

柔直渗透率加速提升，把握特高压新技术大机遇

2024年02月08日

► **新一代直流输电技术，提升电网输送能力和安全水平。**柔直系统通过两端的换流站实现两个交流网络之间的相互传送，具有控制灵活方便、扩展性好等优点，是提升可再生能源接纳能力、增强电网稳定性和灵活性、支撑电网变革的重要手段。柔性直流系统构成的核心设备包括柔性直流换流阀、电抗器、换流变压器、高压直流断路器、以及输电控制保护系统等，其中柔性直流换流阀的 IGBT 为核心零部件，换流阀总价值量中占比 40%-50%。

► **柔性直流是解决新能源消纳、长距离输送及电网安全的重要途径。**优势：相较于常规直流输电有多项优势，(1) 无需无功补偿，占地面积小；(2) 无换相失败；(3) 适用于多端系统；(4) 无源网络供电。劣势：核心零部件成本高，国产替代降本空间大。核心零部件 IGBT 在换流阀总价值量中占比 40%-50%，90% 以上的 IGBT 器件依赖进口且价格较高，导致建设成本高昂。国产替代降本空间大。国电南瑞自主研发的 4500V/3000A IGBT 在张北延庆换流站一次性挂网成功，实现 650V-4500V 全电压等级 IGBT 器件自主研发；时代电气在新能源发电领域的风电变频器产品交付进度加快，在央企发电集团年度集采/框采中大部分实现入围，推动国产替代进程。

► **柔直应用场景多样，发展前景广阔。**海外：预计 2033 年国外新增柔直输电工程项目将超过 50 个，新增容量超 60GW，欧洲已提出“超级电网”计划旨在提高欧洲电网对于可再生能源的消纳与利用；国内：柔性直流输电技术已在风电送出、电网互联、无源网络供电和远距离大容量输电等场景取得了充分发展和工程应用，其输电能力已经达到特高压等级，南方电网已明确提出“新建直流受端以柔性直流为主，存量直流逐步实施柔性直流改造”。由此可见，柔性直流输电是新能源并网消纳、电网互联和远距离输电的重要方式，应用场景包括陆上柔直、海风外送柔直和背靠背电网柔直互联等，发展前景十分广阔

► **柔直渗透率提升为换流阀厂商带来高业绩弹性。**传统直流输电中，变压器的损耗和投资额占比较高，分别达到 51.6%和 54%，换流阀的损耗和投资额占比为 36.7%和 27%；柔性直流输电中，换流阀的损耗和投资额中占比较高，达到 70.6%和 57%，变压器的设备损耗和投资额占比为 23.5%和 29%。根据我们测算，以昆柳龙工程为例，柔直换流阀的价值量约是常直换流阀的 5 倍，有望为换流阀厂商带来更高的业绩弹性。

► **投资建议：**新型电力系统背景下，特高压是解决风光资源禀赋&用电需求逆向分布的最优解之一，国网十四五规划“24 交 14 直”保障特高压建设平稳推进，柔性直流技术可解决常规直流、交流特高压技术面临的多项难题，价值量有较大提升，关注受益的核心环节及标的：二次设备领先企业【国电南瑞】、变配网和直流业务弹性标的【许继电气】、特高压 GIS 龙头【平高电气】等。此外，核心元件国产化进程近年来也正在加快，建议重点关注【时代电气】、【派瑞股份】、【法拉电子】等。

► **风险提示：**电网投资推进不及预期；原材料价格波动幅度超预期；柔直新技术推广进程不及预期等。

推荐

维持评级



分析师 邓永康

执业证书：S0100521100006

邮箱：dengyongkang@mszq.com

分析师 李佳

执业证书：S0100523120002

邮箱：lijia@mszq.com

分析师 王一如

执业证书：S0100523050004

邮箱：wangyiru_yj@mszq.com

分析师 朱碧野

执业证书：S0100522120001

邮箱：zhubiye@mszq.com

分析师 李孝鹏

执业证书：S0100524010003

邮箱：lixiaopeng@mszq.com

研究助理 许浚哲

执业证书：S0100123020010

邮箱：xujunzhe@mszq.com

研究助理 林誉韬

执业证书：S0100122060013

邮箱：linyutao@mszq.com

相关研究

1. 电力设备及新能源周报 20240204：光伏组件出口显著提升，预计 24 年新能源装机首次超过煤电规模-2024/02/04
2. 电网出海-2：从伊顿 (EATON) 订单再论电网设备出海新机遇-2024/02/02
3. 氢能月刊 (24.01)：绿氢补贴纷来沓至，产业步入黄金发展期-2024/01/28
4. 电力设备及新能源周报 20240128：23 年国内光伏新增装机破 200GW，逆变器出口额环比改善-2024/01/28
5. 电新行业 2023Q4 基金持仓分析：万紫千红待春临-2024/01/25

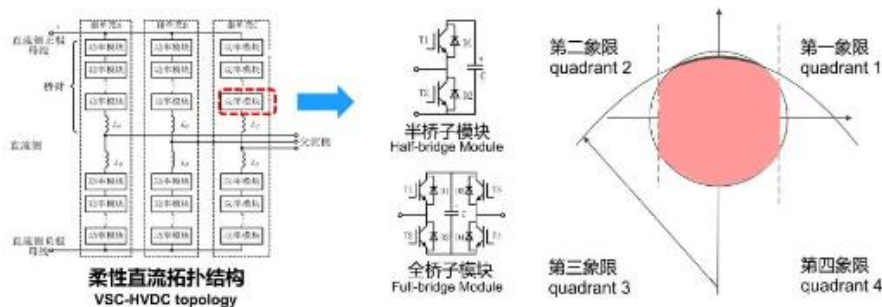
目录

1 新一代直流输电技术，提升电网输送能力和安全水平	3
2 柔性直流是解决新能源消纳、长距离输送及电网安全的重要途径	7
2.1 长距离输送带来新挑战，柔性直流优势凸显	7
2.2 核心零部件成本高，国产替代降本空间大	10
3 柔直应用场景多样，海内外已有多项目投运	11
3.1 应用场景多样，发展前景广阔	11
3.2 场景一：陆上柔直	12
3.3 场景二：海风外送柔直	13
3.4 场景三：背靠背电网柔直互联	16
4 柔直渗透率提升为换流阀厂商带来高业绩弹性	17
5 投资建议	19
5.1 行业投资建议	19
5.2 重点公司	20
6 风险提示	26
插图目录	27
表格目录	27

1 新一代直流输电技术，提升电网输送能力和安全水平

柔性直流输电 (VSC-HVDC) 是一种继交流输电、常规直流输电后的新型直流输电方式。柔直系统通过两端的换流站实现两个交流网络之间的相互传送，具有控制灵活方便、扩展性好等优点，是提升可再生能源接纳能力、增强电网稳定性和灵活性、支撑电网变革的重要手段。柔性直流输电采用电压源换流器(VSC)，是柔性直流输电区别于常规直流输电的关键部分。电压源换流器在桥臂中用可控电力电子管 (IGBT、IGCT) 取代传统直流的晶闸管，通过可关断器件和脉宽调制技术，精确控制换流站输出的电压幅值和相位，有效提升电网输送能力和安全稳定水平。

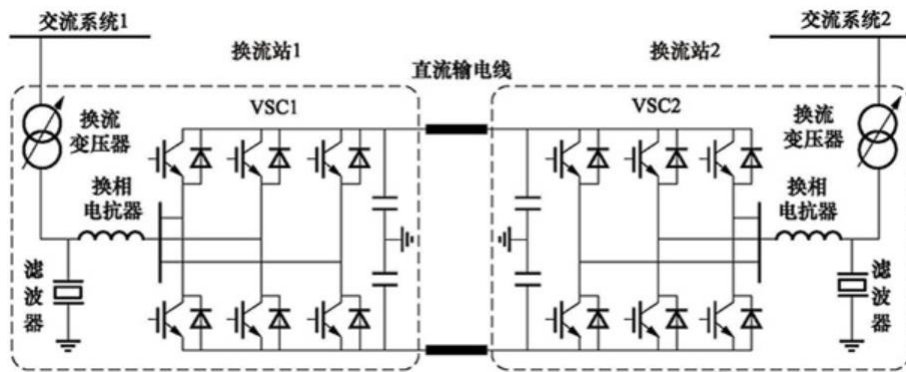
图1：柔性直流拓扑结构



资料来源：南方电网，民生证券研究院

换流站是柔性直流输电系统最主要的部分。根据运行状态可以分为整流站和逆变站，运行原理是将交流电转换成直流电从整流站送出，在受电端将直流电再转为交流电，最终形成电网的“接入阀门”和“电源”，可以有效地控制其上通过的电能，隔离电网故障的扩散，而且还能根据电网需求快速、灵活、可调地发出或者吸收一部分能量，从而优化电网的潮流分布、增强电网稳定性、提升电网的智能化和可控性。

