

跨学科视角下高中化学化工生产主题的设计与实践

——以《纯碱工业》为例

摘要：本课例基于跨学科视角，以“史料实证—区域认知—科学思维—责任担当”为教学脉络，引导学生运用历史背景、地理区位、化学反应原理等多角度分析纯碱制备技术的革新过程，进而深化学生对物质转化、化学平衡等核心化学原理的理解，同时渗透可持续发展理念和科学家精神，实现核心素养的落地。

关键词：跨学科；纯碱工业；高中化学学科核心素养

1 问题提出

2017 版普通高中化学课程标准（以下简称“新课标”）明确提出“化学教学中，教师需注重跨学科内容主题的筛选与整合，强化化学与物理学、生物学、地理学、材料科学、环境科学等学科领域的关联”^[1]。以“跨学科视角”进行日常化学教学有助于全方面发展学生解决真实情境中复杂问题的综合能力。

关于如何开展跨学科教学，学界有许多不同的观点。杨振宇认为，跨学科不仅仅是涉及多学科领域，而是要能根据不同问题情境的需要，将各相关学科的观念和思维方式基于其内在联系实现一种有效的整合^[2]。周序等人主张，利用其他学科的知识服务主干学科的过程，既是学生深入掌握主干学科知识的过程，也是学生运用知识解决实际问题的过程^[3]。笔者认为，在日常化学教学中应明确化学的主干学科地位，再根据不同的情境借助其他相关学科的能力素养要求解决化学学科中的问题。

2 设计理念

2.1 课标分析

化工生产蕴含着丰富的历史事件、地理资源依赖及化学原理迭代，是落实化学核心素养的理想载体，有助于突破学科壁垒，实现跨学科融合，引导学生在真实情境中理解科技与社会发展的相互关系。新课标中“化工生产”虽未以主题的形式出现在必修及选择性必修课程中，但与之相关的内容却多次在新课标的其他栏目中出现，统计结果如图 1 所示。

关键词	栏目			
	内容要求 / 次	学习活动建议 / 次	情境素材建议 / 次	学业要求 / 次
合成氨	2		4	1
工业制硫酸（硝酸）	1	1	2	
绿色化学	1			1
金属冶炼	1			1

人工合成尿素			2	
石油化工	1			
纯碱工业	1			

图1 化工生产“关键词”出现的频次

可见，化工生产的理念在课程体系中以分散的形式在不同学段以不同内容呈现的。本课例（《纯碱工业》）是基于必修二 5.2 “化学史话，享誉世界的侯氏制碱法”进行的跨学科融合设计，适合在学生完成选择性必修一（化学反应原理）第三章后作为提升解决复杂体系中物质转化与平衡问题能力的情境载体。

