



太原理工大学  
TAIYUAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

# 山西高质量能源转型 的探索行动与思考

SHANXI  
IN TRANSITION  
TOWARD A HARMONIOUS AND HIGH-QUALITY FUTURE

2025.8

“

“山西要认真落实党中央关于促进中部地区加快崛起、推动黄河流域生态保护和高质量发展等战略部署，坚持稳中求进工作总基调，完整准确全面贯彻新发展理念，统筹好发展和安全，努力在推动资源型经济转型发展上迈出新步伐，奋力谱写三晋大地推进中国式现代化新篇章。”

—— 中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平（新华社太原2025年7月8日电）

”



晋青可持续发展公益服务中心  
山西省太原市小店区清控创新基地A座4层  
greensx@qq.com  
欢迎关注“晋青”



# [ 执行摘要 ]

在全球气候变化与能源安全挑战日益凸显的当下，能源结构的绿色转型已成为国际社会的共识与行动指南。作为全球最大的能源消费国及碳排放国，中国承诺2030年前实现碳达峰，2060年前实现碳中和。山西作为中国的能源大省，其能源转型的紧迫性与重要性不言而喻。作为煤炭资源富集区，长期以来山西一直承担着为国家提供稳定能源供应的重要职责。

面对“双碳”目标的刚性约束、《巴黎协定》的国际承诺以及甲烷减排等国际压力，山西的能源转型不仅是响应国家号召的政治任务，更是实现自身经济社会全方位可持续发展的必要之举。尽管山西的能源结构以煤炭为主，但也拥有可观的可再生能源潜力，近年来可再生能源发电比例持续上升，为能源结构的优化提供了有力支撑。政策上《推动绿电资源就地转化助力产业绿色低碳转型工作方案》的实施有效提高了新能源利用率与消纳水平，促进了绿电资源就地转化，不断加快本地能源改革进程。

一方面，传统优势产业在积极探索转型升级之路并卓有成效。比如，煤化工、焦化与钢铁等产业不断进行技术创新与产业链延伸，提升煤炭清洁高效利用水平的同时，向更加绿色低碳方向迈进。清洁能源也不例外，依托相对丰富的风光等可再生资源，积极推动风电、光伏装机、相关装备制造及上下游产业链的发展，并借助国家政策，积极推动抽水蓄能电站建设，大力布局氢能全产业链，已经形成一定基础与规模。比如，2023年山西风电、太阳能发电、水电总装机容量突破5215万千瓦，氢能产业链累计营收502.5亿元。另一方面，高质量能源转型没有仅拘泥于传统煤炭资源产业，在非煤产业也持续拓展深入。山西提出一系列强力支持的政策，为非煤产业的转型升级注入了强劲动力，不仅聚焦高端制造业、文旅、物流及农产品精深加工等领域，还大力推动大数据产业的落地生根，成功吸引国内科技巨头投资建立大数据中心，借助科技赋能和数字化转型，旨在有效推动数个产业的高质量发展。比如，借助本地丰富的文化历史资源与遗产，通过创新宣传、数字转型和深挖康养

资源的方式，推动文旅产业大爆发，致力于将山西打造成为国内外最重要且极具影响力的文化旅游区。

但与此同时也必须意识到，山西的能源转型远非一路坦途，仍然面临着来自国家、地方与社会层面的多重挑战。从国家层面来看，整体能源供应安全始终是战略重点，对煤炭资源产区增产保供的要求未变，山西需在减排优化与增产保供之间找到对自身相对合适的平衡发展区间，且碳市场的运作抬高了高碳企业运营成本，形成了另一个隐性影响。从地方层面来看，山西经济结构相对单一，长期以来对煤炭及相关产业依赖过大，新能源及其他非煤产业成熟度和发展空间相对不足。此外，环境与大气污染治理的紧迫性也给地方经济增长带来一定压力。从社会层面来看，煤炭及相关产业对就业吸纳和地区稳定作用巨大，持续推动的高质量能源转型会对依赖煤炭产业的就业群体及周边造成冲击与影响，职业技能培训与社会稳定成为必须考虑的问题。基于此，本报告结合山西现有实际发展情况，尝试探索提出一条现阶段较有现实操作性的全维度能源转型路径，具体如下。

自上而下，政府需保持能源政策的平稳与积极，加强政策间的统筹协调。转型方式要避免盲目追求清洁能源而忽视现实供应安全，需统筹协调中央与地方政策，形成“中央战略一盘棋，地方政策因地制宜”的局面，并鼓励地级市根据资源禀赋、经济结构等制定差异化转型政策。同时，转型过程中需高度关注煤炭行业从业人员的生计与权益，确保平稳过渡。

自下而上，激发企业、科研机构等多元主体的参与度与责任感，形成合力。政府应积极鼓励地方参与者主动投身于小规模可再生能源项目，以此为基石，循序渐进地构建出集中与分散相辅相成的电力生产新模式，且碳排放交易管理作为推动能源转型不可或缺的一环，其具体机制的落实过程同样值得密切关注。但能源领域的复杂性与广泛性意味着转型之路并非坦途，各类能源企业需摒弃被动等待的心态，积极发挥主观能动性，驱动创新，致力于下一阶段真正有效的绿色低碳清洁能源高效利用技术的研发与推广。

**报告撰写:**  
太原理工大学 经济与管理学院 寇静娜 副教授  
太原理工大学 经济与管理学院 姚西龙 教授  
太原理工大学 经济与管理学院 刘梦冉 硕士研究生  
太原理工大学 经济与管理学院 董凯丽 硕士研究生  
太原理工大学 经济与管理学院 温斌斌 硕士研究生

**项目支持:**晋青可持续发展公益服务中心  
**特别致谢:**王晓军 赵沛 杨鑫泊  
**图片提供:**刘逸凡



# CONTENTS 目录

从外到内，重点关注战略新兴能源产业的发展潜力，实现规模化与产业链的增长突破。比如，氢能作为一种应用前景广阔的新兴能源载体而备受关注，但全面推广氢能需考虑其色度问题和国家宏观战略的需求。山西作为煤炭资源的主产区也具有氢能发展优势与基础，需在保障能源供应安全的前提下探索平稳的过渡方案，政府应制定综合政策措施包括资金支持、技术研发、国际合作和产业链建设等，从而为氢能产业的发展提供强有力的支撑。

从内到外，持续拓展对外合作，提升自身在能源转型领域的影响力，进而推动全省乃至我国的能源可持续发展之路。作为全国能源革命综合改革的先锋，山西应把握战略契机，加速产业与能源结构的优化调整，通过一系列务实合作举措推动与多方达成合作意向与具体项目落地。在“公正能源转型兄弟关系”模式下加强与周边省份在能源政策、技术创新、市场开拓等方面的沟通与协作，进一步深化省际协同和能源市场一体化，加强科技创新协同，人才培养与交流，以及政策协调与支持，构建跨省能源合作新机制。并积极响应“一带一路”倡议，在国际舞台上，将目光投向中亚、东盟及非洲等区域，积极探索合作新机遇，以实际行动通过“山西方案”和“山西形象”推动全球可持续发展目标的实现，提升对外能源合作的国际影响力。

2025年，在即将步入“十四五”规划末期与迎接“十五五”规划开局的关键时期，山西高质量能源转型的战略定位与实践路径核心在于既要遵循国家碳达峰、碳中和及能源绿色低碳转型的总体战略，确保能源供应的安全性，又要深刻认识到山西作为煤炭资源大省在转型中的特殊地位与挑战。

为此，转型策略需着重关注四个方面：

一是构建“公正能源转型兄弟关系”模式，通过强化省际合作，共享转型经验，优化能源资源配置，为山西乃至国家层面的能源结构优化与国际化合作奠定坚实基础；

二是正视煤炭在一定时期内作为能源结构的“稳定器”与“压舱石”作用，既减缓其生产与消费增速，又推动高效清洁技术的革新，以确保在能源转型过程中煤炭产业的平稳过渡，更为煤炭的最终淘汰打下基础；

三是确保转型路径的持续性与不可逆性，这要求从政策制定到民众意识均需保持对能源转型的坚定态度，需要不断提升公众对绿色低碳发展的认知与参与度；

四是深刻洞察煤炭行业转型的复杂性与长期性，平衡能源安全、绿色发展与社会利益之间的关系，特别是在培育替代煤炭的新兴业态时，需给予充分的政策扶持与市场引导，避免化石能源使用惯性阻碍转型进程。

大同市建在500亩废弃煤矸石场上的50MW光伏电站  
来源: ©大同日报

Shanxi in Transition:  
Toward a Harmonious and  
High-Quality Future

|   |                        |    |
|---|------------------------|----|
| 1 | 第一章 当前现状               |    |
|   | 1.1 能源转型早已迫在眉睫         | 03 |
|   | 1.2 山西推动能源转型具备一定基础     | 04 |
|   | 1.3 山西通过产业结构优化能源转型     | 06 |
|   | 1.4 山西高质量能源转型的定义与面临的问题 | 06 |
| 2 | 第二章 “双碳”目标下山西能源结构的变化趋势 |    |
|   | 2.1 能源生产和消费结构          | 09 |
|   | 2.2 煤炭生产和消费结构          | 12 |
|   | 2.3 天然气生产和消费结构         | 14 |
|   | 2.4 电力生产和消费结构          | 16 |
| 3 | 第三章 山西能源行业的主要转型行动      |    |
|   | 3.1 煤炭行业               | 21 |
|   | 3.2 焦化及钢铁行业            | 25 |
|   | 3.3 清洁能源及战略新兴能源行业      | 28 |
|   | 3.4 文旅产业               | 34 |
|   | 3.5 大数据产业              | 36 |
|   | 3.6 其他非煤行业             | 38 |
| 4 | 第四章 山西能源行业转型的挑战        |    |
|   | 4.1 国家层面               | 42 |
|   | 4.2 地方层面               | 46 |
|   | 4.3 社会层面               | 53 |
| 5 | 第五章 山西高质量能源转型的探索行动方案   |    |
|   | 5.1 自上而下：政府能源心态与政策统筹协调 | 57 |
|   | 5.2 自下而上：各层参与者的责任与技术创新 | 58 |
|   | 5.3 从外到内：战略新兴能源的弯道超车   | 58 |
|   | 5.4 从内到外：全面拓展能源合作      | 59 |
| 6 | 第六章 结论                 |    |
|   | 结论                     | 60 |
|   | 参考文献                   | 62 |





# 01

## 当前现状

- 1.1 能源转型早已迫在眉睫
- 1.2 山西推动能源转型具备一定基础
- 1.3 山西通过产业结构优化能源转型
- 1.4 山西高质量能源转型的定义与面临的问题

## 第一章 当前现状

当下，全球气候变化和能源安全问题突出，迈向清洁能源的转型已成为世界各国面临的重大议题，中国作为全球最大的能源消费国和碳排放国，为展现负责任大国的责任与担当，明确绿色低碳的可持续发展方向，2020年9月中国国家主席习近平正式宣布中国将在2030年前实现碳达峰，2060年前实现碳中和。在中国降低碳排放过程中，煤炭资源型省份的产业结构对碳排放影响深远，为了确保全国“双碳”目标的顺利实现，煤炭资源型地区加大能源转型与产业结构升级探索，在各方共同努力下，煤炭资源型地区转型发展体制机制不断调整、政策框架逐步完善，持续推进经济结构、生态环境、民生保障等重点任务，转型工

作取得了阶段性成果。

其中，山西作为国家重要的煤炭资源大省和能源基地，因本地经济与社会发展对能源及相关产业严重依赖的局面在短期内较难改变，加之承担全国能源保供重任，以至于碳排放量与转型压力巨大，极具研究典型性。换言之，山西转型过程的平稳和顺利对本省经济社会进入绿色和谐新发展模式至关重要，其能源转型的速度和成效对中国顺利实现“双碳”目标也极具关键作用。基于此，总结现阶段山西能源转型的经验教训，循序渐进探索并推进山西能源高质量转型与可持续发展迫在眉睫且意义重大。

### 1.1 能源转型早已迫在眉睫

煤炭作为应用历史最悠久的化石能源，其高碳排放特性已成为全球应对气候变化和降低碳排放过程中的最突出挑战。中国“富煤贫油少气”的能源结构意味着煤炭在国内具有悠久历史和举足轻重的重要性，调整转型难度也相对较高。从1978年改革开放起，中国煤炭体制从完全的计划经济体制逐步过渡到初步市场经济体制，由于经济发展对煤炭需求大幅度增加，1983年国家为了进一步驱动经济发展，针对煤炭产业分别提出“有水快流”和“国家、集体、个人一齐上，大中小煤矿一起搞”的发展战略。到1997年全国共有各类煤矿矿井6.4万个，不仅对行业本身发展造成很大负面影响，更重要的是严重威胁环境保护和气候减排，进入积重难返必须改革的困境之中。

为了解决煤炭乱象并从根本上调整优化产业结构，1998年国务院开始改革煤炭管理体制，通过政企分离改革制度，赋予原煤炭部直属的国有重点煤矿自我裁量权。通过系列变革煤炭产业效率有效提升，产能实现稳步增长，但煤炭过度开采与依赖且环境污染的问题并未得到彻底解决。进入2000年以后，中国工业制造业的爆发式增长使得煤炭需求超规模发展，直至2016年受“去产能”政策和需求放缓的双重影响，煤炭产量才减缓到自2010年以来的最低点，但总体上仍占据全球煤

炭总产量的一半。为此，在巨大转型压力下，中央政府自上而下持续加大力度推动对煤炭产业的调整优化，加强对煤炭资源的绿色高效利用。

其一，能源供需关系与“退煤”风潮之间的矛盾为资源省份加快转型加码。后疫情时代，国际能源供需形势错综复杂，加之受地缘政治冲突、极端天气等不确定因素影响，区域性、时段性、品种性的煤炭供需矛盾始终存在，2022年乌克兰危机加剧导致欧洲能源危机，大幅度提高了能源进口地区对煤炭等化石能源的依赖性，以至于煤炭价格不断在高位震荡<sup>[1]</sup>，极大程度促进了煤炭资源型地区经济发展。特别是自2021年春夏出现能源供应危机，山西成为全国能源保供的重点基地，周期性煤炭价格的增长带动了本地经济加速提升，但这并非长久态势，迈向清洁能源转型的态势并不会减弱。随着“退煤”风潮的持续推进和COP28大会发布对摒弃化石能源的明确态度，全球各国对煤炭需求预计在2024-2026年出现下降趋势。与此同时，随着煤价逐步回落、进口替代增多以及非化石能源的快速发展，煤炭红利并不会长久持续，从中国能源转型的发展进程中看，2030年中国碳达峰之前，正是山西煤炭产业启动转型筹备优雅谢幕的最佳窗口期。在此期间，山西经济高质量发展亟需找到一个平衡点和新的支柱产业，在保



障国家能源供给安全的同时，也能降低本省的碳排放量，否则将会在煤炭消费达峰后面临快速下行的风险。

其二，“双碳”目标的提出使得能源转型成为唯一正确选择。从定义上看，碳达峰是一个时间点的概念，即在某一时间节点，二氧化碳的排放量达到峰值不再增长，之后逐步降低；碳中和是指通过节能减排、植树造林和绿色能源等减碳行为来减少二氧化碳排放或从大气中消除同等数量的二氧化碳来抵消自身的排放，实现净排放为零<sup>[2]</sup>。从全球范围看，各国碳排放处于不同阶段，英国、法国、美国等发达国家在上世纪70-80年代已经达到峰值，现处在下降阶段；中国处于产业结构优化升级阶段，排放量即将进入“平台期”；印度等新型国家因工业、经济快速发展，排放量逐步升高<sup>[3]</sup>。随着全球应对气候变化压力日渐增大，为减少碳排放，英国、美国、日韩及欧盟等发达国家或地区纷纷致力于提出实现碳中和目标的发展方略，如英国最早通过立法确定2050年实现碳中和，欧盟成为全球第一个承诺向零碳目标迈进的国家集团，且绝大多数发达国家也将时间设定在2050年。自2005年中国超越美国成为世界第一大碳排放国，中国一直在为碳减排做出努力，并在2020年明确提出“3060”的目标，在此目标下，中国政府已经将能源领域当作减碳主战场，通过政策颁布、技术升级等措施，自上而下着重推动以清洁能源代替传统能源、优化能源产业结构、提升能源利用效率、加速低碳技术研发推广、健全低碳发展体制机制，旨在通过

不断探索并夯实能源产业变革路径，使本国在新一轮全球能源转型进程中处于竞争优势地位。

其三，《巴黎协定》与新增的甲烷减排压力加速能源转型。2015年发布的《巴黎协定》作为全球应对气候变化里程碑式重要协议，旨在推动全球向低碳、可持续的能源体系转型，它要求每个国家具体制定并详细通报其2020年后气候行动，各缔约方每五年向《公约》秘书处提交一次国家自主贡献（NDCs）。为尽快达到温室气体排放的全球峰值，中国政府在《巴黎协定》的实施过程中，主动公布国家自主贡献目标报告，通过推动产业和能源结构的调整，提高能效，建立和完善碳市场，增加森林碳汇，以及提高对气候变化的适应能力等一系列措施来促进能源转型和减少温室气体排放。除二氧化碳之外，甲烷成为导致全球气候变暖的第二大温室气体，对全球变暖贡献率达25%，国际能源署（IEA）数据显示，2022年全球和我国甲烷排放量分别为35580.13万吨、5567.61万吨，我国甲烷排放量占全球比重为15.65%，因此在《巴黎协定》的要求下，在进行能源转型以应对气候变化的过程中，除二氧化碳的减排压力，甲烷减排也面临着重要挑战和压力。其中，煤矿井下开采活动是甲烷排放的主要来源，作为重要的煤炭生产地区，受资源赋存条件影响，据初步测算，2010-2023年，山西煤炭开采甲烷排放量从510万吨增长至829万吨<sup>[4]</sup>，位居中国前列，是我国甲烷控排的重点区域，正因如此也承担着减少甲烷排放的重任。

2023年底，山西全年外送电量再创新高，达1576亿千瓦时，同比增长7.67%，相当于输送标煤4869万吨，减排二氧化碳1亿多吨<sup>[5]</sup>。同时，为进一步助力本省绿色转型发展，提升新能源消纳能力，山西不断提升电力外送含“绿”量。2023年，新能源外送电量95.86亿千瓦时，同比增长14.95%，其中绿电交易达到23.11亿千瓦时，位列省间外送绿电省第一位，本地电网也已成为国家跨区“西电东送”“北电南送”和特高压“三交四直”输电通道的重要汇集点。

为充分利用好山西绿电资源，将其资源优势转化成为发展优势，打造经济发展新动能，在2024年，山西能源局印发了《推动绿电资源就地转化助力产业绿色低碳转型工作方案》，《工作方案》指出，希望通过从壮大绿色产业招项目、拓展绿色能源引技术、推动“重点行业+绿电”、创新绿电供给机制、完善绿电消费配套措施五方面着手，促进绿电资源就地转化，吸引产业在当地落地、当地聚集；随后成立推动绿电资源就地转化助力产业低碳转型工作专班，来落实省委、省政府关于推动绿电资源就地转化助力产业低碳转型的工作要求，不断加快本地能源改革进程。

传统优势产业也加速转型，副产制氢优势明显。为开拓绿色安全高效产业转型新路径，山西已经提出了将煤炭优势转换为电力优势的战略，通过加快培育战略性新兴产业发展，推动产业升级，特别是煤电、焦化、钢铁和煤化工等产业作为山西传统优势产业，其能源转型更是受到山西政府的高度重视。山西的氢能主要来源于

焦化产业和煤化工产业等优势产业，制氢原料来源丰富，在氢能产业链的布局上，山西已经形成了完整的产业链条，上游以焦炭和焦炉煤气生产为主，中游涉及焦炉煤气制氢，下游则是氢能的应用场景，包括交通运输、工业生产等领域。为指导和促进氢能产业发展，山西政府已经出台了多项政策和规划，譬如《山西省氢能产业发展中长期规划（2022-2035年）》《山西省氢能产业链2023年行动方案》和《促进氢能产业高质量发展若干政策》等，进一步推动了本地氢能产业链上下游、产供销、大中小企业协同发展，助力“煤都”变身“氢都”，也为加速本地能源转型夯实基础。

此外，针对甲烷排放，近期山西生态环境厅联合其他11个部门共同印发了《推进甲烷排放控制行动实施方案》，旨在科学、合理、有序地控制该省重点领域的甲烷排放。目前，瓦斯发电是主要的减排方式，不同浓度的瓦斯利用方式也多种多样，在能源领域，山西加快低浓度瓦斯的综合利用，提高煤矿瓦斯抽采利用率，力争到2025年达到50%；在农业领域，则着重于推进畜禽粪污资源化利用，以降低甲烷排放强度；同时，还计划在垃圾和污水处理领域推动资源化利用和甲烷收集利用。山西作为中国的能源大省，正在通过加强技术研发、完善经济激励政策，并构建全面的减排管理体系等措施来控制甲烷排放，尤其是在煤炭开采领域，以实现碳达峰和碳中和的目标，进而推动能源结构转型，这对于全球气候变化的应对具有重要意义。

1.2 山西推动能源转型具备一定基础

事实上，山西不仅煤炭资源丰富，可再生能源资源和其他资源也有较大开发潜力，基本具备转型的基础。风力资源方面，山西风速的分布和地形地势有密切的关系，因其境内地形复杂，地势北高南低，山脉起伏连绵，总体来说，平均风速北部大于南部，山区高于盆地。2023年，山西70米高度平均风速约4.99m/s，平均风功率密度约为153.45W/m<sup>2</sup>，尤其北部区域平均风功率密度超300W/m<sup>2</sup>，位居全国前列，有利于风力发电。山西还是我国太阳能资源较为丰富的地区，北部日照相对充足，年太阳辐射总量为5850~6680MJ/m<sup>2</sup>，相当于日辐射量4.5~5.1kWh/m<sup>2</sup>，日照时数3000~3200小时；光伏资源相比于华北地区其他省份更为丰富，其光伏组件制造建设产业也有一定基础，光伏装机量逐年递增。

随着国家对新能源发展的重视，山西对风能、太阳能等可再生能源的投资与开发已经开始逐步加强，特别是“十四五”以来，可再生能源已经进入大规模、高比例、高质量发展新阶段，山西在拥有风光优势这一基础上，其利用风电，太阳能发电的趋势更为明显。

电力方面，山西作为能源革命综合改革试点，是全国大型煤电基地之一，但可再生能源发电也在持续增大比例。在此背景下，为提高对可再生电源的利用率，山西通过在电力系统中加入储能设施等措施，来平衡用电高峰时期的电力需求，不仅使电力系统运行的波动性减小，也使得电力外送规模增大。随着电力的增长，山西借助特高压技术，推进外送电通道建设，来提升电力外送能力，承担起了向全国多地外送电力的任务。截至





### 1.3 山西通过产业结构优化能源转型

作为中国高耗能、高碳排放大省，在“双碳”目标下，山西面临着巨大的节能减排压力。从能源供给看，煤炭资源禀赋及丰富的矿产资源使得本省在全国能源供应格局中表现为重要的供给角色，但因其能源消费结构以煤炭为主，反映到碳排放水平上，无论是碳排放总量还是单位GDP碳排放水平，均位居全国高位。从能耗强度看，自“十四五”以来，山西单位GDP能耗逐年降低，节能减排效果逐渐显现，但整体能耗降幅仍处于全国中等偏下水平，造成此种结果的原因多是由于本省经济高度依赖煤炭产业，导致产业结构单一，既不利于绿色能源发展，也影响能源转型进程。总的来说，作为中国典型的煤炭资源型省份，山西产业发展偏于重工业，特别是煤炭、氧化铝、焦炭、钢铁、电力等能源行业和高耗能行业，轻工业相对薄弱。时至今日，山西对煤炭工业的依赖仍处高位，2023年本地煤炭工业增加值占规上工业比重仍超一半以上，在很大程度上带来了以煤为基础的产业结构转型困难。

除此之外，动荡起伏的国内外形势也极易对煤炭等资源价格产生巨大影响，进而对山西等资源型地区经济造成不同程度的冲击，即当前及下一阶段山西经济与社会发展必须探索更多有效转型路径，才能切实降低风险与冲击。

为走出“煤炭依赖”困境，“十四五”期间，山西开启产业结构优化转型之路，旨在通过将本省煤炭、焦化、冶金和电力四大传统支柱产业改造提升，大力发展新型装备制造业、现代煤化工和新型材料等新兴产业，

来加快经济发展方式转变和能源产业结构调整。具体来看，山西能源产业转型主要从两方面入手，其一是改造提升传统优势产业，特别是通过智能化和数字化技术改造传统煤炭、电力等行业，进一步推动本省能源产业新质生产力的发展，优化重大生产力布局；另一方面是发展壮大战略性新兴产业，变“一煤独大”为“多业支撑”，促进煤与非煤产业逐步实现历史性“结构反转”，通过这些措施，实现本省从传统资源依赖型经济向更加多元化和可持续的现代经济体系的转变。

不仅如此，在推动本省产业向更高端、智能化和绿色化方向发展的过程中，山西政府愈发认识到产业结构的优化不能仅简单地以直接放弃煤炭为主，还要强化突出自身对煤炭产业的熟悉优势，适当降低煤炭在能源中的作用，寻求更为高效的优化升级方式。譬如，通过技术创新，提高煤炭洗选、深加工和转化能力，发展现代煤化工产业和推进煤矿智能化建设等方式进行煤炭产业的优化升级；利用其丰富的风能和太阳能等优势资源，大力发展风电和光伏发电，优化产业结构，同时通过特高压输电技术，将电力资源优势转化为经济优势，向其他省份输送电力来推动本省电力产业的发展；新材料产业、文化旅游产业和农业等产业的现代化发展都体现了山西在产业转型升级中，正试图通过利用优势资源，聚焦战略性新兴产业发展，用科技赋能传统产业，大力推动“智能+”技改，来加快提升产品附加值和综合竞争力，推动产业提质升级，助力本省能源转型顺利进行。

### 1.4 山西高质量能源转型的定义与面临的问题

党的十八大以来，中国能源进入高质量发展新阶段。高质量发展，是从量到质的一个根本性的演变，其最终目标是推动我国经济发展方式的转变，建立现代化经济体系。对于高质量发展的内涵，从宏观层面理解，是指经济增长稳定，区域城乡发展均衡，以创新为动力，实现绿色发展，让经济发展成果更多更公平惠及全体人民；从产业层面理解，高质量发展是指产业布局优化、结构合理，不断实现转型升级，并显著提升产业发展的效益，包括产业规模不断扩大、产业结构不断优化、创新驱动转型升级、质量效益不断提升<sup>[6]</sup>，可具体归结为质量变革、效益变革、动力变革，这“三大变革”既是高质量发展的目标，也是实现路径。基于此，本报告指出，资源型地区的

能源高质量发展就是要走生态优先、绿色低碳、经济稳妥、社会公正的和谐发展道路，确保地区的能源生产与消费模式更加清洁绿色低碳，助力本地经济与社会更加健康、平衡与可持续发展。

在此背景下，为加快推动山西的能源高质量转型发展，就要始终坚持以习近平总书记提出的“四个革命、一个合作”的能源安全新战略为指引，以提高能源系统的整体供给的质量作为主攻方向，扭转粗放型的发展模式，加大物力、资金、人力等方面的投入，来持续推动“三大变革”，扎实推进能源产业朝着更高质量、更有效率，也更加公平、更可持续方向发展<sup>[7]</sup>。但在当前的国际形势下，不稳定不确定的因素进一步增多，山西作为国家核心能源

基地，整体面临着老问题与新情况不断交织集聚且叠加演化的挑战。

其一，尽管进行了一系列“轰轰烈烈”的改革，山西的能源产业结构还是以煤为主，深度依赖程度并未缓解。从2021年起连续三年山西煤炭产量超过11亿吨，2023年煤炭产量甚至占全国总产量三分之一，通过换算可知约占当年全球煤炭产量的15.5%；2022年煤炭消费量为38314万吨，同比增长3.28%，较2015年更是增加了9798万吨，其能源消费大多集中在钢铁、煤炭、化工、焦化、等行业，焦化和电力热力行业更是煤炭消费量集中区。作为中国最大的煤炭产地，“一煤独大”的产业结构造成了本省碳排放量在较长时间内居高不下的情况，对煤炭的过度依赖显然不能在短时间内得到解决，新产业虽然在加速发展，但与煤炭主业在体量上仍有较大差距。

其二，非化石能源各项比重仍偏低，新能源增长潜力不足。从能源消费结构看，2022年，山西非化石能源在本省能源消费总量中的占比仅为8%，这一比例低于全国平均水平8个百分点<sup>[8]</sup>。对于山西这样的传统能源大省，从以煤炭为主的能源结构转型到以非化石能源为主的结构，是一个复杂且长期的过程，涉及到经济、社会、技术等多方面的挑战，对本省能源转型带来了困难。从发电情况看，山西发电机构仍以火电为主，2010年以来，尽管山西的能源结构不断调整，可再生能源装机容量和发电量不断增加，但其在全省装机容量和发电量中所占比例依然偏低；在新能源利用上，山西可再生能源发电量大多产自风电和光伏，水电排第三，这三种类型的发电量占全部可再生能源发电量的90%以上，生物质发电和地热发电量极少，几乎可以忽略不计，究其原因主要是资源条件和技术的限制，使得本省相比于其他省份，新能源的种类可能相对较少，绿色能源规模化受限，在很大程度上影响了本地能源低碳转型甚至是高质量转型。

其三，相关能源政策与技术创新有效性及社会稳定性亟待提高。一方面，山西正积极推进碳中和政策框架的构建，力求在保障国家能源安全的同时，推动能源结构的转型升级，但能源政策的迟缓实施可能会限制其转型效果，使山西更加陷入“转而未转”的被动状态；另一方面，山西矿产资源丰富，为保障资源开采安全，就必须持续加强对技术的创新升级，然而本省人才吸纳能力偏弱，能源科技创新能力不强，部分技术设施还存在着受制于人的短板，以至于本省煤炭相关清洁利用技术市场转化程度和其他清洁能源的技术创新程度较低。此外，作为煤炭大省的山西在能源转型过程中比别的省份

所要面临的挑战更加尖锐，因煤炭是其经济发展的一大来源，能源转型又要求其摆脱对煤炭的过度依赖，这可能会进一步加剧山西在转型过程中面临的失业、投资风险及煤炭价格波动等社会问题，影响整体稳定，以上种种都制约着山西能源高质量转型的发展。

事实上，山西作为全国能源战略一盘棋中的重要棋子和关键角色，其独特的资源禀赋和产业基础，尤其是在煤炭资源和传统工业领域的优势，使其在能源转型、绿色发展和产业升级中具有重要战略意义。但山西的转型无法单打独斗，仅凭一己之力难以实现全面突破，必须依托中央的战略统筹和全局安排，深度融入国家发展大格局，才能有望实现既定的转型目标，即在能源转型革命进程中，要与中央政策保持一致，助力实现“双碳”目标的同时，还要满足全国的能源安全和低碳发展需求。在产业高质量转型进程中，须加快产业升级，培育新兴产业，通过与全国其他地区的产业链、创新链深度融合，推动本省能源技术创新和传统产业转型，提升产业链和价值链水平。在生态保护方面，还要联合周边省份，通过黄河流域生态保护和高质量发展战略，与西部地区实现资源互补，推动区域生态环境协同治理。此外，还需积极参与京津冀协同发展、中部崛起等国家战略，与周边省份形成区域联动发展新格局，才能在国家整体战略布局中发挥最大作用，实现高质量转型发展和共赢局面，为全国经济与社会发展贡献更大力量。

2021年是“十四五”规划开局之年，也是国家对煤炭由松变紧的一个重要时间节点，在这一年的时间里，党中央国务院及国家有关部门出台近50项与“煤”相关的政策文件，引导行业保证煤炭供给、清洁高效利用、加快智能化建设、深化安全生产、推动资源地区转型等；这一年也是山西转型关键窗口期的开始，即必须以煤炭为国内能源稳定的支柱，并竭力在2025至2030年前逐步扭转煤炭消费和利用属性，探索多元高效绿色的高质量格局，才可能有望实现地区转型。

2025年即将迎来“十四五”的收官之年，回顾过去，展望即将到来的“十五五”规划周期，本报告将在这一重要时间节点，全面分析山西煤炭、天然气、电力生产和消费结构，及可再生能源电力供给情况，为尽早实现双碳目标，促进山西能源转型，对本土的传统优势产业，特别是煤炭行业和非煤行业的能源转型行动进行整体研判。从国家、地方和社会层面出发，考虑在不同层面山西能源转型面临的挑战，并对现有的国内外资源型地区的转型经验归纳分析，辅之以现阶段的形势变化，建构适合山西的高质量和谐能源转型探索行动方案。



