

山东省“十四五”重点耗煤行业 减煤路径研究



山东省科学院生态研究所
Ecology Institute of Shandong Academy of Sciences



自然资源保护协会
NATURAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL

中国煤炭消费总量控制方案和政策研究 (煤控研究项目)

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



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



山东省科学院生态研究所是省级科研机构，主要围绕国家和省委省政府重大决策部署，开展绿色低碳发展、应对气候变化、生态环境修复等方面基础性、战略性和前瞻性研究，建有山东省碳中和技术创新中心、山东省应用微生物重点实验室、山东省中澳植病生防合作研究中心 3 个省级平台，是山东省绿色低碳转型和应对气候变化方面的核心智库单位。

煤控研究报告

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

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

山东省“十四五”重点耗煤行业 减煤路径研究

山东省科学院生态研究所

2022 年 11 月

目录

执行摘要	iv
1. 山东省经济社会发展情况	I
1.1 经济发展现状	
1.2 产业发展现状	
1.3 能源和煤炭消费情况	
1.4 碳排放情况	
2. “十三五”期间山东省煤炭压减成效及经验	6
2.1 “十三五”煤炭压减成效	
2.2 “十三五”煤炭压减经验	
3. 山东省“十四五”煤炭压减工作形势分析	9
3.1 机遇	
3.2 挑战	
3.3 研究内容	
4. 山东省重点耗煤行业现状分析	12
4.1 重点耗煤行业基本情况	
4.2 重点耗煤行业煤炭消费情况	

5. 山东省重点耗煤行业“十四五”减煤路径	15
5.1 钢铁行业	
5.2 电解铝行业	
5.3 化工行业	
5.4 水泥行业	
5.5 石化行业	
6. 加工转换环节助力煤炭压减相关举措	29
6.1 电力热力	
6.2 炼焦	
7. 山东省重点耗煤行业协同减煤路径分析	32
7.1 行业间相关性分析	
7.2 行业间协同减煤分析	
7.3 重点耗煤行业间接减煤路径	
8. 山东省重点耗煤行业减煤政策建议	38
8.1 建立科学合理减煤政策体系	
8.2 完善体制机制统筹推进煤炭压减	
8.3 科学引导企业积极主动减煤	
8.4 加大财税金融对重点耗煤行业的支持力度	
8.5 强化重点耗煤行业科技创新引领	
参考文献	43

执行摘要

山东是煤炭消费大省，产业结构长期偏重。在完成“十三五”煤炭压减任务的基础上，山东省要在“十四五”继续压减 10% 的煤炭消费，任务尤为艰巨。在碳达峰碳中和背景下，以重点耗煤行业为切入点开展煤炭压减工作，是全省煤炭压减的重要抓手，也是促进行业绿色低碳高质量发展的有效途径。

一、山东省重点耗煤行业整体情况

钢铁、电解铝、化工、水泥、石化 5 大重点耗煤行业的煤炭消费量占全省煤炭消费总量的 57%（含电力热力等二次能源消费产生的间接煤炭消费），是山东省的主要耗煤行业。“十三五”期间，全省煤炭消费总量减少了 10%，但 5 大重点耗煤行业的煤炭消费量仍略有增长。本报告以 5 大重点耗煤行业为切入点，研究重点耗煤行业减煤路径，并提出相关政策建议。

二、“十四五”重点耗煤行业减煤路径

（一）钢铁行业

“十四五”时期，山东通过推进钢铁行业布局优化、结构调整、固基延链，促进产业绿色低碳转型，不断提高产业发展质量和效益。

推进钢铁产能布局优化。“十四五”期间，山东加快实施产能置换、兼并重组，调整全省钢铁产能布局，传输通道城市和胶济铁路沿线地区的钢铁产能应退尽退，打造日照－临沂沿海先进钢铁制造和莱芜－泰安内陆精品特钢两大钢铁产业基地。“十四五”末，沿海地区钢铁产能占比提升到 70% 以上。

提高短流程电炉炼钢比例。山东钢铁行业的优化整合、产能转移为短流程电炉炼钢的整体布局提供了契机，当前节能低碳发展需求强烈，可再生能源发电比例不断提升，也为电炉炼钢提供了良好的发展环境。预计到 2025 年，短流程炼钢占比将达到 20% 左右，废钢在钢铁原料中占比达到 30% 左右。

推广节能新技术、新装备。钢铁行业的工艺装备水平是能源利用水平的重要影响因素。通过推广铁水一罐到底等工艺技术，促进冶金工艺紧凑化、连续化；推动各类低温烟气、冲渣水和循环冷却水等余热回收，充分利用各类余热余压资源；加快淘汰落后低效设备，推广节能型水泵等产品，合理配置电机功率，提升系统节电能力。

促进钢焦一体化发展。淘汰土法炼焦（含改良焦炉）、炭化室高度小于 4.3 米顶装焦炉、炭化室高度小于 5.5 米焦炉及热回收焦炉、单独厂区 100 万吨以下独立焦化企业。按照钢焦一体化配套原则，控制焦炭产能，优化布局，通过关停并转、产能置换等方式，推动焦化产能向优势企业集聚，提高钢铁企业综合竞争力。

提高清洁能源占比。“十四五”期间，企业将通过发展分布式新能源等方式，进一步减少煤电占比，提高清洁能源占比。预计到 2025 年，随着全省电力结构的调整以及企业主动发展新能源，钢铁行业电力消费中煤电占比可降低约 8%。

在各项措施顺利推进的前提下，钢铁行业在“十四五”期间预计可形成 740 万吨的减煤潜力，其中，产能布局优化可以贡献 490 万吨的减煤潜力，提高短流程电炉炼钢比例可形成减煤 150 万吨的潜力，节能技改和发展清洁电可分别形成 30 万吨、70 万吨的减煤潜力。

（二）电解铝行业

面对压减煤炭消耗、实现“双碳”目标的新发展形势，电解铝行业除了减煤，更需要从全产业链的角度重新规划全省铝产业，打造新优势。

推进产能转移。在全国电解铝产能新一轮的调整中，电解铝行业布局将由以“火电铝”为中心转向以“水电铝”为中心，山东省电解铝行业已开始筹划并实施产能向具备清洁能源优势的地区转移，魏桥集团、南山铝业等均有向云南转移电解铝产能的意向，若能顺利实现转移，山东省电解铝产能将降至 450 万吨/年。

提高清洁能源占比。山东省电解铝生产的电力供应一直都来自于自备电厂，而自备电厂全部为火力发电，能源结构很难改变。未来应创造条件，推动山东省电解铝生产从全部使用自备电向部分或全部使用网电转化。鼓励企业利用工业园区闲置的屋顶资源以及赤泥堆场，建设分布式光伏发电项目，自发自用，扩大清洁能源占比。力争 2025 年电解铝行业用电构成中清洁电力占比达到 8%。

加强节能技改，提升电解铝能效。综合发挥能耗、排放等约束性指标作用，严格执行有关标准、政策，加强监督检查，选取电解铝行业节能先进适用技术，支持企业实施改造，引导低效产能有序退出。重点推动电解铝新型稳流保温、电解槽节能改造、电解槽大型化、电解槽结构优化与智能控制、石墨化阴极和高质量阳极的产业化应用。尽可能降低空槽率，减少因空槽运行产生的能源浪费。加大对电解槽的余热回收力度，推进余热用于厂区生活热水及建筑采暖，或用于发电系统助燃氧气源。

在各项措施顺利推进的前提下，电解铝行业在“十四五”期间预计可形成 2420 万吨的减煤潜力，其中，产能转移可以贡献 2200 万吨的减煤潜力，发展清洁电和节能技改可分别形成 200 万吨、20 万吨的减煤潜力。

(三) 化工行业

“十四五”化工行业要不断优化布局、壮大集群、完善链条、做强园区，打造高端化工产业体系，促进山东化工产业高端、绿色、可持续发展。

优化化工行业产能布局。对化工行业开展全面梳理排查，不符合标准要求且改造升级无望、手续不齐全且无法完善的企业，依法依规予以关停。按照科学规划、合理布局、总量控制的要求，将化工园区从目前的 200 余个缩减到 100 个以内，加快园区外企业搬入园，逐步扭转化工产业布局不合理、化工园区散乱现状。加快园区基础设施建设，推进能源梯级利用，提升清洁生产水平。引导园区内企业循环生产、产业耦合发展，鼓励化工园区错位、差异化发展。

加大力度实施节能技改。推进能源梯级利用，采用热泵、热夹点、热联合等技术，加强工艺余热、余压回收利用。推广高效压缩机、变压器、新型高效锅炉和换热器等高效节能设备，推动锅炉等用能设备节能改造。适度增加富氢原料比重，鼓励企业因地制宜、合理有序开发利用“绿氢”，推进煤化工与“绿电”、“绿氢”等产业耦合示范。四是鼓励开展二氧化碳规模化捕集、封存、驱油和制化学品等示范。

提高清洁能源占比。鼓励耗煤企业依托园区、企业及周边资源条件，大力发展分布式光伏等非煤电力，提升可再生能源及热力使用比重，提高非煤能源占比，间接减少煤炭消费。预计 2025 年清洁电使用比例将提升 8 个百分点。

在各项措施顺利推进的前提下，化工行业在“十四五”期间预计可形成 650 万吨的减煤潜力，其中，优化产能布局可以贡献 300 万吨的减煤潜力，节能技改和发展清洁电可分别形成 150 万吨、200 万吨的减煤潜力。

(四) 水泥行业

水泥行业将以高质量发展为主题，以市场需求为导向，以创新为驱动，以智能化、绿色化为引领，以节能、减排、降碳为重点任务，提高产业发展质量效益。

严控熟料和水泥产能。加快淘汰落后水泥熟料和水泥产能，到 2025 年，除特种水泥和化工配套水泥生产线外，2500 吨 / 日及以下的水泥熟料生产线全部整合退出，直径 3.2 米及以下水泥磨机全部整合退出。严禁新增水泥熟料、粉磨产能，严禁省外水泥熟料、粉磨产能转入。新建产能按照相关标准严格执行减量替代，新建水泥熟料生产线规模不得低于 4000 吨 / 日，新建水泥磨机直径不得小于 3.8 米。

加快调整原燃料结构。利用废轮胎、衍生燃料、生物质燃料、废油及溶剂、生活垃

圾、市政污泥等作为替代燃料，推进非煤燃料替代。鼓励水泥行业采用电石渣、脱硫石膏、粉煤灰、冶金渣尾矿等工业废渣替代传统石灰石原料，逐步提高工业废渣替代石灰石的比例。

加大力度实施节能技改。推广高效能熟料烧成、富氧煅烧等先进节能技术。采用辊压机预粉磨技术对落后的生产工艺进行改造，充分发挥水泥球磨机的研磨能力，提高生产系统效率。推广立磨粉磨生料水泥技术、辊压机终粉磨生料技术、辊压机+管磨联合粉磨水泥技术、水泥分别粉磨技术、水泥立磨粉磨技术、变频调速改造技术等节能技术。

提高清洁能源占比。“十四五”期间，水泥行业可通过发展分布式新能源等方式，进一步减少煤电占比，提高清洁能源占比。预计到2025年，随着全省电力结构的调整以及企业主动发展新能源的意识越来越强，水泥行业电力消费中煤电占比可降低约8%。

在各项措施顺利推进的前提下，水泥行业在“十四五”期间预计可形成380万吨的减煤潜力，其中，产能控制可以贡献200万吨的减煤潜力，调整原燃料结构、节能技改和发展清洁电可分别形成40万吨、70万吨、70万吨的减煤潜力。

（五）石化行业

“减油增化”是石化行业的发展趋势，在转型过程中，石化企业应加快结构调整和产业转型升级，从产能控制、原料优化、工艺改革等方面推进石化行业节能降耗。

严格控制炼油产能。引导和支持地方炼化企业向基地、石化园区以及港口条件好的区域转移改造，提高集约化发展水平。加快淘汰200万吨/年及以下常减压装置、采用明火高温加热方式生产油品的釜式蒸馏装置等。到2025年将500万吨及以下地炼企业的炼油产能分批分步进行整合转移，全省炼油产能将从2020年的2亿吨降至1.75亿吨左右。

