

# 绿色矿山

JOURNAL OF GREEN MINE

厚植绿色底色  
打造一流期刊

## 双碳战略下陕西能源工业转型路径

王新平 查鑫鑫 董书宁 苏畅 冯宏

### Transformation path of Shaanxi energy industry under double carbon strategy

WANG Xiping, ZHA Xinxin, DONG Shuning, SU Chang, FENG Hong

在线阅读 View online: [http://lks.xml-](http://lks.xml-journal.net/article/shaid/68cf69ec34ea7adebb144fe045b7699654769a84f078e5eb894f7d13049c202a)

[journal.net/article/shaid/68cf69ec34ea7adebb144fe045b7699654769a84f078e5eb894f7d13049c202a](http://lks.xml-journal.net/article/shaid/68cf69ec34ea7adebb144fe045b7699654769a84f078e5eb894f7d13049c202a)

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 绿色矿山资源与环境平衡体系：能源节约利用平衡

Green mine resource and environment balance system: Balance of energy conservation and utilization

绿色矿山. 2024, 2(4): 436–442.

#### 宁东涉煤产业区煤电化场地特征与分区管控

Characteristics and zoning control of coal–electricity sites in the Ningdong coal–related industrial zone

绿色矿山. 2024, 2(4): 408–423.

#### 煤炭开采技术的人工智能应用

Artificial intelligence applications in coal mining technology

绿色矿山. 2025, 3(1): 63–72.

#### 深地砂岩铀矿溶浸开采体系孔裂渗流透明表征与定向干预研究进展

Advances in transparent characterization and targeted intervention for fracture–seepage in deep sandstone uranium leaching systems

绿色矿山. 2024, 2(4): 381–396.

#### 燃煤耦合氨燃料燃烧技术研究进展

Research progress on ammonia–coal co–combustion technology

绿色矿山. 2024, 2(4): 443–456.



关注微信公众号，获得更多资讯信息

# 双碳战略下陕西能源工业转型路径

王新平<sup>1</sup>, 查鑫鑫<sup>1</sup>, 董书宁<sup>2</sup>, 苏畅<sup>1</sup>, 冯宏<sup>2</sup>

(1. 西安科技大学 管理学院, 陕西 西安 710054; 2. 中煤科工集团 西安研究院有限公司, 陕西 西安 710054)

**摘要:**2020年9月中国对世界做出的“碳达峰碳中和”承诺既是我国可持续发展的内在要求,也是负责任大国应尽的国际义务。陕西是典型的能源工业大省,面临“双碳战略”新压和机遇,能源工业能否成功转型关系到国家能源战略安全和陕西民生经济的可持续发展。从深入分析陕西省能源工业面临的能源生产结构、能源消费结构、产业转型等三大挑战和窗口期、构建现代能源体系、贯彻新发展理念及双控制度方案、中美加强甲烷减排合作等四大机遇入手,准确定位了碳中和前转型窗口期(2021—2030年)、达峰后20a的竞合发展期(2031—2050年)、碳中和最后10a(2051—2060年)的转型攻坚期3个阶段的转型策略,提出了做强陕北高端能化基地、加快绿色能源基地建设、推进多元化立体减碳、多能融合打造陕西省现代能源体系、依托陕西省“秦创原”科创平台布局零碳低碳负碳技术攻关、推动产业高端化、挖掘林草固碳潜力、优化政策体系、培育碳中和人才等九大转型路径。最后给出了能源工业有序转型、激励与约束并重和打造能源科技创新高地等3个方面的政策建议。

**关键词:**双碳战略;陕西;能源工业;转型路径

**中图分类号:**X24;F062.1 **文献标志码:**A **文章编号:**2097-3357(2025)01-0073-12

## Transformation path of Shaanxi energy industry under double carbon strategy

WANG Xinping<sup>1</sup>, ZHA Xinxin<sup>1</sup>, DONG Shuning<sup>2</sup>, SU Chang<sup>1</sup>, FENG Hong<sup>2</sup>

(1. College of Management, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China; 2. China Coal Technology & Engineering Group Xi'an Research Institute Co., Ltd., Xi'an 710054, China)

**Abstract:** In September 2020, China's "Double Carbon Strategy" for the world is not only the inherent requirements of our country's sustainable development, and is also an international obligation responsible for the big country. Shaanxi is a typical energy industry big province, facing the new pressure and opportunities of "double carbon strategy", whether its energy industry can be successfully transformed related to national energy strategic security and the sustainable development of Shaanxi people's livelihood economy. From the in-depth analysis of three challenges of energy production structure, energy consumption structure, industrial transformation and four challenges of window periods, building a modern energy system, implement new development concept and dual control system, China and the United States strengthen methane reduction cooperation, accurately positioned the transition strategy about the window period before carbon neutralization (2021—2030), competition period of twenty years after Peak carbon dioxide emissions (2031—2050), the last ten years transformation attack period before carbon neutral (2051—2060). And then proposed nine transition paths such

收稿日期: 2025-01-10 策划编辑: 郭晓炜 责任编辑: 钱小静 DOI: 10.26940/j.cnki.10-1912/TD.2505

基金项目: 教育部人文社会科学基金资助项目(22YJAZH104)

作者简介: 王新平(1970—),男,陕西凤翔人,教授,博士生导师。E-mail: xinpingsw@126.com

通讯作者: 查鑫鑫(1997—),女,陕西商洛人,硕士研究生。E-mail: 22202097022@stu.xust.edu.cn

引用格式: 王新平,查鑫鑫,董书宁,等.双碳战略下陕西能源工业转型路径[J].绿色矿山,2025,3(1):73-84.

WANG Xinping, ZHA Xinxin, DONG Shuning, et al. Transformation path of Shaanxi energy industry under double carbon strategy[J]. Journal of Green Mine, 2025, 3(1): 73-84.



移动阅读

as strengthen Northern Shaanxi high-end Energy and Chemical base, accelerate the construction of green energy bases, promote diversified stereo carbon-reduction, create a modern energy system, layout zero carbon low carbon negative carbon technology research relying on Qin-Chuang-Yuan, promoting the industry high-endization, excavating forest grass carbon-fixed potential, optimizing policy system, cultivating carbon neutralization talents, etc. And finally three policy recommendations are given out, that is, energy industrial ordered transformation, incentive and constraints should be pay attention, and create energy technology innovation highland.

**Key words:** double carbon strategy; Shaanxi; energy industry; transformation path

## 0 引言

二氧化碳排放引起气候变化导致的温室效应最早源自法国数学家和物理学家约瑟夫·傅里叶 (Jean Baptiste Joseph Fourier)<sup>[1]</sup>。1988年世界气象组织和联合国环境规划署成立政府间气候变化专门委员会 (IPCC), 标志着气候变化问题开始进入国际政治议程 (马建英, 2011)<sup>[2]</sup>。随着全球变暖现象的科学确定性增强, 全世界共同努力控制温室气体排放以减缓气候变暖成为全球共识。研究表明, 目前全球平均温度较1850年工业革命初期上升了近1℃, 且气温上升速率明显加快; 近百年来, 我国地表温度显著上升, 北方冬春增暖趋势明显, 1950年以来, 我国极端降水、极端天气发生频率趋高。据研究推算, 两倍于2000年的二氧化碳排放量将导致气温上升1.6~6.0℃, 到2100年, 全球平均温度将上升7.7℃<sup>[3]</sup>。根本改变能源生产结构和能源消费结构与方式, 大幅度降低二氧化碳排放量, 是全球面临的共同问题; 根本推进能源工业转型升级, 创新能源工业发展转型路径, 促进低碳化、绿色化转型, 是中国能源工业未来发展的不二选择。

