

Comments on Energy and Environment Problems

Li Zhou

School of Chemical Engineering, Tianjin University, Tianjin
Email: zhouli@tju.edu.cn

Received: Aug. 23rd, 2016; accepted: Sep. 11th, 2016; published: Sep. 14th, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The target of energy research is to make energy clean and sustainable. Comments were given on each type of energy sources regarding the present status and future with respect to the target. It is claimed that hydrogen energy is still far away from reality and methane fuel deserves intensive development. The author's innovative research on the preparation of sustainable hydrogen, enrichment of methane from lean fuels, its storage on wet active carbon as well as a novel technology to transform coal into a green energy source were reported. It is pointed out that energy is not responsible for earth warming, and all strategies and measures taken at present do not function in preventing the trend of warming. That the world population determines global CO₂ emission is an ecological rule of nature, and human activities cause the accumulation of carbon element on earth surface. Therefore, the strategy of Forced Carbon Circulation (FCC) proposed by the author is more effective and practical than the so-called CCS (carbon capture and storage) strategy for environment protection.

Keywords

Energy Source, Environment, Population, Forced Carbon Circulation (FCC), Carbon Capture and Storage (CCS)

能源与环境问题评论

周理

天津大学化工学院, 天津
Email: zhouli@tju.edu.cn

收稿日期：2016年8月23日；录用日期：2016年9月11日；发布日期：2016年9月14日

摘要

能源研究的核心是解决可持续和清洁化问题，据此本文核心逐一评议各类能源的现状与前景。本文指出氢能利用的两个关键问题难以解决，应大力发展甲烷燃料，并推介作者实验室在可再生氢的制备、贫甲烷燃料的富集和存储以及将煤炭变成绿色能源等方面的创新性研究。笔者认为地球变暖非能源之过，当前的减排策略不能解决环境变暖问题，二氧化碳排放量由人口总量决定是一条无法撼动的生态法则。环境问题根源于人类活动导致碳元素在地表的积累，因此强制碳循环(FCC)是比碳捕集与埋藏(CCS)更有效的环保原则。

关键词

能源，环境，人口，强制碳循环，比碳捕集与埋藏

1. 引言

能源与环境问题事关重大，不可不详察。针对该领域普遍关注的问题，就其本质、世间流行的观点、倾向和措施做一简要评论，冀希决策者关注，苟利国家于万一。

2. 领域热点回顾

自18世纪工业革命以来，煤炭一直是主体能源，因此燃煤清洁化是能源研究几乎不变的课题。20世纪70年代的能源危机激发了替代燃料(主要是天然气)研究热，气体燃料较多地进入交通领域。90年代起对地球变暖的担忧激起氢能和燃料电池研究热，核能推广速度加快。虽然核能发展受到福岛事故的阻滞，福岛效应在似乎已经淡化。美国页岩气的开发成功减轻了能源危机感，但环境恶化的压力催生了电动汽车热和以二氧化碳捕集为龙头的所谓二氧化碳产业。

3. 能源研究的核心与现状

能源研究的核心是解决两个问题：可持续与清洁化。现状如何呢？先看看能源的可持续性。所有化石燃料都是不可持续的。据网站资料，石油将在2055年告罄，天然气将在2072年用完，煤炭在2128年耗尽[1]。不同资料来源的数据有所出入，但或长或短都有尽期。据新华网2013年1月7日报道，我国页岩气资源丰富，如完全开采可用约200年。但页岩气的开采消耗大量淡水(不久以后淡水将是比石油更珍稀的资源)，对环境的影响亦有待进一步观察。核能的可持续性有不同说法。自然界存在的可裂变元素只有铀-235，而它只占天然铀(自然丰度为百万分之2.5)的0.7%，其余均为铀-238。但是，在核电站中可将一部分铀-238转变为可裂变的钚-239，也可将自然界中大量存在的钍-232转变为可裂变的铀-233。考虑核燃料增殖这一因素，认为核燃料能长期满足发电的需要。另有说法是“作为一种天然矿产，存量当然是有限的。按照目前国际核电机组的使用量来计算，也就能使用百年左右。”热核聚变的原料是金属锂。锂的自然丰度仅为百万分之17~20，且大量用于电池制造等化学工业部门。就算聚变发电技术研究成功，又能持续多久呢？

再看能源的清洁性。工业革命以后燃料经历了从固体燃料(煤炭)、液体燃料(石油)到气体燃料(甲烷为主体)的演变，对环境的污染程度依次减轻。污染源于燃烧产物，以粉尘和酸性气体为主。若以氢气为燃

料，燃烧产物是水，对环境零污染。核电是否清洁存疑。我国学者吴辉在 2011 年 4 月 3 日发表“反核电宣言”，日本读卖新闻在 2011 年 4 月 23 日转发了他的论述并决定放弃核电。吴辉论述的重心不在运行期的安全性，而是 40 年运行期后的遗留问题：一、核电站在 40 年运行期后无法拆除，其放射性存留 20 万年，但作为其保护层的水泥寿命只有 100 年；二、一个 100 万千瓦的核电站在 40 年间产生 1200 吨具有高强放射性的核废料。若全国有几十、上百核电站，十数万吨核废料存放何处？11 月 19 日网易新闻转述清华大学教师刘学刚对此的回答。刘认为解决核废料的“终极之道”是用中子去打击那些放射性原子核。这是很幼稚的想法，因为实验室的研究手段不一定能作为工业技术。把一个核电厂上千吨的废料都用中子轰击成无放射性元素，你得有多大功率的高能粒子源？遑论成本支出。诚然，核废料中放射性强的成分衰变得快，半衰期长的成分放射性小，但在核废料的弃置过程中，元素蜕变过程并未终止。反应堆的设计方案必须给出基于可靠模拟方法做出的残堆放射性衰减曲线，以便确定停产 50 年后在外层水泥变质情况下可能泄露的放射性强度。此外，必须明确指出全国数万吨核废料的可能安置地及其安全保障。本人呼吁全国人大和全国政协专题讨论这个问题，把吴辉和制定核电发展规划的专家院士们都请来，进行科学的、实事求是的讨论。如果专家们不能充分证明核电后运行期的安全性，则应通过立法废止核电计划，立即停建核电站。热核聚变虽然没有放射性，但无人知道何时能够工业化。自然能当然是不污染环境的，但是自然能不能满足世界的需要也不可能完全代替化石燃料[2]。