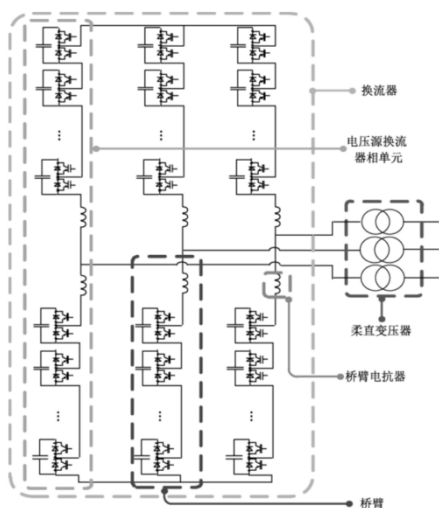
图2：柔性直流输电系统原理示意图



资料来源：银河电气，民生证券研究院

柔性直流系统构成的核心设备包括柔性直流换流阀、电抗器、换流变压器、高压直流断路器、以及输电控制保护系统等。目前我国绝大部分柔性直流输电工程均采用半桥式子模块的模块化多电平换流器拓扑结构，单个换流器一般由三个相单元即六个桥臂组成，每个桥臂由阀组件及桥臂电抗器组成，每个相单元由两个桥臂构成，两个桥臂的连接点通过柔直变压器与交流系统联接。

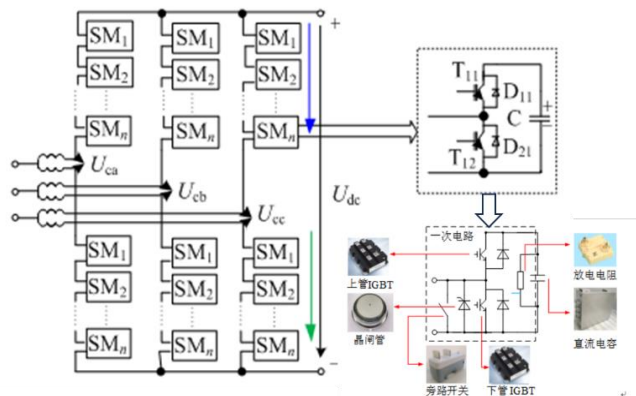
图3：模块化多电平换流器拓扑结构



资料来源：国家标准《柔性直流输电用变压器技术规范》，民生证券研究院

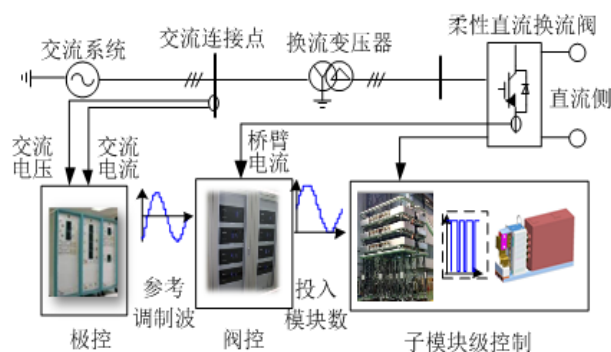
柔性直流换流阀：根据观研天下的统计，IGBT 为最核心零部件，在换流阀总价值量中占比 40%-50%，其次为电容器，占比 25%-30%，其他为旁路开关、阀控系统、阀冷却系统、结构件、绝缘件等。与传统直流输电工程所用的半控晶闸管不同，柔性直流工程中的换流阀通常采用全控型的 IGBT，通过极控、阀控以及子模块级控制实现各种功能。其中，极控系统根据直流系统控制目标生产调制波指令；阀控系统接收指令后进行解析与下达，每个子模块的投切指令；子模块级控制系统控制 IGBT 器件的开通和关断，实现直流电容的投入或切除，拟合形成不同幅度和相角的交流电压。

图4：柔性直流换流阀的拓扑结构



资料来源：郭贤珊《高压大容量柔性直流换流阀可靠性提升关键技术研究与应用》，民生证券研究院

图5：柔性直流输电控制系统架构



资料来源：郭贤珊《高压大容量柔性直流换流阀可靠性提升关键技术研究与应用》，民生证券研究院

电抗器：电抗器主要用于换流阀的直流侧，将叠加在直流电流上的交流分量限定在某一规定值，从而保持整流电流的连续性，减小电流脉动值，改善输入功率因数，并抑制变流装置产生的谐波。柔直输电中使用的桥臂电抗器主要起到抑制桥臂间环流和抑制短路时上升过快的桥臂故障电流的作用，其在运行中需承受电流幅值相当的交直流复合大电流，因此既要考虑基于电感分布的交流电流分配特性，也要考虑基于电阻分布的直流电流分配特性。

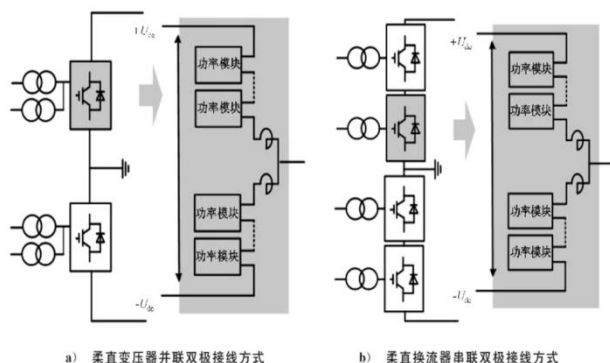
图6：龙门换流站的桥臂电抗器



资料来源：中国电力新闻网，民生证券研究院

换流变压器：换流变压器能够将交流系统的电能送到换流阀，也可以从换流阀接收电能送到交流系统的变压器设备。应用于柔直输电的变压器可采用单极/双极等多种接线方式，在电压等级较高、传输功率较大的情况下为了避免受变压器容量的限制，可以采用柔直变压器并联或者柔直换流器串联的方式将传输功率分配给两组或多组变压器，实现在交流系统连接点与一个或多个电压源换流器单元之间传输电能。

图7：大容量柔性直流双极输电系统连接方式



资料来源：国家标准《柔性直流输电用变压器技术规范》，民生证券研究院

图8：张北±500kV 柔性直流输电工程的换流变压器



资料来源：特变电工产品，民生证券研究院

高压直流断路器：高压直流断路器作为直流换电站的核心电气保护组件，对保障直流系统安全、经济、灵活运行意义重大，可以在发生故障时迅速断开电路，能够有效隔离故障区域和故障点，实现线路的安全并离网。这一功能也是直流输电单

条线路向多端的直流电网，乃至更为庞杂的直流系统的升级发展的关键。

图9：直流断路器示意图



资料来源：思源电气新闻，民生证券研究院

柔性直流输电控制保护系统：直流控保系统为直流输电工程换流站提供起控与保护作用。换流阀接收直流控保系统的指令，通过 IGBT 驱动并转换为开关信号控制 IGBT 的导通关断，实现了两个换流站之间的直流电能的可控传输，独立保护每一重的测量回路、电源回路、出口跳闸回路及通信接口回路；同时，还可以根据需求提供电网的补偿支撑，通过网络安全监测装置采集换流站监控层的服务器、工作站、网络设备和安防设备自身感知的安全数据及网络安全事件，实现对网络安全事件的本地监视和管理。