2020-09-22, 习近平主席《在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话》中郑重承诺: “中国将提高国家自主贡献力度, 采取更加有力的政策和措施, 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” (解放军报, 2020-09-23)<sup>[4]</sup>。在2020-12-12的气候雄心峰会上, 习近平主席宣布: “到2030年, 中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比2005年下降65%以上, 非化石能源占一次能源消费比例将达到25%左右” (新华社, 2020-12-12)。2021-09-13, 习近平总书记考察榆林时强调, 煤炭作为我国主体能源, 要按照绿色低碳的发展方向, 对标实现碳达峰、碳中和目标任务, 立足国情、控制总量、兜住底线, 有序减量替代, 推进煤炭消费转型升级。煤化工产业潜力巨大、大有前途, 要提高煤炭作为化工原料的综合利用效能, 促进煤化工产业高端化、多元化、低碳化发展, 把加强科技创新作为最紧迫任务,

加快关键核心技术攻关, 积极发展煤基特种燃料、煤基生物可降解材料等。总书记的重要讲话, 指出了煤炭在我国未来能源结构中的重要地位, 明确了我国能源产业低碳转型发展的使命任务, 为陕西能源工业转型发展指明了方向。

众所周知, 我国能源赋存禀赋特征是“富煤、贫油、少气”。长期来看, 我国资源禀赋极有可能会向“富煤、贫油、少气、多新 (多种新能源)” 的结构转型。据国家发展改革委《煤炭工业发展“十三五”规划》(2017-06-05), 我国煤炭开发总体布局是压缩东部、限制中东部、优化西部, 明确提出煤炭开发要向陕西、内蒙古、新疆3个省区转移。我国煤炭赋存区域高度集中于晋陕蒙新四大区域, 占全国煤炭储量99.9%; 见表1, 晋陕蒙新4省区原煤产量占全国的81.64% (2024年), 相比2000年提高53.13%, 显示出了明显的上升趋势; 其中, 陕西煤炭产量占到晋陕蒙新4省区的20.07% (2024年), 相比2000年提高12.98%; 同时, 陕西煤炭产量占全国产量占比也从2000年的1.96%提升至2024年的16.39%, 上升趋势颇为迅猛。

为了更加清晰地看到晋陕蒙新四大煤炭主产省份在我国煤炭总产量的占比及趋势变化, 可以把表1中最后3行数据单独提出来做成如图1所示的折线, 由图1中的四大煤炭主产省份产量占全国比例、陕西煤炭产量占四大主产省区产量比例、陕西煤炭产量占全国总产量比例3条曲线变化趋势可以非常直观地看出, 晋陕蒙新四大煤炭主产省份的总产量占比增长显著, 同时, 陕西省在四大煤炭主产省份中的产量占比和在全国总产量中的占比, 虽有波动, 但是总体上表现出了稳定、持续、明显的上升趋势。这进一步凸显了在我国现有能源资源禀赋基础国情下, 陕西省在保障国家能源战略安全方面的重要意义。

2021—2030这10a是碳达峰前能源工业发展的重要窗口期。这一时期, 煤炭工业进入转型期, 石油工业将进入稳定发展期, 天然气进入黄金发展期, 新能源进入全面提速的扩展期, 传统化石能源仍将发挥主导作用。据国家能源集团科技研究院估计, 我国一次能源消费将于2030年达峰, 峰值约59亿t (标准煤),

表 1 我国煤炭四大主产省份年产量及占比情况

Table 1 Annual output and proportion situation of the four major coal-producing provinces of China

年份	2000年	2012年	2015年	2016年	2017年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年
山西/万t	25 200	91 393.4	95 357.7	81 614.5	85 398.9	98 234.1	106 306.8	119 316.2	130 714.6	135 658.2	126 900
陕西/万t	2 710	42 749.7	52 646.0	51 151.4	56 959.9	63 896.4	67 942.6	69 993.8	74 604.5	76 136.5	78 000
内蒙古/万t	7 274.29	106 194.3	91 247.9	83 827.9	87 857.10	108 523.1	100 091.3	103 896.1	117 409.6	121 099.3	129 700
新疆/万t	3 000	13 918.7	15 651.2	15 834.0	16 706.50	24 320.8	26 587.4	31 991.9	41 282.2	45 672.5	54 000
4省区煤炭 产量合计/亿t	3.82	25.43	25.49	23.24	24.69	29.50	30.09	32.52	36.40	37.85	38.86
全国煤炭 总产量/亿t	13.84	39.4	37.0	34.1	34.5	39.7	39.0	40.71	45.0	47.1	47.60
4省区占 全国总量比例/%	28.51	64.53	68.89	68.16	71.68	74.30	77.16	79.88	80.89	80.36	81.64
陕西煤炭产量 占4省区比例/%	7.09	16.81	20.65	22.01	23.07	23.67	21.66	21.52	20.49	20.12	20.07
陕西煤炭产量 占全国比例/%	1.96	10.85	14.23	15.00	16.51	16.09	17.42	17.19	16.58	16.16	16.39

注: 资料来源: 根据国家统计局及各省份统计年鉴相关数据整理。

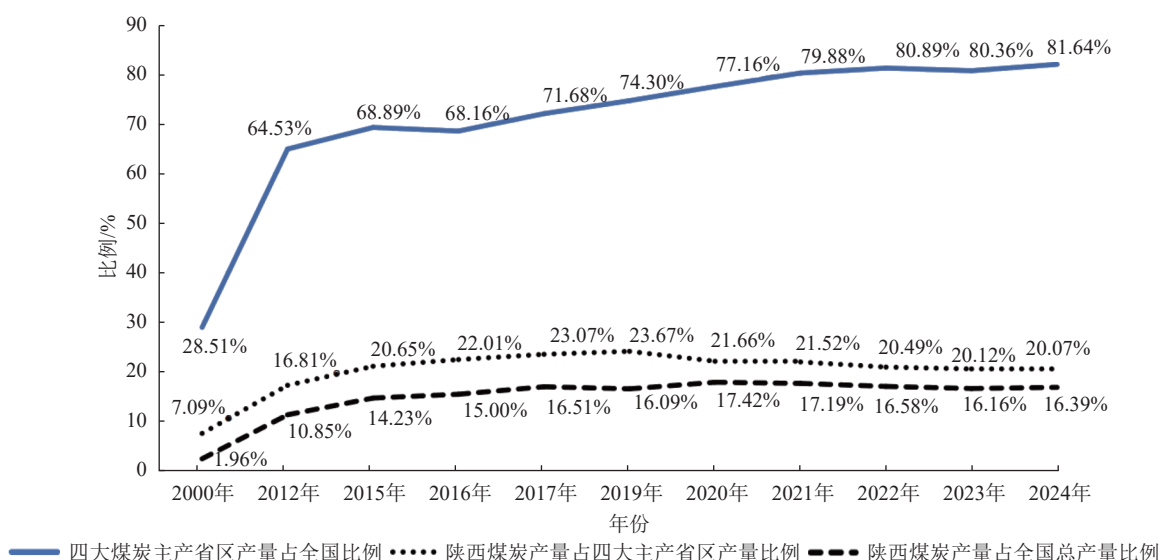


图 1 晋陕蒙新四大煤炭主产省份产量占全国比例趋势变化

Fig.1 Trends of changes in the proportion of coal production in the four major coal-producing provinces of Shanxi, Shaanxi, Inner Mongolia and Xinjiang in the national total output

2040 年约 57 亿 t(标准煤); 按国家有关部门预估的煤炭占比 46% 测算, 2030 年煤炭消费量仍将保持在 27 亿 t(标准煤) 左右 (约合原煤 37.8 亿 t); 预计到 2040 年我国煤炭消费占比降至 35%, 需求约为 20 亿 t(标准煤)(约合原煤 28 亿 t), 到 2050 年煤炭消费量下降至 25 亿 t 左右, 煤炭基本由燃料转为原料, 煤电基本转型为应急能源和调峰能源。在这一重大转型过程中, 看似形势逼人, 实则蕴含全新机遇。国家“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要提出, 要推动煤炭生产向资源富集地区集中, 能源产业重心要逐步西移。为实现“双碳战略”, 陕西省周边的四川、重庆、湖北

