FIE Review：加拿大滑铁卢大学李献国教授——化石燃料制氢综述

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/26986.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

FIE Review：加拿大滑铁卢大学李献国教授——化石燃料制氢综述。 论文标题：Production of hydrogen from fossil fuel: A review

期刊：Frontiers in Energy

作者：Shams ANWAR , Xianguo LI

发表时间：15 Oct 2023

DOI：10.1007/s11708-023-0886-4

微信链接：点击此处阅读微信文章



研究亮点

1、强调了利用非贵金属催化剂如镍（Ni）、钴（Co）和铜（Cu）基合金进行制氢的必要性，以降低成本。

2、回顾了从化石燃料中制氢的各种方法，包括热解、部分氧化、自热和蒸汽重整，并特别强调了通过甲烷蒸汽重整催化制氢的重要性。

3、总结了多组分催化剂的组成，特别是由多种非贵金属材料组成的催化剂。Ni/Al2O3催化剂因

能有效抑制催化剂上的焦炭形成而备受关注，被认为是最经济且性能最好的选择。

4、提出了将制氢与碳捕集、利用和储存(CCUS)相结合的重要性，以避免碳排放。并描述了仍然存在的挑战、前景以及未来研究和发展方向。

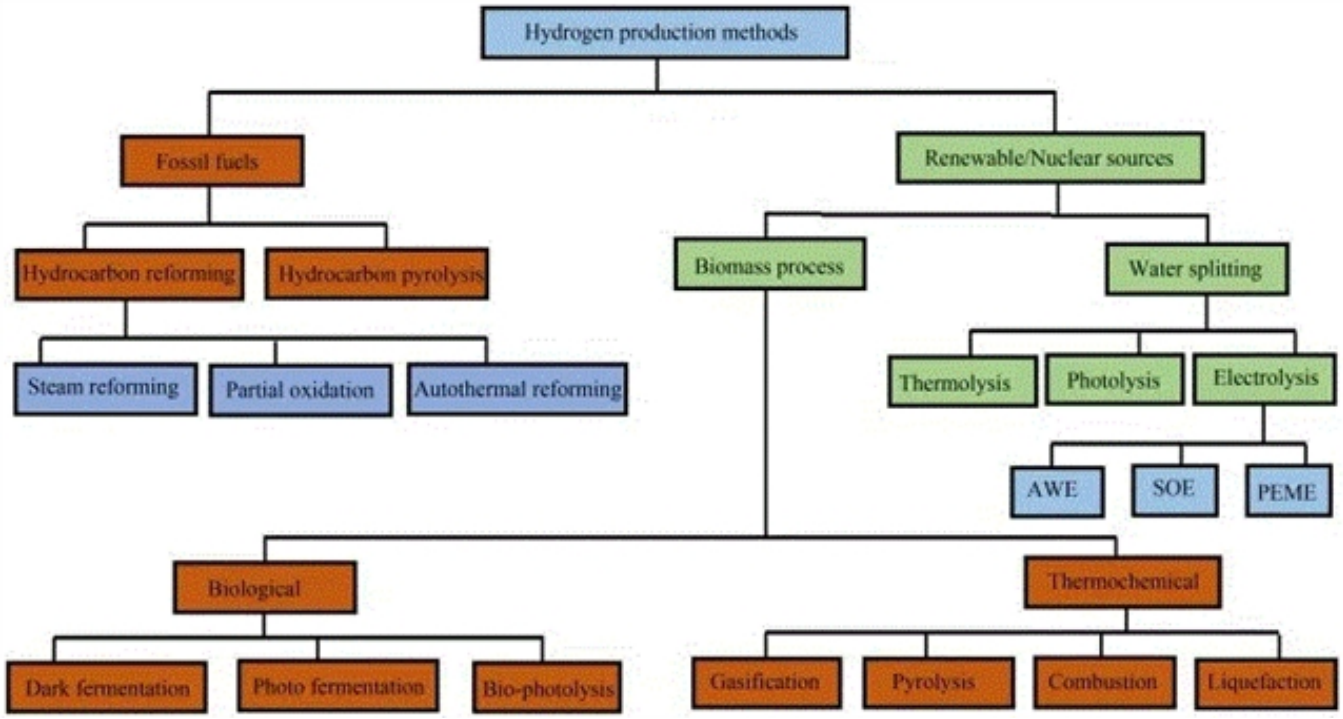


图1 产氢方法总结。

AWE：碱水电解；SOE：固体氧化物电解；PEME：质子交换膜电解

研究背景及意义

氢被认为是工业过程和能源领域脱碳的关键组成部分，用于缓解气候变化。在交通和其他难以脱碳的领域，氢气正在被积极开发以替代化石燃料。然而，地球上并没有大量纯净的氢气，因此需要从其他可用的自然资源中生产。因此，任何大规模商业化的氢气使用都需要能源高效、经济环保的生产方法，即低成本的氢气。许多方法可用于从各种自然资源中制氢。目前大部分氢气仍然来自化石燃料，在这方面，化石燃料预计将在未来仍然是主要的氢气来源。然而，当前氢气最经济的生产方法是从化石燃料中生产，在此过程中，贵金属如铂（Pt）、金（Au）、钌（Ru）和银（Ag）被用作催化剂。总而言之，开发基于非贵金属的催化剂，包括镍（Ni）、钴（Co）、和铜（Cu），已成为研究的主要焦点。传统氢气的生产会导致不可避免的CO2排放，因此，对化石燃料中的制氢进行碳捕集、利用和储存是至关重要的，以避免温室气体排放。本文目标是回顾从化石燃料中生产氢气的各种方法，强调催化生产氢气作为最具成本效益和效率的方法。

研究内容及主要结论

一、从化石燃料中生产氢气的方法

主要研究了利用化石燃料进行制氢的方法。研究包括对各种化石燃料加工方法的效率进行比较，

并探讨了这些方法如何从化石燃料中提取氢气，同时产生副产品。具体方法涉及高温热分解碳氢化合物或改变分子结构。热重整的启动有多种方式，包括部分氧化、自热重整和蒸汽重整。结果表明，通过化石燃料加工生产氢气是一种高效、低成本的方法，可以提高氢气产量。这些方法需要通过催化来保证氢气的选择性，并优化操作条件，以实现最佳的氢气产量和效率。

