

2023年7月

# 碳中和目标下山西省煤电产业 转型发展和定位研究



山西科城能源环境创新研究院  
Shanxi Coshare Innovation Institute of Energy & Environment



NRDC  
自然资源保护协会  
NATURAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL

## 中国煤炭消费总量控制方案和政策研究 (煤控研究项目)

中国是世界煤炭生产和消费第一大国。以煤炭为主的能源结构支撑了中国经济的高速发展，但也对生态环境造成了严重的破坏。为了应对气候变化、保护环境和减少空气污染，国际环保组织自然资源保护协会 (NRDC) 作为课题协调单位，与政府智库、科研院所和行业协会等 20 多家有影响力的单位合作，于 2013 年 10 月共同启动了“中国煤炭消费总量控制方案和政策研究”项目（即“煤控研究项目”），为设定全国煤炭消费总量控制目标、实施路线图和行动计划提供政策建议和可操作措施，助力中国实现资源节约、环境保护、气候变化与经济可持续发展的多重目标。请访问网站了解更多详情 <http://coalcap.nrdc.cn/>



自然资源保护协会 (NRDC) 是一家国际公益环保组织，成立于 1970 年。NRDC 拥有 700 多名员工，以科学、法律、政策方面的专家为主力。NRDC 自上个世纪九十年代中起在中国开展环保工作，中国项目现有成员 40 多名。NRDC 主要通过开展政策研究，介绍和展示最佳实践，以及提供专业支持等方式，促进中国的绿色发展、循环发展和低碳发展。NRDC 在北京市公安局注册并设立北京代表处，业务主管部门为国家林业和草原局。请访问网站了解更多详情 <http://www.nrdc.cn/>



山西科城能源环境创新研究院成立于 2017 年，是一家致力于推动区域能源绿色低碳转型和可持续发展的研究机构和协同创新平台。自成立以来，研究院围绕应对气候变化、现代能源体系建设、资源循环高效利用以及公众环境教育等领域开展研究，从政策倡导、战略研究、技术建议、能力建设、策略传播等角度为政府、企业和公众提供绿色低碳转型解决方案。更多信息，请访问科城公众号：科城能源环境研究院。

## 研究报告

- 《碳中和目标下山西省煤电产业转型发展和定位研究》
- 《碳中和目标下山西省焦化产业转型发展和定位研究》
- 《汾渭平原深入打好污染防治攻坚战煤炭总量控制研究报告》
- 《面向碳中和的氢冶金发展战略研究》执行摘要
- 《碳中和目标下中国火电上市公司低碳转型绩效评价报告 2022》简版
- 《山东省“十四五”重点耗煤行业减煤路径研究》
- 《双碳目标下的五大发电集团发电业务低碳转型研究》
- 《“双碳”与空气质量改善双目标下的安阳市中长期控煤路径研究》
- 《“双碳”背景下河南省电力行业中长期控煤路径研究报告》
- 《碳达峰与碳中和背景下山东电力行业低碳转型路径研究》执行摘要
- 《内蒙古煤炭生产和消费绿色转型研究》摘要报告
- 《霍林郭勒产业园绿色低碳发展研究》(简本)
- 《内蒙古典型城市煤炭消费与大气质量的关联分析及政策建议》
- 《内蒙古采煤沉陷区生态修复与可再生能源利用研究》
- 《“十四五”山西省非煤经济发展研究》
- 《碳达峰碳中和背景下山西煤电行业转型发展研究》
- 《碳达峰碳中和背景下山西焦化行业转型发展研究》
- 《中国典型省份煤电转型优化潜力研究》
- 《碳达峰碳中和目标约束下重点行业的煤炭消费总量控制路线图研究》
- 《中国典型省份煤电转型优化潜力研究执行摘要》
- 《碳达峰碳中和目标约束下重点行业的煤炭消费总量控制路线图研究执行摘要》
- 《碳达峰碳中和目标约束下水泥行业的煤炭消费总量控制路线图研究》
- 《碳达峰碳中和目标约束下电力行业的煤炭消费总量控制路线图研究》
- 《碳达峰碳中和目标约束下钢铁行业的煤炭消费总量控制路线图研究》
- 《碳达峰碳中和目标约束下煤化工行业煤炭消费总量控制路线图研究》
- 《山西省“十四五”煤炭消费总量控制政策研究》
- 《“十四五”电力行业煤炭消费控制政策研究》
- 《新冠疫情后的中国电力战略路径抉择：煤电还是电力新基建》
- 《中国散煤综合治理研究报告 2020》
- 《“十三五”时期重点部门煤控中期评估及后期展望》
- 《“十三五”电力煤控中期评估与后期展望》
- 《中国煤控项目“十三五”中期评估与后期展望研究报告》
- 《中国实现全球 1.5°C 目标下的能源排放情景研究》
- 《持续推进电力改革 提高可再生能源消纳执行报告》
- 《2012 煤炭的真实成本》

