

关于中国发展清洁煤电的思考

王树民

(国家能源投资集团有限责任公司, 北京市东城区, 100011)

摘要 基于中国能源资源禀赋、环境约束以及百姓消费能力等方面的基本国情, 分析了中国在经济持续增长、淘汰落后产能、电代散烧煤取暖、信息技术等新兴产业发展背景下的用电需求, 提出了发展清洁煤电既是中國能源清洁绿色发展的当务之急, 也是对于拥有“煤炭—铁路—港口—航运—发电”产业链的综合能源企业, 拉动其产业链整体产能、实现国有资产保值增值的重要举措。中国作为全球第一大能源生产国和消费国, 在解放和发展社会生产力, 全面建成小康社会的伟大征程中, 积极发展“百姓用得起、利用清洁化、安全有保障”的清洁煤电具有重要的现实意义。

关键词 小康社会 清洁煤电 煤炭产业链 价值创造

中图分类号 TD-9 **文献标识码** A

Concerns on development of clean coal-fired power generation in China

Wang Shumin

(China Energy Investment Corporation Limited, Dongcheng, Beijing 100011, China)

Abstract According to China fundamental realities of energy resources, environmental constraint and consuming ability, the author analyzed Chinese power demands under the background of keeping economic growth, close down outdated production facilities, replacing coal with electricity for heating and industrial development on information technologies and other new industries' development, and provided a standpoint that development of clean coal-fired power generation is urgent affairs of developing green and clean energy, and also an vital measures of pulling industrial chain overall production capacity and achieving maintenance and appreciation of state-owned assets value for comprehensive energy which possessing industrial chain of coal-railway-port-shipping-generate electricity. China as the world's largest producer and consumer of energy, actively developing clean coal power that people can afford, clean utilization, and guaranteed security has practical significance under the process of keeping releasing and developing the productive forces and in building a well-off society in an all-round way.

Key words well-off society, clean coal-fired power generation, coal industrial chain, value creation

1 清洁煤电发展的历史必然

1.1 煤炭是经济社会发展的重要能源保障

能源是人类赖以生存和发展的重要物质基础, 能源的合理开发利用对世界经济和人类社会发展具有十分重要的意义。根据 2015 年查明的资源储量以及消费水平计算, 中国的煤炭储产比为 416 年、

铀储产比为 120 年、天然气储产比为 40 年、石油储产比为 16 年, 如果上述资源全部由中国国内生产, 不依靠进口, 那么煤炭储产比仍将高达 395 年, 而铀储产比为 40 年、天然气储产比为 27 年、石油储产比为 6.5 年。因此, 无论是从国家发展和能源安全的战略高度出发, 还是从资源储量和对外依存度的现实情况考虑, 煤炭都是中国最丰富、最

引用格式: 王树民. 关于中国发展清洁煤电的思考 [J]. 中国煤炭, 2017, 43 (12): 16-21, 67.

Wang Shumin. Concerns on development of clean coal-fired power generation in China [J]. China Coal, 2017, 43 (12): 16-21, 67.

经济、最安全的能源，也是未来 30 年、50 年乃至更长一个时期，中国践行“四个革命、一个合作”能源发展战略思想，推动经济社会持续健康快速发展的重要能源保障。

1.2 燃煤发电是清洁高效的煤炭利用方式

燃煤发电是在当前技术条件下煤炭清洁高效利用的最优选择。以中国 2015 年 39.64 亿 t 的煤炭消费总量为例，其中发电用煤为 19.6 亿 t，占比 49.5%，比经济合作发展组织低 30.7 个百分点，比世界平均水平低 8.8 个百分点；散烧煤为 7~8 亿 t，占比近 20%，中国的散烧煤占比远高于欧盟、美国不到 5% 的水平。从煤炭和电煤消费的历史数据来看，中国煤炭消费量由 1990 年的

