

# 绿色能源和循环经济双翅飞翔

## ——记醇水氢燃料电池一体机

跨年之际,大面积的雾霾也跨越了新年,在新年之初,就给我国带来了沉重的环境压力。能源结构调整,在我国已加速形成倒逼机制。如何高效、安全地使用清洁能源成为一项迫在眉睫的重大课题。

循环经济是指把传统的依赖资源消耗的线形增长的经济,转变为依靠生态资源循环来发展的经济。我国高度重视发展循环经济、建设资源节约型社会,不断提高资源利用效率,但经济社会发展仍然面临着巨大的资源压力。绿色能源和循环经济之间是否存在内在的关系?当今科技是否已在探索解决绿色能源的同时又推动循环经济的实现和发展?记者带着问题历经两年的深入调研和走访,在广东一家民营企业找到了可喜的答案。

### 氢能:成为绿色能源引领者

氢能具有热值高,清洁无污染,来源丰富等特点,演绎了自然物质循环利用、持续发展的经典过程,被认为是人类最理想的能源。氢能是取之不尽用之不竭的,除了从化石能源中获得氢能外,还可以通过生物质能、太阳能、风能等可再生能源获得氢气。目前主要有三种氢能的利用方式,包括直接燃烧、通过氢燃料电池转化为电能及核聚变。其中,通过氢燃料电池将氢能转化为电能是最安全的使用方式,通过电化学反应燃料电池可以直接把氢能变成电能和水,不排放任何有害物质。氢燃料电池通过电化学反应,把氢和氧分别供给阴极和阳极,氢通过阴极向外扩散和电解质发生反应后,放出电子通过外部的负载到达阳极,而不是采用燃烧(汽、柴油)或储能(蓄电池)方式。氢燃料电池核心是质子交换膜(PEM),它负责把氢的质子和电子剥离开。

氢能开发利用已被许多发达国家列为重要国策,美、欧、日等发达国家和地区都从国家可持续发展和安全战略的高度,制定了长期的氢能发展路线图。我国作为国际氢能经济和燃料电池合作伙伴计划国际组织的发起国之一,于2015年在武汉召开了国际氢能经济和燃料电池伙伴计划第23届指导委员会研讨会,目的是建立一种机制以实现高效合作,其重点是研讨氢能和燃料电池技术的国际研究、开发、示范和商业利用。

在化工厂中制备氢气早已不是难题,但如何随时随地方便地使用氢气成为关键。氢密度低的性质导致其难以常压常压储存,泄漏后又有爆炸危险,90%左右的使用成本都用于压缩环节。因此,氢的储运安全和成本问题成为制约氢能发展的主要瓶颈。那能否避开氢的“压缩”环节,把集中制氢转变为分布式制氢,让常压的氢气变得唾手可得呢?2016年3月国家能源局列入国家发布的“能源技术革命创新行动计划(2016—2030)”已经把分布式制氢纳入其中。目前,分布式制氢主要包括电解水制氢、甲醇重整制氢等方式,电解水制氢是一种比较常用的分布式制氢办法,但因制备成本比较高,损耗高、设备难以小型化,电解水制氢很难推广应用;相对而言,甲醇重整制氢是一条便捷可行之路,直接通过化学反应甲醇可生成二氧化碳和氢。

甲醇重整制氢需要把二氧化碳和氢进行分离,目前常用的方法是变压吸附法(PSA法),该方式相对稳定,可产生高纯度氢气,目前业界普遍认为此法不易做到结构小型化。相比之下,可以使结构小型化的膜技术又存在成本过高(主要是催化剂成本)的问题。如此看来,膜技术的突破对于甲醇重整制氢设备的小型化将起到至关重要的作用,并可能直接影响氢能的大范围推广和应用。

### 甲醇:一种可再生的分布式能源

分布式发电是将发电系统以小规模、分散的方式布置在用户附近,可独立地输出电、热或冷能的系统。与传统的电站相比,分布式发电更靠近用户,不需要高压输电系统,且建设快、运行费用低,具有经济性、安全性和灵活性等特点,可减少传统火力发电对环境的破坏,满足能源可持续发展的要求。提及可再生的分布式发电能源,大家可能首先会想到光伏和风力,然而太阳能、风能因受地球自转、气候、地域等因素影响具有明显的间歇性特点,无法直接满足人类可持续的用电需求。此外,目前比较常见的分布式发电方式还有天然气发电、沼气发电、氢能发电及生物质发电等。甲醇作为一种可再生的能源,它可以通过生物质制取,可以直接用于发电,也可以转化成氢气发电,它是一种可再生分布式发电的能源。

