

特高压：守得云开见月明

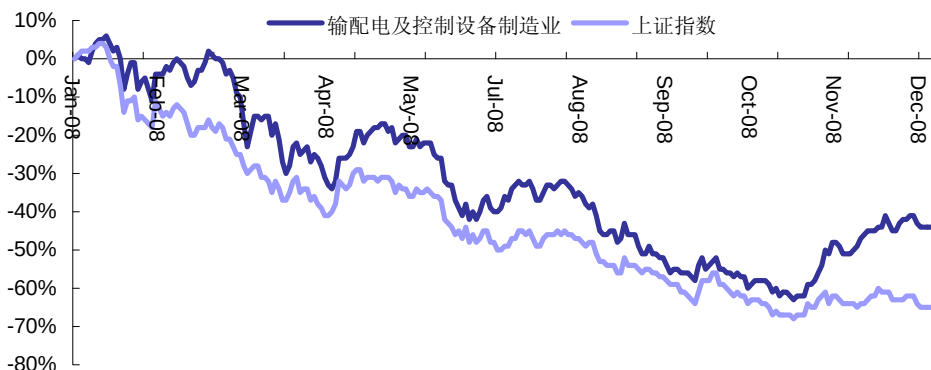
行业评级

增持/ 维持评级

相关研究

- 关于特高压的争论由来已久，经过长时间的论证和技术攻关，特高压电网大规模建设将在 09 年正式启动。我们预计，09、10 年特高压投资将新增 1,284 亿元。“十二五”、“十三五”期间，将分别新增投资 3,019、1,560 亿元。到 2020 年，特高压预计总投资达到 5,844 亿元，其中交流特高压 2,738 亿元，直流特（超）高压 3,106 亿元。
- 从建设时间和规模看，特高压电网的景气周期不会在短期内结束。09~11 年，将是特高压电网投资增速大幅提升的时期。虽然在“十二五”期间增速会趋于平缓，但每年超过 500 亿元的投资额度仍相当具有吸引力。所以特高压电网的景气周期我们预计将持续到 2015 年。
- 特高压电网建设无论从经济性还是从必要性讲，都具有 500kv 交流电网无法比拟的优势。在相同条件下，1000kv 特高压交流线路的建设成本比 500kv 线路至少节省 130 亿元。并且，在国网、南网加大 09、10 年投资额度的情况下，特高压电网投资在资金上也得到了充分的保证。
- 根据国网、南网的规划，预计到 2020 年，交流特高压的变电容量将达到 2.88 亿 kVA，输电线路超过 3.91 万公里。而直流特高压的变电容量也将达到 1.79 亿 kVA，输电线路里程约 4 万公里。
- 虽然特高压的投资总量还无法与 500kv 交流电网媲美，但由于进入门槛高、投资集中，所以只有行业内少数龙头企业可获得特高压投资的丰厚回报。在特高压这道丰盛的主菜中，特变、天威、平高、许继都将分享到特高压电网的超额收益。

最近 52 周股价表现



分析师

唐晓斌

0755-8346 4440

tangxb@lhq.com

杨军

+755-8249 3583

yangjun@lhq.com

目 录

本文写作目的.....	3
重要结论.....	4
输配电行业基本运行模式.....	5
特高压电网概况.....	6
特高压电网建设在优化能源配置、节约成本上优势明显.....	6
产业政策保障国内企业获订单的先发优势.....	6
特高压电网未来发展方向.....	7
特高压电网投资比重明显提升.....	8
交流特高压：09 年开始将出现爆发式增长.....	9
交流特高压的经济优势.....	9
交流特高压未来发展规划.....	9
交流特高压的各主要组成部份及需求分析.....	10
交流变压器.....	10
并联电抗器.....	11
组合电气 (GIS).....	12
交流特高压各期规划投资分析.....	13
直流特高压：努力攻克技术难关，“十二五”初期迎来春天.....	14
直流特高压未来总体发展规划.....	14
直流特高压的各主要组成部份及需求分析.....	15
换流变压器.....	16
换流阀.....	18
直流保护系统.....	18
直流特高压各期规划投资分析.....	19
结论.....	20
风险提示.....	20

本文写作目的

- 特高压电网建设的高潮在 09 年将全面启动，我们这篇报告的目的是通过分析特高压电网建设的经济性和必要性，结合国网、南网规划，为投资者勾画出特高压电网建设的整体蓝图。
- 在这里我们并不想简单的定性介绍特高压，而是希望在 09 年特高压电网建设全面启动的关键时刻，向投资者传达以下两个方面的信息：
 - (1) 从国网、南网的规划入手，结合晋东南-南阳-荆门、向家坝-上海两条特高压交直流示范线路，为投资者具体分析 09、10 年，以及“十二五”、“十三五”期间，特高压交直流线路的投资规模，以及变压器、电抗器、GIS、换流阀、直流保护等核心设备的市场容量。
 - (2) 介绍特高压交直流线路的简易计算方法，使投资者在给定电压等级、输送功率、线路长度的情况下，通过简单计算，可自行判断变压器、换流阀等核心设备的需求情况。
- 由于特高压技术属于国内首创，并且很多技术还在不断的更新中，所以本文旨在抛砖引玉，唤起大家对特高压电网的关注与热情。

重要结论

- 我们预计，09、10 年特高压投资将新增 1,284 亿元。“十二五”、“十三五”期间，分别新增投资 3,019、1,560 亿元。到 2020 年，特高压预计总投资达到 5,844 亿元，其中交流特高压 2,738 亿元，直流特（超）高压 3,106 亿元。
- 交流特高压规划方面，09、10 年新增交流特高压变电容量 7,725 万 kVA。“十二五”、“十三五”期间，分别新增变电容量 15,675、5,625 万 kVA。到 2020 年，1000kv 交流特高压电网投资总额为 2,738.39 亿元。

表 1、国网交流特高压投资规划						亿元
	单位	交流变压器 台	并联电抗器 台	GIS 间隔	线缆 公里	变电站投资 座
09、10 年	数量	67	90	44	11,266	19
	金额	30.15	15.3	49.28	450.64	388.70
“十二五”期间	数量	159	220	104	19,865	18
	金额	71.55	37.4	116.48	794.60	685.38
“十三五”期间	数量	57	111	38	5,625	7
	金额	25.65	27.8	42.56	225.00	194.07
合计金额		127.35	80.5	208.32	1,470.24	1268.15

数据来源：国家电网、联合证券研究所整理预测

- 直流特（超）高压规划方面，09、10 年将新增直流特高压投资 444.65 亿元。“十二五”、“十三五”期间，分别新增投资 1,519.91、1,141.62 亿元。到 2020 年，直流特（超）高压电网投资总额为 3,106.18 亿元。

表 2、国网、南网直流特高压投资规划												
	新增 线路	±800kv					新增线路	±500kv				
		变压器	换流阀	直流 保护	换流站 投资	线路总 投资		变压器	换流阀	直流 保护	换流站 投资	线路总 投资
09、10 年	1						4					
数量		56	8	2	2	1		112	16	8	8	4
金额		26.32	16.5	9.8	81.28	179.21		47.04	28	8.8	156.00	265.44
“十二五”	7						4					
数量		392	56	14	14	7		112	16	8	8	4
金额		184.24	115.5	68.6	568.96	1254.47		47.04	28	8.8	156.00	265.44
“十三五”	6						1					
数量		336	48	12	12	6		28	4	2	2	1
金额		157.92	99	58.8	487.68	1,075.26		11.76	7	1.1	39.00	66.36
合计投资		368.48	231	137.2	1137.92	2508.94		105.84	63.00	18.70	351.00	597.24

