

内容目录

第一章 前言	2
第二章 2023-2028 年特高压市场前景及趋势预测	3
第一节 特高压确定性强、持续性长、成长属性加强	3
一、特高压是实现远距离、大容量输电的最佳方案	3
二、特高压发展历经四周期，2023 年开启新一轮建设高峰	5
三、风光大基地建成在即，十四五期间剩余 9 直 1 交特高压核准待开工	7
四、特高压“双海”发展，后续发展成长属性加强	8
第二节 关注价值高、壁垒高、集中度高的特高压直流核心设备	10
一、维度一：从可见性、持续性看，直流 > 交流，重点关注特高压直流发展	10
二、维度二：看设备单线价值，决定特高压价值走向	10
（1）核心设备：换流变压器 > 换流阀 > GIS > 直流保护系统 > 直流穿墙套管	10
（2）核心零部件：关注高壁垒核心零部件，晶闸管、分接开关	12
三、维度三：盈利性，直流控制保护系统 > 分接开关 > 晶闸管 > 换流阀 > GIS > 变压器	13
四、维度四：市场集中度，分接开关 > 晶闸管 = 直流控制保护系统 > 直流穿墙套管 > 换流阀 > 换流变压器 > GIS	14
第三节 核心设备市场空间超 2000 亿元	15
第四节 重点公司分析	16
一、平高电气	16
二、思源电气	16
三、中国西电	17
四、特变电工	17
五、国电南瑞	17
六、许继电气	17
七、华明装备	18
八、派瑞股份	18
第三章 特高压企业营业成本控制存在的问题及对策	18
第一节 企业成本管理的重要性	18
第二节 五大成本管理要点	19
一、财务领域控制	19
二、策略管理领域控制	19
三、采购领域控制	20
四、生产领域控制	20
五、销售领域控制	21
第三节 如何进行成本管理	22
一、全面成本管理操作指导	22
二、成本管理的实施方案	22
三、成本控制的六大方法	23
第四节 营业成本控制的内容	23
一、原材料的成本控制	23
二、人力成本的控制	24

第五节 营业成本控制工作存在的问题	24
一、成本核算体系中存在的问题	24
二、采购环节的成本控制问题	24
三、库存环节的成本控制问题	25
四、销售环节的成本控制问题	25
第六节 公司营业成本控制工作的措施	25
一、营业成本控制工作的目标及原则	25
二、营业成本控制环境的改进	26
三、促进信息的沟通和交流	26
第四章 特高压企业《营业成本控制策略》制定手册	26
第一节 动员与组织	26
一、动员	27
二、组织	27
第二节 学习与研究	28
一、学习方案	28
二、研究方案	28
第三节 制定前准备	29
一、制定原则	29
二、注意事项	31
三、有效战略的关键点	31
第四节 战略组成与制定流程	34
一、战略结构组成	34
二、战略制定流程	34
第五节 具体方案制定	35
一、具体方案制定	35
二、配套方案制定	38
第五章 特高压企业《营业成本控制策略》实施手册	38
第一节 培训与实施准备	38
第二节 试运行与正式实施	39
一、试运行与正式实施	39
二、实施方案	39
第三节 构建执行与推进体系	40
第四节 增强实施保障能力	41
第五节 动态管理与完善	42
第六节 战略评估、考核与审计	42
第六章 总结：商业自是有胜算	43

第一章 前言

营业成本系指在营业过程中,扣除直接成本后的间接成本。可以分为固定成本和变动成本。在费用中间,可控的有工资、燃料、水电、物料消耗、低值易耗品摊销、招待费、电话费、广告宣费等。

那么，当前特高压营业成本控制工作都存在哪些问题？

最重要的，有哪些措施可以控制营业成本？

下面，我们先从特高压行业市场进行分析，然后重点分析并解答以上问题。

相信通过本文全面深入的研究和解答，您对这些信息的了解与把控，将上升到一个新的台阶。这也将为您经营管理、战略部署、成功投资提供有力的决策参考价值，也为您抢占市场先机提供有力的保证。