推进炼化一体化发展。推进石化行业从生产成品油为主、大宗石化原料为辅的模式，加速向多产高附加值产品和延伸石化产业链条的炼化一体化转变。鼓励和支持企业按照炼化一体化发展思路，延长石化产业终端，积极实施产业转型升级，形成良性循环产业链。到2025年，地炼行业区域集中度进一步提高，形成具有国际竞争力的大型企业集团和炼化一体的精细化工、绿色化工和化工新材料世界级产业基地。

大力发展清洁能源。“十四五”期间，石化行业可通过发展分布式新能源等方式，增加清洁电力使用，减少煤电用量。但随着炼化一体化的发展，石化行业产业链条不断延伸，后端化工产品生产环节用电量将继续增长，因此，石化行业整体用电量将继续增加。通过大力发展清洁能源，力争石化行业用电增量由清洁能源补充，预计到2025年石化行业煤电使用量将与2020年基本持平。

加强节能技改力度。推广重油高效转化技术，提高轻质油收率。开展石化企业蒸汽动力系统诊断与优化，考虑全厂实际情况进行蒸汽平衡配置优化，推动蒸汽动力系统、换热网络、低温热利用协同优化，推广再生器取热系统、再生烟气余热回收、中压蒸汽

能量梯级利用等技术，加强工艺余热、余压回收。推进精馏系统优化及改造，提高精馏系统能源利用效率。

石化行业在“十四五”期间将大幅压减地炼产能、促进炼化一体化发展、开展节能技改，其中，产能布局优化、节能技改可以分别贡献 30 万吨、15 万吨的减煤潜力，但随着裕龙岛等炼化一体化项目的建成投产将增加约 300 万吨的煤炭消费，石化行业整体预计将增加煤炭消费约 255 万吨。

三、政策建议

一是建立科学合理减煤政策体系。积极对接国家关于煤炭消费总量控制的相关政策措施，加快落实原料用煤不再计入煤炭消费总量考核要求。合理分解煤炭压减任务，充分考虑原料用煤及新建项目煤炭需求等情况统筹分配煤炭压减任务。

二是统筹谋划、系统推进煤炭压减。建立系统减煤理念，统筹考虑企业、行业、区域能源资源协同利用模式，提升能源资源的循环利用水平。建立废钢、再生铝、轮胎等固废回收利用体系，促进资源作为原料和燃料进行循环利用。统筹供热资源和热负荷需求，打破行政区划限制，将工业余热纳入城镇规划热源。推动重点耗煤行业源头减排、过程控制、末端治理、综合利用全流程绿色发展。

三是实施资源要素差别化配置。持续开展山东省单位能耗产出效益综合评价，建立正向激励和反向倒逼机制，实施资源要素差别化配置。对重点耗煤行业采取“存量整合，只减不增”的政策，鼓励行业“上大压小”“上新压旧”，推动产业布局优化调整和企业兼并重组。

四是引导企业积极主动通过市场手段减煤。完善用能权有偿使用和交易制度，探索建立市场化用能新机制。完善差别电价、阶梯电价等电价政策，清理“两高”项目优惠电价。引导重点企业积极参与全国碳排放权交易，提高企业节能降碳的主动性，倒逼落后产能加速退出。

五是加大财税金融对重点耗煤行业的支持力度。统筹资金加大对节能减煤重大行动、重大示范、重大工程的支持力度。强化财政激励、税收引导功能，支持新能源产业技术创新，支持产能出清的企业转型升级。创新投融资渠道，鼓励各银行业、金融机构充分发挥金融监管的结构调节作用，用足用好货币政策工具，增强金融产品和服务方式创新能力。大力发展转型金融，打造多层次转型金融服务体系。

六是强化重点耗煤行业科技创新引领作用。瞄准能效提升和低碳前沿技术，加大研发投入力度，致力于技术源头整体性的理论研究和产业创新，加强节能低碳技术研究和推广产业化应用，以科技赋能为提升行业资源能源利用效率和绿色低碳化水平拓展新的增长空间。推进重点耗煤行业先进节能技术的研发及示范应用，促进生产工艺和节能降耗技术迭代升级，稳步提升重点耗煤行业的科技研发和创新能力。



山东省经济社会发展 情况

1.1 经济发展现状

2020 年，山东省地区生产总值 73129 亿元，居全国第三位，按可比价格计算，“十三五” GDP 增长 33.88%，年均增长 5.97%，高出全国 5.3% 的年均增长。第三产业对经济增长的拉动作用明显增强，根据统计分析，第三产业对经济增长的贡献率由 2015 年的 47.4% 提高至 78.4%，第二产业对经济增长的贡献率由 2015 年的 48.3% 降低为 20.1%。

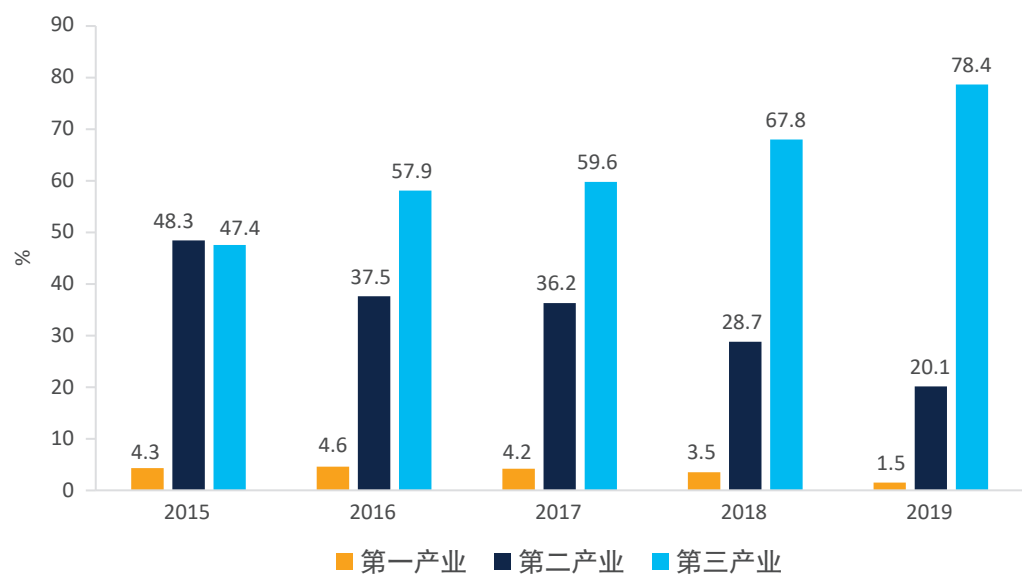


图 1-1 山东三次产业对经济增长的贡献率

1.2 产业发展现状

山东省三次产业结构由 2015 年的 8.9: 44.9: 46.2 调整为 2020 年的 7.3: 39.1: 53.6，呈一产占比、二产占比逐年下降，三产占比逐年上升的变化趋势。近年来，山东省第三产业比重逐渐增大，与广东、江苏、浙江等先进省份间的差距逐渐缩小，2020 年第三产业比重高出江苏 1.1%，比广东、浙江分别低 2.9%、1%，如图 1-2 所示。

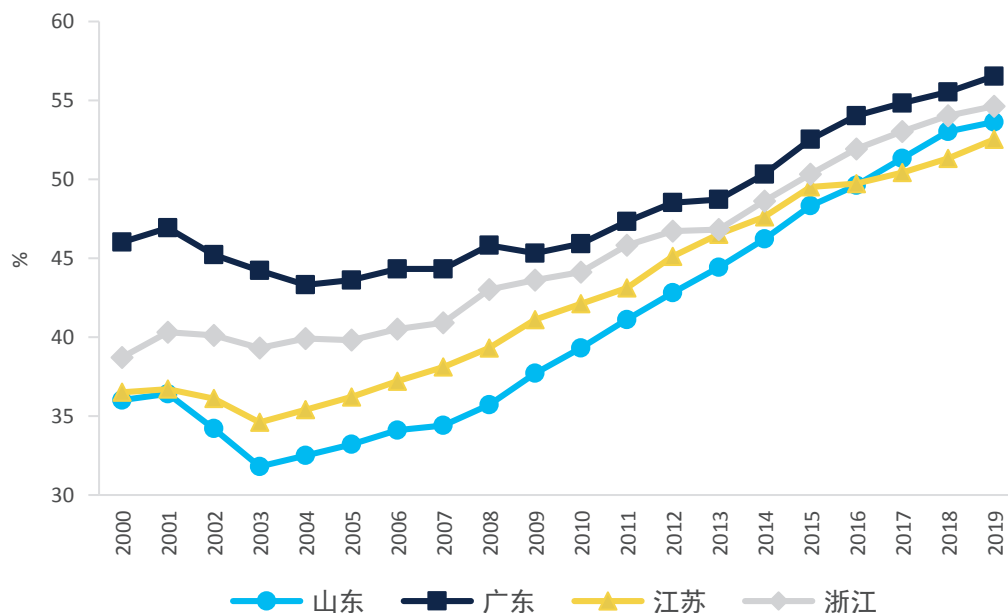


图 1-2 山东第三产业比重与广东、江苏、浙江比较

山东省产业结构整体偏重，产业发展存在以下特点：

工业覆盖门类齐全。作为实体经济支撑的工业，门类齐全、结构完备，拥有全部 41 个工业大类、207 个工业中类中的 197 个、666 个工业小类中的 526 个，占全国比重 10% 以上的大类行业 10 个，占比 7% 以上的大类行业 19 个，占比 5% 以上的大类行业 29 个。

二产能耗占比高，产出效益差。2020 年，三次产业中，一产的单位能耗 GDP 产出效益最高，为 9.33 万元 / 吨标煤，二产的能耗占比最大，单位能耗 GDP 产出效益最低，能耗产出效益为 0.89 万元 / 吨标煤，仅为一产的 9.5%、三产的 10.2%，三产的单位能耗 GDP 产出效益为 8.69 万元 / 吨标煤。

1.3 能源和煤炭消费情况

山东省能源消费总量近年来呈增长态势，能源消费结构以化石燃料为主。2020 年，山东省能源消费总量为 4.18 亿吨标准煤，占全国的比例为 8.4%，居全国第一。“十三五”时期，全省单位 GDP 能耗下降 20.4%，完成了国家下达的能耗强度下降指标。2020 年，山东省单位 GDP 能耗为 0.57 吨标煤 / 万元，高于全国 0.49 吨标煤 / 万元的平均水平。

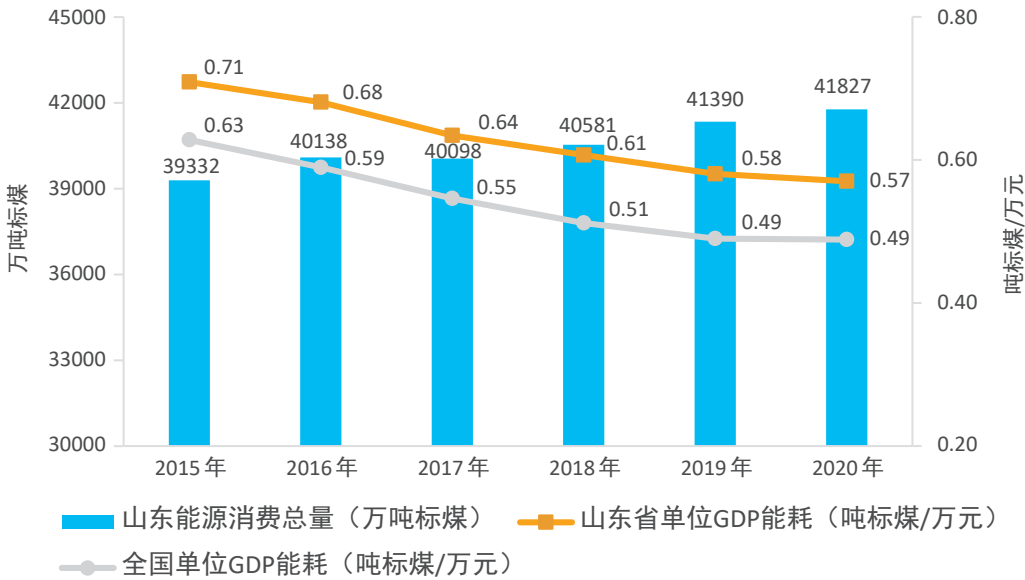


图 1-3 山东能源消费情况

“十三五”期间，山东省煤炭消费呈波动变化，2020年煤炭消费量为3.88亿吨，比2015年减少了10.9%；单位GDP煤耗为0.53吨/万元，比全国平均水平高出38.8%，人均煤炭消费是全国的1.36倍。可见，山东省以煤为主的能源结构没有得到根本改变。

