



图为工作人员对污水余热利用项目设备进行巡检  
视觉中国供图

天津高村清数科技园数据中心余热利用供能项目预计每年可节省标煤633.3吨,减排二氧化碳1659吨、二氧化硫5.4吨、二氧化氮4.6吨,为实现“双碳”目标提供了可复制、可推广的综合能源解决方案。

# 助力“双碳” 用低品位余热“温暖”城市

◎本报记者 陈曦 实习生 赖彦霖

“2022年,天津高村清数科技园(以下简称清数科技园)数据中心余热利用供能项目实施后,如果将数据中心运行所产生的余热收集起来,通过供冷系统冷冻水取热技术,为清数科技园提供冬季供暖、夏季供冷以及生活热水供应,将大大提高数据中心用能效率。”2021年12月31日,国网(天

津)综合能源服务有限公司(以下简称天津能源)客户经理杨延春说,该项目预计每年可节省标煤633.3吨,减排二氧化碳1659吨、二氧化硫5.4吨、二氧化氮4.6吨,为实现“双碳”目标提供了可复制、可推广的综合能源解决方案。

在近日发布的《2030年前碳达峰行动方案》中,“余热”一词在不同章节共出现5次,可见我国在战略层面已经对余热利用的巨大价值予以重视。

## 低品位余热仍有能量和价值

余热在能源行业中具有重要地位。余热资源普遍存在于钢铁、化工、轻工、食品生产等工业领域,是生产过程中释放出来的可利用的热能。据国外研究机构统计,工业部门在对化石能源的利用过程中,被有效利用的能量仅占40%,其余60%都最终转化为了余热。

余热按品位分为高品位、中品位、低品位,其中,中高品位的余热大多通过余热发电项目得到了回收利用。天津能源市场经营部副经理韩慎朝举例说,比如渤化永利化工厂的高温高压蒸汽,需要使用减温减压阀,减成中压和低压的蒸汽,才能进一步利用。这种情况下,在中间加一个汽轮机,用高压的蒸汽推动汽轮机做功,把压力转化为动能,可以带动发电机发电。同时高压的蒸汽也转化成了低压和中压的蒸汽,继续在工艺中使用。

而低品位余热,包括热值小于600千卡/标准立方米的低浓度可燃物,温度低于800摄氏度的

的显热物体,温度低于400摄氏度的低温尾气、烟气,由于温度低、浓度小、能量少,因此被当成废热,大多通过冷却的形式排放或直接排放。

“废热虽然品位低,但仍然具有能量。”韩慎朝介绍,比如把低温的热水或冷却水,经过热泵做功,提升至80摄氏度,在工业中还能再利用。此外还能将低品位工业余热作为重要热源补充,和热电厂以及锅炉房一起,用于城镇集中供热,对于解决北方城市冬季供热热源紧缺、降低北方集中供热能源消耗、改善冬季大气环境,以及进一步提高工业企业能源利用效率都具有十分重要的意义。

可以说,低品位余热利用是一个能量梯级利用和实现整体能效提升的手段。

随着技术进步,充分利用低品位工业余热等低碳能源供应低品位热力需求,已成为节能降碳的必要路径,也将成为我国实现碳达峰、碳中和目标的重要突破口。

## 余热利用还有待各方有效协同

“我国在工业领域的能源消耗占总能耗的60%,但工业领域的余热利用效率却偏低,初步统计不足50%。”清华大学建筑学院副教授夏建

军曾经在一次以低品位工业余热利用为主题的研讨会上如是说。

目前,热力供给中煤炭、天然气占比超过

90%。由于大量低品位工业热能长期得不到重视,造成了大量的能源资源浪费与高碳、高污染物排放,增加了环境治理的成本。

不过,随着全社会对余热利用的重视,低品位余热也开始进入人们的视野。韩慎朝介绍:“我们之前做的渤海石化的项目就有低品位余热的利用。原来烟气是通过烟囱直接排放掉,后来我们应用低温余热发电机组把热量提取出来,转化为动能,再推动发电机发电供企业使用。”

“发展余热利用,面临的一大困难是很多企业对此缺乏重视。”韩慎朝表示,有些企业觉得余热提取节约的能量少,对于效益提升没有太大帮助;或者余热提取虽然整体量大,但是对于某一个企业来说却很有限,这些都使得企业不够重视这方面的工作。