第二章 2023-2028 年特高压市场前景及趋势预测

第一节 特高压确定性强、持续性长、成长属性加强

一、特高压是实现远距离、大容量输电的最佳方案

特高压直流输电是远距离、大容量输电最优解决方案。特高压输电技术由 1000KV 及以上交流和 $\pm 800KV$ 及以上直流输电构成，是目前世界上最先进的输电技术。交流输电类似驾驶汽车，每隔一定距离就会遇到红绿灯（变电站），并按规定车道直行或转弯（潮流控制），最后才能抵达千家万户（负荷终端）。直流输电则像供水管送水，先要提高水压（发电厂升压站），多个供水管形成供水管网提高供水可靠性，水管管网压力降压（变电站）后再供给千家万户。相较于传统高压输电，特高压输电技术的输电容量将提升 2 倍以上，可将电力送达超过 2500KM 的输送距离，输电损耗可降低约 60%，单位容量造价降低约 28%，单位线路走廊宽度输送容量增加 30%；特高压输电是远距离输电最优解决方案。

特高压直流：发电厂产生的是交流电（6KV-24KV），交流电汇集后经换流阀升压至特高压，再经过大功率的整流器变成直流，形成直流特高压（ $\pm 800KV$ 以上），再进行长距离直流输电（数千公里以上）。直流特高压输电结束时，需通过换流阀将特高压直流变成特高压交流，然后利用变压器降压成高压交流电（220KV）并入现有地区电网，实行交流供电。

特高压交流：发电厂发出的交流电（6KV-24KV）直接通过变压器升压（至 1000KV）和降压（220KV）实现远距离输送，交流工程中间可以落点（设变电站），具有组网功能，可以根据电源分布、负荷布点、输送电力、电力交换等实际需要构成电网。

特高压直流点对点直达输送、中间不停靠，输送容量大、电压高、损耗低，效率高，更适宜跨省长距离输送电力，是“西电东送”主要力量。我国目前西部清洁能源基地距离中、东部能源高消费地区高达 800-3000KM。性能上，特高压直流更适宜“西电东送”通道。

直流线材少：由于特高压直流输电设备——换流阀成本较高（单个换流阀价值约 1.5 亿元），但特高压直流所需线路材料少，①直流输电采用 2 线制，以大地或海水作回线，交流采用三 3 制，因此输送相同功率时，直流输电所用线材仅为交流输电 $2/3-1/2$ ；②如果考虑到趋肤效应和各种损耗（绝缘材料介质损耗、磁感应涡流损耗、架空线电晕损耗等），输送同样功率交流电所用导线截面积 \geq 直流输电所用导线 1.33 倍。因此长距离下特高压直流更具性价比。

直流电损少：从电能损失看，由于特高压直流所需电线少，且特高压直流无交变电磁场、不存在感抗，而特高压交流输电线路存在电容电流、交变电磁场（产生感抗），因此特高压直流相较交流电损更少。

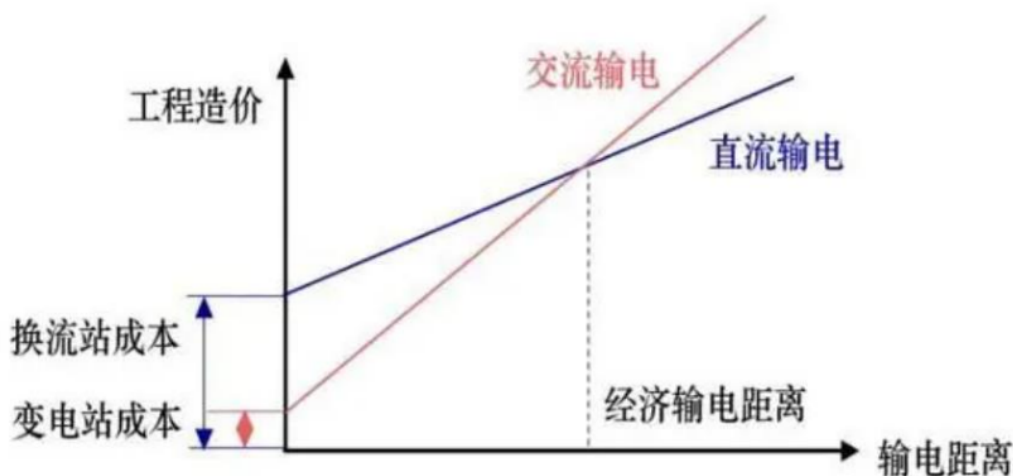
直流稳定性高：交流输电必须同步运行，但远距离输电下，交流存在“相位差”、“频率波动”使得交流电远距离输电无法同步，产生循环电流损坏设备，引起停电。直流输电线路互连时，两端交流电网可以用各自频率和相位运行，不需进行同步调整，可以提高两端交流系统稳定性。

