

山西省“十四五”煤炭消费总量控制 政策研究

碳达峰与环境空气质量改善双目标下的山西减煤路径



太原理工大学环保产业创新研究院
TAIYUAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY INNOVATION INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL INDUSTRY



山西科城环保产业协同创新研究院
COSHARE ENVIRONMENT



自然资源保护协会
NATURAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL

中国煤炭消费总量控制方案和政策研究 (煤控研究项目)

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



自然资源保护协会 (NRDC) 是一家国际公益环保组织，成立于 1970 年。NRDC 拥有 600 多名员工，以科学、法律、政策方面的专家为主力。NRDC 自上个世纪九十年代中起在中国开展环保工作，中国项目现有成员 30 多名。NRDC 主要通过开展政策研究，介绍和展示最佳实践，以及提供专业支持等方式，促进中国的绿色发展、循环发展和低碳发展。请访问网站了解更多详情 <http://www.nrdc.cn/>



山西科城环保产业协同创新研究院是一家独立的绿色发展研究机构 and 协同创新平台，围绕低碳及能源清洁化、污染源管理及治理、废物资源化与无害化、生态环境保护 and 修复以及公众环境教育等开展研究，从政策、技术、能力及战略等角度提出绿色解决方案，链接创新资源，致力于建成山西最具影响力、竞争力的绿色发展战略咨询与技术、产品研发机构。



太原理工大学环保产业创新研究院
TAIYUAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY INNOVATION INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL INDUSTRY

太原理工大学环保产业创新研究院是依托高校人才、学科优势组建的产学研合作平台，聚焦基础产业绿色发展需求，开展煤炭、煤层气、焦化、冶金、化工等重点行业环境系统治理和污染控制关键技术研发；面向黄河流域生态保护和高质量发展战略，开展流域生态修复治理理论与技术研究；围绕构建生态文明制度体系，开展生态环保法规、标准、规划与战略研究，服务山西省高质量转型发展。

煤控研究报告

- 《山西省“十四五”煤炭消费总量控制政策研究》
- 《“十四五”电力行业煤炭消费控制政策研究》
- 《新冠疫情后的中国电力战略路径抉择：煤电还是电力新基建》
- 《中国散煤综合治理研究报告 2020》
- 《“十三五”时期重点部门煤控中期评估及后期展望》
- 《“十三五”电力煤控中期评估与后期展望》
- 《中国煤控项目“十三五”中期评估与后期展望研究报告》
- 《中国实现全球 1.5℃ 目标下的能源排放情景研究》
- 《持续推进电力改革 提高可再生能源消纳执行报告》
- 《2012 煤炭的真实成本》

请访问网站了解更多详情 <http://www.nrdc.cn/>

煤控研究项目系列报告

山西省“十四五”煤炭消费总量控制政策研究

碳达峰与环境空气质量改善双目标下的山西减煤路径

太原理工大学环保产业创新研究院

山西科城环保产业协同创新研究院

自然资源保护协会（NRDC）

2021年7月

目录

执行摘要	I
前言	9
1. 山西省煤炭消费现状	10
1.1 能源和煤炭消费基本情况	
1.2 “十三五” 煤炭消费增长原因分析	
2. “十四五” 期间山西煤炭消费总量控制目标	19
2.1 碳达峰约束下的目标探讨	
2.2 环境空气质量约束下的目标探讨	
2.3 煤炭消费总量控制目标建议	
3. “十四五” 时期山西减煤路径	34
3.1 以低碳发展为引领, 加快产业调整力度及深度	
3.2 以提升能效为根本, 紧抓基础行业绿色转型	
3.3 以能源结构优化为突破, 促进能源生产系统性变革	
3.4 以统筹民生和环境为导向, 持续推进散煤治理	

4. 重点行业减煤措施	38
4.1 煤电	
4.2 焦化	
4.3 钢铁	
5. 建议	44
5.1 强化顶层设计，科学确定2025年煤炭消费总量控制目标	
5.2 实施区域差异化管控，提高煤炭减量替代精准性和有效性	
5.3 充分发挥市场调节作用，建立和完善市场化的调控机制	
5.4 强化煤炭消费总量控制的政策和体制机制建设、保障能力	
结语	47
参考文献	48

执行摘要

“十三五”以来，国家对于煤炭消费总量控制的要求趋严。山西太原、长治等 8 个城市先后被纳入全国煤炭消费总量控制重点地区，但是据相关通报，部分城市在过去五年中煤炭消费量不降反增。截至 2019 年，山西煤炭消费总量约 3.5 亿吨（实物量，下同），较 2015 年累计增长 6391 万吨。另一方面，生态环境部通报 2020 年全国重点城市空气质量排名后 20 位中，山西有 5 个城市上榜。控煤降污的形势不容乐观。

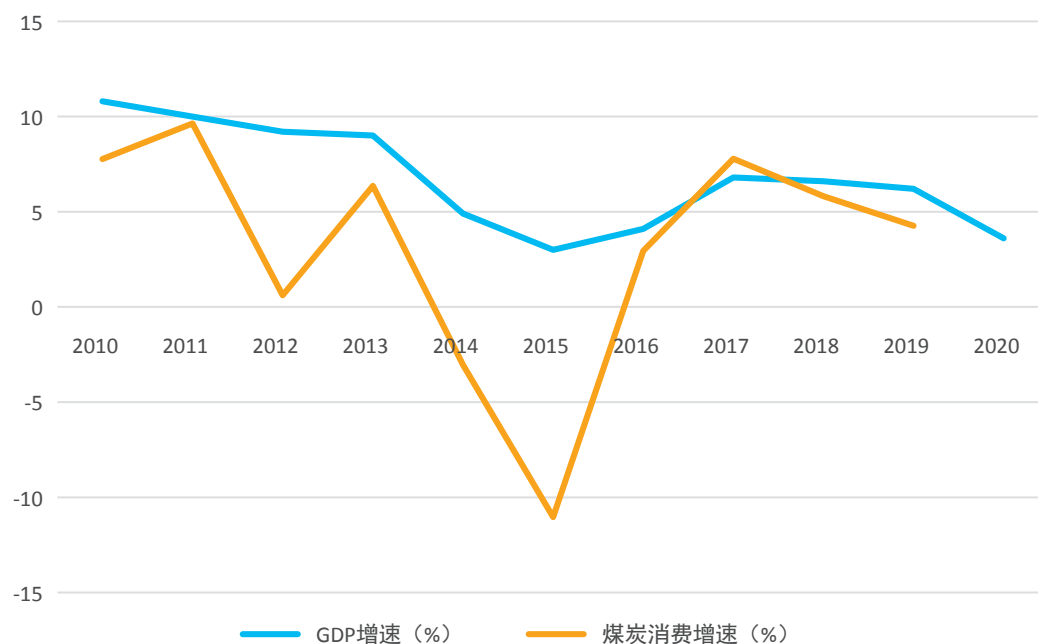
随着碳达峰、碳中和“30·60”目标的提出，“十四五”期间我国将严控煤炭消费增长，“十五五”时期逐步减少煤炭消费。山西作为煤炭大省和全国重要能源基地，优化能源消费结构，控制煤炭消费总量，降低碳排放强度，成为山西高质量转型发展和碳达峰目标、碳中和愿景实现的关键。

“十四五”时期是山西“转型出雏型”的关键期、“美丽山西”建设的攻坚期，“碳达峰碳中和”的窗口期。本报告力求从碳达峰、环境空气质量改善等角度，探讨山西省合理的煤炭消费中长期目标及实现路径。

山西省“十三五”期间煤炭消费增长的原因

- 经济增长尚未与煤炭消费脱钩

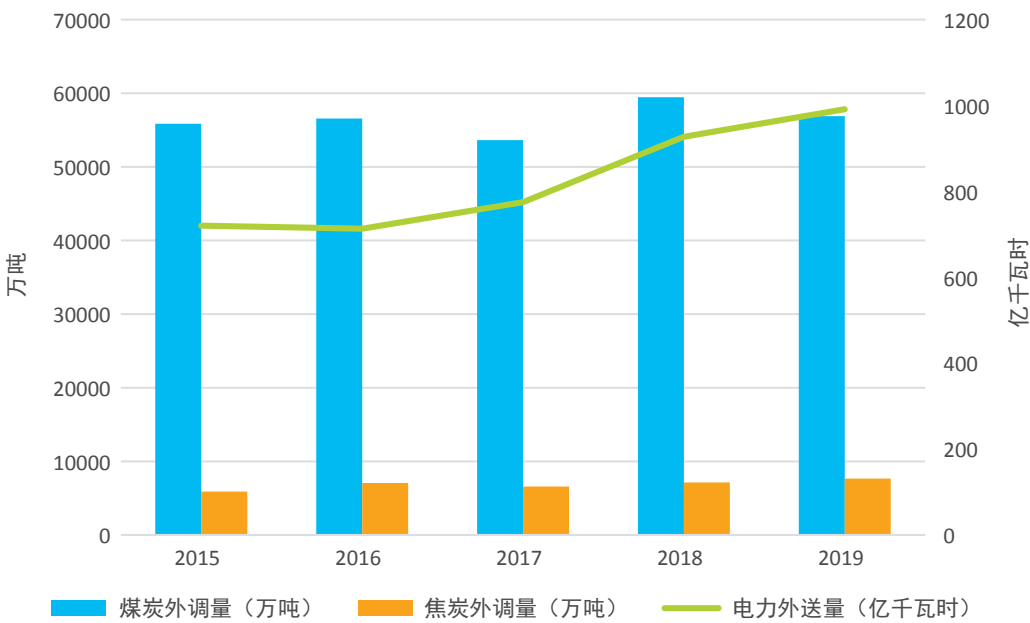
山西省 GDP 增速和煤炭消费增速波动整体趋同，经济发展与煤炭消费仍未脱钩。煤炭、焦化、钢铁、有色、电力、化工、建材 7 个行业仍是全省经济社会发展支柱产业，对全省经济贡献的比重仍保持在 28% 左右。在战略新兴产业和新能源发展尚未具备支撑能力，经济社会发展对耗煤产业依赖依旧存在的现实情况下，经济增长必然带动煤炭消费需求增长。



山西省 GDP 增速与煤炭消费增速

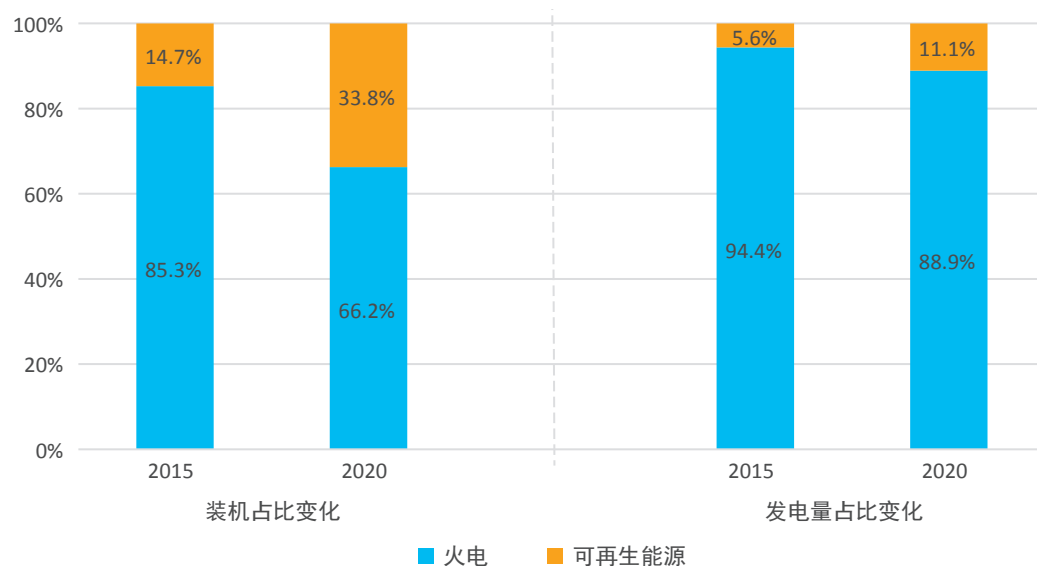
- 外省对山西煤炭、焦炭和煤电的需求居高不下

山西省煤炭消费高度集中于电力、焦化、冶金、煤炭等支柱产业，除满足省内需求外，部分用于输出。2019 年，约 58% 的煤炭、79% 的焦炭和 30% 的煤电用于外调，较 2015 年分别上升了 2%、30% 和 38%。初步估算，山西每年约有三分之一的煤炭消费用于外输电力和焦炭生产，外送需求的增加进一步增加了全省减煤压力。



