

# 能源结构向深度“脱碳”转型

■本报见习记者 田瑞颖

仅30年,中国将从二氧化碳排放达到峰值过渡到碳中和。

日前,中国在第七十五届联合国大会上承诺,将提高国家自主贡献力度,采取更加有力的政策和措施,二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和。

这也是中国首次向全球明确实现碳中和的时间。美国《纽约时报》称:“中国若实现该承诺,将对减缓全球变暖作出重大贡献。”

值得关注的是,目前碳基能源仍然是我国能源结构的主体,化石能源的消费占比超过80%,其中煤炭占比高达55%。在此情况下,脱“碳”目标能否按期实现?挑战之余是否还有新的机遇?

“近年来,我国通过调整经济结构,推动可持续发展转型和整体创新,采取了一系列绿色发展举措,取得了良好的节能减排效果,有望在2060年前实现碳中和的目标。”欧洲科学院和发展中国家科学院院士、厦门大学讲席教授吕永龙在接受《中国科学报》采访时强调,我国还需进一步提升能源利用效率,推动能源结构转型,分阶段(短期和长期)实现目标。

## 未来使然 向“零”而生

碳中和也称净零排放。吕永龙解释道,碳中和是指企业、团体或个人在一定时间内从事生产和生活活动过程中产生的温室气体排放总量,通过节能减排、植树造林、购买碳配额等形式而得到抵消,实现二氧化碳零排放。

为实现碳中和的目标,2015年,全球196个国家和地区签署了应对气候变化《巴黎协定》,提出在本世纪下半叶实现温室气体净零排放的目标,并指出到本世纪末将全球气温升幅控制在工业化前水平2°C以内,并将将气温升幅控制在工业化前水平1.5°C以内而努力。

随着我国经济的高速发展,碳排放量也日渐增加。环境统计数据显示,2008年我国二氧化碳排放总量约65.5亿吨,占全球总量的22.29%;预计到2030年,我国温室气体排放量将达128亿吨,占全球总量的30.5%,亟待能源转型和绿色发展。

在吕永龙看来,2060年前实现碳中和的目标是对《巴黎协定》原定目标的提升,彰显了我国负责任大国的形象,对全球控制二氧化碳、构建命运共同体有重要影响。

实际上,近年来我国在低碳转型中已初步取得成效。2010年,我国在哥本哈根气候变化大会上做出自主减排承诺;到2020年,单位GDP二氧化碳排放量比2005年下降40%~45%,非化石能源占一次能源消费的比重达到15%左右。

截至2019年底,我国碳强度较2005年降



低约48.1%,非化石能源占能源消费比重达15.3%,均已提前完成我国向国际社会承诺的2020年目标。

此外,据生态环境部统计,2020年我国可再生能源领域装机和发电量、投资、专利数连续多年位列全球第一,可再生能源投资连续五年超1000亿美元;2019年规模以上工业企业工业增加值能耗比2015年累计下降超过15%,节约能源成本约4000亿元。

## 调整结构 多管齐下

实际上,欧美等发达国家和地区从二氧化碳排放达到峰值到碳中和普遍有50~70年的过渡期,而我国从2030年达到峰值,再到2060年实现碳中和的过渡期只有30年。中国将于2030年后以平均8%~10%的年减排率减排,速度和力度均超发达国家,挑战将更为严峻。

近日,清华大学气候变化与可持续发展研究院院长解振华在“中国长期低碳发展战略与转型路径研究”成果发布会上指出,我国低碳发展转型面临三大艰巨挑战:一是在国际产业价值链中制造业仍处于中低端,经济结构调整和产业升级任务艰巨;二是煤炭消费占比高,仍超过50%,能源结构优化任务艰巨;三是单位GDP能耗仍然较高,为世界平均水平的1.4倍、发达国家的2~3倍,建立绿色低碳的经济体系任务艰巨。

对此,清华大学气候变化与可持续发展研究院学术委员会主任何建坤表示:“中国的碳中

和目标,实际上是以实现1.5°C温控目标为导向的长期深度脱碳转型路径。”

可能路径:该研究提出了我国实现碳中和目标的可能路径:在2030年达到峰值前,将强化自主贡献目标(NDC)并不不断加大减排力度;在2030年后显著加大减排力度,迅速向1.5°C目标所要求的减排路径靠拢。