10.6 亿 t 增长到 2015 年的 39.6 亿 t，2013 年达到峰值 42.4 亿 t。其中，电煤占煤炭消费比重也由 1990 年的 28.7% 上升至 2015 年的 49.5%。从散烧煤中的工业小锅炉用煤来看，其在用锅炉的大气污染物排放浓度限值是燃煤电站锅炉近零排放标准的 10 倍左右，见表 1。从散烧煤中的农村生产生活用煤来看，未经过洁净化处理，直接用于燃烧，致使大气污染物的直接、低空排放，大量使用散烧煤会给环境造成很大的污染。进入社会主义生态文明新时代，增加煤炭消费中的电煤占比、减少散烧煤比例，是实现煤炭的清洁、高效、可持续开发利用，实现全面建成小康社会奋斗目标的必然要求。

表 1 中国工业小锅炉和燃煤电站锅炉大气污染物排放浓度限值 mg/m³

项目	工业小锅炉			燃煤电站锅炉		
	在用	新建	重点地区特别排放限值	重点地区特别排放限值	超低排放	近零排放
烟尘	80	50	30	20	10	5
二氧化硫	400	300	200	50	35	35
氮氧化物	400	300	200	100	50	50

1.3 燃煤发电可以像天然气发电一样清洁

基于中国的能源资源禀赋、环境约束、大气污染物控制技术现状以及百姓的消费能力和消费水平，要在经济社会发展中实现“金山银山”与“绿水青山”的有机统一，迫切需要建设和发展效率更高、排放更低的清洁煤电。本文所指的清洁煤电就是指像天然气发电一样清洁的煤电，即达到环境保护部和国家质量监督检验检疫总局发布的《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223—2011）中规定的燃气轮机组大气污染物排放浓度限值（烟尘 5 mg/m³、二氧化硫 35 mg/m³、氮氧化物 50 mg/m³）的近零排放煤电。从近零排放标准与 GB13223—2011 中规定的重点地区特别排放限值以及环境保护部、国家发改委、国家能源局出台的《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》中的超低排放规定对比来看，近零排放标准要比重点地区特别排放限值以及超低排放规定都严格，特别是在烟尘的排放浓度限值上，近零排放标准也仅为重点地区特别排放限值的 1/4，仅为超低排放规定的 1/2。近零排放标准也较美国、日本、印尼、欧盟等国家和地区的排放标准更为严格。以神华集团为代表的能源企业 2010 年以来开展了煤电近零排放的技术研究和创新实践，2014 年 6 月，中国首台近零排放新建燃煤机组在神华浙江舟山电厂建

关于中国发展清洁煤电的思考

成投产，截至 2017 年 10 月底，神华集团有 97 台、5281 万 kW 燃煤机组实现近零排放（超低排放），占神华集团煤电装机容量的 71%。神华集团的实践证明，燃煤发电能够像天然气发电一样清洁。

2 清洁煤电发展的空间广阔

2.1 经济快速增长带来的清洁煤电发展空间

能源消费增长是经济社会发展的重要支撑和保障，中国国内生产总值及能源、电力消费情况预测见表 2。按照 2020 年全面建成小康社会的奋斗目标，中国 GDP 总量需由 2010 年的 397983 亿元增加到 2020 年的 795966 亿元。根据美国高盛集团和英国《经济学家》信息部预测，到 2030 年、2050 年中国 GDP 总量将达到 31.7 万亿美元和 105.9 万亿美元，如果按照 1 美元兑换 6.6465 元人民币的汇率计算，将分别为 211 万亿元人民币和 704 万亿元人民币。按照“十二五”期间能源消费量年均增长 1.075 亿 t 标准煤、社会用电量年均增长 2477 亿 kWh 的增长幅度测算，到 2020 年、2030 年、2050 年的能源消费量将分别达到 48.38 亿 t 标准煤、59.13 亿 t 标准煤、80.63 亿 t 标准煤，全社会用电量将分别达到 69318 亿 kWh、94088 亿 kWh、143628 亿 kWh。伴随未来中国经济的快速增长，尽管通过提高能源利用效率，单位 GDP 能