2015 年 -2019 年山西省煤炭、焦炭、电力外调量增长情况

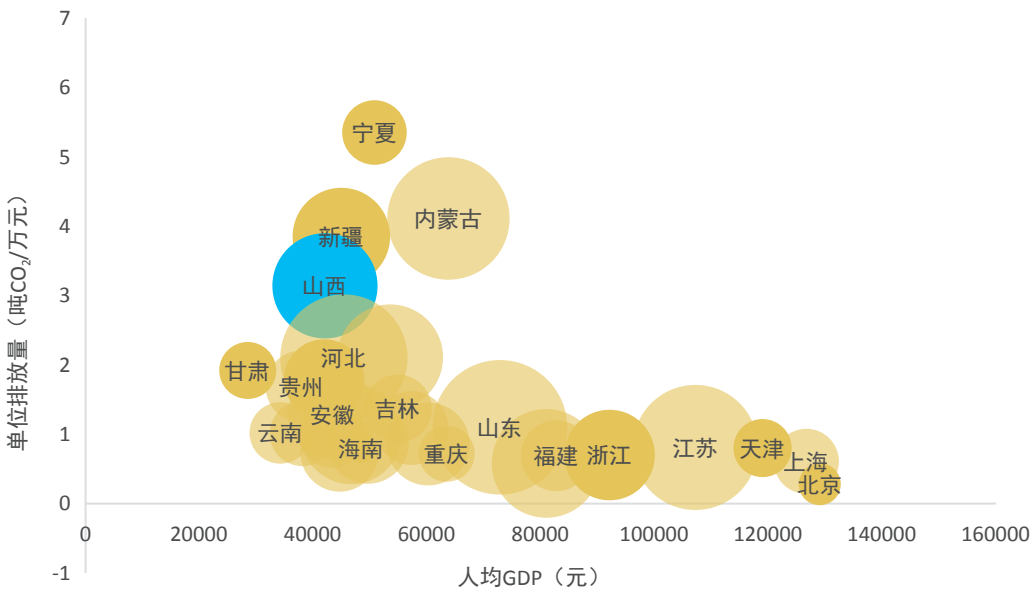
- 前期已批耗煤项目投产带动煤炭消费增加
山西省重点区域煤炭消费总量控制工作于 2017 年启动，之前山西省并未要求新、改、扩建项目新增煤炭消费实施减量或等量替代。因此，随着“十二五”、“十三五”前期已审批的或停缓建耗煤项目的投产，各地区新入统煤炭消费增加难以避免。
- 可再生能源短期内无法满足新增用能需求
2015-2020 年，山西可再生能源装机比重从 14.7% 增长至 33.8%，可再生能源发电量比重从 5.6% 增长至 11%。但是，2020 年可再生能源新增发电量占全社会新增用电需求的比重仅约为 55%。现有的可再生能源装机规模尚不能满足经济社会发展带来的新增用电需求。



2015 年、2020 年山西省可再生能源装机及发电量占比变化情况

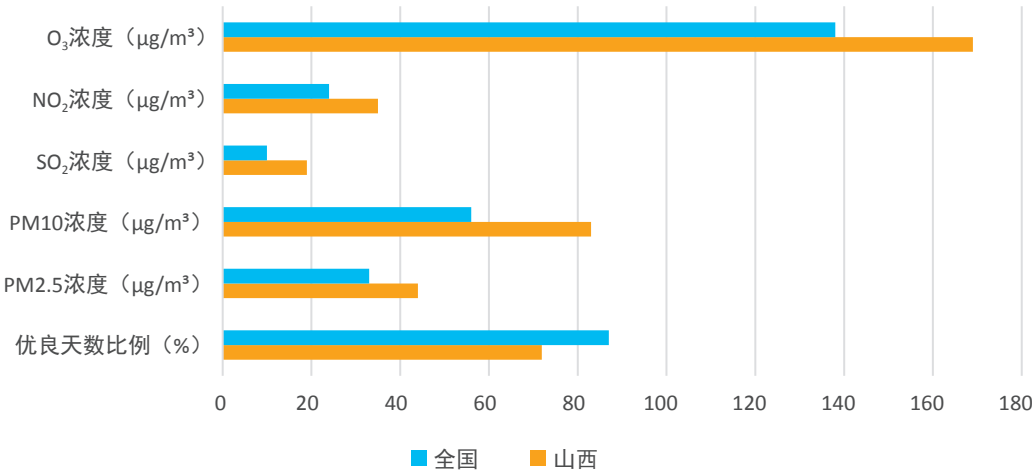
山西省“十四五”期间减煤的形势和目标

山西省经济发展相对滞后，2020 年人均 GDP 位居全国 26 位。但是，全省能源消费二氧化碳排放总量位居全国第七，人均碳排放量和万元单位 GDP（现价）碳排放强度位居全国第四。经济落后于山西的省区，如云南和贵州，其二氧化碳排放强度和总量都远远低于山西；另一方面，除了宁夏、内蒙古和新疆，经济发展水平领先于山西的省区，碳排放强度也低于山西。山西要实现碳达峰、碳中和目标将面临严峻的挑战。



山西 2017 年碳排放情况（气泡大小代表碳排放总量多少，课题组估算）

2020 年，全省主要大气污染物 PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、O₃ 浓度分别高出全国平均水平 11 μg/m³、27 μg/m³、9 μg/m³、11 μg/m³、31 μg/m³。全国重点城市空气质量排名后 20 位中山西有太原市、临汾市、运城市、阳泉市和晋城市 5 个城市，大气污染治理形势仍然严峻。



2020 年山西与全国空气质量对比

山西作为全国能源供应基地和欠发达区域，“十四五”期间在满足经济社会发展需求和支撑全国能源供应安全保障的前提下，同时面临应对气候变化和环境空气质量持续改善的双重压力。本课题从碳达峰约束和环境空气质量约束两个维度探讨“十四五”煤炭消费情况。

山西省“十四五”煤炭消费判断

约束条件	情景设置	2025 年煤控目标
碳达峰约束	基准情景：不考虑达峰	3.9 亿吨
	煤控情景：2028 年左右达峰	3.6 亿吨
	强化煤控情景：2025 左右达峰	3.4 亿吨
环境空气质量约束	基准情景：2030 年全省 $PM_{2.5}$ 浓度实现达标	3.4 亿吨
	煤控情景：2025-2030 年中期全省 $PM_{2.5}$ 浓度实现达标	3.2 亿吨

为确保同时满足碳达峰和环境空气质量改善需求，根据研究结果以及山西煤炭消费实际情况，建议山西省 2025 年煤炭消费总量控制在 3.2-3.4 亿吨，相较于 2019 年需削减 1000-3000 万吨。

若按照 2025 年煤炭消费低于 3.3 亿吨，较 2019 年削减 2000 万吨的目标考虑，结合各市经济、产业、能源和环境特征，建议 11 市煤控目标执行等级如下：

山西省 11 市煤控目标建议值

区域	目标等级	2025 年较 2019 年累计下降率
大同、朔州、忻州	低	4%
晋城、运城、阳泉	中	5%
太原、晋中、临汾、长治、吕梁	高	6%
全省		5%-6%

“十四五”期间山西减煤路径

山西目前面临产业偏重、能源消费偏煤、能效偏低等问题，为有效推进“十四五”期间山西减煤工作，课题组建议从以下四条途径考虑：

1. 以低碳发展为引领，加快产业调整力度及深度。重点聚焦“转型出雏型”目标，充分利用山西在黄河流域高质量发展、京津冀协同发展、环渤海地区合作发展等国家重大战略中的作用，考虑向“现代文旅、数字经济、电子信息、节能环保、康养、生物制药、智慧农业”等产业转型，促进结构性减煤。
2. 以能效提升根本，紧抓基础行业绿色转型。进一步淘汰落后产能，严格控制高耗能产业新增产能和高耗能项目建设，加快产业结构转型升级；加大对传统产业的全面改造，实现节能提效，确保钢铁、水泥、化工、建材等行业率先实现煤炭消费和能源消费碳排放达峰；深入推进电能对终端化石能源的替代，加快推进需求侧全面实施电气化，同时积极发展绿色建筑，对学校、医院等公共建筑以及农村建筑深入节能改造。
3. 以能源结构优化为突破，促进能源生产系统性变革。推进可再生能源发展模式变革，促进大规模集中利用与分布式生产、就地消纳有机结合，推进光伏、风电、生物质能、地热能等能源系统的分布式应用，重点解决制约可再生能源开发建设的问题；发挥山西煤层气优势，突破非常规天然气开发技术瓶颈和解决市场消纳问题，建设国家非常规天然气基地；深度挖掘余热余压余气资源；加大氢能制储技术创新力度，以绿氢为导向布局，发展氢能产业。
4. 以统筹民生和环境为导向，持续推进散煤治理。工业领域积极推广集中供气供热或建设清洁低碳能源中心，替代工业炉窑燃料用煤；民用领域将集中供热作为主要任务和根本措施，重点优化清洁取暖改造路径，创新商业模式，并实现精准补贴。

重点耗煤行业减煤举措

煤电、焦化是山西煤炭消费或碳排放的关键行业，针对这两个行业分别提出具体的减煤措施：

1. 煤电行业

山西省需加快完成落后煤电机组的淘汰，同时加强对现有“煤电 + 特高压”资源的利用，合理控制外送电规模，严控煤电新增产能，建议山西省 2025 年煤电装机控制在 7000 万千瓦左右。

对 30 万千瓦及以上燃煤发电机组实施综合性提效改造，提高入炉煤品质，优化电量结构和调整运行方式，深挖供热供气潜力，促进“十四五”期间供电煤耗累计下降 8-10 克标准煤 / 千瓦时。发挥市场机制作用，加快推进煤电角色转变，由传统提供电力、电量

的主体性电源，向提供可靠电力、调峰调频能力的基础性电源转变。探讨煤电退出机制，对提前退役机组设定合理关停补偿标准，鼓励企业灵活选择折旧方式，对老旧煤电机组退出给予一定补偿，对灵活性改造和战略备用机组建立容量电价机制。

2. 焦化行业

目前，影响焦化行业煤炭消费的主要因素为焦炭产量和吨焦煤耗，焦炭产量因为受到市场需求、产业政策、资源储备等多重因素影响，具有较强的不确定性和不可预测性。吨焦煤耗受炼焦行业工艺流程影响，降低空间有限。为此，焦化行业的煤炭消费总量控制策略从两方面开展，一是控制焦化煤炭消费绝对量，二是从控煤全生命周期角度挖掘焦化节能降耗潜力。建议严格控制焦化产能，实施以煤定产，争取 2025 年产能控制在 1.1 亿吨以内，实施差异化管理，调控焦化产量；推动关键技术创新，降低煤焦比；推动焦炉装备大型化，化产延伸精细化，打造产业集群。

建议

1. 强化顶层设计，科学确定 2025 年煤炭消费总量控制目标

建议明确 2025 年山西省全社会煤炭消费总量控制目标，并将目标分解落实到 11 市、重点用煤行业、重点用煤企业；将煤炭消费总量控制目标或单位 GDP 煤炭消费强度等相关指标纳入山西省国民经济和社会发展规划目标指标体系或能源发展指标体系，从战略规划的角度推动全省煤控工作的开展。建议 2025 年山西省煤炭消费总量控制在 3.3 亿吨以内，煤炭占一次能源消费的比重争取下降 10% 左右。针对重点耗煤行业，2025 年煤电装机控制在 7000 万千瓦左右，焦化产能控制在 1.1 亿吨以下。

2. 实施区域差异化管控，提高煤炭减量替代精准性和有效性

建议“十四五”期间，将 11 市分为三个层次：太原、晋中、临汾、长治、吕梁五市分为一类，执行较高减煤目标；阳泉、晋城、运城三市分为一类，执行中等减煤目标；大同、朔州、忻州三市分为一类，执行相对较低的减煤目标；同时鼓励有条件的地区制定更严格的减量目标。

3. 充分发挥市场调节作用，建立和完善市场化的调控机制

在能源消费总量控制和煤炭消费总量控制的前提下，按照相关标准，为重点耗煤行业和企业制定合理的用能、用煤标准和配额，科学设计符合山西实际、具有山西特点的用能权、用煤权等交易制度，做好用能和用煤指标与碳排放配额在履约方面的衔接。

4. 强化煤炭消费总量控制的政策和体制机制建设、保障能力

切实加强对煤炭消费总量控制工作的组织领导，对各地区煤控工作开展指导、能力建设和监督；出台《山西省用煤项目减量替代办法》，细化用煤项目管理，强化用煤项目审批的约束力；制定更为严格的产能控制政策和能源资源利用标准，严控高耗煤高排放行业发展；实施差别化电价、财税支持、煤炭价格机制、煤层气、供热价格机制、金融等经济政策，鼓励实施煤炭消费压减。

前言

山西作为全国重要的能源基地，基于煤炭工业的发展，形成了以煤为主的产业结构和能源消费结构。近年来，山西努力推动转型发展，但全省经济社会发展与煤炭生产及消费关联依然密切。“十三五”以来，国家对于山西的煤炭消费控制要求逐步趋严，山西有 8 个城市被先后纳入全国煤炭消费总量控制重点地区。2019 年，山西煤炭消费量占全国比重约为 9%，而 GDP 则不到全国的 2%，万元 GDP 煤耗是全国平均值的 4 倍，单位面积煤耗是全国的 5 倍。控制煤炭消费总量，降低碳排放强度，成为山西高质量转型发展的重要研究领域之一。

2020 年第 75 届联合国大会上，习近平主席提出，中国二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。2021 年初，中央财经委员会第九次会议上，习主席强调碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革。2021 年，领导人气候峰会上，习主席进一步提出“十四五”期间将严控煤炭消费增长，“十五五”时期逐步减少。“30·60”目标将从根本上重塑我国经济、产业和能源发展路径。山西作为煤炭生产和消费大省，深化能源革命迫在眉睫，煤炭消费总量控制将成为关键。

2019 年，课题组在自然资源保护协会（NRDC）的支持下启动了山西省“十四五”煤炭消费总量控制研究课题。在研究过程中，课题组力求从碳达峰、环境空气质量改善等角度，探讨山西省合理的煤炭消费总量中长期目标及实现路径。希望研究成果可为山西省能源革命排头兵建设，碳达峰、碳中和工作部署提供科学参考。

