

未来能源 加速而来

□本报记者 程强 魏佳琪

面对加速演进的百年未有之大变局、日益加剧的全球气候变化、突飞猛进的新一轮科技革命和产业变革,各行各业正学习贯彻习近平总书记要求,整合科技创新资源,引领发展战略性新兴产业和未来产业,加快形成新质生产力。

今年初,工业和信息化部等七部门联合发布了《关于推动未来产业创新发展的实施意见》,提出重点推进未来制造、未来信息、未来材料、未来能源、未来空间和未来健康六大方向

产业发展。国务院国资委也于2023年启动实施了央企产业焕新行动和未来产业启航行动,加快传统产业转型升级,开辟未来产业新赛道。

能源是经济社会发展的重要物质基础和动力源泉。未来能源是未来产业的重要组成部分。那么,哪些能源是未来能源?有哪些亟待突破的前沿颠覆性技术创新?未来能源产业如何高质量发展?4月27日,在由国务院国资委主办、中国石化承办的国企发现与发明论坛上,与会专家学者、业界人士对此进行了深入讨论。



地热 日益走上世界能源大舞台

中国石化集团公司总经理赵东说,地热具有储量大、分布广、绿色低碳、实用性强、稳定性好等优势,是极具竞争力的清洁可再生能源,正日益走上世界能源大舞台。

我国地热资源约占全球的1/6,336个主要城市浅层地热能可采资源量折合7亿吨标准煤,中深层水热型地热资源量折合约1.25万亿吨标准煤,深层地热资源潜力折合超过856万亿吨标准煤。

地热开发利用主要有直接利用和地热发电两种方式。我国地热直接利用规模稳居全球首位,已建成地热供暖和制冷面积13.3亿平方米,折合装机容量92.4吉瓦,年可替代标准煤2441万吨,减排二氧化碳超6000万吨。2023年9月,我国成功举办“第七届世界地热大会”。

赵东说,长期以来,中国石化顺应能源转型趋势,坚持战略引领、加强产业布局、强化技术攻关,大力推进地热规模化、效益化发展,走在了地热产业发展的前列。

中国石化自1998年率先进入地热领域至今,攻关形成了中深层水热型地热资源开发“两项基础理论,六大核心技术”,已在冀、鲁、豫、陕等地建成1亿平方米地热清洁供暖能力,是国内最大的中深层地热资源开发利用企业,在雄县建成了我国第一座“低热清洁供暖无烟示范城”,目前正积极开展“地热+”业务,努力把雄安新区地热开发利用打造成绿色发展的样板工程;沿黄河流域打造中下游重点城市集中连片地热供暖场景,探

索青海共和盆地深部干热岩压裂取热利用,沿长江流域推进低热、地表水/海水源热能协同开发示范,目前在江汉油田建成了南方最大中深层地热集中供暖项目;着力推进地热与多种能源耦合利用,在油田、炼厂建成了一批油气、伴输、余热供暖、智慧能源等示范项目,有效提升了能源利用效率。

中国石化还积极担当国家智库、深化国际合作,参与国家地热规划、地方新能源开发利用规划的编制,牵头编制了首个国际地热协会标准《中国地热供暖推荐做法》,为世界地产业标准化发展贡献中国智慧。

对于我国未来地热产业高质量发展,赵东建议从四个方面聚焦发力。一是地热水中含有宝贵的锂、氦、铀、硼等稀有伴生矿产,对国家安全和高新技术产业发展至关重要,建议加强勘查、摸清家底。二是将地热资源开发利用纳入国家能源发展战略统筹布局,加强与城市建设等的协同规划,推动地热矿权管理、财税补贴、碳资产认证、计入可再生能源消费总量等方面的政策支持,同时大力发展“地热+”协同模式,探索建立以地热为载体的地下储能应用模式和矿产开发路径,完善政策、做强产业。三是瞄准国际地热科技前沿的深部水热型、干热岩型地热资源关键技术,集智攻关、创新突破。四是积极参与“一带一路”、环太平洋地热带西部、红海-亚丁湾-东非裂谷高温地热带国家的地热项目,深化合作、互利共赢。