# 02

## “双碳”目标下山西能源结构的变化趋势

- 2.1 能源生产和消费结构
- 2.2 煤炭生产和消费结构
- 2.3 天然气生产和消费结构
- 2.4 电力生产和消费结构

## 第二章“双碳”目标下山西能源结构的变化趋势

### 2.1 能源生产和消费结构

#### 2.1.1 一次能源生产结构

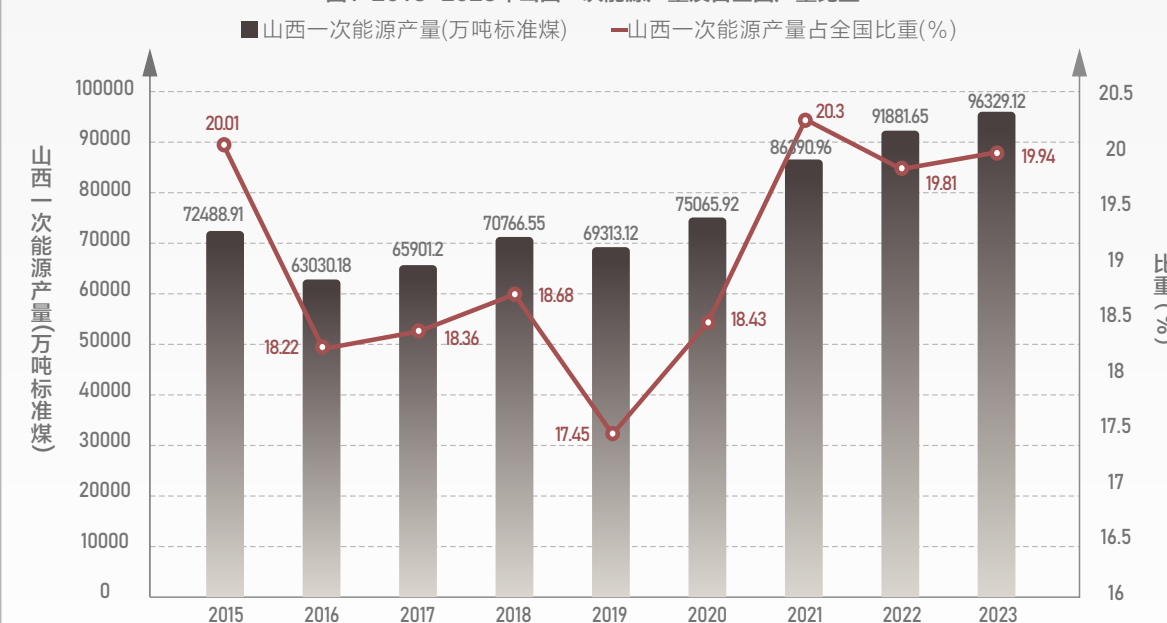
山西能源结构是中国能源结构的缩影，其煤炭产业的发展在经济增长方面影响深远。2023年，山西一次能源产量达到96329.12万吨标准煤，与2015年的72488.91万吨标准煤相比，涨幅明显，但其占全国比重略有降低，特别是2019年，一次能源产量占全国一次能源产量比重达到最低，为17.45%，随后几年又有回升趋势，直至2021年，占比达到最高20.23%，此后两年占比虽有降低，但始终在一定范围内波动，截至2023年，山西一次能源产量占全国产量比重的19.72%。整体看，山西作为中国重要的资源大省和能源基地，其能源产量几乎占全国能源产量的五分之一，承担起了向全国能源保供的重任。

山西以“煤”闻名，煤炭资源极为丰富，2015年，仅原煤产量就占其一次能源产量的99.3%，直至2023年，此比例虽有下降，但依然高达95.54%。近十年，全球大力提倡能源转型，为响应这一政策，山西正大力发展清洁能源。从图2中可以看出，山西一次能源

生产结构仍以原煤为主，其产量几乎占一次能源生产总量的95%以上，虽然山西风、光、水电和非常规天然气的产量比不上原煤产量，但总体上来看，其占比一直处于增长状态。

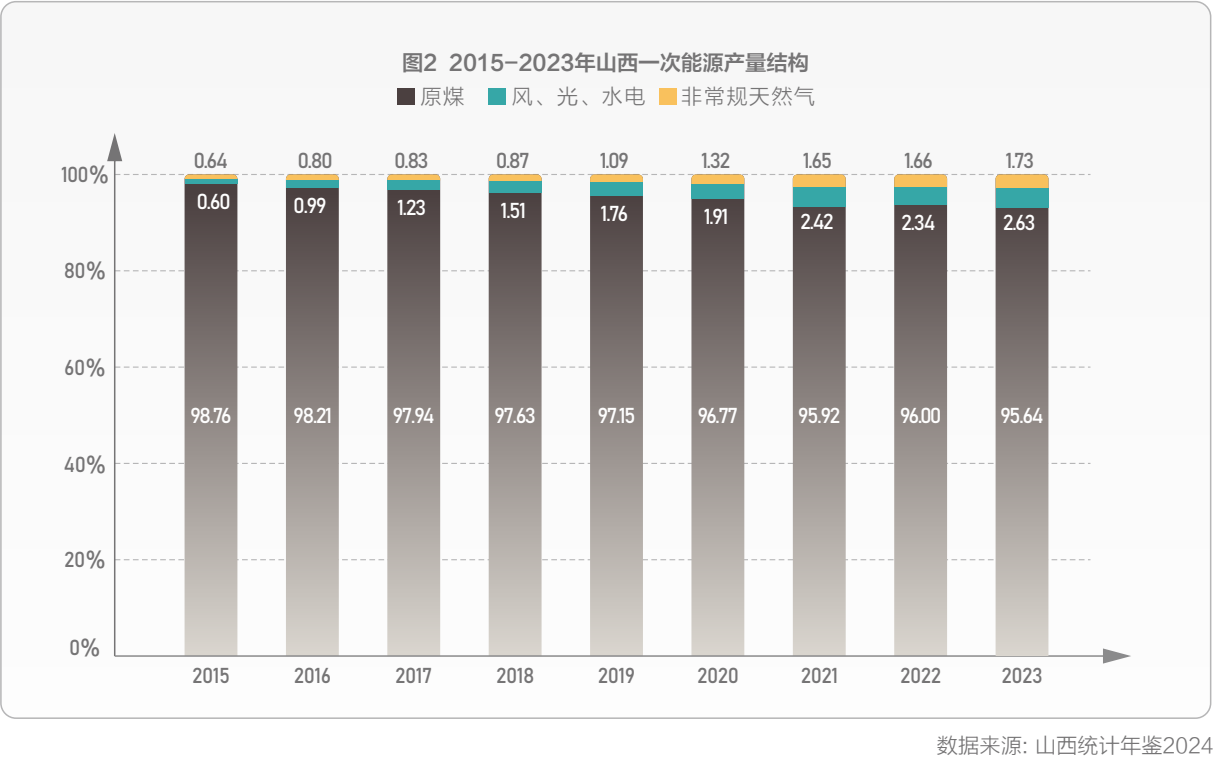
2015年，山西风、光和水电产量仅占全省一次能源产量的0.6%，非常规天然气产量占一次能源产量的0.64%，但到了2023年，山西风、光和水电产量和非常规天然气产量就一路增长至2.63%和1.73%。虽然具体的风、光和水电的产量未能直接获取，但从山西的可在能源发展规划看，风电和光伏发电是未来发展要重点推动的领域，在《山西省可再生能源发展“十四五”规划》中提到，到2025年，全省可再生能源发电装机目标是达到8300万千瓦以上，其中包括风电约3000万千瓦、光伏约5000万千瓦、水电（含抽蓄）224万千瓦以上、生物质发电100万千瓦以上，截止到2023年底，山西的水电装机容量已达到目标，风电和光伏装机容量仍在朝着“十四五”规划目标努力。

图1 2015-2023年山西一次能源产量及占全国产量比重



数据来源：山西统计年鉴2024、中国统计年鉴2024





2.1.2能源消费结构

(1) 能源消费总量

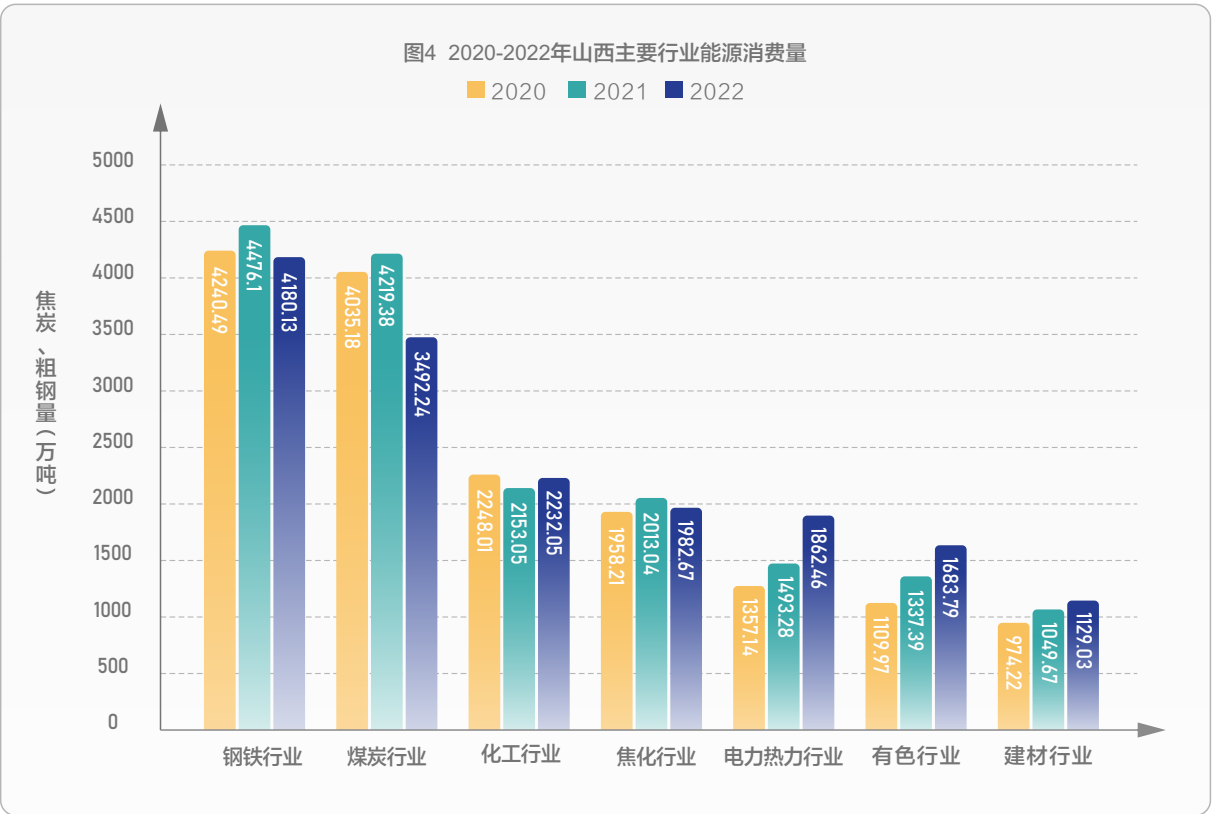
能源消费是推进“双碳”的主战场，当前山西加快转变能源利用方式，大力提升能源利用效率，能源消费方式持续改善，绿色化、低碳化正成为山西能源消费的新名片。2022年，山西能源消费总量为21918.5万吨标准煤，同比增长1.27%，与2015年的19383.45万吨标准煤相比，增长明显。从近几年的能源消费量增速来看，山西能源消费总量始终处于波动增长状态中，2018年山西能源消费增速为0.71%，2019年增速升高为3.27%，2020年又降低到0.58%，2021年升为3.16%，总体上能源消费增速呈逐年忽高忽低态势，其中，2017年同比增速最高为3.38%，2016年增速最低，为0.09%，同时2017年也是山西能源消费总量首次突破2亿吨标准煤，为20057.23万吨标准煤（图3）。

(2) 分行业能耗情况

山西能源消费主要集中在工业领域，2022年底，山西能源消费总量为21918.5万吨标准煤，工业能源消费总量为17715.45万吨标准煤，约占全省能源消费总量的81%。其中，钢铁和煤炭行业能源消费量在工业行业中位居前列。截至2022年，钢铁行业能源消费量为4180.13万吨标准煤，约占全省能源消费总量的

19.07%；煤炭行业能源消费量为3492.24万吨标准煤，约占全省能源消费总量的15.93%；化工行业能源消费量为2232.05万吨标准煤，约占全省能源消费总量的10.18%；其余焦化等行业的能源消费量都在1000-2000万吨标准煤之间，总体约占全省能源消费总量的30.38%（图4）。

2020-2022年，钢铁、煤炭和焦化行业能源消费量都是有升有降，在2021年能源消费量最高；化工行业2021年能源消费量反而最低，为2153.05万吨标准煤，2022年升至2232.05万吨标准煤；电力热力、有色和建材行业的能源消费量呈现出上升趋势。其中，电力热力行业上升趋势会更为明显，造成这一现象的原因有很多，如经济的增长和复苏、国家政策的偏向等因素，导致用电需求不断增加，截至2022年底，山西全社会用电量和外调电量增长明显，分别为2720.8亿千瓦时和1463.7亿千瓦时，同比增长4.33%和18.5%；再者就是煤电装机容量的增加，也加大了本省电力热力行业的能源消耗，特别是对煤炭资源的消费，截至2022年底，山西煤电装机容量高达7106.7万千瓦，同比增长3.2%，电力热力行业对煤炭资源的消费量也从2020年的14775.96万吨一路增至2022年的18927.87万吨。

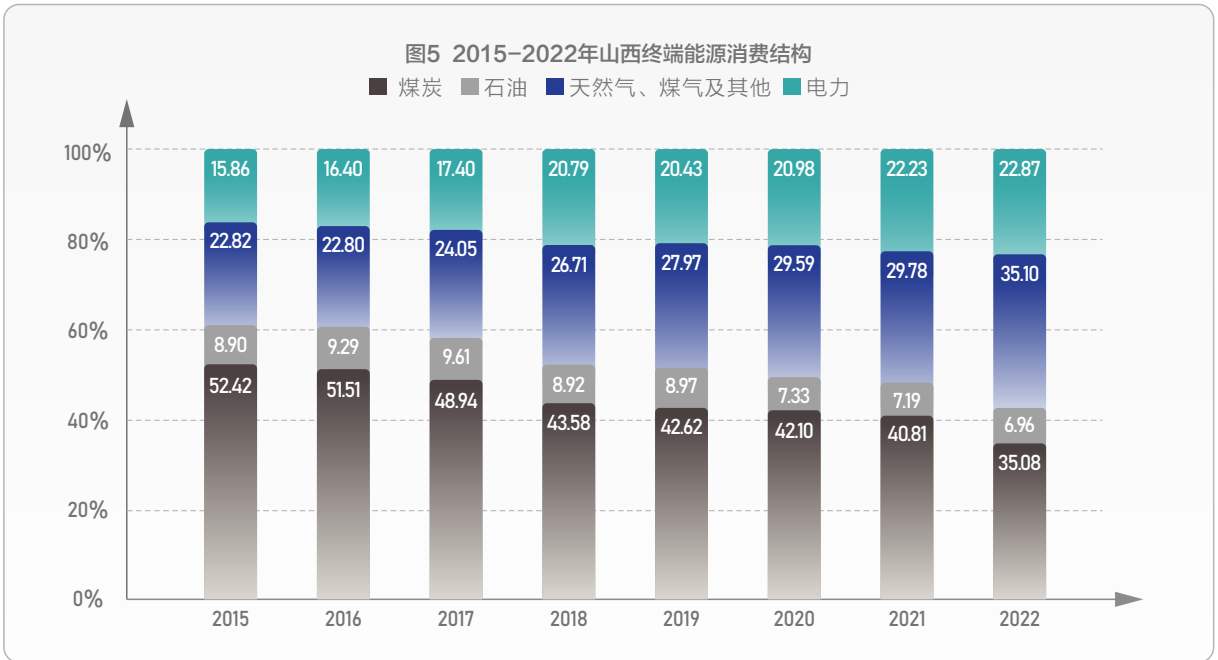




（3）终端能源消费结构

山西终端能源消费结构以煤及煤的衍生产品为主，包括煤炭、发电、炼钢、炼焦、化工、装备制造六大支柱产业，这些行业占工业产值40%左右。其中，山西煤炭消费占终端能源消费从2015年的52.42%降至2022年的35.08%，中间煤炭占比一直下降，在不到十年的时间里，下降了17.34个百分点；2022年，天然气、煤气及其他占终端能源消费的35.1%，较2015年增加

12.28个百分点，总体上呈增加态势；电力占终端能源消费的22.87%，同比增长0.64%，较2015年的15.86%增加了7.01个百分点（图5）。根据中国电力企业联合会发布的2022年度《中国电气化年度发展报告》，2022年全国电能占终端能源消费比重为27%，虽然近几年山西电力占终端能源消费比重在增加，但与全国平均水平尚存在差距。



数据来源：山西统计年鉴2016-2023

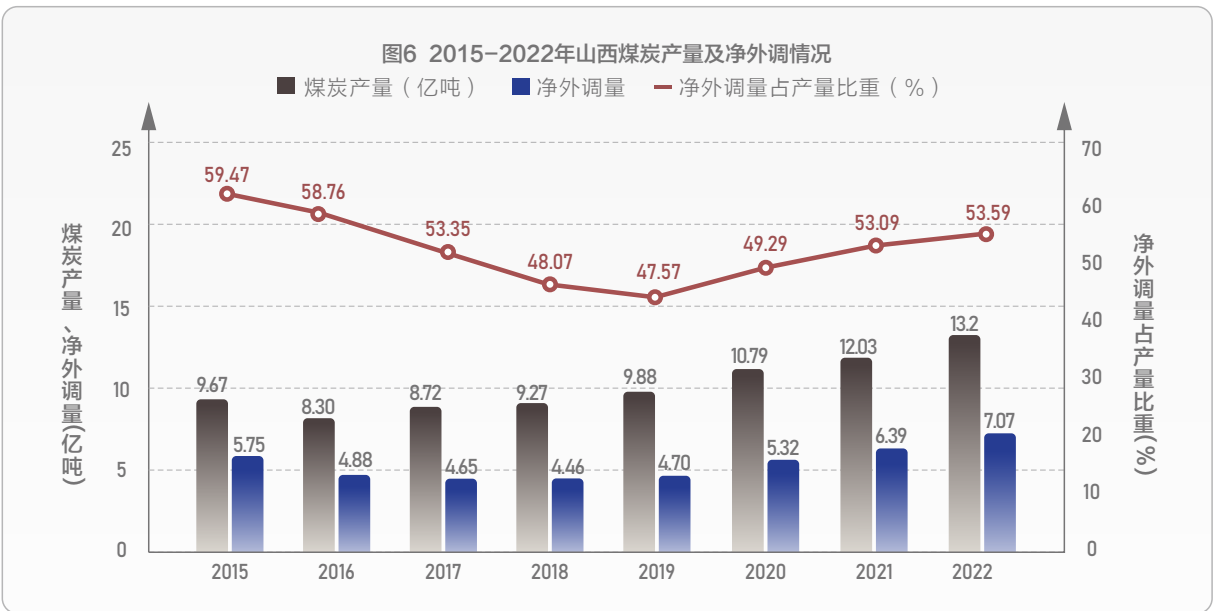
2.2 煤炭生产和消费结构

2.2.1 山西煤炭产量及净外调量

山西是中国乃至全球当之无愧的“煤都”，煤炭资源极为丰富，除了满足自身需求外，每年还会向外省输送不少煤炭。总体来看，近几年山西煤炭净外调量几乎占全省煤炭产量的一半，从2016年起，山西煤炭产量处于增长状态，但净外调量呈先下降后上升趋势。2015年，山西净外调量为57507.87万吨，之后一直降低，直至2018年，净外调量为44560.44万吨，2019年稍有增长，为46995.64万吨，此后又一路增至2022年的70732.52万吨；同时，煤炭净外调量占全省煤炭产量比重在这几年间也一路降低，从2015年的59.47%降至2019年的47.57%，到2022年，又升至53.59%。2020年，山西煤炭净外调量再次突破5亿吨，此后两年，山西每年煤炭净外调量几乎都增长1亿

吨。截至2022年，山西煤炭净外调量已经达到7.07亿吨（图6）。

在中央市场政策调控的作用下，近几年，山西净外调量占产量的比重始终在一定范围内波动。自2021年以来，为进一步缓解我国煤电阶段性供应紧张，推动能源安全保供，中国政府接连出台了一系列煤炭增产保供和市场调控政策，以应对煤炭供应紧张和价格上涨的问题，这些政策涉及到国内煤炭增产、铁路运力调度和煤炭进口等多个方面；同时国家发改委还推出了包括行政手段干预煤炭现货市场、加强煤炭市场保供力度、加强监管等措施，以促进煤炭市场回归理性。这些政策的实行都对煤炭市场供需关系产生直接影响，在其作用下，煤炭外调量才不至于在某一年出现激增或者骤跌现象。



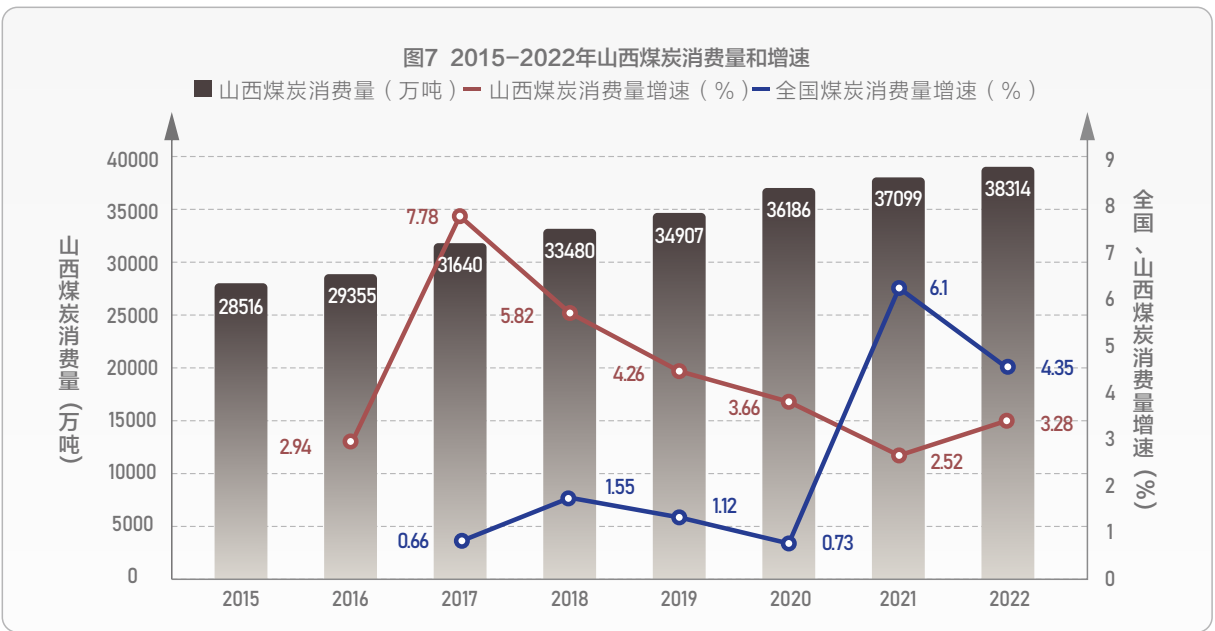
数据来源：山西统计年鉴2016-2023

2.2.2 煤炭消费结构

（1）煤炭消费量

2022年，山西煤炭消费量为38314万吨，同比增长3.28%，较2015年增加了9798万吨。2016年，山西煤炭增速为2.94%，到2017年，煤炭消费量增速急速增长，达到最高，为7.78%，此后几年增速虽有下降，但依然处于正增长，直至2022年，增速达到3.28%（图7）。整体来看，山西煤炭消费量占中国煤炭消费量比重呈增加态势，从2015年的7.13%到2021年的8.64%，但从煤炭消费量增速来看，近几年山西煤炭消费量增速与中国煤炭消费量增速相比出现不

匹配现象。2017年，全国煤炭消费量增速达到0.66%，山西煤炭消费量增速却是高达7.78%，随后，2018年全国煤炭消费量增速增长至1.55%，山西煤炭消费量增速呈下降趋势，为5.82%，直至2021年降至2.52%。同年，全国煤炭消费量增速高达6.1%，到2022年，全国煤炭消费量增速又降至4.35%，山西煤炭消费量增速反而增长至3.28%。整体看，作为煤炭大省的山西，在全球能源转型的背景下，实现“碳中和”目标仍有较大的发展空间。



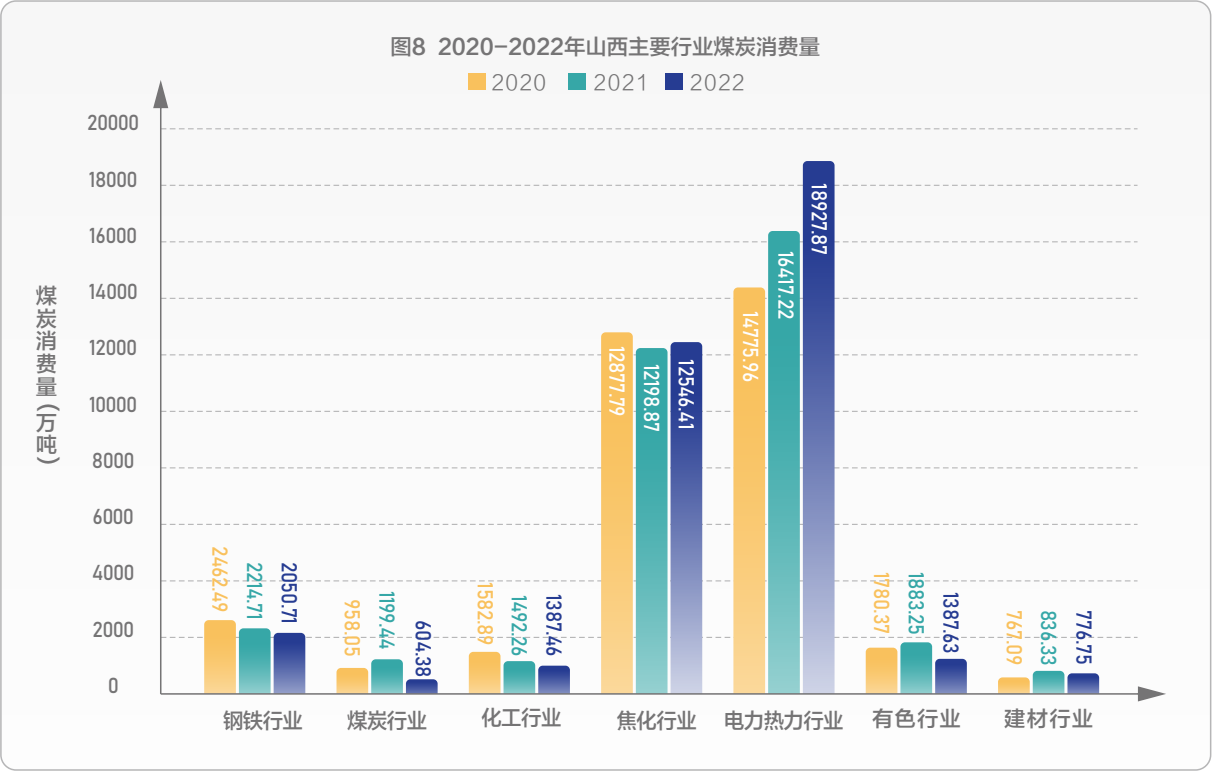
数据来源：山西统计年鉴2023，中国统计年鉴2023



（2）主要行业煤炭消费量

山西煤炭消费量主要集中在焦化和电力热力行业。近三年，山西电力热力行业煤炭消费量持续增加，从2020年的14775.96万吨增至2022年的18927.87万吨，几乎是全省煤炭消费量的一半；焦化行业煤炭消费量达到12546.41万吨，仅次于电力热力行业。可以说，电力热力行业和焦化行业的煤炭消费量在全省煤炭

消费量中占据八成以上。钢铁和化工行业的煤炭消费量呈降低趋势，钢铁行业的煤炭消费量从2020年的2462.49万吨降至2022年的2050.71万吨，化工行业的煤炭消费量从2020年的1582.89万吨降至1387.46万吨（图8）。煤炭、焦化、有色和建材行业在这三年间的煤炭消费量有增有减，但保持在一定范围内波动。

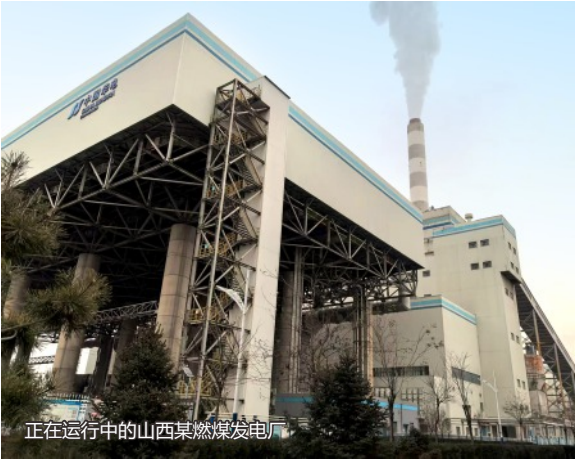


数据来源：山西统计年鉴2021-2023

2.3 天然气生产和消费结构

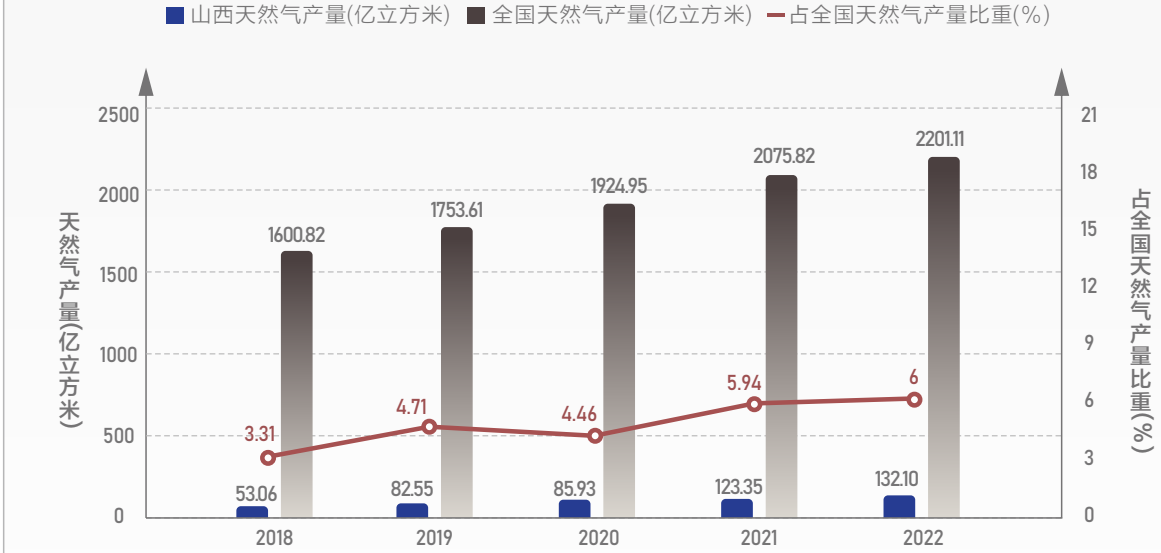
2.3.1 天然气产量

2022年，山西天然气产量为132.1亿立方米，占全国天然气产量比重的6%。近几年，山西天然气产量呈增加趋势，但在全国占比中依然偏小。2018年，本地天然气产量仅为53.06亿立方米，占全国天然气产量的3.31%，到2022年，其产量几乎增加了三倍，但在全国天然气产量占比中仍不足10%；在2020年，山西天然气产量为85.93亿立方米，与2019年的82.55亿立方米相比，增加了3.38亿立方米，但与2020年全国天然气产量为1924.95亿立方米相比，其占全国天然气产量的比重仅为4.46%，较2019年的4.71%下降了0.25%，到2021年，比重增加了1.48%，达到了5.94%（图9）。



