

柔性直流输电规模化应用在即，产业趋势逐渐明确

——柔性直流输电行业深度报告

证券分析师：曾朵红、谢哲栋

执业证书编号：S0600516080001、S0600523060001

联系邮箱：zengdh@dwzq.com.cn

联系电话：021-60199798

2023年12月10日

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

- **柔直输电技术是新型电力系统未来重要的输电方式。** 柔性直流输电（VSC-HVDC）基于电流源换流器的高压直流输电，是以IGBT等全控器件为核心功率器件的第三代直流输电技术。相比常规直流输电（LCC-HVDC），柔直输电在1) 无功补偿能力、2) 无需支撑电源、3) 无换相失败、4) 灵活的功率控制等方面具有很强的优势。
- **柔直技术逐渐成熟，海风柔直外送已成趋势。** **国内：**从06年开始我国开始研究柔性直流输电技术，虽然工程实践方面国内起步较晚，但累计已建成11条柔直工程，输电容量、工程电压等级等已达到 $\pm 800\text{kV}/5000\text{MW}$ ，整体技术已经达到了国际领先。**国外：**欧洲海风发展较早，欧盟对海上新能源的规划达到了2050年317GW。因为欧洲远海风资源较为丰富，海上柔直输电技术起步较早，后续随着深远海风建设增加，柔直输电的渗透率有望进一步提高。
- **规模化应用在即，产业链市场空间弹性释放。** “十四五”及“十五五”特高压规划主要围绕着清洁能源大基地的外送消纳为主，新能源的波动性+受端电网面临“强直弱交”的问题，柔性直流输电开始成为常规的特高压输电方式。随着蒙西-京津冀、甘肃-浙江这两条线路可研按照柔直方案启动编制，我们认为柔直输电技术到了规模化应用的阶段。根据我们的测算，乐观&中性预测下，23/24/25/26-30年特高压直流换流阀&海风柔直总市场空间分别为48/121/151/644&48/89/103/436亿元，市场空间弹性大。
- **投资建议：**特高压柔性直流工程规划超预期，远海风电柔直外送趋势已定，柔直规模化建设应用有望快速启动。柔直换流阀是单机价值量最高、技术壁垒最高的核心设备，我们看好国内柔直换流阀的头部供应商。**柔直换流阀重点推荐：许继电气、国电南瑞；**建议关注：荣信汇科（未上市）、中国西电。国产大容量IGBT渗透率提升，建议关注：时代电气；换流阀中直流支撑电容国产化进程加速，建议关注：白云电器、法拉电子、赛晶科技（港股）。
- **风险提示：**特高压柔直线路规划建设不及预期、IGBT降本不及预期、竞争加剧



- 1. 柔性直流输电是新型电力系统重要工具
- 2. 特高压柔直逐渐成熟，海风柔直外送趋势已定
- 3. 规模化应用即将启动，产业链市场空间弹性释放
- 4. 相关标的及投资建议
- 5. 风险提示

- **什么是柔性直流输电？** 柔性直流输电（VSC-HVDC）主要是基于电压源换流器的高压直流输电，是以IGBT等全控器件为核心功率器件的第三代直流输电技术。柔性直流输电距今已有三十多年的发展历史，目前已在风电送出、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。
- **柔性直流输电系统核心设备包括柔直换流阀、直流控保、柔直换流变。** 其中，换流阀是直流电和交流电相互转化的桥梁，其核心是将IGBT驱动板卡、水冷板等压接在一起组合成的一个完整柔直模块。

图 柔直技术示意图

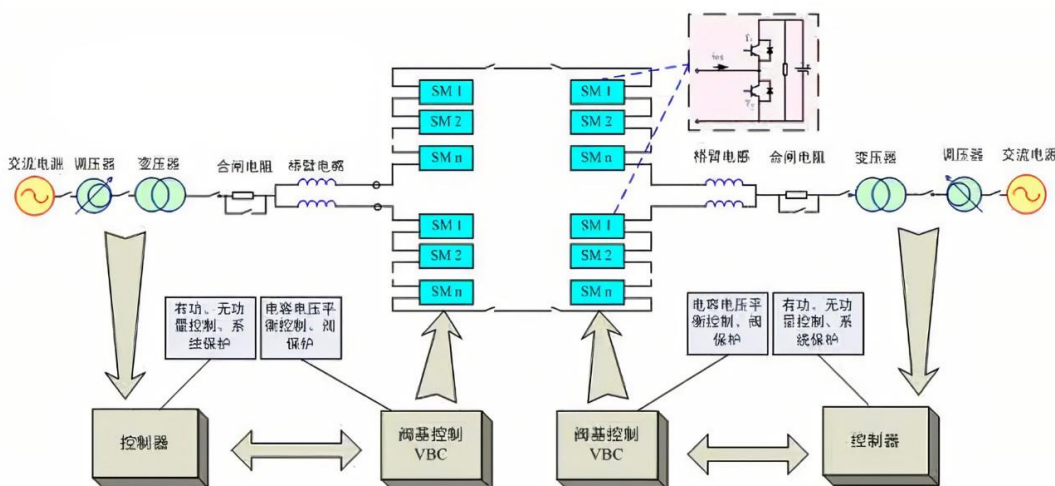


图 鲁西柔直工程换流阀示意图



- **与常规直流输电相比，柔性直流输电有一系列突出优势：**
- 1) 无需无功补偿，谐波水平低。** 柔性直流输电采用IGBT，无需交流侧提供换相电流和反向电压，从而避免了大量的无功消耗，并节省用地；
 - 2) 无需依赖有源电网。** 柔性直流输电受端系统可以是无源网络，因此可以向孤岛供电，常规直流系统则需要依靠电网完成换相，需要较强的有源交流系统支撑；
 - 3) 无换相失败的风险。** 开通和关断时间可控，与电流的方向无关；
 - 4) 适合构成多端系统。** 柔性直流输电系统可以通过改变单端电流方向来改变潮流的方向，便捷而又快速；
 - 5) 传输功率可独立控制。**

图 常直输电与柔直输电比较

比较项目	常规直流输电	柔性直流输电
换相失败	经常发生	不会发生
滤波器容量	较大	较小或无
无功功率	没有无功控制能力，需补偿装置	有无功控制能力，不需补偿装置
换流站间通讯	需要	不需要
占地	较大	较小
对交流系统依赖性	不能向无源网络送电	可以向无源网络送电
有功功率控制	较快，较灵活	非常快，灵活
工程建设时间	较长	较短
输送功率	较大（300~3000MW）	较小（3~1000MW）
换流站损耗	相对较小（<0.8%）	相对较大（~1%）
单位建造成本	相对较低	相对较高
对直线电缆要求	要求高	要求低
电力电子器件	半控器件：晶闸管	全控器件：IGBT

- 直流输电建设可分为换流站建设和中间线路建设两部分，而换流站主设备中以换流阀最为关键。换流阀是换流站的核心设备之一，起到交流/直流转换的作用，在送端将交流电转化为直流电，在受端将直流电转换为交流电。
- IGBT是柔直换流阀的核心换流元器件。常规换流阀以晶闸管等半控型电力电子元件为核心器件，柔直换流阀主要为MMC模块化多电平换流器，其以IGBT等全控型电力电子元件为核心功率器件，控制技术更加复杂，但运行特性更灵活，可实现“四象限运行”，适用于远海风电送出、孤岛供电、混合直流输电等场景。

图 常直到柔直换流阀的演变

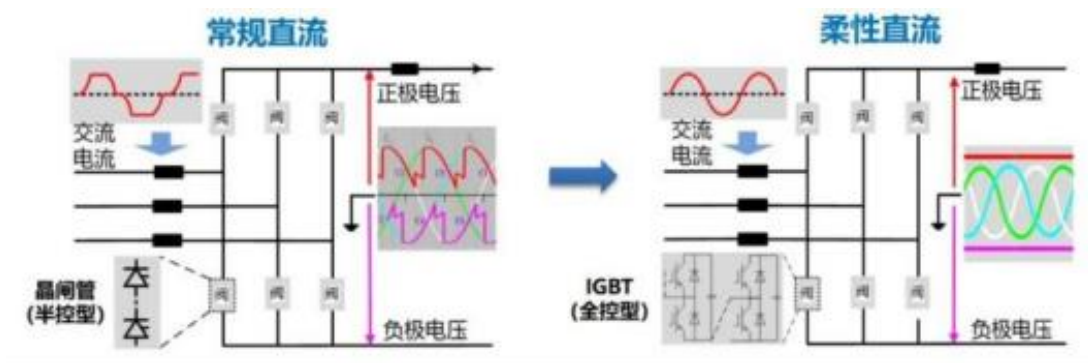
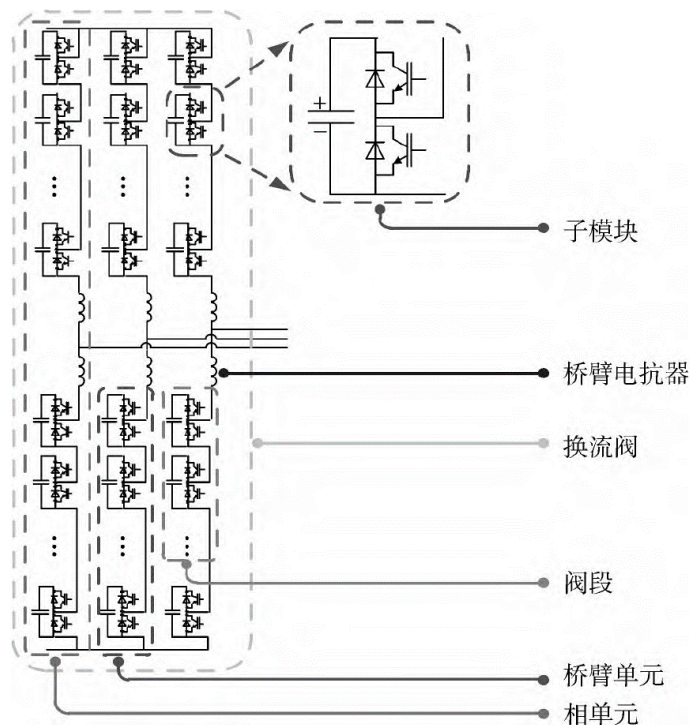


