

# 迈向“双碳”研究系列报告

《考虑经济性的煤炭重点地区绿色转型路径》  
(S 系列-2024S03)

中国石油大学（北京）中国油气产业发展研究中心  
中国石油大学（北京）碳中和与能源创新发展研究院

2024 年 12 月 28 日



中国油气产业发展研究中心

Research Center for China's Oil and Gas Industry Development

中国石油大学（北京）中国油气产业发展研究中心成立于 2010 年，并挂靠在经济管理学院。中心定位为“国际知名、国内一流的油气产业发展研究基地”，围绕五大研究方向和五大应用领域，重点承担和开展一批基础理论与实践应用研究课题。自成立以来，中心学术影响力和社会影响力在不断提升，已经累计承担课题 100 多项，其中国家社科基金重大项目 1 项、教育部人文社科基金重大项目 1 项、国家自然科学基金/社会科学基金项目 9 项、国际合作基金 2 项、国家部委项目 31 项、企业项目 75 项；出版了学术专著 19 部、教材 4 部。近 5 年，中心发表学术论文 100 多篇，多数被 SCI/SSCI/CSSCI/CSCD 收录；获得国家能源局、商务部、中国石油和化学工业联合会等省部级科技奖励 16 项。目前中心有研究人员 12 名，其中教授 5 名，博士生导师 5 人。



中石大碳能院

ICED-CUPB

中国石油大学(北京)碳中和与能源创新发展研究院(简称“中石大碳能院”)是在国家碳达峰和碳中和目标(简称“双碳”目标)下,中国石油大学(北京)主动服务国家需求,积极响应国家建设高校特色智库的要求,结合学校自身优势,于2021年9月成立的智库性质的研究机构,也是支持中国石油大学(北京)“一带一路”能源合作伙伴关系合作网络高校(青年)工作组组长单位业务开展的主要研究机构。中石大碳能院为应对气候变化和“双碳”目标下的国际、国家、行业、企业在能源与油气领域的发展提供第三方分析、评价与政策建议。通过每年向社会公众发布指数类、研究类、专题类系列报告,并向国家决策部门和行业决策者提供政策建议,定期举办相关特色论坛等,逐步打造“立足中国、面向世界”、“聚焦油气、辐射能源”的特色鲜明的能源类高校“双碳”政策类研究智库。

# 考虑经济性的煤炭重点地区绿色转型路径

## 核心摘要

“双碳”目标下，能源结构绿色低碳转型已成为一种必然选择。如何实现更具经济性的能源转型路径是一个需要研究解决的重要课题。本研究采用可计算一般均衡与线性规划方法等，探讨了以山西为代表的煤炭重点地区如何实现成本最小化的能源转型路径；并分析了山西、内蒙古未来可以承接煤炭产业的重点产业发展选择。主要结论如下：（1）能源转型最慢路径（保守路径）成本最高，而最快路径（激进路径）不利于 GDP 增长；因此，应控制能源转型节奏及煤炭消费的合理峰值。（2）山西省经济性最优的转型路径是“煤炭生产短期增长-高峰值-快落”路径，在该路径下，山西省 CO<sub>2</sub> 排放应于 2029 年达峰，煤炭生产预计于 2026 年前后达峰。（3）从成本细分角度来看，山西省能源转型经济性最优路径的转型成本与保守路径的转型成本相比，投资成本、就业补偿成本与 CO<sub>2</sub> 环境成本分别低 1.58 万亿元、0.28 万亿元和 2.27 万亿元。（4）对于煤炭企业而言，在煤炭矿区部署光伏是企业增加可再生能源供应从而促进煤炭行业绿色化的经济可行途径。

## 1. 问题的提出

“双碳”目标下中国能源转型路径的确定，尤其是山西、内蒙古等煤炭重点地区能源转型路径的确定还存在以下问题：第一，已有绿色转型路径研究缺乏对地区层面的分析，并且对于经济性分析不足；第二，如何实现“全国一盘棋”思想下的经济性最好的转型路径（最优转型路径）的确定？第三，最优转型路径与保守转型路径（最慢转型路径）、激进转型路径（最快转型路径）经济性差别有多大？第四，山西、内蒙古等煤炭重点地区能源转型后，应该重点发展哪些产业来承接原来煤炭产业在经济发展中的主导地位？第五，应该如何更好制定促进山西、内蒙古等煤炭重点地区能源转型的保障性支持政策？

为解决上述问题，本课题主要开展了以下五个方面的研究内容：

(1) 可虑“全国一盘棋”思想的山西省能源转型可能路径的提出；  
(2) 山西省最优转型路径的确定；(3) 山西省不同转型路径之间的经济性比较；(4) 与能源转型相适应的产业结构转型分析；(5) 促进煤炭重点地区能源转型的政策研究。

