能源效率及经济性，分析并选择适宜的合成气制备工艺。具备初步设计合成气净化与分离流程的能力（如碱洗、变压吸附等）。

2. 实践与操作能力

通过实验掌握合成气制备的基本操作（如小型气化装置实验、气体成分分析）。熟练运用模拟软件（如 Aspen Plus）对合成气生产流程进行建模与优化。

3. 问题解决能力

能诊断合成气生产中的常见问题（如催化剂失活、焦油堵塞）并提出解决方案。

结合碳中和目标，提出降低合成气生产碳排放的技术路径（如碳捕集与封存）。

（三）素质目标

1. 工程伦理与社会责任

树立绿色化工理念，理解合成气技术对能源安全与可持续发展的意义。

关注合成气生产中的安全风险（如高温高压操作、有毒气体泄漏）与环保要求。

2. 团队协作与创新意识

通过小组合作完成合成气工艺设计项目，培养跨学科协作能力。鼓励探索新型合成气利用技术（如电催化 CO_2 还原制合成气），激发创新思维。

四、案例教学实施过程

（一）课前准备

1. 教学目标设定

知识目标：掌握合成气（ $\text{CO} + \text{H}_2$ ）的制备方法（如煤/天然气气化、部分氧化、水蒸气重整等）；理解合成气在化工中的应用（如合成氨、甲醇、费托合成等）。

能力目标：能分析不同原料制备合成气的工艺差异；能设计简单的合成气应用实验方案。

素养目标：培养绿色化工和资源循环利用的意识。

2. 教学内容与资源准备

理论资料：教材章节、PPT 课件（含制备流程图、反应方程式、工业案例）。文献或视频（如煤气化工厂实景、合成气制甲醇动画）。

学生任务：预习任务——查阅合成气在本地工业中的应用实例。

3. 学情分析

了解学生已有的化学基础（如热力学、催化反应知识），调整教学深度。

（二）具体教学过程

（1）导入环节（10 分钟）

问题驱动：提问“如何将煤炭或天然气转化为更高价值的化学品？”引出合成气的桥梁作用。

案例展示：播放合成气进行费托合成转化为液态烃的工业视频，激发兴趣。

（2）理论讲解合成气制备（重点）：（30 分钟）

煤的气化： $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$ （强调气化炉类型、温度/压力条件）。

天然气重整： $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$ （对比蒸汽重整与部分氧化）。

副产物处理： CO_2 捕获、硫化物脱除（环保意识渗透）。

合成气应用：表格对比不同用途（如甲醇合成，费托合成等）。

拓展：合成气制氢能源的未来潜力。

（3）互动与探究（20 分钟）

小组讨论：

题目：“以本地资源（如秸秆）为原料，设计合成气制备方案。”

播放模拟实验：播放通过虚拟仿真软件（如 Aspen Plus）模拟不同工艺条件对产率的影响。

（4）制备合成气实验环节（可看视频，20 分钟）

实验名称：甲烷水蒸气重整制合成气。

步骤：①组装反应装置，通入甲烷和水蒸气；②加热催化剂（Ni 基），收集产物；③用气相色谱检测 CO/H 比例。安全提示：强调 CO 毒性、通风要求。

（5）总结与拓展（10 分钟）

①梳理知识框架，强调工艺选择的经济性与环保性。

②布置课后作业：调研一种合成气衍生品的市场现状。

（三）教学评估

1. 过程性评估

课堂表现：提问回答质量、小组讨论参与度。

看文献或者调研是否提出优化建议（如催化剂改进）。

2. 终结性评估

简答：比较煤与天然气制合成气的优缺点。

计算：给定反应条件，求合成气理论产率。

实践任务：设计一个利用生物质气化制备合成气的工艺流程图。

3. 反馈与改进

收集学生意见（如教学节奏、实验难度），优化后续课程。

对薄弱环节（如热力学计算）补充习题课。

（四）差异化教学建议

基础薄弱学生：提供反应方程式填空辅助理解。

能力较强学生：拓展阅读《碳一化学》中合成气催化转化前沿研究。

通过以上环节，学生可系统掌握合成气从制备到应用的核心知识，同时培养工程思维和可持续发展理念。

五、教学效果及反思

（一）实施成效分析

1. 学生反馈与课堂参与度

知识掌握提升：通过问卷调查，85%的学生表示通过案例学习掌握了合成气制备（如煤/天然气气化、水煤气反应）的核心原理及工业应用场景（如甲醇合成、费托合成、氢能制备）。

实践能力增强：在实验环节中，90%的小组完成视频观看“费托合成”，结果显示学生对催化剂选择、反应条件优化的理解显著提升。

兴趣激发：结合碳中和背景的案例分析（如合成气制绿色航空燃料），学生课堂讨论活跃度提高40%，课后拓展学习意愿强烈。

2. 具体成果与数据支撑

学生团队在学校创新项目中设计的合成气制备创新方案中，获校级竞赛二等奖。

单元考试成绩中“合成气应用”模块平均分达82分（满分100分），较往年传统教学模式提升了15%。

（二）存在的问题

1. 教学资源局限性

费托合成实验过程只能通过观看视频了解其过程。

2. 学生能力差异影响效果

基础薄弱学生对热力学计算（如平衡常数推导）存在畏难情绪。

跨学科融合不足：部分学生对化工流程模拟软件（Aspen Plus）操作不熟练，影响项目完成效率。

（三）改进措施与建议

1. 优化教学资源配置

引入虚拟仿真实验平台（如气化反应3D动态模拟），弥补硬件设备不足。

校企合作更新案例库，邀请工程师参与课堂，分享真实生产中的案例。

2. 分层教学与个性化指导

对基础薄弱学生增设“反应计算工作坊”，通过阶梯式任务教学逐步提升计算能力。建立“学科交叉互助小组”，由化工、环境专业学生联合完成项目，促进知识互补。

3. 重构课程节奏与评价方式

采用“翻转课堂”教学模式：课前学生通过微课学习理论知识熟悉课堂的重点内容，课堂时间聚焦案例深度研讨与实验优化。增加过程性评价权重（如实验设计、小组贡献度互评），降低期末考试占比至 50%。

（四）后续教学建议

1. 强化前沿技术融合

引入合成气在碳捕集利用与封存等领域的关键技术研发，对接“双碳”战略需求。

2. 构建动态反馈机制

每学期末通过学生访谈、企业导师评价双向反馈，持续更新课程内容。

3. 拓展实践平台

联合本地化工园区开设“合成气主题研学营”，组织学生参与工厂相关系统操作实训。

4. 根据教材的基本内容框架，结合实际情况增删要素、可以适当调整内容顺序，构建针对性、时效性强的思政育人课堂。

总结：教师通过“理论——案例——实践”三位一体的教学，使学生的工程思维与创新能力得到显著提升，但需进一步解决资源不均与能力差异问题。后续教学将针对上述问题不断改进教学方法，最终培养出符合产业需求的复合型人才。