

“双碳”下的电力行业市场分析

一、源：风光稳定不足问题渐显，火电退出或不可操之过急

（一）火电投资增速放缓，基荷电源重要性彰显

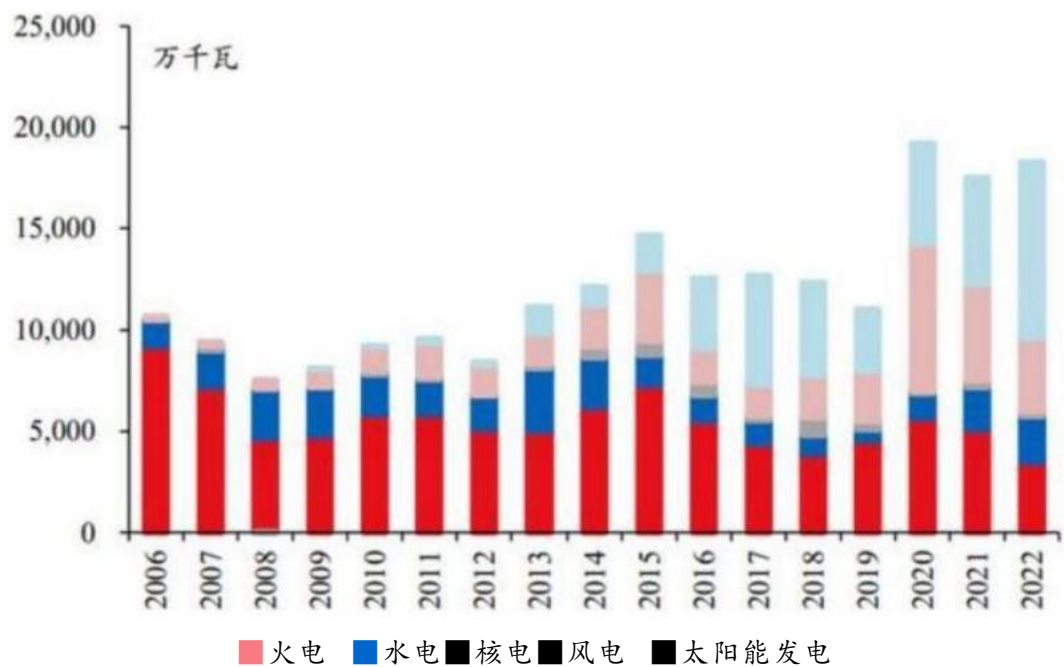
低碳转型叠加产能过剩，“十三五”期间传统火电投资显著下滑。

2014-2015年常规火电项目审批权逐步从国家能源局、国家发改委及国家环保部陆续下发至各省级机构，火电项目获得批复数量大幅提升。随着大批燃煤电厂获准开工，“十三五”开局火电产能逐渐过剩。同时在能耗双控、风光平价上网和双碳目标等政策因素的影响下，“十三五”风光发展较快，火电建设的重要性似乎有所“淡化”，火电投资增速相对停滞。燃煤电厂的建设周期一般为2年，“十三五”期间火电行业投资疲软导致近年来火电装机增速不断下滑。2022年，我国各类电源新增装机量为1.86亿千瓦，其中火电新增装机仅占比**18.8%**；2022年各类电源装机同比增速为**8%**，全社会电力消费量同比增速为**4%**，而火电装机同比增速仅为**3%**，火电在整体电源结构占比不断下滑，对社会用电需求的支撑作用亦有所减弱。

然而，近年迎峰度夏限电事件或昭示火电在电力系统的地位不可或缺。火电具有稳定可靠的优势，是电力保供的重要“压舱石”。近些年来火电装机增速低于全社会用电增速，风光在电源结构中占比不断提升。然而风光出力波动性较大，难以提供足够的可控电量，在用电负荷大幅提升的情况下，火电投资乏力的问题逐步显现。**2021-2022**年迎峰度夏期间，受高温、降水量不足等因素影响，我国多地出现了缺电现象。尤其在**2022**年，高温叠加四川来水偏枯，迎峰度夏期间水电出