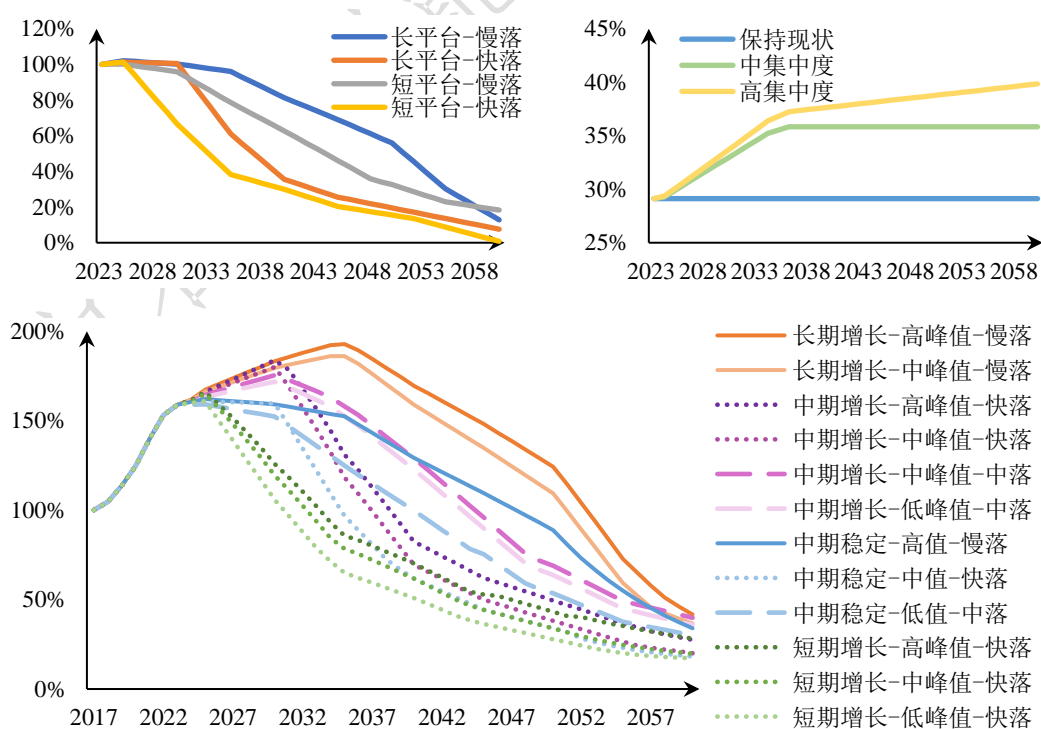
## 2. 可虑“全国一盘棋”思想的山西省能源转型可能路径提出

本研究关注山西省在“全国一盘棋”视角下能源转型的发展路径，特别考虑地区在“双碳”目标的实现过程中所承担的未来煤炭供应量要求，即山西省可能的煤炭生产路径。在考虑全国煤炭消费变化的基础上，本研究进一步考虑山西省可能面对的煤炭生产供应集中趋势，从而计算得到山西省不同的煤炭生产路径。

煤炭消费的控制将是双碳目标下中国能源转型的核心任务，同时煤炭的生产将逐步集中。近些年，我国煤炭生产与消费呈现快速上升

趋势<sup>1</sup>，而实现双碳目标，就要实现全国能源结构转型，即煤炭逐渐退出、一次能源消费逐渐清洁化是必由之路。大量研究指出，中国整体煤炭需求将在 2025-2030 年达峰，其峰值范围 38.44-39.69 亿吨，2050 年总需求低于 12.75 亿吨。同时，全国煤炭生产具有向山西、内蒙古、陕西以及新疆整体集中生产的趋势，山西省在四省联盟中的占比呈现震荡上升趋势，其峰谷差最大可达到 3.73%。

因此，在考虑山西省煤炭资源储量的基础上，本研究考虑多种煤炭生产供应集中趋势，即考虑保持现状、中集中度、高集中度这三类趋势，并结合以往对于中国未来煤炭需求的研究，按照 2023 年后的变化趋势取长平台-慢落、长平台-快落、短平台-慢落与短平台-快落四类代表性供应路线，并结合两类预测得到山西省可能的 12 条能源转型路径，如图 1 所示。



<sup>1</sup> 数据来源：国家统计局. 煤炭消费量(万吨), <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01&zb=A070E&sj=2023>.

