

中国典型省份煤电转型优化潜力研究

执行摘要

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/>



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。

煤控研究报告

- 《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

中国典型省份煤电转型优化潜力研究

执行摘要

北京大学能源研究院
自然资源保护协会

执行摘要

在国家“双碳”目标出台之后，电力行业作为我国最主要的碳排放来源之一，必将成为下一阶段节能减碳工作的重要抓手。通过“自下而上”的手段，在省级层面开展煤电转型优化发展研究，对于推动煤电转型和有序退出、尽快实现电力行业二氧化碳排放达峰并逐步下降具有重要意义。

NRDC 联合北京大学能源研究院等单位对吉林、山西、甘肃、山东、湖北和江苏 6 个典型省份进行了煤电优化的研究。在 2025 年至 2035 年电力供需形势判断的基础上，课题组以保障各省电力供应安全为约束条件，依托对煤电机组类别、能效参数、服役年限等要素的评估分析，为不同区域各类型煤电机组选择适宜的优化发展路径，并量化计算优化结果，提出了针对性的政策建议。

煤电优化路径选择思路

煤电优化主要有三种路径：一是煤电机组直接退出，包括正常退役、政府赎买、备用封存、落后淘汰；二是等量或减量替代，包括“上大压小”、生物质燃煤耦合发电、新能源指标置换；三是升级改造，包括煤电能效改造、灵活性改造、供热改造。

从区域位置上看，甘肃地处西北地区，山西、山东地处华北地区，吉林地处东北地区，江苏地处华东地区。

从电力跨区输送来看，山西、甘肃和吉林三省是电力送出省份，江苏和山东是电力送入的省份，湖北是水电送出、煤电接入的省份。

从电源结构来看，甘肃和吉林风光发电占比较高，山东、山西和江苏是典型的煤电大省，湖北是水电大省。

从用电需求来看，山东、江苏用电排名前三，山西、湖北排名中游，甘肃和吉林排名靠后。

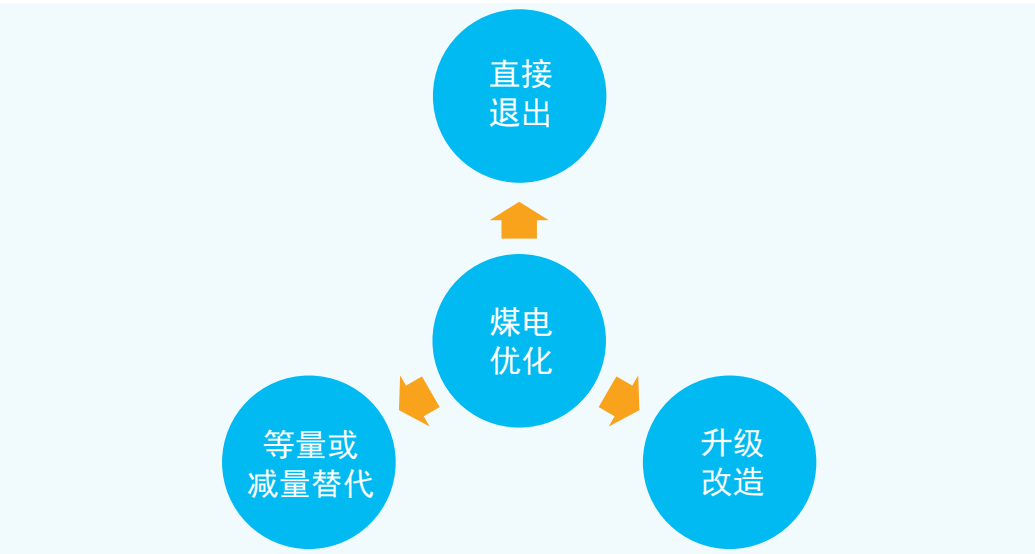


图 1 煤电机组优化的路径

根据影响煤电机组运行的关键因素，采用决策树法来实施煤电机组优化：

首先，是根据机组服役年限进行判断，超出 30 年的机组实施正常退役；在部分电力紧张的省份，可考虑对服役期超过 30 年的 30 万千瓦级及以上机组进行改造延寿；在煤电过剩的省份，近中期选择一部分对服役 15 年左右的 30 万千瓦级机组予以封存备用。

其次，根据国家、地方政策，有力有序淘汰 30 万千瓦等级以下的落后煤电机组。对于 30 万千瓦等级以下的非自备热电机组，可根据当地供热需求，予以改造达标后继续运行。

对于 30 万千瓦等级及以上机组，根据能耗、灵活性要求对机组进行改造，包括对有生物质资源的地区进行煤电机组掺烧生物质改造，在调峰资源不足的地区开展煤电灵活性改造，对有供热需求的地区开展供热改造（纯凝改热电联产 CHP、热电解耦等）。对于不具有改造潜力的机组，应该予以淘汰，若地区确有电力需求，则通过“上大压小”等实现等量或减量替代。