生物能源 以可再生能源驱动绿色生物制造

中国工程院院士、北京化工大学校长谭天伟说,生物制造是以工业生物技术为核心,利用酶、微生物细胞,结合化学工程技术进行目标产品的加工过程,包括生物基材料、化学品和生物能源等。

生物制造通常是在常温常压下反应,没有高能耗,选择性也比较高,未来还将以二氧化碳为原料,是一项负碳、固碳的绿色技术,近年来发展非常受重视。以可再生能源驱动绿色生物制造,将在循环经济中发挥重要作用。例如,传统方法每生产1吨燃料乙醇,需要消耗270千瓦时电和2.4吨蒸汽、排放二氧化碳880千克。如果以可再生能源驱动绿色生物制造,减碳效果将实现倍增。

我国秸秆年产量8.65亿吨,原料利用仅约1%,未能充分实现农林废弃物糖化后高价值利用。而秸秆发酵制备纤维素乙醇是世界性难题,一个重要原因就是经济性。北京化工大学与国投生物合作的3万吨/年纤维素乙醇示范装置,整条工艺路线是生物质循环,不需要其他额外化石能源,仅需5吨秸秆和2吨水,就可以生产1吨燃料乙醇,剩余的木质素进入生物发电厂,既可自给自足提供装置所需电力,又能联产3.83吨蒸汽,可减排3.47吨二氧化碳,且工艺废水零排放。

对于生物柴油,传统碱催化法工艺简单,但对原料油质量要求苛刻,且废水较多。北京化工大学开发的

酶法可实现常温常压反应且没有废液,但酶的成本较高。中国石化开发的超临界反应法对原料适应性强,不需要催化剂,非常绿色,可以制得酯基生物柴油。中国石化还开发了烷基生物柴油技术,催化剂寿命长、产品收率高,可以制得烃基生物柴油。

生物航煤是近年来的热点。航空业需要高能量密度的液体燃料,航煤二氧化碳排放占全球排放量的2%、占交通领域排放量的12%。而生物航煤全生命周期可以减少96%的温室气体排放,且无氮硫,可减少70%的颗粒物排放。

生物航煤已开发了多条技术路线,官宣产能大部分是油脂加氢路线,且在2030年前处于主导地位,其他路线技术成熟度低、生产成本较高。中国石化在国内率先开发了适用多种生物油脂原料的生物喷气燃料成套技术。北京化工大学则开发了两步法合成乙醚路线:第一步,研制新型固态电解质反应器,将二氧化碳电催化转化为一氧化碳;第二步,开发晶界铜催化系统,将一氧化碳转化为乙酸,反应效率可以达到52%,乙酸再经绿色生物制造制备生物燃料法尼烯。发酵罐以乙酸作为单一碳源发酵,法尼烯产量达到13.4克/升。

谭天伟说,未来可以用绿色生物制造法将二氧化碳转化为甲酸、甲醇、甲烷、一氧化碳,然后制得能源化学品,这是一种可持续的模式。

海洋能 继风光发电之后又一绿色赛道

中国工程院院士、清华大学海洋工程研究院院长张建民说,波浪能是品位最高、分布最广的海洋可再生能源,被认为是人类未来能源希望之一。目前我国已经突破了气动式波浪能发电系列关键技术的主要瓶颈,波浪能发电有望成为继风光发电之后又一条非常有商业开发前景的绿色赛道,是战略新兴产业。

海洋能分为潮汐能、潮流能、波浪能、温差能、盐差能,近岸(海岸线20公里以内)可开发总量是6.4太瓦,但已开发的仅0.53吉瓦,还不足万分之一,潜力巨大。目前全球海洋能装机容量70%位于欧洲。欧盟预计,到2030年海洋能装机容量在可再生能源中所占份额为0.5%~2%。

我国近岸波浪能技术可开发量为1.47亿千瓦,主要分布在浙江、福建、广东和南海一带。从全球来看,南北纬40~60度之间波浪能能量密度较高,而我国在北纬4~40度之间,能量密度约为20千瓦/米,处于中等偏下水平。