4. 环境对能源的反作用

地球变暖的原因归结于二氧化碳的排放，因此减排呼声日盛一日，火力发电厂首当其冲。现有的燃煤清洁化技术使发电成本提高 50% 左右，若捕集二氧化碳将再加倍，这使得火力发电厂的经济效益岌岌可危，美国的火力发电厂更面临被强制关停的威胁。燃油脱硫大幅度提高燃油成本，并减少成品油产量。环境保护催生气体燃料在交通工具的使用，电动汽车兴起，对氢能和燃料电池的开发投入大幅增加，核能在能源结构中的份额快速增长，所谓二氧化碳产业被大力鼓吹，碳交易市场也越作越大。其实这些措施本质上无助于减排也不能抑制地球变暖的趋势。下面来逐一评介清洁能源领域的几个核心问题。

5. 氢能瓶颈之一：可再生氢的制备

氢能被认为是可持续的清洁能源，大约 20 年前对氢能的研究掀起全球性热潮。近几年氢能热减退，因为氢能的关键问题至今无法解决。氢能的吸引力在于清洁和可持续性。只有源于水的氢才具有可持续性，从天然气等化石燃料制得的氢只可作为化学原料，不可以是氢能燃料。氢能的第一个瓶颈便是水制氢。查文献可看到数不胜数的制氢方法，但只有产出的氢能大于制氢投入的能量才有价值。笔者提出“理论能量增益” (theoretical energy gain, TEG) 指标来判断一种制氢方法的价值。电解水的 TEG = 1.0，实际能效则远低于 1。自然能分解水的壁垒在于设备投资成本高，产率低，还有产出氢的储存问题。可持续氢的制备方法(且勿谈技术)尚不靠谱，但笔者实验室的工作[3]值得推介，其原理如框图 1 所示。由于氧原子价态不变，理论能耗低，TEG = 3.24；由于氧化与还原反应温度相同，操作能耗低，且循环速度快。这两个基本特征决定了该方法具有很好的工业化前景。

这个方法的重要性不仅在于制氢，它提供了强制碳循环的工业化途径。笔者认为环境污染的化学本质是碳元素在地表的积累，因而建议了“强制碳循环” (forced carbon circulation, FCC) 策略[4]。农作物秸秆，污染产生的各种水生植物以及有机/生物垃圾，都是碳元素的积累形式。把它们集中起来催化碳化，除得到高反应活性的无机碳外，还有大约 10% 的可燃气体。粗略估计，仅农作物秸秆每年便可产生 8400 万吨可燃气体。产生的炭即使不与制氢偶联，也可作为优质钾肥返回农田。该方法除产生氢气外，还有等摩尔量的一氧化碳。以一氧化碳为原料制甲醇比以天然气为原料制甲醇流程短，成本低。这样生产的甲醇可直接或通过燃料电池为各种交通工具和军事装备提供能源，不消耗化石燃料，同时减少了地表的碳积累。

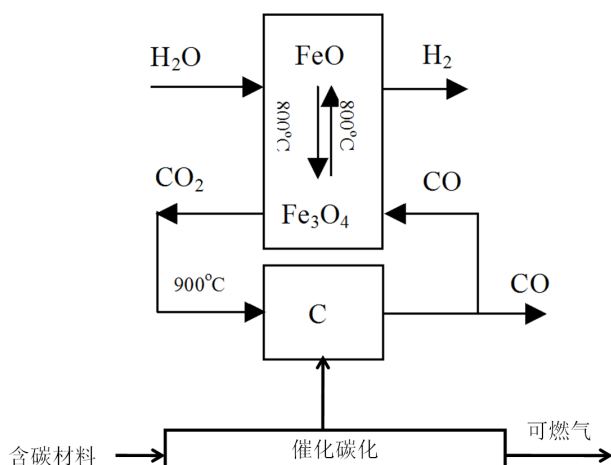


Figure 1. The diagram of incomplete decomposition of H_2O to release H_2

图 1. 水不完全分解制氢方法

6. 氢能瓶颈之二：储氢

笔者曾指出，目前尚无商业化的储氢方法[5]。简言之：

压缩存储能量密度低，成本高。Linde 公司估计氢的压缩存储成本显著高于液氢成本。

储液氢面临两项挑战，即液化效率和汽化损失。正氢和仲氢转换是缓慢的自发放热反应，因此液氢储罐不能密闭，泄露的氢气对臭氧层的破坏甚于其它气体。

吸附存储的储氢容量受限于单分子层吸附机理。笔者在研究临界温度上下二氧化碳的吸附现象[6]时，根据笔者建立的吸附等温线理论模型计算出吸附相分子层数：在临界温度以下是多层，临界温度以上是单层。美国学者随后用原位拉曼光谱证实了本人的计算结果[7]。在第七届世界纳米材料会议(Nano-7)上笔者提请新材料研究者注意，无论你的材料多么新颖和奇特，只要是基于吸附原理，其储气(无论氢气还是甲烷)能力都不能摆脱超临界温度吸附理论[8]的制约。

