

“千亿产业新势能”系列之电力装备篇：

从跟随到引领 衡长株潭“特高压”何以独步全球

<<上接A1版

对“缺陷零容忍”的态度，是特高压输变电产业链企业一致的信条。在衡变公司上游，金杯电工同样以一次检验合格出厂的标准，保质、保量、按期向衡变公司交付了14台换流变压器绕组线，确保了“宁电入湘”工程衡阳站的建设进度。

“变压器绕组线是变压器的关键部件，变压器的高性能要求对我们而言同样是一大挑战。”金杯电工董秘黄跃宇告诉记者，“在确保各项绝缘性能、导电性能和机械性能符合要求的前提下，导体和绝缘层不能有任何形式的污染，更不允许有任何微小的损伤，这要求从原材料到绕组线的每个制造环节都要有严格的工艺要求和管控措施。”

“然而这一切都是值得的，在产业链上下游共同努力下，‘宁电入湘’工程建成后，将清洁能源直接送到我们的家乡，金杯电工未来发展也将直接受益于这一工程。”黄跃宇说。

做原创性研发

过去20年间，衡阳、长沙、株洲、湘潭四市的特高压输变电装备产业集群不断攻坚克难，与我国的特高压建设一同，经历了从跟跑到领跑的全过程。在我国目前已投运的31条特高压线路中，27条采用这一集群企业出品的装备，目前集群年总产值超2200亿元。

湖南省工信厅相关人士告诉记者，2024年集群实现总产值占全国比重超25%，其中特高压变压器、电抗器市场占有率已连续10年全球第一。2024年，衡长株潭特高压输变电装备产业集群正式获批国家级先进制造业产业集群，成为国内唯一入选的特高压输变电装备产业集群。

目前衡长株潭特高压输变电装备产业集群内集聚了715家规模企业，已形成覆盖关键原材料、特高压输变电装备、配电装备、电力工程服务等环节的全产业体系。

其中，位居中游的核心设备制造，是整个“衡长株潭特高压输变电装备产业集群”的核心支点，装备企业们普遍以研发为导向，通过不断的科技创新，推动关键设备的制造技术成熟进化，如火车头一般牵引着整个产业链不断向前。

“目前，世界上有且只有中国成功建设了交、直流特高压电网并投入商业运行。”长高电新副总工程师邓文华告诉记者，“以前，我们做高压/超高压开关，尚可以跟随国外技术水平，然而到了特高压领域，全世界都没有先例，我们只能摸着石头过河。”

开关是电路中的必需部件，大众熟悉的家庭场景中，应对220V电压的开关尺寸往往只有拇指大小。然而在特高压环境中，开关的尺寸会上万倍地放大。在长高电新厂区，记者看到，两个二十多米由特制绝缘体支撑的钢铁巨塔拔地而起，巨塔的顶端各有一个直径约四米的大铝球相对而立，随着开关主触头以毫米级的精准度将两个铝球链接在一起，巨大的能量流过电网，上千公里外的整座城市都会被瞬间点亮。

“特高压环境会带来许多普通环境下想象不到的困难。”邓文华告诉记者。以发挥均匀电场作用的两个铝球为例，球体的弧度需要专门研发。均匀扩散的电场就像是在水中慢慢荡漾开去的波纹，逐步有序地向远处散开，而如果铝球尺寸及弧度计算错误，局部过高的电场会瞬间化为“巨浪”，将开关外部的绝缘介质击穿，引发短路故障。

电场只是特高压环境开关开发技术难点之一，特高压环境下的绝缘体设计、超大容量负荷的发热控制，大结构尺寸下运动平稳性控制……一系列难题均需要克服解决。“这些困难是世界性的，仅有中国少数几个厂家能够攻克，我们的技术参数也引领了相关领域的发展。”邓文华说。

±1100kV换流变压器、1100kV并联电抗器、海上风电专用塔筒变压器、特高压柔性直流换流阀……衡长株潭特高压输变电装备产业集群在特高压领域累计创造了数十项世界第一和上百项全国第一。

这背后，是集群企业整体保持高研发强度。集群里，有9家国家单项冠军企业和61家专精特新“小巨人”企业。在35个



衡长株潭特高压输变电装备产业集群

- 唯一** 国内唯一的特高压输变电装备产业集群。
- 全产业链体系** 集聚了715家规模企业，覆盖全产业链体系，上下游配套率达70%以上。
- 2200亿+** 年总产值超2200亿元、占全国比重超25%、位居全国第一。
- 发展目标** 创建世界级特高压输变电装备产业集群，到2026年集群总营收2700亿元，到2030年集群总营收突破4000亿元。