数据来源：国家电网、南方电网、联合证券研究所整理预测

- 在给定输送功率 1000 万千瓦，输电长度 2000 公里的假设条件下，一条交流特高压线路，变电站总投资为 138 亿元，线缆总投资为 160 亿元，合计 298 亿元。其中，变压器、并联电抗器、GIS 共需求 35.1、7.14 和 26.88 亿元。
- 在给定功率 6400MW，线路长度 2000km 的假设条件下，一条 ±800kv 直流特高压线路，换流站总投资为 81.28 亿元，线缆投资为 130.56 亿元，合计 211.84 亿元。

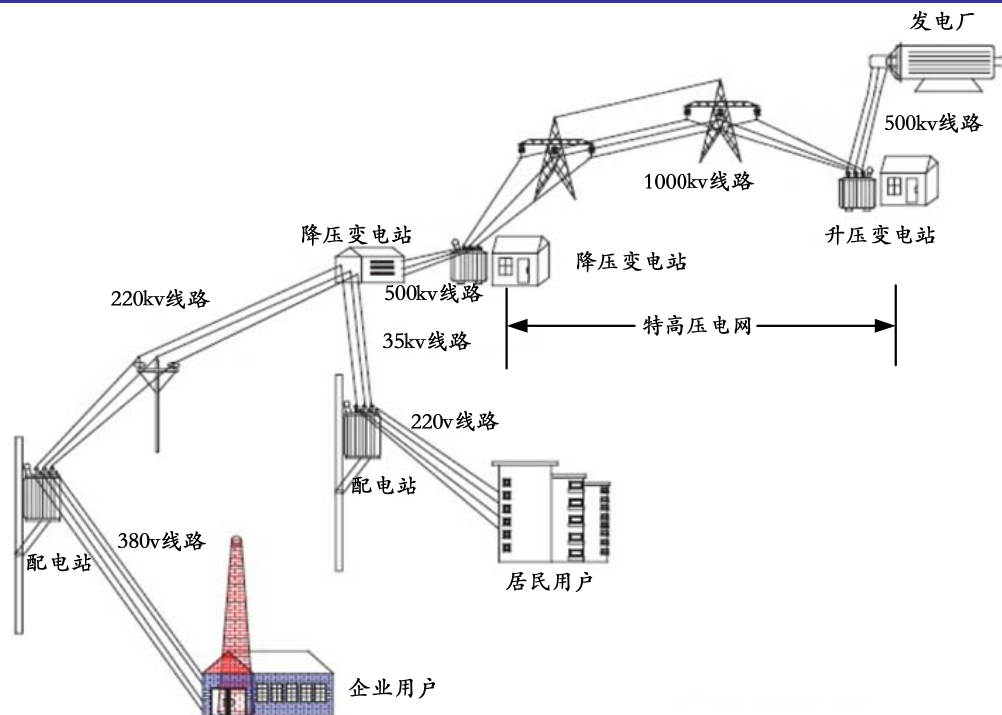
输配电行业基本运行模式

本文重点是特高压电网，所以不包含电厂500kv 升压变压器部份

输配电行业的作用是将电能从电厂引出，经过变电站、配电站，最终传输到终端用户（居民、企业）的手中。以 1000kv 交流特高压电网为例：

1. 电厂将产生的电能通过升压变压器提高到 500kv 并向外传输，经过短距离传输后（大约 100 公里）到达升压变电站。
2. 升压变电站将电压提高到 1000kv，通过交流特高压电网向外输送。
3. 电能经过远距离传输后，通过降压变压器将电压再次降低到 500kv。
4. 为了满足输配电网的合理输电要求，电压以 2 的 n 次幂的方式不断降低。最终电能以 220v、380v 电压传输到终端用户手中。

图 1、输配电网各部分组成示意图



数据来源：联合证券研究所整理

特高压电网概况

特高压电网建设在优化能源配置、节约成本上优势明显

在目前的能源结构中，煤炭和水能是我国发电能源的两大支柱，今后的开发多集中在西南、西北和晋陕蒙地区，有逐渐向西部和北部地区转移的趋势。能源产地与能源消费地距离的不断加大，使得我国能源传输的方式也发生了巨大变化。

根据 2020 年前后煤电基地外送规模的情况，如果不发展特高压输电技术，而继续依赖现有的 500kV 交、直流输电网络，需新增的输电回路数将使得电网公司难以承受，而且稳定性问题也将变得更加突出。为了进一步优化能源配置，建设特高压电网刻不容缓。

相同条件下，交流特高压的建设成本比 500kV 交流节省 130 亿元

特高压电网的建设在经济上也具有明显优势。以 1000 交流特高压为例，其输送功率约为 500kV 的 5 倍。输送功率的明显提高，意味着输电回路的大幅减少。经过测算，在相同条件下，1000kV 特高压交流线路的建设成本比 500kV 线路节省至少 130 亿元。此外，电压等级的提高，也使得在输电距离延长 3 倍以上，而线损仅为 500kV 的 30%。从占地面积看，交流特高压线路也可节省土地 60%。

产业政策保障国内企业获订单的先发优势

对于外界所担心的，由于技术原因使得国内企业拿不到特高压订单的忧虑，我们认为这担心是没有必要的。虽然与汽车行业类似，都是拿市场换技术，但特高压电网投资更趋稳健。

国家的产业政策保证了国内企业获得丰厚的特高压订单

国家一直采取的策略是先通过国内龙头企业与 ABB、西门子等公司合作研发特高压设备，而只将 550kV 等低电压等级的市场向国外公司开放。等到国内企业完全掌握了相关技术后，国家才会开始大规模建设特高压电网。所以特高压电网的普及，一定发生在国内企业已经完全消化相关技术之后。这样看来，国家的发展策略实际上已经保证了国内企业能够获得充足的订单。

随着晋东南-南阳-荆门、向家坝-上海，两条特高压交直流示范线路的建立，特高压建设已然驶入了快行道。

公司方面，特变、平高、许继、天威，这四家上市公司将是特高压电网建设最大的受益者。

特高压电网未来发展方向

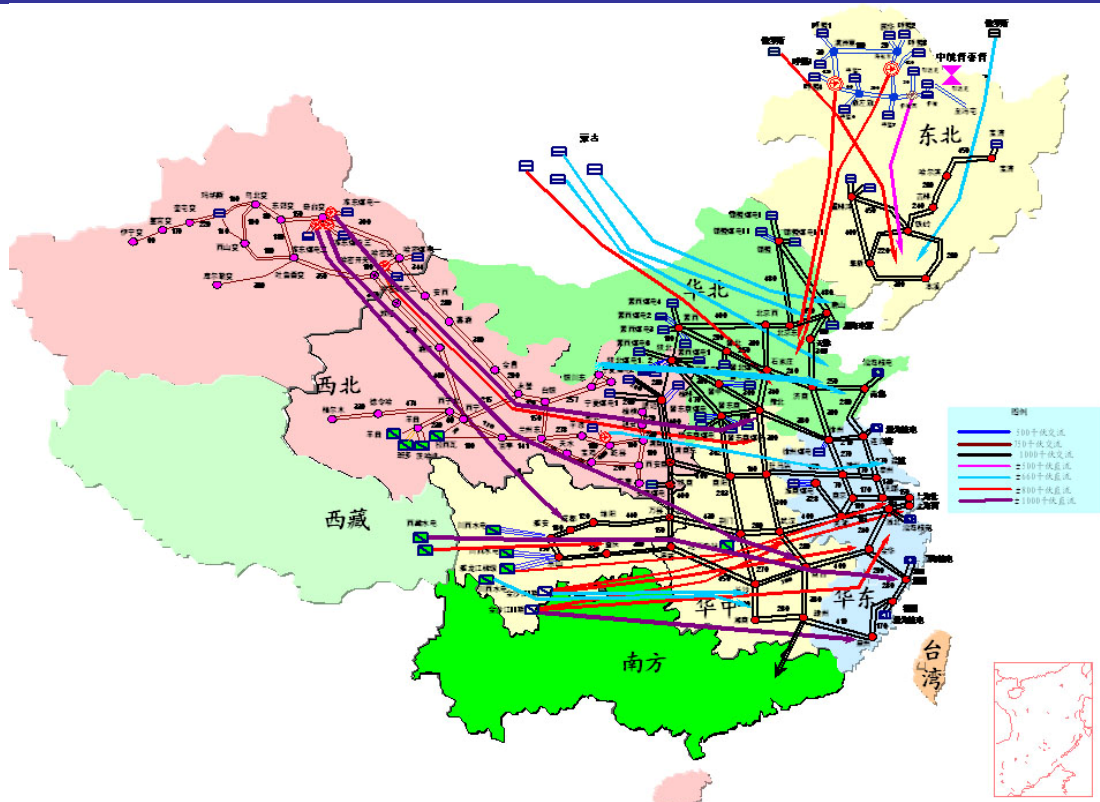
“十二五”期间，交流特高压电网的目标是将晋东南、蒙西、陕北煤电三大基地通过2条独立线路注入特高压电网，而西南水电则通过乐山~重庆~恩施~荆门双回路通道注入特高压电网。在直流特高压方面，计划将溪洛渡、向家坝及锦屏水电通过 $\pm 800\text{kV}$ 直流线路向华东、华中送电。