甲醇直接燃烧发电是热能转化为机械能,再从机械能转化为电能,二次转化效率过低,一般不采用,直接甲醇燃料电池DMFC发电技术,只在2012年前后日本东芝的有关成果获得报道,至今报道并不多见。为了更全面的了解一种可再生的分布式发电能源的可行性,记者搜集了目前已有的四种甲醇发电途径并进行对比,发现只有把甲醇变成氢气,再用氢气发电的技术是最成熟的,而且具有相对较高的转换效率和环保指数(见表)。

### 醇水氢燃料电池高效一体机

目前,很多专家学者都在努力攻关醇水氢燃料电池发电技术,其原理是将甲醇和水的混合溶液利用催化剂进行催化重整产生重整气,再利用纯化膜将重整气进行提纯得到高纯度氢气。为什么要使用甲醇和水的混合溶液为原料呢?甲醇(CH<sub>3</sub>OH)分子中含有4个氢原子,而水(H<sub>2</sub>O)中有2个氢原子,两者进行混合后进行催化反应可以得到6个氢原子,大大提高了制氢效率。

结论似乎已经出来了,期望着有一种完全新型的新能源发电设备,该设备以能量密度高、可再生、存储运输方便的甲醇为燃料,该设备使用膜技术,让设备足够小型化,膜的成本不能高,又能够产生高纯度的氢,且性能稳定,再直接与氢燃料电池很好地对接。

### 水氢机:我国完全自主研发的甲醇水发电

三年前,一家专注于甲醇水蒸气催化重整氢燃料电池的应用研发和产业化的企业,“广东

合即得能源科技有限公司”(以下简称“合即得”)落户广东东莞。三年来,记者跟踪了这家企业的技术创新与产业发展。

该项技术发明人向华带领他的团队把甲醇水蒸气催化重整制氢技术和氢燃料电池技术结合起来实现了一体化发电,并将该设备称之为“水氢机”。2009年团队研制出他们的第一台样机,并对设备进行迭代研发。如今,合即得自主研发的水氢机拥有80多个核心元器件,独立拥有4套核心膜技术,独立拥有目前发电效率较高的3-5-7技术(即3公斤甲醇可产5标立方氢气发7度电)。在水氢机的应用开发上,合即得已生产出电动车移动充电宝、野营发电机等家用和商业发电机产品,同时把水氢机应用在汽车领域,将水氢机作为汽车的能源动力系统,并陆续生产出水氢警务车、水氢旅游观光车等,并成功地改装了轿车、大巴、观光车等水氢电动车车型。

通过近10年的研发,合即得的水氢机水蒸气催化重整氢燃料电池发电技术取得了骄人的进步,水氢机的优势也越来越明显:制氢纯度大于99.9999%;设备性能稳定,有关产品已连续不间断工作11个月;实现了小型化,体积从以前的衣柜大小成现在的电脑机箱大小,30kw水氢机尺寸仅为1210×270×800mm;发电效率也大大提高,每公斤甲醇可产生2.3度电;设备可进行快速启动和远程操控;设备系统安全可靠,无任何高压氢设备;整机基本无运动部件,噪音小于55db。

目前,合即得向华团队已拥有500多项专利,包括“一种基于甲醇水制氢系统的发电机及其发电方法”“一种甲醇水蒸气重整制氢设备及制氢方法”“甲醇水制氢设备的膜分离器及其制备方法”等涉及到燃料重整、燃料电池、氢气提纯的核心专利,掌握多种燃料重整制氢的反应器研发和工程技术、世界领先的燃料电

池系统集成技术及多种不同场景的多种氢气提纯和制氢生产设备工艺。2015年合即得的“新能源汽车高效安全移动制氢燃料电池研究与应用”项目获得广东省科技厅应用型科技研发专项资金重大项目立项支持。2016年合即得通过了中关村兰德评价研究院20多个专家院士的评价,高度评价水氢机是氢能时代具有标志性的机器,是蒸汽机、内燃机发展进步的产物,一致肯定水氢机的广泛应用极具社会价值和经济效益。自2014年至2016年合即得由广东省科学技术情报研究所查新中心出具了“甲醇水氢燃料电池供电系统”“甲醇水制氢技术及其在发电系统的应用”“一种多组独立式醇水制氢燃料电池汽车的研发”等多个科技查新报告,总结结论为:未见相同的技术路线,类似技术路线的多项指标(包括设备大小、氢气纯度、发电效率、启动时间等),未见有与其相同的文献报道。