直流可靠性高。直流系统一段故障需另一侧输送短路电流，因此使两侧系统原有开关切断短路电流能力受到威胁，需要更换开关。直流输电采用可控硅装置，电路功率能迅速、方便地进行调节，直流系统故障无需输送交流输送短路电流，系统可靠性更高。适应恶劣环境：特高压直流系统具有较强的抗干扰能力，能够在恶劣的气候条件、高海拔地区和其他复杂环境中稳定运行。

直流抗干扰能力：特高压直流系统由于其电流小、电压高的特点，在恶劣的环境下（如雷电、高海拔等）具有更好的抗干扰能力。这使得特高压直流系统在长距离传输过程中能够更稳定地运行，减少因外界干扰引起的问题。

特高压交流“经济输送距离”小于直流，作用更多在于区域联网。“经济输送距离”，指的是某一电压等级输电线路最经济的输送距离是多少，输电线路存在损耗，线路太长损耗太大经济上不划算。500kv 超高压输电线路的经济输送距离一般为 600-800 公里，而 800kv 直流、1000kv 交流因电压提高所以线路损耗减少，经济输送距离加大。由于交流相对于直流线材损耗多，因此 1000-3000 公里下（通常为西北大基地至中东部地区距离），特高压直流更具有经济性，而 1000 公里下（省间区域联网），特高压交流因所需核心设备价值较低，更常用。因此我国特高压建设“直流实现西电东送，交流实现直流传输回来的电量再分配以提高特高压利用率”。

图表 4: 直流输电和交流输电经济输送距离对比



直流可细分常规直流与柔性直流，柔性直流是下一代电力输送技术。常规直流和柔性直流最大的区别是换流元件的不同。柔性直流最根本的特点在于采用了全控型器件 IGBT (绝缘栅双极晶体管) 和 VSC (电压源换流器)，即对电网强度要求低，可适用于各种电网条件；而常规直流采用晶闸管 (可控制开通，无法控制关断)，擅长点对点大容量输送电能，能调节电网频率但不能控制电压，不能完整支撑电网运行。柔直系统更适用于电网强度低的地区，特高压技术进入“柔直时代”。“强度”与发电机数量、电网密集程度正相关。针对西北风光大基地，特高压直流送端一般在西部、北部等的弱交流系统中，电网强度较弱，特高压直流送端可能无法运行，或者出现故障。如果采用柔直，对电网强度没有任何依赖，还能反向加强电网，辅助电网运行。在受端，特高压直流存在一个较大弊端即换相失败，一旦发生一个环节故障，送端电站有可能全面故障。因此在华东电网等直流汇集密集系统，极可能出现一个故障导致所有直流换相失败情况，面临大面积区域停电风险。柔直没有换相缺陷，更适用于大规模风电场并网、孤岛供电、分布式发电并网、交流系统互联等方面。“±800 千伏昆柳龙直流工程”是世界第一个特高压柔性直流工程将云南水电分送广东、广西，线路全长 1452km，运输能力达 8GW。送端的云南昆北换流站采用特高压常规直流，受端广西柳北换流站、广东龙门换流站采用特高压柔性直流。白鹤滩-江苏特高压直流输电工程，也应用柔性直流技术。