韩慎朝说,必须让余热利用的观念深入人心,让人们认识到,过去余热都白白扔掉了,现在

如果把它用好,可以大幅减少化石能源的消耗,具有不小的经济价值。

据了解,目前已经有一些能源企业开始尝试通过给产生余热的企业提供技术支持和投资支持,进行低品位余热利用,产生节能经济效益之后,双方再对经济收益进行分成,这样可以引导产生余热的企业接受“节能效益分享”模式。韩慎朝举例说,比如数据中心没有太多的供热需求,但是它会产生大量蕴含余热的冷却水,提取出的热量可以给周围写字楼等商用设施供热,这就使余热产生了经济效益。

专家表示,总体来看,我国低品位余热利用规模还比较小,目前的落地项目基本以单个企业项目为主,缺乏系统统筹与规划。虽然全国各地都在积极完成碳达峰、碳中和的目标,余热利用也不存在技术上的障碍,但要真正实现广泛的余热利用还有待各方的有效协同。

## 数据中心成余热利用新增长点

“数据中心是余热利用新的增长点,天津的余热利用增长就很快。”杨延春介绍,目前天津上规模的数据中心有三四十个,数据中心能耗密度非常高,尽管产生的余热品位低一些,不像工业余热能达到80—90摄氏度,而且数据中心的余热还需要热泵提温,但是因为数据中心服务器全年365天运转不停,因此产生余热的量非常大,且稳定,属于比较优质的低品位余热。

据介绍,数据中心一般采用中央空调散热,通过冷却水循环让室内降温,15摄氏度的水进到末端风机盘管,吸收数据中心的的热量后变成20多摄氏度。“天津能源采用先进的磁悬浮水源热泵技术,利用这些余热,给数据中心旁边的综合体、写字楼、商场、餐厅等设施供暖、供给热水,并把供水变成15摄氏度后再进行末端介质循环。”杨延春说。

以清数科技园数据中心余热利用供能项目为例,天津能源与数据中心建立了余热利用合作

关系,后期园区有其他用热单位入驻,都将从数据中心提取余热向用热单位提供供热服务。根据规划,整个清数科技园将有近10万台服务器,理论上能满足四五百万平方米建筑的供热。

杨延春分析:“根据清数科技园项目测算,通过生活热水加供冷、供热,数据中心一年能降低160万度电耗,节省约100万元的能源费用;天津能源向清数科技园收取供冷供热费,低于传统集中供冷供热价格;余热利用所得供冷供热费用减去运营的电费、人工等成本,天津能源还有部分差额收益。实际上,这个模式是三方共赢,数据中心节能,清数科技园的大楼降低了供冷、供热成本,天津能源还能盈利,这种模式也属于全国首创。”

在“双碳”目标背景下,天津通过区域能源解决方案,为城市能源革命探索出了一条新路径,最终实现了低品位余热资源的综合利用匹配。天津低品位余热利用的探索,不仅实现了节能减排,而且对于改善环境也具有重要意义。

# 沙漠、戈壁、荒漠 为何备受大型风电光伏基地“青睐”

◎本报记者 颜满斌

2021年12月下旬,国家发改委和国家能源局联合印发了《关于印发第一批以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地建设项目清单的通知》,清单共涉及19省份,规模总计97.05吉瓦。沙漠、戈壁、荒漠等地区为何深受风电光伏“青睐”?

## 面积广阔,风能太阳能资源丰富

“我国光照资源最好的地区,除西藏以外,其他绝大部分都位于三北地区(东北、华北、西北)。而三北地区里,尤其是西北,也是我国沙漠、戈壁、荒漠分布的主要区域。”西安隆基清洁能源有限公司(以下简称隆基清洁能源)研发总监唐小棠说。

以我国最大的沙漠——塔克拉玛干沙漠为例,其面积约为33万平方公里,唐小棠认为,如果在该地全部装设太阳能组件,安装规模可达9900吉瓦,全年发电量可达13.86万亿度。

据了解,2020年中国全社会总用电量约为7.5万亿度。唐小棠说,如果在塔克拉玛干沙漠建设光伏电站,其一年的发电量相当于1.8个中国全社会的用电量,减少二氧化碳排放79.97万吨。

在国家公布的“十四五”九大清洁能源基地里,新疆、黄河上游、河西走廊和黄河几字湾四个

清洁能源基地均覆盖有大量的沙漠、戈壁、荒漠化土地。该类地区风能太阳能资源丰富、建设条件好、受土地利用影响小,可充分结合电网与消纳利用条件,全面推进风电、太阳能大规模开发和高质量发展。

