

首席经济学家：任泽平

✉ 研究员：王一淦、喻楷文

摘要：

2024年，新能源建设继续超预期，对电网投资产生重大拉动。2020-2023年间，我国光伏累计装机从254GW增长至609GW，CAGR为33.78%；风电累计装机从282GW增长至442GW，CAGR为16.19%；而电网投资在“十四五”初期有所放缓，2020-2023年间国网投资完成额CAGR仅为3.93%，滞后效应下，回到当下节点二者出现一定的背离。2024年，我国风电新增装机79.34GW，同比增长4.86%；我国光伏新增装机277.17GW，同比增长27.8%；与此同时，国网投资完成额为6083亿元，同比增长15.3%，在新能源建设持续高增之下，电网投资明显提速。

电网投资有三点核心逻辑：

- 1) **全社会用电量持续高增。**2024年，全社会用电量9.85万亿千瓦时，同比增长6.8%，增速历史高位。
- 2) **新能源外送需求迫切。**由于地域性分布，我国能源资源集中在西部和北部地区，而能源负荷集中在东部和中部；首批97.05GW风光大基地预计在近期建成投产，到2030年风光大基地总装机容量达到455GW。
- 3) **电网投资也是逆周期调节的重要手段。**此外，供给端，两网的投资预期力度加大：2024年，国网电网投资完成额首次超过6000亿元，2025年国家电网投资有望首次超6500亿元；南网投资额较“十四五”规划额度仍有超3800亿差值，2025年公司固定资产投资安排1750亿元，再创历史新高。

未来有两大趋势值得关注：

- 一是**特高压建设提速。**2023年以来，新能源大基地的建设带动了特高压工程刚性需求，以化解新能源大基地消纳问题。截至2024年12月，我国共建成特高压线路41条，预计2025开工“5直2交”特高压线路。未来柔性直流技术落地会给后续新增特高压线路带来重要价值增量。
- 二是**配网增量空间巨大。**新能源电力系统进展速度快，让配电网在整个电力系统的作用日益凸显，包括分布式电源的就近消纳、充电桩的负荷承载以及灵活电价的实施。同时配电网可观、可测、可调、可控能力要求，进一步扩大配电网投资需求，包括配网数智化、以旧换新的投放。

目录

| | |
|---------------------------------------|----|
| 1 电网：供电安全稳定是核心使命..... | 4 |
| 1.1 电网投资的三大核心逻辑..... | 4 |
| 1.1.1 我国全社会用电量持续增长，电力设备需求坚实..... | 4 |
| 1.1.2 电网投资逆周期调节属性，扩内需背景下电网投资边际向好..... | 4 |
| 1.1.3 我国能源资源与负荷中心呈逆向分布，电力外送需求迫切..... | 5 |
| 1.2 电力系统组成：风光电如何在千里之外点亮你的手机..... | 6 |
| 1.3 供给端：两网投资力度加大，推动以旧换新及新型电力系统建设..... | 6 |
| 1.4 电网防御属性强劲，2023 年至今持续超额收益..... | 7 |
| 2 主网：特高压成长性显现，柔直技术渐成趋势..... | 8 |
| 2.1 特高压刚性建设需求，周期转成长线路明确..... | 9 |
| 2.2 风光大基地外送需求，特高压高景气度延续..... | 12 |
| 2.3 柔直规模化应用在即，把握技术变革大机遇..... | 18 |
| 3 配网：“最后一公里”，电网投资增量空间打开..... | 24 |
| 3.1 政策驱动配网改造，新一轮配网周期开启..... | 25 |
| 3.2 配网在当下节点面临的挑战是什么？..... | 28 |
| 3.2.1 分布式能源全面接入，配网无源向有源转变..... | 28 |
| 3.2.2 充电桩需求快速增长，多元情况下冲击配网..... | 28 |
| 3.2.3 按价用电转变背景下，对配网提出更高要求..... | 31 |
| 3.3 以旧换新、“四可”要求，推动配网进一步放量..... | 31 |

图表目录

| | |
|---|----|
| 图表：中国全社会用电量持续增长 | 4 |
| 图表：电网投资呈现逆周期性 | 5 |
| 图表：全国陆地 100 米高度年平均风功率分布图 | 5 |
| 图表：全国水平面总辐射量分布 | 5 |
| 图表：电力系统组成示意图 | 6 |
| 图表：国家电网计划 2024 投资完成额超 6000 亿元 | 7 |
| 图表：2010-2023 年南网电网建设投资 | 7 |
| 图表：2021 年至今电力设备及新能源部分板块指数累计涨跌幅 | 8 |
| 图表：2019-2023 年电力设备及新能源部分板块公司归母净利润 | 8 |
| 图表：2014-2016 年核心一二次设备企业股价累计涨跌幅表现 | 9 |
| 图表：2018-2022 年核心一二次设备企业股价累计涨跌幅表现 | 10 |
| 图表：截止 2020 年底特高压输电工程示意图 | 11 |
| 图表：2023 年至今核心一二次设备企业股价累计涨跌幅表现 | 11 |
| 图表：“十四五”大型清洁能源基地布局示意图 | 12 |
| 图表：第一、二、三批风光大基地规划情况 | 12 |
| 图表：截止 2024 年 12 月直流特高压项目投产情况 | 14 |
| 图表：截止 2024 年 12 月交流特高压项目投产情况 | 15 |
| 图表：特高压建设周期流程图 | 16 |
| 图表：2006-2027 年我国特高压核准情况 | 16 |
| 图表：2006-2027 年我国特高压开工情况 | 16 |
| 图表：十四五规划“三交九直”特高压项目进展 | 17 |
| 图表：“十四五”规划储备特高压项目 | 18 |
| 图表：柔性直流技术应用 | 19 |
| 图表：直流 VS 交流输电技术 | 19 |
| 图表：柔性 VS 传统直流输电技术对比 | 20 |
| 图表：海上风电直流送出拓扑及回路示意图 | 21 |
| 图表：中外直流输电技术发展历程 | 22 |
| 图表：截止 2024 年 10 月我国柔性直流工程项目投产情况 | 22 |
| 图表：常直 VS 柔直换流阀单站价值量对比（亿元） | 23 |
| 图表：柔直 VS 常直换流阀价值量对比 | 23 |
| 图表：已披露即将开工建设的柔性直流项目均为全柔直工程 | 24 |
| 图表：配电网电压等级分类及特点 | 25 |
| 图表：2013-2023 年我国配电投资额占比与增速（亿元） | 26 |
| 图表：配电网“四可”相关政策 | 27 |
| 图表：2021 至今我国新能源车月度销量情况（万台） | 28 |
| 图表：2021 至今我国新能源车月度销量情况（万台） | 29 |
| 图表：截止 2024 年 6 月我国新能源车保有量情况（万台） | 30 |
| 图表：2020 年至今我国公私充电桩保有量情况（万台） | 30 |
| 图表：2020 年至今我国直交流充电桩保有量情况（万台） | 30 |
| 图表：2020 年至今我国全国电力市场交易电量（万亿千瓦时） | 31 |
| 图表：配电网“四可”相关政策 | 32 |

1 电网：供电安全稳定是核心使命

1.1 电网投资的三大核心逻辑

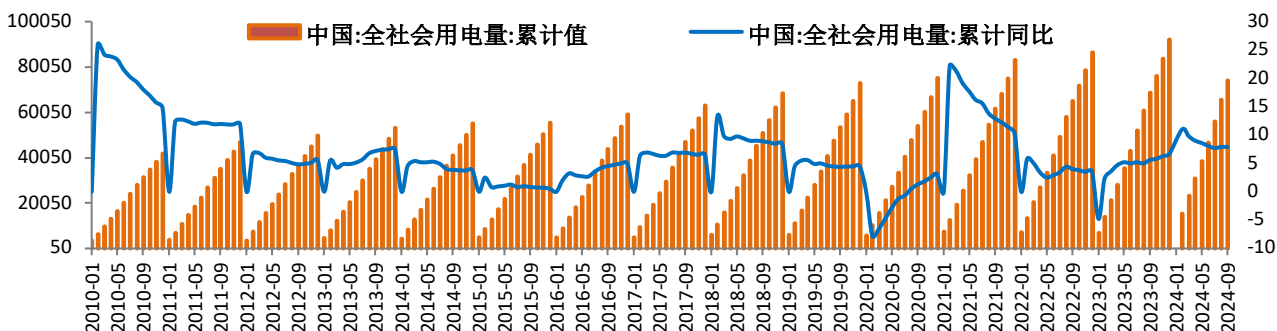
1.1.1 我国全社会用电量持续增长，电力设备需求坚实

国内电力需求持续增长。2014年至2023年间，我国全社会用电量从5.52万亿千瓦时增长到9.22万亿千瓦时，复合年增长率约为5.8%。2024年，全社会用电量9.85万亿千瓦时，同比增长6.8%，在“两新”政策等一揽子增量政策措施作用下，电力消费实现较快增长。全国所有省份全社会用电量均为正增长。分区域来看，东部、中部、西部和东北地区全社会用电量同比分别增长6.8%、6.9%、7.5%和2.5%。

电动车、大数据、云计算、AI等新兴行业都会催化越来越大的用电需求。**2024年，充换电服务业用电量同比增长50.9%，互联网和相关服务用电量同比增长21.7%。**在AI等新兴行业飞速发展的背后，用电量需求仍会持续增长。到2027年，全球生成式人工智能消耗的能源可能高达85-134TWh，相当于整个荷兰一年的能源需求。

今年夏季全国平均气温达到1961年以来历史同期最高，全国最大电力负荷达14.51亿千瓦，创历史新高。**根据中电联，预计2030年，全国全社会用电量达到13万亿千瓦时以上，绿氢、抽水蓄能和新型储能的用电需求将显著提高。**为了保障电力供应，需要加强电网基础设施建设，提高电网的供电能力和可靠性，以应对不断增长的电力需求。

图表：中国全社会用电量持续增长



资料来源：Wind，泽平宏观

1.1.2 电网投资逆周期调节属性，扩内需背景下电网投资边际向好

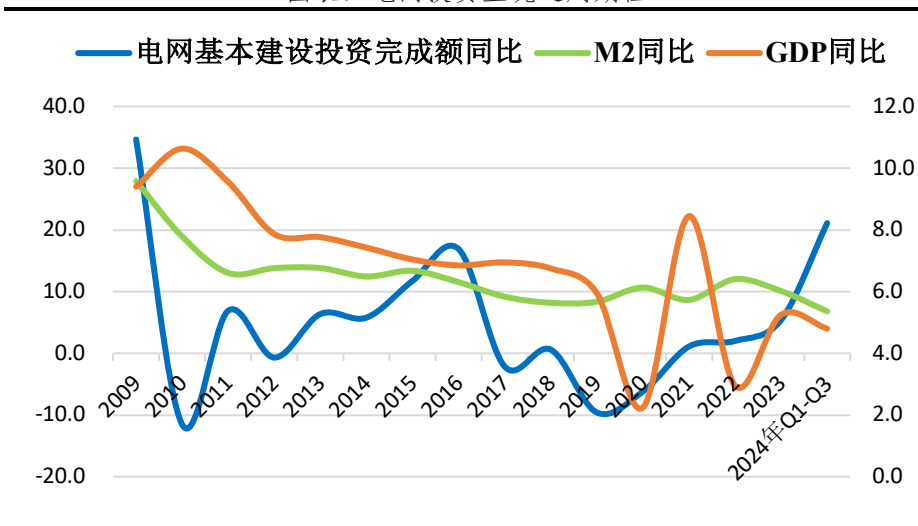
美国大选的尘埃落定，特朗普的上台带来了关税政策的悲观预期。在高关税的压力下，少有企业能够在持续出口产品至美国的同时保持盈利。面对未来外需的预期收紧，中国需要寻找新的方式来填补可能的经济缺口。在这种情况下，扩大内需成为了中国经济的必然选择。

电网投资作为逆周期调节的重要手段，在经济下行压力较大的宏观环境下，能够有效刺激经济增长。电网投资增速与GDP增速波动存在明显的负相关性，即在经济放缓时，电网投资增加以刺激经济。电网投资增速与M2（货币供应量）增速波动存在明显的正相关性。宽松的货币政策有利于电网投资回暖，电网等基建投资成为消纳过剩货币的重要储蓄池。

复盘历次电网逆周期调节：**2008-2009年**，在全球金融危机的冲击下，中国推出了四万亿的经济刺激计划，旨在稳定经济和促进增长。政策

推动 M2 的大幅增长，为市场注入了流动性，同时也推动了电网投资进入高峰；2014-2015 年，中国股市经历了剧烈波动，随后政府实施了货币宽松政策以稳定市场和经济。电网建设迎来了第二次高峰，政府通过加大基础设施投资来扩大内需，其中包括电网建设。这不仅提振了市场信心，也促进了电力行业的快速发展；2024-2025 年，大规模经济刺激及超常规逆周期调节的背景下，电网投资再次迎来高峰。

图表：电网投资呈现逆周期性



资料来源：Wind，泽平宏观

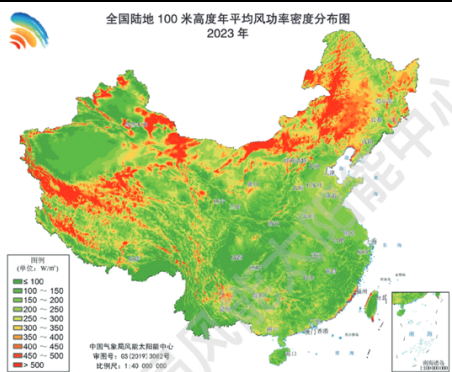
1.1.3 我国能源资源与负荷中心呈逆向分布，电力外送需求迫切

我国的风能资源主要分布在“三北”地区，即东北、华北北部和西北地区，年平均风功率密度一般超过 $300W/m^2$ ；华东中部和西部、四川盆地、陕西南部等地的部分地区年平均风功率密度小于 $150W/m^2$ 。