和东部沿海省份, 已明确提出逐步完全退出煤炭产能; 这些省份退出煤炭产能, 也在相当程度上给包括陕西在内的煤炭主产省份, 提供了阶段性的市场空间和宝贵发展机遇。从我国未来煤炭工业发展趋势看, 山西受资源逐步枯竭制约, 未来煤炭产能不会超过 10 亿 t; 内蒙古煤炭产量较高的东部地区以褐煤为主, 比较适合发电, 在煤电消费逐步下降趋势下, 褐煤产能也会跟着下降; 新疆煤炭资源丰富, 但进入内地市场运距太长, 供给内地的数量也不会太多。陕西省地处我国地理版图中心, 不仅有丰富的优质煤炭资源, 而且靠近消费地, 煤炭在未来能源工业发展中, 仍具有得天

独厚的优势。

陕西是典型的能源工业大省,概括而言有四大特点。一是资源储量大。目前累计探明煤炭储量1 700亿t,石油储量41.2亿t,天然气储量1.8万亿m<sup>3</sup>。二是品种齐全。除了丰富的煤、油、气等化石能源资源外,还有比较丰富的水力、风力和太阳能等可再生资源。三是配伍优。煤、油、气、风、光等能源资源丰富且主要富集于一地(陕北能源化工基地),能源资源在一个区域面积内,如此丰富而密集的配伍在世界上也是少见的。四是贡献大。2022—2024年,陕西省原煤产量分别达到7.46亿、7.61亿、7.80亿t,同比增长5.4%、2.3%、2.0%;陕西煤炭具备低灰、低硫磷、高发热量特征,灰分小于10%、硫分小于1%的优质煤炭资源占全国探明优质煤炭储量的50%,为全国之首。2023年陕西省原油产量2 000万t,增长3%,占全国的9.75%;天然气产量328亿m<sup>3</sup>,增长1.4%,占全国的14.1%;煤炭直接外送约5.1亿t,原油直接外运1 500多万t,天然气直接外输约216亿m<sup>3</sup>,电力外送约600亿kWh,有效地保障了国家能源供应。能源化工产业实现增加值占到规模以上工业的60%左右,有力支撑了全省经济发展。

从陕西省能源工业面临的宏观发展环境入手,在系统分析全省能源工业中长期发展所处的优势、劣势、机会和挑战的基础上,综合研判2021—2030年、2031—2050年和2051—2060年3个不同阶段的陕西省能源工业发展趋势与定位,提出坚持清洁高效低碳化利用、强化碳减排技术研发与碳汇能力建设、突出煤炭的原料属性、综合分质利用与高阶多元化转型等应对策略,进一步给出陕西能源工业发展转型路径等政策建议,引导陕西省能源工业顺利转型,意义重大。

## 1 双碳战略给陕西能源工业带来的挑战与机遇

### 1.1 陕西能源工业面临三大挑战

能源工业在陕西省经济发展中具有举足轻重的作用。面临“双碳战略”的发展转型要求,陕西在能源生产结构、能源消费结构、产业转型方面面临三大挑战。

1) 能源生产结构面临挑战。2024年陕西省原煤产量7.8亿t,占全国16.9%,居全国第3位;原油产量全国第4,天然气产量全国第3;规模以上工业发电居全国第13位。其中,火力发电位居全国第10位,光伏发电位居全国第8位。陕西省在保障国家能源战略安全方面发挥着重要作用,但能源种类以传统化石

能源为主,2024年煤、油、气传统化石能源生产总量大约为6.389亿t(标准煤),在能源生产总量中占比为89.9%<sup>[5]</sup>,在一次能源生产供应方面存在高碳能源偏重的现实挑战<sup>[5-7]</sup>。

2) 能源消费结构面临挑战。由于缺乏权威的最新能源消费强度数据,这里仅以2020年数据为例。2020年陕西省能源消费总量为13 512.26万t(标准煤),能源消费强度为0.52t(标准煤),能源总消费中化石能源占比高达92.09%(全国81.4%);其中,煤炭占能源消费量的75.26%<sup>[5]</sup>,远高于全国56.8%的平均水平,非化石能源,特别是新能源供给不足。要实现“十四五”末非化石能源消费占比达到16%的要求(《陕西省“十四五”能源发展规划》设定目标,2020年),实现2030年非化石能源消费比例达到20%的目标(《陕西省碳达峰实施方案》设定目标,2022年),面临严峻挑战和压力。

3) 产业转型升级面临挑战。总体而言,陕西省工业碳排放占比较高,尤其是钢铁、实话、建材等高耗能行业。根据《陕西省工业领域碳达峰实施方案》,到2025年,规上工业单位增加值能耗较2020年需下降13.5%,单位工业增加值二氧化碳排放下降幅度需高于全社会平均水平,二氧化碳排放总全国占比较高;非化石能源消费比例达到16%,2023年提升至20%。陕西省作为化石能源生产和消费大省,更是国家21世纪重要的能源接续地,如何统筹发展和减排的关系,如何向全社会提供更高比例的低碳高效清洁能源,较大幅度提高非化石能源特别是可再生能源占比;如何实现能源工业绿色低碳转型和加快高碳资源低碳化利用,短期之内面临能源依赖(煤炭消费占比较高)和工业重型化的双重压力,需平衡经济增长与减排目标,依然面临诸多新的挑战。

### 1.2 陕西能源工业蕴藏四大机遇

1) 碳达峰窗口期将为陕西能源工业高质量发展带来重要机遇。2021—2030年这10a为碳达峰前能源工业发展的重要窗口期。这一时期,煤炭工业进入转型期,石油工业将进入稳定发展期,天然气进入黄金发展期,新能源进入全面提速的扩展期,传统化石能源仍将发挥主导作用。据国家能源集团科技研究院估算,我国一次能源消费将于2030年达峰,峰值约59亿t(标准煤),2040年约57亿t(标准煤);按国家有关部门预估的煤炭占比46%测算,2030年煤炭消费量仍将保持在27亿t(标准煤)左右(约合原煤37.8亿t);预计到2040年我国煤炭消费占比降至35%,需求约为20亿t(标准煤)(约合原煤28亿t),到2050年煤炭消费量下降至25亿t左右,煤炭基本由燃料转为

原料, 煤电基本转型为应急能源和调峰能源。在这一重大转型过程中, 看似形势逼人, 实则蕴含全新机遇。国家“十四五”规划和2035年远景目标纲要提出, 要推动煤炭生产向资源富集地区集中, 能源产业重心要逐步西移。为实现“双碳战略”, 陕西周边的四川、重庆、湖北和东部沿海省份, 已明确提出逐步完全退出煤炭产能。这些省份退出煤炭产能, 也在相当程度上给包括陕西在内的煤炭主产省, 提供阶段性的市场空间和宝贵发展机遇。从我国未来煤炭工业发展趋势看, 山西受资源逐步枯竭制约, 未来煤炭产能不会超过10亿t; 内蒙古煤炭产量较高的东部地区以褐煤为主, 比较适合发电, 在煤电消费逐步下降趋势下, 褐煤产能也会跟着下降; 新疆煤炭资源丰富, 但进入内地市场运距太长, 供给内地的数量也不会太多。而陕西地处我国地理版图中心, 不仅有丰富的优质煤炭资源, 而且靠近消费地, 煤炭在未来能源工业发展中, 具有得天独厚的优势。