金属氢化物： LaNi_5H_6 中氢的体积密度高达 115 kg/m^3 ，但是在环境温度和大气压力下能够释放氢的合金必须采用过渡金属，使其重量储氢密度不高于 3 wt%。例如，氢在 LaNi_5H_6 中的重量密度只有 1.4 wt%。至于轻金属(Mg)的氢化物，则需耗费大量热能以释放氢，耗费的能量比氢的热值高约 25%。

复合氢化物：Li, Mg, B, Al 等 I, II, III 族元素能够形成多种复合氢化物，很多情况下一个金属原子对应两个氢原子，因此展现很高的体积储氢密度，例如在 Mg_2FeH_6 和 $\text{Al}(\text{BH}_4)_3$ 中达到 150 kg/m^3 ，室温下的重量储氢密度在 LiBH_4 中达到 18 wt%。 NaAlH_4 能够在适度温度下可逆地吸放氢，还有 LiBH_4 和 NaBH_4 都受到高度关注。问题在于氢的释放是一个级联分解过程，速度很慢，每一步分解反应条件不同，因此实际达到的储氢容量与理论值相去甚远。此外，由于氢的释出，氢化物颗粒形貌和元素分布发生很大变化，重复可逆性成问题。 $\text{Al}(\text{BH}_4)_3$ 也具有很高的重量储氢密度(17 wt%)，常温下是液体(熔点 -65°C)。其储氢信息我没见过。

7. 燃料电池在清洁能源中的角色

对燃料电池的认识由来已久，但对其广泛的研究热情是被氢能带动起来的。这使一些人产生一个错觉，似乎氢能离不开燃料电池。其实燃料电池与氢能没有必然联系。燃料电池只是燃料的一种低温/电化学燃烧方式。高温/热化学燃烧只能利用 ΔH ，效率由卡诺循环决定；低温燃烧利用的能量是 ΔG ，其理论效率可比高温燃烧高一倍。事实上，就氢气而言，燃料电池仅比内燃机效率高 10% 左右。对化石燃料和

生物质燃料通过燃料电池燃烧可能得不偿失，因为那将大大提高能量成本，降低能量强度。应该利用燃料电池便于携带、无噪声等特点，开发电子、交通和军事领域特需的甲醇燃料电池。甲醇燃料电池技术成熟，且可从强制碳循环中产生的一氧化碳低成本大批量地制备。

8. 甲烷燃料应是大力发展的清洁能源

氢能利用遥遥无期，以甲烷为主要成分的甲烷燃料也很清洁，而且资源量相对较大。天然气，煤层气/采煤抽放气，页岩气都可归类于甲烷燃料。含碳有机质催化碳化产生的可燃气主要成分是甲烷和氢气。甲烷燃料的大规模利用要解决两个技术问题：贫甲烷气的富集和甲烷燃料的无管道运输。相对现有技术而言，笔者实验室的研究成果具有明显的技术经济优势。

8.1. 贫甲烷气的富集

我们用含二氧化碳置换步骤的变压吸附方法富集甲烷[9]。甲烷燃料中的惰性成分主要是氮气。甲烷的吸附选择性优先于氮气，可将吸附的氮气置换出来。二氧化碳的吸附选择性优先于甲烷，可将吸附的甲烷置换出来。若操作得当则在吸附柱中形成界面清晰的活塞流，如框图 2 所示。一个循环由四步组成：原料气充压，吸附(排出氮气)，二氧化碳置换(排出甲烷)和吸附剂再生，如框图 3 所示。二氧化碳置换有两种操作方式，即吸附压力下的置换(路径 1)和常压置换(路径 2)，二者的效果有很大不同，如图 4 所示。显然，常压置换效果更好。即使原料气中甲烷含量低于 20%，产品气中的甲烷浓度也高于 98%，甲烷收率高于 90%。由于能耗低，相对于低温精馏等其它分离方法具有明显的技术经济优势。

8.2. 利用湿活性炭的存储

关于天然气存储方法笔者已有评述[10]，无需赘言。笔者实验室提出的湿活性炭存储甲烷燃料方法[11]比其他储气方法有明显的技术经济优势。图 5 表明，相同储气压力下湿活性炭的储量比压缩方法高。

湿炭存储比干炭存储好。储气机理是在活性炭的孔中形成水合物。虽然在水介质中生成水合物有很长的诱导期，且甲烷的转化率不高，但炭孔中在孔壁碳原子作用下水合物生成速度较快，且甲烷 100% 转化为水合物。所有碳氢化物都能生成水合物，分子量越大，生成压越低。一旦气相压力低于水合物生成压，水合物便分解释出气体，没有任何残留。当然对活性炭的孔径分布有一定要求。由于水合物的外形尺寸是 1.2 纳米，甲烷分子的尺寸是 0.38 纳米。在孔中生成一个水合物情况下，孔径不能小于 1.6 纳米。若形成两个水合物，则不能小于 2.8 纳米，因为必须预留甲烷分子的进出通道。于是用于湿储的活性炭孔径分布范围应是 1.6~2.8 纳米。我们在实验室制备的活性炭只有一半多一点的孔体积处于最佳孔径范围，但储气能力已达到目前 CNG 标准(200 V/V)，如图 6 所示[12]，但把储气压力降低一半，其经济效益是巨大的。温度对水合物生成压的影响服从指数规律，因此活性炭温度最好不超过 10℃。与 LNG (-165℃) 相比，储气成本不可同日而语。

9. 煤炭成为绿色能源的化学原理[13]

现在来谈谈能源领域的老问题，即燃煤清洁化。笔者认为煤炭完全可以成为绿色能源，而且能够低成本、高收益地实现。迄今为止的清洁煤技术忽视燃煤污染的化学本质，所以事倍功半。煤炭主要是由

