



Federal Ministry  
for Economic Affairs  
and Climate Action



中德能源与能效合作

Energiepartnerschaft

DEUTSCHLAND - CHINA

*Low-Carbon Energy Transition in Shanxi:  
Experience and Lessons from Regional Coal Transitions in Germany*

# 德国地方煤炭转型案例对山西低碳 能源转型的启示

中德能源转型研究项目



Agora  
Energiewende

**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

# 版本说明

《德国地方煤炭转型案例对山西低碳能源转型的启示》在中德能源转型研究项目框架内发布。中德能源转型研究项目是在中国国家能源局与德国联邦经济和气候保护部（BMWK）的指导和支持下，由德国国际合作机构（GIZ）作为德方牵头机构，与Agora 能源转型论坛和德国能源署（dena）联合中方相关合作伙伴共同实施。该报告结合山西的能源转型现状，为读者介绍了四个德国煤炭产区能源转型的案例，通过分析两国煤炭产区转型的特点与转型中的经验教训，为关注山西及中国其他煤炭产区的能源转型工作者们提供参考借鉴。

## ■ 项目负责人

Christoph Both, 德国国际合作机构

## ■ 研究负责人

杨舟, Agora能源转型论坛

## ■ 作者

涂建军、杨舟、Nga Ngo Thuy  
Agora能源转型论坛

## ■ 致谢

Agora能源转型论坛是中德能源转型二期项目的德方执行机构之一。在德国国际合作机构的支持下，Agora能源转型论坛在2021年与2022年分别举办了两届中欧清洁能源转型国际研讨会。两届中欧研讨会作为太原能源低碳发展论坛的唯一国际分论坛，在国内外取得了不错的反响。与会嘉宾的慷慨分享与积极讨论对本报告的研究有十分重要的贡献。报告作者对此表示诚挚感谢。

此外，本报告的研究得到了Agora能源转型论坛同仁们的大力支持，他们是：Markus Steigenberger, Marianna Morra-Skryabina、林丽雪、张润、尹明、王立和魏斯琴。

同时，报告作者也非常感谢孟伟、钱俊成和刘芳菲对两届中欧清洁能源转型国际研讨会的全力支持，以及在报告研究过程中提供的协助和贡献。

## ■ 图片来源

BMWK/封面

Unsplash/ Cajeo Zhang (p.6)

Unsplash/ Diego PH (p.15)

Unsplash/ Etienne Girardet (p.18)

Unsplash/ Dan Freeman (p.32)

## 英文执行摘要 Executive Summary

With abundant coal resources, China's Shanxi province has produced nearly one quarter of China's cumulative coal output since the proclamation of the People's Republic of China in 1949, making it one of the most important coal bases in the country. As China's largest coal producing province, Shanxi's annual coal production has exceeded one billion tons for the second year in a row since 2020. In the international context, Shanxi's annual coal production is 47% higher than that of India, the world's second-largest coal-producing country. Not surprisingly, Shanxi's coal transition not only serves as an exemplar of China's energy transformation, but is also where the bottleneck lies. The successful transition of Shanxi's coal industry is of great significance to climate agendas not only in China but also other parts of the world.

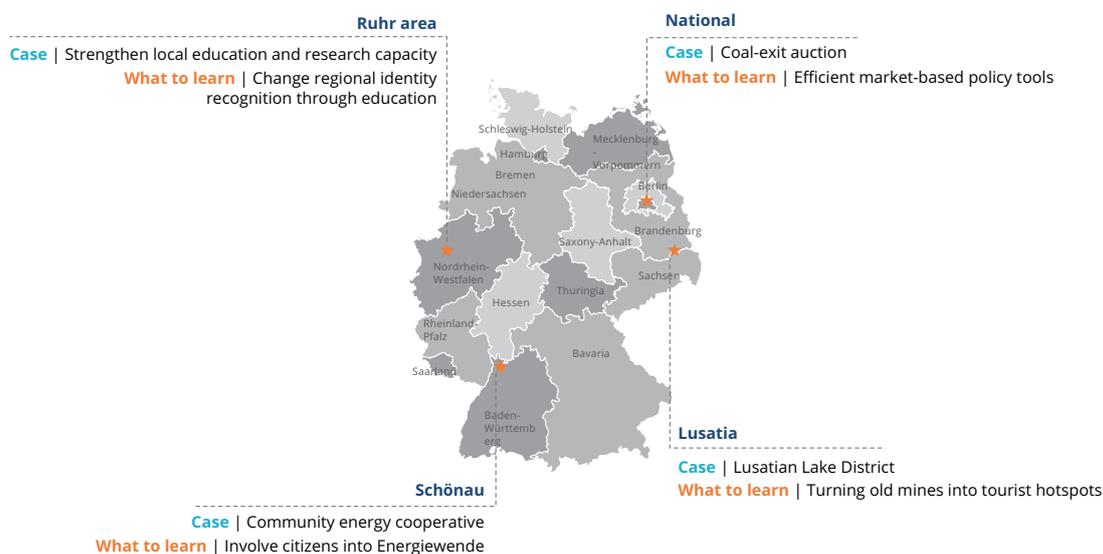
The State Council of China designated Shanxi province to drastically transform itself from a "giant coal miner" to a "pioneer in the energy revolution." Energy transition in Shanxi is a process combining the economic, social, and ecological transformation of a resource-reliant economy. This daunting task extends far beyond the energy sector, involving a wide range of fields such as economy and society, such as the livelihoods of people and communities in coal producing regions. Given the enormous difficulty and complexity of this transformation, structural changes in Shanxi would not be achievable without efficient governance, effective cooperation between central and local governments, and win-win international cooperation in place.

Germany, similarly to Shanxi, used to largely depend on coal. The post-war economic boom in Germany (Wirtschaftswunder) was mainly fueled by hard coal mined in the states of North Rhine-Westphalia and the Saarland. Coal once accounted for more than 60% of German primary energy consumption, and 600,000 people were employed in the hard coal mining industry. Historically, the German coal industry and its employees were held in high regard by society as a whole, and public perception towards the coal value chain was rather positive, especially in coal producing regions. Even when its output and related employment started to decline, coal was still commonly recognized as a key pillar that contributed to regional economic growth.

From the golden era of coal to the legislation of coal phasing-out (1950-2020), Germany's long goodbye to coal has lasted for more than half a century. The ongoing energy crisis exacerbated by the Russo-Ukrainian war led to a tightening demand-supply balance of natural gas, which was once regarded as a key "bridging fuel" in support of German energy transition (Energiewende). Inevitably, in the short term the Energiewende has been bound to a certain extent with ensuring national energy security, which took center stage and became a top priority in many countries including both Germany and China. Therefore, Sino-German energy and climate cooperation, especially at the regional level, has crucial importance to advance the global energy transition agenda in the era of rising geopolitical rivalry.

With three case studies at the local level and one policy instrument at the national level, this report strives to share selective experience and lessons learned from the Energiewende (see figure below), aiming to shed light on how similar transition in Shanxi and beyond may unfold in the years to come.

Figure: Four case studies in the report



- **Schönau:** In Schönau, there is a community energy cooperative, EWS (Elektrizitätswerke Schönau). Founded by 650 citizens in 1990s, EWS was the first power producer to supply 100% renewables in Germany. EWS is currently owned by more than 6,500 members and serves about 185,000 residential and corporate clients. EWS is a successful story of citizen engagement in the Energiewende. Citizen energy cooperatives such as EWS not only favor the development of micro to small sustainable energy projects in remote and rural areas, but also allow locals to directly benefit from the energy transition process, thus ensuring positive recognition and a better understanding of low-carbon development at the grassroots level.

**Implications for Shanxi:** To promote large-scale deployment of renewables, coal-reliant regions should consider breaking the monopoly status enjoyed by large corporations in the energy markets, and encourage market competition by engaging individual citizens and private investors, thus allowing the benefits related to energy transition to be shared with a wide range of stakeholders.

- **Lusatia Lake District:** Lusatia is the second-largest lignite mining region in Germany. Lusatian Lake District is a project that has transformed retired coal mines into the largest artificial lakeland in Europe, the equivalent of shifting the region's role from coal mining to dream vacation spot. The project not only rehabilitated the devastated areas plagued by land degradation, but also created a new non-coal economic pillar for the region: tourism increased 10% annually in the lake district.

**Implications for Shanxi:** The Lusatia Lake District project presents a useful example of division of responsibilities between the central and local governments in implementing energy transition projects in coal regions. In the case of Shanxi province, an effective coordination mechanism in support of energy transition and a dedicated package of medium- and long-term transformation strategies are required at the provincial level. Moreover, Shanxi is less competitive than Beijing in attracting investments and a young and professional workforce. Therefore, eliminating barriers

for cross-regional development and enhancing shared prosperity across the Jing-Jin-Ji area (Beijing, Tianjin, and Hebei) and its adjacent regions will be extremely beneficial in support of Shanxi's transformation.

- **Ruhr area:** The energy transition of the Ruhr area was accompanied by a change in the local region's identity and perception. The transition from a coal-reliant economy to a knowledge-oriented one is more than an economic transformation. It also involves fundamental changes in cultural and social aspects. In retrospect, upgrading social and academic education is a key accelerator and enabler of the above changes.

**Implications for Shanxi:** Shanxi should strengthen local innovation and the quality of its higher education by incorporating economic restructuring, energy transition, and climate change in the curricula. It is also essential to improve professional re-education and introduce climate change and energy transition to children. Empowering younger generations with knowledge and skills to tackle the looming climate crisis is expected to help prepare coal regions with their own visionary leaders in the future.

- **Coal-exit auction:** The coal-exit auction mechanism is one of the most important policy instruments adopted in Germany in 2020 to phase out coal. In general, the reversed auction mechanism encourages coal power plants to exit as early as possible by compensating the winners in the bid. As an incentive for early decommissioning, the respective maximum prices are degressive.

**Implications for Shanxi:** An appropriate combination of market-oriented mechanisms and administrative instruments could be useful to achieve the policy goal. In particular, the so-called carrot plus stick approach, or supplementing incentives with penalties, has been extremely effective to advance a coal exit agenda.

Based on these four case studies of German coal transition and the coal phase-out policy framework submitted by the German Coal Commission to the federal government, a similar framework is proposed in this report for the reference of energy transition in Shanxi and other Chinese coal producing regions. As more elaboration is required to further refine the above framework with more concrete details, the research team plans to carry out follow up research, aiming to explore additional politically feasible and environmentally sound policy recommendations in support of regional coal transition in Shanxi and beyond.

# 目录

◆ 一	山西能源发展与转型回顾 .....	1
1	历史回顾：山西煤炭发展历程 .....	3
1)	建国前的山西煤炭发展史 .....	3
2)	1949-1978：计划经济年代 .....	3
3)	1978-2000：从“有水快流”到“统计失真” .....	3
4)	2000-2021：从“煤炭黄金十年”到“能源安全的压舱石” .....	3
2	现状：“煤老大”的华丽转身说易行难 .....	5
3	因煤而兴，因煤而困 .....	8
◆ 二	山西与德国进行比较研究的重要意义 .....	10
◆ 三	德国能源转型案例 .....	13
1	提升主动转型的动力：激励本地利益相关方的参与 .....	14
1)	薛诺案例：自下而上的力量——集体共建可再生能源合作社 .....	14
2)	成功原因 .....	14
3)	影响与启示 .....	15
2	新旧动能转换：非煤经济多元化带来结构性变化 .....	16
1)	路萨提亚案例：废旧矿区旅游景点改造 .....	16
2)	成功原因 .....	17
3)	影响与启示 .....	19
3	知识经济是煤炭地区转型的持久推动力 .....	20
1)	鲁尔区案例：通过教育转变煤炭依赖心态 .....	20
2)	成功原因 .....	21
3)	影响和启示 .....	22
4	通过市场导向的政策工具有效激励企业参与转型 .....	23
1)	退煤反向竞拍机制：“胡萝卜加大棒”推进转型 .....	23
2)	运行效果和启示 .....	25
◆ 四	总结 .....	27
1	政策层面 .....	29
2	技术支持 .....	29
3	经济发展 .....	29
4	社会维度 .....	30
5	文化领域 .....	30
◆	参考文献 .....	31



---

# 山西能源发展与转型 回顾

---

煤炭是中国经济腾飞最重要的动力来源，2021年煤炭在中国一次能源消费占比56%，远高于27%的全球平均水平，“一煤独大”迄今还是中国能源结构的真实写照。山西煤炭资源丰富，自新中国成立以来，累计生产了全国近1/4的煤炭，这让山西成为中国最重要的能源基地之一。作为最大的产煤省，山西自2020年起煤炭产量连续超过10亿吨大关，2021年在全国煤炭总产量的占比高达29.3%。在全球层面来看，山西一个省的煤炭产量比全球第二大煤炭生产国印度的全国产量水平还要高出接近一半。

空气污染治理与气候变化行动方案不断升级，倒逼中国以煤炭主导的能源系统持续向安全高效、清洁低碳的现代能源体系转型。相应的，作为煤炭主产区的山西在中国能源系统中的角色需要与时俱进地进行调整。与此同时，作为全球最大的煤炭生产、消费和进口国以及最大的清洁能源市场，中国在全球能源系统中的角色也正在发生深刻的变化。有鉴于此，山西煤炭转型不但是中国能源转型的缩影，而且是瓶颈之所在。毫不夸张地说，山西煤炭转型成功与否对中国乃至全球范围的清洁能源转型都意义重大。

2017年9月，国务院发布《关于支持山西省进一步深化改革促进资源型经济转型发展的意见》，提出山西要力争实现从“煤老大”到“能源革命排头兵”的历史性跨越。山西能源革命是该省整体资源型经济的转型，不但是能源行业一个部门的政策挑战，还涉及社会、经济和民生等各领域的结构性调整。该任务的艰巨性和复杂性对各利益相关方提出极高的要求，除了国家层面的顶层设计与山西本省的具体落实之外，还需要全国其他地区的协同合作以及国际社会的共同支持。

作为全球第四大经济体的德国，其煤炭产业也曾拥有一段可圈可点的历史。东西德统一后，尤其是2000年之后，经过一系列能源转型与环境气候治理的行动，德国国内可再生能源比重的大幅提升，煤炭在德国能源系统中的重要性开始迅速下降。德国在2018年关闭了全国最后一座硬煤煤矿。2021年11月，新一届德国联合政府宣布“在理想情况下”，力争到2030年实现煤炭的全面退出，这比上届政府的退煤目标提前了8年。

更积极的目标也意味着更艰巨的任务。2022年上半年，煤炭（硬煤与褐煤）仍然占德国全国一次能源消费的18.9%<sup>1</sup>，煤电也仍是德国发电结构中的第一大电源品种，2021年在全国发电量的占比为28.2%，比风电高出5个百分点<sup>2</sup>。随着2022年2月俄乌冲突的全面爆发，一度被定位为能源转型“桥梁能源”的天然气供给受限、价格暴涨，让德国的退煤进程在短期内出现了一定的反复。由此可见，德国的转型之路依旧布满了荆棘。

展望未来，正在向净零目标推进的德国和山西，虽然都面临着诸多共同的挑战，但这也为双方在煤炭转型领域的合作提供了广阔的空间。与山西类似，德国历史上的产煤地区也是全国转型的难点和痛点。本报告通过对比中国与德国煤炭生产地区的转型案例，分析两国煤炭产区的转型特点与成功案例背后资源条件的异同，力图为山西省的能源转型提供值得学习借鉴的经验教训。

<sup>1</sup> 德国能源平衡工作组协会（AG Energiebilanzen）。“一次能源消费（Primary energy consumption）。”2022年8月2日。<https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2022/11/PEVQ13Druck.xlsx>。

<sup>2</sup> 德国联邦能源与水利协会（BEDW）。“2021能源供应年度报告（Die Energieversorgung 2021 Jahresbericht）。”2022年6月14日。[https://www.bdew.de/media/documents/Jahresbericht\\_2021\\_UPDATE\\_Juni\\_2022.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/Jahresbericht_2021_UPDATE_Juni_2022.pdf)。

## 1 历史回顾：山西煤炭发展历程

### 1) 建国前的山西煤炭发展史

山西是中国最早发现和利用煤炭的地区之一，先秦时期的地理名著《山海经》记载：“孟门之山，其上多昌玉、多金，其下多黄玉、多涅石”，“孟门之山”位于今山西吉县西部河东煤田南段，而“涅石”据考证可能即明矾煤。隋唐时期，随着社会生产力的发展，煤业得到了封建统治者的重视，开采及应用规模日益扩大。宋元时期，山西煤业进一步发展，成为中国重点产煤区。到了明代，山西煤炭产业链取得进一步发展，《明一统志》记载了山西境内多个矿区。到了清代，山西煤炭开采和管理得到进一步发展，该省煤炭产品除了供应本地，还远销河南、河北、陕西、内蒙古及北京等地。清光绪年间，中国出现洋务运动，在外国资本的影响下，山西出现了投资煤窑的热潮。据民国初年的统计资料记载，山西平定、太原等 45 个县即办有煤窑 240 余处。到了民国 23 年（1934），山西省 64 个产煤县有大小煤窑 1,425 处，全省煤炭产量高达 268.6 万吨。<sup>3</sup>