课题负责人：李进



山西省煤炭消费现状

作为全国重要的能源基地之一，山西省多年来依靠煤炭工业发展，形成了以煤为主的产业结构和能源消费结构，经济社会发展与煤炭生产、消费关联密切。2019 年，全省工业企业中，煤炭工业贡献了 67% 的税收，44% 的就业岗位；全省 58% 的原煤、79% 的焦炭、30% 的电力输往省外^[1]，为全国提供坚实有力的能源基础保障。

但是，长期高强度的煤炭开采和利用在支撑全省经济社会发展的同时，也给环境空气质量改善、温室气体减排和人群健康水平提升带来较大压力，太原、临汾、晋城等城市环境空气质量长期处于全国后 20 位。“十三五”期间，在“打赢蓝天保卫战”的重要决策部署下，山西省以“调结构、控增量、减存量”为基本原则，推动开展煤炭消费总量控制工作，煤炭消费总体趋势如下：

1.1 能源和煤炭消费基本情况

1. 能源消费呈增长趋势

据统计，2019 年山西能源消费总量达 2.1 亿吨标煤，在全国排第 9 名（不含西藏自治区），占全国能源消费的比重为 4.3%。2015-2019 年，全省能源消费总量逐年增长，累计增长 1475 万吨标煤，年均增速 1.9%，较全国平均增速 2.9% 约低 1 个百分点^{[1][2]}；山西单位 GDP 能耗累计下降 12.9%，与全国累计下降 12.7%^[3] 基本一致。经估算，“十三五”全省能耗双控目标如期完成，能源利用效率得以持续提升。

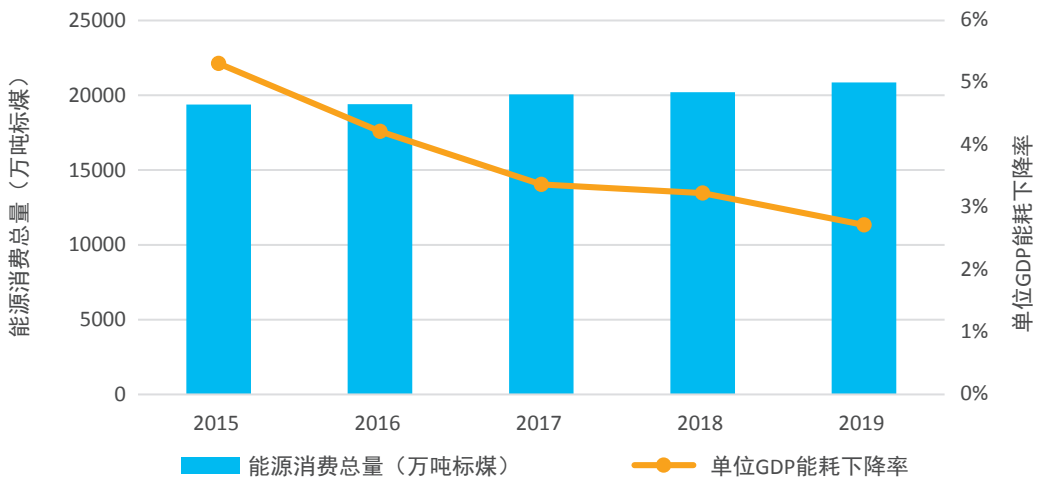


图 1-1 山西省“十三五”能源消费总量、单位 GDP 能耗变化情况

数据来源：山西省统计年鉴 2016-2020

2. 煤炭消费反弹明显

近年来，新能源在满足全国能源消费新增量中扮演着越来越重要的角色，但是在山西，“十三五”期间煤炭消费总量还在逐年增加，在全国排名第三^{[1][2]}，仅次于内蒙古、山东¹。2019年山西全社会煤炭消费总量约3.5亿吨（实物量²），较2015年累计增长6391万吨^[1]。按照前四年的增长趋势判断，2020年全省煤炭消费总量将突破3.6亿吨。

山西煤炭消费趋势与全国同步，均于2013年达到阶段性峰值，随后两年消费量下降，2016年起逐步回升，但山西煤炭消费反弹趋势明显，2019年已突破2013年峰值3.3亿吨。

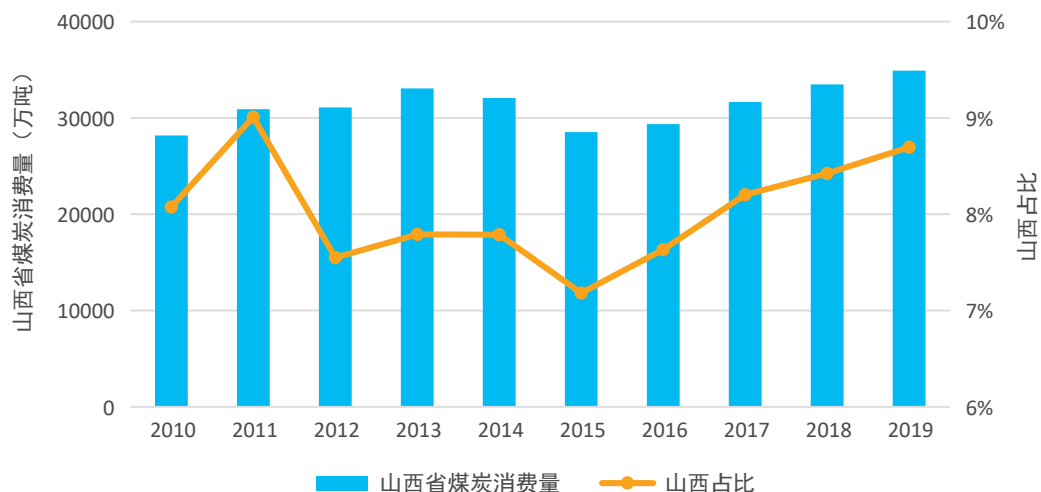


图 1-2 2010-2019 年山西省煤炭消费及全国占比（单位：万吨）

数据来源：国家统计局年鉴、山西统计年鉴

3. 煤炭消费向电力行业逐步集中

2019年，全省电力、炼焦、钢铁、煤炭、化工、有色、建材行业煤炭消费量分别约占全省煤炭消费总量的40%、35%、6%、6%、4%、4%、2%，合计占比97%，其中电力用煤、炼焦用煤合计占比达75%。全省煤炭消费逐步向电力行业集中，电力用煤占比由2015年的32%提升至2019年的40%^[1]。

1 按照2018年数据排名。山西数据来自《山西统计年鉴2020》，不包含煤炭洗选损失。其他省份数据来自《中国统计年鉴2019》。

2 如无特别说明，本文煤炭消费量均为实物量。

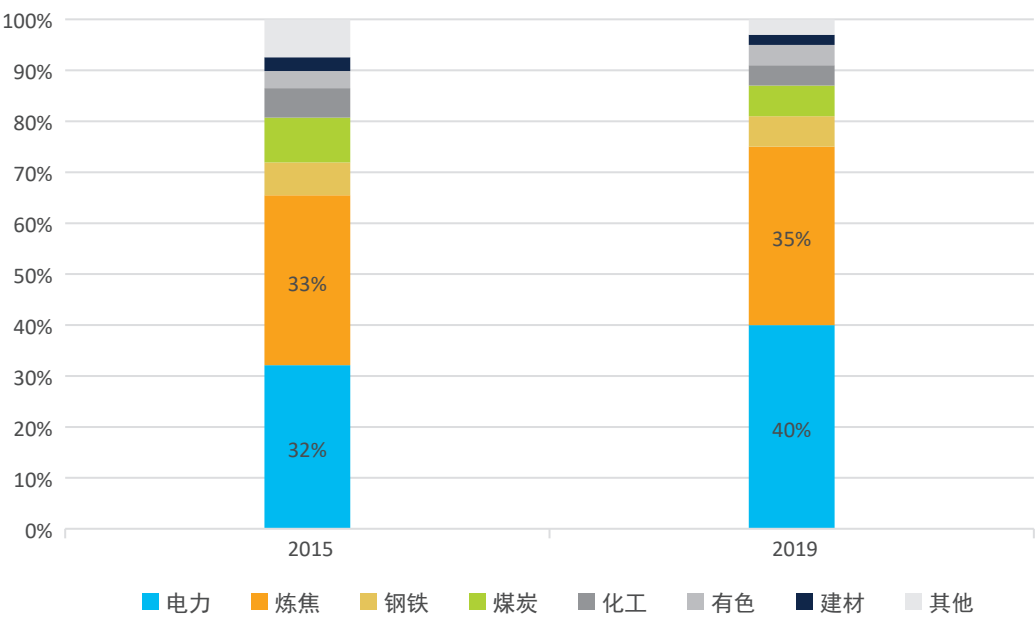


图 1-3 2015 年、2019 年山西省各行业煤炭消费占比（单位：%）

注：其他指全口径下七大重点耗煤行业以外的煤炭消费，包括其他工业行业、建筑业、第一产业、第三产业和人民生活煤炭消费等。
数据来源：山西省统计年鉴 2016、2020

4. 汾渭平原地区为煤炭消费重点区域

依据各市主要耗煤行业电力、焦化、钢铁发展现状，课题组初步估算各市煤炭消费情况如下：汾渭平原四市（晋中、吕梁、临汾、运城）是山西省煤炭消费重点区域，2019 年占全省煤炭消费的比重约 49%；京津冀周边地区四市（太原、长治、晋城、阳泉）消费合计占比约 32%；晋北三市（大同、忻州、朔州）消费合计占比约 20%。与 2015 年相比，三大区域煤炭消费占比基本稳定。

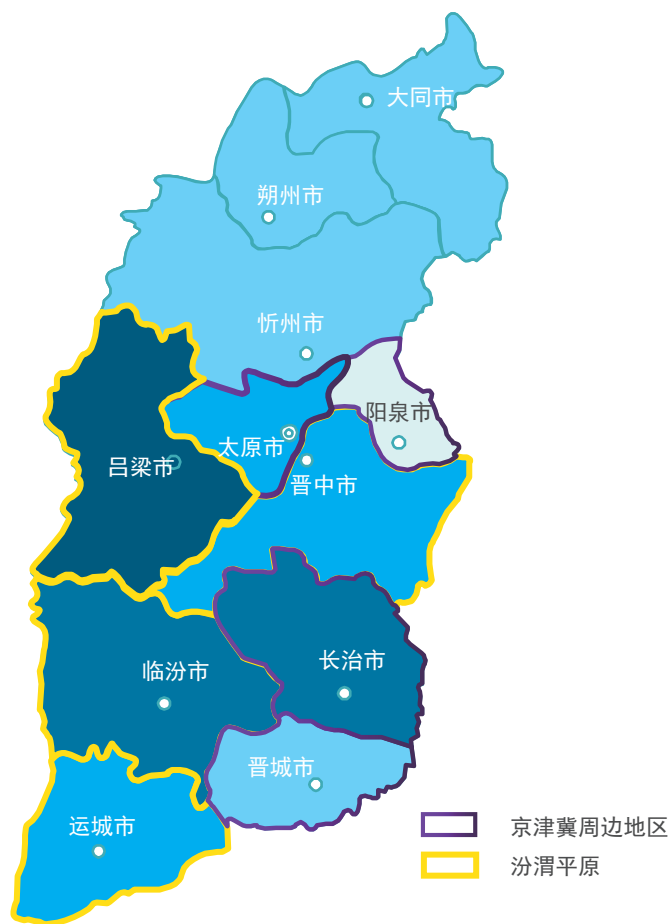


图 1-4 2019 年山西省煤炭消费分布情况

注：色块颜色深浅表示煤炭消费量大小

数据来源：课题组估算

1.2 “十三五”煤炭消费增长原因分析

“十三五”期间，国家未给山西下达全省煤炭消费总量控制指标，仅针对大气污染防治重点区域提出具体要求。根据《中共中央国务院关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》及《打赢蓝天保卫战三年行动计划》，山西省京津冀周边地区太原、长治、晋城、阳泉四市煤炭消费总量需实现负增长，汾渭平原地区吕梁、临汾、晋中、运城四市煤炭消费总量需压减 5%。

据中央第二生态环境保护督察组向山西省反馈“回头看”及专项督察情况，2017年，阳泉、晋城、晋中、长治等地市作为全省大气污染治理重点城市，没有落实煤炭消费总量负增长的要求，四市煤炭消费量不降反升；据《关于重点地区 2019 年度煤炭消费减量替代工作检查结果的公告》（2021 年第 2 号）通报，汾渭平原地区晋中、运城、吕梁三市 2019 年煤炭消费量不降反增，均未达到“十三五”煤炭消费减量目标进度要求。根据相关通报以及各市重点耗煤产品产量分析，山西省重点区域煤炭消费总量控制目标基本未完成。

主要原因及控煤难点如下：

1. 经济复苏驱动煤炭消费需求增长

经济增长是目前驱动山西煤炭消费需求的关键因素，全省 GDP 增速和煤炭消费增速波动整体趋同，经济发展与煤炭消费仍未脱钩。2015-2019 年，全省 GDP 增速由 3% 逐步恢复至 6-7%，重点区域经济增长更为明显，其中吕梁、临汾、运城三市 GDP 增速分别由 2015 年的 -4.7%、0.3%、1.8% 增长至 2019 年的 5.7%、6%、6.4%^[1]。在战略新兴产业和新能源发展尚未具备足够支撑能力、经济社会发展对耗煤产业依赖依旧的现实情况下，经济需求的增加必将导致煤炭消费需求的增长。