图 1 全国煤炭需求预测整合及山西的生产集中趋势预测

### 3. 山西省不同转型路径之间的经济性比较

针对山西省可能的能源转型路径，即煤炭供应路径，本研究利用山西省整体经济 CGE 模型与多行业线性规划模型，对山西省在各个转型路径的经济性进行了分析比较，本研究所指的经济性包括转型对 GDP 的影响和转型成本，不同转型路径间 GDP 的比较结果如下。

(1) 短期增长-高峰值-快落路径下 GDP 增长最优，过分依赖或退出煤炭皆对经济增长造成不利影响。

图 2 展示了山西省在各转型路径下的 GDP 发展变化。短期增长-高峰值-快落路径下，其 2018-2060 累计总量达 173.51 万亿元，GDP 年均增速达到 3.33%，为所有转型路径下最高。而分依赖煤炭产业的长期增长-高峰值-慢落（保守）路径，抑或是激进转型的短期增长-低峰值-快落（激进）路径，其累计 GDP 总量分别为 168.29 万亿元和 164.72 万亿元，比 GDP 增长最优路径分别低 3.01% 和 5.07%，这表明过分依赖与所见煤炭生产对经济增长不利。

(2) 煤炭生产短期内维持高位可以为经济发展带来正向影响，而长期将导致经济增长乏力。

在转型较为迟缓如中落与慢落类路径下，山西省经济增长可以在 2050 年前稍胜其他路径，而之后经济增长逐渐停滞甚至萎缩，同期快落类路径下增长将愈发强势。长期增长-高峰值-慢落（保守）路径与长期增长-中峰值-慢落路径下，其 2048 年前 GDP 增长处于领先地位，相对 GDP 最优路径（短期增长-高峰值-快落路径）最大差距可达 14.04%

(2036年)，而后GDP最优路径增长异军突起，快速突破保守路径且持续增长强势，而保守路径随着煤炭生产的大幅下滑，经济发展逐渐停滞甚至开始萎缩。

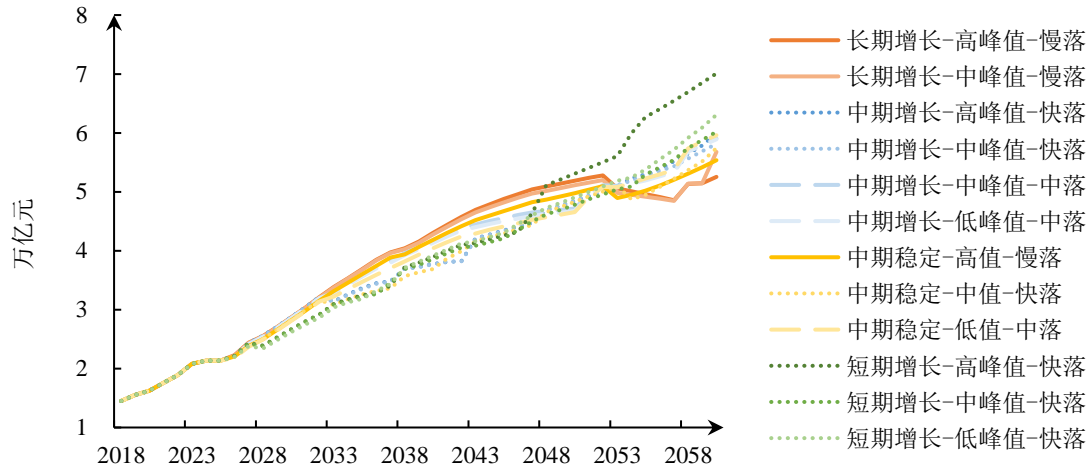


图 2 山西省各绿色转型路径的 GDP 发展变化

本研究核算了不同绿色转型路径的总成本，其中包含重点用能行业发展与转型投资成本、失业补助成本以及 CO2 排放环境成本。发展至 2060 年，山西省主要经济产出与 CO2 排放来源于钢铁业、火力发电行业、交通业、有色金属业与化工行业等，本研究着重考虑不同转型路径下这些部门能源转型所带来的投资成本，结果如图 3 所示。