2) 多元立体构建现代能源体系将为陕西省能源工业带来新机遇。从未来我国的能源资源禀赋和低碳发展要求来看, 我国能源生产与消费结构, 必须向化石能源占比逐步下降与非化石能源占比逐步上升转变, 必须向煤、油、气、电、新能源、储能与传统能源战略储备等多能融合互补方向转变。保障国家经济和能源安全, 依然是构建现代能源体系的重要前提。一方面, 陕西有3800亿t优质煤炭预测储量, 居全国第4位; 累计已探明储量1700亿t, 居全国第3位, 油气产能与产出当量位居全国首位<sup>[8]</sup>。充分利用全省优势煤油气资源, 在全面加快新能源发展的同时, 加快化石能源发展仍具有重要机遇。同时充分利用优势煤油气资源与新能源转化的绿氢绿氧资源, 发展航空航天基特种油品、特种燃料、清洁能源、替代能源、煤基与生物基可降解塑料、高端化工合成材料等, 对确保国家能源和基础原材料安全, 仍将发挥重要的基础保障、战略兜底作用。另一方面, 陕西还具有发展风能、太阳能、氢能、储能、核能、地热能等新能源的资源优势和新能源设计研发、技术人才、装备与材料制造、施工安装等优势。充分利用这些发展优势, 对陕西加快能源结构转型, 打造现代能源体系, 持续做大做强以可再生能源为主导的新能源产业规模, 培育新的经济增长极, 均可发挥重要作用。

3) 中央发布的贯彻“双碳”战略的《意见》和《方案》为能源工业转型带来新机遇。2021-09-22, 中共中央、国务院印发《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》(简称《意见》)、《完善能源消费强度和总量双控制度方案》(简称《方案》), 将

为陕西省能源工业转型发展与做大做强带来重大战略机遇。中央要求推进“双碳战略”, 要处理好发展与减排、整体与局部、短期与中长期的关系。陕西应积极用好用活国家能源“双控”目标管理、重大项目能耗指标管理、可再生能源消费占比、超指标用能市场化交易等政策红利, 积极发展新能源, 积极争取新能源材料与装备制造等国家重大产业示范项目落户陕西, 加速推进能源工业低碳绿色转型。

4) 中美加强甲烷减排合作带来新压和机遇。2021-11-10, 中美双方在联合国气候变化格拉斯哥大会期间发布《中美关于在21世纪20年代强化气候行动的格拉斯哥联合宣言》, 提出了两国将促进甲烷减排解决方案, 中国将制定强化甲烷减排的国家行动计划。甲烷减排必然在碳减排基础上对包括能源工业在内的许多行业的发展方式、发展规模、空间布局带来重大影响。“中国甲烷减排国家行动计划”必然要求加大固废、污水及整个废弃物的污染处治力度, 化石能源产业面临减碳和减烷的双重压力。但同时从严控制工业甲烷排放背景下, 将为油田伴生气利用、煤矿瓦斯利用、含甲烷工业尾气利用、各类固废与废弃物资源化利用、再制造再利用再循环产业发展、民用沼气发展、种养畜沼循环农业发展等带来新的机遇。

## 2 陕西能源工业发展转型九大路径

煤炭开采企业, 在达峰前10a(2021—2030年), 应抓住转型窗口期煤炭产能向西部集中的机遇, 适度扩大产能, 积累转型资本和实力, 超前谋划绿色发展与低碳转型, 为煤炭生产、燃煤发电与以新能源为主导的非化石能源协同发展创造条件。达峰后中间20a(2031—2050年), 能源工业将进入传统化石能源和新能源的竞合发展期。在这一阶段, 除了全面加快非化石能源产业发展外, 作为国家煤电外送基地, 应全面提升先进燃煤发电企业的碳捕捉与碳封存、碳利用能力, 最大限度降低燃煤发电碳排放水平, 积极推动低碳利用与碳汇能力建设, 推动电力生产和工业、交通、建筑等重点用能行业向综合能源转型。以低碳零碳排放为目标, 推动以煤为主导的化石能源资源转化利用产业持续向高端化、低碳化、多元化和全产业链发展, 基本完成能源工业向综合能源与多能高效协同、多元供给转型。碳中和的最后10a(2051—2060年)是转型攻坚期, 应突出煤炭的原料属性与应急保障属性, 应对能源工业转型打造多元化的新市场和新经济特色, 使非化石能源特别是新能源上升至基础能源、主导能源, 煤电将由基础主导能源转型为应急储备能

源与调峰能源;煤炭的角色属性将由燃料为主导,代替油气转型为以原料为主导;重点用能和排放企业将由高能耗高排放向低能耗零碳排放转型,最终完成陕西能源工业低碳转型。

## 2.1 锚定国家能源战略安全目标,持续做大做强陕西省能源工业与陕北高端能化基地

1) 以保障国家能源战略安全为目标,持续做大做强陕西煤油气及能源化工产业。能源工业在陕西省社会经济发展中占有重要战略地位。在“双碳”和能源“双控”背景下,高水平建设好榆林国家级能源革命创新示范区和21世纪国家能源接续地,不仅对确保国家能源与关键原材料安全有重大战略意义,同时还对以煤炭为主导的地区低碳发展与转型具有重要示范引领作用。积极争取国家煤炭向西部集中的新增产能指标,为国家能源安全提供强有力支撑。在渭北地区,要争取通过二次产能置换,关闭一批技术落后的小煤矿,恢复一批技术先进的大矿,增加已列入国家稀缺煤种的贫瘦动力煤产能。在国家级榆林能化基地建设上,应进一步加强支持力度,继续打造榆林万亿级能源化工产业集群,着力形成一批全球和全国技术领先的上下游产业链,以新能源和CO<sub>2</sub>资源化利用相结合为主攻方向,高水平建设世界一流高端能源化工基地。

2) 以加快能源生产革命与低碳转型为目标,全面加快低碳能源与可再生能源产业发展。加大非煤资源勘查开发力度,建立非煤能源资源勘探专项资金,建立在陕能源企业资源勘探投入激励机制,积极推进资源勘查企业混合所有制改革,引入战略投资者。进一步加大石油、天然气、页岩气、煤层气、氦气、页岩油、中深部地热能、干热岩、核电选址靶区、抽水蓄能资源区、矿井空气储能资源重点区域、废弃矿井碳封存重点区域、风能资源富集区域、光伏光热资源等清洁低碳能源资源勘查力度。加大对重大新能源项目的选址与项目布局支持力度,加快布局光伏整县推进省内区域,积极争取更多市县进入国家新能源政策支持范围,全面启动“光明屋顶”工程。重点支持钙钛矿太阳能电池光伏发电、光热发电、先进储能电池材料与装备制造、垂直风叶发电、建筑光伏发电玻璃、零排放中深部地热供暖、谷电和余能余热余压、大型先进储能电站建设、先进氢能特别是新能源电解煤疏干水制氢、氢能源和氢燃料电池汽车、天然气管道混合输氢、氢能炼钢与氢进万家、第4代核电及钍基熔盐堆发电、多能协同利用及能源互联岛建设、非水源型零排放中深部地热发电供暖制冷、工业尾气回收利用等能源新技术的试验示范与推广应用。通过部省合

作,进一步加快镇巴油气资源开发,在省级层面成立镇巴油气勘探开发协调领导小组,尽快部署新的风险探井与试产工程,提早谋划和开展天然气规模化开发利用与天然气化工园区建设等相关规划及前期基础设施建设。要锚定2035年愿景目标,力争全省原煤、原油、天然气产量分别达到8亿t、2700万t、400亿m<sup>3</sup>,榆林化石能源及能源化工业总产值达到1万亿元,全省能源化工总产值达到2万亿元规模。

3) 以能源消费革命为目标,全面提升陕西省非化石能源在能源消费中的占比。国家发改委和国家能源局印发《能源生产和消费革命战略(2016—2030年)》指出:到2025年,非化石能源消费比例达到20%;2060年,非化石能源占一次能源消费比例将达到80%以上。2020年陕西省规模以上工业发电量2293.80亿kWh,其中风电、光伏发电量合计占比6.5%。具体来说,陕西省在能源消费侧,要全面推进电气化和节能提效。首先应强化能耗双控,坚持节能优先,把节能指标纳入生态文明、绿色发展等绩效评价体系,合理控制能源消费总量,重点控制化石能源消费;同时要加强能效管理,加快冶金、化工等高耗能行业用能转型,提高建筑节能标准。以电为中心,推动风—光—水—火—储多能融合互补、电气冷热多元聚合互动,提高整体能效;并持续推进电能替代,支持“以电代煤”“以电代油”,加快工业、建筑、交通等重点行业电能替代,持续推进乡村电气化,推动电制氢技术应用。此外,挖掘需求侧响应潜力,构建可中断、可调节多元负荷资源,完善政策和价格机制,引导电力市场主体挖掘调峰资源,主动参与需求响应。预计2025、2030年,电能占终端能源消费比例将达到30%、35%以上(按度电煤耗折算)。