为什么选择服役 15 年左右的 30 万千瓦级机组作为备用？

60 万千瓦及以上大机组投资大且服役年限短，作为备用过于浪费；30 万千瓦以下的小机组，容量过小，对电力系统起不到调峰备用作用；年限太长的机组，长期封存容易达到自然寿期，启用时无法使用。

什么是纯凝机组？

纯凝机组：不进行供热，蒸汽全部用于发电的机组类型。

什么是热电联产机组？

热电联产机组：简称 CHP，利用蒸汽同时供应热力和电力的机组类型。

另外，根据煤电机组的地理位置，将处于市中心的淘汰煤电进行政府赎买，通过土地开发提高经济价值。

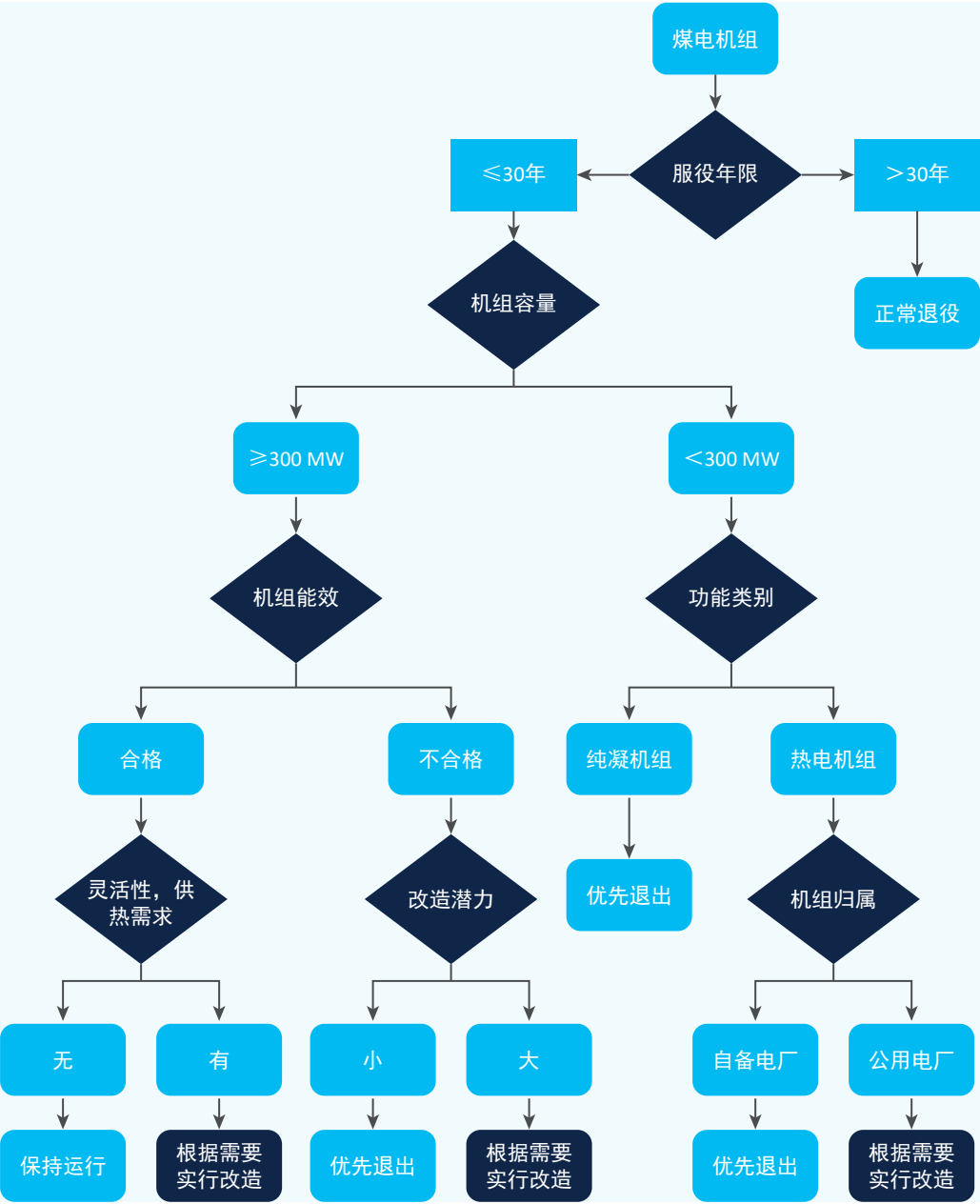


图 2 煤电优化转型决策树

主要研究结论

第一，各省煤电装机和结构都存在显著差异。

从煤电装机上来看，在总量方面，山东煤电规模达 10200 万千瓦，位居全国第一，是吉林省的 6 倍（1700 万千瓦）；在单机规模方面，江苏、湖北以大型机组为主，60 万千瓦及以上机组的容量占比分别为 73% 和 55%；而吉林、甘肃两省大机组占比仅为 20% 左右。（具体见图 3 所示）