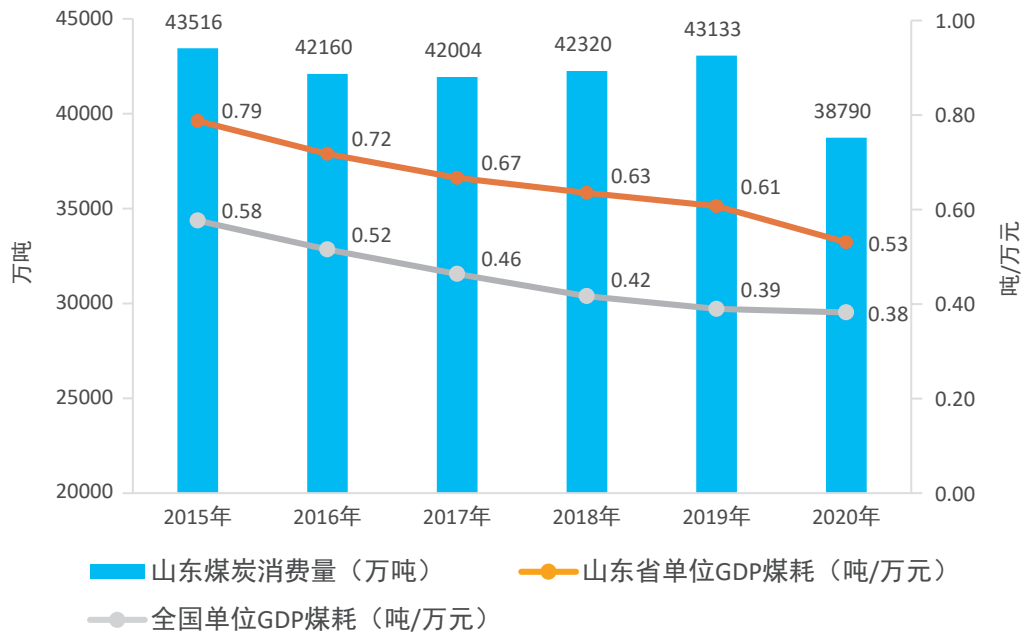


图 1-4 山东煤炭消费情况

1.4 碳排放情况

山东是碳排放大省，2020 年全省碳排放总量为 9.5 亿吨，居全国首位，约占全国的 9.5%。从分能源品种的碳排放情况来看，煤炭消费产生的碳排放约占 78%，石油消费产生的碳排放约占 10%，天然气消费产生的碳排放约占 4%，净调入电力蕴含的间接碳排放约占 8%，如图 1-5 所示。可见，煤炭消费产生的碳排放占全省碳排放总量的比例大，减少煤炭消费是实现碳达峰碳中和的必要举措。

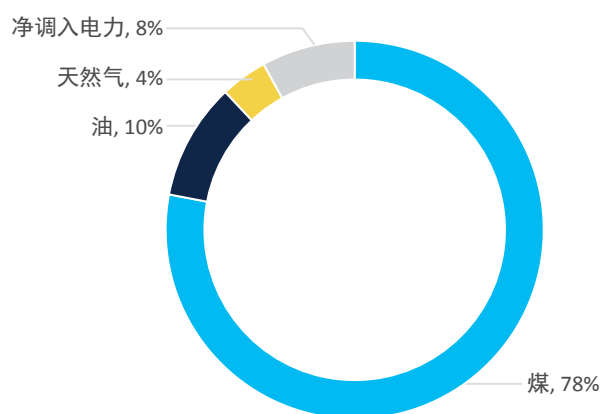


图 1-5 山东不同能源品种碳排放占比情况

2

“十三五”期间山东省
煤炭压减成效及经验

2.1 “十三五”煤炭压减成效

2020 年山东省煤炭消费量为 38790 万吨，比 2015 年减少了 10.9%，完成国家下达的“十三五”期间煤炭压减 10% 的目标任务。

2.2 “十三五”煤炭压减经验

2.2.1 强化顶层设计

成立了“山东省煤炭消费压减工作专班”。在课题组的推动下，山东省政府成立全省煤炭消费压减工作专班，常务副省长任组长，分管副省长任副组长。各部门抽调出精干力量，实行集中办公，有力推进了山东省煤炭消费压减工作。

建立了“1+1+N”推进体系。山东省结合全省产业结构、重点耗煤行业 and 各市情况，建立了煤炭消费压减工作的“1+1+N”推进体系，奠定了山东省以淘汰落后产能、提高能源产出效益为主要途径的压煤工作路线图。

2.2.2 实施科学管控

强化总量控制。在“十三五”煤控工作中，山东省将煤炭消费总量控制目标或煤炭压减任务分解落实到各市，各市又将任务目标分解落实到各县市区，这种将任务层层传导落实的方式对全省煤炭消费总量控制任务的完成起到了重要作用。

加强过程监督。为扎实推进煤炭消费压减工作，山东省成立省煤炭消费压减工作督导专班，对各市开展月度监测预警和排名通报，对重点企业开展了实地核查。对各市煤炭消费压减目标完成情况进行周上报、月评估，建立月度评分排名、约谈和通报制度，让相关责任单位及时掌握目标完成情况，确保按时完成进度计划。

建立考核机制。建立了目标责任制和评价考核指标，把煤炭消费情况控制纳入了经济社会发展评价体系，把目标任务完成、政策措施落实情况作为领导班子和领导干部综合考核评价的重要内容。

2.2.3 创新管理模式

创新提出了煤炭“当量”分解方式。在分解煤炭压减任务时，按照“谁用电、谁承担煤炭消费”的原则，运用“当量”概念测算各市耗煤量，采取把公用煤电机组耗煤量从煤炭消费总量中分出来统筹管理的测算方法，将煤炭消费压减任务科学合理分解到各市、县和重点企业，科学分解任务指标，点面结合，有效保障了煤控任务的完成。

开展了单位能耗产出效益综合评价。建立了以能源利用效率为核心、以企业评价为基础的评价指标和评价方法，对企业、行业、区域单位能耗产出效益进行综合评价。依据评价结果，建立正向激励和反向倒逼机制，实施资源要素差别化配置，扶优汰劣；依据区域考评结果，有效控制能源消费总量，合理分配能耗指标，倒逼产业结构和能源结构优化调整。

创新实施了能耗指标收储制度。为解决重大项目落地和企业生产面临的煤炭指标约束，推动能源要素供给改革，山东省创新建立了能耗指标收储制度。对年度省重大项目、省新旧动能转换重大项目库优选项目、省“双招双引”重点项目及儒商大会等重大活动签约项目、关系全省生产力布局和社会发展的重点项目等可使用收储能耗。开展省级能耗指标收储及有偿使用，有效解决了山东省一批重大项目的落地实施，推动了能耗指标的优化配置和能源的高效利用，促进了全省产业局部优化调整。

3

山东省“十四五”煤炭 压减工作形势分析

3.1 机遇

山东省已进入重塑发展优势、聚力迎头赶上的重要窗口期，新时代现代化强省建设新征程加速推进，各种积极因素加速集聚，新旧动能转换综合试验区、中国（山东）自由贸易试验区等重大平台为高质量发展提供动力，黄河流域生态保护和高质量发展战略赋予绿色发展重大机遇。山东省 2035 年远景目标也明确提出，“绿色生产生活方式广泛形成，碳排放达峰后稳中有降，生态环境根本好转，人与自然和谐共生的美丽山东建设目标基本实现”。美丽山东建设目标为绿色低碳发展提供了方向，全省上下必须坚定贯彻绿色发展理念，紧抓住产业转型、绿色发展关键期，努力在高质量发展中赢得优势、赢得主动、赢得未来。

3.2 挑战

山东省发展仍处在转型升级的紧要关口，新旧动能转换任务依然艰巨，现代化经济体系构建尚不完善，能源利用效率还有较大提升空间，经济发展和资源消耗尚未脱钩，生态保护形势依然严峻，在绿色低碳转型方面面临着巨大挑战。

重化工业突出的问题尚未得到根本转变。全省重化工特征明显，火电、化工、石化等传统高能耗、高排放产业基数庞大，一直是全省经济发展重要贡献者，为国家的经济社会建设做出了“山东贡献”，但也带来了资源环境的巨大压力。在新旧动能转换的更迭期，新动能引进和成长速度还较慢，部分地方经济发展仍过分依赖旧动能，产业重型化趋势改变难度较大。由于偏重的产业结构，工业绿色发展压力较大，迫切需要加快产业绿色转型。

能源刚性需求依然存在。能源是经济社会发展和人民生活改善的坚实基础保障，但随着资源环境约束趋紧，能源消费指标已成为比土地、资金更为紧张的要素资源。“十四五”时期，山东开启现代化强省建设新征程，步入新旧动能转换“五年取得突破”新阶段，一批大项目、好项目等待落地，能源需求进一步提升。同时随着消费结构不断升级，人民群众生活水平的提高，交通、建筑、居民生活等领域对能源需求将呈刚性增长趋势，能源空间紧张、碳达峰目标等制约因素与能源需求的矛盾愈加突出。

以煤为主的能源结构难以快速改变。全省以煤为主的高碳化石能源特征突出，由煤炭消费产生的污染物和二氧化碳已成为山东大气污染和温室气体排放的主要来源之一。

受国土空间、城镇规划、建设成本、可再生能源消纳能力等因素约束，风电、光伏、地热等新能源发展受到一定制约，非化石能源消费比重仅为 7% 左右，较全国水平低 8 个百分点。在现有资源禀赋条件下，能源低碳转型任务面临加大压力，能源消费需求增加与清洁能源供给不足的矛盾，特别是以煤为主的能源依赖刚性，成为山东绿色低碳高质量发展模式转变的主要制约因素之一。

新能源和可再生能源开发利用制约多。山东省为太阳能资源三类地区、风能资源四类地区、水资源匮乏，可再生能源开发利用存在多重制约。陆上集中式风电可持续开发空间不足，海上风电建设成本偏高，制约因素较多；地热能利用面临地热富集区与水资源禁（限）采区、地热采矿权与油气矿业权高度重叠“双重”制约；核电规划建设周期长，社会关注度高，存在较强的“邻避效应”，短期内难以形成规模化效益。

政策机制尚未完善。当前，有利于绿色低碳发展的价格、财税、金融等经济政策还不完善，基于市场的激励和约束机制不健全，在新兴产业领域引领能力不足，新业态发展与传统政策适配性差，制约经济发展活力。高端人才虹吸效应较弱，科技人员激励机制不够完善，上下游合作协同创新少，科技成果转化率低，低碳技术研发、示范和推广应用的障碍较多。

3.3 研究内容

根据国家下达的煤炭压减任务目标，“十四五”期间，山东省要继续压减煤炭消费 10%。“十四五”煤炭压减难度大，亟需找准切入点和主要环节，制定可行、有效的煤炭压减路径，提供有力的政策保障措施，助力全省煤炭压减任务的完成，促进经济社会的绿色低碳发展。

本报告从山东省煤炭消费的主要行业入手，通过分析重点耗煤行业发展现状，结合行业发展趋势及相关政策约束，研究重点耗煤行业的减煤路径，对不同路径的减煤潜力进行分析测算，并提出相关政策建议。

4

山东省重点耗煤行业 现状分析

4.1 重点耗煤行业基本情况

4.1.1 钢铁行业

山东是全国重要的钢铁生产基地。长期以来，山东钢铁工业为全省和全国经济建设提供了重要的原材料保障，有力支撑了相关产业发展。2020年，山东省粗钢产量7994万吨，占全国粗钢总产量的7.5%，居全国第三位。