2020年前后，交流特高压将形成以华北、华中、华东为核心，联结我国各大区域电网、大煤电基地、大水电基地和主要负荷中心的骨干电网结构。晋东南、陕北、蒙西、宁东、锡盟煤电等煤炭基地以交流特高压分散接入南北方向多条大通道上，四川水电的部分容量通过东西方向的交流特高压通道送往华中和华东。

直流特高压方面，将实现金沙江一期溪洛渡和向家坝、二期乌东德和白鹤滩、锦屏等水电站，以及宁夏、呼盟煤电基地通过直流特高压通道向华东、华中、京津地区输电。

预计到2020年，交流特高压的变电容量将达到2.88亿kVA，输电线路达到3.91万公里。而直流特高压的变电容量也将达到1.79亿kVA，输电线路里程约4万公里。

图2、国家电网交直流特高压线路规划



数据来源：国家电网、联合证券研究所整理

特高压电网投资比重明显提升

目前，电网投资更多的是一种结构性投资。由于在“十五”、“十一五”前三年，国家电网加大了对 220kv、550kv 电网的建设，现在 220、550kv 电网已经初具规模，各大区域电网的网建已经比较完善。今后 220、550kv 电网建设的重心将转向城市环网方向发展，增速趋于平稳。

电网投资在 2011 年之后将出现结构性调整

在国网、南网提高未来两年投资额度的情况下，预计 09、10 年分别投资 3,900、4,900 亿元。但 2011 年之后，要继续维持每年 15%~20% 的投资增速是不现实的。届时，电网投资也将出现结构性的调整，国网、南网公司必将考虑如何使用最少的成本而进行最大程度的产出。这时，我们就会发现，特高压电网建设将是最佳的选择。

表 3、历年电网投资预测

	2006	2007	2008E	2009E	2010E	2011E	2012E	2013E	2014E	2015E	2016E	2020E
电网投资	2,134	2,541	3,195	3,900	4,900	5,488	6,037	6,520	6,911	7,256	7,547	8,008
增速	40%	19%	26%	22%	26%	12%	10%	8%	6%	5%	4%	1%

数据来源：国家电网、南方电网、联合证券研究所预测

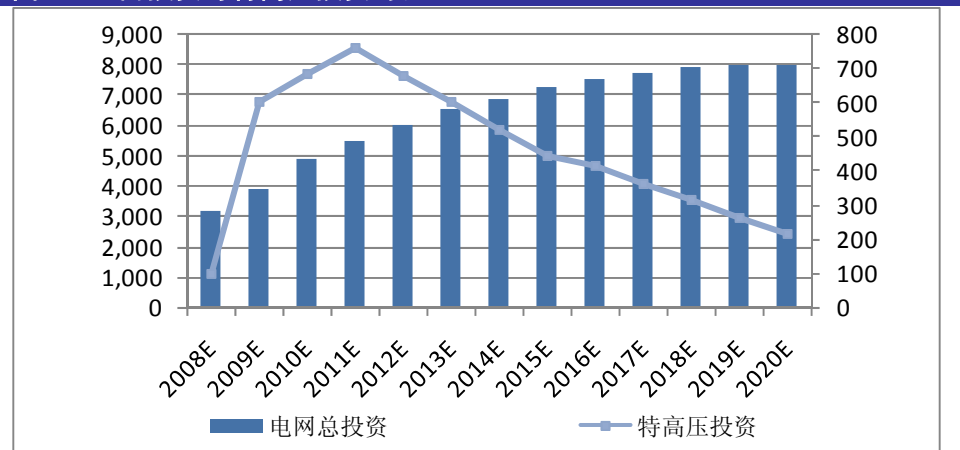
由于特高压电网在“十一五”前三年只是一些背靠背工程，所以占电网总投资的比重相当低，经过测算，仅占 2.8%。

但随着 09 年特高压电网建设正式拉开帷幕后，预计 09、10 年特高压投资将新增 1,284 亿元，占电网投资的比重上升到 14.6%。“十二五”期间，将新增投资 3,019 亿元，占电网投资的比重约为 9.4%。而在“十三五”期间，新增投资 1,560 亿元，占电网投资的比重也下降到 4.01%。

特高压电网建设的景气周期将持续到 2015 年

从投资规模看，09~11 年将是特高压发展的黄金阶段，不仅增速明显，而且每年的绝对投资额也超过 650 亿元。而在 2011 年之后，虽然增速开始放缓，但每年超过 500 亿元的投资仍具吸引力。所以我们预计，特高压电网投资的景气周期将持续到 2015 年。

图 3、电网投资与特高压投资对比



数据来源：公司年报、联合证券研究所整理

交流特高压：09 年开始将出现爆发式增长

交流特高压的经济优势

1000kv 交流特高压在经济上远远优于 500kv 交流电网。交流特高压的输送功率是 500kv 的 4~5 倍，而单位输送电量投资仅为后者的 73%。以金沙江水电向华东送电为例，特高压比 500 千伏可节省投资 130 亿元的成本。此外，耗损、线路占地面积比 500kv 交流分别节省 70%、60%。

表 4、1000kv 交流特高压与 500kv 交流经济性对比

	1000kv 交流特高压	500kv 交流
输送容量（万千瓦）	1000	1000
输送距离（公里）	2000	2000
线路回数	2	10
开关站数量	8	70
总体投资（亿元）	240	370

数据来源：联合证券研究所整理

交流特高压未来发展规划

交流特高压电网投资 09~11 年增速显著

交流特高压电网作为电网下一阶段的重点，越来越受到各方的关注。预计到 2020 年，我国将形成以华北、华中和华东组建的坚强特高压网架，形成联结大煤电基地、部份水电基地和华北、华中、华东三大电网负荷中心的交流特高压电网。

