

**编者按:**长期以来,煤炭在我国能源发展体系中一直具有重要战略地位。但是,近年来,基于环保考虑,以及风能、太阳能等可再生能源的迅速崛起,对于如何进一步开发利用煤炭有了更多争议性的声音。特别是在“十四五”即将到来之际,这一话题更成为业内关注的焦点之一。为此,本报特邀请院士专家就此展开讨论。

## 煤电“十四五”:环保与经济间博弈仍将持续?

■本报记者 李惠钰

“十四五”规划编制在即,中国煤电产业政策顶层设计再一次成为业界关注的焦点。

从全球到中国,煤电对于环境的负面效应广受诟病,昔日“一煤独大,独步天下”的煤电,地位已不同于往日,整体性亏损、行业性困难是国内煤电企业“十三五”的真实写照。

虽然多位业内人士对记者指出,煤电已实现超低排放,并非污染排放第一大户,但随着风电、光伏等清洁能源的崛起,煤电“十四五”命途仍不乐观。

### 控制煤电增长已成共识

来自中国电力企业联合会的统计数据显示,2018年,中国煤电44829亿千瓦时,占全社会用电量64.97%;煤电装机100835万千瓦,占53.07%。这表明,煤电目前仍然是我国电力供应的主体能源。

然而,硬币的另一面是,煤电利用小时数和煤电装机占比在“十三五”创下新低,煤电企业也陷入大面积亏损、盈利空间萎缩的困境之中。

多位业内人士对《中国科学报》表示,进入“十四五”之后,气候变化和能源转型的目标将逐渐逼近煤电降低装机占比。国家发改委能源研究所能源系统分析研究员姜克隽甚至认为,“十四五”期间,中国完全不需要新增煤电装机。从中长期角度看,煤电将逐渐退出历史舞台。预计到2050年,煤电的发电量将趋近于零,装机总量将小于2亿千瓦。



发展需求,仍会有少量的上大压小及扩容。当然,也可能有部分煤电因技术落后或效益差而退出。”

另外,现在正处于风电、光伏平价上网最后的冲刺阶段,随着其技术发展,度电成本不断下降,姜克隽预计,2022年前光伏和风电都将实现发电侧平价上网,煤电的经济性也将很快丧失。

当然,也有一些控制煤电的缓和派认为,煤电是中国成本最低的电源,从经济性、安全性来看,煤电在“十四五”期间仍要适当发展。从前期煤电投资决策和建设周期来看,“十四五”期间仍将有一定的煤电新增产能,但对于从头开始的全新煤电项目,各发电企业都会更加审慎。

### 与可再生能源互为补充

为什么不直接用天然气发电?为什么不使用没有碳排放的风电、光伏来替代煤电?这是诸多关注中国能源消费的国人经常提出的问题。

“一项技术的发展取决于多方面的因素,如技术、环境、经济、政策等,特别要考虑我国的国情及资源禀赋。”蔡宁生表示,对于天然气发电,由于我国天然气本来就少,因此应优先保障民生,不再出现“气荒”。此外,鉴于天然气需要大量进口,除了价格成本,对外依存度也已逐年增长,这对能源安全供应有很大影

响。在这样的国情下,不可能盲目发展天然气发电。

谈及可再生能源,在卓尔德环境研究(北京)中心主任张树伟看来,煤电往往强调其“稳定、可控”的特点与主体地位,从而显示对可再生能源的优势;可再生能源强调其“清洁、绿色”的特点,从而显示对煤电的优越感。实际上,相比于替代,这两者之间的关系互为补充更为现实一些。

蔡宁生也强调,“‘十四五’期间,用光伏或风电来部分取代煤电是可能的,但前提是政府要出台激励政策,并有可靠的技术保障作为条件,同时还要符合电力市场改革趋势。”他对记者表示,即使是可再生能源发电装机比重逐年提升,考虑到没有与其规模对应的可靠储能加以匹配的现实,煤电仍将作为我国基础电力,为可再生电力提供保障及调节支撑。

大部分专家也认为,“十四五”期间煤电不能“一刀切”停建,由于我国资源禀赋的特点,短期内一次能源主要靠煤炭,而风电、光伏的发展没有大规模储能的配合,也要靠火电的调节才能大规模发展。

另外,存量煤电产能被新增可再生能源替代的经济成本也是巨大的。“例如,要想用风电替代1000小时的煤电,大约需要3.5万亿元的风电装机投资,还要新增电网配套投资,以及巨额新能源补贴。”中国华能集团公司技术经济研究院副总经济师韩