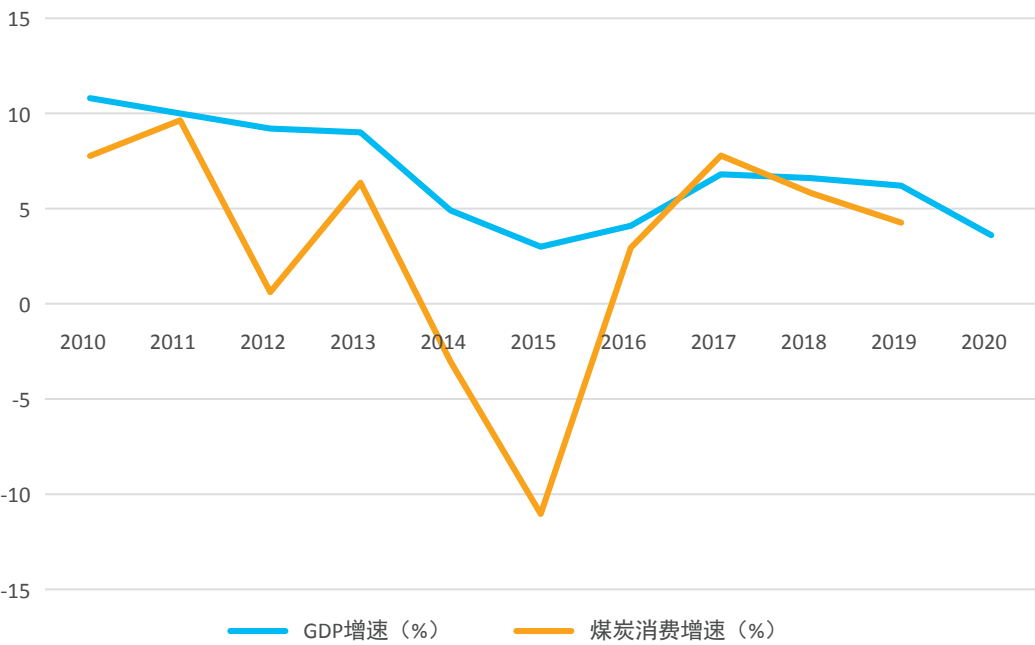


图 1-5 山西省 GDP 增速与煤炭消费增速

数据来源：山西统计年鉴、山西省国民经济和社会发展统计公报

2. 产业结构以煤为主增加减煤难度

山西省煤炭消费高度集中于电力、焦化、冶金、煤炭等支柱产业，增加减煤难度。此外，全省电力、焦化和煤炭生产除满足山西省需求外，部分用于输出。2019 年全省煤炭外调占比约 58%，焦炭约 79%，电力约 30%；与 2015 年相比，外调量分别增长 2%、30%、38%^[1]。初步估算，“十三五”期间每年约有三分之一的煤炭消费用于外输电力和焦炭生产，外送需求的增加进一步增加全省减煤压力。

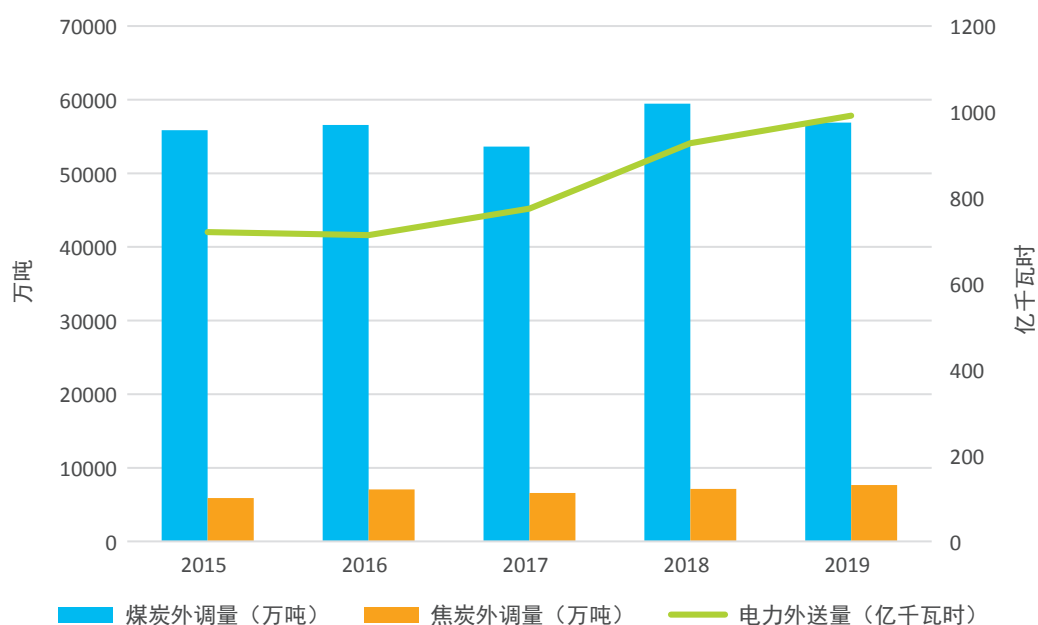


图 1-6 2015-2019 年山西省煤炭、焦炭、电力外调量增长情况

数据来源：山西省统计年鉴，山西省国民经济和社会发展统计公报，山西省统计局网站

3. 前期已批耗煤项目投产带动煤炭消费增加

山西省重点区域煤炭消费总量控制工作于 2017 年启动，之前山西省并未要求新、改、扩建项目新增煤炭消费实施减量或等量替代。因此，随着“十二五”、“十三五”前期已审批的或停缓建耗煤项目的投产，各地区新入统煤炭消费增加。例如，2017 年 9 月孝义市金达煤焦有限公司 1 号焦炉 75 万吨焦化项目投产^[4]；2017 年 12 月山西介休昌盛煤化有限公司 60 万吨焦化项目投产^[4]；2018 年 1 月山西金达煤化工科技有限公司一期 2 号焦炉 150 万吨焦化项目投产^[5]；2018 年 9 月山西古交电厂三期投产^[6]等。

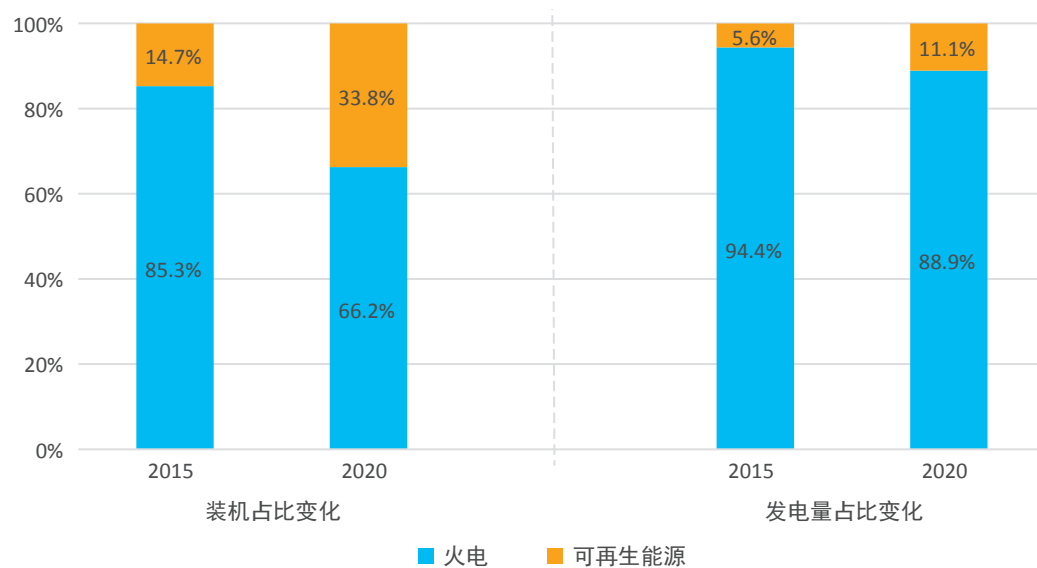


图 1-8 2015 年、2020 年山西省可再生能源装机及发电量占比变化情况

数据来源：山西省统计年鉴、山西省国民经济和社会发展统计公报、山西省统计局官网等

2

“十四五”期间山西煤炭消费总量控制目标

“十四五”是山西“转型出雏型”的关键期、“美丽山西”建设的攻坚期，也将是推动碳达峰、碳中和的窗口期。面对经济、能源、环境和气候领域的多重要求，山西能源发展和转型也将面临新形势与新要求。

本研究分别从碳达峰约束和环境空气质量约束两个维度^{[7][8]}，设置多个情景推断全省2025年煤炭消费总量控制目标，并展望至2030年。

2.1 碳达峰约束下的目标探讨

1. 能源消费碳排放现状

据《中国能源统计年鉴2018》数据核算³可知：2017年，山西省能源消费二氧化碳排放总量位居全国第七；人均碳排放量为13.2吨，万元单位GDP（现价）碳排放强度为3.1吨，均位居全国第四。山西碳排放总量大，强度高，但GDP总量、人均GDP排名均位居20位以后，为经济小省、排放大省。

3 区域地理边界内化石燃料燃烧产生的直接排放，不考虑电力、热力调入调出产生的间接排放

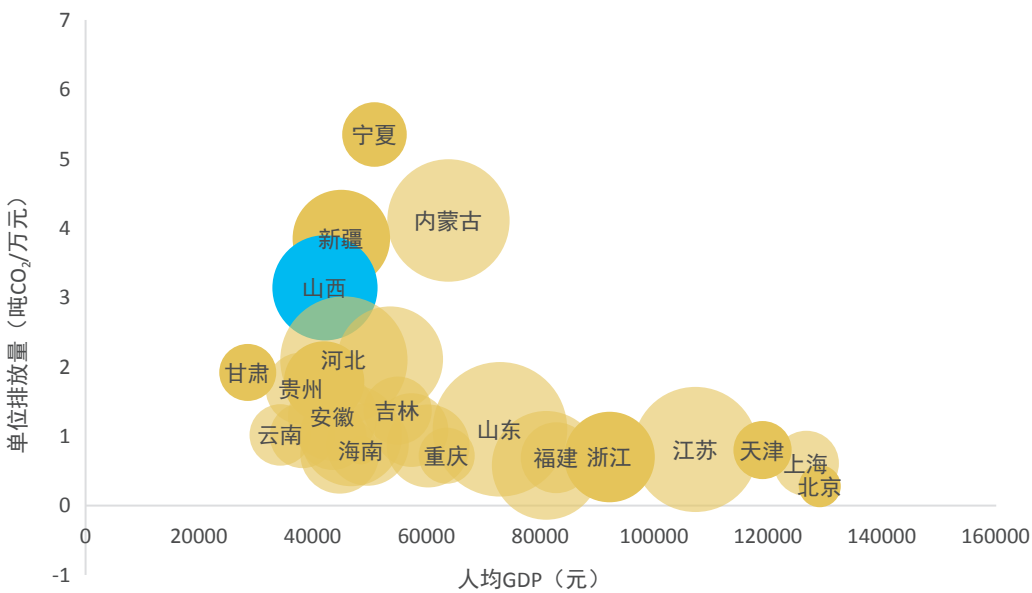


图 2-1 山西 2017 年碳排放情况

注：气泡大小代表全国各省碳排放总量
数据来源：课题组估算获取

全省化石燃料燃烧带来的二氧化碳排放占全省温室气体排放的 70% 左右。从排放行业来看，煤电、钢铁、煤炭三大行业是山西省二氧化碳排放的重要部门，三大行业排放占全省的比重超过 80%，其中煤电行业占比约 50%。

2. 应对气候变化约束判断

《巴黎协定》指出，需加强对气候变化威胁的全球应对，把全球较工业化前的平均升温控制在 2℃ 之内，并努力把升温控制在 1.5℃ 之内。目前多家研究机构表明，若按照当前各国自主贡献的力度，其加和仍不足以实现《巴黎协定》制定的 2℃ 目标，需要各国更新和扩充 2030 年前自主贡献目标^{[9][10]}。

据《中国应对气候变化的政策与行动 2019 年度报告》，2018 年中国单位 GDP 二氧化碳排放下降 4.0%，比 2005 年累计下降 45.8%，已经提前完成承诺的 2020 年目标，基本扭转二氧化碳排放快速增长的局面。“十四五”期间，我国实施积极应对气候变化战略的核心任务是为百分百实现国家自主贡献目标和双碳目标打好坚实基础，为此将继续采取措施有效控制温室气体排放，推动地方和重点行业开展达峰行动，制定明确的达峰目标、路线图和落实方案。

考虑到山西以煤为主的产业结构、能源消费结构和全国能源供应安全保障支撑作用，

高碳排放局面短期内难以根本改变。加之山西属于欠发达地区，经济发展仍是刚性需求，从区域差异、战略定位考虑，很有可能晚于国家达峰。据相关机构研究结论和专家预判，我国碳排放或将于 2025 年左右达峰^[11]，若按此情景（即 2025 年左右达峰），则山西产业结构、能源结构调整力度和能源资源利用水平提升要求需远大于国家要求。

3. 不同情景下的煤炭消费预判

研究表明，煤炭消费与经济发展规模、发展速度、一次能源消费结构、能耗强度等关键因素相关。在“全国一盘棋”背景下，针对山西省能源结构偏煤的突出特点，本研究考虑以下情景：

