

EN 观点市场

# 推动能源耦合发展 突破行业用能壁垒

编者按

能源耦合是指通过能源纵向梯级利用或横向多行业互补运行,打破能源企业和行业间壁垒,提高全社会能源整体利用效率的能源利用方法。它既包括行业内不同能源形式的耦合,也包括跨行业、跨产业间的能源耦合,是实现能源可持续发展的重要抓手。

■胡明

“十四五”期间,我国将进入新发展阶段,能源结构将持续向绿色低碳方向发展。根据中国电力企业联合会和国家统计局的统计数据,我国2019年发电总装机容量为201066万千瓦,发电总量为71422.1亿千瓦时,全年耗煤22.9亿吨,火电、水电、核电、风电、太阳能五种发电形式装机容量占比分别为59.3%、17.7%、2.4%、10.4%和10.2%,发电量占比分别为72%、16%、5%和2%。从统计结果可以看出,火电装机容量仍占全国总装机容量的近60%,发电量占比接近3/4,这是由我国“富煤、贫油、少气”的资源禀赋和当前电力技术水平共同决定的。水电、核电、风电、太阳能发电装机容量占比已经超过40%,尤其以风电、太阳能为代表的新能源发电占比已经超过20%,发电行业向绿色低碳转型的速度不断加快。

但同时也应注意到,从单位GDP能耗看,我国与世界平均水平相比还存在差距,是世界平均值的1.5倍,进一步降低能耗水平、减少污染物排放的任务依然面临巨大压力;从煤炭消耗总量看,我国每年消耗40多亿吨标准煤,其中电煤消耗占比为57%,钢铁、化工、建材等行业也有较大的煤炭消耗量;从能源转换效率看,随着技术水平的不断提高,火电机组节能水平突飞猛进,目前全国新建60万千瓦以上机组供电煤耗已降低至300克/千瓦时以内,达到世界先进水平。

在当前形势下,提高可再生能源使用占比,实现能源清洁化是大势所趋,而提升能源利用效率,降低能源消耗,更是今后能源行业发展的首要任务。

## 能源耦合发展 是提升能效新思路

能源产业要实现绿色低碳发展,实现能源利用效率提升,主要有两种路径:一是行业内纵向优化,进一步挖潜增效;二是行业间横向合作,实现能源耦合发展。

近年来,在电力行业,大容量、高参数超超临界机组全面实现了国产化,“二次再热”等技术也日益推广,我国各类机组的平均供电标准煤耗逐年下降,2019年平均煤耗仅为307克/千瓦时,较本世纪初年均节煤可达数亿吨。同时,减排技术的不断升级也使火电厂实现了二氧化硫、氮氧化物、烟尘的“近零排放”。随着技术进步,其它用能行业的能耗水平也得到有效控制,2019年单位GDP能耗下降到0.49吨标准煤/万元。

能源耦合是指通过能源纵向梯级利用或横向多行业互补运行,打破能源企业和行业间壁垒,提高全社会能源整体利用效率的能源利用方法。能源耦合发展首先是行业内不同能源形式的耦合。“十四五”期间,我国将在充分发挥火电基础性保障作用的同时,大力推动清洁能源建设。以储能技术为突破口,依托精细化功率预测、优化调度、需求侧响应等一系列集成技术手段,以“风光水火储一体化”“源网荷储一体化”为主要模式,大力建设一批“系统友好型”的清洁能源项目,进一步促进区域清洁能源的开发利用,带动能源电力产业的转型升级,实现我国能源绿色低碳的发展目标。

能源耦合发展也是跨行业、跨产业间的能源耦合。近年来,针对如何提高能源利用效率,各能源领域都在行业内部进行了大量有益的探索和实践,也取得了许多重大成果。然而,就能源利用效率提升而言,各行业的“产出/投入比”越来越小。因此,打破行业间能源壁垒,开展跨行业合作,以能源耦合发展的方式,形成不同行业间能源利用形式的优势互补,实现资源梯级利用,进一步提高能源利用效率,成为我国能源革命的必由之路。