2.2 设计路径

从跨学科视角设计《纯碱工业》一课需要地理、历史等强关联学科的素养融合，设计路径、知识及素养定位如图2所示。

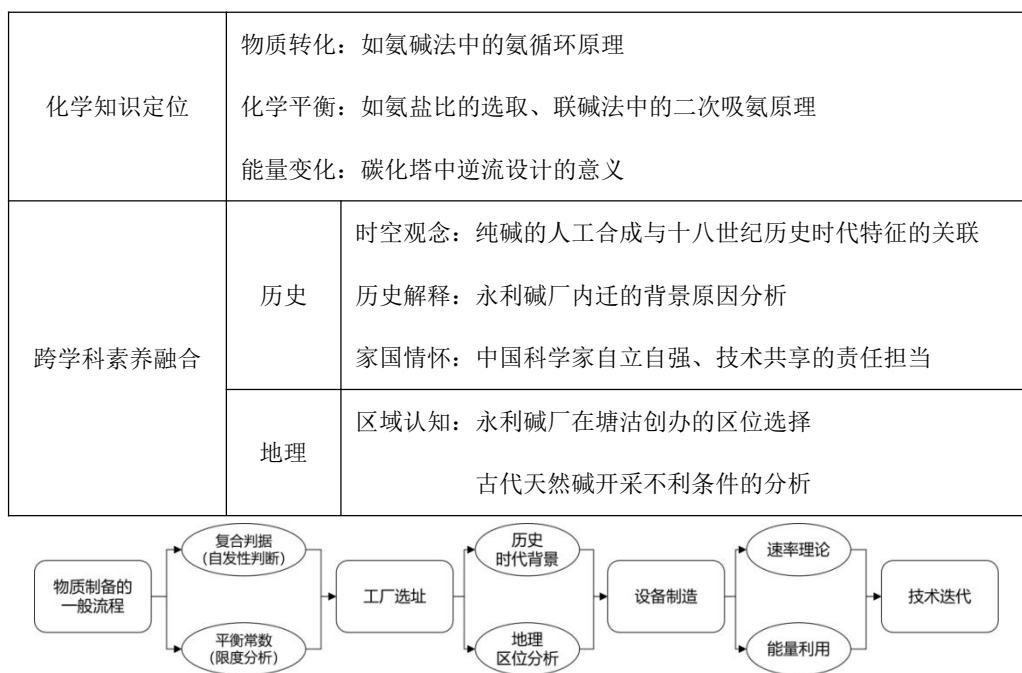


图2 设计路径、知识及素养定位

2.3 教学目标

- 1、能从历史背景与地理区位因素等角度，说明促进纯碱工业技术革新环境因素。
- 2、能从物质转化、能量变化、化学平衡、绿色化学等方面分析、评价纯碱工业蕴含的化学原理。

2.4 教学重难点

重点：能从物质转化、能量变化、化学平衡、绿色化学等方面分析、评价纯碱工业蕴含的化学原理。

难点：理解索尔维、侯德榜制碱法的制碱核心原理。

3 教学设计

环节一，路布兰制碱法的兴衰

主要师生活动	跨学科融合
1-1 从纯碱在生活中的主要用途及早期获取方法引入课题。学生借助 AI 智能体（图 3）查阅人工合成纯碱的历史，并结合十八世纪历史时代背景分析天然碱断供的社会原因，	1、基于历史学科素养（时空观念）解释：十八世纪随着新航路的开辟，资本主义国家为了争夺殖民地，掠夺海外资源以实现贸易垄断和全球霸权。天然碱只是他们掠夺的众多原始资源之一。法国从殖民地获取天然碱的源头被切断也促成了人工合成纯碱的探索。 2、数智赋能：运用 AI 智能体降低了高中生对文献阅读的难度，提高了信息获取的效率。
1-2 学生模仿科学家思考问题的方法，依据“物质制备的一般流程”确立制碱原料为食盐和石灰石，并根据复合判据（图 4）分析直接合成纯碱的可行性。	
1-3 直接制碱很难，所以科学家通过设计“中间物质”迂回制碱，路布兰制碱法就是以此思路设计的。通过教师对路布兰制碱法的设备、反应原理的简介（图 5），学生从污染、能耗、历史意义等角度客观评价路布兰制碱法。	

- **设计意图：**通过历史事件引出课题，再通过“物质制备的一般流程”、“复合判据”等化学知识揭示直接制碱困难重重，培养学生用模型解决问题的意识。用“设备线”表示路布兰法的生产过程则有助于学生体会化工生产设备的复杂性。