### 2) 1949-1978：计划经济年代

1949 年新中国成立时，百废待兴，山西省煤矿总数虽然达到 3,671 处，但当年产量只有 267 万吨。这段时期，国家开始直接管理和计划煤炭企业的生产和建设，包括山西在内的全国煤炭生产建设逐步恢复并走上正轨。针对煤炭工业的管理，中央政府从中央集中管理到适度下放权利，尝试了不同的管理方式；同时也对全国煤炭生产做了分区。在山西，20 世纪 50 年代，大同、阳泉、西山、潞安、汾西、轩岗、晋城、霍州八大矿区初具规模、八大矿务局全部组建。<sup>4</sup>60-70 年代，各大煤矿实施新建，并试点推广综合机械化采煤。全省的煤炭产量整体呈稳步上升趋势，山西煤炭产量占全国的比重也在稳定上升，1978 年，山西省煤炭产量达到 9,825 万吨，在全国总产量的占比也从建国初期的 12% 翻番为改革开放元年的 24%，并为本省建设现代化煤炭产业打下了初步基础。

### 3) 1978-2000：从“有水快流”到“统计失真”

改革开放以后，经济发展提速，随之带来全社会对煤炭的需求猛增。1980 年，山西省煤炭企业达到 3,018 家，当年煤炭产量 1.21 亿吨，随着中央政府作出建设山西能源基地的决策，山西的煤炭工业迅速壮大。1990 年，山西省煤炭企业数达到 6,065 家，当年煤炭产量 2.86 亿吨。上世纪 90 年代，国家开始逐步放开煤炭价格，煤炭行业开始市场化，进一步推进山西煤炭产业结构和管理制度调整。“大矿大开”、“有水快流”的号召让山西的中小煤矿全面兴起，综合机械化采煤程度在全国居首位。但到上世纪末，全国各地煤炭开采的无序发展导致了供大于求及安全事故频繁等乱象。为此，前国家计委要求各级地方政府大规模关停当时在全国遍地开花的小煤窑。出于对保护地方税收的考量，叠加当年在焦煤领域屡禁不止的腐败现象，国内不少产煤区以“上有政策、下有对策”的方式消极对待以上行政指令，导致了那段时期的煤炭统计出现数据失真。以 2000 年的全国煤炭产量为例，国家统计局最初发布的数据是 9.98 亿吨，经过 2006 和 2010 年的两次修正后的数据为 13.84 亿吨，两者相差高达 39%。<sup>5</sup> 由于山西省小煤矿多、安全生产矛盾突出、煤炭资源浪费严重，山西省政府开始优化煤炭生产布局、调整煤炭工业结构，全省煤炭产量在达到了 1996 年 3.48 亿吨的高点后开始出现阶段性的连续下滑。

### 4) 2000-2021：从“煤炭黄金十年”到“能源安全的压舱石”

从全国第十个（2001-2005）到第十二个（2011-2015）五年规划期间，国家对煤炭工业提出了建设大型现代化煤矿和大型煤炭基地的要求，全国煤炭产量迅速上升，并在 2002-2011 年迎来煤炭的“黄金十年”。山西的煤炭工业的机械化水平、产业集中度和集约化水平不断提高，煤炭生产量也屡创新高。黄金十年期间，全国

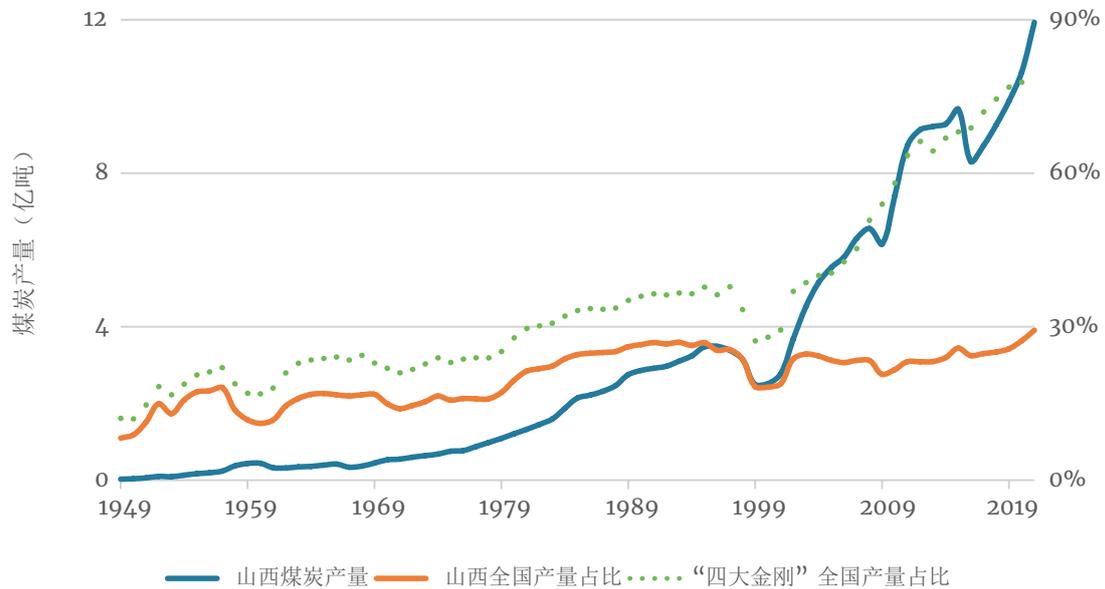
<sup>3</sup> 《中国煤炭志》编撰委员会，中国煤炭志·山西卷，北京：中国煤炭工业出版社，1995

<sup>4</sup> 山西科城环保产业协同创新研究院（Coshare Environment），山西能源发展史，太原，2021

<sup>5</sup> 涂建军，减排需先过“能源统计关”，《能源》，2012 年第 8 期 72-73

煤炭生产迅速向晋、蒙、陕、新四地“四大金刚”集中，四省煤炭产量占全国的比重从 37% 跃升至 63%，其中山西煤炭产量对全国总量的贡献维持在接近 1/4 的水平（见图 1）。

图 1 建国以来山西煤炭历年产量以及在全国总产量占比变化情况



来源：国家统计局、山西统计局

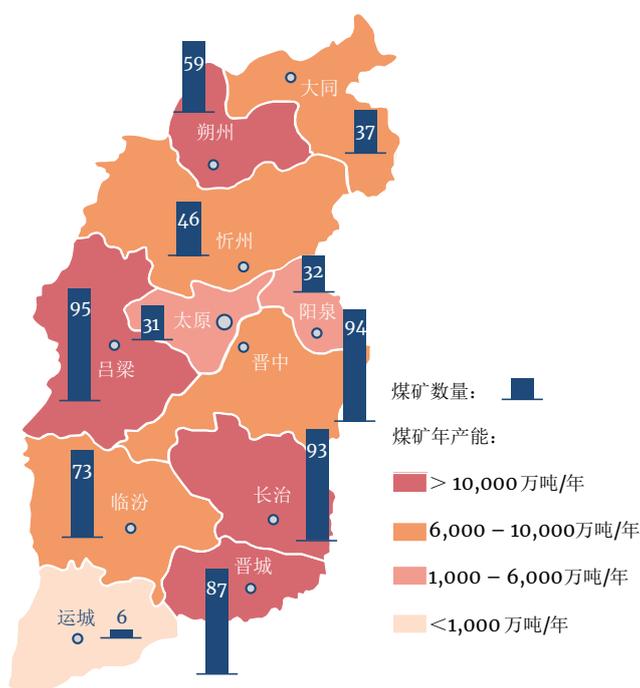
山西的煤炭产业在尽享“黄金十年”的风光后，产能超前建设和无序开发带来的问题接踵而来——煤炭市场供需失衡、煤炭企业经营困难、矿区地面沉降、水资源破坏、空气污染严重等问题成为山西省在“十二五”和“十三五”（2016-2020）期间最主要的发展瓶颈。在全国高质量发展的要求下，随着供给侧结构性改革和“大气污染防治攻坚战”等政策的有力推进，上述问题一定程度上得到缓解。在“十三五”期间，国家加速推动能源结构调整，将煤炭消费占比设定为约束性目标，煤炭消费占比稳定下降。2020年，伴随着双碳目标的提出，全国煤炭消费占比降至 56.9%，完成了“十三五”的目标。同年，山西省煤炭产量有史以来首次超过 10 亿吨大关，全国产量占比达到 27%。

2020 年之后，内外部的新局面为煤炭行业带来新的变化。新冠疫情全球蔓延、中美关系重置、地缘政治冲突频发带来全球能源市场震荡，伴随着 2022 年初俄乌冲突的全面升级，欧洲爆发了向全球其他地区快速传导的能源危机。错综复杂的国际环境下，国家能源安全问题被提升到新的高度。在加快推动能源绿色低碳转型的同时，国家开始重点强调煤炭作为能源安全“压舱石”的作用，“十二五”以来煤炭消费下行的趋势开始反转。

## 2 现状：“煤老大”的华丽转身说易行难

随着中国现代化煤炭产业体系的不断完善，全国煤炭生产的集约化程度进一步提高——加速向“四大金刚”与头部企业集中，2021年，“四大金刚”在全国煤炭总产量的占比高达80%，而山西一省的占比就有29%。自“十一五”时期以来，山西省内企业经历多轮大规模兼并重组与过剩产能退出，全省煤矿数量不断下降。从“十五”（2001-2005）末期到2022年2月，全省煤矿数量从3,811处减少至653处，合计产能10.6亿吨/年（见图2）。其中，山西省年产120万吨以上的大型煤矿产量占全省75.6%，年产千万吨级煤矿9处。山西在“十一五”期间的八大省内煤炭集团，也经过整合，形成了四家大型煤矿集团：山西焦煤集团、晋能控股集团、华阳新材料科技集团与潞安化工集团。<sup>6</sup>

图2 山西全省生产煤矿生产能力情况（截止2022年2月底）



来源：山西省能源局 2022

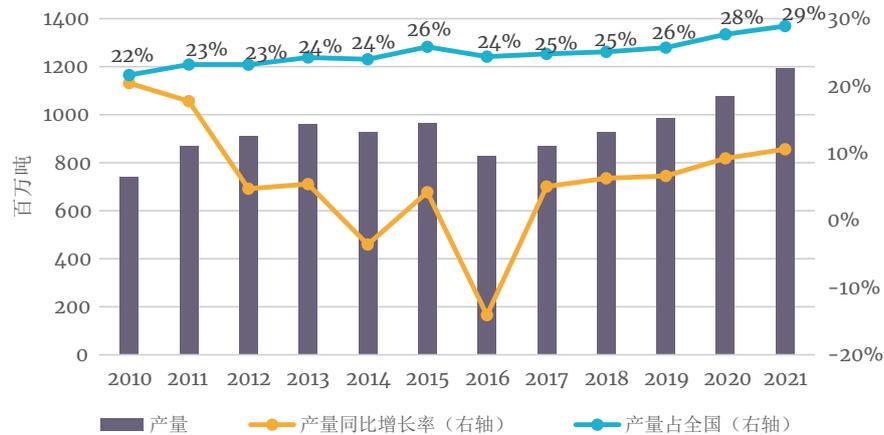
山西煤炭产业的现代化有利于该行业的高质量发展，但还不足以推动山西在能源革命中成为全国“排头兵”。目前，煤炭依旧在山西的能源系统中占绝对主导地位，“煤老大”角色的转变依然任重而道远。

从供给侧来看，2021年山西省规模以上工业企业原煤产量11.9亿吨<sup>7</sup>，占全国原煤产量的29%。从2016年开始，山西的煤炭产量开始快速攀升，全国占比也在稳步提升（见图3）。这一方面是国家高质量、集约化煤炭供给战略的结果，全国煤炭生产重心加速向以山西为首的“四大金刚”产区转移。另外的驱动因素是山西本地的煤炭需求也在不断上升。近十年来，山西煤炭的外调量一直维持在6亿吨左右的水平，而2016年后，由于产量快速上涨，外调量占产量比重呈逐步下降的趋势（见图4），这说明近年来山西煤炭生产的增量大部分是由本省消化吸收。

<sup>6</sup> 山西省国资委. 山西省国资委监管企业名录. <http://gzw.shanxi.gov.cn/jgqyml/>

<sup>7</sup> 山西省统计局. 山西省2021年国民经济和社会发展统计公报. 2022年3月21日. [http://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjgb/202203/t20220318\\_5450337.shtml](http://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjgb/202203/t20220318_5450337.shtml)

图 3 山西省煤炭产量 2010-2021



来源：山西省统计局（2010-2020 的数据），山西省人民政府（2021 的数据），国家统计局

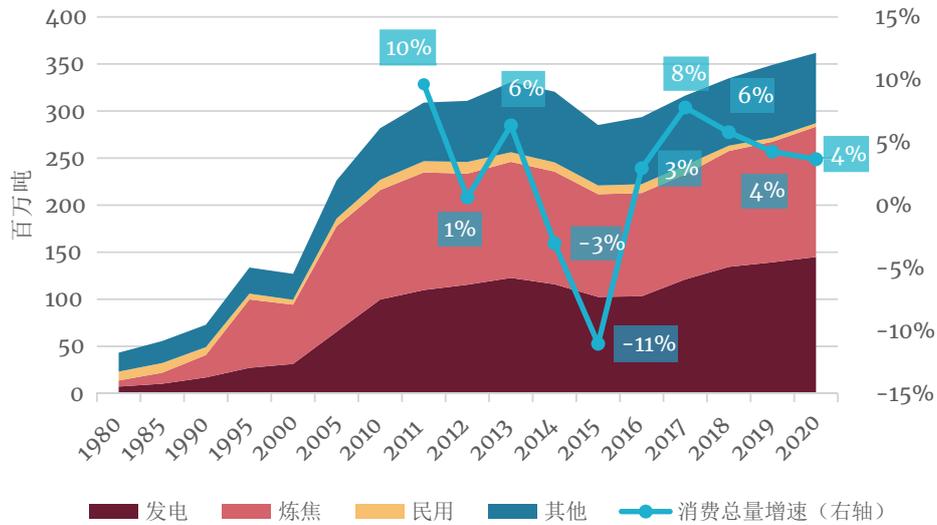
图 4 山西省煤炭产量与外调量



来源：山西省统计局

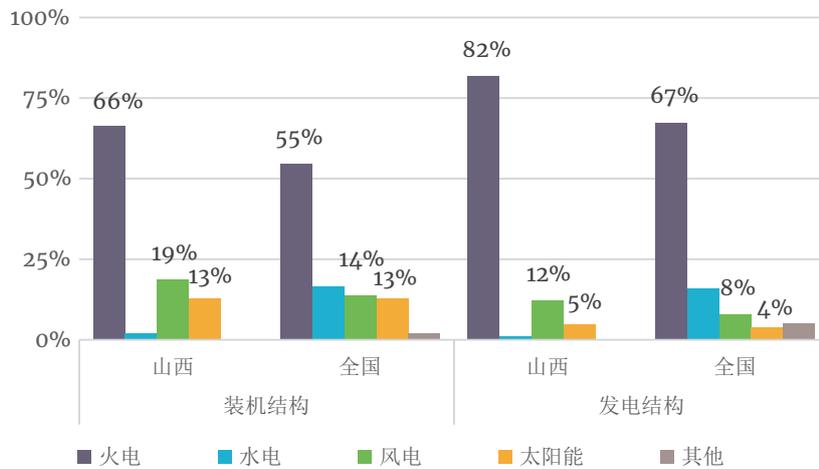
全国煤炭消费量在 2013 年达到历史峰值后，接下来出现了连续三年的下滑。2017 年，全国煤炭消费量出现小幅增长。到 2021 年之前，全国煤炭消费量增长幅度相对平稳。2013-2015 年期间，山西省煤炭消费量与全国趋势相似，都经历了短暂的下滑。不过之后山西的煤炭消费量增速远超全国平均水平（见图 5）。需求增长主要由该省两个最大的耗煤行业——发电与炼焦——驱动。长期以来，这两个部门的煤炭消费量占全省煤耗总量的比重一直稳定在 3/4 左右。

图 5 山西省煤炭消费情况 (1980-2020)



来源：山西省统计局，2021

图 6 2021 年山西与全国电力结构



来源：中国电力企业联合会，2022

由此可见，尽管面临巨大的转型压力，山西省的用能结构仍然“一煤独大”。2021年，山西火电装机在全省发电装机中占比66%，比全国平均水平高出11个百分点；火电在全省总发电量占比82%，比全国平均水平高出15个百分点（见图6）。虽然山西的水电资源比较欠缺，作为内陆地区现在还没有运营或在建的核电项目，但山西的风能与太阳能资源较丰富，全省风电发展已经超过全国平均水平，这为电力清洁转型提供了良好的基础条件。

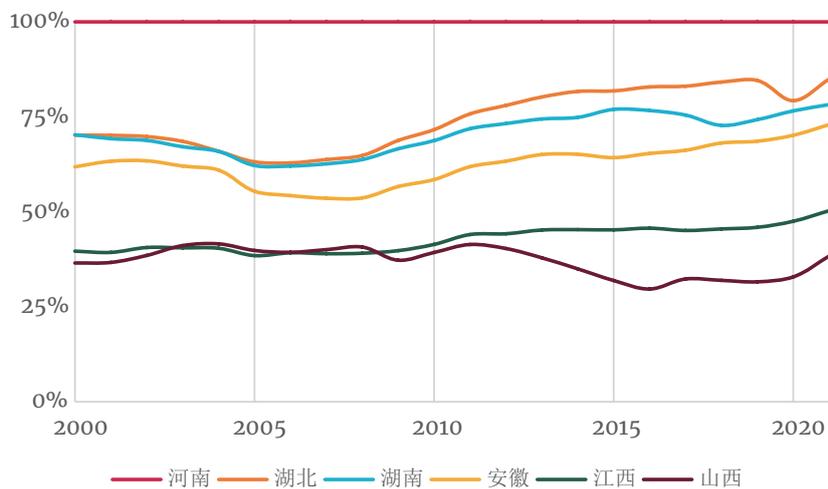
综上所述，作为煤炭资源大省，山西是全国煤炭供应安全的重要保障基地。当前全球政治局势动荡，国际能源市场饱受冲击，山西进一步巩固安全先进的煤炭生产能力，符合国家对做好能源供应保障和大宗商品稳价工作的决策部署。与此同时，山西也需要稳步推进本省“清洁能源转型进程。从现状来看，山西的能源与电力结构转型进度明显滞后于全国平均水平，这离国家对山西打造能源革命“排头兵”的要求还相去甚远。考虑到山西的历史定位与当前形势，山西从“煤老大”转身的任务的确充满挑战，需要决策层全面部署，执行部门坚决推进，各相关方通力协作，才能完成这一历史性跨越。