我国的太阳能资源在西藏大部、青海中北部、四川西部地区最为丰富，水平面总辐射量超过 $1750kWh/m^2$ ；而西南地区中东部、华中西部等地太阳能资源较差，水平面总辐射量小于 $1050kWh/m^2$ 。

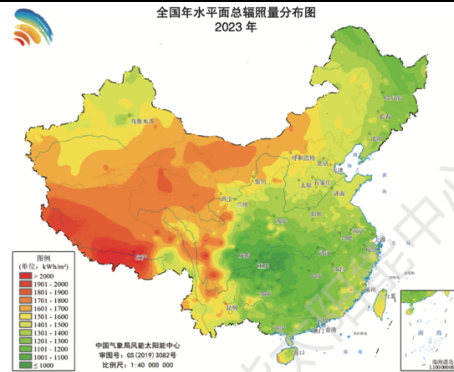
由于资源的地域性分布，80%的能源资源分布在西部和北部地区，而 70%的能源消费集中在东部和中部等经济发达地区。近年来可再生能源的迅猛发展，由于其随机性和波动性的原因，对跨区电网互联互通、大容量送出需求急剧增加。

图表：全国陆地 100 米高度年平均风功率分布图



资料来源：中国风能太阳能资源年景公报(2023 年)，泽平宏观

图表：全国水平面总辐射量分布



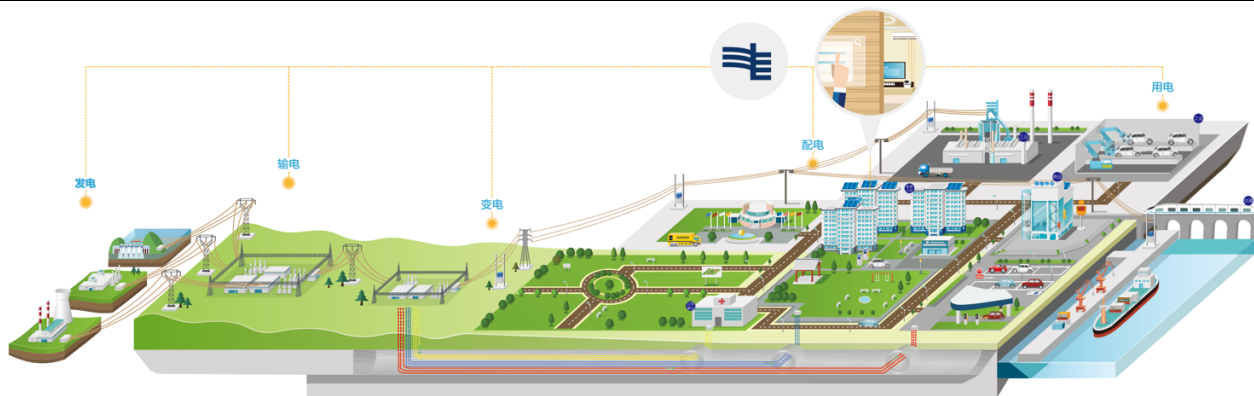
资料来源：中国风能太阳能资源年景公报(2023 年)，泽平宏观

1.2 电力系统组成：风光电如何在千里之外点亮你的手机

电力系统是一个由发电、输电、变电、配电和用电五大环节组成的电能生产与消费系统网络。发电厂负责将各种能源转换成电能，然后通过高压输电线路将电力传输到不同地区。在变电站中，电压被调整为适合使用的水平，接着通过配电网分配到各类用户，如家庭、工业和商业。电力系统的核心任务是确保电能的稳定和高效供应，以满足社会各方面的用电需求，同时保证电能质量和供电的连续性。

以为海上风力为例，风电发电机组最初产生的电力是低压的，为了长距离输送，首先在风电场内箱式变电站初步升压至 66kV。然后，电力通过 66kV 的海底电缆传输至海上升压站，进一步升压至更高电压至 220kV，以减少输送过程中的损耗。到达陆地后，电力在陆上集控中心被升压至更高电压等级 500kV 或以上，以适应电网的要求，并通过超高压输电线路远距离输送城市。进入城市电网后，电力会通过变电站逐步降压，一般会先降至 220kV/110kV，最终降至 35kV，以便进入小区配电网。在小区内，电力通过变电站进一步降压至 380V 或 220V，此时，千里之外的海风，被转化为清洁的可再生能源，最终被安全地输送到你的智能手机中，为你的设备充电

图表：电力系统组成示意图



资料来源：中国南方电网 2017 社会责任报告，泽平宏观

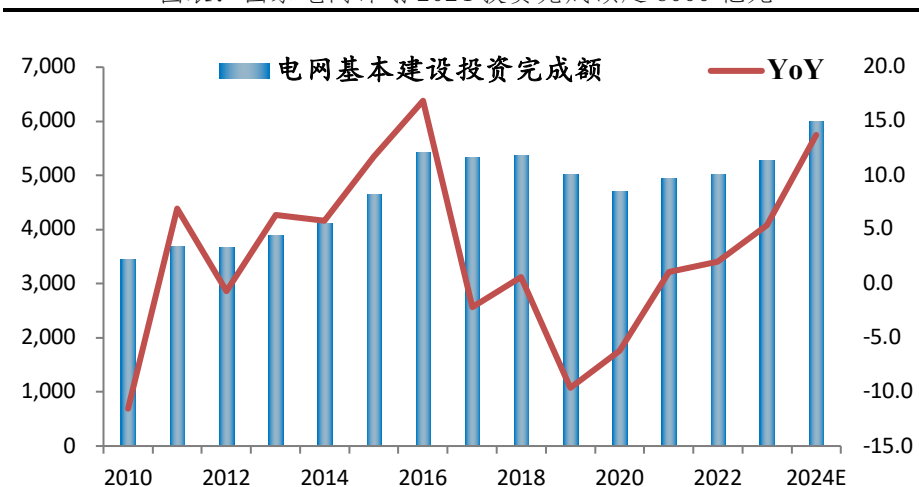
1.3 供给端：两网投资力度加大，推动以旧换新及新型电力系统建设

国家电网投资明显提速，2025 年投资额度有望首超 6500 亿。2016-2023 年间，电网投资完成额中枢在 5137 亿元。2023 年，我国电网投资完成额 5275 亿元；2024 年全年，国家电网完成电网投资 6083 亿元，同比增长 15.3%。这是自 2017 年以来，电网投资额增速首次超过 15%，相比年初时的规划增加了 500 亿元。预计 2025 年以后，电网投资完成额将站上 6500 亿元。

南方电网投资波动中上涨，2025 年投资额有望高增。2023 年，南方电网电网投资建设额 966 亿元，同比增长 7.9%。根据《南方电网“十四五”电网发展规划》，“十四五”期间，南方电网电网建设将规划投资约 6700 亿元。2021-2023 年的投资总额为 2856 亿元，相较于规划额度，仍有 3844 亿元的差值，预计 2025 年，南方电网的投资投资额增长的概率极大。2024 年 7 月，南方电网公司在高质量发展大会上部署全面推进电网设备大规模更新，预计 2024-2027 年间，大规模设备更新投资规模将达

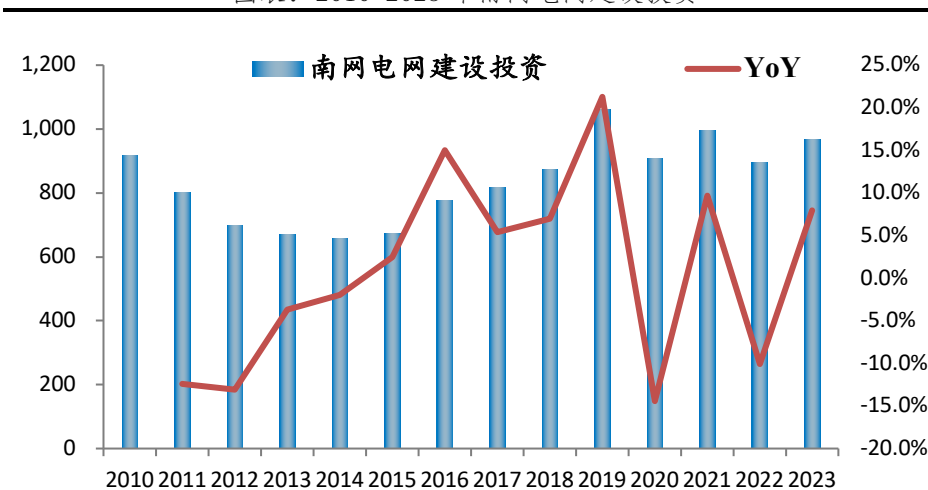
到 1953 亿元。其中，2024 年全年投资规模达到 404 亿元，力争到 2027 年实现电网设备更新投资规模较 2023 年增长 52%。

图表：国家电网计划 2024 投资完成额超 6000 亿元



资料来源：Wind，泽平宏观

图表：2010-2023 年南网电网建设投资

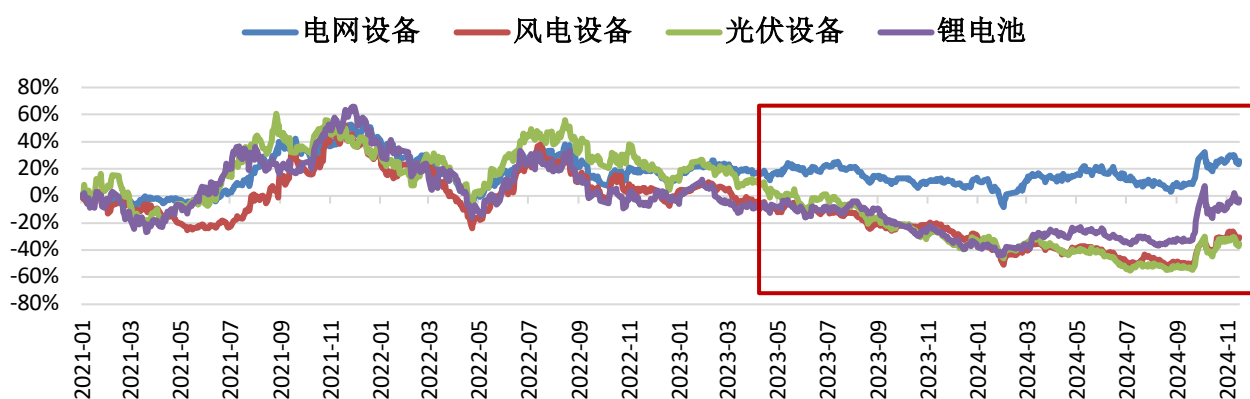


资料来源：Wind，泽平宏观

1.4 电网防御属性强劲，2023 年至今持续超额收益

2023 年以来，电网板块展现出强硬的防御属性。2021-2022 年电力设备及新能源板块各个细分领域表现先对一致，2023 年开始各细分板块指数开始分化，电网在当前经济环境下展现出显著优势。电力作为现代社会的基础需求，其系统核心的电网设备市场需求相对稳定，长期受益于国家基础设施投资的稳步增长。尽管今年电力设备板块整体表现不佳，电网设备行业却因其成长确定性而超越行业平均水平。

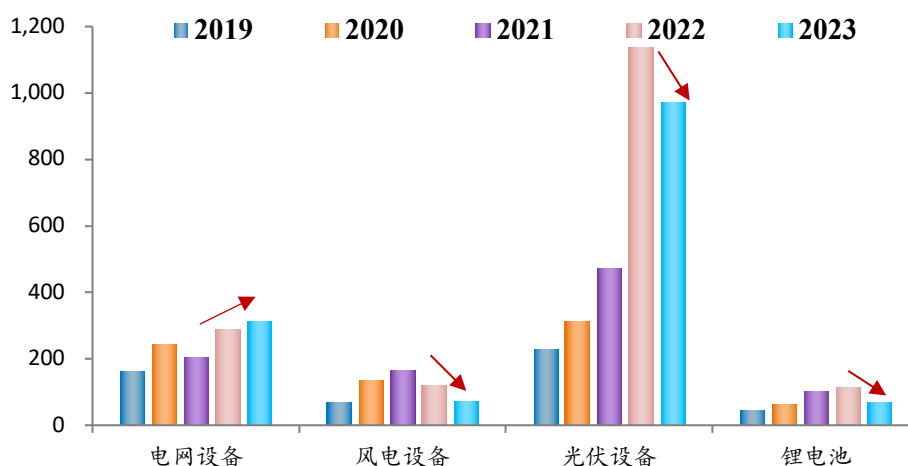
图表：2021 年至今电力设备及新能源部分板块指数累计涨跌幅



资料来源：Wind，泽平宏观

电网板块企业盈利持续增长。在 2021-2023 年间，电网板块公司的盈利能力呈现出稳步提升的态势，这主要得益于电网投资的持续增长以及新型电力设备体统建设需求的增加。与此同时，风电、光伏和锂电池板块的归母净利润却遭遇了较大幅度的下滑，经历过 2021-2022 年行业整体高速增长阶段后，供给压力、成本上升以及市场竞争有所加剧。具体来看，光伏、风电板块公司合计归母净利润同比分别减少 14.73% 和 39.37%，光伏板块将 2024 年继续放大亏损。相比之下，电网设备行业则显示出较强的盈利能力和市场韧性，特别是在特高压产品交付增加的背景下，部分公司实现了业绩和毛利率的双重增长。

图表：2019-2023 年电力设备及新能源部分板块公司归母净利润



资料来源：Wind，泽平宏观

注：剔除 2024 年新上市公司、宁德时代、特变电工

2 主网：特高压成长性显现，柔直技术渐成趋势

我国的特高压输电技术，是新能源供给消纳体系的重要载体，一般用在超远距离输送的电压渠道，特指直流电压±800 千伏及以上、交流电压 1000 千伏的远距离、高电压等级输电线路。特高压具有输送容量大、距离远、效率高和损耗低等技术优势。特高压输电技术在全球范围内代表着