正在运行中的山西某燃煤发电厂

图9 2018-2022年山西天然气产量及占全国天然气产量比重

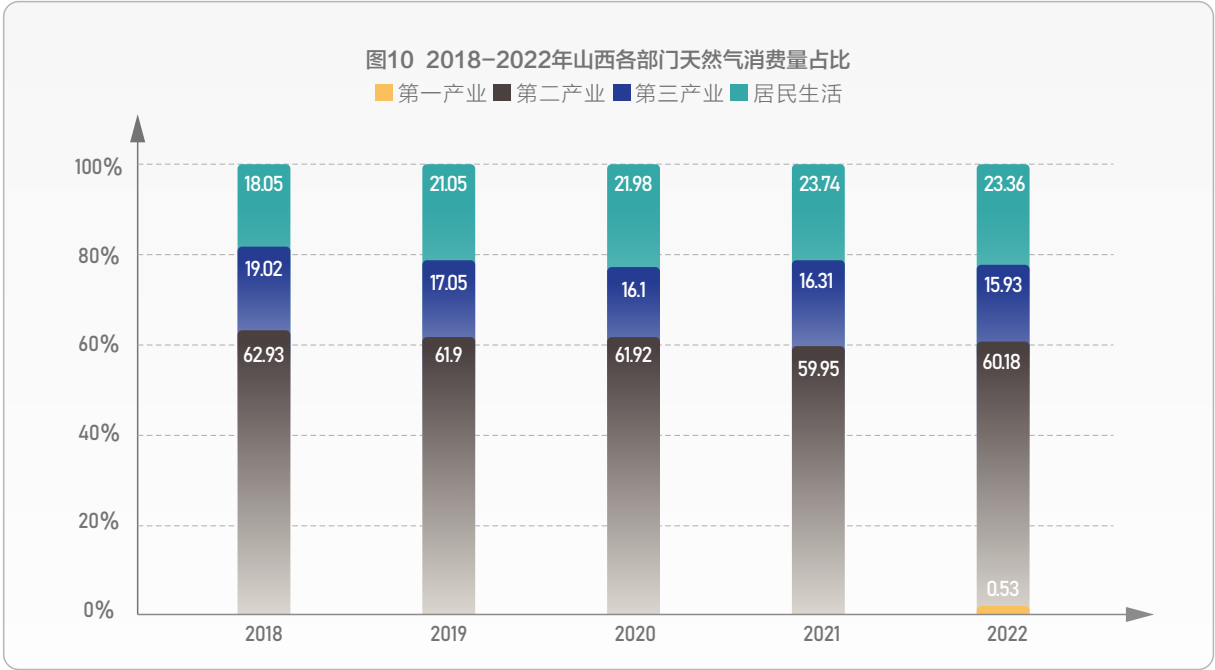


数据来源：中国能源统计年鉴2023

2.3.2 天然气消费量

近五年时间里，山西天然气消费总量从2018年的74.74亿立方米增至2022年的99.46亿立方米。其中，第二产业天然气消费量占比最大，几乎每年都占据六成以上；2022年，第一产业天然气消费量为0.53亿立方米，第三产业天然气消费量为15.84亿立方米，居民生活天然气消费量为23.23亿立方米，各占本地天然气消

费量的0.53%，15.93%，23.36%。特别地，虽然第三产业的天然气消费量占比在逐年降低，从2018年的19.02%降至2022年的15.93%，但其天然气消费量却在逐年增加，从2018年的14.21亿立方米增至2022年的15.84亿立方米（图10）。



数据来源：中国能源统计年鉴2019-2023



2.4 电力生产和消费结构

根据国家“双碳”目标和电力发展规划，山西在改变“重”煤的能源结构的同时，其电力行业也在向清洁低碳转型。最新数据显示，2023年山西火电装机容量为8010.7万千瓦，占比为60.21%，但与2019年的

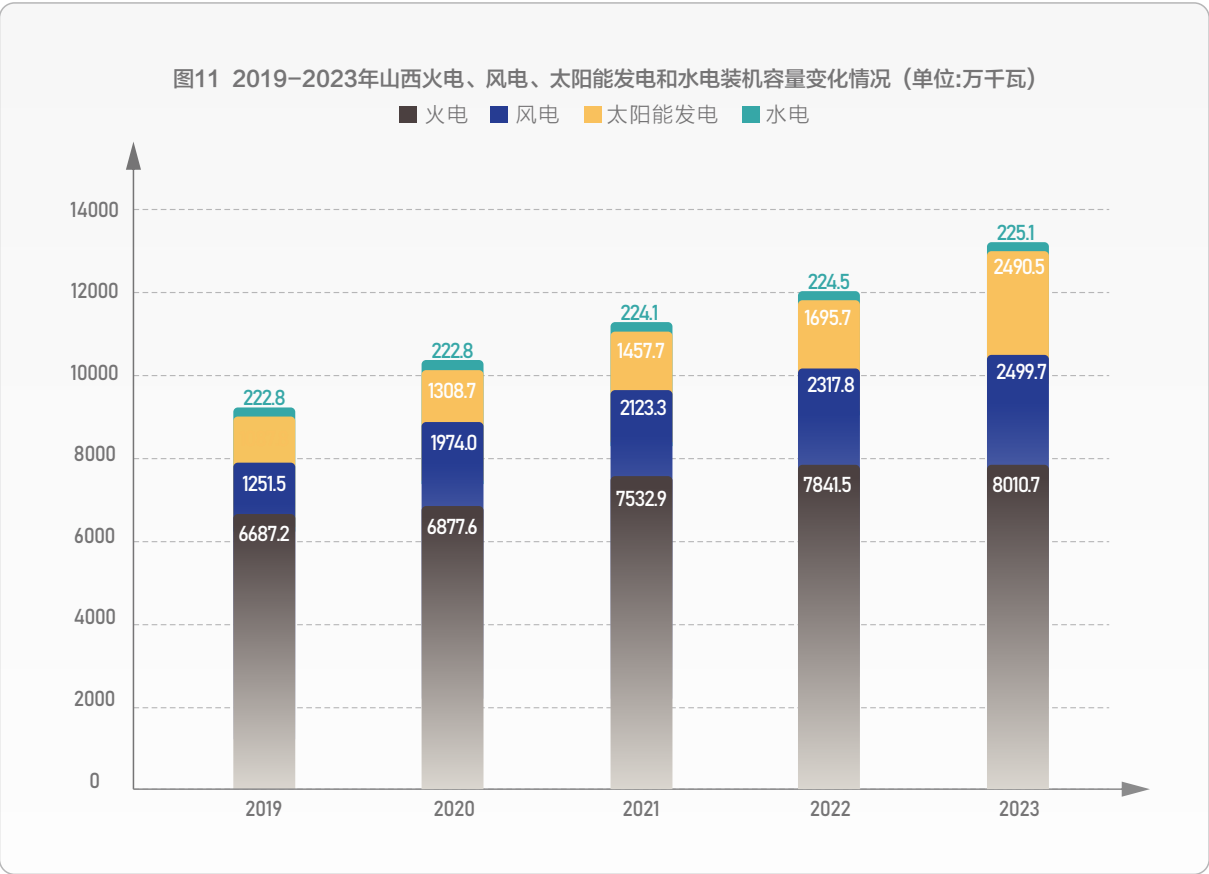
72.3%相比，呈现下降趋势；与之对应的，新能源装机容量占比则呈上升趋势。为进一步推动本省能源革命，山西不断扩大“晋电外送”能力，以至近几年山西发电量一路走高，其电力净外调量也持续增加。

2.4.1 电力生产情况

(1) 装机情况

截至2023年，山西发电装机容量为13304.1万千瓦，比上年末增长10.1%<sup>[9]</sup>。其中，2023年火电装机容量为8010.7万千瓦，始终占据山西总发电装机容量的一半以上。近几年，山西风电和太阳能发电的装机容量增长幅度明显<sup>[10]</sup>，截至2023年底，其太阳能发电装机容量达到2490.5万千瓦，同比增长46.9%，与2019年的1087.8万千瓦相比，太阳能发电装机容量在短短五年的时间里几乎实现翻番。可见，对山西来说，未来太阳能发展前景极为广阔。水电装机容量增长幅度不大，

2023年山西水电装机容量为225.1万千瓦，与2019年的222.8万千瓦相比变化不明显。此外，从整体看，山西风电装机容量始终呈现增长态势。2023年，山西风电装机容量为2499.7万千瓦，与2019年的1251.5万千瓦相比，几乎增长了两倍多（图11）。为高效利用已有的绿电资源，在2024年，山西政府出台《推动绿电资源就地转化助力产业绿色低碳转型工作方案》，这一政策促进本地对新能源的利用和消纳，通过推动“重点行业+绿电”等措施来加快本省能源转型进程。



数据来源：山西国民经济和社会发展统计公报2019-2023

(2) 可再生能源电力供给情况

为加快能源低碳转型，山西政府接连出台多项政策，扩大可再生能源的装机规模，加强非化石能源供给，譬如在《山西省能源领域2024—2025年节能降碳行动计划》中，提出到2025年底，全省的新能源和清洁能源装机占比能够达到50%，发电量占比达到30%的发展目标；在《推动绿电资源就地转化助力产业绿色低碳转型工作方案》中通过推动“重点行业+绿电”等措施持续加快发展本省对可再生能源的消纳利用、创新技术装备、提高产业竞争力水平，为可再生能源进一步高质量发展，电源结构清洁化、低碳化奠定坚实基础。

2023年，火电仍作为山西的主要电力来源，火力发电量达到3605.3亿千瓦时，同比增长4.1%，但可再

生能源作为目前及未来要重点利用的资源，有很大的发展前景。2023年，山西可再生能源（包含风电、太阳能发电、水电）发电量为855.5亿千瓦时，同比增长18.5%，占全省发电量的19.18%（图12），其中风电发电量为542.4亿千瓦时，太阳能发电量为274.9亿千瓦时，水电发电量为38.2亿千瓦时。总体来看，本地可再生能源发电量增长明显，仅在五年时间里，可再生能源发电量从2019年的400.87亿千瓦时增至2023年的855.5亿千瓦时，增长量超两倍，其占全省发电量的比重也从2019年的11.92%一路增至2023年的19.18%。2021年，可再生能源发电量增长最为明显，与2019年的471.05亿千瓦时相比，在短短一年的时间里，发电量增长226.1亿千瓦时，增速高达48%。



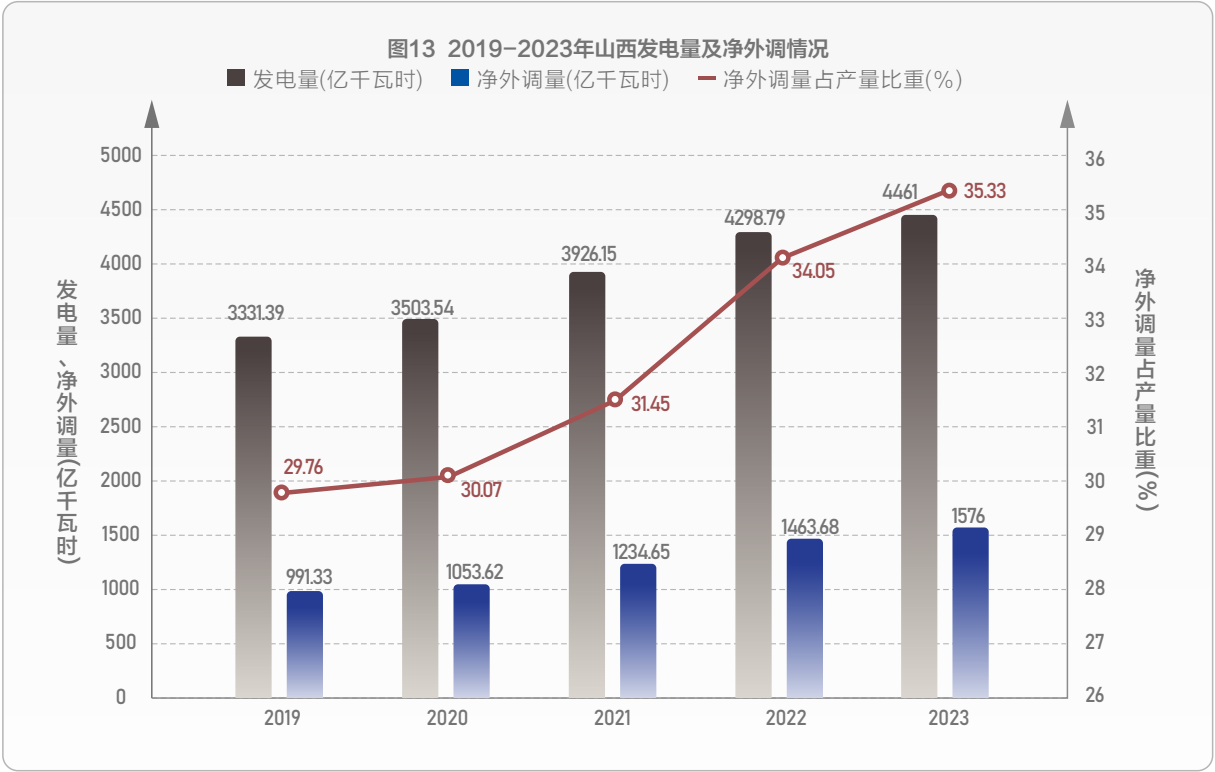
数据来源：中国能源统计年鉴2023，山西2023年数据来自山西省统计局

(3) 发电量情况

山西作为能源大省，化石能源和可再生能源储量丰富，对实现碳达峰目标做出了重要贡献，但拥有丰富能源产量的山西，本地消纳能力有限，煤炭的调出量大于本省的消费量，电力生产能力也大于本省的电力消纳能力。从2018年起，山西发电量与净外调量都呈增长态

势。2018年，山西发电量为3202.76亿千瓦时，净外调量为927.1亿千瓦时，此后几年一路上升，直至2023年，山西发电量达4461亿千瓦时，全省净外送电量1576亿千瓦时，创历史同期新高，比上年增长7.7%，占全省发电量的比重为35.33%（图13）。



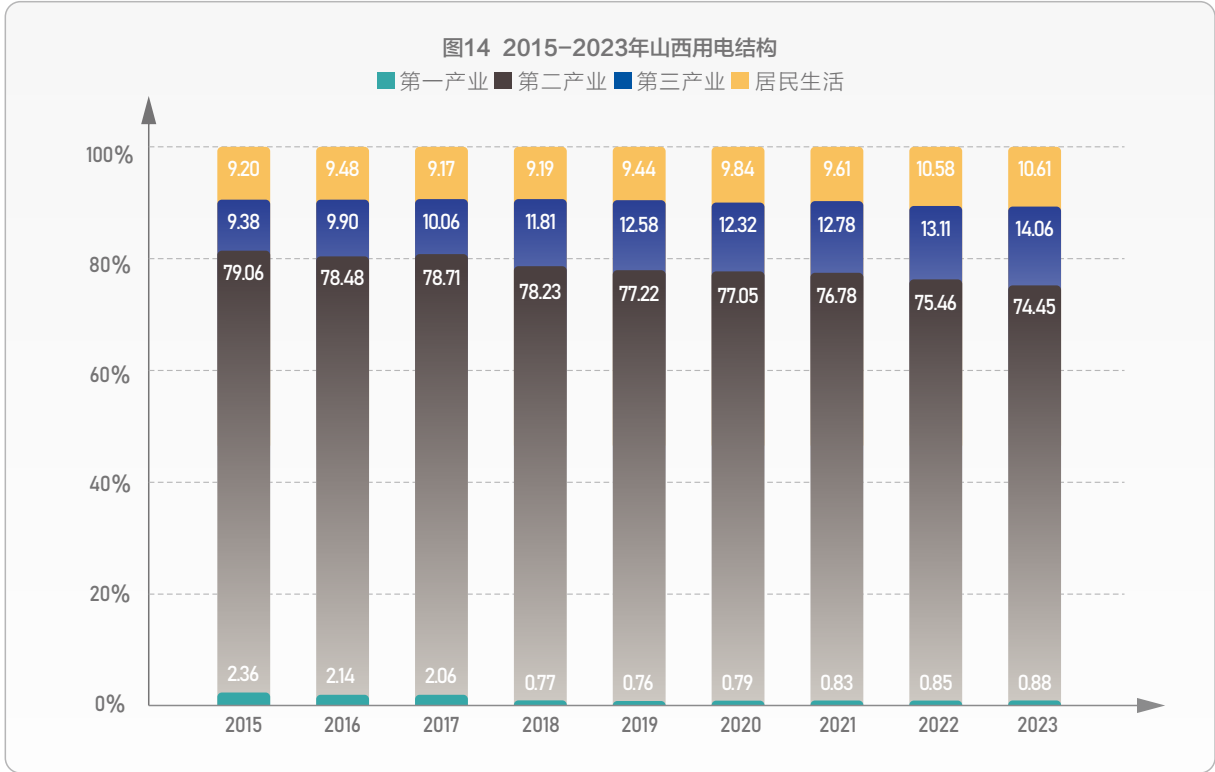


数据来源: 山西统计年鉴2020–2023, 山西2023年数据来自山西省统计局

2.4.2 电力消费结构

2023年, 山西全社会用电量为2885亿千瓦时, 同比增长6.03%。其中, 第一产业用电25.5亿千瓦时, 增长11.3%, 占全社会用电量的0.88%; 第二产业用电2147.9亿千瓦时, 增长4.6%, 占全社会用电量的74.45%, 其中, 工业用电2122.4亿千瓦时, 增长4.8%; 第三产业用电405.6亿千瓦时, 增长13.7%, 占全社会用电量的14.06%; 城乡居民生活用电306.0亿千瓦时, 增长6.3%, 占全社会用电量的10.61%。第二产业用电量虽然在所有产业中占据高份

额, 且用电量逐年增加, 但整体来看, 第二产业用电份额呈下降趋势。2015年–2017年第二产业用电份额在一定范围内波动, 但从2017年开始, 就一路降至2023年的74.45%。第一产业用电量与其它产业相比来说, 所占份额较小, 从2015年2.36%降至2023年的0.88%。第三产业和城乡居民生活用电量逐年增加, 其用电份额虽有波动, 但整体看, 增长趋势明显(图14)。



数据来源: 山西国民经济和社会发展统计公报2015–2023

从全国范围来看, 山东, 广东作为我国电力消费排行前列的省份, 其用电结构符合各省的经济发展重点领域。譬如, 山东是工业大省, 传统高耗能产业较多, 因此在2022年, 其第二产业电力消费约占全省电力消费的74.95%, 第三产业约占11.1%, 城乡居民生活约占11.86%, 其用电结构与山西用电结构在一定程度上相似, 电力消费大多集中在第二产业; 广东的电力消费结构与山东, 山西又有所不同, 其第二产业电力消费约占全省电力消费的59.33%, 第三产业约占21.38%, 城乡居民生活约占17.19%, 用电结构更偏向于服务业和轻工业。不难看出, 不同省份的用电结构差异主要是由于各自的产业结构和经济发展模式不同所导致的, 随着中国经济的持续发展和能源结构的调整, 这些省份的用电结构也可能发生变化。

总之, 基于以上图表数据能够清晰可知, 在能源生产领域, 随着国家能源低碳转型这一发展趋势, 山西正加大力度发展低碳能源, 其天然气、风电、光电、水电等能源产量逐年增加。但总体来看, 山西能源生产依旧“以煤为主体”, 且这一现象在短时间内并不会发生根本性改变。相对于省内需求而言, 山西更多的煤炭产能主要用于外调, 为国内经济发达地区提供能源供应保障, 且随着电力装机容量的增加, 发电量和净外调量更

是逐年增长。在能源消费领域, 山西自身消费量也在逐年上升, 主要集中在第二产业, 其中钢铁和煤炭行业能源消费量最高, 对于煤炭的消费, 则集中在焦化和电力热力行业。虽然本地拥有丰富的煤炭和矿产资源, 但随着煤炭市场下行, 山西的经济增速明显放缓, 在很大程度上影响了整体经济表现, 较长时间内本省产业门类相对单一, 产业结构不平衡, 使得本省经济容易受到外部市场变化的影响。由于上述种种原因, 本省人均GDP和收入水平均不及全国水平, 经济增长不足且竞争力偏弱。基于此, 为推动本省经济和资源实现绿色、可持续化发展, 经济结构的多元化和产业升级仍是重中之重。





# 03

## 山西能源行业的主要转型行动

- 3.1 煤炭行业
- 3.2 焦化及钢铁行业
- 3.3 清洁能源及战略新兴能源行业
- 3.4 文旅产业
- 3.5 大数据产业
- 3.6 其他非煤行业

## 第三章 山西能源行业的主要转型行动

近年来，为跟随国家政策发展方向，山西持续深化能源革命综合改革，加快推进传统能源优势产业转型发展。作为国家的能源基地，山西拥有极为富饶的煤炭资源，在当前技术条件和装机结构下，煤电是最经济可行、安全可靠的灵活调节资源，但煤炭的广泛使用会带来大量的碳排放，不利于环境可持续发展。除煤电外，焦化，钢铁和煤化工产业也是山西的传统优势产业，为本省经济增长做出了重大贡献，这些煤炭产业的高碳排放显然与国际绿色发展倡议相悖。所以，为推动全省能源消费结构优化，有效减少对煤炭依赖，安全有序实现碳达峰目标，平衡好经济发展与环境保护、提升煤炭资源的利用效率是山西能源转型过程中要重点关注的领域，在促进煤电、焦化行业绿色低碳转型的同时，大力发展非煤产业是本省产业转型的关键。

当前，山西通过将本省煤炭、焦化、冶金和电力四

大传统支柱产业改造提升，大力发展新型装备制造业、现代煤化工和新型材料等新兴产业，加快经济发展方式转变和能源产业结构调整，着力实现从“一煤独大”到“八柱擎天”。在“双碳”背景下，氢能作为一种可以加速利用的清洁能源，是推动山西能源绿色低碳转型的关键一步。2020年以来，随着国家“双碳”战略的实施，山西凭借自身资源优势，大力发展清洁能源，其中，以煤为基延伸产业链条、从“氢气”入手开启的能源变革之路尤为亮眼。2023年太原能源低碳发展论坛期间发布的山西氢能产业发展指数显示，山西氢能产业发展综合指数为285.05，明显高于全国平均水平，在全国主要氢能发展地区中，位列第2名，发展前景广阔<sup>[11]</sup>。基于上述分析，煤电、焦化、钢铁、煤化工和氢能等优势产业的转型发展对比其它产业在山西能源低碳转型中更为关键。

### 3.1 煤炭行业

#### 3.1.1 煤电行业

山西是全国大型煤电基地之一，截至2023年底，全省发电装机容量为13304.1万千瓦，排名全国第八，其中煤电装机容量7206.3万千瓦，占比54.17%，肩负向京津冀、华中、华东送电的任务<sup>[12]</sup>。短期看，至少在未来几年内，山西煤电装机容量仍处于增长状态，在全球发展大势下，传统煤电伴随着大量的二氧化碳排放，已经成为全球所有化石能源类型中首当其冲势必逐步淘汰的目标，这就使得山西煤电行业需从多角度出发，在求新求变中适应相关政策的要求，推动本产业变革转型。

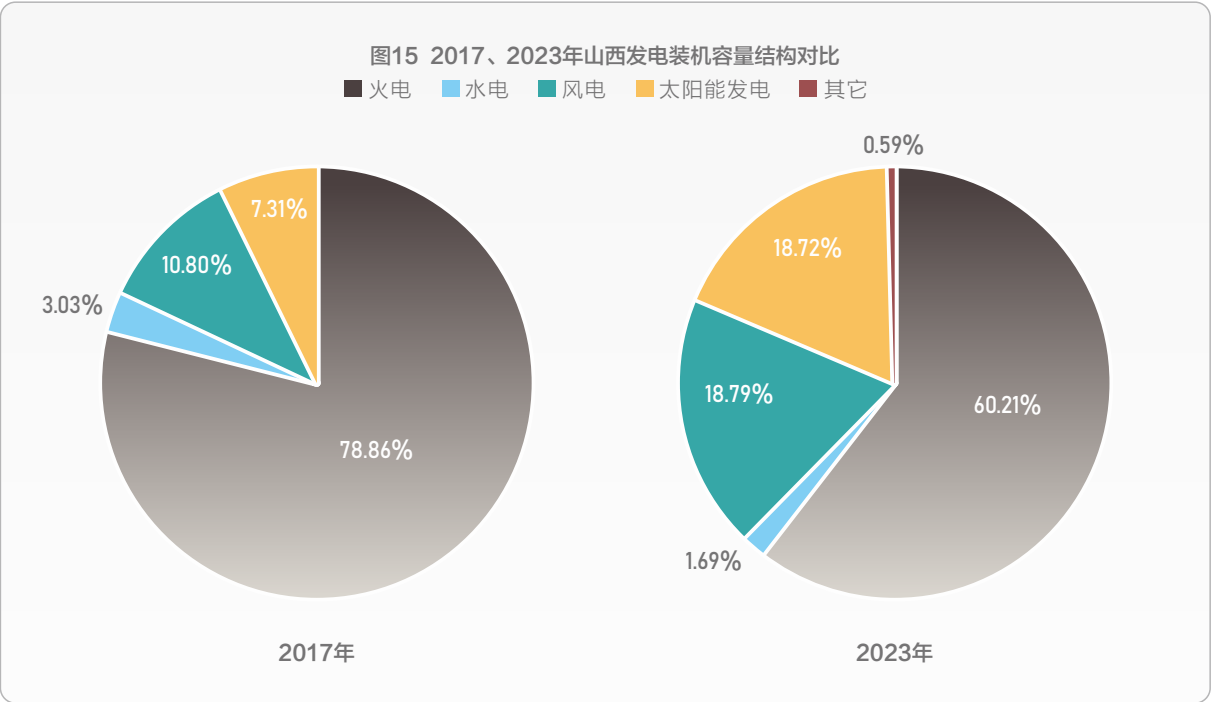
##### （1）优化能源配置，实现输煤输电并举

作为中国煤炭产量大省，山西的煤炭产业规模与智能化升级成果尤为亮眼。截至2023年底，全省共有煤矿889座，庞大的产业基底为能源生产提供了坚实支撑，年煤炭产量高达13.78亿吨。随着数字化经济的快速发展，近年来山西持续发力煤炭生产智能化建设，累计建成107座智能化煤矿、1398处智能化采掘工作面，3000余处硐室实现无人值守，所有重要作业地点均落实“无监控不作业”要求，先进产能占比超过80%，稳居全国第一梯队<sup>[13]</sup>。智能化改造的深度推进，不仅提升了生产效率与安全水平，更成为煤炭产量稳步

增长的重要引擎。依托充足的煤炭产能与高效的转化能力，2023年山西在保障能源供应方面展现出强劲担当，省间电力现货市场外送增供电量位居全国第一，为全国能源保供大局注入了关键力量。早在1988年，大秦铁路就成为我国首条双线电气化重载运煤专线铁路，山西的煤炭也通过这条铁路被源源不断地运往东部沿海地区。

电力是重要的国民经济基础产业，是清洁高效的二次能源，截至2023年底，山西总发电量高达4461亿千瓦时，净外调量为1576亿千瓦时，几乎占总发电量的三分之一，其发电类型仍以火力发电为主。但近年来，可再生能源已经成为新上马发电项目的主力，大型火力发电项目的建设和投产几近停顿，火电的装机容量占全省装机容量的比重也在快速减少。2023年，山西火电装机容量为8010.7万千瓦，约占全省装机容量的60.21%，与2017年的78.86%相比，几乎下降二十个百分点；与此同时，2023年，山西太阳能发电装机容量约占全省装机容量18.83%，与2017年相比，增长两倍还多；风电装机容量与2017年相比，几乎实现翻倍，为18.90%；总体来看，山西水电处于下降趋势，其装机容量始终在一定范围内波动（图15）。





数据来源: 山西国民经济和社会发展统计公报2017年和2023年

电力作为近年来优先利用的重要资源，山西早已通过扩建晋中1000千伏变电站主变和新建输电线路等措施，增强了榆横—潍坊、蒙西—天津南等特高压通道的送电容量<sup>[14]</sup>，同时依托大同一怀来—天津北—天津南1000千伏特高压交流通道建设，加快已规划实施的“西电东送”通道调整系列工程建设，进一步提高特高压通道的利用效率，着力增加外送电力能力，满足大规模新能源的外送需求<sup>[15]</sup>。因此，在当前煤炭价格受国际形势影响的情况下，为化解价格之争，也为减轻或避免极端气候影响限电的局面，山西采取措施改长距离运煤为长距离输电，这不仅减少了煤炭资源的跨区流动，缓解煤炭运输压力，也促进了煤电一体化开发。

（2）能源结构持续优化，加快布局先进环保煤电机组

在加速煤电转型中，占据重要作用的是优化煤电结构，主要分为三个方向：首先是直接淘汰老旧煤电机组；其次是通过等量或减量替代，包括升级大型发电机组和关闭小型发电机组；最后是通过升级改造，即“三改联动”，包括提高效率、供热改造和灵活性提升<sup>[8]</sup>。“三改联动”策略是改造策略中的重点，深度调峰助力能源转型，使得煤电机组发电量灵活可控。直到2023年底，在多家企业协调配合下，山西完成煤电机组“三改联动”2503万千瓦，风光发电装机4989万千瓦，新能源和清洁能源装机占比达到45.8%<sup>[16]</sup>（表1），“发电不见灰，蓝天白云飞”成为现实。同时，这些策略通过有序发展大容量、高参数、低消耗、少排放煤电机组进一步推动了煤电一体化融合发展，推动煤电角色的历史性转变。



位于大同市东马庄村的林光互补光伏示范基地  
来源: ©晋青可持续发展公益服务中心

表1 山西煤电转型策略

资料来源: 笔者自行整理

| 方 向                | 具 体 措 施                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 直接淘汰老旧煤电机组         | <ul style="list-style-type: none"><li>· 山西省在“十三五”期间关闭了425.6万千瓦的煤电机组。</li><li>· 进入“十四五”规划的前三年，又进一步淘汰了245万千瓦的落后机组。</li><li>· 2015年底，山西煤电装机容量达到5517万千瓦，到2023年底，达到7206.3万千瓦，在这八年里，煤电装机容量增长1689.3万千瓦。</li></ul>                                               |
| 通过等量或减量替代 / “上大压小” | <ul style="list-style-type: none"><li>· 山西省的煤电机组结构持续优化，超临界和超超临界机组的比例显著提高。</li><li>· 其中单机容量30万千瓦及以上的机组占比超过90%，而单机容量60万千瓦及以上的机组占比近半数。</li><li>· 此外，山西省已经投产了6台百万千瓦级的机组。</li><li>· 到2025年底，全省将建成百万千瓦机组1000万千瓦以上，新建大机组煤耗低于285克标准煤/千瓦时，促进全省供电煤耗大幅降低。</li></ul> |
| “三改联动”             | <ul style="list-style-type: none"><li>· 节能降耗改造旨在减少煤电机组的煤炭消耗，同时提高发电效率。</li><li>· 灵活性改造则确保煤电机组能够根据电网需求灵活调整发电量，以提高电网的稳定性和响应速度。</li><li>· 供热改造则允许煤电机组在发电的同时，为工业和居民提供热能。</li><li>· “十四五”以来，山西累计完成煤电机组“三改联动”超6300万千瓦。</li></ul>                                |

（3）推动煤电与新能源一体化发展

在当前的时代背景下，新能源的快速发展改变了山西煤电的定位，加速了产业转型，为更好地适应这种变化，山西把加快煤电和新能源一体化发展，作为推动能源产业高质量发展的重要方向。对于煤电与新能源一体化的利用，就是在新能源供电充足时，煤电少出力；新能源供电短缺时，煤电多做功，实现总体平衡，总体上跟着国家政策走，依据“三改联动”策略中的灵活性改造，提升煤电机组的负荷调节能力，为新能源消纳释放更多的电量空间，来进一步提升电网稳定性。为加

快推动本省煤电与新能源一体化发展，在2024年，山西能源局评选出支持煤电灵活性改造保障性并网风电、光伏项目19个、总容量210.25万千瓦；同时，为鼓励煤电企业与新能源企业开展实质性联营，山西政府大力推动建设一体化清洁能源基地，依托电力企业发展属地的转型光伏、开展风电下乡等行动，灵活性改造煤电机组，推动煤电和新能源的优化组合，主动改变供给侧功能和定位以实现转型，全面提升电力系统调节能力和灵活性。

3.1.2煤化工行业

山西作为国家重要的老工业基地，其煤化工行业拥有良好的发展基础，为山西本省的经济及社会发展带来了重要影响，但在双碳目标的驱动下，煤化工行业的布局仍要进行优化以适应新的形势。早在2015年，山西就希望凭借自身的资源、能源、区位和技术等优势，大力发展现代煤化工，做精做深炼焦化产品产业链，优化提升传统煤化工，实现由煤炭大省向煤化工大省的转