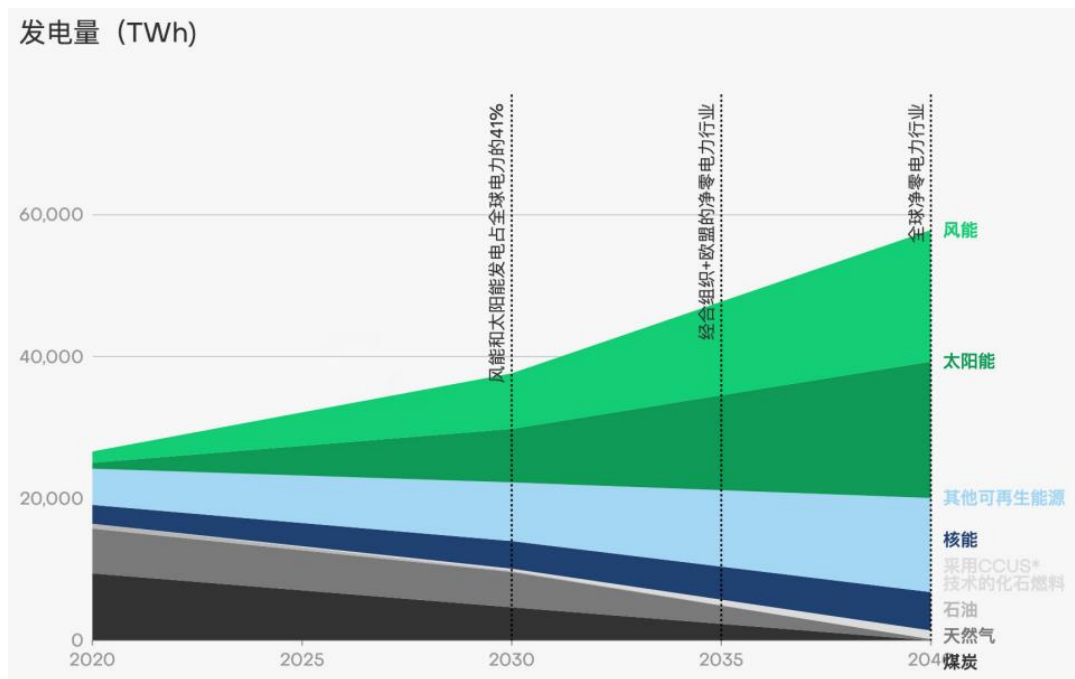
2 柔性直流是解决新能源消纳、长距离输送及电网安全的重要途径

2.1 长距离输送带来新挑战，柔性直流优势凸显

风电、光伏发电占比呈现上升趋势，新能源发电已成新型电力系统的主动脉。

根据 IEA 在《WorldEnergyOutlook2022》中假设 2035 年 OECD 国家实现电力净零，2040 年全球实现电力净零的情景。为了达到这一目标，到 2030 年，风能和太阳能占全球发电量的比例需要从 2021 年的 10% 增加到 41%。煤炭发电量需要下降 54%，天然气发电量需要下降 24%。而到 2040 年，电力行业需要实现净零排放的目标，全球必须逐步淘汰煤电，仅存少量的天然气发电。

图10：2040 年全球实现净零排放目标的推演



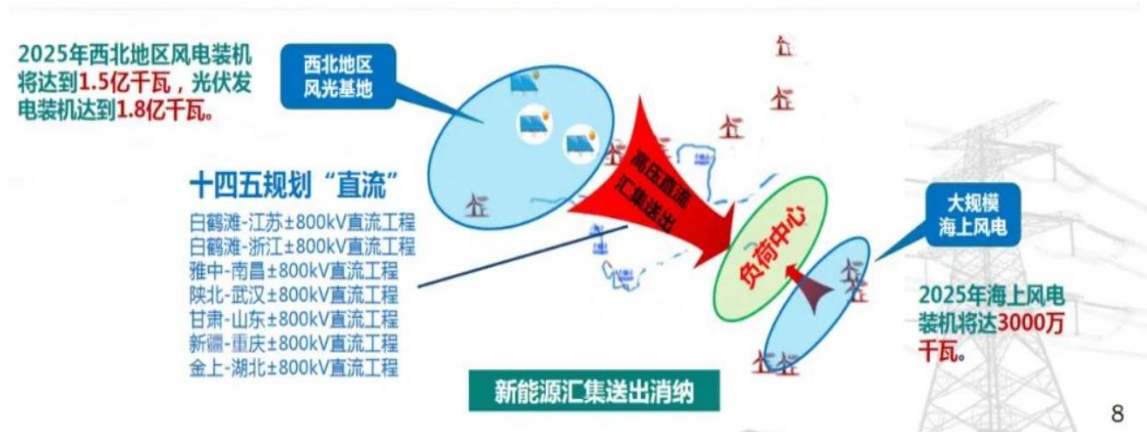
资料来源：EMBER，民生证券研究院

集中式光伏和海上风电的长距离输送带来新挑战。 由于集中式光伏需要建设在人烟稀少地貌广阔且阳光资源充足的位置，国内大部分光伏基地集中于西北地区（新疆、甘肃、宁夏等），然而我国的经济重心在东南沿海地区，其用电需求远高于人烟稀少的西北地区，供需不匹配导致“弃光”现象严重。为了解决消纳问题，需要通过特高压长距离输送将电力送往东部的符合地区。

海上风电由于远海的风能资源丰富和风电场规模大型化对作业空间的刚性要求，深远海化将是未来趋势，更长的输电距离对于传输过程中的安全稳定性的要求将会更严格。随着双碳战略的实施，西部大规模新能源仍需通过更多高压直流输送到东部负荷中心，直流落点将更加密集，多回直流换相失败引发的功率冲击将进一步

增大。同时，东部新能源占比也日益增大，交流系统惯性和抗扰动能力进一步下降，多直流换相失败影响范围将更大，电网或面临更大的系统风险。

图11：新能源送出消纳示意图

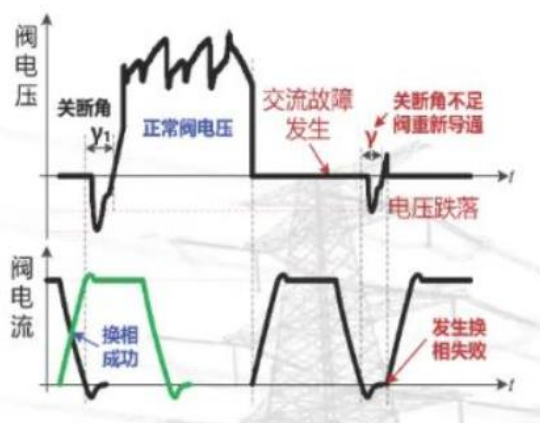


资料来源：国网智能电网研究院，民生证券研究院

换相失败是长距离常规直流输电最常见的故障之一。换相失败的主要原因是交流系统故障使得逆变侧换流母线电压下降，常规直流输电采用电网换相换流器 (Line-Commutated converter, LCC)，由晶闸管串联构成，只能控制开通，须借助电网提供反向电压才能关断，当交流故障引起电压跌落时，致反向电压不足又重新导通，发生换相失败。换相失败发生后，换流器中同一相的另一个桥臂触发开通后则会导致上下两个桥臂同时导通形成直流短路，导致直流功率跌落至零。单条直流发生换相失败后，随着交流故障的清除，一般在 200ms 内恢复功率输送并稳定运行不会对电网造成危害。

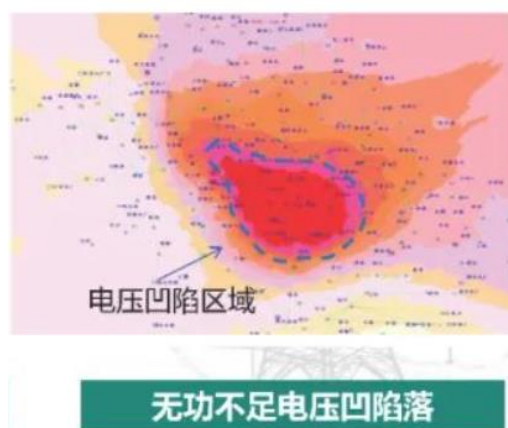
多馈入直流系统中单一交流故障就能引发多回直流同时换相失败，故障期间多个换流站同时吸收大量无功，拉低受端电网交流电压，可引发区域性电压凹陷甚至失稳，进而影响跨区域电网间的联络。

图12：换相失败前后电压电流波形



资料来源：国网智能电网研究院，民生证券研究院

图13：多回直流同时换相失败后引发区域性电压凹陷



资料来源：国网智能电网研究院，民生证券研究院

柔性直流输电相较于常规直流输电有多项优势，不存在换相失败问题。

(1) 无需无功补偿，占地面积小：柔性直流输电采用可关断器件，控制系统可以随时关断换流阀，无需交流侧提供换相电流和反向电压。得益于完整控制，柔性直流输电在交流侧无需大量无功支撑，无需常规直流输电交流滤波器场的用地，大大减少了征地范围。

(2) 无换相失败：常规直流输电并网时难以避免换相失败现象，会对受端电网系统安全稳定带来一定冲击。柔性直流输电技术采用可关断器件，开通关断时间可控，与电流的方向无关，从原理上避免了换相失败问题，提升电网稳定性。

(3) 适用于多端系统：柔性直流输电系统的电流可双向流动，便于构建多端直流输电系统。

(4) 无源网络供电：常规直流系统依靠电网完成换相，需要较强的有源交流系统支撑。柔性直流输电技术能实现自换相，无需外加换相电压，因此受端系统可以是无源网络，为偏远地区供电提供技术支持。

表1：柔性直流与常规直流的对比

比较项目	常规直流	柔性直流
电流形式	直流电	直流电
电源形式	直流源	电压源
最大电压	±1100KV	工程数据：±500KV 理论数据：±800KV
换流阀器件	半控晶闸管	全控IGBT
损耗	较小	较大
无功补偿	需要	不需要
交流系统支撑换相	需要	不需要
站间通讯	需要	不需要
潮流反转改变控制策略	需要	不需要
滤波要求	滤波器+并联电容器， 谐波较大	小型滤波器，谐波较小
功率潮流	只可控制有功	有功无功分别控制
换相问题	有换相失败	无换相失败
交流并网	需要交流系统支持换相	可支持无缘交流系统
占地面积	大	小