## 2.2 以“六化转型”为方向,加快绿色能源基地建设

陕西省能源工业应坚持“保炭发展、去碳消费、减碳开发、低碳利用”方针,坚持走煤炭原料化、再生能源增量化、终端用能电气化、能源使用高效化、能源供给多元化、能矿资源开发利用清洁化的“六化转型”路径,实现用煤减量“软着陆”,确保在科学规划、有序转型、产业协同的基础上,实现稳健发展和安全转型。贯彻“双碳战略”和能源“双控”要求,既要态度坚决,行动积极,又不能不顾发展不顾民生,机械地、片面地、静止地看问题,不能简单地“去煤化”或“去煤电”,不能丢掉底线思维与安全发展底线,简单地关停了之。要始终从能源战略安全“国之大事”和陕西省情实际出发,实事求是,科学规划,积极探索有序转型的可持续发展路径,一步一个脚印当好国家能源绿色低碳转型发展的先行者、示范者。

1) 着力推动能源产业高质量发展。按照安全绿色低碳要求,充分利用资源开发转化新工艺新技术新装备和工业互联网、人工智能、大数据、物联网、低碳零碳排放与更加安全的工业离散控制等新技术,紧贴煤制烯芳烃产业链、焦油深度加工转化产业链、氯碱产业链、煤制油气产业链、煤电产业链、新能源产业链,兰炭、硅铁、铝镁硅产业链,延长产业链,提升价值链,构建创新链。要大力推广煤矿井下无人开采、安全开采、绿色开采、保水采煤、充填式开采、无煤柱连续开采、地下气化等新技术;在发电、煤炭、油气生产企业,支持加快绿色工厂、绿色矿山、绿色油气田、绿色井场建设,支持启动实施“果木入园”工程,支持煤炭企业、煤转化企业试点建设碳中和林示范区,结合塌陷区治理发展光伏风电与现代设施农业、农光、农牧、农草互补产业、现代畜禽养殖业一体化产业项目。在保障煤炭稳产、石油扩产、天然气快速上产的同时,要继续鼓励支持煤层气抽采、瓦斯利用、油田伴生气、焦炉气、工业窑炉尾气、高炉气与电石炉气资源化利用,煤电、煤化工排放 CO<sub>2</sub> 资源化利用,新能源电解煤矿疏干水制氢制氧、洗煤废水制水煤浆、煤矸石及粉煤灰与气化废渣生产新型建材墙材与工程建设材料,非煤工业废气废水废渣利用,油污泥资源化利用及油污泥处理终端尾渣改土发展现代农业项目。

2) 着力推动能源产业深度低碳转型。以能源生产与消费为核心,全面推进陕西省能源革命,持续推进高碳资源低碳化转化。要鼓励支持低碳零碳产业发展、税收减免、财政奖励、研发经费支持、绿色金融、绿色债券、实施超指标排放付费与限制超指标用能等政策机制,倒逼企业节能降碳,持续降低能源消耗强度。按照陕西省石化联合会研究测算,如果 2030 年陕西能源强度控制到 0.33 t(标准煤),按未来 10 a 年均 GDP 增速 6.6% 计算,届时陕西省可再生能源装机总量应达到 1 亿 kW,可再生能源发电量总量应达 2 000 亿 kWh,才能满足碳达峰的目标要求。按照这一测算,到 2030 年,陕西省太阳能发电装机应达到 5 905 万 kW,发电量达到 797 亿 kWh;风能装机应达到 2 531 万 kW,发电量达到 339 亿 kWh。紧抓当前大型电力央企和在陕大型能源企业希望投资发展新能源及储能产业的新机遇,提速新能源产业,从根本上调整陕西能源供给结构,也可通过发展氢能和 CO<sub>2</sub> 利用全产业链,形成较大新能源产业体量和新的经济增长点。

3) 加快能源低碳产业融合。着眼“低碳绿色”和“做大做强”两大目标,在政策上大力支持将新能源与储能产业、氢能源产业、能矿资源清洁转化、碳氢资

源充分利用、二氧化碳资源化利用与延伸产业链结合起来;将烯芳烃发展及下游产业一体化融合起来;将煤制油气和煤制烯芳烃、煤制合成材料、有机化学品、精细化学品及化学制品一体化融合;将新型低碳水煤浆气化、干粉气化、煤地下气化、干馏气化一体化技术、纯氧加氢气化技术、超临界水气化制合成气制氢技术、电煤干馏粉焦兰炭发电技术和传统煤电、煤化工技术融合起来;将上游树脂生产、聚合物生产、初级形态塑料原料生产与下游树脂改性、型号品牌增加、材料制造、制品加工和终端应用产业发展融合起来;将能化产业与氟硅新材料产业、玻纤产业、石墨烯产业、高纯碳材料产业、汽车应用材料、航空应用材料、军工材料、新能源材料、农业全产业链发展等融合起来,推动能化产业链纵向侧链延伸,在更大领域发挥基础支撑作用。

### 2.3 以“五碳并举”为抓手,推进陕西省多元化立体减碳

1) 高效清洁利用减碳。立足陕西以煤为主、油气为辅的能源资源禀赋,充分利用能矿资源的高效清洁技术,推动产业链低碳零碳延伸,推动煤炭向原料、材料与制品转化。要通过煤炭生产减排和消费过程节能提效减排、煤燃烧新工艺减排、燃料变原料减排、煤转化源头过程终端减碳等多元化路径,降低碳排放。

2) 优化能源结构降碳。以现代能源体系建设为核心,大力支持发展新能源及储能产业,全力提速新能源在能源生产与消费结构中的占比,加快电力、氢能、甲醇等替代能源生产与消费布局,优化能源结构,推动碳资源循环利用和余热余能余压利用,推动节能减碳降碳发展。

3) 废弃矿井再利用存碳陕西省以铜川、韩城、蒲白、澄合为代表的四大老旧矿区,由于煤炭资源逐渐开发殆尽,留下了极为丰富的废弃矿井巷道资源;基于“资源、技术、环境、经济”一体化发展思路,支持重新开发利用废弃矿井进行 CO<sub>2</sub> 低成本安全封存,推动废弃矿井能源化、资源化、功能化综合开发,促进废弃矿井发展可再生能源,提高废弃矿井资源开发利用效率。

4) 发挥市场机制融碳。依托陕西这一重要的能源化工基地,建设我国西部区域碳排放权交易市场,充分发挥市场机制作用,推动碳资源配置优化,以成本效益最优方式实现碳减排。可以借助碳期货、碳期权、碳基金等金融衍生品,为企业和个人提供碳抵消渠道,未来可以进一步创新产品设计。并通过碳市场交易,鼓励企业投资植树造

林、风电、光伏等碳抵消项目,并推动碳捕集与碳封存(CCS)技术的市场化应用,通过碳交易为技术研发提供资金支持。通过碳税与碳市场互补,形成“双轮驱动”市场机制效应。

5) 利用负碳技术去碳。以减碳与去碳协同为原则,加速发展以CO<sub>2</sub>捕集、封存与利用(CCUS)为代表的负碳技术,推广燃煤电厂+CCUS、煤制氢+CCUS、煤化工+CCUS等新技术应用,可以有效开拓下一代低碳技术创新,为传统能源工业发展转型带来全新可能。