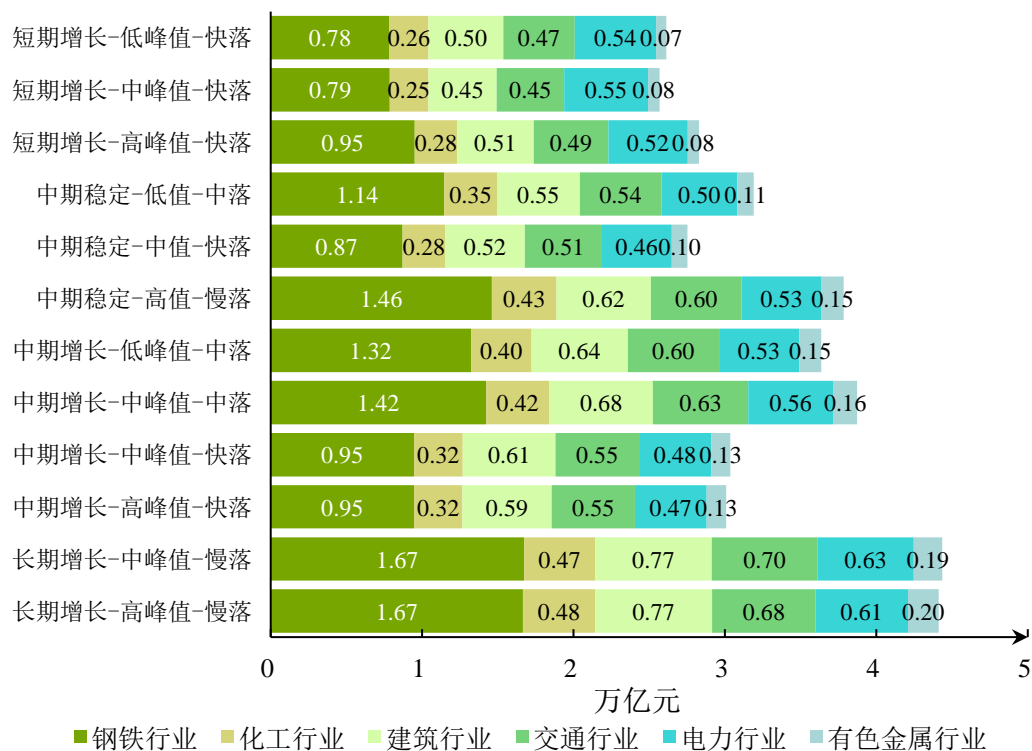


图 3 山西省不同能源转型路径下的投资成本

(3) 转型速度较快的路径下总投资成本较低，重点行业中钢铁业投资额占比超过 30%。

在 12 条转型路径下，长期增长-中峰值-慢落路径下投资成本最高，达到 4.44 万亿元，保守路径与之接近，达到 4.41 万亿元；短期增长-中峰值-快落路径下投资成本最低，为 2.57 万亿元，激进路径与之接近，为 2.61 万亿元，同时，快落类路径投资成本整体相对更低。在重点行业中，交通业、钢铁业、化工行业、有色金属业、电力行业和建筑行业的投资占比分别达到 15.46%-18.51%、29.99%-38.61%、9.90%-11.29%、13.87%-21.55%与 16.49%-20.17%。

本研究对山西 12 条转型路径的经济性分析中，总成本分析进一步考虑了失业补偿成本与 CO2 排放成本。其中，失业补偿成本主要基于年失业人数，以及山西省最低工资标准和失业保险金的领取算法；