表 5、国网交流特高压线路建设规划

	线路信息	新增变电站
“十一五”期间	晋东南-荆门-上海西- 晋东南双环网 蒙西-安阳 蒙西-晋东南 乐山-荆门	晋东南、南阳、荆门、武汉、芜湖、浙北、 上海西、上海东、无锡、南京、徐州、豫北 蒙西、北京西、石家庄 陕北 乐山、重庆、施恩、万县（开关站）
“十一五”合计：	新增特高压交流变电站 19 座，1 座开关站。总变电容量 7,725 万 kVA，线路长度 11,266 公里。	
“十二五”期间	北京东-长沙 唐山-泉州 锡盟-唐山 陕北-豫北 青岛-石家庄 长沙-金华	北京东、长沙 唐山、天津、济南、徐州、滁州、连云港、泰州、金华、温州、福州、泉州 锡盟 陕北、晋中 青岛 南昌
“十二五”合计：	新增特高压交流变电站 18 座。总变电容量 15,675 万 kVA，线路长度 19,865 公里。	
“十三五”期间	蒙西-青岛 靖边-泰州 雅安-荆门	晋北 靖边、西安西、驻马店 雅安、成都、绵阳、万县（开关站）
“十三五”合计：	新增特高压交流变电站 7 座，1 座开关站。总变电容量 5,625 万 kVA，线路长度 7,930 公里。	
2020 年之后	霍林河-本溪 宝清-铁岭 湘南-泉州	霍林河、本溪 宝清、哈尔滨、铁岭 赣州
“十四五”合计：	新增特高压交流变电站约 6 座，总变电容量约 4,821 万 kVA。	

数据来源：国家电网、联合证券研究所整理

目前，按照输送 1000 万千瓦设计，每座变电站的造价为 23 亿元，线缆造价 400 万元/km。我们预计，09、10 年特高压交流线路的总投资为 611.48 亿元。“十二五”、“十三五”期间，交流特高压的投资规模将分别达到 1,155、460 亿元。

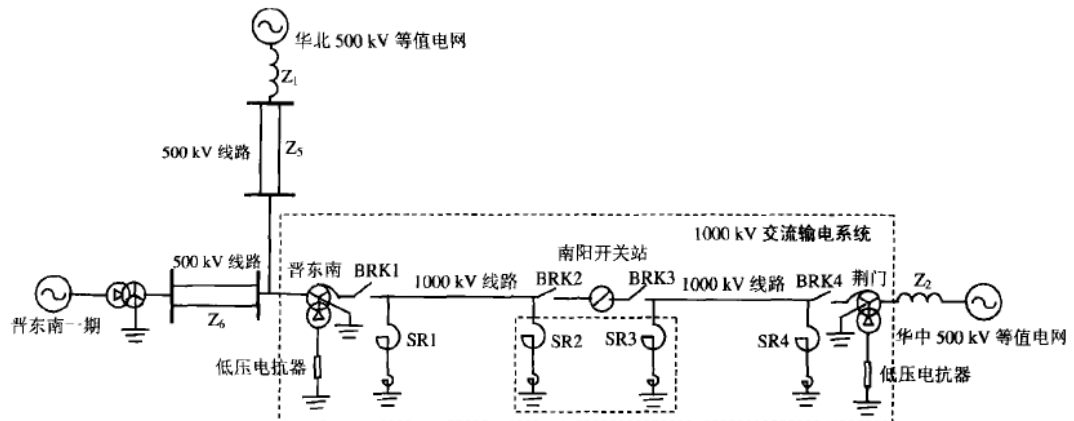
交流特高压的各主要组成部份及需求分析

我们以晋东南-南阳-荆门特高压示范线路为例，具体分析交流特高压电网的投资组成以及主要核心设备的市场需求情况。

晋东南-南阳-荆门目前线路采用单回输电模式，自然功率 500 万千瓦，计划 08 年底投产。其中，进出线端均为 500kv 交流。晋东南示范线路共有 2 个变电站（晋东南、荆门），1 个开关站（南阳），全长 654 公里，其中晋东南-南阳段为 363 公里，南阳-荆门段为 291 公里。

为了方便对线路进线无功补偿，交流特高压每隔 400km 需要架设开关站。开关站在直观上的理解是不含变压器的变电站。从国家电网的规划看，为了满足特高压电网与区域电网更好的衔接，将尽可能多的使用变电站来替代开关站。虽然建设费用较高，但有利于特高压骨干网架的构建。

图 4、晋东南交流特高压是否线路示意图



数据来源：联合证券研究所整理

交流变压器

晋东南-南阳-荆门示范线路采用单回路输电，虽然自然功率为 500 万千瓦，但预计实际输送功率不超过 300 万千瓦。因为由于容量、运输条件的限制，需要使用 3 台单相变压器组成一个三相变压器。而单相变压器的单台容量仅为 100 万 kVA，3 台合计为 300 万 kVA。

所以，目前晋东南-南阳-荆门单回 1000kv 交流特高压线路也仅为 300 万千瓦。如果希望达到 500 万千瓦的输电容量，则需要至少 6 台单相变压器，即 2 个三相变压器并联使用。

从上面分析中我们可以发现，每个 1000kv 交流特高压变电站的单相变压器数量一定为 3 的倍数。从目前线路的招标情况看，每个变电站有 5 台单相变压器，其中 3 台运行，2 台备用（开关站不需要安装变压器）。

由此进行估算，如果 1000kv 交流特高压线路按照传输距离 2000km，额定功率 1000 万千瓦的标准设计，则需要 6 个变电站，每个变电站需要单相变压器 13 台（其中 12 台运行，1 台备用）。目前，单台 1000kv 单相交流变压器的售价约为 4500 万元，则整条线路共需变压器 78 台，金额 35.1 亿元。

交流变特高压压器为单相变压器，每个特高压变电站的需求量一定是 3 的倍数，并且还要考虑 1 台备用

表 6、晋东南示范线路变压器中标情况

	特变电工	天威保变
中标数量	6	4
中标金额	2.50	1.81

数据来源：公司公告、联合证券研究所整理

当然，从各个变压器公司产能情况看，一条 2000km 的交流特高压线路并不会同时建设，而是采取分段建设的方式。

09、10 年，新增交流特高压变压器投资 30 亿元，“十二五”、“十三五”分别新增 71、25 亿元

“十一五”期间，国家电网规划新增交流特高压的变电容量为 7,725 万 kVA。按照单台容量 100 万 kVA 计算，在不考虑备用的情况下，新增交流变压器 78 台。如果刨除已招标的数量，09、10 年我国将新增特高压交流变压器 66 台，金额总计为 30.15 亿元。

“十二五”、“十三五”期间，国家电网规划新增交流特高压的变电容量分别为 15,675、5,625 万 kVA。在不考虑备用设备的情况下，分别新增特高压交流变压器 159、57 台，市场需求分别为 71.55、25.65 亿元。

2020 年，我国交流特高压骨干网架将基本搭建完毕，通过特高压交流电网输送的功率将达到 7,950 万千瓦，总变电容量 2.9 亿 kVA。2020 年之后，我国计划建设的特高压交流线路仅 3 条，新增变电站 6 座，总变电容量 4,821 万 kVA。

并联电抗器

特高压交流线路输送功率的大小受限于线路的长度，以及线路中电感的大小。由于有电感元件的存在，所以需要容性元件进行补偿。大规模使用电容可以提高电网的输送功率，但也加大了负载，使得线路损耗加大。电容无功功率的不足或过大都将引起系统电压的下降或上升。

为了降低线损，线路两端必须加载并联电抗器，进行无功补偿。并联电抗器主要用于补偿超高压线路的容性充电功率，以便于系统并网。

并联电抗器的需求容量一般为整条线路输送功率的 90%

并联电抗器的需求容量一般为整条线路实际输送功率的 90% 以上。也就是说如果一个 500 万 kw 交流特高压线路中只在两端进行无功补偿的话，那么并联电抗器的需求容量是 500 万 kVar。如果 1000kv 交流特高压线路超过 1000 公里，那么需要在沿途建设开关站（或者变电站），进行线路补偿。