文轩分析说。

### 排放标准将更加严苛

姜克隽指出,此前,中国承诺2030年碳排放达到峰值。目前经过重新测算,如果2030年才实现这一目标,就很难实现《巴黎协定》提出的“将全球平均温升较工业化前水平控制在2摄氏度之内”的目标,因此未来中国煤电很可能面临更严峻的碳排放约束。

而从环境污染的角度,中国煤电机组也会面临更严格的环境指标。今年1~10月,北京的PM2.5累计浓度为41微克/立方米,比之前重度雾霾期间有了非常大的下降。然而,治理空气是一个长期过程。如果以发达国家为目标的话,这些国家大型城市PM2.5浓度一般在20微克/立方米以下,由此看来,我国空气治理会给煤电发展带来更为严苛的排放指标。

不过,蔡宁生表示,煤炭用于发电,相对于散煤应用,更容易集中处理污染排放问题。我国煤电行业已经普遍实行超低排放改造,粉尘、SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>的排放标准已经达到世界上最严格的要求,这对改善环境恰恰起到了很好的作用。

蔡宁生认为,“十四五”煤电发展规划的重点应是实施超低排放之后,要有碳减排技术的规模化示范应用,从而真正实现所谓“近零排放”(近零排放必须包含碳减排),淘汰落后技术,支撑可再生能源电力发展,甚至成为超低碳发电技术,才有望摆脱煤电的困境。

姜克隽虽然很赞同煤电发展“近零排放”,认为这将是煤电机组在更严格的环保政策下生存的必由之路,但也指出,这将给煤电增加更多的成本,使得煤电相对风电、光伏的经济性优势更快丧失。

姜克隽表示,全球能源低碳转型的潮流不可抵挡,中国煤电产业越早认识到这一趋势,并及早调整布局,才可能在未来改善经营状况;逆势投资煤电,最终遭殃的是煤电企业自身,未来将面临更为严峻的生存挑战。

## 以煤为主格局决定能源转型立足点和首要任务

■谢克昌

三是安全性挑战,形势依然严峻。2000年以来,我国的石油和天然气对外依存度不断攀升。2018年石油对外依存度达到70.8%,天然气对外依存度达到43.2%。地缘政治和能源供应格局的变化,将可能给我国油气能源供应带来长期的压力。

四是高效性的挑战,差距依然明显。尽管我国的能源强度已经呈显著下降趋势,但仍是世界平均水平的1.5倍。2018年我国GDP占世界总量的16.1%,能源消费总量占世界总量的22.6%,是发达国家两倍左右,这表明我们还有很大的进步空间。

高效的挑战一方面表现为可再生能源消纳已成中国能源转型中的一个突出问题。我国可再生能源利用效率不高导致的直接结果就是,弃水、弃风、弃光现象严重。仅2017年我国因弃水、弃风、弃光而损失的电量达到1007亿千瓦时,超过三峡电站一年的发电量。另一方面表现为新能源技术达到产业规模尚需时日。一般认为,新能源要在消费结构占比超1%,所需的开发周期大概在25年左右。

### 能源革命势在必行

应对挑战,我国能源革命势在必行。2013年5月,中国工程院组织30多位院士、500多位专家围绕能源生产和消费革命开展战略研究,至今已完成三期研究。一期研究包括能源革命的方向、能源革命的举措和能源革命的阶段。

研究认为,能源革命划分为三个阶段:2020年前为能源结构优化期,主要是推进煤炭的清洁高效持

续开发利用,淘汰落后产能,提高煤炭利用的集中度和清洁度,加大非化石能源开发利用,实现能源消费清洁低碳发展,到2020年煤炭、油气、非化石能源消费比例为6:2.5:1.5,能源消费总量约50亿吨标准煤;2020~2030年为能源领域变革期,主要是清洁能源尤其是可再生能源替代煤炭战略,从而实现能源消费结构显著变化,到2030年煤炭、油气、非化石能源消费比例为5:3:2,能源消费总量在60亿吨标准煤以内;2030~2050年为能源革命定型期,形成新型能源体系,到2050年煤炭、油气、非化石能源消费比例为4:3:3,能源消费总量约57亿吨标准煤。

第二期研究我们侧重农村的能源革命和西部能源大通道的实施。基于我国提出的区域发展战略,我们认为,能源革命应该与发展特点不同的区域经济和社会有机融合。这就要求能源革命主动促进经济社会的发展和生态文明的保护。为此,我们的研究角度也发生了根本性的变化,第三期研究围绕能源革命如何推动区域经济社会的发展和生态环境保护展开。