图 柔直换流阀拓扑及组成



- **构建以新能源为主体的新型电力系统需要灵活的柔性直流输电技术支撑。** 柔性直流输电技术的可控性、灵活性更强，不需要交流系统支撑换相，甚至可不依赖交流电网，以孤岛方式实现100%新能源汇集，并可为交流电网提供动态支撑，其规模化应用将随着经济性的进一步改善大大加快，助力新能源接入电网比例大幅提升。

图 新型电力系统对灵活性的要求

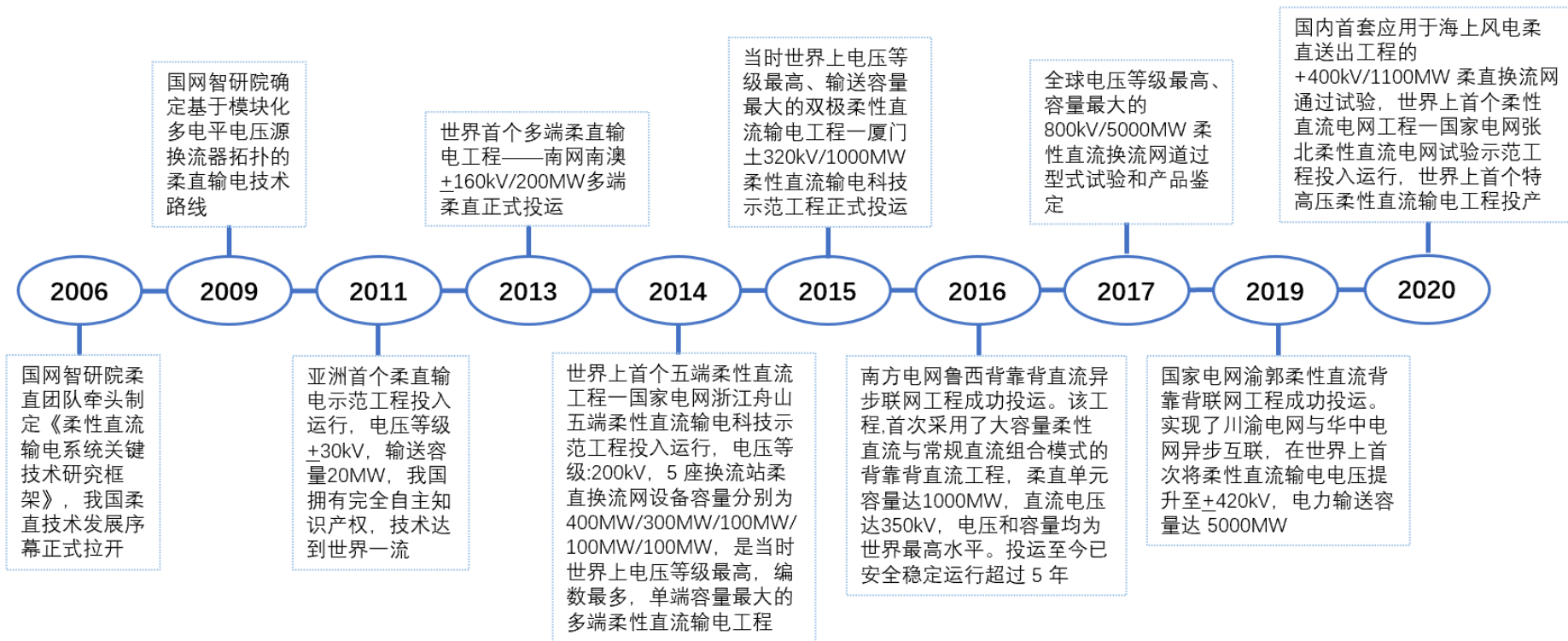
时间	机构	会议/文件	特征
2023. 07. 11	中央深改委	中央深改委第二次会议	清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能
2023. 07. 11	辛保安	《新型电力系统构建方法论研究》	清洁低碳、安全可控、灵活高效、智能友好、开放互动
2023. 06. 02	国家能源局	《新型电力系统蓝皮书》	安全高效、清洁低碳、柔性灵活、智慧融合
2022. 10. 15	杨昆	《把握经济发展规律，构建新型电力系统》	绿色低碳、柔性灵活、互动融合、智能高效、安全稳定
2021. 10. 23	工信部产业发展促进中心、清华大学	《新型电力系统技术研究报告》	绿色低碳、安全可控、智慧灵活、开放互动、数字赋能、经济高效
2021. 07. 13	国家电网	《新型电力系统行动方案》	清洁低碳、安全可控、灵活高效、智能友好、开放互动
2021. 05. 15	南方电网	《建设新型电力系统行动方案白皮书》	绿色高效、柔性开放、数字赋能
2021. 03. 20	舒印彪	中国发展高层论坛	广泛互联、智能互动、灵活柔性、安全可控



- 1. 柔性直流输电是新型电力系统重要工具
- 2. 特高压柔直逐渐成熟，海风柔直外送趋势已定
- 3. 规模化应用即将启动，产业链市场空间弹性释放
- 4. 相关标的及投资建议
- 5. 风险提示

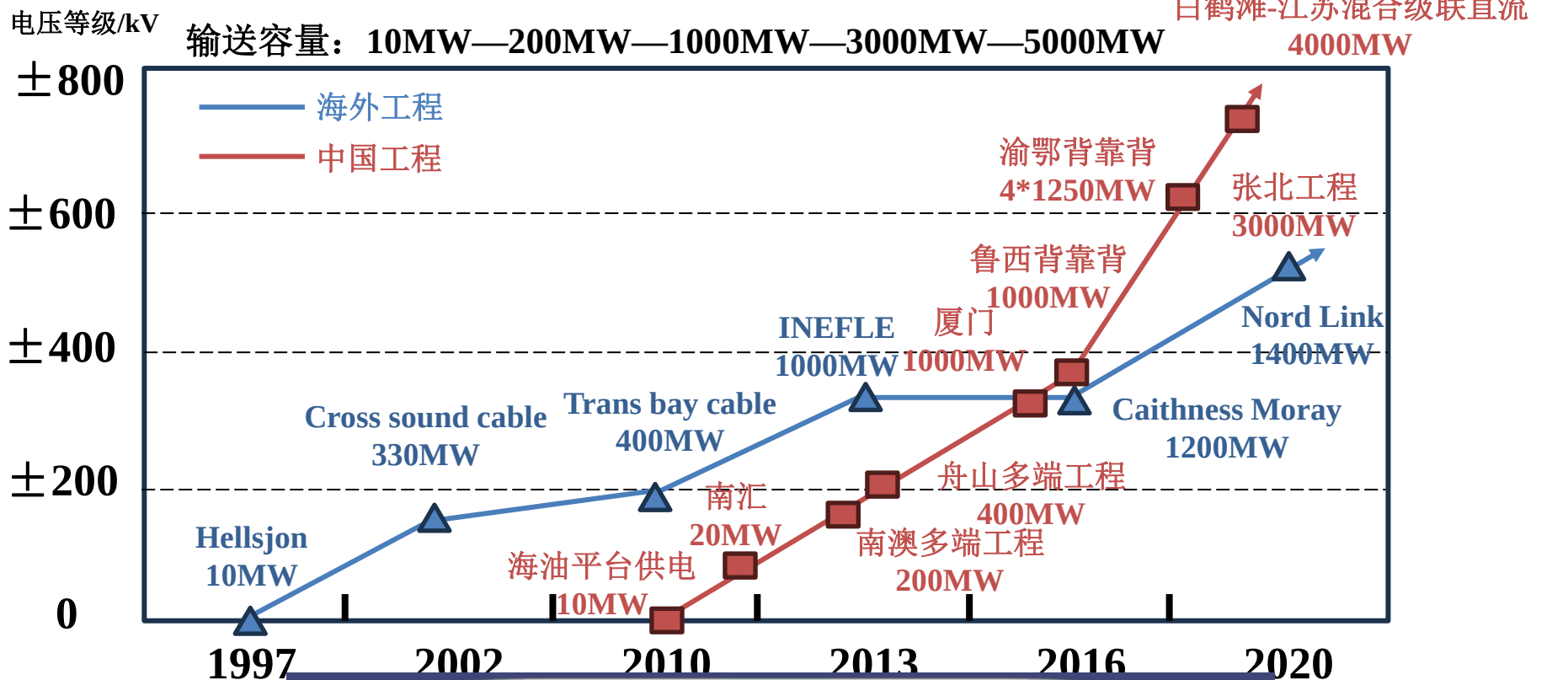
- 源于2006年国网智研院牵头制定的技术框架，多项工程世界领先。我国柔直技术发展始于2006年国网智研院，随后发展迅猛，创下多个“世界首个”工程，技术积淀雄厚。