#### 2.4 以“多能融合、培育新兴业态”为目标,打造陕西省现代能源体系

1) 充分发展多能融合的能源供应结构。可再生能源(光伏、风能、生物质能、地热能、核聚变能、水能、海洋能、氢能等)开发成本已开始向低于传统化石能源方向发展,并逐渐成为廉价能源(光伏发电成本有望降低至0.1~0.2元/kWh)。这些重大技术创新升级,将为终端用能全面电气化、氢能化和多能互补替代传统化石能源提供可能。

2) 打造智慧能源生态圈。陕西省能源工业大型龙头链主企业,应抓住中省政府支持工业互联网和企业智能化改造的政策机遇,主动在工业互联网建设、智能矿井与绿色矿山建设、低碳零碳化石能源项目建设、可再生能源产业发展、多能融合等方面做出示范。要支持全面加快建设覆盖全省的以太阳能、风能、储能等可再生能源为主体的多能互补的能源互联网,建设开放共享的智能化数字化柔性能源网络;建设覆盖全省的能源互联网信息系统平台;充分利用大数据、人工智能、物联网、云计算、5G等先进技术,围绕“低碳、安全、发电、储能、输变、配售、用能、替代”,构筑区域智慧能源综合运营生态圈。

3) 从能源供给和消费2个方面,支持新能源产业迅速发展。大力支持分布式光伏发电项目及其配套设施建设,支持以消纳新能源为主的配电网、微电网和用能项目建设,特别是重点支持新能源制氢、新能源与传统能源化工融合发展。鼓励新能源发电项目优先上网、优先自发自用、优先消纳、用户端价格补贴等政策支持,为光伏发电、风电产业等新能源产业发展创造有利条件。

4) 鼓励全社会消费可再生能源。建议出台专项政策鼓励用能重点单位和企业,优先消费清洁能源,结合“乡村振兴战略”,成体系分步骤实施农村“可再生能源行动计划”,推进广大农村地区普遍使用可再生能源。

5) 大力培育碳资源化利用新兴业态。陕西省应

加快实施钢铁、石化、化工、有色、建材、纺织、造纸等行业绿色减排改造、推行产品绿色设计、建设绿色制造体系的同时,制定出台CO<sub>2</sub>资源化行动计划,选择10家左右积极性高、社会影响大、带动作用强的企业开展CO<sub>2</sub>资源化利用试点,探索陕西省CO<sub>2</sub>资源化利用的产业化发展路径,支持石油和化工行业协会组织发挥行业优势,在CO<sub>2</sub>资源化利用方面制定规范、提供咨询、推动行业自律等,全面促进全省绿色低碳循环经济的健康发展。

#### 2.5 以“秦创原”为依托,布局零碳低碳负碳技术攻关

2021-03-16,时任陕西省委书记的刘国中副总理到西咸新区调研时提出,要以西部科技创新港等创新平台为基础,建好政府和高校、院所、企业、金融机构共同参与,市场化进行的开放共享创新平台,统筹线上和线下、虚拟和现实、现在和未来、国内和国外,为陕西省创新驱动发展和西安咸阳一体化提供有力支撑。秦创原创新驱动平台明确定位于以创新来驱动高质量发展,以构建科技创新产业化平台为创新驱动发展加力加速,让创新资源成为发展优势;目的是加快构建从研发到孵化、再到产业化的科创系统,让科创企业和科创产业迅速发展壮大,最大限度激发全社会创新创业创造热情,让创新在三秦大地蔚然成风,努力把秦创原打造成为全省创新驱动发展的总源头和总平台,建设成辐射带动西部地区乃至全国和“一带一路”沿线高质量发展的市场化、共享式、开放型、综合性科技创新大平台。充分发挥陕西省“秦创原”科技创新平台优势,面向科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求,加快成果转化与应用。

1) 要支持重点突破关键核心技术。围绕化石能源绿色开发、低碳利用、减污降碳等开展技术创新,重点突破20项零碳负碳技术:低成本储能用能新材料新装备、碳捕集和碳封存及利用技术(CCUS)、生态系统固碳增汇技术、超临界燃煤发电、新能源智能发电技术、煤基深加工技术、CO<sub>2</sub>资源化利用技术、可再生能源安全高效利用技术、低成本新能源制氢运氢储氢加氢用氢技术、电煤干馏与粉焦兰炭发电、兰炭零排放、先进干熄焦及焦炉气利用、高效太阳能电池、大功率垂直风叶发电、太空发电离子送电、新型核能利用、零排放中深部地热供暖发电制冷、储能及谷电利用、全产业链/跨产业低碳技术集成耦合、矿区生态修复关键技术等科技创新与重大成果转化,推动能源工业低碳转型。

2) 从能源生产和能源消费两端开展攻关。针对能源化工、和工业、农业、交通、建筑等重点用能领域,进行节能降碳和电力替代、油气替代技术攻关,深度

挖掘全社会各领域及全产业链节能降耗减碳潜力,制定相关技术攻关与成果转化路线。

3) 推动国家能源数据中心落户陕西。抓住国家实施“东数西算”工程的机遇,全力争取国家能源数据中心落户陕西。“东数”就是把能耗低的数据应用重点放在缺电的东中部;“西算”就是把用能较多的能源算力数据中心放在电力资源充足的西部。

4) 争取全国区域性碳汇交易平台落地陕西。有序推进低碳绿色金融产品及政策体系,有序推进绿色低碳金融产品和服务开发,设立碳减排货币政策工具,引导金融机构为绿色低碳项目提供长期限、低成本资金。围绕建立健全陕西省低碳发展市场机制,应尽将更多重点碳排放企业,纳入国家碳交易与碳配额试点范围。抓紧建立企业和单位产品碳排放核算办法和标准,建立低碳认证制度,抓紧制定认证试点方案,力争2 a内不少于10家企业获得低碳产品认证。探索建立碳迹追索标定制度,重点开展清洁能源改造、绿色建筑、新能源汽车、共享单车、森林碳汇等领域减碳效果评估与数量核定。建议由省发改委牵头,有关部门协同支持,推动西北碳汇交易平台落地陕西。

## 2.6 以减碳降耗示范为引领,推动产业迈向高端化终端化

1) 创建国家能源革命创新示范区。发挥榆林多能富集优势,重点围绕化石能源清洁高效开发利用与耦合替代、低碳化智能化多能融合与区域示范、新能源制氢制氧与煤化工及CO<sub>2</sub>资源化利用融合发展4条技术路线,与中科院联合开展“基础研究-中试试验-产业化示范”全周期技术创新,破解我国“缺能”“高碳”两大难题,积极探索安全、清洁、低碳、智慧能源技术路线。

2) 大力支持现有能化产业低碳化再造。支持能化企业开展低碳化改造关键技术攻关和示范,支持焦化企业加快干熄焦技术改造与余热超临界发电技术改造,持续推进甲醇低碳能源应用产业和甲醇汽车发展,积极探索煤化工产业低碳化再造技术路径,力争全省煤化工产业单位产品能耗和碳排放达到世界领先水平。支持已运行、已建成未投产和在大型煤化工项目,围绕零碳排放后续建设工程投资与建设方案,制定建设投运时间表,推动一批停工停试停产企业恢复建设、恢复试车、恢复投产。

3) 推动产业链向高端化终端化迈进。按照世界一流能耗水平、碳排放水平,持续高水平布局一批以煤油气盐转化为主导的能化全产业链项目。支持以省内大型煤化工企业为主导,启动煤经合成气一步法制烯烃、甲烷一步法制烯烃、二氧化碳制甲醇、第3