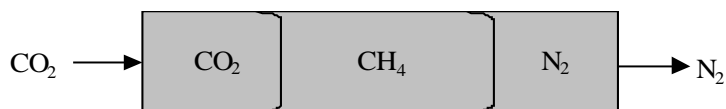


Figure 2. The profile of three kinds of gases in adsorption column
图 2. 吸附柱中三种气体的分布

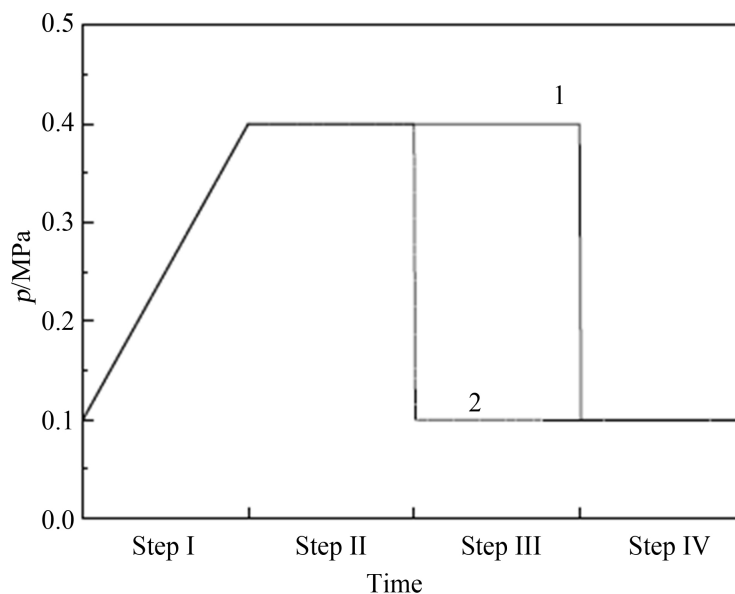


Figure 3. Operation steps and pressure for a PSA cycle

图 3. 一个变压吸附循环的操作步骤和压力变化

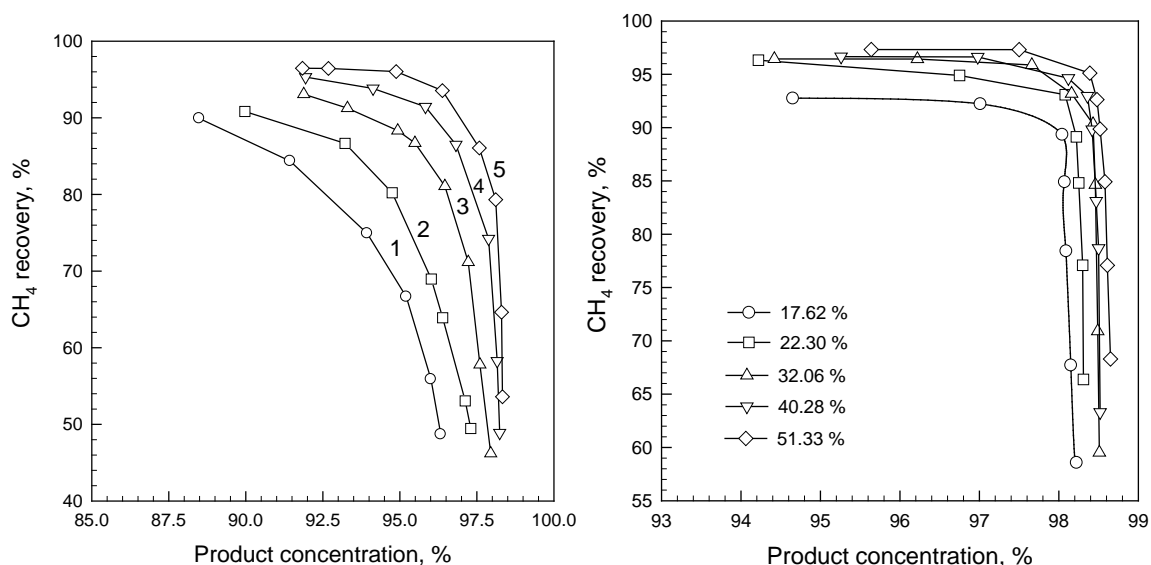


Figure 4. Comparison of two displacement modes. Left: displacement at adsorption pressure; Right: displacement at ambient pressure, where numbers indicate methane content in feed gas

图 4. 两种置换方式的效果比较。左：吸附压力置换；右：常压置换(百分数指原料气中的甲烷含量)

$-(CH_2)_n$ 基团构成的，因此燃烧产物主要是 CO_2 、 H_2O 和少量 SO_2 、 NO_x 。污染是燃烧产物的排放造成的。不管在排放前采取何种措施，只要有能量释放这些产物便不可避免。因此，只来处理燃煤的排放物就够了，办法就是碳还原燃煤尾气。发生的主要化学反应是：