力不足，火电需求大幅提升，多地启动有序用电措施。值得一提的是，2022 年迎峰度夏期间，统调电厂的煤炭库存均位于20 天以上，或说明在用电负荷大幅提升、水风光等可控性较差的电源出力不济的情况下，2022 年限电更多受火电出力能力的制约。限电事件频发或彰显火电在电力系统中的重要地位，能源结构转型的同时，基荷电源的合理规划仍不可忽视。

图表2 2006-2022年各类电源新增装机量



火电保供角色被重新审视，建设投资再次升温。近两年，火电在电力保供中的作用被重新加以重视。2021 年下半年以来，火电基本建设投资增速再次回升。同年12 月，中央经济工作会议指出，“实现碳达峰碳中和是推动高质量发展的内在要求，要坚定不移推进，但不可能毕其功于一役”，“传统能源逐步退出要建立在新能源安全可靠的替代基础上”。2022 年迎峰度夏期间再度上演限电事件后，9月国家发改委

提出 **2022-2023** 年火电将新开工**1.65** 亿千瓦，进一步凸显了火电在电力体系的重要地位及国家保障电力安全稳定供应的决心。

火电机组有一定建设周期，当前利用小时数仍在相对高位。火电机组平均建设周期约为**2** 年，**2021** 年初火电建设投资增速回升带来的装机增量目前已有所兑现。然而，我们观察到当前火电发电设备平均利用小时数仍位于相对高位。我们认为，火电利用小时数高企可能与上半年水电出力不济有关，同时防疫政策优化带动全社会用电需求提升（**2023** 上半年全社会用电量同比增速达 **5%**）或亦有催化。

当前厄尔尼诺形成概率较大，或致未来几年出现高温风险。据世界气象组织预测，今年 **5-7** 月全球有**60%** 的概率出现厄尔尼诺现象，**6-8** 月这一比例将增加至**70%**，**7-9**月将增加至**80%**。而厄尔尼诺现象是东太平洋海水每隔数年就会异常升温的现象，或将会推动全球气温提升。此外，厄尔尼诺现象对全球气温的影响通常在其出现后一年内最为明显，即未来一年气温或有较大概率高于往年。若出现高温极端天气，考虑到水风光等新能源出力可控性较差，电力供需或仍有偏紧风险。

(二)兼具保供及调峰双重作用，灵活性改造或为火电当前发展方向

火电是当前电网调峰重要手段，灵活性较低造成其调峰能力掣肘。由于“富煤贫油少气”的资源特点，长期以来火电作为基荷电源支撑我国电力系统正常运转。当前储能技术尚未完善，储能成本仍有较大下降空间，面对风光装机的飞速发展，火电将是电力系统调节的主要手段。我国火电机组虽具有容量大的优势，但调节范围有限且启动时间长，

灵活性较低或形成新能源消纳的掣肘。根据中国电力圆桌课题组研究数据，以深度调峰为例，我国纯凝气式机组最小稳定出力通常为额定功率的 50%， 热电联产机组供热工况下仅为额定功率的 80%； 而国际先进机组最小稳定出力可达到额定功率的 20%， 热电联产机组供热工况下可达到额定功率的 40% 。

图表9我国煤电机组调节能力和国际先进机组对比			
灵活性参数	单位	我国煤电已建机组	国际先进水平已建机组
最小出力	%P _n	50 (80)	20 (40)
爬坡速率	%P _n /min	1-2	4-5
热态启动时间	h	3-5	1.5-2.5
冷态启动时间	h	10	0.1