最先进的输电技术水平，为电力行业的高效、环保发展提供了强有力的技术支持。

为什么特高压有效？输电损耗主要由电流通过电阻时产生的损耗所决定，这一损耗与电流的平方成正比关系，即损耗功率 P 等于电流 I 的平方乘以电阻 R ($P=I^2 \cdot R$)。由于功率 P 也可以表示为电压 V 与电流 I 的乘积 ($P=V \cdot I$)，在功率保持不变的情况下，增加电压可以显著减少电流，进而降低线路损耗。因此，在进行超长距离输电时，提高电压是降低输电过程中电能损耗的有效策略。

在国家政策的强力推动下，特高压建设作为新型基础设施的关键领域，正迎来新一轮的投资高潮，预计将显著提升电网设备行业的增长前景。2020年3月，中央政治局常委会提出加快包括特高压在内的七个领域新型基础设施建设，以刺激经济增长。2021年3月，国家电网公司发布了“碳达峰、碳中和”行动方案，将特高压建设作为核心发力点，明确提出加快构建坚强智能电网，加强送受端区域特高压主网架和跨区输电通道建设。2024年至2027年，国家发展改革委、国家能源局、国家数据局联合发布了《加快构建新型电力系统行动方案》，旨在进一步加大工作力度，加快推进新型电力系统建设，其中特高压建设是关键一环。

2.1 特高压刚性建设需求，周期转成长线路明确

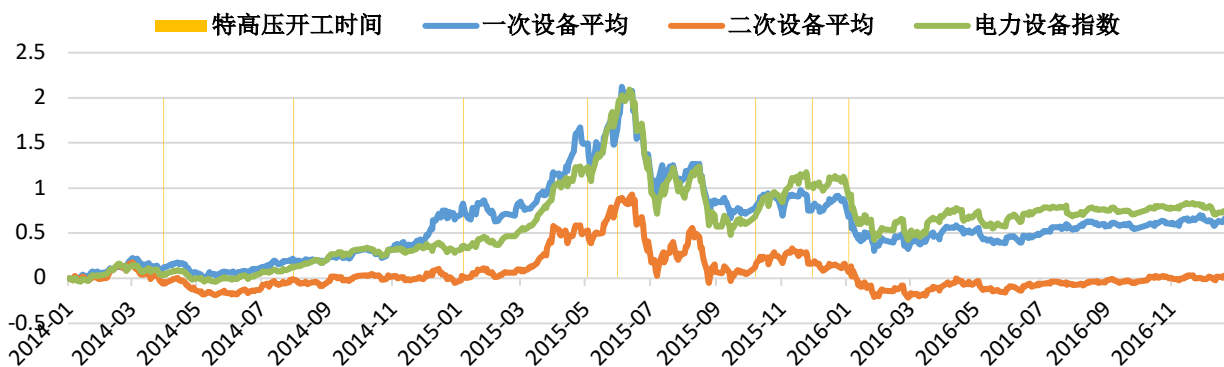
特高压历史上演绎过三个大的建设周期。

第一轮大周期（2014-2016年）：核心逻辑是解决新能源消纳问题，关停负荷密集区燃煤火电，通过特高压实现新能源外送至符合中心。

“五直四交”集中开工，总投资1831亿元。国家能源局在2014年发布了《2014年能源工作指导意见》，明确提出要加快特高压交直流通道建设，特别是跨区电力外送通道的建设。政策支持推动了特高压项目的核准和开工，使得特高压建设成为2014年的重要工作重点。国家能源局围绕《大气污染防治行动计划》建设9条特高压输电通道。其中国网区域内规划了“四交四直”，南网区内规划“一直”，均在14-15年集中开工，总投资额1831亿元。

从资本市场上看，一二次设备股价趋势随电力设备板块整体上涨，其中一次设备涨幅趋同电力设备板块，一次设备公司股价表现由于二次设备公司。市场对于“五直四交”的预期，推动特高压板块上行。

图表：2014-2016年核心一二次设备企业股价累计涨跌幅表现



资料来源：Wind，泽平宏观

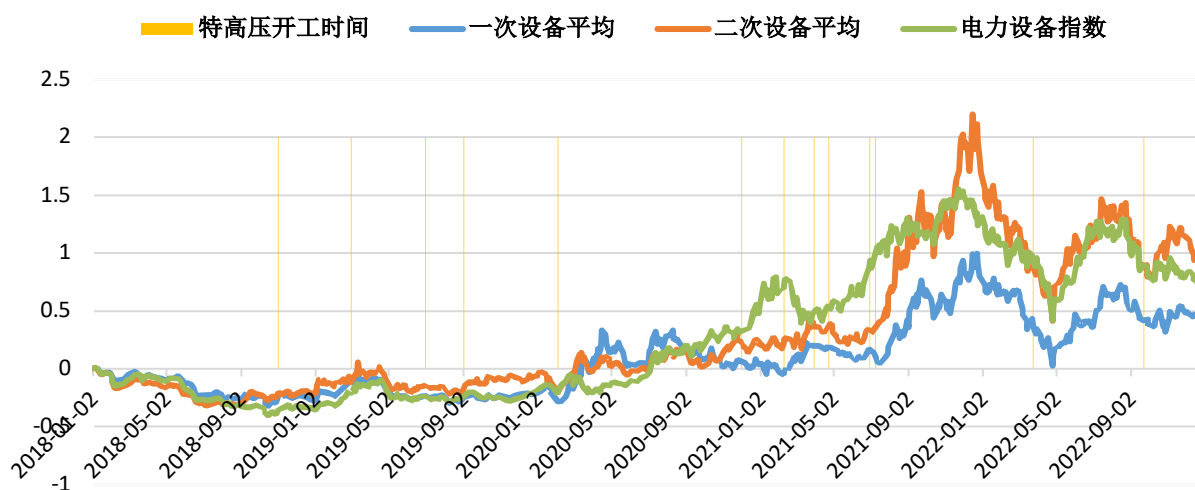
第二轮大周期（2018-2022 年）：核心逻辑在于优化国内投资结构、加大基础设施领域补短板力度、电力精准扶贫及清洁消纳。

“七直七交”总投资超 2000 亿。2018 年 9 月，根据国家能源局印发《关于加快推进一批输变电重点工程规划建设工作的通知》，本轮特高压共规划“七直七交”，全部由国网主导，总投资 2021 亿元。本轮受监管机构对电网投资效益、环境评估以及对特高压技术争议等因素的综合考量，特高压项目的核准及开工进度未能达到预期水平。

2020 年，我国提出了加快“新基建”的战略，特高压作为其中的重要组成部分，被赋予了新的增长动力。自 2021 年起，我国新能源建设步伐显著加快，特高压工程也随之迎来了新的发展高潮，以适应不断增长的新能源并网与消纳需求。2021 年下半年，“三交九直”规划转出，推动特高压板块。2022 年 1 月，国家能源局正式提出“三交九直”特高压规划项目，行情达到峰值。

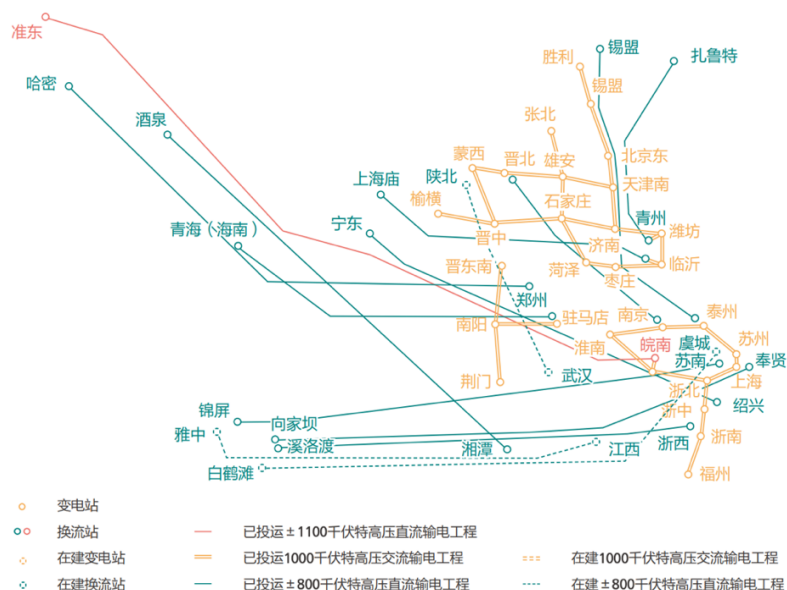
从资本市场上看，国家电网公司在 2021 年提出了建设新型电力系统的宏伟蓝图，特别是在二次设备领域展现出较大的弹性和显著的增长势头，这一趋势仍在持续发展中。

图表：2018-2022 年核心一二次设备企业股价累计涨跌幅表现



资料来源：Wind，泽平宏观

图表：截止 2020 年底特高压输电工程示意图



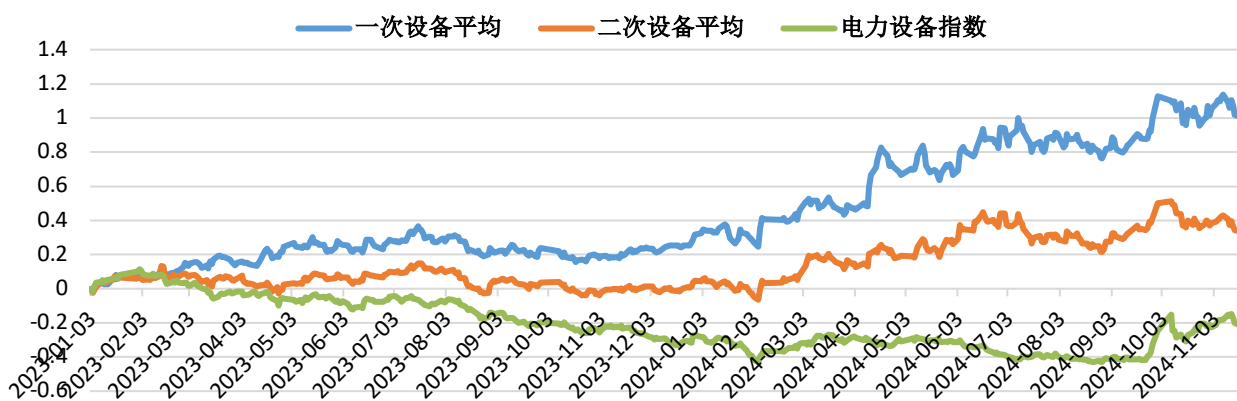
资料来源：国家电网 2020 社会责任报告，泽平宏观

第三轮大周期（2023 年至今）：核心逻辑在于新能源大基地建设带动特高压工程刚性需求，以化解新能源大基地消纳问题。

2021-2022 年，疫情导致的建设滞后正在 2023 年得到弥补，项目进度显著加快。特别是在 2022 年提出的加大力度规划建设新能源供给消纳体系的要求，特高压建设的进度被进一步被动加速。2023 年，特高压项目迎来了“2 交 4 直”的开工高峰，这不仅为电网企业的高压板块带来了充足的订单，而且为业绩提供了坚实的支撑，展现出特高压行业的高景气度。

从资本市场上看，在新能源板块景气度面临挑战的背景下，特高压行业却呈现出逆势增长的态势，一次设备板块涨势尤为趋强势。新一轮的行业周期正在启动，为相关企业和整个电力系统的可持续发展注入了新的活力。

图表：2023 年至今核心一二次设备企业股价累计涨跌幅表现



资料来源：Wind，泽平宏观

2.2 风光大基地外送需求，特高压高景气度延续

“十四五”期间新能源大基地建设规划落地。2021年12月，国家发展改革委与国家能源局联合发布了首批新能源大基地项目清单，总装机容量高达97.05GW，覆盖了包括内蒙古、青海、甘肃在内的19个省份。并计划在2023年底前完成并网，主要依托地方电网和现有的特高压输电通道来解决电力消纳问题。

风光大基地外送需求旺盛，推动特高压建设。在2022年2月，国家发展改革委和国家能源局进一步印发了《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》。规划方案提出了到2030年风光基地总装机容量达到455GW，其中“十四五”时期规划建设200GW，包括150GW的外送和50GW的本地自用；预计“十五五”时期规划建设255GW，外送165GW和本地自用90GW，使得外送规模总计达到315GW。为应对这些大规模新能源基地的电力消纳挑战，国家将指导各地和企业优化项目与输电通道的布局衔接，提升外送通道中新能源电量的比例，并加快输电通道的建设步伐，确保新能源基地项目的开发和利用效率得到有效提升。

图表：“十四五”大型清洁能源基地布局示意图



资料来源：国家发展和改革委员会，泽平宏观

图表：第一、二、三批风光大基地规划情况

| 批次 | 投产时间 | 建设进度 | 预计规模 | 预计外送比例 |
|-----|--------------------|--|----------------|--------|
| 第一批 | 2023 年底 | 2021 年底下发名单； 2023 年 11 月底已并网 45.16GW | 97.05GW | 50% |
| 第二批 | 2025 年 （“十四五”末） | 2021 年 12 月启动申报； 2022 年 4 月下发 165GW 清单； 截止 2023 年末核准超 50GW， 目前仍在建设中 | 200GW | 75% |
| | 2030 年 （“十五五”末） | | 255GW | 65% |
| 第三批 | / | 2022 年 10 月启动申报；截止 2023 年末 核准超 50GW，未来仍可能新增需求 | 190GW （已公布） | 50% |