与此同时,碳汇将成为实现碳中和目标的重要推手,而通过荒漠化土地治理手段增加碳汇将成为实现碳中和目标的切实可行的手段。

“这类地区面积广阔,风能太阳能资源丰富,技术可开发量占全国的60%以上,通过合理规划,适合开发建设风光大基地。”国网甘肃省电力公司电力科学研究院首席专家周强说。

周强认为,大型风电光伏基地项目选中沙漠、戈壁、荒漠建设,除了充分发挥这些地区风能太阳能资源丰富、建设条件好、受土地利用影响小的优势之外,还能在该类地区探索开展风电光伏治沙、防风、固草,生态系统保护和修复,构建新能源发电、生态修复、帮扶利民、生态旅游、荒漠治理等多位一体循环发展模式,提高新能源发电项目适应性和社会收益率。

专家表示,在西部荒漠地区,探索上述循环发展模式可以提高土地综合利用效率,助力土地荒漠化的治理,让荒漠化土地变身新能源“蓝海”,改善当地生态环境和人居环境。同时,还可以带动西部地区产业发展,提供更多就业机会。

## 建清洁能源基地,让荒漠变绿洲

“能源安全是关系国家经济社会发展的全局



通过建设风电光伏大型基地项目,将把我国西北荒漠地区改造成绿洲和大型清洁能源基地,充分利用国土资源,提升国土治理、环保发电等的经济效益和社会效益,推动东西部区域协调发展,促进共同富裕。

### 周强

国网甘肃省电力公司电力科学研究院首席专家

性、战略性问题,对国家繁荣发展、人民生活改善、社会长治久安至关重要。提升能源安全保障能力,离不开多元清洁稳定的新能源供应体系。”隆基清洁能源副总经理强胜告诉记者。大力开发风能、太阳能等可再生能源是减少我国经济对国际油气依赖程度、推动能源转型升级的有效途径,也是未来提高能源自给率的重点方向。

强胜认为,国家加快推进在沙漠、戈壁、荒漠地区建设大型风电光伏基地项目,不仅有利于推动风电光伏大规模、高水平发展,还能够为经济社会发展提供稳定优质的绿色电力支撑,推动我国能源绿色低碳转型。

通过特高压电网将绿色电力送到东中部地区,既能够实现西部和东中部地区在土地资源、绿色能源和经济社会发展等方面的优势互补,又能够促投资、稳增长,带动西部地区当地产业发展。

同时,随着新能源发电比例的增加,会进一步提升电力系统中灵活性电源改造、系统调节运行、电网建设方面的投资,增加全系统消纳成本。通过建设风电光伏大型基地项目,有助于发挥规模效应,有效分摊开发、建设及运营成本,降低电价成本。

据了解,“双碳”目标下,2030年风光装机将达到12亿千瓦以上,周强认为,通过大型风电光伏项目,有利于推动风电光伏大规模、高水平发展,加快构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系,为经济社会发展提供稳定优质的绿色电力支撑,促进实现碳达峰、碳中和目标和完成“十四五”规划任务。

“更重要的是,通过建设风电光伏大型基地项目,将把我国西北荒漠地区改造成绿洲和大型清洁能源基地,充分利用国土资源,提升国土治理、环保发电等的经济效益和社会效益,推动东西部区域协调发展,促进共同富裕。”周强说。

## 新看点

### 涪陵页岩气田 新增探明储量超千亿立方米

科技日报(记者雍黎 通讯员雷丽)近日,记者从中国石油化工集团有限公司(以下简称中国石化)获悉,我国首个大型页岩气田——中国石化涪陵页岩气田白马区块页岩气探明储量新增报告已通过自然资源部评审,经认定,该区块新增探明储量1048.83亿立方米。至此,涪陵页岩气田累计探明含气面积达824平方公里,累计探明储量近9000亿立方米,占全国页岩气探明储量的34%。

涪陵页岩气田位于重庆市涪陵区,是我国川气东送管道重要气源之一,也是中国石化“气化长江经济带”行动的重要资源基础。此次探明的涪陵页岩气田白马区块具有地表结构、地下构造“双复杂”的特点,属于典型的常压深层气藏。中国石化江汉油田通过加快科技创新,历经6年攻克深层常压页岩气效益开发技术瓶颈,单井测试页岩气产量从每天4万—6万立方米提升至每天10万—13万立方米。截至2021年11月,涪陵页岩气田白马区块单井最高累产超3000万立方米,在国内常压页岩气井中处于较高水平,证实了该区块具备规模增储、效益开发的良好前景。