此外,合即得正在努力在移动电力、应急电力、户(野)外电力、备用电力等实现与多个行业的对接,应用场景有众多的想象空间。在加快行业应用的同时,合即得的创新步伐还在加速,在进一步提高发电效率、进一步降低成本以及进一步小型化的同时,合即得还在积极向上游甲醇的生物质制备、分布式制备以及二氧化碳捕集等方面开展合作。

伟大的创新来自敢想、敢做和孜孜不倦的追求。在全国科技创新政策、环境、需求日益增强的今天,科技创新更需要民族的自信。1769年蒸汽机发明属于英国,1876年内燃机发明属于德国,1946年计算机发明属于美国;2009年的水氢机能否属于中国,能否在人类科技发展的历史上留下浓墨重彩的一笔?历史会给出最好的答案。

### 甲醇电力路线对比

路径	工艺路线	技术现状	转换效率	环保指数
路径1	甲醇——内燃机——电力	成熟	20%—30%	排放PM2.5
路径2(DMFC)	甲醇——燃料电池——电力	不成熟	10%—30%	无排放PM2.5
路径3	甲醇——氢内燃机——电力	成熟	25%—45%	排放PM2.5
路径4(IMFC)	甲醇——氢燃料电池——电力	成熟	35%—70%	无排放PM2.5



客户考察水氢电动车

# 大自然中的甲醇经济

## ——畜禽养殖废弃物安全处理与资源化利用

“十二五”期末我国的生物质能源总量有4.6亿吨标准煤,而只开发利用了2200万吨,只占了不到二十分之一。诺奖获得者乔治·奥拉所说的“甲醇经济”中一个重要观点,就是甲醇的制备可以来自生物质。生物质能可否高效地转化为便于存储和运输的甲醇,从而大大提高生物质能的利用价值?目前技术成熟度怎么样?离成功实现还有多久?产业化时间还需要多长?反应器的效能、容积大小、承受力、建设成本等方面是攻关的重点。记者带着一大堆问题,采访了华南农业大学新能源与新材料研究所所长、广东省高校生物质能源重点实验室主任、农业部能源植物资源与利用重点实验室主任、博士研究生导师谢君教授。

### 生物质能中的一把双刃剑

环境污染和能源短缺是本世纪的两大主题,开发绿色的环境治理及可再生能源生产的技术迫在眉睫。据统计,我国规模化畜禽养殖每年产生粪肥38亿吨(若完全转化成沼气相当于1.62亿吨标准煤),其中仅有15%配备了沼气工程处理设施。畜禽粪便已经成为农业面源污染的主要源头之一,也给畜牧业可持续发展带来了严峻挑战。畜禽养殖废弃物就像一把双刃剑,它既会成为污染源,也可能成为优质的生物质能。开发高效的畜禽养殖废弃物处理和资源化综合利用新方式势在必行。

### 让废弃物发酵产生沼气:高密度厌氧发酵技术

记者采访谢君教授团队了解到,华南农业大学目前在处理畜禽养殖废弃物的第一个环节“高密度厌氧发酵”研究方面已取得显著进展。

厌氧发酵,是指在无氧条件下,利用厌氧微生物的新陈代谢生理功能,将畜禽养殖废弃物的有机物转化为生物质能源——沼气的过程。谢君团队现已形成的畜禽养殖废弃物厌氧发酵技术工艺,即以畜禽粪便为原料,通过粪污车运送至调配池中,经畜尿、冲洗水等污水通过管道输送至沉淀池,经沉淀后的浓液由泵抽至调配池,与鲜粪便调配至发酵浓度TS在8%—10%之间,由进料泵泵入2座CSTR厌氧发酵罐中进行厌氧发酵,发酵温度35℃,发酵停留期20d。沉淀池的清液由泵排入过滤床AF发酵罐进行沼气发酵,沼气产气率可达1.25m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>·d。

### 生物质甲醇的制备

甲醇(CH<sub>3</sub>OH)的能量密度很高,而且是最简单的饱和醇,具有非常高的附加值,常温常压下以液体状态存在,便于储存和运输,可以作为中长期储能载体。甲醇在全世界基本有机原料中占据非常重要的地位,其年平均消耗量仅次于乙烯、丙烯和苯,可用于医药、农药、纤维、甲酸、塑料、染料、合成蛋白质等工业生产。