# 碳中和目标下山西省煤电产业 转型发展和定位研究

山西科城能源环境创新研究院  
自然资源保护协会（NRDC）

2023年7月

---

# 执行摘要

---

在全球应对气候变化和能源转型背景下，我国能源体系正由以化石能源为支撑的高碳能源体系向以新能源和可再生能源为主体的新型能源体系加速转型。煤电作为全国目前的主体电源，在继续发挥电力安全保障托底作用的前提下，将由提供电力、电量的主体性电源逐步向提供可靠电力的调节性电源转变，并需加快实现全流程深度降碳。山西是全国大型煤电基地之一，截至 2022 年底，全省发电装机容量 12079.5 万千瓦，其中煤电 7106.7 万千瓦，占比 58.8%，排名全国第五，肩负着向京津唐、华中、华东送电的任务。

本报告关注煤电产业链上下游关键要素的影响，评估山西省煤电产业面临的问题和挑战，在碳中和目标强约束条件下，根据煤电行业碳减排力度和新能源发展力度设置了基准、降碳、强化降碳三种情景，探讨了碳中和目标下不同阶段山西省煤电的发展定位、转型路径，研究提出了政策建议。主要结论有：

## 1. 不同情景下，山西煤电行业碳排放需力争在 2030 年及以前实现碳达峰

---

若不考虑碳捕集封存利用等负碳技术应用，基准情景下山西省煤电行业将于 2030 年实现碳排放达峰，峰值为 2.86 亿吨，比 2021 年累计增加 9.10%；到 2035 年、2050 年、2060 年，碳排放预测为 2.54 亿吨、1.61 亿吨、1.39 亿吨，比峰值累计下降 11.32%、43.78%、51.53%；降碳情景下山西省煤电行业将于 2028 年实现碳排放达峰，峰值为 2.78 亿吨，比 2021 年累计增加 6.09%；到 2035 年、2050 年、2060 年，碳排放预测为 2.38

亿吨、1.32 亿吨、0.98 亿吨，比峰值累计下降 14.60%、52.59%、64.47%；强化降碳情景下山西省煤电行业将于 2026 年实现碳排放达峰，峰值为 2.71 亿吨，比 2021 年累计增加 3.16%；到 2035 年、2050 年、2060 年，碳排放预测为 2.28 亿吨、1.17 亿吨、0.62 亿吨，比峰值累计下降 16.07%、56.64%、77.04%。