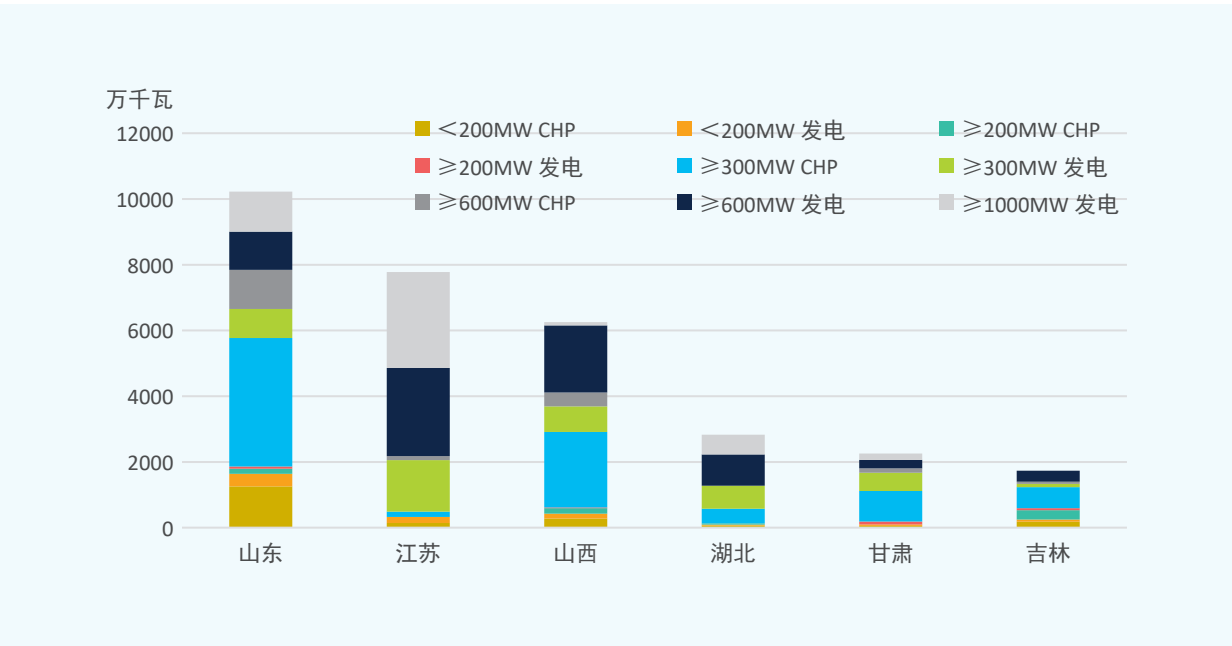


图 3 典型省份煤电装机结构及分布

从机组功能类别上看，北方地区的吉林、山东、山西热电联产机组占比均超过 50%；热电联产机组（CHP）占比最小的省份是江苏省，比重仅为 5%，机组类型以纯凝机组为主（具体见图 4 所示）。可见，供热需求导致南北机组类型差异巨大。

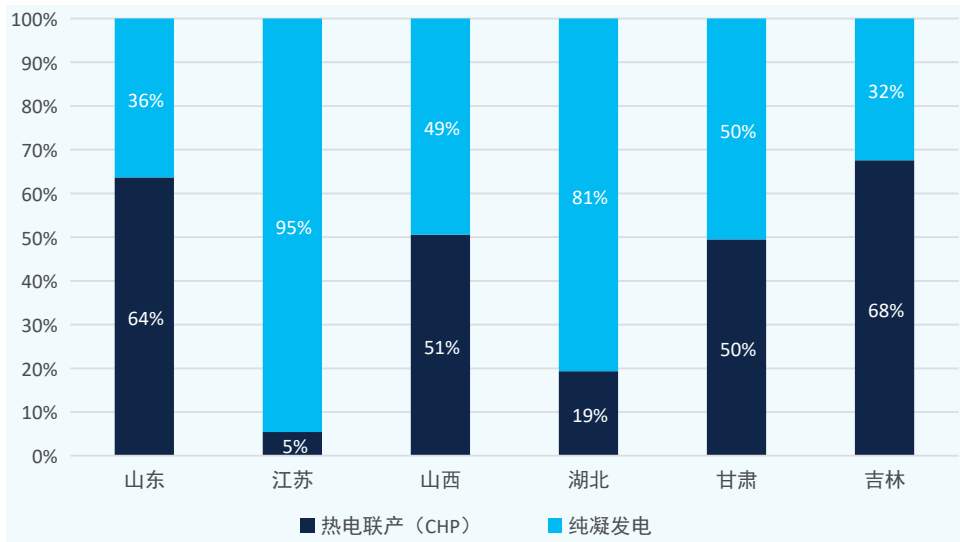


图 4 典型省份机组功能类别结构

从机组服役年限上看，6 个省煤电机组平均服役年限介于 11-15 年之间，从长到短排列依次为吉林、湖北、江苏、山东、甘肃、山西。服役超过 15 年的机组中，大多数是 30 万千瓦以下机组，其中山东 152 台、吉林 35 台、江苏 30 台、山西 9 台、湖北 9 台、甘肃 7 台，这些机组将成为各省优先淘汰的对象。