### 3 因煤而兴，因煤而困

山西长期作为国家重要的工业与能源基地，形成了以煤炭为中心的资源型经济发展模式。其优势在于煤炭资源开发成本低，容易聚集煤炭相关产业，形成较为完整的煤炭产业链。在煤炭需求旺盛的时期，该模式能产生不错的经济效益。以“黄金十年”为例，在煤炭供不应求的年代，山西煤炭产业充分享受了资源型经济带来的丰厚红利，但之后却依旧陷入“资源陷阱”相关的困境。煤炭产区经济周期性的大起大落主要由以下因素引起：

首先，由于产业结构单一，资源型地区的经济发展缺乏韧性。当煤炭市场需求萎缩，价格低迷时，地区经济发展会受到严重冲击。2010年之后，全国煤炭价格持续走低，山西省经济增速连续五年下跌，到2015年跌至最低点3.1%，增速排名全国倒数第二。作为中国中部六省之一，山西省的GDP总量一直排名垫底。自本世纪初以来，山西省GDP与中部六省之首河南省的差距并无明显改善；而其他四省（湖南、湖北、江西、安徽）与河南省的差距均有不同程度的缩减（见图7）。一旦煤价飙升，资源产区又容易继续沉迷于“一煤独大”所带来的路径依赖，失去了经济不景气时期所产生的转型紧迫感。

图7 中部六省 GDP 差异 2000-2021



来源：国家统计局在线数据库

其次，产业结构过度依赖重工业，容易导致资源进一步向高耗能产业倾斜，挤压了高新技术及高附加值产业的发展空间。同时，由于煤炭资源迟早面临衰竭，地方经济发展不可持续。2020年，全国有8个省份在研究与试验经费上的投入超过千亿元，而山西省在研究与试验经费投入上花费仅为211.1亿元，占地区GDP的1.2%<sup>8</sup>，仅为全国平均水平的一半。

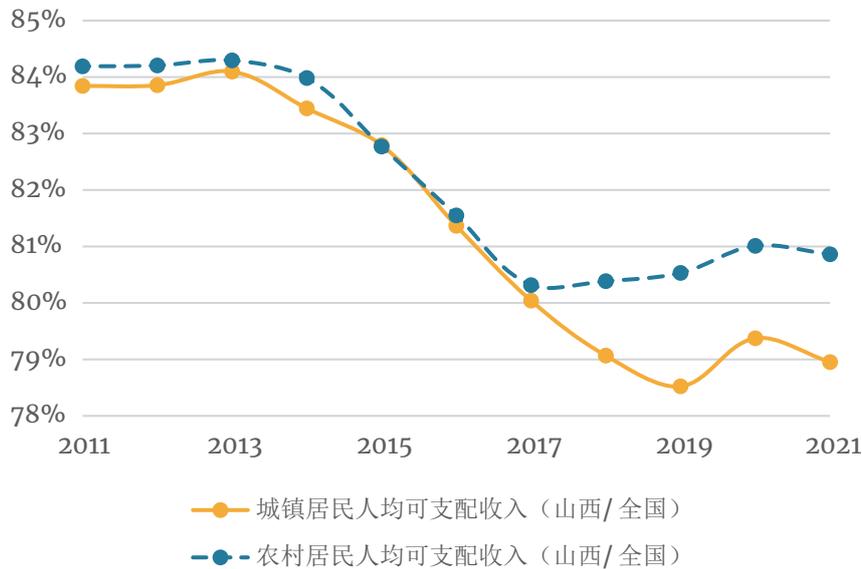
第三，煤炭高强度开采对本地生态环境造成严重破坏，空气污染、水污染、植被破坏、地表塌陷等生态环境问题一方面给本地居民的生命健康带来威胁，另一方面也让地方政府面临巨大的环保压力。“十三五”期间，大气污染防治是全国环保工作的重中之重，在京津冀及其周边地区的28个大气污染传输通道城市中，山西省四城——太原、阳泉、长治、晋城——在列；在“打赢蓝天保卫战三年行动计划”中新增的汾渭平原重点区域中，山西省另外四城——晋中、运城、临汾、吕梁市——在列。“十三五”期间蓝天保卫战取得积极成绩，山西省空气污染情况大大改善。2021年，山西省PM<sub>2.5</sub>平均浓度为39μg/m<sup>3</sup>，同比下降15.2%。<sup>9</sup>即便如此，与2021年全国PM<sub>2.5</sub>平均浓度30μg/m<sup>3</sup>相比较，山西的空气质量任有待进一步提升。

<sup>8</sup> 山西省统计局. 2020年山西省科技经费投入统计公报. 2021年10月20日. [http://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjgb/202110/t20211021\\_2776177.shtml](http://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjgb/202110/t20211021_2776177.shtml).

<sup>9</sup> 国务院新闻办公室. 山西举行2021年生态环境状况新闻发布会. 2022年5月31日. <http://www.scio.gov.cn/xwfbh/gssxwfbh/xwfbh/shanxi/Document/1725766/1725766.htm>.

近年来，当临近省份与东部地区均在大力发展高附加值的工业与以信息科技为主的服务行业时，污染高、附加值较低的煤炭产业在山西的经济发展驱动力却每况愈下，煤炭产业边际效益递减的现象越来越难以忽视。与十年前相比，山西省人均收入与全国平均水平的差距不降反增（见图 8）。与京津冀及中部六省相比，山西省的比较竞争优势较为薄弱，导致对青年人才与资本投资的吸引力明显不足，进一步禁锢了山西的整体发展。

图 8 山西省人均收入与全国平均水平对比，2011-2021



来源：国家统计局在线数据库

综上所述，山西通过能源转型来破解“一煤独大”的困局，答案不仅仅需要在能源领域探索。煤炭大省在转型过程中虽然需要重点关注能源领域，但真正的难点与痛点往往在于经济与产业的转型，同时还会涉及到社会层面，包括民生、就业、收入、教育等诸多维度。同时，山西的转型也不仅仅是本省的任务。除了满足本地需求，山西煤炭开采强度也取决于全国其他省份的需求。2020年，山西省煤炭外调比例 58%，焦炭外调比例更是高达 79%<sup>10</sup>，2021年，山西省电力外调比例 32%<sup>11</sup>。全国整体的用能与工业结构转型，对山西转型也至关重要。因此，山西“能源革命排头兵”定位的实现，是一个需要从国家到地方各部门长期努力、协同推进的过程。

<sup>10</sup> 山西省统计局. “山西统计年鉴 2021.” 2021年12月3日. <http://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjnj/nj2021/zk/indexch.htm>

<sup>11</sup> 山西省统计局. 山西省 2021 年国民经济和社会发展统计公报. 2022 年 3 月 21 日. [http://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjgb/202203/t20220318\\_5450337.shtml](http://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjgb/202203/t20220318_5450337.shtml).



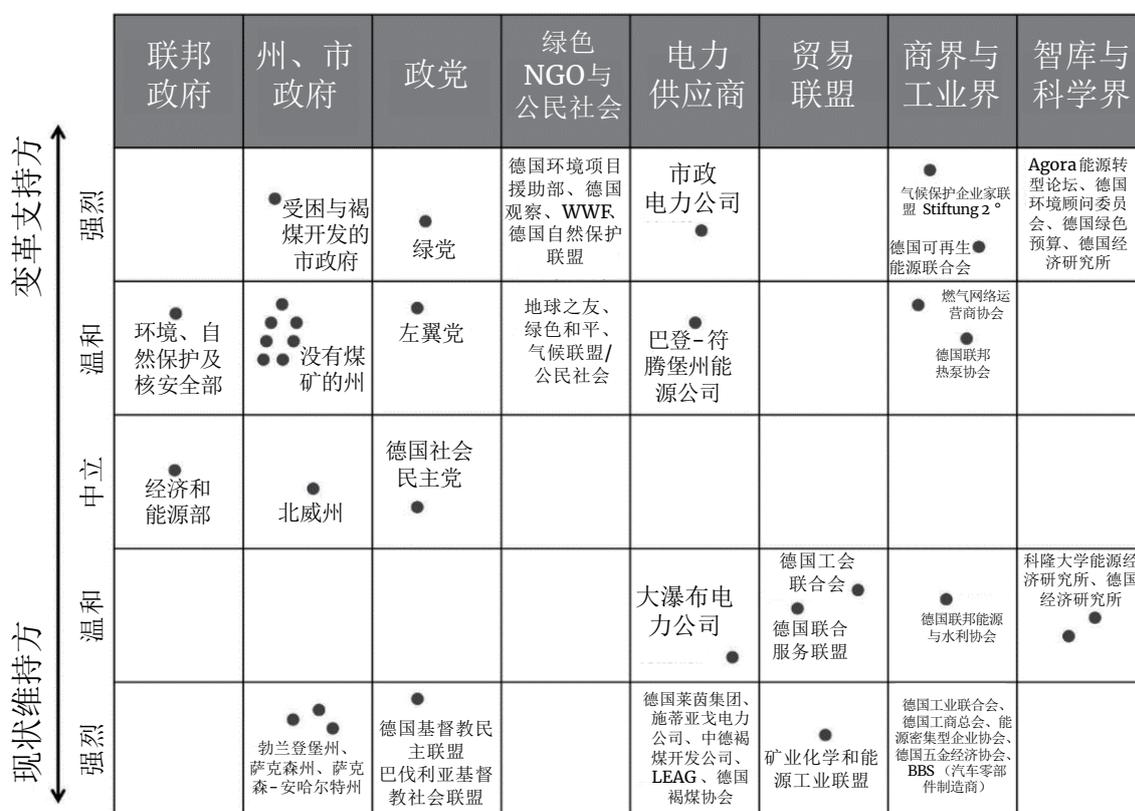
## — 山西与德国进行比较 — 研究的重要意义

---

德国与山西有相当类似的能源经济发展史。煤炭是德国在二战后重建和经济腾飞最重要的能源动力，在“德国经济奇迹”发生的时期，煤炭占德国一次能源消费的比重一度超过 60%。在相当长一段时间，德国煤炭行业与从业人员享有较高的社会地位和社区认同。尤其在产煤区，公众对煤炭产业的认知是相当正面的——即便在煤炭产量和从业人数不断下降的时期，关于煤炭与地区经济增长紧密相关的认知仍然相当普遍。

德国当前在能源转型领域的成果离不开全社会对煤炭的认知——从“经济奇迹”时代的“功臣”到需要“退役”的高碳能源——的颠覆性转变。从上世纪五、六十年代煤炭鼎盛时期到 2020 年“退煤”立法出台，德国经历了长达半个多世纪的公共政策辩论。对煤炭漫长的告别历程，伴随了能源危机、政治变革、能源管制自由化、从欧盟到成员国的政策调整，以及内外压力下改革派和保守派激烈的辩论（见图 9）。从 2020 年 7 月“退煤”正式立法，短短两年的时间，欧洲能源危机导致德国退煤进程遭遇前所未有的困难。德国的煤炭消费占全国第一次能源消费的占比从 2014 年开始持续下降，受到疫情和能源危机的影响，煤炭消费占比的下降趋势从 2021 年开始反弹，从 2020 年的 15.6% 上升至 2022 年上半年的 18.9%。<sup>12</sup> 可见，能源转型是一个复杂耗时的过程，叠加国际政治格局和全球能源市场的不确定性，能源转型进程在曲折中推进也就不足为奇。

图 9 2018 年前后德国各能源利益相关方对退煤的态度



来源: Anna Leipprand 和 Christian Flachsland, 《能源转型中的政权不稳定: 德国关于煤炭未来的辩论》

山西处于能源转型的前期，经济社会特点与历史上的德国有一定的类比性。德国虽然依旧处于能源转型进行时中，不过由于起步较早，该国各方面的指标，可以供山西未来发展参考（见表 1）。

<sup>12</sup> 德国能源平衡工作组协会 (AG Energiebilanzen). “一次能源消费 (Primary energy consumption).” 2022 年 8 月 2 日. <https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2022/11/PEVQ13Druck.xlsx>.

表 1 五个维度评估山西与德国的能源转型进程

评估维度	关键指标	山西	德国
经济	工业（不含建筑）占 GDP 比重	45%（2021）	24%（2021）
社会	煤炭就业占比	5%（2019，煤炭洗选、煤电、焦化）	0.07%（2018，煤炭开采与煤电）
技术	可再生装机占比	34%（2021）	60%（2021）
文化	地区身份标签	中国产煤大省	以“能源转型”著称
政策	短期政策挑战	缺乏有时间约束性的量化目标	受到能源危机的挑战

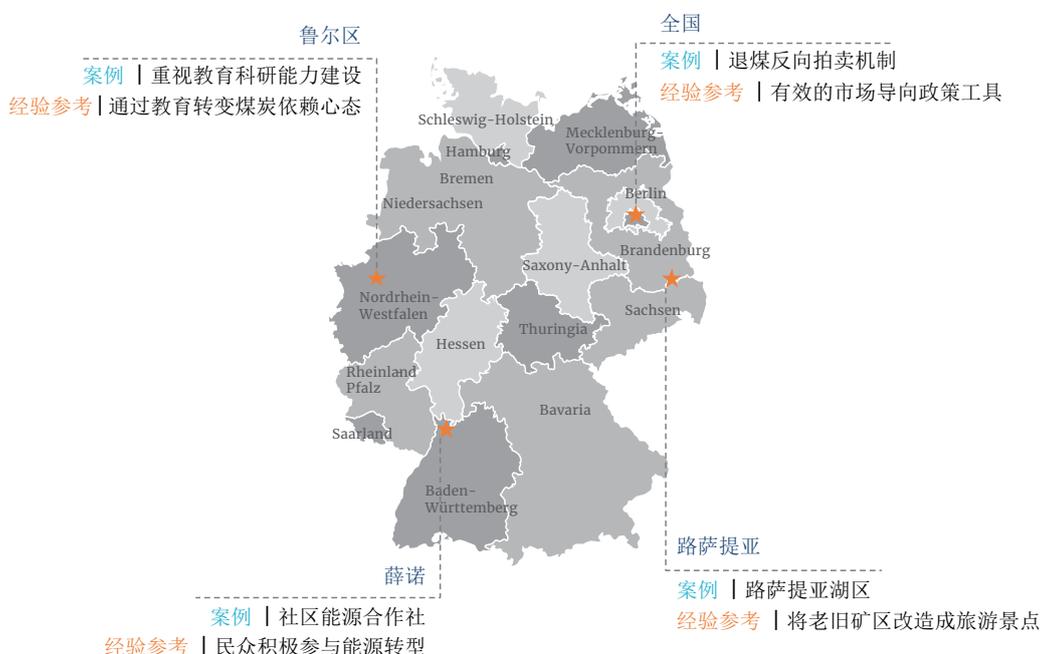
山西数据来源：《山西省 2021 年国民经济和社会发展统计公报》，《山西统计年鉴 2020》、《电力统计基本数据一览表 2021》、Agora 能源转型论坛 2021 年第二场“中欧煤炭公正转型系列对话”

德国数据来源：statista.com, Agora 能源转型论坛（2019），德国联邦统计局（2019），联邦网络局（2021）

注：作者根据报告《煤炭地区的结构性变化作为经济和社会生态转型的过程——从德国结构变化过程中吸取的教训》提供的方法进行评估

与德国不同的是，山西煤炭转型起步晚、时间紧迫。中国中央政府在 2017 年正式出台文件要求山西深入推进资源型经济转型，这离国家 2060 年实现碳中和仅有 43 年。目前德国力争在 2030 年实现煤炭全面退出，如果从 1960 年开始计算，德国煤炭转型的时间尺度长达 70 年。山西要在更短时间内实现煤炭转型，一方面需要依赖国内政策、市场、技术与社会的全力支持，另一方面，也需要国际合作的支持，这包括国际比较研究中的经验和教训，能为山西转型提供有价值的参考，帮助山西少走弯路。本报告将用三个地方层面的案例分析与一个全国层面的政策工具来为读者分享德国转型的部分经验和教训（见图 10），供关注山西及其他煤炭产区能源转型的工作人员们参考借鉴。

图 10 报告提到的四个案例分析





## 德国能源转型案例

---

## 1 提升主动转型的动力：激励本地利益相关方的参与

### 1) 薛诺案例：自下而上的力量——集体共建可再生能源合作社

薛诺（Schönau）是一个位于德国西南部的村镇。1986年切尔诺贝利核事故爆发后，当地部分民众成立了名为“无核化未来家长”（Parents for a Nuclear-Free Future）的机构。他们不但高度关注核电的生态与健康风险，而且意识到，要在当地用上安全清洁的电力，前提条件是掌握电网的运营权。