这也意味着,该路径相比从最初就聚焦1.5°C目标开展减排的路径更为“陡峭”。未来我国煤基能源的可持续发展和能源转型挑战与机遇并存,业内普遍认为,能源转型将有两个重要方向:一是化石能源清洁低碳化,二是低碳清洁能源规模化。

在吕永龙看来,实现碳中和最重要的是调整能源结构和经济结构,降低化石能源占比,增加清洁能源,进一步挖掘能源潜力,提升能源利用效率。他还指出,实现碳中和需要更新节能减排技术,淘汰落后技术,采用绿色技术体系;要加强植树造林活动,提升自然生态系统服务功能;要改善生活方式,减少资源浪费,抑制过度消费。

北京交通大学轨道交通控制与安全国家重点实验室教授徐猛向《中国科学报》描述了交通领域的碳中和路线——建立低碳交通发展体系,落实绿色出行,加快实现碳中和。

首先,相关政府部门要落实碳足迹计算,针对交通领域产生的温室气体来源进行清查和数据搜集,掌握二氧化碳排放量化技术,是实现碳中和和管理、构建低碳交通发展体系的基础。

其次,通过制定相关措施和技术创新,减少

交通活动中所产生的碳排放。同时,构建碳中和市场,逐步实现碳中和。交通领域的排放者以自愿为基本原则,通过购买碳减排额的方式实现碳排放的抵消,通常由买方(排放者)、卖方(减排者)和交易机构(中介)三方来共同完成。

最后,要建立低碳交通发展体系。通过碳足迹的量化、减少碳排放的管理措施、碳中和市场的建立以及相关评价体系的建立,逐步建立低碳交通发展体系,加快实现碳中和。

## 抓住机遇 “和”气生“财”

世界气象组织总干事佩特里·塔拉斯在日内瓦接受媒体采访时表示:“中国正在摆脱煤炭能源,使用太阳能等清洁能源,大范围推广电动汽车,这些是缓解气候变化危机的行动,同时也会带来经济效益。”

据《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》报告预测,实现1.5°C目标导向转型路径,需新增投资约138亿元,超过每年GDP的2.5%,能源系统转型将带来新的经济增长点和新的就业机会。

吕永龙认为,碳中和的目标对我国而言既是挑战,也是机遇。“要盯紧全球市场,力争节能减排技术体系走在国际前列。此外,从长远出发,要开展前瞻性研究,真正实现原始创新,注重科技创新与工贸相结合。”

徐猛指出:“交通领域的节能减排技术往往涵盖多个领域,除了‘互联网+交通’等交通新业态和新业态有助于交通领域的节能减排外,当前已有诸多技术运用于交通领域,例如新能源汽车的新电池技术、交通枢纽(如车站、机场、港口等)采用回/排风机变频技术实现空调系统节能、列车节能减排系统、交通运营设备的混合动力改造等。”

“绿色节能的交通工具将实现动力系统、能源管理系统、绿色驾驶辅助系统和替代动力燃料系统等的集成,实现真正的零排放出行。新的交通管理和服务理念将影响人们的出行,交通出行将变得智慧有序,交通系统的效率将得到提升。”徐猛说。

实际上,为加快实现碳中和,2019年生态环境部发布的《大型活动碳中和实施指南(试行)》就提出,大型活动组织者应通过购买碳配额、碳信用的方式或新建林业项目产生碳汇量的方式抵消大型活动实际产生的温室气体排放量;鼓励优先采用来自贫困地区的碳信用或在贫困地区新建林业碳汇项目。

“碳中和相关政策的制定要从能源战略出发,注重政策的延续性,还要进一步加强国际合作,因为碳中和的实现需要全球各国的共同努力。”吕永龙强调说。

## 百叶窗

# 废弃塑料「一步」变氢气

120亿吨,这是2050年全球废弃塑料将会增加的数量。面对这一触目惊心的数字,科学家们不断开发各种方法,将这些废弃的聚合物转化为碳氢燃料、碳纳米管(CNTs)等高附加值产品。近年来,将废弃塑料制备成氢气,成为研究热点。