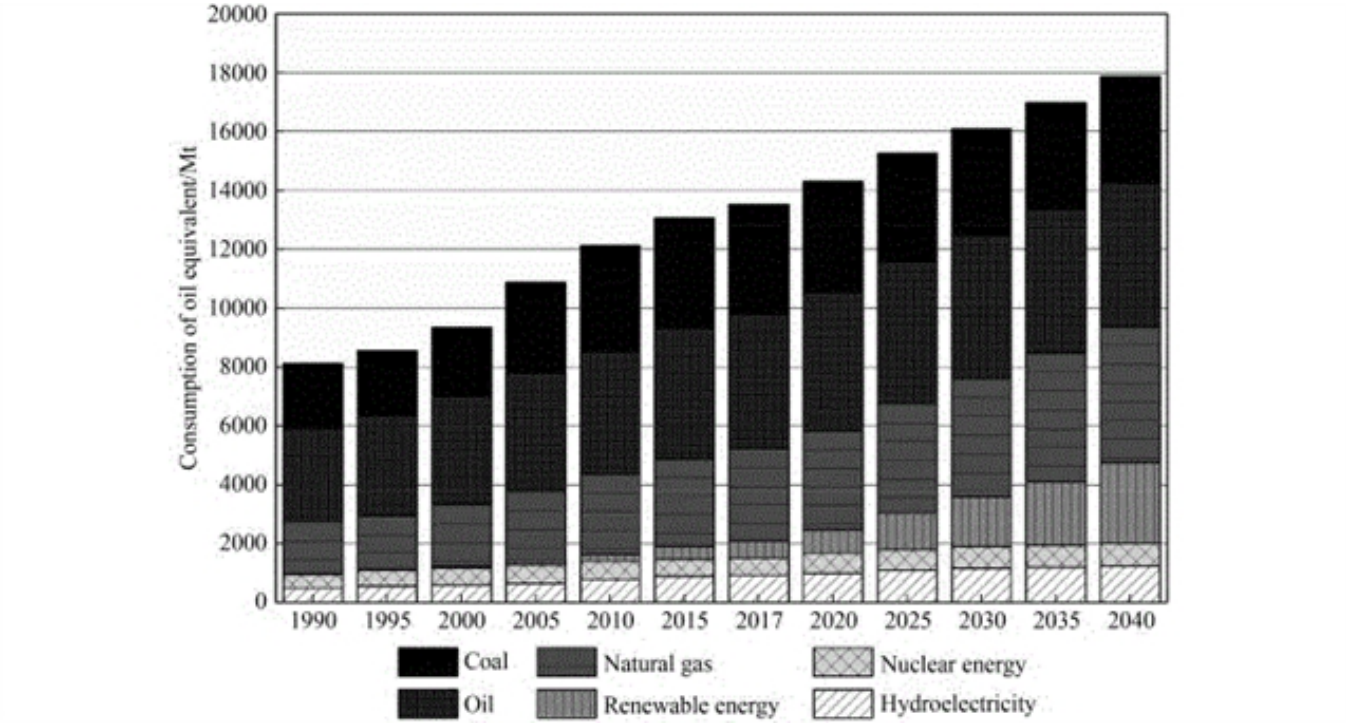


图2 世界能源消耗数据

二、甲烷催化产氢

研究了利用甲烷催化产氢的方法及相关问题。介绍了化石燃料在全球制氢中的重要性，其中天然气占比最高，而可再生资源仅占很小比例。特别强调了甲烷作为天然气的主要成分，在制氢中具有巨大的潜力，并且与二氧化碳排放的关系。重点讨论了蒸汽重整法（SRM）作为最成熟的制氢方法之一，其工业应用和技术发展现状。在SRM过程中，除了产生氢气外，还会得到一定量的一氧化碳和二氧化碳，从而产生合成气。此外，还探讨了SRM过程中存在的挑战，如甲烷活化困难、催化剂设计和处理二氧化碳等问题。尽管SRM过程存在一些挑战，但作为目前最成熟的制氢方法之一，仍然具有巨大的潜力和重要的应用价值。为了克服这些挑战，需要进一步改进催化剂设计，降低成本并提高活性。未来的研究方向应重点关注非贵金属基合金催化剂的开发和应用，以提高制氢的效率和可持续性。