4.1.2 电解铝行业

铝是国民经济发展的重要基础原材料，山东省铝行业产业链优势显著，规模位居全国前列，发展态势良好。山东省电解铝产能高度集中，形成了魏桥、信发、南山等一批铝加工骨干企业。2020年，全省电解铝产量为807.9万吨，占全国电解铝总产量的21.8%，居全国第一位。

4.1.3 化工行业

化工行业是重要的原材料工业，对经济产业链、国防安全与民生健康起着全面基础支撑作用。山东省化工行业底蕴深厚、基础良好、体系健全，拥有较为齐全的产品门类，合成氨、烧碱、纯碱等产品产量位居全国前列。“十三五”期间，山东省积极推进化工产业补链延链强链工程，不断提高化工企业入园率，化工企业入园率由不足20%提高到34%，产业集聚效应凸显，重点产品竞争力得到增强，但产业布局仍有优化空间，绿色低碳发展水平也有待进一步提升。

4.1.4 水泥行业

山东省是水泥大省，水泥和熟料产量一直保持在全国前列。2020年，全省水泥产量为15768万吨，占全国总产量的6.57%，居全国第二位；水泥熟料产量为9100万吨，占全国总产量的5.76%。

4.1.5 石化行业

2020年山东省原油加工能力约2亿吨/年，约占全国原油总加工能力的1/4，居全国首位。“十三五”以来，随着国家对民营炼厂进口原油使用权的下放，山东省原

油加工量不断增加，2020 年全省原油加工量达到 1.45 亿吨，占全国原油加工总量的 21.57%，居全国第一位。

4.2 重点耗煤行业煤炭消费情况

从山东省煤炭消费情况来看，全省 82.9% 的煤炭用于加工转换环节，仅 17.1% 的煤炭用于终端直接消费环节。加工转换环节中，火力发电、供热、炼焦是主要的煤炭消费环节，但其加工转换产生的电力、热力、焦炭等二次能源，又去往终端消费环节。可见，终端消费环节不仅直接消费煤炭，而且通过消费电力、热力等二次能源产生了大量间接煤炭消费。

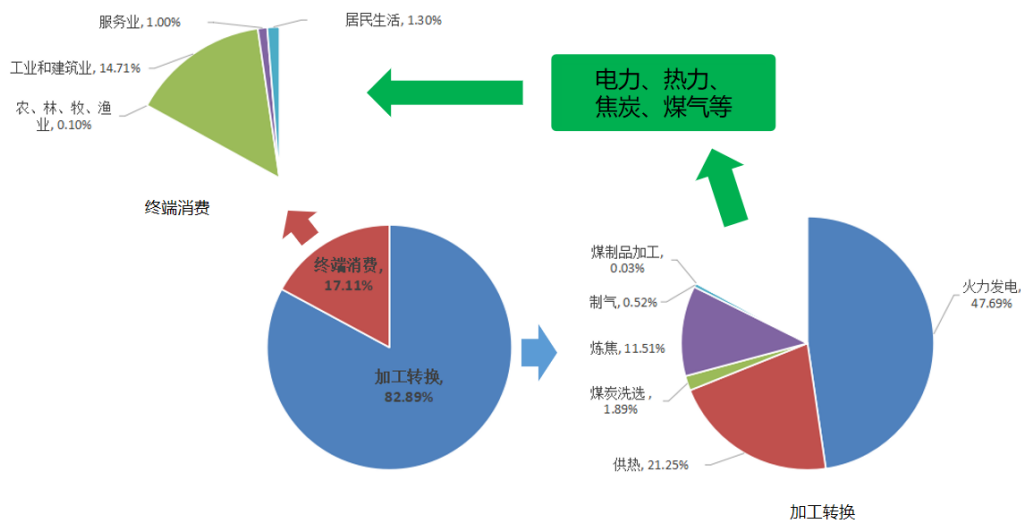


图 4-1 山东省煤炭消费构成及流向

为更好分析行业的实际煤炭消费情况，从终端消费环节入手，将终端消费环节的电力、热力、焦炭消费折算成煤炭，一并计入各行业的煤炭消费。按照该口径来分析行业煤炭消费，可更切实地反映出每个行业的实际煤炭消费情况。经分析测算，钢铁、电解铝、化工、水泥、石化 5 大重点耗煤行业的煤炭消费量占全省煤炭消费总量的一半以上，且“十三五”期间 5 大重点耗煤行业的煤炭消费总量略有增长，是全省最重要的耗煤行业。以重点耗煤行业为切入点开展煤炭压减，是全省煤炭压减工作的重要抓手，可有效助力全省煤炭压减任务目标的完成。因此，本报告选取钢铁、电解铝、化工、水泥、石化 5 大重点耗煤行业进行减煤路径研究。

5

山东省重点耗煤行业
“十四五”减煤路径

5.1 钢铁行业

“十四五”时期是钢铁工业结构性改革的关键阶段，山东要着力打造钢铁产业生态，推进钢铁行业布局优化、结构调整、固基延链，促进产业绿色低碳转型，不断提高产业发展质量和效益。

5.1.1 严控钢铁产能，加快优化产能布局

“十四五”期间，山东将通过实施产能置换、兼并重组，调整全省钢铁产能布局，打造日照－临沂沿海先进钢铁制造和莱芜－泰安内陆精品特钢两大钢铁产业基地。根据《山东省钢铁产业“十四五”发展规划》，到2025年，传输通道市和胶济铁路沿线地区的钢铁产能应退尽退。“十四五”期间，山东将通过产能减量置换淘汰炼钢产能约3400万吨、炼铁产能约3000万吨，新产能按照国家标杆水平建设，并将在“十四五”期间陆续建成投产，落后产能将随之关停。在钢铁产能减量置换过程中，实施“上大压小”“上新压旧”“上高压低”，采用新型先进工艺装备和技术，严格按照全面超低排放要求建设，到“十四五”末，沿海地区钢铁产能占比提升到70%以上。

5.1.2 提高短流程电炉炼钢比例

山东钢铁行业的优化整合、产能转移为短流程电炉炼钢的整体布局提供了契机，当前强烈的节能低碳发展需求和可再生能源发电比列的不断提升，也为电炉炼钢提供了良好的发展环境。废钢＋电炉炼钢工艺的吨钢总能耗仅为长流程炼钢工艺（高炉＋转炉）吨钢总能耗的25%，是直接还原铁＋电炉炼钢工艺所需总能耗的35%。山东省要抓好钢铁行业产能转移的良好契机，在新建项目中建设一批电炉钢工艺，逐步提高全省电炉炼钢比例。到2025年，山东省短流程炼钢占比预计可达到20%左右，废钢在钢铁原料中占比达到30%左右。

5.1.3 推广节能新技术、新装备

钢铁行业的工艺装备水平是能源利用水平的重要影响因素，装备水平落后、高耗能设备多、管理水平低等制约了能效水平的提升，余热余能回收利用水平低也是能耗居高不下的主要原因。“十四五”期间可以通过推广目前较成熟的节能技术和设备来促进行业能效水平的提升。

在全省范围内全面推进烧结烟气循环、高炉炉顶均压煤气回收等技术改造，大力推

广铁水一罐到底、薄带铸轧、铸坯热装热送、在线热处理等技术，促进冶金工艺紧凑化、连续化。鼓励有条件的企业提高高炉炼铁球团矿配比，在高炉中适度增加废钢的使用量，推进高炉应用喷吹塑料颗粒等节煤新技术应用。加大支持力度，推动能效低的烧结机、球团竖炉等关键耗能装备开展节能改造。加快淘汰落后低效设备，推广节能型水泵、永磁电机、永磁调速、高效换热器等节能产品，合理配置电机功率，提升系统节电能力。

充分利用各类余热余压资源，推动各类低温烟气、冲渣水和循环冷却水等低品位余热回收，推广电炉烟气余热、高参数发电机组提升等先进技术。推广应用干熄焦、上升管余热回收、循环氨水及初冷器余热回收等余热回收技术。支持电炉、转炉等复杂条件下中高温烟气余热、冶金渣余热高效回收应用。推动多余热耦合优化示范项目建设，实现余热余压资源最大限度回收利用。

5.1.4 促进炼焦与钢铁产业配套发展

钢铁行业焦炭用量占全省焦炭产量 85% 以上，推进焦化与钢铁配套发展可以满足炼钢需求、促进节能减排、减少运输成本。

“十四五”期间，要淘汰土法炼焦（含改良焦炉）、炭化室高度小于 4.3 米顶装焦炉，炭化室高度小于 5.5 米焦炉及热回收焦炉、单独厂区 100 万吨以下独立焦化企业。按照钢焦一体化配套原则，控制焦炭产能，优化布局，通过关停并转、产能置换等方式，推动焦化产能向优势企业集聚。

钢焦联合企业首先可以保证焦炭质量满足自身需求，减少外购焦炭质量波动对生产的影响，降低生产成本。其次，钢焦工艺之间的有机耦合有利于提高资源综合利用率和能源效率，减少污染物排放。独立焦化企业因为干熄焦工艺运行成本较高，干熄焦率普遍较低，造成了严重的能源浪费和环境污染，而钢焦联合企业干熄焦工艺运行成本较低，有效回收了红焦显热，节能减排效果显著。钢焦联合企业有利于实现资源的综合利用，如高炉煤气、转炉煤气和焦炉煤气为原料合成制乙二醇和 LNG，不仅可以实现固碳再利用，减少二氧化碳，同时可将生产乙二醇时的副产氢气用于氢能冶炼，实现能源的综合高效利用。

5.1.5 提高清洁能源占比

目前山东电力结构仍以煤电为主，“十四五”期间，企业可通过发展分布式新能源等方式，进一步减少煤电占比，提高清洁能源占比。预计到 2025 年，随着全省电力结构的调整以及企业主动发展新能源，钢铁行业煤电占比可降低约 8%。

5.1.6 加强新型节能技术创新研发应用

在碳达峰碳中和背景下，要加快破解钢铁行业绿色低碳关键技术，从而引领支撑行业转型升级。

推进 ESP（全无头超薄带钢轧制）等工艺为基础的短流程连铸连轧技术等。ESP 工艺是目前世界上最先进的轧钢工艺技术，被誉为继转炉炼钢、连续铸钢之后的第三次钢铁工业技术革命。ESP 工艺技术依靠连续不间断的铸轧串接工艺直接用钢水生产热轧带钢。这种生产线的能耗水平和相关成本与连铸和轧制分开的传统生产工艺相比能够降低 45% 以上。ESP 因其短流程、低成本、高效节能，对于推动钢铁企业节能减排、提高产业竞争力具有重大意义，极具推广价值。

加快促进氢冶金及非高炉炼铁等新技术开发应用。“双碳”背景下，以氢代碳已经成为低碳冶金的新路线。氢在钢铁行业的应用主要包括富氢还原高炉、氢冶金气基竖炉、氢冶金熔融还原工艺。钢焦联合企业中焦炉煤气相对富余，价格较为低廉，高炉喷吹焦炉煤气是我国目前最有可能实现的富氢还原低碳炼铁技术。随着氢冶金技术的不断成熟，可逐渐加大推广力度。

通过对钢铁行业节能低碳技术的研发，可为行业未来绿色低碳高质量发展提供技术支撑，但新技术须在大量研究示范的基础上逐步推广应用，因此，“十四五”阶段通过技术创新带来的减煤空间存在较大不确定因素。

5.1.7 “十四五”减煤潜力测算

钢铁行业通过布局优化、推广短流程炼钢、实施节能技改等措施，“十四五”期间预计可形成减煤 740 万吨的潜力。

表 5-1 钢铁行业减煤潜力测算表

实施路径	具体措施	预期目标	减煤潜力
产能布局优化	- 传输通道城市和胶济铁路沿线地区的钢铁产能应退尽退 - 打造沿海、内陆两大钢铁产业基地	通过产能减量置换淘汰炼钢产能约 3400 万吨	90 万吨
推广短流程炼钢	- 新建一批电炉钢 - 提高废钢利用率	电炉钢占比达到 20%	150 万吨

实施路径	具体措施	预期目标	减煤潜力
存量项目实施节能技改	• 环冷机、电炉炼钢、节能涂料等节能技术 • 推广风机、水泵、压缩机等高效节能设备 • 焦炉、烧结、高炉、转炉等余热回收利用先进技术	钢铁 45% 产能达到标杆水平，吨钢综合能耗降至 535kgce/t	30 万吨
钢焦一体化	• 关停淘汰落后独立焦化企业 • 推动焦化产能向优势企业集聚	焦钢比达到 0.4	400 万吨
提高清洁能源占比	• 根据企业厂区及周边资源发展分布式能源	清洁电占比提高 8%	70 万吨
合计			740 万吨