近日,牛津大学联合剑桥大学的课题组,在《自然—催化》上报道了一种简单且快速的一步法催化分解废弃塑料的过程。该过程涉及到微波引发的固—固催化反应,即将机械粉碎的塑料混合物与作为添加剂的铁氧化物/铝氧化物复合催化剂相混合,然后进行微波处理,使得大量的氢气迅速生成。

这种简单的一步法微波催化过程,大大简化了废弃塑料催化分解的方法,可快速将普通块状塑料粉末分解成氢气和高质量的碳材料。实验数据显示,高效的催化剂在暴露于微波后,氢气迅速析出,并在约90秒的时间内形成固体碳和其它小碎片。微波催化反应开始后30秒内,析出的氢气可迅速增加到80 vol%(指体积百分比)。

据介绍,本研究中使用的塑料袋(低密度聚乙烯)、食品包装袋(聚丙烯)和塑料泡沫(聚苯乙烯)等实际废弃塑料均从大型连锁超市使用的废料中收集而来。从塑料中快速、选择性地生产氢气和碳纳米材料,也为解决日益严重的塑料废料问题提供了一条可能的途径。(盛夏)

相关论文信息: <http://doi.org/10.1038/s41929-020-00518-5>



将废弃塑料制备成氢气成为研究热点。

## 视点

# 氢气勘探理论与技术研究迫在眉睫

■刘全有 刘佳宜

氢气,这种“绿色”燃料燃烧后只产生纯水,并释放出巨大能量,因而被认为是最有希望的可持续能源载体。

在石油炼化产业中,生产氢气主要通过催化重整产氢和以烃类物质为原料的水蒸气法及部分氧化产氢两种方式。但受成本、工艺及环境等条件的限制,目前仍难以实现大规模生产和利用。

那么,自然界中的氢气能否像天然气那样,储存于地下气藏中呢?

2018年就有科学家发现,在形成于地下410~660千米深处的珍贵稀有的天然蓝晶石内部包裹着氢气和其他气体。如今,在大洋中脊、板块构造边缘和板块内沉积盆地中,也都发现了广泛分布的氢气资源。因此,自然界中氢气资源分布广,资源潜力巨大。

## 自然界中氢气的成因机制

在地质体中,氢气主要来自深部缺氧地层中。对于地球深部来说,慢源脱气会伴随着大量氢气的释放;对于地壳浅部岩层来说,水岩作用、水受放射性核子辐射作用、微生物作用、有机质快速热裂解,甚至岩层断裂活动产生自由基反应等方式也可以产生氢气。

深部地幔中氦化物释放出的氢气沿切穿地壳的深大断裂,或伴随岩浆活动上涌进入浅部地层,或以火山形式喷出地表。金刚石包裹体中分子氢的发现就说明了深部地幔中富氢组分的存在。

水岩反应中,最主要的是蛇纹石化。蛇纹石化是基性—超基性岩发育区常见的一种低温(<500°C)热液蚀变反应。蚀变过程中,橄榄石、辉石等矿物的Fe<sup>2+</sup>被氧化为Fe<sup>3+</sup>,同时水中的氦元素被还原为氢气。

水受放射性核子辐射作用生氢主要是地下α、β、γ粒子辐射导致水分解产生氢气。有科学家通过对比模型计算结果与实际检测结果后认为,水的辐射分解是导致南非威斯特沃特斯兰德盆地和加拿大蒂明斯盆地深部裂缝水中高氢气含量的主要原因。

微生物作用生氢主要为还原性细菌通过对有机质的分解产生氢气。柴达木盆地三湖地区的天然气中发现了少量的氢气。根据天然气产出的地质背景,该地区天然气藏中的氢气是有有机质在微生物作用下产生。同时,有机质在高温

高压环境下发生自身脱氢反应,含硅岩层机械断裂自由基反应也会生成少量氢气。

总而言之,不同地质背景赋存的氢气具有不同的成因机制。大洋中脊、大陆裂谷带等构造活动带岩浆热液活动较为活跃,含Fe<sup>2+</sup>矿物的水合反应是该环境中重要的氢气形成机制之一。古老地壳基底中的氢气含量受到基底岩石中含钾矿物的含量和放射性衰变时间的影响。盆地沉积物中的氢气包含母源基底岩石中继承的氢气和沉积以来有机质成热演化过程及放射性元素持续衰变辐射作用形成的氢气。