不同情景下，山西 2060 年均将保留部分煤电机组，碳捕集封存利用、生物质耦合等技术是山西煤电产业实现净零排放的重要技术手段。

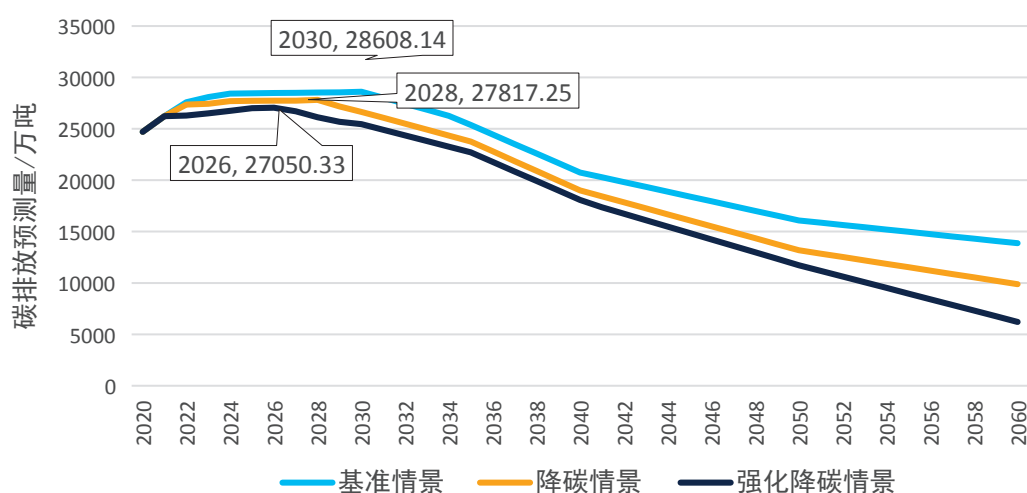


图 1: 不同情景下山西煤电碳排放预测结果

## 2. 强化降碳情景对高比例可再生能源和储能规模化发展提出更高要求

强化降碳情景下，山西到 2060 年可再生能源装机和发电量占比均将达到 80% 以上，风电、太阳能发电装机容量将达到目前水平的 4 倍和 12 倍。按照新能源容量 20% 配置储能估算，预计至少需要 6200 万千瓦的储能。根据山西抽水蓄能规划和建设周期，若考虑到 2060 年，规划项目全部投产运行，山西抽水蓄能可达到 1200 万千瓦左右，仍需

要近 5000 万千瓦的新型储能缺口。为进一步夯实可再生能源和储能高质量规模化发展的基础，需结合新型电力系统建设需求和新型能源体系发展情况，强化市场、体制机制、技术、资金等要素保障。