5.2 电解铝行业

面对压减煤炭消耗、实现双碳目标的新发展形势，电解铝行业除了减煤，更需要从全产业链的角度重新规划全省铝产业，打造山东省铝产业新优势。

5.2.1 推进产能转移

在全国电解铝产能新一轮的调整中，电解铝行业布局将由以“火电铝”为中心转向以“水电铝”为中心，山东省电解铝行业已开始筹划并实施产能向具备清洁能源优势的地区转移，魏桥集团、南山铝业等均有向云南转移意向，若能顺利实现转移，山东省电解铝产能将降至 450 万吨 / 年。

5.2.2 提高清洁能源占比

山东省电解铝生产使用的全部是火电，亟需优化能源消费结构，降低煤电占比。鼓励企业利用工业园区闲置的屋顶资源，以及赤泥堆场建设分布式光伏发电项目，自发自用，

扩大清洁能源占比，优化企业能源消费结构，降低煤炭消耗和碳排放。同时，可通过购买绿电、电力“绿证”（国家对发电企业每兆瓦时非水可再生能源上网电量颁发的具有独特标识代码的电子证书）等增加清洁能源消纳。另外，可探索自备电向网电转化的可行性。由于历史原因，山东省电解铝生产的电力供应一直都来自于自备电厂，而自备电厂全部为火力发电，能源结构很难改变。未来应创造条件，推动山东省电解铝生产从全部使用自备电向部分或全部使用网电转化，使得电解铝生产的电力结构随着山东省整体电力结构的优化而改善。

5.2.3 加强节能技改，提升电解铝能效水平

综合发挥能耗、排放等约束性指标作用，严格执行有关标准、政策，加强监督检查，选取电解铝行业节能先进适用技术，支持企业实施改造，引导低效产能有序退出。重点推动电解铝新型稳流保温铝电解槽节能改造、铝电解槽大型化、电解槽结构优化与智能控制、石墨化阴极和高质量阳极的产业化应用。此外，要尽可能降低空槽率，减少因空槽运行产生的能源浪费。加大对电解槽的余热回收力度，推进余热用于厂区生活热水及建筑采暖，或用于发电系统助燃氧气源。对电解铝企业落后生产工艺、技术、设备，加快淘汰力度，大力推广先进高效节能设备。同时，可以通过提高原材料质量来降低电解铝能耗，特别是氧化铝与炭素的质量。采用高品质阳极、砂状成分较高的氧化铝原料，对降低能耗有积极作用。由于石油焦原料的问题，炭素质量有劣化趋势，也需要重点关注。

5.2.4 强化前沿技术的研发应用

在当前生产工艺下，电解铝行业的减煤降碳潜力是有限的，因此，需加大对新型生产工艺、节能技术的科技研发力度。

电解槽蓄能调峰技术。由于电解铝生产稳定、连续的工艺特点，电解铝工业对于供电系统的稳定性有着极高的要求。通过电解槽输出端能量流调节技术，开发适应宽幅柔性的电力输入，使电解槽摆脱对电力稳定性的高依赖性要求，从而可使电解铝厂成为大容量的“虚拟电池”，也使得波动较大的风电、光伏等新能源直接用于电解铝生产成为可能。对于全部使用自备电的山东省电解铝行业而言，通过电解槽蓄能调峰技术消纳可再生能源，是改善能源结构的有效途径。

惰性阳极技术。惰性阳极是将炭阳极更换为金属等材质的惰性阳极，以避免电解过程中炭阳极消耗产生的直接碳排放，能带来约 1.5 t.CO₂/t.Al 的减排效果。但是，惰性阳极将使电解过程的电耗增加约 3000 kWh/t.Al。电解过程中的炭阳极消耗是放热反应，为电解过程提供了能量，使用惰性阳极后，这部分能量需要通过增加电能输入进行补充。如果采用清洁能源，配合使用惰性阳极，可以带来 1.5 t.CO₂/t.Al 的减排；但是如果使用的是火电，多消耗的 3000 kWh/t.Al 的电力将增加 2.34 t.CO₂/t.Al 碳排放，电耗增加带来的增排超过惰性阳极带来的减排。因此，使用惰性阳极技术需在使用清洁能源的前提

下才有意义。

5.2.5 “十四五”减煤潜力测算

电解铝行业通过实施产能转移、推进节能技改、提高清洁能源使用比例等措施，“十四五”期间预计可形成减煤 2420 万吨的潜力。

表 5-2 电解铝行业减煤潜力测算表

实施路径	具体措施	预期目标	减煤潜力
产能转移	推进企业产能转移顺利进行	产能降至 450 万吨	2200 万吨
节能技改	- 降低空槽率 - 推进电解槽节能改造 - 推进余热回收利用	电解铝 50% 产能达到标杆水平	20 万吨
发展清洁能源	- 发展分布式能源 - 探索自备电入网	2025 年清洁电比例达到 8%	200 万吨
合计			2420 万吨

5.3 化工行业

“十四五”是山东化工产业实现变革重塑、动力转换的关键时期，要不断优化布局、壮大集群、完善链条、做强园区，打造高端化工产业体系，促进山东化工产业高端、绿色、可持续发展。

5.3.1 严控主要产品产能，优化产能布局

淘汰低效落后产能。“十四五”，要聚焦氯碱、合成氨、合成材料等主要化工行业，对照行业先进水平，开展全面梳理排查，对不符合相关标准要求且改造升级无望、手续

不兼备且无法完善的化工企业，依法依规予以关闭。新建项目严格执行产能、煤炭消费减量替代。氯碱行业淘汰不属于废盐综合利用的隔膜法烧碱生产装置、使用汞或汞化合物的烧碱生产装置，未完成膜极距改造、不在化工园区和重点监控点的烧碱企业；合成氨行业，坚决淘汰半水煤气氨水液相脱硫、天然气常压间歇转化工艺制合成氨。

推进兼并重组，优化产能布局。按照科学规划、合理布局、总量控制的要求，争取将化工园区缩减到 100 个以内，逐步扭转化工产业布局不合理、化工园区散乱现状；同时加快园区外企业搬迁入园，对于园区和重点监控点外的企业，要严格限制在原有厂区内新增产能，新增产能一律进入经过认定的化工园区和专业化工园区，引导和倒逼企业逐步实现搬迁入园。通过兼并重组等方式，优化氮肥企业布局，推动合成氨能力较小、无法实施煤气化改造的企业，逐步调整产品结构，有序退出氮肥行业，实现产能向优势骨干企业集中。

促进化工企业高水平集聚发展。推动化工园区规范化发展，依法依规利用综合标准倒逼园区防范化解安全环境风险，加快园区污染防治等基础设施建设，加强园区污水管网排查整治，提升本质安全和清洁生产水平。引导园区内企业循环生产、产业耦合发展，鼓励化工园区间错位、差异化发展，与冶金、建材、纺织、电子等行业协同布局。

5.3.2 加大力度实施技术变革，不断提高能源利用率

采用先进节能技术，推进节能技改。采用以粉煤加压气化、新型水煤浆气化等先进煤气化技术对现有固定床气化装置进行改造，提高合成氨等行业的能效水平。鼓励企业通过开展煤制合成气体综合利用延伸产业链。发挥煤基多联产的技术优势和原料来源可以是多样性的优势，大力推广先进煤基多联产技术。择优选用粉煤气流床加压气化技术、多喷嘴对置式水煤浆气化技术、水煤浆水冷壁气化技术等。加快推广高效低压氨合成技术、原料气净化技术等，不断提升能源利用效率。

增强系统节能减煤观念，推进能源梯级利用。采用热泵、热夹点、热联合等技术，加强工艺余热、余压回收利用。提升中低品位热能利用水平，推动用能设施电气化改造，合理引导燃料“以气代煤”，适度增加富氢原料比重。鼓励企业因地制宜、合理有序开发利用“绿氢”，推进煤化工与“绿电”、“绿氢”等产业耦合示范，鼓励开展二氧化碳规模化捕集、封存、驱油和制化学品等示范。推广应用高效压缩机、变压器、新型高效锅炉和换热器等高效节能设备，推动锅炉等用能设备节能改造。

5.3.3 提高清洁能源占比

鼓励依托园区、企业及周边资源条件，大力发展分布式光伏等非煤电力，提升可再生能源及热力使用比重，提高非煤能源占比，间接减少煤炭消费。对非不可替代热源的热电机组予以坚决淘汰，不可替代热源进行技术变革，提升能源利用效率。

5.3.4 加大先进节能技术研发力度

加快研发应用高性能复合新型催化剂，加快高效煤气化炉、合成反应器、高效精馏系统、智能控制系统、高效降膜蒸发技术等装备研发应用。加快自主化成套大型空分、大型空压增压机、大型煤气化炉示范应用。推动绿氢与煤化工项目耦合等前沿技术开发应用。推进离子膜法工艺处理高含盐有机废水技术研发应用，使烧碱生产成为煤化工、农药、精细化工等行业废水资源化利用的关键技术，实现行业协同绿色发展。

5.3.5 “十四五”减煤潜力测算

化工行业通过优化产能布局、开展节能技改、提高清洁能源占比等措施，“十四五”预计可形成减煤 650 万吨的潜力。

表 5-3 化工行业减煤潜力测算表

实施路径	具体措施	预期目标	减煤潜力
优化产能布局	- 淘汰低效落后产能 - 新建产能严格执行减量置换	合成氨、尿素、烧碱产能分别下降至 600 万吨、700 万吨、850 万吨	300 万吨
推进节能技改	- 推广先进高效节能技术 - 加强余热余压利用 - 推广高效节能锅炉、换热器、风机、汽轮机等先进设备	合成氨、烧碱等主要化工产品能效水平全部达到基准水平，达到标杆水平产能占比达到 30% 以上	150 万吨
调整能源结构	根据企业厂区及周边资源发展分布式能源	清洁电占比提高 8%	200 万吨
合计			650 万吨

5.4 水泥行业

“十四五”时期，山东省水泥行业要以高质量发展为主题，以市场需求为导向，以创新为驱动，以智能化、绿色化为引领，以节能、减排、降碳为重点任务，加快新旧动能转换，提高产业发展质量效益，培育优良产业生态，促进山东省水泥行业绿色低碳高质量发展。

5.4.1 严控熟料和水泥产能

加快淘汰落后水泥熟料和水泥产能，到 2025 年，除特种水泥和化工配套水泥生产线外，2500 吨 / 日及以下的水泥熟料生产线全部整合退出，直径 3.2 米及以下水泥磨机全部整合退出。严禁新增水泥熟料、粉磨产能，严禁省外水泥熟料、粉磨产能转入。新建产能按照相关标准严格执行减量替代，新建水泥熟料生产线规模不得低于 4000 吨 / 日，新建水泥磨机直径不得小于 3.8 米。预计 2025 年通过产能减量置换可实现减煤约 200 万吨。

5.4.2 加快调整原燃料结构

推进非煤燃料替代。水泥熟料生产需要经过高温煅烧，会消耗大量的煤炭。因此，水泥行业可探索通过利用废轮胎、衍生燃料、生物质燃料、废油及溶剂、生活垃圾、市政污泥等作为替代燃料。目前全省水泥企业燃料替代率较低，通过加强非煤燃料替代是减少煤炭消费的有力措施。

加大固废利用。从促进资源循环利用，减少碳排放的角度来看，要大力鼓励水泥行业采用电石渣、脱硫石膏、粉煤灰、冶金渣尾矿等工业废渣替代传统石灰石原料，逐步提高工业废渣替代石灰石的比例，争取实现完全替代石灰石。

5.4.3 加大力度实施节能技改

推广先进节煤技术。在全省熟料企业中大力推广高效能熟料烧成关键技术六级预热器、高效煤粉燃烧器技术、富氧煅烧技术、第四代冷却机技术、高性能保温技术、耐火衬料技术等先进节能技术。通过这些手段，可实现熟料单位产品节煤约 5%。