耗和电耗将会持续降低，但能源尤其是电力等清洁能源的生产和消费仍将有较大幅度的增长空间。

表 2 中国国内生产总值及能源、电力消费情况预测

年份	能源消费 /亿 t 标准煤	社会用电量 /亿 kWh	国内生产总值 (GDP) /亿元
2020	48.38	69318	795966
2030	59.13	94088	2106940
2050	80.63	143628	7038643

根据全面建成小康社会的 GDP 增长目标和单位 GDP 电耗情况预测，2020 年中国全社会用电量为 7 万亿 kWh 左右，电力总装机也将由 2015 年的 15.3 亿 kW 增长到 20 亿 kW，其中核电、风电和太阳能等可再生能源装机规模都将大幅增长。以 2020 年煤电发电量 4.4~4.8 万亿 kWh、年平均利用小时 4000 h 进行测算，2020 年中国将需要煤电装机 11~12 亿 kW，即在 2015 年煤电装机 9 亿 kW 的基础上再增加 2~3 亿 kW，届时煤电占电力总装机的比重虽有所下降，但保守来看绝对值增长仍将超过 2 亿 kW，增长 25%。

2.2 淘汰落后煤电产能带来的清洁煤电发展空间

一个时期以来，中国电力行业的发展既注重装机规模的增长，也注重装机结构的优化，持续推进煤电落后产能的淘汰工作。环境保护部、国家发改委、国家能源局 2015 年 12 月印发了《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》，国家发改委、国家能源局 2016 年 4 月印发了《关于进一步做好煤电行业淘汰落后产能工作的通知》，中国政府在不同发展阶段对小火电机组淘汰/关停工作提出了明确的范围和要求。在“十一五”和“十二五”期间，中国分别淘汰能耗高、污染重的小火电机组 0.7683 亿 kW、0.28 亿 kW，10 年来累计淘汰小火电机组 1.0483 亿 kW。

表 3 中国 2015 年底火电机组分类情况统计

容量等级	机组数量 /台	装机容量 /万 kW	装机容量 占比/%
≥100 万 kW	86	8682	8.95
60~100 万 kW	523	32955	34.96
30~60 万 kW	1051	34600	35.66
20~30 万 kW	254	5488	5.66
10~20 万 kW	467	6403	6.59
≤10 万 kW	5145	8904	9.17
总计	7526	97033	—

中国 2015 年底火电机组分类情况统计见表 3。

根据中国电力企业联合会统计数据显示，2015 年底中国火电装机容量 9.7 亿 kW（含天然气发电机组装机容量 6637 万 kW），其中 30 万 kW 以下（不含 30 万 kW 等级）火电机组 2.08 亿 kW，占中国火电装机容量的 21.4%。按照国家关于供给侧结构性改革的要求和国家发改委、国家能源局《关于进一步做好煤电行业淘汰落后产能工作的通知》部署，伴随着机组运行年限增加、节能环保政策趋严以及电力技术不断进步，预计在“十三五”、“十四五”乃至“十五五”期间，中国将分别淘汰 30 万 kW 以下（不含 30 万 kW 等级）的火电机组 0.3 亿 kW、0.8 亿 kW、1 亿 kW。在当前电力供需形势较为宽松有利的时机下，加快淘汰煤电行业落后产能，对促进煤电行业转型升级、结构优化、绿色发展具有重要意义。因此，即使未来煤电总装机容量保持稳定，基于清洁煤电特点，通过不断淘汰落后产能，也可以实现大容量、高参数、低排放的煤电发展。