由于构造环境的复杂,自然界产出的氢气常为多种来源氢气的混合,如何鉴别不同来源的氢气是完善氢气体系研究中需要解决的一个重要问题。以现有的分析技术和地球化学鉴别指标很难对不同来源的氢气做明确的鉴别。因此,在氢气成因分析中,需充分考虑氢气分布的构造、沉积环境和岩相组合等因素,排除不符合实际地质情况的成因模型,并结合其他伴生气体的地球化学特征进行综合判断。

## 最小分子氢气如何迁移保存

与常规天然气藏相比,氢气的富集及保存对盖层围岩及流体组分要求更高。由于氢气的化学性质活泼,氢气一般在原位或运移短距离至邻近层位聚集。因此,氢气储存需要考虑基底岩体、潜在聚集体和相关断裂带所在的位置,综合分析岩石孔隙度、渗透率、围岩矿物地球化学、水体属性、pH值、Eh值、温度、微生物等特征,动态评价可能的流体—岩石的物理化学反应、气体储存与逸散。由于围岩与流体的物理化学反应对储层孔隙度—渗透率演化具有重要影响,进而影响气体流动过程和岩石的阻隔性。

氢气最有利的存储模式为自生自储模式,以减少氢气运移过程中与流体组分或围岩矿物组分反应而被消耗,因为氢气自身化学性质活泼,在沉积含水层中易被消耗。深部基岩中的存储空间自身裂缝发育,可以增大水岩反应流体接触面积,提供更大存储空间,同时上覆地层为致密性良好的沉积岩层系,以有效地封存基岩裂隙中持续产生的氢气,达到了供给大于逸散,使得氢气富集形成气藏。因此,氢气储存主要考虑氢气供给的潜在反应、氢气高扩散系数、地层流体物理化学性

质、岩石矿物组成和盖层物性等,以做综合评价。

在氢气聚集体系中,蒸发岩等所谓渗透性最低的盖层也只是起到减小氢气迁移动力、降低氢气散失速率的作用,难以完全阻隔氢气的散失。而氢气的聚集需要在氢气充注量大于散失量的条件下,通过稳态积累实现。因此,在氢气聚集体系中,地表较高含量的氢气散失同样可以指示沉积盆地等构造单元中存在一定规模的氢气聚集。

考虑到氢气赋存的媒介,以气态氢的形式从液态水中和黏土矿物表面的解吸是两种重要的方式。此外,岩石矿物颗粒的破碎使得包裹体中氢气的释放同样是氢气散失的一种可能途径,散失的氢气以扩散或对流的方式逃逸到大气中。

## 地质体中氢气资源前景如何?

据国际氢能委员会预计,在温度变化控制在2°C情况下,到2050年全球氢能需求潜力可达5.5×10<sup>8</sup>吨,这可以减少60×10<sup>8</sup>吨二氧化碳的排放,届时氢能交通运输领域的需求可达1.6×10<sup>8</sup>吨。

目前监测数据评估到的氢气含量占比很低,在世界能源结构中难以客观评价。全球工业氢气市场的发展需求与地区经济增长密切相关。由于中国和印度等发展中国家经济快速增长带来的对氢气的强劲需求,亚太地区工业氢气生产量稳居全球首位。2017年亚太地区工业氢气的生产规模价值为1071.36亿美元,北美为555.80亿美元,而欧洲则为517.57亿美元。这极大促进了氢气生产和存储的发展。

目前,氢气的生产还是以化工生产为主要方式,成本高、易于形成能源二次消耗和污染。因此,加强地质体中氢气资源的理论与相关技术研究迫在眉睫,特别是加强对地质体中氢气来源、运移通道、聚集和保存的规律研究,预测高含量氢气的分布区域,从而降低氢气勘探风险,为氢能可持续、低成本发展提供理论和技术支撑。

随着科技进步,人们对地质体中氢气储量规模的认识将越来越清晰,发现和探明富氢气藏的规模也越来越大,氢气在能源结构中发挥的作用将更加重要。这对加快发展氢能、优化能源结构、保护环境和经济可持续发展具有重要意义。(作者单位:中国石化石油勘探开发研究院)

