

山东省供热行业低碳高质量发展 路径研究 (简版)



山东省热电设计院
北京大学能源研究院
2025 年 9 月



山东省热电设计院（SDHEEPDI）创建于1993年，是集电力、市政、新能源、环保等工程咨询、设计和工程总承包于一体的综合性设计单位。建院以来始终坚持“为热电企业全生命周期提供智力服务”的价值主张，累计设计热电工程700余项，总装机1900万千瓦；市政热力管网900余项，近4000公里；编制了包括各类规划在内的800余项咨询报告，为热电行业的健康发展作出了贡献，在国内热电设计领域拥有良好声誉和较高知名度。



北京大学能源研究院是北京大学下属独立科研实体机构。研究院以国家能源发展战略需求为导向，立足能源领域全局及国际前沿，利用北京大学学科门类齐全的优势，聚焦制约我国能源行业发展的重大战略和科技问题，按照“需求导向、学科引领、软硬结合、交叉创新、突出重点、形成特色”的宗旨，推动能源科技进展，促进能源清洁转型，开展专业及公众教育，致力于打造国际水平的能源智库和能源科技研发推广平台。

所使用的方正字体由方正电子免费公益授权

目 录

前 言	- 1 -
一、山东省供热发展现状	- 3 -
（一）供热现状	- 3 -
（二）发展基础	- 7 -
二、山东省供热发展中存在的问题和挑战	- 10 -
（一）燃煤供热占比大	- 10 -
（二）清洁能源成本高	- 10 -
（三）稳定接续压力大	- 11 -
（四）供热管网发展滞后	- 11 -
（五）管理体制问题突出	- 11 -
（六）供热均衡矛盾突出	- 12 -
三、山东省供热发展预测	- 13 -
（一）煤炭高效清洁利用	- 13 -
（二）天然气供热	- 13 -
（三）核能供热	- 14 -
（四）生物质供热	- 14 -
（五）地热供热	- 14 -
（六）热泵供热	- 15 -
（七）工业余热供热	- 15 -

(八) 电能供热	- 16 -
四、山东省供热发展路径分析	- 17 -
(一) 提升大型煤电供热能力	- 17 -
(二) 增强燃气保障作用	- 17 -
(三) 积极推进核能供热	- 18 -
(四) 增大可再生能源利用规模	- 18 -
(五) 拓展多种供热模式	- 19 -
(六) 构建供热“一张网”格局	- 19 -
五、山东省供热发展情景分析	- 20 -
(一) 居民采暖	- 20 -
(二) 工业供热	- 23 -
六、山东省供热发展的行业建议和保障措施	- 28 -
(一) 行业建议	- 28 -
(二) 保障措施	- 31 -
参考文献：	- 33 -

前 言

在全球气候变暖危机持续加剧的当下，极端天气频发，冰川消融、海平面上升等生态问题日益严峻，推动能源转型、减少碳排放已成为国际社会的广泛共识。我国积极响应全球绿色发展号召，明确提出“碳达峰、碳中和”目标，为经济社会发展全面绿色转型锚定了方向。

作为能源消耗与碳排放的重点领域，供热行业的低碳化转型不仅是实现生态环境可持续发展的必然要求，更是保障能源安全、提升民生福祉、推动经济高质量发展的关键路径。

山东省作为我国的经济大省、人口大省和能源消费大省，在全国经济格局中占据重要地位。全省常住人口超过 1 亿，工业体系完备，涵盖化工、冶金、建材等多个高耗能产业。随着城市化进程的加速推进和工业化水平的不断提高，全省供热需求持续攀升，供热行业的规模和重要性愈发凸显。

在民生供热保障上，政府持续加大供热投入，通过新建、改造供热设施，不断扩大供热覆盖范围，越来越多的老旧小区完成供热改造，偏远农村地区也逐步实现清洁取暖，让更多居民享受到了集中供热带来的温暖与便利。在供热基础设施建设方面，积极推进热电联产项目以及供热管网的铺设与升级改造。目前，全省已形成了较为完善的供热管网体系，部分地区实现了供热管网的互联互通，提高了供热系统的稳定性与可靠性。同时，一些先进的供热技术与设备也在逐步应用，如智能热网监控系统、高效换热器等，为提高供热效率、改善供热质量提供了有力支撑。

根据《山东省供暖燃煤锅炉清洁替代行动方案》，到 2025 年底，济南主城区供暖燃煤锅炉全部关停退出。到 2026 年底，济南全域及青岛、烟台等重点城市主城区供暖燃煤锅炉全部关停退出。到 2027 年底，全省供暖燃煤锅炉基本替代退出。

实现《行动方案》目标，推动供热行业向低碳转型，能够大力促进能源结构的优化调整，通过提高生物质能、地热能、核能等清洁能源在供热领域的应用比例，逐步

降低对煤炭等化石能源的依赖，可有效减少能源供应对外部煤炭市场的依存度，提高全省能源供应的安全性与稳定性。

本报告基于对全省 16 市能源主管部门、热源及供热企业的沟通走访，聚焦山东省供热行业低碳高质量发展，深入剖析行业现状与面临的挑战，系统梳理山东省在政策推动、技术创新、能源结构调整等方面所采取的措施与取得的成效，总结成功经验与存在的问题。通过案例分析与模型搭建，揭示供热行业低碳转型的关键制约因素和发展潜力，提出针对性建议，助力山东省供热行业实现经济效益、社会效益与生态效益的有机统一，坚定走好低碳高质量发展之路。

第一章 山东省供热发展现状

（一）供热现状

山东省积极响应国家“双碳”战略并实施《山东省碳达峰实施方案》，以推动供热结构清洁低碳转型为核心，持续深化行业改革与发展。通过加大供热设施建设与改造的资金保障力度，科学优化设施空间布局，重点推进大型热电联产机组建设，同步完善热源互备机制与热网互联互通体系。着力构建区域供热协同发展格局，加快建设“石热入济”、“聊热入济”等长输供热工程，并启动胶东半岛清洁供暖“一张网”规划研究。各市立足自身能源禀赋，因地制宜发展天然气、地热能、生物质能、核能等多元化供热模式，通过持续提升非化石能源供热占比，逐步降低对煤电机组的依赖。

1、居民采暖现状

据不完全统计，2023-2024 年采暖季山东省总入网建筑面积 22.93 亿平方米。各市中超过 3 亿平方米的有两个市，分别为济南市及青岛市，合计占山东省总入网面积的 31.36%，1 亿平方米至 3 亿平方米之间的有 6 个市，合计占山东省总入网面积的 44.87%，1 亿平方米以下的有 8 个市，合计占山东省总入网面积的 23.77%，其中德州市供暖面积最小，约为 3300 万平方米。

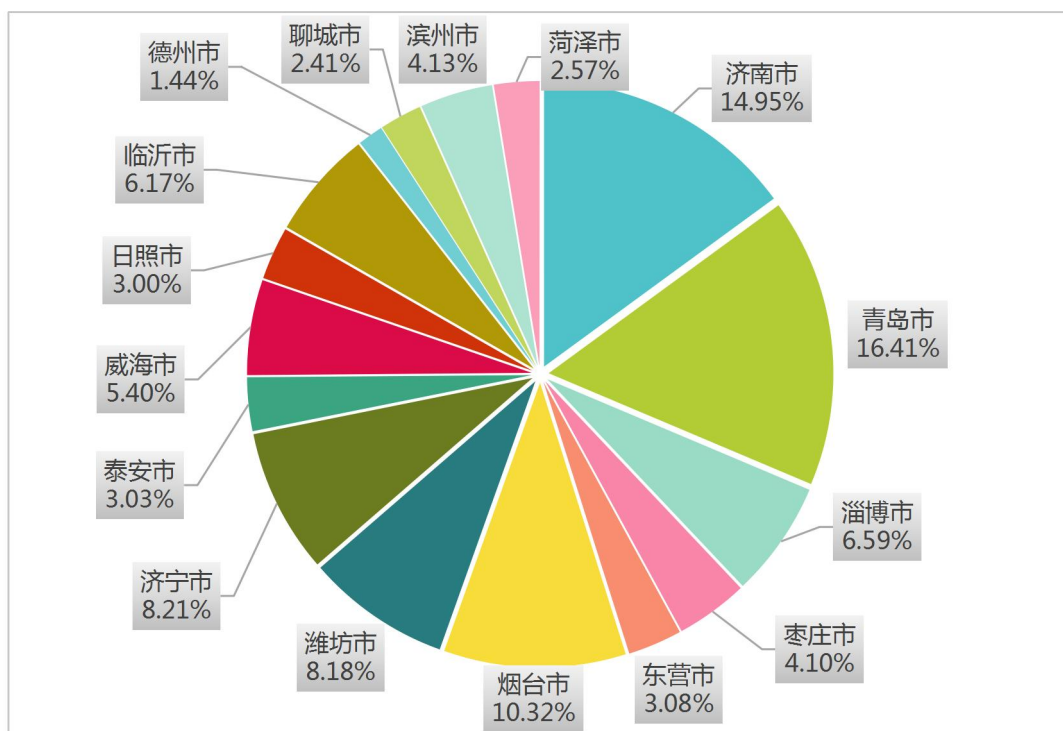


图 1 2023-2024 年采暖季山东省各市供暖入网建筑面积百分比

随着我省经济社会发展，特别是城镇化快速推进，供热管网加快建设，集中采暖、分布式能源采暖等集中供热成为城市居民的标配。2024-2025 年采暖季，集中供热面积约 25 亿平方米。