火电灵活性改造技术较为成熟，火电改造或为当前发展方向。根据中电联发布的《煤电机组灵活性运行政策研究》数据显示，截至 2019 年年底我国在运煤电机组一般最小出力为50%~60%， 冬季供热期仅能低至75%~85%， 而经过灵活性改造的试点纯凝机组最小技术出力可低至30%~35%额定容量，部分机组最低可至20%~25%，达到国际先进水平。热电联产机组灵活性改造手段较为丰富，主要通过改进热水蓄热调峰技术，固体电蓄热锅炉调峰技术，电极锅炉调峰技术等，试点机组在灵活性改造后最小技术出力可达到40%~50%额定容量，且能够达到环保要求。

二、网：风光消纳问题仍存，电网建设有待提速

（一）风光并网规模较大，而电网投资相对滞后

风光的大量并网对电力系统的消纳能力提出了更高的挑战，一方面源于发电与用电在时间上的错配。从日内电力平衡角度来看，光伏出力高峰时段在中午，夜间没有出力，因此在早晚用电高峰期间，光伏发电支撑能力有限；而风电主要在傍晚及夜间出力，白天出力相对较少。从月度电力平衡角度来看，华北、东北及西北等地用电高峰为夏冬两季，而春夏为风电出力高峰，夏秋为光伏出力高峰，风光出力的季节性虽在一定程度上有所互补，但月度电量分布和负荷需求仍存在不匹配的问题。

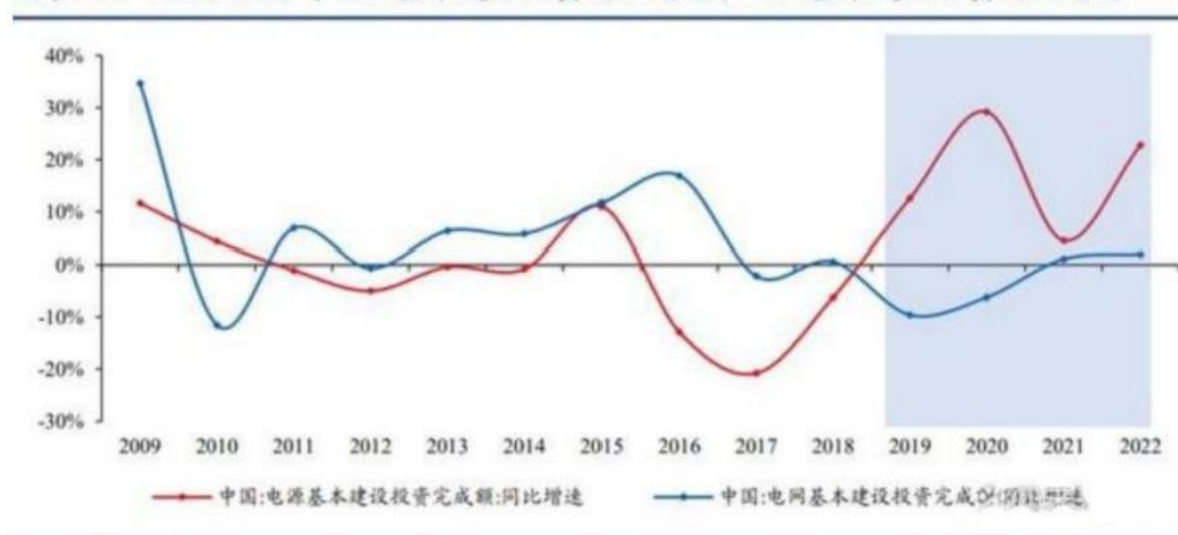
另一方面消纳问题来自我国产用电的反地域特征。我国发电端和负荷端在地域分布上亦具有不均衡的特点。西北及西南地区风光和水电资源丰富，电力需求相对较小，具有一定的用电裕度；而华北、华东及华南地区用电需求较大，是用电缺口的主要集中地，因此我国的电力流转总体呈西电东送的特点。为利用好我国的风光清洁资源，推进能源低碳环保转型，2021年起，我国政府提出并积极推进风光大基地建设，以沙漠、戈壁和荒漠地区为重点，先后出台了多批风电、光伏基地建设项目清单，其中第1批风光大基地项目总体建设规模为97.05GW，截至2023年1季度已全部开工，部分建成投产。2022年初国家发展改革委、国家能源局发布《以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地规划布局方案》。该方案以库布齐、乌兰布和、腾格里、巴丹吉林等沙漠及戈壁地区为重点，综合考虑采煤沉陷区，规划建设总规模约455 GW的大型风电光伏基地，其中“十四五”时期规划总装机约200 GW，包括外送150 GW、自用50 GW；“十五