推广先进节电技术。采用辊压机预粉磨技术对落后的生产工艺进行改造，充分发挥水泥球磨机的研磨能力，提高生产系统效率。推广立磨粉磨生料水泥技术、辊压机终粉磨生料技术、辊压机 + 管磨联合粉磨水泥技术、水泥分别粉磨技术、水泥立磨粉磨技术、变频调速改造技术等节能技术。通过这些手段，可实现水泥单位产品节电约 10%。

5.4.4 提高清洁能源占比

“十四五”期间，水泥行业可通过发展分布式新能源等方式，进一步减少煤电占比，提高清洁能源占比。预计到 2025 年，随着全省电力结构的调整以及企业主动发展新能源的意识越来越强，水泥行业煤电占比可降低约 8%。

5.4.5 推进兼并重组，贯彻错峰生产

提高兼并重组力度，增加低煤耗高产量生产线运转率。提高水泥粉磨企业集中度并淘汰落后水泥粉磨产能，鼓励创新企业间兼并重组模式，支持相互参股、委托经营、资产交换等方式的市场整合，以优化市场布局，提高市场集中度，增加低煤耗高产量生产线运转率。

坚持错峰生产。贯彻落实国家工信部、生态环境部《关于进一步做好水泥常态化错峰生产的通知》和省工业和信息化厅联合省生态环境厅《关于严格落实水泥常态化错峰生产的通知》工作部署，落实水泥行业常态化错峰生产，是水泥行业供给侧改革的创新举措。错峰生产能够有效控制水泥熟料产量，促进水泥行业稳增长、增效益。

5.4.6 “十四五”减煤潜力测算

水泥行业通过产能减量置换、调整原燃料结构、开展节能技改、加大清洁电力比例等措施，“十四五”期间预计可形成 380 万吨的减煤潜力。

表 5-4 水泥行业减煤潜力测算表

实施路径	具体措施	预期目标	减煤潜力
产能减量置换	- 淘汰落后熟料及水泥产线 - 新建产能严格执行减量置换	2500 吨 / 日及以下水泥熟料生产线全部整合退出；3.2 米及以下水泥磨机全部整合退出	200 万吨
调整原燃料结构	- 非煤燃料替代（废轮胎、生活垃圾等） - 固废利用（工业废渣替代石灰石）	替代燃料比例达到 5%	40 万吨
节能技改	- 加强能效对标，限期进行节能改造 - 推广先进节煤、节电技术	熟料能效全部达到基准水平，30% 达到标杆水平	70 万吨
使用清洁电	根据企业厂区及周边资源发展分布式能源	清洁电占比提高 8%	70 万吨
合计			380 万吨

5.5 石化行业

“减油增化”是石化行业的发展趋势，在转型过程中，石化企业应加快结构调整和产业转型升级，从产能控制、原料优化、工艺改革等方面推进石化行业节能降耗。

5.5.1 严格控制炼油产能

加快淘汰落后产能。严格执行《产业结构调整指导目录》等规定，加速淘汰 200 万吨 / 年及以下常减压装置、采用明火高温加热方式生产油品的釜式蒸馏装置等。加快淘汰环保不达标、产品质量差、安全生产存在重大隐患的落后工艺技术装备。对能效水平在基准值以下，且无法通过改造升级达到基准值以上的炼油产能，通过上优汰劣、上大压小等方式加快退出。引导一次加工能力小的中小企业，利用现有土地、人才、资产等转产特种油品、化工新材料以及精细化工产品等，逐步退出原油加工领域。

严格产能减量置换。通过开展资产剥离与优化组合、削减传统炼化领域投资、逐步淘汰落后低效产能等措施，加快炼化业务的整合与优化，严格执行炼化行业产能置换比例，确保炼油产能只减不增。到 2025 年，加工能力 500 万吨及以下地炼企业的炼油产能分批分步进行整合转移。

调整优化产业布局。引导和支持地方炼化企业向基地、石化园区以及港口条件好的区域转移改造，提高集约化发展水平。鼓励和支持地方炼化企业探讨建立企业联合体，拆除或者关闭小装置，将各自的指标原油、劣质重油资源集中加工、利益分成、利用拆除或者关闭后空闲土地、部分闲置设备共同发展深加工产业或者其它产业的运行机制，推进布局优化。

5.5.2 推进炼化一体化发展

小炼油大化工将是山东省“十四五”石化行业发展趋势，山东省正按照“一超多强”（一超指裕龙岛项目，多强指山东其他炼化企业）的思路布局炼化版图。推进石化行业从生产成品油为主、大宗石化原料为辅的模式，加速向多产高附加值产品和延伸石化产业链条的炼化一体化转变，推动产业高端化、集群化、精细化发展。鼓励和支持企业按照炼化一体化发展思路，延长石化产业终端，积极实施产业转型升级，形成良性循环产业链。

按照炼化一体化模式发展，可在供水、供热、供电、节能、环保及安全等公用工程及辅助设施方面实现共享，节省建设投资 10% 以上，提高节能减排效果 15% 左右。随着山东省落后产能的整合转移以及推进炼化一体化进程的加快，产业流程不断优化，也会带来能耗降低，单位原油加工量能源消耗也会相应降低。

到 2025 年，成品油（汽煤柴）收率降至 40% 左右，烯烃、芳烃等基础原料和高端化工新材料保障能力显著提高。地炼行业区域集中度进一步提高，炼化一体化、规模集约化程度明显提升，初步形成全系列高端石化产业链，实现由“一油独大”向“油化并举”的转变。行业发展质量和竞争能力明显增强，形成具有国际竞争力的大型企业集团和炼化一体的精细化工、绿色化工和化工新材料世界级产业基地。

5.5.3 提高清洁能源占比

“十四五”期间，石化行业可通过发展分布式新能源等方式，进一步减少煤电占比，提高清洁能源占比。预计到 2025 年，随着全省电力结构的调整以及企业主动发展新能源的意识越来越强，石化行业煤电占比可降低约 8%。但随着炼化一体化项目的建成投产，石化行业总用电量将进一步增加。双重因素叠加，预计 2025 年石化行业用电所产生的间接煤炭消费将基本与 2020 年持平。

5.5.4 加强节能技改，提升工艺能效水平

提高产品转化率。遵循“油气资源分子工程与分子管理”理念，开发应用“炼油转化工”深加工技术，强化催化剂研发和创新工艺技术，从分子角度高效利用与优化工艺过程，炼化产品结构从多产燃料油转为多产低碳烯烃，继而对烯烃产业链进行优化设计，提升资源利用率、降低过程能耗。

推广高效节能工艺设备。推广重油高效转化技术，提高轻质油收率，包括渣油加氢技术、重油加氢与催化裂化双向组合技术、选择性加氢工艺与选择性催化裂化工艺集成技术、浅度溶剂脱沥青-脱沥青油加氢处理-催化裂化技术等。推广清洁燃料生产关键技术，包括汽油选择性加氢脱硫技术、柴油超深度加氢脱硫技术等。推广新型反应器和加热炉、高效精馏和气固分离装备、反应分离耦合技术等先进技术和装备。

加强能源梯级利用。开展石化企业蒸汽动力系统诊断与优化，考虑全厂实际情况的蒸汽平衡配置优化，推动蒸汽动力系统、换热网络、低温热利用协同优化，推广再生器取热系统、再生烟气余热回收、中压蒸汽能量梯级利用等技术，加强工艺余热、余压回收。推进精馏系统优化及改造，采用智能优化控制系统、先进隔板精馏塔、热泵精馏、自回热精馏等技术，优化塔进料温度、塔间热集成等，提高精馏系统能源利用效率。推广高效空气预热器、高效换热器、高效烟机等，加快淘汰落后低效设备。

5.5.5 加强关键技术研发，推进原燃料多元发展

加强关键技术研发。加大力度开发悬浮床加氢技术、超重原油及油砂沥青的沸腾床加氢裂化技术，重点攻克石油高效转化与绿色化工技术；攻克石油化工过程强化及其装

备技术、全厂能量系统优化节能技术、炼化企业“三废”资源化利用技术等产业共性关键技术；研发生产催化丙烯技术、混合碳四脱氢技术等，为石化产业转型升级提供技术支撑。

推进高碳燃料向低碳 / 无碳燃料转型。按照“零碳、低碳”能源替代“中碳、高碳”能源的思路，在技术经济可行的前提下，实施燃气锅炉替代燃煤锅炉改造工程。开展电加热蒸汽裂解炉技术和装备研发，着力破解电气化率提升瓶颈。基于现有装置，开展生物航煤、生物柴油等生产技术研发示范，降低油品全生命周期碳足迹。

推行“绿氢炼化”发展模式。氢气无论是作为炼化工艺过程的原料还是化工产品都具有非常重要的作用，加快布局可再生能源发电－绿电制氢－储氢－绿氢利用等项目，同时增加绿电、绿氢等低碳能源占比，逐步降低化石能源消耗。

5.5.6 “十四五”减煤潜力测算

“十四五”期间石化行业将大力优化产能布局、促进炼化一体化发展、开展节能技改，但随着裕龙岛等炼化一体化项目的建成投产，将带来部分煤炭增量，预计“十四五”石化行业将增加煤炭消费 255 万吨。

表 5-5 石化行业减煤潜力测算表			
实施路径	具体措施	预期目标	减煤潜力 / 煤炭增量
优化产能布局	- 推动地炼产能压减 - 新建产能严格减量置换	通过减量置换压减地炼产能 4000 万吨 / 年	减少 30 万吨
节能技改	- 加强对标，限期进行节能改造 - 加强能源梯级利用 - 推广高效转化技术、新型反应器、高效精馏等先进技术和装备	炼油产能全部达到基准水平，40% 达到标杆水平	减少 15 万吨
提升清洁能源占比	- 推进天然气等替代燃煤 - 发展分布式光伏	清洁电占比提高 8%	0 万吨 (与用电增量相抵消)
炼化一体化发展	- 降低成品油收率 - 大力发展基础原料和高端化工新材料产业	成品油收率降至 40% 左右；实现“油化并举”	增加 300 万吨
合计			增加 255 万吨

6

加工转换环节助力煤炭
压减相关举措

加工转换中涉及到煤炭加工转换的主要有火力发电、供热、煤炭洗选、炼焦、制气、煤制品加工环节。其中火力发电、供热和炼焦是加工转换中最主要的用煤环节，约占全省煤炭消费总量的 80%。虽然加工转换环节是将煤炭加工转换后送往终端消费，但也是大量煤炭的直接消费环节，对这些环节的煤炭消费及加工转换效率也需提出更高要求。

6.1 电力热力

电力热力环节要坚持先立后破，做好“加法”与“减法”，同时做好服务保障支撑。“加法”方面主要包括大力实施清洁能源替代、扩大省外来电、推进工业余热应用等；“减法”方面主要包括控制煤电产能规模，推进煤电运营质量等；服务保障支撑主要包括提升消纳能力支撑、强化电力需求侧管理等。

严格控制煤电装机总量。加快完成落后煤电机组的淘汰，持续优化调整存量煤电机组。在确保电力、热力接续稳定供应的前提下，一是通过关停机组但不拆除设备作为应急备用电源，退出一批煤电机组；二是对于服役期届满的 30 万千瓦级及以下煤电机组，不予延寿、实施关停。同时，推进 30 万千瓦及以上热电联产电厂供热半径 15 公里范围内的落后燃煤小热电机组（含自备电厂）关停整合。新建煤电机组要严格执行产能、煤炭等减量替代，并按照国际先进能效水平建设。到 2025 年，全省煤电装机总量控制在 1 亿千瓦左右。

不断提升煤电机组能效水平。开展煤电行业能效对标工作，加大单位能耗产出效益综合评价结果运用力度，充分挖掘现有机组运行能力。对供电煤耗在 300 克标准煤 / 千瓦时以上的煤电机组，加快创造条件实施节能改造，推进 60 万千瓦及以下等级亚临界、超临界机组推广采用汽轮机通流部分改造技术，对具备条件的机组大力推广冷端优化和烟气余热深度利用技术，积极推进火力发电机组辅机设备变频改造，以技术改造实现火电机组节能降耗。“十四五”期间，全省供电煤耗累计下降 5-10 克标准煤 / 千瓦时。

