

核心阅读

9月15日,2023年世界地热大会在北京隆重开幕。此次大会的主题是“清洁地热 绿色地球”,全球地热资源领域政、产、学、研各方齐聚北京,共同推进世界地热产业发展。在“双碳”目标下,地热能因其清洁环保、稳定性好、可循环利用等优点成为当今能源界的“新宠”。全球地热发电产业发展前景广阔,地热发电被认为是地热资源国推动电力行业脱碳的重要抓手。

美国、印尼、土耳其、肯尼亚、冰岛等国家的地热发电产业发展较快,处于全球领先地位。在条件成熟的情况下,我国能源企业可以通过收购等商业模式,与地热资源丰富、双边关系和谐、电力需求大、地热发电支持政策多的国家,积极开展地热发电项目合作,快速打开海外地热发电市场。
本版文字由 孙亚楠 提供

地热发电成全球能源行业新“风口”



视觉中国供图

地热发电产业迎来黄金时代

当前,“双碳”目标背景下的全球能源转型正处于历史的“十字路口”,世界能源格局加快重塑,气候变化、油价波动、地缘政治冲突、欧洲“气荒”等事件推动全球能源产业转型升级。绿色、低碳、高效、可再生是未来能源利用发展的必然趋势,也是世界各国合理应对气候变化、加强生态环境保护和保障能源安全的必然选择。地热能作为一种可再生的清洁能源,受到前所未有的重视和热捧,迎来了发展的黄金机遇期,同时也给各大能源企业带来了新的发展契机。

地热能开发利用前景广阔

地热能来源于地球深处熔融岩浆和放射性物质的衰变,是一种可再生能源。据估算,地球内部的地热总量约等于全球煤炭总储量的1.7万亿倍。每年从地表散失的地热能量,相当于燃烧150亿吨原油所产生的热量,可见地热能开发前景十分广阔。

从分布区域位置来看,全球地热带大致可分为环太平洋地热带、地中海—喜马拉雅地热带、红海—亚丁湾—东非裂谷地热带和大西洋中脊地热带。全球高温地热带分布在以上四大全球地热带,在板内等构造单元中分布有中低温地热带。目前,全球已投入开发利用的高温地热带大部分位于环太平洋地热带。

全球地热发电能力有望达28吉瓦

疫情过后,各行各业正逐步回到正轨,但全球地热发电能力的总体增长仍处于较低水平。据地热能领域

信息服务商ThinkGeoEnergy统计,2022年全球新增地热发电装机容量共计286兆瓦。截至2022年底,全球地热发电装机容量达1.6兆瓦。其中,美国地热发电装机容量居世界首位,为3794兆瓦,第二至第五位依次是印尼、菲律宾、土耳其和新西兰。地热发电装机容量排名前10的国家总地热发电装机容量在全球地热发电装机容量中的占比超过93%。

当前,地热能依然是一种“小众”非主流能源。但地热能具有独特的优势,业内普遍对其发展前景抱有很大期待。随着地热发电技术逐渐成熟,越来越多的国家将不断提高地热发电在其能源结构中的比重,包括阿根廷、澳大利亚、加拿大、厄瓜多尔、希腊、伊朗等。此外,东非裂谷地热带周边的一些非洲国家,如坦桑尼亚、卢旺达、乌干达和马拉维等国家正在进行地热勘探。未来15~20年,地热发电产业将会迎来更加广阔的发展空间,全球地热发电能力预计将达到28吉瓦。

地热发电门槛较高但具备独特优势

随着非化石能源发展步伐加快,可再生能源与化石能源之间不可避免会出现替代和竞争。

与风能、太阳能等相比,地热能不受季节、气候,以及昼夜更替等外部环境的影响,是一种分布广、储量大、可再生的清洁能源。地热发电能量利用系数高,对环境的影响相对较小,后期运行成本低。地热发电的机组利用率(容量因子)在0.7以上,约是光伏发电的5倍、风力发电的4倍。地热发电全生命周期的二氧化碳