1994年，薛诺居民成立了“电厂合作社”（ElektrizitätsWerke Schönau，后称EWS）。这是一个由650位薛诺居民共同筹资建设的集体所有制能源合作社，目的是与当地垄断市场的电网运营商莱茵费尔登输电厂（Kraftübertragungswerke Rheinfeldern，后称KWR）竞争电网运营权。作为当地唯一的电力供应商，KWR当时在薛诺垄断电力市场超过20年。经过一系列努力，EWS赢得公投和法律诉讼，成功获得本地电网的自主运营权，从此开始系统地支持本地可再生能源的发展，并通过提供政府补贴资讯、可再生资源信息以及筹资来支持有意在薛诺投资可再生能源的小企业。EWS成为全德国第一家100%可再生能源电力供应商，为薛诺小镇的约1,700位居民提供无核、无煤的清洁电力。EWS每年都会公布本地用电结构。目前，薛诺本地发电装机达到4.5兆瓦，其中94%是水电，4%是太阳能，1%是陆上风电。

1998年，随着德国电力市场自由化的推进，用户可以自由选择电力供应商，EWS开始在全国范围内售电。2009年，EWS的属性由“民法伙伴关系”（Civil law partnership）转变为“合营企业”（Cooperative），这让EWS在吸纳新成员时更便利，也拓宽了EWS的业务范围。目前EWS已经成长为一个综合型的能源合营企业，旗下有四个子公司，业务包括能源销售、能源网络运营、综合能源服务与绿色供热供电工程建设等。EWS的成员数，从最初的650翻了十倍。客户群也从最初的1,700位薛诺居民，扩张到全国范围的18.5万位客户，其中包括居民与不同规模的企业。

EWS的成功在德国营造了一个绿色能源合营的生态系统。除了自身拥有3,100座小型分布式发电厂和一些电网的运营权，EWS还用部分收入资助其他能源合营项目。目前，EWS在德国已经支持了上千个小微型可持续能源项目。EWS的目的并不在于要扩大自身拥有的能源项目，而是为各地的初创能源合营项目提供启动资金，推动能源转型在更多地区落地。

### 2) 成功原因

首先，地方政府的大力支持是EWS成功的关键因素。KWR垄断时期，薛诺镇政府由德国基督教民主联盟<sup>13</sup>（Christlich Demokratische Union Deutschlands，后称CDU）主导，KWR的垄断得到了CDU的大力支持。1993年的市政选举中，支持绿色发展的自由选民联盟（Freie Wähler Vereinigung）成为主导党派，这在EWS 1994年赢得电网运营权的公投中起到了决定性作用。时至今日，EWS一方面与当地政府保持着独立的关系，另一方面也在地方能源决策领域拥有一定的影响力。2012年，EWS成为三家市政能源公司的股东，增加了该公司在地方能源决策上的话语权。当然，全国层面不断推进的能源转型政策也为EWS的成长提供了良好的治理环境。1998年德国电力市场自由化，以及2000年后出台的《可再生能源法案》与退核、退煤计划也符合EWS的核心理念，一系列利好政策持续支持EWS的发展壮大。

其次，民众对清洁能源转型的共识是EWS成功的最大动力。民众自发地追求更安全、更清洁的能源，并主动选择更节能的消费行为，不但从消费侧推动了供给侧的转型，而且与全国层面的政策导向形成了合力。EWS已经超越一个传统电力供应商的职责范畴，除了公司属性，EWS还在履行作为清洁能源企业的社会责任。每年，EWS会在本地举办能源研讨会，吸引来自全国以及国际社会的关注。正如“能源转型”（Energiewende）之于德国，“100%可再生能源小镇”的标签让薛诺在全国甚至国际上都颇有名气。这个标签让薛诺的本地民众和社区都引

<sup>13</sup> 简称基民盟，德国最大政治党派之一。

以为傲，学校和医院等本地机构都积极主动采纳新技术，选择更低碳的用能方式，从而实现了能源转型的良性循环。

第三，“能源合营企业”的形式受到法律保护，从欧盟<sup>14</sup>到联邦政府<sup>15</sup>，再到行业协会<sup>16</sup>，都有具体的法律法规保护合营企业的运营，以保障和规范股东的权利和义务。在德国法律中，无论投资者在合营企业中参股多少，“一人一票”是基本准则，这能最大程度体现合营企业成员的共同意愿。健全的法律法规维护了合营企业可持续发展，能够鼓励更多的民众积极参与到 EWS 这样的能源合营企业中来。

### 3) 影响与启示

“公众能源”（Buergerenergie, Citizen Energy）在德语里是一个专门的词语。能源转型不但是能源品种的替代，还是能源消费者与生产者角色的结构性转换，以及能源供给方式的颠覆性转变。角色方面，在能源转型中，过去被动的能源消费者，转变为积极的能源生产者（Prosumer）。供给方式上，集中式能源供应正在向分布式能源转变。公众能源这个概念体现了能源消费者的角色转变和能源供给方式的转变。合营企业是公众能源的一种表现形式，除此之外，还有其他表现形式，包括私营中小企业、个人私有或农场所有制的能源项目等。<sup>17</sup>以上实体都有一个共性，没有大型企业集团与外资的介入。

德国民众参与到能源项目中的案例，早在 20 世纪初就出现。EWS 是德国民众对现代“公众能源”这一概念积极进行探索的先驱。随着能源市场的逐步开放，2000 年后，各类型的公众能源实体如雨后春笋般涌现。到 2021 年，德国共有 914 家公众能源实体，所生产的可再生电力占全国可再生发电的 3.5%。<sup>18</sup>

能源合作社在德国发扬光大的前提与该国的历史沿革与社会共识息息相关，带有比较浓厚的国别特色，因此其他国家难以直接复制这种模式。不过，对于地方政府如何发展分布式可再生能源，德国能源合作社的相关经验还是值得中国尤其是山西省有关各方借鉴。

大基地和整县推进是中国在“十四五”期间在集中式与分布式能源发展领域的两个重要抓手。2021 年发布的《国家能源局综合司关于报送整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点方案的通知》中公布了 676 个区县作为试点，旨在通过以区县为单位，整体开发分布式光伏，以调动地方政府与企业的积极性，利用乡村空间资源，推动农村地区绿色能源发展，并推进乡村振兴。

“整县推进”理论上既能推动区域能源转型，又能刺激地方经济发展。农村分布式项目原本体量小、管理复杂，是央企与地方国企过去看不上的市场，但打包整体开发的政策让屋顶光伏变成了一块诱人的蛋糕。令人遗憾的是，政策执行以来，不少地方出现了背离政策初衷的现象，导致项目推进受阻。以山东、安徽、江西、江苏等省为例，虽然央企及地方国企积极抢占市场，但执行上缺乏经验；民企是分布式光伏项目开发建设的主力军，却难以获得开发资源。由于区县政府的政策红利向央企与地方国企倾斜，民营光伏企业生存空间原本有限，现在进一步承压。

这样的困境与 1990 年之前的薛诺小镇类似，电网公司 KWR 凭借体量和资金优势垄断本地电网，当地居民既用不上清洁电力，也无从获得经济收益。在薛诺的案例中，EWS 通过法律诉讼获得电网运营权是个重要的转折点。“整县推进”的案例中，地方政府扮演了重要角色。由于中央政策已经明确了“自愿不强制、试点不审批、到位不越位、竞争不垄断、工作不暂停”的要求，地方政府有责任严格执行该准则，为所有具有资质的开发商创造一个公平的竞争环境。由于区县层面情况千差万别，地方政府应该有适合本地发展的“整县推进”定制化项目开发机制。与此同时，如果中国分布式可再生能源开发的体制性桎梏可以通过进一步深化电力体制改革予以破除，

<sup>14</sup> 欧洲社会合作社章程，Statute for a European Cooperative Society，2003 年颁布。

<sup>15</sup> 德国社会合作社法案，The German Cooperative Societies Act（Genossenschaftsgesetz, GenG），1989 年颁布，2006 年修订。

<sup>16</sup> 如德国合作社与莱菲森联合会（German Cooperative and Raiffeisen Confederation, DGRV）与国际合作社联盟（International Cooperative Alliance）

<sup>17</sup> Hockenos Paul. “案例分析：人民生产、人民使用的清洁能源（Case Study: Clean Energy by the People, for the People）.” 2019. Stanford Social Innovation Review. <https://www.ews-schoenau.de/export/sites/ews/ews/presse/files/1901-stanford-review-clean-energy-ews.pdf>.

<sup>18</sup> 德国合作社与莱菲森联合会（DGRV）.“德国能源合作社，2022 年度报告（Energy Cooperatives in Germany: State of the Sector 2022 Report）.” 2022. DGRV. [https://www.dgrv.de/wp-content/uploads/2022/07/DGRV\\_Survey\\_EnergyCooperatives\\_2022.pdf](https://www.dgrv.de/wp-content/uploads/2022/07/DGRV_Survey_EnergyCooperatives_2022.pdf).

“整县推进”的可再生能源开发方式在不同地区的适用程度也会出现相应的变化。

能源转型的过程会带来积极影响，例如刺激经济、创造就业等，同时也会产生消极影响，如转型成本、失业安置等。转型中涉及的上、中、下游各行业、各领域有诸多利益相关方。让尽量多的利益相关方广泛地参与到转型过程，并尽量公平地分配收益、分摊成本，有利于激励各方积极地推动转型。在地方层面，转型政策需要进一步向本地企业和居民倾斜，他们既是能源转型的主体，也是消极影响的直接承担者。地方政府在设计与推进能源转型政策时，给与本地企业和居民足够激励，让他们成为能源转型的积极参与方，能避免很多能源转型项目推进落实过程中的阻碍。

## 2 新旧动能转换：非煤经济多元化带来结构性变化

### 1) 路萨提亚案例：废旧矿区旅游景点改造

路萨提亚是德国第二大褐煤生产区，位于德国东部布兰登堡州（Brandenburg）与萨克森自由州（Saxony）的交界处。路萨提亚有四大露天煤矿区，在上世纪 80 年代的鼎盛时期，当地褐煤产量一度达到 2 亿吨，占全国产量的 48%；有 8 万人在煤矿与煤电厂工作。<sup>19</sup> 随着能源转型进程在东西德统一后的加速推进，德国煤炭产量和需求开始迅速下降。到 2015 年，路萨提亚的褐煤产量降到 0.62 亿吨，在全国产煤量的占比只有 35%；当地煤炭相关产业从业人员的数目更是大幅下降到高峰时期十分之一的水平。

在德国联邦政府正式宣布退煤计划之前，路萨提亚已经在煤炭转型的道路上探索了二十多年，并取得了不少引人瞩目的成果。其中最出名的一个案例是路萨提亚湖区：这是一个由废弃的露天矿坑改造成的人工湖区，由 23 个湖泊组成，占地超过 1.4 万公顷。该项目不仅大大改善了矿区居民的生活环境，还让旅游业在当地兴起。现在，作为欧洲最大的人工湖区，路萨提亚是德国乃至欧洲颇受欢迎的风景名胜。目前该项目还在继续扩建。

路萨提亚湖区的筹划始于上世纪 90 年代的东西德合并时期，联邦政府需要处理一大批位于前东德地区不符合联邦德国环境和效率标准的国有煤矿。根据《联邦土地保护法》（Federal Soil Protection Act, Bundesbodenschutzgesetz）中“污染者付费”的原则，接手以上煤矿的公司除了经营煤炭开采业务，还要负责这些矿区的改造。由于当时德国的煤炭需求已经处于下行通道，加之繁复的改造工作耗时耗力，很少有私营企业愿意接手这类煤矿。

联邦政府于 1994 年为前东德的产煤地区专门推出了一项政策：分离煤炭开采与矿区改造的工作。并在同年成立了一家国有企业：路萨提亚与德国中部矿业管理公司（The Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, 后称 LMBV），专门负责路萨提亚和德国中部的废旧煤矿的退出和改造。<sup>20</sup> 路萨提亚湖区就是 LMBV 负责的主要项目之一。

1992 年，联邦政府与路萨提亚所在的两个州的州政府达成协议，路萨提亚矿区改造的花费由三方共同承担，其中 3/4 由联邦政府承担，剩余的 1/4 由两个州政府共同承担。州政府配合 LMBV 与各市政府开展矿区改造的项目。

政策、机制与财政都准备就绪后，LMBV 开始对路萨提亚的废旧煤矿进行大刀阔斧的改造。2003 年 4 月，

<sup>19</sup> Agora Energiewende. “德国褐煤工业（The German Lignite Industry）.” 2017 年 5 月 30 日. Agora Energiewende. <https://www.agora-energiewende.de/en/press/news-archive/the-german-lignite-industry/>.

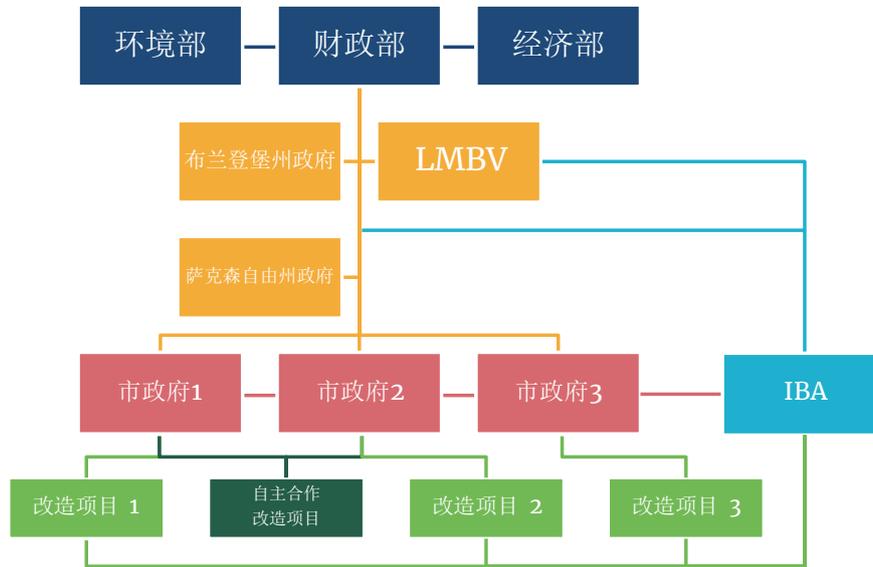
<sup>20</sup> 路萨提亚与德国中部矿业管理公司（LMBV）. Das Unternehmen LMBV. . <https://www.lmbv.de/unternehmen/ueberblick-unternehmen/>.

<sup>21</sup> Sullivan Paul. 德国东部的老旧矿区改造成新湖区（East Germany’s old mines transformed into new lake district）. 2016 年 9 月 17 日. <https://www.theguardian.com/travel/2016/sep/17/lusatian-lake-district-project-east-germany>.

路萨提亚第一个湖区游乐场开放营业。此后，矿区改湖的项目陆续启动。随着越来越多的湖区游乐项目的竣工，路萨提亚湖区的游览量以年均 10% 的速度快速增长<sup>21</sup>，旅游业成为路萨提亚的经济新动能。

## 2) 成功原因

图 11 路萨提亚矿区改造项目参与方架构图



来源：作者根据 Michel Deshaies (2020) 绘制

a. 路萨提亚湖区的成功最关键的因素在政府部门分工明确，政策制定方、出资方与执行方各司其职，通力支持矿区改造（见图 11）。

### a) 联邦政府：做好前期基础工作，项目推进期间深藏功与名

矿区改造最初的动力，一方面来自煤矿产区正在经历的环境污染、生态破坏与经济落后的压力，另一方面来自完善的联邦法律法规。东西德合并后，德国联邦政府一系列关于产煤区的生态环境与生活质量的法律要求，为前东德的矿区改造赋予了合法性。例如，《联邦地区规划法》（**Federal Regional Planning Act, Raumordnungsgesetz**）规定改造产煤区的优先级要高于新建绿地项目，也规定了全国各地的民众都要享有同等的生活条件。另外，《联邦土地保护法》、《联邦水法》（**Federal Water Act, Wasserhaushaltsgesetz**）、《联邦排放控制法》（**Federal Emission Control Act, Bundes-Immissionsschutzgesetz**）都为推进矿区改造提供了法律依据。

联邦政府除了依据通用的法律推进矿区改造，也根据地方具体情况，出台有针对性的政策。例如考虑到路萨提亚矿区改造的特殊性，联邦政府专门出台政策分离采矿权和矿区改造的责任，激活了私营部门参与矿区改造项目的积极性。

除了政策保障，联邦政府还为矿区改造创建了运行机制并提供了充足的财政保障。联邦政府成立了专门的国有企业 LMBV，经营矿区改造。由国有企业而非政府部门或者私企来主导矿区改造，一方面，国企能遵循政府对地方转型的意愿；另一方面，企业也更加独立，拥有更多灵活度，更有动力在推进转型过程中创造经济与社会效益。同时，联邦政府同意承担大部分的改造经费，是路萨提亚矿区成功改造的关键保障。

除了国有资本，联邦政府还通过招商机制撬动更多私营部门的资源。联邦政府在西德的矿区改造经验被成功复制到路萨提亚。上世纪 80-90 年代，位于前西德的鲁尔区的改造取得令人瞩目的成功，这很大程度上归功于执行方国际建筑展览（**International Building Exhibition, 后称 IBA**）。IBA 通过一系列发展策略和竞标活动，成功吸引国内外投资者到鲁尔区开发创新性的非煤产业。因此，路萨提亚的矿区改造也请到 IBA 来做规划和招商，