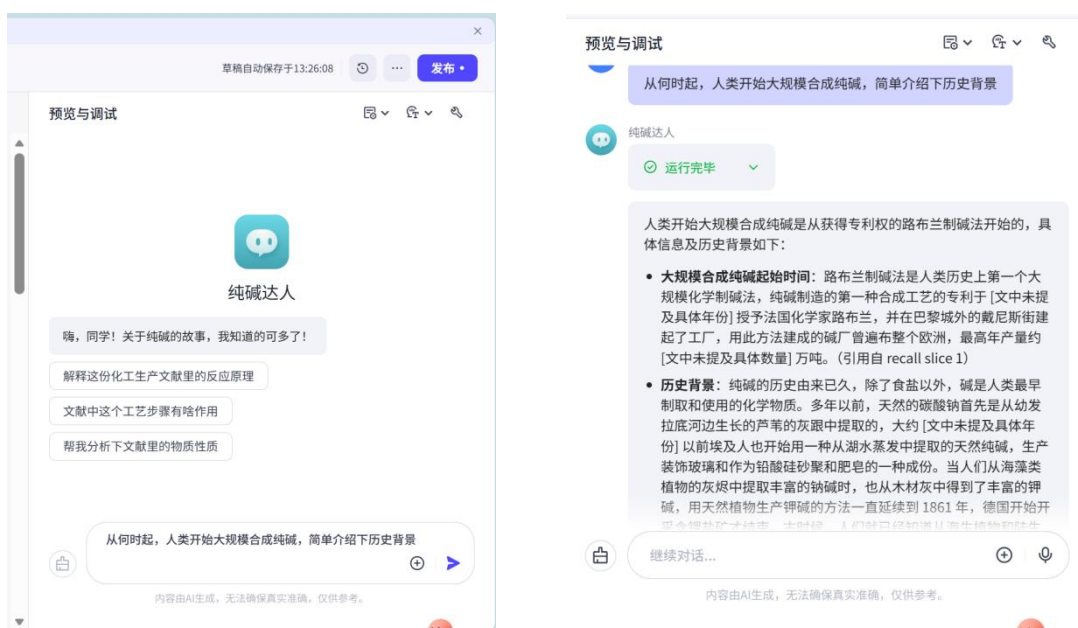


图3 纯碱达人 (AI 智能体) 助力文献检索

热化学方程式	$\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{NaCl}(\text{s}) = \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{CaCl}_2(\text{s})$	
热力学参数	$\Delta H / \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	$\Delta S / \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$
	102.9	2.5

图4 复合判据计算所需的热力学参数

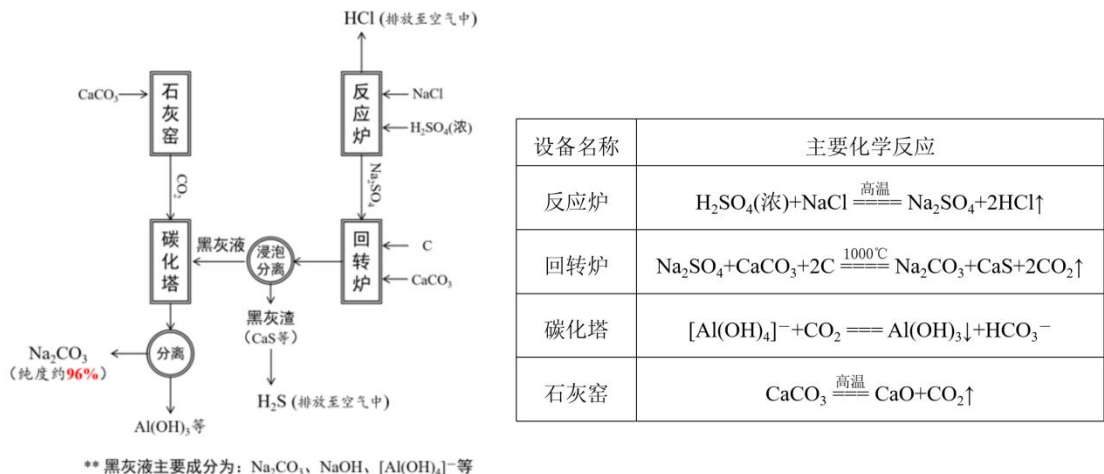


图5 路布兰制碱法

环节二，高效的索尔维制碱法

主要师生活动	跨学科融合
2-1 十九世纪末，索尔维发明了新的制碱工艺很快取代了路布兰制碱法，其核心在于设计了氨的循环。教师介绍索尔维制碱法的工艺特点及“制碱原理”，学生基于原料推测氨循环原理。（图6）	1、基于历史学科素养（时空观念）讨论：索尔维法发明之初合成氨尚未发明，氨只能通过煤干馏获取，是非常宝贵的资源需要循环使用。
2-2 教师介绍历史上第一家索尔维碱厂和合成氨工厂的投产时间（1863年和1913年），学生则在此基础上讨论：①索尔维设计氨循环的历史必然性。②索尔维法产品比路布兰法纯度高的原因。	索尔维设计氨循环存在历史必然性，也同时促进了产品纯度、生产效率的提高。

- **设计意图：**本环节以氨循环为线索，串联起索尔维制碱法的生产原理，旨在发展学生的“变化观念”与“证据推理”能力，并从跨学科视角（历史）理解了索尔维设计“氨循环”既是工艺的智慧，也是应对当时资源限制的必然选择。