资料来源：国家电网，泽平宏观

特高压电网的建设是一个复杂而艰巨的工程，其挑战主要体现在前期的规划和核准阶段。特高压通道的规划不仅需要精心设计，以确保电力传输的高效与安全，还涉及到跨越多个省市的协调工作。这要求不同地区和多个政府部门之间进行密切合作，共同确定线路的最佳走向。在这一过程中，可能会遇到穿越民用区域的情况，这时就需要进行细致的征收补偿工作，以保障民众的合法权益。此外，特高压技术的选择在当时也存在争议，不同的技术方案有着各自的优势和局限性，需要经过深入研究和论证才能做出最佳决策。加之过去几年疫情的冲击，跨区域的协调和施工工作受到了极大的影响，进一步增加了特高压项目推进的难度。疫情导致的交通限制、人员流动限制以及供应链的不稳定，都对项目的进度造成了不小的阻碍。因此，直到 2022 年之前，特高压项目的核准和建设进度相对不及预期。

我国特高压网络不断完善。自 20 世纪 80 年代起，中国便着手立项研究特高压输电技术，标志着对电力传输领域革命性进步的探索。1994 年，武汉高压研究所的里程碑成就，建成了国内首条百万伏级特高压输电研究线段，为后续的技术发展奠定了坚实基础。

进入 21 世纪，中国在特高压领域的研究与实践迎来了高潮。2004 年底，大规模的研究论证、技术攻关和工程实践全面展开，推动了特高压技术的快速发展。2005 年 9 月 26 日，中国电力史上的又一个重要时刻到来，第一条 750kV 输电试验线路（官亭—兰州东）示范工程成功投运，这不仅是技术突破的体现，也是中国电力工业进步的缩影。紧接着在 2007 年 6 月，中国第一条 1000kV 交流输电线路——晋东南—南阳—荆门示范工程开工建设，并在 2009 年 1 月 6 日顺利投入运行，这标志着中国在特高压交流输电技术方面取得了重大进展。2006 年 12 月，云南广东±800kV 特高压直流输电示范工程的开工建设，更是将中国特高压技术推向了新的高度。该工程于 2010 年 6 月 18 日通过验收，正式投入运行，成为特高压直流输电技术的典范。2007 年 4 月 26 日，向家坝—上海±800kV 特高压直流输电示范工程获得核准，并于 2010 年 7 月 8 日投入运行。这一工程在±500kV 超高压直流输电工程的基础上，实现了直流输电电压和电流的双重提升，以及输电容量和送电距离的双重突破，这不仅代表了技术的进步，更标志着国家电网全面迈入了特高压交直流混合电网的新时代。

我国是世界上直流输电技术应用最多的国家。截至 2024 年 11 月，我国共建成特高压线路 41 条，其中包括 20 条特高压直流和 21 条特高压交流。

图表：截止 2024 年 12 月直流特高压项目投产情况

| 序号 | 线路 | 电压等级 | 核准 | 开工 | 投运 |
|----|--------------|-------|------------|------------|------------|
| 1 | 云南-广东(南网) | ±800 | 2006.12 | 2006.12.19 | 2010.6 |
| 2 | 向家坝-上海 | ±800 | 2007.4.26 | 2007.5.21 | 2010.7.8 |
| 3 | 锦屏-苏南 | ±800 | 2008.11 | 2009 | 2012.12.12 |
| 4 | 糯扎渡-广东(南网) | ±800 | 2011.12 | 2011.12.2 | 2013.9.3 |
| 5 | 哈密-郑州 | ±800 | 2012.5 | 2012.5.13 | 2014.1.27 |
| 6 | 溪洛渡-浙西 | ±800 | 2012.8 | 2012.7.28 | 2014.7.3 |
| 7 | 宁东灵州-浙江绍兴 | ±800 | 2014.8.5 | 2014.9.26 | 2016.11 |
| 8 | 酒泉-湖南 | ±800 | 2015.5 | 2015.6.3 | 2017.3.10 |
| 9 | 晋北-江苏 | ±800 | 2015.6.29 | 2015.6.29 | 2017.6.30 |
| 10 | 锡盟-江苏 | ±800 | 2015.10.30 | 2015.12.15 | 2017.10.16 |
| 11 | 上海庙-山东 | ±800 | 2015.12.1 | 2015.12.15 | 2017.12 |
| 12 | 滇西北-广东(南网) | ±800 | 2015.12.28 | 2016.2.3 | 2017.12.27 |
| 13 | 昌吉-古泉(准东-皖南) | ±1100 | 2015.12.28 | 2016.6.2 | 2019.9.30 |
| 14 | 扎鲁特-青州 | ±800 | 2016.8 | 2016.8 | 2017.12 |
| 15 | 陕北-湖北 | ±800 | 2018.1 | 2020.3.2 | 2021.8.6 |
| 16 | 乌东德-广东广西(南网) | ±800 | 2018.3.29 | 2018.12.11 | 2020.12.28 |
| 17 | 青海-河南 | ±800 | 2018.11 | 2018.11.7 | 2020.12.30 |
| 18 | 雅中-江西 | ±800 | 2019.8.27 | 2019.9.20 | 2021.6.21 |
| 19 | 白鹤滩-江苏 | ±800 | 2020.11.3 | 2020.12.10 | 2022.7.1 |
| 20 | 白鹤滩-浙江 | ±800 | 2021.7.27 | 2021.8.17 | 2022.12.30 |

资料来源：国家电网，南方电网，泽平宏观

图表：截止 2024 年 12 月交流特高压项目投产情况

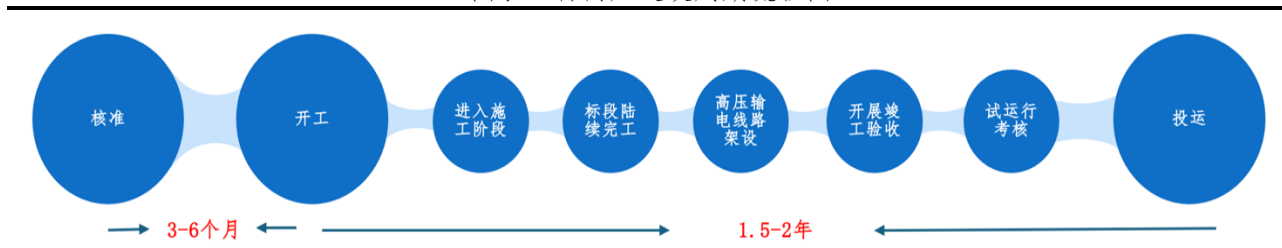
| 序号 | 线路 | 电压等级 | 核准 | 开工 | 投运 |
|----|---------------|------|------------|-----------|------------|
| 1 | 晋东南-南阳-荆门 | 1000 | 2006.8 | 2006.12 | 2009.1 |
| 2 | 淮南-浙北-上海 | 1000 | 2011.9 | 2011.1 | 2013.9 |
| 3 | 锡盟-山东 | 1000 | 2014.7.12 | 2015.9.15 | 2016.7.31 |
| 4 | 淮南-南京-上海 | 1000 | 2014.4 | 2014.7 | 2015.11 |
| 5 | 蒙西-天津南 | 1000 | 2015.1 | 2015.3 | 2016.11 |
| 6 | 榆横-潍坊 | 1000 | 2015.5 | 2015.5 | 2017.8 |
| 7 | 锡盟-胜利 | 1000 | 2016.1 | 2016.4 | 2017.7 |
| 8 | 北京西-石家庄 | 1000 | 2017.11 | 2018.3 | 2019.6.4 |
| 9 | 山东-河北环网 | 1000 | 2017.11 | 2018.3 | 2020.1.4 |
| 10 | 苏通 GIL 综合管廊工程 | 1000 | 2014.4.21 | 2016.8 | 2019.9.26 |
| 11 | 浙北-福州 | 1000 | 2013.3 | 2013.4 | 2014.12 |
| 12 | 蒙西-晋中 | 1000 | 2018.3 | 2018.3 | 2020.9.29 |
| 13 | 张北-雄安 | 1000 | 2018.11 | 2019.4 | 2020.8.29 |
| 14 | 驻马店-南阳 | 1000 | 2018.11.23 | 2019.4.29 | 2020.12 |
| 15 | 南昌-长沙 | 1000 | 2020.12.15 | 2021.2.5 | 2021.12 |
| 16 | 荆门-武汉 | 1000 | 2020.12.24 | 2021.3.30 | 2022.12.22 |
| 17 | 南阳-荆门-长沙 | 1000 | 2021.4.12 | 2021.6.9 | 2022.12.21 |
| 18 | 福州-厦门 | 1000 | 2022.01 | 2022.03 | 2023.12 |
| 19 | 驻马店-武汉 | 1000 | 2021.11 | 2022.03 | 2023.11 |
| 20 | 武汉-南昌 | 1000 | 2022.06 | 2022.09 | 2024.11.1 |
| 21 | 张北-胜利 | 1000 | 2022.09 | 2023.08 | 2024.10.31 |

资料来源：国家电网，南方电网，泽平宏观

特高压项目建设周期一般在 1.5-2 年。特高压项目的建设节奏明确：从规划、预可研、可研、核准、施工建设、到最终竣工。从项目核准到竣工的整个周期一般为 2-2.5 年，其中施工建设阶段大约需要 1.5-2 年。

在一年时间框架内，特高压项目的招标工作通常在上半年启动，而到了下半年，则会迎来项目的投产以及供应商营收的确认。具体到季度分布，第一季度由于春节的影响，主要集中于招标活动；进入第二季度，招标继续作为主要活动，同时有 37% 的特高压项目选择在这个时期开工。第三季度成为项目投运的高峰期，有 44% 的项目选择在这个季度完成投运。而在第四季度，特高压设备供应商开始确认收入，同时政府也开始着手进行下一年度特高压项目的核准工作。

图表：特高压建设周期流程图



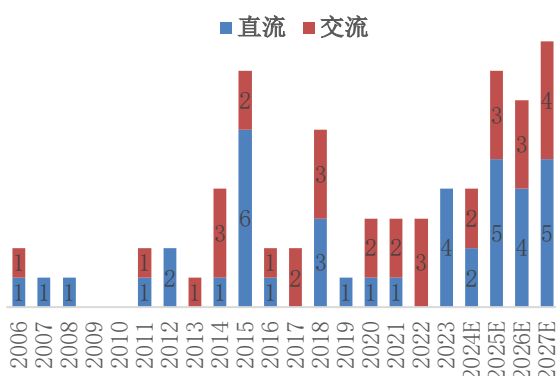
资料来源：国家电网，国家能源局，泽平宏观

未来如何演绎：24年基本符合预期，预计25年直交流齐头并进。

回顾 2024 年：已开工 2 交 2 直特高压线路。从国家能源局的规划来看，2024 年将重点推进包括 3 条直流线路和 2 个交流环网在内的特高压工程建设。2024 年以来，阿坝-成都东交流项目，陕北-安徽、甘肃-浙江直流项目获得核准开工；大同一怀来-天津北-天津南交流项目已核准待开工。蒙西-京津冀的混合柔性直流项目尚未启动。

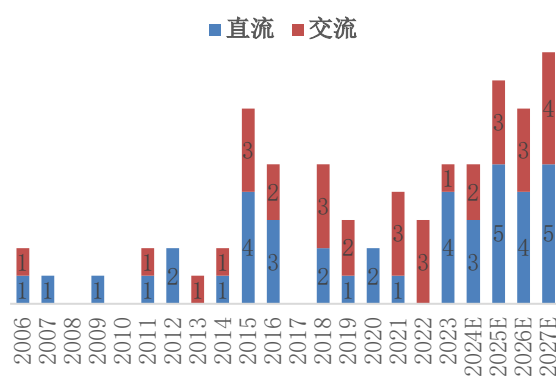
十四五规划的“三交九直”，目前有 3 条线路待核准，1 条已核准待开工，9 条线路已开工。2023 年以来水风光配套外送输电需求强烈，金上-湖北、陇东-山东、宁夏-湖南、哈密-重庆四条特高压直流线路陆续核准开工，特高压由此迎来第三轮发展高峰特高压。

图表：2006-2027 年我国特高压核准情况



资料来源：国家能源局，国家电网，南方电网，泽平宏观

图表：2006-2027 年我国特高压开工情况



资料来源：国家能源局，国家电网，南方电网，泽平宏观

展望 2025 年：2025 预计开工 5 直 2 交特高压线路。2025 年特高压项目的核准和开工速度有望显著加快，以适应能源输送的迫切需求。我们预期陕西-河南、藏东南-粤港澳（柔直）、巴丹吉林-四川（柔直）、疆电-川渝（柔直）、浙江 1000kV 和烟威 1000kV 等项目将陆续开工，形成 5 条直流和 2 条交流的建设格局。在“十五五”规划期间，特高压电网的投资强度预计将持续保持高位，确保国家能源安全和产业升级的顺利进行。

国家电网公布了 2024 年新增第十三批采购（特高压项目新增第一次服务（前期）招标采购），披露储备项目包括“五交九直”。其中达拉特-

蒙西、烟威（含中核 CX 送出）、巴丹吉林-四川、疆电（南疆）送电川渝四个项目处于可研勘探招标阶段，其余项目尚处于主体协调阶段。

我们预计，“三交九直”中的蒙西-京津冀、陕西-河南、藏东南-粤港澳项目以及“五交九直”储备项目合计 5 交 12 直特高压项目有望陆续于 2025-2026 年核准开工。

鉴于大型能源基地的外送需求仍有缺口，国家战略正逐步推动风光大基地和产业向中西部地区的转移。特高压电网作为解决能源消纳问题的关键基础设施，其建设显得尤为迫切。从风光大基地的需求测算，我们假设单条直流特高压输送能力达到 12-15GW，特高压直流需求至少仍有 26 条，预期 2025-2030 年完成建设。未来几年内我国有望维持每年 4-5 条特高压线路的核准与开工。