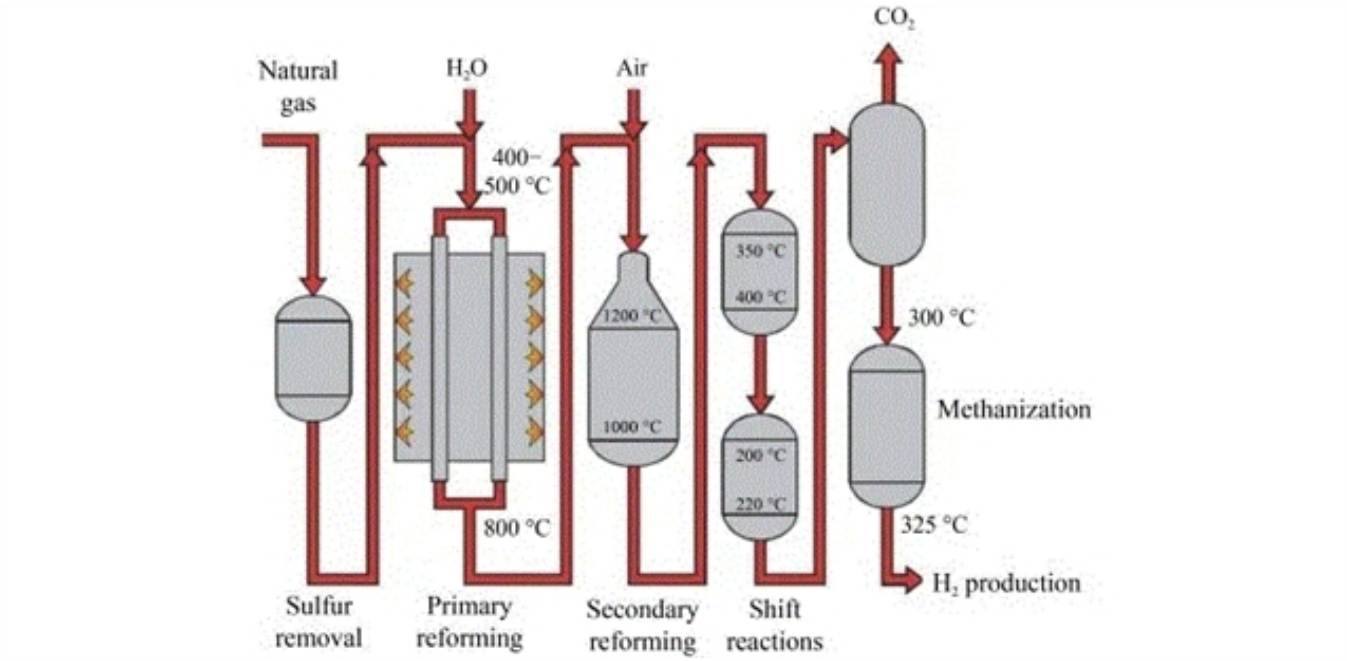


图3 甲烷蒸汽重整产氢的工艺流程图

三、非贵金属基合金催化剂产氢

探讨了在甲烷蒸汽重整（SRM）过程中，过渡金属第八族元素通常适合用作催化剂。尽管贵金属（Au、Pt、Pd、Rh、Ru等）具有最高的催化活性和稳定性，但其储量有限且商业应用成本高昂。与此相反，Ni等过渡金属催化剂已取得显著进展，因其丰富且价格合理，适用于大规模应用。然而，Ni-based催化剂在重整过程中通常会因为烧结和碳积聚而迅速失活，因此需要开发更好的SRM催化剂以抑制或减轻其失活。研究表明，一些过渡金属的硫化物和碳化物也具有优异的催化活性。此外，Co、Cu和Mo基催化剂也显示出优越的催化性能，甚至在较低的反应温度下也比Ni-based催化剂具有更高的催化活性。未来的研究应重点关注Ni-, Co-, Cu-based催化剂，并致力于改善其抗积碳和抗烧结性能，以进一步提高SRM过程的效率和可持续性。