资料来源：华经产业研究院，民生证券研究院

2.2 核心零部件成本高，国产替代降本空间大

相比交流输电，柔直最大的问题为经济性不强，核心零部件成本高。核心零部件 IGBT 在换流阀总价值量中占比 40%-50%，90%以上的 IGBT 器件依赖进口且价格较高，导致建设成本高昂。在蔡晖所著的《柔性直流输电技术在江苏电网的应用研究》中以扩建南京西环网系的 500 kV 秋藤变江南侧主变，新建秋藤—绿博园 3 回 220 kV 线路为例，调研了柔性直流输电技术在国内电网中现有工程的运行现状，最终结果显示，柔性直流相比常规交流更具有显著的技术优势，可以满足南京西环网饱和负荷的需求，同时通过控制策略的调整，不仅不会产生充电功率等无功需求，还可以根据需求向系统提供无功支撑，但从投资上比交流方案高出约 8.85 亿元的成本，在经济性上具有一定的劣势。

图14：交流/直流方案经济性比较

表 1 投资对比汇总表

Table 1 Summarization list of investment comparison

亿元

方案	变电部分	线路部分	总计投资
交流方案	2.0	18.25	20.25
直流方案	16.0	13.1	29.1

资料来源：《柔性直流输电技术在江苏电网的应用研究》蔡晖等，民生证券研究院

国产替代是降本关键。由于 IGBT 器件依赖进口且价格高昂，降本需求迫在眉睫，推动 IGBT 自供能力在不断提升，未来柔直技术有望进一步经济化进而实现规模化应用，带动柔直其他核心装置需求提升。目前来看，国内相关企业国电南瑞和时代电气大力投入研发国产 IGBT 并取得优秀的结果，国电南瑞自主研发的 4500V/3000A IGBT 在张北延庆换流站一次性挂网成功，实现 650V-4500V 全电压等级 IGBT 器件自主研发；时代电气在新能源发电领域的风电变流器产品交付进度加快，在央企发电集团年度集采/框采中大部分实现入围，推动国产替代进程。

表2：国产 IGBT 相关研发投入情况

相关项目	项目情况	工程累计投入
国电南瑞南瑞联研 4500V 压接式 IGBT 模块小试生产线建设项目	已完结	2243 万元
国电南瑞 BT 模块封装测试生产线建设项目	已完结	1.35 亿元
时代电气高压 IGBT 芯片生产线改造及扩能项目	正在进行	4.95 亿元

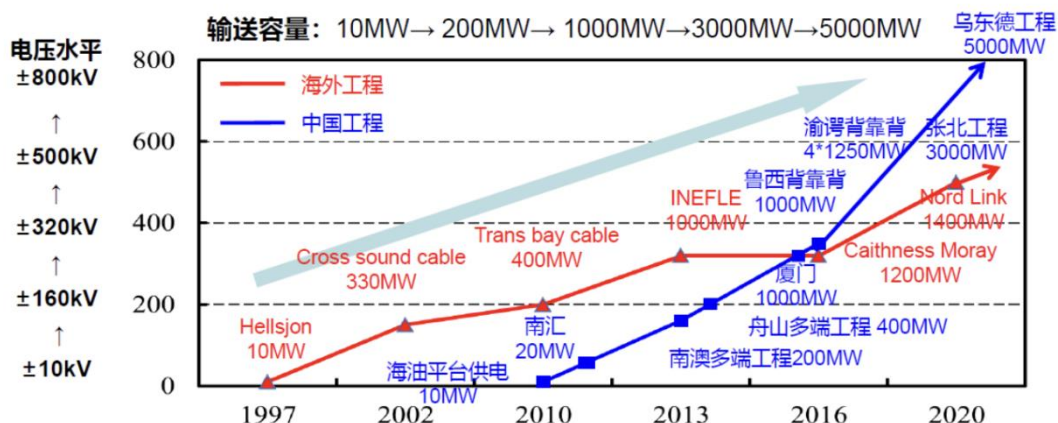
资料来源：国电南瑞公告，时代电气公告，民生证券研究院整理

3 柔直应用场景多样，海内外已有多项目投运

3.1 应用场景多样，发展前景广阔

海内外需求共振，发展前景广阔。海外方面，根据饶宏所著论文《柔性直流输电技术的工程应用和发展展望》中的预测，到 2033 年国外新增柔直输电工程项目将超过 50 个，新增容量超 60GW，欧洲已提出“超级电网”计划旨在提高欧洲电网对于可再生能源的消纳与利用；国内方面，风光装机在双碳目标的催化下增长迅速，预计到 2030 年总装机将达到 12TW。目前，柔性直流输电技术已在风电送出、电网互联、无源网络供电和远距离大容量输电等场景取得了充分发展和工程应用，其输电能力已经达到特高压等级，南方电网已明确提出“新建直流受端以柔性直流为主，存量直流逐步实施柔性直流改造”，由此可见，柔性直流输电作为新能源并网消纳、电网互联和远距离输电的重要方式，发展前景十分广阔。

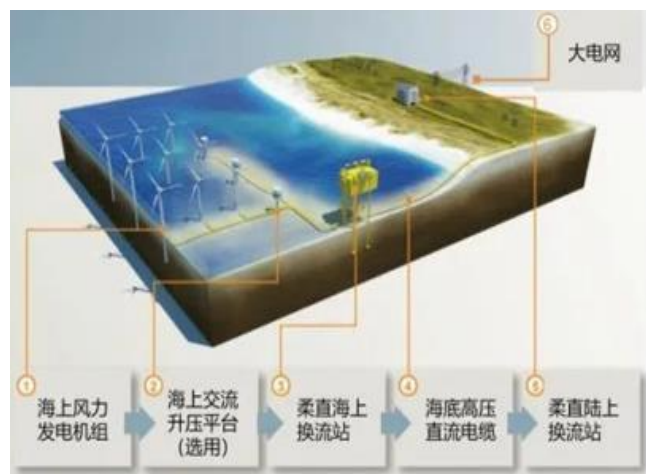
图15：海内外柔直项目



资料来源：《昆柳龙工程成套设计及柔性直流应用展望》饶宏，民生证券研究院

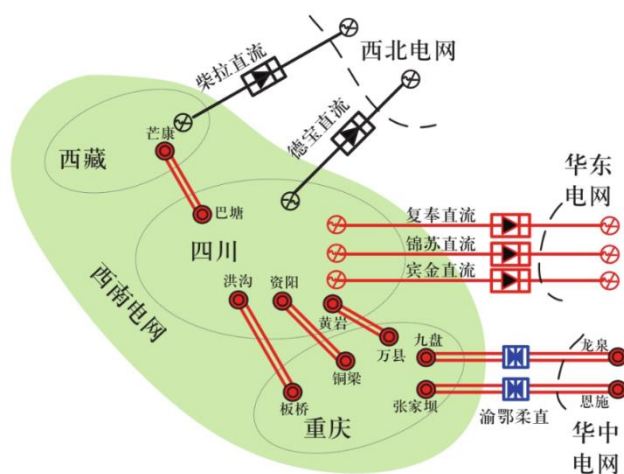
柔性直流输电技术主要在陆上输电、海上送出和直流背靠背电网柔直互联等方面发挥重要作用。(1) 陆上：柔性直流输电技术能够实现长距离输电，实现偏远地区的供电。(2) 远海风电：高压交流输电技术受海缆电容效应限制，长距离交流电缆充电功率过大会引起电压升高等问题，不能满足大容量、远距离海上风电输送的需求。柔性直流输电无充电功率限制，可有效降低风电间歇性对电网稳定性的影响，可为海上风电场提供稳定的并网电压，系统运行方式调控灵活，是解决远海风电并网消纳的理想方案。(3) 电网互联：我国能源与负荷分布不均衡，城市电网常面临本地电源支撑不足、建设难度大成本高等问题，柔性直流技术的灵活性和快速的控制能力适用于城市电网的柔性分区互联，可改变原有分区间交流弱互联的局面，增强分区间的互济，提高区域供电的可靠性及灵活性。

图16: 海上风电柔直系统拓扑结构示意图



资料来源: 国家电网, 民生证券研究院

图17: 西南电网柔直异步互联新格局



资料来源: 《全球能源互联网》, 刘振亚, 民生证券研究院

我国历史已有多个柔性直流项目。2022年3月22日, 国家发改委国家能源局印发《“十四五”现代能源体系规划》, 提出“完善区域电网主网架结构, 推动电网之间柔性可控互联, 构建规模合理、分层分区、安全可靠的电力系统, 提升电网适应新能源的动态稳定水平。科学推进新能源电力跨省跨区输送, 稳步推广柔性直流输电”。至今我国已有多个柔性直流工程建成投产, 送电能力及电压等级均逐步提升。