2、工业供热现状

山东省是工业大省，工业用热需求量大，主要用热行业有氧化铝、化工、轮胎、食品、药品等。据不完全统计，2023 年工业用汽负荷为 61495.5t/h，其中燃煤热电联产机组供热量为 54422.5t/h。用热量最大的为滨州市，约占全省热电联产工业用汽量的 21%，其次是淄博和潍坊，也都超过了 10%；济南市工业用汽量最少，仅占 1.3%。山东省各市工业用热量占比见下图。

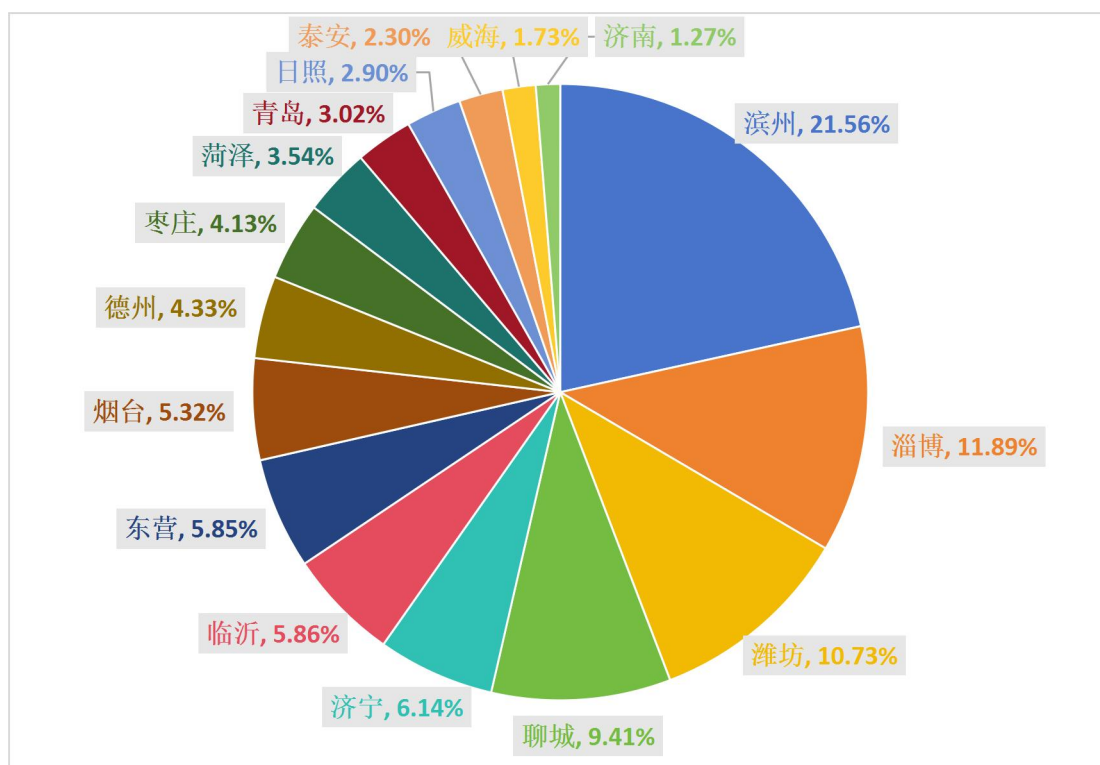


图 2 2023 年山东省各市热电联产工业用汽量占比

3、供热结构及占比

居民采暖供热结构：2023-2024 年采暖季总供暖面积为 22.93 亿平方米，其中热电联产（含气电）供暖面积 15.76 亿平方米，占比 68.75%；燃煤锅炉供暖面积 3.69 亿平方米，占比 16.09%；燃气锅炉供暖面积 1.45 亿平方米，占比 6.34%；工业余热供暖面积约为 0.9 亿平方米，占比 3.94%；可再生及其他能源供暖面积约为 1.12 亿平方米，占比 4.89%。

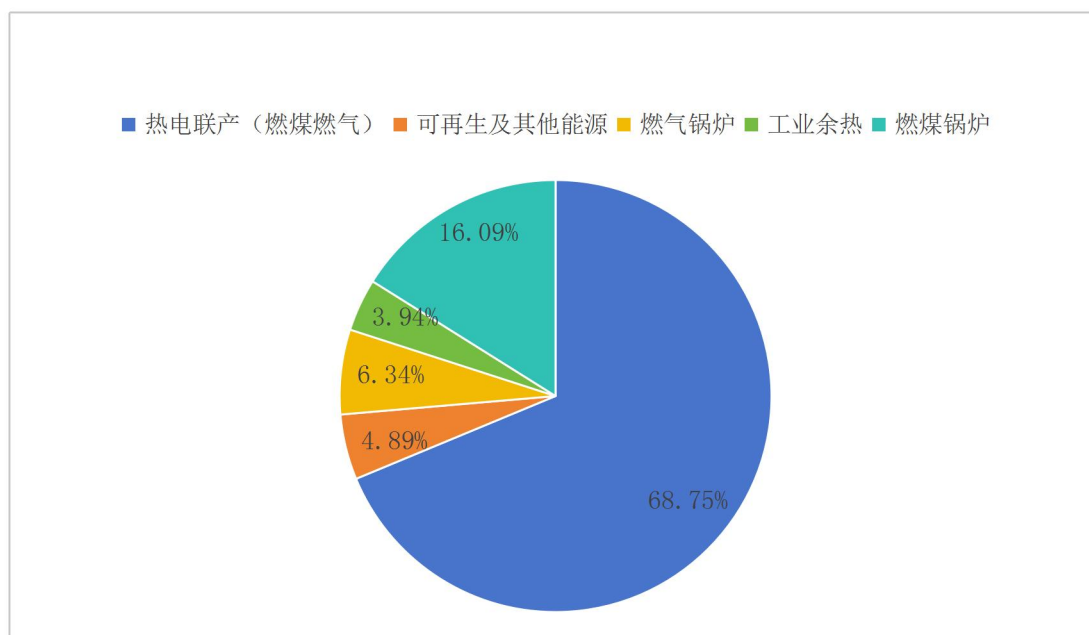


图3 2023-2024年采暖季山东省不同类型热源供暖面积百分比

工业供热结构：根据可获得资料统计，2023年，全省工业供热量为61495.5t/h，其中热电联产供热量为54422.5t/h，占总供热量的88.5%。30万千瓦以下煤电机组承担着45638t/h的工业供热，占总热电联产工业供热量的84%，占总供热量的74.2%；30万千瓦及以上煤电机组供热量为8784.5t/h，占总供热量的14.3%；燃煤锅炉供热量为5673t/h，占总供热量的9.2%；生物质锅炉供热量为780t/h，占总供热量的1.3%；燃气锅炉供热量为620t/h，占总供热量的1.0%。

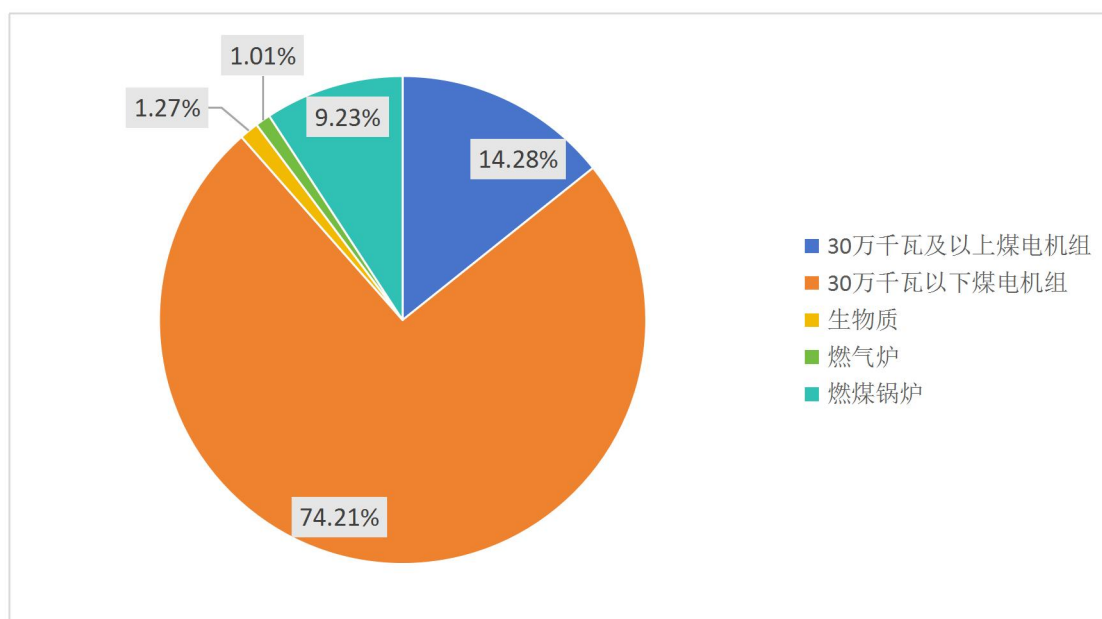


图4 2023年山东省不同类型热源工业供热百分比

（二）发展基础

1、资源禀赋

山东省作为国家重要的能源基地，能源资源禀赋呈现“双优势”特征：一方面，煤炭等化石能源储量丰沛，为能源供给提供了坚实基础；另一方面，新能源与可再生能源资源分布广泛且开发条件优越，涵盖风能、太阳能、地热能、生物质能等多个领域，为能源结构转型奠定了多元支撑。