CO2 排放成本主要基于不同年份的 CO2 排放量以及中国未来碳交易价格预测，累计成本值如图 4 所示。

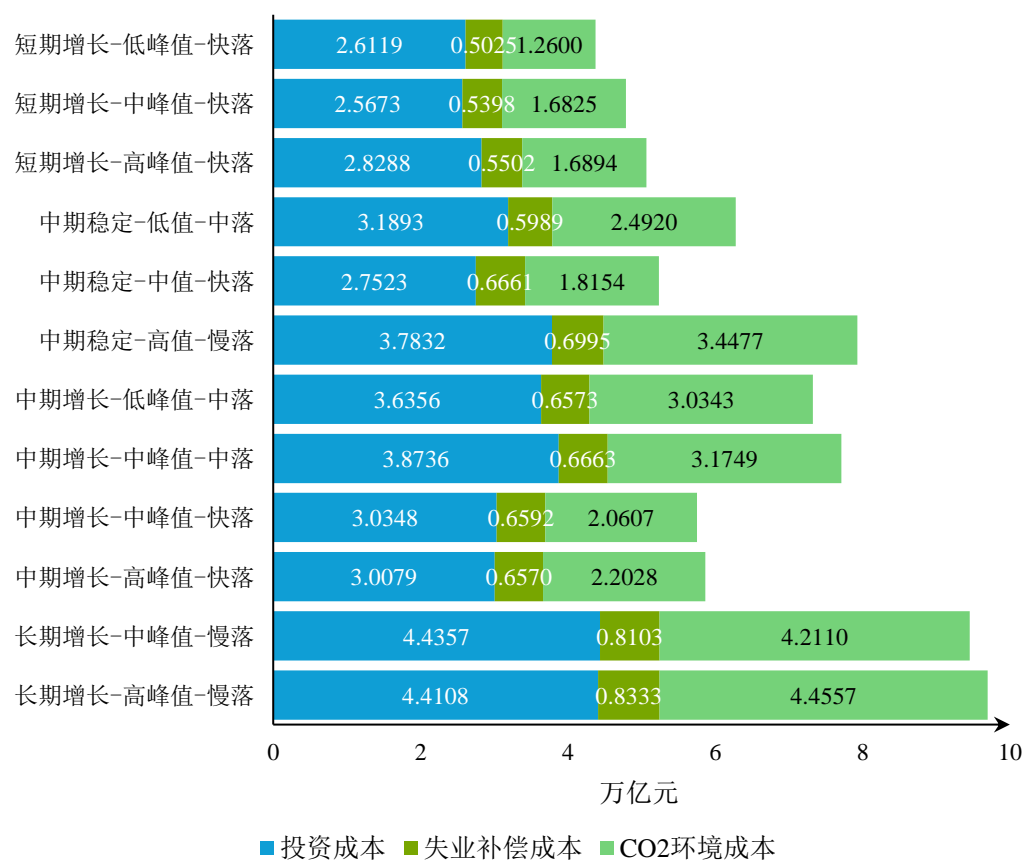


图 4 山西省不同能源转型路径下的总成本

(4) 碳中和期煤炭生产长期保持高位将延迟能源结构与产业结构转型，导致了失业补偿成本和 CO2 环境成本皆处于较高水平。

转型较为迟缓的路径下，煤炭行业退出时间延后且速度加快，大量煤炭行业劳动力失业且此时单位补偿成本较高，导致失业补偿成本更高，同时，长期的煤炭高产量生产导致 CO2 排放达峰较晚且峰值极高，CO2 所造成的环境成本也因此更高。长期增长-高峰值-慢落（保守）路径下，就业补偿和 CO2 排放成本成本最高，分别达到 0.83 万亿元和 4.46 万亿元，短期增长-低峰值-快落（激进）路径成本最低，

分别达到 0.50 万亿元和 1.26 万亿元。

(5) 长期增长-高峰值-慢落（保守）路径及转型速度较为缓慢的路径的整体成本处于较高水平。

短期增长-低峰值-快落（激进）路径下的绿色转型总成本最低，其总成本为 4.37 万亿元。长期增长-高峰值-慢落（保守）与长期增长-中峰值-慢落总成本分别为 9.70 万亿元与 9.46 万亿元，是所有路径中的最高水平，高于激进路径 116.19%-121.74%。在相似的达峰期与峰值下，快落类路径总成本整体更低，平均比慢落路径低 26.86%。

#### 4. 山西省最优转型路径的确定

(1) 综合 GDP 增长的与成本的分析，短期增长-高峰值-快落路径整体经济性最佳，其 GDP 总量最高，为 173.51 万亿元，其转型总成本为 5.07 万亿元。

在经济性最优路径下，山西省 2023-2060 的年均增速达到 3.33%，为所有转型路径下最高；总成本中基于重点行业的投资成本占比达到 59.67%，其中，钢铁行业、化工行业、建筑行业、交通行业、电力行业和有色金属行业的投资成本分别为 0.95 万亿元、0.28 万亿元、0.51 万亿元、0.49 万亿元、0.52 万亿元和 0.08 万亿元；就业补偿成本为 0.55 万亿元；CO<sub>2</sub> 排放环境成本为 1.69 万亿元。

(2) 在经济性最优路径下，山西省 CO<sub>2</sub> 排放应于 2029 年达峰，煤炭生产预计 2026 年前后达峰。

在经济性最优路径下，其煤炭生产于 2026 年达峰，峰值产量为 14.83 亿吨，而后快速下降，到 2060 年总产量为 2.16 亿吨，其 CO<sub>2</sub>

排放于 2029 年达峰，峰值为 365.94 百万吨，到 2060 年排放量为 53.90 百万吨，累计总排放量为 87.40 亿吨。

(3) 最晚转型的路径（保守路径）成本最高，高于经济性最优路径 91.38%，且 GDP 增长低于经济性最优路径 3.01%；而最激进转型路径总成本最低，同时 GDP 增长较低，低于最优路径 GDP 的 5.07%。

经济性最优、最差以及成本最高、最低路径的经济性对比如图 5 所示。从成本角度分析，山西省最晚转型路径即长期增长-高峰值-慢落（保守）路径的整体成本最高转型最激进的路径成本最低，其整体成本分别为 9.70 万亿元和 4.37 万亿元，比经济性最优路径成本分别高 4.63 万亿元和低 0.70 万亿元。经济性最优路径的 GDP 总量最高，转型激进路径与转型保守路径的累计 GDP 分别比最优路径低 5.22 万亿元和 8.79 万亿元。