积极发展新能源。在充分挖掘风能、太阳能、地热能、生物质能传统利用方式的基础上，积极拓展新模式新业态，如充分利用废旧矿区、荒山、闲置地、滩涂等资源，大力发展“光伏+”模式；依托全省较多工业园区的基础，按照宜建尽建、就近消纳的原则，积极布局分布式光伏与工商业建筑一体化发展。鼓励发展“自发自用”分布式光伏，支持分布式光伏规模化开发试点建设。积极有序推进核电项目建设，加快核能综合利用示范推广。

持续推进“外电入鲁”提质增效。坚持高效利用存量和高质量发展增量相结合，持续提高省外来电规模。提高既有通道利用水平，有序推进新通道建设，优化调整配套电源结构，提升可再生能源电力占比。到 2025 年，省外电量力争达到 1500 亿千瓦时。

大力推进工业余热应用。深化供热体制改革，推进管网建设运营与热源供应脱钩，畅通工业余热入网渠道。深入挖掘 30 万千瓦及以上煤电机组供热潜力，提升钢铁、电解铝、石化等行业排渣余热、烟气余热等余热资源的利用能力，鼓励利用高效换热器、热泵等先进节能技术，从源头减少余热资源损失，探索全流程工业余热回收模式，推进工业余热逐步替代燃煤供热。到 2025 年，新增工业余热供暖面积力争达到 1.65 亿平方米。

提升消纳能力支撑。结合风电、光伏等可再生能源发展布局，加强配套电网建设，增强电网运行调节能力，实现无差别接入并网。积极发展以可再生能源为主的微电网、局域网和直流配电网，提高可再生能源发电终端直接应用规模。有序发展抽水蓄能，积极推动储电、相变材料储热等储能方式规模化示范，新建集中式风电、光伏项目按比例配建或租赁储能设施，全面提升储能在电源侧、电网侧、用户侧的应用水平。到 2025 年，建设 450 万千瓦左右储能设施。

加强需求侧管理。依托国网山东电力，聚焦需求响应精准化，汇集工业、楼宇、客户侧储能、充电桩等各类可调资源，挖掘需求侧负荷削减与灵活性调节潜力，扩大常态化需求响应能力，保障电力供需平衡与系统安全稳定运行。支持建设能源互联网，打破源—网—荷—储数据壁垒，整合系统运行、市场交易和用户用电数据，实现需求响应资源的智能调控。

6.2 炼焦

炼焦环节要继续推进产能压减和整合转移，促进钢焦一体化发展，助力全省煤炭压减。

推动“钢焦一体化”布局。加大力度淘汰炭化室高度小于 5.5 米焦炉及热回收焦炉，有序推动炭化室高度 5.5 米及以上焦炉减量置换。推进“以钢定焦”“以煤定产”，严禁省焦外调，将焦钢比稳定在 0.4 左右。单独厂区 100 万吨以下的独立焦化企业，通过政策引导等手段加快推动产能的整合转移。

开展节能改造，提升加工转换效率。加大余热余能回收利用，推广应用干熄焦、上升管余热回收、循环氨水及初冷器余热回收、烟道气余热回收等先进技术，探索多余热耦合利用方式。完善智能化管理体系，加快推进精准加热自动控制技术的普及应用，不断提升能源利用效率。

加强技术攻关。发挥焦炉煤气富氢特性，开展焦炉煤气重整直接还原炼铁研究应用。引导符合规划要求的焦化企业围绕焦炉煤气（氢气）综合高效利用、煤焦油深度加工、粗苯精制等技术路径，拓展延伸产业链条，提高化产比重。

7

山东省重点耗煤行业 协同减煤路径分析

7.1 行业间相关性分析

7.1.1 加工转换环节与终端消费相关性分析

（1）电力热力与重点耗煤行业终端消费相关性

电力热力作为最重要的能源加工转换部门，其生产的电力热力主要去往终端消费环节进行消耗，且大部分电力热力是由工业领域消耗的。工业领域消耗了 79% 的火电和 77% 的热力，其中，钢铁、化工、石化、电解铝、水泥 5 大重点耗煤行业，消耗了 47% 的火电及 52% 的热力，这部分电力热力大多通过煤炭加工转化而来。

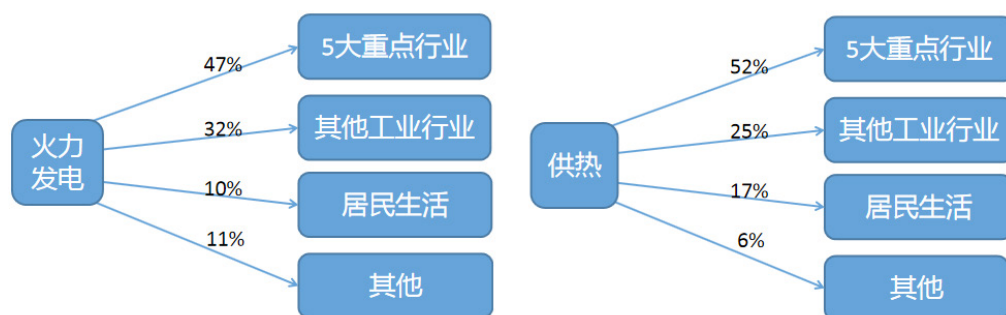


图 7-1 电力热力加工转换与其他行业的关系

（2）炼焦与重点耗煤行业终端消费相关性

炼焦是将煤转换为焦炭的能源加工转换部门，生产的焦炭约 85% 用于钢铁行业，约 15% 用于化工行业。炼焦与钢铁行业紧密相关，钢铁产量的变化，将会直接导致对焦炭需求的变化。同时，随着长链条钢铁产能的压减，短链条产能的增加，也将会导致焦炭需求量的减少。“十四五”也将继续严控省焦外调，全省焦钢比将控制在 0.4 左右，钢铁和焦炭产能，将趋于愈加合理的正相关发展趋势。

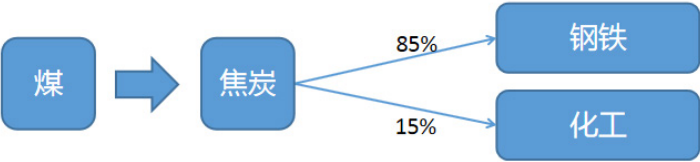


图 7-2 炼焦加工转换与其他行业的关系

7.1.2 重点耗煤行业对加工转换环节的影响

（1）终端用电需求的影响

钢铁行业电炉炼钢等终端用电设备的发展将导致用电量大幅增加，会给电力行业减煤带来较大压力。电解铝行业产能的大量转移，将会导致用电量大幅减少。随着产能转移的逐步实现，将会导致自备电严重过剩。这势必会促进电解铝行业自备电厂的整合淘汰。

（2）超低排放改造的影响

“十四五”阶段，山东省钢铁、水泥、焦化等行业及燃煤锅炉将全面实行超低排放改造，超低排放改造的实施意味着将增加终端用电量，这也导致了减排和节能间的矛盾。要改变这种矛盾，唯有加大电源结构转型力度，增大新能源和可再生能源电量，才能有效缓解由超低排放改造导致的用电量增加与减煤降碳间的矛盾。

7.1.3 石化行业“油头”与“化尾”间相关性

“十四五”期间，山东将加大力度整合地炼企业，全省炼油产能将大幅压减，石化前端能耗煤耗会有所下降。但随着石化化工行业强链补链的不断推进，石油精深加工能力不断提高，接续产业不断壮大。后端化工产品加工能力的提升，将会增加部分能耗和煤耗，“十四五”阶段，炼油端能耗的减少不足以抵消后端产能增加带来的能耗，行业整体能耗会有小幅增加。

7.2 行业间协同减煤分析

7.2.1 促进重点耗煤行业间高水平耦合发展

以高耗能高排放行业聚集区为重点，引导聚集区内企业循环生产、产业耦合发展，鼓励错位、差异化发展，统筹化工、冶金、建材等行业协同布局。

通过行业间耦合发展，可以提高资源循环利用效率，从而进一步推动节能降碳成效。加快石化化工、建材、钢铁、有色等行业耦合发展，提高磷石膏、钛石膏、氟石膏、脱硫石膏等工业副产石膏、电石渣、碱渣、粉煤灰等固废综合利用水平。鼓励企业加强磷钾伴生资源、工业废盐、矿山尾矿以及黄磷尾气、电石炉气、炼厂平衡尾气等资源化利用和无害化处置。有序发展和科学推广生物可降解塑料，推动废塑料、废弃橡胶等废旧化工材料再生和循环利用。

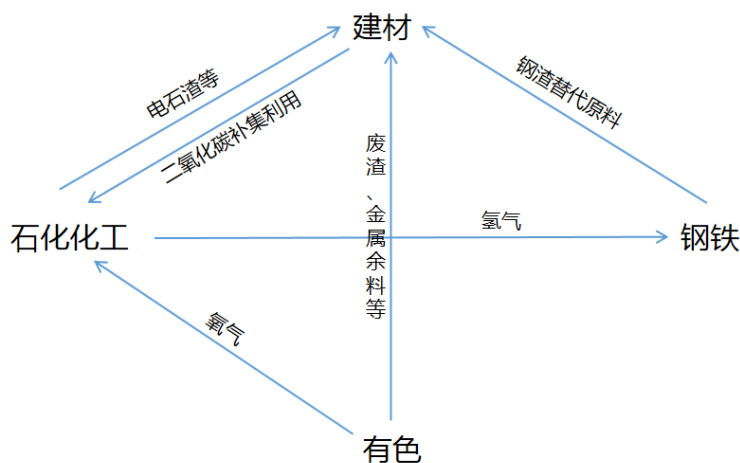
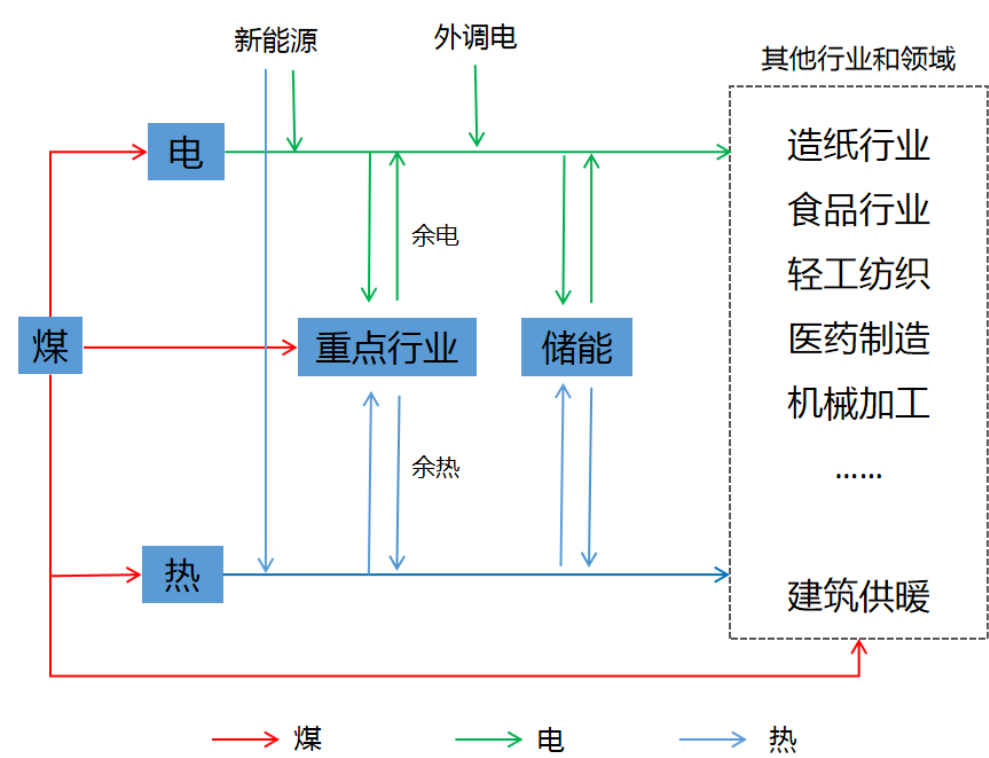