变，走出一条具有山西特色的煤化工发展之路<sup>[17]</sup>；在2018年，本省详细提出要从资源优势、产业基础着手，按照‘企业、项目、产品、技术、园区（基地）’五位一体思路，构建山西特色煤化工产业体系，实现由“原料制造”向“材料制造”转变，一举布局100个重点项目，并提出一年建成投产50个的目标；次年又乘胜追击，提出要实现产品由资源型向材料型、产业链由上



游向下游、价值链由低端向高端的“三个转变”，构建大型化、多联产、一体化的现代煤化工产业新格局。

然而，在资源、资金、环保等多重因素的制约下，山西煤化工的产业转型之路并非一帆风顺，甚至2018年提出的100个重点项目的目标至少有一半项目出现难落实、不落实等情况。详细地讲，原因之一是因为企业资金受限，因为相比同样发展煤化工的陕、蒙等地，山西的煤价、电价、低价均无优势，以至于对招商吸引力不够，资金上的压力使得企业在项目施行上处处受到掣肘；其二就是资源禀赋，山西煤炭大多以无烟煤、焦煤为主，这些煤种的灰熔点高、成浆性差、可磨性差，现有的技术还没办法更好地适应这些煤种；再者就是水资源的缺乏，煤化工这一行业的发展所需耗水量、排水量都很大，山西因其省内多为丘陵和山地，以至于在水资源的供给上有所限制，以上的这些种种限制都直接影响到了项目的经济性和可行性。

为加强本省煤化工产业建设，进一步推进煤炭资源清洁高效利用，山西不得已改变传统卖煤模式，构建出一种新的现代煤化工产业格局。2019年山西政府提出要在山西建设现代煤化工示范基地，同时深入剖析前目标无法实现的种种原因，不再一味地追求煤化工产业的规模，而是在众多项目中找到适合发展的，成熟一个项目，再推动另一个；随后针对煤化工产业竞争力不强这一劣势，山西又将“产业集群建设”作为当前煤化工行业发展重点，希望能逐步建设形成一个在龙头企业

引领下的优势产业集群。

此后，随着国家政策的颁布和可再生能源愈发重要的资源地位，山西逐渐意识到要实现能源革命目标，还是要走一条清洁发展的路径。2022年，为跟随国家绿色发展要求，山西制定出台《山西省煤化工产业绿色低碳发展指导意见》，希望通过加快国家绿色焦化产业基地建设，推动焦化化产深加工产业链条向高端延伸，加强煤化工产业项目的智能化、绿色化、多元化发展和重点煤化工园区建设，加快提高煤化工技术的自主创新能力，稳步推进山西传统煤化工产业技术和产业链升级（表2）。

这一政策的颁布，加快了山西现代煤化工示范基地建设，进一步提升煤炭清洁高效利用水平。从2019年的《关于在山西开展能源革命综合改革试点的意见》、再到现在《山西省煤化工产业绿色低碳发展指导意见》的提出，深刻体现了国家对现代煤化工产业的重视。在山西有针对性地发展煤化工产业的过程中，其现代煤化工产业规模不断扩大，化工行业营收持续增加，2019年至2022年全省化工行业营收年均增速达14.4%；集群效应逐步显现，形成了晋东、晋中、晋北三个各具特色、差异发展的产业集群；创新能力明显提升，煤化工技术也得到了加强。为进一步将政策落实于行动，山西正加快建设现代煤化工示范基地、推进“五大基地”建设和能源产业“五个一体化”融合发展的战略部署，推进新型工业化。

表2 山西煤化工产业低碳发展行动

资料来源: 笔者自行整理

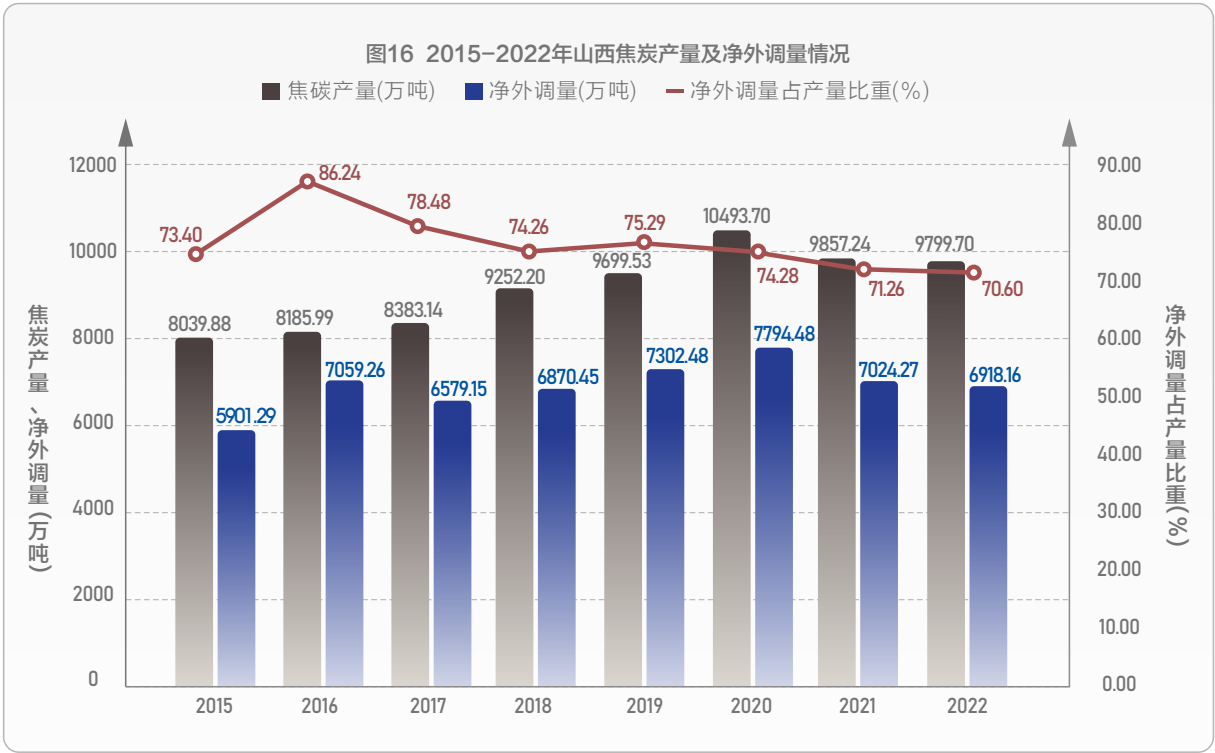
| 行 动           | 具 体 措 施                                                                                                                                                                                                               |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 加快传统煤化工产业升级改造 | <ul style="list-style-type: none"><li>· 严格控制尿素、电石、烧碱等过剩行业新增产能，对符合政策要求的先进工艺改造提升项目实行等量或减量置换。</li><li>· 依法依规淘汰不符合绿色低碳转型发展要求的落后工艺技术和生产装置。</li><li>· 采用先进、适用的节能、节水工艺技术实施清洁生产改造，从源头减少“三废”，实现末端治理向源头减排转变，提升节能减排水平。</li></ul> |
| 提升科技支撑能力      | <ul style="list-style-type: none"><li>· 面向煤化工产业发展需求，加快清洁高效大型煤气化技术研究及应用</li><li>· 充分发挥企业在产学研用协同创新体系中的主体作用，支持科研院所、高校与行业重点企业开展创新合作，加快煤化工重点实验室、中试基地等创新平台建设，加速科技成果转化。</li><li>· 鼓励开展煤化工标准化科技创新和专项课题研究，推动行业标准化发展。</li></ul> |

|             |                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 培育壮大现代煤化工产业 | 加快建设现代煤化工示范基地，打造甲醇、乙二醇及下游高附加值产品的完整产业链，增强抗市场风险能力。                                                                                                                                                                       |
| 规范化工业园区发展   | <ul style="list-style-type: none"><li>· 依法依规开展化工园区认定，推动产业优化整合，形成规模效应。</li><li>· 推动入园入区煤化工企业发展循环经济和低碳经济，建立绿色、低碳、循环发展的产业体系。</li><li>· 坚持煤焦化一体、煤化电热一体和多联产发展方向，构建企业首尾相连、互为供需和生产装置互联互通的产业链，提高资源综合利用水平，减少物流运输能源消耗。</li></ul> |
| 推动行业数智化转型   | <ul style="list-style-type: none"><li>· 以数字化、网络化、智能化为牵引，加快企业数字化智能化转型步伐。</li><li>· 持续推动“两化”融合贯标，搭建煤化工行业工业互联网平台，大力推进具有自主知识产权的工业平台软件研发，构建生产全过程、全业务链的智能协同体系。</li></ul>                                                     |

3.2 焦化及钢铁行业

焦化产业作为本省优势产业，长期以来，依托丰富优质的焦煤资源，山西一直是全国最大的焦炭生产供应基地。2020年，山西的焦炭产量达到10493.7万吨，净外调量为7794.48万吨，净外调量占产量的

74.28%。从图16数据走势来看，2020年，山西的焦炭产量和净外调量都达到了最高，之后两年开始呈下降趋势，直至2022年，焦炭产量为9799.7万吨，但在全国焦炭总产量4.73亿吨中，其占比仍超过20%。



数据来源: 山西统计年鉴2016-2023





山西焦化行业起步比较早，其带来的效益促进了社会经济的发展，但随之而来的高能耗、高污染、高排放，使得全省空气质量逐年降低；钢铁行业是另一碳排放大户，焦化行业是中国钢铁产业链最重要的上游产业之一，其主要产品焦炭（煤经过高温干馏而成，主要成为是固定碳）是长流程高炉冶炼中必不可少的燃料和还原剂，对于焦化、钢铁行业来说，若不进行有效地改变，其产业地位在绿色发展的要求下终将会被时代抛弃。所以，山西焦化、钢铁等优势传统行业为保持本产业能够继续高质量发展，开始将目光锚定绿色转型，采取措施加快培育经济新动能。

**第一，从政策上推动产业绿色转型。**在全球能源转型发展大势下，为减少碳排放，从源头控制污染，山西采取行动优化产业结构。同时，为推动本省焦化产业转型升级，深化能源革命综合改革试点和推动制造业振兴，山西政府接连推出有关本省焦化及钢铁产业转型的实施计划（表3）。

从中不难看出，山西焦化产业的转型更偏向于通过做好项目建设、技术改造、节能减排等工作，按照适度集中和特色发展的原则优化产业结构布局，包括全面淘汰关停4.3米焦炉、实施干熄焦节能降耗技术改造提质升级、推动“上大关小”项目建设和余热发电“两运行”工程来提高焦化行业高质量发展水平<sup>[18]</sup>，在策略的施行下，山西焦化总产能由1.88亿吨/年压减至1.44亿吨/年；5.5米以上大机焦占比达77%以上，2023年年底前4.3米焦炉全面淘汰并实现干熄焦；同时，开辟干

熄焦余热发电并网绿色通道，建成大机焦产能9074.7万吨/年<sup>[19]</sup>。

此外，对焦化企业来说，为提高企业收益，在响应国家政策的基础上，加速工厂绿色发展，特别是近几年，山西焦化企业项目正如火如荼的展开。譬如，西祥源新型煤化工有限公司的“上大关小”置换建设101万吨/年炭化室高度6.05米捣固焦化、山西焦化集团有限公司的144万吨/年炭化室高度7.0米顶装焦化升级改造、山西金达煤化工科技有限公司的215万吨/年6.98米顶装焦炉焦化技改等项目都体现各企业希望自家项目能在良好的政策环境中顺利实行，甚至乘着改革的东风，降低生产成本，提高盈利水平。

对于钢铁行业来说，目前山西在运行的钢铁企业共22家，在运行的高炉共有52座，其中1200m³以上高炉25座，1200m³以下高炉27座；在运行的转炉55座，其中100t以上的23座，100t以下的32座；在运行的电炉4座，均为非限制类装备产能<sup>[20]</sup>。“十四五”时期是中国经济向高质量发展阶段转型升级的关键时期，对于传统行业如钢铁来说，面临着从量的扩张向质的提升转变的迫切需求。山西作为高耗能工业基地，在这一时期，为缓解减碳与环保压力，其钢铁行业也在加快推进结构调整和产业转型升级。

山西钢铁行业的转型比较常见的方式为通过重点推进产能减量置换项目建设，优化长流程炼钢工艺，提升工艺装备水平，对传统工艺升级改造等进行降碳。其中，对于新工艺和装备的升级与应用，钢铁企业逐渐开始通过利用双高煤气余热发电和高炉BPRT、TRT余能回收等先进的环保工艺和装备来大幅度降低本省钢铁企业的SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>和粉尘颗粒物的排放，且都有一定成果。截至2022年，山西钢铁行业总能耗约3460万吨标准煤，吨钢综合能耗538千克标准煤，低于全国平均水平551千克标准煤；CO<sub>2</sub>排放总量约12204万吨，吨钢CO<sub>2</sub>排放约1.9千克，与全国平均水平相当，总体来看，山西钢铁行业降碳增效仍有较大发展空间。

**第二，打造绿色产业化基地。**为进一步实现碳减排目标，山西企业逐渐依托自身钢铁、焦化、化工的能源互补优势，构建“钢-焦-化-氢”绿色低碳全产业链，通过“钢焦化氢”一体化联产项目，以炼钢炼焦过程的尾气作为原料，年产30万吨乙二醇和15万吨液化天然气，实现“以化固碳”；副产的氢气送至高炉进行氢能冶炼，同时还作为氢燃料电池重卡的能源，从而实现“以氢降碳”<sup>[21]</sup>，通过这种方式，加大氢能生产，助力焦化和钢铁行业的绿色转型。

表3 山西焦化及钢铁产业转型相关政策

资料来源: 笔者自行整理

| 时 间     | 政 策                          | 详 情                                                                                                                                                                                                             |
|---------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2018年9月 | 《山西省焦化产业打好污染防治攻坚战推动转型升级实施方案》 | · 产能产量目标：严格控制焦化建成产能，力争全省焦炭年总产量较上年度只减不增。<br>· 环保排放目标：2019年10月1日起，全省焦化企业全部达到环保特别排放限值标准。到2020年，全省焦化行业颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放量较2015年下降40%以上。<br>· 装备升级目标：到2020年，炭化室高度5.5米以上焦炉产能占比达到50%以上，焦化装备水平明显提升。                        |
| 2019年6月 | 《山西省焦化产业高质量绿色发展三年行动计划》       | · 2019年10月1日起，山西全省焦化企业要全部达到环保特别排放限值标准。<br>· 关停未完成大气污染特别排放限值标准改造的焦化企业。<br>· 2019年力争淘汰过剩焦化产能1000万吨；2020年，对2018年备案实施“上大关小”的原有焦炉实施关停淘汰；2021年，对2019年备案实施“上大关小”的原有焦炉实施关停淘汰。                                           |
| 2019年8月 | 《山西省焦化行业压减过剩产能打好污染防治攻坚战行动方案》 | · 全省焦化总产能压减至14768万吨以内，并在此基础上保持建成产能只减不增。<br>· 实施焦化行业三年升级改造行动,全面推进焦化产业园区化、链条化、绿色化、高端化发展，实现焦化行业技术装备水平质的提升，到2022年，先进产能占比达到60%以上。<br>· 要按照园区化、链条化、高端化原则加快推进升级改造项目建设，新建焦化项目捣固焦炉必须达到炭化室高度6米及以上，配套干熄焦装置，并制定焦化生产废水零排放措施。 |
| 2020年7月 | 《山西省钢铁产业转型升级2020年行动计划》       | · 2020年，重点推进33个升级改造项目，总投资323亿元，力争当年完成投资100亿元，全行业实现主营业务收入3000亿元。<br>· 提升工艺装备水平，提高先进产能占比，重点推进产能减量置换项目建设。<br>· 聚焦省内钢材需求，推进钢材新产品开发。<br>· 加快推动有组织、无组织环节超低排放治理，重点区域钢铁企业同时完成大宗物料清洁运输改造，2020年钢铁行业全面实现超低排放。              |
| 2022年6月 | 《关于推动焦化行业高质量发展的意见》           | · 2023年底前，全省焦化企业要全面实现干法熄焦，完成超低排放改造。<br>· 全面关停4.3米焦炉以及不达超低排放标准的其他焦炉。<br>· 新建焦化升级改造项目和各设区市城市建成区及周边20公里范围内的现有焦化企业，按规定时限实施环保深度治理。<br>· 到2025年，全行业能耗总量和能耗强度较2020年实现“双下降”，焦化企业全面迈过“生存线”，力争30%以上企业达到“发展线”。             |
| 2023年4月 | 《山西省钢铁行业转型升级2023年行动计划》       | · 要求1200立方米以下高炉、100吨以下转炉（电炉）、50吨以下合金电炉逐步实施产能置换，按照“先立后破”原则有序退出。<br>· 依托“链主”企业，积极打造特钢材料“特钢-零部件-整机装备”产业链。                                                                                                          |

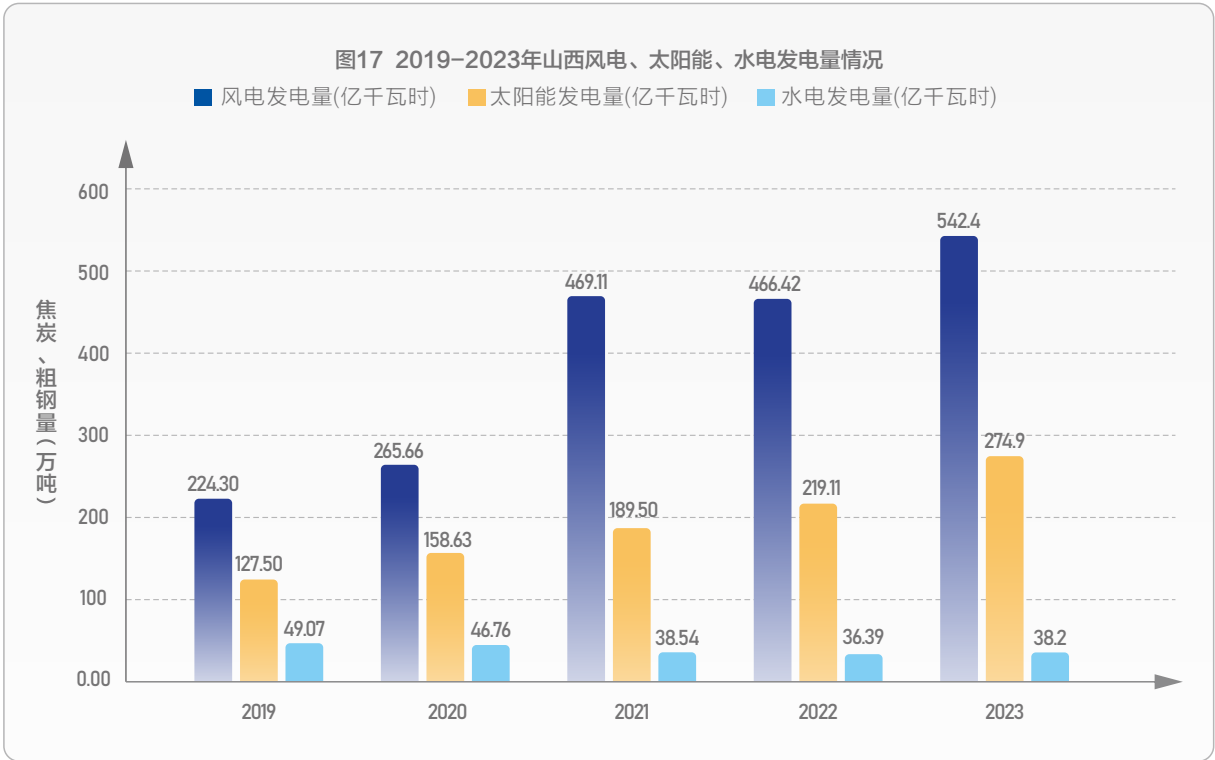


3.3 清洁能源及战略新兴能源行业

3.3.1 风光水电产业

山西风能、太阳能等可再生资源相对丰富，具有较大的开发潜力，为更好地开发利用可再生资源，推动本省能源革命，山西正不断扩大本省新能源装机容量占比。2023年，山西太阳能发电装机容量达到2490.5万千瓦，同比增长46.9%，水电装机容量为225.1万千瓦，风电装机容量为2499.7万千瓦。从可再生能源发电量分析（图17），风电发电量几乎占山西可再生能源发电量的一半以上，其次就是太阳能发电。近五年，山西风电发电量从2019年的224.3亿千瓦时增至2021年的

469.11亿千瓦时，在2022年，发电量略有下降，为466.42亿千瓦时，而在2023年风电发电量再次增加，达到542.4亿千瓦时；太阳能发电量从2019年的127.5亿千瓦时一路增至2023年的274.9亿千瓦时，不论是风电还是太阳能发电，在五年时间里其发电量增长量都高达两倍还多；水电发电量却呈现下降趋势，在前四年里，其发电量从2019年的49.07亿千瓦时降低至2022年的36.39亿千瓦时，但到2023年，水电发电量略有增加，为38.2亿千瓦时。



数据来源: 中国能源统计年鉴2023, 山西2023年数据来自山西省统计局

在此基础上，为更好地利用风能和太阳能，山西正积极打造适合本地的风电装备制造全产业链和光伏产业链，加快将本省光伏、风电基地建设为全国重要的综合能源基地。对此，依托丰富的风力太阳能资源，山西政府接连出台多项政策促进本省风电、光伏产业的发展（表4），推动电力及新能源领域的持续健康发展，为尽早实现“双碳”目标打下坚实基础。



表4 山西风电光伏产业相关政策

资料来源: 笔者自行整理

| 时 间      | 政 策                             | 详 情                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2022年4月  | 《风电、光伏发电项目管理暂行办法》               | · 对山西省风电、光伏发电项目规划管理、年度开发建设计划、项目储备、项目核准备案、项目建设、电网接入管理、竣工验收、事中事后监管等方面进行了规定。                                                                                                                                                                                |
| 2022年8月  | 《山西省风电装备产业链实施方案》                | · 预计到2025年，山西省风电装备产业链规模显著增长，总产值超1000亿元。<br>· 链上企业发展壮大，形成1–2家年销售收入超100亿元、6–8家超50亿元、15家以上超10亿元企业；产业链条自主可控，风电装备本土配套率和链上企业配套率均实现由20%逐步提升到80%。<br>· 创新能力显著增强，建成1–2个国家级企业技术中心和技术创新中心。<br>· 形成立足山西、辐射全国的现代风电装备产业体系。                                             |
| 2022年9月  | 《山西省光伏产业链实施方案》                  | · 预计到2025年，光伏产业链发展质态全面提升、龙头企业加快培育、产业链条自主可控、创新能力显著增强、服务体系健全完善。<br>· 光伏产业链总产值超1000亿元，培育产值百亿级企业2–3家，十亿级企业6–8家，亿元级企业20家以上。<br>· 充分发挥长治现有的电池、组件、金刚线、光伏玻璃等产业基础优势，带动晋东南地区，建设以电池、组件和拉晶切片为主，配套材料为辅的光伏产业集群。<br>· 重点引进行业领先硅料、硅片企业重大项目落地，补齐硅料、拉晶切片产能短板。              |
| 2022年12月 | 《山西省2022年支持新能源产业发展风电光伏发电建设计划》   | · 2022年支持新能源产业发展风电光伏发电建设项目34个、装机372万千瓦。                                                                                                                                                                                                                  |
| 2023年10月 | 《山西省2023年风电、光伏发电开发建设竞争性配置工作方案》  | · 结合各市风电、光伏发电项目建设周期和开发潜力，综合考虑全省全社会用电量、外送电量、电网消纳能力、可再生能源消纳责任权重目标等因素，拟安排风电、光伏保障性并网规模1500万千瓦，返回规模92万千瓦，合计1592万千瓦。                                                                                                                                           |
| 2023年12月 | 《山西省2023年风电、光伏发电保障性并网年度建设计划的通知》 | · 山西省2023年风电、光伏发电保障性并网年度建设计划，共143个项目、装机1477万千瓦。<br>· 明确了风电、光伏发电项目规划、年度计划的组织实施以及项目库组织管理。<br>· 明确了送出工程建设、电网接入服务、电网运行调度等方面事宜。<br>· 明确了省市县能源主管部门、投资主体在风电、光伏发电项目开发、建设、运行阶段相关要求。                                                                               |
| 2024年9月  | 《山西省2024年风电、光伏发电开发建设竞争性配置有关工作》  | · 为保障晋北采煤沉陷区新能源基地项目用地需求，涉及的云网、新荣、左云、浑源、灵丘、广灵6县区本年度暂不安排风电、光伏项目。<br>· 优先保障完成我省风电、光伏发电“十四五”规划目标，兼顾中长期发展，综合考虑全省全社会用电量、外送电量、电网纳能力、非水电可再生能源消纳责任权重等因素，结合项目建设周期、各市开发潜力，本年度拟安排风电、光伏保障性并网规模1270 万千瓦。<br>· 按照单体项目不低于10万千瓦实施基地化、规模化发展，利用已投产新能源项目升压站及送出线路的扩建项目不受规模限制。 |



为加快风电产业发展，自2022年5月以来，山西省推行“链长”工作机制，其风电装备产业链以“链主”企业太重集团为核心，牵引各重点企业合力推进产业链建设，初步形成以太重整机制造为引领，发电机、齿轮箱、主轴、法兰、塔筒等配套产品同步发展的产业链体系<sup>[22]</sup>；截至2022年底，山西风电装备产业链本土配套率增至45%以上，国产化率提升至95%以上<sup>[23]</sup>，预计到2025年，山西省风电装备产业链规模总产值超1000亿元，产业链自主可控，风电装备本土配套率和链上企业配套率均由20%提升到80%。2023年，山西发布了4项风电装备产业链的重点项目，譬如明阳新能风电高端装备制造产业基地项目、山西宝航重工的风电法兰生产线二期项目、鑫万吨重工的风电塔架法兰及高合金锻件改扩建项目以及江淮重工的新能源装备产业基地二期项目等。目前，山西初步实现上游风力发电机5000台、风电齿轮箱6000台、塔筒300套、风电锻件主轴1000支、风电锻件30万吨、35kV及以下系列电力电缆的制造能力，实现中游风电整机1500台制造能力<sup>[22]</sup>。

但当前山西风电装备产业链仍处在培育发展阶段，存在产业发展不均衡状况，为促进产业链、产业集群高质量发展，面向风电装备全生命周期服务需求，山西计划大力发展现代生产性服务业，延伸风电装备产业链条，拓展省外整机产品和零配件市场，延伸风电产业

3.3.2抽水蓄能产业

山西地形多为山地丘陵，不仅具有良好的水电、风电、光伏开发条件，在发展抽水蓄能方面也具备开发的天然地理条件。在构建以新能源为主体的新型电力系统，实现“双碳”目标的新形势下，加快抽水蓄能发展已势在必行。抽水蓄能电站作为现阶段最为成熟的储能电源和新型电力系统的重要组成部分，对于构建清洁低碳、安全高效的能源体系，提升清洁能源利用水平和电力系统运行效率，更好地保障能源安全具有重要作用<sup>[24]</sup>。为推动抽水蓄能产业发展，国家能源局正式宣布印发实施《抽水蓄能中长期发展规划（2021—2035）》，规划为今后中长期抽水蓄能产业发展、建设与运行提出了清晰的时间表、任务书和路线图，是指导抽水蓄能行业发展的重要指南。

为支持抽水蓄能开发建设，规划对山西9个抽水蓄能项目进行调整，包括同意山西省孟县上社、沁源县李家庄、沁水等5个项目纳入规划“十四五”重点实施项目；绛县、垣曲二期、西龙池二期3个储备项目调整为规划“十四五”重点实施项目；五寨项目纳入规划储备

链，促进风电装备全产业链增值，通过回收循环利用实现低碳目标。

在国家大力发展光伏项目这一趋势下，山西光伏制造产业规模也在继续扩大，为完善省内光伏产业链条，山西政府已从多方面采取针对性措施。其一，根据《山西省光伏制造业发展三年行动计划（2020—2022年）》，山西依托光伏制造领域发展基础，以晋中、吕梁、长治为重点，加强重大项目培育和产业链招商，整合提升硅片、电池片、组件等光伏制造产业链，完善专用设备、光伏玻璃、金刚线、银浆等配套体系，集聚产业创新要素，打造光伏制造全产业链生态体系。其二，根据《山西省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》，山西计划加大光伏制造关键技术攻关，加快新技术创新研发应用迭代升级，重点推进晋能控股电力集团为核心的产业链建设，形成“多晶硅—硅片—电池—组件—应用光伏”产业链条，打造全国重要的光伏制造基地；统筹考虑电网条件和生态环境承载能力，利用采煤沉陷区、盐碱地、荒山荒坡等资源开展集中式光伏项目；探索立体利用土地发展清洁能源模式，推动分布式光伏、分散式风电与建筑、交通、农业等产业和设施协同发展，通过发展光伏发电多元布局，促进产业高质量增长，打造国家级光伏产业基地。

项目。此次调整进一步明确了山西抽水蓄能电站的建设时序与布局，为直观呈现当前项目推进态势，现将其在建和拟建的典型抽水蓄能电站整理如表5所示。

山西的抽水蓄能电站不仅对电网的稳定运行至关重要，在促进新能源电力消纳方面也发挥着重要作用。随着山西电网向新能源和低碳化转变，抽水蓄能电站将在保障电力系统安全、稳定和经济运行方面发挥更加关键的作用。从山西抽水蓄能中长期发展规划成果可以看出，山西正将抽水蓄能作为储能发展主攻方向，在源、网、荷三端合理布局新型储能，形成以抽水蓄能为主、新型储能为补充的存储调节体系；同时通过发挥源网荷储协调能力，稳妥推进增量“风光水（储）一体化”，探索增量“风光储一体化”；重点建设晋北风光火储一体化外送基地，晋南源网荷储一体化示范基地<sup>[25]</sup>，通过多方共同努力确保抽水蓄能项目能够实现经济、高效、安全、有序发展，进而为本省能源结构转型、能源产业向低碳化转变提供重要保障。

表5 山西典型抽水蓄能电站

资料来源: 笔者自行整理

| 电站名称       | 装机容量(MW) | 项目情况                                                                                                       |
|------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 西龙池抽水蓄能电站  | 1200     | · 山西电网中目前唯一运行中的抽水蓄能电站，水头高达644米，在国内已经投产的抽水蓄能电站中排名第二。<br>· 上水库库盆首次采用沥青混凝土防渗面板防渗技术，一举打破了国外防渗技术的垄断。            |
| 垣曲抽水蓄能电站   | 1200     | · 国家水电发展“十三五”规划的重点建设项目与山西能源革命综合改革试点重点工程。<br>· 在2022年10月输水发电系统工程临建工程开工，2024年1月完成主厂房顶拱层开挖，计划于2026年底首台机组投产发电。 |
| 浑源抽水蓄能电站   | 1500     | · 国家《抽水蓄能中长期发展规划（2021—2035年）》“十四五”重点实施项目。<br>· 2023年5月输水发电系统工程正式开工。                                        |
| 蒲县抽水蓄能电站   | 1200     | · 2023年6月核准，2023年9月开工。                                                                                     |
| 绛县抽水蓄能电站   | 1200     | · 安装4台单机容量30万千瓦水泵水轮发电机组，主要由上水库、输水系统、地下厂房、下水库及开关站等组成的枢纽工程。<br>· 项目建设周期69个月。                                 |
| 孟县上社抽水蓄能电站 | 1400     | · 安装4台单机容量35万千瓦水泵水轮发电机组。<br>· 项目建设周期69个月。                                                                  |

3.3.3氢能产业

氢能已是全球公认推动化石能源清洁高效利用的理想能源载体，可为运输、工业和建筑等难以脱碳的领域实现大规模深度脱碳提供路径。山西把氢能作为重点发展的10条产业链之一，不仅是为了跟随国家政策的方向，更是因为其本身就具有一定的资源优势。

一方面，氢源丰富。早在2021年，山西年产氢气就已经超过300万吨<sup>[26]</sup>，且其氢能发展已具备相应产业基础，自2018年起，以大同、长治、吕梁为首的城市群就已布局氢能产业，为本省经济转型带来重要机遇。2023年，山西可再生能源装机容量达到5215.3万千瓦<sup>[9]</sup>，位居全国前列，为本地积极开展氢能全产业链