本报讯(记者李惠钰)

10月14日,2020年北京国际风能大会在京举行,来自全球400余家风能企业代表共同签署并发布了《风能北京宣言:开发30亿风电,引领绿色发展,落实“30·60”目标》(以下简称《宣言》),提出在“十四五”规划中,须为风电设定与碳中和国家战略相适应的发展空间;保证年均新增装机5000万千瓦以上。2025年后,中国风电年均新增装机容量应不低于6000万千瓦,到2030年至少达到8亿千瓦,到2060年至少达到30亿千瓦。

上述数字也意味着,风电即将进入倍增阶段。中国可再生能源学会风能专业委员会秘书长秦海岩表示,每年新增装机5000万千瓦是一个非常强烈的市场信号,所有开发企业、制造企业都会按照这个目标制定其发展、投资规划。

《宣言》提出,全球风能资源技术开发潜力约为当前全球电力需求的40倍,而绝大部分资源尚未开发利用,如中国已开发风能资源不到蕴藏量的5%。在当前技术水平下,仅“三北”地区(西北、东北、华北)风能资源蕴藏量就超过40亿千瓦,通过本地消纳与跨区域平衡,可提供最低成本的电力供应;而中部东南部风能资源蕴藏量近10亿千瓦,因地制宜集约节约发展潜力巨大。

值得关注的是,《宣言》称,未来五年,海上风电有能力实现规模化、平价化发展。为此,数百家企业建议,各国政府应保持政策的连续性和针对性,加大对海上风电等关键技术领域的支持力度,为建设最具成本优势风电提供必要政策支持。同时,针对海上风电等前沿技术,开展共性技术联合研究,共享创新成果,储备技术实力,持续推动成本下降。

为进一步加快全球风电发展,《宣言》还发出五点倡议,包括设定支撑碳中和目标的产业发展规划、依法建设良好产业政策环境、将风电打造成绿色复苏新动能、推动电力消费侧的绿色革命、建立更加紧密的国际合作机制等。

“风电产业作为清洁能源的重要力量之一,必将承担更多责任,也必将迎来更大发展空间。”国家能源局新能源和可再生能源司副司长任育之表示,国家能源局正在组织开展可再生能源发展“十四五”规划编制相关工作,将大力推动新能源和可再生能源高质量发展,更大力度推动风电规模化发展。

任育之表示,未来我国将坚持集中式与分散式并举、本地消纳与外送消纳并举、陆上与海上并举,积极推进“三北”地区陆上大型风电基地建设 and 规模化外送,加快推进近海规模化发展、深远海示范化发展,大力推动中东部和南方地区生态友好型分散式风电发展。



## 资讯

# 电动汽车可实现“即停即充、边走边充”

本报讯日前,由重庆大学教授戴欣所在的无线电能传输项目团队完成的“高性能电动汽车/静态无线充电系统关键技术及应用”成果,在重庆市科学技术奖励大会上获得技术发明奖一等奖。该成果将实现电动汽车“即停即充、边走边充”的灵活充电。

据戴欣介绍,无线电能传输技术是一种借助高频电磁场实现能量无线传递的新兴技术,而无线充电是未来电动汽车便捷可靠电能补给的最佳解决方案。目前,制约该技术发展的瓶颈主要在于无线充电效率不高、无法适应快速行驶车辆稳定无线充电、开放式传能空间带来的电磁泄漏等问题。

在国家重点研发计划、国家自然科学基金、重庆市科技计划等项目支持下,经过10多年努力,该项目团队逐渐形成具有自身特色的知识产权技术体系,使电动汽车静态无线充电的功率传输能力达到11千瓦,效率超过94%,有效电能传输距离大于22厘米。特别是在电动汽车行驶过程中的动态充电取得突破,实现车速达到120公里/小时条件下大功率传输,整体效率高达88%,电磁泄漏低于4微特斯拉。

据悉,围绕相关成果,该项目团队已获得授权发明专利28件,发表期刊论文40篇。成果已应用于江苏同里、广西南宁、河北雄安新区的电动汽车无线充电系统中,并取得了显著的经济及社会效益。(陈正雅)

《风能北京宣言》建言风电发展路线图  
2060年风电开发将达30亿千瓦