2.3 推进电代散烧煤取暖带来的清洁煤电发展空间

按照中国有 7 亿 t/a 散烧煤、散烧煤平均热值 16.8 MJ/kg 折算，散烧煤的标煤量为 4 亿 t/a。“十三五”期间中国将全面推进北方居民取暖、生产制造领域、交通运输领域、电力供应与消费领域的电能替代，预计实现能源终端消费环节电能替代散烧煤、燃油消费总量约 1.3 亿 t 标煤。电能替代 7 亿 t 散烧煤增加煤电年平均利用小时或装机容量情况预测见表 4。按照散烧煤热平均效率 40% 测算，替代 4 亿 t 标煤需要等热值 1.37 万亿 kWh 的电能。如果 4 亿 t 标煤中的 1 亿 t 在“十三五”期间完成替代、3 亿 t 在“十四五”期间完成替代，那么可以进行两种情境下的分析预测：情境 1，即通过现役机组完成散烧煤的电能替代，且其中清洁煤电替代比例为 50%，则“十三五”末可增加燃煤机组年平均利用小时 195 h、“十四五”末可增加燃煤机组年平均利用小时 584 h；情境 2，即通过新增清洁煤电装机来完成散烧煤的电能替代，清洁煤电替代比例为 50%、年平均利用小时 4000 h，则“十三五”期间需要新增 0.43 亿 kW 清洁煤电装机、“十四五”期间需要新增 1.29 亿 kW 清洁煤电装机。

2.4 信息技术等新兴产业带来的清洁煤电发展空间

2011 年全球主要 IT 营运商云计算产业耗电量（包括数据处理和电信网络）高达 6840 亿 kWh，

预计在 2020 年前将达到 1.9 万亿 kWh。其中，2011 年中国数据中心总耗电量为 1412 亿 kWh，2014 年达到 2210 亿 kWh。此外，中国 2013 年研制成功的“天河二号”超级计算机，峰值计算速度约达到每秒 5.49 亿亿次，耗电量约为 2 亿 kWh/a。谷歌人工智能程序“阿尔法围棋”（AlphaGo）与

韩国职业围棋手李世石九段之间的人机大战中，每一盘棋用时约 5 个小时，据悉 AlphaGo 每盘棋成本约 3000 美元且主要为电费，根据电费折合的耗电量约 5 万 kWh。未来大数据和云计算等新兴产业的快速发展，必将会带动全社会用电量的快速增长，进而促进电力装机规模的增长。

表 4 电能替代 7 亿 t 散烧煤（折 4 亿 t 标煤）增加煤电年平均利用小时或装机容量情况预测

项目	散烧煤平均热效率/%	等热值发电量/万亿 kWh	情境 1：增加煤电年平均利用小时/h	情境 2：增加煤电装机容量/亿 kW
“十三五”末替代 1 亿 t 标煤	40	0.34	195	0.43
“十四五”末替代 3 亿 t 标煤	40	1.03	584	1.29

2.5 电动汽车发展带来的清洁煤电发展空间

目前，大力发展清洁的电动汽车已经成为解决雾霾问题、建设生态文明的重要举措。国务院办公厅 2014 年 7 月下发了《关于加快新能源汽车推广应用的指导意见》，进一步强调贯彻落实发展新能源汽车的国家战略，以纯电驱动为新能源汽车发展的主要战略取向，重点发展纯电动汽车、插电式（含增程式）混合动力汽车和燃料电池汽车。2016 年末，中国民用汽车保有量达到 19440 万辆，按照每辆汽车年均行驶里程 2 万 km 计算，合计年行驶里程达到 3.9 万亿 km。按照 2020 年电动车保有量达到 500 万辆、电动汽车百公里电耗 10 kWh 计算，则耗电量达到 100 亿 kWh/a。如果在未来“十三五”、“十四五”乃至“十五五”期间，19440 万辆民用汽车全部为电动汽车所代替，则耗电量将达到 3888 亿 kWh/a，电动汽车的迅猛发展将促进全社会用电量进一步增长。

3 清洁煤电发展的实践与思考

3.1 煤电近零排放补齐了煤电在环保方面的短板

在中国的电力供给体系中，煤电的长板是经济性，短板主要是燃煤发电过程中烟尘、二氧化硫、氮氧化物等大气污染物排放影响环境。由于认识不到位，导致燃煤发电企业大气污染物减排工作行动迟缓。2010 年以来，以神华集团为代表的能源企业，认真落实党中央、国务院建设生态文明的号召，站在人类文明和经济社会发展的高度，立足于中国煤炭的资源优势和成本优势，立足于环境保护的问题导向和持续改善，提出了燃煤机组达到燃气轮机组大气污染物排放浓度限值的近零排放煤电新标准，制定了近零排放技术路线并进行了工程实践，神华集团卓有成效的创新实践，证明了煤电近关于中国发展清洁煤电的思考