传统的甲醇生产技术主要来源于不可再生的天然气和煤。随着世界各国人民环保意识的增强,寻找一种可行方法实现可再生生物甲醇的合成是近几十年来国内外学者追求的目标。在实际运行过程中,重点要从降低项目的固定资产投资成本、运营维护成本和提高能源利用效率等方面把总成本降到最低。

### 从沼气制备甲醇

生物甲醇有望作为新一代液体生物燃料进行推广应用,还可用传统化工、精细化学品以及新能源汽车等各领域。沼气中60%左右

是甲烷(CH<sub>4</sub>),其余为二氧化碳和少量的硫化氢等。沼气需要进行空气脱硫、活性炭脱硫等脱硫工艺,将硫化氢(H<sub>2</sub>S)从浓度控制在0.5ppm以下,后续进入生物甲醇炼制过程。

谢君教授团队已建立沼气(约含60%CH<sub>4</sub>和40%CO<sub>2</sub>)全组分转化生物甲醇的实验室技术,并正在工业化生产的设计。该团队率先建立了将畜禽粪便发酵所产生的沼气全组分转化合成生物甲醇的技术。首先对沼气进行深度脱硫(<0.5ppm),然后加入少量水蒸气,将甲烷和二氧化碳共转化合成生物甲醇。该技术明显优于目前国内外报道的利用生物质直接气合成甲醇或二甲醚技术。目前,正在开发可用于日产沼气2万立方米的生物甲醇合成装备,该装备可合成浓度>50%的甲醇溶液,此甲醇溶液无需进一步精馏,可以直接作为甲醇水氢燃料电池的原料或其他化工原料。

谢君教授团队研发的反应器在厌氧发酵过程中对有机负荷承受力强,反应器效能高,容积小,占地面积小,基建成本低。

### 沼液沼渣的处理

沼液沼渣含有丰富的氮、磷、钾和大量的元素外,还含有对作物生长起重要作用的硼、铜、铁、锰、锌等微量元素。CSTR厌氧发酵后的沼液沼渣进入缓冲池,由固液离心机分离,得到的沼渣进入固体有机复合肥生产间进行有机肥生产。而固液离心机分离得到的沼液进入沼液池,与过滤床AF发酵后的沼液一同进入液体浓缩肥生产车间。

沼液沼渣就地就近用于农用有机肥为主要使用方向,基本解决大规模畜禽养殖场粪污处理和资源化问题。沼液中有有机物及磷酸

盐等被截留浓缩,制成高磷叶面肥,喷洒植物叶片,更容易被植物吸收、转化。沼渣除了含有丰富的氮、磷、钾等大量元素外,还有对作物生长起重要作用的硼、铜、铁、锰、锌等微量元素,尤其是腐殖酸含量很高,可达10%—24%,腐殖酸对土壤改良有重要作用。厌氧发酵后沼液沼渣进入固液分离系统,所得的沼渣,经过选定微生物的发酵、干燥、粉碎、添加制备生物有机肥料。液体浓缩肥方面,针对沼液产量大、处理成本高、储存运输困难等问题,采用超滤系统、多级膜处理技术、纳滤系统对沼液进行浓缩,浓缩液体积大大降低。沼液浓缩后便于储存运输,也便于高效有机复合肥的制备。清液可以达到国家一级排放标准,亦可用作中水回用于养殖场冲洗用水。以5万头猪场养殖场为例,采用该工艺对粪渣进行厌氧发酵,猪粪日产量约17吨,可实现日产沼气5000m<sup>3</sup>、沼渣10.7吨、沼液812m<sup>3</sup>;实现日产固体有机复合肥4.88吨(含水率20%);液体浓缩肥20m<sup>3</sup>,可实现年销售收入约1000万元。

### 生物质甲醇的未来

谢君教授团队基于畜禽粪便合成生物甲醇以及联产固/液体生物肥料的综合策略不仅可以有效解决农村生活环境、能源以及土壤面源污染问题,而且可以为生物甲醇的开发寻找一条新路子,具有多重重要的战略意义。此外,谢君教授团队正在努力攻关分布式生物甲醇制备方案,让设备变得更小,效率变得更高,成本变得更低。期望以此让他们的技术和产品能走进广大农村,走进千家万户,让我国生物质能这一巨大的“矿场”的利用率得到大幅度的提升,努力为实现环保事业和循环经济作出贡献。

## 你的家电到野外也能用

电冰箱、风扇、手机、电灯……去自驾、野营和出海等外出游玩的时候你是不是恨不得把你的全家当都搬去?