我们进行能源革命的目标是建立“清洁、低碳、安全、高效”的现代能源体系。实现这一目标应采取如下举措:一是优先节能提效;二是要统筹优化电力的源网荷储用;三是要严格控制煤和油的用量,实现清洁转型;四是突破瓶颈,加快提升非化石能源的占比;五是进行能源技术的创新与革命,用技术革命来引领整个能源革命的实践;六是能源与信息技术深度融合,抓住互联网、大数据、人工智能快速发展的机遇。

### 能源转型结构优化

根据预测,“十四五”期间,世界和中国化石能源在一次能源结构中的占比将在80%左右,煤炭在中国一次能源结构中占比在55%左右。这些年来,大家都在提能源转型,结合我国的国情与能情,国家早已明确要把推动煤炭清洁高效开发利用作为能源转型发展的立足点和首要任务。

根据国际能源署(IEA)、美国能源信息署(EIA)、欧佩克(OPEC)和BP公司给出的化石能源比例预测,2040年化石能源在能源需求中的占比是73%~78%,非化石能源的占比是22%~26%,化石能源在能源结构中仍占据主导地位。

最近几年,我国正在压缩煤炭比例,然而富煤缺油少气的能源资源禀赋,注定了在相当长的一段时间里我国还是以煤为主的能源结构。

如何优化能源结构、推动能源转型呢?我认为应聚焦到整个能源产业链的结构优化上,可从多能互补、集成化的一次优化,到调整产业结构、提升用能终端电气化率的消费优化,再到建立泛在能源互联网的综合优化。

在日前召开的国家能源委员会会议上,李克强总理指出,根据我国以煤为主的能源资源禀赋,科学规划煤炭开发布局,加快输煤输电大通道建设,推动煤炭安全绿色开采和煤电清洁高效发展,有效开发利用煤层气。

现如今,我们的首要任务和立足点依然是实现以煤为主的化石能源的清洁高效可持续开发利用,要防范不切实际的能源转型对于经济发展和能源供应构成的伤害。

(作者系中国工程院院士)

### 化外音

近日,科睿唯安公布了2019年度高被引科学家名单。今年的最大看点是中国取代英国成为第二大“高被引科学家”所在地区,体现了我国科学家发表高质量论文方面的巨大进步。从学科领域看,在科睿唯安统计的21个学科中,我国传统的优势学科如工程、材料、化学等学科上榜人数较多。而根据科睿唯安2019年9月的数据,40年来,我国的材料科学论文产出量位居全球第一,化学等7个学科论文产出位于全球第二。

科研论文是知识生产和科技成果的重要载体。一方面,应该为我国科研人员特别是材料、化学、化工领域全球数一数二的论文成绩感到高兴,但同时不应忽视的一点是,在这些领域,我们论文虽然发表了很多,但依然还有很多问题没有得到有效解决。

最明显的例子是,2018年11月,负责美国军民两用项目管制的美商务部产业安全局(BIS)提出的“针对关键技术和相关产品的出口管制框架方案”中,包括“自适应伪装、功能性纺织品、生物材料”等在内的“先进材料”,作为14类新兴和基础科技被列入。又如,半导体领域的大量高端化工品和原材料,比如氯气、光刻胶等,我们也还被国外“卡脖子”。

经过多年的发展,我们已经过了缺经费、缺设备、缺论文、无法与国外对话的起步阶段,而且从国家层面总体上看,在材料、化学等领域我们不仅不缺论文,甚至也不缺高分期刊上的高被引论文,但仍然欠缺真正解决科学问题的基础研究和原创科研成果,缺的是真正解决产业和市场“痛点”的管用的技术创新成果。

因此,作为覆盖从基础到应用的重要学科,作为发表论文方面走在各学科前面的学科,化学相关科研领域应该率先实现转型,从以发表论文为

导向转变为以解决科学问题和产业问题为导向,在解决问题中形成论文等高质量的成果。

化学研究者以问题为导向,并不意味着要放弃自由探索或者放弃前瞻引领。事实上,当前化学、化工领域发展的前沿和重要趋势是走向精准、绿色、安全、智能、交叉融合,而所有这些关键词,无一不是针对化学、化工领域当前的困境,也同时指明了这个领域未来的方向和出路。诺贝尔奖评选委员会相关成员在接受采访时谈及评选的标准,曾经形象地指出获得诺贝尔奖的成果,都为认识世界和人类打开一扇崭新的窗户并且引领一大批人跟进。当我们的产业被规则滥用或专利封锁“卡住脖子”,而我们能开辟蹊径为产业技术打开另一扇窗,这种“逼出来”的创新不管最后是否获得诺奖或者其他奖项的认可,不管是否产生了论文以及论文是否被高影响因子期刊接收,都没有失去科学引领发展进步的功能,这也是科学的应有之义。