研究和布局提供一定的外在条件，尤其在氢能产业链四个环节中（表6），焦炉煤气制氢是一种成本较为低廉的制氢途径，拥有广阔的应用前景，而山西拥有全国最大的焦化产能，仅焦炭生产的副产品焦炉煤气含氢量约60%，2022年，山西的焦炭产量达到9799.7万吨，能够副产氢气约96万吨<sup>[27]</sup>；另外，山西也具有风电，光伏的资源优势，截至2023年，其风电装机容量为2499.7万千瓦，光伏装机容量为2490.5万千瓦，可再生能源制氢产能超110万吨，可见，山西本身在清洁低碳的氢能供给上具备巨大潜力。

表6 氢能产业链环节

资料来源: 笔者自行整理

| 产业链环节 | 重点产品               |
|-------|--------------------|
| 制氢    | 焦炉煤气制氢/绿电制氢        |
| 储氢/运氢 | 储氢瓶/加氢站            |
| 氢能应用  | 氢燃料电池、载重氢燃料汽车、氢冶金等 |



另一方面，应用场景丰富。氢能的应用几乎可覆盖交通运输、工业生产、能量转送、电网储能调配等多个领域。其中，氢能在运输上主要以氢燃料电池重卡为主要场景，而山西煤、焦、铝、冶、电五大产业共拥有约60万辆重卡（不含实际在山西运营但手续注册在外省），占全国的8.6%。此外，随着燃料电池产业的推进和以氢为核心的储能的发展，氢气作为沟通交通、发电和储能三大领域的关键能源气体，应用范围只会更加广泛。

近年来，山西接连出台多项政策文件来不断完善氢能产业发展制度政策环境（表7），引导该产业健康有序发展，推动氢能产业链进一步提质升级。特别是在本省“十四五”未来产业发展规划中，针对氢能产业，山西希望通过加快基础设施建设，加速发展绿氢制取、储运和应用等氢能产业链发展，结合省内自身的氢源优势和产业基础优势，抓住氢能这一战略新兴产业的发展机遇，构建较为完备的氢能产业链体系<sup>[28]</sup>，为本地经济结构转型和提升提供新的助力。

在多项政策的多重作用下，山西正大力发展氢能产业的关键核心技术，提升产业规模，重点围绕“绿色炼焦—焦炉煤气制高纯氢—制、储、运、加氢等设备及产品”链条，按照“循序渐进”原则，结合氢能应用示范实际用氢需求，不断推进加氢站建设，进一步促进氢能制、储、运、加、用全产业链培育，构建安全高效的氢能产业链<sup>[29]</sup>，加快形成符合山西特色、多能互补的氢能产业商业化路径。在推进氢能大力发展的政策环境与实施氢能产业链链主制的推动下，山西政府也与企业“联动”推动产业转型，其氢能产业链上企业越来越多。截至目前，山西氢能产业链已经汇集了31户企业，形成了美锦能源、晋南钢铁、鹏飞集团3户“链主”企业，直至2023年，山西全省氢能产业链累计营收502.5亿元，同比增长32.2%<sup>[30]</sup>。总体来看，山西立足优势建链组链，引领氢能产业高质量发展，已经走出一条减煤加氢、减碳增效、生态优先、绿色低碳的发展之路。

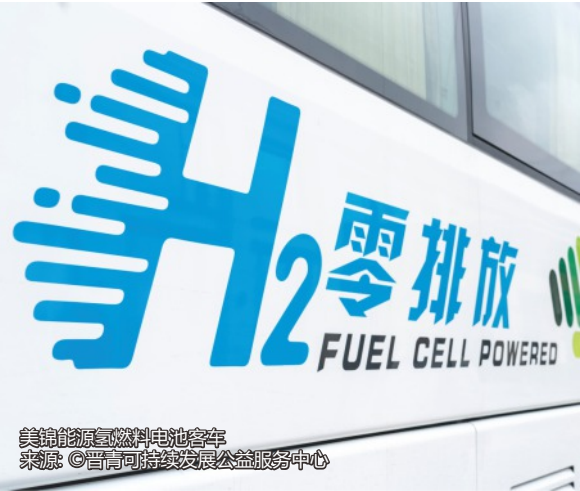


表7 山西氢能相关政策

资料来源: 笔者自行整理

| 时 间      | 政 策                                | 主 要 内 容                                                                                                                                                                                                                       |
|----------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2021年4月  | 《山西省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》 | · 发挥焦炉煤气制氢等工艺技术低成本优势，有序布局制、储、加、运、输、用氢全产业链发展。因地制宜推进水能、地热能、生物质能、核能等开发布局。                                                                                                                                                        |
| 2021年4月  | 《山西省“十四五”未来产业发展规划》                 | · “十四五”期间，全省氢能产业规模大幅增长，山西“中国氢都”的形象具有一定知名度。<br>· 未来15年，山西省氢能产业基本形成绿色氢源和低碳制氢的技术体系、产业集群和覆盖全球的氢气储运和销售网络。<br>· 未来30年，建成具有全国和全球影响力的“中国氢都”。                                                                                          |
| 2022年7月  | 《山西省重点产业链及产业链链长制实施方案》              | · 围绕“绿色炼焦—焦炉煤气制高纯氢—制、储、运、加氢等设备及产品”成链，重点解决上游产能不足、下游氢能利用率不足、应用场景不多等短板，打造氢燃料电池电堆、氢气压缩机、固态储氢设备、氢能车辆等氢能应用关键产品，构建安全高效的氢能产业链。                                                                                                        |
| 2022年8月  | 《山西省推进氢能产业发展工作方案》                  | · 2022年底前，研究氢能产业发展政策规范，制定加氢站建设运营管理办法，开展氢能示范应用，局部探索氢能“制、储、运、加、用”一体化发展。<br>· 2023年底前，氢能产业发展制度政策环境进一步完善，力争获批纳入国家燃料电池汽车示范城市群，支持建设一批加氢站，氢能示范应用推广取得一定成效，氢能产业链进一步提质升级。<br>· 2025年底前，形成较为完善的氢能产业发展制度政策环境，构建较为完备的氢能产业链体系，氢能示范应用取得明显成效。 |
| 2022年10月 | 《山西省氢能产业发展中长期规划（2022-2035年）》       | · 到2025年，形成较为完善的氢能产业发展制度政策环境，协同创新能力进入全国前列，基本构建较为完备的产业链体系。<br>· 氢能示范应用取得明显成效，在不新增碳排放的前提下，初步建立以工业副产氢和可再生能源制氢就近利用为主的氢能供应体系。                                                                                                      |
| 2023年4月  | 《山西省氢能产业链2023年行动方案》                | · 不断完善氢能产业发展制度政策环境，充分运用“链长”工作机制，落实“链主”“链核”企业责任，提升氢能产业技术创新水平，加强氢能基础设施建设，有序开展氢能产业示范应用，加强产业链协作配套，推动氢能产业链进一步提质升级。                                                                                                                 |
| 2024年2月  | 《山西省氢能产业链2024年行动方案》                | · 开展氢能关键核心技术攻关、推进氢能创新平台建设、建立多元氢能供应体系、有序推进加氢站建设、有序开展氢能交通和工业领域示范应用等11项重点任务，明确3项保障措施。<br>· 推动氢能制储运加用全产业链发展，加快形成新质生产力。                                                                                                            |



3.4 文旅产业

2023年，随着疫情封控结束，中国各地旅游业快速复苏。对此，拥有文化旅游资源优势的山西，通过不断丰富各类文旅主题特色产品供给，强化市场独特竞争优势，将资源优势转化为发展优势，努力在本省煤炭产业的黄金时代逐渐远去时，成为山西转型的另一扇窗。为推动本省文旅产业高质量发展，山西各级政府部门集思广益，出台了包括带团入晋补贴、景区优惠免票、文旅优惠券活动等多项具体举措来激发文旅消费活力；从各方面宣传推广山西文旅资源，通过不断提升品牌美誉度来加强本省品牌影响力建设；加快文旅产业数字化转型，促进软硬件设施更加智慧便捷，提高用户体验等。在2023年这一年的时间里，山西文旅以建设新时代文化强省和国际知名文化旅游目的地为总目标，从多方面着手，打造了适合本地文化旅游高质量发展的山西模式。

**第一，创新宣传树品牌，话题事件频上热搜。**五台山、乔家大院、平遥古城、壶口瀑布、王家大院作为山西最受欢迎的旅游景点，本身就具有拥有较高的全网话题讨论度；在2023年，春节档《满江红》电影全国上映，又“带火”了拍摄地太原古县城；同年5月，太原、大同、忻州、朔州等文旅部门与“东方甄选”携手合作，举办了“东方甄选山西行”专场直播，实现全网短视频播放量超6亿次，20余次登上话题热搜榜；2024年，《黑神话：悟空》上线后，其6个精美绝伦的场景中有27处来自山西，又带火了隰县小西天、府城玉皇庙、铁佛寺等多个景点。对此，山西文旅紧抓话题热点与网民参与互动，在传承保护好山西文化根脉的同时，匹配相关文旅产品，将流量转化为“游量”价值。

**第二，加深数字转型与文旅的深度融合，多措并举促进消费。**在数字时代，山西以数字经济赋能文旅产业，使其向数字化转型方向快速发展。“山西文旅云”“游山西”作为山西智慧旅游服务平台，为当地政府及外地游客提供了便捷智慧化服务；山西文旅虚拟星推官数字人“青鸟”，通过数字科技与传统文化的碰撞与融合，将传统而厚重的三晋文化推向了潮流前线；乔家大院、皇城相府景区也通过科技手段赋能旅游行业来提升景区的服务质量，为游客带来更好的游览体验。之后，当地文旅围绕“演唱会+文旅”“文旅+演艺”等模式来更多的吸引更多游客，又特别推出A级景区预售首道门优惠门票活动，65家景区获省级财政补贴4921万元<sup>[31]</sup>，甚至有的景点还推出了面向师生免门票等优惠活动

来进一步拓展消费场景，加快促进游客消费。

**第三，深挖资源优势，推动康养产业高质量发展。**当前，山西正加快促进文旅康养深度融合，努力将其打造成战略性支柱产业和民生幸福产业。近年来，山西主动适应经济发展新常态，充分发挥文化旅游资源比较优势，以市场为牵引，以需求为导向，不断丰富文旅产品供给，持续提升“康养山西、夏养山西”品牌的影响力及美誉度，积极探索文旅康养产业融合发展新思路，推动文旅康养资源优势转化为产业优势和发展机会<sup>[32]</sup>。2023年，为进一步做好、做大、做强文旅康养产业，推动其高质量发展，山西政府在太谷孟母文化园举办了“第九届孟母文化节暨山西银发康养潮流汇”；在晋城举办了2023中国·山西（晋城）康养产业发展大会，鼓励各地结合自身优势打造适合当地的“康养+”品牌。

在多项政策扶持、活动策划、优惠补贴等举措的落实下，山西文旅产业的高质量发展为山西省经济增长做出了重要贡献。据山西省国民经济和社会发展统计公报，2023年山西重点监测景区接待游客8070.5万人次，同比增长163.4%；门票收入26.9亿元，增长219.0%；经营收入45.3亿元，增长195.4%。为促进地区文旅产业的持续健康发展，山西人民政府紧接着出台了《关于推动文旅产业高质量发展的实施意见》，主要通过深化改革创新增强发展动能、构建旅游核心吸引物体系、促进“文旅+”业态创新发展来推动文旅产业高质量发展（表8）。

为推动本地旅游产业的持续扩容和发展，自2021年开始，山西持续“实施A级景区倍增计划”，即大力推进各类自然文化景区、旅游综合体、城市公园、矿山公园、地质公园、主题乐园、博物馆、纪念馆等，创建A级旅游景区，成效显著，截至2023年底，全省A级景区数量达390家，同比增幅25.6%。在2024年，山西旅游业发展聚焦“坚持守正创新、深化业态融合，推动山西文旅产业高质量发展”，希望到2025年，全省A级旅游景区总量较2020年翻一番；到2028年底，太原市、大同市、运城市进入国内著名国际知名旅游城市行列，全省可供游客使用的床位总数达到115万张，过夜游客占比达到40%，人均旅游花费达到1100元，旅游及相关产业增加值占GDP比重达到5%以上，初步建成国际知名文化旅游目的地，旅游业成为山西支柱产业。

表8 山西文旅产业高质量发展措施

资料来源: 笔者自行整理

| 工作目标                 | 主要任务           | 主要内容                                                                                                                                                   |
|----------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 深化改革<br>创新增强<br>发展动能 | 做强文旅龙头劲旅       | · 深化院团改革，激发山西演艺集团发展活力和适应市场能力。<br>· 推动山西文博集团重组改革，打造全国一流现代文博产业旗舰劲旅。<br>· 支持省文旅集团重塑产业布局，推动文旅集团非主业、非优势业务和低效无效资产处置，增强资本实力，做强文旅主业。                           |
|                      | 深化龙头景区改革       | · 推进云冈石窟、五台山、平遥古城、关公故里文化旅游景区理顺管理体制、打造国际知名文化旅游目的地。                                                                                                      |
|                      | 盘活旅游资源资产       | · 推动破解历史遗留难题，引进有实力的战略投资者。<br>· 对于不涉及核心旅游资源、产权明确的，在符合相关法律法规和政策前提下，以竞争性配置方式向民间资本出让景区经营权或业态经营权。                                                           |
| 构建旅游<br>核心吸引<br>物体系  | 打造旅游热门门户       | · 打造3个国际旅游门户城市，以热门门户辐射带动周边区域向综合化、片区化、一体化方向发展。                                                                                                          |
|                      | 实施重点景区<br>打造计划 | · 对标国内外同类型头部景区，打造洪洞大槐树、皇城相府、乔家大院等重点景区。<br>· 梯次推动晋祠天龙山、关公故里等创建5A级旅游景区，形成山西旅游景区品牌矩阵。                                                                     |
|                      | 壮大旅游景区规模       | · 开展全省旅游资源普查，实施A级旅游景区倍增计划和县域A级旅游景区“破零”行动。<br>· 到2025年，全省A级旅游景区总量较2020年翻一番。                                                                             |
| 促进“文旅+”<br>业态创新发展    | 深化文旅融合发展       | · 发展夜间经济，鼓励市县改建、新建特色园区和艺术街区，打造一批夜间文化和旅游消费集聚区。<br>· 支持太原市、运城市在国家级文旅消费试点城市的基础上创建示范城市。<br>· 着力发展研学旅游，开发古建文化、地质文化、晋商文化、红色文化等专项科考旅游线路。                      |
|                      | 推动文物活化利用       | · 优化完善云端山西文物数字博物馆，推出“国宝中的山西”主题游径和“红色印记”“匠心古建”等精品线路。<br>· 依托历史文化名镇名村、历史人文类景区，培育文物研学基地，推动标志性专题博物馆建设。<br>· 推动文博单位开发文创产品、知名文物复刻工艺品。                        |
|                      | 深入推进数智赋能       | · 鼓励文旅行业数字企业发展，开展文旅数字化、智慧化技术、场景开发和推广应用。<br>· 加快文旅产业数字化转型，综合运用大数据、人工智能、AR/VR等数字技术，打造智慧景区。<br>· 强化文旅产业信息化支撑能力建设，在文旅产业应用大数据基础算法等共性关键技术，为文旅产业高质量发展提供数字化支撑。 |



3.5 大数据产业

大数据产业作为推动经济高质量发展的核心引擎，不仅能够重塑传统产业，还能催生新业态、新模式，是山西产业转型升级的关键驱动力。山西大数据产业的建设具体可以追溯到2010年左右，但真正规模化发展始于2015年之后，经过数年的摸索与积累，山西已从传

统能源大省逐步向数字经济强省迈进，大数据产业成为推动经济高质量发展的重要力量，特别是随着“东数西算”战略的深入推进，山西有望在全国大数据产业布局中占据更加重要的地位（表9）。

表9 山西大数据产业的变迁

资料来源: 笔者自行整理

| 阶段                     | 背景                                                                       | 重要事件                                                                                                                                         | 特点                                                 |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 萌芽阶段<br>(2010年以前)      | 这一时期，山西作为传统能源大省，经济结构以煤炭和重工业为主，大数据产业尚未形成明确的发展方向。                          | — —                                                                                                                                          | 个别企业和政府部门开始尝试信息化建设，但大数据技术应用范围有限，主要集中在政务信息化和基础通信领域。 |
| 起步阶段<br>(2010–2014年)   | 随着全国信息化建设的推进，山西开始意识到数字经济的重要性，逐步将大数据产业纳入发展规划。                             | · 2013年，国务院发布《关于促进信息消费扩大内需的若干意见》，推动全国大数据产业发展。<br>· 山西省政府开始探索大数据在政务、民生等领域的应用，部分地市启动智慧城市试点。                                                    | 大数据产业初步萌芽，但规模较小，主要集中在政务数据整合和基础数据平台建设。              |
| 快速发展阶段<br>(2015–2020年) | · 2015年，国务院发布《促进大数据发展行动纲要》，明确提出推动大数据产业发展。<br>· 山西抓住这一机遇，将大数据作为经济转型的重要方向。 | · 2017年，山西发布《山西省大数据发展规划（2017–2020年）》，明确大数据产业的发展目标和重点任务。<br>· 2018年，山西出台《山西省促进大数据发展应用条例》，成为全国首部省级大数据地方性法规。<br>· 华为、阿里巴巴、腾讯等科技巨头陆续在山西投资建设数据中心。 | 大数据产业进入快速发展期，数据中心建设初具规模，大数据在政务、民生、产业等领域的应用逐步深化。    |
| 高质量发展阶段<br>(2021年至今)   | 随着“新基建”和“东数西算”国家战略的推进，山西大数据产业进入高质量发展阶段。                                  | · 2021年，山西发布《关于推进数据中心高质量发展的实施意见》，提出打造“1+3+N”数据中心空间布局。<br>· 2022年，山西数据流量生态园启动建设，聚焦大数据、人工智能等新兴产业。<br>· 山西积极参与“东数西算”工程，承接东部地区的数据存储和运算需求。        | 大数据产业规模进一步扩大，数据中心集群化、绿色化发展，数字经济成为山西经济转型的重要引擎。      |

近年来，为加快推进本省大数据产业高质量发展，山西出台了一系列政策文件，通过积极融入国家战略，统筹推进大数据中心体系建设，助力全国一体化大数据中心协同发展，推动大数据与实体经济深度融合，助力经济转型升级。特别是《关于推进数据中心高质量发展的实施意见》的施行，指明了适合本省大数据产业发展的新布局，即通过建成先进的数据中心服务体系，形成“基础设施—数字产业—融合应用”一体化格局，打造以太原为核心、大同一吕梁—阳泉为支撑、多地市协同发展的“1+3+N”数据中心空间布局，推动本省成为国内重要的大数据产业集聚区；此外，《2022山西省政府工作报告》《山西省第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》《山西省促进大数据发展应用条例》等政策的出台，进一步彰显山西政府对本省数字经济发展的高度重视。

除此之外，从地理条件来看，山西还拥有先天适合AI发展的独特优势，为其进一步建设大数据运算中心基地提供了重要机遇。一方面，在电力供应方面，山西拥有丰富的煤炭资源和强大的电力供应能力，能够为数据中心提供稳定且低成本的电力保障，充分满足AI运算的高能耗需求。与此同时，山西正在积极推动能源结构转型，大力发展风能、太阳能等清洁能源，这不仅符合全球绿色发展趋势，还能为AI数据中心提供可持续的电力支持，进一步降低碳排放，助力实现“双碳”目标。另一方面，在地理环境方面，由于高性能计算设备在运行

过程中会产生大量热量，若不能有效散热，将影响设备稳定性和运行效率，甚至导致硬件损坏，而山西大部分地区年平均气温在6℃至11℃之间，尤其是北部和山区气温较低，不仅有利于减少数据中心的冷却能耗，降低散热成本，还能提高设备的运行效率和寿命，适合数据中心的建设和运营。可以说，这种气候优势不仅提升了数据中心的能效比，还增强了山西在吸引数据中心投资方面的竞争力，为其建设全国领先的大数据运算中心基地提供了有力支撑。地理上的天然优势，政策上的强力支持，加之土地优惠、税收减免、电力补贴等多项措施的实施，接连吸引了众多企业投资，一批大数据服务产品不断涌现。

截至目前，山西成功引进多个大型数据中心项目。如2017年10月，吕梁市政府与华为公司签订战略合作协议建设华为山西（吕梁）云数据中心，同月开工建设，于2020年8月正式竣工；猪八戒网在太原、长治、晋城等市落地“八戒工场”，入驻企业超百家，累计为1万余户企业提供知识产权、品牌创意、营销推广、技术开发类管家服务；快成物流依托线上平台，打通车、货、司、企、服等环节，整合55万余台社会车辆，注册司机53万人，这些数据还在不断攀升，以数字化手段提升物流效率，降低物流成本；此外，还有腾讯、阿里巴巴、京东和抖音等科技龙头公司陆续在山西建立数据中心，双方合作达到共赢（表10）。

表10 山西大数据产业部分投资项目建设

说明: 投资金额为估算值，具体金额可能因项目进展和后续投资有所调整

| 项目名称                     | 投资金额   | 地址        | 详情                                                                    |
|--------------------------|--------|-----------|-----------------------------------------------------------------------|
| 华为山西（吕梁）云数据中心            | 约13亿   | 吕梁        | · 是华为技术有限公司是华为云服务战略的全国重要节点之一。<br>· 是华为企业云数据中心在山西省内唯一的管理节点。            |
| 阿里云创新中心（太原）              | 约4000万 | 太原        | · 通过整合阿里巴巴在金融、电商、大数据技术、云计算等方面的优势资源，支持其电商和云计算业务。                       |
| 京东集团华北（大同灵丘）智能算力数据中心基地项目 | 约25亿   | 大同灵丘      | · 该数据中心以建设国际先进水平、具有高可用性、高可靠性、易维护性、绿色节能等特点为目标，旨在打造现代化、高科技智慧园区标杆。       |
| 百度云计算（阳泉）中心              | 约47亿   | 阳泉        | · 成功为大搜索、度秘、智能云、基础技术群组、新兴业务事业群组、人工智能、智能驾驶等重要业务提供服务，已成为助力AI、成就未来的重要基石。 |
| 山西太原移动数据中心二期项目           | 约1.26亿 | 山西转型综改示范区 | · 省内最大的“电信级数据中心”。                                                     |
| 抖音火山云太行算力中心二期项目          | 约45亿   | 大同广灵      | · 将以电商为媒介，将企业、高校、个体进行资源整合，培养地方示范性标杆直播企业，并赋能更多当地传统企业。                  |



对科技公司而言，山西的低成本电力、凉爽气候、政策支持和区域战略优势为其提供了理想的投资环境。对山西而言，科技公司的入驻推动了经济转型、产业升级和区域协同发展，为高质量发展注入了新动能。这种合作不仅有助于科技公司优化全国布局，也能推动山西产业升级，进一步优化本省数据中心布局，打造以太原为核心、大同一吕梁—阳泉为支撑的“1+3+N”空间

格局，为打造全国领先的大数据产业基地提供了重要保障。同时，山西凭借国家“东数西算”战略的东风，承接东部地区的数据存储和运算需求，推动区域协同发展，通过与京津冀、长三角等地区的深度合作，为实现绿色发展和“双碳”目标提供了重要支撑，助力本省在全国数字经济布局中占据更加重要的地位。

3.6 其他非煤行业

自2016年中央提出煤炭去产能改革后，山西就开启了一系列淘汰落后产能的动作，供给侧结构性改革煤炭产业，国家给山西规定的去产能任务为11380万吨/年，通过积极化解提前一年超额完成，计划退出产能2074万吨，实际关闭退出煤矿32座，减量重组退出煤矿42座，实际削减过剩产能15685万吨/年，总退出产能3604万吨，退出总量居全国第一。在此背景下，为保障本省经济发展稳定，山西大力发展“非煤工业”，

非煤产业成为工业增长主动力。在规模以上工业中，分门类看，2023年山西采矿业增长3.3%，制造业增长8.1%，电力、热力、燃气及水生产和供应业增长2.4%；分煤与非煤看，煤炭工业增长3.6%，非煤工业增长6.2%，其增长速度高于煤炭工业增长速度2.6个百分点（表11）。在非煤工业中，装备制造业比上年降低1.5%，建材工业降幅最大，同比下降8.1个百分点。

表11 2023年全省规模以上工业增加值增长速度

数据来源: 山西省2023年国民经济和社会发展统计公报

| 指标                | 比上年增长（%） |
|-------------------|----------|
| 规模以上工业            | 4.6      |
| 其中: 采矿业           | 3.3      |
| 制造业               | 8.1      |
| 电力、热力、燃气及水电生产和供应业 | 2.4      |
| 其中: 国有控股企业        | 4.7      |
| 其中: 集体企业          | -11.6    |
| 股份制企业             | 5.0      |
| 外商及港澳台商投资企业       | 0.7      |
| 其中: 煤炭工业          | 3.6      |
| 非煤工业              | 6.2      |
| 其中: 炼焦工业          | 0.3      |
| 电力工业              | 3.5      |
| 装备制造业             | -1.5     |
| 钢铁工业              | -3.9     |
| 有色工业              | -2.9     |

|           |      |
|-----------|------|
| 化学工业      | 5.7  |
| 建材工业      | -8.1 |
| 医药工业      | 3.2  |
| 食品工业      | 14.4 |
| 废弃资源综合利用业 | 65.6 |

当下，推动山西从传统煤炭产业向多元化和低碳产业转型，实现可持续发展和减少对煤炭的依赖，非煤产业毫无疑问会成为未来产业转型的重点，不仅是对能源结构优化调整的响应，也是企业实现可持续发展的必由

之路。山西非煤产业所涉范围比较广泛，从本省资源禀赋，区位优势、产业基础等因素考虑，最终确定山西非煤产业的五大重点领域（表12）。

表12 “十四五”山西非煤产业发展重点领域

资料来源: 《“十四五”山西省非煤经济发展研究》

| 重点领域    | 所属部门                        | 重点行业                                                  |
|---------|-----------------------------|-------------------------------------------------------|
| 先进制造    | 仪器仪表，通信设备、计算机和其他电子设备，交通运输设备 | 通信设备、计算机和其他电子设备，仪器仪表，铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造，医药制造，专用设备制造  |
| 数字经济    | 综合技术服务                      | 数字产品制造业、数字产品服务业、数字技术应用业、数字要素驱动业                       |
| 文旅康养    | 文化、体育和娱乐 住宿和餐饮              | 住宿业、餐饮业、文物及非物质文化遗产保护、体育业                              |
| 现代物流    | 交通运输、仓储和邮政                  | 铁路运输业、道路运输业、水上运输业、航空运输业、管道运输业、多式联运和运输代理业、装卸搬运和仓储业、邮政业 |
| 农产品精深加工 | 食品                          | 农副食品加工业，食品制造业，酒、饮料和精制茶制造业                             |

在其他众多非煤产业中，先进制造业作为富民强省之本，应为非煤产业的发展重点。近年来，山西为加快制造业转型升级，依托资源优势，紧跟国家制造业发展方向，推动本省制造业向高端化、智能化方向发展。第一，通过多方联动实现全产业链企业合作共赢、协同发展，特别是在装备制造现代化产业体系构建工程方面，通过智能煤机产业强化与领军企业深度合作，强化核心关键部件基础，提升智能成套装备市场占有率，加快构建本省特色装备制造业体系<sup>[33]</sup>。第二，将制造业与数字经济结合发展，“十四五”时期，山西数字经济发展从数字产业化和产业数字化两方面发力，从数字、网络、

智能等方向入手，用科技赋能，促进本地制造业的快速发展。譬如，晋中市打造醇、运、站、车全链条甲醇经济新生态；阳泉市用科技赋能，以智能制造加快传统制造业与现代信息技术的深度融合；运城市通过通过信息技术与制造业深度融合来带动全市制造业特别是先进制造业不断做优做强等<sup>[34]</sup>。第三，高端装备制造是制造业的高端领域，其中智能煤机产业是山西推动资源型经济转型、推进新型工业化、培育新质生产力发展的重要着力点，为持续提升全产业链的竞争水平，山西政府和企业紧抓省内煤矿智能化契机，大力促进煤机产品成套化、智能化发展<sup>[35]</sup>。截至2023年，山西高端装备制造



产业链营业收入达到852.5亿元，同比增长13.6%，为进一步促进本地煤机产业智能化转型发展，2024年将力争全产业链营业收入突破950亿元<sup>[36]</sup>。

旅游、物流和农产品精深加工是山西非煤产业发展的另外三个重点领域。近几年，山西文旅借助电影《满江红》、演唱会和新款游戏《黑神话悟空》等活动频上热搜的机会，大力宣传本省旅游业，为进一步激发市场活力，山西政府采取多项措施促进游客消费，同时又聚焦文旅数字化转型发展，以智慧赋能文旅融合，以数字技术激活文旅活力。此外，在经济全球化和电子商务的双重推动下，山西现代物流业如今也变得更加现代化、智能化；直至今日，随着物流产业规模的扩大，本地中欧班列开行线路已达10条，共开行698列，形成辐射“一带一路”沿线13个国家28个城市的外贸格局。同时，农产品精深加工是延长农业产业链、提升价值链、优化供应链、构建利益链的关键环节，为解决龙头企业少、产业链条短、上下游环节不匹配、产业聚集度低等问题，山西不断从优化产业结构，调整产业布局等方面发力，推动全链条升级。

对于山西产业转型，不论是煤炭产业还是非煤产

业，其转型发展必须要跟随时代背景，特别是在当前科技腾飞的时代，智能化，网络化的时代特征已慢慢渗透到各行各业，传统优势产业、战略性新兴产业和未来产业之间的融合也愈发密切（表13）。“十四五”时期，为改变本省“一煤独大”的产业布局，山西聚焦于发展战略性新兴产业，聚焦“六新”率先突破，打造一批全国重要的新兴产业研发制造基地，改变本地长期以来单一的产业结构。在新一轮科技革命和产业变革的背景下，我国正推动经济高质量发展，为了在经济社会高质量发展进程中不被甩掉，山西也开始转变发展方式，即不断提高本省的科技创新能力，大力发展未来产业，着力构建现代化产业体系。近年来，山西先后建成了中科院煤化所煤转化国家重点实验室、山西大学量子光学与光量子器件国家重点实验室、国家煤基合成工程技术研究中心等国家级重点研发平台，太钢集团、太重集团、中车太原等国家企业技术中心、国家技术创新示范企业，集聚了碳纤维、新型半导体、光伏材料等一批国内国际一流的创新团队，取得了一批有影响的创新成果，为未来产业的发展打下了良好的基础。

表13 “十四五”山西非煤产业发展重点领域

资料来源：《“十四五”山西省非煤经济发展研究》

| 传统优势产业                               | 战略性新兴产业                                                                                                                                                       | 未来产业                         |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 钢铁产业<br>焦化产业<br>有色产业<br>化工产业<br>建材产业 | 信息技术应用创新产业<br>半导体产业<br>大数据融合创新产业<br>光电/光伏产业<br>碳基新材料产业<br>特种金属材料产业<br>生物基新材料产业<br>先进轨道交通设备产业<br>煤机智能制造装备产业<br>智能网联新能源汽车产业<br>通用航空产业<br>现代生物医药和大健康产业<br>节能环保产业 | 高速飞车<br>绿色氢能<br>量子信息<br>前沿材料 |

基于此，山西非煤产业的高质量发展，必然要从本省实际情况出发，聚焦重点领域，坚持优势产业、新兴产业、未来产业“三业并举”。在数字化、智能化、低碳化发展趋势的推动下，科技成果转化速度明显加快，非煤产业革命呈现多领域、跨学科、群体性突破新态势。在传统产业向高端化智能化绿色化发展的背景下，

用科技赋能传统产业，大力推动“智能+”技改，对加快提升产品附加值和综合竞争力、推动产业提质升级具有重大影响。可以说，高质量发展非煤产业不仅是山西资源型经济转型的重要方向，也是本省在“双碳”目标下实现社会平稳健康发展的必然选择。



# 04

## 山西能源行业转型的挑战

- 4.1 国家层面
- 4.2 地方层面
- 4.3 社会层面



## 第四章 山西能源行业转型的挑战

从外部来看，全球退煤态势已经十分明显，中国也明确了“十五五”期间控制并持续削减煤炭生产与消费总量，但煤炭作为保障国家能源安全的托底要素并未改变。2021年以后至今，山西煤炭产量不断提升就与此紧密相关，保障能源供应安全与自身减排压力的矛盾始终并存，且现阶段正在推进的全国碳市场规则和协调机制也并不完全有利于山西，如火电外输是对其他地区经济发展的有效支撑，但碳排放成本却由本省承担，持续上涨的碳价对山西本土能源企业造成沉重的负担。换言之，如何应对碳市场带来的资金负担、有效保障能源安全的同时促进本地能源结构转型，并加速推进减排成效，对山西而言是一个旧问题但充满新矛盾的巨大挑战，转型之路始终在艰难中探索。