五”时期规划总装机约 255 GW, 包括外送 165 GW、本地自用90 GW。

风光大基地项目多位于用电裕度较大的西部地区，对电力系统的消纳能力提出更高的要求，尤其是第2 批风光大基地项目规划了315 GW 的外送规模，加大了电网的外送压力。

当前我国总体风光利用率尚可，但部分省份存在明显弃风或弃光问题。根据全国新能源消纳检测预警中心数据， 2022 年我国风电利用率为 96.8%， 光伏利用率为 98.3%， 整体的风光利用率虽保持在较高的水平，但诸如内蒙古、青海、甘肃等风电大省仍存在明显的弃风及弃光问题，部分地区风电/光伏利用率仅有90% 的水平。随着风光大基地项目的新增装机在未来几年逐渐兑现，上述地区弃风弃光问题或将日益凸显。

图表 18 2009-2022 年电源基本建设投资同比增速和电网基本建设投资同比增速



近些年来电网建设滞后于电源建设，或对风光消纳能力形成制约。

2019 年以来，风光装机需求加大带动电源基本建设投资额快速增长，而与新能源消纳相关的电网基建投资却有所停滞。“十四五”期间，国家电网规划投资2.4万亿元，南方电网规划投资0.67万亿元，相较

于“十三五”期间电网建设投资同比增速约为19%，而“十三五”电网建设投资额相较于“十二五”期间同比增速接近30%。相较于风光投资的高增速，电网建设投资节奏相对缓慢。

(二) 电网建设或将提速，特高压及配电网投资有待加强

新型电力系统之下，电网建设有待提速。我们认为当前电网投资有以下2条主线：1) 加强特高压投资以提高西部地区风光发电外送能力；

2) 加强配电网(尤其是农网)投资改善风光并网消纳问题。投资主线1: 特高压建设或是解决西北风光消纳问题的重要途径。特高压输电是指交流1000千伏、直流±800千伏及以上的输电技术。相较于传统高压传输，特高压输电具有输送容量大、覆盖范围广、输送距离远、线路损耗低等特性，更能支撑跨区输电需求加大下的供电压力。

“十三五”期间我国特高压直流投资额达到2463亿元，特高压交流投资额接近1000亿元。据国家电网公司规划，“十四五”期间特高压交流总投资预计达3002亿元，新增特高压直流线路1.72万公里，新增特高压交流线路1.26万公里。伴随风光基地建成后清洁能源消纳需求大幅提升，预计十四五期间我国特高压建设投资将保持稳健。稳健的特高压建设有望带动配套产业投资机会。据赛迪顾问整理，特高压直流线路一般由“点对点”单向传输的换流站构成，通过特高压线缆和铁塔完成换流站间输送线路建设，发电侧产生的交流电会通过换流阀形成直流电输送，而接收端直流电经逆变器变为交流电。除特高压线缆和铁塔外，特高压工程涉及的核心设备基本已实现自主生产，其中换流变压器、换流阀、GIS组合电器设备等在特高压直流核心设

备中投资占比较高。特高压交流是由多个变电站点构成，输送线路多为双回路双向传输，和直流线路相同，也是通过特高压架空线路及铁塔完成变电站点间线路架设。但特高压交流不涉及环流，仅需变压器升压，特高压交流核心设备中投资占比较高的部分为**GIS** 组合电器设备、变压器和电抗器。在新型电力系统建设过程中，随着西电东送需求的提升，特高压配套设施市场需求或将保持显著。赛迪顾问预测，**2025 年**，中国特高压产业与其带动产业整体投资规模将达**5870 亿元**，相较于**2020 年**复合增速将达**13.2%**。