代DMTO、合成蛋白、合成淀粉等重大技术示范项目。推动煤基化学品向高端合成材料、关键有机化学品、高端专用化学品与精细化学品、煤基聚酯与聚氨酯、聚碳酸酯、聚甲醛、聚苯硫醚、聚醚醚酮、蜜胺树脂、聚矾树脂、尼龙材料、合成橡胶(丁苯、丁晴、异戊、腈晴、含氟橡胶、硅胶等)、合成纤维(芳纶、尼纶、氨纶、丙纶、腈纶纤维等)、高模量碳纤维、高韧性聚酰亚胺纤维、高纯碳材料、气凝胶材料、生物基和煤基石油基可降解塑料等方向延伸。实施煤制清洁燃料产业化示范工程,建设煤制高附加值油气和高含氧燃料产业基地,以煤炭深加工打破技术与市场垄断,保障我国油品和化工原料、合成材料供应安全。

4) 抢抓机遇布局碳中和产业。依托科研单位、大型国企央企技术资金储备,建设鄂尔多斯盆地CCUS集输中心,打造国内CCUS产业集群典型示范区。在榆神、榆横工业区等现代煤化工集中区开展低成本CO<sub>2</sub>捕集、“液态阳光”(绿氢与CO<sub>2</sub>制甲醇)、经CO<sub>2</sub>制烯芳烃、碳酸二甲酯、聚碳酸酯、聚甲醛等示范工程,在榆林、延安等油田集中区开展CO<sub>2</sub>驱油示范,推动CO<sub>2</sub>深度安全封存和再利用。围绕打造千亿氢能产业链,利用中石化、申能股份、中科院大化所、中科院上海高等院、中科院天津饲料所、华陆科技、东华大学等大企业、研究院及大学的低成本大规模制氢、运氢、用氢产业化技术创新成果,加快推进陕西氢能产业链供应链建设,以榆横工业区氢能产业园为依托,形成氢能装备基地、科创新城,构建制氢、储氢、运氢、输氢、用氢和氢能材料与装备制造、氢能汽车生产、氢能发动机及氢燃料电池堆制造全产业链,力争跟上全国氢能产业发展步伐,将陕西省打造成为全国重要的氢能源产业链协同创新示范基地。

## 2.7 以提升固碳能力为目标,全面挖掘林草资源固碳潜力

充分利用陕西商洛、安康、汉中、关中南部长秦岭市县等地区森林覆盖率高、水资源丰富的天然优势,建立以森林碳汇为主导的生态价值实现机制,支持陕南绿色发展。继续在陕北南部、关中以北地区,加大森林碳汇资源培育行动、国土绿化行动,不断增加森林面积和蓄积量,大幅度提高全省森林覆盖率,加强生态保护修复,增强森林、林果、农业、草原、绿地、湖泊、湿地等工和自然生态系统固碳能力。

1) 摸清全省森林生态系统的固碳潜力。全面开展森林、草原、湿地资源清查,测算和挖掘碳汇开发潜力,绘制全省林草资源碳汇储备“一张图”,分类科学建立林草资源碳汇评价、核算、定价机制,为全省能化产业提供更多碳汇资源和指标。

2) 科学编制林草碳汇行动方案。按照“陕西省百万亩碳库示范基地建设规划”,科学制定行动方案,统筹陕北、陕南、关中生态空间整体规划,以全省1000多家大中型能源和化工企业为主体,划定治理区块,夯实林长制责任,建设碳汇储备林,成林后比照林木类型储碳量指标核减企业的碳排放量。

3) 持续推进国土绿化行动。以提升森林生态系统固碳能力为目标,持续开展“北治沙、南治土”,增加森林资源总量,增加生物多样性,提升林地草地资源的碳汇储备能力。

4) 加强自然保护区的保护、修复和管理。抓主黄河流域生态保护和高质量发展的战略机遇,积极争取更多国家生态保护修复资金支持,加强对省内黄河流域河流、湖泊等湿地资源的保护和修复,提升湿地固碳能力。

## 2.8 以政策包激发主动作为,推动陕西能源工业健康发展

实现碳达峰、碳中和目标,需要政府、企业、消费者、社会组织等多方主体积极参与,制定激励政策包引导多方主体主动作为的积极性,着力推动陕西能源工业低碳转型与低碳发展。

1) 形成激励和倒逼并重的政策支持体系。出台鼓励支持能源化工企业低碳转型和提升全社会清洁能源消费占比,支持持续降低火电及用煤企业煤耗标准,降低用能企业单位产品能耗与单位产品排放,支持尽快出台新能源发展与二氧化碳资源化利用、安全封存的相关规划与指导意见。

2) 抓紧制定能源转型和低碳发展相关法规体系。尽快修改完善与低碳能源生产与消费的相关法律法规,例如:聚焦碳中和,定调绿色发展战略,不断完善促进碳减排的市场化机制;结合后疫情经济复苏计划,将清洁能源作为恢复经济的引擎,推动风电、光伏等可再生能源高速发展;以“专精特新”政策扶持氢能、储能、地热等新兴产业发展;以地方法规条例形式推进脱碳进程,削减化石燃料补贴及政策支持,鼓励化石资源原料化应用,加速化石燃料的有序退出,同时积极推进交通领域绿色减排转型。

3) 建立用能权交易制度。积极探索构建“1+3+X”用能权交易体系(“1”即用能权有偿使用和交易实施方案;“3”即用能权有偿使用和交易管理办法、用能权有偿使用和交易第3方审核机构管理办法、用能权有偿使用和交易资金管理办法;“X”即依照《综合能耗计算通则》,由行业主管部门出台相关技术标准和电力、能化、煤化工、载能等行业的综合能耗确权技术标准,配套出台交易规则、服务收费、奖惩措施、信

用管理等制度),积极探索在全省市县之间、企业之间建立用能权交易制度。

4) 以标准体系引领“南碳北用”。借鉴国际经验,建立陕西省碳汇能力评价、碳汇核算标准、碳排放标准和碳交易标准体系,制定出台草地征占用管理办法和补偿标准。支持在全省重点地区建立生态价值核算体系,充分利用陕南秦巴山区、关中以北山区丰富的森林碳汇资源,通过碳汇交易和生态价值转移机制,支持重点碳汇资源区绿色发展与陕北能源化工基地重大项目建设。

5) 健全矿山治理基金异地支付机制。环境治理是企业应该承担的社会责任,计提矿山治理基金可谓用心良苦,但是多年来治理基金的实际使用效果却差强人意。财政部、国土资源部《矿山地质环境恢复治理专项资金管理办法》(财建[2013]80号)规定,“国土资源部会同财政部依据《全国矿产资源规划》、《全国矿山地质环境保护与治理规划》和各地实际情况确定支持重点;省级国土资源主管部门、财政部门依据国土资源部、财政部确定的支持重点,确定具体项目并组织编制项目实施方案”。在计提矿山治理基金比例上,陕西省是以8元/t的标准计提,按照某煤矿企业年产量2000万t预估,10a可积累治理基金16亿元。但是由于治理基金在使用主体不明确、使用流程、审批程序复杂、无法异地支取等现实问题,导致该项资金常年得不到有效利用,也不利于矿山环境的治理与恢复。

2018年陕西省自然资源厅联合省财政厅、原省环境保护厅制定印发《陕西省矿山地质环境治理恢复与土地复垦基金实施办法》(陕国土资发[2018]92号),创新性地将矿山地质环境治理基金和土地复垦费合并,减轻了企业负担,一定程度上有效解决了矿山企业恢复治理资金使用不便的问题。同时鼓励企业按照《自然资源部关于探索利用市场化方式推进矿山生态修复的意见》(自然资规[2019]6号),积极探索“农民土地入股+矿山企业基金投入+第3方公司管理”运营模式,结合全域土地综合整治、城镇化、乡村振兴等实施综合治理,将矿山治理与生态修复规划和乡村振兴相互融合,在改善矿区生态环境的同时,带动矿区群众致富小康。建议陕西省进一步积极探索矿山地质环境治理恢复与土地复垦基金的异地使用办法,允许甚至鼓励矿山企业根据采动影响的实际情况,灵活进行异地造林种草等生态空间治理的政策机制。