这是两个吸热反应，因此可以计算出不同温度下的理论转化率。然而二氧化碳还原的实验数据表明，

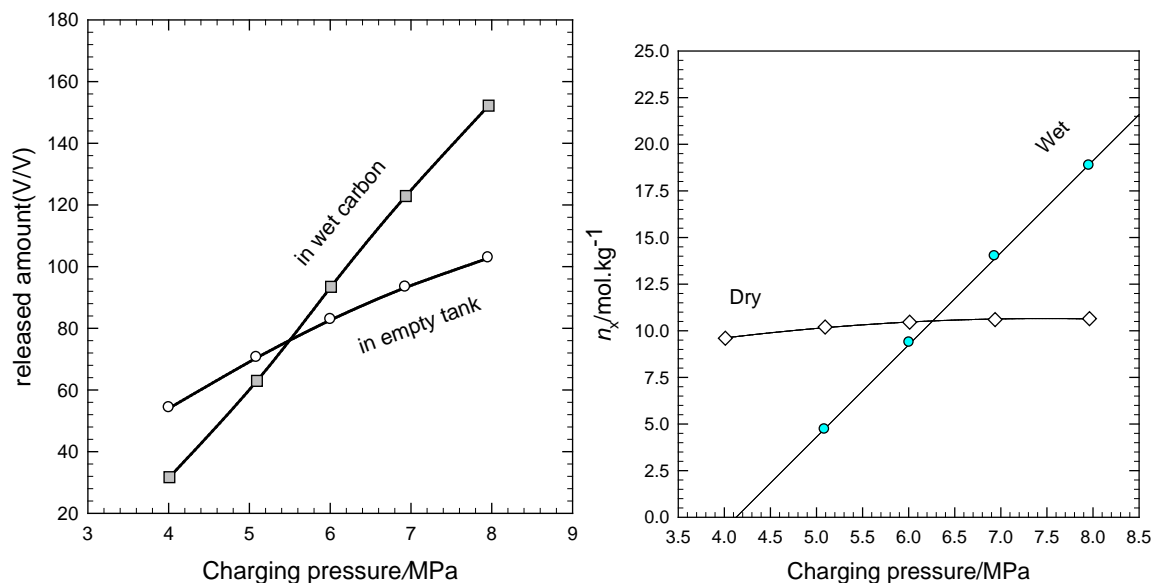


Figure 5. The advantage of storing methane in wet active carbon. Left: compared with compression; Right: compared with the storage on dry carbon

图 5. 湿活性炭储甲烷的技术优势。左：与压缩比；右：与干炭存储比

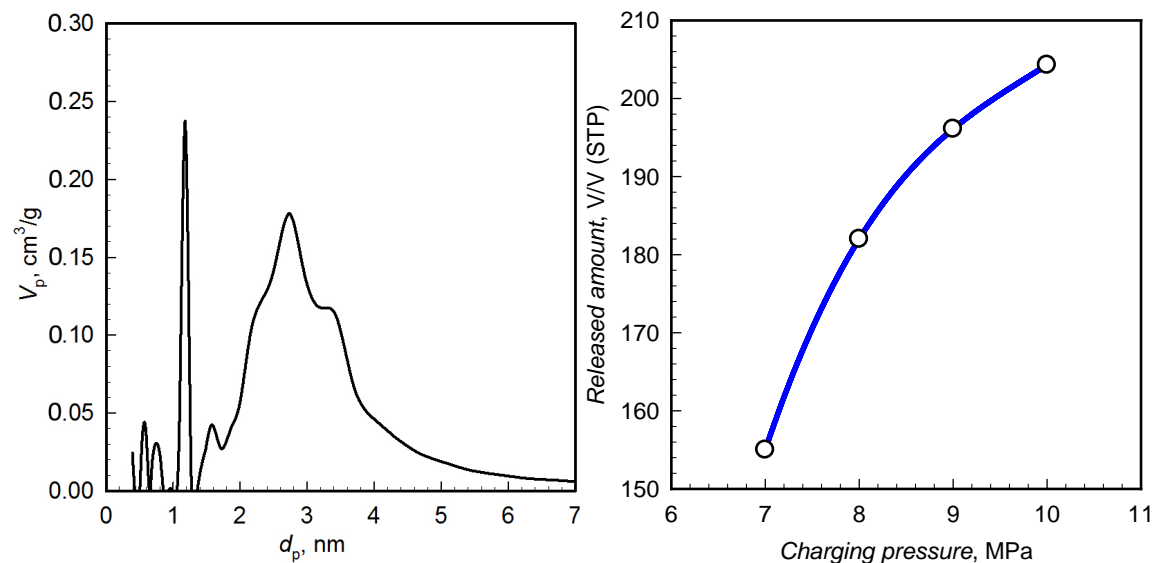
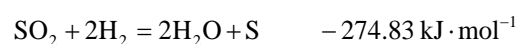
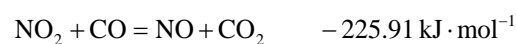
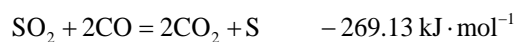
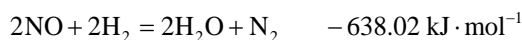


Figure 6. PSD (left) and capacity (right) of a tested carbon sample

图 6. 样品活性炭的孔径分布(左)和储气能力(右)

实际转化率大约相当于理论转化率向右平移 200 度, 如图 7 所示。上述反应在 700℃ 的实测转化率是 50% 上下, 但所产生的一氧化碳和氢气已经形成足够强烈的还原气氛, 使下述反应发生:





这些都是放热反应，可自发进行。反应的结果是酸性气体转化为有市场价值的化学产品。

笔者建议的使煤炭成为绿色能源的工艺流程如框图 8 所示。燃煤尾气温一般是五六百度，将其加热至 700℃~750℃，进入碳化反应器，使酸性气体完全分解。反应器尾气经两级冷却，依次分离出单质硫磺和水。与水一起分离的还有 PM 2.5 等微细粉尘。在水蒸气凝聚过程中，这些粉尘颗粒成为凝聚中心。应当看到，在淡水资源日益短缺的今天，回收的水无疑具有重大意义和市场价格。从第二个冷却器出来