表3: 我国柔性直流工程概况

柔性直流工程	建成时间	电压等级 (千伏)	容量 (MW)	线路长度 (千米)
上海南汇风电场柔性直流输电工程	2011	±30	20	9
中海油文昌柔性直流输电工程一期/二期	2011/2012	±10	4/8	-
南澳±160千伏多端柔性直流输电示范工程	2013	±160	200	41
浙江舟山±200千伏五端柔性直流科技示范工程	2014	±200	400	142
厦门±320千伏柔性直流输电科技示范工程	2015	±320	1000	11
鲁西背靠背柔性直流工程	2016	±350	1000	-
大连跨海柔性直流输电示范工程	2016	±320	1000	50
渝鄂直流背靠背联网工程	2019	±420	4*1250	-
张北柔性直流电网工程	2020	±500	3000	666
昆柳龙柔性直流工程	2020	±800	8000	1452
江苏如东海上风电柔性直流输电工程	2021	±400	1100	108
粤港澳大湾区直流背靠背电网工程	2022	±300	4*1500	-
白鹤滩-江苏±800千伏特高压直流输电工程	2022	±800	8000	2080

资料来源: 北极星智能电网, 民生证券研究院

3.2 场景一: 陆上柔直

昆柳龙直流工程: 全球电压等级最高、输送容量最大的多端混合直流工程。 乌东德昆柳龙特高压多端柔直示范工程于 2020 年底投产, 由南方电网投资建设, 是全球首个特高压柔性直流工程, 电压等级达到±800 千伏 (此前全球最高柔直电压

等级为±550 千伏), 总投资额 242.49 亿元。该项目将乌东德水电站发出的电送至广东和广西的用电负荷中心, 首创多端混合直流输电技术, 送电端采用常规直流, 广东和广西 2 个受电端采用柔性直流, 每年约送电 330 亿度, 在有效解决云南水电消纳问题的同时, 为粤港澳大湾区经济发展用电需求奠定坚实基础。此外, 该工程带动国内相关装备制造业的高端化和设备的国产化, 工程包括大容量柔性直流换流阀、柔性直流变压器、桥臂电抗器在内的主要设备自主化率 100%, 且将南方电网与中车共同研发的柔性直流 IGBT 成功应用到工程中, 打破了国外少数厂家的垄断。

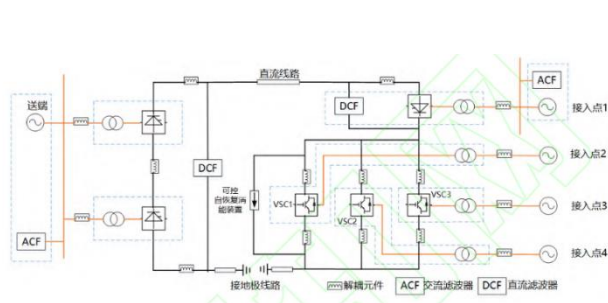
白鹤滩—江苏工程投产, 保障江浙地区电力供应。2022 年 7 月, 白鹤滩—江苏工程竣工投产, 该项目额定电压±800 千伏, 额定输送容量 800 万千瓦, 总投资 307 亿元, 线路全长 2080 公里, 起于四川省凉山州布拖县, 止于江苏省苏州常熟市, 途经四川、重庆、湖北、安徽、江苏 5 省和直辖市, 该工程是**全球首个混合级联特高压直流工程**, 在建设中首次研发应用**常规直流+柔性直流的混合级联特高压直流输电技术**, 作为白鹤滩-江苏工程的终点站, 虞城换流站低端部分采用了柔性直流技术, 高端部分则使用常规直流技术, 解决了 LCC 直流存在的换相失败、不能接入弱交流系统等问题, 可有效提升电网的安全稳定运行能力。

图18: 昆柳龙工程示意图



资料来源: 南方电网, 珠海市电力行业协会, 民生证券研究院

图19: 混联直流单极结构示意图



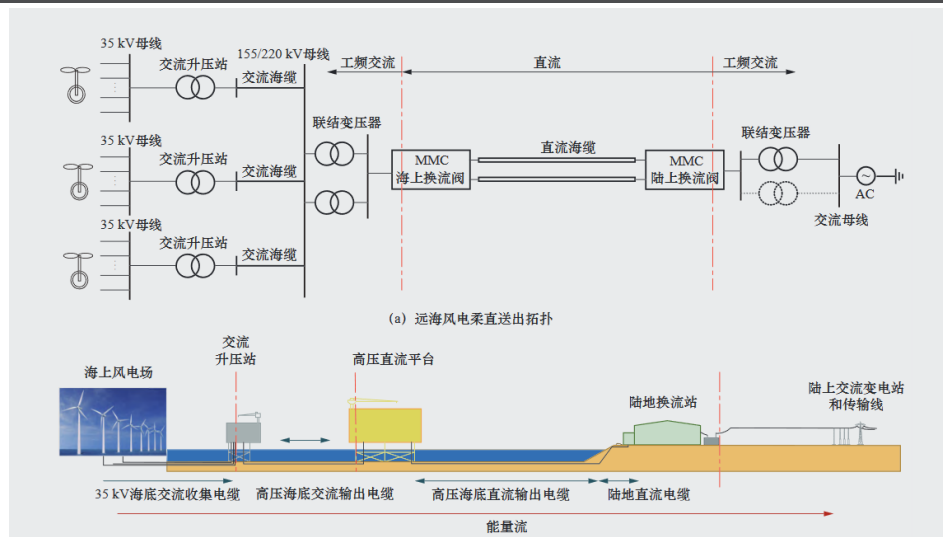
资料来源: 《白鹤滩—江苏特高压混合级联直流工程数模仿真平台构建及特性研究》雷霄, 杨立敏等, 民生证券研究院

3.3 场景二: 海风外送柔直

近海资源日趋紧张, 柔直技术为远海风电保驾护航。根据李钢, 田杰等所著《远海风电送出技术应用现状及发展趋势》, 中国海上风电以离岸距离小于 50km、装机容量 20 万~40 万 kW 的近海项目为主, 受到生态环境保护、交通航道占用、已有资源开发等因素影响, 近海风电项目的站址资源日趋紧张, 而离岸距离大于 70km 的远海风电资源更加丰富稳定。海风于较早发展于欧洲, 项目大多数集中在德国、荷兰和瑞典, 柔直输电方案技术较为成熟, 目前欧洲已有 10 条在运远海风电柔直输电工程, 国内远海风送出近年来开始发展, 目前也已经开展了部分柔性直流输电技术应用于海上风电的项目建设, “十四五”规划中指出推进一批百万千瓦

级的重点项目集中连片开发，重点建设山东半岛、长三角、闽南、粤东和北部湾等千万千瓦级海上风电基地开发建设。目前远海风电直流送出主要采用柔直送出技术，基于模块化多电平换流器（modularmultilevelconverter, MMC）的柔直输电技术具有损耗低，谐波含量小、可靠性高等优势，适合远海风电送出。

图20：海上风电 35kV 汇集直流送出拓扑及主回路示意



资料来源：《远海风电送出技术应用现状及发展趋势》李钢、田杰等，民生证券研究院

海外：德国北海海域的海风集群较为集中，如 BorWin、DolWin、SylWin 等，其中，DolWin1 是全球第一个电压等级达到 320 千伏的海风柔直输电项目，DolWin5 是世界上第一个无需海上升压站的海风柔直送出工程；而 DolWin2 是目前世界上已投运的输送功率最大（916MW）的海风柔直送出工程。DolWin5 是世界上第一个无海上升压站的海风柔直送出工程，66 千瓦风场直接接入海上换流站。

表4：海外海风柔直输电工程

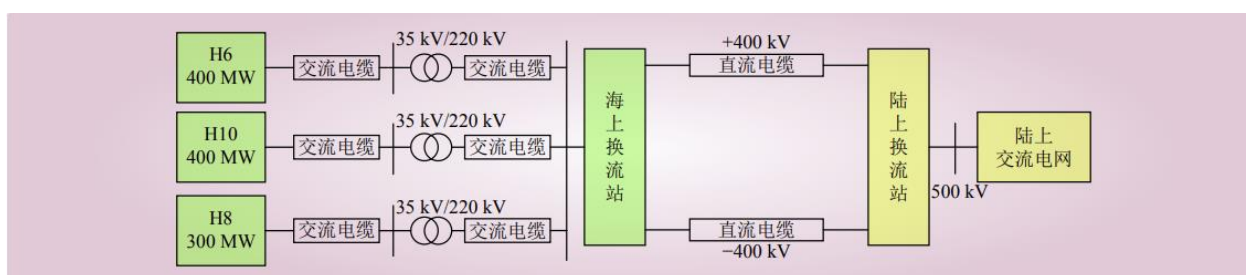
工程名称	投运年份	建设商	功率段 (MW)	电压等级 (千伏)	距离 (公里)
DolWin1	2015	ABB	800	±320	165
BorWin2	2015	西门子	800	±300	200
HelWin1	2015	西门子	576	±250	130.5
SylWin1	2015	西门子	864	±320	205
DolWin2	2017	ABB	916	±321	135
HelWin2	2015	西门子	690	±322	130.5
DolWin3	2017	Alstom	900	±323	161
BorWin3	2019	西门子	900	±324	160
DolWin5	2024	ABB	900	±325	135
DolWin6	2023	西门子	900	±326	90