图 我国柔直技术发展历程



- 国内柔直工程起步较晚但发展较快，国内外均向特高压、大容量发展。海外柔直工程始于1997年，国内则始于2010年，但在电压和容量上国内后来居上，已经向 $\pm 800\text{kV}/5\text{GW}$ 级发展，海外工程也已向 $\pm 600\text{kV}/2\text{GW}$ 级迈进，特高压+大容量为国内外柔直发展的必然趋势。

图 柔直发展趋势



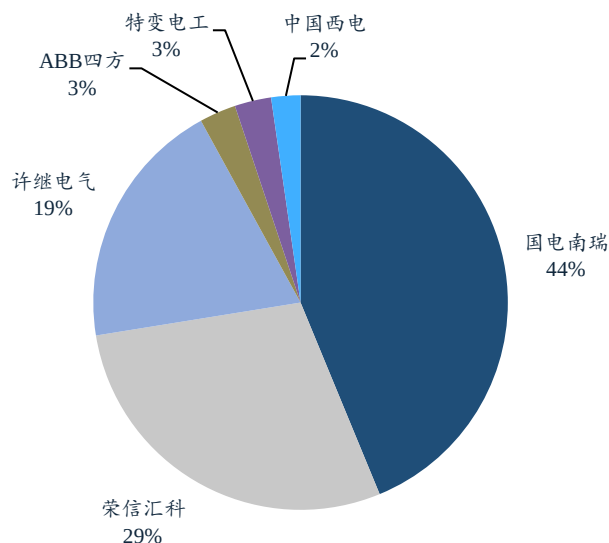
十年磨一剑，我国特高压柔直输电技术已世界领先。自11年我国首个自主研发建设的柔直工程-上海南汇风电工程并网投运，代表着柔直技术开始向工程推广迈进。截至23年10月，我国已累计投运11条柔直输电工程，电压等级最高达到了±800kV，在新能源外送、电网互联互通、孤岛送电等场景实现应用。

图 我国已投运柔直工程

序号	柔性直流项目	投运时间	电压等级/kV	最大单端容量/MW	应用场景	换流阀中标厂家/容量
1	上海南汇风电柔直工程	2011	±30	20	新能源送出	中电普瑞：40MW
2	南澳多端柔性直流工程	2013	±160	200	新能源送出	中国西电：200MW 南瑞继保：200MW
3	舟山多端柔直工程	2014	±200	400	孤岛供电	南瑞继保：800MW 许继集团：200MW
4	厦门柔性直流工程	2015	±320	1000	孤岛供电	中电普瑞：2000MW
5	鲁西背靠背柔直工程	2016	±350	1000	电网互联互通	中国西电：1000MW 荣信汇科：1000MW 许继集团：5000MW
6	渝鄂背靠背柔性直流工程	2019	±420	4×1250	电网互联互通	荣信汇科：2500MW 中电普瑞：2500MW ABB四方：1500MW 许继电气：1500MW
7	张北柔性直流工程	2020	±500	3000	新能源送出	南瑞继保：3000MW 中电普瑞：3000MW 荣信汇科：2500MW
8	乌东德柔直工程	2020	±800	8000	西电东送	许继电气：2500MW 南瑞继保：1500MW 特变电工：1500MW
9	如东海风柔直工程	2021	±400	1100	新能源送出	荣信汇科：1100MW 许继电气：1100MW
10	广东电网背靠背柔直工程	2022	±300	4×1500	电网互联互通	荣信汇科：6000MW 南瑞继保：6000MW 荣信汇科：2000MW
11	白鹤滩-江苏特高压直流输电	2022	±800	8000	西电东送	中电普瑞：2000MW 2000MW

- 换流阀作为柔性直流输电的“心脏”，是单机价值量和技术水平最高的设备，格局更为集中。
- 国内主要的柔直换流阀供应商主要为：国电南瑞（中电普瑞、南瑞继保）、荣信汇科（未上市）、许继电气（许继集团、许继电气）、ABB四方、特变电工、中国西电。其中南瑞的柔直阀投运容量份额约44%，荣信汇科&许继均有深厚的积累。

图 柔直阀的市场份额（按照已投运设备容量占比，截至2023年底）



■ **乌东德直流**是西电东送落点珠三角地区的第10回高压直流，输送西部清洁水电到珠三角负荷中心，2018年12月开工建设，于2020年12月投运。**该工程首次采用 $\pm 800\text{kV}$ 高压三端混合直流系统，输送容量8000MW。**

■ 送端云南为 $\pm 800\text{kV}/8000\text{MW}$ 常规直流换流站，受端广西侧为 $\pm 800\text{kV}/3000\text{MW}$ 柔性直流换流站，受端广东侧为 $\pm 800\text{kV}/5000\text{MW}$ 柔性直流换流站。

■ 乌东德工程柔直换流站柳北站、龙门站换流阀价值量分别为14.2亿元、17.1亿元，单阀价值量分别为4.73亿元、3.42亿元，柔直变价值量分别为6.2亿元、8.6亿元

图 乌东德送广东广西特高压多端直流示范工程

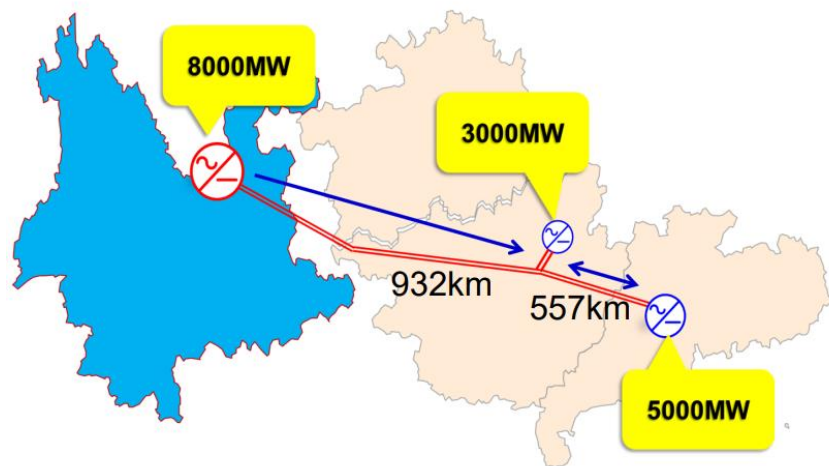
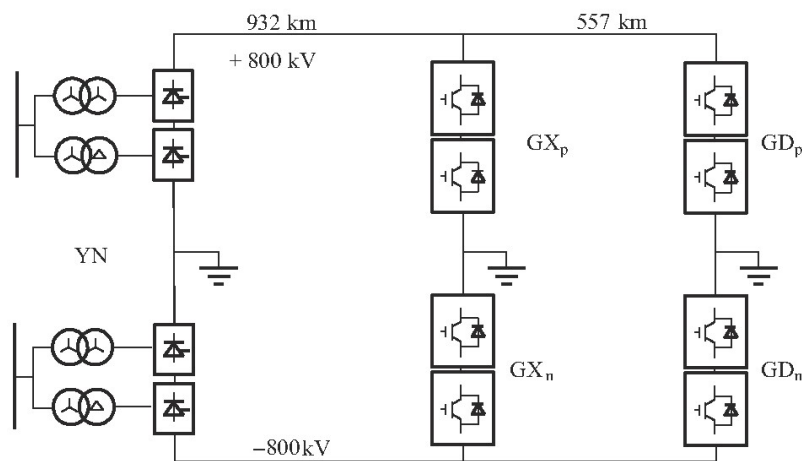


图 昆柳龙混合直流系统主接线图



张北柔性直流电网试验示范工程是汇集和输送大规模风电、光伏、储能、抽蓄等多种形态能源的**四端柔性直流电网**，是北京冬奥会的电网配套项目。2018年2月开工建设，于2020年6月正式投运。

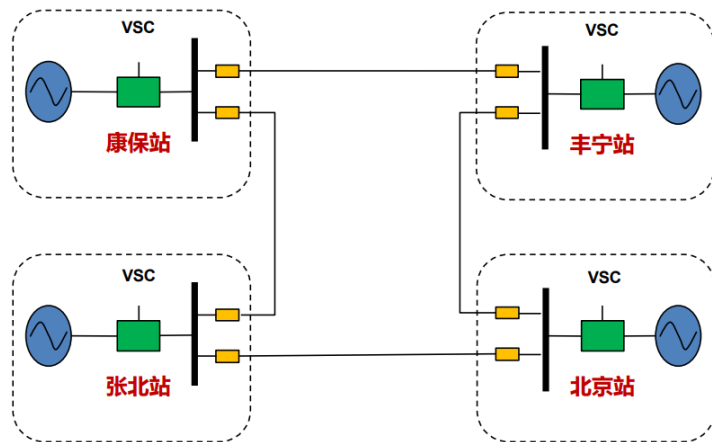
张北、康保换流站共规划接入新能源装机达6478MW，系统电压±500kV，包括张北（3000MW）、康保（1500MW）两个送端换流站，北京受端换流站（3000MW）和丰宁（1500MW）调节换流站。**该工程采用4500V/3000A压接式IGBT器件、额定电压±500kV、单阀组容量1500MW的柔直换流阀。**