煤炭：煤炭是山东省的优势矿产之一，根据自然资源部发布的《2020 年全国矿产资源储量统计表》，山东省煤炭资源储量为 41.32 亿吨，占全国总储量的 2.55%。天然气：据山东省统计局及能源局数据显示，2024 年全省天然气主干管道总里程已达 7490 公里，当年实际供应天然气 231.5 亿 m^3 ，而同期本地天然气产量仅为 8.6 亿 m^3 ，供需缺口主要依靠外部资源补充。核能：截至 2024 年 6 月，全省核电在运及在建装机规模总量达 1180 万千瓦，在全国各省（区、市）中位列第四。生物质：根据山东省统计局公布数据，2024 年全省粮食播种面积达 12618.9 万亩，粮食总产量突破 1142 亿斤，这为秸秆等农业生物质资源的规模化利用提供了坚实基础。地热能：浅层地热能领域，全省年换热量折合标准煤达 6.47 亿吨；全省中深层地热资源总量折合标准煤 413 亿吨，可供暖面积达 28.51 亿 m^3 。工业余热：山东省低温余热资源储量丰沛，从行业占比来看，冶金、建材、化工三大行业的低温余热资源量位居前列，合计占全省低温余热资源总量的 80% 左右。电能：截至 2024 年底，山东发电量达到 6055.9 亿千瓦时，规模位居全国第四。

2、能源供热现状

（1）燃煤热电联产供热现状

截至 2024 年 10 月，全省煤电装机容量为 10636.1 万千瓦，占电力总装机容量的 46.88%，较 2020 年占比下降 20.12 个百分点，电源结构绿色转型步伐持续加快。

根据统计，工业供热方面，2023 年煤电机组供热量约为 54422.5t/h，按照年运行 7200 小时，年供热量达 10.58 亿吉焦，占工业供热总量的 88%；居民采暖方面，2023—2024 年度，热电联产机组供暖面积达 15.7 亿 m^2 ，

占全省总供暖面积的 68.5%。

(2) 天然气供热现状

山东省在推进天然气供热过程中，始终秉持“宜气则气、宜电则电、宜可再生能源则可再生能源”的原则，截至 2023 年底，山东省共有 7 个市采用燃气锅炉供暖，总供暖面积为 1.45 亿 m^2 ，占全省总供暖面积的 6.34%；工业供汽量为 620t/h。

(3) 核能供热现状

2024-2025 年供暖季，“暖核一号”总供热面积合计达到近 1300 万 m^2 。“暖核一号”前 6 个供暖季累计供热 1432 万吉焦，相当于节约原煤消耗约 129 万吨、减排二氧化碳约 236 万吨。海阳核电已经成为世界最大的热电联产核能基地。

(4) 生物质供热现状

生物质供热因兼具清洁属性与热源稳定性，已成为替代燃煤的优选方案。截至 2023 年底，山东省在运生物质发电装机约 208.7 万千瓦，就目前来看，生物质发电供热量并不多，其中居民采暖总面积为 2500 万 m^2 ，工业供热为 780t/h。

(5) 地热能供热现状

山东省地热供暖已形成“规模化铺开、多元化渗透”的发展态势，在全省多地实现深度落地与广泛应用。截至 2023 年底，山东省共有 719 个浅层地热能开发利用工程，开发利用总面积 5307.34 万 m^2 ，年可替代标准煤 140 万吨；中深层地热供热面积约 3000 万 m^2 。

(6) 热泵供热现状

截至 2023 年，空气源热泵供热面积约 710 万 m^2 ，污水源热泵供热面积约 400 万 m^2 ，且正从“替代散煤”向“多元协同”拓展，与太阳能、市政热网的耦合系统已在多地开展试点，进一步丰富了清洁供暖的实现路径。

(7) 工业余热供热现状

山东省工业余热利用已从早期的单点项目试点迈向全域规模化推广阶

段，在钢铁、化工等高耗能行业率先构建起可复制、可推广的成熟应用模式，形成“技术创新突破瓶颈、政策支持培育生态”的双轮驱动发展格局。根据有关资料统计，2023 年山东省供热面积约为 9000 万 m²。

（8）电能供热现状

山东省积极推进电能供暖应用，在充分衔接电网公司、落实配套电网建设改造、保障电力安全供应的前提下，结合不同区域的热负荷特性、供暖规模、电力资源条件及经济承受能力，因地制宜发展电供暖。同时，注重统筹电力与热力供需关系，努力实现二者的协调优化运行。

（9）其他燃料供热现状

其他燃料主要指各种除煤、油、气、生物质之外的非常规燃料，包括氢、氨、垃圾、一般工业废弃物及其他可发热废弃物（不含危废）等。山东省作为全国首个氢能大规模推广应用示范省份，依托“氢进万家”科技示范工程（2021—2025 年），在济南、青岛、潍坊、淄博四市布局氢能综合供能装置示范基地，探索氢能在工业园区、社区楼宇、交通等场景的应用。垃圾焚烧供热项目正逐步实现规模化发展，成为城市废弃物处理和能源供应的重要方式。

第二章 山东省供热发展中存在的问题和挑战

（一）燃煤供热占比大

山东省是全国供热需求第一大省和电力需求第二大省，受产业结构偏重和能源结构偏煤影响，全省供热供电体系呈现出典型的路径依赖特征，煤炭在能源结构特别是热力供应中长期占据主导地位。虽然 2021 年以来省内积极推动新能源和可再生能源发展，煤炭清洁高效利用，加快煤电行业转型升级，统筹大型煤电规划建设、30 万千瓦以下煤电机组关停并转、供暖燃煤锅炉清洁替代等行动，持续推进新型能源体系建设，但煤电装机规模仍占 48.2%，燃煤供暖占比 80% 以上，燃煤供应工业蒸汽占比 90% 以上，传统化石能源在供热领域的核心地位仍未根本改变。这既反映了历史形成的能源基础设施布局和发展惯性，也暴露出产业结构与能源结构互为锁定的结构性矛盾。

但在“双碳”目标推动能源结构调整和新旧动能转换的背景下，这种以化石能源为主的供热模式正面临碳排放约束趋紧、环境承载力日益受限等现实压力，对传统能源的路径依赖与低碳转型的迫切需求形成剧烈冲突。

（二）清洁能源成本高

能源价格形成机制与市场激励政策的不完善导致企业转型和供热结构调整动力匮乏，价格传导机制与风险分担制度的缺陷加剧了企业投资顾虑。前期技术及设备研发的高投入，叠加后期电价优惠与碳交易配套缺失，进一步削弱经济可行性，在缺乏有效政策干预的情况下，市场自发选择阻碍影响着供热清洁化转型。

山东省区域能源禀赋存在显著短板，基础能源供给体系存在先天性缺陷。天然气供应链存在显著脆弱性，对外依存度超 95%，高度依赖外部输入的供应模式与薄弱的储气调峰设施形成叠加效应，不仅推高终端用气成本，更导致采暖季供需矛盾尖锐化，加重地方政府及企业负担。核能受限于地理条件制约，形成布局沿海的区域分割，内陆地区无法共享沿海核电资源，长距离热力输送面临地质结构复杂性与管网建设经济性的双重挑战。可再生能源供暖技术尚未突破关键瓶

颈，其间歇性特点（如太阳能、风能）需要高效储能系统支撑，但当前山东省在储能技术研发和应用方面仍显滞后，影响了可再生能源供热的可靠性和经济性。

（三）稳定接续压力大

截至 2024 年底，山东省燃煤热电联产和燃煤锅炉采暖占比仍高达 84.8%，尽管政策明确要求到 2025 年底基本退出 30 万千瓦以下燃煤抽凝发电机组、2027 年底全部退出燃煤供暖锅炉，且地方政府已制定替代接续办法，但实施效果尚未达预期。具体来看，一方面新机组建设滞后，无论是大型煤电机组还是分布式背压机组，其建设进度均未达到“十四五”规划目标；另一方面，各类替代方式推广面临多重阻碍：天然气供热成本是燃煤热电联产的 2 倍多，经济性不足；生物质热电厂普遍存在运营不正常问题，补贴不到位叠加生物质燃料价格上涨，企业生存压力大；地热等技术受限于开发难度与高额初期投资，尚未实现大面积推广；热泵、储能等方式则因运营成本偏高难以普及。这些替代措施的实际成效，在未来几年内仍需持续观察。此外，供热稳定性也面临挑战：大型煤电机组深度调峰与供热需求的矛盾日益突出，部分地区现有热源已出现供热能力不足的问题，进一步加剧了转型过程中的压力。