## 跨行业能源耦合发展 潜力巨大

根据我国能源禀赋,煤炭是最重要的二次能源,如何利用好煤炭资源是提高能

源利用效率的关键。近年来,煤化工行业发展迅猛,已经成为最重要的煤炭资源转化途径。同时,煤化工也是重要的能源消费行业。由于自身工艺特点,煤化工系统中存在大量的用汽、用能需求,其解决方式通常是采用小容量、常规参数的锅炉直接供能,产生的蒸汽一般直接供应或减温减压后供应给各工艺分系统。这种供能方式的能源利用效率不高,能耗较大,也未能实现能源的有效梯级利用。

目前,煤化工项目数量急剧增加,规模也越来越大,而且现代煤化工园区一体化建设模式成为新的发展趋势。在这一大趋势下,热负荷总量和电力需求也大大增加,客观上需要统一规划园区及项目的供能系统,电力和煤化工的跨行业耦合越来越成为可能。

在此背景下,煤化工园区(或项目)采用先进成熟的高参数燃煤发电技术,一方面可以大幅提高能源利用效率,使燃烧效率同比提高3%—4%;另一方面,高参数蒸汽在优先发电做功后,依然可提供给化工系统,满足化工工艺用途,从而实现能量的梯级利用。采用这一耦合流程后,煤化工项目的发电能力得以放大,发电容量可达常规项目的三倍以内,而且产出的电力能耗低、成本低,煤耗仅为常规纯凝发电机组的1/2,可有效实现能源的高效梯级利用。此

外,项目产生的余热、余汽可通过发电回热系统充分回收利用,产生的固废可用作燃料进行掺烧,从而最大程度地解决能源利用效率、排放总量、固废处理等一系列综合性问题,实现耦合的最大效益。

近年来,在华电天津滨海新区南港发电工程、榆林化学煤炭分质利用示范工程等项目的应用实践表明,能源耦合型发展不但可大大降低化工项目的能耗水平及排放总量,而且对于提高终端产品市场竞争力、减少市场风险,同样具有极其重要的意义,经济效益和社会效益非常显著。

煤气化联合循环发电(下称“IGCC”)与煤制油的耦合也是实现跨行业能源耦合、降低能源消耗的路径选择。IGCC技术是一种超洁、高效的发电技术,最高发电效率可达45%。相关研究表明,如果将煤制油与IGCC进行耦合发展,其综合能量转化效率可达60%,高于单独发电(45%)或单独制油(50%)的能量转化效率,应用前景良好。

化工产业与新能源发电耦合发展是推动我国新能源发展的有力手段。在大型化工项目周边建设风力发电、光伏发电及新能源相关的装备制造等,在为化工项目提供可再生能源电力的同时,更可以制氢、供热,为煤化工行业提供动力及化工原料。

## 以跨行业能源耦合 推动能源高质量发展

同时,我们也必须清醒地认识到,目前跨行业能源耦合多联产系统集成和设计优化尚未形成完整的理论体系,根据多个行业和产品市场定位,通过对工艺单元、中间产物、目标产品市场变化等方面的互补性分析,有针对性地设计整合出合适的生产工艺路线进行耦合优化,从而实现理想的能源耦合联产,任重道远。

目前,部分地方政府及企业凭借区位和资源禀赋,率先尝试将石油、天然气、煤化工、电力进行跨行业耦合联产,在实现多能互补与平衡、提高能源资源利用率的同时,力争为能源革命做出示范。

综上所述,在我国“十四五”和未来相当长一段时期内,我国能源结构将持续向绿色低碳转型,能源效率也将不断提升。行业内的纵向挖潜和横向耦合是“节能减排”的有力手段,而跨行业的能源耦合发展,对于打破能源、化工和动力等传统行业间的用能壁垒,实现多种能源的综合梯级转换利用,最终实现能源的高效、可持续发展,更是具有积极而深远的意义。

(作者系中国能建规划设计集团西北院党委书记、董事长,本文仅代表作者个人观点)

# 打破能源“三元悖论”要增强政策灵活性

■吕建中

“十四五”及今后更长一个时期,我国将全面进入新发展阶段,构建新发展格局,迫切需要加快能源革命和能源转型步伐。但是,能源问题历来十分复杂,涉及安全保障、公平可及、生态保护等方面,必须坚持系统观念,统筹考虑和部署。联合国世界能源理事会提出的“三元悖论”,能够比较全面地反映能源转型过程中的国家战略选择和政策平衡。