资料来源：《大规模海上风电柔性直流输电技术应用现状和展望》刘卫东等，民生证券研究院

国内：2019 年，国内开始启动多个海风柔直输电项目，其中包括如东海风柔直输电示范项目和射阳海风柔直输电项目。

江苏如东海风柔直输电项目：该项目分别在海上和陆上各建设 1 座换流站，其中海上换流站离岸直线距离约 70 公里。海上、陆上换流站之间通过 99 公里海缆及 9 公里陆缆连接。柔直输电系统采用对称单极接线，直流电压等级±400 千伏、输送容量为 1100MW。如东县东部黄沙洋海域有三个风电场群，其中 H6、H10 容量为 400MW，H8 容量为 300MW，该项目在每个风电场内各设置 1 座 220 千伏的海上升压站，风电机组通过场内 35 千伏集电系统接入海上柔直换流站，后续通过直流电缆和陆上换流站，最后并入 500 千伏陆上交流电网。

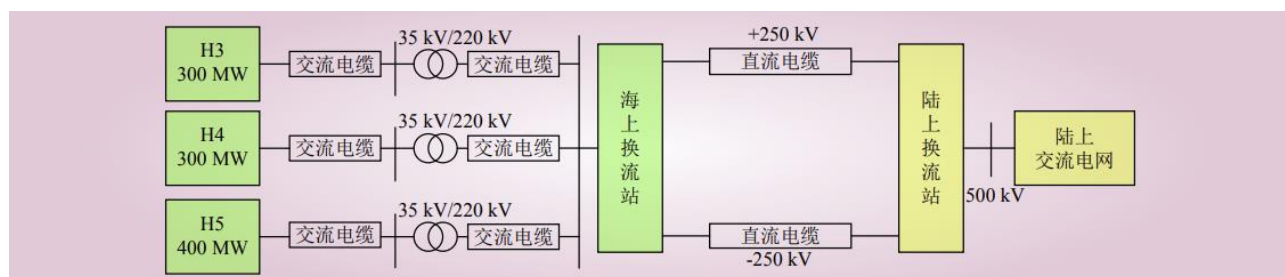
图21：如东海上风电柔直输电项目送出方案



资料来源：《大规模海上风电柔性直流输电技术应用现状和展望》刘卫东等，民生证券研究院

射阳海风柔直输电项目：该工程将江苏射阳海上南区三个风电场，总计 1GW 的容量汇集后，采用±250 千伏的电压等级柔性直流方案送出。该项目海上换流站离岸直线距离 65 公里。通过 6 回 220 千伏交流海缆分别与 3 个风场 220 千伏海上升压站相连。陆上换流站位于射阳河入海口南侧，接入 500 千伏射阳变电站。陆上换流站之间通过单回直流海缆连接，直流海缆单根长度约 86 公里。

图22：射阳海上风电柔直输电项目送出方案



资料来源：《大规模海上风电柔性直流输电技术应用现状和展望》刘卫东等，民生证券研究院

阳江青州柔直输电项目：23 年 11 月，阳江市发改委发布青洲五七海缆集中送出工程核准前公示，项目建设年限为 38 个月，拟采用±500kV 对称单极柔直输电系统+66kV 阵列缆，建设 1 座±500kV 海上换流站、1 座±500kV 陆上集控中心、±500kV 直流海缆。

3.4 场景三：背靠背电网柔直互联

交流电网分区互联典型应用，有效消除多回直流同时换相失败风险。目前国内外已有多个柔性直流背靠背工程投运，以广州、东莞工程为例，大湾区电网存在着区域负荷密集、网架结构复杂和电气联系紧密等问题，有大面积停电的风险，难以兼顾未来适应电源负荷发展需求和提升系统灵活调控能力，而在大湾区建成的柔性直流背靠背工程，解决了多直流馈入受端电网长期以来面临的三大稳定问题，增强了粤港澳大湾区电力长期安全可靠供应能力。截至 2022 年，广东电网直流背靠背工程在广州和东莞分别建成了 2 个 1.5GW 容量的柔性背靠背直流工程，直流电压为±300 千伏，大幅降低广州、东莞等核心地区 500 kV 短路电流水平，可消除多回直流同时换相失败风险，根据南方电网测算，粤港澳大湾区直流背靠背电网工程全部投产后，大湾区的供电能力将提升 80%。

表5：已投运的柔性直流背靠背工程（截至 2022 年底）

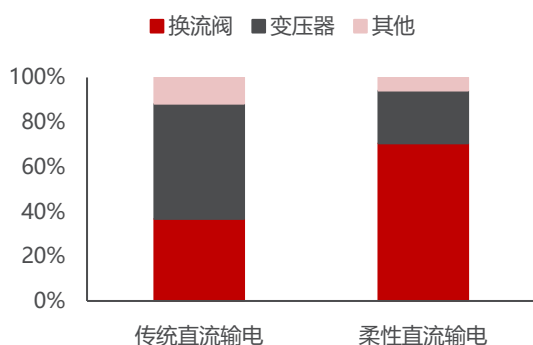
工程名称	国家	功率段 (MW)	直流电压 (kV)	投运时间
Eagle Pass B2B	美国、墨西哥	36	±15.9	2000
Mackinac B2B	美国	200	±70	2014
Clovis Tres				
Amigas	美国、墨西哥	750	±300	2014
SuperStation				
云南电网与南网主网背靠背异步联网工程	中国	1000	±350	2016
渝鄂直流背靠背联网工程	中国	1250	±420	2018
广东电网直流背靠背广州工程	中国	1500	±300	2022
广东电网直流背靠背东莞工程	中国	1500	±300	2022

资料来源：《新一代高性能柔性直流背靠背技术及工程应用》侯婷等，民生证券研究院

4 柔直渗透率提升为换流阀厂商带来高业绩弹性

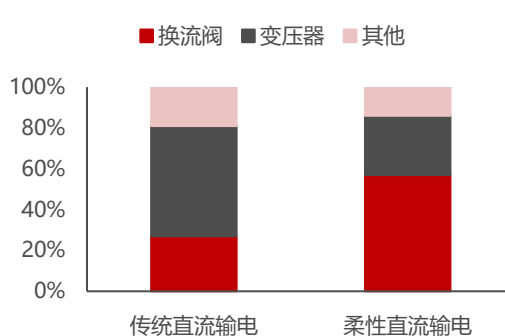
相比常规直流项目，柔直项目中换流阀的成本占比更高。传统直流输电中，变压器的损耗和投资额占比较高，分别达到 51.6%和 54%，换流阀的损耗和投资额占比为 36.7%和 27%；柔性直流输电中，换流阀的损耗和投资额中占比较高，达到 70.6%和 57%，变压器的设备损耗和投资额占比为 23.5%和 29%。

图23：常直和柔直输电主设备损耗比较



资料来源：《柔性直流输电技术的工程应用和发展展望》饶宏等，民生证券研究院

图24：常直和柔直输电主设备投资比较



资料来源：《柔性直流输电技术的工程应用和发展展望》饶宏等，民生证券研究院

柔直阀单 GW 金额最低 2.10 亿元,最高 4.73 亿元,价值量高于常规换流阀。

根据昆柳龙工程与白鹤滩-江苏工程的中标情况，我们计算出昆柳龙工程中，柳北站 3GW 柔直阀的单 GW 金额为 4.73 亿元，龙门站 5GW 柔直阀单 GW 金额为 3.42 亿元，而昆北站常直阀的单 GW 金额为 0.49 亿元；白鹤滩-江苏项目中，柔直阀/常直阀的单 GW 金额分别为 2.1/1.2 亿元。考虑到白鹤滩-江苏项目低端部分采用了柔性直流技术，高端部分则使用常规直流技术，故单 GW 价值量较低，参考昆柳龙工程，柔直换流阀价格远高于常直换流阀。

表6：各项目常直/柔直阀采购金额与单 GW 金额测算

项目	站点	柔直/常直	容量 (GW)	金额 (亿元)	单 GW 金额 (亿元/GW)
昆柳龙	昆北站	常直	8	3.96	0.49
	柳北站	柔直	3	14.20	4.73
	龙门站	柔直	5	17.12	3.42
白鹤滩-江苏	白鹤滩	常直	8	9.56	1.20
	虞城	混合	8	16.77	2.10

资料来源：南方电网，国家电网，国际电力网，北极星输配电网，民生证券研究院测算

考虑到不同容量的换流阀可能存在相同价值的固定成本，设站点容量为 x ，单站柔直换流阀价值量为 y ，假设单站柔直换流阀价值量 (y) 由固定价值 (a) 和可变价值 (bx) 两部分组成，以昆柳龙项目为例，已知柳北站柔直换流阀价值总量为 14.20 亿元，故可得 $14.2 = a + 3b$ ，龙门站柔直换流阀价值总量为 17.12 亿元，故