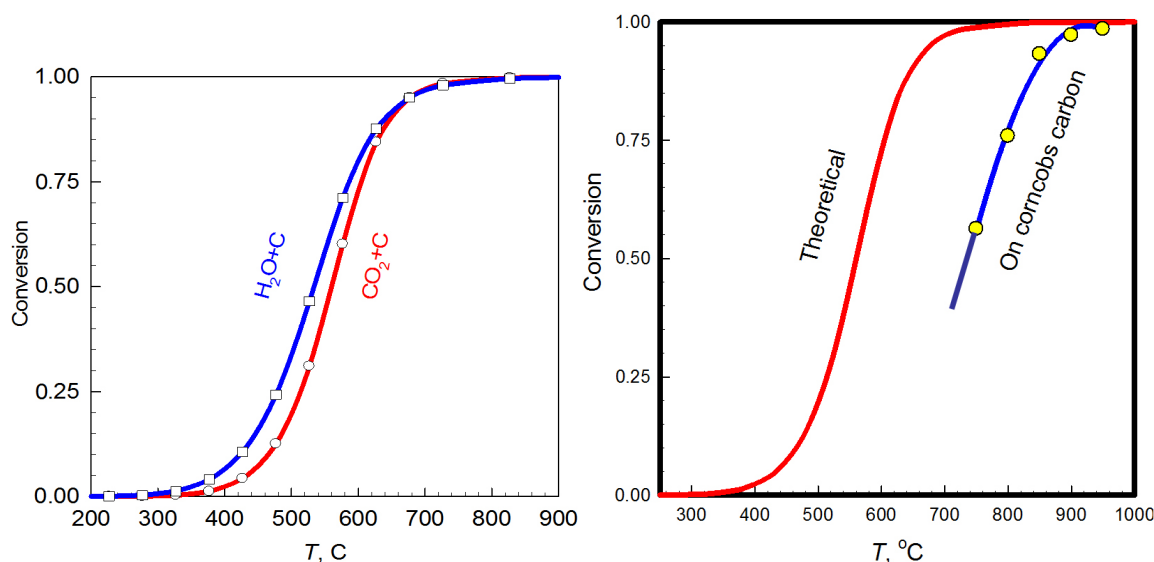


Figure 7. Conversion of major reactions in carbon reduction of coal combustion tail gases. Left: theoretical; Right: comparison of theoretical with experimental

图 7. 碳还原燃煤尾气的主反应转化率(左: 计算值; 右: 计算值与实验值的比较)

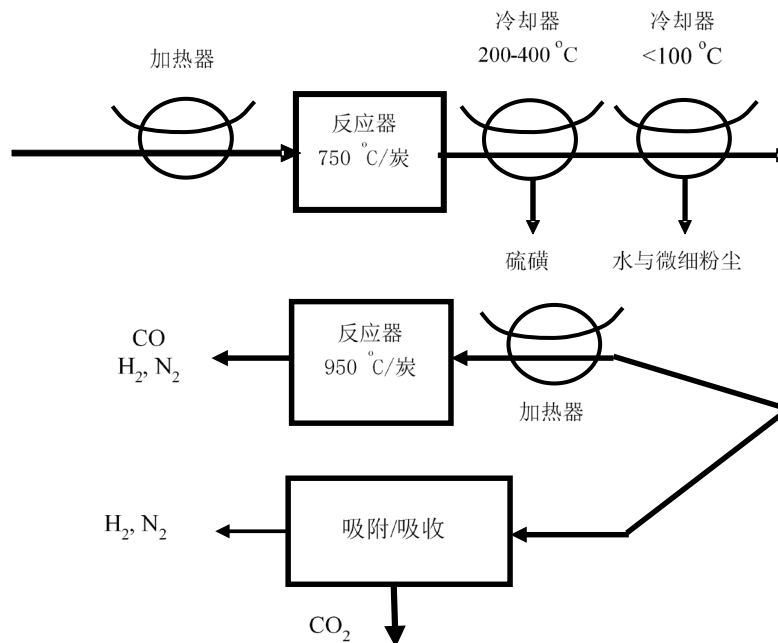


Figure 8. The flow sheet to realize zero emission of coal combustion

图 8. 实现燃煤零排放的工艺流程

的气体是清洁的，主要成分是二氧化碳，氢气和氮气。下一步有两种选择。如果只想达到“零排放”，通过吸收或吸附方法把二氧化碳分离出来即可。如果雄心大一点，就把气体再加热到 950℃，进入第二个碳化反应器，将二氧化碳转变为一氧化碳，并与甲醇合成装置耦合，生产燃料甲醇和纯净氮气。不但把燃烧产物吃干榨尽，副产品还必将为发电厂带来巨大经济效益。具备化工常识的人都能意识到，这个方法技术成熟，成本低廉。仅就零排放目标而言，第一个反应器的能耗不会很高，因为二氧化碳和水的转化率不高，而酸性气体的分解反应是放热的。就与化学合成耦合流程而言，在经济方面也必然是划算的。因为副产品没有原料成本，甲醇的制造流程也比天然气工艺简单，因此具有强大的市场竞争力。

10. 地球变暖非能源之故

全球绝对海平面确实升高了(图 9)，这是永久冰川融化的结果。因此地球变暖是不争的事实。地球变暖的原因不那么简单。有人认为是地球自身的周期性变化，但压倒性意见认为是二氧化碳在大气中积累所致，因此减排二氧化碳的呼声越来越高，措施也越来越带有强制性。可是，现在采取的措施根本达不到减排和抑制地球变暖的目的。如果地球没有人，还有污染吗？所以污染是人类活动的结果。人类活动离不开两样东西：食物和燃料/能源。虽然自然能在近年有很大发展，但不占支配地位，化石燃料仍是能源主体。无论食物还是化石燃料，主要由碳和氢两种元素组成。能量释放的结果产生水和二氧化碳。水对环境无害，但二氧化碳在地表的积聚确实对地球有保温效果。人人排放二氧化碳，牲畜和农作物排放二氧化碳以及甲烷，绝大多数二氧化碳是分散排放的，无法捕集的。能够捕集到的只是从火力发电厂的烟囱集中排放的部分。集中排放的二氧化碳只占排放总量的 1/4 到 1/3。即使全部捕集下来，能够改变大气中二氧化碳的增长和地球变暖趋势吗？所以几年前笔者就在不同场合呼吁不要相信什么 CCS (carbon capture and storage) 策略，那完全是误导。只是因为发表在 Science，便掀起世界性膜拜。其实这本刊物并不具备科学严谨性。它不要求作者提供详细的实验方法和实验装置，测量手段和误差分析，只对结果的新奇性感性趣，因此该刊物的作者群中不乏为皇帝编织新衣的裁缝。这里只需提一提碳纳米管储氢和 MOF 储氢就够了。作者研究的是氢的吸附，却连吸附的起码常识都没有。国家在碳纳米管和 MOF 储氢以及 CCS 策略中投入大量金钱，这可都是人民的血汗呐！得到什么结果了？只是造就了几位青年科学院士而已。至于碳交易，基本是掩耳盗铃。排放权的转卖结果使排放总量增多了还是减少了？至于电动汽车对于环境的改善没有任何作用，因为所充的电多半不是清洁的。就中国而言，接近 70% 的电都由燃煤产生。如果燃煤污染得不到有效治理，