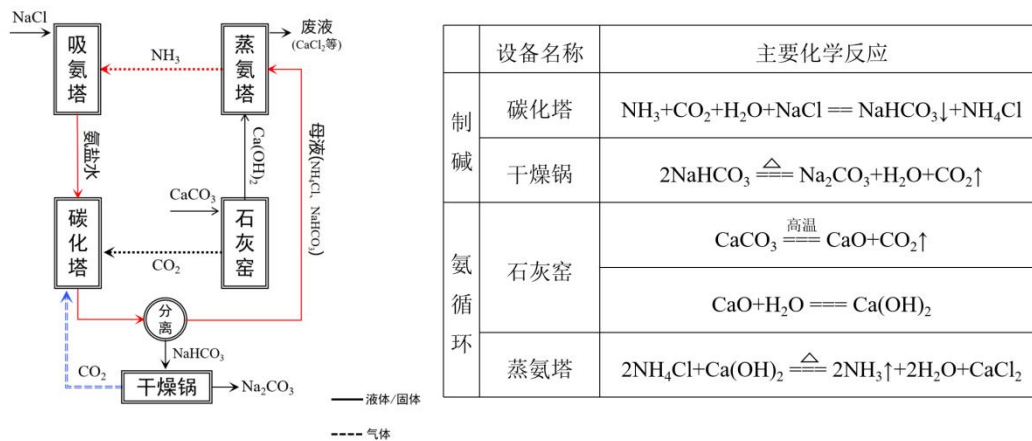


图 6 索尔维制碱法

环节三，索尔维制碱法艰辛的国产化之路

主要师生活动	跨学科融合
<p>3-1 碱厂选址讨论: 二十世纪初索尔维法已取代路布兰法成为主流制碱工艺，但由于西方资本国家的垄断导致我国的纯碱长期依赖进口。为打破西方的技术垄断实现纯碱的国产化生产，范旭东与侯德榜克服重重难关于 1918 年在天津塘沽创办了中国第一家制碱工厂（永利碱厂）。学生通过教师提供的资料（图 7），从历史、地理学科视角讨论永利碱厂在天津创办的原因。</p>	<p>1、跨学科视角揭示永利碱厂在天津创办的原因。</p> <p>① 基于历史学科素养（历史解释、时空观念）解释：天津为我国早期开埠的城市有较好的经济基础，且方便购买西方的设备和技术指导。</p> <p>② 基于地理学科素养（区域认知）解释：工业基础、铁路汇集、物流周转、矿产运输、人才质量等因素是永利碱厂定址天津的决定性因素。</p>
<p>3-2 设备（吸氨塔）讨论: 教师将侯德榜著作《制碱工学》^[4]中关于氨盐水调配的实验数据转化为图像（图 8），学生从平衡角度解释图中各曲线的变化趋势并指出吸氨塔中氨盐水的最佳氨盐比（0.294 附近）。</p>	
<p>3-3 设备（吸氨塔）讨论: 教师将侯德榜著作《制碱工学》^[4]中关于碳酸化反应时的温度变化以及碳化塔内部构造还原为如图 9 所示的简化示意图，设置三处小组讨论：</p> <p>① 装置中设计了多处“逆向接触”的目的？</p> <p>② 碳酸化反应的热效应？</p> <p>③ 中部、底部通入 CO₂ 浓度差异化的原因？</p>	

- **设计意图:** 在此环节中, 学生先通过历史和地理学科视角解释永利碱厂在天津创办的原因, 发展了跨学科解决问题的能力, 实现知识传授与素养发展的统一。紧接着从物质转化和平衡移动视角揭示了索尔维制碱法核心装置“吸氨塔”和“碳化塔”中的化学原理, 实现了化学核心原理与工业实践的深度融合。在本环节中, 学生实现了从理论知识到复杂工业情境的迁移, 强化了问题解决能力。