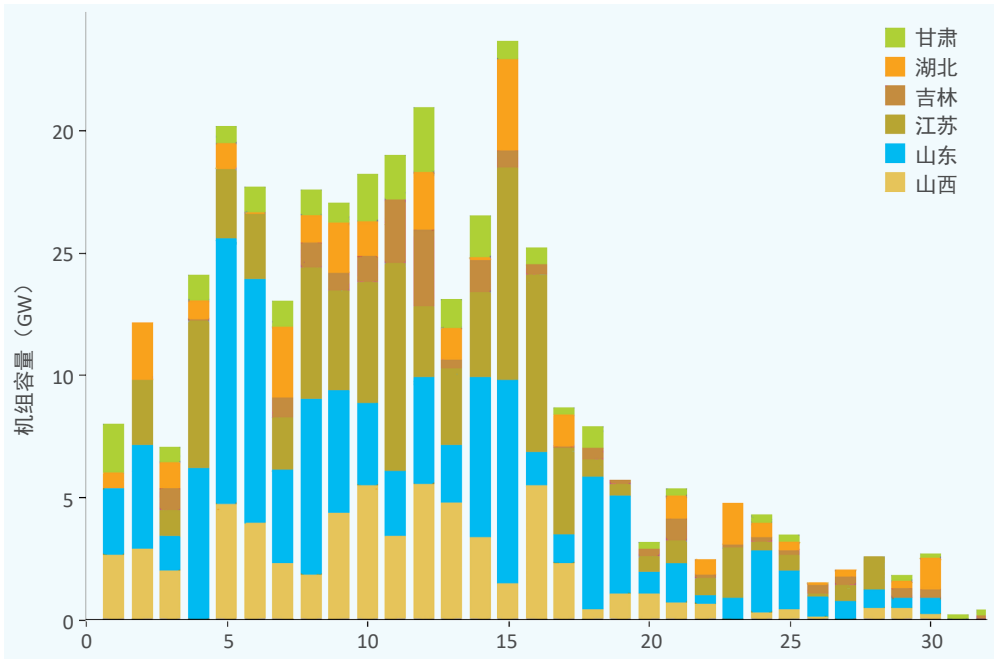


图 5a 典型省份煤电机组服役时间

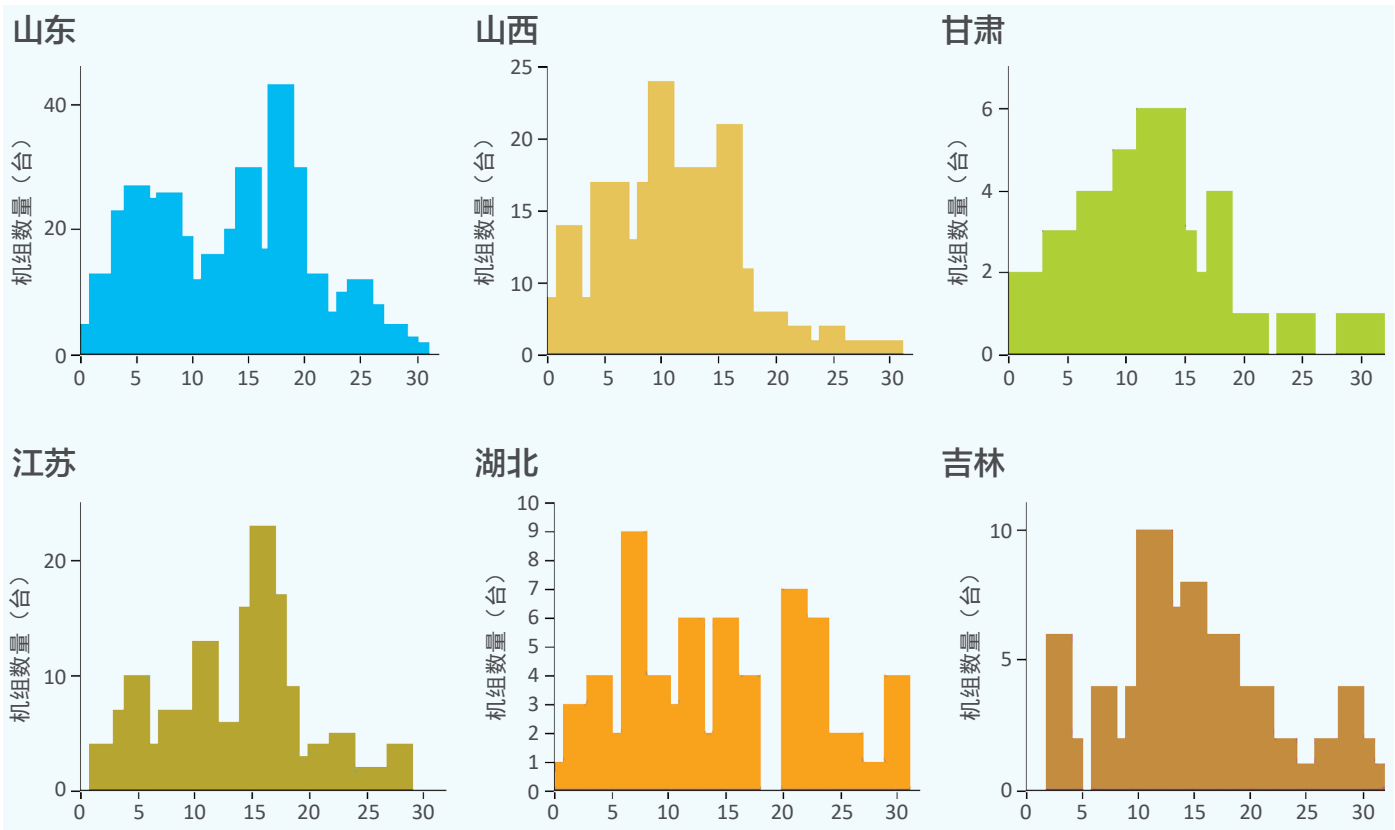


图 5b 典型省份煤电机组服役时间

从各省平均供电煤耗看，江苏、湖北、吉林三省低于全国平均值，其中最低的是江苏，为 290.2 gce/kWh；而山西、甘肃、山东高于全国平均水平，其中最高的是山西，为 322.2 gce/kWh。30 万千瓦级以下机组平均供电煤耗从低到高依次为：江苏、湖北、甘肃、吉林、山东、山西。根据国家发改委、国家能源局 2021 年 10 月印发的《全国煤电机组改造升级实施方案》中提到的“到 2025 年，全国火电平均供电煤耗降至 300gce / kWh 以下”这一要求，高于 300gce / kWh 的机组将成为重点优化的对象。