## “三元悖论”是各国能源转型 普遍面临的难题

在各国推进能源转型过程中,普遍面临着既要保障能源安全,又要消除能源贫困、实现公平可及,还要保护生态环境的政策选择或平衡难题,被称之为能源政策的“安全、公平、生态”“三元悖论”现象。自2010年以来,联合国世界能源理事会开始陆续发布《世界能源三元悖论指数》(World Energy Trilemma Index),对世界主要国家和地区的能源安全、能源公平、能源生态(或环境可持续性)政策平衡效果进行评价。其中,能源安全主要衡量能源供需的可靠性、稳定性,核心是能源供应保障能力;能源公平主要评价能源的可及性、普惠性、便利性、经济性或可负担性,核心是消除“能源贫困”的努力程度与效果;能源生态主要考察能源的低碳、清洁化程度以及环境的可持续性,核心是推动能源转型、碳达峰、污染防治的政策力度与成效。

在2020年发布的世界108个国家和地区的能源“三元悖论指数”排名中,处于领先地位的主要来自欧洲地区,其中瑞士、瑞典、丹麦位居前三。中国在综合排名中居第55位(2019年为72位),被评为进步最快,特别是生态指标改进最佳的10个国家之一,主要得益于中国坚持绿色发展及治理污染、减少排放、保护环境的政策措施。

近年来,世界各国纷纷采取积极的能源政策,依靠技术进步,大力发展可再生能源、加强国际合作等,扩大了平衡能源“三元悖论”难题的空间,绝大多数国家的整体表现有所改善,但很少有哪个国家能够实现每个方面的持续、同步改善。普遍的做法是实施动态优化的平衡政策,即根据不同发展时期或阶段的实际需要,明确能源政策的着力点和优先级。“十四五”及今后更长一个时期,我国能源转型发展的“三元悖论”矛盾将进一步凸显,能源规划和政策同样需要统筹处理好能源安全、能源公平、能源生态的优化平衡问题。

首先,“十四五”期间,我国能源供需矛盾依然较大,油气进口的不确定、不稳定因素增多,在构建“双循环”新发展格局中,“保能源安全”变得更加重要。目前,我国能源总体自给率保持在80%以上,但石油和天然气的对外依存度已达70%和45%,油气在一次能源消费结构中占近30%,存在进口来源地动荡、运输通道受阻等多方面风险隐患。面对日益复杂的国际形势,如果突出考虑能源安全问题,就应该立足国情,最大程度发挥国内煤炭和油气的基础保障作用。但是,煤炭属于高碳能源,清洁高效利用成本较高,在低碳转型中本应承担减量削峰任务;国内油气资源储量品位劣质化特征明显,陆上石油开发的平均完全成本已超过目前国际油价水平。此种情况必然会增加社会综合用能成本及碳排放压力,不利于实现能源公平和能源生态目标。

其次,“十四五”期间,我国开始从全面建成小康社会向基本实现社会主义现代化迈进,提高能源的可

党的十九届五中全会审议通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》,为能源转型发展指明了方向,明确要加快推动绿色低碳发展,推进能源革命,保障能源安全,促进能源资源配置更加合理、利用效率大幅提高,主要污染物排放总量持续减少,不断实现人民对美好生活的向往。这也是我们破解能源“三元悖论”的基本准则。

总体来讲,立足当前实际、着眼长远目标,坚持底线思维,划清轻重缓急。坚持把保障能源安全作为首要任务,并按照应急安全与战略安全层级进行中长期部署,致力于构建本土化、区域化的可再生能源供应体系;把促进能源公平作为发展宗旨,进一步提高全面建成小康社会后的能源可及性,使优质能源普及程度成为衡量城乡居民生活水平的重要指标;把保护能源生态作为约束条件,严格能源消费总量和强度“双控”政策,设定碳排放上限,用可再生能源满足能源消费增长,到2035年基本实现能源安全、能源公平、能源生态的平衡协同改进。