排放潜值均值为15克二氧化碳当量/千瓦时,小于风力发电15.4克二氧化碳当量/千瓦时和光伏发电46克二氧化碳当量/千瓦时的碳排放潜值。

与火力发电相比,地热发电在勘探初期投资成本大、风险高。此外,地热发电系统对于地热能的条件要求相对较高,对于井口出水的温度和出水量都有着较高要求,温度越高、出水量越大,建造地热发电站效率就会更高,发电能力就会更强。

整体来说,虽然地热发电装机容量还比不上太阳能发电和风力发电,但地热发电在地热资源丰富的局部地区可以发挥很大的作用。

地热发电可采取多样化商业模式

地热发电商业化运营须综合考虑影响成本的各种因素。与其他能源类型的发电站相比,影响地热发电厂投资运营成本及最终产品价格的因素更为复杂。其中,地热井钻采、管道铺设、电厂设备和回灌系统等耗资了地热发电系统的大部分投资成本。在开展地热项目目前,开发商须仔细对这些影响投资运营的重要因素进行商业评估。

外国企业在地热资源国投资地热电站项目,可以采取新设项目公司的方式,以新设项目公司为法律主体,在资源国开展地热勘探、开发和发电业务。新设项目公司可由投资方及资源国共同持有,具体占股比例由各方共同商定。在商业模式方面,可以根据资源获取方式的不同,采用“投资+售电”或“购汽+售电”模式。后者风险较低,但收益率受供汽方蒸汽价格影响。

全球地热发电重点国家

据ThinkGeoEnergy统计,目前全球地热发电装机容量最高的10个国家分别为美国、印尼、菲律宾、土耳其、新西兰、墨西哥、意大利、肯尼亚、冰岛和日本。

美国:全球最大地热发电国

产业发展情况

目前,美国的地热发电装机容量位列世界第一,其地热发电技术处于国际领先水平。2022年,美国新增地热发电装机容量72兆瓦,总装机容量高达3794兆瓦。

从美国地热资源分布来看,加利福尼亚州和内华达州

的地热资源温度最高,这两个州的地热发电量在美国地热发电总量中的占比在90%以上。2022年,美国新增地热发电装机容量72兆瓦,总装机容量高达3794兆瓦。

从美国地热资源分布来看,加利福尼亚州和内华达州

政策环境

近年来,为减少温室气体排放、提高可再生能源比例,美国政府密集出台了一系列可再生能源投资资助计划,重点资助太阳能、地热能、生物质能等可再生能源及核能的高新技术研究与示范项目。

2022年,美国能源部宣布计划投资1.65亿美元用于推动地

热发电项目,该计划还将把美国在石油和天然气行业积累的专业知识和先进技术应用到地热能开发领域,帮助美国摆脱对化石燃料的依赖。2022年9月8日,美国能源部(DOE)发布第四次能源地球计划,即增强型地热计划,寻求到2035年将增强型地热系统(EGS)的成本削减90%。

印度尼西亚:地热发电装机容量世界第二

产业发展情况

印尼地热资源丰富,主要集中在苏门答腊、爪哇、努沙登加拉、马鲁古群岛等地。印尼地热总储量约占全球的40%。印尼政府对地热能发展始终持开放态度,将地热能视为最优先开发的清洁能源。

2022年,印尼新增地热发电装机容量80兆瓦。目前,印

尼地热发电装机容量已达到2356兆瓦,位居世界第二。到2025年,印尼地热发电装机容量预计将达到7.2吉瓦,届时该国的地热发电能力和地热发电量将成为全球第一。此外,印尼还制定了新的地热利用路线图,计划到2030年实现10吉瓦的地热发电装机容量。

政策环境

为促进地热资源的开发利用,2006年印尼政府颁布了《总统关于国家能源政策令》,2007年颁布了《能源法》,提出要促进可再生能源的发展和利用。2014年,印尼还出台了《新国家能源政策》。根据2019年第78号政府法规和财政部2020年第96号条例,印尼政府将向地热投资商和建设企业提供多种扶持政策,包括:银行为地热开发商提供融资便利;减免地热项目建设所