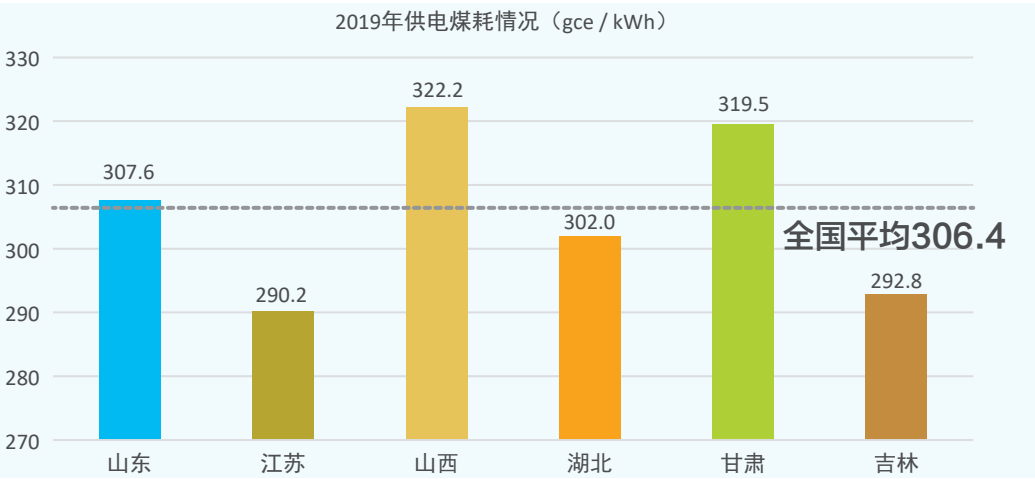


图 6a 典型省份煤电机组煤耗分布情况

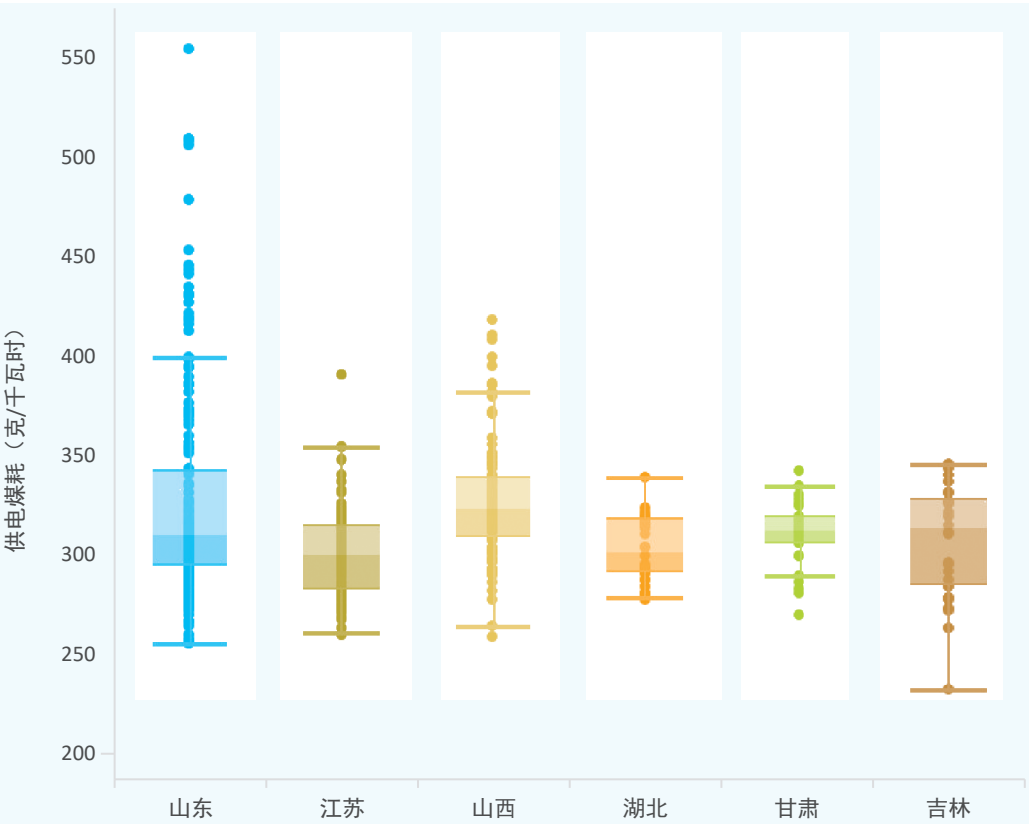


图 6b 典型省份煤电机组煤耗分布情况

第二，各省煤电转型优化的路径存在很大的不同。

分阶段看，当前至 2025 年阶段，山东、江苏、甘肃和吉林四省都具备压减煤电规模的空间，合计约 1591 万千瓦；而湖北和山西因存在大量跨区外送电力，本省高峰时段电力供应紧张，尖峰负荷增长可能带来电力短缺，因此存在增加一定规模煤电装机的可能性，预计新增 520 万千瓦。2025 年至 2035 年阶段，山东、江苏、吉林、湖北、山西煤电会有压减的潜力，合计约 2500 万千瓦；由于该阶段可再生能源规模进一步扩大及跨区送出需求，甘肃预计会新增约 200 万千瓦的配套煤电。

在落后产能淘汰方面，2020 到 2035 年期间，各省都有一定数量的落后煤电产能。为保障电力安全，有些省份在逐步淘汰后会新建一定规模的高效煤电机组，或者以“上大压下”的形式实行“等量或减量替代”。

从灵活性改造的规模和类型来看，江苏纯凝机组改造规模较大，山东、吉林和山西热电联产机组改造规模较大。此外，山东、山西因为小机组数量较多，且在“2+26”城市的煤电淘汰政策框架下，近期直接淘汰的规模较大。（具体见表 1、表 2 所示）

表 1 2021-2025 年各典型省份煤电转型优化规模测算 （单位：万千瓦）

	山东	江苏	山西	湖北	甘肃	吉林
新增高效煤电	240	600	738	391	60	60
正常退役	336	214	131	10	81	175
延寿（封存）	0	0	0	186	0	0
政府赎买	52	90	15	30	0	6
新增“上大压小”	293	152	137	0	29	38
纯凝机组灵活性改造（含生物质掺烧和背压式改造）	563	1243	578	514	346	96