零排在技术上是可行的、经济上是合理的，环境效果非常显著，推动了国家发改委《煤电节能减排升级与改造行动计划（2014—2020 年）》于 2014 年 9 月 12 日出台，促进了中国发电企业陆续开展了大范围、大规模的煤电近零排放（超低排放）改造工作。以中国电力企业联合会统计数据为例，2014 年全国烟尘、二氧化硫、氮氧化物的排放总量为 5793.2 万 t，其中，电力排放量为 1338 万 t。2014 年中国煤电装机量为 8.3 亿 kW，如果全部实现近零排放，则 2014 年电力的烟尘、SO₂、NO_x 排放总量仅为 137.9 万 t，电力减排比例达到 89.7%，全国减排比例也将达到 20.7%，对改善环境空气质量具有重要意义。

3.2 清洁煤电是提高居民生活电气化水平的重要途径

“十二五”期间，中国居民人均可支配收入实现大幅增长，其中城镇居民和乡村居民人均可支配收入的年均增长率分别达到 9.38% 和 13.17%，能够在一定程度上反映一个国家或地区经济发展水平和人民生活水平的人均生活用电量指标也得到显著改善，2015 年中国全社会用电量 5.55 万亿 kWh，人均用电量达到 4142 kWh、人均生活用电量达到 529 kWh，但与发达国家相比仍有一定的差距。中国的人均用电量仅为德国的 55.1%、日本的 47.1%、韩国的 40.5%，中国的人均生活用电量仅为韩国的 42.7%、德国的 30.5%、日本的 22.2%。分析中国人均生活用电水平问题，一方面要看电力供给能力，另一方面要看电价水平。从电力供给能力来看，经过多年的大力发展，当前中国电力总装机容量超过美国位居世界第一，已经能够为当前的经济社会发展提供有力的电力支撑。从电价水平来看，不同类型发电方式受制于发电成本的

影响,上网电价水平差距较大,其中最低的仅为0.2元/kWh、最高的达到1.2元/kWh。目前,中国煤电、水电的上网电价接近且处于较低水平,其他发电方式受制于技术和装备等方面制约,相对处于较高的发电成本和较高的上网电价,这也导致了居民生活用电的销售电价处于高位。目前,中国居民生活用电销售电价为0.3914~0.5953元/kWh。在全面建成小康社会的决胜阶段,实现农村居民可支配收入增长的同时,降低农村居民用电价格是提高居民生活电气化水平的关键,这需要全社会共同努力,多发清洁煤电这样的经济电,进而降低用电成本、提高电力消费能力。

3.3 推进清洁煤电发展是市场经济发展的必然选择

从电力供求关系来看,综合考虑可再生能源的特性,以及在未来可再生能源发电装机比例不断提高,电网对清洁煤电调峰能力和调峰容量的需求不断增加的情况下,基于充分的市场竞争,未来燃煤发电机组年平均利用小时处于4000h左右将会成为常态。其中,按照清洁高效、经济运行的原则,未来100万kW燃煤机组年平均利用小时可能会达到5000~6000h,30万kW燃煤机组年平均利用小时可能降低至3000h左右。而在电力市场竞争中,一旦煤电实现近零排放补齐了环保方面的短板,就会在电量、电价等方面获得社会认可,进而在整个电力供给体系中实现“量价齐稳”,并引导煤电行业清洁高效可持续发展。

根据国家发改委、国家能源局出台的《电力发展“十三五”规划(2016—2020年)》对电力需求的预测,到2020年中国清洁煤电装机将在2015年底的基础上增加2亿kW。此外,如果考虑“十三五”、“十四五”乃至未来20年,有超过2亿kW的30万kW等级以下火电机组会被逐步被淘汰,并被清洁高效的煤电大机组替代;有7亿t的散烧煤逐步被电能替代,且替代电能中有50%的比例由新建的清洁高效煤电大机组提供。那么,仅从上述的淘汰落后产能和电能替代两个方面考虑,中国还将有3.3亿kW清洁高效煤电装机的增长空间,这是保障中国经济社会发展,实现全面建成小康社会奋斗目标,建成社会主义现代化国家“百年梦想”的需要。能源企业要认识规律、把握规律、运用规律,既要看到社会对环境改善的迫切期待,也要看到在中国资源禀赋、环境约束和全面建成小康社会的奋斗目标下,清洁煤电所肩负的责任和使