需的材料、工具和机械设备的进口税,并给予通关便利;将减免的部分燃油补贴用于地热项目等可再生能源项目;减免地热项目净利润所得税的30%,减免外资支付红利所得税的10%等。

受政策支持吸引,来自日本、中国等多个国家的公司在印度尼西亚开展投资运营,从事油气勘探开发的国际油公司和服务公司也相继向地热行业延伸或转型。

肯尼亚:非洲最大地热发电国

产业发展情况

肯尼亚是非洲最大的地热发电国,近年来,该国地热发电能力增长速度较快。2022年,肯尼亚新增地热发电装机容量83兆瓦,地热发电装机容量达944兆瓦。肯尼亚拥有14个高

温地区,地热发电资源潜力约为10吉瓦,肯尼亚计划将地热能打造成该国最大的清洁能源,提出了到2030年地热发电装机容量达到5吉瓦的发展目标。

政策环境

肯尼亚政府颁布的《2030年远景规划》明确提出,将大力发展地热发电作为“低成本电力发展计划”的发展方向。肯尼亚政府支持鼓励地热产业的具体举措包括:一是制定上网电价政策。2008年,肯尼亚颁布了上网电价政策,并于2010年和2012年进行了两次修订,明确了各类可再生能源

发电项目的政府指导价。二是大力发展以“蒸汽供应协议(SSA)+购电协议(PPA)”模式为代表的低风险地热电站建设模式。三是对用于地热产业的进口货物一律免除关税。四是鼓励外商投资,允许地热产业的国际投资者将其合法收入自由转移到其他国家或地区并可持有外币。

冰岛:地热发电起步较早

产业发展情况

冰岛著名的高温地热带都分布在大西洋中脊地带的陆上主体部分,即新火山带内,热储温度范围是200~250摄氏度。

冰岛水能资源极其丰富,枯水期短,水电占该国发电总量的70%以上。考虑到能源安全,以及气候变化加剧冰川融化给水资源带来的较大影响,冰岛很早就开始布局地热发电产业,并在实

践中不断攻克地热发电所遇到的高温、强腐蚀、硫化氢气体处理等技术难题,地热发电产业规模不断发展壮大。截至2022年底,冰岛地热发电装机容量达754兆瓦。

冰岛可用于建设地热发电站的资源很多,地热发电成本较低。目前,受限于本地电力负荷,地热发电没有得到充分开发。

政策环境

冰岛先后出台了《自然保护法》《环境影响评价法》及《能源法》等一系列促进地热产业发展的相关政策法规。上世纪60年代后期,冰岛政府为鼓励企业开发地热能,将电力基金和地热基金合并成立了能源基金。多年

来,该基金向地热勘探和开发公司提供了大量贷款,如果勘探未达到预期目标,贷款可转换为赠款。这种“政府买单”式的举措很大程度上降低了地热项目投资方的顾虑,促进了地热资源的开发利用。

知识链接

主要地热发电技术

地热发电技术是最热门的地热研究领域之一。目前,地热发电模式主要包括以下3类:一是适用于高温热田的干蒸汽发电系统;二是适用于中高温热田的扩容式蒸汽发电系统;三是适用于中低温热田的双工质循环发电系统。其中,扩容式蒸汽发电系统是应用最为广泛的地热发电方式,在地热发电市场的占比达57%。

◆干蒸汽发电技术

地热开发过程中经地表喷出的无水纯蒸汽被称为干蒸汽。干蒸汽发电过程中,干蒸汽从井口被直接传输到发电机组进行发电。干蒸汽发电工艺主要有凝汽发电和背压发电两大类系统。

◆闪蒸(扩容)发电技术

闪蒸发电技术也被称为扩容发电技术,地热流体首先被送入密闭的“闪蒸器”或者“扩容器”,通过抽气降压使地热流体迅速蒸发,体积急剧增大,进而产生大量蒸汽,通过分离器分离出的蒸汽推动汽轮机发电。