从内部来看，经济结构的单一性、沉重的环境负担、紧迫的就业形势，这些因素相互交织。减少对煤炭行业的依赖意味着需要重新布局产业结构和寻找新的经济增长点，不仅需要巨额的资金投入，还需要技术创新和市场开拓，这一过程充满了不确定性。且煤炭作为山

西的支柱产业，对财政税收、企业盈利以及相关产业链的发展起到了决定性作用，长期煤炭开采导致的生态破坏和气候变化问题使得环境治理成为转型中不可忽视的一环，由于相关产业吸纳大量就业岗位，转型过程中煤炭产业工人的技能培训、就业安置以及由此可能引发的社会稳定问题都是必须面对的挑战，技术、资金和基础设施等多方面难题的解决需要足够的时间和持续的努力。

因此，探讨山西能源行业转型挑战的复杂性时，本章将从国家、地方和社会三个层面进行递进剖析。国家层面，着重分析减排优化与增产保供之间的矛盾以及碳交易市场给高碳企业带来的成本与资金压力；地方层面，从经济与环境两个角度出发，分析山西经济对煤炭行业的深度依赖及其经济结构调整和创新发展的困难，评估煤炭行业能源转型过程中对生态环境的持续消耗与影响；社会层面，主要针对社会民生问题，阐述煤炭行业对劳动力市场的影响，分析能源转型过程中对就业结构的变化和带来的挑战。

### 4.1 国家层面

#### 4.1.1 减排优化与增产保供的矛盾

一方面，确保碳达峰碳中和目标的实现是山西必须要承担的责任。随着全球气候变化对人类社会构成重大威胁，越来越多的国家将“碳中和”上升为国家战略，提出了无碳未来的愿景。2020年，中国基于推动实现可持续发展的内在要求和构建人类命运共同体的责任担当，宣布了碳达峰和碳中和的目标愿景，并为实现碳达峰碳中和目标出台了一系列政策（表14），旨在通过调整能源结构、推动产业升级、倡导绿色生活等多种途径，实现经济社会的全面绿色转型，以应对全球气候变化的严峻挑战。煤炭资源型地区由于长期依赖煤炭产业，其碳排放量显著高于其他地区。除了煤炭开采和燃烧过程中产生的大量二氧化碳和其他温室气体，甲烷排放也是一个不容忽视的问题，尤其是在煤矿和煤层气开采过程中，甲烷的逃逸对全球温室效应的贡献同样显著，从而使此类地区的碳排放问题尤为突出，成为国家能否实现碳达峰和碳中和目标的关键问题。



从大同古城的鼓楼向远处望，是一座正冒着浓烟的火电厂  
来源：©晋青可持续发展公益服务中心

表14 国家层面碳达峰碳中和相关政策

资料来源: 笔者自行整理

| 时 间      | 政 策                                   | 主 要 内 容                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2020年12月 | 《碳排放权交易管理办法（试行）》                      | · 落实党中央、国务院关于建设全国碳排放权交易市场的决策部署，在应对气候变化和促进绿色低碳发展中充分发挥市场机制作用，推动温室气体减排，规范全国碳排放权交易及相关活动，包括碳排放配额分配和清缴，碳排放权登记、交易、结算，温室气体排放报告与核查等活动。                                                                                                                                                     |
| 2021年7月  | 《关于加快推动新型储能发展的指导意见》                   | · 以实现碳达峰碳中和为目标，将发展新型储能作为提升能源电力系统调节能力、综合效率和安全保障能力，支撑新型电力系统建设的重要举措，以政策环境为有力保障，以市场机制为根本依托，以技术革新为内生动力，加快构建多轮驱动良好局面，推动储能高质量发展。                                                                                                                                                         |
| 2021年9月  | 《中共中央国务院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》 | · 到2025年，绿色低碳循环发展的经济体系初步形成，重点行业能源利用效率大幅提升。<br>· 到2030年，经济社会发展全面绿色转型取得显著成效，重点耗能行业能源利用效率达到国际先进水平。<br>· 到2060年，绿色低碳循环发展的经济体系和清洁低碳安全高效的能源体系全面建立，能源利用效率达到国际先进水平，非化石能源消费比重达到80%以上，碳中和目标顺利实现，生态文明建设取得丰硕成果，开创人与自然和谐共生新境界。                                                                 |
| 2021年10月 | 《2030年前碳达峰行动方案》                       | · 将碳达峰贯穿于经济社会发展全过程和各方面，重点实施能源绿色低碳转型行动、节能降碳增效行动、工业领域碳达峰行动、城乡建设碳达峰行动、交通运输绿色低碳行动、循环经济助力降碳行动、绿色低碳科技创新行动、碳汇能力巩固提升行动、绿色低碳全民行动、各地区梯次有序碳达峰行动等“碳达峰十大行动”。                                                                                                                                   |
| 2021年10月 | 《国家发展改革委等部门关于严格能效约束推动重点领域节能降碳的若干意见》   | · 突出抓好重点行业，科学确定能效水平，严格实施分类管理，稳妥推进改造升级，加强技术攻关应用，强化支撑体系建设，加强数据中心绿色高质量发展。<br>· 到2025年，通过实施节能降碳行动，钢铁、电解铝、水泥、平板玻璃、炼油、乙烯、合成氨、电石等重点行业和数据中心达到标杆水平的产能比例超过30%，行业整体能效水平明显提升，碳排放强度明显下降，绿色低碳发展能力显著增强。<br>· 到2030年，重点行业能效基准水平和标杆水平进一步提高，达到标杆水平企业比例大幅提升，行业整体能效水平和碳排放强度达到国际先进水平，为如期实现碳达峰目标提供有力支撑。 |
| 2023年4月  | 《碳达峰碳中和标准体系建设指南》                      | · 围绕基础通用标准，以及碳减排、碳清除、碳市场等发展需求，基本建成碳达峰碳中和标准体系。到2025年，制修订不少于1000项国家标准和行业标准（包括外文版本），与国际标准一致性程度显著提高，主要行业碳核算核查实现标准全覆盖，重点行业和产品能耗能效标准指标稳步提升。实质性参与绿色低碳相关国际标准不少于30项，绿色低碳国际标准化水平明显提升。                                                                                                       |
| 2023年10月 | 《市场监管总局关于统筹运用质量认证服务碳达峰碳中和工作的实施意见》     | · 加快建立直接涉碳类认证制度体系，统筹协调间接涉碳类认证制度体系，规范涉碳类认证规则备案，加大创新研发力度，开展认证试点示范，建立认证评估机制，推动认证结果采信，深化国际交流合作。<br>· 统筹推进碳达峰碳中和认证制度体系建设，优化制度供给，规范认证实施，全面服务碳达峰碳中和目标实现。                                                                                                                                 |



另一方面，多煤贫油少气的能源结构意味着煤炭始终是国家能源安全的“压舱石”。长期以来，煤炭作为传统能源体系中的核心要素，其地位依然稳固且至关重要，对于保障国家能源安全具有不可替代的战略价值，特别是在电力生产领域，全社会70%左右的发电量仍是煤电，凸显了煤炭在能源供应中的主导地位。然而，我国煤炭供应紧张的问题时有发生，不仅导致煤炭市场价格飙升，还对能源市场的平稳运行以及经济社会的稳定发展构成了不利影响。特别是在遭遇极端天气或突发事件时，煤炭供应的紧张局势往往会进一步加剧，对能源安全和社会稳定构成严峻挑战。此外，国际能源市场正经历着前所未有的波动与不确定性，传统能源供应体系受到地缘政治冲突、世界经济问题和极端天气事件等多重因素的冲击，引发了包括煤炭在内的国际能源危机，这种复杂局面不仅深刻影响着全球能源格局，也给中国的煤炭增产保供工作构成了严峻考验。

在此背景下，为有效缓解能源供应压力，国家期望山西能够提高或维持煤炭产量，以保障煤炭市场的平稳运行，并降低对国际市场的过度依赖。对此，山西以

4.1.2 碳市场交易对山西高碳行业的影响

碳排放权交易，简称碳交易，是一种将二氧化碳排放权作为商品在市场上进行买卖的交易机制。通过市场定价的方式，碳交易旨在通过市场机制解决温室气体排放这一环境问题的外部不经济性，从而实现以二氧化碳为代表的温室气体的减排目标。2011年全国碳交易试点工作启动，2017年全国碳排放权交易体系启动工作电视电话会议召开，全国碳排放权交易市场进入基础建设阶段，法律制度、基础设施、能力建设等各项工作稳步推进，2021年7月16日全国碳排放权交易市场正式开启线上交易。全国碳排放权交易市场是实现碳达峰碳中和目标的核心政策工具之一，其建立和发展对于推动经济绿色转型、促进能源结构优化、提升气候治理能力具有重要意义。

全国碳排放权交易市场启动以来，制度规范日趋完善，碳排放数据质量全面改善，价格发现机制作用日益显现，市场活跃度逐步提升。当前全国碳排放权交易市场覆盖年二氧化碳排放量约51亿吨，纳入重点排放单位2257家，已成为全球覆盖温室气体排放量最大的碳市场。截至2023年底，全国碳排放权交易市场累计成交量达到4.4亿吨，成交额约249亿元<sup>[38]</sup>。全国碳排放权交易市场的平稳运行为“双碳”目标实现、推动全社会绿色低碳发展发挥了重要作用。

“决不能让国家为煤发愁”为坚定承诺，自觉践行国家能源安全的重大使命，展现出作为能源大省的责任与担当，充分发挥煤炭在能源安全保障中的“国之大者”重要作用，立足全国、超前谋划，强力推进煤炭增产保供<sup>[37]</sup>。在连续两年每年增产超过1亿吨的基础上，山西在2023年再次实现了煤炭产量的显著提升，增产5743万吨，全年煤炭产量高达13.78亿吨。

整体看来，两者之间矛盾不能忽视，尤其在全球气候变化的大背景下，尽管全球范围内退煤行动正在不断推进，但中国出于能源供应安全的考虑，并未出台明确的煤炭退出机制，国家层面对于煤炭产业的转型缺乏统一规划和时间表，对山西这种煤炭大省缺乏明确的指导与支持，从而给山西的减排之路增添了一定的挑战。事实表明，山西必须在保障国家能源安全与推动自身经济结构多元化之间找到平衡点，在继续承担煤炭增产保供任务的同时，积极探索新能源和可再生能源的发展路径，加快工业领域的低碳工艺革新和数字化转型，以实现经济结构的逐步调整和可持续发展。

山西也不甘落后，在完善碳市场机制、推动可再生能源发展和强化政策引导方面采取了一系列具体措施，旨在实现经济与环境的协调发展（表15）。通过合理设定碳排放配额、完善交易规则等方式，确保碳市场的有效运行，为企业提供更加成熟的市场化碳管理手段。比如，省政府高度重视并严格落实全国碳市场建设工作要求，省第十二次党代会作出“有序实施碳达峰山西行动”战略部署。省生态环境厅已完成全省纳入全国碳市场配额管理的重点排放单位名录，组织企业完成了碳排放报告、注册登记、交易系统开户、企业碳排放量核查和碳排放配额核定等前期准备工作。截至2024年8月底，山西累计94家重点排放单位参与全国碳排放权交易，交易量5000余万吨，交易额达30亿元<sup>[39]</sup>。

不仅如此，还充分利用自身资源优势，大力发展风能、太阳能等可再生能源，为全省的绿色发展注入了新活力，从2019年到2024年全省新能源、清洁能源装机规模和发电量节节攀升。随着风电、光伏、生物质能、氢能、甲醇、地热能、抽水蓄能多点开花，全省能源供给结构持续优化，加快向多轮驱动转变。2024年7月，山西省能源局、省农业农村厅首批确定33个风电项目作为2024年“驭风行动”助力乡村振兴工程试点项目，总规模达151.74万千瓦<sup>[40]</sup>。

政策引导下，通过壮大绿色产业和推广可再生能源使用，企业可以降低碳排放量，从而减少在碳市场中的配额需求，实现成本节约并更好适应碳市场机制。例如，2024年发布的《推动绿电资源就地转化助力产业绿色低碳转型工作方案》（以下简称《方案》）旨在加快推进绿电与产业协同发展，将绿电资源优势转化为发展优势，打造经济发展新动能。《方案》提出，推动

“重点行业+绿电”，助力存量产业节能降碳。以未来可能被纳入碳市场范围的钢铁、水泥、化工、电解铝等行业为重点，通过可再生能源消纳责任权重考核，建立高载能企业绿电强制消费机制，引导企业通过购买绿电或绿证的方式实施绿电消费替代，实现由高载能向“绿色载能”转变，推动行业提质增效<sup>[41]</sup>。

表15 国家层面碳交易方面做法

资料来源: 笔者自行整理

| 时 间     | 做 法                        | 内 容                                                            |
|---------|----------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 2024年2月 | 《推动绿电资源就地转化助力产业绿色低碳转型工作方案》 | 加快推进绿电与产业协同发展，推动“重点行业+绿电”，助力存量产业节能降碳，将绿电资源优势转化为发展优势，打造经济发展新动能。 |
| 十四五期间   | 推动碳市场机制完善                  | 合理设定碳排放配额，完善交易规则等方式，确保碳市场的有效运行。                                |
| 十四五期间   | 大力发展可再生能源                  | 全省能源供给结构持续优化，加快向多轮驱动转变，新能源、清洁能源装机规模和发电量节节攀升。                   |

但必须意识到对于山西这样一个以高碳行业为主的省份来说，全国碳市场的规则与协调机制可能并未充分展现出其完全的积极效应，反而为当地带来了诸多挑战。一方面，尽管碳市场的运行机制和价格发现功能为山西的企业提供了市场化的碳排放管理手段，但其具体运行中的一些因素可能并未充分考虑到高碳行业集中地的特殊情况。山西的经济高度依赖煤炭、钢铁等行业，这些行业本身碳排放量大，在碳市场中需要购买更多的碳排放配额。自全国碳市场上线交易以来，碳价总体呈上行趋势，这一变化迫使相关企业必须增加资金投入以购买碳排放权。对于一些利润率较低的企业，特别是中

小型企业，可能难以承受这样的成本压力，从而进一步压缩了其生存空间。

另一方面，为了应对碳市场的压力，山西的企业在节能减排和技术升级方面需要进行大量资金投入，包括广泛应用高效能设备、引入先进的碳捕集与封存技术以及开发可再生能源等，大批项目都需要巨额资金支持，但现实中普遍存在融资渠道有限和投资回报周期长的问题，即使大型企业在技术改造上有一定的资金实力，面对高昂的初期投资和不确定性的回报，仍需谨慎评估。因此，所有相关行业大规模转型时面临资金短缺的困境，行业转型的进展可能会受到一定程度拖延。

山西省长治市屯留区的某运煤铁路专线  
来源: ©晋青可持续发展公益服务中心



4.2 地方层面

4.2.1经济：煤炭经济依赖及摆脱依赖的难度

山西作为中国主要的煤炭生产和消费地区之一，长期以来在经济发展中深度依赖煤炭资源，煤炭不仅直接推动了地方财政收入和就业，更在许多间接产业中发挥了关键作用，如电力生产、化工行业等。要摆脱对煤炭的经济依赖并非易事，经济转型涉及传统产业的结构调整、新兴产业的培育以及相关政策的实施，不仅需要巨大的资金与技术支持，还需要较长的时间来逐步完成产业升级。在实现能源转型的过程中，必须权衡各方利益，制定切实可行的发展战略，以应对煤炭依赖所带来的经济挑战。

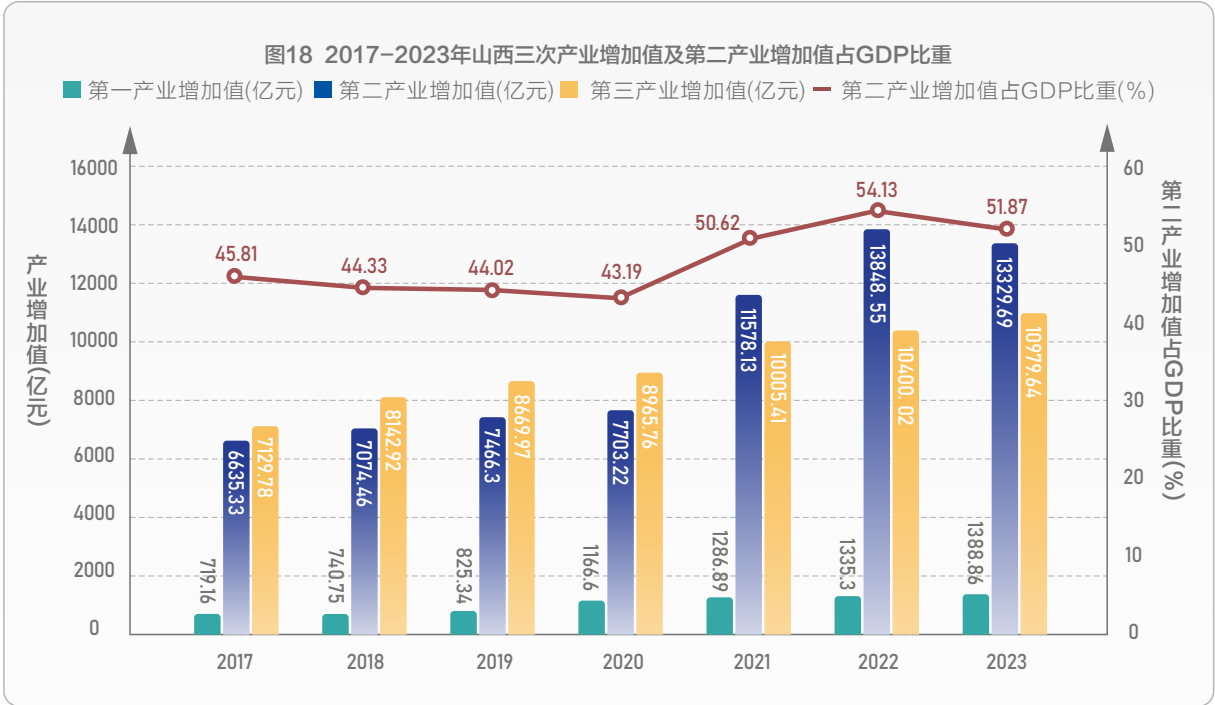
(1) 产业增加值

山西的经济结构在过去几年中表现出对煤炭行业的强烈依赖，这一点从第二产业增加值的显著增长中可以证明。自2017年至2023年，第二产业增加值从6635.33亿元增加至13329.69亿元（图18），这一增长主要是由于煤炭开采和加工行业的发展。在尝试摆脱对煤炭经济的依赖过程中，山西面临着多重挑战，最主要的是第二产业转型后煤炭行业的衰退导致了显著的经济增长点缺失。长期以来，第二产业增加值在GDP中占据

较大比例，尤其是2021年至2023年，其比重均超过50%，这说明煤炭行业仍是经济的重要支柱。经济结构的转变需要大量的时间和持续的努力，尤其是在煤炭行业长期以来为地方经济增长和就业提供主要动力的情况下。尽管山西在推动产业结构多元化方面做出了努力，并在第一产业和第三产业的发展上取得了一定的进展，但新的经济增长点尚未完全成熟，无法迅速填补煤炭行业衰退所留下的经济空白，依然存在较大的发展空间。

(2) 税收

税收数据是经济运行的重要指标之一，能够直观反映一个地区的经济结构和产业特点。根据数据显示，山西的煤炭选业税收收入在总税收收入中占据了相当大的比重，2017年至2023年间始终保持在35%以上，尤其是2021年和2022年，比重显著上升（图19）。这种现象与同期煤炭价格的上行密切相关，凸显了山西经济对煤炭产业的过度依赖。煤炭产业不仅是山西经济的坚强支柱，更是税收收入的主要来源，彰显了其在山西经济体系中的核心地位，但这种高度依赖也揭示了山西经济结构相对单一、面对外部风险时抵御能力不足的弱点。



数据来源：山西省统计局

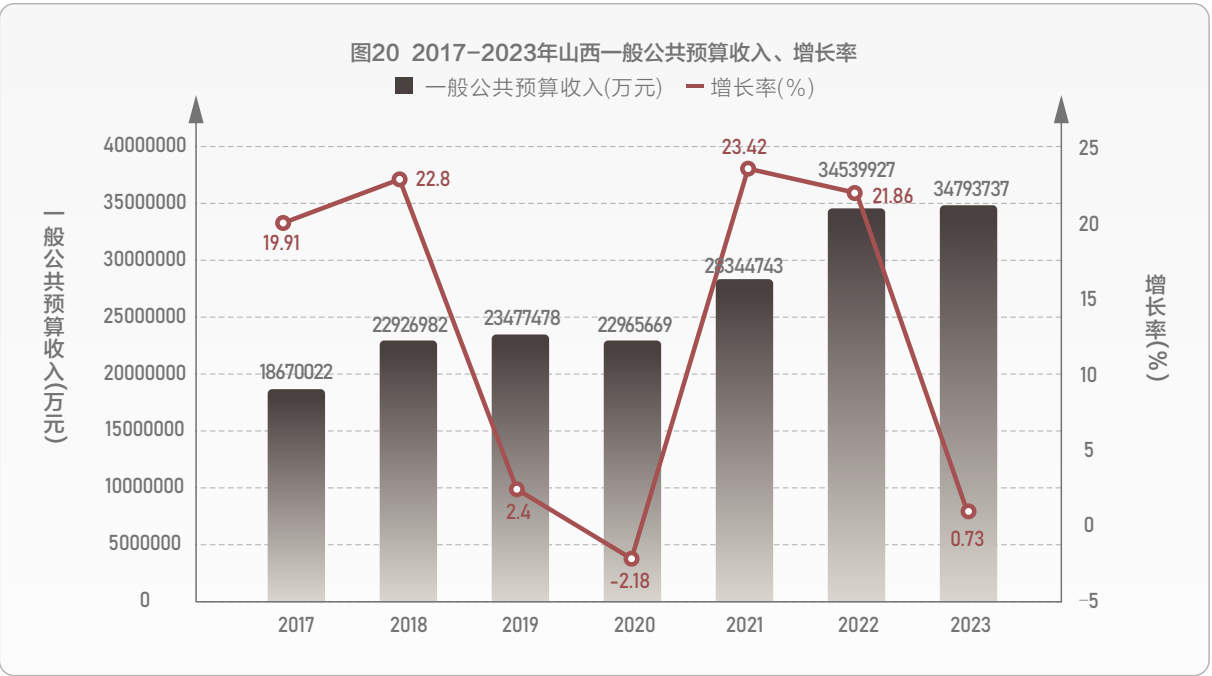


数据来源：中国税务年鉴2018-2024

(3) 一般公共预算收入

山西经济的多元化发展虽在推进，但观察其一般公共预算收入的变化，仍能间接反映出对煤炭的依赖。具体而言，山西一般公共预算收入从2017年的18,670,022万元增加至2023年的34,793,737万元，整体呈现增长趋势，表明经济运行情况良好。特别是在2021年，财政收入显著增长，较上年增长23.42%（图20），这一增长不仅受益于经济的稳定恢

复和上年同期基数较低的影响，更大程度上得益于煤炭等大宗商品价格的大幅上涨。煤炭作为山西主要的矿产资源和能源支柱，其价格的波动直接关联到煤炭企业的盈利水平，进而影响税收贡献，最终深刻作用于地方财政收入。值得注意的是，近几年来，山西为了应对国际市场能源供应紧张的局面，加大了煤炭产量，这不仅有效缓解了能源供应紧张的局面，也为山西的财政收入提供了有力支撑。



数据来源：山西省统计局



4.2.2地方经济方面已有做法

在政策导向与实践探索的双重驱动下，山西在新型能源体系构建、可再生能源开发利用、绿色电力市场交易机制完善以及储能技术创新与应用等多个维度上，均取得了一定成果（表16）。

新型能源体系是一种以清洁、低碳、安全、高效为主要特征的能源系统。根据当前能源结构煤炭偏重的客观事实，山西积极进行新型能源体系建设<sup>[42]</sup>，增强能源供应链安全，为全省经济社会高质量发展提供可靠保障。具体来说，山西正在加快煤炭绿色开发利用基地建设，推进煤炭与数字技术一体化，提升煤炭智能绿色水平，目前已建成10座国家智能化示范煤矿和118座智能化煤矿及其1491处智能化采掘工作面<sup>[43]</sup>。同时，山西还坚持清洁低碳，促进电力产业的优化升级；坚持集散并举，推动新能源和可再生能源的有序替代；坚持节能优先，提高能源利用效率，在此基础上全面推动能源结构的转型升级。

经济转型的大背景下，山西积极推动电力行业的高质量发展，实施了《山西省电力工业“十四五”发展规划》，旨在提升电力生产与供应能力，改善电力基础设施，促进科技创新，推动清洁能源的发展<sup>[44]</sup>。当前山西的外送电力正经历由煤电向清洁低碳电力转型的过程，电力外送的“绿色”成分不断提升。2023年绿电交易量为23.11亿千瓦时，使山西成为省间外送绿电的领先省份，这些绿电覆盖北京、天津、上海、江苏和浙江五个省市<sup>[45]</sup>。2024年山西电力公司积极对接京津冀和长三角地区，充分挖掘市场需求，目标是将绿电交易量提高一倍。不仅如此，近年来山西在大型现代化煤矿和先进环保煤电机组建设上取得了显著进展，推动了煤炭和煤电企业的优势互补。

为了进一步推动可再生能源的发展，山西还实施了《山西省推进分布式可再生能源发展三年行动计划（2023—2025年）》，这一计划致力于引导分布式可再生能源健康发展，促进绿色电力就地消纳，提升电力系统综合效率，有效支撑新型能源体系构建，加快形成绿色低碳发展新格局<sup>[46]</sup>。针对于新能源开发的具体落实，主要包括大力发展风电和光伏发电，加快新能源装机容量的提升。山西依托自身的风光资源，在过去10年大力发展风电以及光伏发电，尤其是风电装机容量的提升高于全国平均水平。截至2024年1月底，山西风光新能源装机容量突破5000万千瓦，其中风电装机达到2503万千瓦，太阳能装机2590万千瓦<sup>[47]</sup>。

储能项目的推进包括建设抽水蓄能电站和新型储能项目，以提升电力系统的调节能力和稳定性。截至2023年8月，山西共有19个新型储能项目并网投运，总装机规模42.8万千瓦<sup>[48]</sup>。此外，山西还启动了首批“新能源+储能”试点示范项目，首批共有15个项目入选，总建设规模达到78.07万千瓦，涵盖众多新型储能技术路线。这些储能项目不仅可以有效平衡电力供需，提升电力系统的稳定性，还能够支持可再生能源的更好利用，实现电力系统的高效运行。

诚然，山西在推动经济转型和能源结构升级方面所采取的措施是切实可靠的，充分彰显了其在绿色发展路径上的坚定意志与不懈追求。但也必须清醒地认识到，高质量经济转型是一个长期而艰巨的任务，不可能一蹴而就。如何在保持经济增长的同时实现能源结构的持续优化，以及如何进一步提高能源利用效率并降低碳排放强度都是需要持续不断去攻克的难题。

表16 地方经济方面做法

资料来源: 笔者自行整理

| 时 间     | 做 法              | 内 容                                                                                                |
|---------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2023年2月 | 新型能源体系建设         | 加快煤炭绿色开发利用基地建设，推进煤炭与数字技术一体化，提升煤炭智能绿色水平；坚持清洁低碳，促进电力产业的优化升级；坚持集散并举，推动新能源和可再生能源的有序替代；坚持节能优先，提高能源利用效率。 |
| 2023年2月 | 《山西省电力工业十四五发展规划》 | 推动电力工业的高质量发展，提升电力生产与供应能力，改善电力基础设施，促进科技创新，推动清洁能源的发展。                                                |

|         |                                     |                                                                  |
|---------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 2023年2月 | 《山西省推进分布式可再生能源发展三年行动计划（2023—2025年）》 | 引导分布式可再生能源健康发展，促进绿色电力就地消纳，提升电力系统综合效率，有效支撑新型能源体系构建，加快形成绿色低碳发展新格局。 |
| 十四五期间   | 外送绿电                                | 外送电力正由煤电向清洁低碳电力转变，电力外送含“绿”量不断提升。                                 |
| 十四五期间   | 新能源开发                               | 大力发展风电和光伏发电，加快新能源装机容量增长。                                         |
| 十四五期间   | 推进储能项目                              | 推进抽水蓄能、新型储能项目建设，以提升电力系统的调节能力和稳定性。                                |

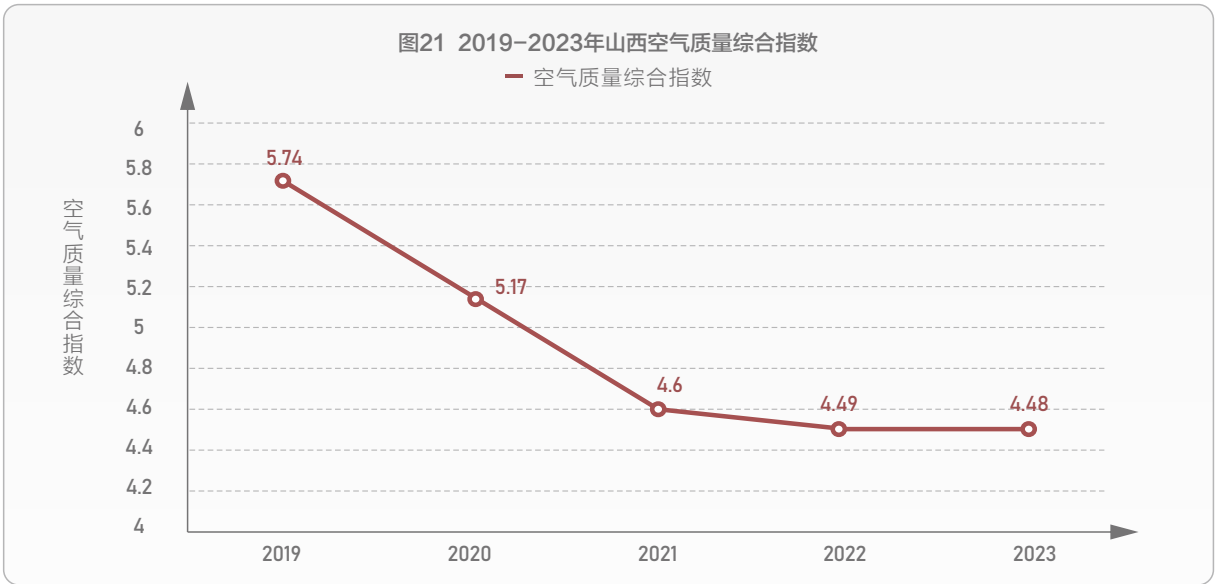
4.2.3环境:对生态环境的持续消耗与影响

（1）空气质量

煤炭在燃烧过程中会释放大量的二氧化硫、氮氧化物和颗粒物，这些污染物是造成空气质量下降的主要因素，对人体健康和生态环境均有显著危害。煤炭开采过程中的粉尘和废气排放也对局部空气质量造成影响，尤其是在采矿和运输环节，常常会产生大量的扬尘。尽管煤炭作为山西经济的支柱为地方经济发展提供了动力，但也因过度依赖传统能源而减缓了可再生能源和清洁能源的推广，从而影响了长期的空气质量。空气质量综合指数作为评估空气质量的重要工具，指数越大，级别越高，说明污染越严重，对人体健康的影响也越明显。从2019年到2023年，山西平均空气质量综合指数呈现出不断下降的趋势，从最初的5.74下降到4.48，这一趋势表明山西在近年来通过实施一系列的环境保护政策和措