命,既不能脱离实际盲目发展,也不能背离规律止步不前,要立足国情、行情、企情,实事求是地追求环境效果和经济效益的平衡和统一,推进清洁煤电有序发展,为全面建成小康社会提供坚强有力的电力保障。

3.4 清洁煤电是综合能源企业产业链发展的推动力

神华集团是以煤为基础,集电力、铁路、港口、航运、煤制油与煤化工为一体,产运销一条龙经营的特大型综合能源企业,目前有生产和基建煤矿76个,核定(设计)煤炭产能近6亿t/a。煤电装机容量7373万kW,其中运营的100万kW燃煤机组达到16台。神华集团从成立之初的1995年到2016年,煤炭产量由284万t/a提高到4.2亿t/a,增长147倍;发电量由1.7亿kWh/a提高到3303亿kWh/a,增长近2000倍。得益于20多年来煤电装机规模和发电量的快速增长,为神华集团形成稳定的内部煤炭市场,实现产业链协同发展和资产保值增值作出了重要贡献。

表5 2011—2015年神华电厂消耗神华煤及利润贡献情况

年份	煤电装机 /亿kW	消耗原煤 /万t	煤电利润总额 /亿元
2011年	0.4274	8025	89
2012年	0.5931	10740	129
2013年	0.5951	11591	222
2014年	0.5961	11120	229
2015年	0.7078	11345	238
合计	—	52821	907

神华电厂2011—2015年消耗神华煤及利润贡献情况见表5,神华集团燃煤电厂累计消耗神华煤52821万t,为神华集团直接贡献发电利润907亿元,实现了电力业务和整个产业链的价值创造。以神华集团的A电厂和B电厂为例,在2006—2015年的10年间,为神华集团直接贡献发电利润368亿元,为神华集团产业链间接贡献利润400亿元,合计贡献利润768亿元,见表6。

2015年神华集团自产商品煤量仅为4亿t,煤炭、铁路、港口、航运等板块都面临着产能释放不足的局面。要保证煤炭产业链的安全边际量,保证产业链的安全、可靠、经济运行,需要增加产业链末梢的电力投资比重,提高发电装机容量,确保电力业务在贡献自身应有利润的同时,进一步增强神华煤的内部消化能力,并拉动“煤炭—铁路—港口—航运—发电”产业链的整体产能。2015年,神华

集团内部燃用神华煤 1.1345 亿 t, 为进一步增强神华集团产业链的抗风险能力, 如果按照内部燃用 2~3 亿 t/a 神华煤来考虑, 神华集团共计需要 1.2477~1.8716 亿 kW 的清洁煤电装机, 也就是在目前 7373 万 kW 的基础上再增加 5104~11343 万 kW 的清洁煤电装机。按照神华集团内部清洁煤发电机组能够燃用 2~3 亿 t/a 的神华煤, 且以神华集团 A、B 电厂过去 10 年的吨煤平均利润 455 元/t 作为最好水平计算, 即使考虑吨煤平均利润在 100~455 元/t 的区间内波动, 神华集团内部电厂燃用 2 亿 t 神华煤

可以给神华集团全产业链带来 200~910 亿元/a 利润总额, 燃用 3 亿 t 神华煤可以给神华集团全产业链带来 300~1365 亿元/a 利润总额。神华集团作为国有资本投资公司, 在有序建设已获得核准的清洁煤电项目的同时, 积极践行国务院国资委关于稳妥推进煤电等领域国有资产重组的要求, 加快推进煤炭和煤电企业资产重组, 是化解煤电过剩产能, 实现资产保值增值, 增强国有企业竞争力的重要举措, 这也是神华集团未来 10 年乃至 20 年实现产业链价值创造和可持续发展的重要保障。