热电联产机组灵活性改造	1377	161	963	203	520	669
淘汰落后	379	774	345	78	232	212
合理规模	9700	7300	6500	3100	2000	1400
退出合计 *	527	478	-247	-273	253	333

* 退出合计 = 正常退役 + 政府赎买 + 淘汰落后 - 新增高效煤电，负号代表该地区将净增加一部分煤电。

表 2 2026-2035 年各典型省份煤电转型优化规模测算 （单位：万千瓦）

	山东	江苏	山西	湖北	甘肃	吉林
新增高效煤电	248	799	120	686	313	80
正常退役	1124	1562	105	743	113	466
延寿（封存）	1201	382	1268	0	293	0
政府赎买	4	37	5	43	0	14
新增“上大压小”	421	33	287	11	61	29
纯凝机组灵活性改造（含生物质掺烧和背压式改造）	96	184	130	60	396	0
热电联产机组灵活性改造	2961	95	1656	340	563	472
淘汰落后	120	0	210	0	0	0
合理规模	8700	6500	6300	3000	2200	1000
退出合计	1000	800	200	100	-200	400

第三，跨区域输电对于煤电转型具有巨大的作用。

尽管根据规划情景的条件计算后，大多数省份煤电均存在一定的过剩规模，但是这种过剩是建立在大量的跨区域输电基础之上的。例如，山东省 2025 年的潜在退出规模是 527 万千瓦，但其前提是有 3500 万千瓦的外电输入。在不考虑外电入鲁的情况下，山东电力缺口接近 3000 万千瓦。从 2025 年到 2035 年，甘肃的煤电潜在退出规模由正转负的根本原因也是在 2025 年后规划了大量非水可再生能源电力送出，需要增加一定规模的煤电作为配套电源。