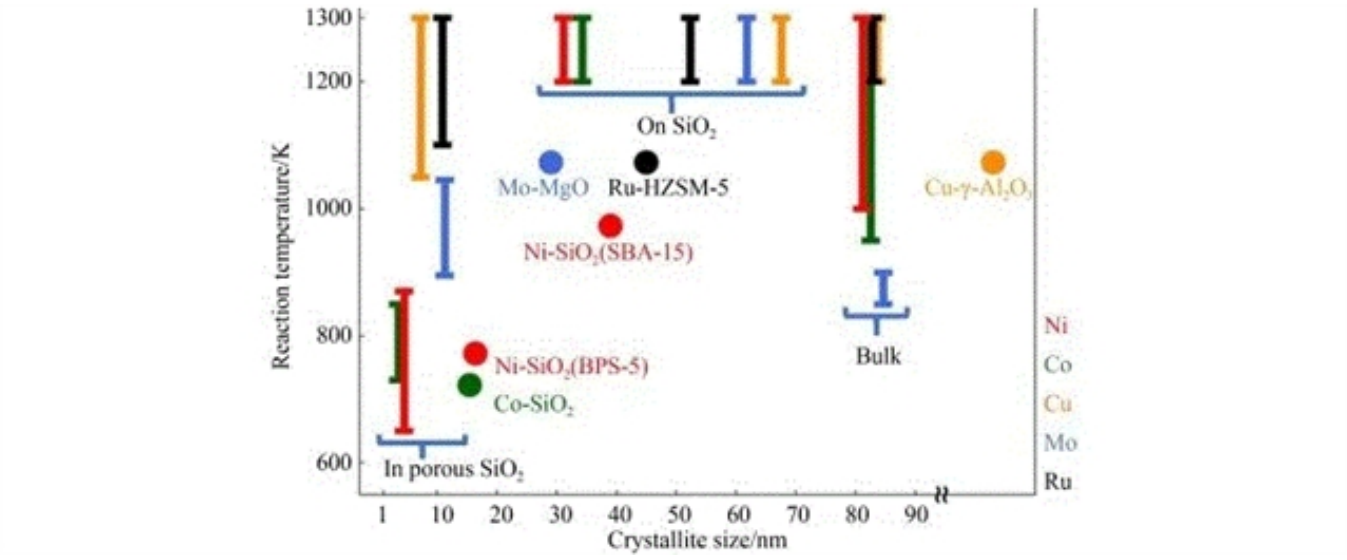


图4 甲烷产氢中分解温度的晶体尺寸依赖性

四、制氢与碳捕捉、利用和存储的集成

化石燃料生产氢气会大量排放CO2，约每生产1公斤氢气排放9公斤CO2，全球约每年排放830百万吨CO2，相当于英国和印尼总排放量。因此，从SRM过程中捕获CO2对减缓气候变化和实现清洁制氢至关重要。商业化生产氢气涉及多个步骤，包括形成合成气，转化为氢气和CO2，以及氢气和CO2的分离。目前，压力摆动吸附是最常用的净化氢气方法，溶剂吸收是最成熟的CO2捕获技术。同时，新型分离方法如膜和吸附剂也在发展中。实现带CO2捕获的制氢需要使用各种相关分离方法。