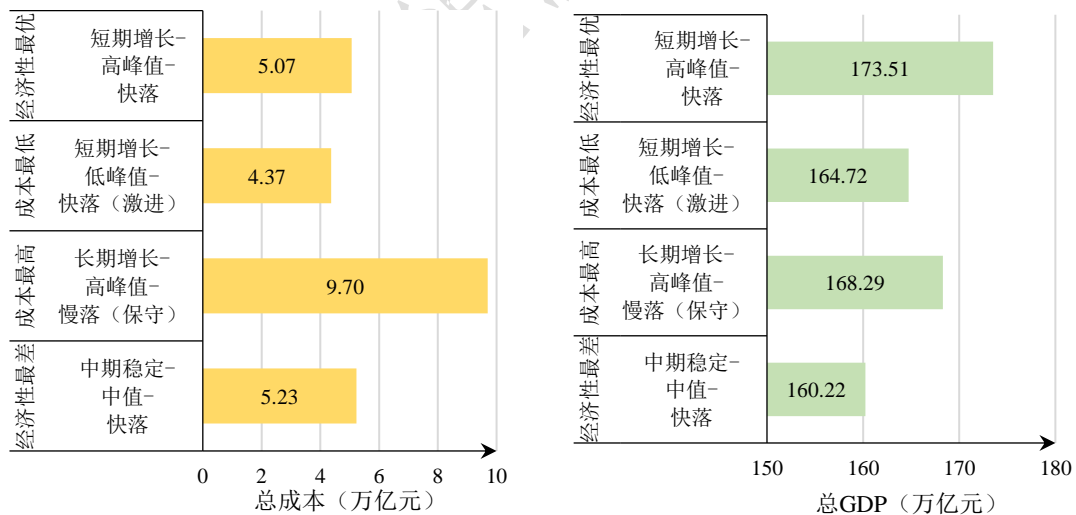


图 5 经济性最优、最差、成本最高、最低路径下的山西省总成本与总 GDP

## 5. 与能源转型相适应的产业结构转型分析

能源结构与产业结构转型高度关联，新优势产业的发展壮大为煤炭重点地区经济发展赋能。因此本部分分析山西省最优转型路径下不同时点的能源与产业结构特征，以及基于煤炭重点地区自身资源禀赋，进一步分析推动煤炭重点地区绿色转型背景下发展氢能产业、储能产业、电解铝及铝精深加工产业、可再生能源产业、数字化产业、碳汇产业的经济性。

(1) 山西省未来电气化水平与清洁能源占比分别达到 80.65%与 67.25%，同时高端制造、化工、有色金属与钢铁行业为逐渐成为支柱产业。

在经济性最优的转型路径下，山西省 2060 年能源结构为煤炭、油气、煤电、风电、光电消费占比分别为 8.36%、11.00%、13.41%、48.92%、16.46%。同时，山西省 2060 年第二产业第三产业产值占比分别为 43.60%和 52.52%，高端制造、化工、有色金属、钢铁行业的第二产业产值占比分别达到 17.72%、7.68%、4.97%、11.15%，有色金属行业成为过渡行业。

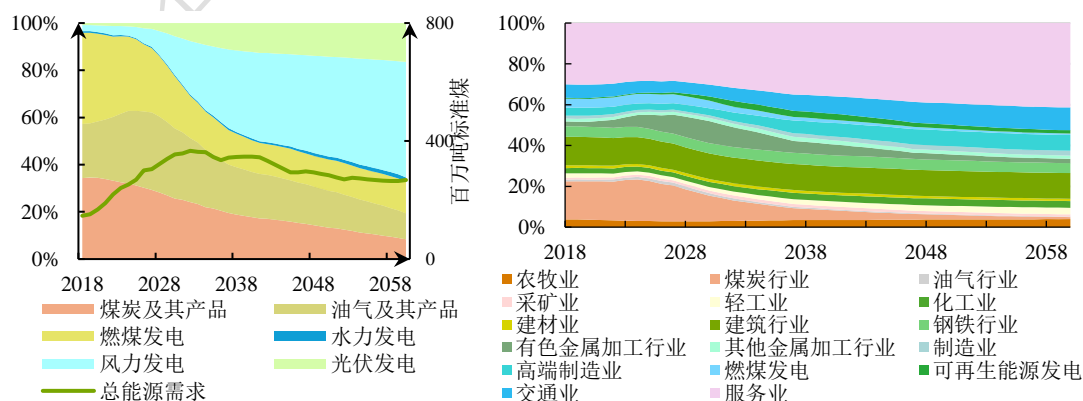


图 5-1 经济性最优路径下山西省能源与结构变化

(2) 氢燃料电池车免收高速费、氢重卡享受优先拉煤权、扩大制氢项目光伏上网比例、通过碳税体现绿氢的绿色价值属性能够有效提升绿氢经济性，促进绿氢推广的作用。

通过对内蒙古纳日松光伏制氢产业示范项目案例分析发现，若氢气车免收高速费，氢燃料重卡的运输成本要低于柴油重卡在柴油燃料叠加高速费后的综合运输成本；若氢重卡享受优先拉煤权，其月度运输收益是柴油重卡的 1.45-5.5 倍；当允许制氢项目的光伏发电 20% 上网时，综合制氢成本为 19.98 元/千克，若扩大上网比例至 30%，则能使综合制氢成本降低至 18 元/千克，此时氢气作为燃料与柴油实现平价；若绿电电价下降到 0.15 元/kWh，制氢成本为 15.09 元/kg，其成本低于灰氢+CCS 价格，能够在煤炭价格 800 元/吨时是咸鱼灰氢+碳税平价。