表 6 2006—2015 年神华集团典型燃煤电厂利润贡献情况测算

单位	装机容量 /万 kW	消耗原煤 /万 t	电厂利润 总额/亿元	为神华煤炭、铁路、港口、航运、 销售单位贡献利润测算/亿元	整体贡献利 润测算/亿元	吨煤利润 /元·t ⁻¹	吨煤平均利 润/元·t ⁻¹
A 电厂	500	8703	199	239	438	503	455
B 电厂	440	8123	169	161	330	406	
合计	940	16826	368	400	768	—	

3.5 推动技术创新来引领清洁煤电更加清洁低碳

为积极应对能源低碳转型的要求和挑战, 煤电行业包括“产学研用”各个方面都应该聚焦新技术的创新和应用, 让清洁煤电更加清洁, 这也是世界范围内煤电发展的趋势和必然要求。神华集团作为以煤炭为基础的综合能源企业, 在国内率先开展煤电近零排放技术创新与实践的基础上, 应坚持以生态文明为旗帜, 以清洁高效为路径, 以智能美丽电站为载体, 引领煤炭清洁高效利用方面的技术创新与实践, 在煤电近零排放的基础上, 坚持好上更好、优上更优, 进一步迈上煤电生态环保排放的新台阶, 并积极参与 700℃ 超超临界燃煤发电技术的研发, 在应用现有 100 万 kW 超超临界二次再热燃煤发电技术实现供电煤耗 266 g/kWh 的基础上, 开展供电煤耗 250 g/kWh 的技术研发, 进而从源头上实现煤电的高效低碳发展。同时, 深入研究和开发 CO₂ 捕集和封存技术, 积极主动将燃煤低碳发电作为进一步的追求, 这对中国实现能源清洁绿色发展具有十分重要的意义。

4 结语

在中国全面建成小康社会的伟大征程上, 全社会都应积极行动起来, 始终坚持政治意识、大局意识、核心意识、看齐意识, 牢固树立道路自信、理论自信、制度自信, 深刻认识到发展清洁煤电既是立足国情、涉及全局的战略性问题, 也是势在必行、当务之急的紧迫性需要。作为国有综合能源企

业, 神华集团应继续坚持贯彻“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展理念, 坚决把思想统一到党中央的决策要求和神华集团党组的战略部署上来, 积极推进清洁能源发展战略, 牢固树立创新思维、系统思维和底线思维, 加快实现“转变发展理念、转变发展方式”, 并在发展清洁煤电的实践中做到不忘初心、继续前进, 致力于向社会提供“百姓用得起、利用清洁化、安全有保障”的优质电能, 为夺取全面建成小康社会决胜阶段的伟大胜利贡献力量。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国土资源部. 2016 中国矿产资源报告 [M]. 北京: 地质出版社, 2016
- [2] 林卫斌. 能源数据简明手册 2016 [M]. 北京: 经济管理出版社, 2016
- [3] 谢克昌. 树立新型能源安全观 加强能源安全保障 [J]. 中国经贸导刊, 2014
- [4] 中华人民共和国国家统计局. 中华人民共和国 2010 年国民经济和社会发展统计公报 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2011
- [5] 中华人民共和国国家统计局. 中华人民共和国 2015 年国民经济和社会发展统计公报 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2016
- [6] 绿色云端: 如何打造清洁的互联网 [R]. 美国旧金山: 绿色和平组织, 2014
- [7] 中华人民共和国国家统计局. 中华人民共和国 2016 年国民经济和社会发展统计公报 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2017

(下转第 67 页)

2015 (11)

- [2] 刘德乾, 姜振泉, 冯海英等. 深埋煤层开采覆岩压力变化的相似材料试验研究 [J]. 矿业研究与开发, 2010 (1)
- [3] 刘海胜. 浅埋煤层大采高工作面矿压规律与覆岩结构研究 [J]. 煤炭科学技术, 2016 (S2)
- [4] 李化敏, 张群磊, 刘闯等. 特厚煤层大采高开采覆岩运动与矿压显现特征分析 [J]. 煤炭科学技术, 2017 (1)
- [5] 弓培林, 靳钟铭. 大采高采场覆岩结构特征及运动规律研究 [J]. 煤炭学报, 2004 (1)
- [6] 张宏伟, 朱志洁, 霍利杰等. 特厚煤层综放开采覆岩破坏高度 [J]. 煤炭学报, 2014 (5)