引进更多私人资本来推进改造项目。IBA 于 2000 年进入路萨提亚，为路萨提亚设计了包括路萨提亚湖区在内的 24 个改造项目。

可见，德国联邦政府的作用更多体现在改造工程发生之前——为矿区改造提供法律依据、完善政策、构建治理运行机制、确保资金支持。到了实施阶段，联邦政府就放手让专业的机构来做专业的事情。对比规划时期，联邦政府在实施阶段的角色明显弱化，代表联邦政府的 LMBV 公司很好地发挥了自上而下的传达角色，与地方政府与私营机构密切合作，在地方层面切实推进了项目落地。

#### b) 州政府与市政府：打造跨地区协调典范

由于路萨提亚地跨两州，全区改造需要两个州政府共同协作。一般情况下，由于距离行政中心远，以及可能存在跨区域的利益冲突，位于行政区域边界的地带很可能成为疏于管理或双边利益纠葛的地区。但布兰登堡州和萨克森自由州两个州政府的通力合作，保证了改造项目的顺利推进。这一方面说明两个州政府在地区转型上具有共同利益，另一方面也有赖于联邦政府与两个州政府的地方转型政策，并不局限于路萨提亚地区或某个州内部，而是一套覆盖整个前东德地区煤炭转型的政策架构。这样的政策框架包容并蓄，能最大程度地化解区域间协调的矛盾。

尽管联邦政府将路萨提亚废旧矿区的开发经营权交给国有企业 LMBV，整体改造设计也交给 IBA 按照自上而下的方式推进，州政府与地方政府仍然保留了相当的自主权。城镇的政府部门可以自主决定土地使用的方式，地方政府之间也可以自由合作，开发新的改造项目。这样的灵活度能够让基层政府做出更有利于本地发展的决策，同时也能锻炼基层政府在筹集资本、调度资源和运营项目等方面的能力。

路萨提亚的改造工程，囊括了从联邦政府到市政府，从国有企业到私营企业和外资的贡献，背景多元的利益相关方都参与进来，并各自发挥了优势，成为路萨提亚湖区转型成功的重要原因。

#### b. 兵马未动、粮草先行：财政支持不可或缺

如前所述，联邦政府与两个州政府达成一致，改造成本由两级政府 3:1 的比例共同承担。除此之外，政府还主动帮助愿意到路萨提亚投资的公司分摊环境治理成本，这部分成本也由两级政府按照 6:4 的比例分担。除了国内的支持，路萨提亚矿区改造还获得了欧盟结构基金（European Structural and Investment Funds）以及国际上各类公共与私有资金的大力支持。

#### c. 网络宣传至关重要

本地政府和企业共同为路萨提亚搭建了一个网络信息平台。上述软性基础设施建设，对外为路萨提亚建立了品牌形象，对内推动了当地居民对路萨提亚身份认同的转变。针对路萨提亚的转型，网络上有针对不同受众群体及转型议题专门的网站<sup>22</sup>。由于这些网站信息十分丰富与及时，界面友好，并有大量公开资料可以下载，提升了对投资者和游客的吸引力。

另外，路萨提亚的转型也成为各类媒体竞相报道的热点。媒体宣传配合自身网站的宣传，能打出强有力的品牌推广组合拳。主导转型的政府部门和企业纷纷举行各类活动，吸纳公众的关注和参与。形成品牌效益的路萨提亚转型也成为很多机构与研究者的关注对象。Agora 能源转型论坛于 2018 年出版的《为路萨提亚创建未来——路萨提亚煤矿区结构性改革方案》<sup>23</sup>，为当地提出了建立一套完善的资金管理制度的切实可行的建议。社会各层面对路萨提亚的关注和贡献都有助于该地区在转型上持续进步。

<sup>22</sup> Lausitzer Seenland. 路萨提亚湖区（Lausitzer Seenland）. . <https://www.lausitzerseenland.de/>.

<sup>23</sup> Graichen Patrick 和 Rosenkranz Gerd. “为路萨提亚创建未来——路萨提亚煤矿区结构性改革方案（A Future for Lusatia - A Structural Change Plan for the Lusatia Coal-Mining Region）.” 2018 年 4 月 . Agora Energiewende. <https://www.agora-energiewende.de/en/publications/a-future-for-lusatia/>.

### 3) 影响与启示

矿区改湖区仅是路萨提亚地区转型众多项目的其中一个。LBMV 对矿区的改造还包括对恢复地下水水位、矿区复垦、矿区新建可再生电厂、矿区新建工业商业园区等。除了矿区改造之外，路萨提亚的转型还包括：

- 升级提升本地的能源供应 / 工业制造业，从传统能源生产者转变为绿色能源供应商。从传统制造业基地转变为绿色科技工业园区。路萨提亚从 2000 开始在废弃矿区上扩建风电与光伏、光热发电站，并大力开发氢能、储能等。制造业主要涵盖风机、电动汽车、电池等领域。
- 大力拓展非煤经济，吸引新兴产业与投资，鼓励创业。主要发展方向为旅游观光行业、生态农业经济、食品业、物流业等。
- 为经济与工业转型升级改善基础设施、提升公共服务水平。完善交通、通讯等领域的投资，加强智能化、数字化建设。提高医疗、教育、住房等公共服务水平。为吸引投资和人才营造良好的硬件环境。
- 提升教育研发水平，依托本地高校与研究资源，培育本地在经济、科技和产业方面的研发能力。打通研究机构与商业领域的沟通合作渠道，推动产学研深度融合。

从东西德统一至今，路萨提亚一直在转型道路上前行。即便如此，由于路萨提亚地区大部分是农村，煤炭等传统行业仍旧是主要经济支柱，与周边城市化程度更高、服务业更发达的地区相比，经济增长动力和对年轻人才的吸引力相对不足，该地区在德国仍属于转型的硬骨头。可见，资源型地区的转型并非朝夕之事，而是一个需要长远规划、久久为功的过程。

通过比较研究，我们认为路萨提亚的以下两点转型经验，尤其值得山西学习。

#### a. 地区煤炭转型需要常设的转型协调机制和专门的中长期转型战略

与路萨提亚相比，山西的产煤量更高，产煤区更多，转型涉及的行业更广泛，从业人员也更多，所以山西的转型需要更长远和系统性的规划。值得指出的是，山西并不缺乏从中央到地方的转型相关法律政策文件：2017 年 9 月，国务院印发《国务院关于支持山西省进一步深化改革促进资源型经济转型发展的意见》<sup>24</sup>。2018 年，新修订的《山西省大气污染防治条例》中增加了“本省实行煤炭消费总量控制制度”的规定。与路萨提亚的情况相似，山西也通过立法为转型赋予法律依据。2019 年 5 月，中央政府赋予山西“能源革命综合改革试点”的重要使命，此后省政府与一些重点城市的市政府相继出台《能源革命综合改革试点行动计划》以指导全省或全市的转型工作。

纵观一系列转型文件，作者发现大部分政策文件都直接关注能源部门，例如煤矿开采、电力、焦化等行业。从路萨提亚的经验来看，煤炭地区转型的议题远远超出能源领域的范畴，地区转型是全社会、整体经济的转型。从欧盟层面到地方层面，**所有能源转型相关的政策都归类到“结构性转变”（Structural changes），能源、经济、环境、财政、就业、教育等各个部门都需深度参与，才能带来结构性的变化。**在经济和社会层面做足够的准备，是关键部门发生结构性变化的前提条件。目前来看，社会对转型的共识、煤炭就业转型的挑战、转型带来的经济成本等问题在山西都没有得到充分的认识。

从目前发布的“十四五”规划来看，山西省级层面关于能源转型的工作分散在经济发展、工业资源利用与发展、新能源发展与环境保护等各种规划中。相应的，能源转型的责任也分散在各厅局中。缺乏总体统筹能源转型工作的机构，各厅局在多头推进转型工作时，可能出现职能交叉或职责空白的情况，导致工作效率有待改善。这个方面山东省的相关经验值得参考。由于在“十三五”时期面临巨大的减煤压力，山东牵头成立了全省煤炭消费压减工作督导专班，专班由省发改委与能源、环境、工信等部门与相关事业单位的领导组成，在形成合力的基础上带领山东省的减煤工作在“十三五”后期取得显著成效。但是临时性的专班还不足以持续性地推进转型。**建议山西省政府可以通过成立常设的能源转型协调机制，并纳入经济发展、能源规划、工业发展、环境保护、人力资源、文化教育等相关部门，集体出台针对能源转型的中长期规划，并为省内外的转型资金设立专门的转型基金管理机制，从监管、规划和运营机制等各方面来为全省转型的顺利推进打好基础。**

<sup>24</sup> 中国中央人民政府. 国务院关于支持山西省进一步深化改革. 2017 年 9 月 11 日. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-09/11/content\\_5224274.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-09/11/content_5224274.htm).

## b. 打破区域壁垒，京津冀及其周边地区协同发展助力山西等资源地区的转型

山西与周边地区相比，经济发展相对滞后，对人才和投资的吸引力较弱。前文已有描述，山西在中国的中部六省中，经济发展水平最末。而在京津冀及其周边地区的六个省与直辖市中，其 GDP 总量排名也仅高于人口最少的天津市。北京作为政治中心，对产业和人才的集群效应导致周边的省份发展资源不足，山西发展程度与北京存在较大落差。

路萨提亚的转型实践较好地解决了这个问题。首先，路萨提亚的转型战略包含在整个前东德地区转型整体战略中，因而前东德范围内的所有州都能较好地协同推进地区转型。另外，路萨提亚横跨两州，这两个州政府之间的协作为区域转型、共谋发展提供了很好的示范。北京周边的省份，行政区划意识较强，各自为政现象较严重，缺乏有效的区域协调机制。相较而言，长三角与珠三角地区的区域协同发展就相对更加均衡。北京在强化其政治中心的职能的同时，可以适当让渡一些资源与职能给周边省份，帮助周边地区发展优势产业，区域协同发展才能为京津冀及其周边地区带来更多的资源和机会。如果能为京津冀及其周边地区建立协同发展的战略，并将山西的转型工作纳入其中，这将有力地提升山西在投资与人才方面的吸引力。

## 3 知识经济是煤炭地区转型的持久推动力

### 1) 鲁尔区案例：通过教育转变煤炭依赖心态

鲁尔区是德国历史最悠久的产煤区，其能源地位和转型成就广为人知。与地广人稀的路萨提亚不同，鲁尔区汇集了德国人口最密集的城市群，有超过五百万的常住居民。鲁尔区主要生产硬煤，1957 年是鲁尔区煤炭行业的高光时期，当年硬煤产量达到 1.2 亿吨，占当时全国硬煤产量的 80%；鲁尔区煤炭相关从业人员占全国的比重更是高达 82%<sup>25</sup>。

鲁尔区煤炭产业的兴衰是德国能源转型历程的缩影。鲁尔区的煤炭产业从 20 世纪 50 年代末开始坐上过山车。随着德国煤炭管制自由化、石油时代的到来和核电的发展，德国煤炭需求开始下降，鲁尔区的国产硬煤与进口煤相比缺乏价格优势，因此当地煤炭产量开始快速下滑。尽管煤炭行业在萎缩，鲁尔区并未马上出现严重的就业危机。当时鲁尔区的钢铁业方兴未艾，部分煤炭行业从业人员成功转移到钢铁行业就业；另一个原因是当时鲁尔区出台了允许提前退休的政策，一定程度缓解了煤炭行业的失业压力。

20 世纪 70 年代，全球石油和钢铁危机导致鲁尔区的就业危机全面爆发，到 1987 年，鲁尔区的失业率达到 15%，远高于所在州与当年前西德的平均水平。不过当时鲁尔区的执政当局、地方企业和行业协会均认为煤炭行业的不景气只是暂时现象，对煤炭产业链尤其是钢铁行业的复兴仍抱有侥幸心理。当时鲁尔区的发展政策仍然以煤炭为导向，试图从技术层面实现煤炭行业的现代化，并通过提高生产效率来挽救这个夕阳产业。

鲁尔区的结构性转型是由深陷失业危机的煤炭行业从业人员与行业协会<sup>26</sup>直接推动的。自下而上的压力迫使执政当局制定政策和机制，叠加欧盟与德国联邦政府自上而下的政策支持，鲁尔区的地方政府开始逐步转变思路，开始推动煤炭行业的公正转型，并积极培育非煤经济新动能，以创造新的就业岗位。20 世纪 80-90 年代，鲁尔区的地方发展政策的关注点开始从能源向更宽泛的领域扩展。

千禧年后，鲁尔区的经济结构快速转变，从工业独大过渡为服务业主导的模式。2019 年，鲁尔区的服务业对 GDP 的贡献率高达 67%，远高于制造业的 23%。地方政府的身份定位也发生了积极的变化，当地北部城市格尔森基兴（Gelsenkirchen）的标签就从过去的“千火之城”<sup>27</sup>变成现在的“光伏建筑一体化之都”<sup>28</sup>。

<sup>25</sup> 根据德国煤炭行业统计（Statistik der Kohlenwirtschaft）的数据计算

<sup>26</sup> 采矿、化工与能源工业贸易联盟，Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie

<sup>27</sup> City of Thousand Fires，指格尔森基兴有很多的燃煤锅炉。

<sup>28</sup> City of Thousand Suns，指格尔森基兴兴建了很多光伏建筑一体化项目。

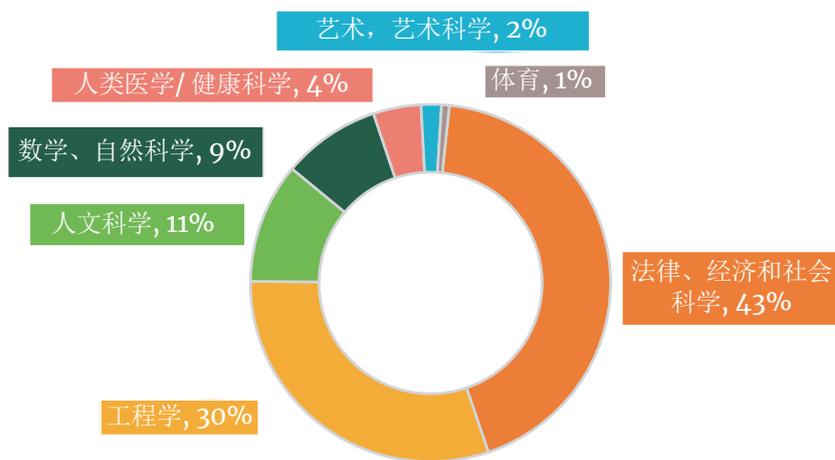
## 2) 成功原因

关于鲁尔区转型经验的文献资料汗牛充栋。本报告不一一列举，仅聚焦教育和科研领域的发展对转型的作用。

### a. 兴建高校，拓展高校课程为地方转型储备人才。

鲁尔区 1990 年代之前的转型进展滞后，主要原因在于执政当局与煤炭行业既得利益集团对传统经济的依赖心理，这也是煤炭资源型地区的通病。其中一大痛点在于本地转型能力严重不足。由于长期作为煤炭与重工业中心，鲁尔区在高等教育领域长期相对滞后。直到 1962 年，鲁尔区才建成第一所大学。虽然不少综合性大学和专业技校之后陆续在鲁尔区成立，不过在相当长的一段时间，当地办学都围绕着能源与采煤展开。从上世纪八十年代开始，陆续有一些学校将原本基于煤炭的工程类课程进行扩展，增加了水资源、土壤保护等教学内容。现在，鲁尔区有 22 座高校。2021 年，有超过 25 万学生在读，涉猎专业广泛（见图 12）。70% 的学生都在非工程专业的院系就读，其中就读学生人数最多的专业是法律、经济和社会科学类专业。研究表明，高校越集中的城市，城市劳动力人口中的高校毕业生的占比就越高。<sup>29</sup> 可见，发展综合类高校教育能直接改善本地区的劳动力结构水平。

图 12 鲁尔区 2021 年大学生专业分布



来源: *Regionalstatistik Ruhr*

### b. 以科研创新与成果转化为抓手，大力推动本地转型。

以前文提到的格尔森基兴为例，该市曾经是重要的煤矿开采和钢铁生产重镇，在转型过程中，经历了资源型城市普遍都会经历的“资源型诅咒”——空气污染、经济下滑、人口流失。从 1960 年至今，该市流失了 30% 的人口。面对上述挑战，格尔森基兴开始积极谋求改变。上世纪 90 年代开始，当地将德国钢铁巨头蒂森 (Thyssen) 的煤基路线钢铁厂改造成科学园区，并开启了以知识经济为导向的转型路线。1998 年，格尔森基兴市政府发布了一项“21 世纪议程倡议” (aGEnda 21)，确定了基于联合国“可持续教育发展” (Education for Sustainable Development) 准则的转型目标。在该倡议的指导下，当地启动了一系列教育项目，着力打造“学习之都” (Learning City)。

<sup>29</sup> Kiese Matthias. 在知识经济中优化升级。鲁尔区能否摆脱其锈迹? (Levelling Up in the Knowledge Economy: Can the Ruhr Shake off its Rust?). 2021 年 4 月 16 日. <https://blog.geographydirections.com/2021/04/16/levelling-up-in-the-knowledge-economy-can-the-ruhr-shake-off-its-rust/>.