(3) 推进电解铝企业利用节能技术进行技改，通过先进产能置换老旧产能，同时提高可再生能源的利用，可以实现更低的投资成本与搁浅成本。

通过对霍煤鸿骏铝电有限公司的转型路径分析，在保证产量前提下，节能技术帮助改造可以使原铝产能退出延后至 2028 年；若在技改的基础上继续投资可再生能源电力，原铝产能的退出将被延后至 2037 年，同时其 2023-2050 的总成本比无技改无新能源情景低 112.87 亿元，节能技术改造与可再生能源发展可以为企业迎接再生铝时代带来更长的缓冲时间与更低的经济成本。

(4) 对于煤炭企业而言，在煤炭矿区部署光伏是企业增加可再

生能源供应从而促进煤炭行业绿色化的经济可行途径。

中国内蒙古、山西这类煤炭资源型地区的煤矿区光伏建设潜力与消纳能力较大，为提高煤矿区用能绿色化水平带来机遇。内蒙古、山西煤矿区光伏装机潜力 7.34GW，发电量可达 113.34 亿千瓦时，相当于内蒙古 2022 年采矿业用电总量的 57.39%，可实现年碳减排量 937.2 万吨。对比自发自用与光伏上网两种场景，自发自用下光伏系统的利润相对较高，山西第一年净利润可达 8.23 亿元，内蒙古第 6 年达到盈亏平衡点；对比碳价 93 元/吨与无碳价情景，在碳价 93 元/吨情景下内蒙古、山西煤矿区部署光伏的净收益分别增加 34.68 亿元和 65.8 亿元，碳定价政策将使得山西、内蒙古煤矿区部署光伏的收益增长 17%-20%和 38%-46%；内蒙古、山西煤矿区发展光伏发电具有显著的社会效益，可带动近 25 万就业需求，可以通过培训转岗等方式推进因煤炭缩减产量下岗工人的再就业。

**(5) “东数西算”战略下山西、内蒙古发展数字化产业具有绿色能源供给多、电价低、气温适宜等比较优势。**

数字化产业主要通过拉动直接投资、积累数据要素资本，激发山西、内蒙古经济增长的新质生产力、以及吸引大数据平台企业入驻，促进产业转型升级。此外，通过对山西、内蒙古发展数字化产业经济性的初步测算，山西、内蒙古发展以数据中心为代表的数字化产业总产出可达 1071 亿元，拉动两省 GDP 增长 330 亿元，并促进全社会就业增加 29.94 万人。

**(6) CCER 项目重启和中国碳市场的逐渐完善使山西、内蒙古发**

展林地碳汇产业和草地碳汇产业迎来良好发展机遇。

发展林地碳汇和草地碳汇业可为内蒙古和山西分别带来 649.0 百万吨和 123.5 百万吨的碳储量，按照 2023 年中国 80 元/吨左右的平均碳价水平，发展林地和草地碳汇产业可为内蒙古和山西创造约 1903.71 亿元和 362.15 亿元的效益。

## 6. 促进煤炭重点地区能源转型的政策效果分析

在分析山西、内蒙古煤炭重点地区经济性最优的转型路径基础上，本研究进一步通过政策文本分析、统计分析、计量模型分析、仿真规划模型等方法，从不同类型转型政策对绿色转型效果、经济和社会发展等方面的影响出发，探究能促进煤炭重点地区更好实现能源转型成本最小化路径的政策保障和机制设计，从而为推动煤炭重点地区平稳实现绿色转型提出合理建议。

(1)山西省的绿色转型政策现状为：以能力建设政策工具为主，以激励型政策和命令型政策为辅，各城市在绿色转型政策选取上呈现出明显的地域特色。

研究发现，对于命令型政策、激励型政策和能力建设政策这三类转型政策，山西省使用能力建设政策工具最多，占比达到 47.6%；而激励型和命令型政策工具数量仅分别占总体 27.2%和 25.2%。从城市层面来看，吕梁市明显偏好能力建设政策，其占比高达 54.1%；运城市则较多依赖命令型政策，占比约为 34.1%；而太原市和长治市则倾向于采用激励型政策，占比分别约为 34.0%和 33.3%。



(2) 与民营煤炭企业相比，更大比例的国有煤炭企业正在投资与清洁能源技术来进行低碳转型。

目前，超过 85%的国有企业正参与某种形式的清洁能源转型，而在民营企业中，这一比例不超过 48%，可能的原因是国有企业拥有更多资源以保证新兴产业前期大量的资金、研发人员的投入，而民营企业倾向于规避新技术新市场带来的高风险。同时，民营煤炭企业更专注于其核心业务，对投资回报期较长的低碳转型和可再生能源投资以及涉及的重大业务重组和市场重新定位问题关注较少。

(3) 相比政策单独实施，不同类型转型政策组合具有显著地协同效应，可以平均提升 6.5%的综合绩效。

从政策支撑的角度来看，不同类型的政策组合实施的效果显著优于政策单独实施，政策组合的综合得分提高约 6.5%。其中，激励型政策与命令型、能力建设政策的组合通过“节能减排”机制增强政策对转型效果的影响；命令型与能力建设政策组合可以增长“技术进步”机制效果，显著带动地区经济发展和就业。