总体建议

第一，建立“自上而下”与“自下而上”相结合的电力规划体系，从全国角度优化煤电发展。之前的电力规划主要是按照“自上而下”的方式来进行，国家制定总体规划，然后各省市按照国家规划的分解目标制定本省市的电力规划。当煤电进入存量优化时期时，仍然按照“一刀切”的方式将国家目标逐级分解难以保障煤电的最优发展；如吉林省和江苏省煤电结构存在巨大的差异，不管是按照总量分解或按照比例分解都难以实现省际之间的公平。“十四五”应该先采用“自下而上”的方式分析各省市电力供需形势、煤电发展现状，制定各省市规划，再在各省市规划的基础上进行跨区域输电规划，并在跨区域输电基础上进行全国电力规划。经国家层面电力布局优化后，再“自上而下“对省市规划进行调整，实现在全国范围内煤电资源的优化配置。

第二，加大落后煤电机组的淘汰力度，对部分过剩煤电机组进行战略封存。对各省容量小、能耗高、运行年限长的小机组，应当从污染物排放水平、煤耗水平、效率水平、当地供热需求、周边大容量机组布局、投资主体、经济效益等方面进行实地排查，建立落后煤电机组淘汰路线图，逐步淘汰落后煤电机组。对于部分地区过剩的煤电机组，将其进行战略封存，作为应急电源提供备用以应对夏季高温、冬季供热期间可能出现的时段性电力短缺。

第三，加强煤电机组的改造，推动煤电定位转型。一是继续推进煤电节能提效改造，鼓励煤电企业继续挖掘节能潜力，通过节能改造、供热改造、综合利用等方式降低发电煤耗和排放水平。二是加快煤电灵活性改造，以此提升系统调节能力，增强系统灵活性，促进可再生能源消纳。三是推动纯凝机组进行背压式改造，对于存在冬季供暖需求的“三北”地区（东北、华北和西北），煤电机组退出较为困难。通过对纯凝机组进行背压式改造，可以在增加供热能力的同时，释放出力空间，促进可再生能源消纳。

第四，高度重视需求侧响应手段的应用，避免用煤电充当迎峰资源。报告的分析结论中多个省份出现“缺电力、余电量”的情况，而且电力负荷短缺仅维持极短的时间。如 2019 年国网公司报告显示湖南地区保持在最高用电负荷 90% 以上的持续时间不超过 48 小时。显然，这部分断续、超短期的电力供应困难不是真正的电力短缺，而是因为电力需求侧缺乏灵活响应造成的。利用市场化的手段提高需求侧响应能力是解决这种“缺电”问题最有效的手段之一，通过盲目增加煤电以满足这部分尖峰负荷需求将造成巨大的投资浪费。

第五，优化发展跨区域输电。以特高压为主的跨区域输电对于东部省份煤电的退出具有决定性的作用。首先要优化线路的规划，除突破技术和资源条件限制外，更要打破省间壁垒，使线路能够尽快实现满送，使宝贵的通道资源能够真正为东部地区能源结构优化发展发挥作用。其次是要优化送端电源结构，科学计算风光电源与煤电的比例，不断提高输电电量中非煤电力的比例。最后是优化送端电源的煤电布局，优化利用存量煤电电源和已有联络线路，减少新增的煤电建设。

针对性建议

第一，吉林省重点推动煤电的“热电解耦”、供热的“以大代小”和背压机对抽凝机的替代。一方面，吉林省煤电机组供热居多且供热期长，因此要优先解决热电解耦问题，让已有的煤电机组能够加大供热出力，减少供电出力。另一方面，吉林煤电小机组多、大机组少，因此应该对大机组进行供热改造，同时加快大型供热机组对小机组的替代，尽快淘汰落后小机组。