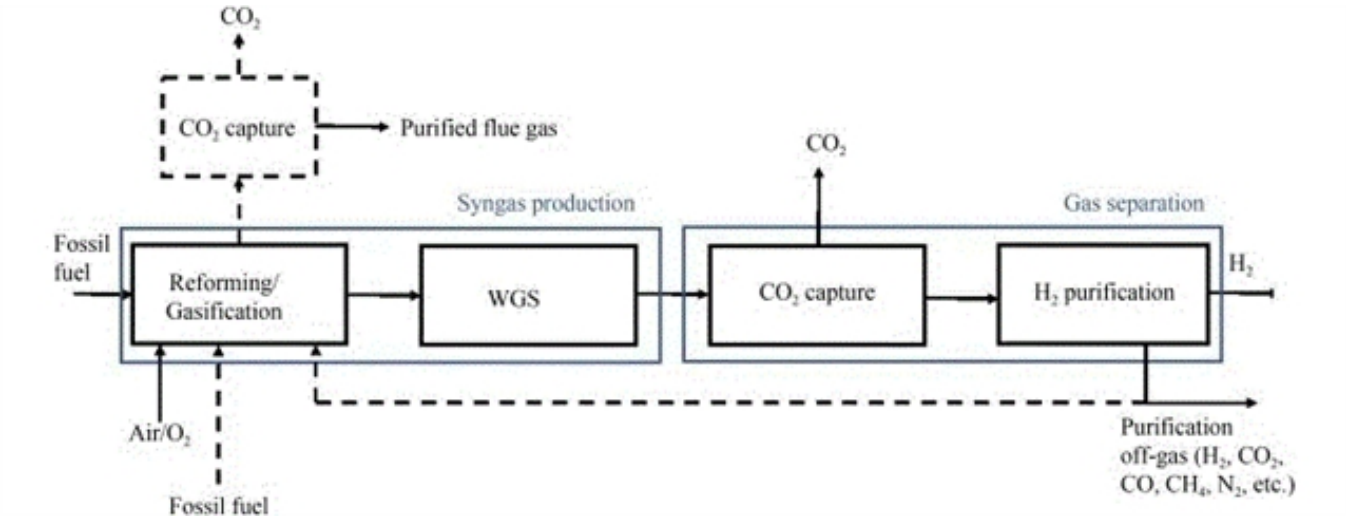


图5 大多数具有成熟CO2捕捉的产氢方法

（黑实线描述气化或自热重整过程，黑色虚线表示甲烷蒸汽重整过程）

五、当前趋势与未来发展方向

从化石燃料中制氢是一种高效、低成本的方法，可用于商业目的。热解甲烷产生的固体碳具有工业用途，而部分氧化过程的氢气产量可能不如预期，面临着高昂的成本和处理挑战。自热重整中的Ni催化剂能显著提高反应速率，蒸汽重整是产生氢气最高效的方法之一。随着天然气重要性的增加，未来石油和煤炭在全球能源消耗中的份额将显著下降。非贵金属催化剂，特别是Ni-based催化剂，取得了显著进展，但需要解决焦炭和烧结等问题。灰氢生产过程中释放大量CO2，需要减少排放。正在开发的先进方法包括CO2捕集，例如膜反应器和吸附增强型的产氢方法。对于氢气净化，PSA是常用方法，而溶剂吸收是最成熟的技术。吸附剂选择对实现良好的分离性能至关重要。

原文信息

Production of hydrogen from fossil fuel: A review

Shams ANWAR1, Xianguo LI1*

Author information：

Laboratory for Fuel Cell and Green Energy, Department of Mechanical and Mechatronics Engineering, University of Waterloo, Waterloo, Ontario N2L3G1, Canada

Abstract：

Production of hydrogen, one of the most promising alternative clean fuels, through catalytic conversion from fossil fuel is the most technically and economically feasible technology. Catalytic conversion of natural gas into hydrogen and carbon is thermodynamically favorable under atmospheric conditions. However, using noble metals as a catalyst is costly for hydrogen production, thus mandating non-noble metal-based catalysts such as Ni, Co, and Cu-based alloys. This paper reviews the various hydrogen production methods from fossil fuels through pyrolysis, partial oxidation, autothermal, and steam reforming, emphasizing the catalytic production of hydrogen via steam reforming of methane. The multicomponent catalysts composed of several non-noble materials have been summarized. Of the