二、特高压发展历经四周期，2023 年开启新一轮建设高峰

特高压建设历经 1 个试验阶段+4 轮周期，现已投运“20 直 17 交”。截至目前，据我们统计，我国共有 37 条“20 直 17 交”特高压输电线路建成投运，已经初步形成“西电东送、北电南供”的局面，跨省跨区输电能力超过了 3 亿千瓦。从整体发展看，特高压发展历程可分为 1 轮试验、4 轮周期。

试验阶段：2006年8月，国家发改委批复中国首条特高压工程“1000kV 晋东南-南阳-荆门特高压交流试验示范工程”，开启了我国特高压发展建设的试验探索阶段。2006-2010年共核准开工一交三直。

第一轮建设高峰(2011-2013)：2011年以特高压电网为骨干网架，各级电网协调发展的坚强智能电网建设周期开启，2011-2013为特高压第一轮建设高峰，此期间核准并开工建设“两交三直”。

第二轮建设高峰(2014-2017)：2014年为缓解中、东部电力供应紧张及减少东部地区煤电装机以改善中、东部地区的大气环境，国家能源局围绕《大气污染防治行动计划》集中批复一揽子输电通道项目“小路条”核准并开工建设“八交八直”。

第三轮建设高峰(2018-2022)：2018年国家能源局印发《关于加快推进一批输变电重点工程规划建设工作的通知》，规划“七交五直”12条线路，目的核心在于消纳西部地区富余的可再生能源。

新一轮建设高峰(2023开启)：2022年国家电网在重大项目建设推进会议表示，将再开工建设“四交四直”特高压工程，加快推进“一交五直”等特高压工程前期工作；以及十四五期间特高压规划“24交14直”，但2021-2022年因疫情原因导致发展延迟，仅开工核准4条，整体特高压建设进度后移。2023年国网计划核准5直2交、开工6直2交，开启特高压新一轮建设高峰；目的核心在于消纳西部地区富余的可再生能源。

复盘历史，已投运特高压，历史特高压建设输送煤电、水电为主，风光基地配套特高压建设正在兴起。我们梳理了历史建设的特高压所匹配的电源类型，截至目前，我国已累计投运“22直17交”，主要以输送西南水电、西北煤电为主。2014年国家能源局要求加快推进大气污染防治行动计划12条重点输电通道的建设，主要目的是以输电替代输煤，提高外受电比例，可以显著改善东中部地区大气状况，所以第二轮特高压建设主要服务煤电。2018年直接开启风光基地配套特高压建设，但目前配套风光基地特高压数量不多，据统计，“22直17交”仅有5条以输送新能源为主的特高压，远匹配不上风光大基地外送需求。

风光大基地建设带动十四五期间特高压项目需求高增。从国家能源局在2022年1月在《关于委托开展“十四五”规划输电通道配套水风光及调节电源研究论证的函》中首次提出了十四五期间为配套水风光等能源基地，将规划建设“三交九直”12条特高压通道，实现将西部清洁能源送到东部负荷中心。2022年8月3日，国家电网重大项目建设推进会议表示，年内将再开工建设“四交四直”特高压工程，加快推进“一交五直”等特高压工程前期工作。总计5交9直，9直通道均属于西北地区向中东地区运输能源通道。