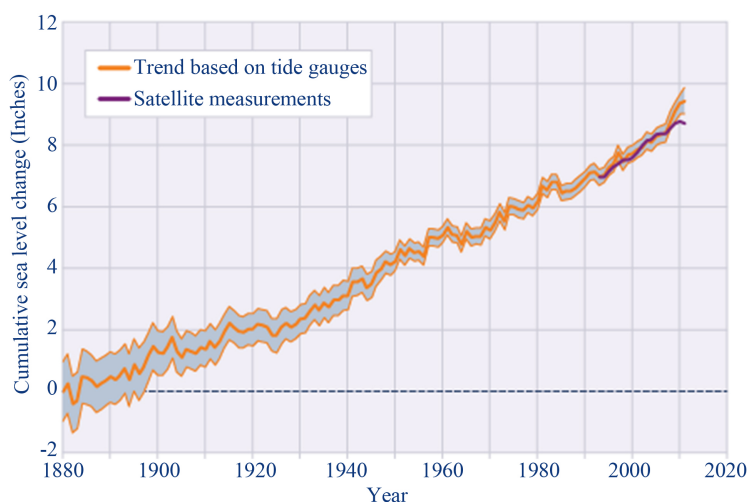


Figure 9. The change in global average absolute sea level for 1880-2011

图 9. 1880~2011 全球平均绝对海平面的变化

大气中的污染物丝毫未少。甲醇汽车则不同。如果甲醇源于沉积碳的循环，使用越多对环境的改善越大。因此，笔者认为电动汽车不过昙花一现，甲醇汽车才有远大前程。

既然环境污染由人而生，污染程度必与人的多少有关。笔者从网上查到 1850 年以来二氧化碳排放量和世界人口数据，试图建立二者之间的关联，得到图 10 [14]。这是一条直线，相关系数 0.99，表明二者关联度极高。也就是说，世界人口总量决定了全球二氧化碳的排放量。这是一条难以撼动的生态法则。如果世界人口不超过 13 亿，则零排放，超过 13 亿则排放量随人口增加线性增长。如果将来完全不使用化石能源，这条直线可能向下弯曲，但正相关趋势不会变。既然如此，地球变暖便不是科学技术和市场交易能够解决的。唯一有效的措施，不是减排，而是减生。因此，环境问题是政治问题，因为政治活动和治国政策极大地影响人口总量。笔者从网上[15]查到 1950 年以来世界人口增殖率数据，如图 11 所示。1960 年前后的断崖式下跌引人注目。那个年代占世界人口 1/4 的中国发生的事情挨过饿的老年人都心知肚明。1970 年以后增殖率下降的速率明显增大，那是因为占世界人口 1/4 的中国实行了一孩政策。目前(2015 年)的世界人口是 73 亿，增殖率是 1.14% [16]。按此增殖率，60 年以后世界人口将是 144 亿。在中国放开二孩以后，图 11 中的蓝色部分(预测值)将上调，达到 144 亿的时间将提前。人口翻番以后二氧化碳排放量大体加倍，温室效应和自然灾害将更加严重。如果地球一天比一天暖和，冰川的消失速度也将一天比一天加快。目前消融最快的冰川就是我国的喜马拉雅冰川，每年后退 10~15 米。喜马拉雅冰川是雅鲁藏布江、怒江、澜沧江、长江和黄河的水源。你敢想象喜马拉雅冰川消失后的情景吗？因此，我们面临的重大问题不是经济发展的可持续性，而是人类文明的可持续性。敢问那些鼓吹人口断层、结构失衡论的社会学者和经济学家们，你们想过你们的孙辈在五六十年的日子怎么过吗？这些学者说什么社会养不起老年人，其实老年人的生活成本恐怕连年轻人的 1/10 都不到。他们无需买房，买车，无需供养子女，没有社交花费，只需一张床和每天几两米。所谓养老成本高，是那些有官职或有头衔的权贵们。他们把大医院的“高干病房”当作养老院，住下就不出来，一直到死。每天多少医生护士围着转。本无需治疗的老年病却大把地使用价格高昂的进口药。虽不能具体统计，但据粗略的观察，一个权贵老人的养老花费抵过数百平头百姓。权贵阶层的存在是社会不公平、不文明的标志。还有贪官的财富，动辄几