晋东南-南阳-荆门示范线路中，晋东南侧高抗配置容量为 96 万 kVar；晋东南-南阳线路南阳侧高抗与南阳-荆门线路南阳侧高抗容量相同，均为 72 万 kVar；荆门侧按 60 万 kVar 配置，合计 300 万 kVar。从并联电抗器的容量看，晋东南特高压示范线路的输送功率也约为 300 万千瓦。

表 7、晋东南示范线路并联电抗器中标情况

	特变电工	西电集团
中标数量	8	11
中标金额	1.60	2.20

数据来源：公司公告、联合证券研究所整理

高压电抗器不能通过变电容量，而需使用装机容量进线预测。国家电网预计，2010 年，交流特高压的装机容量约为 2,610 万千瓦。其中，晋、陕、蒙等煤电 1,280 万千瓦，西南水电 550 万千瓦，受端电源 780 万千瓦。而在 2010 年交流特高压的变电容量为 7,725 万 kVA，容载比（变电容量/装机容量）2.96。

09、10 年，新增特高压并联电抗器投资 15.3 亿元，“十二五”、“十三五”期间，分别新增投资 37.4、27.8 亿元

“十二五”期间，假设容载比不变，仍为 2.96，那么将新增特高压装机容量 5,296 万千瓦。2020 年前后，陕北、晋东南、蒙西、锡盟、宁东煤电基地通过特高压交流电网向外送电 6,750 万千瓦，四川水电则为 1,200 万千瓦，共计 7,950 万千瓦。

目前，1000kv 交流特高压使用的并联电抗器，单台容量约为 24~32 万 kVar，售价 1700~2500 万元。如果全部以 24 万 kVar 计算，扣除已招标的数量，09、10 年新增并联电抗器 90 台，市场容量约为 15.3 亿元。

“十二五”、“十三五”期间，在不考虑备用设备的情况下，将分别新增高压并联电抗器 220、111 台，市场需求分别为 37.4、27.8 亿元。

组合电气（GIS）

组合电器（GIS）将变电站中除变压器、电抗器以外的所有一次设备优化设计成一个有机组合的整体，一般为积木式结构。总体而言，它由断路器、隔离开关、接地开关、电压互感器、电流互感器、避雷器、母线等部件组成。

目前，应用于交流特高压电网的组合电气有两种，传统 GIS，以及 HGIS（复合式组合电器）。这两种组合电器各有优点，主要受场地因素的影响。简单的说，HGIS 比传统 GIS 价格低 30%，但占地面积增加 15%，达到 1.5 万平方米。

晋东南-南阳-荆门线路中，平高中标晋东南变电站 2 个间隔 1100kvGIS。此外，南阳开关站、荆门变电站均使用 HGIS，分别由新东北电气、西高提供。

每个变电站对 GIS 的需求数量，主要跟进线方式相关。简单的说，如果变电站有 4 条进线，5 条出线，则需 GIS 的数量为 9 个间隔。晋东南-南阳-荆门示范线路采用单回路输电方式，即 1 条进线 1 条出线，所以每个变电站需要两个间隔的 GIS。

表 8、晋东南示范线路 GIS 中标情况			亿元
	平高电气	新东北电气	西高
组合电器类型	GIS	HGIS	HGIS
中标数量（间隔）	2	2	2
中标金额	2.23	1.7	2.0

数据来源：公司公告、联合证券研究所整理

如果仅从变电站的数量及变电容量对 GIS 的需求进行预测是非常困难的，因为每个变电站进线、出线数量各不相同。在这里，仅通过国网特高压规划的线路图做一个简单的分析预测。

09、10 年，新增交流特高压 GIS 投资 50 亿元，“十二五”、“十三五”期间，分别新增投资 116、43 亿元

09、10 年，扣除已招标的数量，我们预计共需 44 个 GIS 间隔。“十二五”、“十三五”期间，GIS 的需求量分别约为 104、38 个间隔。

如果按照平高电气中标的情况计算，每个间隔的售价为 1.12 亿元，则 09、10 年，GIS 新增投资 50 亿元。“十二五”、“十三五”期间，GIS 的市场容量分别为 116.48、42.56 亿元。

交流特高压各期规划投资分析

1000kv 交流特高压线路中，变电站占整个线路投资的 46.31%。其中，变压器、电抗器、GIS 这些最核心设备占变电站投资的 50.1%。

表 9、给定条件下交流特高压线路投资比例

给定条件下，交流特高压线路的总投资为 298 亿元，其中变电站投资 138 亿元，线缆投资 160 亿元

	单位				
输送功率	万千瓦	1,000			
线路长度	公里	2,000			
输电回路	回	2			
线缆单位造价	亿元/(km×回)	0.04			
线缆总投资	亿元	160			
变电站数量	座	6			
变电站造价	亿元/座	23			
其中：	单价	数量	合计	占比	
变压器	0.45	13	5.85	25.43%	
并联电抗器	0.17	7	1.19	5.17%	
GIS	1.12	4	4.48	19.48%	
变电站总投资	亿元	138			
特高压交流线路总投资		298			
线缆投资占比		54%			
变电站投资占比		46%			

数据来源：国家电网、联合证券研究所整理

按照国家电网的规划，09、10 年新增交流特高压变电容量 7,725 万 kVA。“十二五”、“十三五”期间，分别新增变电容量 15,675、5,625 万 kVA。

表 10、国家电网交流特高压投资规划

单位	交流变压器 台	并联电抗器 台	GIS 间隔	线缆 公里	变电站投资 座
09、10 年					
数量	67	90	44	11,266	19
金额	30.15	15.3	49.28	450.64	388.70
“十二五”期间					
数量	159	220	104	19,865	18
金额	71.55	37.4	116.48	794.60	685.38
“十三五”期间					
数量	57	111	38	5,625	7
金额	25.65	27.8	42.56	225.00	194.07
合计金额	127.35	80.5	208.32	1,470.24	1268.15

数据来源：国家电网规划、联合证券研究所整理

特变电工、平高电气、
天威保变将充分享受交
流特高压投资的收益

目前，在交流特高压变压器、并联电抗器方面，国内仅有特变、天威、西变三家公司具有完全自主生产能力。在这三家企业中，特变由于新近进行了大规模的产能扩张，所以公司可以快速组织生产，抢占更多的市场份额。

组合电气 GIS 方面，国内也仅有 3~4 家企业可以生产：平高电气、新东北电气、西高、鲁能恩翼帕瓦。从目前中标的情况看，我们认为国家在政策上会逐步向平高、西高倾斜。毕竟，当国内企业完全掌握相关技术后，100%国产化将是电网建设的终极目标。

直流特高压：努力攻克技术难关，“十二五”初期迎来春天

直流特高压未来总体规划

直流特高压是指 $\pm 800\text{kV}$ 以上的直流输电线路。目前，直流线路建设主要以 $\pm 500\text{kV}$ 为主。 $\pm 800\text{kV}$ 直流特高压的优势在于其输电能力是 $\pm 500\text{kV}$ 的2倍，这使得输电回路数量大幅减少。