基准情景：以山西省能源发展“十三五”规划为基础，按照目前的发展速度和发展方式，进行趋势外推，不考虑达峰。

煤控情景：在基准情景基础上，山西省煤炭消费增长率逐年下降，产业结构相对低煤化，经济增长率相对放缓。去煤化速度加快，煤炭消费占比降低，非化石能源、天然气消费比例上升，并争取二氧化碳排放在 2028 年左右达峰。

强化煤控情景：在煤控情景基础上，山西省去煤化速度进一步加快，经济增速进一步下降。能源结构进一步清洁化，并争取二氧化碳排放在 2025 年达峰。

本研究采用系统动力学模型和情景分析方法，自上而下开展预测分析。

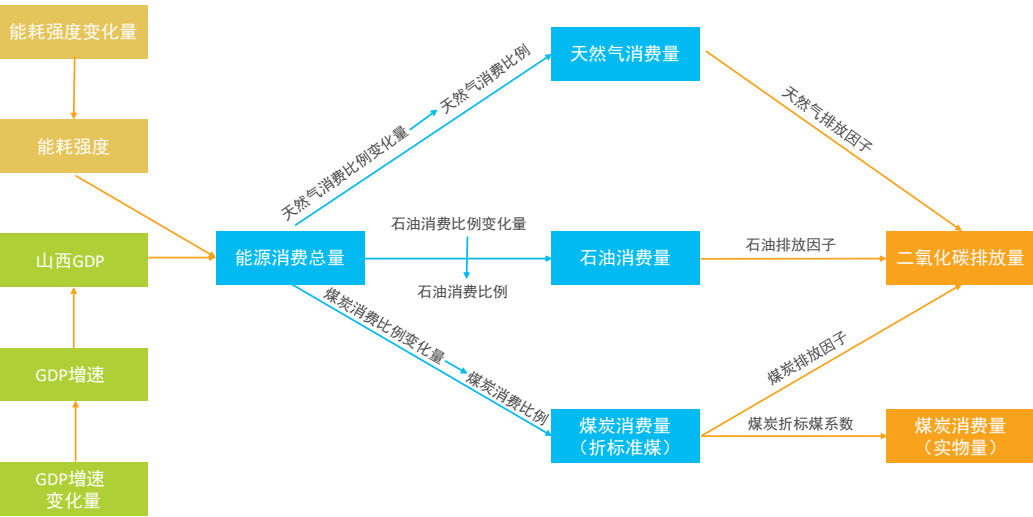


图 2-2 碳排放约束下煤控目标研究路线

重点考虑经济增长，煤炭、石油、天然气、非化石能源占一次能源的比重，单位GDP 能耗等碳排放关键影响因素，具体见下表。

表 2-1 分情景参数设置									
指标	2020 年			2021-2025 年			2026-2030 年		
	基准情景	煤控情景	强化煤控情景	基准情景	煤控情景	强化煤控情景	基准情景	煤控情景	强化煤控情景
经济增速	3%	3%	3%	5.5%-6.3%	5.5%-6%	5.5%-5.8%	6.24%-6%	5.96%-5.8%	5.74%-5.5%
煤炭占比	82%	82%	82%	78%	75%	71%	73%	65%	60%
石油占比	6%	6%	6%	5.5%	5%	5%	5%	4.5%	4.5%
天然气占比	5%	5%	5%	6%	6.5%	7%	7%	8.5%	8.5%
非化石能源占比	7%	7%	7%	10.5%	13.5%	17%	15%	22%	27%

指标	2020 年			2021-2025 年			2026-2030 年		
	基准情景	煤控情景	强化煤控情景	基准情景	煤控情景	强化煤控情景	基准情景	煤控情景	强化煤控情景
能耗强度（吨标煤 / 万元）	1.10	1.10	1.10	0.97	0.95	0.95	0.85	0.80	0.79

基准情景下，山西省二氧化碳排放呈持续增长趋势，2030 年碳排放量约 6 亿吨；煤控情景下，二氧化碳排放“十四五”期间出现小幅增长，预计将在 2028 年达峰，峰值为 5 亿吨；强化煤控情景下，“十四五”期间，二氧化碳排放基本保持稳定，“十五五”期间，二氧化碳排放量逐年下降。

需要说明的是：本研究中的碳达峰核算包括了电力调入调出，即将外调电产生的碳排放予以扣除，与“十二五”、“十三五”期间国家对于省级碳排放考核边界保持一致，但不同于 2021 年国家要求各省开展的碳达峰行动方案编制核算边界。若按照 2020 年外送电量考虑，则基准情景下，2030 年排放量预计达到 6.8 亿吨；煤控情景下，2028 年峰值将为 6 亿吨；强化煤控情景下，峰值约为 5.6 亿吨。

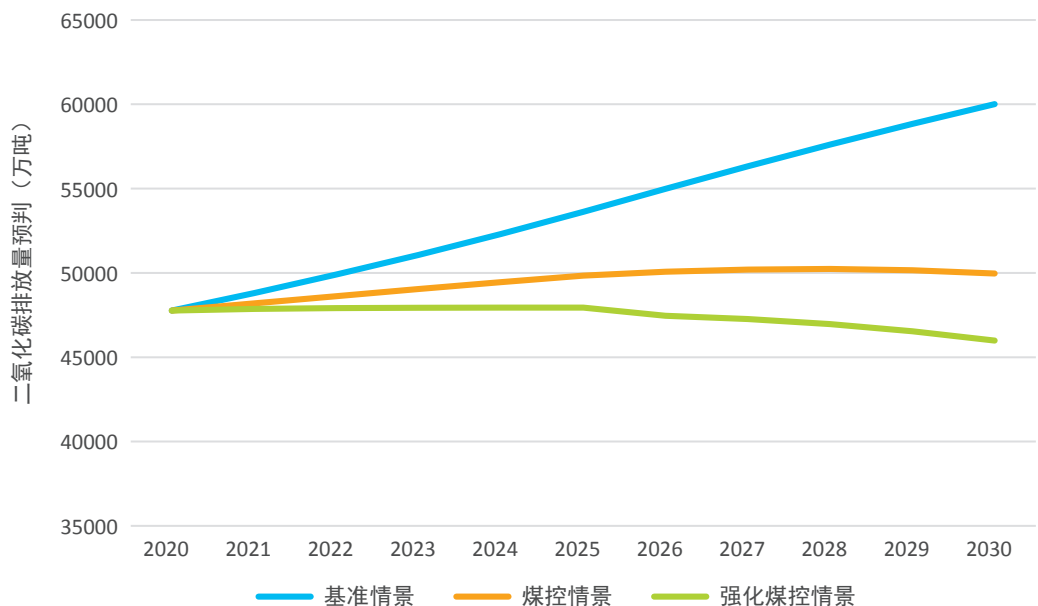


图 2-3 不同情景下二氧化碳排放量预判（单位：万吨）

与二氧化碳排放的趋势类似，基准情景下，山西省煤炭消费量仍将保持增长趋势，2025 年煤炭消费量为 3.9 亿吨左右。煤控情景下，山西省煤炭消费量呈稳定状态后缓慢下降，2025 年煤炭消费量约为 3.6 亿吨。强化煤控情景下，山西省煤炭消费量自 2020 年起开始下降，2025 年煤炭消费量约为 3.4 亿吨。

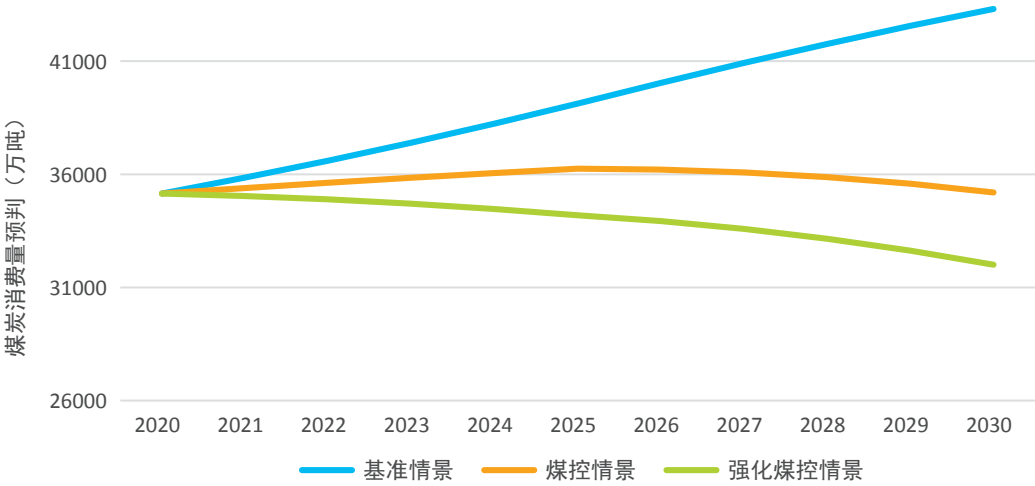


图 2-4 不同达峰情景下山西省煤炭消费量（单位：万吨）

2.2 环境空气质量约束下的目标探讨

1. 环境空气质量现状

生态环境部通报 2020 年全国重点城市空气质量排名后 20 位中，山西有 5 个城市上榜^[9]。与全国空气质量整体情况对比，2020 年山西优良天数比例低于全国平均水平 15.1 个百分点；主要污染物 PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、O₃ 浓度与全国平均水平相比分别高出 11 μg/m³、27 μg/m³、9 μg/m³、11 μg/m³、31 μg/m³，超出比例分别为 33%、48%、90%、46% 和 22%^{[12][13]}。全省二氧化硫、氮氧化物浓度已达到环境空气质量二级标准，但与全国平均浓度相比仍有较大差距；PM₁₀、PM_{2.5} 则与环境空气质量二级标准相差甚远，2020 年分别超标 25.7%、18.6%^{[12][13][14]}。

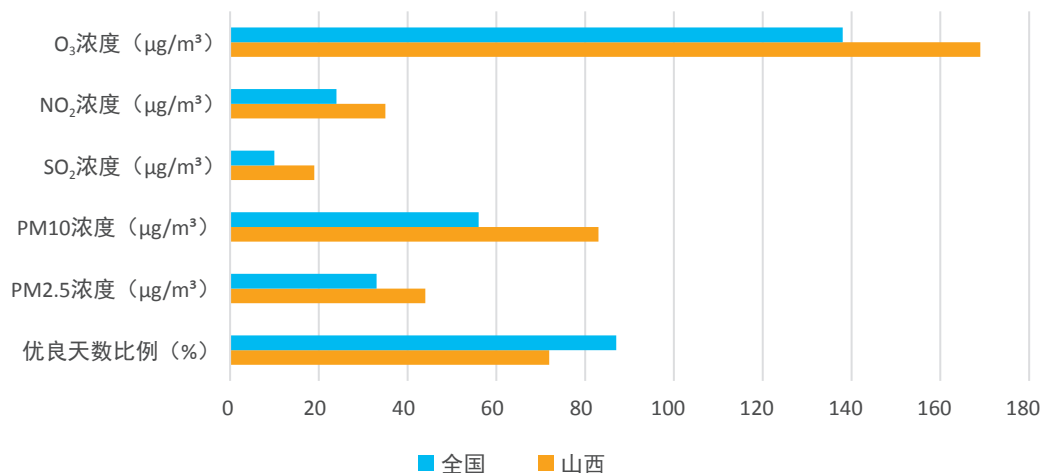


图 2-5 2020 年山西与全国空气质量主要指标对比

数据来源：生态环境部通报 2020 年 12 月和 1-12 月全国地表水、环境空气质量状况；山西省生态环境厅官网，2020 年 12 月山西省环境空气质量月报

2. 重点行业大气污染物减排预判

煤电：“十三五”期间，山西出台《关于推进全省燃煤发电机组超低排放的实施意见》和《关于进一步加快推进全省燃煤发电机组超低排放改造工作的通知》等相关文件，开展全省单机 30 万千瓦及以上燃煤发电机组除尘、脱硫、脱硝设施升级改造，要求升级改造后达到燃煤电厂超低排放限值。截至 2018 年底，全省 30 万千瓦及以上运行机组全部完成超低排放改造；2019 年山西在役运行机组全部完成超低排放改造工作，执行《燃煤电厂大气污染物排放标准》（DB14/T 1703-2018）中的超低排放要求。从末端治理技术、经济等多方面评估，“十四五”期间山西省燃煤电厂仍执行超低排放标准，末端治理水平将保持现状水平。

焦化：2018-2019 年，山西对焦化行业的环保治理要求逐步趋严，推动焦化行业环保深度治理。山西省总体要求是执行特别排放限制，但部分区域目前执行更为严格的标准。比如山西省大气污染防治重点区域、主要产焦区临汾市印发《临汾市 2019 年钢铁、焦化行业深度减排实施方案》（临气指办发[2019]35 号），要求 2019 年 6 月底前，完成推焦、出焦其他工序的超低排放改造；2019 年 10 月底前，完成焦炉烟囱的超低排放改造。验收标准为焦炉烟囱烟气颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别在基准含氧量 8% 的条件下不高于 10mg/m³、30mg/m³、130mg/m³；焦炉装煤、推焦工序颗粒物排放浓度不高于 10mg/m³ 的标准，严于特别排放限值标准。“十四五”期间，随着焦化行业装备升级，全省均可参照临汾市治理要求，则焦化行业颗粒物和氮氧化物污染治理水平将有一定程度的提升。其中焦炉烟囱氮氧化物排放浓度将较目前降低 13%，颗粒物