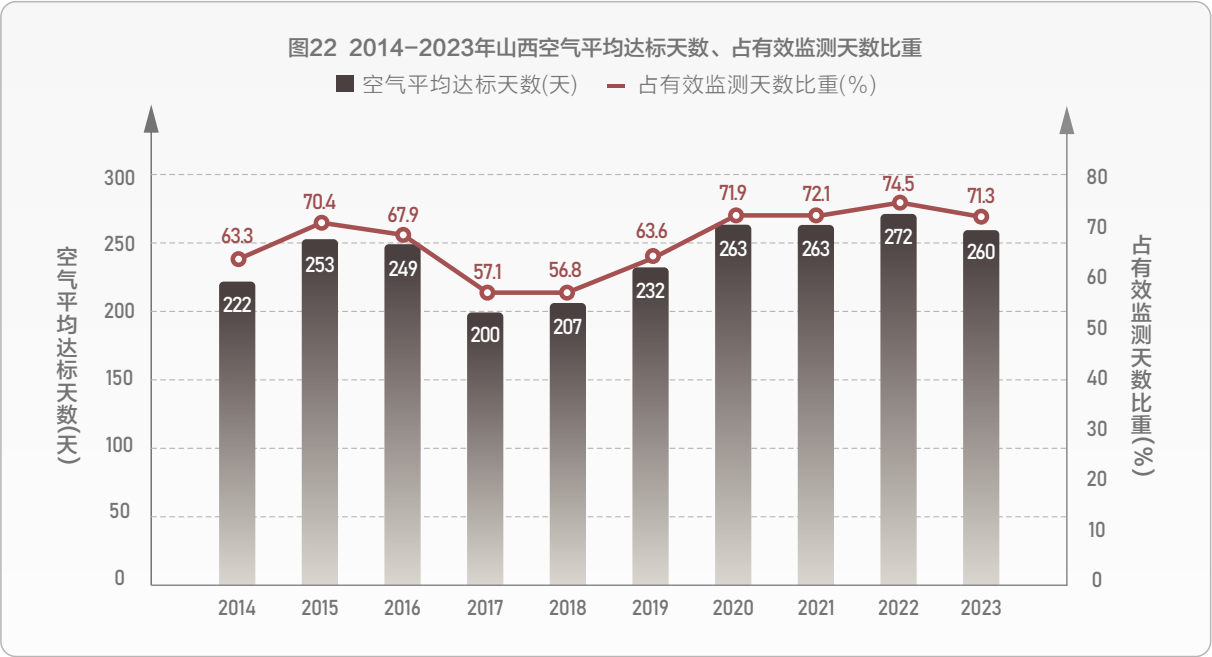
施取得了一定的成果（图21）。

空气达标天数是反映空气质量的又一重要指标。2014年至2023年间，山西空气平均达标天数呈现波动趋势，但自2020年以来明显有所好转，均超过260天，其中达标天数最多的是2022年（图22）。出现这种变化的一个原因是山西全面落实了国家蓝天保卫战决策部署，持续加大大气污染治理力度，强力推进蓝天保卫战，从而全省环境空气质量各项指标全面改善。但不可否认的是，由于工业结构偏重，煤炭消费依然占主导地位，空气污染依然持续存在，虽然政府已采取了一系列措施，如推广清洁能源、加强污染源监控等，但要实现可持续的空气质量改善，还需要进一步加大力度，推动产业升级和绿色发展，提高公众环保意识，以确保蓝天常在，生态环境不断优化。



数据来源: 山西省生态环境状况公报2019–2023





数据来源: 山西省生态环境状况公报2014–2023

（2）土地利用

林地、耕地、草地是山西土地利用的主要类型，分别承载着生态保护、粮食安全和畜牧业发展的重要功能（表17）。随着清洁能源项目的不断推进，如风电和光伏发电的快速发展，对土地的需求日益增加，这使得原本有限的土地资源变得更加紧张。一方面，新能源项目的建设往往需要占用大片土地，这与现有的林地、耕地等土地资源产生直接冲突，如何在保障这些基础功能的同时，满足新能源项目对土地的需求，成为山西当前面临的一大难题；另一方面，煤炭开采作为山西的传统支柱

产业，长期以来对土地造成了不同程度的破坏，如地表沉陷、土地退化等。这些问题不仅影响了土地的正常使用，还对生态环境和农业生产造成了负面影响。在能源转型的背景下，如何有效恢复和修复这些受损矿区土地，使其重新具备利用价值，是山西亟待解决的另一重要问题。山西需要制定综合规划，平衡能源项目扩张与土地保护，避免对生态环境和农业生产造成负面影响，同时建立健全的生态风险管理机制，确保新能源项目在推动经济发展的同时，不对生态系统造成过大影响。

表17 山西省土地类型

数据来源: 山西省第三次国土调查主要数据公报

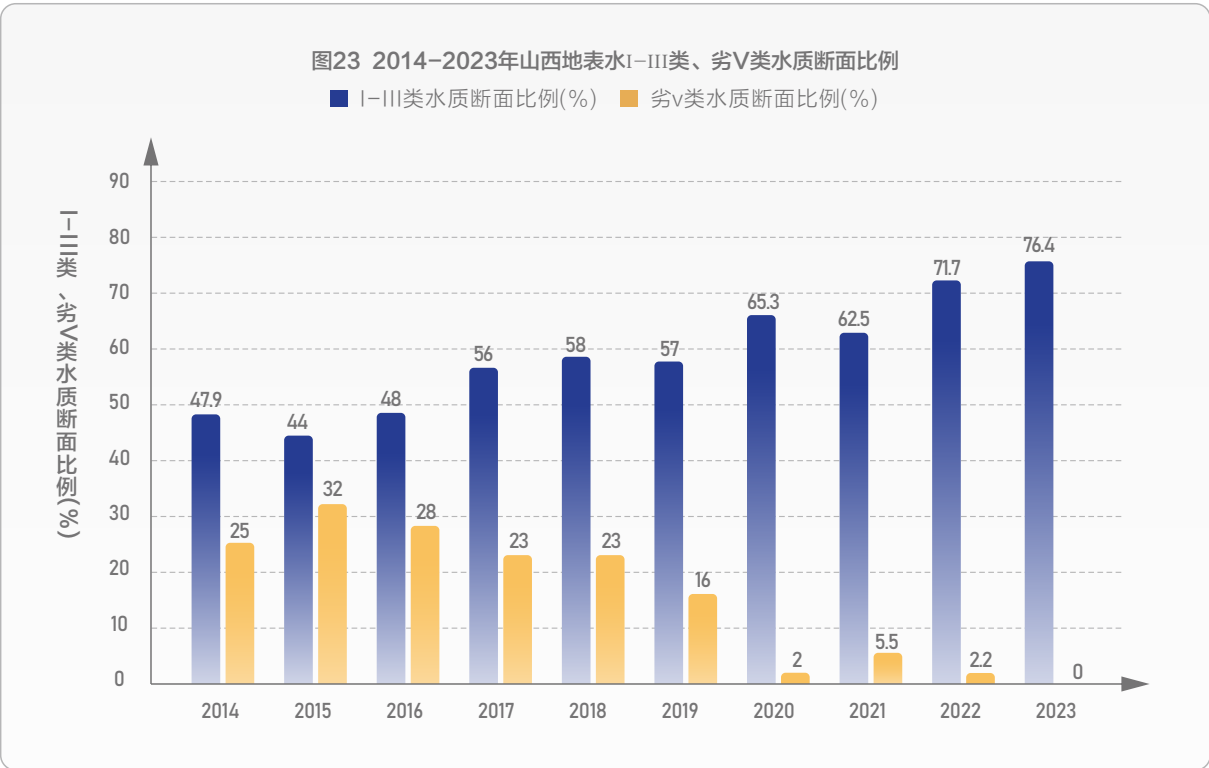
| 土地类型      | 面积/万公顷 | 占比     |
|-----------|--------|--------|
| 耕地        | 386.95 | 25.41% |
| 园地        | 64.09  | 4.21%  |
| 林地        | 609.57 | 40.03% |
| 草地        | 310.51 | 20.39% |
| 湿地        | 5.44   | 0.36%  |
| 城镇村及工矿用地  | 101.76 | 6.68%  |
| 交通运输用地    | 26.98  | 1.77%  |
| 水域及水利设施用地 | 17.31  | 1.14%  |

（3）水资源

山西地处黄土高原，自然降水稀少且分布不均，加之地理条件的限制，使得水资源总量相对有限，仅占全国的0.4%。随着经济的快速发展和人口的不断增长，水资源的需求急剧增加，供需矛盾日益突出。尤其是在干旱和半干旱地区，水资源短缺已成为制约当地经济社会发展和居民生活的重要因素。农业灌溉、工业生产以及日常生活用水均面临巨大压力，部分地区甚至出现了严重的水资源危机。打好深度节水控水攻坚战，实现水资源节约集约利用，已经成为山西经济社会发展的现实命题。在这样一个水资源紧张背景下，山西在水环境质量改善和水资源保护方面所取得的进展，不仅是对生态环境的有效修复，更是对有限水资源的高效利用和可持续保护的积极探索。

根据数据显示，2014年至2023年间，山西地表水

优良水质（Ⅰ–Ⅲ类）断面的占比虽然有波动，但总体呈上升趋势，从47.9%提高至76.4%。与此同时，地表水重度污染（劣Ⅴ类）断面的占比则总体下降（图23）。这些积极变化与政府加大环境治理力度和实施生态环境保护措施密切相关，表明了山西在改善水环境质量方面取得的显著成效。尽管取得了这些进展，山西的地表水仍然受到煤炭开采和洗选过程中废水排放的影响。废水中含有大量的悬浮物和有害物质，若未经适当处理便直接排放，会对水体造成污染，导致重金属含量超标，进而对水质和生态环境产生严重破坏。这种污染不仅损害了水资源的可利用性，还对水生生物和人类健康构成了威胁。因此，山西在能源转型中需要继续加强环境治理，解决能源生产对水资源的污染问题，尤其是处理好煤炭开采过程中的废水管理，以减轻对生态环境的持续消耗和影响。

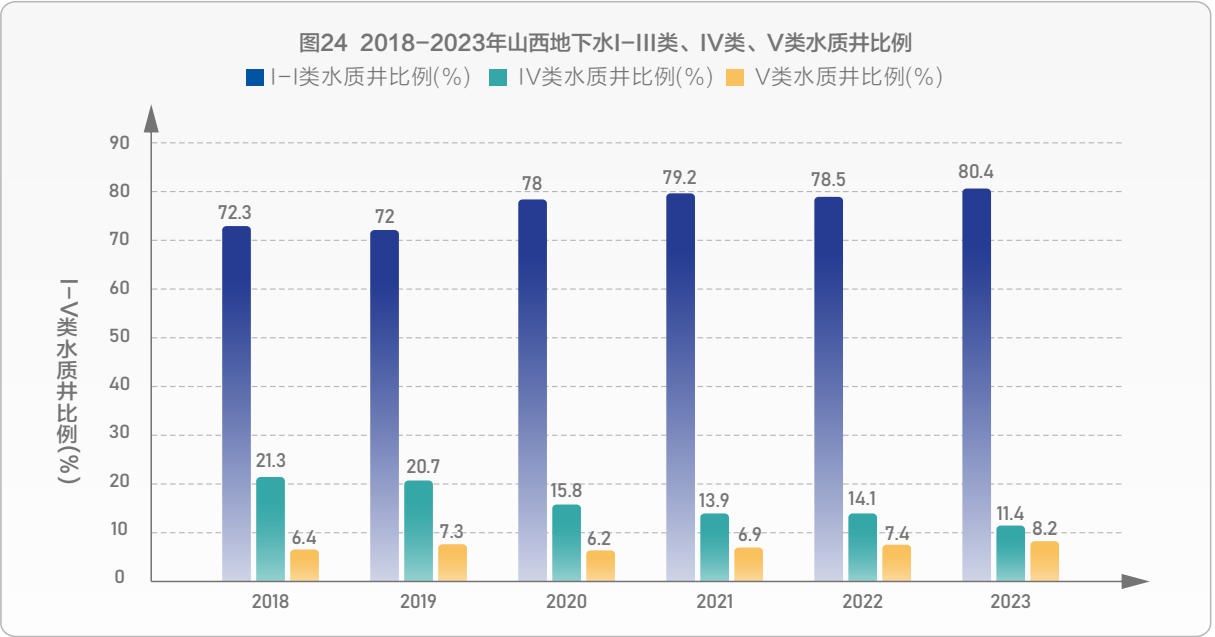


数据来源: 山西省生态环境状况公报2014–2023

地下水占地球液态淡水的99%，在水循环中起着重要作用。长期以来，煤炭等化石燃料的开采导致了地下水的严重污染，而工业化和城市化进程的加快进一步加剧了这一问题。对此，山西省政府高度重视地下水保护工作，采取了一系列措施，包括加强立法、制定规划以及实施监测和治理工程，这些努力在一定程度上改善

了地下水环境，数据显示，Ⅲ类以上达标的地下水体比例有所上升，Ⅳ类和Ⅴ类超标的水体比例有所下降（图24）。整体来看，山西的地下水环境状况相对稳定，但在地下水污染防治方面仍需持续努力，未来需要进一步加大保护和治理力度，以确保地下水资源的安全与可持续利用。





数据来源: 山西省生态环境状况公报2018–2023

4.2.4地方环境方面已有做法

针对近年来出现的环境问题，山西积极响应国家生态文明建设的号召，在改善生态环境质量、保护黄河流域生态、耕地保护、强力推进治理项目实施和植树造林方面采取了一系列行动并取得了一定成效（表18）。具体而言，2022年山西空气和地表水质量改善取得新突破，多项指标再创历史最好水平<sup>[49]</sup>，这些都得益于政府继续加大重点区域和行业的污染治理力度，强化生态环保的引领作用，通过精准治污、科学治污和依法治污，推动绿色低碳发展的具体措施。

在黄河流域生态环境保护这一重大议题上，政府历来高度重视该区域的保护与开发工作，致力于实现生态与经济的和谐共生。近年来，山西明确了“共同抓好大保护、协同推进大治理”的战略导向，推动黄河流域生态保护和高质量发展重要实验区的建设。为此，山西制定了《山西生态省建设规划纲要（2021–2030年）》，通过构建集约高效安全韧性的国土空间、发展绿色低碳循环优质的生态经济、建设山清水秀天蓝地净的生态环境、打造宜居宜业宜游宜养的生态人居、弘扬丰厚务实开放创新的生态文化以及完善科学高效清晰完备的生态环境治理体系，全方位、全地域、全过程加强生态文明建设力度，不断提高生态文明建设水平<sup>[50]</sup>。

此外，山西还制定了《山西省黄河流域生态保护和高质量发展条例》，主要包括规划与管控、生态保护与修复、水资源节约集约利用、污染防治、促进高质量发展、黄河文化保护传承弘扬、保障与监督七个方面<sup>[51]</sup>，旨在运用法治思维和法治方式解决黄河流域面临的突出问题，为山西实现黄河流域高水平保护与高质量

发展提供有力的法制保障。

山西在耕地保护与生态治理方面也取得了一定的成效。2024年3月山西通过了新修订的《山西省实施〈中华人民共和国土地管理法〉办法》，该办法聚焦耕地保护现状，严守耕地红线，明确耕地保护责任制，对恢复闲置、荒芜耕地和土地整理的具体措施作出规定，明确了国土空间规划的刚性约束作用，优化建设用地审批权限与程序，对土地征收程序进行规范，完善宅基地管理，促进全省土地资源治理体系和治理能力现代化水平提升<sup>[52]</sup>。近三年内，山西的耕地总量不仅未减少，反而实现了连续净增加，这在全国范围内都是难能可贵的成就。与此同时，山西省自然资源厅积极推动治理项目，2023年完成了黄河流域的历史遗留矿山调查和12.45万亩废弃矿山的治理，汾河中上游生态修复工程也顺利通过验收，治理面积达195.45万亩。在植树造林方面，2023年黄河“几字弯”攻坚战扩大至44个县，营造林456.7万亩，草原修复115万亩，抚育森林127.04万亩，人工造林连续三年居全国第一<sup>[53]</sup>。

尽管山西在环境保护领域已取得显著成就，但必须承认的是，环境污染问题并未彻底解决，作为全国关键的能源与重化工产业基地，山西所承载的环境压力尤为突出。鉴于此，有效应对并解决环境问题，不仅是推动山西经济实现可持续发展的重要先决条件，也是确保生态文明建设目标得以顺利实现的关键所在，更是展现其作为能源大省在环境保护与经济发展之间寻求平衡与协同的实际行动。

表18 地方环境方面做法

资料来源: 笔者自行整理

| 时 间     | 政 策                       | 主 要 内 容                                                                                                                                    |
|---------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2022年1月 | 《山西生态省建设规划纲要（2021–2030年）》 | 通过构建集约高效安全韧性的国土空间、发展绿色低碳循环优质的生态经济、建设山清水秀天蓝地净的生态环境、打造宜居宜业宜游宜养的生态人居、弘扬丰厚务实开放创新的生态文化以及完善科学高效清晰完备的生态环境治理体系，全方位、全地域、全过程加强生态文明建设力度，不断提高生态文明建设水平。 |
| 2024年3月 | 《山西省实施〈中华人民共和国土地管理法〉办法》   | 聚焦山西省耕地保护现状，严守耕地红线，明确耕地保护责任制，对恢复闲置、荒芜耕地和土地整理的具体措施作出规定，明确了国土空间规划的刚性约束作用，优化建设用地审批权限与程序，对土地征收程序进行规范，完善宅基地管理，促进全省土地资源治理体系和治理能力现代化水平提升。         |
| 2024年7月 | 《山西省黄河流域生态保护和高质量发展条例》     | 主要包括规划与管控、生态保护与修复、水资源节约集约利用、污染防治、促进高质量发展、黄河文化保护传承弘扬、保障与监督七个方面。                                                                             |
| 十四五期间   | 改善生态环境质量                  | 2022年山西空气和地表水质量改善取得新突破，多项指标再创历史最好水平。                                                                                                       |
| 十四五期间   | 强力推进治理项目实施                | 2023年完成了黄河流域的历史遗留矿山调查和废弃矿山的治理，汾河中上游生态修复工程也顺利通过验收。                                                                                          |
| 十四五期间   | 植树造林                      | 人工造林规模连续三年位居全国第一，2023年营造林456.7万亩，草原修复115万亩，抚育森林127.04万亩。                                                                                   |

4.3 社会层面

民生是社会稳定与和谐的基石，直接关系到每个家庭的幸福与安全。能源转型过程中行业的变革与民生问题密切相关。作为主要煤炭产区，山西的经济和就业高度依赖煤炭产业，转型将直接影响数万煤矿工人及其家

庭的生活。如何在转型过程中保障社会民生、维护社会稳定，成为了决定地方发展成败的重要课题。有效应对劳动力市场的变化与工资结构的调整，不仅关系到数万家庭的生计与福祉，更是推动可持续发展的关键。

4.3.1煤炭直接与间接劳动力市场规模及转型影响

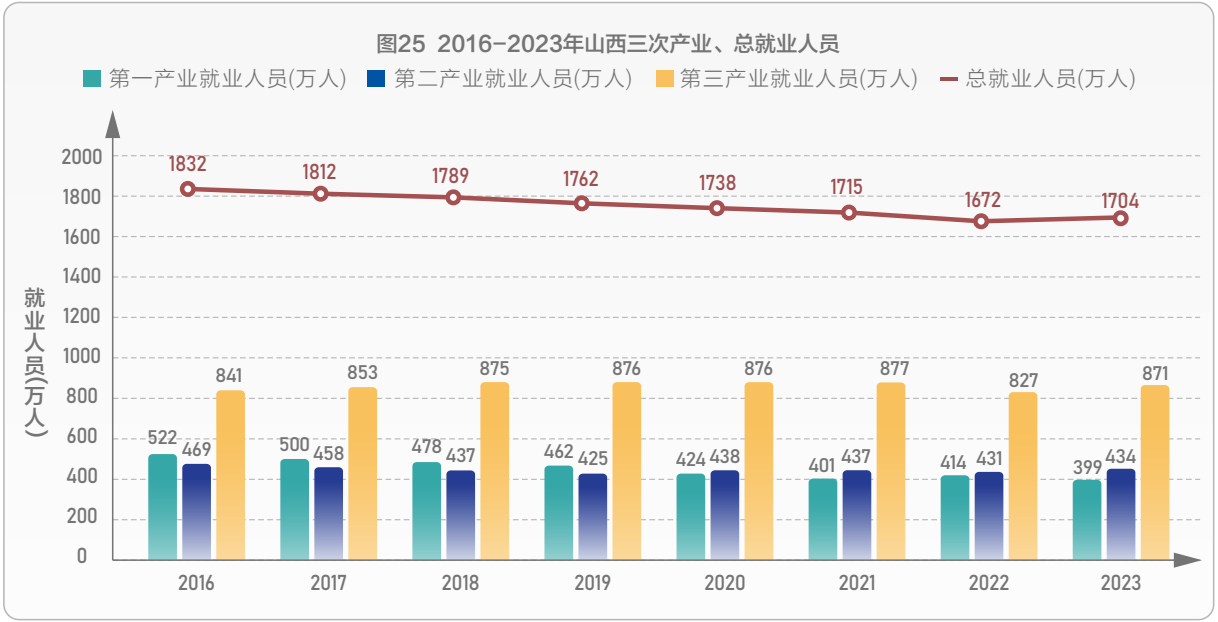
（1）就业人员

从2016年到2023年，山西第二产业的就业人数从469万人逐渐减少到434万人，经历了一定的波动（图25）。煤炭行业作为第二产业的的重要组成部分，在就业市场上扮演着举足轻重的角色。2022年煤采选业的就业人数占据了第二产业总就业人数的21.49%。煤炭行业在享受就业市场红利的同时，也面临着来自市场需求波动和政策导向调整的双重挑战。随着煤炭行业的自动化和技术进步，传统的劳动力需求逐渐减少，导致直接参与煤炭生产的工人数量下降。环保政策的实施也对

煤炭产业产生了深远影响，限制了其扩张和就业机会的增加。

煤炭产业的就业不仅包括煤矿工人和设备维护人员，还间接影响交通运输和机械制造等相关行业，随着煤炭行业的萎缩，这些行业的就业机会也可能减少，从而加剧整体的就业压力。值得关注的是，第三产业的人数在逐步增长，这种增长表明服务业和其他非传统产业为劳动力市场带来了新的机会，反映出山西经济结构的逐步转型，同时也要求劳动力进行相应的技能提升和转型适应。



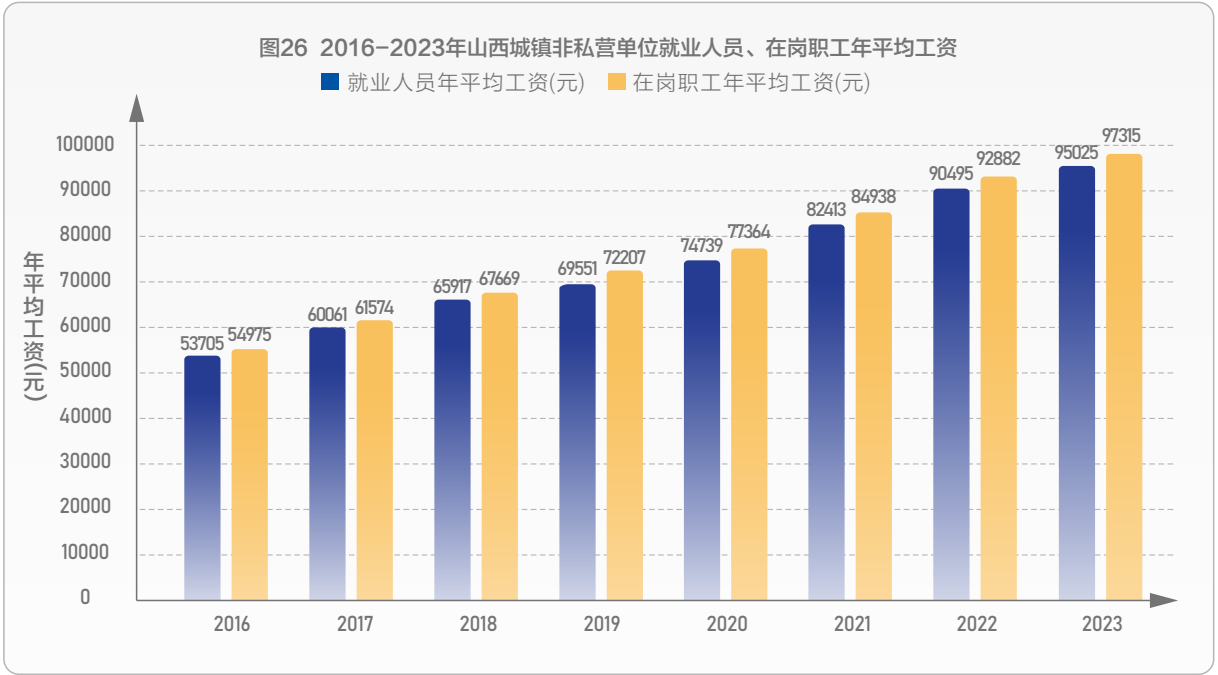


数据来源: 山西统计年鉴2017-2024

（2）就业人员年平均工资

尽管山西近年来整体就业人数减少，但年平均工资水平却在上涨。从2016年到2023年，在岗职工的平均工资从54975元升至97315元，增长幅度显著，这种变化对煤炭行业及其相关劳动力市场可能存在一定影响（图26）。一方面，平均工资水平的持续上扬，不仅体现了劳动力价值的正面增长，同时也可以从侧面反映出企业在薪资总支出方面可能面临更大的经济压力。

为应对这一挑战，企业可能会重新评估用人策略，包括优化生产流程和增加自动化设备以降低对人工的依赖。另一方面，煤炭行业的衰退也会对依赖煤炭的相关行业产生连锁反应，进一步加剧就业市场的压力。尽管工资水平上升可能吸引了更高素质的劳动力，或使剩余岗位的薪资有所提升，但这种增长未能完全弥补因行业萎缩带来的总体就业减少的问题，就业形势依然严峻。



数据来源: 山西统计年鉴2017-2024

4.3.2社会层面已有做法

转型不仅是技术与经济层面的深刻变革，更触及就业结构与社会公正的广泛议题，对山西而言，意味着必须妥善处理煤炭行业退出后大量劳动力的再配置问题。为此，山西已经在多个关键领域采取了行动，包括产业结构调整、就业政策优化以及社会保障体系的完善（表19），旨在构建一个既适应新时代需求又确保社会公正与劳动力市场平稳过渡的经济体系。

近年来，山西在不断落实国家及现有促进服务业发展、助企惠企政策的基础上，积极推动生产性服务业向专业化和高价值链方向延伸，并协助生活性服务业实现高品质和多样化升级。制定了《山西省“十四五”现代服务业发展规划》，目标是到2025年实现服务业总量规模的持续壮大，服务业结构布局更加优化，到2035年服务业实现高质量转型<sup>[54]</sup>。具体而言，山西希望形成一个优质高效、结构优化且竞争力强的现代服务产业新体系，从而提升服务业对经济的贡献和整体竞争力，为经济的高质量发展奠定坚实基础。同时，山西的劳动力市场逐渐向第三产业倾斜，第三产业的发展带来了更多的就业机会，缓解了煤炭产业收缩带来的就业压力。

山西为推动特色产业做大做强，带动就业富民，助力全方位推动高质量发展，出台了《山西省支持专业镇高质量发展的若干政策》，具体包括培育有影响力的产业名镇，强化企业领军人才支撑，深化标准引领提升产品质量，大力开展员工职业技能培训保障，推动公共服务平台的全覆盖等<sup>[55]</sup>。为进一步强化就业优先政策，多措并举稳定和扩大就业岗位，全力促发展惠民生，山西发布了《关于优化调整稳就业政策措施全力促发展惠民生的通知》，主要内容包括做好十大平台建设用工服务

保障，充分发挥失业保险稳岗助企作用，大力推进“人人持证、技能山西”建设，深入开展“技能提升质量年”行动等<sup>[56]</sup>。

为支持受到产业转型影响的工人，山西也在不断完善社会保障体系，具体措施包括再就业支持、职业培训和就业指导，旨在帮助工人顺利转型至新的职业领域。为满足新能源产业和服务业日益增长的需求，山西设立了多个职业培训中心，专门为煤矿工人提供技能培训，强化他们的职业适应能力。2023年，中国邮政储蓄银行在大同发放了首笔转型贷款，其中部分资金专门用于员工培训，帮助工人提升职业技能并且顺利进入其他行业工作。有力的保障措施不仅增强了劳动力市场的稳定性，还显著提升了工人的职业能力，为更好地应对经济转型提供了有力支持。

转型过程虽然伴随着机遇，但也面临诸多障碍。尽管可再生能源技术的不断进步和普及，特别是太阳能和风能产业的迅速发展，为传统煤炭行业工人提供了新的就业机会，推动了就业市场的扩展，但转型并非一帆风顺，例如，煤炭行业工人的既有技能与新兴绿色岗位的技能需求之间存在显著的不匹配问题。此外，太阳能和风能项目往往受限于特定的地理条件，并不总是能够邻近原有的燃煤电厂布局，这要求工人进行远距离的工作迁移，增加了转型的难度与复杂性。如果推迟转型时间，可能会使这些挑战变得更加严峻，导致更多的工人面临失业风险和长期的社会不稳定<sup>[57]</sup>。因此，山西需在既有措施的基础上，进一步采取更为积极且高效的策略，旨在助力工人平稳实现职业身份的转换，保障经济转型的顺利推进，并维护社会的公平正义。

表19 社会层面做法

资料来源: 笔者自行整理

| 时 间     | 政 策                        | 主 要 内 容                                                                      |
|---------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 2021年6月 | 《山西省“十四五”现代服务业发展规划》        | 到2025年实现服务业总量规模的持续壮大，服务业结构布局更加优化，到2035年服务业实现高质量转型。                           |
| 2022年9月 | 《山西省支持专业镇高质量发展的若干政策》       | 培育有影响力的产业名镇，强化企业领军人才支撑，深化标准引领提升产品质量，大力开展员工职业技能培训保障，推动公共服务平台的全覆盖等。            |
| 2023年7月 | 《关于优化调整稳就业政策措施全力促发展惠民生的通知》 | 做好十大平台建设用工服务保障，充分发挥失业保险稳岗助企作用，大力推进“人人持证、技能山西”建设，深入开展“技能提升质量年”行动等。            |
| 十四五期间   | 完善社会保障体系                   | 提供再就业服务、职业培训和就业指导，帮助工人顺利过渡到新的职业领域。山西设立了多个职业培训中心，为煤矿工人提供技能培训，以适应新能源产业和服务业的需求。 |



# 05

## 山西高质量能源转型的探索行动方案

- 5.1 自上而下：政府能源心态与政策统筹协调
- 5.2 自下而上：各参与者的责任与技术创新
- 5.3 从外到内：战略新兴能源的弯道超车
- 5.4 从内到外：全面拓展能源合作

## 第五章 山西高质量能源转型的探索行动方案

结合山西的实际情况，本报告尝试总结出不同维度层面适合山西突破困境的转型行动方案，探索构建一个符合当前及下一阶段山西能源现实的全维度能源治理模式（图27）。

图27 转型行动方案研究逻辑框架



### 5.1 自上而下：政府能源心态与政策统筹协调

2020年我国明确提出2030年碳达峰和2060年碳中和目标后，原本已在加速扩张的能源转型进入了新的阶段。全球范围内的减碳热潮，尤其以清洁低碳能源为主的转型风头正劲，成为实现零碳气候和能源体系的重要手段。但在2021年底全球范围包括我国遭受能源供应危机重创后，减碳热潮开始逐步冷却，这使得亟待改革的能源治理愈发紧迫。作为我国重要的煤炭资源型省份，山西面临着低碳转型与能源安全的双重挑战。在全维度治理模式的构建中，首先自上而下强调政府能源转型心态的调整和政策的统筹协调，以应对严峻挑战。

由于体制机制的差异，山西在能源转型过程中并不可能简单复制其他同类型地区的经验，但其治理逻辑可以借鉴，必须调整激进的转型方式，避免因盲目追求清洁能源而忽视现实供应，导致自身陷入困境。当前，国家已意识到以往运动式减碳所带来的问题，强调在转型过程中要充分考虑到国内的能源结构和产业基础，减少盲目的“碳冲锋”行为，主动把握能源安全的主导权。在全球能源转型的浪潮中，山西在实施高质量能源转型时，应根据自身的经济基础和能源现实，设定与中央政策相匹配的具体机制，以形成“中央战略一盘棋，地方

政策因地制宜”的良好局面。

值得注意的是，进一步推动政府心态与政策统筹协调至关重要，避免以往常见的过渡执行、暗中抵抗或自相矛盾的机制障碍。各地级市的资源禀赋、经济结构和发展需求存在差异，应当积极鼓励各地市依据自身实际情况，如煤炭储量、产业基础、经济发展水平及能源需求等，制定差异化的转型政策，以避免“一刀切”策略可能带来的不利影响。尤其需要强调的是，在转型政策实施与推进过程中，必须高度重视煤炭行业相关从业人员的生计与权益保障问题。无论是直接参与煤炭开采、加工等一线作业的人员，还是间接服务于煤炭产业链上下游的各类从业者，都将面临能源转型所带来的就业结构深刻调整及生活方式显著变化。政府需秉持高度的责任感与深切的人文关怀，全面审视并充分回应这部分群体的利益关切，确保煤炭行业相关从业人员在转型过程中能够平稳过渡。