图 7-3 重点耗煤行业间耦合发展示意图

7.2.2 推进重点耗煤行业与其他行业、领域间协同减煤

除重点耗煤行业间可以通过耦合发展实现协同减煤外，重点耗煤行业与工业其他行业、以及建筑供暖等领域间也可以通过开展余热回收利用及发展各种方式的储能设施来实现协同减煤降碳，从而提高全社会能源利用效率。

从重点耗煤行业与工业其他行业以及农业、服务业、居民生活等的相关性来看，重点耗煤行业一方面消耗通过电力热力加工转换得到的电力和热力，另一方面重点耗煤行业本身作为高耗能行业，会产生大量的余热余压，这部分热力可以通过余热回收利用用于造纸、食品、轻纺等其他工业行业和建筑供暖，通过挖掘重点耗煤行业的余热资源，提高整个煤炭利用全流程的利用效率，从而实现节能减煤。此外，储能作为未来新型电力系统建设的重要环节，未来也将在蓄热蓄电调峰中发挥重要作用，从而提高新能源利用率，减少煤电消耗。



7.3 重点耗煤行业间接减煤路径

7.3.1 提升节能管理水平

建立企业能源管理中心，以全局平衡为主线，以集中扁平化调度管理为基本模式，以基于数据的客观评价为基础，实现在既有装备及运行条件下的优化管控，显著改善企业能源系统的管控水平，达到节能减排的目的。能源管理中心借助于完善的数据采集网络获取管控需要的过程数据，经过处理、分析、预测，结合生产工艺过程的评价，在线提供能源系统平衡信息或调整决策方案，使平衡调整过程建立在科学的数据基础上，保证能源系统平衡调整的及时性和合理性，使企业生产工序用能实现优化分配及供应，从而保证生产系统的稳定和经济运行，提高能源利用效率。

7.3.2 加强生产各环节的智能化管控

智能化工艺过程控制和严格执行是实现节能减排的重要手段，基于信息化技术引进，使工艺设备管理更加机械化、自动化和智能化，为实现监督整个生产工艺过程提供条件，发挥每台设备最大运行效率，实现理念、生产、管理、科技和生活多方面节能。

7.3.3 建立协同创新平台

支持骨干企业按照“产业牵引，创新驱动，技术突破，利益共享”的原则，建立协同创新平台，促进先进节能低碳技术的集成创新和成果转化，提高企业的自主创新能力。推动行业关键技术的研发和示范应用，加快重点耗煤行业生产方式的变革，促进行业绿色低碳高质量发展。

7.3.4 强化统计监测与核查

完善全省统一的重点企业能耗数据直报平台，加强统计能力建设，健全省、市、县级能源消费统计体系，强化第三方机构核查，建立各市、重点耗煤行业能源消费数据定期公布制度，做好数据共享和监测。制定严格的数据审核制度，加大对企业瞒报、漏报数据行为的惩罚力度，建立能耗、煤炭消费数据诚信黑名单机制。

8

山东省重点耗煤行业
减煤政策建议

8.1 建立科学合理减煤政策体系

积极对接国家关于煤炭消费总量控制的相关政策措施，加快落实原料用煤不再计入煤炭消费总量考核要求。优化煤炭压减任务分解方法，结合重点行业发展需求，充分考虑新建项目煤炭增量等实际情况，统筹分配煤炭压减任务。同时，为有效落实保稳保供政策要求，探索对部分煤电机组煤炭消费实施省统一管理调控。

8.2 完善体制机制统筹推进煤炭压减

统筹谋划、系统推进行业内减煤。建立统筹发展观，树立减煤是促进产业高质量发展重要手段的意识，彻底扭转简单粗暴“一刀切”的减煤模式。在开展产业布局调整、园区规划建设等工作时，统筹考虑企业间、行业间、区域间能源资源的协同利用模式，大力提升能源资源的循环利用水平，使能源资源得到最大化利用。

完善资源回收利用体系，促进资源循环利用。建立废钢、再生铝、轮胎等固废回收利用体系，促进资源作为原料和燃料进行循环利用。积极引导大型企业建立完善自身回收体系或与当地大型再生资源回收加工企业密切合作，使废旧资源回收行业走向规模化、产业化。

推进供热体制改革，大力推动工业余热供暖。统筹供热资源和热负荷需求，打破行政区划限制，将工业余热纳入城镇规划热源。有序推进供热“一城一网”建设，形成以工业余热、可再生能源、燃煤热电联产、燃气调峰热源和燃煤锅炉等多种能源综合利用的供热系统，实现多热源联网联供和调峰互备。

建立协同机制，推进减污降碳协同增效。实施重点耗煤行业企业强制性清洁生产审核，开展重点耗煤行业清洁生产改造。积极开展绿色制造，推广绿色设计，探索产品设计、生产工艺、产品分销等全产业链绿色化，加快推动重点耗煤行业源头减排、过程控制、末端治理、综合利用全流程绿色发展。鼓励重点耗煤行业企业探索多污染物和温室气体协同控制技术工艺，推动碳捕集、利用与封存技术的应用。

创新监管机制，提升煤炭管控的精准性和有效性。建立健全能源、煤炭消费情况联

席会议制度，加强行业指导和监管。加强对重点耗能行业煤炭消费情况的监管，并有针对性地提出监管意见建议。针对出现的问题及时建立问题清单台账，明确整改责任、整改措施和时限要求，适时开展“回头看”，确保问题整改取得实效。充分发挥有关行业协会和其他社会组织的作用，形成上下联动、条块结合、全社会共同参与的工作机制。

8.3 科学引导企业积极主动减煤

推动单位能耗产出效益综合评价结果应用。持续开展山东省单位能耗产出效益综合评价，建立正向激励和反向倒逼机制，实施资源要素差别化配置。对重点耗煤行业采取“存量整合，只减不增”的政策，鼓励行业“上大压小”“上新压旧”，推动产业布局优化调整和企业兼并重组。根据评价结果，将企业划分为优先发展、鼓励提升、监管调控、落后整治4类，保障优先发展类企业用能，推进落后整治类企业节能改造或淘汰出清，在融资、用地、用电等方面实行更严格的管控制度。

积极参与碳排放权交易。引导重点企业积极参与全国碳排放权交易，积极推动其按时完成配额履约清缴工作。提升碳排放监管能力水平，将碳排放管理纳入智慧环保信息化建设，加强碳数据的采集、留存、核算、验证。通过碳排放权交易，提高企业节能降碳的主动性，倒逼落后产能加速退出，提高行业整体发展水平。

推进用能权有偿使用。进一步完善全省用能权有偿使用和交易制度，建立合同能源管理节能量登记制度，完善交易平台，开展重点用能单位节能量交易。探索建立市场化用能新机制，实行新上高能耗项目有偿获取用能权、落后产能淘汰和过剩产能压减有偿出让用能权制度。

完善能源价格调控机制。完善差别电价、阶梯电价等电价政策，清理“两高”项目优惠电价。按照单位能耗产出效益评价结果，对重点耗能行业实施差别化电价。持续深化燃煤发电、燃气发电等上网电价市场化改革，对重型燃气轮机发电机组执行两部制上网电价政策。对自发自用、余电上网模式的分布式燃气机组自发自用电量，暂免收系统备用费。

8.4 加大财税金融对重点耗煤行业的支持力度

强化财税政策支持。统筹资金加大对节能减煤重大行动、重大示范、重大工程的支持力度。强化财政激励、税收引导功能，支持新能源产业技术创新，支持产能出清的企业转型升级。制定落实配套费减免等财政奖补政策，有力推进落后产能淘汰。深化财政资金“绿色门槛”制度，强化落实节能降碳领域税收优惠政策和环保税减免政策，加快推动产业绿色低碳发展。鼓励各地根据企业煤炭削减量、低效产能压减情况和重大减煤工程实施时序给予资金支持。对从事符合绿色低碳发展相关政策条件的项目、企业和个人依法依规实施税额抵免、所得税减免、增值税即征即退等税收优惠。

完善金融扶持政策。创新投融资渠道，鼓励各银行业、金融机构充分发挥金融监管的结构调节作用，用足用好货币政策工具，强化金融督导作用，运用市场化机制，充分发挥碳排放权质押贷款、碳金融、绿色信贷等金融工具作用，增强金融产品和服务方式创新能力。制定高耗能行业企业“白名单”，引导银行机构实施有保有压差异化信贷政策，为企业转型升级提供多样化融资支持。大力发展转型金融，打造多层次转型金融服务体系，鼓励更多机构参与转型金融活动，为重点耗煤行业开展节能技改等提供支持。支持符合条件的企业综合运用多种方式提高直接融资比重，降低企业融资成本和杠杆率，缩短融资链条。

8.5 强化重点耗煤行业科技创新引领

强化重大前沿技术研发应用。科技创新是推动行业高质量发展的强劲动力，重点耗煤行业要瞄准能效提升和低碳前沿技术，加大研发投入力度，致力于技术源头整体性的理论研究和产业创新，加强节能低碳技术研究和推广产业化应用，以科技赋能为提升行业资源能源利用效率和绿色低碳化水平拓展新的增长空间。

加强绿色低碳技术研发应用。加强绿色低碳基础理论、基础方法、基础材料研究。集中力量开展复杂大电网安全稳定运行和控制、大容量风电、高效光伏、大容量电化学

储能、低成本可再生能源制氢、碳捕捉、利用和封存等关键技术攻关。大力推进钢铁、电解铝、水泥、石化化工行业先进节能技术的研发及示范应用。

加大重点耗煤行业科技人才培养力度。积极构建与新能源、新材料、新业务强相关的重点耗煤行业技术人才培育体系，逐步建立各行业科技创新人才队伍，稳步提升重点耗煤行业的科技研发和创新能力。推进生产技术和节能降耗技术的迭代升级，持续降低能耗及碳排放强度。

参考文献

1. 王奕涵, 温宗国. 钢铁行业节能减排路径分析与优化 [J]. 环境影响评价, 2020, 42(04): 22-26. DOI: 10.14068/j.ceia.2020.04.005.
2. 韩巍, 李秀娟. 化工工艺中节能降耗技术应用与优化路径探析 [J]. 化工管理, 2019(19): 202-203.
3. 朱兵兵, 郑志龙, 邹兴芳. 水泥企业碳减排技术路径浅析 [J]. 水泥, 2021(10): 4-5. DOI: 10.13739/j.cnki.cn11-1899/tq.2021.10.002.
4. 杜心, 谢文俊, 王世兴. 我国铝行业碳达峰碳中和路径研究 [J]. 有色冶金节能, 2021, 37(04): 1-4. DOI: 10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2021.04.001.
5. 温宗国, 李会芳. 中国工业节能减碳潜力与路线图 [J]. 财经智库, 2018, 3(06): 93-106+143-144.
6. 李亚飞. 低碳经济背景下电力行业节能减排路径研究 [J]. 科技经济市场, 2021(04): 89-90.
7. 国务院. “十四五”节能减排综合工作方案. 国发〔2021〕33号. 2021.12.
8. 国家发展改革委等. 高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平 (2021年版). 发改产业〔2021〕1609号. 2021.11.
9. 国家发展改革委等. 高耗能行业重点领域节能降碳改造升级实施指南 (2022年版). 发改产业〔2022〕200号. 2022.2.
10. 工业和信息化部等. “十四五”原材料工业发展规划. 工信部联规〔2021〕212号. 2021.12.
11. 工业和信息化部等. 关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见. 工信部联原〔2022〕34号. 2022.4.
12. 山东省工业和信息化厅. 山东省钢铁产业“十四五”发展规划. 鲁工信化工〔2021〕214号. 2021.11.
13. 山东省工业和信息化厅. 山东省化工产业“十四五”发展规划. 鲁工信化工〔2021〕213号. 2021.9.
14. 山东省工业和信息化厅. 山东省建材工业“十四五”发展规划. 鲁工信发〔2021〕7号. 2021.11.
15. 山东省人民政府. 山东省“十四五”生态环境保护规划. 鲁政字〔2021〕12号. 2021.8.
16. 山东省人民政府. 山东省能源发展“十四五”规划. 鲁政字〔2021〕143号. 2021.8.
17. 山东省人民政府. 山东省新能源产业规划 (2018-2028年). 鲁政字〔2018〕204号. 2018.9.

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

 再生纸印刷