◆双工质循环发电技术

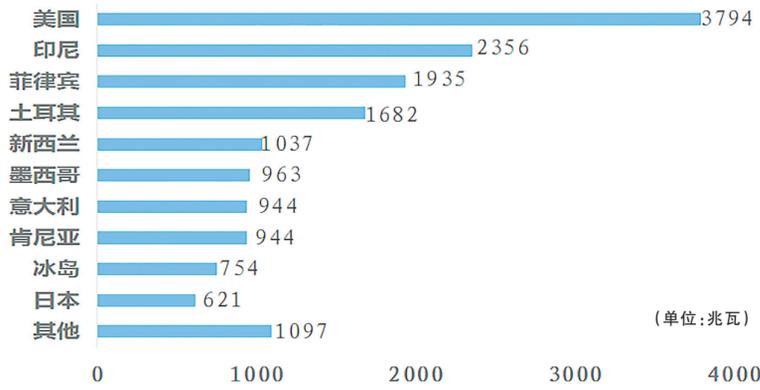
目前,全球在运营的地热双工质循环发电机组已有约250个,覆盖超过15个国家,发电量已达700兆瓦以上。

有机朗肯循环(ORC)发电技术以低沸点有机物为循环工质,是目前应用最为广泛的双工质循环发电技术。卡琳娜(Kalina)循环发电技术在朗肯循环发电技术的基础上加以改进,其循环工质为氨和水的混合物,发电效率明显高于朗肯循环发电技术。卡琳娜循环发电技术的最大特点是能够实现变温蒸发,使混合物的沸点增加。

◆联合循环发电技术

联合循环发电系统是指同时采用地热发电和蒸汽发电两种发电系统。联合循环发电系统适用于温度大于150摄氏度的地热流体发电,其优点是可以二次利用经过一次发电后的高温流体,进行二次做功,最大限度地利用了地热流体的热能,既能提高发电效率,又大大节约了地热资源,具有较好的经济效益和环境效益。

各国地热发电装机容量



(截至2022年底,数据来源 ThinkGeoEnergy)

我国企业如何拓展海外地热产业布局?

我国能源企业应切实转变地热开发利用的观念,高度重视地热资源的开发利用,牢牢抓住地热发展的战略机遇期,积极拓展地热产业布局。同时,要为长远的能源转型提前做好准备,在能源转型接替上起到示范引领作用。

可用于地热发电的高温地热资源分布区域往往与太阳能、风力等资源分布呈区域叠加态势,为地热与其他可再生能源互补综合利用和协同发展提供了难得的条件。未来,应充分发挥地热发电与风能、太阳能开发的协同效应,联合调度、多能互补,实现良性循环和可持续发展。

我国能源企业应在高质量共建“一带一路”的大背景下,优选地热资源丰富、国家双边关系和谐、电力需求大、地热发电支持政策多,并且有建成投运地热项目的国家开展工作。优先考虑在印尼、土

耳其、肯尼亚等国家,通过整合当地资源,与各国能源局、企业等建立互信共赢的良好关系,筛选有利的地热发电项目开展投资建设。

地热产业发展离不开政策和资金支持。政府的扶持政策将对地热能产业有序、健康和快速发展起到显著的推进作用。我国能源企业应积极用好国内外地热发电产业政策红利,做好顶层设计和整体布局,指导下属专业化公司快速推进地热发电项目,实现合作共赢。

科技研发在地热发电产业发展中将起到至关重要的作用,要重视加强地热科技领域的国际交流与合作。虽然近几十年来,地热能开发利用技术取得了显著进步,但仍有很多技术问题未得到有效解决。我国能源企业应加强国际地热科技合作与交流,推动地热科学技术进步和“地热+”业务规模化发展。

(作者单位:集团公司国际合作部)