（四）供热管网发展滞后

供热管网作为热力供应系统的“血管”，其高效稳定运行直接关系到供热质量与能源利用效率，当前主要面临以下突出问题和挑战：热网发展缺乏系统性统一规划，热源与热负荷布局存在明显不协调，许多城市的供热管网建设长期受“分区建设、各自为政”模式影响，不同区域、不同热源厂的管网未能实现有效联通，跨区域互联互通工程推进缓慢，“供热一张网”仍处于初步探索阶段，难以通过管网调配实现热源互补，极端天气下易出现局部区域“供不上、供不足”的情况；部分市县的部分区域管网老化，存在安全隐患。

（五）管理体制问题突出

热电企业（含热力企业）的燃料、人工、设备折旧等成本受市场机制调节，而作为主要产品的居民供暖热价调整困难，且十余年来未作上调，少数区域甚至出现下调，这直接导致许多企业在供暖业务上陷入价格倒挂的困境，长期处于亏损状态。同时，虽然山东省供热计量有所推广，但是实施效果和预期效果差距较

大,加之大部分地区仍以供热面积作为主要收费方式,使得用户节能积极性不足,进而造成能源的无端浪费。近年来地方政府财政面临较大压力,对企业的供暖补贴往往不能及时到位,这无疑加剧了企业的经营负担,不少企业因此处于高负债率状态,濒临破产边缘。

另外,各地供暖还普遍存在入住率低、分户热计量比例低以及部分城市节能建筑占比不高等情况,这些问题共同制约着供暖效率的提升,也对供暖的低碳化、智慧化发展以及企业的收益状况产生了不利影响。

(六) 供热均衡矛盾突出

全省燃煤机组供热量约 15 亿吉焦,其中 30 万千瓦以下的分布式热电供热占比达到 84%,是供热的主力军和压舱石。根据山东省相关政策,30 万千瓦以下分布式热电装机将从 2020 年的 2900 万千瓦降至 2025 年的 1300 万千瓦。虽然总体供热能力与“十三五”末期基本相当,但供热不平衡不充分的矛盾将日渐突出,尤其在非采暖季将更为明显。导致这一变化的原因除装机数量大幅下调外,最根本的是装机结构的调整,背压机组装机从 886 万千瓦上升到 1300 万千瓦,而抽凝机组则从 2000 万千瓦清零。一方面,背压机组按照“以热定电”模式运行,效率高但调节能力弱,灵活性差。另一方面,30 万千瓦以下机组的本质是分布式机组,其特点为靠近热负荷侧、灵活、数量多,机组整合后极易形成用热需求“旱涝不均”情况的出现。

此外,集中供热在创造规模效益的同时,也形成了特殊的风险传导机制。随着淘汰落后产能政策的推进,原有分散热源的退出速度与能源替代能力形成明显落差,热源结构失衡带来了运行风险,单一热源所占比重不断增大,系统抗风险能力薄弱,缺乏足够的弹性调节空间。

第三章 山东省供热发展预测

（一）煤炭高效清洁利用

燃煤供热是传统的供热方式，根据双碳目标要求，需通过资源优化、技术创新提高能源利用效率，以实现绿色低碳与民生保障的双重目标。

预计 2025 年至 2030 年及以后一段时间，结合双碳目标要求，山东省将继续大力推进煤炭高效清洁利用，关停落后燃煤小机组和燃煤供暖锅炉，建设大型高效清洁煤电机组和背压式燃煤热电联产机组，提高能源利用效率。近期及未来一段时间，供热仍将以燃煤供应为主。随着新能源和用户端新技术的发展，预计燃煤供热将从 2030 年呈逐步下降趋势。

（二）天然气供热

采用天然气供暖和供汽，在山东省部分区域或项目上是具备可行性的，但存在因天然气价格高、供应不足等造成的难以大规模推广的问题。问题本质是能源转型期的系统性挑战，需通过资源优化、技术创新和政策创新多维度破解，以实现绿色低碳与民生保障的双重目标。

预计 2025 年至 2030 年及以后一段时间，结合双碳目标要求，山东省仍将大力发展天然气的利用。随着天然气保供条件的进一步提高和煤炭的进一步压减，在供热方面会有一定比例增加。

天然气供暖方面：预计到 2025 年，天然气供暖面积达到 1.45 亿平方米；预计到 2030 年，天然气供暖面积达到 2.2 亿平方米；到 2035 年，随着碳中和的推进，天然气供暖面积有所降低，约在 1.8 亿平方米以上。

天然气供汽方面：预计到 2025 年，天然气供汽量达到 800t/h；预计到 2030 年，天然气供汽量达到 1600t/h；到 2035 年，天然气供汽量达到 2400t/h。

(三) 核能供热

作为大规模、稳定、近零碳的基础供暖方式，核能供热在推动能源结构转型、助力实现“双碳”目标方面展现出显著优势。城市集中供暖所需的热网水温通常适中（一般要求供回水温度在 120/70℃或更低范围，如 70-90℃），无论是大型核电站热电联产的抽汽供热，还是专用低温供热堆（设计温度通常 90℃左右），都能高效满足这一需求。其中低温供热堆工作参数低，安全性好，可以建造在城市近郊。

2024 年下半年，山东省已启动胶东半岛清洁供暖“一张网”研究工作。研究的主要思路：坚持“统一规划、因地制宜、有序实施”原则，将核能供暖作为清洁供热增量重点，充分挖掘清洁高效煤电机组供热能力作为重要支撑，合理布局天然气、生物质、地热能、工业余热等清洁热源作为补充，加快推动热网互联互通，构建形成以核能和清洁高效煤电长输供热为主干管网、以地方现有管道为天然气或生物质供热支网的清洁供暖“一张网”，到 2050 年，胶东半岛五市核能供暖面积将达到 50%以上。

(四) 生物质供热

2024 年，山东省发展和改革委员会共七个部门发布“关于印发《山东省农林生物质热电联产中长期发展规划(2021-2030 年)》项目调整名单的通知”（鲁发改能源〔2024〕413 号），对山东省生物质热电联产项目进行了动态调整。预计 2025 年至 2030 年及以后一段时间，结合双碳目标要求，山东省将继续大力发展生物质供热。

生物质供汽方面：预计到 2025 年，生物质供汽能力达到 7000 吨/小时；到 2030 年，生物质供汽能力达到 13000 吨/小时。

生物质供暖方面：预计到 2025 年，生物质供暖面积达到 0.8 亿平方米；到 2030 年，生物质供暖面积达到 1.18 亿平方米以上；到 2035 年基本保持不变。

(五) 地热供热

浅层地热能（地源热泵）技术已非常成熟，在全球和中国均有大规模应用。热泵机组、地埋管换热系统的设计施工、系统集成与控制技术均标准化、商业化

程度高,是当前建筑供暖制冷的主流可再生能源技术之一。预计 2025 年至 2030 年及以后一段时间,结合双碳目标要求,山东省将大力推进地热能供热发展。

预计到 2025 年,地热能供暖面积增加 1000 万平方米以上;到 2030 年,地热能供暖面积达到 1 亿平方米以上;到 2035 年,地热能供暖面积达到 1.5 亿平方米以上。

当前阶段,地热能供热技术还不适用于工业供汽,但随着技术的发展,预计超高温热泵逐步具备商业应用条件,可结合地热能用于用量不大低品位工业供汽需要。

(六) 热泵供热

热泵供热,特别是空气源热泵,凭借显著的节能和环保优势,已成为非极端严寒地区新建及既有建筑节能改造的可靠选择。在政策支持力度大、电价合理(特别是配备谷电优惠政策)、建筑保温性能达标的区域,热泵供热系统的长期经济效益显著。此外,随着技术进步和规模化应用,设备成本有望进一步降低,其经济可行性将持续提升。

根据《山东省能源发展“十四五”规划》,推广可再生能源供暖、水源热泵、空气源热泵等清洁取暖方式。预计 2025 年至 2030 年及以后一段时间,结合双碳目标要求,山东省仍将大力推进热泵供热。随着新型电力系统建设和电力改革的进一步深入,热泵供热方面会有一定比例增长。

(七) 工业余热供热

工业余热供热已具备成熟可靠的技术手段,能够满足不同类型余热资源的回收利用需求。虽然初期余热回收系统建设需要一定投资,但长期来看,通过减少能源采购成本、降低排污费用,以及部分地区的政策补贴,可实现较好的经济效益。然而,工业余热供热也面临一些挑战,如余热资源分布不均、热源与热负荷匹配难度大、部分企业对余热利用的重视和投入不足等。综合而言,在余热资源丰富、热需求稳定、政策支持力度大的地区和行业,工业余热供热是实现能源高效利用、降低碳排放的可行且极具潜力的技术路径,对于推动工业领域绿色低碳转型具有重要意义。

根据《山东省能源发展“十四五”规划》，加快工业余热在城镇供热的规模化应用。预计 2025 年至 2030 年及以后一段时间，结合双碳目标要求，山东省将继续大力发展工业余热供热。

（八）电能供热

电能直接在制热/制冷方面应用技术成熟，尤其是在空调行业已有较长时间的应用。根据《关于进一步明确煤电机组灵活性改造有关事项的通知》（鲁能源电力函〔2024〕94 号），鼓励煤电机组通过配建电锅炉储热、熔盐储热等设施实现灵活性改造。