格尔森基兴陆续荣获了 2015 年德国联邦教育与研究部（BMBF）“未来之城 2030”的赛事成果，以及 2017 年联合国教科文组织（UNESCO）颁发的“学习之都”的称号。

格尔森基兴打造可持续发展教育的方式包括：

- 政府出台城市可持续发展设计中长期规划，并与联合国 2030 可持续发展议程保持一致。政府部门设立未来城市办公室（Zukunftsstadt-Büro），负责规划和协调相关工作。
- 政府与 120 个本地利益相关方签署联合声明，调动本地居民、企业和社会机构参与转型的积极性。
- 重视儿童与青年的教育。政府成立青年城市委员会，发起了“创意工作坊”，旨在面向儿童与青年开展可持续发展教育工作。
- 搭建数字化公共教育平台和空间，与本地教育机构合作，为市民提供便捷的学习资源。

尽管格尔森基兴仍然在经历转型的阵痛，但当地近年来开始吸引到越来越多的商业投资和人口流入，失业率也在稳定下降。与格尔森基兴的转型路径相似，鲁尔区的不少城市也根据本地优势打造自身独特的城市标签，例如伯特普（Bottrop）是“创新之都”<sup>30</sup>，埃森（Essen）是“欧洲绿色之都”<sup>31</sup>。

### 3) 影响和启示

#### a. 推动本地教育高质量发展为地方转型培养有广阔视野的领导力量

山西与鲁尔区非常相似，都曾为各自所在国家的经济腾飞做出杰出贡献。因此，本地老一辈的煤炭行业从业者对自己来自的产业都引以为傲。在资源型经济蓬勃发展的时代，部分来自传统能源行业的从业人员还进入了政府部门。他们的决策一方面巩固了传统能源行业的地位，但另一方面，像上世纪 80 年代鲁尔区的决策层一样，他们一定程度上会受到固有观念的牵绊，难以大刀阔斧地推进转型所急需的改革。

煤炭资源型地区在国家经济发展中的历史贡献不容忽视，但随着时代的变迁，发展观不应该被过去的成就所桎梏。在中国省级政府领导的设置中，省级领导一般来自外地，而厅局及以下级别的负责人大部分来自本省。因此，煤炭省份有必要大力培育本地转型的决策者。**主管能源转型的政府部门，应该由更多元化背景的官员组成，除了煤炭行业外，需要更多吸纳新能源、科技创新、金融、社会发展等领域的人才。**通过学校和社会化的教育机制，向年轻人群传导可持续发展、循环经济等新理念，以便更好地培育多元化、面向未来、视野广阔的新生代领导力量。

再者，煤炭地区普遍存在涉煤产业链长、辐射面广、上下游关联度高，行业危机向劳动力市场传导速度相对滞后等特点。**在目前关于山西公正转型的研究中，社会经济学家发现山西尚未出现非常紧迫的就业问题，但并不代表就业危机可以被完全忽略。由于能源转型地区对抗外部风险的韧性不足，就业问题的爆发可能会在某一时刻触发，等问题全面爆发时再着手处理，将会非常被动，并且耗时耗力。**这一点可以从鲁尔区汲取教训。在鲁尔区煤炭行业进入衰退期时，尽管有钢铁行业承接煤矿的部分就业，一定程度上延迟了大规模失业和人口流失问题，但深远漫长的负面影响最终还是难以避免。至今，鲁尔区所在州的失业率仍在德国名列前茅。2022 年 9 月，鲁尔区的失业率是 9.4%<sup>32</sup>，同月德国全国的失业率仅有 2.9%<sup>33</sup>。尽管超出能源领域范畴，就业是地区能源转型中不可忽视的问题，影响民生与社会安定。政府与各利益相关方如能尽早发现问题，提前介入，就提供更全面、更系统的就业解决方案，并在中长期维度大幅降低财政负担。

<sup>30</sup> Innovation City Ruhr. 伯特普模范城市的评选结果（Results of the model city of Bottrop）. . <https://www.innovationcity-bottrop.de/index.php?id=3>.

<sup>31</sup> European Green Capital. 埃森成为 2017 年绿色欧洲之都（Essen becomes the European Green Capital for 2017）. 2017. <https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/essen-ecc-2017/>.

<sup>32</sup> Regional Verband Ruhr. 2022 年 10 月：鲁尔大都会区失业率再度轻微下降（Oktober 2022: Arbeitslosigkeit in der Metropole Ruhr Erneut Leicht Rückläufig）. 2022 年 11 月 2 日. <https://www.rvr.ruhr/daten-digitales/regionalstatistik/news-detail-regionalstatistik/news/oktober-2022-arbeitslosigkeit-in-der-metropole-ruhr-erneut-leicht-ruecklaeufig/>

<sup>33</sup> 德国联邦数据办公室（Statistisches Bundesamt）. 失业率数据. 2022 年 10 月. <https://www.destatis.de/EN/Themes/Labour/Labour-Market/Unemployment/Tables/press-month2.html;jsessionid=CCE6A490742AFE2B890700391C326C6E.live721>.

## b. 提高本省高校教育水平，普及深化产业结构调整、能源转型和气候变化等领域的课程

鲁尔区在转型初期缺乏高校等教育基础设施，这一点山西的情况相对鲁尔区要更加优越。目前山西有 85 所普通高等学校，34 所本科院校。不过山西的高校数量，在全国属于中等水平，排名第 16，并落后与其他中部或京津冀周边省份（除了天津）。目前山西省仅有一所 211，两所双一流大学。有鉴于高校的影响力是年轻人才选择未来定居地的重要指标之一，山西省在高等教育领域的短板在转型的过程中需要尽快补足。

另外，气候变化、能源转型等领域课程在国内高校中尚不普及。这方面有深入研究的高校基本集中在北京，尤其是最顶尖的几所高校。对于有能源转型压力的省份，**建议可以与北京高校之间建立教资、师资互通的联系，通过优质资源共享、共同开展课题研究，提升山西省高校在相关领域的能力建设。**国内有影响力的高校都是公办学校，在帮扶教育水平欠佳的省份方面，公办学校可以与教育部门共同分摊责任。例如，“学习之都”的概念就是由柏林自由大学向格尔森基兴提议的，柏林自由大学还为格尔森基兴参加“未来之城 2030”的比赛提供了强大的智力支持。另外，山西省高校也可以考虑与国际机构及海外高校通过联合办学来推进转型领域的能力建设。

国内关于气候变化与能源转型的教育不足的问题，还体现在相关课程设置分散，深度有限，没有在学科之间形成联动。例如，一些电力工程的专业设计仅包含了工程技术相关的课程，缺少对相关政策、市场方面有深度的课程，缺乏与现实的衔接，导致精通技术的学生缺乏对整体能源转型趋势的认识，可能会影响到研究成果的产业化。有鉴于此，高校课程设置要避免过于学术化，以防在现实中缺乏适用性。

## c. “双碳”热点开路，在未成年人中普及气候变化与能源转型的知识

格尔森基兴的教育策略非常重视面向儿童与青少年。这是能最直接带动民众参与到地方能源转型中的方法，因为未成年人的教育，家长也会参与其中。德国将能源转型的概念和知识很好地融入到从幼儿园到大学的各个阶段的教育中。联邦环境部支持了不少这样的项目，例如“聪明的气候”<sup>34</sup>，旨在帮助农村地区的孩子了解气候变化与能源转型；“一半一半节能计划”<sup>35</sup>，有 30 多所小学和高中参与其中。

国内“双碳”目标宣布以来，成为各行各业关注的热点。亟需转型动力的煤炭地区可以利用“双碳”这一热点，在儿童与青少年学习的课程中，加入气候变化和能源转型的内容，这既符合全面发展的教育理念，又能帮助正在经历转型的省份形成新的社会身份认知。

# 4 通过市场导向的政策工具有效激励企业参与转型<sup>36</sup>

## 1) 退煤反向竞拍机制：“胡萝卜加大棒”推进转型

德国联邦政府于 2018 年成立了增长、结构改革与就业委员会<sup>37</sup>（简称煤炭委员会）。煤炭委员会为联邦政府制定了一套全国退煤的行动方案。煤炭委员会推荐到 2035 年（最晚 2038 年）<sup>38</sup> 在全国范围完成煤炭退出计划。并根据退出计划，设计了一套基于市场的政策工具：退煤反向竞拍机制（Coal exit reverse auctions）。2020 年 7 月，德国正式通过《煤炭退出法》（Coal Exit Act），通过法律确定了退煤目标并明确了以退煤反向竞拍机制作为实现目标的主要政策工具。

<sup>34</sup> Clever fürs Klima

<sup>35</sup> Halbe-Halbe energy-saving programme

<sup>36</sup> 本章节的大部分内容根据 Agora 能源转型论坛的报告《竞拍机制如何助力德国退煤》（Coal Phase-Out in Germany: The Role of Coal Exit Auctions）总结而来，作者：Jesse Scott, Nga Ngo Thuy, Philipp Lits 等，2022 年 5 月。<https://www.agora-energiende.de/en/publications/coal-phase-out-in-germany/>

<sup>37</sup> Germany's Commission on Growth, Structural Change and Employment

<sup>38</sup> 2021 年新一届德国联合政府已将煤炭退出时间提前到 2030 年，本报告介绍的竞拍机制是基于 2038 年的退煤目标时间来设计的，德国政府可能会在今年讨论如何改善竞拍计划，以适应新的退煤目标。

反向竞拍机制（Reverse auction）是一种常见的竞价方式。与常规竞拍不同，反向竞拍是由买方主导提出需要的商品或服务，多家卖方出价，通过比价，卖方中出价低者中标。该机制通过有效激励卖方竞争来降低买方采购成本。退煤委员会提出的机制，是基于 2018 年德国的燃煤发电装机总容量来制定的，旨在确保德国在 2038 年前退出全部燃煤装机。

2018 年，德国硬煤电厂装机容量为 22 吉瓦（GW），褐煤电厂装机容量为 19 吉瓦。退煤反向竞拍机制主要针对德国的硬煤发电厂。竞拍从 2020 年开始，每半年进行一次，共 7 轮（请见表 2）。为了在煤电厂退出的进程中维持电力系统的可靠运行，德国南部的煤电厂不参加第一轮竞拍。

表 2 德国退煤反向竞拍各轮信息

竞拍轮次（年份）	招标控制价（欧元 / 兆瓦）	竞标装机容量（兆瓦）	退役年份
第一轮（2020）	165 000	4 000	2021
第二轮（2021）	155 000	1 500	2021
第三轮（2021）	155 000	2 480	2022
第四轮（2021）	116 000	433	2023
第五轮（2022）	107 000	1 222	2024
第六轮（2022）	98 000	待定	2025
第七轮（2023）	89 000	待定	2026

来源：林丽雪、张润，《图说能源 | 退煤怎么搞？德国反向竞拍机制告诉你》（中）

对于褐煤发电厂，德国没有采用竞拍机制。这是因为德国褐煤发电市场仅由两家企业——莱茵能源集团 RWE 与捷克能源集团 EPH 主导，市场竞争不够充分。因此，对于这两家大集团的褐煤发电装机来说，德国政府认为通过谈判协商 + 补贴的方式退出会更合理。两家集团之外剩余的小型褐煤发电厂，可以从第三轮开始参加反向竞拍。

《煤炭退出法》将退煤竞拍机制的管理和执行权委托给德国联邦网络局（BNetzA）。

第一步：电厂向 BNetzA 提供报价，包括其净装机容量退出的单位价格（欧元 / 兆瓦），以及过去三年认证过的二氧化碳排放量。

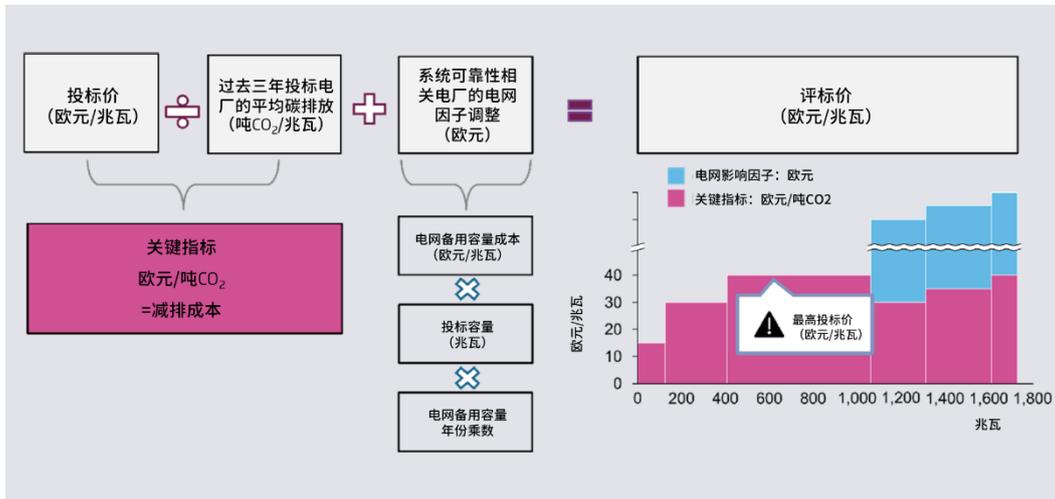
第二步：BNetzA 收到所有投标后，会按照投标电厂过去三年的碳排放强度对投标方进行重新排序。BNetzA 根据出价与碳排放强度，计算出投标电厂的单位减排价格（欧元 / 吨二氧化碳）。

第三步：在计算出投标电厂的单位减排价格的基础上，BNetzA 还会基于“电网影响因子”进行调整。根据德国输电系统运营商（TSOs）提供的评估报告，BNetzA 将测算投标电厂对保障电网可靠运行的重要性，形成该电厂的“电网影响因子”。加上“电网影响因子”的单位减排价格，成为该电厂最终的评标价格（欧元 / 吨二氧化碳）。BNetzA 将根据这个最终价格进行评标，价格最低的电厂中标。（请见图 13）

第四步：决标后，中标电厂需要签署一份承诺退煤的声明，声明包括该电厂停止使用燃煤发电的日期。中标方可以选择对煤电厂进行改造，如果改造为燃气或者生物质发电，也符合退煤要求并能继续运行。

第五步：第一轮中标的煤电厂在决标后，可以继续履行原有的煤电合同，但决标后一个月，不可再有既有合同之外的新增燃煤发电；决标后 7 个月，不可再进行任何燃煤发电。对于不同轮次的招标，越往后的轮次，禁止燃煤发电的具体时限和规则会越来越严格。

图 13 德国煤炭退出反向竞拍机制的评标标准



来源：Agora Energiewende 2022

如果说通过竞拍为提早退役的煤电提供补贴的方式是“美味的胡萝卜”，那么《煤炭退出法》同时也为认购不足的情况准备了“大棒”。对于迟迟不愿参与竞拍的煤电厂，《煤炭退出法》规定政府有权在不给予任何补偿的前提下强制关闭电厂。

在德国电力市场可再生能源优先上网（Merit order）的政策和欧盟碳市场的双重影响下，与运行年限较短、技术指标先进的煤电厂相比，老旧煤电厂更容易因为排放强度高、运行小时数低在竞拍中失标，并因此面临无补偿的强制性关闭。

《煤炭退出法》规定强制关闭的优先执行顺序，是从投运时间最早的电厂开始。因此，BNetzA 要对德国的硬煤发电厂与小型褐煤发电厂的运行年限进行排序。但考虑到过去曾为节能减排做过现代化改造的老煤电厂，法律允许在为排序核算运行年限时，可相应缩减他们的实际运行年限（缩减的年限从 12 个月到 36 个月不等，根据改造的投资额度来定），让这些老煤电厂不至于过早被执行强制关闭。

## 2) 运行效果和启示

今年十月，BNetzA 宣布第六轮拍卖成功完成。<sup>39</sup> 前六轮拍卖，共实现退出煤电装机容量 10.4 吉瓦，占在 2018 年至 2022 年期间削减 11 吉瓦煤电容量目标的 95%。根据已经完成的竞拍表现，几点评价如下：

### a. 保障能源安全是退煤持续推进至关重要的前置条件。

前五轮竞拍推进过程中，德国正处于能源安全等级较高的时期，为德国的煤电退出计划的制定、通过和前期实施创造了有利的前提条件。2018 年，德国全国可调度装机容量约 100 吉瓦，而峰值需求仅为 80-85 吉瓦。另

<sup>39</sup> 德国联邦网络局 (Bundesnetzagentur). 第六轮退煤竞拍结果 (Ergebnisse der sechsten Ausschreibung zum Kohleausstieg). 2022 年 10 月 14 日. [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2022/20221014\\_Kohleausschreibung.html](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2022/20221014_Kohleausschreibung.html).