张北工程单个±500kV/3000MW 换流站总投资约为27亿元，其中**换流阀和换流变**的价值量占比最高，分别达到 24.8%（6.79 亿元）和 13.2%（3.61 亿元）。

图 张北新能源基地与丰宁抽蓄、北京负荷中心呈三角分布



图 张北柔性直流电网试验示范工程

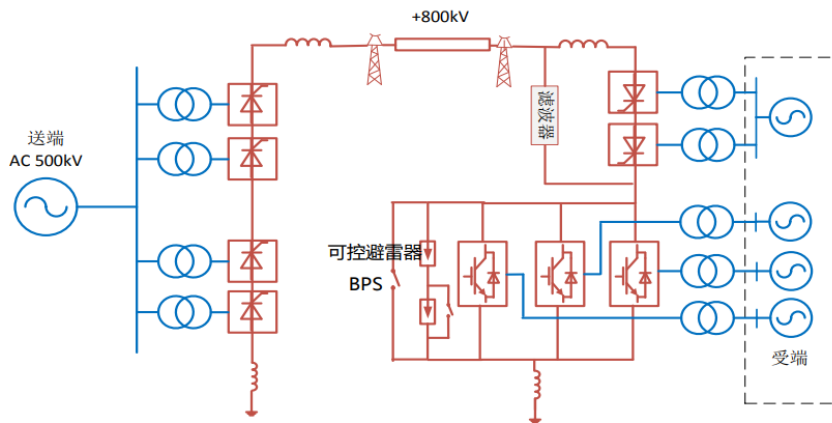


- **白鹤滩水电站**位于金沙江下游，装机容量16GW，白鹤滩-江苏特高压混合级联直流工程于2020年12月开工建设，2022年正式投运，是“西电东送”的骨干输电线路点之一。
- 工程额定电压±800kV，额定功率8GW，额定电流5kA。送端采用常直结构，**受端采用混合级联技术方案**，**高端电流源换流器（LCC）串联低端3个电压源换流器（VSC）**，高、低端各疏散50%直流功率。
- 白鹤滩-江苏项目约1/4的换流阀采用柔直换流阀，单个包价值约5.6亿元，容量为1GW，其中柔直阀采用了1:1的冗余配置，折算下来单GW价值量约为2.8亿。

图 白鹤滩-江苏工程

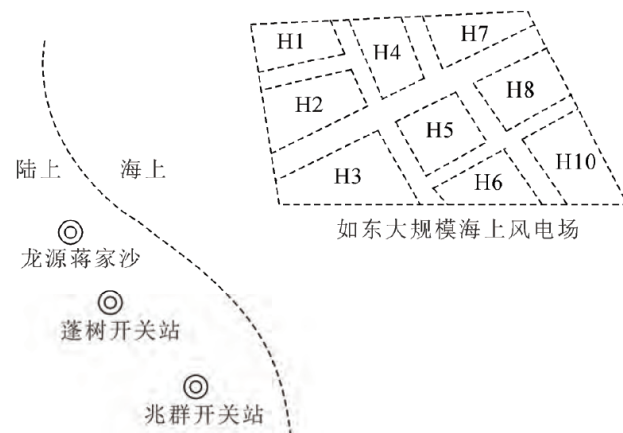


图 单极结构示意图



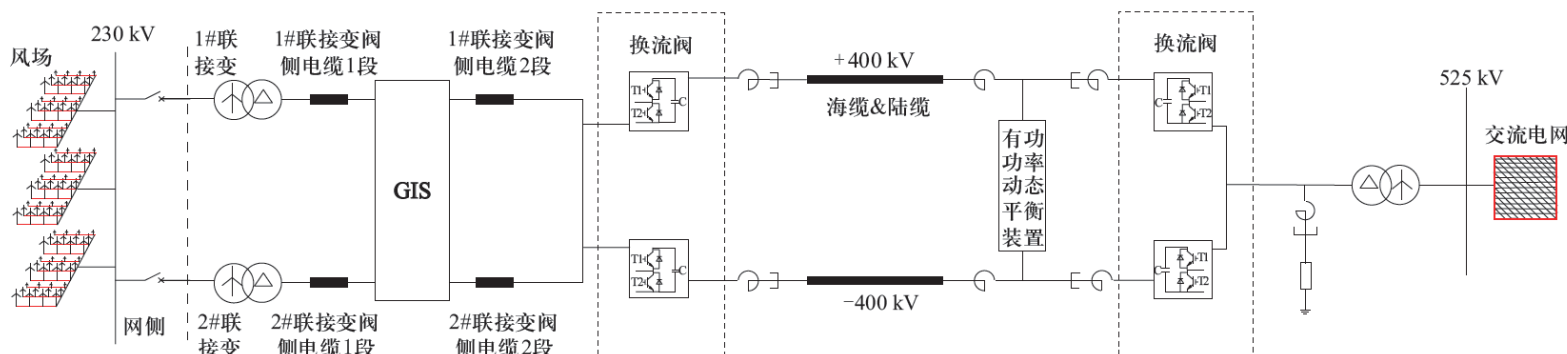
如东海上柔直工程位于江苏省南通市如东县，分别在海上和陆上各建设1座换流站，柔直输电系统采用对称单极接线，**直流电压等级 ± 400 kV、输送容量为1100MW**。江苏如东H6、H8、H10海上风电场装机容量分别为400MW、300MW、400MW，各风电场分别通过两回220 kV交流海缆汇集于海上换流站；陆上换流站通过一回交流线路馈入500 kV交流电网。

图 如东海上风电场及接入点示意图



该工程选取4.5kV/2kA的IGBT、陆上换流站和海上换流站采用单相干式空心桥臂电抗器。该投资约47亿元，其中**海上换流站总体造价约18亿元**，占总体投资比例约40%；**陆上换流站总体造价约12亿元**，占总体投资比例约27%。

图 江苏如东海上风电柔直工程概况



- **欧洲海风柔直代表性工程于近10年陆续投运，聚焦 $\pm 320\text{kV}/900\text{MW}$ ，西门子/ABB为主要建设商。**海外海风柔直工程主要从2015年起陆续投运，以实力雄厚的西门子/ABB（现日立能源）为主要建设商，整体功率近年来稳定于900MW，电压/功率相较国内均较低。
- **以DolWin5为例，DolWin5由一条横跨130公里的柔性直流作为外送通道，其中100公里是海底电缆，通往Hamswehrum，另有30公里的陆地电缆延伸至Emden/East的换流站。**其中DolWin5通过新技术消除了每个风电场都需要单独的升压站的需求，显著地节省了成本。

表 海外海风柔直工程情况

序号	工程名称	投运年份	建设商	功率/MW	电压/kV	距离/km	备注
1	DolWin1	2015	ABB	800	± 320	165	世界上第一个电压等级达320kV的海风柔直项目
2	BolWin2	2015	西门子	800	± 320	200	
3	HelWin1	2015	西门子	576	± 250	130.5	
4	SylWin1	2015	西门子	864	± 320	205	
5	DolWin2	2017	ABB	916	± 320	135	
6	HelWin2	2015	西门子	690	± 320	130.5	
7	DolWin3	2017	Alstom	900	± 320	161	
8	BolWin3	2019	西门子	900	± 320	160	
9	DolWin5	2024	ABB	900	± 320	135	世界上第一个无海上升压站的海风柔直送出工程，66kV风场直接接入海上换流站
10	DolWin6	2023	西门子	900	± 320	90	

- **欧洲海风规划空间大，海风建设有望提速。**截至2022年底，欧盟27国海风累计装机16.3GW，但距离成员国承诺到2030年完成装机111GW的目标相差较多，则未来8年平均每年需要安装约12GW的海风，建设进度有望提速。
- **欧盟海盆海风资源丰富，北海是规划的重点区域。**根据欧盟2020年《近海可再生能源战略》，北海能源合作组织（NSEC）将重点开发北海优质的海风资源。2023年4月，荷兰输电系统运营商TenneT签署了价值约300亿欧元合同建设14个2GW的北海海风的输电系统（包含海上&陆上换流站的所有电力设备，单GW投资额约84亿RMB），技术方案则全部采用2GW的高压直流输电系统。