幕天席地当然舒坦,但你也享受不了现代人类社会各种便捷。因为没有电啊。

现在问题解决了。就是这样一台机器,用甲醇和水混合后发电,只要一个按钮激活就能提供源源不断的电能。能同时给冰箱、风扇、音响和电灯供电。当然,还少不了给你片刻不离的手机充电啦。对了,这台机器可不是电冰箱。所以你不需为它充电,而只要为它准备一瓶水氢原料就可以了。一瓶5公斤中的水氢燃料就可以稳定产生5度电,5度电是什么概念呢?5度电可以为你的手机充电420次,IPAD充电125次,冰箱制冷2.5天,野营灯点亮30天,音响播放6天,风扇工作30天。怎么样,是不是想想都觉得很兴奋!

无论自驾、露营还是出海游玩,它都能提供源源不断的电力。



## 他们把发电厂装在汽车上

如果我告诉你,充电宝能装在汽车上,你一定觉得这不就是把电池装到电动汽车上吗?从贵得吓死人的特斯拉到咱们经济实用国产名牌都在做。

但如果我告诉你,今天我们装到电动汽车上的不是锂电池,而是一座发电厂,你大概想不到吧。

看,这就是他们装在电动汽车上的发电厂。这发电厂的燃料还真挺特别,别家用的是煤、是油,它用的是这——学名叫醇水,产品名叫水氢原料,我们叫它甲醇兑水。对,以甲醇和水以1:1比例混合就是发电原料,就这么简单。

用手机APP激活电厂就能源源不断地给这车本身的电池充电了。就这车,电池充满电是30度电,能跑200公里。再跑200公里,它还是30度电,再跑,还是……这车安装了这电厂后,加满60升的水氢原料,能比原来的电机驱动多跑800公里。也就是说,即使把这车从广州开回原厂,中途几乎不用添加原料。而费用,仅仅是汽油的20%。对了,这发电厂的排放物跟我们呼吸时呼出的气体基本是一样的,就是水汽和少量的二氧化碳。

它既有内燃机续航的优势却不污染环境,它如蓄电池一般便捷却不用充电,它提供氢燃料电池的绿色动力却没有加氢难题。



## 这通信基站不用接电网

相信你在手机没信号的时候,一定希望到处都有移动发射塔。但问题是,许多时候并不是三大运营商不想建基站,而是实在建不起来啊。

为啥?很简单,没电啊。要是从电网拉专线到通信基站上,工期长不说,光是建设成本也让人咋舌。

最近,有一家企业研发了一种设备,让通信基站可以摆脱电网的束缚。那电从哪里来?很简单,自己发电啊。你看,就是这里,两台水氢发电机持续为这个移动基站供电。只需要6个月左右在罐罐里加一次水氢燃料,就能持续为这个通信基站供电了。看,就这个基站,已经持续稳定运行超过5000个小时,累计发电量也突破了25000度电。这样自主发电,最大的好处不单是不需要电网,而且不产生噪音,不产生任何环境污染,产物只有水。不但节省成本,还节能环保。

试想一下,如果把这水氢发电机普及起来,那从喜马拉雅山到南沙群岛不都有通信信号了吗?



## 这台发电机能跟着你走

你还在为电动汽车处找充电桩?有没有想过让发电机跟着你到处走随时随地提供电力呢?

来,带你看看。就是这台机器,产品名叫水氢发电机。这箱子一头吸入水氢燃料,通过在里面进行汽化、催化、重整的过程,另外一头出来的就是氢气。

哎?等等。这虽然制造出了氢气,但我们要是电啊。这发电的过程跟你想的还真不一样,这台发电机新奇的地方在于它并不是通过燃烧氢气带动线圈发电,而是让氢气在水氢发电机的一个模块里进行电化学反应让它释放出电子。所以,整个发电过程基本听不到噪音。

有了电子就代表了有电流,只要从汽车后备箱取出发电机,简单接上线,用手机APP启动,就能给电动汽车充电了。你看,这么一台发电机,额定功率2.5千瓦,用4瓶5升的水氢燃料就能产生20度电,足够让特斯拉多跑100公里。

什么?还不够,那多带几瓶呗,反正这燃料价格还不到汽油的1/5,稳定性比汽油还高。现在你还怕电动汽车跑不远吗?这样便携的发电机,真正可以为您提供随时随地的清洁电力!