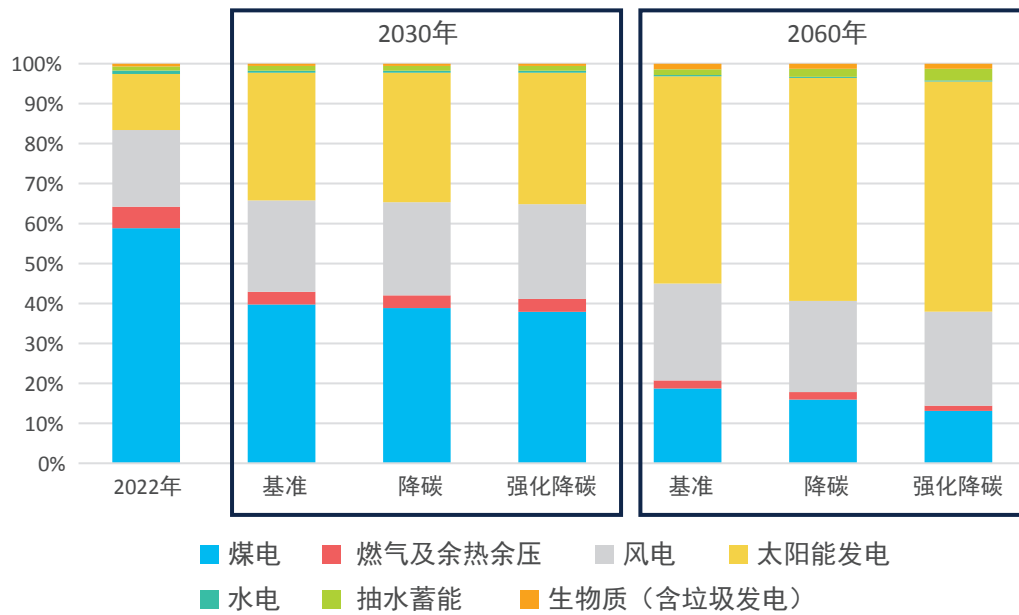


图 2: 三种情景下电源结构预测

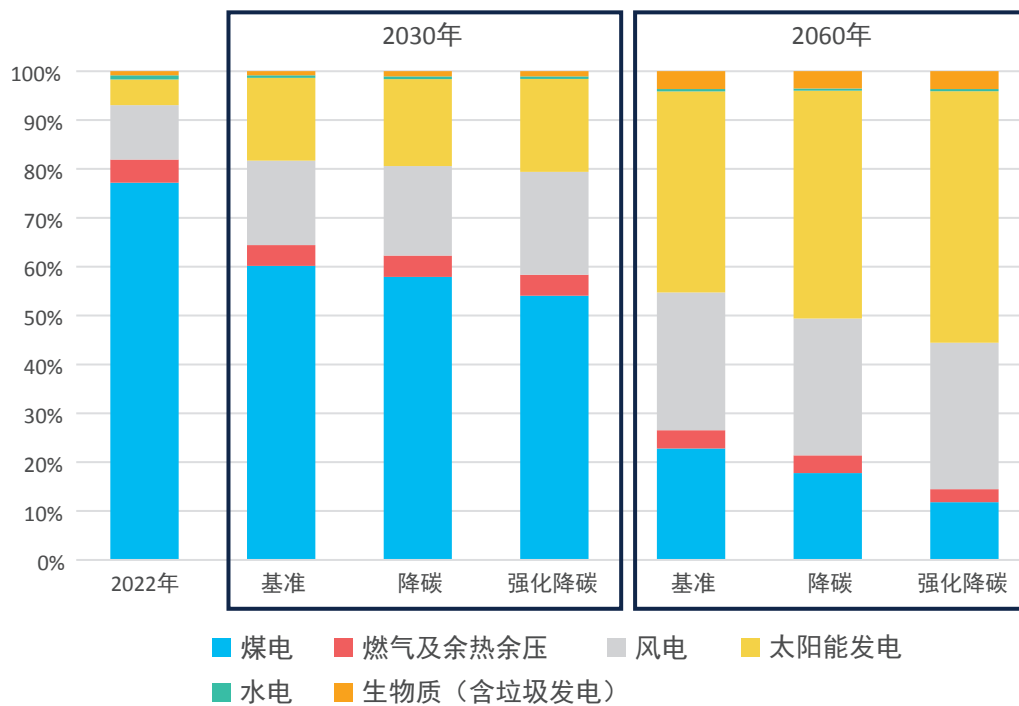


图 3: 三种情景下发电量结构预测

### 3. 碳中和目标下不同阶段山西省煤电产业定位

**从电源角色和地位角度：**从电力电量主体电源向支撑性电源转变。“十四五”时期，煤电装机占比在 50% 以上，发电量占比在 65% 以上，煤电为电力电量主体电源；到 2030 年，煤电装机占比降至 50% 以下，发电量占比降至 60% 以下，从主体电源过渡为基础电源；到 2035 年，煤电装机占比降至 30% 左右，发电量占比降至 50% 以下，煤电转变为支撑性电源；到 2060 年，煤电装机和发电量占比均降至 20% 以下，煤电转变为应急备用电源。

**从电源功能角度：**从保障基荷作用向系统调节作用转变。“十四五”时期，煤电仍为山西主体电源，发挥保障基荷作用的同时，逐步承担灵活调节、辅助备用任务；到 2035 年以后，新能源成为电量主体，煤电主要承担系统调节功能重任；到 2060 年，战略备用机组、加装 CCUS 机组和煤电耦合生物质碳捕获改造机组发挥应急兜底作用。

**从产业链角度：**从“煤炭清洁高效利用的主要方式”向“上下游产业链绿色低碳发展的中心环节”转变。目前，山西煤电机组已全部完成超低排放改造。未来，山西煤电将进一步担当“循环经济发展模式中的中心环节”重要任务，有效整合上下游产业链条绿色低碳转型，通过燃料掺烧、煤矸石低热值利用、生物质污泥、垃圾掺烧以及上游副产物的综合利用，打造新型工业园区模式、循环经济模式，从而实现能源体系清洁高效利用。