图 欧盟27国海风装机容量及规划（GW）

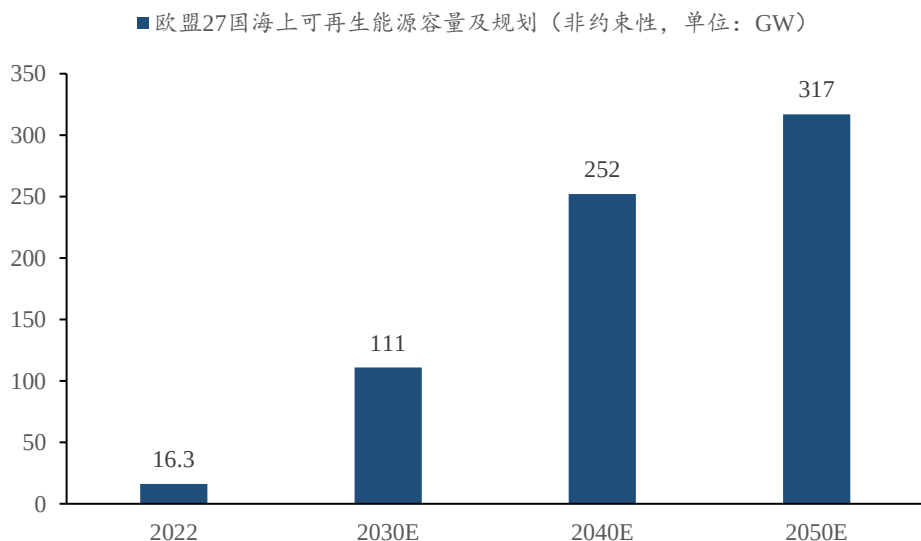
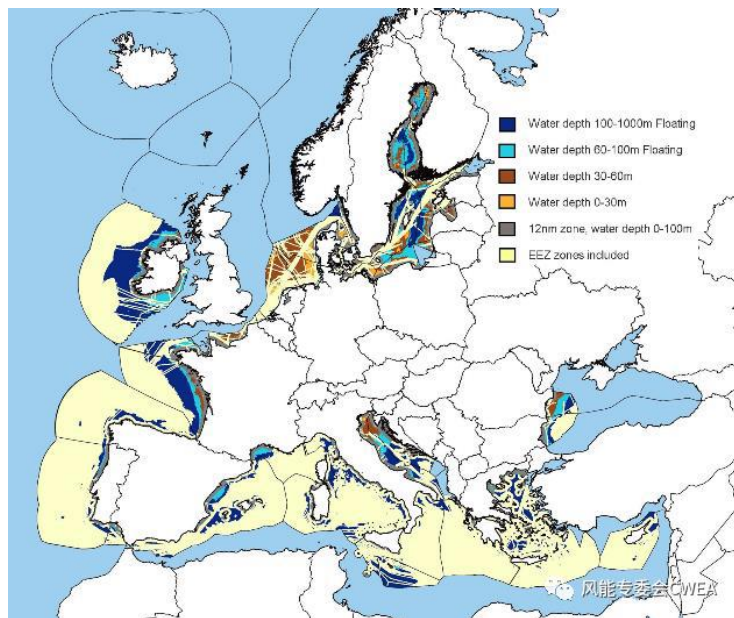


图 欧盟27国海盆海上风电可开发潜力示意图

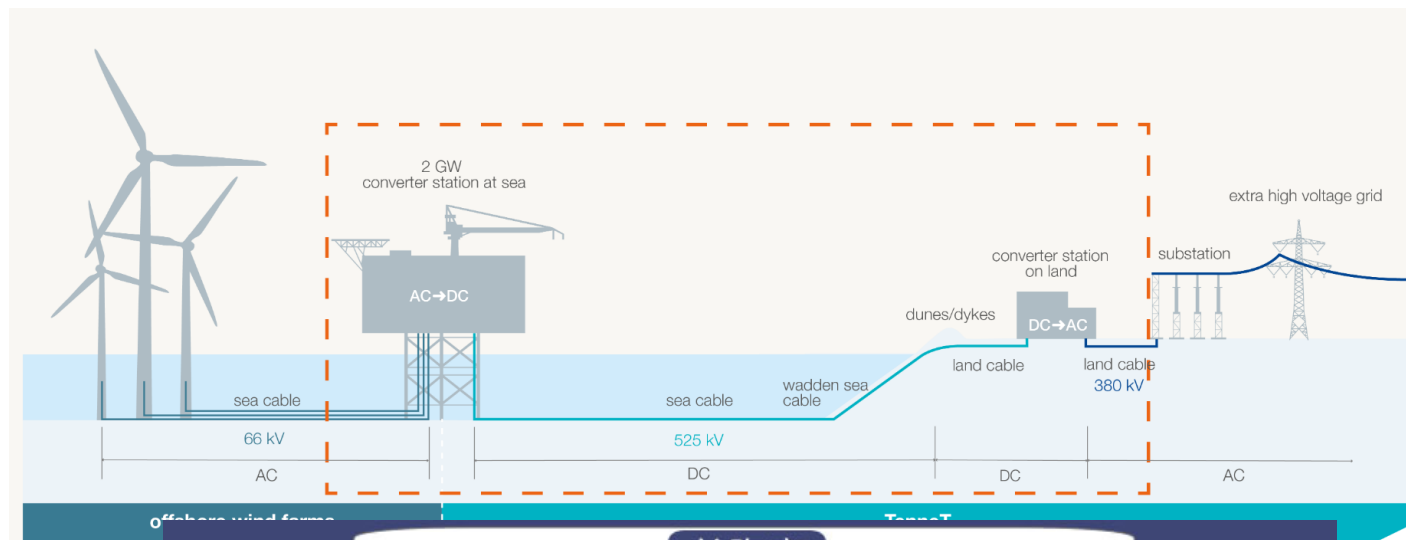


- 300亿欧元投建北海柔直电网，欧洲海风柔直外送成为主流。TenneT提高了单个系统的传输容量，从900MW提升到了2GW，在提升了传输效率的同时减少对环境的影响约50%，高压、大容量的海风柔直外送将成为主流。
- 欧洲海风柔直参与者主要还是以国际电气设备巨头为主，国内玩家参与门槛较高。目前仅22年由国网智研院/中电普瑞/美国McDermott联合体中标德国Borwin6海上风电柔性直流输电工程，输电容量980MW，电压 $\pm 320\text{kV}$ 。

表 北海风电外送项目及其承包商

国家	海风柔直外送项目	预计投产时间	中标公司
荷兰	Ijmuiden Ver Beta	2028	GE/SMOP
	Ijmuiden Ver Alpha	2029	日立能源/Petrofac
	Ijmuiden Ver Gamma	2029	GE/SMOP
	Nederwiek 1	2030	日立能源/Petrofac
	Nederwiek 2	2030	GE/SMOP
	Nederwiek 3	2031	日立能源/Petrofac
	Doordewind1	2031	日立能源/Petrofac
	Doordewind2	2031	日立能源/Petrofac
德国	BalWin3	2029	西门子能源/Dragados
	BalWin4	2029	GE/McDermott
	LanWin1	2030	GE/McDermott
	LanWin2	2030	西门子能源/Dragados
	LanWin4	2031	西门子能源/Dragados
	LanWin5	2031	日立能源/Petrofac

图 TenneT的2GW柔直输电系统



- ▣ **巴西美丽山：特高压输电高速发展。**巴西美丽山 ± 800 千伏特高压直流输电工程是目前世界上距离最长的 ± 800 千伏特高压直流输电工程，途经巴西的5个州，涉及78个城市。一期工程于2017年12月全面投运，二期工程于2019年9月建成投运。其将美丽山水电站超过1/3的电能输送至巴西东南部的负荷中心，满足1600万人口的年用电需求，构建巴西电网南北互联的大通道
- ▣ **阿联酋：柔直特高压初试锋芒。**2022年，阿联酋启动了名为ADNOC HVDC的首个中东柔直输电工程，将陆上电网用于为ADNOC（阿布扎比国家石油公司）所有海上生产设施供电。

图 巴西美丽山特高压输电图，实线为一期，虚线为二期



图 阿联酋柔直输电工程





- 1. 柔性直流输电是新型电力系统重要工具
- 2. 特高压柔直逐渐成熟，海风柔直外送趋势已定
- 3. 规模化应用即将启动，产业链市场空间弹性释放
- 4. 相关标的及投资建议
- 5. 风险提示

- 特高压工程的建设是我国近20年的电网发展的主旋律之一。2004年，国网公司提出了建设以特高压电网为核心的坚强国家电网的战略构想，2005年开始正式启动特高压交流试验示范工程的初步设计，从此特高压建设成为了贯穿我国电网发展的主旋律。截止到2022年底，我国已建成“17交16直”的33条特高压线路。
- “十四五”规划以及后续特高压外送通道建设将主要围绕清洁能源大基地的外送消纳展开，建设持续性强。

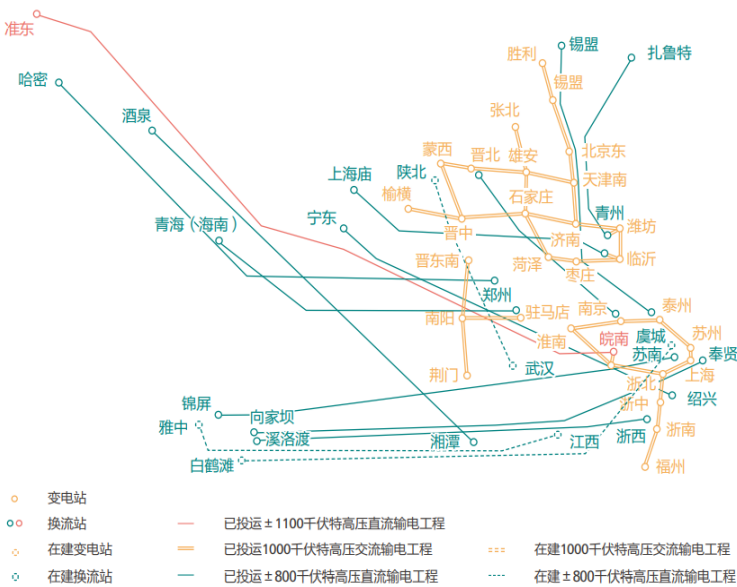
表 已投运特高压直流工程

序号	工程名称	投运时间	序号	工程名称	投运时间
1	向家坝-上海	2010.7	9	扎鲁特-山东	2017.12
2	锦屏-苏南	2012.12	10	上海庙-山东	2019.1
3	哈密南-郑州	2014.1	11	准东-皖南	2019.9
4	溪洛渡-浙江	2014.7	12	青海-河南	2020.7
5	灵州-绍兴	2016.8	13	雅中-江西	2021.6
6	晋北-南京	2017.6	14	陕北-湖北	2022.4
7	酒泉-湖南	2017.6	15	白鹤滩-江苏	2022.12
8	锡盟-泰州	2017.9	16	白鹤滩-浙江	2023.6