图表：十四五规划“三交九直”特高压项目进展

| 序号 | 类型 | 线路 | 投资额(亿元) | 长度(km) | 核准时间 | 开工时间 |
|----|----|---------------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 交流 | 川渝环线 | 288 | 658 | 2022/09 | 2022/09 |
| 2 | | 张北-胜利 | 64 | 366 | 2022/08 | 2023/08 |
| 3 | | 阿坝-成都东 | 145 | 2*371.7 | 2024/01 | 2024/07 |
| 4 | | 大同-怀来-天津北-天津南 | 225 | 2*770 | 2024/09 | 2024E |
| 5 | 直流 | 金上-湖北 | 334 | 1784 | 2023/01 | 2023/02 |
| 6 | | 陇东-山东 | 207 | 938 | 2023/02 | 2023/03 |
| 7 | | 哈密-重庆 | 288 | 2300 | 2023/07 | 2023/08 |
| 8 | | 宁夏-湖南 | 275 | 1619 | 2023/05 | 2023/06 |
| 9 | | 陕北-安徽 | 205 | 1070 | 2024/02 | 2024/03 |
| 10 | | 甘肃-浙江(柔直) | 353 | 2370 | 2024/07 | 2024/07 |
| 11 | | 蒙西-京津冀(柔直) | - | 703 | 2024E | 2024E |
| 12 | | 陕西-河南 | - | 765 | 2025E | 2025E |
| 13 | | 藏东南-粤港澳(柔直) | - | 245 | 2025E | 2025E |

资料来源：国家电网，南方电网，泽平宏观

图表：“十四五”规划储备特高压项目

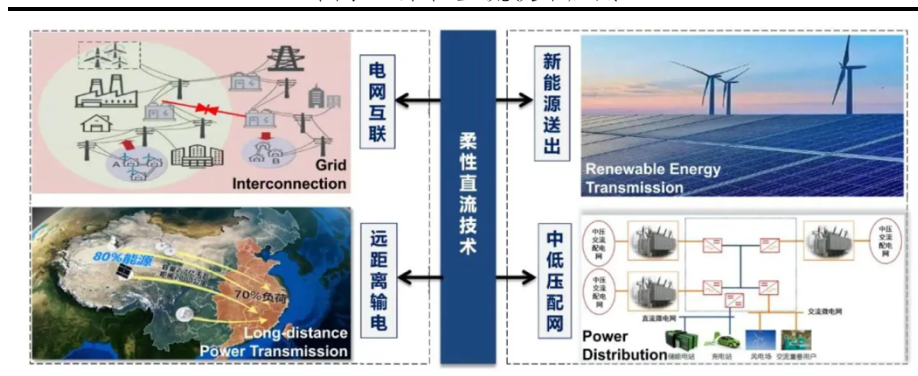
| 序号 | 线路 | 进度/预计开建时间 | 类型 |
|----|------------------------|---------------|-----------|
| 1 | 达拉特-蒙西 1000kV | 可研, 25 年 | 特高压交流 |
| 2 | 库布齐-上海±800kV | 前期工作, 25-27 年 | “十四五”增补 |
| 3 | 腾格里-江西±800kV | 前期工作, 25-27 年 | “十四五”增补 |
| 4 | 乌兰布和-京津冀±800kV | 前期工作, 25-27 年 | “十四五”增补 |
| 5 | 巴丹吉林-四川±800kV(柔直) | 可研, 25 年 | “十四五”增补 |
| 6 | 柴达木-广西±800kV | 前期工作, 25-27 年 | “十四五”增补 |
| 7 | 攀西-川南-天府南 1000kV | 前期工作, 25-27 年 | “十四五”增补 |
| 8 | 烟威(含中核 cx 送出) 1000kV | 可研, 25 年 | “十四五”增补 |
| 9 | 疆电送川渝±800kV(柔直) | 可研, 25 年 | 拟新增规划(直流) |
| 10 | 松辽-华北±800kV | 待纳规 | 拟新增规划(直流) |
| 11 | 陇电入桂±800kV | 待纳规 | 拟新增规划(直流) |
| 12 | 青海海南外送±800kV | 待纳规 | 拟新增规划(直流) |
| 13 | 库布齐-浙江±800kV | 待纳规 | 拟新增规划(直流) |
| 14 | 库布齐-安徽±800kV | 待纳规 | 拟新增规划(直流) |
| 15 | 库布齐-江苏±800kV | 待纳规 | 拟新增规划(直流) |
| 16 | 敦煌外送 | 待纳规 | 拟新增规划(直流) |
| 17 | 藏电送粤二期 | 待纳规 | 拟新增规划(直流) |
| 18 | 外电入赣±800kV | 待纳规 | 拟新增规划(直流) |
| 19 | 浙江 1000kV 环网 | 可研, 25 年 | 拟新增规划(交流) |
| 20 | 大同-乌兰察布-包头-巴彦淖尔 1000kV | 待纳规 | 拟新增规划(交流) |
| 21 | 大同-达拉特-包头 1000kV | 待纳规 | 拟新增规划(交流) |
| 22 | 开封-驻马店 1000kV | 待纳规 | 拟新增规划(交流) |
| 23 | 长治-南阳 1000kV 二期 | 待纳规 | 拟新增规划(交流) |
| 24 | 石家庄-北京 1000kV | 待纳规 | 拟新增规划(交流) |
| 25 | 赣闽联网 | 待纳规 | 拟新增规划(交流) |

资料来源：国家电网，南方电网，泽平宏观

2.3 柔直规模化应用在即，把握技术变革大机遇

柔性直流输电(VSC-HVDC)是一种创新的高压直流输电技术,它以电压源换流器(VSC)为基础,利用绝缘栅双极型晶体管(IGBT)等全控型功率器件作为核心组件,标志着直流输电技术的第三代发展。这项技术自诞生以来,经过三十多年的发展和完善,已经在风电输送、电网互联、无源网络供电以及远距离大容量输电等多个关键领域得到了广泛的应用和实践,其输电能力更是达到了特高压的级别,为电力系统的稳定和高效运行提供了强有力的支持。

图表：柔性直流技术应用

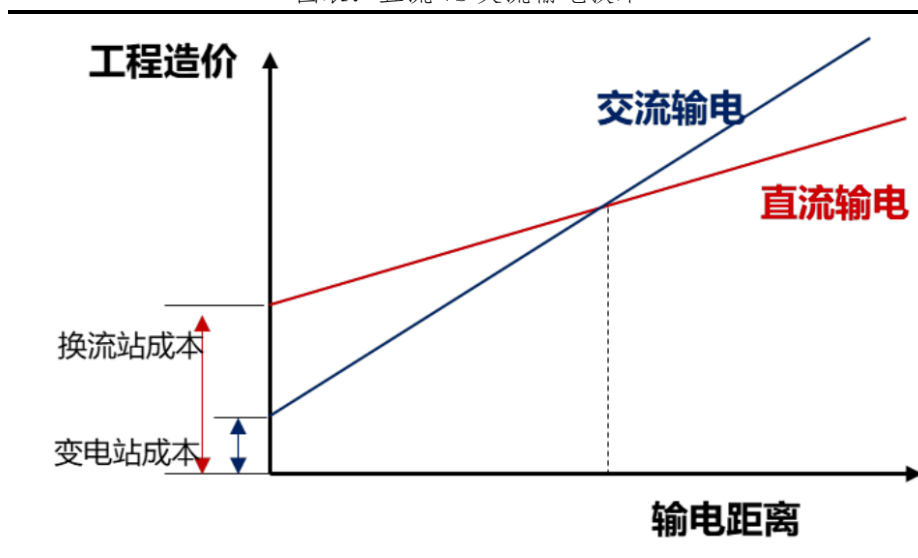


资料来源：南方电网，泽平宏观

直流输电技术，凭借其在输送容量、距离和能效方面的显著优势，已成为实现远距离大容量电能输送的不二之选。在直流输电领域，主要存在两种技术路线：常规直流（LCC）和柔性直流（VSC）。常规直流输电技术，以其成熟的技术和较好的经济性，在电力传输领域占据一席之地。它采用半控型元器件，如晶闸管，作为换流阀的核心元件。

常规直流技术也存在一些局限性。由于其依赖于电网电压来实现电流的换相和中断，新能源通过常规直流大规模送出时，往往需要火电、水电等常规电源的配套支持。此外，常规直流对交流电网的强度有一定要求，一般而言，交流电网的短路容量应至少是直流容量的两倍。在交流电网相对较弱的情况下，还需要配置同步调相机以增强电网的稳定性。相比之下，柔性直流输电技术采用全控型电子元器件，如 IGBT，作为换流阀的核心元件，提供了更高的灵活性和控制精度。这使得柔性直流技术在新能源并网、电网互联以及远距离输电等方面具有更大的优势，尤其是在电网强度不足或需要精确控制的场合。

图表：直流 VS 交流输电技术



资料来源：《大规模新能源超远距离送出的柔性直流系统集成设计方案》，泽平宏观

柔性直流输电系统的核心设备包括柔直换流阀、直流控制保护系统（直流控保）以及柔直换流变压器（柔直换流变）。换流阀在系统中扮演着至关重要的角色，它作为直流电与交流电相互转换的关键桥梁，其内部由 IGBT 驱动板卡、水冷板等精密组件压接组合而成，形成了一个完整的柔直模块。这些模块的协同工作，确保了电力在不同电网之间高效、稳定地传输。

图表：柔性 VS 传统直流输电技术对比

| 直流输电类型 | 换流元件 | 送端电网 | 受端电网 | 换相失败 | 输电电压 | 输送容量 | 损耗 | 成本 |
|--------|----------------------------|----------------------|---------|------------------------|--------------|--------------|----|----|
| 柔性直流输电 | 全控器件(如 IGBT), 容量小, 可控关断 | 可以为新能源提供并网所需的电压和频率支撑 | 可以是无源电网 | 没有换相失败, 穿越交流故障, 全无功支撑强 | 目前最高 +800kV | 目前最高 5000MW | 高 | 高 |
| 传统直流输电 | 半控器件(晶闸管), 容量大, 依靠电网电压换相关断 | 必须有同步机电源支撑 | 必须是有源电网 | 交流故障时存在换相失败现象 | 目前最高 ±1100kV | 目前最高 12000MW | 低 | 低 |

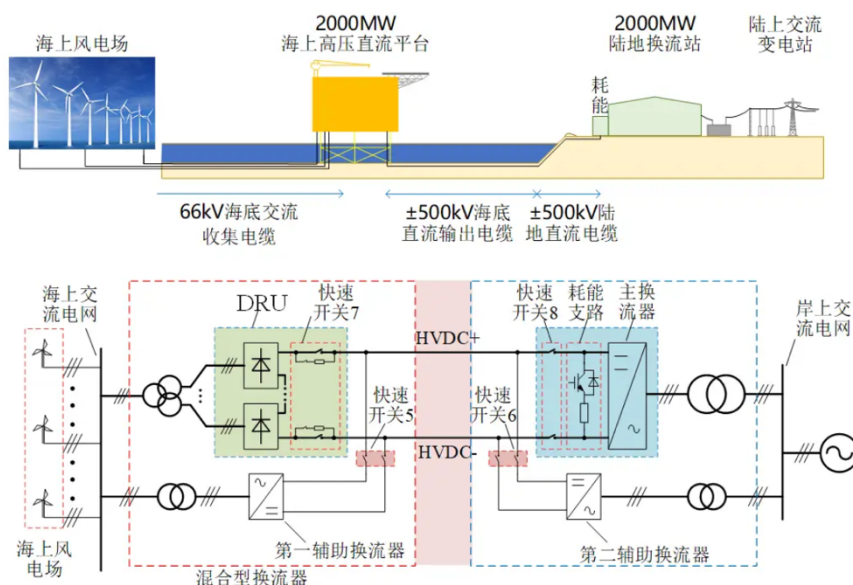
资料来源：《柔性直流输电技术的工程应用和发展展望》，泽平宏观

柔性直流技术在新型电力系统中三大机遇：

机遇一：远海大型海上风电的外送需求，推动柔直技术应用。 在当前的海上风电送出方式中，高压交流输电是主流，即通过海上升压站将海上风机的电压升至 220kV 或更高，然后送至陆上电网。相比之下，直流输电由于无需考虑充电功率的问题，无论是在海底电缆的投资成本还是在输电效率上，都显示出比交流输电更优的性能。特别是当输电距离超过约 80km 时，直流输电的经济性明显超越交流输电。目前，包括江苏如东、青洲五七、福建长乐外海在内的多个海上风电项目已经确定采用直流输电方案，以实现电能的高效外送。汕头海上风电集中送出项目也已成立，该项目计划的建设规模达到 600 万千瓦，远期更可扩展至 800 万千瓦，同样采用柔性直流输电方案。此外，福建发改委发布的《关于组织开展可再生能源发展试点示范项目申报的通知》中，也包含了 ±500 千伏及以上电压等级的柔性直流输电技术作为技术创新类项目。

此外，鉴于常规直流输电需要依赖强大的交流电网支撑，而海上风电场构成的是相对较弱的交流系统，难以满足常规直流输电的要求，柔性直流输电技术因此成为了唯一经济且可行的解决方案。随着海上风电向深远海发展的趋势，柔直的应用必要性和需求将快速扩大。

图表：海上风电直流送出拓扑及回路示意图



资料来源：南方电网，泽平宏观

机遇二：存量特高压改造需求显现，解决直流落点密集区域的特高压直流换相失败问题。经过数十年的发展，中国已经建成了20条以远距离输电为主要功能的直流输电工程，其中长三角和广东省的工程均超过10条。这些密集的落点增加了直流输电换相失败的风险，从而增加了电网事故的隐患。柔性直流输电技术能够独立支撑电压，不存在换相失败的风险，因此成为向这些地区继续输送直流电的最佳解决方案。目前，南网已经建成了乌东德直流输电工程，国网也在建设白鹤滩—江苏特高压直流输电工程，这两个工程都采用了柔性直流技术，尽管它们的技术方案存在差异。