总之，通过政府面对能源转型心态的积极转变与政策统筹协调的深入推进，在确保能源安全稳定供应的前提下，可持续推动能源产业转型的顺利实施，进而探索出一条符合自身现实实际的高质量发展路径。



## 5.2 自下而上：各层参与者的责任与技术创新

能源转型毕竟是国家宏观战略中的一个领域，而非全部，具有专业性和科学规律，不能将责任与压力一揽子置于政府，要彻底挖掘所有参与者的积极性和对应责任，尤其是科研机构、企业各类可再生能源专业领域的参与者，再由其提出高效的创新治理逻辑。山西在这方面应激励所有利益相关者主动参与，而不是被动执行，通过不同规模的责任行动，共同推动高质量的能源转型。

比如，鼓励地方参与者积极开展小规模的可再生能源电力生产项目，以慢慢形成集中与分散相结合的电力生产模式。山西应创新发展适合本地实际的分散化电力系统，使市级政府能够在能源生产和制定气候政策上发挥更大的作用。碳排放交易管理同样至关重要，欧洲包括德国在内的碳排放许可交易体系已经实施十多年，2011年至2016年，中国在北京、天津、深圳、上海、湖北和广东启动了7个碳市场试点。到目前为止，这些市场上的配额主要是通过“溯及既往”和“标杆”来分配的，仅实现小规模拍卖。2017年12月正式宣布建立全国碳市场，覆盖电力和供暖行业，因为这两个行业占煤炭使用量很大部分。不过碳排放权机制设计还在不断推进，各级政策制定者希望碳价格在推动低碳转型方面发挥越来越重要的作用，同时不要对整体环境造成负面冲击，这也是落实具体机制和各方参与者责任的有效表现。

但这些努力还远远不够，能源领域覆盖范围极广，所有能源企业都不能是被动的“等靠”心态，煤炭企业和科研机构要驱动创新力推动清洁高效利用发展，结合储能技术的突破发展成为转型进程中的过渡中间力量。

## 5.3 从外到内：战略新兴能源的弯道超车

当前，全球所有的煤炭资源型地区都面临巨大压力，既需要实现绿色低碳能源转型，又要保证现有产业和经济的稳定运行，在传统环境下，通过风力发电、光伏等大型绿色基础设施项目很难实现转型和发展目标，适用于可再生能源资源丰富或经济发达的地区，对于以煤炭为主要产业结构的地区而言门槛太高且效果有限。氢能不同于风能、太阳能等典型的可再生能源，氢能更多以二次能源载体形式出现，被视为能够推动钢铁、交通等难以脱碳领域深度脱碳的有效能源类型，在全球能源与气候政策方面已经引起了决策者和工业界的关注。随着越来越多的国家宣布本世纪中叶实现净零排放的目

以碳捕捉封存与利用技术（CCUS）为例，过去十年的发展情况表明其正逐渐受到重视。自“十二五”（2011–2015）规划以来，CCUS已被纳入国家碳减排战略中，“十四五”规划中首次纳入了大规模CCUS示范项目。2019年，科技部社会发展司和中国21世纪议程管理中心（ACCA21）联合发布了我国CCUS技术发展路线图，确定了到2050年以五年为单位的具体目标：到2030年，CCUS应为工业应用做好准备，同时应该有能力达到200万吨/年的长距离陆上二氧化碳管道；到2030年将二氧化碳捕集的成本和能源消耗减少10–15%，到2040年减少40–50%；到2050年，CCUS技术将被广泛部署，并由全国多个工业CCUS中心支持。具体到山西，作为我国重要的煤炭和能源基地，先天基础与地质条件优厚，CCUS技术在高质量能源转型中也能发挥有效作用。例如，建设针对大型燃煤电厂与煤化工企业的碳捕集与封存示范项目，重点降低捕集成本与能耗；加强煤气化与碳捕集集成技术的研发，利用煤层气与二氧化碳驱采技术提升资源利用率；加快地质封存选址与评估，推动长距离二氧化碳管道建设，保障规模化运输与封存；建立完善的CCUS技术标准与监管体系，确保技术应用的安全性与可持续性。当然，CCUS仅是一个领域，事实上只要持续跟踪与研判，保持积极开拓且乐观的转型心态，更多处于早期培育发展阶段的转型技术与方案都能够被挖掘出来，即山西的能源企业和科研机构应关注各类能源技术的升级与交叉综合利用，以应对能源供应不稳定的问题，这是突破能源转型与治理困境的关键所在。

标，氢能作为一种极具前景与潜力的能源载体，几乎每周都有国家或企业宣布新的氢能战略或项目计划。

尽管氢能具有开发利用潜力，但并不能说明可以毫无顾虑地全面推广氢能，必须考虑国家层面的宏观战略需求。中国作为一个内部发展不平衡的新兴经济体和发展中国家，在国土面积、经济规模、产业结构、人口等方面与欧美等工业发达国家存在巨大区别，尤其是能源供应安全始终是国家首要考虑因素。因此，作为煤炭供应主产区的山西承担着保障能源供应安全的重要责任，在不影响能源供应和经济稳定的前提下，探索平稳、成熟的过渡计划才是最佳选择。

具体来说，为实现煤炭资源型地区通过氢能产业的有效发展推动转型，政府应制定更加完善的综合政策措施，如建立完善的资金支持政策，包括设立专项基金、提供税收优惠；加强技术研发支持，建立氢能技术创新平台，培育氢能领域的高端人才；推动国际合作，积极参与国际氢能合作，吸取国际先进经验；建立健全的产业链条，促进氢能产业链的完整闭环发展等。归根

## 5.4 从内到外：全面拓展能源合作

相较于通过战略新兴能源进行的内部搭建，从内到外强调对外突破，山西在高质量能源转型中的对外突破主要关注于如何提升自身在能源转型领域的影响力，拓展外部的合作，进而推动全省乃至全国的可持续发展。特别是在“十五五”这一我国经济迈向高质量发展的关键时期，山西的能源转型战略显得尤为关键。

为此，本报告提出“公正能源转型兄弟关系”（Just Energy Transition Brotherhood, JETB）的概念，即通过加强山西与周边省份在能源政策、技术创新、市场开拓等方面的沟通与协作，共同推动能源结构的优化升级，实现绿色、低碳、可持续的发展目标。这一合作模式能够集合多方智慧与力量，有效应对能源转型过程中可能出现的各种挑战，如技术瓶颈、资金短缺、市场波动等，从而加速转型进程，提升转型成效。同时，充分考虑了各参与省份的资源禀赋、产业基础和发展需求，具有广泛的合作基础和共同利益。通过建立定期沟通机制、共享信息平台、联合技术研发、市场拓展合作等方式，有效促进资源共享、优势互补，形成互利共赢的发展格局。

作为一种创新合作模式，该模式不仅顺应山西能源转型的实际需求，也为省际间在能源领域的协同发展提供了新思路，能够超越以往单一的经济利益驱动，转而强调公平、共享与可持续发展的核心理念，是对传统省际合作框架的一次深刻革新。山西应更加注重开放和合作，以建设性、包容性的方式加速自身的转型，牢固树立开放发展理念，加强与其他省份的合作，并以此为跳板，积极寻求与国际伙伴的合作机遇，融入“一带一路”大商圈，在转型发展上率先蹚出一条新路来，以此为基础实现外部的扩散搭建。

事实上，作为全国能源革命综合改革试点，近年来山西已利用战略机遇，加快调整产业结构和能源结构。目前，全省煤炭先进产能占比已达到79.4%，所有现役煤电机组均实现超低排放，风电和光伏装机总量占比已达到31.8%，这些创新为山西的高质量能源转型奠定了坚实基础。2022年太原能源低碳发展论坛上，围

结底，借助氢能推动实现山西高质量能源转型是带有工业革命技术色彩的竞争，决不能对煤炭资源型地区“用完即抛弃”，这是任何国家地区都不愿去想且难以承受的，随着技术的发展逐步向绿氢靠近，渐进式的可持续变革而非一步到位的激烈革命才是最符合现实需求的可接受选择。

绕务实合作，山西与各方达成了71个项目的合作意向，总投资额高达885.3亿元<sup>[58]</sup>。成功的经验不仅可以激励和促进与其他省份在能源转型方面的深化合作，而且可以为“一带一路”倡议下的区域能源治理提供示范，未来将吸引更多外部投资和合作机会，助力在全球能源市场中的地位不断提升。

具体来说，山西在推进高质量能源转型的过程中，可以进一步加强与其他省份的协同行动。例如，建立跨省能源合作机制，与能源大省建立稳定的合作关系，共同探讨能源转型的新技术和新模式，借鉴其他省份在能源转型方面的成功经验，避免走弯路；加强科技创新协同，与其他省份的高校、科研机构建立联合实验室和技术研发中心，共同攻关能源转型中的关键核心技术；推动能源市场一体化，与其他省份共同推动建立跨省的能源交易市场，打破地域限制，促进能源价格的市场化形成；加强人才培养与交流，鼓励能源领域的专业人才在不同省份之间流动和合作；政策协调与支持，与其他省份共同制定和实施支持能源转型的政策措施，如财政补贴、税收优惠、金融支持等，协调解决跨省能源合作中的政策障碍和体制机制问题，确保合作的顺利进行。

此外，在国际领域山西在响应“一带一路”倡议时可以积极寻求中亚、东盟及非洲等地区的合作机遇，以推动自身的能源转型并为全球可持续发展贡献力量。比如，中亚作为我国“一带一路”倡议的发源地，拥有丰富的能源资源与矿产资源，可以通过项目示范与投资，推动能源与化工领域的深度合作发展。东盟作为全球最具经济活力的地区，以印尼为代表的煤炭资源型国家，与山西在转型与开发中有很多相似性，能够通过多种方式搭建多元通道开展优势互补的能源合作建设。归根结底，提升开放意识，加强平台和通道建设，有助于推动山西能源转型的多元化与高质量发展，增强产业核心竞争力和市场主体的活力，山西完全可以借助综合性国际组织，宣传自身作为典型资源型地区转型的创新方案和发展理念，为中国和全球贡献实现煤炭资源型地区有效转型的“山西力量”与“山西方案”。



CONCLUSION

结论

本报告详细分析了山西能源结构的变化趋势，包括能源生产和消费结构、煤炭生产和消费结构、天然气生产和消费结构、电力生产和消费结构以及可再生能源电力供给情况。山西的能源结构以煤炭为主，尽管煤炭在一次能源生产中仍占重要地位，但清洁能源的比重已在稳步攀升。在能源消费层面，山西正致力于推动绿色低碳转型，这不仅涉及提高能源利用效率，更包括逐步调整和优化能源消费结构。值得注意的是，钢铁、煤炭等高耗能行业仍是山西能源消费的主力，但在终端能源消费中，煤炭的占比已呈现显著下降趋势，而天然气和电力的使用比例则在不断上升。煤炭生产消费方面，山西近年来煤炭产量处于增长状态，其中净外调量占全省产量近一半，煤炭消费量也在逐年增加，主要集中在电力热力和焦化行业。天然气方面，山西的产量与消费量近年来均大幅增加，反映出其在扩大清洁能源生产和应用方面的积极努力。电力领域，山西正经历一场结构性转变，火电的占比有所降低，而新能源发电则呈现出强劲的增长态势。与此同时，山西政府大力推动可再生能源发展，装机容量与发电量显著提升，可再生能源已成为推动山西能源结构转型的关键力量，其发电量占比持续增长，为山西的清洁化、低碳化转型奠定了坚实基础。

基于能源结构的整体变化趋势，又进一步阐述了山西各个能源行业的主要转型行动。尽管山西在能源行业转型过程中取得了一定成效，但仍面临多重挑战，主要体现在国家、地方与社会层面。为了有效应对挑战，本报告结合地方实际情况，探索出了现阶段较有现实操作性的全维度的能源转型路径，即自上而下，推动政府能源心态更加平稳积极，调整现阶段政策的统筹协调，尽

可能弥补政策衔接的误差漏洞；自下而上，激发包括企业、科研机构等在内的更多能源治理的参与者落实责任，而非过往仅作为单纯的配合方。比如，关注甲烷减排的重要性，甲烷作为一种强效温室气体，其减排对于全球气候变化的缓解具有重要意义，山西也应加强对煤炭开采、加工和运输过程中甲烷排放的监测和管理，实现碳减排的同时降低甲烷排放量；从外到内，将焦点移到战略新兴产业，在继续推动风能和太阳能等已经颇具规模的可再生能源类型的同时，关注新冠疫情以来被视为下一阶段能源焦点的氢能，旨在通过规模化与产业化实现弯道超车的可能；从内到外，深化并拓展跨省间的合作，打破地域界限，构建与周边省份地区更加紧密的合作协同发展体系，同时积极响应“一带一路”倡议，实现对外的能源合作扩散和国内国际影响力的“外溢”。

我国“十四五”规划中明确指出，为实现碳达峰、碳中和及能源绿色低碳转型的战略目标，确保能源供应安全的同时清洁能源将是我国能源发展的主导方向。这一指导思想对山西能源转型提出的明确信号就是必须在双碳时间窗口期内实现转型突破，否则将无法完成国家交予的重任。“十五五”即将来临，加快迈向生态优先、绿色低碳、经济稳妥、社会公正的高质量和谐发展道路成为重中之重，即确保在“十四五”期间没有有效完成的转型在2030年煤炭窗口期关闭前能够实现，至少摆脱对煤炭产业的绝对依赖。同时，必须清醒地意识到，在我国明确要求2030年实现碳达峰前，煤炭仍是山西最重要的经济“压舱石”，也是国家稳定能源供给的绝对性保障，但也不能因此就拖延转型效率与进程，

两者兼顾之下要格外关注以下几个方面。

首先，针对山西这一煤炭大省的现实情境，本报告借鉴并创新性地提出了“公正能源转型兄弟关系”（Just Energy Transition Brotherhood, JETB）模式，旨强化与其他省份的合作，促进能源结构优化升级。与其他“兄弟”省份的合作不仅可以共享能源转型的经验和教训，共同探索适合本地实际情况的转型路径，还能通过跨区域的能源合作与调配，实现能源资源的优化配置和互补共赢，更能在此基础上为未来与国际社会开展能源转型合作奠定坚实基础。在“全国一盘棋”战略与“公正能源转型兄弟关系”模式的双重指导下，确保山西能源转型路线清晰明确，在政府、企业和社会各界的共同努力和多方协作下，实现自身的经济、社会和环境多重效益，为国家“双碳”目标的顺利实现、能源安全保障和可持续发展贡献绝对力量。

其次，应避免对煤炭开采与利用问题的片面认识。能源转型与经济发展息息相关，煤炭在中国能源结构中占比近一半的情况下，选择煤炭仍然是当下国情最符合现实需求的选择，作为我国主体能源消费类型的地位短期内无法撼动，在对抗海外能源资源潜在控制、提高能源自主权方面具有重要作用。基于我国的能源基本特质和经济社会发展的要求，煤炭生产和消费增速被减缓甚至压制，但已有的客观比例也不容小觑，煤炭在能源结构中“稳定器”和“压舱石”的作用以及自身高效清洁技术的升级改革为其在2030年碳达峰实现前，在国家推进能源转型进程中博得了发展空间。

再次，确保创新路径的单向前进性，不能阶段性停

滞乃至后退。技术问题迟早都可以突破，但最难解决或者说容易被忽视的问题其实在于自上而下对能源转型的态度，即经过近几年的迅猛发展，到底如何看待能源转型可能一直都是被动过程，为此必须反复强调坚定不移迈向转型的步调。其中，想要真正打通能源转型的探索路径，民众的清洁环保能源意识至关重要，专业领域的客观发展不代表群众意识与认知的同步，能源顶层设计并不意味着全民都已完全接纳，需要持续推动普及民众对绿色低碳的认识与行为。

最后，本报告再次强调，煤炭作为传统化石能源经过多年发展已在山西形成了深厚的能源产业结构，特别是在国家能源需求持续高位、煤炭储量相对丰富的情况下，短期内仍然发挥主要作用。尽管在节能减排和去产能的政策压力下，煤炭产量有所下降，但实际减产幅度有限。煤炭行业转型面临的巨大挑战，绝非一蹴而就的过程，而是涉及到多方利益的深层次调整与博弈，绝不能简单将其视为行业自身的问题或为其开脱责任。转型的艰难在于需要在保障能源安全、推动绿色发展和协调各方利益之间找到平衡，这无疑是一个复杂而艰巨的任务。因此，在统一上下步调，深化共同能源认知的过程中，要高度重视其他可能替代煤炭产业的新兴业态的培育和状态，各类可再生能源和非煤产业需要投入更多的政策为其保驾护航，不能忽视处于雏形发展期产业的诉求，即如何平衡各类转型产业与煤炭之间的关系，是需要长时期高度重视且时刻考虑的，否则强大的化石能源使用惯性力量会将能源转型发展的道路布满荆棘障碍。



REFERENCES

参考文献

► [1] 中国能源网.优化重大生产力布局，破除山西能源转型困境  
[EB/OL].(2024).[https://www.cnenergynews.cn/meitan/2024/03/20/detail\\_20240320151329.html](https://www.cnenergynews.cn/meitan/2024/03/20/detail_20240320151329.html).

► [2] 世界经济论坛.碳中和、净零分别是什么意思？  
[EB/OL].(2022).<https://cn.weforum.org/agenda/2022/09/tan-zhong-he-jing-ling-fen-bie-shi-shen-me-yi-si/>.

► [3] 中国日报网.中国科学院公布“碳中和”框架路线图研究进展  
[EB/OL].(2021).<https://cn.chinadaily.com.cn/a/202105/30/WS60b3516fa3101e7ce975262e.html>.

► [4] 山西科城能源环境创新研究院.2024年山西省煤炭开采甲烷减排政策研究报告  
[EB/OL].(2024).<https://txtlib.org/report/164010.html>.

► [5] 中国储能网.2023年山西外送电量达1576亿千瓦时，同比增长7.67%  
[EB/OL].(2024).<https://www.escn.com.cn/20240301/f7629eb52e1949c1b08c4a2edd1c1c56/c.html>.

► [6] 人民网.从三个层面理解高质量发展的内涵  
[EB/OL].(2019).<http://theory.people.com.cn/n1/2019/0909/c40531-31343036.html>.

► [7] 人民网.国家能源局局长章建华谈“推动新时代能源高质量发展”  
[EB/OL].(2019).<http://energy.people.com.cn/n1/2019/0312/c71661-30972074.html>.

► [8] 中国ESG30人论坛.山西的绿色转型：双碳背景下传统能源大省的实践及经验总结  
[EB/OL].(2024).<https://index.caixin.com/2024-05-28/102200729.html>.

► [9] 山西省统计局.山西省2023年国民经济和社会发展统计公报（包含风电、太阳能发电和水电）  
[EB/OL].(2024).[https://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjgb/ndtjgb/202403/t20240320\\_9522751.shtml](https://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjgb/ndtjgb/202403/t20240320_9522751.shtml).

► [10] 国家电网报.山西省风电和光伏发电装机总容量超过5000万千瓦  
[EB/OL].(2024).[https://cpnn.com.cn/news/dianli/2023/202403/t20240304\\_1680474.html](https://cpnn.com.cn/news/dianli/2023/202403/t20240304_1680474.html).

► [11] 新华网.山西氢能产业发展迅猛亮点突出  
[EB/OL]. (2024).<http://www.sx.xinhuanet.com/20240711/110e5fc465a24c3bb60d7d1c795a4621/c.html>.

► [12] 中国能源报.山西煤电转型路径求新求变  
[EB/OL].(2023).[http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2023-07/24/content\\_26008633.htm](http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2023-07/24/content_26008633.htm).

► [13] 央视新闻. 2023年山西产煤13.78亿吨 先进产能占比超80%  
[EB/OL].(2024).[https://www.cnenergynews.cn/hangye/2024/01/24/detail\\_news\\_20240124145389.html](https://www.cnenergynews.cn/hangye/2024/01/24/detail_news_20240124145389.html).

► [14] 新华社.山西优化“西电东送”通道提升电力外送能力  
[EB/OL].(2021).[http://www.news.cn/local/2021-11/15/c\\_1128065468.htm](http://www.news.cn/local/2021-11/15/c_1128065468.htm).

► [15] 山西能源学院.山西省可再生能源发展“十四五”规划  
[EB/OL].(2023).<https://www.sxie.edu.cn/bkpgw/info/1032/1821.htm>.

► [16] 山西省人民政府.山西省政府工作报告：2024年完成煤电机组“三改联动”630万千瓦  
[EB/OL].(2024).<https://power.in-en.com/html/power-2445215.shtml>.

► [17] 中国循环经济协会.结构调整：山西煤化工靠先进技术华丽转身  
[EB/OL].(2015).<https://www.chinacace.org/news/view?id=6059>.

► [18] 山西省人民政府.山西省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要  
[EB/OL].(2021).[https://www.shanxi.gov.cn/zfxxgk/zfxxgkzl/fdzdgknr/lzyj/szfwj/202205/t20220513\\_5976500.shtml](https://www.shanxi.gov.cn/zfxxgk/zfxxgkzl/fdzdgknr/lzyj/szfwj/202205/t20220513_5976500.shtml).

► [19] 现代煤化工.山西煤化工示范基地建设取得成效  
[EB/OL].(2023).<https://www.mhgzwh.org.cn/home/news/detail/xxzx/cydt/880673094518177792>.

► [20] 山西省钢铁行业协会.山西省钢铁行业协会2023年会员大会报告  
[EB/OL].(2023).<http://www.sxgtxh.cn/hangyedongtai/2023-10-07/4917.html>.

► [21] 新华网山西频道.临汾聚焦“钢-焦-化-氢”一体化发展探索传统产业现代化转型发展新路  
[EB/OL].(2023).<http://www.sx.xinhuanet.com/20231121/6097cb30d59e438fa629649227fcf126/c.html>.

► [22] 山西省国资委.聚势赋能 山西加速风电产业集群化链条式发展  
[EB/OL].(2023).<http://www.sasac.gov.cn/n2588025/n2588129/c27517588/content.html>.

► [23] 中商产业研究院.山西省风电装备产业链分析：产业发展空间广阔  
[EB/OL].(2023).<https://www.seccw.com/document/detail/id/22635.html>。

► [24] 国家能源局.对十四届全国人大一次会议第4192号建议的答复  
[EB/OL].(2023).[https://www.nea.gov.cn/2023-08/18/c\\_1310755370.htm](https://www.nea.gov.cn/2023-08/18/c_1310755370.htm).

► [25] 中华人民共和国中央人民政府.国家发展改革委 国家能源局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  
[EB/OL].(2021).[https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-03/06/content\\_5590895.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-03/06/content_5590895.htm).

► [26] 人民日报海外版.山西氢气年产量超300万吨  
[EB/OL].(2021).[http://paper.people.com.cn/rmrbhwb/html/2021-09/06/content\\_25877675.htm](http://paper.people.com.cn/rmrbhwb/html/2021-09/06/content_25877675.htm).

► [27] 中国能源报.煤都立志变氢都  
[EB/OL].(2022).[http://paper.people.com.cn/zgnybwap/html/2022-08/01/content\\_25932520.htm](http://paper.people.com.cn/zgnybwap/html/2022-08/01/content_25932520.htm).

► [28] 山西省人民政府.山西省“十四五”未来产业发展规划  
[EB/OL].(2021).[http://www.lmliang.gov.cn/lxxgk/zfxxgk/xxgkml/sswghzxccx/sjghjd/wj/202209/t20220919\\_1693441.html](http://www.lmliang.gov.cn/lxxgk/zfxxgk/xxgkml/sswghzxccx/sjghjd/wj/202209/t20220919_1693441.html).

► [29] 山西省人民政府.《山西省氢能产业链2024年行动方案》出台  
[EB/OL].(2024).[https://www.shanxi.gov.cn/ywdt/sxyw/202402/t20240225\\_9507442.shtml](https://www.shanxi.gov.cn/ywdt/sxyw/202402/t20240225_9507442.shtml).

► [30] 中国节能协会氢能专业委员会.投资780亿元！山西布局全球规模最大的氢港氢能产业园  
[EB/OL].(2022).<http://heic.org.cn/newshow.asp?id=932>.

► [31] 山西省人民政府网.山西65家景区获补贴资金4921万元  
[EB/OL].(2023).<https://www.dt.gov.cn/dtszf/sxyw/202304/39a0d40f4e0f4de5a5d456a4fca0c580.shtml>.

► [32] 中国旅游报.山西构建大康养大文旅融合发展格局  
[EB/OL].(2023).[https://www.mct.gov.cn/whzx/qgwhxxlb/sx/202308/t20230828\\_946838.htm](https://www.mct.gov.cn/whzx/qgwhxxlb/sx/202308/t20230828_946838.htm).



► [33]山西省人民政府.山西省装备制造业2023年行动计划  
[EB/OL].(2023).[https://www.shanxi.gov.cn/ywdt/sxyw/202304/t20230424\\_8419933.shtml](https://www.shanxi.gov.cn/ywdt/sxyw/202304/t20230424_8419933.shtml).

► [34]山西省人民政府.山西制造的高质量“跃迁”  
[EB/OL].(2023).[https://www.shanxi.gov.cn/ywdt/sxyw/202305/t20230530\\_8646889.shtml?#](https://www.shanxi.gov.cn/ywdt/sxyw/202305/t20230530_8646889.shtml?#).

► [35]山西省工业和信息化厅.山西省高端装备制造产业链 2024年行动计划  
[EB/OL].(2024).<https://www.dt.gov.cn/dtszf/zxgb/202402/dc4022b720084749ad766a7ec39112fa.shtml>.

► [36]山西省人民政府.山西举行高端装备制造产业链（智能煤机）招商推介暨产业链发展推进大会  
[EB/OL].(2024).[https://www.shanxi.gov.cn/ywdt/sxyw/202404/t20240424\\_9544243.shtml](https://www.shanxi.gov.cn/ywdt/sxyw/202404/t20240424_9544243.shtml).

► [37]山西新闻网.立足全国、超前谋划、强力推进，我省能源保供经验做法获国务院通报表扬——决不能让国家为煤发愁  
[EB/OL].(2022).<http://news.sxrb.com/GB/314060/9922369.html>.

► [38]经济日报.截至去年底，全国累计成交量达4.4亿吨——碳排放权交易活跃度逐步提升  
[EB/OL].(2024).[https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202402/content\\_6934685.htm](https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202402/content_6934685.htm).

► [39]人民网.积极参与碳交易  
[EB/OL].(2024).<http://finance.people.com.cn/n1/2024/0911/c1004-40317457.html>.

► [40]新华网.山西首批确定33个风电项目助力乡村振兴  
[EB/OL].(2024).<http://www.news.cn/local/20240803/591dc592785643dcb8d2f95205ee29af/c.html>.

► [41]山西省能源局.关于印发推动绿电资源就地转化助力产业绿色低碳转型工作方案的通知  
[EB/OL].(2024).[https://nyj.shanxi.gov.cn/zfxxgk/fdzdgknr/sjwj/202407/t20240722\\_9613817.shtml](https://nyj.shanxi.gov.cn/zfxxgk/fdzdgknr/sjwj/202407/t20240722_9613817.shtml).

► [42]中国政府网.山西加快建设新型能源体系  
[EB/OL].(2023).[https://www.gov.cn/xinwen/2023-02/04/content\\_5739993.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2023-02/04/content_5739993.htm).

► [43]中国政府网.提“智”增效！山西智能化煤矿突破100座  
[EB/OL].(2024).[https://www.gov.cn/lianbo/difang/202401/content\\_6926347.htm](https://www.gov.cn/lianbo/difang/202401/content_6926347.htm).

► [44]山西省能源局.关于印发《山西省电力工业“十四五”发展规划》的通知  
[EB/OL].(2023).[https://nyj.shanxi.gov.cn/jgcs/dlc/202309/t20230908\\_9282765.shtml](https://nyj.shanxi.gov.cn/jgcs/dlc/202309/t20230908_9282765.shtml).

► [45]山西省人民政府.2023年山西外送电量再创历史新高  
[EB/OL].(2024).[https://www.shanxi.gov.cn/ywdt/sxyw/202403/t20240315\\_9520066.shtml](https://www.shanxi.gov.cn/ywdt/sxyw/202403/t20240315_9520066.shtml).

► [46]山西省人民政府.关于印发山西省推进分布式可再生能源发展三年行动计划（2023—2025年）的通知  
[EB/OL].(2023).[https://www.shanxi.gov.cn/zfxxgk/zfxxgkzl/fdzdgknr/lzyj/szfbgtwj/202302/t20230222\\_8027560.shtml](https://www.shanxi.gov.cn/zfxxgk/zfxxgkzl/fdzdgknr/lzyj/szfbgtwj/202302/t20230222_8027560.shtml).

► [47]新华社.山西新能源装机突破5000万千瓦  
[EB/OL].(2024).[https://www.gov.cn/lianbo/difang/202402/content\\_6934623.htm](https://www.gov.cn/lianbo/difang/202402/content_6934623.htm).

► [48]人民网.山西储能市场化起步见成效  
[EB/OL].(2024).[http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2023-08/21/content\\_26013632.htm](http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2023-08/21/content_26013632.htm).

► [49]山西省人民政府网.2022年山西多项生态环境指标再创历史最好水平  
[EB/OL].(2023).<https://www.dt.gov.cn/dtszf/sxyw/202301/efde8fd3ba0340e3bb0f1352aa790e08.shtml>.

► [50]山西省人民政府.关于印发山西生态省建设规划纲要（2021—2030年）的通知  
[EB/OL].(2022).[https://www.shanxi.gov.cn/zfxxgk/zfxxgkzl/fdzdgknr/lzyj/szfwj/202205/t20220513\\_5976569.shtml](https://www.shanxi.gov.cn/zfxxgk/zfxxgkzl/fdzdgknr/lzyj/szfwj/202205/t20220513_5976569.shtml).

► [51]黄河新闻网.山西省黄河流域生态保护和高质量发展条例  
[EB/OL].(2024).[https://sx.sxgov.cn/content/2024-08/12/content\\_13279571.htm](https://sx.sxgov.cn/content/2024-08/12/content_13279571.htm).

► [52]山西省人民政府.山西省修订《山西省实施〈中华人民共和国土地管理法〉办法》  
[EB/OL].(2024).<https://www.shanxi.gov.cn/ywdt/sxyw/202403/t202403309529059.shtml>.

► [53]中国新闻网.“愿景”变“实景”解码山西对生态治理的“立体”表达  
[EB/OL].(2024).<https://www.chinanews.com/sh/2024/03-07/10176195.shtml>.

► [54]山西省人民政府.关于印发山西省“十四五”现代服务业发展规划的通知  
[EB/OL].(2021).[https://www.shanxi.gov.cn/zfxxgk/zfxxgkzl/fdzdgknr/lzyj/szfwj/202206/t20220624\\_6482917.shtml](https://www.shanxi.gov.cn/zfxxgk/zfxxgkzl/fdzdgknr/lzyj/szfwj/202206/t20220624_6482917.shtml).

► [55]山西省人民政府.关于印发山西省支持专业镇高质量发展若干政策的通知  
[EB/OL].(2022).[https://www.shanxi.gov.cn/zfxxgk/zfxxgkzl/fdzdgknr/lzyj/szfbgtwj/202209/t20220930\\_7204700.shtml](https://www.shanxi.gov.cn/zfxxgk/zfxxgkzl/fdzdgknr/lzyj/szfbgtwj/202209/t20220930_7204700.shtml).

► [56]山西省人民政府.关于优化调整稳就业政策措施全力促发展惠民生的通知  
[EB/OL].(2023).[https://www.shanxi.gov.cn/zfxxgk/zfxxgkzl/fdzdgknr/lzyj/szfbgtwj/202307/t20230727\\_9015934.shtml](https://www.shanxi.gov.cn/zfxxgk/zfxxgkzl/fdzdgknr/lzyj/szfbgtwj/202307/t20230727_9015934.shtml).

► [57]Wu H H, Liu J F, Hu X R, He G, et al. Fewer than 15% of coal power plant workers in China can easily shift to green jobs by 2060[J].One Earth,2024,1994-2007.

► [58]新华社.能源低碳发展的中国智慧、中国机遇——来自2022年太原论坛的现场观察  
[EB/OL].(2022).[https://www.gov.cn/xinwen/2022-09/03/content\\_5708177.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2022-09/03/content_5708177.htm).