表 11、直流特高压建设规划

	HVDC 工程	电压等级(KV)	输送功率(MW)	预计投产时间
1	高岭直流背靠背输电工程	500	1500	2008
2	中俄直流背靠背 I 期工程	500	750	2008
3	灵宝扩建背靠背	500	750	2009
4	呼伦贝尔-沈阳	500	3000	2010
5	俄罗斯-辽宁	500	3000	2010
6	宝鸡-德阳	500	3000	2011
7	宁夏-天津	500	3000	2010
8	山东-华东背靠背工程	500	1200	2011
9	山西-山东	500	3000	2011
10	葛洲坝-上海扩建	500	3000	2011
11	华北-华中背靠背工程	500	1000	2012
12	景洪-泰国	500	3000	2013
13	构皮滩-广东	500	3000	2016
14	云南-广东	800	5000	2009
15	向家坝-上海	800	6400	2011
16	锦屏-华东	800	6400	2012
17	溪洛渡-湖南	800	6400	2014
18	俄罗斯-北京	800	6400	2015
19	呼盟-济南	800	6400	2015
20	糯扎渡-广东	800	6400	2015
21	溪洛渡-杭州	800	6400	2015
22	呼盟-天津	800	6400	2016
23	金沙江 II 期-华东	800	6400	2016
24	哈密-华中	800	6400	2018
25	呼盟-辽宁	800	6400	2018
26	金沙江 II 期-福建	800	6400	2018
27	金沙江 II 期-华东	800	6400	2019
28	俄罗斯-东北	660	4000	不确定
29	蒙古-天津	660	4000	不确定
30	蒙古-唐山	660	4000	不确定
31	蒙古-山东	660	4000	不确定
32	银川东-青岛	660	4000	不确定
33	银川东-高密（山东）	660	4000	不确定
34	彬长（西北）-盐城	660	4000	不确定
35	川西水电-湘南	660	4000	不确定
36	金沙江 I 期-长沙	660	4000	不确定
37	奇台变（淮东）-豫北	1000	9000	不确定
38	奇台变（淮东）-南昌	1000	9000	不确定
39	奇台变（淮东）-成都	1000	9000	不确定
40	西藏水电-温州	1000	9000	不确定
41	金沙江 II 期-温州	1000	9000	不确定

数据来源：国家电网、南方电网规划、联合证券研究所整理

其中，编号 1~6 是已招标的 $\pm 500\text{kV}$ 直流超高压线路，编号 14~15 是已招标的 $\pm 800\text{kV}$ 直流特高压线路。 ± 660 、 $\pm 1000\text{kV}$ 直流特高压虽然也出现在电网规划中，但并没有明确建设时间，所以暂不考虑。

在给定条件下，±800kV 直流特高压线路的总投资为 211 亿元，其中换流站投资 81 亿元，线缆投资 130 亿元

表 12、不同电压等级的直流线路建设成本比较

	单位	±800kV	±660kV	±500kV
额定输送功率	MW	6400	4000	3000
线路长度	公里	2000	2000	2000
线缆单位造价	元/(千瓦×公里)	0.51	0.52	0.57
线缆总造价	亿元	130.56	83.2	68.4
线缆比重		62%	59%	64%
换流站数量	座	2	2	2
单位换流站造价	元/千瓦	1,270	1,430	1,300
换流站总造价	亿元	81.28	57.20	39.00
换流站比重		38%	41%	36%
线路总造价	亿元	211.84	140.40	107.40

数据来源：国家电网、联合证券研究所整理

虽然 ±800kV 线路的造价比 ±660、±500kV 高，但从单位造价看，±800kV 无疑是最佳的选择。同时，由于直流输电技术较交流输电还具有节省占地面积、线损低、建设工期短等优点。

±800kV 直流特高压与 1000kV 交流特高压各具优势，应用场合不尽相同。经过对交流 1000kV 及直流 ±800kV 的研究比较，专家得出以下三点结论：

1. 从输送能力来看，单回 1000kV 交流线路输送的自然功率与 ±800kV 直流输送功率基本相当，交、直流的应用各有特点，两者相辅相成，互为补充。
2. 从输电距离来看，特高压交流与 ±800kV 直流之间有各自的经济输电适用距离。当输电距离在 800km 内，交流经济性优于直流，输电距离超过 1200km 时，直流优于交流，而且随着距离的增加，优势越明显。
3. 从电网特点看，特高压交流具备交流电网的基本特征，可以形成坚强的网架结构，理论上其规模和覆盖面是不受限制的，对电力的传输、交换、疏散十分灵活。而特高压直流是则好比直达快车，不能独立形成网络，所以必须依附于坚强的交流输电网才能发挥作用。

从目前情况看，国内企业还在对 ±800kV 直流特高压的部份关键技术进行消化。所以，我们预计“十一五”后两年，国家电网将优先发展交流特高压。等待直流技术完善后，将大力推广直流特高压。

直流特高压的各主要组成部份及需求分析

我们以家坝-上海 ±800kV 直流特高压的示范线路为例，具体分析直流特高压电网的投资组成以及主要核心设备的市场需求情况。

向家坝-上海是国网 ±800kV 直流特高压的示范线路，共有两个换流站，双极额定输电功率 6400MW，输电长度 1,916km。每极采用两组 12 脉冲换流器串联技术，采用单相双绕组换流变。

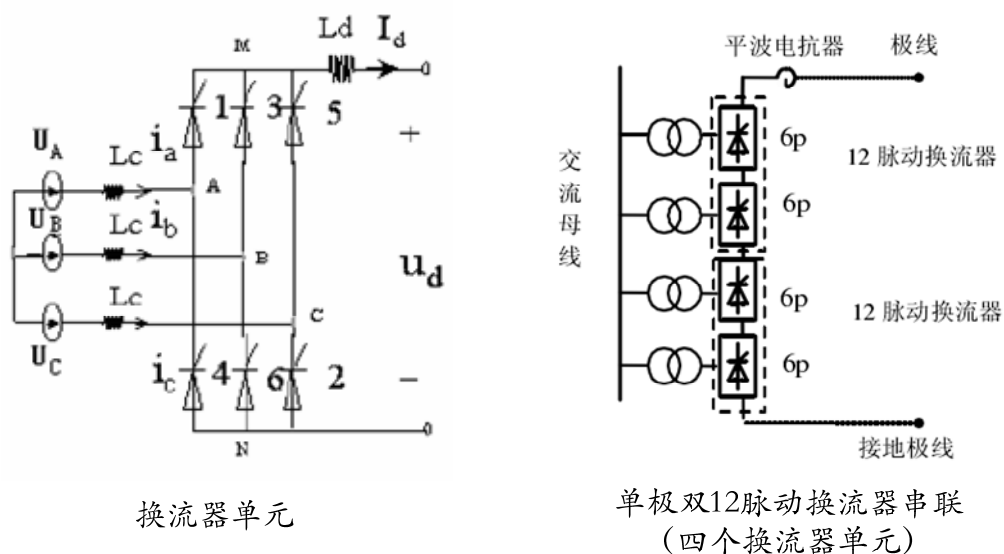
其中，向家坝复龙换流站，换流变容量 (24+4) × 322MVA，本期 500kV 交流出线 9 回，直流电压为 ±(400kV+400kV)。上海奉贤站，换流变容量 (24+4) × 297.1MVA，本期 500kV 交流出线 3 回，直流电压也为 ±(400kV+400kV)。

±800kV 直流特高压与 1000kV 交流特高压适用情况不同

换流变压器

用于直流输电的主变压器称为换流变压器。它与一般的高压电力变压器和工业企业中所用的整流变压器都有所区别。高压直流换流变压器的工作原理是将网侧 500kv 交流电压通过变压器变为阀侧交流电压，经换流阀整流为直流传输。