当前,潮汐能和潮流能的全球总装机容量都为500兆瓦,我国均实现了兆瓦级并网运行。波浪能技术正经历重大进展,进入商业化运行的早期阶段。波浪能的缺陷在于它是海洋能中最不稳定的能源,如何在常态海况条件下提高转换效率、在恶劣海况下保证可靠性和生存能力,是当前面临的巨

大挑战。

清华大学团队开发的气动式波浪能发电技术具有安全可靠、宽频高效、布设简单、易于维护、性价比高等优势,预计随着发电量增大、规模化应用和技术进步,将来年运行小时数可能达到4000小时,和海上风电一致,性价比和可靠性将进一步提高。

目前,海洋能开发正从单一装置向阵列化发展。海洋能阵列化开发具有兼用海效率、共享基础设施、降低度电成本、减小电能波动、提高整体发电效率的优势,是海洋能规模化利用的必然途径,亟待技术突破。

海上风电场往往也是波浪能资源富集场所,即“风波同场”,如果把海上风电和波浪能两种能量转换系统进行适当组合,可以提高综合用海效率、提升整体发电能力和经济性。

波浪能还可以和海洋其他装备融合发展,比如气动式波力发电结构可以和防波堤结合,能吸收75%的波浪能,同时提高护岸能力并分担成本。

目前,清华大学团队正在实施的气动式波浪能发电技术,30千瓦装置已于2021年独立发电,100千瓦装置2023年开始海试,200千瓦装置今年将要下水,年底500千瓦和1兆瓦装置也要完成下水,将显著提升海洋能开发利用水平。

全球海洋能资源及开发现状				
资源分类	能量形式	近岸可开发量	适用开发场景	所处开发阶段
潮汐能	机械能	0.1太瓦	河口及海湾	商业化运行
潮流能	机械能	0.3太瓦	流道	商业化运行早期
波浪能	机械能	1.0太瓦	开阔水域	商业化运行早期
温差能	热能	2.0太瓦	低纬度海域	示范验证
盐差能	化学电位差能	3.0太瓦	河流入海口处	实验室验证
合计				

1太瓦=1000吉瓦,1吉瓦=1000兆瓦,1兆瓦=1000千瓦,1千瓦=1000瓦特

可控核聚变 合力攻关“终极清洁能源”

在原子能的利用中,核裂变是重原子核分裂成轻原子核并释放能量的过程,核聚变则是将轻元素核(氘、氚等)聚合成更重的核并释放巨大能量的过程。核聚变是太阳和其他恒星内部的主要能源来源,因此核聚变技术也被称为“人造太阳”。与核裂变不同,核聚变不会产生高放射性废料,因此可控核聚变被视作理想的“终极清洁能源”。

英国皇家工程院院士、英国原子能机构首席执行官伊恩·查普曼介绍,英国在可控核聚变方面的目标是验证其商业可行性,并建立世界领先的工业基地和核聚变发电厂。

位于英国牛津的欧洲联合核聚变实验装置始于1983年,是一种被称为托卡马克的环形磁约束聚变装置,通过让氢的同位素氘和氚在极高温条件下发生聚变反应,产生巨大能量。该装置创造了很多世界纪录,其中在2023年仅使用0.2毫克氘氚燃料就在5秒内产生了69兆焦能量。

伊恩·查普曼说,下一代核聚变的装置可能规模更大,但科学家也在探讨怎样能够小型化,如果要让核聚变发生,温度要达上亿摄氏度,是太阳中心温度的10倍,对材料和提取热量的方式是巨大的挑

战。

英国政府正在投资“能源生产球形托卡马克”(STEP)项目,计划在2028年前完成详细设计,在2040年实现商业化运行。

于2006年启动的国际热核聚变实验堆(ITER)计划是目前世界上最大的核聚变计划,由中国、欧盟、印度、日本、韩国、俄罗斯、美国等七个成员方共同建造一个托卡马克型核聚变实验堆,探索和平利用核聚变发电的科学和工程技术可行性。