投资主线 2:加强配电网(尤其是农网)建设改善风光并网消纳问题。配电网指从输电网或地区发电厂接受电能，通过配电设施就地分配或按电压逐级分配给各类用户的电力网，由架空线路、电缆、杆塔、配电变压器、隔离开关、无功补偿器等设施组成，在电网中起到电能的分配作用。随着风光分布式电源大量接入配电网，系统波动性及不稳定性加大，节点电压、电能质量等物理特性将发生一定程度的改变。尤其是农村配电网，由原有放射状无源网变为具有大量分布式电源的有源网，一方面区域负荷和风光出力特性不匹配造成消纳困难，导致农村电网需提升或新增变电容量；另一方面分布式电源的大量接入可能导致电能质量下降、谐波污染加剧等问题，并影响配电自动化和继电保护动作可能造成电网事故风险。“十四五”期间，我国对农村电网户均配变容量、供电可靠率等指标提出了更高的要求，变压器的扩容或为当前配电网投资的方向之一。

另一方面，风光并网消纳致电网承载压力加大，或对电网智能化转型形成催化。分布式电源大量接入配电网后，电力系统波动及不稳定性加大，节点电压、电能质量及潮流分布的变化带动配电网监测控制需求提升，从而对电网智能化转型形成催化。配电网智能化即对配电网进行各种状态下的监测控制，利用电力生产及服务过程中产生的大量信息，对电网实施智能化管理，维系电力系统的安全稳定。在配电网智能化建设的过程中，一二次融合装备将改变传统配电网 DTU、FTU、TTU 等设备的形态和功能。根据国家电网发布的《国家电网智能化规划总报告》，“十三五”末我国电网投资中配电智能化投资占智能化投资比重达26%，占电网总投资比重占 3.3%，且总体呈上升趋势。“十四五”期间，在电网投资力度加大及风光并网对电网智能化转型催化因素的影响下，配电网智能化转型空间广阔。

三、荷：用电需求波动加剧，需求侧响应或待完善

（一）用电侧波动加大，系统灵活性需求提升

三产/城乡居民生活用电占比持续提升，负荷在时间尺度的波动性或不断扩大。随着经济社会的不断发展，消费及服务业在社会生活中扮演的角色愈加重要，第三产业和城乡居民生活用电在全社会用电结构的占比逐年提升。相较于工业用电，第三产业及城乡居民生活用电在时间尺度上具有更强的波动性，一方面夜间用电需求较低、早晚高峰用电需求明显，这导致日内尺度峰谷差扩大；另一方面夏季制冷和冬季取暖需求明显，这导致用电负荷在季节尺度波动性加大。



电气化的发展亦可能造成负荷“峰值更高”的问题。在碳达峰碳中和的推进过程中，我国电气化发展水平不断提高，电能在终端能源消费占比持续扩大。电气化的发展在推动能源清洁低碳转型的同时，也可能导致用户侧负荷波动加剧这一问题。以电动汽车为例，作为交通部门重要的电气化手段，电动汽车集中充电时刻为19:00-21:00，这也是电力系统用电的晚高峰时期，电动汽车渗透率的提升可能进一步拉高电力系统用电需求的峰值，导致电网负荷波动加剧。

负荷波动加剧对电力系统灵活性要求提升，而当前灵活性提升或面临机制和资源的双重问题。在机制方面，我国现货市场和辅助服务市场尚未全面铺开，且相关制度及定价机制不够成熟，电力终端用户无法及时根据价格信号调节需求，负荷侧的灵活性无法充分发挥作用。在资源方面，我国现有煤电机组调节范围有限、启动时间长且速率较慢，大规模灵活性改造尚需时间，而其他储能技术规模较小或仍处于发展的早期阶段，尚无法满足大范围调峰调频的需求。

(二) 需求响应可调动荷端灵活性，响应策略日益丰富

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/356134202054010124>