表 已投运特高压交流工程

序号	工程名称	投运时间	序号	工程名称	投运时间
1	晋东南-南阳-荆门	2009.1	10	临沂换流站-临沂变电站	2017.12
2	晋东南-南阳-荆门扩建	2011.12	11	苏通GIL管廊工程	2019.9
3	皖电东送	2013.9	12	山东-河北环网	2020.1
4	浙北-福州	2014.12	13	驻马店-南阳	2020.7
5	锡盟-山东	2016.7	14	张北-雄安	2020.8
6	淮南-南京-上海	2016.11	15	南昌-长沙	2021.12
7	蒙西-天津南	2016.11	16	南阳-荆门-长沙	2022.1
8	锡盟-胜利	2017.8	17	荆门-武汉	2022.12
9	榆横-潍坊	2017.8			

表 我国已初步形成了特高压交直流混合大电网格局



- 23年特高压高速推进，开工和核准节奏有望超历史最高值（15年的5条直流）。**根据国网规划，23年预计核准“5直2交”，开工“6直2交”，投资额有望超过1000亿。此前市场预期22H2核准开工“4交4直”，因下半年疫情等影响实际仅核准4条交流（无直流）。
- 特高压直流：**“十四五”规划中金上-湖北、陇东-山东、宁夏-湖南、哈密北-重庆已正式开工，所有已开工工程已完成物资招标，24年我们预计会有至少4条直流开工建设。
- 特高压交流：**川渝1000kV联网、张北-胜利特交工程已完成核准并开工，24年我们预计还会核准开工2条交流工程。
- 潜在新增规划方面，**根据国网两会以及各省的能源规划，为了满足清洁能源大基地二期及远期的外送需求，我们预计至少11条特高压线路将列入建设规划中，**其中我们预计将有6条线路有望采用柔直方案（标蓝的线路）。**

表 “十四五” 规划工程及待纳规工程

项目名称	进度/预计开建时间	类型
金上-湖北±800KV	已开工，23年2月	特高压直流
陇东-山东±800KV	已开工，23年3月	
宁夏-湖南±800KV	已开工，23年5月	
哈密北-重庆±800KV	已开工，23年8月	
陕西-安徽±800KV	可研，24年	
甘肃-浙江±800KV（柔）	可研，24年	
陕西-河南±800KV	可研，24年	
蒙西-京津冀±800KV（柔）	已完成预可研，24年	
藏东南-粤港澳大湾区±800KV一期（柔）	已完成预可研，24年	特高压交流
川渝1000KV	已开工，22年	
张北-胜利（锡盟）双回1000KV	已开工，22年	
大同-怀来-天津北-天津南双回1000KV	可研，24年	
阿坝-成都东1000kV	可研，24年	拟新增规划（直流）
库布齐-上海	待纳规	
腾格里-江西	待纳规	
乌兰布和-京津冀	待纳规	
巴丹吉林-上海	待纳规	
藏电送粤二期	待纳规	
吉电入京	待纳规	
陇电入川	待纳规	
陇电入桂	待纳规	
青海-江苏	待纳规	
敦煌外送	待规划	拟新增规划（交流）
外电入赣	待纳规	
开封-驻马店1000kV	待纳规	
长治-南阳1000kV二期	待纳规	
浙江1000kV环网	待纳规	
石家庄-北京1000kV	待纳规	
攀西-川南	待纳规	
赣闽联网	待纳规	

- “十四五”规划中柔直工程数量超预期，柔直技术或步入规模化应用阶段。“十四五”规划中的“9直3交”原本预期仅藏东南-粤港澳（藏玉直流）采用柔直技术，但根据国网特高压项目服务招标，蒙西-京津冀（库布齐-沧州）、甘肃-浙江两条±800kV特高压直流工程均按照柔直工程开展可研和设计工作。
- 我们认为，在常规特高压规划中一次性开展2条柔直工程的建设，意味着我国柔直输电技术经过20多年的发展，或已进入规模化应用的阶段，未来有望大面积的推广应用。

表 国网已正式开展2条柔直工程的可研和设计工作

招标时间	项目名称	拟建设规模	工期要求
23.8.29	库布齐北-沧州（蒙西-京津冀）±800kV特高压直流工程	新建送、受端柔性直流换流站各1座（含相应接地极），±800kV，换流容量8GW。	2023年11月底力争完成可研；核准后半年内完成施工图。
23.8.29	甘肃-浙江特高压直流工程	新建送、受端柔性直流换流站各1座（含相应接地极），±800kV，换流容量8GW。	2023年10月-2025年12月

□ 特高压直流输电未来大有可为，看好柔直渗透率逐步提升。

□ 核心假设：

- 蒙西-京津冀、甘肃-浙江工程预计24年开工招标，藏东南-粤港澳一期（藏玉直流）工程预计25年开工招标。
- 柔直换流阀价值量：**2.8亿/GW**（参考白鹤滩-江苏中柔直换流阀）
- **开工线路预期：**
 - 十四五滚动增补5直，其中预期4条柔直（落点在江浙沪及京津冀地区），假设开工节奏为25年开工1条常直1条柔直，26年开工3条柔直
 - 十五五规划预期165GW外送，按照11GW一条线来测算，大概对应15条，假设柔直渗透率在三分之二，则对应10条柔直，5条常直
 - 十五五预期远海风电装机15-20GW，假设均采用柔直外送，则预期有7-10条线路
- **乐观预测：**“十四五”中蒙西、甘浙、藏玉直流均采用双端纯柔直外送方案，“十五五”中柔直工程也均采用纯柔直方案。
- **中性预测：**“十四五”、“十五五”工程均采用LCC-VSC混合柔直方案（送端常直，受端柔直）。

表 白鹤滩-江苏工程柔直换流阀参数及中标价格

包号	物资名称	容量（GW）	中标价格（亿元）	中标单位
包4	IGBT换流阀, DC400kV 4.5kV/3000A, 2500A, MMC, 支撑	2	5.65	荣信汇科
包5	IGBT换流阀, DC400kV 4.5kV/3000A, 2500A, MMC, 支撑	2	5.56	中电普瑞
包6	IGBT换流阀, DC400kV 4.5kV/3000A, 2500A, MMC, 支撑	2	5.56	南瑞继保

- **结论：乐观&中性预测下，23/24/25/26-30年特高压直流换流阀&海风柔直总市场空间分别为48/121/151/644&48/89/103/436亿元。**

表 新增直流特高压换流阀&海风柔直换流阀市场空间测算

	2023E	2024E	2025E	2026E-2030E
特高压				
常直工程（个）	4	2	1	5
柔直工程（个）	0	2	3	13
LCC单位价值量（亿元/GW）	0.8	0.8	0.7	0.7
VSC单位价值量（亿元/GW）	2.8	2.8	2.7	2.5
单换流站容量（GW）	8	8	8	8
乐观预期				
LCC换流站（座）	8	4	2	10
VSC换流站（座）	0	4	6	26
LCC换流阀容量（GW）	64	32	16	80
VSC换流阀容量（GW）	0	32	48	208
LCC换流阀市场空间（亿元）	48	24	12	56
VSC换流阀市场空间（亿元）	0	90	132	520
总市场空间（亿元）	48	114	143	576
中性预期				
LCC换流站（座）	8	6	5	23
VSC换流站（座）	0	2	3	13
LCC换流阀容量（GW）	64	48	40	184
VSC换流阀容量（GW）	0	16	24	104
LCC换流阀市场空间（亿元）	48	36	29	128
VSC换流阀市场空间（亿元）	0	45	66	260
总市场空间（亿元）	48	81	95	388
海风柔直				
乐观预期				
远海风电柔直项目数量	0	1	1	10
柔直外送容量（GW）	2	2	2	2
海风柔直单位价值量（亿元/GW）	2.0	2.0	1.9	1.7
海风柔直换流阀市场空间（亿元）	0	8	8	68
中性预期				
远海风电柔直项目数量	0	1	1	7
柔直外送容量（GW）	2	2	2	2
海风柔直单位价值量（亿元/GW）	2.0	2.0	1.9	1.7
海风柔直换流阀市场空间（亿元）	0	8	8	48
总市场空间（亿元）-乐观	48	121	151	644
同比		153%	24%	101%
总市场空间（亿元）-中性	48	89	103	436
			16%	82%