ITER组织副总干事塞尔吉奥·奥兰迪说,目前该计划的工作完成了80%,已经开始了一些实验性的发电,有的冷却塔也已经运行。ITER要实现目标,就必须继续推动科学研究和技术方案的融合,同时要让核聚变技术保持在正确的轨道上,在合适的时间内完成。

中国工程院院士、中核集团总工程师罗琦说,目前我国核能水平整体处于世界第一方阵,下一步发展主要有两大挑战。一是持续改进和提高核裂变反应堆,不断追求卓越;二是通过国家专项拿下核聚变先导工程实验堆技术。ITER是举全世界之力来攻关,我国也应该以举国之力发展可控核聚变,相关国企、高校、研究机构都应参与其中。

氢能 要符合物美价廉好用原则

中国工程院院士孙丽丽认为,任何一项技术能够发展成为推动人类社会进步的科技力量,必须符合物美、价廉、好用的原则,目前氢能的利用还存在一些困难,比如在经济性、安全性方面要进一步提升,还要考虑如何化解绿氢生产的波动性与流程工业所需要的可靠性、安全性、连续性之间的矛盾。此外,从氢气的制取到储运,再到使用端的加氢站建设等,都有一系列技术难题需要解决。

从氢气的制取技术来看,要想将绿氢大规模地应用于炼化企业,首先必须保证制氢是大规模的,就要突破大功率的碱性电解槽技术、大功率的质子交换膜技术等,以及考虑如何更好地将这些技术集成应用。

在绿氢储运方面,碳纤维复合材料技术等进步能较好地解决绿氢储存运输的问题。我国沿海建有很多LNG(液化天然气)站,每年进口大量的LNG在气化过程

中会释放大量冷能,过去都是靠海水提温,如果利用这部分冷能帮助绿氢液化,可降低一半成本。

同时,在氢能全产业链技术中,如何提升油氢合建站的经济性等也是亟待解决的问题。最重要的是通过系统化制定标准,促进氢能产业更好更快发展。

孙丽丽说,新能源的技术攻关和产业发展不是一个领域能做到的,需要建立多领域、多学科、多团队的协作研究机制。例如,我国西北地区的风光等可再生能源丰富,而我国炼化产业和工业体系主要在东部,这就需要建设氢气长输管道,涉及输氢管道材料研制、安全技术研究等多个方面。再如,“氢进万家”是为打造“氢能社会”奠定基础的重大科技示范项目,但它不是简单地把氢气搬到天然气中,而要考虑多方面的情况,包括输送管道需要的特殊管材,以及系统谋划整体控制和终端安全性等问题。

行业资讯

■我国新型储能已投运装机规模超3500万千瓦

最新数据显示,截至2024年一季度末,我国已建成投运新型储能项目累计装机规模达3530万千瓦/7768万千瓦时,较2023年底增长超过12%,较2023年一季度末增长超过210%。

投运项目中,从装机规模看,新型储能电站逐步呈现集中式、大型化趋势,不足1万千瓦的项目装机规模占全部装机规模的6.7%,1万~10万千瓦的项目装机规模占比38.5%,10万千瓦以上的项目装机规模占比54.8%。从储能时长看,

全国新型储能项目平均储能时长2.2小时,储能时长不足2小时的项目装机规模占全部装机规模的12.9%,2~4小时的项目装机规模占比74.6%,4小时以上的项目装机规模占比12.5%。从地区分布看,西北地区风光资源丰富,已成为全国新型储能发展最快的地区,投运新型储能装机规模1030万千瓦,占全国的29.2%,华北地区占25.3%、华中地区占17.5%、南方地区占15.2%、华东地区占12.3%、东北地区占0.5%。

■工信部下达2024年国家工业节能监察任务

近日,工业和信息化部下达2024年国家工业节能监察任务,统筹考虑行业特点、企业规模、所在地区和监察内容,确定国家工业节能监察任务企业2899家。其中,石化

化工、钢铁、建材、有色金属、造纸、纺织等重点行业 and 重点用能设备能效专项监察2411家,数据中心等重点领域能效专项监察201家,2023年违规企业整改落实情况专项监察287家。

素材源自国家能源局官网、工信微报公众号