图 7 天津永利碱厂的创办背景

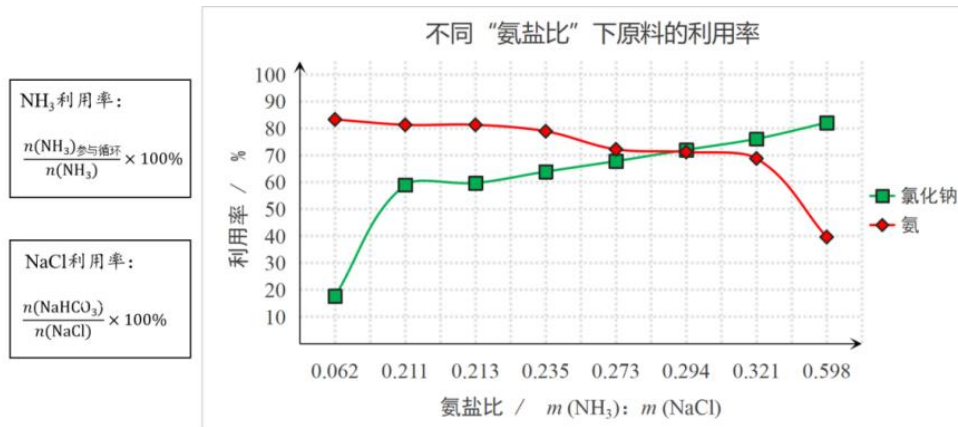


图 8 探寻吸氨塔中氨盐水的最佳氨盐比

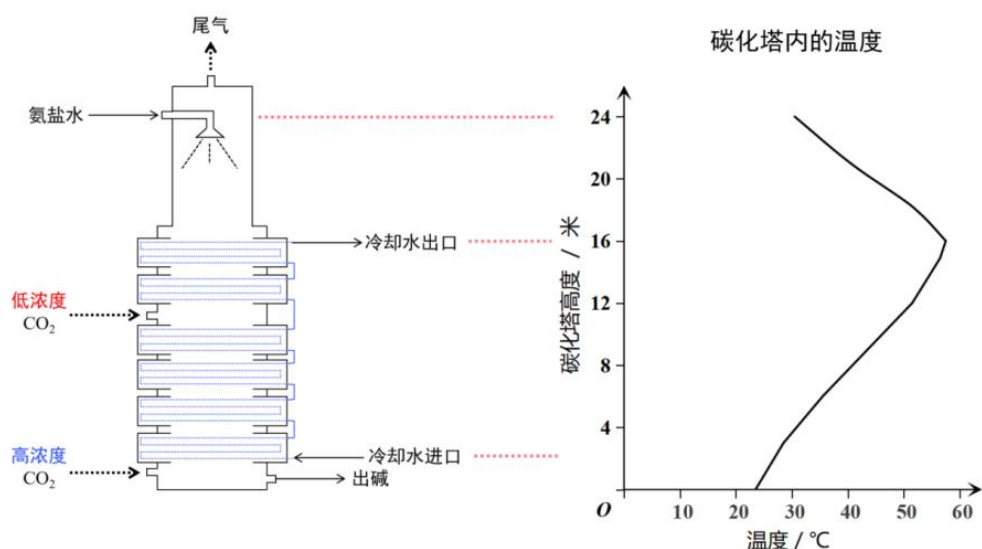


图 9 碳化塔简易工作原理示意图

环节四，举世闻名的侯德榜制碱法

主要师生活动	跨学科融合
4-1 学生结合历史时代背景、地理区位讨论 1937 年天津永利碱厂内迁到四川的原因，并预测可能面临的生产困境。	1、跨学科视角揭示侯德榜改良工艺并发明侯德榜制碱法的必然性。 ① 基于历史学科素养（历史解释）
4-2 永利厂内迁后的生产困境决定了循环母液是大规模制碱的前提。教师将文献资料转化为“二次吸氨—二次碳化”操作及“母液盐分与 NH ₄ Cl 关系”（图 10），学生则根据这些资料从物质转化及平衡移动视角讨论这些操作使得母液得以循环，生产成本大幅降低背后的化学原理。	解释：1937 年全面抗战爆发，华北沦陷导致永利碱厂被迫从天津内迁到四川。 ② 基于地理学科素养（区域认知） 解释：四川铁路运输极为不便且食盐多来自于开采成本奇高的井盐。
4-3 学生基于母液循环原理，讨论侯德榜改良生产工艺后相应生产装置的增减，进而认识侯德榜制碱法的生产流程（图 11），感受侯德榜的伟大。	③ 基于历史学科素养（历史解释） 解释：二十世纪初，合成氨国产化为侯德榜制碱法提供了源源不断的 NH ₃ ，助力侯德榜改良了索尔维法的生产工艺并实现了碱和化肥的联合生产。 ④ 基于历史学科素养（家国情怀） 解释：以侯德榜为代表的中国科学