首先,在保障能源安全方面,“十四五”时期,以应急安全保障为主,坚持底线思维,继续加大国内油气勘探

## 我国能源转型“三元悖论”日渐显现

及性、普惠性、可负担性等,将是衡量城乡居民生活质量水平的重要指标。目前,我国高碳能源利用广泛,价格低廉,清洁低碳能源开发利用严重不足。2019年,我国一次能源消费结构中,煤炭占57%、石油占20%、天然气占8%,而这三种能源消费的全球占比分别是27%、33%和24%。我国人均能源消费量只有西方发达国家平均水平的一半,美国的三分之一。特别是中西部偏远贫困地区,刚刚消除“能源贫困”,电力能源供应还不稳定。在这种情况下,如果突出考虑能源公平,就应该借国际油价低迷之机,大规模进口石油和天然气,减少国内低产低效高成本油气田生产;允许农村及边远地区燃烧具有经济性的柴薪和散煤等。但是,此举必然持续增加油气对外依存度及碳排放,相应削弱能源安全自主保障能力,并影响到能源生态环境改善。

再次,“十四五”期间,我国的碳达峰、污染防治、环境治理任务十分艰巨,能源清洁化转型要在“美丽中国”与生态文明建设中发挥重要作用。我国已承诺

将按照《巴黎协定》要求,为应对全球气候变化提高国家自主贡献力度,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。在2020年决胜污染防治攻坚战、打赢蓝天保卫战的基础上,必须采取更加有力的政策和措施,加快能源的清洁化、低碳化转型。在这种情况下,如果突出考虑能源生态问题,就应该大力发展太阳能、风能等清洁、低碳能源,提高终端用能的电气化水平,大幅削减碳排放。但是,限于目前的技术水平,此类可再生能源因其间歇性、分散性特点以及能量密度弱势,短期内无法大规模替代煤炭和石油,难以实质性形成国家能源安全保障能力,也无法有效满足人民群众对用能便利性、经济性、稳定性的要求。

由此可见,在坚持实施“四个革命、一个合作”能源安全新战略不动摇的同时,迫切需要增强政策的灵活性、针对性,按照矛盾主次、轻重缓急、由近及远,调整能源安全、公平、生态政策的着力点和优先级。

## 破解“三元悖论”要更好利用国内国外两个市场

开发力度,继续扩大石油、天然气储备能力;多措并举推进煤炭清洁高效利用,大力推广先进燃煤发电技术。发展煤炭分质分级梯级利用,开发富油煤的热解技术;适度发展煤制油、煤制烯烃产业等。2025—2035年期间,以战略安全保障为主,大力发展可再生能源,全面推进能源转型以及对煤炭、石油等化石能源的替代,加快构建本土化、区域化的可再生能源供应体系。同时,强化节能提效政策落实及能源消费总量与强度“双控”目标约束。

其次,在促进能源公平方面,“十四五”时期,考虑到全面建成小康社会后,部分地区能源供应的普及性、可负担性基础还比较脆弱,需进一步加强能源基础设施建设,防止出现“能源返贫”。深化能源重点领域和关键环节体制机制改革,依靠市场开放和竞争,增强能源供应的多样性、灵活性,降低社会用能价格和成本。加强能源需求侧管理,建立完善紧急情况下民生用能保障机制和需求压减机制。2025—2035年期间,立足于扩大优质能源的普及程度,推进城乡新能源新生活建设。实施“风光水火储一体化”和“源网荷储一体化”建设工程,形成多能互补、深度协同的能源生产和消费模式,不断提高人民群众用能的便利性、可负担性、可持续性,增强具有中国特色的能源民生福祉。

再次,在改善能源生态方面,“十四五”时期,可从能源消费增量结构优化入手,提高可再生能源增量占比。在继续大力发展陆上风能和太阳能的同时,加大海上风电、地热能、城市垃圾发电等可再生能源发展。优化可再生能源发展政策体系,综合利用风能、光能、生物质、地热和天然气等,构建分布式低碳能源网络,健全可再生能源电力消纳保障机制。将限制碳排放纳入发展规划,明确碳排放上限,为实现2030年气候目标奠定基础。2025—2035年期间,进一步降低能源生产和消费对生态环境的影响,持续优化经济布局、调整产业结构、改变生产消费方式,提高能源效率、严格控制排放标准,从源头上摆脱高碳时代的“路径依赖”,推动经济社会全面转型升级。

在当前和今后一个时期,谋划我国能源“三元悖论”平衡需要围绕构建国内国际双循环、相互促进的新发展格局,把立足国内开发与加强国际合作有机结合起来,更好地利用国内外两个市场、两种资源,在扩大对外开放中促进能源安全、能源公平、能源生态的协同发展,并成为畅通国内大循环、联通国内国际市场的重要纽带。

(作者系中国石油集团国家高端智库研究中心专职副主任)