预计 2025 年至 2030 年及以后一段时间，随着电网调峰和稳定供热矛盾的进一步突出，山东省将有部分大型煤电机组配置电锅炉作为供热调节。随着绿电的发展，未来，绿电制热也将成为供热的必然选择。

总结：

经过以上对各种供热形式统筹的分析，总体来看，煤炭仍属于山东省供热的基础热源，其他能源形式做作为补充，只有在个别区域不以燃煤为主。煤炭高效清洁利用仍是未来一段时间内发展的重点工作，山东省通过关停落后燃煤机组和燃煤供暖锅炉，建设大型高效清洁煤电机组和背压机组替代供热，提高煤炭综合利用效率。其他低碳能源利用形式也要大力推广，通过政策引导、机制改革、财政补贴及技术创新等方式，逐步增大清洁能源供热占比，实现绿色低碳发展。

第四章 山东省供热发展路径分析

（一）提升大型煤电供热能力

燃煤供热是目前利用最广的供热方式，技术成熟度高，也是目前经济性最好的供热方式，在保障民生供暖和工业用热中占据核心地位。在“双碳”目标约束下，通过资源优化配置与技术创新突破，在保持经济性的同时提升煤炭能源利用效率，实现绿色低碳转型与民生保障的平衡。

近期及未来一段时间，山东省供热仍将以燃煤供应为主，立足煤炭消费大省的现实，构建“短期优化存量、中期低碳转型、长期协同替代”的阶梯式发展路径，在保障冬季供暖安全的前提下，实现煤电从“主力电源”向“灵活调节+应急保障”的角色转变。

短期重点围绕煤电机组“三改联动”，同时关停落后产能，建设大型高效清洁机组，提高能源利用效率。到 2027 年，山东省燃煤供暖锅炉全部关停，燃煤供暖面积呈逐步下降趋势。

中期通过热电解耦技术改造等方式，进一步提升煤电清洁高效利用水平。长期随着新能源和用户端新技术的发展，推动燃煤供热功能转型和替代能源规模化应用。

（二）增强燃气保障作用

根据《山东省能源发展“十四五”规划》，能源结构中天然气消费比重预期从 5.8% 增长到 9%；到 2025 年，天然气综合保供能力达到 400 亿立方米以上，相对于 2020 年实现翻番。通过强化气源保障、优化供热设施布局、完善管网建设及政策支持引导，推动对现有燃煤供热设施进行“煤改气”改造，特别是小型燃煤锅炉、老旧供热机组；采用模块化燃气锅炉替换技术，灵活组合满足不同负荷需求；可在城市新区、工业园区等适宜区域，规划建设分布式燃气供热项目。根据燃气清洁高效的特点，可做为碳达峰期间的过渡能源，利用燃气供热做为其他供热形式的调峰补充，一定时期内可起到保障作用。

（三）积极推进核能供热

根据《山东省能源发展“十四五”规划》，实施核能积极有序开发利用行动。秉承“严谨细实”核安全理念，在确保安全的前提下，积极有序推进核电项目建设，加快核能综合利用示范推广。

作为大规模、稳定、近零碳的基础供暖方式，核能供热在推动能源结构转型、助力实现“双碳”目标方面展现出显著优势，并在全国多个项目和区域得到应用，以“暖核一号”为代表的核能供热示范工程已在山东省海阳市成功实现连续多个供暖季（自2019年起）的安全稳定运行，累计为超过1300万 m^2 区域供暖，并实现商业化应用。我国首个工业用途核能供汽示范项目“和气一号”于2024年6月在江苏田湾核电基地建成投产，入选国家绿色低碳先进技术示范工程，为工业领域降碳提供新路径。专用低温核供热堆“燕龙”池式堆已完成工程设计和关键实验验证，正处于示范工程建设前期阶段。

坚持“统一规划、因地制宜、有序实施”原则，将核能供暖作为清洁供热增量重点，充分挖掘大型煤电机组供热能力作为重要支撑，启动山东省胶东半岛清洁供暖“一张网”建设。

（四）增大可再生能源利用规模

扩大可再生能源的利用规模，既是实现“双碳”目标的重要举措，也是推动能源可持续发展的关键路径。其中，生物质供热与地热供热技术已突破“技术验证”阶段，迈入“规模化复制”的成熟周期，其核心优势显著：技术可控性强，能稳定适应不同场景需求；成本竞争力突出，随着规模化应用进一步凸显；应用模式灵活，可广泛覆盖城市与农村、工业与民用等多元场景。

在生物质能利用方面，有序扩大供热应用规模，推动现有生物质电厂开展供热供冷改造，同步完善生物质成型燃料的产销体系，通过“生产—加工—销售”全链条协同，让灵活的应用模式渗透到更多城乡供暖、工业供热等场景。大力推进地热能供热发展，浅层地热能和中深层地热能利用均已非常成熟，同时以具体项目为依托，培育地热能装备制造产业集群，提升核心设备的国产化水平与技术竞争力。最终，形成“政策引导、技术支撑、市场驱动”的协同格局，让生物质能、地热能等可再生能源在供热应用中的占比持续提升，为区域能源结构优化提

供坚实支撑。

（五）拓展多种供热模式

目前山东省供热模式还是以集中供热方式为主，分散式供热作为补充。但是随着供热新技术的开发利用，分散式供热将承担起更重要的作用。比如城市污水通过热泵进一步加热，虽供热面积有限，但可以作为就近新建小区的配套热源；在具备条件的地区，充分发展地热能供热、空气能供热满足区域供暖制冷需求。

随着风光发电等可再生能源大规模的接入电网，发电高峰时段越来越多的出现“弃电”现象，可通过储电或储热的模式逐步加大绿电及低谷电制热进行供热的规模，作为集中供热的补充或调节。

未来将持续加大热泵与工业余热结合的推广力度，尤其聚焦钢铁、化工、建材等重点工业行业，大力普及高效余热回收技术与热泵提效工艺；借助产业协同打破行业间的技术、市场壁垒，构建“余热产生-回收-梯级利用”的跨领域产业链。

当前阶段，热泵技术还不适用于工业供汽，但随着技术的发展，预计超高温热泵逐步具备商业应用条件，可用于用量不大的低品位工业供汽需要。

（六）构建供热“一张网”格局

供热管道（包括市政管网、跨区域长输供热管线）是保障民生供暖、推动能源结构转型的核心基础设施。近年来，山东省围绕“清洁低碳、安全高效、智慧协同”目标，加大供热管道整合与升级力度，形成了具有区域特色的发展路径与政策体系。

山东省将持续深化供热管道的整合与升级工作，到2030年实现县级“供热一张网”格局。在长输管线工程推进方面，全力保障“聊热入济”工程在2025年年底顺利完工，同步谋划新的跨区域长输供热项目，如探索鲁西南地区的热源整合与长距离输送，加强与周边地市的供热管网对接，构建更大范围的供热“一张网”格局。

第五章 山东省供热发展情景分析

（一）居民采暖

1、居民采暖需求分析

山东省未来的供热需求主要取决于人口和城镇化增长情况、经济发展和居民生活水平情况、供热效率等因素。综合来看，山东省未来的供热需求仍有较大增长空间。

人口和城镇化增长方面，虽然中国总体上的人口增长率将放缓，但山东省作为经济较为发达的省份之一，其人口结构在未来几年内可能会因为内部迁移和城市就业机会的吸引而维持稳定增长。这样的人口增长直接增加了居住区和商业区的供暖需求。山东省的城镇化率已经较高，但仍有进一步提升的空间。

2、山东省供暖供需平衡及预测分析

2023年山东省供暖总面积为22.93亿平方米，按照4%的增长速度，到2025年供暖季总供暖面积将达到24.80亿平方米。报告根据2023年统计的供热量，结合以上因素，2025年到2030年居民供暖增速按照每年2%计算，到2030年供暖入网面积约为27.38亿平方米；随着人口增速降低、碳达峰碳中和的推进以及城市化率增速的降低，在2030到2035年居民供暖增速按照每年-1%的增加速度计算，到2035年全省供暖入网面积约为26.04亿平方米。居民供暖分析以30万千瓦以下煤电机组装机量作为变量分析。

居民供暖供需平衡分析如下：

单位：亿平方米	2025年	2030年	2035年
一、供暖需求	24.80	27.38	26.04
二、装机容量（万千瓦）			
30万千瓦及以上煤电机组	9271.5	10700	10000

30 万千瓦以下煤电机组	1130.75	1300.15	1195.65
天然气	800	2000	3200
核电	570	1300	2030
生物质	354.65	510.35	510.35
三、供热面积（亿平方米）			
30 万千瓦及以上煤电机组	9.92	11.52	10.56
天然气	1.45	2.20	1.80
核电	0.30	1.50	3.40
生物质	0.80	1.18	1.18
余热利用	1.35	2.35	2.85
燃煤锅炉	3.69	0.00	0.00
地热、热泵等	1.10	1.50	2.10
30 万千瓦以下煤电机组供暖面积	5.28	6.07	5.58
四、供热缺口（亿平方米）	0.92	1.07	-1.43