外，德国大量的燃气装机也为煤电退出提供了保障。2018年，德国的燃气电厂年均利用率仅有31%，在天然气供应充足的情况下，燃气电厂能充分弥补煤电退出的容量缺口。

但这样的利好局面并未一直持续，2020年新冠疫情全球蔓延波及能源市场，2022年初俄乌冲突全面爆发进一步加剧能源市场剧烈波动，欧洲出现严重的能源危机。天然气紧缺及价格高昂成为德国眼下最棘手的政策挑战。为保障能源供应安全，德国已重启部分关闭的煤电厂，以确保冬季用电和供暖。本轮能源危机不仅阻碍了德国的煤炭退出进程，还让德国与欧盟开始重新考虑天然气在能源转型中的定位，这正在改变德国与欧盟的能源转型策略。不过需要特别引起注意的是，**德国煤电机组重启仅是该国缓解短期能源供应危机的权宜之举，这非但不代表面向净零排放目标转型的方向会发生变化**，而且在2022年7月由德国议会批准的“复活节方案”中明确规定，到2030年，德国可再生能源至少占电力消费结构的80%，高于目前的约40%和之前的65%的目标；到2035年，德国电力将几乎完全由可再生能源提供。<sup>40</sup>与此同时，德国联邦政府也计划重新讨论煤炭退出的时间表。

**对于能源安全保障水平较低，或者电力供需关系比较紧张的国家或地区来说，煤炭转型政策的推进会相对困难，也需要更加谨慎。**在全球天然气市场较稳定的时期，中国在“气代煤”问题上尚存诸多争议，而今，中国更需谨慎考虑天然气在能源系统的中长期定位。确保电力系统稳定和清洁化转型需要坚定不移地建设以可再生能源为主导的新型电力系统——在煤电转型的同时，大力发展可再生能源，开发与普及各类储能技术，通过深化电力体制改革建立波动可再生能源上网友好型的电网系统和电力市场机制。

## b. 市场的“无形之手”与政府的“有形之手”缺一不可。

如前文所述，德国退煤竞拍机制更偏好相对先进的煤电厂。在执行过程中，这使得运行年限短的燃煤电厂会优先于老旧电厂退出市场。在第一轮竞拍中标的电厂中，有三家的服役时间仅有五到六年，这些电厂的总装机容量占该轮中标容量的大约一半，这使得发电效率更低、污染强度更高的煤电厂继续运行。随着更多高效煤电厂的退出，老旧煤电厂的运行小时数开始上升，并因此获得比之前更好的经济受益，以上负面反馈机制将削减老旧煤电厂退出的动力。虽然这是反向竞拍过程中的一个教训，但是这类问题其实是可以**通过更加科学的设计竞拍规则予以规避的。**

对于退出进度滞后的煤电厂，退煤计划中也包括了竞拍机制之外的惩罚机制，奖励为主，奖惩并施确保了企业主动或被动参与退煤计划的动力。

中国在“十三五”期间治理空气污染的行动中取得令人瞩目的成就，在短短几年的时间内，相当程度上解决了全国重度雾霾频发的问题，相关经验和教训值得其他面临类似环境挑战的发展中国家学习借鉴。在一些雾霾严重的地方，政府通过行政命令，强制关停部分高耗能、高污染的企业，快速切断了污染源，立竿见影地提高了本地空气质量。与此同时，实际案例也证明，地方政府如果仅仅依赖行政命令，短暂关停工厂以完成政治目标，只能起到短期有效的治霾效果。当整体环境约束放松，工厂复工，会导致雾霾浓度水平快速反弹，反而增加了后续的治理成本。参照德国经验，如果地方政府部门能够**通过市场化机制，鼓励企业替换老旧机组或锅炉，升级更新技术，并辅以行政手段加以约束**，以上举措看似可能会增加时间与经济成本，但治理效果将会更加可持续。

<sup>40</sup> 德国联邦经济事务和气候行动部（BMWi）. 复活节一揽子政策里有什么（What's inside the Easter Package）. 2022. <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/EN/Newsletter/2022/04/Meldung/topthema.html>.



## 总结

---

欧盟和德国在地方能源转型的政策框架中，提出了“结构性转变”的概念，这说明能源转型是经济、产业结构和能源生产、消费方式的根本性转变。山西力争成为“能源革命排头兵”，不但是一个政治目标，还是一场涉及经济、社会、文化、政策、技术等领域的长期攻坚战。只有对公正、可持续的“结构性转变”的各个维度进行充分评估和准备，才能全面地推进系统性变革的发生。德国煤炭委员会为联邦政府提出了一揽子退煤政策建议，并涵盖了五个步骤：逐步淘汰煤炭、矿区转型、电力系统现代化、降低负面影响、持续优化监管措施。<sup>41</sup>

本报告参考德国煤炭委员会的政策建议思路，结合欧洲能源转型文献与德国相关案例的经验教训，尝试通过步骤（煤炭削减、建设新型电力系统、矿区转型、降低负面影响）与领域（政策、技术、经济、社会、文化）相结合，从横向和纵向为山西和中国其他产煤区的煤炭转型提出一套政策建议框架（请见表3），以供有关各方政策研究或决策参考之用。其中部分建议，已经在正文中具体阐述。依据本政策建议框架，作者团队未来将持续深入研究进一步丰富政策框架中的配套措施，并继续为中国区域煤炭转型建言献策。

表3 煤炭地区能源转型政策建议框架

	煤炭削减	建设新型电力系统	矿区转型	降低负面影响
政策层面	全国：完善顶层设计 明确长期定位，区分并平衡好长期目标与短期应对策略之间的关系 明晰中央与地方的职能划分，为地方保留足够的转型相关决策空间 地方：出台并落实具体方案 出台中长期综合性转型规划，设置量化目标 设立专门的职能部门 建立转型基金管理机制			
技术支持	评估煤矿、煤电产能状况 控制煤电装机规模和比例 提高煤电机组灵活性	电源侧：推动可再生能源发展 电网侧：灵活性改造 充分配置“源网荷储”多种灵活性资源 推动碳市场与电力市场耦合	完善交通与网络通讯基础设施建设 改善多元化营商环境 推进本地科研教育基础设施与能力建设	确保转型过程中的能源供应安全
经济发展	评估煤炭全产业链的现状 及不同管制情景对经济增长 与就业的影响	加大对新型电力系统建设与 经济增长尤其是地方转型经济 新动能之间关系的研究力度	增加对教育科研的投资和经费 开发创新性的矿区改造商业模式 因地制宜，为不同地区设计定制 化的经济多元化策略	利用市场导向的机制、 绿色金融、转型金融等 政策工具鼓励企业转型 出台针对受影响就业人 员的补偿与激励政策
社会维度	将煤炭全产业链的利益攸 关方及从业人员尽可能地 纳入到转型辩论与决策中	尽可能地将火电企业及相关 从业人员纳入到转型相关政策 讨论中	将受影响企业和就业人员作为 重要利益相关方，纳入转型 决策中	评估转型导致的直接与 间接就业损失 确保受影响企业和就业 人员的公正转型 稳定用能价格
文化领域	深入理解“双碳”内涵与 全球能源转型趋势，告别 “依赖煤炭”的心理	通过媒体、教育与文化宣传， 让社会各界加深对新型电力系 统内涵的理解	通过媒体、教育与文化宣传， 重新树立煤矿产区的新定位 在学校教育中增设转型与减碳 领域的课程	增加对煤炭全产业链尤 其是煤炭采掘业从业人 员的人文关怀

<sup>41</sup> 具体可以参见 Agora 能源转型的报告《德国煤炭委员会：从煤炭到可再生能源的公平转型路线图》（The German Coal Commission: A Roadmap for a Just Transition from Coal to Renewables），作者：Philipp Litz，2019年8月，<https://www.agora-energiewende.de/en/publications/the-german-coal-commission/>

“煤炭削减”和“建设新型电力系统”两个维度从能源领域出发，为山西在 2030 年前尽快实现“碳达峰”目标提出以下建议：控制煤炭增长和电力部门低碳化。山西作为煤炭大省，在国家向“双碳”目标迈进的过程中，仍然可以发挥能源基地的作用。作为全国重要的能源供应枢纽、坐拥完善的能源运输通道、背靠可再生资源丰富的内蒙古、衔接经济蓬勃能源需求旺盛的京津冀地区，山西省可以通过积极打造与煤炭转型相兼容的“现代能源体系”，在力争成为“能源革命排头兵”的过程中取得更加出色的表现。

“矿区转型”和“降低负面影响”涵盖了社会经济层面的转型建议，是“公正转型”（Just Transition）的基本要求，而公正转型又是区域煤炭转型可持续性的关键之所在。由于国情尤其是资源禀赋的差异，国家之间一般难以直接复制对方在能源转型领域的经验。即便如此，由于中国与德国在公正转型方面面临挑战的可比性较强，能源转型对两国相关企业、从业人员和本地居民带来的影响高度相似，因此中德两国在公正转型领域的国际交流与合作意义重大。

## 1 政策层面

首先需要明确中央政府与地方政府在地方能源转型工作中的职能。中央政府的职责重在完善能源转型领域法律、法规以及相关政策，以便为在全国范围内推进能源转型提供法律依据。全国指导性政策文件提供了转型的顶层设计。而省级层面需要依据国家大政方针制定本地区中长期能源转型战略和目标，并将任务分解落实到全省各地的规划中。与此同时，除了自上而下的政策落地，还需鼓励自下而上的试点与创新，国家需要鼓励地方在能源转型领域积极行动，先行先试。

资源经济大省需要考虑成立常设的转型发展协调机制，常设机构成员由负责经济发展、能源规划、工业发展、环境保护、人力资源、社会教育等部门的领导组成。并设立专门的转型基金，汇集公共领域、民营以及国际投资等各种渠道的资金与信息，为转型统一做预算规划和资金管理，形成科学有效的基金管理机制，为转型做好财政保障。

中央政府在支持山西省转型时，除了提供足够的财政支持，还需要帮助山西省协调与周边省份地区形成良性互动，为山西的经济转型升级提供良好的跨区域支撑条件。

## 2 技术支持

可再生能源在产煤区的部署要比其他地区更超前、更积极；同时，在新增传统能源基础设施时需要尤其谨慎。由于产煤区传统能源企业面临极高的资产搁浅风险，因此在投资时，需要尽快降低高碳投资在总资产中的占比，并警惕转型过程中新技术迭代带来的资产搁浅的风险。

除了节能减排、可再生能源、储能与氢能等相关技术的开发和推广，山西省还需进一步完善交通和网络通讯的基础设施建设。通过打通产煤区与主要城市之间的陆路交通通道，提高煤矿地区的宜居程度和吸引力，可以为培育非煤产业创造良好的前置条件。山西省 5G 建设进度滞后于全国其他省份，只有尽快补齐相关短板，提高能源系统的数字化、智能化水平，才可以为能源转型做好支撑。

## 3 经济发展

经济多元化是帮助产煤地区从“资源陷阱”中解脱的根本办法。有鉴于区域经济和产业转型的耗时耗力，经济新动能的培育与高碳产业的退出绝不能单纯依靠行政命令。德国经验特别强调能力建设，“磨刀不误砍柴工”，而国内对该领域的重视程度多有不足。建议山西省增加在研发领域的经费，推动本省高等教育质量的持续提升，

在高校开设针对区域能源经济转型的专门课程，并加大对相关领域研究课题的投入力度。通过增加能源转型与“双碳”相关的课程，为本地培养有转型意识和开阔视野的人才。除学校教育外，政府应鼓励事业单位性质的研究机构与社会化研究机构开展有实践意义的创新研发，并建立产学研对接机制，以鼓励科研成果的转化。

对于山西来说，传统能源行业央企和地方国企占比很高，政府要有意识地为中小企业与民营企业提供公平竞争的机会。在农村地区和经济欠发达的城镇，中小企业和民营企业能发挥优势，更灵活地参与到地方转型工作中。

## 4 社会维度

能源转型对于资源型地区来说也是社会转型。山西省需要提高能源转型对社会和民生影响的重视程度。德国转型进程有一个重要的教训就是，就业问题未必会随着煤炭行业不景气同步到来，而是往往有所滞后并随着外部危机集中爆发，但由于突如其来大规模失业潮让政府与企业都措手不及，导致德国产煤地区的失业率迄今依旧居高不下。

不少研究都表明，当前山西就业问题并非特别突出的矛盾。尽管“十三五”期间全国在煤炭钢铁行业去产能的过程中，对企业职工的平稳过渡有系统性的规划，但从国家到地方，还没有全面评估过相关影响。但在国际国内形势快速变化而且不确定性大增的今天，山西涉煤行业就业问题正在成为未来事关民生稳定的一大隐患。有鉴于此，山西省在规划能源转型战略时，必须要纳入人力资源部门，并邀请相关领域专家和机构对全省就业情况开展系统性评估和预判，只有在保障民生的前提下推进能源转型，才能保证转型工作的可持续性。

## 5 文化领域

对转型形成高度统一的社会共识是非常艰难和耗时的，需要自上而下和自下而上的长期努力，才有可能促成。山西省的一大优势在于，在“双碳”目标出台前，山西就被国务院寄予厚望，“打造全国能源革命排头兵”成为山西省新的战略定位。旗帜鲜明的政治意愿在中国自上而下的治理模式中是形成共识的重要推手。在自上而下的政治目标之外，地方政府需要意识到，如何尽快大刀阔斧地推动转型的落地才是“力争成为能源革命排头兵”的重中之重。长远来看，传统能源的经济潜力难以媲美可再生能源，而且全球清洁能源转型的趋势也浩浩荡荡、不可逆转。德国地方转型特别重视“时机”（Timing）。这并不意味着转型需要等待一个具体的时间节点，而是表明心动不如行动，从现在开始做起，越早行动起来，转型的成本就会越低。

尽管认知和心态在潜移默化地影响着决策者的出发点和民众的积极性，但这在能源转型中往往容易被忽略。认知和心态的转变不但需要政府部门的引导，还需要在全民讨论的过程中形成共识，在以上基础上地方层面新的身份认同才有可能建立起来。有鉴于此，包括政府在内的有关各方需要不断强化公众对山西转型过程中新的身份标签的认同感和自豪感。山西各地可以通过诸如试点清洁低碳城市或特色小镇的方式来打造新的身份标签，通过创造高质量、高报酬的绿色工作机会来提高全社会对能源转型的认同和支持。

近年来地缘政治冲突频发，逆全球化趋势抬头，能源安全焦虑在全球范围正在不断攀升，这给中德两国乃至全球范围的能源转型进程都带来了巨大的挑战。叠加气候变化所导致的极端天气和自然灾害频发，加速推进清洁能源转型的工作已经迫在眉睫，时不我待。虽然面临诸多挑战，包括中德两国在内的不少经济体，仍然在净零排放目标上坚持初心，砥砺前行。应对气候变化需要国际社会凝聚共识，协同治理。全球各国及地区之间的双边及多边合作与交流对能源转型和应对气候变化意义重大。中国与国际社会尤其是德国在相关领域的合作交流不应泛政治化或被意识形态绑架。在国家与地方层面扩大互利共赢的国际合作空间，推进在开放的政策、创新的技术、共赢的商业机会领域的深度交流，是国际主流社会所喜闻乐见的。只有深化协作、相向而行，包括中德在内的世界各国才能共同应对清洁能源转型挑战，携手推进净零排放目标的早日实现。

## 参考文献

Innovation City Ruhr. 伯托普模范城市的评选结果 (Results of the model city of Bottrop). <https://www.innovationcity-bottrop.de/index.php?id=3>. 引用日期: 2022年10月3日.

德国联邦经济事务和气候行动部 (BMWi). 复活节一揽子政策里有什么 (What's inside the Easter Package). 2022. <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/EN/Newsletter/2022/04/Meldung/topthema.html>. 引用日期: 2022年9月17日.

《中国煤炭志》编撰委员会. 中国煤炭志. 山西卷. 北京: 中国煤炭工业出版社, 1995.

Agora Energiewende. “德国褐煤工业 (The German Lignite Industry).” 2017年5月30日. Agora Energiewende. <https://www.agora-energiewende.de/en/press/news-archive/the-german-lignite-industry/>. 引用日期: 2022年10月1日.

Appunn Kerstine. 德国三个褐煤产区 (Germany's three lignite mining regions). 2018年8月7日. <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-three-lignite-mining-regions>. 引用日期: 2022年10月1日.

Arora Anmol 和 Schroeder Heike. “如何避免不公正的能源转型: 鲁尔区的启示 (How to avoid unjust energy transitions: insights from the Ruhr region).” Energy, Sustainability and Society (2022): 19. <https://energysustainsoc.biomedcentral.com/counter/pdf/10.1186/s13705-022-00345-5.pdf>.

Buck Naomi. 德国一个煤炭地区如何成为成功的绿色转型的典型代表 (How a German coal region is becoming a poster child for a successful green transition). 2022年1月26日. <https://www.corporateknights.com/issues/2022-01-global-100-issue/how-a-german-coal-region-is-becoming-a-global-poster-child-for-a-successful-green-transition/>. 引用日期: 2022年10月1日.

Centre for Public Impact. 社区能源合作社: 德国薛诺 (Community Energy Cooperative: Schönau, Germany). 2021年3月31日. <https://www.centreforpublicimpact.org/case-study/community-energy-cooperative-schoenau-germany>. 引用日期: 2022年8月3日.

Deshaies Michel. 下卢萨蒂亚褐煤盆地 (德国) 采矿景观的蜕变: 一个采矿区的新用途和新形象 (Metamorphosis of Mining Landscapes in the Lower Lusatian Lignite Basin (Germany): New uses and new image of a mining region). 2020年7月. <https://journals.openedition.org/craup/4018>. 引用日期: 2022年10月1日.

Edmond Charlotte. 德国把老旧矿区改造成旅游景点 (Germany is turning its old mines into tourist hotspots). 2019年6月6日. <https://www.weforum.org/agenda/2019/06/germany-is-turning-its-old-mines-into-a-tourist-hotspot/>. 引用日期: 2022年9月23日.

European Green Capital. 埃森成为2017年绿色欧洲之都 (Essen becomes the European Green Capital for 2017). 2017. <https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/essen-ecc-2017/>. 引用日期: 2022年10月3日.

EWS. “电厂发电来源2020 (Stromherkunft 2020 Kraftwerke).” 2021. EWS. <https://www.ews-schoenau.de/export/sites/ews/ews/energiesdienstleistungen/.files/stromherkunft-kraftwerke-ews-oekostrom-2020.pdf>. 引用日期: 2022年8月3日.

Graichen Patrick 和 Rosenkranz Gerd. “为路萨提亚创建未来——路萨提亚煤矿区结构性改革方案 (A Future for Lusatia - A Structural Change Plan for the Lusatia Coal-Mining Region).” 2018 年 4 月 . Agora Energiewende. <https://www.agora-energiewende.de/en/publications/a-future-for-lusatia/>. 引用日期: 2022 年 10 月 2 日 .