**从供热角度：**从供热主体向供热支撑转变。山西省目前形成以热电联产为主、区域锅炉房为辅、其他先进高效供热方式为补充的供热局面。2021 年全省城镇集中供热面积 77839 万平方米，其中热电联产供热占比 80% 以上。综合考虑山西省相关规划，“十四五”期间仍有部分在建或待建热电联产或兼顾供热项目，同时考虑到淘汰落后产能的要求，预计“十五五”末热电联产供热将达到峰值，之后将逐步降低。“多元立体”供热模式将成为山西未来供热的主要方式，可再生能源和清洁能源供热比例稳步增长，煤电供热将向支撑性供热方式转变。

**从电力外送角度：**从外送主体到外送支撑转变。2022 年，山西外送电量 1463.7 亿千瓦时，其中 85% 为煤电。国家发展改革委、国家能源局印发的《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》等文件要求新建外送输电通道可再生能源电量比例原则上不低于 50%。随着新能源消纳需求的增加，煤电作为支撑捆绑外送是必然趋势，煤电将充分发挥对大电网安全的支撑作用，有效解决新能源目前无功支撑能力弱、无转动惯量，以及电网多直流汇入等问题，发挥好“稳定器”作用。

## 4. 碳中和目标下山西省煤电产业转型路线

“十四五”阶段（2023–2025年）：煤电机组“增容控量”阶段，建议合理布局煤电项目建设，严控增量、优化存量、适度安排煤电新增规模，持续优化电源结构，稳步推进新型电力系统构建。

“十五五”阶段（2025–2030年）：煤电机组“控容减量”阶段，需科学统筹煤电发展规模，实施高能效驱动清洁电力替代策略以稳定煤电电量，推动煤电功能过渡转变，推动新型电力系统建设初见成效。

“十六五”阶段（2030–2035年）：煤电机组“减容减量”阶段，不再新增煤电规模，煤电装机预计削减约500万千瓦。需大幅提高可再生能源消纳，确保可再生能源发电量对煤电发电量存量逐步替代。新型电力系统稳定发展，煤电完全发挥灵活性调节功能。

深度脱碳阶段（2035–2050年）：常规煤电机组加速退出，转为应急备用，预计50%煤电机组需安装CCUS装置。大型新能源基地开发建设基本完成，新能源装机和发电量占比达到70%以上。新型电力系统总体形成，规模化长时储能技术取得重大突破。

“碳中和”阶段（2050–2060年）：未加装CCUS改造的煤电完全退出，战略备用机组、加装CCUS机组和煤电耦合生物质碳捕获改造机组将发挥兜底保障、应急保供和备用容量作用。新型电力系统进入成熟期，新能源成为主体电源，多类型储能协同运行。



## 5. 推动山西省煤电产业低碳转型发展的政策建议

### (1) 推动煤电实质性联营，实施煤电产业协同降碳

- 更新研判动力煤需求预测，设置山西煤炭产能弹性释放或收缩的阈值和等级，建立健全全省煤炭“弹性产能”机制，严格防范煤炭产能过剩；
- 依托中国太原煤炭交易中心，优化整合省内煤炭交易场所，建立煤炭交易统一平台，提升和完善实时煤炭交易、煤炭价格、煤炭输配、电煤煤质等信息的统计分析功能，构建全省煤炭交易数智平台，促进电煤中长协履约；
- 鼓励晋能控股等省属煤炭集团在子公司、项目等层面，通过战略重组、相互持股、签订长协合同、组建战略联盟等方式，对煤炭、煤电实施专业化整合，统筹煤炭开采、洗选、输配和发电，提高电煤质量，有效降低煤电全生命周期碳排放；
- 发挥产业协同优势，鼓励企业充分利用煤矿瓦斯资源、采煤沉陷区、工业场地、排土场等空间资源，推动煤炭、煤电企业发展新能源和清洁能源，逐步推动煤电机组退出。