排放浓度将较目前下降 33%。

钢铁：《关于推进我省钢铁行业超低排放的实施方案》规定，2020 年 10 月 1 日前全省现有钢铁企业完成有组织排放环节超低排放治理任务，2025 年底前，全省钢铁企业基本完成超低排放改造。《山西省钢铁行业超低排放 2020 年决战计划》进一步严格要求钢铁行业全面实施超低排放任务，将全省钢铁企业完成有组织、无组织环节超低排放治理任务，全面实现超低排放时间提前至 2020 年 10 月 1 日。“十四五”将基本维持超低排放水平。

水泥：当前主要执行两项要求，即大气污染物特别排放限值和位于设区市建成区范围内的水泥等重污染企业大气污染物许可排放总量在上年基础上定向逐年递减。山西省曾出台《水泥工业大气污染物排放标准》2019 年（征求意见稿），规定山西省水泥工业现有与新建企业水泥制造第一时段颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于 20、50、260mg/m³；第二时段颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于 10、30、200mg/m³，标准严于国家要求，其中二氧化硫排放相比现有标准下降 50%-60%，氮氧化物下降 18%-37% 左右。

化工：山西省对于化工行业大气污染治理要求与水泥行业类似，执行二氧化硫、氮氧化物、颗粒物和挥发性有机物特别排放限值，并且从 2019 年起，位于设区市建成区范围内的化工等重污染企业大气污染物许可排放总量在上年基础上定向逐年递减。“十四五”预计仍将执行特别排放限值。

基于上述分析，本研究设定未来钢铁、水泥排放水平有一定程度的改善外，其他行业将基本维持“十三五”末期治理水平，末端治理空间减小。

3. 不同情景下的煤炭消费预判

自 2013 年《大气污染防治行动计划》实施以来，山西大气污染治理取得明显成效，但 PM_{2.5} 问题还未彻底得到解决，与此同时臭氧成为空气污染治理的新难题。2018 年山西省生态环境保护大会要求：到 2035 年，生态环境质量根本好转；到本世纪中叶，人与自然和谐共生的美丽山西全面建成。“十四五”是山西省实现 2035 年生态环境质量根本好转目标的关键时期，面临着末端治理减排潜力压缩、边际成本增加等问题，生态环境改善面临诸多挑战。

根据山西省近年来 PM_{2.5} 平均浓度变化情况，结合山西环境治理需求，本研究设置基准情景和煤控情景。

基准情景：2030 年全省 PM_{2.5} 浓度实现达标，2025 年 PM_{2.5} 年均浓度控制在 40 μg/m³ 左右，比 2020 年下降 15% 左右，较 2019 年下降 17% 左右。2025 年山西省一次颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放总量需分别较 2020 年累计下降 23%、20%、20% 左右。

煤控情景：2025-2030 年中期全省 $PM_{2.5}$ 浓度实现达标，2025 年 $PM_{2.5}$ 年均浓度控制在 $38\mu g/m^3$ 左右，比 2020 年下降 17% 左右，比 2019 年下降 21% 左右。2025 年山西省一次颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放总量需分别较 2020 年累计下降 31%、27%、27% 左右。

充分考虑未来行业环境治理技术进步、污染物排放达标要求、行业发展规模和行业耗煤水平，自下而上分析行业污染物排放量。在满足全省污染物排放总量控制要求的前提下确定全省煤控目标。

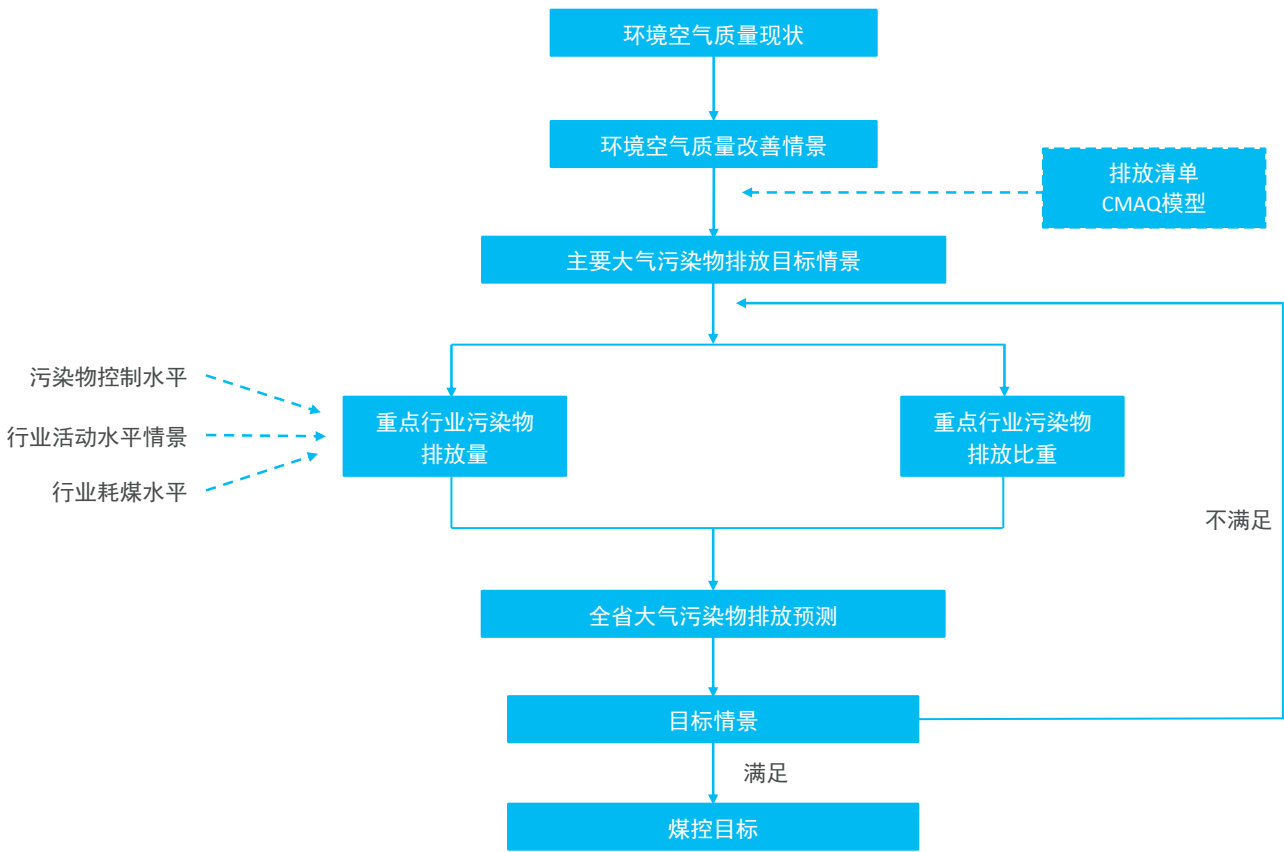


图 2-6 环境空气质量约束下煤控目标研究路线

研究表明：2025 年，基准情景下山西省煤炭消费总量需控制在 3.4 亿吨，煤控情景下应控制在 3.2 亿吨；2030 年，基准情景下山西省煤炭消费总量控制在 3.0 亿吨，煤控情景下控制在 2.9 亿吨。

2.3 煤炭消费总量控制目标建议

1. 总目标

经测算，若山西争取能源消费碳排放于 2025–2028 年左右达峰，则煤炭消费总量预计为 3.4–3.6 亿吨；若争取 PM_{2.5} 于 2025–2030 年中期达标、或 2030 年达标，则煤炭消费总量预计为 3.0–3.2 亿吨。结合山西煤炭消费现状，综合考虑碳达峰和环境空气质量改善需求，建议山西省 2025 年煤炭消费总量控制在 3.2–3.4 亿吨，2030 年煤炭消费将控制在 2.9–3.2 亿吨。相较于 2019 年全省 3.5 亿吨的煤炭消费量，2020–2025 年，全省需压减 1000–3000 万吨左右，这要求山西煤炭消费在现有基础上逐步递减。

据测算结果，“十四五”、“十五五”按照 5.5%–6.5% 的 GDP 增速情景下，环境空气质量改善相对于碳达峰的约束性更强。可能存在的原因如下：首先，全省 1/3 煤炭消费将用于炼焦，炼焦过程中基本不产生碳排放；其次，本次研究考虑疫情影响，转型成效“十五五”初步体现的情况下，经济增速设定低于《山西省国民经济和社会发展的第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》要求；再者，本次研究仅考虑碳达峰目标约束，未考虑国家碳中和愿景对山西的要求。

据《山西省国民经济和社会发展的第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，山西经济需高质量高增速发展，2035 年人均 GDP 达到 2 万美元，经济总量达到全国中游水平，则未来十年期间 GDP 增速预计将达 7%–8%，若再结合我国碳中和要求，碳达峰将成为煤炭消费的强约束。

2. 区域目标

在深入剖析全省 11 个市的经济、社会、能源、环境现状的基础上，本研究利用层次分析与聚类分析方法，合理确定山西省各市煤炭消费总量控制目标。根据公平原则，从减煤责任、减煤能力和减煤潜力 3 个维度选取代表性指标，构建山西省煤炭消费总量控制目标分解评价体系。

减煤责任：从公平角度来看，煤炭消费总量高、煤炭消费强度大、贡献占比高的城市应该承担更多的减煤责任，减煤目标任务相对要重。从改善环境空气质量角度，环境空气质量现状较差的区域，减煤责任更大。因而减煤责任需重点考虑煤炭消费总量、煤炭消费贡献程度和环境空气质量现状等因素。

减煤潜力：减煤潜力反映出一个地区煤炭消费总量的降低空间，可从能源利用效率水平、产业结构优化等方面考虑。

减煤能力：GDP 占全省比重和人均 GDP 代表一个地区的经济实力，同时也表明地区的减煤能力，经济实力强大的地区有能力投入更多资金用于煤炭消费控制，同时人均 GDP 以及第三产业占 GDP 比重较高的地区在一定程度上可以改变经济发展方式，在资源的调配上也可以更多向减煤方面倾斜，而人均 GDP 较为落后的地区首要任务是解决当地经济发展问题，对于煤炭消费总量控制的动力较为欠缺。

表 2-2 煤炭消费总量控制目标影响指标体系

序号	指标系主题	指标名称	单位	说明	权重
1	减煤责任	人均煤炭消费总量	吨 / 人	正指标	12%
2		煤炭消费占全省比重	%	正指标	15%
3		SO ₂ 浓度	μg/m ³	正指标	8%
4		PM _{2.5} 浓度	μg/m ³	正指标	10%
5	减煤潜力	单位 GDP 能耗	吨标准煤 / 万元	逆指标	5%
6		单位 GDP 能耗下降率	%	正指标	10%
7		第二产业占 GDP 比重	%	正指标	10%
8	减煤能力	GDP 占全省比重	%	正指标	15%
9		人均 GDP	元 / 人	正指标	15%

采用层次分析法对评价体系的指标赋权并计算综合评分，结果如下图：

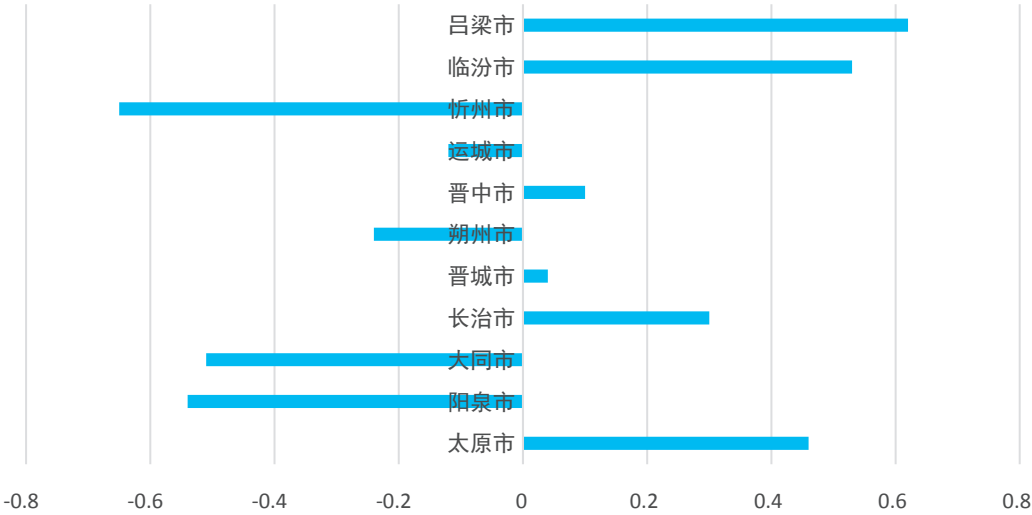


图 2-7 山西省煤炭消费总量控制目标各市指标综合评分结果

同时本研究使用聚类分析法，将 11 个市的减煤责任、潜力和能力指标按照一定原理进行归类，在层次分析法的基础上进一步检验分类结果的科学性，从而对具有相似特征的市设置相同或相近的减煤目标。根据聚类分析结果，各市分类情况如下：