三、风光大基地建成在即，十四五期间剩余 9 直 1 交特高压核准待开工

第一批风光大基地预计 2023 年底建成首批并网、第二批十四五/十五五外送 150/165GW、第三批风光大基地审批中，特高压建设迫在眉睫。我们梳理了第一批、第二批、第三批大基地的情况，我们认为第二、三批风光大基地放量依旧需要特高压配套外送。第一批 97.05GW 基地项目部分已建成投产，计划 2023 年底全部投产；第二批规划建设 455GW，其中库布齐、乌兰布和、腾格里、巴丹吉林沙漠基地规划装机 284GW，采煤沉陷区规划装机 37GW，其他沙漠和戈壁地区规划装机 134GW，“十四五”时期规划建设风光基地总装机约 200GW，包括外送 150GW、本地自用 50GW；“十五五”时期规划建设风光基地总装机约 255GW，包括外送 165GW、本地自用 90GW。第三批公布 190GW 项目名单，但第三批优先申报 100%离网制氢项目、优先申报 100%以上自主调峰、自我消纳项目；目前第三批基地项目正式启动实施；后续不排除会新增特高压需求。

图表 10: 风光大基地外送比例

批次	规模	基地主要地区	建成时间	外送比例	外送规模
第一批	97.05GW	内蒙古自治区、青海省、甘肃省等 18 个省份和新疆生产建设兵团	2023 年底全部投产	/	/
第二批	455GW	三北地区（沙漠、戈壁、荒漠地区）	十四五（200GW）	75%	150GW
			十五五（255GW）	65%	165GW
第三批	190GW	/	/	优先申报 100%离网制氢项目、优先申报 100%以上自主调峰、自我消纳项目；假设 50%外送	95GW

资料来源：国家发改委，东方风力发电网，华夏能源网，财联社，西部双碳能源研究院，国盛证券研究所

风光大基地配套特高压需求测算：考虑到西北至中东部地区运输距离远，假设未规划的通道均为直流，测算三批风光大基地特高压外送通道需求：

第一批 97.05GW：新能源基地计划 2023 年底全部投产；对应外送通道或已收尾，此次测算故暂不考虑。

第二批规划建设 455GW、外送 315GW，预计需要 33 条特高压外送通道：其中“十四五”预计需要 19 条特高压外送通道；总计外送需求 150GW，其中库布齐、乌兰布和、腾格里、巴丹吉林沙漠基地、采煤沉陷区规划外送风光规模 115GW，对应已规划外送通道 15 条（5 条存量+5 条已规划未开工（含 1 条交流）+1 条已核准开工+4 条待可研）；其他地区外送风光规模达 35GW，假设单条特高压直流对应以 8-10GW 风光大基地外送规模，预计需要 4 条特高压。其中“十五五”预计需要 14 条特高压外送通道；总计外送需求 165GW，假设单条特高压直流对应以 10-12GW 风光大基地外送规模，预计需要 14 条特高压。

第三批规划建设 190GW，假设外送 95GW，预计需要 8 条特高压外送通道：第三批优先申报

100%离网制氢项目、优先申报 100%以上自主调峰、自我消纳项目；假设外送比例达 50%，外送规模达 95GW，假设单条特高压直流对应以 10-12GW 风光大基地外送规模，预计需要 8 条特高压。

存量已规划未投产特高压通道梳理，总计 27 条在建、待建、待核、待预。已开工 4 直 5 交：4 条直流：“金上-湖北”主要配套金沙江上游水电外送；“陇东-山东”、“宁夏湖南”、“哈密-重庆”主要配套三北地区风光大基地外送。5 条交流：“张北-胜利”主要配套张家口风光电站外送，“川渝特高压”主要配套水电外送，“福建-厦门”、“驻马店-武汉”、“武汉-南昌”主要是完成各区域主网架结构。待核准 1 交：1 条交流：“大同-怀来-天津北-天津南”目前进展较快，2023-08-28“大同-怀来-天津北-天津南”特高压交流工程环境影响评价首次信息公示，预计不久后将核准开工。可研勘探 5 直 1 交：5 条直流：“甘肃-浙江”、“陕北-安徽”、“陕西-河南”、“蒙西-京津冀”主要配套十四五内需建成外送的第二批风光大基地；“藏东南-粤港澳”是南网项目，主要配套玉曲河、察隅曲、克劳龙河流域及澜沧江上游曲孜卡电站等水电外送。1 条交流：“阿坝-成都东”属于四川省规划，是川渝特高压的重要组成部分，在川渝“Y”字形特高压网架基础上，为四川北部电网增加一个特高压输电通道。