图 5、直流输电线路换流器结构示意图



数据来源：联合证券研究所整理

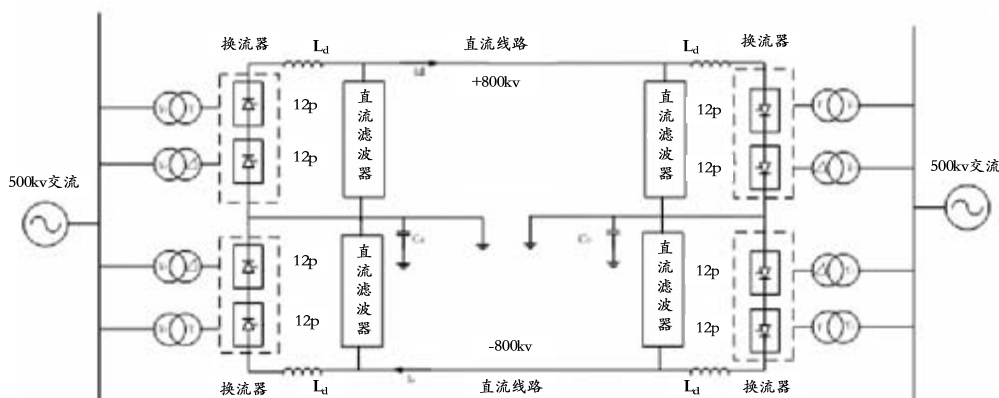
每个换流站所需换流变压器的数量主要与换流器（用来整流、逆变）的连接方式有关。以 $\pm 800\text{kv}$ 为例，大量研究证明，采用单极双 12 脉动换流器串联方式是最经济、安全的选择。

$\pm 800\text{kv}$ 变压器采用 3 台双绕组单相变压器代替三相变压器

每个换流器单元由 6 个晶闸管串组成。由于换流变压器仍是交流变压器，所以需用三相变压器。但单台三相变压器由于体积过大，运输非常不便，所以目前采用 3 台双绕组单相变压器来代替三相变压器。

单极双 12 脉动换流器串联方式，指两个 12 脉动换流器串联连接，每个 12 脉动换流器的电压为 400kv。由于单极需要 4 个换流器单元，每个换流器单元需要 3 台单相双绕组换流变压器，所以单极共需 12 台换流变压器，双极则需 24 台。

图 6、 $\pm 800\text{kv}$ 直流特高压输电线路示意图



数据来源：联合证券研究所整理

±800kv 直流换流站共需 28 台换流变压器,其中投入使用的有 24 台,另有 4 台备用

±500kv 直流超高压换流站共需 14 台换流变压器,其中投入使用的有 12 台,另有 2 台备用

换流变压器在每个换流器上所承受的对地电压都是不同的,分为 200、400、600、800kv 四个等级,所以每个换流站需要 4 台不同型号的备用变压器,合计 28 台换流变压器。虽然,每种变压器对地电压不同,但变压器两端的电压均为 200kv,每个变压器的容量也均为 30 万 kVA。

表 13、向家坝直流特高压换流变压器中标情况

	特变	西电	天威	西门子	ABB
中标数量	18	10	8	10	10
中标金额	8.30	4.61	4.40	4.61	4.61

数据来源:国家电网公告、联合证券研究所整理

对于 ±500kv 直流超高压项目来说,其输电原理与 ±800kv 相同,只不过所需的换流变压器比 ±800kv 减少一半。±500kv 线路采用单极单 12 脉动换流器方式,分为 250、500 两个电压等级,所以共需换流变压器 14 台(其中两台备用)。

表 14、直流线路换流变压器已中标情况

	电压等级 (kv)	额定功率 (MW)	换流变压器 (台)
灵宝扩建背靠背	500	750	8
西北侧			4
华中侧			4
高岭(东北-华北)背靠背	500	1500	13
高岭站			13
中俄背靠背(俄罗斯-黑河)	500	750	7
黑河站			7
宝鸡-德阳(西北-华中)	500	3000	28
德阳站			14
宝鸡站			14
呼伦贝尔-沈阳	500	3000	28
伊敏站			14
木家站			14
向家坝-上海	800	6400	56
复龙站			28
奉贤站			28
云南-广东	800	5000	56
禄丰站			28
增城站			28

数据来源:国家电网公告、联合证券研究所整理

根据国网、南网关于直流特(超)高压的规划,09、10 年将新增 ±500kv 线路 4 条(宝鸡、呼伦贝尔为已中标线路),1 条 ±800kv 线路(云广 ±800kv)。

“十二五”期间,新增 ±500kv 线路 4 条,±800kv 线路 7 条(其中向家坝为已中标线路)。“十三五”期间,则新增 ±500kv 线路 1 条,±800kv 线路 6 条。而对于 ±660、±1000kv 直流输电线路虽然出线在国网、南网的规划中,但具体投运时间尚未公布,并且数量相对较少,所以暂不考虑。

09、10 年,新增直流特(超)高压变压器投资 73 亿元,“十二五”、“十三五”期间,分别新增投资 231、170 亿元

目前,±500kv 换流变压器的平均售价为 4,200 万元,±800kv 换流变压器的售价为 4,700 万元。在考虑备用变压器的情况下,我们预计 09、10 年,新增换流变压器 168 台,市场容量 73.36 亿元。

“十二五”、“十三五”期间,分别新增换流变压器 504、364 台,市场容量分为 231.28、169.68 亿元。从规划中我们也可以发现,直流特高压的建设高潮将在“十二五”期间出现。

换流阀

换流阀是直流线路中换流器的总称，也是直流输电线路的核心设备。在前面的段落中，我们已经详细说明了每条线路所需换流器的数量。

自从 20 世纪 70 年代出现大功率晶闸管（即可控硅），取代了汞阀用作换流装置以后，直流输电技术得到迅速发展。一直以来，换流阀技术一直掌握在 ABB、西门子等外国厂商的手中。但国家近些年通过吸收一系列国外先进技术，目前换流阀设备的国产化率已达到 100%。

± 800kv 线路需要换流阀 8 套，± 500kv 则需换流阀 4 套

表 15、高压直流线路换流阀已中标情况					亿元
HVDC 工程	中标年份	许继集团	西整	ABB	电科院
贵广二回±500kv 直流输电工程	2005	4.2	4.2		
高岭背靠背直流输电工程	2006	1.82	1.68		
云广±800kv 直流输电工程	2007	7.8	6.56		
中俄联网±500kv 背靠背	2007	0.9	—		0.9
向加坝-上海±800kv	2007	8.27	8.27		
灵宝背靠背直流输电扩建工程	2008	—	—	1.8	
呼伦贝尔-辽阳±500kv	2008	—	7		
德阳-宝鸡±500kv 直流输电工程	2008	—	7		

数据来源：国家电网公告，联合证券研究所预测整理

由于 ± 800kv 线路的换流阀比 ± 500kv 多了一倍（± 800kv 有 8 个换流器单元，而 ± 500kv 只有 4 个），所以对换流阀的需求量约高一倍。同时受输送功率的影响，目前单条 ± 800kv 线路对换流阀的需求金额为 16.5 亿元，± 500kv 为 7 亿元。

09、10 年，新增直流特（超）高压换流阀投资 45 亿元，“十二五”、“十三五”期间，分别新增投资 144、106 亿元

根据国网、南网的规划，我们预计 09、10 年新增换流阀 44.5 亿元。“十二五”、“十三五”期间，分别新增 143.5、106 亿元。

直流保护系统

特高压直流保护所覆盖的区域包括换流阀、直流场、换流变压器、换流母线及与换流变压器相连的交流断路器之间的区域，交流滤波器组及与交流滤波器组相连的交流断路器之间的区域，区内所有设备均应得到保护。

表 16、直流保护设备中标情况					亿元
HVDC 工程	中标年份	许继电气	南瑞继保	北京四方	
贵广二回±500kv 直流输电工程	2005	2.30	—		
高岭背靠背直流输电工程	2006	0.69	0.31		
云广±800kv 直流输电工程	2007	2.76	1.10		
中俄联网±500kv 背靠背	2007	—	0.50		
向加坝-上海±800kv	2007	1.37	3.53		
灵宝背靠背直流输电工程	2008	—	—		1.00
呼伦贝尔-辽阳±500kv	2008	—	2.2		
德阳-宝鸡±500kv 直流输电工程	2008	—	2.2		