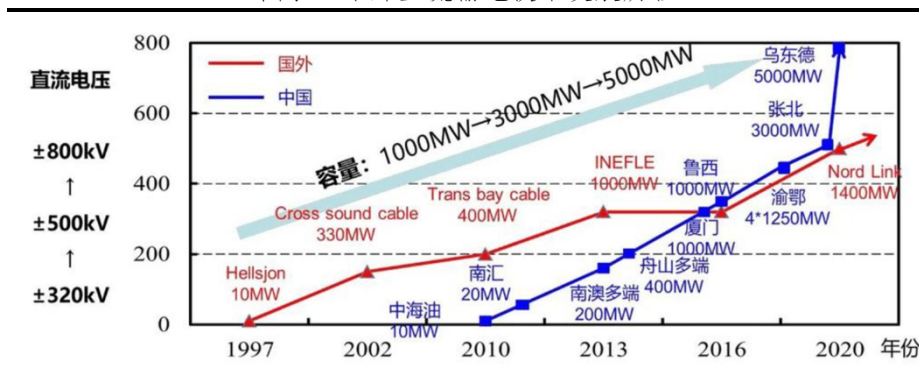
2023年，国内首条±500千伏超高压直流输电工程——葛南直流的柔直改造工程的完成。这次改造涉及换流阀的全部更新，投资额约为4.7亿元人民币。南方电网在“十四五”规划中提出，将逐步对现有直流输电线路实施柔性直流改造，预示着未来在“十五五”期间，改造需求将显著增加。

机遇三：相邻区域电网背靠背柔性直流互联需求增长。在中国，除了采用远距离常规输电方案外，还可以在区域电网交接处采用背靠背柔性直流路线进行互联。背靠背柔性直流技术，即将整流站和逆变站合并建设，无需直流线路，能够提升区域电网间的功率互济能力，同时避免扩大电网事故的影响范围。此外，对于已经非常庞大、结构复杂、短路电流超标的广东、江苏等地的500kV电网，通过加入背靠背柔性直流技术，可以有效地“解开”电网，解决上述问题。渝鄂背靠背工程和在建的闽粤联网工程，都是柔直背靠背工程的典型应用案例，展示了柔性直流输电技术在现代电网中的重要作用和广泛应用前景。

中国在柔性直流输电工程领域虽然起步较晚，但发展迅速，目前正朝着特高压和大容量的方向迈进。1997年，海外开始了柔性直流工程的建设，而中国则在2010年启动了相关工程。在电压等级和输电容量方面，中国已经实现了对±800kV/5GW级别的柔性直流输电技术的发展，这一成

就标志着中国在柔性直流输电技术上的领先地位。与此同时，海外的柔性直流工程也达到了±600kV/2GW的级别，显示出特高压和大容量输电是全球柔性直流技术发展的必然趋势。

图表：中外直流输电技术发展历程



资料来源：南方电网，泽平宏观

我国柔性直流工程建设经验成熟。截至2024年10月，我国已有十余条柔性直流输电工程建成。其中，约一半数量的工程项目是在2019年及之后建成，并且近年来呈现加速建设的趋势。

图表：截止2024年10月我国柔性直流工程项目投产情况

| 序号 | 项目 | 电压等级 | 容量 (MW) | 投运年份 |
|----|--------------------------|--------|---------|------|
| 1 | 中海油文昌柔性直流输电工程 | ±10kV | 4 | 2011 |
| 2 | 上海南汇风电场柔性直流输电工程 | ±30kV | 20 | 2011 |
| 3 | 广东汕头南澳±160千伏多端柔性直流输电示范工程 | ±160kV | 200 | 2013 |
| 4 | 浙江舟山±200千伏五端柔性直流科技示范工程 | ±200kV | 400 | 2014 |
| 5 | 厦门±320千伏柔性直流输电科技示范工程 | ±320kV | 1000 | 2015 |
| 6 | 鲁西背靠背柔性直流工程 | ±350kV | 1000 | 2016 |
| 7 | 大连跨海柔性直流输电示范工程 | ±320kV | 1000 | - |
| 8 | 渝鄂直流背靠背联网工程 | ±420kV | 4*1250 | 2019 |
| 9 | 张北柔性直流电网工程 | ±500kV | 4500 | 2019 |
| 10 | 昆柳龙柔性直流工程 | ±800kV | 8000 | 2021 |
| 11 | 江苏如东海上风电柔性直流输电工程 | ±400kV | 1100 | 2021 |
| 12 | 粤港澳大湾区直流背靠背电网工程 | ±300kV | 4*1500 | 2022 |
| 13 | 白鹤滩-江苏±800千伏特高压直流输电工程 | ±800kV | 8000 | 2022 |

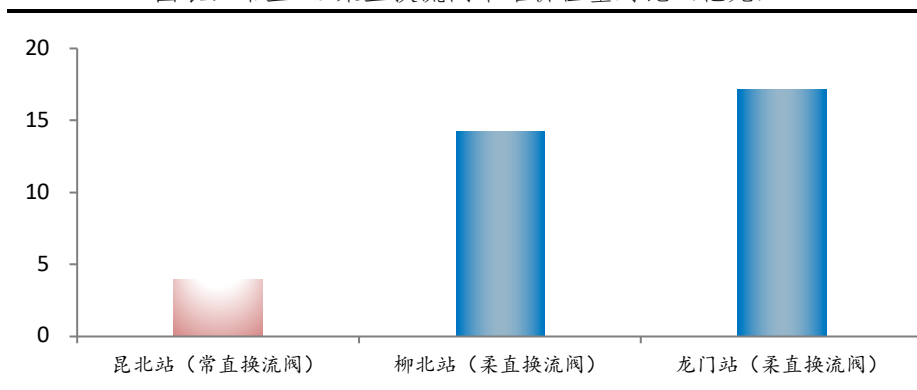
资料来源：国家电网，新华社，北极星输配电网，人民网，泽平宏观

价：从换流阀单站价值量来看，柔直约为常直的四倍。柔性直流换流阀（柔直阀）在价值量上显著高于常规直流换流阀（常直阀）。我们通过对昆柳龙、白鹤滩等线路设备的招标情况进行了梳理，并结合今年四条常规直流工程的中标数据进行了对比分析。分析结果显示，昆柳龙线路的

单端柔直阀价值量约 31 亿元人民币，这些设备分布在两个换流站内，对应的总容量为 8 吉瓦(GW)，单位价值量约为 3.87 亿元人民币/GW。同样，白鹤滩-江苏项目的柔直阀价值量达到 17 亿元人民币，对应总容量为 6GW，单位价值量为 2.80 亿元人民币/GW。

基于这些数据，我们预计未来全容量（8GW）单站柔性直流换流阀的价值量可能在 20 至 25 亿元人民币之间（按照 3 亿元人民币/GW 计算，8GW 即 24 亿元人民币）。相比之下，常规直流项目的单站换流阀价值量大约为 6 亿元人民币。这一比较清晰地表明，柔直换流阀在价值量上远超常规直流换流阀，凸显了柔性直流技术在高端电力设备市场中的重要地位和潜在的经济效益。

图表：常直 VS 柔直换流阀单站价值量对比（亿元）



资料来源：北极星输配电网，泽平宏观

图表：柔直 VS 常直换流阀价值量对比

| 类型 | 项目名称 | 数量 | 容量(GW) | 设备 | 造价(亿元) | 单位价值量(亿元/GW) |
|----|--------|-------|--------|-----|--------|--------------|
| 柔直 | 柳北站 | 单站 | 3 | 柔直阀 | 14.2 | 4.7 |
| | 龙门站 | 单站 | 5 | | 17.1 | 3.4 |
| | 白鹤滩-江苏 | 单端 | 6 | | 16.8 | 2.8 |
| 常直 | 昆北站 | 单站 | 8 | 常直阀 | 3.96 | 0.495 |
| | 陇东-山东 | 送端+受端 | 8 | | 12 | 0.8 |
| | 金上-湖北 | 送端+受端 | 8 | | 13.3 | 0.8 |
| | 宁夏-湖南 | 送端+受端 | 8 | | 12.2 | 0.8 |
| | 哈密-重庆 | 送端+受端 | 8 | | 12.2 | 0.8 |

资料来源：南方电网，北极星输配电网，泽平宏观

展望 2025 年：“十四五”后期特高压柔性直流技术逐渐成为趋势。随着“十四五”电网规划的深入实施，预计至少有 4 个特高压远距离输电项目计划采用柔性直流技术。这一转变与早期投入运营的昆柳龙和白鹤滩-江苏项目相比，呈现出明显的技术进步，新项目均采用了在发送端和接收端均部署柔直技术的全面柔直方案。

在经济繁荣的长三角和珠三角地区，由于直流输电落点的高密度布局，电网结构呈现出“直强交弱”的特点。在这些区域，采用柔性直流技术于接收端，而发送端则采用常规直流技术的混合方案，不仅技术成熟度高，而且能够有效降低柔直技术的高成本问题。

全柔直方案的实施能够充分利用柔直技术的优势。特别是在以新能源为主导的多能互补能源基地，风电和光伏等通过逆变器并网的能源形式，如果采用常规直流输电，可能会因为缺乏无功支撑和电压波动，导致换相失败，从而限制了电力的输送。在这种情况下，柔性直流技术的应用在发送端换流站，不仅能够解决这些问题，还能实现多端电力的有效汇集和输送。例如，甘肃-浙江特高压直流工程（陇电入浙）预计将采用全柔性直流输电技术，这将是世界上首个在发送端实现双八百柔直换流站的项目，标志着柔直技术应用的一个重要里程碑。

图表：已披露即将开工建设的柔性直流项目均为全柔直工程

| 序号 | 工程名称 | 送/受端 | 采用技术 | 容量(MW) | 预计开工 |
|----|---------------------------------|------|------|-------------------|-----------|
| 1 | 蒙西-京津冀特高压直流工程 | 送端 | 常直 | 8000 | 2025-2026 |
| 2 | 蒙西-京津冀特高压直流工程 | 受端 | 柔直 | 8000 | |
| 3 | 甘肃-浙江特高压直流工程 | 送端 | 柔直 | 8000 | |
| 4 | 甘肃-浙江特高压直流工程 | 受端 | 柔直 | 8000 | |
| 5 | 藏东南至粤港澳大湾区±800千伏特高压直流输电工程(藏玉直流) | 送端 | 柔直 | 10000 | |
| 6 | 藏东南至粤港澳大湾区±800千伏特高压直流输电工程(藏玉直流) | 受端 | 柔直 | 5000+5000 (2座) | |
| 7 | 藏东南至粤港澳大湾区±800千伏特高压直流输电工程(藏澜直流) | 送端 | 柔直 | 10000 | |
| 8 | 藏东南至粤港澳大湾区±800千伏特高压直流输电工程(藏澜直流) | 受端 | 柔直 | 5000+5000 (2座) | |

资料来源：国家电网，南方电网，北极星输配电网，泽平宏观

3 配网：“最后一公里”，电网投资增量空间打开

配电网是电力系统中至关重要的一环，它负责将电力从高压输电网安全、有效地分配到城区和郊区的各个角落，是连接电力生产和消费的桥梁，确保电力“配得下、用得上”。我们可以将输电主网比作人体的“主动脉”，而配电网则是遍布全身的“毛细血管”，直接将电力输送到用户，即毛细血管的末端。

配电网根据电压等级、供电区域和电网功能的不同，可以分为三种类型。按照电压等级，配电网主要分为高压配电网（6~110kV）、中压配电网（6kV、10kV、20kV等）和低压配电网（0.4kV）。高压配电网，也称

为地方电网，负责将电能从区域高压电网（220kV 及以上）输送到更接近用户的地方；中压配电网进一步降低电压，分配到城市街区或工业区；而低压配电网则将电压降至 380V/220V，直接供应给家庭、商业和工业用户。

在供电区域上，配电网可以分为城市配电网、农村配电网和工厂配电网，它们各自适应不同的用电需求和环境条件。城市配电网特点是负荷密集、供电可靠性和电能质量要求高、安全性要求高、自动化程度高、设备布局集约；而农村配电网则表现为负荷分散、设备利用率低。

根据电网功能，分为主网（66kV 及以上）和配网（35kV 及以下）。主网主要负责连接区域高压电网，而配网则直接为各个配电站和各类用户提供电源。

图表：配电网电压等级分类及特点

| 级别 | 电压等级 | 功能特点 | 规划重点 |
|----|-----------------|--|--|
| 高压 | 110kV、35kV、66kV | 从上一级电网/电源接受电能后，直接向高压用户供电或下一级中/低压配电网提供电源 | 变电站选址定容、高压配电网接线布置 |
| 中压 | 10kV、20kV、6kV | 从上一级电网/电源接受电能后，直接向中压用户供电或下一级低压配电网提供电源 | 配电站选址定容、中压配电网接线布置 |
| 低压 | 380V、220V | 负责向 90% 以上的电力用户供电，具有电网规模庞大、元件数量众多、网络损耗较大、网络结构复杂、分布式光伏、电动车大量接入低压配电网，对低压配电网的典型设计提出更高要求 | 多直接采用标准化典型设计方案，电网结构为辐射状，依据低压线路走向分区供电；近年来 |

资料来源：国家电网，泽平宏观

3.1 政策驱动配网改造，新一轮配网周期开启

第一轮大周期：从 1998 年到 2010 年，我国推动了两轮农村电网改造升级。1998 年我国首次提出农村电网改造计划，国务院将农网改造确定为扩大内需的重要投资领域，安排了包括国债在内的资金 1893 亿元作为农网改造的基本金。到 2011 年电网改造已经工程覆盖全国所有的 2400 多个县，使 1380 万无电人口用上了电。但仍存在偏远地区，无电户和无电人口的问题，同时已改造区域农村居民用电量需求持续高增，给农村电网供电能力带来了新的挑战。基于这些问题，2011 年，国家发改委发布了《关于实施新一轮农村电网改造升级工程的意见》，明确了政策推进的方向。以国家电网经营区域为例，重点解决西藏、新疆、四川藏区、青海藏区等边远地区的通电问题，提升农村居民用电保障能力，并解决农业生产用电需求。2012 年基本解决无电人口用电问题，2015 年彻底解决无电人口用电问题。