涪陵页岩气田于2012年12月开始建设,2014年3月提前进入商业开发,是我国首个进入商业开发的大型页岩气田。2017年3月如期建成百亿美元年产能,每年可减排二氧化碳1200万吨,相当于植树1.1亿棵,停开轿车800万辆。2018年、2020年、2021年,累计产气分别突破200亿立方米、300亿立方米、400亿立方米。截至目前,涪陵页岩气田已累计投产643口井,累计产气超412亿立方米,日产气量超2000万立方米,为助力长江经济带沿线企业高质量发展、保障国家能源安全提供了坚实基础。

### “西电东送” 宁夏外送电量破5000亿千瓦时

科技日报(记者王迎霞 通讯员周序鹏 祁玉金)记者2021年年底从国网宁夏电力有限公司(以下简称国网宁夏电力)获悉,宁夏10多年来源源不断地将火电、绿电通过两大“西电东送”工程送到华东、华北地区,累计外送电量达到5009亿千瓦时,首次突破5000亿千瓦时。

近年来,宁夏以“能源高地”优势弥补我国东部、北部地区人口大省“电量洼地”,加快了资源优势向经济优势转变,为保障华北、华东地区电力需求发挥了积极作用,为实现碳达峰、碳中和目标作出了积极贡献。

2020年,宁夏银东、灵绍两条直流工程外送电量超790亿千瓦时,宁夏电网成为全国首个外送大于内供的省级电网。其中,银东直流工程利用率连续多年位居全国直流通道首位,是目前商业运行效益最好的跨省区直流输电工程。

据测算,宁夏累计外送电量相当于就地转化近2亿吨标准煤,减排49850万吨二氧化碳、13600万吨碳粉尘、750万吨氮氧化物,环保效益和社会效益非常显著。

面对全国新能源快速发展的消纳压力,宁夏依托两大直流工程将“风光火”打捆外送,新能源外送电量由2013年的3亿千瓦时一跃增长至2021年的170亿千瓦时,新能源外送消纳电量占新能源上网电量比例超40%。

“我们正在积极谋划推进第三条以输送新能源为主的外送工程——宁夏至华中(湖南)±800千伏特高压直流工程,为新能源电力消纳提供空间,推进能源结构调整,努力实现‘绿电’能发尽发、能送尽送、能用尽用。”国网宁夏电力副总工程师闫志彬说。

据悉,该直流通道与之前的通道最大的区别是以输送新能源为主,而且不新增火电,新能源电量输送比例目标超过50%。

到2025年,国网宁夏电力将初步建成省级能源互联网,确保自治区清洁能源装机容量超过4500万千瓦,实现“两个50%”(装机占比超过50%,发电量占比超过50%);非水可再生能源电力消纳比重提高至28%;直流通道外送能力达2200万千瓦,外送电量为1000亿千瓦时。

到2030年,国网宁夏电力将持续构建以新能源为主体的新型电力系统,助力及早实现碳达峰,为实现碳中和夯实基础。

### 首台国内最大容量 海上风电塔筒变压器投运成功

科技日报(记者俞慧友 通讯员肖安倩 马松伟)海上风电核心技术及应用获新进展。2021年12月31日,记者从特变电工衡阳变压器有限公司(以下简称衡变)获悉,其自主研发的首台国内最大容量10兆瓦海上风电塔筒变压器,日前在三峡能源福建长乐海上风电项目现场一次投运成功。据悉,这是我国首台实现并网运行的国产化10兆瓦海上风电塔筒变压器,其投运成功打破了国外在大功率海上风机市场的垄断,也意味着我国海上风电迈入平价上网时代。

海上风电塔筒变压器安装在风机塔筒内,塔筒空间有限、散热差。同时,海上高盐高腐蚀环境下,大型风机运行负荷频繁变化,对变压器小型化、散热、防腐及安全可靠性等要求更高。

近年来,为提升海上风电输变电设备国产化、自主化能力,衡变全面启动海上风电输变电设备研发工作,专项开发海岛型预制舱式变电站技术、风机内置塔筒变压器及开关柜、海上升压平台输变电设备关键技术、柔性直流输电技术等海上风电输电技术,实现关键一次设备的集成和工程运用。2019年,衡变研发团队启动海上风电塔筒变压器研制项目,采用船舶防腐工艺技术、高燃点的环保型合成酯油以及H级绝缘,实现塔筒变压器关键技术突破。最终成型装置,一次性通过全部型式实验,经专家现场联合评审,认为其达到了国际领先水平。