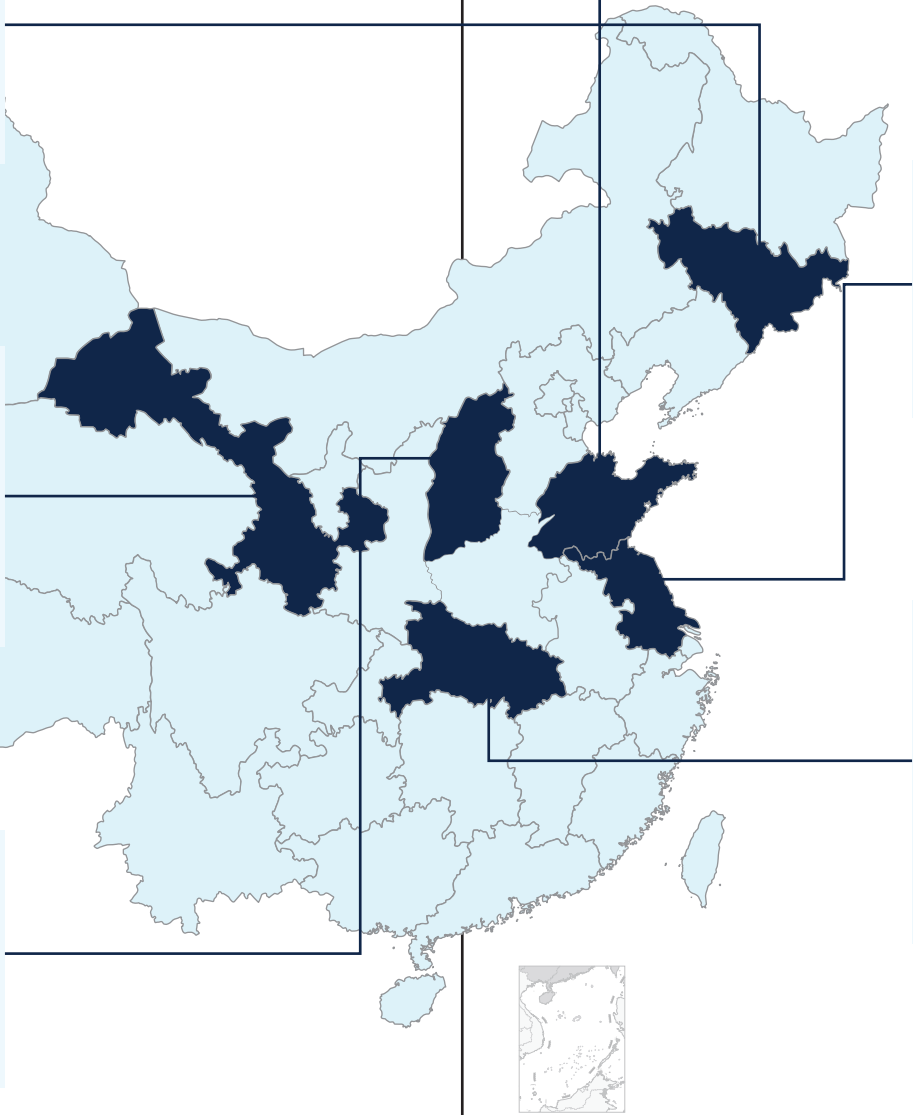
第二，甘肃省重点推动煤电在西北全区域布局的优化。甘肃省存在比较明显的区域性煤电布局不合理的问题。河西地区因为要配套酒泉—湖南特高压清洁电力的送出，煤电不足；中部兰州和陇东地区则呈现出明显的煤电过剩。应该按照就近原则将甘肃省内不同区域电力资源与周边省份电力资源整合优化后配套送出，包括甘肃河西地区 and 新疆东部哈吐（哈密、吐鲁番）作为整体来优化，甘肃中部地区和相近的青海西宁地区作为整体来优化，陇东和宁夏地区作为整体来进行优化。

第三，山西省煤电优化发展关键是协调非煤电力的发展。山西是为京津冀地区送出电力的主要省份之一，之前布局的外送电源基本都是煤电，未来应该重点推动非煤电力替代煤电。山西多山地，日照条件较好，风光资源开发潜力巨大；另外，山西煤矿众多，煤层气丰富，通过对煤层气的采集并适度利用于发电既减少煤矿瓦斯排空泄露现象，也能在一定程度上降低煤炭消耗。

第四，山东省煤电优化的核心是节能和非化石能源的发展。一方面，作为典型的重工业大省，山东要着力提高能效水平，借力新旧动能转换推动结构性改革，降低全省电力需求增速来减少煤电需量，实现煤电退出。另一方面，山东要寻求煤电的替代能源。山东具有多个沿海核电厂址，沿海风力资源丰富，核电、风电都具有很大的开发潜力。山东拥有海岸港口优势，具备建设 LNG 接收基地的条件，可以适度发展气电；同时，依托西电东送特高压通道，提高外购清洁电力比重，实现对本省煤电的替代。

第五，江苏省煤电优化关键是利用需求响应来削减尖峰负荷和适度发展气电调峰。除了通过加大外来清洁电力输入和发展本省海上风电等可再生能源替代煤电外，针对本省负荷变化波动大、峰值高的特点，同时又具备比其他省份更高的电价承受能力，江苏适合利用市场机制来推动需求响应，达到需求侧削峰填谷的目的。另外，通过适度发展气电替代煤电进行调峰，也可以解决一部分峰时电力需求。

第六，湖北省煤电退出要重点依靠本省水电和外来清洁电力。湖北是电力“大进大出”的省份，三峡工程每年 900 亿千瓦时的水电几乎全部外送，本省的电力缺口却需要外来电力来补充。一方面，湖北需要寻求政策突破，将三峡工程的部分电力留置本省使用，对省内较早开发的水电站实施技改提高发电水平。另一方面，湖北需要提高外来清洁电力供应，提高已送电的陕北—湖北特高压通道利用率，利用复—奉、锦—苏等途经湖北已建或待建的特高压通道，承接一部分邻近省份金沙江流域、雅砻江流域水电供应，解决用电缺口。



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