家始终以造福全人类为使命的责任担当。

- **设计意图：**本环节采用了“问题链—认知冲突—证据支撑”的递进式设计。引导学生从宏观物质转化与微观产物分离的矛盾中感知技术改良的必要性；继而通过“二次吸氨—二次碳化”的操作呈现，创设认知冲突，激发学生探究欲。借助“母液盐分与 NH_4Cl 关系图”驱动学生从微粒变化、平衡移动等微观视角解释化学原理，深化“宏观辨识与微观探析”、“证据推理与模型认知”素养。

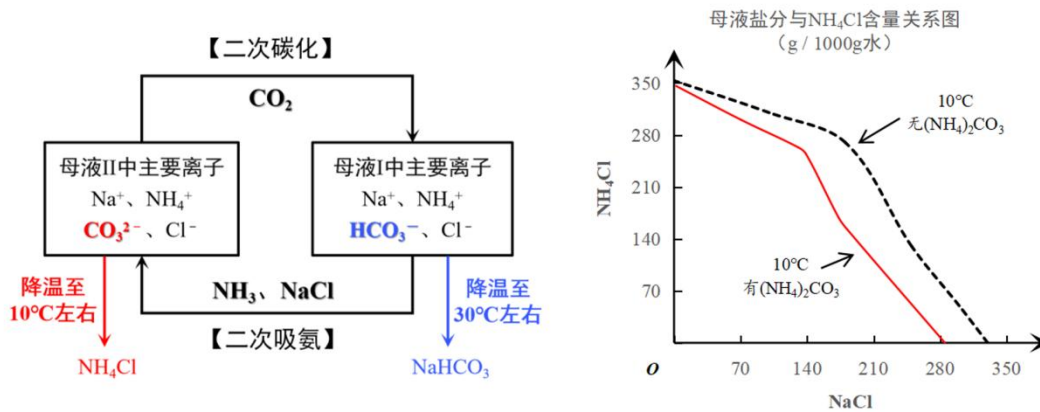


图 10 二次吸氨—二次碳化操作（左）及母液盐分与 NH_4Cl 的含量关系（右）

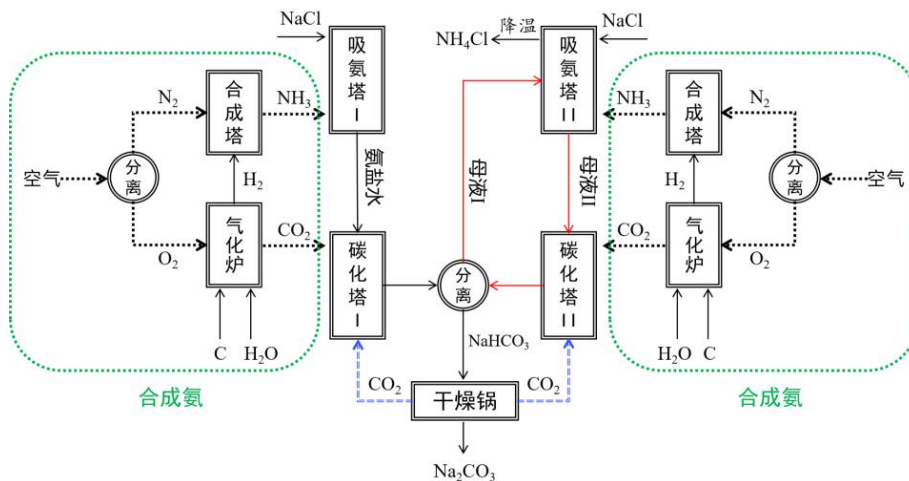


图 11 侯德榜制碱法

环节五，极具潜力的天然碱法

主要师生活动	跨学科融合
--------	-------

<p>5-1 基于我国目前制碱产能分布的数据（联碱法与氨碱法并存，天然碱法逐年升高）讨论：</p> <p>① 联碱法和氨碱法各自的优缺点。</p> <p>② 预测制碱技术的未来发展趋势。</p>	<p>1、基于地理学科素养（区域认知）解释：天然碱矿产地大多远离中原，开采不便；古代开采卤水的技术不够发达，且交通工具运输效率低，市场对 Na_2CO_3 的需求量也有限。</p>
<p>5-2 天然碱法与传统制碱法相比具有环保、廉价等多种优点。通过文献（图 12）解释一种现代天然碱法中涉及的化学原理，并从跨学科视角解释为什么古代天然碱法无法大规模发展（图 13）。</p>	