## 2.9 依托优势科教资源,培育碳中和技术及管理高端人才

1) 布局学科专业培养碳中和和高端人才。为全面

支撑我国“双碳战略”目标顺利实现,教育部于2021-07-12印发《高等学校碳中和科技创新行动计划》,要求发挥高校基础研究主力军和重大科技创新策源地作用,推进碳中和未来技术学院和示范性能源学院建设,建设一批国家级碳中和相关一流本科专业,鼓励高校开设碳中和通识课程,在国家级人才评选中,加大向碳中和领域优秀人才的倾斜力度;文件进一步提出3个阶段性碳中和人才培养目标:近期目标是利用3~5 a时间,在高校系统布局建设一批碳中和领域科技创新平台;中期目标是通过5~10 a时间建成世界一流碳中和学科和专业,一批碳中和原创理论研究和关键核心技术达到世界领先水平;远期目标是建成一批碳中和基础研究的顶尖学科,打造一批碳中和原始创新高地,形成碳中和战略科技力量。该文件为我国培养碳中和高端技术及管理人才给出了明确思路 and 方向。

2) 着眼技术和管理培养碳中和专才。陕西省拥有丰富的科教资源,现有普通高等学校96所,各类科研机构1340家、国家级园区平台324家、国际创新合作平台71个,两院院士69人;综合科技创新水平指数由2014年的60.73%增长到2019年的67.04%,位居全国第9;其中科技活动产出指数由66.82%增长到75.42%,位居全国第4<sup>[9]</sup>。实现“双碳战略”国家承诺,关注、鼓励、布局低碳、零碳、负碳产业和技术升级必须要努力做好的事情,但同时,能源工业转型、产业总体规划和布局、碳税、碳认证、碳交易市场机制等必然不可或缺,必然涉及到产业经济规划、区域经济规划、激励和约束管理机制设计、新能源管理体系设计优化等问题。陕西省可立足陕西,引导整合西部碳交易市场体系,放眼全国“双碳战略”目标实现,充分发挥既有丰富科教资源,利用西安交通大学、西安科技大学、西北大学、西安石油大学等高校在能动学科、能源安全学科、能源经济管理学科、地质工程学科、油气资源学科等多方面的明显学科专业优势,设置交叉学科,布局碳中和相关的学科专业,在碳中和科技研发、技术攻关、碳中和产业规划和布局、市场机制设计等方面,培育技术和管理两个方面的高端专门人才,为陕西省能源工业顺利转型升级提供坚实的人才基础,为国家培养“碳中和”专才,支撑国家按期实现“双碳目标”。

### 3 政策建议

#### 3.1 防止“运动式”减碳,推进能源工业有序转型

按照中央科学有序推进能源工业低碳转型和防止“运动式”去煤化的精神<sup>[10]</sup>,抓紧制定支持陕西省能

源工业低碳转型政策措施和行动方案。围绕一批已建成停止试车项目、停工在建项目,主动压减“双高”企业用能指标,为停试停建项目腾挪用能空间。在逐一制定后续低碳零碳项目投资建设方案基础上,建议省上主管领导带领能源、环保等部门,继续向国家发改委等主管部门汇报,积极争取支持将已布局和批准建设的国家煤炭基地、煤电外送基地、能源化工基地,在万元GDP能耗指标考核上,与东南沿海地区区别对待,争取国家增加用能指标;争取国家支持将通过转化固化在产品中的原料煤,从“十四五”用能指标中扣除;积极建议国家在制定单位产品世界先进碳排放水平和耗能标准前提下,将达标企业移出“双高”范围;建议国家从疫情影响企业开工不足,用能相比正常年份下降实际出发,制定调整系数,适度调增以2020年为基础的全省用能基数。同时,可安排全国人大代表、政协委员在全国“两会”上提出代表建议和提案。在当前全国煤炭短缺形势下,在确保安全可行、科学评估复产方案前提下,支持适度恢复关中已关闭的大型中型机械化矿井生产,增加已列入国家稀缺煤种的渭北贫瘦动力煤产能。

#### 3.2 激励与约束并重,尽快出台低碳转型政策

要出台相关政策支持全省能源工业低碳转型。建议省能源局牵头,省环保、工信、应急等有关部门参加,组织力量研究出台陕西省支持新能源及传统能源工业低碳转型发展意见,编制《“双碳”目标下全面提速新能源发展与加快传统能源工业低碳转型行动方案》。按照推进能源生产与消费革命要求,组织力量抓紧修改完善相关支持能源低碳转型的相关政策、地方法规体系,制定节能减碳与单位产品碳排放、碳交易及碳汇核算标准体系,兼顾节能低碳、能源安全和持续发展三大目标,从陕西省情实际出发,科学设定有序推进“双碳”目标和贯彻能源“双控”要求的目标责任考核机制。建立鼓励节能减碳奖励与超标准、超指标用能及排放约束机制,倒逼高耗能高排放行业落后产能退出或绿色转型。对新开工重点新能源和能源低碳转型示范项目、技术创新项目,要制定财政资金、税收减免、土地资源配置、绿色金融、绿色债券等支持政策。对推动新能源发展与能源绿色低碳转型,方案实、行动快、业绩显著的市县和企业,应出台奖励政策。

#### 3.3 发挥科教资源优势,依托“秦创原”打造能源科技创新高地

依托陕西省“秦创原”科技创新平台设立专项资金,以更大力度支持新型能源与能源低碳转化技术创新及成果转化。充分发挥全省科教资源优势,利用专项资金,支持龙头链主企业、高技术企业、重点高校和

涉及能源的科研院所,依托“秦创原”建立一批能源技术创新与低碳研发平台,支持气候变化成因及影响、生态系统碳汇等相关基础理论和方法研究。依托“秦创原”平台打造中国西部能源科技创新高地。

#### 参考文献(References):

- [1] DONG K Y, DONG X C, JIANG Q Z, et al. Valuing the greenhouse effect of political risks: The global case[J]. *Applied Economics*, 2021, 53(31): 3604–3618.
- [2] 马建英. 国际气候制度在中国的內化[J]. *世界经济与政治*, 2011(6): 91–121, 159.  
MA Jianying. The internalization of international climate institutions in China[J]. *World Economics and Politics*, 2011(6): 91–121, 159.
- [3] 群芳. 21 世纪末全球气温升高 7 至 8 度[J]. *科学(北京)*, 2006(9): 6.  
QUN Fang. The global temperature will rise by 7 to 8 degrees by the end of the 21st century[J]. *Science(Beijing)*, 2006(9): 6.
- [4] 习近平. 在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话[N]. *解放军报*, 2020–09–23, 第 3 版.
- [5] 陕西省统计局, 国家统计局陕西调查总队. *陕西统计年鉴-2021*[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [6] 苏怡. 工业“压舱石”作用凸显——2024 年陕西经济运行系列述评之二[EB/OL]. [2025–01–23]. <http://www.sx-dj.gov.cn/ywzd/szxw/1882225392043216898.html>.
- [7] 陕西 2024 年促进能源稳产增产 能源工业增加值预计增长 5%[EB/OL]. (2024–02–02) [2025–01–23]. <https://finance.sina.cn/2024-02-02/detail-inafqyam7266533.d.html?from=wap>.
- [8] 陕西省能源概况 [EB/OL]. [2025–02–24]. <https://sndrc.shaanxi.gov.cn/zjww/wsdw/sxsnjy/jgsz/nygk/>.
- [9] 陕西省充分利用科教资源创新驱动走在前列 [EB/OL]. (2020–01–09) [2025–01–23]. 凤凰网陕西资讯. [http://sn.ifeng.com/a/20200109/7958988\\_0.shtml](http://sn.ifeng.com/a/20200109/7958988_0.shtml).
- [10] 金观平. 先立后破纠正运动时“减碳” [EB/OL]. (2021–08–01) [2025–01–23]. <https://m.gmw.cn/baijia/2021-08/01/35044025.html>.