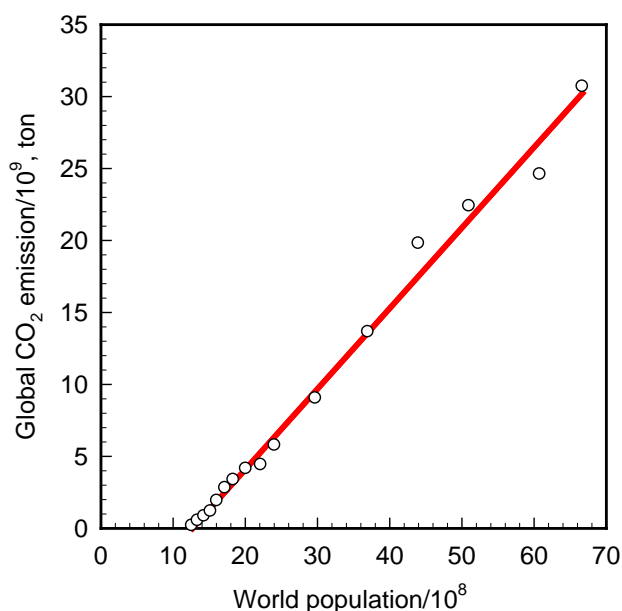


Figure 10. Correlation of global CO₂ emission with world population since 1850

图 10. 1850 年以来全球 CO₂ 排放量与世界人口的关联

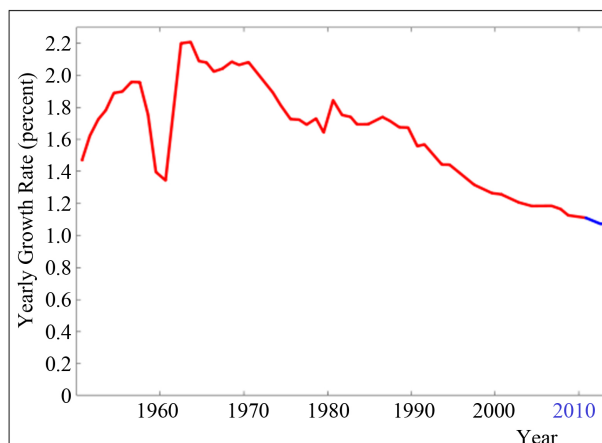


Figure 11. World population growth rate since 1950 (red: record; blue: predicted)

图 11. 1950 年以来的世界人口增殖率(红色：记录；蓝色：预测)

十亿。至于尚未公开暴露的离任官员的财富就不可限量了。如果把不义之财用于社会公益，如果让权贵的特权消失，养老成本根本就不是个事儿。人类文明的可持续性要求人类自己尽快把人口降下来，这是政治家的责任，也应成为一切有生育能力的夫妇的良知。

参考文献 (References)

- [1] <http://www.eco-info.net/fossil-fuel-depletion.html>
- [2] MacKay, D.J.C. (2009) Sustainable Energy, without the hot Air. UIT Cambridge Ltd., Cambridge.
- [3] Zhou, Y.P., Jia, C.X., Zhang, Y., Liu, C.F., Huang, D.S., Sun, Y. and Zhou, L. (2008) Experimental Study on a New Process of Producing Hydrogen in Consumption of Water and Coal. *AIChE Journal*, **54**, 1388-1395. <http://dx.doi.org/10.1002/aic.11478>
- [4] Zhou, L. (2014) Environmental Pollution: The Essence and Solution. *Low Carbon Economy*, **5**, 51-56. <http://dx.doi.org/10.4236/lce.2014.52006>
- [5] Zhou, L. (2005) Progress and Problems in Hydrogen Storage Methods. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, **9**, 395-408. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2004.05.005>
- [6] Zhou, L., Bai, S.P., Su, W., Yang, J. and Zhou, Y.P. (2003) Comparative Study of the Excess versus Absolute Adsorption of CO₂ on Superactivated Carbon for the Near-Critical Region. *Langmuir*, **19**, 2683-2690. <http://dx.doi.org/10.1021/la020682z>
- [7] Schneider, M.S., Grunwaldt, J.D. and Baiker, A. (2004) Near-Critical CO₂ in Mesoporous Silica Studied by *In Situ* FTIR Spectroscopy. *Langmuir*, **20**, 2890-2899. <http://dx.doi.org/10.1021/la035778n>
- [8] Zhou, Y.P. and Zhou, L. (2009) Fundamentals of High Pressure Adsorption. *Langmuir*, **25**, 13461-13466. <http://dx.doi.org/10.1021/la901956g>
- [9] Liu, C.M., Zhou, Y.P., Sun, Y., Su, W. and Zhou, L. (2011) Enrichment of Coalbed Methane by PSA Complemented with CO₂ Displacement. *AIChE Journal*, **57**, 645-654. <http://dx.doi.org/10.1002/aic.12305>
- [10] Sun, Y., Liu, C.M., Su, W., Zhou, Y.P. and Zhou, L. (2009) Principles of Methane Adsorption and Natural Gas Storage. *Adsorption*, **15**, 133-137. <http://dx.doi.org/10.1007/s10450-009-9157-x>
- [11] Zhou, L., Liu, J., Su, W., Sun, Y. and Zhou, Y.P. (2010) Progress in Studies of Natural Gas Storage with Wet Adsorbents. *Energy Fuels*, **24**, 3789-3795. <http://dx.doi.org/10.1021/ef100315t>
- [12] Liu, J., Zhou, Y.P., Sun, Y., Su, W. and Zhou, L. (2011) Methane Storage in Wet Carbon of Tailored Pore Sizes. *Carbon*, **49**, 3731-3736. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbon.2011.05.005>
- [13] Zhou, L. (2014) The Chemical Principle of Green Coal Power. *Journal of Energy and Power Engineering*, **8**, 1918-1925.
- [14] Zhou, L. (2012) Carbon Emission: Invalid Strategy and Ecological Rule. *Low Carbon Economy*, **3A**, 80-82.

<http://dx.doi.org/10.4236/lce.2012.323011>

[15] http://en.wikipedia.org/wiki/World_population

[16] www.worldometers.info/world-population

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>