可得 $17.12=a+5b$ ，由此可得规模为 8GW 换流站中柔直换流阀的价值量为 21.5 亿元，与昆北站的常直换流阀投资金额相比较，可以得出**柔直换流阀的价值量约是常直换流阀的 5 倍，有望为换流阀厂商带来更高的业绩弹性。**

5 投资建议

5.1 行业投资建议

投资建议：

新型电力系统背景下,特高压是解决风光资源禀赋&用电需求逆向分布的最优解之一,国网十四五规划“24 交 14 直”保障特高压建设平稳推进,柔性直流技术可解决常规直流、交流特高压技术面临的多项难题,价值量有较大提升,关注受益的核心环节及标的:二次设备领先企业【国电南瑞】;变配网、直流业务弹性标的【许继电气】;特高压 GIS 龙头【平高电气】等。

此外,核心元件 IGBT 的国产化进程近年来也正在加快,如时代电气、国电南瑞、派瑞股份等均在相关领域有深厚的技术积累和产品布局,建议重点关注【时代电气】【派瑞股份】等。直流支撑电容器是柔性直流输电工程换流阀中的核心器件之一,建议重点关注【法拉电子】。

表7: 重点公司盈利预测、估值与评级

代码	简称	股价 (元)	EPS (元)			EPS 23-25CAGR	PE (倍)			评级
			2023E	2024E	2025E		2023E	2024E	2025E	
600406.SH	国电南瑞	22.47	0.92	1.07	1.24	16%	25	21	18	推荐
000400.SZ	许继电气	21.41	0.93	1.26	1.53	28%	23	17	14	推荐
600312.SH	平高电气	13.25	0.60	0.81	1.06	33%	22	16	12	推荐

资料来源: Wind, 民生证券研究院预测; (注: 股价为 2024 年 2 月 8 日收盘价)

5.2 重点公司

5.2.1 国电南瑞：电力设备龙头，聚焦 IGBT 核心技术

基本情况：公司是电力智能化领军企业，深耕能源互联网领域。公司从成立初期较为单一的电网调度自动化等产品，逐步形成目前的四大板块（电网自动化及工业控制、继电保护及柔性输电、电力自动化信息通信、发电及水利环保）。同时，国家提出“双碳”目标和构建新型电力系统，公司加大新型电力系统重大科技攻关投入，重点发展电力系统安全稳定控制、终端消费电气化、数字化转型、新型储能等领域业务，全力支撑我国新型电力系统建设。

业务结构&主要产品：公司业务板块涵盖：电网自动化及工业控制、电力自动化信息通信、继电保护及柔性输电、发电及水利环保等。

业绩：营收及利润维持稳定增速。公司 18-22 年收入和利润 CAGR 分别为 13% 和 12%，2023 年前三季度公司营收为 285.67 亿元，同比增长 11.50%；归母净利润为 41.61 亿元，同比增长 14%，盈利能力稳健。

核心逻辑一：聚焦 IGBT 核心技术，工业互联板块实现突破。公司为智能电网电力电子装备国产化所研发的高功率 IGBT，在交通、电动汽车、工业控制领域取得应用。除 3300 伏 IGBT 成功在轨交应用外，1700 伏、1200 伏 IGBT 以及第三代半导体碳化硅 MOSFET 多款产品达到量产条件，在电动汽车、充电桩、工业控制领域应用广泛，4500 伏、6500 伏 IGBT 产品技术开发进展有序。具备年产 25 万只 IGBT 模块生产能力的封装测试生产线已经投运，为 IGBT 产业化打下坚实基础。

核心逻辑二：电网产品体系完善。公司产品线涵盖发、输、变、配、用、调度、信息通信等各领域，从电力生产、传输到分配全过程，从传统水电、火电到风电、光伏等新能源发电，从大型发电站并网到分布式电源接入，从特高压、超高压、高压到中低压，从特大型交直流一体化输电网到微型配电网的采集监测、调度控制、继电保护等全系列电力二次技术、产品和服务，具备了全面支撑电网建设、参与国际市场竞争和引领电力自动化技术发展方向的能力。此外公司不断完善节能环保、工业、轨道交通、市政公用等领域产业，打造更加完整的产业链。

核心逻辑三：网内&网外&海外齐发力。2023 年上半年，公司新签合同 259 亿元，同比增长 8.51%。网内方面公司稳中有进，国网公司总部集招输变电设备、电能表等产品中标份额持续提升，同时中标陇东-山东工程的换流阀、测量设备以及首个省网“嵌入式直流”—扬镇工程的换流阀、控保、测量设备，落地南网双调抽蓄电站；网外方面公司也呈现良好的增长势头，新签合同同比增长 27.91%。国际业务方面快速回暖，公司成功签订巴西 CPFL 控保屏柜、印尼 AMI 主站系统等重大项目，中标智利智能电表供货项目、智利首个高压直流控保项目和荷兰壳牌风能制氢柔直设计咨询项目。

投资建议：公司是电网二次设备龙头，特高压、电力智能化数字化、智能配网三大关键点支撑业绩稳步提升。我们预计公司 23-25 年的营收分别为 538.07、609.57、687.64 亿元，增速分别为 14.9%、13.3%、12.8%；归母净利润分别为 73.67、85.62、99.33 亿元，增速分别为 14.3%、16.2%、16%。2024 年 2 月 8 日收盘价对应公司 23-25 年 PE 为 25X、21X、18X。维持“推荐”评级。

风险提示：电网投资建设不及预期的风险，宏观经济和行业环境恶化风险。

盈利预测与财务指标

项目/年度	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入 (百万元)	46,829	53,807	60,957	68,764
增长率 (%)	10.4	14.9	13.3	12.8
归属母公司股东净利润 (百万元)	6,446	7,367	8,562	9,933
增长率 (%)	14.2	14.3	16.2	16.0
每股收益 (元)	0.80	0.92	1.07	1.24
PE	28	25	21	18
PB	4.3	3.8	3.4	3.1

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；(注：股价为 2024 年 2 月 8 日收盘价)

5.2.2 许继电气：二次设备龙头，直流输电系统受益特高压建设加速

基本情况：中国电力装备行业的领先企业。公司自 1997 年上市以来，致力于为国民经济和社会发展提供能源电力高端技术装备，为清洁能源生产、传输、配送以及高效使用提供全面的技术、产品和服务支撑，逐步转型为包括智能电网解决方案在内的高端电力电子产品供应商。

业务结构&主要产品：公司业务板块涵盖：1) 智能变配电系统：配电网自动化系统、智能变电站系统、继电保护系统、变电站监控系统；2) 直流输电系统：包括换流阀设备、特高压直流输电控制保护系统；3) 智能中压供用电设备：开关、变压器、电抗器、消弧线圈接地成套装备、环网柜等；4) 智能电表：智能电能表、智能终端；5) 电动汽车智能充换电系统：电动汽车充换电设备、电力电源；6) EMS 加工服务。

业绩：收入利润稳中有升。公司 18-22 年收入和利润 CAGR 分别为 16%和 40%，其中 2023 年前三季度公司营收为 106.64 亿元，同比增长 16.98%；归母净利润为 7.72 亿元，同比增长 19%。

核心逻辑一：国网招标趋势向好，网内订单充裕。在国网第六十八批采购（特高压项目第五次设备招标采购）推荐的中标候选人公示中，公司预中标约 6.19 亿元国家电网特高压设备项目，换流阀金额约 61118.60 万元，二次设备（交流工程）金额约 752.81 万元。此外，公司智能电表在国网招标份额领先，根据国网 23 年第一批电能表招标情况，国网电能表 1 批 A 级单相智能电能表，公司中标排名为第二名，中标总金额 1.02 亿元，金额占比 2.58%。

核心逻辑二：网外业务稳步提升，多个领域逐步突破。公司大功率超级液冷充电桩、大功率充电弓、特种工程车辆充电设备等新产品，处于市场推广阶段。公司大功率超充桩 HPC61-600A/1000V 单枪输出功率最大 600 千瓦，最大电流 600 安、支持最大电压 1000 伏；在应用方面，和长安阿维塔、奇瑞等车厂合作，实现液冷充电桩小批量应用。充电桩目前在泰国已有小批量订单交付。在虚拟电厂领域，可为虚拟电厂项目建设提供一体化解决方案，目前已研制虚拟电厂运营管理平台及可调资源管控终端产品，并成功应用于宁夏、湖北虚拟电厂等项目。

核心逻辑三：加强开拓国际市场，紧跟“一带一路”步伐。公司中标意大利电力公司 2023 年大用户计量采购项目，电表产品首次突破欧洲市场，并为智利 AMI 及电表一期及二期、乌干达农村电气接入等项目提供设备供货、调试等服务。德理施尔公司负责执行的沙特智能环网柜采购项目，实现配电产品批量出口中东市场。子公司保自公司、电源公司等为巴基斯坦迈拉开关站、智利 KILO 直流、缅甸光伏电站等项目提供直流电源、预制舱、保护及自动化等设备供货服务。