可研未开始 9 直 2 交：9 条直流：1 条确定的特高压直流“第二回外电入赣”，属于地方规划，国网江西今年将积极推动第二回特高压入赣直流纳规建设。剩余 8 条均是配套风光大基地外送通道，考虑到外送通道多为特高压直流工程，预计此 8 条均为特高压直流项目。2 条交流：1 条确定的特高压交流“攀西-川南特高压”，属于地方规划，2023 年 7 月 13 日，中共四川省委、四川省人民政府发布《关于支持宜宾建设生态优先绿色低碳发展先行区的意见》，提出推进攀西至川南特高压输变电等骨干工程。另外 1 条“赣闽联网”属于地方规划，国网江西今年将积极推动赣闽联网工程纳规建设，考虑到此前联网工程多为特高压交流工程，预计“赣闽联网”为特高压交流项目。

根据规划，预计十四五期间尚有 10 条特高压项目未开工（9 直 1 交）：十四五风光大基地 150GW 外送通道 9 条：5 条已规划+4 条待可研。“四交四直”、“一交五直”非风光大基地配套的特高压通道 1 条：藏东南-粤港澳（主要输送水电）已开始可研。

十五五预计特高压需求空间约 25 条（22 直 3 交）：十五五风光大基地 150GW 外送通道 22 条直流：其中第二批风光大基地“十五五”预计需要 14 条特高压外送通道；第三批风光大基地预计需求 8 条外送通道。交流 3 条：梳理现存特高压交流工程，“阿坝-成都东”、“攀西-川南特高压”、“赣闽联网”目前未出规划细则，或至十五五核准开工。

四、特高压“双海”发展，后续发展成长属性加强

“一带一路”战略推动全球能源互联，特高压技术成为跨国电力输送关键。在“一带一路”框架下，中国在 2015 年提出全球能源互联网倡议，并于 2016 年发起成立合作组织（GEIDCO）。“一

带一路”周边国家及地区电力资源分布严重不均衡，全球能源互联网的构建一方面可以提高各国电力供应能力，促进经济增长，另一方面可以实现区域内电力资源共享，缓解各国电力消费不均衡现象。而国际间电力输送通常距离较远，需要持续、稳定、高效的传输技术支撑，中国特高压技术兼具上述优点，且经过多年发展已居于世界领先地位，成为跨国电力输送的最佳选择。GEIDCO提出“6+3”跨国电网通道建设规划，到2035年建设互联互通工程36个，路径长度均约5.5万公里，总投资约1067亿美元；2023-2050年间新增工程31个，路径长度均约7.1万公里，投资约1555亿美元。

图表 15: “一带一路”国家能源互联网重点工程建设规划

通道	截至 2035 年				2035-2050 年			
	工程数目	路径长度 (公里)	输送容量 (万千瓦 瓦)	投资(亿 美元)	工程数目	路径长度 (公里)	输送容量 (万千瓦 瓦)	投资(亿 美元)
新亚欧大陆桥通道	2	7500	1600	118	1	3900	800	67
中蒙俄通道与东北 亚通道	12	15330	5975	339	6	12500	4800	345
中国-中亚-西亚通 道	2	2800	1100	57	2	2200	1000	49
孟中印缅通道	1	1150	400	16	2	5800	2400	111
中巴通道	2	1880	800	31	1	2000	800	38
中国-印度洋-非洲 -地中海通道	12	23360	7400	463	16	40300	10600	853
中国-中南半岛通 道与南太平洋通道	5	3200	1400	43	3	4040	1800	92
合计	36	55220	18675	1067	31	70740	22200	1555