根据上表分析，如果到 2025 年底 30 万千瓦以下抽凝机组全部关停，剩余背压机组包括已建成和改造完成的共计 1130.75 万千瓦，提供供暖面积约为 5.27 亿平方米，供暖季仍然有 0.92 亿平方米的供暖缺口。最经济的方式就是在新机组建成之前，抽凝机组延缓退出，经测算约有 300 万千瓦的抽凝机组保留运行。

到 2030 年，规划背压机组全部建成，服役到期机组退出，剩余背压机为 1300 万千瓦，除了提供工业供热外，还可以提供 6.06 亿平方米的供暖，存在 1.07 亿平方米的供暖缺口。应增加大型煤电机组供热改造力度，新建大型煤电

机组增加供热能力，同时需要加大地热、热泵以及余热的供暖开发力度。

到 2035 年，除去服役到期的背压机组外还有 1195 万千瓦背压机，供暖能力为 5.58 亿平方米，如果其他供热方式按预期发展，到 2035 年背压机还需要提供 4.15 亿平方米的供暖能力，按照背压机供热量的三分之一用来供暖计算，到 2035 年背压机需求量为 890 万千瓦。

3、敏感性分析

本报告以供暖平衡表为基准，以 30 万千瓦以下煤电机组供暖面积作为变量，选取三个情景对供暖缺口开展敏感性分析：（1）30 万千瓦及以上大型煤电机组供暖的发展规模为基准情景的 1.05 倍；（2）可再生能源供热发展规模为基准情景的 1.1 倍；（3）天然气供暖需求响应的发展规模为基准情景的 1.1 倍。

具体分析来看在 30 万千瓦及以上机组供暖能力加速发展情景下，2025 年和 2030 年供暖缺口分别为 0.42 亿平方米和 0.49 亿平方米，需要增加 30 万千瓦以下热电机组分别为 90 万千瓦和 105 万千瓦；2035 年供暖缺口为-1.96 亿平方米，30 万千瓦以下热电机组保留 775 万千瓦。由此可见，大机组供暖能力的进一步增强，在 2030 年之前将缓解燃煤供暖锅炉关停带来的供暖压力，在 2030 年之后，有助于加快 30 万千瓦以下煤电机组的退出，或充分发挥工业供汽功能。

在可再生能源加速发展的情景下，2025 年和 2030 年供热缺口分别为 0.70 亿平方米和 0.71 亿平方米，需要增加 30 万千瓦以下热电机组分别为 150 万千瓦左右；2035 年供暖缺口为-1.83 亿平方米，30 万千瓦以下热电机组保留为 803 万千瓦。由此可见，在 2030 年之前，可再生能源供暖加速发展将缓解燃煤供暖锅炉关停带来供暖压力，但是仍然存在较大供暖缺口，在 2030 年之后，有助于加快 30 万千瓦以下煤电机组的退出，或充分发挥工业供汽功能。

在天然气发展加速的情景下，2025 年和 2030 年供热缺口分别为 0.77 亿平方米和 0.84 亿平方米，需要增加 30 万千瓦以下热电机组分别为 170 万千瓦左右；2035 年供暖缺口为-1.61 亿平方米，30 万千瓦以下热电机组保留 850 万千瓦。由此可见，在 2030 年之前，天然气供暖加速发展将缓解燃煤供暖锅炉关停带来的供暖压力，但是影响不大，在 2030 年之后，有助于加快 30 万千瓦以下煤电

机组转为备用，或充分发挥工业供汽功能。

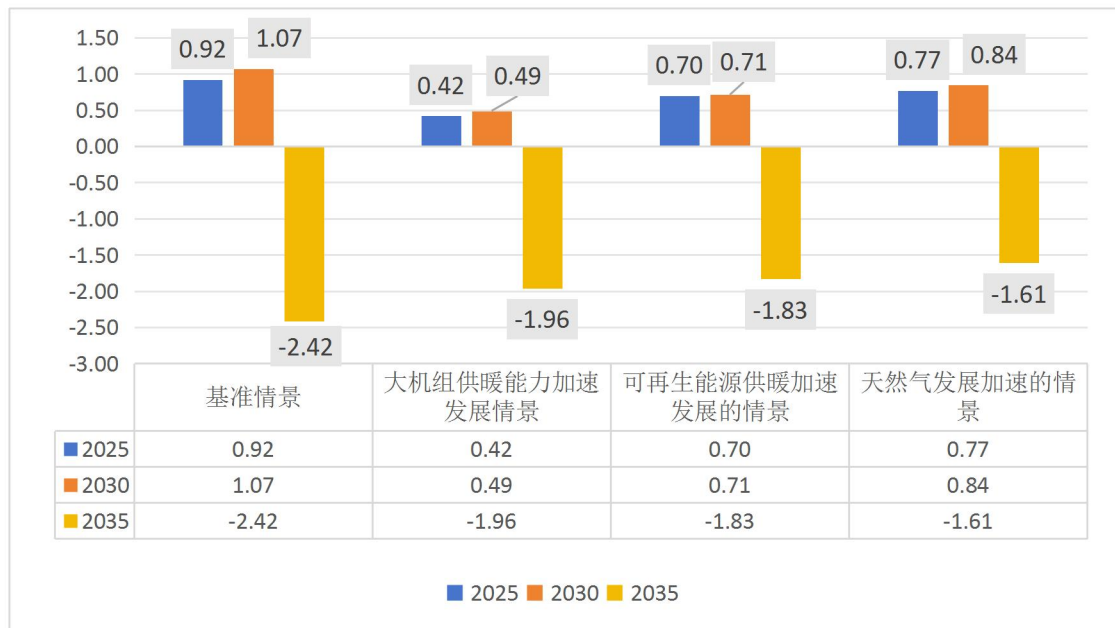


图 5 山东省居民采暖缺口分析

通过上述分析可以发现，在不同情景下，供暖缺口都有所减少。通过对比分析，大机组供暖加速发展情景下缺口最小。2025 年最经济的方式就是延缓抽凝机组的退出。在 2030 年之前，供暖缺口主要来自 2027 年供暖燃煤锅炉关停。在 2027 年之后，应增加大机组的供热能力，并充分发挥非煤清洁能源的供热能力。到 2035 年及以后，新能源和可再生能源供暖已经发展起来，可以加速替代燃煤机组供暖，有效促进煤电机组退出和碳中和的推进。因此，报告推荐在 2025 年、2030 年、2035 年分别保留 1430 万千瓦、1300 万千瓦、890 万千瓦的 30 万以下热电机组。

（二）工业供热

1、工业供热需求分析

山东省是工业大省，工业用热需求量大，主要用热行业有氧化铝、化工、轮胎、食品、药品等，供汽参数以 0.98MPa、300℃居多，另外还有 1.6MPa、2.5MPa 的供汽参数，还有少数企业用汽参数较高，为 3.8MPa。据不完全统计，2023 年各类参数的工业用汽负荷为 61495.5t/h，其中燃煤热电联产机组供热量为 54422.5t/h，工业供热中近 90%的蒸汽是由热电联产机组提供，其他少部分

由燃煤或燃气锅炉和生物质发电提供。

2、山东省工业供热供需平衡分析

2023 年山东省工业用汽总量为 61495.5t/h，预计到 2030 年全省 GDP 增速在每年 4.5-5.5%，但是单位 GDP 能耗每年都在降低；随着碳达峰碳中和的推进，到 2035 年全省 GDP 年增长率有所降低，大约在 3.5-4.5%，随着节能降碳工作的推进，高耗能企业的能效提升，单位 GDP 能耗进一步降低。统筹考虑，按照 2% 的增长速度，到 2025 年工业用汽总量为 63980t/h；2025 年到 2030 年工业用汽需求增速按照每年 1% 的增加速度计算，到 2030 年工业用汽量为 67243t/h；2030 到 2035 年工业供热需求增速按照每年-1% 计算，到 2035 年，工业供热需求量为 63947t/h；到 2050 年，随着发电成本的降低，煤改电、汽改电等的推进，山东省预计单位 GDP 能耗还会大幅度降低，预计总用汽量降低到 44763t/h。下面以燃煤锅炉作为变量对未来供热情况继续分析。

山东省工业供热供需平衡分析如下：

单位：(t/h)	2025 年	2030 年	2035 年
一、供热需求	63980.00	67243.00	63947.00
二、装机容量（万千瓦）			
30 万千瓦及以上大型煤电	9271.5	10700	10000
分布式热电（30 万千瓦以下）	1130.75	1300.15	1195.65
天然气蒸汽锅炉（t/h）	800	1600	2480
燃煤蒸汽锅炉（t/h）	5673	3971	2863
生物质	354.65	510.35	510.35
三、供热量（t/h）			
30 万千瓦及以上煤电机组	9117.00	10275.00	9742.00
分布式热电（30 万千瓦以下）	33922.50	39004.50	35869.50

生物质	7009.40	13267.40	13267.40
燃气炉	800.00	1600.00	2400.00
燃煤蒸汽锅炉供热能力	5673.00	3971.00	2863.00
四、供热缺口 (t/h)	7458.10	-874.90	-194.90