重点标的订单利润测算：

测算范围：以24-25年预测开工的特高压直流工程及海风柔直工程为测算范围，以签订合同为第一年，确认收入&利润的节奏为第一年到第三年的确认比例分别为0%/40%/60%。测算对相关标的的业绩贡献。

国电南瑞：

假设：1) 公司LCC换流阀（常直）及VSC换流阀（柔直）市占率为50%，海风VSC换流阀市占率为20%；2) 换流阀净利率均为30%。

结论：乐观/中性预期下24-26年特高压直流及海风柔直对公司业绩弹性分别为4%/15%/26%&4%/13%/18%。

	2023E	2024E	2025E	2026E
国电南瑞				
乐观预期				
LCC换流阀订单空间（亿元）	24	12	6	
VSC换流阀订单空间（亿元）	0	45	66	
海风柔直阀订单空间（亿元）	0	2	2	
总订单空间（亿元）	24	58	73	
净利率	30%	30%	30%	
总利润空间（亿元）	7	18	22	
实现利润（亿元）	0	3	11	19
23年利润（东吴预测）	75	75	75	75
利润弹性（以23E利润为基础）	0	4%	15%	26%
中性预期				
LCC换流阀订单空间（亿元）	24	18	15	
VSC换流阀订单空间（亿元）	0	22	33	
海风柔直阀订单空间（亿元）	0	2	2	
总订单空间（亿元）	24	42	49	
净利率	30%	30%	30%	
总利润空间（亿元）	7	13	15	
实现利润（亿元）	0	3	9	13
23年利润（东吴预测）	75	75	75	75

重点标的订单利润测算：

测算范围：以24-25年预测开工的特高压直流工程及海风柔直工程为测算范围，以签订合同为第一年，确认收入&利润的节奏为第一年到第三年的确认比例分别为0%/40%/60%。测算对相关标的的业绩贡献。

许继电气：

假设：1) 公司LCC换流阀（常直）市占率为25%，VSC换流阀（柔直）市占率为20%，海风VSC换流阀市占率为50%；2) 换流阀净利率均为30%。

结论：乐观 / 中性预期下 24-26 年特高压直流及海风柔直对公司业绩弹性分别为 12%/55%/100%&12%/47%/76%。

	2023E	2024E	2025E	2026E
许继电气				
乐观预期				
LCC换流阀订单空间（亿元）	9	6	3	
VSC换流阀订单空间（亿元）	0	18	26	
海风柔直阀订单空间（亿元）	0	4	4	
总订单空间（亿元）	9	28	33	
净利率	30%	30%	30%	
总利润空间（亿元）	3	8	10	
实现利润（亿元）	0	1	5	9
23年利润（东吴预测）	9	9	9	9
利润弹性（以23E利润为基础）	0%	12%	55%	100%
中性预期				
LCC换流阀订单空间（亿元）	9	9	7	
VSC换流阀订单空间（亿元）	0	9	13	
海风柔直阀订单空间（亿元）	0	4	4	
总订单空间（亿元）	9	22	24	
净利率	30%	30%	30%	
总利润空间（亿元）	3	7	7	
实现利润（亿元）	0	1	4	7
23年利润（东吴预测）	9	9	9	9



- 1. 柔性直流输电是新型电力系统重要工具
- 2. 特高压柔直逐渐成熟，海风柔直外送趋势已定
- 3. 规模化应用即将启动，产业链市场空间弹性释放
- 4. 相关标的及投资建议
- 5. 风险提示

- 公司是能源互联网整体解决方案提供商，是新型电力系统技术攻坚的重要主体。公司是国网旗下以能源电力智能化为核心的能源互联网整体解决方案提供商，为电网、发电及用户提供能源整体解决方案。
- 公司是国内柔直输电技术的引领者。公司的子公司中电普瑞和南瑞继保是国内柔直换流阀的核心供应商，公司成立南瑞联研半导体公司，研发国产高压IGBT，目前公司自研的4.5kV/3000kA的IGBT已在张北挂网，未来随着特高压柔直外送+远海风柔直外送公司柔直阀&IGBT有望快速放量。
- 盈利预测：我们预计23-25年归母净利润分别为74.96/86.81/100.13亿元、同比+16%/16%/15%。
- 风险提示：电网投资不及预期、特高压建设不及预期、竞争加剧等。

表 国电南瑞分业务景气度判断

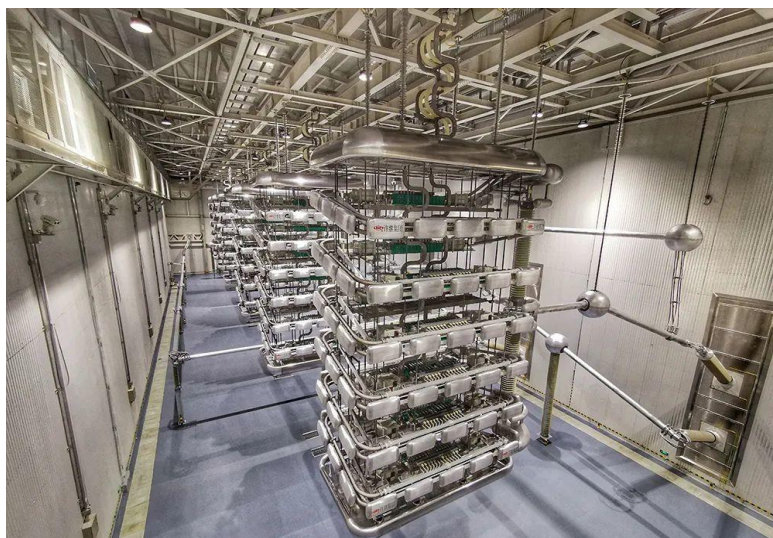
业务板块	业务	景气度判断（3-5年）
电网自动化及工业控制	电网安全稳定分析控制	高（预计 GR>15%），电源、负荷特性变化，带来电网安全稳定要求提升。
	电网调度自动化	高（预计 GR>15%），新一代调度系统开始迭代。
	电力市场	高（预计 GR>15%），持续支持电力现货市场建设。
	用电自动化	较高（预计 GR=10~15%），支撑智能电表、新能源充电设施。
	变电保护及自动化	中（预计 GR=5~10%），跟随变电站建设规模。
	配电自动化	中（预计 GR=5~10%），跟随配网建设规模。
电力自动化信息通信	轨交&工控	中（预计 GR=5~10%）。
	电网生产管理、调度管理	高（预计 GR>15%），国网能源互联网战略持续推进，电力物联网有望成为投资重点，南瑞是能源互联网战略的重要支撑单位，将全面参与电力物联网建设，有望持续高增长。
	信息安全	
	信通产品&系统集成、数据库及大数据应用	
继电保护&柔性直流	IGBT	高（量产后有望快速增长），突破电网关键技术、进口替代。
	特高压&柔直	较高（预计 GR=10~15%），“十四五”推进特高压主干网建设。
	继电保护	中（预计 GR=5~10%），跟随输变电建设规模。
其他	发电水利环保、EPC、综合能源服务、融资租赁等	较高（预计 GR=10~15%）。

图 张北柔直换流阀



- **传统主业稳健发展，产品覆盖各环节。**公司是覆盖“发输变配用”各环节的、覆盖一次和二次装备、交流及直流装备的电力装备制造及系统解决方案提供商。1) 智能配用电业务受益于二次设备稳健增长+储能PCS配套需求旺盛，收入有望维持20%左右增长；2) 智能电表业务国内市场持平稳增，海外市场突破提供增长弹性；3) 一次设备配套公司风光储业务，收入有望实现快速增长。
- **特高压直流换流阀的老牌玩家，柔直渗透率提高增厚公司业绩弹性。**公司是特高压直流换流阀的老牌玩家，市场份额仅次于国电南瑞（中电普瑞+南瑞继保），2023年累计中标6台常直换流阀和2套直流控保系统。公司柔直换流阀技术布局多年，投运容量约占19%，公司在特高压柔直输电技术以外，实现了在海风柔直换流阀的稳定中标，先后中标如东海风柔直工程（海上换流站）和三峡阳江海风柔直工程（陆上换流站），市场份额高达50%。未来随着柔直渗透率的提高，公司的业绩弹性有望大幅提升。
- **盈利预测：**我们预计公司23-25年归母净利润分别为9.15/11.64/14.27亿元，同比+21%/27%/23%。
- **风险提示：**电网投资不及预期、特高压建设不及预期、竞争加剧等。

图 许继柔直换流阀



- **一次设备龙头，直、交流特高压输变电设备供应商。**公司专注于输配电设备的研发制造，包括变压器、电抗器、高低压开关、换流阀等电力自动化集成及成套电力设备。公司是柔直换流阀的老玩家，曾先后为南澳±160kV多端柔直、鲁西背靠背柔直工程提供柔直换流阀，累计出货容量为1200MW。
- **产品拓展完善矩阵，新能源标杆项目逐步突破。**公司在一次设备的基础上，不断加大二次设备、新能源领域、智慧电网板块的拓展，目前已完成海上风电550kV变压器、直流GIS等海上风电设备研制，同时完成了配网电力电子变压器及高压级联储能装置的研发，电力电子技术能力不断提升。
- **盈利预测：**根据一致预期，公司23-25年归母净利润分别为7.41/10.19/13.18亿元，同比+21%/38%/30%。
- **风险提示：**电网投资不及预期、特高压建设不及预期、竞争加剧等。