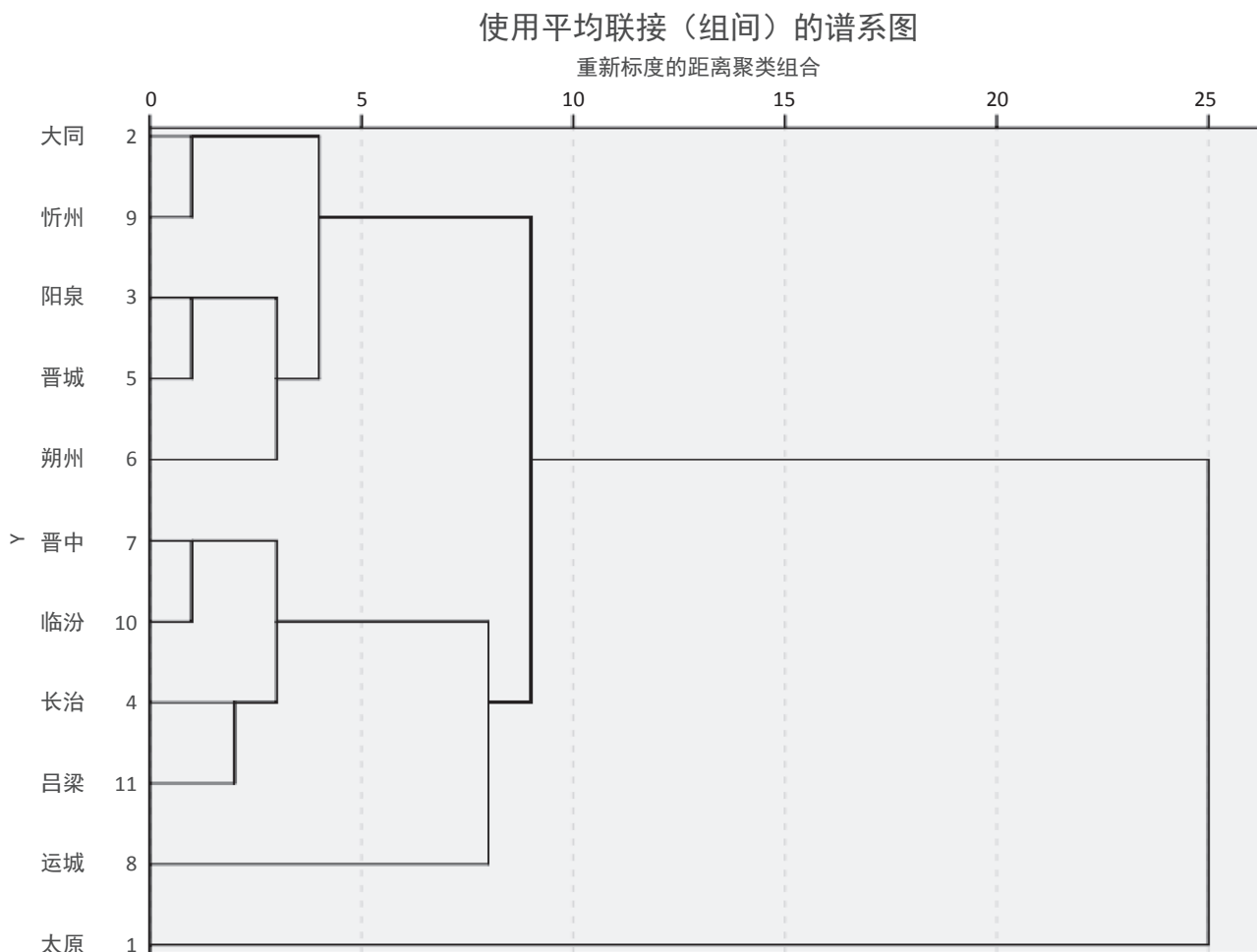


图 2-8 山西省煤炭消费总量控制目标各市聚类分析图

研究可知：

大同、朔州、忻州（晋北三市）：经济总量相对较小，对全省经济贡献度低；煤炭消费占比不高，是全省煤电和可再生能源发展集中区域；环境空气质量较好，总体控煤压力不大、动力欠缺。

太原：作为省会城市，GDP 总量大、增速高；煤炭消费总量处于中等水平，环境空气质量位于全省倒数，改善压力大。

阳泉：经济总量和煤炭消费总量属于全省最低；重工业产品产量占比小，环境空气质量水平在全省位于中等靠后。

长治、运城、吕梁、晋中、临汾、晋城（南部六市）：经济总量相当，为全省焦炭主产区；煤炭消费占全省三分之二，其中吕梁、临汾、长治三市煤炭消费处于全省前三

位；临汾、晋城、运城整体状况较差，位于全省倒数水平，环境空气质量改善需求大。

若全省按照 2000 万的目标压减，综合考虑各市特征以及环境空气质量改善需求，建议 11 市煤炭消费总量控制目标执行等级如下：

表 2-3 煤炭消费总量控制目标区域下降幅度建议值		
区域	目标等级	累计下降率（较 2019 年）
大同、朔州、忻州	低等	4%
晋城、运城、阳泉	中等	5%
太原、晋中、临汾、长治、吕梁	高等	6%
全省		5%-6%

3

“十四五”时期山西减
煤路径

煤炭消费总量控制是以控制一定时段内、一定区域内煤炭消费总量为核心的能源与环境管理政策体系，目的是调整以煤炭为主的能源消费结构，并降低燃煤的污染物排放量，从源头上实现污染物综合控制与节能减碳。展望未来，山西能源消费持续升级，能源转型进程加快，山西需以煤炭消费总量控制为重要举措，加快倒逼产业结构调整、能效水平提升和能源结构优化，促使尽快实现美丽山西建设目标和碳达峰目标。

3.1 以低碳发展为引领，加快产业结构调整力度及深度

转变发展方式、优化经济结构、转换增长动能是山西产业发展面临的三大难题，应重点聚焦“转型出雏型”目标，充分利用山西在黄河流域高质量发展、京津冀协同发展、环渤海地区合作发展等国家重大战略中的作用，加强区域融合，提升对外开放水平。

产业转型可考虑“现代文旅、数字经济、电子信息、节能环保、康养、生物制药、智慧农业”等，重点推动能源服务业和文旅产业发展，发挥山西优势。建议推动能源生产性服务业向专业化和价值链高端延伸，强化市场营销和品牌服务，变能源生产基地为能源服务中心，推动现代物流、现代金融、节能环保服务业快速发展。以发展全域旅游为战略要求，深化文旅融合，着力锻造黄河、长城、太行三大旅游新品牌，加快构建山西文化旅游发展大格局升级版，建成国家全域旅游示范区，打造国内一流、国际知名的旅游目的地，加快把文化旅游业培育成战略性支柱产业，建设成为富有特色和魅力的文化旅游强省。考虑建设晋北塞外历史文化品味圈、晋中晋商文化体验带、晋西南红色文化涵养区、晋东南黄河文明和工业文明学习园、煤炭工业遗产文化教育园。对应现有基础，补短板，强链条，优化产业体系，催生新兴产业崛起，促进结构性减煤。

3.2 以提升能效为根本，紧抓基础行业绿色转型

强能效、降能耗是山西能源低碳转型和煤炭消费总量控制的根本。“十三五”期间，全省单位 GDP 能耗持续降低，但仍远高于全国平均水平，能效水平在全国排名倒数第五，煤电、钢铁、氧化铝等行业单位产品能耗均高于全国平均水平。

山西能源消费主要集中于煤炭、电力、钢铁、焦化、有色、化工、建材等基础性行业，需进一步淘汰落后产能，严格控制高耗能产业新增产能，加快产业结构转型升级；严格控制高耗能项目建设，抑制不合理能源消费。通过信息化改造和引入循环经济生产模式，加大对传统产业的全面改造，实现节能提效，确保钢铁、水泥、化工、建材等行业率先实现煤炭消费和能源消费碳排放达峰；深入推进电能对终端化石能源的替代，加快推进需求侧全面实施电气化，同时积极发展绿色建筑，对学校、医院等公共建筑以及农村建筑深入节能改造。争取“十四五”期间山西省非电用煤达峰。

3.3 以能源结构优化为突破，促进能源生产系统性变革

可再生能源规模化发展是能源消费结构优化和能源生产系统变革的核心。山西非化石能源占一次能源消费比重远低于全国平均水平，规模化发展可再生能源成为关键。

建议推进可再生能源发展模式变革，促进大规模集中利用与分布式生产、就地消纳有机结合，推进光伏、风电、生物质能、地热能等能源系统的分布式应用。重点解决目前制约可再生能源开发建设的土地、林业、环保、生态红线、消纳等问题，合理确定可再生能源开发规模、布局及时序，为规模化、倍速发展提供发展环境。发挥山西煤层气优势，突破非常规天然气开发技术瓶颈和解决市场消纳问题，推动沁水、鄂东两大煤层气基地项目建设，促进增储上产，建设国家非常规天然气基地。深度挖掘电力、焦化、钢铁、水泥、化工等行业余热余压余气资源，开展工业余热资源供应、工业企业和居民用热负荷、用气负荷需求调查研究，统筹规划全省工业余热余气资源利用。同时可加大氢能制储技术创新力度，以绿氢为导向布局，发展氢能产业。

3.4 以统筹民生和环境为导向，持续推进散煤治理

山西作为经济欠发达区域和全国煤炭主产区，解决清洁取暖的经济性和强化散煤监管十分重要。

工业领域建议加强工业园区能源替代利用和资源共享，积极推广集中供气供热或建设清洁低碳能源中心，替代工业炉窑燃料用煤。民用领域需重点优化清洁取暖改造路径，实施精准补贴，并创新清洁取暖商业模式。建议将集中供热作为治理分散燃煤的主要任务和根本措施，同时结合不同区域能源资源、经济水平、居民习惯合理选择清洁取暖路径，并鼓励民营企业进入清洁供暖领域，创新清洁取暖商业模式，培育清洁供暖产业。全面系统评估京津冀周边地区 4 个通道城市和汾渭平原 4 个城市散煤治理工作，推广治理经验，设计精准补贴机制，考虑按供热面积、改造户数等发放补贴；进行阶梯补贴，提高对贫困群体的补助额度。建立智能化综合控制平台进行智能化管理，促进用能端的蓄能、缓释及智能化调配功能，与新能源电力及电网谷时电力进行充分匹配。加大宣传力度，针对性开展清洁取暖培训，指导居民安全使用取暖设备，建立反馈通道和监督机制，防止散煤复燃。

4

重点行业减煤措施

煤电、焦化和钢铁是山西省煤炭消费总量控制和化石燃料燃烧二氧化碳排放存量削减和增量控制的关键行业，且仍将是全省中长期内的主要支柱产业，行业绿色低碳转型成为关键。

4.1 煤电

山西是我国大型煤电基地之一，2020 年全省发电装机容量突破 1 亿千瓦，其中火电装机占全省装机容量的 66.2%（以煤电装机为主），水电装机占比为 2.2%，新能源装机占比为 31.6%^[15]。同年，全省发电量约 3395 亿千瓦时^[15]，其中燃煤发电占比约 82%。“十三五”期间，山西可再生能源装机发展迅速，累计增长约 2.4 倍，电源结构持续优化，但整体仍以煤电为主。山西电力除满足本地需求外，约 1/3 的电力外送。

课题组调研显示，山西现役煤电机组运行年份平均在 11 年左右，且大部分兼顾民生供热。以亚临界、小机组为主，60 万千瓦级（不含 60 万千瓦）以下的机组高达 70%，超临界以上机组不足 30%，整体煤耗水平高于全国平均水平。且因省内电力需求有限，新能源电力快速发展，全省煤电明显过剩，2019 年火电厂发电设备平均利用小时数仅 4400 小时左右，低于全国平均水平，导致煤电企业盈利能力下降，生存难度增加。

煤电行业作为山西省煤炭消费和碳排放的首要部门，在碳达峰、碳中和目标愿景下，需加快促进煤电由主体电源逐步向提供调峰服务的基础电源转型。

关键措施：

1. 将 2025 年煤电装机规模控制在 7000 万千瓦左右

慎重把握煤电发展政策，以服务可再生能源消纳为约束，兼顾在建机组产能消化，严控煤电新增产能；考虑当前规划的高效燃煤机组建成，需加快完成落后煤电机组的淘汰，可优先退出未达环保要求的机组；其次为达到服役年限的老旧机组正常退役；同时鼓励煤电企业大机组等量或减量置换小机组。

加强对现有“煤电 + 特高压”资源的利用，合理控制外送电规模。“十四五”期间可适当继续完成部分高效项目的建设，在一定程度上减少停缓建造成的沉没成本损失。建议山西省 2025 年煤电装机控制在 7000 万千瓦左右。

2. 深挖节能减煤潜力，推进煤电功能定位改变

加强企业燃料采购管理，做好燃煤掺配工作，严控入炉煤品质；细化运行调整方案，优化电量结构和调整运行方式，充分发挥低能耗先进煤电机组节能减煤优势；持续开展能效对标，对30万千瓦及以上燃煤发电机组实施综合性提效改造；优化机组真空、排烟温度、给水温度等重要参数，提升机组带负荷能力；推进存量煤电机组提升供热能力技术，深挖供热供气潜力，以最小新增装机容量满足供热、供气需求，减少纯热电机组建设。“十四五”期间，促进山西省供电煤耗累计下降8-10克标准煤/千瓦时。发挥市场机制，加快推进煤电角色转变，由传统提供电力、电量的主体性电源，向提供可靠电力、调峰调频能力的基础性电源转变，积极参与调峰、调频、调压、备用等辅助服务。