Hauptmeier Carsten. 气候变化启蒙 (ABC of climate protection) . 2021 年 1 月 11 日 . <https://www.deutschland.de/en/topic/environment/climate-protection-in-germanys-schools-and-nurseries>. 引用日期: 2022 年 10 月 2 日 .

Hockenos Paul. “案例分析: 人民生产、人民使用的清洁能源 (Case Study: Clean Energy by the People, for the People).” 2019. Stanford Social Innovation Review. <https://www.ews-schoenau.de/export/sites/ews/ews/presse/files/1901-stanford-review-clean-energy-ews.pdf>. 引用日期: 2022 年 10 月 1 日 .

IKEM. “地方简介: 德国 路萨提亚 (Regional profile: Lusatia, Germany).” 2020 年 7 月 . <https://justtransition.ikem.de/wp-content/uploads/2020/07/IKEM-Lusatia-Regional-Profile.pdf>. 引用日期: 2022 年 10 月 2 日 .

Irimie Sabina. “概况介绍: 从矿区到度假宝地德国的“路萨提亚湖区” (Factsheet: From mining to dream vacation “Lusatian Lake District”, Germany).” 2019 年 9 月 . [https://tracer-h2020.eu/wp-content/uploads/2020/02/11-TRACER\\_D2.4-Good\\_Practice\\_From-Mining-to-Dream-Vacation\\_Lusatia-Germany.pdf](https://tracer-h2020.eu/wp-content/uploads/2020/02/11-TRACER_D2.4-Good_Practice_From-Mining-to-Dream-Vacation_Lusatia-Germany.pdf). 引用日期: 2022 年 10 月 1 日 .

Jesse Scott, Nga Ngo Thuy, Philipp Litz 等. “竞拍机制如何助力德国退煤 (Coal Phase-Out in Germany: The Role of Coal Exit Auctions).” 2022 年 5 月 . Agora Energiewende. <https://www.agora-energiewende.de/en/publications/coal-phase-out-in-germany/>. 引用日期: 2022 年 9 月 20 日 .

Kiese Matthias. 在知识经济中优化升级。鲁尔区能否摆脱其锈迹? (Levelling Up in the Knowledge Economy: Can the Ruhr Shake off its Rust?) . 2021 年 4 月 16 日 . <https://blog.geographydirections.com/2021/04/16/levelling-up-in-the-knowledge-economy-can-the-ruhr-shake-off-its-rust/>. 引用日期: 2022 年 10 月 3 日 .

Kitsikopoulos Dimitris. 掌握在群众手中的能源: 一个来自德国的例子 (Energy in the hands of citizens. An example from Germany) . 2022 年 2 月 6 日 . <https://gr.boell.org/en/2020/02/06/energy-hands-citizens-example-germany-transition-collective-models-energy-production>. 引用日期: 2022 年 9 月 24 日 .

Kohlenstatistik. “煤炭行业的统计数据 (Statistik der kohlenwirtschaft).” <https://kohlenstatistik.de/>. 引用日期: 2022 年 10 月 2 日 .

Lausitzer Seenland. 路萨提亚湖区 (Lausitzer Seenland) . <https://www.lausitzerseenland.de/>. 引用日期: 2022 年 10 月 2 日 .

Leipprand Anna 和 Flachslund Christian. “能源转型中的政权不稳定: 德国关于煤炭未来的辩论.” Energy Research & Social Science (2018) : 190-204. <https://sci-hub.wf/10.1016/j.erss.2018.02.004>.

Oei Pao-Yu, Brauers Hanna 和 Herpich Philipp. “德国淘汰硬煤开采的教训：1950 年至 2018 年的政策和转型（Lessons from Germany’ s hard coal mining phaseout: policies and transition from 1950 to 2018）.” *Climate Policy*（2020）：963-979. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/14693062.2019.1688636?needAccess=true>.

Regional Verband Ruhr. 2022 年 10 月：鲁尔大都会区失业率再度轻微下降（Oktober 2022: Arbeitslosigkeit in der Metropole Ruhr Erneut Leicht Rückläufig）. 2022 年 11 月 2 日 . <https://www.rvr.ruhr/daten-digitales/regionalstatistik/news-detail-regionalstatistik/news/oktober-2022-arbeitslosigkeit-in-der-metropole-ruhr-erneut-leicht-ruecklaeufig/>. 引用日期：2022 年 11 月 4 日 .

Reitzenstein Alexander, 以及其他人士. 煤炭地区的结构性变化作为经济和社会生态转型的过程——从德国结构变化过程中吸取的教训（Structural change in coal regions as a process of economic and social-ecological transition – Lessons learnt from structural change processes in Germany）. Dessau-Roßlau: 2011 年 11 月 . [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-01-04\\_cc\\_33-2021\\_lessons\\_learnt\\_from\\_structural\\_change\\_processes.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-01-04_cc_33-2021_lessons_learnt_from_structural_change_processes.pdf).

Rietschel Felix. “路萨提亚结构性变化——在欧洲少数民族政策下为索布族群人民赋权（Structural Change in Lusatia - The Empowerment of the Sorbian Population in the Context of European Minority Policies）.” 2021 年 3 月 12 日 . <https://www.serbski-institut.de/wp-content/uploads/2021/10/Felix-Rietschel-Master-Thesis-signed.4846.pdf>. 引用日期：2022 年 10 月 2 日 .

Rudgalwis Norman. 学习之城格尔森基兴是什么？（Was ist die “Learning City Gelsenkirchen”？）. 2017 年 11 月 29 日 . <https://baukultur.nrw/artikel/was-ist-die-learning-city-gelsenkirchen/>. 引用日期：2022 年 10 月 2 日 .

Schlepphorst Rainer, Rademacher Anne 和 Knoche Dirk. “路萨提亚能源领域研究与创新战略（Research & Innovation strategy in the field of energy for Lusatia）.” 2022. [https://tracer-h2020.eu/wp-content/uploads/2021/09/TRACER-D6.2-3\\_RI-Strategy\\_GE\\_Lusatia.pdf](https://tracer-h2020.eu/wp-content/uploads/2021/09/TRACER-D6.2-3_RI-Strategy_GE_Lusatia.pdf).

Statista. 德国：2021 年分行业 GDP 占比（Germany: Share of economic sectors in gross domestic product（GDP）in 2021）. 2022 年 3 月 23 日 . <https://www.statista.com/statistics/295519/germany-share-of-economic-sectors-in-gross-domestic-product/>. 引用日期：2022 年 9 月 23 日 .

Sullivan Paul. 德国东部的老旧矿区改造成新湖区（East Germany’ s old mines transformed into new lake district）. 2016 年 9 月 17 日 . <https://www.theguardian.com/travel/2016/sep/17/lusatian-lake-district-project-east-germany>. 引用日期：2022 年 10 月 2 日 .

Thuncke Nadine. 格尔森基兴——一座学习型城市（Gelsenkirchen - A Learning City）. <https://www.bne-portal.de/bne/en/gelsenkirchen-a-learning-city.html>. 2022 年 10 月 2 日 .

UNESCO. 德国 格尔森基兴（Gelsenkirchen, Germany）. 2017 年 8 月 3 日 . <https://preprod.uil.unesco.org/case-study/gnlg/gelsenkirchen>. 引用日期：2022 年 10 月 3 日 .

一. 德国 格尔森基兴 (Gelsenkirchen, Germany). 2017. <https://uil.unesco.org/city/gelsenkirchen>. 引用日期: 2022 年 10 月 2 日.

城市转型联盟 (Urban Transitions Alliance). 工业遗留问题 (Industrial Legacy). [https://urbantransitions.org/portfolio/gelsenkirchen-germany/#link\\_tab-1392158730638-3-10](https://urbantransitions.org/portfolio/gelsenkirchen-germany/#link_tab-1392158730638-3-10). 引用日期: 2022 年 10 月 2 日.

德国合作社与莱菲森联合会 (DGRV). “德国能源合作社, 2022 年度报告 (Energy Cooperatives in Germany: State of the Sector 2022 Report).” 2022. DGRV. [https://www.dgrv.de/wp-content/uploads/2022/07/DGRV\\_Survey\\_EnergyCooperatives\\_2022.pdf](https://www.dgrv.de/wp-content/uploads/2022/07/DGRV_Survey_EnergyCooperatives_2022.pdf). 引用日期: 2022 年 10 月 1 日.

德国联邦经济事务和能源部 (BMWi). “Commission on Growth, Structural Change and Employment.” 2019. [https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Publikationen/commission-on-growth-structural-change-and-employment.pdf?\\_\\_blob=publication-File&v=3](https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Publikationen/commission-on-growth-structural-change-and-employment.pdf?__blob=publication-File&v=3). 引用日期: 2022 年 10 月 1 日.

德国联邦能源与水利协会 (BEDW). “2021 能源供应年度报告 (Die Energieversorgung 2021 Jahresbericht).” 2022 年 6 月 14 日. 德国联邦能源与水利协会. [https://www.bdew.de/media/documents/Jahresbericht\\_2021\\_UPDATE\\_Juni\\_2022.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/Jahresbericht_2021_UPDATE_Juni_2022.pdf). 引用日期: 2022 年 9 月 7 日.

德国联邦数据统计办公室 (Statistisches Bundesamt). 失业率数据. 2022 年 10 月. <https://www.destatis.de/EN/Themes/Labour/Labour-Market/Unemployment/Tables/press-month2.html;jsessionid=CCE6A490742AFE2B890700391C326C6E.live721>. 引用日期: 2022 年 10 月 4 日.

德国联邦网络局 (Bundersnetzagentur). 第六轮退煤竞拍结果 (Ergebnisse der sechsten Ausschreibung zum Kohleausstieg). 2022 年 10 月 14 日. [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2022/20221014\\_Kohleausschreibung.html](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2022/20221014_Kohleausschreibung.html). 引用日期: 2022 年 10 月 25 日

德国能源平衡工作组协会. “一次能源消费 (Primary Energy Consumption).” 2022 年 8 月 2 日. AG Energiebilanzen (AGEB). <https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2022/11/PEVQ13Druck.xlsx>. 引用日期: 2022 年 10 月 13 日.

国家统计局. 中华人民共和国 2021 年国民经济和社会发展统计公报. 2022 年 2 月 28 日. [http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202202/t20220227\\_1827960.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202202/t20220227_1827960.html). 引用日期: 2022 年 6 月 28 日.

国务院新闻办公室. 山西举行 2021 年生态环境状况新闻发布会. 2022 年 5 月 31 日. <http://www.scio.gov.cn/xwfbh/gssxwfbh/xwfbh/shanxi/Document/1725766/1725766.htm>. 引用日期: 2022 年 8 月 7 日.

华夏能源网. 光伏“整县推进”扭曲变形, 大量民营企业主被逼到死亡边缘……. 2022 年 8 月 16 日. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1741282595191041803&wfr=spider&for=pc>. 引用日期: 2022 年 10 月 2 日.

林丽雪, 张润. 图说能源 | 退煤怎么搞? 德国反向竞拍机制告诉你 (中). 2022 年 7 月 6 日. <https://mp.weixin.qq.com/s/ZmpS7BHOZb45p71NlU4pSA>. 引用日期: 2022 年 10 月 4 日.

图说能源 | 退煤怎么搞? 德国反向竞拍机制告诉你 (下). 2022 年 7 月 13 日. <https://mp.weixin.qq.com/s/30tHoaQ-hOfdyzhzWX7pwQ>. 引用日期: 2022 年 10 月 4 日.

路萨提亚经济区 (Wirtschafts Region Lausitz). “路萨提亚 2050 发展战略 (Lusatia 2050 Development Strategy).” Wirtschafts Region Lausitz. [https://zw-lausitz.de/fileadmin/user\\_upload/ews-kurzfassung-en.pdf](https://zw-lausitz.de/fileadmin/user_upload/ews-kurzfassung-en.pdf). 引用日期: 2022 年 10 月 1 日.

路萨提亚投资网. “卢萨提亚地区正在起飞——从燃煤电厂到氢能驱动喷气发动机 (Lusatia region taking off – from coal-fired power plants to H2-powered jet engines).” 2021 年 5 月. Lusatia Your business location. [https://www.ecos.eu/files/content/veranstaltungen/Lausitz/PPT\\_2021\\_Lusatia%20region.pdf](https://www.ecos.eu/files/content/veranstaltungen/Lausitz/PPT_2021_Lusatia%20region.pdf). 引用日期: 2022 年 10 月 1 日.

一. “前途光明、蓬勃发展的经济区 A Booming Economic Region with a Bright Future.” 2018 年 1 月. Lusatia Your business location. [https://www.lausitz-invest.de/sites/default/files/2020-05/Lusatia\\_A\\_Booming\\_Economic\\_Region\\_with\\_a\\_Bright\\_Future.pdf](https://www.lausitz-invest.de/sites/default/files/2020-05/Lusatia_A_Booming_Economic_Region_with_a_Bright_Future.pdf). 引用日期: 2022 年 10 月 1 日.

路萨提亚与德国中部矿业管理公司 (LMBV). Das Unternehmen LMBV. <https://www.lmbv.de/unternehmen/ueberblick-unternehmen/>. 引用日期: 2022 年 10 月 2 日.

一. LMBV 的任务 (Aufgaben der LMBV). <https://www.lmbv.de/aufgaben/ueberblick-aufgaben/>. 引用日期: 2022 年 10 月 1 日.

一. 露天矿坑湖泊 (Tagebauseen). <https://www.lmbv.de/aufgaben/nachnutzung/tagebauseen/>. 引用日期: 2022 年 10 月 1 日.

一. 再利用 (Nachnutzung). <https://www.lmbv.de/aufgaben/nachnutzung/>. 引用日期: 2022 年 10 月 1 日.

山西科城环保产业协同创新研究院 (Coshare Environment). 山西能源发展史. 太原, 2021.

山西省发改委. “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.” 2021 年 3 月. 山西省发改委. <http://www.epglobe.com/145/shanxi.pdf>. 引用日期: 2022 年 10 月 1 日.

山西省国资委. 山西省国资委监管企业名录. <http://gzw.shanxi.gov.cn/jgqym/>. 引用日期: 2022 年 11 月 15 日.

山西省能源局. 全省生产煤矿生产能力公告. 2022 年 3 月 11 日. [http://nyj.shanxi.gov.cn/zfxx-gk/fdzdgknr/snyjwj/gg/202203/t20220311\\_5333768.html](http://nyj.shanxi.gov.cn/zfxx-gk/fdzdgknr/snyjwj/gg/202203/t20220311_5333768.html). 引用日期: 2022 年 6 月 24 日.

山西省统计局. 2020 年山西省科技经费投入统计公报. 2021 年 10 月 20 日. [http://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjgb/202110/t20211021\\_2776177.shtml](http://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjgb/202110/t20211021_2776177.shtml). 引用日期: 2022 年 8 月 3 日.

一. 山西省 2019 年国民经济和社会发展统计公报. 2020 年 3 月 9 日. [http://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjgb/202003/t20200309\\_729354.shtml](http://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjgb/202003/t20200309_729354.shtml). 引用日期: 2022 年 6 月 27 日.

一. 山西省 2020 年国民经济和社会发展统计公报 . 2021 年 3 月 19 日 . [http://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjgb/202103/t20210318\\_729368.shtml](http://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjgb/202103/t20210318_729368.shtml). 引用日期: 2022 年 6 月 27 日 .

一. 山西省 2021 年国民经济和社会发展统计公报 . 2022 年 3 月 21 日 . [http://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjgb/202203/t20220318\\_5450337.shtml](http://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjgb/202203/t20220318_5450337.shtml). 引用日期: 2022 年 6 月 27 日 .

一. “山西统计年鉴 2021.” 2021 年 12 月 3 日 . 山西省统计局 . <http://tjj.shanxi.gov.cn/tjsj/tjnj/nj2021/zk/indexch.htm>. 引用日期: 2022 年 10 月 15 日 .

涂建军 . “减排需先过 “能源统计关” .” 能源 (2012) : 72-73.

王君 . “山西资源型经济转型发展历程回顾 .” 现代工业经济和信息化 (2021) : 1-4+11. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDLAST2021&filename=XDGY202105001&uniplatform=NZKPT&v=e-g13xB97B5xe-YQkN9I5WDammuc-S5OhvkH-JLXuipdF4fq9j2vsxMiY0E1fwFQy>.

杨舟 . 图说能源 | 退煤怎么搞? 德国反向竞拍机制告诉你 (上篇) . 2022 年 6 月 15 日 . [https://mp.weixin.qq.com/s/u1Vj6rBRhOGgD\\_uFT9gwbQ](https://mp.weixin.qq.com/s/u1Vj6rBRhOGgD_uFT9gwbQ). 引用日期: 2022 年 10 月 3 日 .

中国储能网新闻中心 . 光伏 “整县推进” 的 “尴尬” 与 “困境” . 2022 年 8 月 29 日 . <http://cesc.escn.com.cn/news/show-1460449.html>. 引用日期: 2022 年 10 月 4 日 .

中国电力企业联合会 . 2021 年全国电力工业统计快报一览表 . 北京 , 2022.

中国煤炭工业协会 . “2021 煤炭行业发展年度报告 .” 2022 年 3 月 . 中国煤炭工业协会 . <http://www.coalchina.org.cn/uploadfile/2022/0330/20220330101509904.pdf>. 引用日期: 2022 年 6 月 27 日 .

中国中央人民政府 . 国务院关于支持山西省进一步深化改革 . 2017 年 9 月 11 日 . [http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-09/11/content\\_5224274.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-09/11/content_5224274.htm). 引用日期: 2022 年 8 月 14 日 .

[www.energypartnership.cn](http://www.energypartnership.cn)

网站



微信



中德能源合作

微信



Agora能源转型论坛