上表计算了 2025 年 30 万千瓦以下抽凝机组全部关停、除去居民采暖后，可提供的工业供热量。由上面分析可知，2025 年燃煤锅炉供热能力为 5673t/h，还有 7458.1t/h 的供热缺口，即如果抽凝机组全部关停，将无法填补工业供汽缺口。如果按照每万千瓦抽气量为 20t/h 来计算，需要有约 370 万千瓦的抽凝机组延缓退出，替代机组建成后有序退出。

到 2030 年，如果大型煤电机组按照规划建设，30 万千瓦以下背压机组按十四五规划全部建成，同时服役到期的机组退出运行，生物质电厂按照规划建设并达到规划供热能力，燃煤锅炉还需要承担 3096t/h 的供汽量，预计保留的燃煤锅炉量可以满足工业供汽需求，并且有约 800t/h 的结余量，可以将相应数量的燃煤锅炉退出或转为备用。

到 2035 年，根据预计发展情况，燃煤锅炉供热量还需要 2668t/h，预计保留燃煤锅炉量可以满足工业供汽需求，并且有约 200t/h 的结余量，可以将相应数量的燃煤锅炉退出或转为备用。到 2035 年，随着碳中和的推进，可再生能源供暖占比大幅度提高，工业用热量将会进一步减少，工业用汽对煤电机组的依赖程度降低，通过测算煤电机组工业供热增加量完全满足燃煤锅炉所需供热量，在满足地域条件的前提下，燃煤锅炉可以全部退出。

3、敏感性分析

本报告以工业供热平衡表为基准，以燃煤锅炉作为变量，选取三个情景开展敏感性分析：（1）30 万千瓦及以上机组供汽能力发展规模为基准情景的 1.1 倍；（2）分布式热电供汽发展规模为基准情景的 1.05 倍；（3）燃气炉供汽发展规模为基准情景的 1.2 倍。

具体分析来看,在 30 万千瓦及以上机组供汽能力加速发展情景下,到 2025 年底供热缺口为 6546t/h,在现有燃煤锅炉供热的基础上,预计推迟退出抽凝机组为 220 万千瓦,2030 年供热缺口为-1902t/h,预计保留的燃煤锅炉为 2068t/h;2035 年供热缺口为-1169t/h,预计保留的燃煤锅炉为 1694t/h。由此可见,大机组工业供热能力的进一步增强,将缓解燃煤供汽锅炉供汽压力,有助于燃煤供汽锅炉的加速退出。

在分布式热电供热能力进一步释放情景下,2025 年供热缺口为 5762t/h,在现有燃煤锅炉供热的基础上,预计推迟退出抽凝机组为 192 万千瓦;2030 年供热缺口为-2825t/h,预计保留的燃煤锅炉为 1146t/h;2035 年供热缺口为-1988t/h,预计保留的燃煤锅炉为 875t/h。由此可见,分布式热电供热能力的进一步增强,将大大缓解燃煤供汽锅炉供汽压力,有助于燃煤供汽锅炉的加速退出。

在天然气供汽能力为基础情景的 1.2 倍的情景下,2025 年供热缺口为 7298t/h,在现有燃煤锅炉供热的基础上,预计推迟退出抽凝机组为 243 万千瓦;2030 年供热缺口为-1194t/h,预计保留的燃煤锅炉为 2776t/h;2035 年供热缺口为-675t/h,预计保留的燃煤锅炉为 2188t/h。由此可见,天然气供热能力的进一步增强,将缓解燃煤供汽锅炉供汽压力。

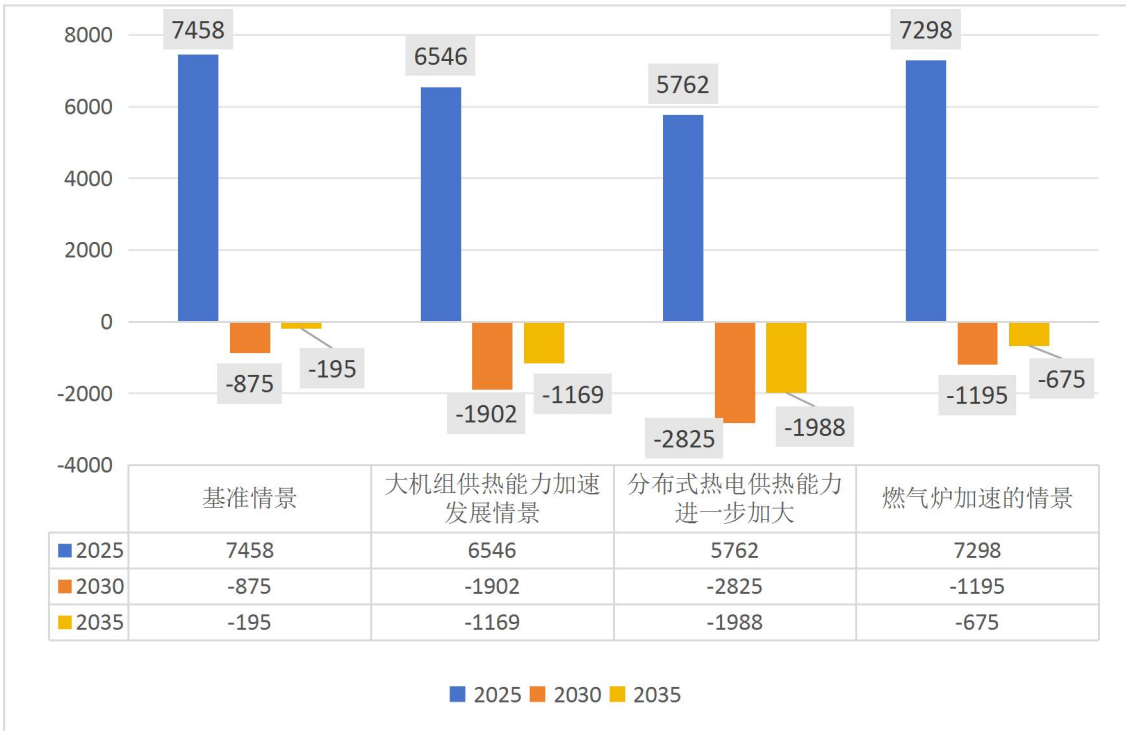


图 6 山东省工业供热缺口分析

通过上述分析可以发现，2025 年在大机组供热能力和天然气供热能力增强的情景下，由 30 万以下抽凝机组关停带来的工业供热缺口有所降低，在背压机组供热能力增强的情景下缺口降低较大。因此 2025 年更加经济和稳妥的方式是延缓抽凝机组的退出，督促过去五年的背压机组快速建成，生物质项目达到预期供热目标。2030 年以后，在保留燃煤热电机组供热的基础上，优先退出燃煤锅炉，预计燃煤锅炉存量少于预计量。中远期，随着碳中和的进一步推进，和热电联产机组向工业供热偏移，燃煤锅炉将会退出运行。另外，随着新能源的发展，特别是深层地热、绿电制氢技术和小型核堆技术的成熟，未来将在供热中发挥重要的作用。

因此，报告推荐在 2025 年、2030 年、2035 年分别保留 5673t/h、3096t/h、0t/h 的燃煤锅炉；在满足工业供热的前提下，结合供暖需求，推荐在 2025 年、2030 年、2035 年分别保留 1500 万千瓦、1300 万千瓦、1069 万千瓦的 30 万千瓦以下煤电机组。

第六章 山东省供热发展的行业建议和保障措施

（一）行业建议

1、构建低碳供热体系

坚持“企业为主、政府推动、居民可承受”的方针，遵循“以供定改、先立后破”原则。强化规划引领，制定专门发展规划，明确煤炭高效利用与清洁能源在供热领域的中长期目标及具体指标，结合各地资源条件、经济实力、基础设施现状和大气污染防治要求，按“集中与分散相结合”原则分类推进——资源富集区优先发展集中式可再生能源供热，基础设施薄弱区域灵活推进分散式清洁取暖。建立能源、环保、住建等多部门协同推进机制，加强沟通合作形成工作合力，并通过税收优惠、财政补贴等政策鼓励企业和社会资本投入低碳供热项目。

推进环境权益市场化交易，将碳减排量、污染物削减量等纳入区域环境权益交易体系，形成“可核算-可交易-可增值”闭环，同时搭建跨区域热力调配交易平台，促进绿色热能优化配置。建立可再生能源供热优先调度制度，形成与传统能源互补协同模式，提升能源利用效率。财政金融方面，通过设立绿色发展引导基金、创新绿色信贷产品、开发供热环境权益质押融资等工具，形成政策组合拳，引导社会资本形成长期投资预期。

2、稳妥实施供热接续

立足山东省煤炭资源禀赋和经济社会发展对供热的长期需求，针对 2025 年关停整燃煤抽凝机组和 2027 年关停燃煤采暖锅炉的时间节点和各地面临的现实困难，结合 2021 年以来规划布局大型煤电机组和高效分布式燃煤背压机组建设进度，科学规划关停节奏，为新建机组留足衔接空间。部分列入关停的机组和锅炉作为应急备用热源，实施“关而不拆、备而不用”，设置过渡期保障供暖稳定，定期对设备进行维护保养，确保其在极端天气、新建机组故障等突发情况下能够快速启动。对保留的背压机组，加大技术升级改造力度，推广应用高温高压参数改造、烟气余热深度回收、智能化调控等新技术新工艺。