3. 探讨煤电退出机制

燃煤电厂的关停退役，对资产所有者、政策制定者和企业员工等都有着重要影响。碳达峰目标下，原本旨在经营更长年限的燃煤电厂，将面临着关停退役的压力。对于提前退役的机组，应设定合理的关停补偿标准。也可鼓励企业结合自身实际情况灵活地选择适合自身发展的折旧方式，采取加速折旧法缓解资金压力，提高企业的市场竞争力；对退出老旧煤电机组的企业给予一定补偿，推动落后产能的退出进程。建立容量电价机制，对进行灵活性改造和战略备用的机组，通过容量支付的方式来弥补一部分的成本或经济损失。

4.2 焦化

山西省是我国最大的焦炭生产基地和焦炭资源出口供应地，焦炭产量、外调量和出口量均居全国第一。2020年全省焦炭产量10493.7万吨，占全国焦炭总产量的22%^{[1][2]}。近年来，山西省政府为优化焦化产业结构、解决不同历史时期产生的问题，持续开展指导调整，推动全省焦化产业布局及产能日趋合理。但山西省焦化行业仍处于产能高位，产能利用率、装备水平仍然低于全国平均水平，且近年来焦化行业处于高利润区间，行业扩张意愿依然较强。影响焦化行业煤炭消费的主要因素为焦炭产量和吨焦煤耗，焦炭产量因为受到市场需求、产业政策、资源储备等多重因素影响，具有较强的不确定性。吨焦煤耗受炼焦行业工艺流程影响，降低空间有限。

为此，焦化行业的煤炭消费总量控制策略从两方面开展，一是控制焦化行业煤炭消费绝对量，二是从控煤全生命周期角度挖掘焦化节能降耗潜力，从而实现总体煤炭消费量的下降。

关键措施：

1. 严格控制焦化产能，实施以煤定产

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，争取 2025 年产能控制在 1.1 亿吨以内。按照原有焦炉关停、产能整体取缔退出、不再用于焦化项目建设及产能置换的压减完成标准，优先压减以下产能：一是严重违法法律法规的焦化企业产能；二是原有焦炉已淘汰但未备案大型焦化项目的产能；三是原有焦炉淘汰已领取国家淘汰落后产能奖励资金的焦化产能；四是未实施上大关小焦炉中不在工业园区且焦炉煤气未进行化产加工利用的限制类焦炉产能（炭化室高度 4.3 米机焦炉、热回收焦炉）；五是已备案大型焦化项目但无力推进项目建设的焦化产能。

2. 推动关键技术创新，降低煤焦比

推动炼焦配煤技术研究，改进配煤工艺技术，实施精细化过程控制；推进精细化智能配煤系统开发，建立煤质资源数据库；评估企业节能潜力，加强清洁高效炼焦技术与装备的研究开发、适用评估和推广应用，提升行业先进产能占比；推动企业节能技术改造，推广余热余气技术应用，如回收红焦显热、焦炉烟气余热等；电气设备选取节能型机电设备。

3. 推动焦炉装备大型化，化产延伸精细化

提高新建焦炉标准，限制炭化室高度，明确焦炉煤气综合利用、精深加工方向，配套干熄焦装置，制定焦化生产废水零排放措施；延长焦化产业链，围绕焦炉煤气综合高效利用、煤焦油深加工和粗苯精制三条产业链，大力发展化产品深加工；打造产业集群，构建产业联盟，走链条化、园区化、高端化发展路线。

4. 实施差异化管理，调控焦化产量

实施分级分类管理，强化对焦化企业的评估监督，开展动态管理和实时公开；分级制定停产限产要求、税收优惠、金融支持、技改资金支持等激励、约束政策措施，倒逼企业转型升级。

4.3 钢铁

山西是全国第五钢铁生产大省，仅次于河北、江苏、山东和辽宁，钢铁工业在全省工业经济规模中仅次于煤炭、电力，排名第3位^{[1][2]}。2019年山西省钢铁行业工业增加值占全省工业增加值的比重9.6%⁴。截至2019年底，太钢集团的钢铁产能位居全省第一，是全省唯一一家粗钢产能过千万吨级的钢铁企业，其余钢铁企业基本为产能500万吨以下的中小型企业，且主要为民营企业⁵。“十三五”期间，山西钢铁行业去产能任务已基本完成。“十四五”时期是山西钢铁行业转型的重要阶段，供给侧结构性改革的主要任务转到产能置换和兼并重组上，努力打造一批高质量发展的钢铁联合企业。从目前产业政策来看，山西以长流程为主的产业结构短期内不会改变，“十四五”期间山西粗钢产能基本稳定。

关键措施：

1. 提升行业竞争力

淘汰落后产能，通过完善淘汰标准和机制、制定激励政策，实现强制落后产能淘汰退出和有序引导企业主动退出相结合。**提升产业集中度**，通过政府引导、市场主导的方式，辅以配套鼓励政策，推进跨行业、跨地区、跨所有制钢铁企业兼并重组，整合区域存量资源及上下游产业链，打造6-7个区域龙头企业（含1个全产业链钢铁生产企业），形成3-4个千万吨级钢铁企业，4-5个500万吨级钢铁企业。**打造特色产业集群**，重点打造太原不锈钢、运城汽车用钢、晋城装备用钢、临汾型钢、吕梁矿用钢5个差异化发展的特殊钢产业集群。**优化产品结构**，加快对取向硅钢、特殊用途不锈钢、动车轮轴钢、500Mpa及以上热轧钢筋、高强度支护件用钢等的推广应用；鼓励和支持不锈钢、轮轴钢、模具钢、优质板材、冷墩钢等优质钢材的开发力度。

2. 优化行业工艺流程

逐步引导电炉钢发展，确保废钢资源供给，制定专项规划；优化长流程炼钢工艺，实现铁前工艺装备变革，利用智能管控、界面技术实现长流程的铁钢界面“一罐到底”等；提升装备水平，鼓励企业“上大关小、减量置换”，提高先进产能占比。

4 注：课题组根据专家访谈整理

5 注：课题组根据专家访谈整理

3. 推动绿色低碳发展

挖掘企业资源能源利用潜力，开展能源利用评估和行业能源对标，加强企业能源管理，配备能源计量器具，建立能源计量管理制度，搭建能源管理平台，实施在线动态监控；实施节能环保技术升级改造，推广发展成熟节能减煤技术，推广应用二次能源回收技术，推动钢铁－化工联合生产，构筑循环经济链；推进企业内部循环，“一”字型布置生产工序，实现能源、资源梯级利用；推动钢铁企业发展分布式新能源，减少外购电量；铁路沿线布局钢铁产业，或集中发展铁路专线，解决运输问题。

4. 促进产城融合

转变钢铁企业单一功能，结合城市发展需求，发挥钢铁企业社会资源消纳作用，构建其与城市及其它产业的工业生态链融合。加强废钢资源消纳能力，发展逆向物流服务回收废钢资源；利用余热资源实现周边城市、村镇供暖；提高固危废协同处置能力，回收城市生活垃圾、废塑料、建筑垃圾等开展二次利用。

5

建议

5.1 强化顶层设计，科学确定2025年煤炭消费总量控制目标

考虑应对气候变化、环境质量改善与能源结构调整的协同性，分析山西煤炭消费趋势，科学确定2025年山西省煤炭消费总量控制目标和实施方案，将目标分解落实到各市和重点用煤行业（电力、焦化、冶金、建材等）、重点用煤企业，实行目标责任制管理。建议将煤炭消费总量或单位GDP煤炭消费强度等相关指标纳入山西省国民经济和社会发展规划目标指标体系或能源发展指标体系，从战略规划的角度推动全省煤炭消费总量控制工作的开展。建议2025年山西省煤炭消费总量控制在3.3亿吨以内，煤炭占一次能源消费的比重争取下降10%左右，煤电装机控制在7000万千瓦左右，焦化产能控制在1.1亿吨以下。

5.2 实施区域差异化管理，提高煤炭减量替代精准性和有效性

从经济发展来看，晋中和晋南地区发展态势保持良好，晋北地区经济相对落后，太原市、长治市、临汾市和吕梁市位居全省前列；从煤炭消费来看，晋中和晋南地区仍是重点，吕梁、临汾、长治、运城位居前列。未来需综合考虑11个市的发展阶段、发展水平、发展趋势、产业特征、资源环境压力等因素，合理评估各市特征，结合各市实际情况，实施区域差异化管理，促进各市精准控煤。建议“十四五”期间，将11个市分为三个层次：太原、晋中、临汾、长治、吕梁五市分为一类，执行较高减煤目标；阳泉、晋城、运城三市分为一类，执行中等减煤目标；大同、朔州、忻州三市分为一类，执行相对较低的减煤目标；同时鼓励有条件的地区制定更严格的减量目标。

5.3 充分发挥市场调节作用, 建立和完善市场化的调控机制

结合地区间的经济社会发展水平、产业结构和布局、节能减煤潜力和资源禀赋等因素, 区分产能过剩行业和其他行业、高能耗行业和非高能耗行业、重点用能单位和非重点用能单位等, 确定区域用能、用煤总量控制目标。在能源消费总量控制和煤炭消费总量控制的前提下, 按照相关标准, 为重点耗煤行业和企业制定合理的用能用煤标准和配额, 科学设计符合山西实际、具有山西特点的用能权、用煤权等交易制度, 做好用能权指标与碳排放配额在履约方面的衔接。

5.4 强化煤炭消费总量控制的政策和体制机制建设、保障能力

切实加强对煤炭消费总量控制工作的组织领导, 明确煤炭消费总量控制的主要目标、重点任务、制度机制等, 加强对各市的工作指导和监督。出台《山西省用煤项目减量等量替代管理办法》, 细化用煤项目管理, 强化用煤项目审批的约束力, 严格控制用煤增量。在京津冀和汾渭平原“4+4”城市, 针对火电、钢铁、焦化、水泥、煤化工等高耗煤行业, 制定更为严格的产能控制政策和能源资源利用标准, 严格控制高耗煤产业的发展; 实施差别化电价、财税支持、煤炭价格机制、煤层气、供热价格机制等经济政策, 鼓励实施煤炭消费压减; 出台电力与非电行业煤炭减量替代实施办法, 促进跨地区、跨行业煤炭消费减量替代, 促进煤炭削减替代量优先用于煤炭利用效率高、污染物排放少的行业。

结语

为明确山西煤炭消费现状，找准煤炭消费总量控制面临的问题及瓶颈，探索合理的减煤路径，山西煤控研究课题组历时一年，完成本课题研究。研究过程力求客观公正，但难免有疏漏之处，敬请批评指正。报告内容为课题组独立观点，仅供参考，不代表其他方的任何观点或立场。

在此特别感谢山西省能源主管部门、中国社会科学院城市发展与环境研究所、华北电力大学、山西师范大学、山西省社会科学院能源经济研究所、山西省化学工业协会、山西省建材工业协会、山西省电力行业协会等相关部门及研究机构对本课题的重要支撑与指导。

2021年是山西部署碳达峰碳中和元年，严控煤炭消费、优化能源结构是当下乃至未来更长时间的工作重点之一。在“30·60”目标下，山西需突破传统思维，抢占机遇，聚焦产业转型，加快产业调整力度及深度；紧抓能源革命综合改革试点建设，构建绿色低碳能源供应体系，优化能源消费结构，推动煤炭消费尽早达峰。

道阻且长，行则将至。愿本课题研究成果能够为行业内企业及相关机构思考控煤路径提供参考，也希望未来我们能够汇聚更多专业的力量，开展更多持续性、基础性的研究工作，为山西摆脱煤炭依赖困境、发展蹚新路、转型出雏型，提供更多高质量的研究成果。

参考文献

- [1] 山西省统计局. 山西统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社.
- [2] 国家统计局. 中国统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社.
- [3] 国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社.
- [4] 朱金枝. 2017 年焦炭产能结构调整分析 [EB/OL]. 卓创资讯, 2017, 11.
- [5] 李丽媛, 李刚. 孝义金达 300 万吨焦化项目一期 2 号焦炉正式出焦 [EB/OL]. 山西新闻网吕梁频道, 2018, 1.
- [6] 张毅, 刘志彪, 李倩. 山西古交电厂三期投产运营 [EB/OL]. 山西新闻网, 2018, 9.
- [7] 清华大学. 典型城市空气质量达标及碳排放达峰路径研究报告 [R]. 能源基金会, 2020, 4.
- [8] 王灿, 邓红梅, 郭凯迪, 刘源. 温室气体和空气污染物协同治理研究展望 [J]. 中国环境管理, 2020, 12(04): 5-12.
- [9] Taryn Fransen, Eliza Northrop, 于洋 (译). 气候行动: 各国应在 2020 年前加强贡献力度 [R]. 第一财经研究院, 2017, 11.
- [10] 毕欣欣. 全球应对气候变化将走向何方? [J]. 能源杂志, 2019, 10.
- [11] 邹骥. 能源基金会邹骥: 中国存在 2025 年实现全国碳达峰的可能性 [EB/OL]. 能见, 2021, 5.
- [12] 生态环境部. 生态环境部通报 2020 年 12 月和 1-12 月全国地表水、环境空气质量状况 [EB/OL]. 2021, 1.
- [13] 山西省生态环境厅. 2020 年 12 月山西省环境空气质量月报 [EB/OL]. 2021, 1.
- [14] GB3095-2012, 环境空气质量标准 [S].
- [15] 山西省统计局. 山西省 2020 年国民经济和社会发展统计公报 [EB/OL]. 2021, 3.

联系我们

地址：中国北京市朝阳区东三环北路 38 号泰康金融大厦 1706

邮编：100026

电话：+86 (10) 5927-0688

传真：+86 (10) 5927-0699