图 特高压直流线路换流阀中标份额情况、
(2010-2021年历史累计口径)

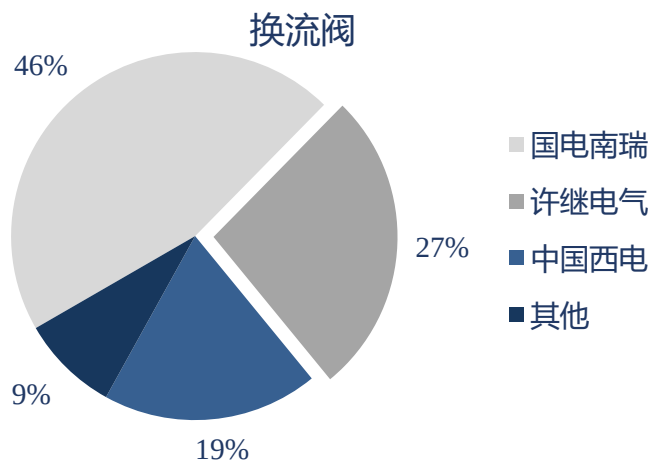
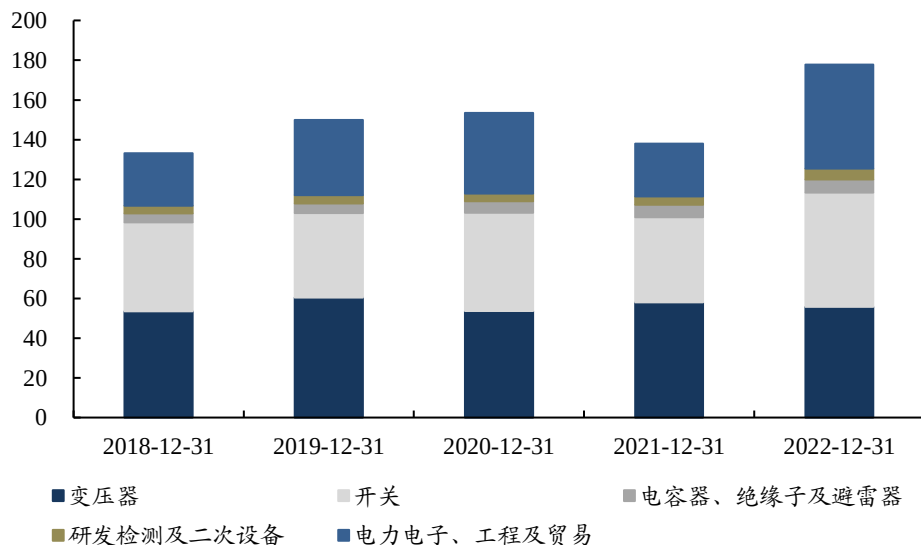
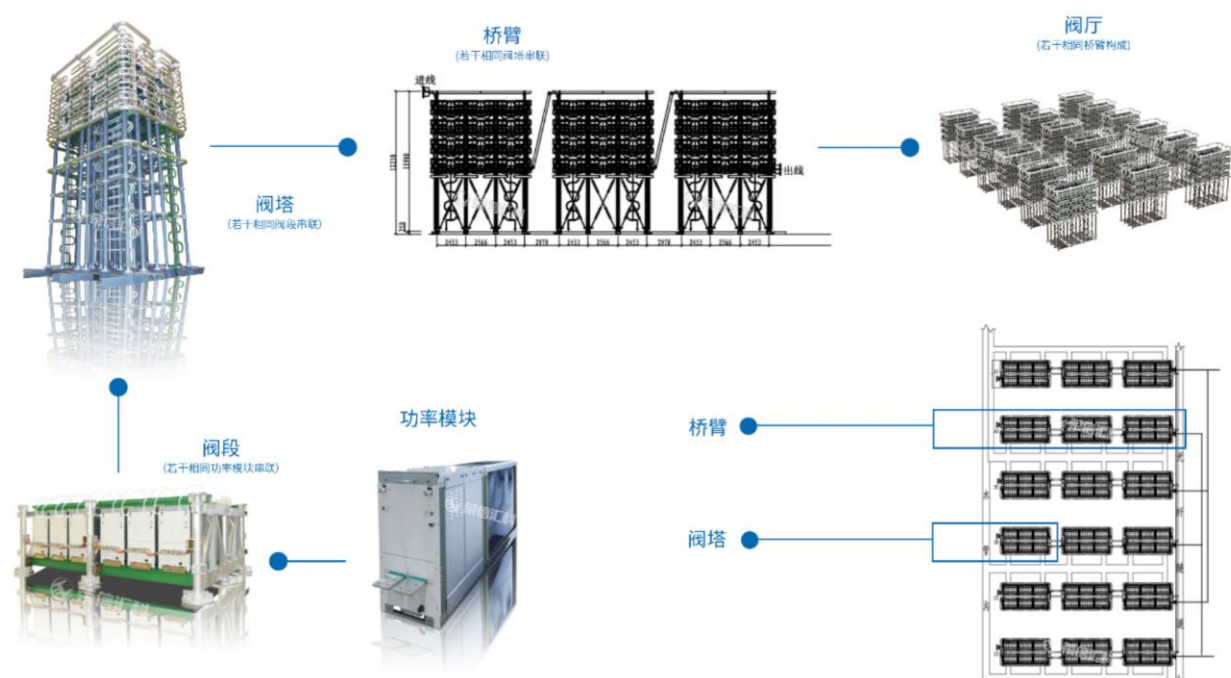


图 中国西电营收拆分



- **柔性交直流输电专精小巨人，技术水平国际领先。**公司是专业从事柔性交直流输配电成套装置及大功率变流器等高端装备研发、制造、销售及服务的的高新技术企业，主要产品包括柔性直流输电成套装置（HVDC Smart）、柔性交流输电成套装置（FACTS）和大功率变流器（MaxiVert）三大系列。
- **专注高压大功率电力电子技术，工程项目经验丰富。**公司专注于高压大功率电力电子技术的研发与应用，目前已实现鲁西背靠背、渝鄂背靠背、乌东德特高压柔性直流、如东海风柔直工程等多项工程柔直换流阀的出货，同时FACTS产品系列的静止同步补偿器（STATCOM）主要面向海外市场及新能源交流并网的国际客户，已出口至欧洲、非洲、大洋洲和北美洲等地区，项目经验丰富。

表 公司柔性直流输电成套装置（HVDC Smart）设备构成



投资建议：特高压柔性直流工程规划超预期，远海风电柔直外送趋势已定，柔直规模化建设应用有望快速启动。柔直换流阀是单机价值量最高、技术壁垒最高的核心设备，我们看好国内柔直换流阀的头部供应商。**柔直换流阀重点推荐：许继电气、国电南瑞**；建议关注：荣信汇科（未上市）、中国西电。国产大容量IGBT渗透率提升，建议关注：时代电气；换流阀模块中直流支撑电容国产化进程加速，建议关注：白云电器、法拉电子、赛晶科技（港股）。

图表：相关公司估值表（截至2023年12月8日）

证券代码	公司	总市值 (亿元)	股价（元 /股）	归母净利润			PE			评级	来源
				2023E	2024E	2025E	2023E	2024E	2025E		
600406.SH	国电南瑞	1,708	21.26	74.96	86.81	100.13	23	20	17	买入	东吴
000400.SZ	许继电气	207	20.31	9.15	11.64	14.27	23	18	15	买入	东吴
601179.SH	中国西电	229	4.47	7.41	10.19	13.18	31	22	17	未评级	Wind
688187.SH	时代电气	440	36.99	30.1	34.25	38.93	15	13	11	未评级	Wind
600563.SH	法拉电子	202	89.97	11.2	13.91	17.1	18	15	12	未评级	Wind
0580.HK	赛晶科技	21	1.32	0.5	1.56	2.53	43	14	8	未评级	Wind



- 1. 柔性直流输电是新型电力系统重要工具
- 2. 特高压柔直逐渐成熟，海风柔直外送趋势已定
- 3. 规模化应用即将启动，产业链市场空间弹性释放
- 4. 相关标的及投资建议
- 5. 风险提示

- **特高压柔直线路规划建设不及预期：**特高压柔直规划是推动柔直大规模应用的基础，若在规划和建设端不及预期，可能会对柔直推广的进程产生不利影响。
- **IGBT降本不及预期：**高成本是制约柔直放量的关键因素之一，IGBT成本若持续维持高位，对柔直规模化应用可能会产生不利影响。
- **竞争加剧：**国内柔直换流阀市场格局并未完全成型，头部公司的竞争优势未完全形成，若竞争加剧，或会影响产业链利润水平。

免责声明

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

东吴证券投资评级标准：

投资评级基于分析师对报告发布日后6至12个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）），具体如下：

公司投资评级：

- 买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在15%以上；
- 增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于5%与15%之间；
- 中性：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与5%之间；
- 减持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；
- 卖出：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

- 增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于基准5%以上；
- 中性：预期未来6个月内，行业指数相对基准-5%与5%；
- 减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于基准5%以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所苏州工业园区星阳街5号

邮政编码：215021

传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>

东吴证券 财富家园