- **设计意图：**依托真实数据引导学生从绿色化学与能耗、成本角度评价传统制碱工艺，从而发现高能耗是它们共同的缺点；继而通过介绍一种天然碱法流程驱动学生基于反应原理推测工艺优势；最终结合地理区位图讨论古代制约天然碱法发展的原因。强化跨学科综合思维，助力学生理解工业发展需兼顾技术革新与资源环境适配性，落实“科学态度与社会责任”的学科育人目标。

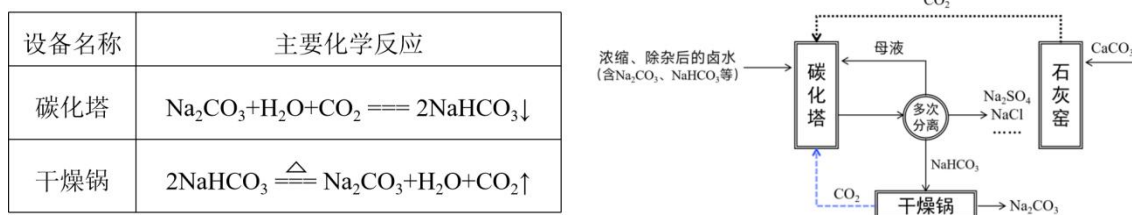


图 12 一种现代天然碱法的生产工艺

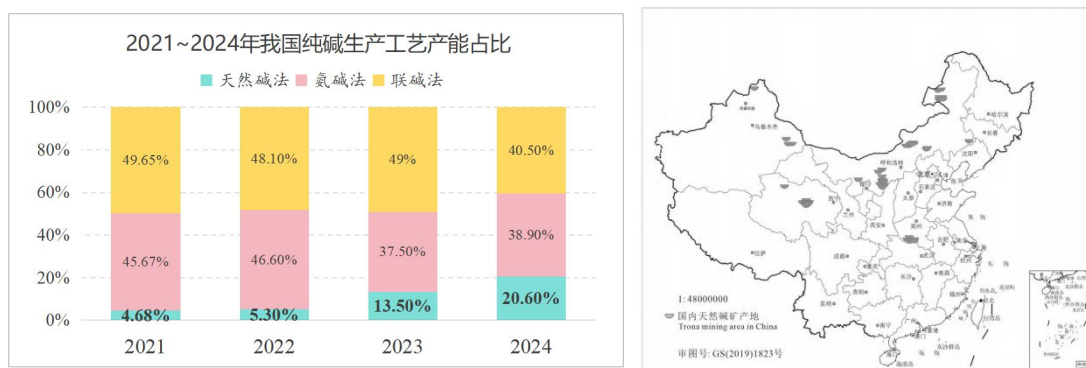


图 13 我国制碱工艺产能占比（左）及主要天然碱矿分布（右）

4 课后反思

要将跨学科资源转化为驱动化学探究的核心线索。例如，本节课中永利碱厂内迁背景的分析是作为侯德榜改良工艺的背景提及，如果能引导学生从“资源约束→工艺创新”的逻辑链深入思考，效果更佳。

学生跨学科思维表现上，仍会呈现“学科割裂”的思考方式，需要教师搭建“学科知识→真实问题→跨学科解决”的桥梁：例如，学生在学习索尔维制碱法原理时虽能熟练写出氨循环的化学方程式，但对氨循环设计的原因缺乏深层次思考。

总体而言，跨学科教学需从“知识融合”走向“素养融合”，让学生在解决真实复杂问题的过程中，自然形成多学科协同的思维方式。

参考文献：

- [1] 中华人民共和国教育部，普通高中化学课程标准(2017年版 2020年修订) [M]. 人民教育出版社，2020
- [2] 杨振宇，跨学科教学：怎么跨 怎么教 [M]. 湖北教育出版社，2023
- [3] 周序,徐新雨,任炜东. 论跨学科主题学习的学科立场[J]. 西南大学学报(社会科学版),2025(4):264-271.
- [4] 侯德榜，制碱工学 [M]. 化学工业出版社，1959