Ni, Co, and Cu-based catalysts investigated in the literature, Ni/Al2O3 catalyst is the most economical and performs best because it suppresses the coke formation on the catalyst. To avoid carbon emission, this method of hydrogen production from methane should be integrated with carbon capture, utilization, and storage (CCUS). Carbon capture can be accomplished by absorption, adsorption, and membrane separation processes. The remaining challenges, prospects, and future research and development directions are described.

Keywords：

methane, catalytic conversion, natural gas, hydrogen production, CCUS

Cite this article

Shams ANWAR, Xianguo LI. Production of hydrogen from fossil fuel: A review. Front. Energy, 2023, 17(5): 585?610 https://doi.org/10.1007/s11708-023-0886-4



识别二维码全文

通讯作者简介

李献国，滑铁卢大学机械与机电工程系教授，博士生导师。主要研究领域是热流体科学，包括能源系统和能量存储、各种能量转换设备、推进和发电系统、气溶胶生成与应用以及交通运输燃料电池和电池系统。研究项目涉及热力学、流体力学、流体动力学稳定性、多相流、传热传质、液体雾化和喷雾、燃烧、发电和推进系统等领域。是《国际绿色能源杂志》的创始主编，创立了国际绿色能源会议系列，并推出了年度回顾系列《绿色能源进展》。目前还担任数十种国际科学/技术期刊、燃料电池和能源系统的书籍系列以及能源工程与技术百科全书的编辑委员会成员。担任加拿大机械工程学会高级能源系统技术部门的主席。据斯坦福大学排名，他在能源研究领域的研究和影响位居世界前1%。

详情

https://uwaterloo.ca/scholar/x6li



《前沿》系列英文学术期刊

由教育部主管、高等教育出版社主办的《前沿》（Frontiers）系列英文学术期刊，于2006年正式创刊，以网络版和印刷版向全球发行。系列期刊包括基础科学、生命科学、工程技术和人文社会科学四个主题，是我国覆盖学科最广泛的英文学术期刊群，其中12种被SCI收录，其他也被AHCI、Ei、MEDLINE或相应学科国际权威检索系统收录，具有一定的国际学术影响力。系列期刊采用在线优先出版方式，保证文章以最快速度发表。

中国学术前沿期刊网

http://journal.hep.com.cn



来源：Frontiers in Energy

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发