国家电网积极部署国际化发展，打开一带一路沿线国家市场空间。据一带一路官网数据，截至2021年，国家电网已在全球51个国家开展国际业务，并成功投资运营菲律宾、巴西、葡萄牙、澳大利亚等10个国家和地区的13个“一带一路”建设倡导重点合作骨干能源网项目，推动中国标准国际化，为中国技术、装备、建设进一步“走出去”奠定了良好基础，并与一带一路沿线国家及地区合作日益紧密。据中国电力企业联合会数据，2022年，中国主要电力企业年度新签订境外工程承包合同项目191个，合同金额327.71亿美元，同比+5.1%，新签境外工程承包项目涉及58个国家和地区，主要分布在亚洲和非洲，项目占比分别为49%/26%。

深远海海上风电发展，柔直系统必不可少。从经济输送距离看，当输电距离大于约80km后，直流输电经济性会超过交流输电。但海上风场是由风机构成的弱交流系统，无法满足常规直流送电“强度”需求，柔性直流由于可以独立支撑电压（对电网强度要求低），没有换相失败风险，成为深远海海上风电外送唯一经济且可行的方案。

海上风电风机大型化+深远海发展趋势明确，特高压柔直输电需求潜力大。海风项目离岸距离不断增大，深远海项目中柔性直流送出方案取代交流送出成为更好的选择。从经济性来看，直流送出方案初始投资较高，而海缆投资较低；交流送出方案初始投资较低，但电缆投资较高，且需

要配置无功补偿设备，因此在更大的输送距离下柔直将具有更低的单位成本。从保障电网稳定性来看，海风电网和陆地电网都是交流电，柔直可以将二者隔离开来，防止一侧的故障传导到另一侧。另一方面，深远海趋势下安装、运维等成本都将增加，为摊薄固定成本，同时提高风能利用效率，进而降低度电成本，国内海上风机朝大型化方向快速发展，单机容量提升叠加风电场规模增大对直流输电能力提出更高要求，推动海缆等输变电设备高压化。因此，海风大规模、远距离发展趋势将催生潜在特高压需求。

第二节 关注价值高、壁垒高、集中度高的特高压直流核心设备

一、维度一：从可见性、持续性看，直流>交流，重点关注特高压直流发展

可见性：特高压直流规划大于特高压交流规划。特高压直流是点对点直达输送、中间不停靠，输送容量大、电压高、损耗低，效率高，更适宜跨省长距离输送电力，是“西电东送”主要力量。十四五期间特高压规划底层逻辑是配套风光大基地，从第二批风光大基地150GW外送通道看，总计15条外送通道，新规划10条外送通道，特高压直流占9条，特高压交流仅规划1条；且今年国网预计核准“5直2交”。特高压交流“经济输送距离”小于直流，作用更多在于区域联网，实现直流传输回来的电量再分配以提高特高压利用率。因此特高压交流规划更多依赖各地区电网建设完善度，可见性低。

持续性：风光大基地特高压直流外送通道需求达41条。第二批、第三批风光大基地预计外送规模达410GW，预计需求总计达41条，其中31条待核准规划，2023年年内或再核准开工1直1交，2024-2030年年均核准开工达4条，持续性长。

稳定性、经济性：远距离运输，特高压直流较交流具备更高稳定性、经济性。由于受到系统稳定性等技术限制，特高压交流输送距离一般难以超越800-1000km，且若不计特高压交流输送距离的技术限制条件下，当输电距离超过1300km时，直流系统的等效停运率小于交流系统，且特高压直流经济性更优。

二、维度二：看设备单线价值，决定特高压价值走向

(1) 核心设备：换流变压器>换流阀>GIS>直流保护系统>直流穿墙套管

换流变压器、换流阀、GIS、直流保护系统、直流穿墙套管为直流特高压核心设备。特高压直流一般为点对点，因此由2个换流站及换流站之间的中间铁塔与线缆组成，铁塔与线缆成本与线路长度有关。换流站是核心组成部分，应用在换流站中的电力设备主要包括换流阀、换流变压器、直流保护系统、GIS组合电器设备、以及直流开关场设备（平波电抗器、直流断路器、直流

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/477000021156006120>