- [7] 付玉平, 宋选民, 邢平伟. 浅埋煤层大采高超长工作面垮落带高度的研究 [J]. 采矿与安全工程学报, 2010 (2)
- [8] 孙晓倩, 姜振泉, 王宗胜等. 浅埋煤层分层开采“两带”高度预测 [J]. 矿业研究与开发, 2015 (2)

作者简介: 王永佳 (1992—), 男, 山西长治人, 太原理工大学采煤工艺研究所在读硕士, 主要研究方向为矿山压力与岩层控制。

(责任编辑 郭东芝)

(上接第 21 页)

- [8] 王树民, 宋畅, 陈寅彪等. 燃煤电厂大气污染物“近零排放”技术研究及工程应用 [J]. 环境科学研究, 2015
- [9] 王树民, 刘吉臻. 燃煤电厂烟气污染物近零排放工程实践分析 [J]. 中国电机工程学报, 2016 (22)
- [10] 王树民, 张翼, 刘吉臻. 燃煤电厂细颗粒物控制技术集成应用及“近零排放”特性 [J]. 环境科学研究, 2016 (9)
- [11] 王树民, 刘吉臻. 清洁煤电与燃气发电环保性及经济性比较研究 [J]. 中国煤炭, 2016 (12)
- [12] 国家统计局. 中国统计年鉴 2016 [M]. 北京: 中

国统计出版社, 2016

- [13] 电力规划设计总院. 中国电力发展报告 2016 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2017
- [14] 凌文. 中国神华国际化 SWOT 分析 [J]. 中国矿业, 2010

作者简介: 王树民 (1962—), 男, 山东东平人, 教授级高级工程师, 工学博士, 长期从事电力生产技术管理、燃煤电站污染物控制技术及应用研究、智能电站设计研究及建设管理。

(责任编辑 宋潇潇)

(上接第 31 页) 其规模的大小将影响到新疆煤炭产业能做大到何种程度。而决定煤基能源化工产品外输规模的主要条件就是, 与其他煤炭资源地区相比, 要有很好的成本竞争力。从本文煤炭、煤电、煤化工产品成本竞争力分析来看, 新疆煤炭外运不具有优势, 仅在兰州以西市场有一定的竞争力; 新疆煤电直流输送至北京、上海、成都均具有较好的竞争力, 优势较为明显; 新疆煤制天然气、煤制油、煤制烯烃较部分煤炭资源省区是有一定竞争力的。基于此, 未来新疆煤炭利用应坚持以煤电、煤转化为主线, 加大疆内煤炭转化利用规模, 不宜加大煤炭外运规模。在煤炭转化方向上, 也应坚持以煤制烯烃为主、煤制天然气和煤制油为辅的产业发展方向, 并通过国家和地方的政策支持, 提高其竞争力, 从而将新疆打造成为我国重要的煤电、煤化工生产基地。

参考文献:

- [1] 刘振亚, 张启平. 国家电网发展模式研究 [J]. 中国电机工程学报, 2013 (7)
- [2] 李峰, 李兴源. 特高压直流输电相关问题的综述 [J]. 四川电力技术, 2006 (6)
- [3] 牛新祥. 对我国煤化工示范项目主要产品经济性分析 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2014 (2)
- [4] 王明华, 宁成浩, 李瑞峰. 新疆现代煤化工产业的关键问题与十三五发展建议 [J]. 中国煤炭, 2017 (2)

作者简介: 宁成浩 (1976—), 男, 青海西宁人, 高级工程师, 硕士, 主要从事煤炭高效清洁开发利用相关战略规划、政策研究、技术经济分析等软科学研究工作。

(责任编辑 宋潇潇)