数据来源：国家电网，联合证券研究所预测整理

与换流阀类似，± 800kv 线路中直流保护系统的造价比 ± 500kv 高一倍左右。目前单条 ± 800kv 线路对换流阀的需求金额为 4.9 亿元，± 500kv 为 2.2 亿元。

09、10 年，新增直流特（超）高压直流保护投资 19 亿元，“十二五”、“十三五”期间，分别新增投资 77、60 亿元

根据国网、南网的规划，我们预计 09、10 年新增直流保护系统 18.6 亿元。“十二五”、“十三五”期间，分别新增 77.4、59.9 亿元。

直流特高压各期规划投资分析

在直流特（超）高压换流站中，换流变压器、换流阀、直流保护系统是其核心设备，约占整个换流站投资比例的 54%~59%。

表 17、高压直流换流站投资构成

给定条件下，±800kV 直流特高压线路的换流站投资为 81 亿元，其中换流变压器、换流阀、直流保护系统的占比分别为 32%、17%和 6%

	单位	±800kV	±500kV
额定输送功率	MW	6,400	3,000
换流站总投资	亿元/座	81.28	39.00
其中：			
换流变压器	数量 单价	56 0.47	28 0.42
换流变压器合计	亿元	26.32	11.76
换流变压器所占比例		32%	30%
换流阀	亿元	16.5	7
换流阀所占比例		20%	18%
直流保护系统	亿元	4.9	2.2
直流保护系统所占比例		6%	6%

数据来源：国家电网，联合证券研究所预测整理

按照国家电网的规划，09、10 年新增直流特高压的输送容量为 6,000MW。

“十二五”、“十三五”期间，分别新增输送容量 49,500、41,300MW。2020 年，直流特（超）高压的投资总额为 2,066.57 亿元，其中 ±800kV 直流特高压投资 1,602.05 亿元，±500kV 直流超高压投资 464.52 亿元。

表 18、国网、南网直流特高压投资规划

		±800kV						±500kV				
	新增 线路	变压器	换流阀	直流 保护	换流站 投资	线路总 投资	新增线 路	变压器	换流阀	直流 保护	换流站 投资	线路总 投资
09、10 年	1						4					
数量		56	8	2	2	1		112	16	8	8	4
金额		26.32	16.5	9.8	81.28	179.21		47.04	28	8.8	156.00	265.44
“十二五”	7						4					
数量		392	56	14	14	7		112	16	8	8	4
金额		184.24	115.5	68.6	568.96	1254.47		47.04	28	8.8	156.00	265.44
“十三五”	6						1					
数量		336	48	12	12	6		28	4	2	2	1
金额		157.92	99	58.8	487.68	1,075.26		11.76	7	1.1	39.00	66.36
合计投资		368.48	231	137.2	1137.92	2,508.94		105.84	63.00	18.70	351.00	597.24

数据来源：国家电网、联合证券研究所整理

特变电工、天威保变、许继电气将充分享受直流特高压投资的收益

目前，在直流特高压换流变压器方面，国内同样仅有特变、天威、西变三家公司具有完全自主生产能力。但在对地电压 800kV 变压器的制造方面仍需时间消化。所以，我们预计 09、10 年直流特高压将放缓建设速度。当技术问题完全解决后，直流特高压将迎来爆发式增长。

换流阀方面，国内企业由许继集团、西整各占半壁江上。换流阀技术国内企业已经可以 100%自主生产，所以预计今后特高压换流阀市场将由国内企业一统天下。但值得注意的是，目前许继换流阀业务仍然在集团手中。有关换流阀业务要装进上市公司许继电气的消息一直不断，至今未有定论，所以还需要时间观察。

直流保护业务方面，同样由两家公司垄断：许继电气、南瑞继保。直流保护是许继电气的业务，所以上市公司可以尽享这部分收益。

结论

从 09 年开始，电网投资将进入一个新的时期：特高压时期。特高压输电的经济性与必要性目前已经得到充分的认识，未来将迎来爆发式增长。虽然从投资总量看，特高压电网建设还无法与 500kv 交流电网媲美，但由于进入门槛高、投资非常集中，所以少数企业仍可获得丰厚的回报。

根据规划，09、10 年特高压新增投资 1,284 亿元，“十二五”、“十三五”期间将分别新增 3,019、1,560 亿元

根据国网、南网对特高压的规划，09、10 年特高压电网投资将新增 1,284 亿元，其中 1000kv 交流特高压 839 亿元，±800kv 直流特高压 179 亿元，±500kv 直流超高压 265 亿元。

“十二五”期间，预计新增特高压投资 3,019 亿元，其中 1000kv 交流特高压 1,480 亿元，±800kv 直流特高压 1,254 亿元，±500kv 直流超高压 265 亿元。

“十三五”期间，预计新增特高压投资 1,560 亿元，其中 1000kv 交流特高压 419 亿元，±800kv 直流特高压 1,075 亿元，±500kv 直流超高压 66 亿元。

2020 年，交流特高压共投资 2,738 亿元，直流特（超）高压共投资 3,106 亿元，合计 5,844 亿元。

在特高压这道丰盛的大餐中，特变、天威、平高、许继都将分得的巨额的订单。在以后的报告中，我们将详细分析这四家公司在特高压电网建设中每年的盈利情况，并量化其对公司业绩的提升幅度。

风险提示

1. 目前交流特高压电网仅建成一条示范线路，要完成 2010 年 19 座变电站，7,725 万 kVA 的规划任务，存在一定压力。不排除建设进度推后的可能性。
2. 国内企业正在全力开发 800kv 换流变压器的关键技术，直流特高压何时能够全面启动主要取决于相关技术的消化程度。

联合证券股票评级标准

增 持	未来 6 个月内股价超越大盘 10%以上
中 性	未来 6 个月内股价相对大盘波动在-10% 至 10%间
减 持	未来 6 个月内股价相对大盘下跌 10%以上

联合证券行业评级标准

增 持	行业股票指数超越大盘
中 性	行业股票指数基本与大盘持平
减 持	行业股票指数明显弱于大盘

深 圳

深圳罗湖深南东路 5047 号深圳发展银行大厦 10 层
邮政编码: 518001
TEL: (86-755) 8249 2212 FAX: (86-755) 8249 2062
E-MAIL: lzrd@lhqz.com

上 海

上海浦东银城中路 68 号时代金融中心 17 层
邮政编码: 200120
TEL: (86-21) 5010 6028 FAX: (86-21) 6849 8501
E-MAIL: lzrd@lhqz.com

免责声明

本研究报告仅供联合证券有限责任公司（以下简称“联合证券”）客户内部交流使用。本报告是基于我们认为可靠且已公开的信息，我们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。我们会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。

本报告所载信息均为个人观点，并不构成所涉及证券的个人投资建议，也未考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。本文中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。某些交易，包括牵涉期货、期权及其它衍生工具的交易，有很大的风险，可能并不适合所有投资者。

联合证券是一家覆盖证券经纪、投资银行、投资管理和证券咨询等多项业务的全国性综合类证券公司。我公司可能会持有报告中提及公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。

我们的研究报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发。我们向所有客户同时分发电子版研究报告。

©版权所有 2009 年 联合证券有限责任公司研究所

未经书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何形式复制、转发或公开传播。如欲引用或转载本文内容，务必联络联合证券研究所客户服务部，并需注明出处为联合证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。