当然,通常解决一个问题、做成一件事远比发表一篇科研论文来得困难和复杂,耗时也会更久。因此,管理部门在改革科研评价体系时,除了要摒弃“唯论文”论,更要建立起以解决问题为导向的新机制,注重标志性成果的科学效益或社会效益。

(作者单位:中国科学院学部工作局)

余和军

化学领域科研应以问题为导向

(计红梅)

### 资讯

## 中冰地热培训项目正式揭牌

本报讯 12月2日,中国和冰岛地热培训项目揭牌仪式在京举行。冰岛前总统格拉姆松和中国石化副总经理喻宝才共同为中冰地热培训项目揭牌。

据中国工程院院士、国家地热能中心指导委员会主任曹耀峰介绍,该培训项目以培育和输出专业高端地热人才为目标,立足中国、辐射东南亚,开展系统化、国际化地热专业培训,打造联合国大学地热学院中国分校,携手国内高等院校开展硕士、博士研究

生培养,助力中国及亚洲地区地热开发利用技术的进步与发展。

据介绍,近10年来,我国中深层地热直接利用以年均10%的速度增长,连续多年位居世界首位。我国336个主要城市浅层地热能年可采资源量折合标准煤7亿吨,可实现供暖(制冷)建筑面积320亿平方米;水热型地热能年可采资源量折合标准煤1800万吨,干热岩型地热能基础资源量折合856万亿吨标准煤。

(计红梅)

## 北京将在未来科学城开建“能源谷”

本报讯 12月7日,由北京市人民政府和国务院发展研究中心主办的“2019全球能源转型高层论坛”在北京未来科学城举行。记者从论坛上获悉,北京将在未来科学城东区建设具有国际影响力的“能源谷”,通过整合能源科技与产业资源,形成能源产业明显集聚能力,扩大未来科学城能源产业影响,快速抢占能源领域国际科技高地。

未来科学城位于北京市昌平区南部,规划范围170.6平方公里,呈“两区一心”空间布局,其中东区是建设具有国际影响力的“能源谷”的主阵地,东区一期10平方公里是“能源

谷”核心区。

据相关负责人介绍,“能源谷”目前集聚了330家能源企业,2018年实现收入近1500亿元。未来科学城是北京能源企业主要聚集区之一,既有中石化、中石油、中海油“三桶油”及国电投、华电、国能、华能、大唐“五大发电集团”等能源央企设立的分支机构或研发总部,也有东泰高科、未来氢谷、英维克、百利时等民营高科企业,覆盖了煤炭、电力、石油、天然气、新能源、可再生能源等各个领域,形成了科技研发、技术服务、成果转化全周期创新链条。

(李惠钰)

## 中国首个TPO防水卷材问世

本报讯 12月4日,记者从2019年中韩石化TPO防水卷材产品推介会上获悉,国内首个热塑性聚丙烯(TPO)防水卷材在武汉研发成功并批量生产。与传统沥青防水卷材相比,TPO防水卷材具有无污染、寿命长、可回收、反射节能等优点。

所谓反射节能,是指加入白色颜料后,得到的TPO防水卷材有很高的日光反射率。以在美国佛罗里达州的应用为例,屋顶使用白色TPO卷材后,温度比用改性沥青卷材或者沥青叠层系统要低得多。

(计红梅)

## 钢铁企业绿色环保投入将持续增加

本报讯 目前,主题为“技术提效管理降本——新经济助推高质量发展”的2019(第八届)中国钢铁技术经济高端论坛在京召开。会上,《中国科学报》获悉,钢铁企业绿色环保投入将会有持续增加。

中国钢铁工业协会副会长屈秀丽在会上表示,前三季度,我国吨钢综合能耗、吨钢耗电、吨钢新水量、化学需氧量以及二氧化碳均大幅下降,绿色发展、节能减排效果明显。但是,由于钢铁产量总体增加,能耗总量持续增长,钢铁行业压力总体不会减轻。随着绿色环保指标进一步推进落实,钢铁企业的绿色环保投入会持续增加。

“站在新的历史起点,中国钢铁未来发展将呈现质量提升、技术升级、绿色发展、布局优化、流程优化、兼并重组等新的特点。”冶金工业规划研究院院长李新创表示,技术提效、管理降本既是当前钢铁行业发展的关注点,也是实现高质量发展的重要着力点。

业界专家认为,发展以废钢为原料的电炉短流程,能够显著改善我国钢铁生产结构和资源结构,降低能源消耗。数据显示,电炉钢比每增加10%,相应吨钢能耗降低50千克标煤,二氧化碳排放降低0.14吨。按照我国年产钢量8亿吨计算,每年全国能耗可减少4000万吨标煤,二氧化碳排放减少1.12亿吨。

(李惠钰)