投资建议：公司有望受益于“十四五”期间电网投资规模提升，我们预计公司 23-25 年营收为 181.98、220.20、256.55 亿元，营收增速分别为 22%、21%、

16.5%；归母净利润为 9.49、12.87、15.55 亿元，归母净利润增速分别为 24.9%、35.7%、20.8%。对应 2024 年 2 月 8 日收盘价，公司 23-25 年估值分为 23X、17X、14X。维持“推荐”评级。

风险提示：电网投资建设不及预期的风险；宏观经济和行业环境恶化风险；海外市场开拓不及预期风险。

盈利预测与财务指标

项目/年度	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入（百万元）	14,917	18,198	22,020	25,655
增长率（%）	24.4	22.0	21.0	16.5
归属母公司股东净利润（百万元）	759	949	1,287	1,555
增长率（%）	4.8	24.9	35.7	20.8
每股收益（元）	0.75	0.93	1.26	1.53
PE	29	23	17	14
PB	2.2	2.0	1.8	1.6

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；（注：股价为 2024 年 2 月 8 日收盘价）

5.2.3 平高电气：电气开关龙头企业，直流输电系统受益特高压建设加速

基本情况：公司是国际领先的电气开关龙头企业之一。作为国家电网全资子公司平高集团控股的上市公司，公司于 2001 年 2 月 21 日在上海证券交易所挂牌上市，业务范围涵盖输配电设备研发、设计、制造、销售、检测、相关设备成套、服务与工程承包，形成以特高压产品为龙头，常规产品、检修业务为两翼，配套零部件为辅助的产业格局，产品几乎涵盖所有电压等级，产品质量国内同行业领先。

业务结构&主要产品：公司业务板块涵盖高压板块、中低压及配网板块、国际业务板块和运维检修及其他板块，主要产品为 40.5 千伏~1100 千伏 SF6 气体绝缘封闭式组合电器(GIS/H-GIS)、罐式断路器、12 千伏~1100 千伏 SF6 瓷柱式断路器、直流场成套设备、交流隔离接地开关、10 千伏~1120 千伏直流隔离开关及接地开关、72.5 千伏~550 千伏隔离断路器、220 千伏~1100 千伏气体绝缘金属封闭输电线路(GIL)，10 千伏~40.5 千伏真空断路器、成套电气设备、铁道电气化用开关设备，10 千伏~220 千伏车载移动式变电站、预制舱式模块化变电站等。

业绩：23 年业绩超预期。公司 18-22 年收入和利润 CAGR 分别为-3.77%和-7.23%；2023 年预计实现归母净利润 8.15 亿左右，同比增长 284%左右；预计实现扣非归母 7.7 亿左右，同比增长 285%左右。单季度来看，Q4 预计实现归母净利润 2.63 亿左右，同比增长 674%左右、环比增长 20%左右。

核心逻辑一：特高压建设加速公司招标份额稳中有进，24 年电网建设投资总规模超 5000 亿元。公司 2023 年中标多轮国网项目，业绩大幅增长。国网称 2024 年将加快建设特高压和超高压等骨干网架，预计电网建设投资总规模将超 5000 亿元，以特高压和超高压为骨干网架，以各级电网为有力支撑，以“大云物移智链”等现代信息技术为驱动，以数字化智能化绿色化为路径，继续加大数智化坚强电网的建设，促进能源绿色低碳转型，推动阿坝至成都东等特高压工程开工建设。围绕数字化配电网、新型储能调节控制、车网互动等应用场景，打造一批数智化坚强电网示范工程，公司作为涵盖输配电设备及其核心零部件的龙头企业将深度受益。

核心逻辑二：国际业务迎来复苏。22 年公司国际业务实现营收 2 亿元，同比增长 12.38%，但受国际政治经济形势影响，部分海外项目被取消或延期执行，同时原材料、运输费等成本高涨，最终造成国际业务亏损。23 年公司轻装上阵，国际业务有望迎来复苏。根据公司 2023 年半年报披露，公司高质量服务“一带一路”共建，签订南非工商业储能一体机供货项目，中标意大利国家电力公司高压开关设备供货项目，再次挺进欧洲高端市场。签订印尼南苏电气一体化工程总包项目，实现海外业务新发展。

投资建议：2024 年国网预计将继续加大电网建设投资，特高压进度加速，有望贡献公司业绩弹性，我们预计公司 23-25 年营收分别为 115.99、143.00、172.98 亿元，增速分别为 25.1%、23.3%、21.0%；归母净利润分别为 8.15、11.00、14.41

亿元，增速分别为 284.0%、35.0%、31.1%，对应 2024 年 2 月 8 日收盘价为基准，公司 23-25 年 PE 分别为 22X、16X、12X，维持“推荐”评级。

风险提示：电网投资建设不及预期的风险；海外市场开拓不及预期的风险。

盈利预测与财务指标

项目/年度	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入（百万元）	9,274	11,599	14,300	17,298
增长率（%）	0.0	25.1	23.3	21.0
归属母公司股东净利润（百万元）	212	815	1,100	1,441
增长率（%）	199.7	284.0	35.0	31.1
每股收益（元）	0.16	0.60	0.81	1.06
PE	85	22	16	12
PB	1.9	1.8	1.7	1.5

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；（注：股价为 2024 年 2 月 8 日收盘价）

6 风险提示

1) 电网投资推进不及预期: 电网计划投资额和实际完成额之间可能存在差异, 电网投资实际完成额不及预期可能影响相关公司的经营水平, 对盈利能力造成不良影响。

2) 原材料价格波动幅度超预期: 原材料价格波动幅度超预期或将对下游设备成本和盈利能力造成影响。

3) 柔直新技术推广进程不及预期: 新技术由于存在核心零部件成本高的问题, 可能会导致推广进程不及预期。

插图目录

图 1: 柔性直流拓扑结构.....	3
图 2: 柔性直流输电系统原理示意图.....	3
图 3: 模块化多电平换流器拓扑结构.....	4
图 4: 柔性直流换流阀的拓扑结构.....	4
图 5: 柔性直流输电控制系统架构.....	4
图 6: 龙门换流站的桥臂电抗器.....	5
图 7: 大容量柔性直流双极输电系统连接方式.....	5
图 8: 张北±500kV 柔性直流输电工程的换流变压器.....	5
图 9: 直流断路器示意图.....	6
图 10: 2040 年全球实现净零排放目标的推演.....	7
图 11: 新能源送出消纳示意图.....	8
图 12: 换相失败前后电压电流波形.....	8
图 13: 多回直流同时换相失败后引发区域性电压凹陷.....	8
图 14: 交流/直流方案经济性比较.....	10
图 15: 海内外柔直项目.....	11
图 16: 海上风电柔直系统拓扑结构示意图.....	12
图 17: 西南电网柔直异步互联新格局.....	12
图 18: 昆柳龙工程示意图.....	13
图 19: 混联直流单极结构示意图.....	13
图 20: 海上风电 35kV 汇集直流送出拓扑及主回路示意.....	14
图 21: 如东海上风电柔直输电项目送出方案.....	15
图 22: 射阳海上风电柔直输电项目送出方案.....	15
图 23: 常直和柔直输电主设备损耗比较.....	17
图 24: 常直和柔直输电主设备投资比较.....	17

表格目录

表 1: 柔性直流与常规直流的对比.....	9
表 2: 国产 IGBT 相关研发投入情况.....	10
表 3: 我国柔性直流工程概况.....	12
表 4: 海外海风柔直输电工程.....	14
表 5: 已投运的柔性直流背靠背工程 (截至 2022 年底).....	16
表 6: 各项目常直/柔直阀采购金额与单 GW 金额测算.....	17
表 7: 重点公司盈利预测、估值与评级.....	19
盈利预测与财务指标.....	21
盈利预测与财务指标.....	23
盈利预测与财务指标.....	25

分析师承诺

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并登记为注册分析师，基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰地反映了研究人员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究人员不曾因、不因、也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

评级说明

投资建议评级标准		评级	说明
以报告发布日后的 12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。	公司评级	推荐	相对基准指数涨幅 15%以上
		谨慎推荐	相对基准指数涨幅 5% ~ 15%之间
		中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
		回避	相对基准指数跌幅 5%以上
	行业评级	推荐	相对基准指数涨幅 5%以上
		中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
		回避	相对基准指数跌幅 5%以上

免责声明

民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户的投资建议，不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，客户应当充分考虑自身特定状况，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。

民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路 8 号财富金融广场 1 幢 5F； 200120

北京：北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 A 座 18 层； 100005

深圳：广东省深圳市福田区益田路 6001 号太平金融大厦 32 层 05 单元； 518026