加快组织修订《热电行业绿色工厂评价规范》和《燃煤机组（锅炉）供热综

合能源消耗限额》等地方标准，明确背压机组的能效指标、环保要求、绿色工厂评价体系等关键内容。调整分布式背压机组定位，分布式背压机组具有能源利用效率高、靠近负荷中心等优势，其本质是节能高效的供热形式，而非“两高”项目。推动将分布式背压机组从“两高”项目清单中调出，明确其高效低碳属性。同时，鼓励已建成的燃煤蒸汽锅炉配套安装高效背压机组，通过“锅炉+背压机组”的组合模式，实现蒸汽能量的梯级利用，提高供热系统的综合能效。

3、缓解热力供需矛盾

高效供热模式应为“一抽多背”及“非煤抽凝+燃煤背压”联合运行，通过“灵活调节（抽凝）+高效发电（背压）”的组合，平衡“双碳”目标下的节能要求与系统稳定性需求。非煤抽凝（如燃气、生物质等）可减少碳排放，燃煤背压则通过稳定供热及高效发电提升能源利用效率，实现“低碳+高效”双目标。

4、加大管网整合力度

智慧化管网改造是提升供热系统效率的重要路径，推进智慧管网体系建设，实施管网系统诊断评估工程，运用GIS、探地雷达等技术建立管网全生命周期数字档案，形成动态监测与分级治理机制。针对运行年限长、能耗损失大的老旧管网，按照“先急后缓、分批实施”的原则，系统推进更新改造工程，通过应用耐腐蚀复合管材、智能调节阀门等新材料新工艺，提升管网运行效率，从根本上解决老旧管网“带病运行”问题；同步推进“源-网-荷-储”协同调控体系建设，在管网关键节点部署智能传感设备和分布式调控装置，实现全网水力热力参数的实时感知与动态平衡，构建具有自调节能力的智慧化输配系统，全面提升供热系统的智慧化水平与运行效率。

推进多热源联网运行与城市供热“一张网”建设，打破以往不同供热企业、不同区域管网各自为政的垄断格局，统筹规划管网布局，推动各片区管网互联互通，实现热源、管网、用户的高效联动。

5、推进供热体制改革

价格机制是影响供热企业效益的核心因素，完善科学的价格机制对供热行业的健康可持续发展具有关键意义。构建“精准计量—智慧调控—合理收费”的

闭环管理体系，同时建立“全成本+动态调节”的定价机制：将燃料成本、环境成本、管网损耗等核心要素全面纳入定价模型，建立与能源价格联动的动态调整机制，推行政府指导下的市场化定价模式，有效避免煤电价格倒挂。此外，建议对新能源及清洁供暖项目参照居民电价标准给予优惠电价支持，对承担供暖任务的煤电调峰机组，实施全容量电价补偿政策。

有序推进供热计量改革。供热计量改革不等同于供热计量收费改革。普及供热计量机制，是推动我国建筑节能、实现智慧供热的基础。规范化、标准化、准确的热计量数据能够为建筑系统节能提供有力数据支撑，供热计量机制也能够有效引导用户侧推进行为节能。现状下，应优先扩大供热计量覆盖范围，普及供热计量机制，同步推进供热计量收费改革，以完善供热计量体系。配套建设省级及市级供热计量数据云平台，实现能耗数据的实时监测、远程调控与智能分析，为价格调控提供精准的数据支撑。

依托价格杠杆强化节能导向。通过对不同建筑的能耗水平、节能潜力进行系统评估，为实施差异化定价提供科学依据。对能耗超标的建筑适当提高热价，对节能效果显著的建筑给予费用减免，借助价格杠杆倒逼建筑节能水平提升。同时，在既有建筑供热计量改造过程中，同步推进围护结构保温、门窗节能等配套改造项目，全面提升建筑本身的保温隔热性能，从源头上降低供热能耗，与计量收费制度形成协同效应，最终实现节能降耗与经济收益的双赢格局。

6、建设技术创新体系

构建“基础研究—技术攻关—成果转化”的全链条创新体系，打造省级“产学研用”协同创新平台，以此推动热源开发、长输供热、大规模储能、智慧调控等关键技术突破与研究应用。同时聚焦工业余热深度回收、地热能多级联供、分布式热泵系统等核心领域，整合科研院所技术优势与龙头企业产业化能力，形成“技术研发—中试熟化—产业应用”的创新闭环。

打造智慧供热示范城市集群，整合热源、管网、用户端全链条数据资源，借助数字孪生技术构建供热系统三维动态模型，形成“数据贯通—智能决策—服务增值”的转型范式。延伸发展能效管理、需求响应、设备托管等创新服务，构建开放共享的产业生态，引领供热行业向绿色化、智能化方向跨越发展。

（二）保障措施

1、加强组织领导

供热行业的高质量转型需要从热源、热网和用户侧三个环节共同发力，向高效率、低碳化、灵活性三个方面优化，这就需要跨区域、跨部门、跨行业间的协调配合，建立供热行业低碳发展协调机制，形成各级政府和有关部门共治、共建、共管，社会资本主体积极参与，社会组织和公众有效监督的工作机制。

2、落实规划传导

应建立区域协调、部门协同、上下联动的规划实施机制，明确各阶段发展目标、重点任务和实施路径。探索刚弹相济、统筹协调的规划传导路径。强化数据统筹、政策统筹、项目统筹、资金统筹、时序统筹，形成工作合力，切实提高成效。

3、完善要素保障

对规划确定的重大项目、重大工程，在建设用地给予重点支持。拓宽资金来源渠道，争取中央财政清洁能源发展专项资金支持，设立省级供热行业低碳发展专项基金，重点支持清洁供热技术研发、基础设施建设和老旧设备改造。鼓励开发性、政策性银行支持能源重大项目建设，引导金融机构开发绿色金融产品和服务模式，拓宽能源转型发展融资渠道。

重构热力价格体系，引导各方分担相应的责任与成本。现行热价，尤其是居民供暖价格灵活性不足，不能有效传导产品成本，更无法引导用户节能。受制度影响，价格改革推进缓慢，利益协调困难。推进供热价格改革，尤其是居民供暖价格改革，首先需要理顺供热产品属性，再通过合理价格体系回收不同部分成本，明确不同主体的责任范围，协调政府、企业、居民各方利益。

5、夯实科技支撑

供热行业智慧化、信息化平均水平与其他行业相距甚远，限制了行业的转型升级与高质量发展。我国热力系统普遍还有 15%~20% 的节能潜力有待发掘，个别项目的实测数据甚至能达到 40% 的节能潜力。通过供热计量及信息化、智慧化手段，提升行业管理水平，促进新技术应用、普及节能措施，可帮助发掘热

力系统 5%~10%的节能潜力。

同时加强理论方法体系与相关标准的建立,强化企业创新主体地位,引导企业联合高校、科研院所加强研发攻关和产业化应用,推进工业余热高效利用、地热能深井开采、储能材料与设备等关键技术研发与示范,完善相关技术标准规范,积极推广先进理念与适用技术,增强科技成果转化能力。

参考文献：

1. 住房和城乡建设部.《中国城市建设状况公报》
<https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/fdzdgnr/sjfb/tjxx/tjgb/index.html>
2. 自然资源部.《2020 年全国矿产资源储量统计表》
<https://www.scnj.gov.cn/xxgk/zdlyxxgk/zdcq/13481301.html>
3. 《2025 年中国山东省煤炭资源分布、企业竞争格局及未来前景分析》
<https://www.chyxx.com/industry/1209061.html>
4. 国务院.关于印发《2024—2025 年节能降碳行动方案》的通知
https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202405/content_6954323.htm
5. 中共中央 国务院.《关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》
https://www.gov.cn/gongbao/2024/issue_11546/202408/content_6970974.html
6. 国家能源局.关于印发《2025 年能源工作指导意见》的通知
https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202502/content_7007276.htm
7. 国家发展改革委 国家能源局关于印发《新一代煤电升级专项行动实施方案 (2025—2027 年) 》的通知
https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202504/content_7018738.htm
8. 国家发展改革委 国家能源局《关于有序推动绿电直连发展有关事项的通知》
https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202505/t20250530_1398138.html
9. 省住房和城乡建设厅.《山东省推动建筑和市政基础设施领域设备更新工作方案》
http://zjt.shandong.gov.cn/art/2024/5/8/art_103756_10340229.html
10. 山东省住房和城乡建设厅.关于印发《山东省绿色建筑高质量发展工作方案》的通知
<http://www.feixian.gov.cn/info/2248/162149.htm>
11. 山东省发展和改革委员会.《山东省关于加强煤炭清洁高效利用的实施方案》
http://fgw.shandong.gov.cn/art/2025/4/29/art_91680_10465466.html
12. 山东省能源发展“十四五”规划
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1786336640908749916&wfr=spider&for=pc>
13. 山东省发展和改革委员会.山东省农林生物质热电联产中长期发展规划 (2021—2030 年)

<https://news.bjx.com.cn/html/20220812/1247979-1.shtml>

14. 山东省人民政府办公厅《印发关于支持地热能开发利用的若干措施的通知》

<http://www.qingzhou.gov.cn/21/8a9ea13783d17b990186b97abcb700ef/1688444806734417920.html>