本轮的核心矛盾在于客观需求未被满足。其中包括（1）中西部偏远农村地区改造率低；（2）农业生产供电设备及农村、林场等地区电网未改造；（3）部分地区未实现城乡用电同价；（4）已改造地区无法满足农村用电需求快速增长。

第二轮大周期：为进一步解决用电需求快速增长背景下的电力供给缺口。自 2013 年起，我国对城市基础设施建设的重视程度不断提升，相继出台了一系列政策以推动相关领域的进步。2013 年，国务院发布了《关于加强城市基础设施建设的意见》，为城市基础设施的完善奠定了政策基础。随后在 2014 年，国务院进一步出台了《国家新型城镇化规划（2014-2020 年）》，明确了城镇化发展的蓝图。到了 2015 年，国家能源局发布了

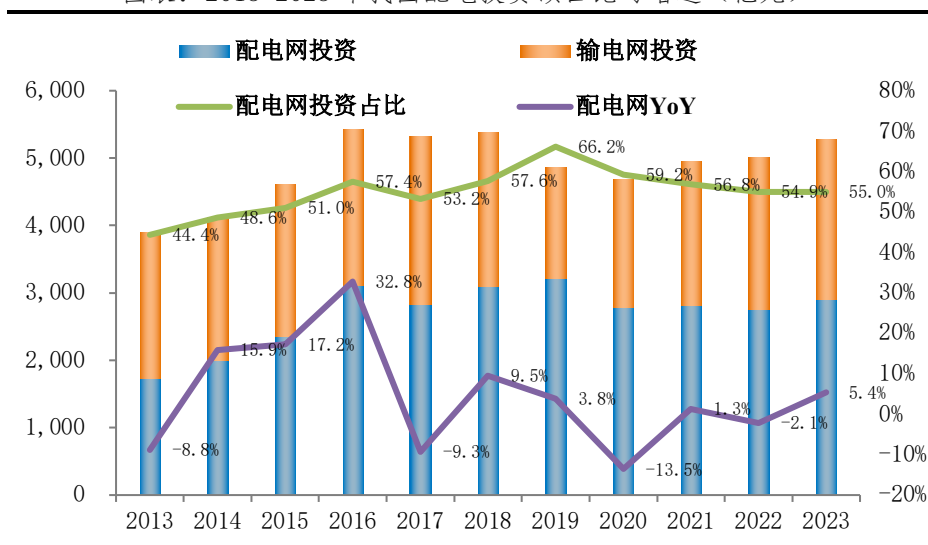
《配电网建设改造行动方案（2015-2020年）》，该方案不仅要求显著提升供电的可靠性、供电质量和配网的智能化水平，而且将其作为促进经济增长的关键措施。

进入“十三五”期间。2016年，我国启动了第三轮农村电网改造升级工程《关于“十三五”期间实施新一轮农村电网改造升级工程的意见》，这轮改造升级在“十三五”期间的最终投资规模超过了7500亿元（预期6500亿元），在2017-2019年间，我国农村电网改造升级工程实施期间，配电网投资额实现了显著增长。在2013-2016年间，配电网投资额从1727亿元增加至3117亿元，符合年增长率高达21.8%，2017年以后为在3000亿元中枢。配网投资占比从2017年的53.2%上升至2019年的63.2%，后续维持在55%以上。

具体来看，2018年和2019年，我国电网投资额分别同比增长了约1.1%和下降了9.6%，而配电网投资额则分别同比增长了9.1%和下降了0.3%。这表明，尽管电网总投资额有所波动，配电网投资依然保持了较快的增长势头。在“十三五”时期，配电网的投资增长对于提升农村电网的供电能力和供电质量起到了关键作用，我国配电网投资规模放量主要体现在该阶段。

本轮的核心矛盾在于客观需求和全面提升经济需求。面对农村地区用电需求的迅猛增长，电力保障能力尚存在一定的不足。在偏远地区，电网建设的步伐相对滞后，这使得城乡之间的电力服务水平差距愈发显著。农村地区的电力供应能力难以满足不断上升的用电需求，这种供需矛盾在贫困地区以及偏远的少数民族地区表现得尤为突出。农村电网的整体发展水平与实现全面建设小康社会的目标之间仍存在一定的差距。

图表：2013-2023年我国配电网投资额占比与增速（亿元）



资料来源：北极星输配电网，南方电网，泽平宏观

本轮大周期：新一轮配网政策落地，配网开启新一轮增长周期。2023年7月，国家发改委发布《关于实施农村电网巩固提升工程的指导意见》，2024年《关于新形势下配电网高质量发展的指导意见》和《配电网高质量发展行动实施方案》先后发布。在“十三五”农网改造升级后，我国电网投资的中配电网占比呈现出下降趋势，在当下“十四五”末期和“十五五”初期，在相关政策带动下，我们认为本轮大周期有望复刻第二轮大周期配电网投资高峰。

本轮的核心矛盾同样是客观需求和全面提升经济需求，重点在于升级。自 2020 年以来，受 COVID-19 的影响，我国电网投资规模经历了波动，且在 2020 至 2023 年上半年期间，配电网投资政策相对缺乏。2023 年以来，随着国家层面政策的相继出台，预计我国配电网投资将步入新的增长阶段。回顾上一轮农网改造，配电网投资占比显著提升，从 2017 年的 53.2% 增长至 2019 年的 63.2%。而本轮起点，2023 年配电网投资占比已达到 55%，预计在 2025 年和“十五五”初期，配电网投资将迎来显著增长。在经济增长的拉动、配电网新挑战、大规模设备更新需求以及农村电网供电质量提升等多重因素的推动下，配电网投资有望进入一个新的景气周期。

图表：配电网“四可”相关政策

| 时间 | 发文部门 | 文件名称 |
|---------|---------------------|--|
| 配电网 | | |
| 2015.8 | 国家发改委 | 《关于加快配电网建设改造的指导意见》 |
| 2016.1 | 国家发改委、国家能源局 | 《有序放开配电网业务管理办法》 |
| 2018.3 | 国家发改委、国家能源局 | 《增量配电业务配电区域划分实施办法(试行)》 |
| 2019.1 | 国家发改委、国家能源局 | 《关于进一步推进增量配电业务改革的通知》 |
| 2024.3 | 国家发改委、国家能源局 | 《关于新形势下配电网高质量发展的指导意见》 |
| 2024.4 | 国家发改委、国家能源局 | 《增量配电业务配电区域划分实施办法》 |
| 2024.8 | 国家发改委、国家能源局、国家数据局 | 《加快构建新型电力系统行动方案(2024-2027年)》 |
| 2024.8 | 国家发改委、国家能源局 | 《配电网高质量发展行动方案(2024-2027年)》 |
| 2024.11 | 国家能源局 | 《关于加强电力安全治理 以高水平安全保障新型电力系统高质量发展的意见》 |
| 农网 | | |
| 2011.5 | 国家发改委 | 《关于实施新一轮农村电网改造升级工程的意见》 |
| 2016.2 | 国家发改委 | 《关于“十三五”期间实施新一轮农村电网改造升级工程的意见》 |
| 2023.7 | 国家发改委、国家能源局、国家乡村振兴局 | 《关于实施农村电网巩固提升工程的指导意见》 |
| 2024.2 | 中共中央、国务院 | 《关于学习运用“千村示范、万村整治”工程经验有力有效推进乡村全面振兴的意见》 |
| 设备更新改造 | | |
| 2021.1 | 工信部、市场监管总局、国家能源局 | 《变压器能效提升计划(2021-2023年)》 |
| 2022.6 | 工信部、国家发改委等六部委 | 《工业能效提升行动计划》 |
| 2023.3 | 国家发改委 | 《电力变压器更新改造和回收利用实施指南(2023年版)》 |
| 2024.3 | 国务院 | 《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》 |
| 2024.7 | 南方电网公司 | 南方电网公司高质量发展大会 |
| 2024.8 | 国家发改委、国家能源局 | 《能源重点领域大规模设备更新实施方案》 |

资料来源：地方政府，泽平宏观

3.2 配网在当下节点面临的挑战是什么？

3.2.1 分布式能源全面接入，配网无源向有源转变

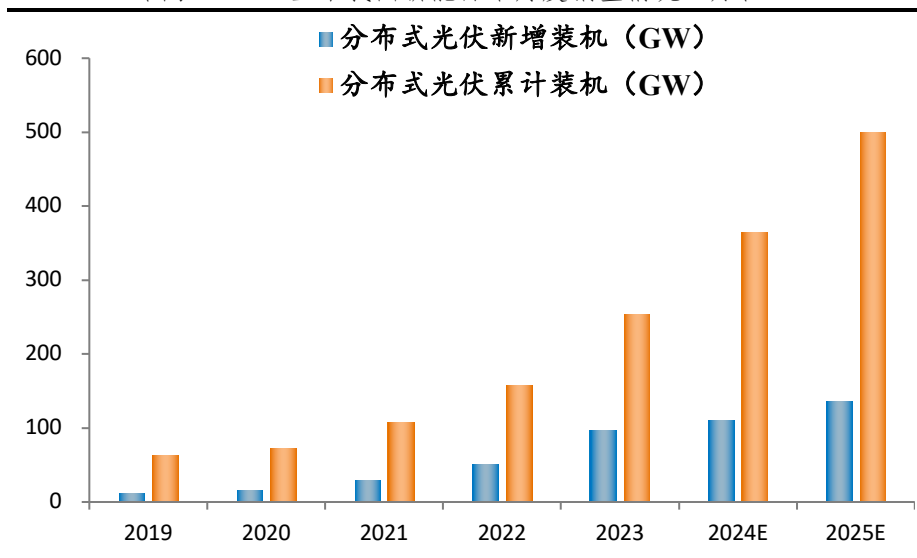
随着分布式电源，尤其是光伏和风电，在政策如光伏整县推进和风电下乡的推动下快速发展，配电网的不确定性和随机性增加，系统运行方式变得更加复杂。这要求配电网规划从传统的确定性规划向多场景概率性规划转变，以适应新能源的波动性和随机性

这些分布式电源的大规模接入，使得配电网的不确定性和随机性增加，系统运行方式更加复杂。《分布式电源接入电网承载力评估导则》（DL/T2041-2019）中明确指出，当反向负载率超过 80%，或因分布式电源导致 220kV 及以上电网反送电时，配电网承载力将被评估为红色等级，这要求在电网承载力得到有效改善前，暂停新增分布式电源项目接入。这一规定凸显了配电网规划由传统确定性规划向多场景概率性规划转变的迫切性，以及提升配电网全局态势感知、统一优化决策和源网荷储互动能力的需要。

在传统的电力系统中，电网被视为单向无源网络，意味着电能从发电侧（如发电厂）单向流动到用户侧（即消费者）。在这个模式下，电网主要承担电能传输的任务，配电网的功能相对单一，主要是将电能从高压电网安全、可靠地输送到用户。随着能源结构的变化，特别是分布式能源和储能技术的发展，配电网开始转变为供需互动的有源网络。在这种网络中，不仅电能可以单向流动，还可以双向流动。这意味着用户不仅可以消费电能，还可以通过分布式发电设备产生电能并将其反馈回电网。

无源向有源是未来配电网发改和改造的核心驱动因素之一。在有源网络中，传统的发电和用电之间的界限变得模糊。用户可能同时是电能的生产者和消费者，这种角色的转变使得电网管理变得更加复杂。

图表：2021 至今我国新能源车月度销量情况（万台）



资料来源：中汽协，泽平宏观

3.2.2 充电桩需求快速增长，多元情况下冲击配网

电动汽车市场增长对充电桩带来巨大需求。近年来，我国电动汽车市场经历了前所未有的爆发式增长。截至 2024 年上半年，全国新能源汽车

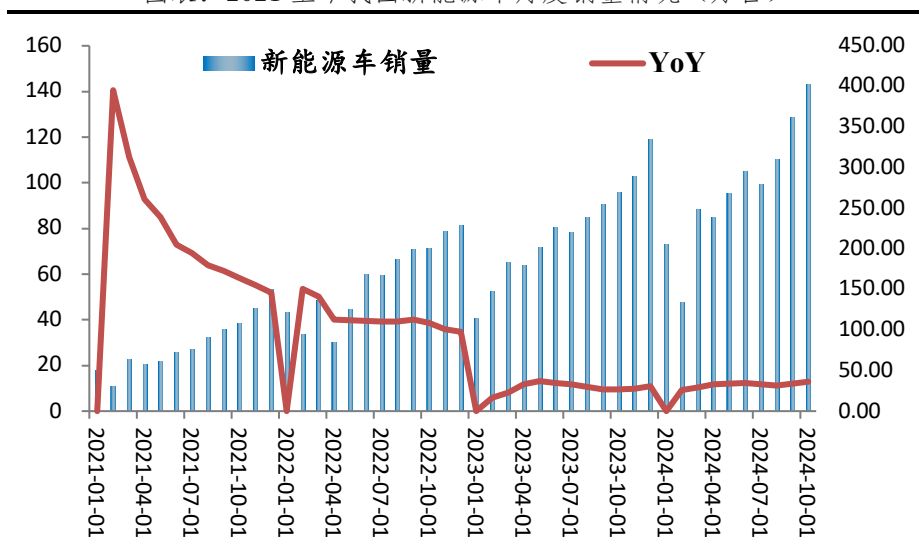
车保有量已达 2472 万辆，占汽车总量的 7.18%。2024 年 11 月，我国新能源汽车年度产量首次突破 1000 万辆。从 2009 年的“十城千辆”规模起步推广，到 2018 年年产销量过百万辆，中国新能源汽车用时近 10 年；再到 2022 年的年产销量过 500 万辆，用时约 4 年；再到首次突破年产 1000 万辆，仅用时约两年。预计到 2030 年，新能源汽车充电所需的最高电力负荷将达到 1 亿千瓦。