### (2) 发挥不同类型煤电机组作用，分类推进煤电转型

- 通过“上大压小”“关旧建新”提升山西省百万千瓦级高参数、大容量、低能耗、低排放机组占比，充分发挥高效优势，保障特高压配套新能源基地的电力系统安全，培育区域大型综合能源服务商；
- 发挥山西省 60 万千瓦及以下中小型机组市场响应快、调节能力强的优势，遵循现货市场交易规则，加强成本管控，不断提质增效，通过淘汰关停、“三改联动”、科学延寿、强化“煤电+”耦合发电技术创新与产业链优化升级，推动由电量主体电源向调节性电源转型。

### (3) 协同推进煤电转型与新能源发展，实现优势互补

- 客观认识山西全省土地利用资源条件，在确保国土空间保护、区域生态安全、粮食安全的前提下，针对性建立用地、用林的“负面清单”管理制度，有效增加全省风电、光伏发电等新能源发展用地规模；
- 加快推动国家在山西统一规划布局的晋北采煤沉陷区大型风电光伏基地建设，实现风电光伏基地、配套煤电、输电通道“三位一体”；鼓励煤电和新能源企业通过调节能力租赁、交叉持股、环境价值合作等方式联合合作，实现优势互补、相互带动、利益共享；

- ////////////////////////////////////
- 完善煤电和新能源一体化发展激励机制，优先支持开展灵活性改造的存量煤电机组按一定比例配置风电光伏建设指标；对开展煤电机组灵活性改造的企业，纳入省专项资金奖补范围；建议将煤电和新能源一体化项目纳入省级重点工程，优先保障一体化项目可再生能源建设用地指标和并网规模。

#### （4）持续完善市场机制，助力煤电绿色低碳转型

- 总结山西电力现货市场不间断运行实践经验，从技术、机制创新等方面积极探索现货市场与区域电力市场的衔接方式，为建设全国统一电力市场体系提供山西经验；
- 落实《山西正备用辅助服务市场交易实施细则（试行）》，尽早启动山西备用辅助服务市场，强化市场对机组顶峰与深调的激励作用；发挥山西省级电力需求侧管理平台在用电企业负荷管理、用电量监测、能效分析等方面的作用，探索建立匹配需求侧资源响应的市场机制；
- 探索构建适合山西的煤电容量成本回收机制，建议初期建立差异化的容量直接补偿机制，远期创新构建基于容量拍卖或战略备用招标的容量市场机制；
- 考虑山西煤炭、煤电承担国家能源安全保供重大任务，建议国家根据“谁受益、谁承担”的原则，探索建立外送煤、外送煤电碳排放成本补偿或分摊机制。

#### （5）稳妥处理煤电转型衍生问题，确保煤电有序转型

- 建立完善常态化风险防控和煤电退出机制，科学评估煤电企业转型影响，研究制定煤炭、煤电产业转型发展策略；完善能源转型阶段转岗人员安置、培训等相关政策和保障措施，缓解转岗工人的生活压力，减少社会影响；抢抓“双碳”战略机遇，加快布局绿色低碳产业，培育新优势，催生新动能；
- 积极争取碳减排支持工具、支持煤炭清洁高效利用专项再贷款等资金支持，研究出台山西推进转型金融发展的支持政策，推动金融机构创新转型金融产品和服务，为煤电、煤炭等产业绿色低碳转型提供资金支持；
- 充分发挥企业主体作用，推动煤电企业转变观念，积极适应电网调峰，主动探索市场服务型盈利模式，提升煤电企业的多维价值与存续发展能力；强化企业碳资产管理，充分用好碳金融产品，减轻企业转型资金压力。



## 联系我们

地址：中国北京市朝阳区东三环北路 38 号泰康金融大厦 1706

邮编：100026

电话：+86 (10) 5927-0688

传真：+86 (10) 5927-0699