(4) 在促进可再生能源发展方面，命令型+激励型政策协同效应最为显著；而在促进能源转型进程中的经济发展方面，命令型+能力建设政策协同效应最为显著。

在山西省经济性最优的转型路径下，通过对三类政策及政策组合的情景模拟，研究发现：在促进可再生能源发展方面，命令型+激励型政策协同效应最为显著，其与单一类型的政策、激励型+能力建设型政策相比，对可再生能源占一次能源消费比例分别可至少提升

16.22%和 20.84%；在促进能源转型进程中的经济发展方面，命令型+能力建设型政策协同效应最为显著。因此，应根据煤炭重点地区转型进程中需要重点解决的问题，采取相应的政策组合策略。

## 7. 结论及政策建议

本研究从经济性角度出发，探究煤炭重点地区经济性最优的能源转型路径，分析绿色现代化产业的发展潜力，并分析促进转型效果的政策工具。研究发现：

(1) 经济性最优路径下，山西省煤炭生产预计于 2026 年左右达峰至 14.83 亿吨，2060 年产量约为 2.16 亿吨；CO<sub>2</sub> 排放预计将于 2029 年左右达峰至 316.2 百万吨，累计总量为 87.40 亿吨。最优路径下，山西省累计 GDP 为 173.51 万亿元，总成本为 5.07 万亿元，其中投资成本、就业补偿成本与 CO<sub>2</sub> 环境成本分别为 2.83 万亿元、0.55 万亿元和 1.69 万亿元。

(2) 最晚转型的保守路径总成本最高，为 9.70 万亿元，高于最优路径 4.63 万亿元，累计 GDP 为 168.29 万亿元，低于最优路径 5.22 万亿元；转型最为激进的路径整体成本最低，为 4.37 万亿元，累计 GDP 为 164.72 万亿元。

(3) 高端装备制造、化工、钢铁与有色金属将成为山西省未来新优势产业，2060 年第二产业产值占比分别为 17.72%、11.15%、7.68%、4.97%，有色金属行业为重要过渡行业，产值将于 2030 年左右达峰，而后逐步下降。

(4) 煤炭重点地区发展矿区光伏、数字化产业、碳汇等产业发

展潜力巨大。山西、内蒙古煤矿区安装光伏装机潜力为 7.34GW，自发自用情况下，山西第一年的净利润可达 8.23 亿元，可带动近 25 万就业；数据中心可拉动 GDP 增长 330 亿元，碳汇产业产值潜力达 2265.9 亿元；同时内蒙古绿氢、储能和动力电池、风机装备制造、原铝等重点产业链发展的经济性问题的突出。

(5) 相比命令型、激励型和能力建设这三类政策单独实施，采用不同类型政策组合可平均提升约 6.5% 的综合绩效，其中，“命令型+能力建设”组合具有良好经济增长绩效，“命令型+激励型”组合在推动能源清洁方面表现更佳。

基于上述主要结论，对于山西、内蒙古煤炭重点地区如何以相对更经济性的路径实现能源转型，提出以下政策建议：

(1) 参照经济性最优的绿色转型路径，合理制定和调整未来煤炭生产目标规划。基于“煤炭生产短期增长-高峰值-快落”路径，山西省政府在绿色转型发展后期应逐步限制地区过多新的煤矿项目审批。

(2) 完善高端制造、化工、可再生能源、氢能、矿区光伏行业、数字化等产业规划政策激励机制。煤炭重点地区政府应规划重点产业的发展目标，出台人才与技术引进、投资吸引、集群发展等政策，并为重点产业提供针对性的绿色信贷、碳排放核算与交易、公共产品收费减免与税收优惠政策。

(3) 构建适当的政策体系为最优路径的实现提供制度保障。山西在 2045 年前后应分别主要采取“命令型+能力建设”和“命令型+

激励型”政策组合，政策手段分别为加大科研投入和针对重点行业的税收优惠与金融工具支持。

中石大碳能院软科学智库

## 关于作者

系列报告总协调人：王建良

本报告校对人：王建良

报告引用：赵晓丽，高瑀，张治，曾筠，邓雅芮. 考虑经济性的煤炭重点地区绿色转型路径[R]. 中国石油大学（北京）碳中和与能源创新发展研究院, 2024S03, 2024年12月28日.



中石大碳能院

ICED-CUPB

中国石油大学（北京）碳中和与能源创新发展研究院

Institute of Carbon Neutrality and Innovative Energy Development, China University of Petroleum,  
Beijing (ICED-CUPB)

联系电话：010-89733072

邮箱：[iced-cupb@cup.edu.cn](mailto:iced-cupb@cup.edu.cn)

微信公众号：ICED-CUPB

地址：北京市昌平区府学路 18 号

Add: No. 18, Fuxue Rd., Changping District, Beijing, 102249, China