我国电动汽车市场快速增长带动了充电设施的多元化发展。截至 2024 年 10 月，国内公共充电桩保有量达 339 万台，同比增长 34.3%，私有充电桩保有量为 849 万台，同比增长 56.4%；从 2023 年 11 月到 2024 年 10 月，月均新增公共充电桩约 7.2 万台。公桩区域集中度较高，主要集中在经济发达地区，导致配电网在高峰时段面临供需矛盾。自 2022 年以来，我国私有充电桩的占比稳步提升，低压配网充电桩的渗透率持续增强。与此同时，公共充电桩中直流快充桩的占比也在不断提高，尤其在中压配网的高峰时段，供需矛盾日益凸显。

配电网建设在支撑电动汽车充电基础设施体系建设方面存在四个显著问题：充电设施建设投资与布局不足；配电网扩容与改造滞后；充电设施与配电网智能化融合不足；V2G 技术研发与应用推广缓慢。这些问题限制了电力供需平衡的实时调控，影响了电力供应的连续性与可靠性。

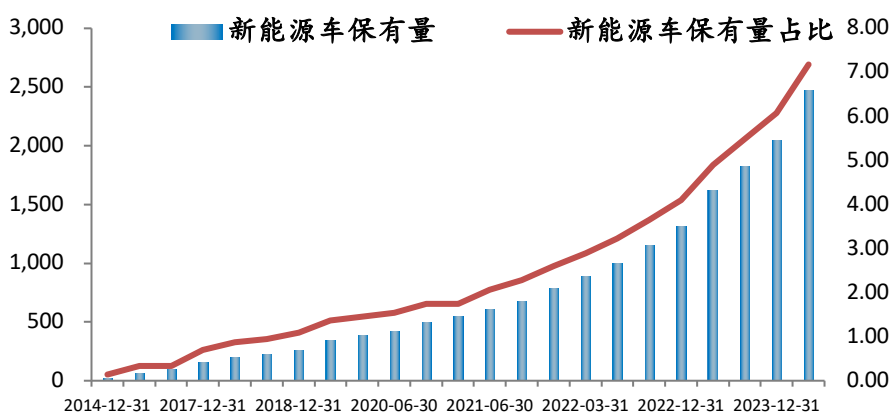
配电网智能化与 V2G (Vehicle-to-Grid) 技术的重要性日益凸显。智能化技术的融合应用对于提升配电网的调度能力、优化电力供需平衡至关重要。同时，V2G 技术的研发与应用推广对于实现能源的双向流动与高效利用、提升电网互动的积极性具有重要意义。政策激励、技术支持和充电基础设施体系建设的完善将是推动电动汽车与电网协同发展的关键因素。

图表：2021 至今我国新能源车月度销量情况（万台）



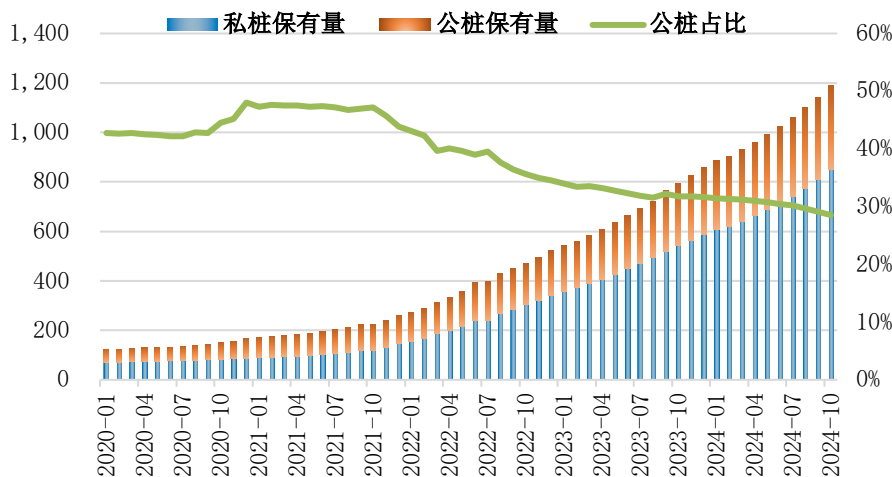
资料来源：中汽协，泽平宏观

图表：截止 2024 年 6 月我国新能源车保有量情况（万台）



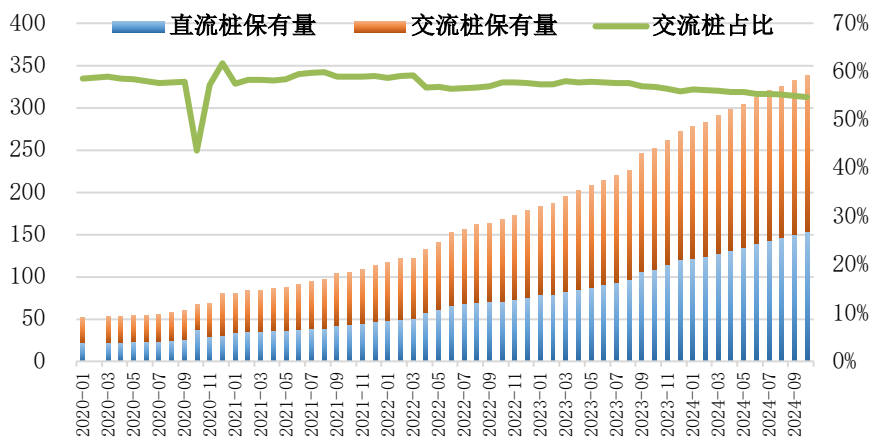
资料来源：公安部，泽平宏观

图表：2020 年至今我国公私充电桩保有量情况（万台）



资料来源：中国充电联盟，泽平宏观

图表：2020 年至今我国直交流充电桩保有量情况（万台）



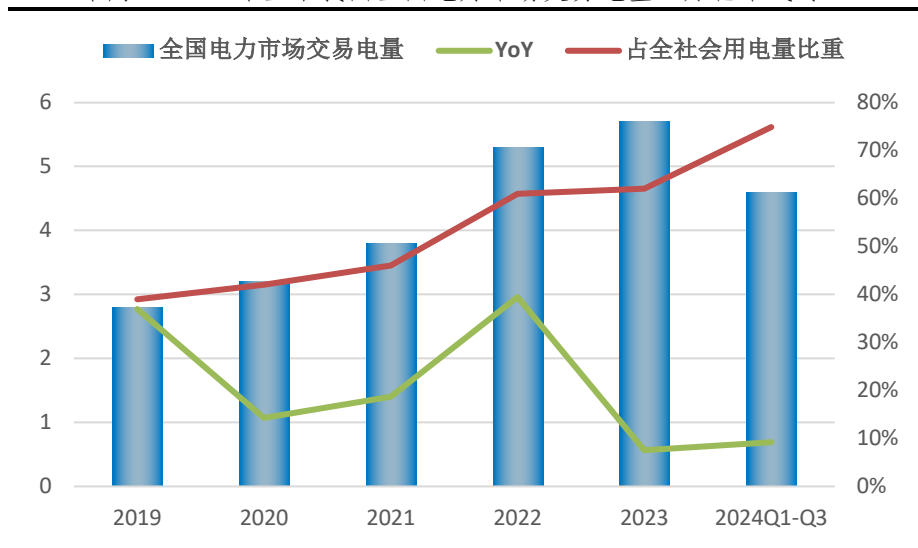
资料来源：中国充电联盟，泽平宏观

3.2.3 按价用电转变背景下，对配网提出更高要求

市场化交易电量占比的持续提升和交易品种的多元化对配电网产生了显著影响。2024 年前三季度，全国各电力交易中心累计组织完成市场交易电量 45934.7 亿千瓦时，同比增长 9.2%，占全社会用电量比重为 62%，同比增长 0.73 个百分点，占电网售电量比重为 74.9%，同比增长 0.34 个百分点。其中，全国电力市场中长期电力直接交易电量合计为 34617.9 亿千瓦时，同比增长 4.5%。电力市场化交易在我国电力消费中的比重日益增加

电力系统新能源渗透率的持续提升导致发电侧波动性和随机性增强，用电侧必须适应发电侧特性的变化，逐步从“按需用电”向“按价用电”转变。这种转变催生了除电量交易外的多种交易品种，包括调峰、调频、备用、爬坡、无功等，以更好地匹配发电侧和用电侧的需求。这些变化对配电网提出了新的挑战，要求配电网在管理和技术上进行适应和升级。配电网需要更加灵活地响应市场信号，实现电力供需的实时平衡，同时保证电网的安全稳定运行。

图表：2020 年至今我国全国电力市场交易电量（万亿千瓦时）



资料来源：中电联，泽平宏观

3.3 以旧换新、“四可”要求，推动配网进一步放量

配电网的“四可”功能，即可观、可测、可调、可控，是实现智能化配电网的关键。2023 年以来在中央和地方政策文件中被多次强调，其实现依赖于先进的信息技术和自动化技术，使得配电网能够更加精准地监控和管理，从而提高电力系统的效率、稳定性和可靠性。

我国配电网在状态感知存在不足，配电侧与用电侧之间的信息交互不够畅通，加上故障处理能力的不足，导致了停电时间过长。根据国家能源局的统计数据，2023 年农村电网用户的平均每户停电时间比城市电网高出 6.6 小时，用户平均停电时间 7.83 小时/户。

现有的电力调控体系在全局态势感知、统一优化决策以及源网荷储互动方面的能力也显示出不足。这使得电力系统难以适应分布式新能源

的灵活消纳和智能控制的需求。为了解决这些问题，需要加强配电网的智能化建设，提升状态感知和信息交互能力，优化故障处理流程，减少停电时间，急需发展配电网的“四可”功能。

为了实现“四可”功能，多个省份已经发布了相关文件。例如，山东省、江苏省、河南省和安徽省等分布式光伏装机大省均已要求分布式光伏具备“四可”功能。河南省还特别要求具备功率预测能力，这表明政策层面对于配电网智能化的要求正在不断提升。为了推动配电网的高质量发展，国家能源局发布了《配电网建设改造行动方案（2015-2020年）》，要求供电可靠性、供电质量、配网智能化程度大幅提升。2024年11月27日，国家能源局发布《关于加强电力安全治理 以高水平安全保障新型电力系统高质量发展的意见》，进一步推动四可进程。

图表：配电网“四可”相关政策

| 时间 | 发文部门 | 文件/标准名称 | 文件内容 |
|---------|----------|-----------------------------------|--|
| 2021.12 | 山东省能源局 | 《关于切实做好分布式光伏并网运行工作的通知》 | 满足采集、执行地区电力调度机构指令进行功率控制功能部署。 |
| 2023.08 | 安徽省能源局 | 《关于进一步推进分布式光伏规范有序发展的通知》 | 新增分布式光伏应具备可观可测可控可调功能，已有分布式光伏逐步改造具备相应功能。 |
| 2023.1 | 河南省发改委 | 《关于促进分布式光伏发电健康可持续发展的通知》 | 分布式光伏应实现“可观、可测、可控、可调”且要具有中期、短期、超短期功率预测装置。 |
| 2023.12 | 江西省能源局 | 《关于进一步推进屋顶分布式光伏健康有序发展的通知》 | 2024年1月1日(含)后并网的新增屋顶分布式光伏发电项目应具备“可观、可测、可控、可调”功能 |
| 2024.02 | 福建省能源监管办 | 福建省地方标准(DB35/T 1036-2023)第6.5.22条 | 总容量400kW及以上的分布式电源由独立的远动终端接入调度系统。总容量低于400kW的分布式电源接入用电信息采集系统或台区配变终端。 |
| 2024.07 | 江苏省发改委 | 《关于高质量做好全省分布式光伏并网消纳的通知(征求意见稿)》 | 分布式光伏项目原则上应具备“可观、可测、可控、可调”功能，响应电网指令，在线参与电力系统调节。 |
| 2024.07 | 陕西省发改委 | 《关于进一步推动分布式光伏发电项目高质量发展的通知》 | 新建屋顶分布式光伏项目应具备“可观可测可控可调”功能，不具备该功能的存量屋顶分布式光伏项目由电网企业进行功能改造。 |

资料来源：地方政府，泽平宏观

在以旧换新方面：2024年8月21日，国家发展改革委和国家能源局联合发布了《能源重点领域大规模设备更新实施方案》。该方案的核心目标是到2027年，能源重点领域的设备投资规模较2023年增长25%以上。方案强调了四个坚持原则：市场为主、统筹联动，先立后破、稳步推进，鼓励先进、淘汰落后，以及标准引领、有序提升。方案特别指出了煤电机组节能改造、供热改造和灵活性改造的“三改联动”的重要性，这是提升煤电效率和灵活性的关键措施。同时，方案也涉及到了输配电、风电、光伏、水电等领域的设备更新和技术改造，以实现能源行业的现代化和可持续发展。此外，方案还提出了推进风电和光伏设备更新和循环利用的具

体措施，鼓励老旧风电场进行改造升级，以及通过高效光伏组件、逆变器
等关键设备的更新，推进光伏组件的回收处理与再利用技术发展。

能源领域的设备更新与改造，正成为推动经济增长和稳定经济的重要力量。这一过程不仅激发了电网设备等领域的投资活力，而且通过增加需求和促进就业，为经济的稳健发展提供了坚实的支撑。技术改造和循环利用的实施，确保了能源设备的长周期安全运行，同时显著提升了能源利用效率，为行业的健康和可持续发展提供了保障。

关键之处在于，这些措施确保了投资的长期性和一致性，这对于维护经济的稳定增长至关重要。通过扩大内需，能源设备更新改造不仅提升了国内市场的活力，还有助于构建一个更加强大和自主的内部市场。这样的市场能够更好地抵御外部冲击，保持经济的持续健康发展。