长高电新：把握“新型电力系统”建设机遇

证券时报记者 张一帆

从中国第一条1000kV特高压交流试验示范工程开始，长高电新(002452)便参与到特高压产业中。随后近20年，长高电新持续走在特高压领域前沿，输电方式从交流特高压到直流特高压，电流等级从5000A到8000A，技术发展从常规直流到柔性直流，工程安装从低海拔到高海拔。

“我们公司的特高压技术，基本上是与中国的特高压工程应用与实践同步发展的。”长高电新副总工程师邓文华回忆。邓文华仍然清晰记得，公司第一个投入到特高压工程的产品是隔离开关及接地开关。

“以现在的视角来看，那个开关的负荷较低，工程尺寸也并不算大，但是对于当时的我们来说是非常艰难的，仅开发时间就用了大半年。”邓文华说道，“过往我们在电力领域只需要做好跟随，但是到了特高压领域，全世界都没有现成的方案，逼着我们必须自己摸着石头过河，以解决问题为导向，做原创性的产品开发。”

为了完成这一产品开发，邓文华用纸和笔列出公式、计算产品参数，再到绘制产品几大本图纸，整个过程花费时间长，研发费用高。然而到了今天，在三维设计的支持下通过数字仿真验证技术进行产品研发，不仅将我国的特高压设备企业研发速度提升了数十倍，也大大降低了研发试验所消耗的时间、资金成本。

在不断地研发创新中，一个又一个“世界首个”在长高电新诞生：世界首个8000A特高压直流隔离开关、世界首个±1100kV特高压直流隔离开关、世界首个3500m海拔特高压直流隔离开关……

“事实上，不只是产品和技术在世界的最前列。”邓文华告诉记者，“我们国家在特高压项目的领跑是全方位的，研发、生产、品控、现场交付经验已经驾轻就熟，产业链完整，不存在被国外‘卡脖子’的问题，企业对质量管理和生产过程的控制流程也越来越完善，保障了特高压工程质量和长期运行的可靠性。”

随着国家能源领域的投资进一步增长，西北、西南的清洁能源基地提速建设，加上“三华”同步电网的全面铺开，未来几年列入计划特高压项目有“十六交十二直”。特高压输变电的建设已经进入中场，其装备技术的发展向着标准化设计、高可靠性、低能耗方向演进。

对于长高电新而言，正在加速推动GIS(封闭式组合电器)在特高压领域的应用。作为新一代的输变电装备，它将各类高压电器元件封闭在接地的金属外壳内，并充以绝缘气体。一方面，它具有高度集成的特点，大大压缩了占地面积，可降至传统敞开式高压设备的三分之一甚至更小；另一方面，全密封的特点保证了设备的高可靠性、安全性以及环境友好性。

为了达成这一目标，邓文华已经开始了新一轮的难题攻坚。“GIS产品厂房的建设、设计是一大难点，超过手术室级别的厂房洁净度要求、更加精密的质量控制品控、全新的零部件强度要求等都是全新的课题。人才吸引也是我们现在的一大关注点，在这一领域的精专人才是我们迫切所需的。”

“滚雪球式”的研发创新，推动企业扎扎实实地发展壮大。最新披露的财报显示，长高电新在2024年实现营收17.60亿元，净利润2.52亿元，达到十年前的3倍。长高电新表示，将加快研发创新步伐，不断完善产品布局，努力把握“新型电力系统”建设带来的电网投资增长机遇。

国家级创新平台和161个省级平台的支持下，衡长株潭特高压输变电装备产业集群正在从中低端制造向“高端化”制造转型。

向更“高”处攀登

无论研发还是制造，中国的特高压输变电装备都已经处于国际领先地位。下一步，衡长株潭特高压输变电装备产业集群的目标是什么？

“创建世界级特高压输变电装备产业集群！”湖南省工信厅去年编制的《衡长株潭输变电装备先进制造业集群培育提升三年行动方案(2024—2026)》明确提出这一目标，预期到2026年集群总营收2700亿元，到2030年集群总营收突破4000亿元。

龙头企业们已经忙碌起来，进一步加大研发力度。在黄跃宇看来，研发方向一方面是进一步提升装备的安全可靠性，另一方面是进一步提高装备的运行效能，助推中国特高压向更“高”处攀登。在这个过程中，进一步加码智能制造能力，加大原创技术开发能力是重要抓手。

邓文华至今都记得十几年前第一次参与特高压产品设计时，用纸和笔开展工作的经历。“当时为了计算开关的平衡性，光公式计算就做了好几页，将计算结果转化为图纸又是好多本，花了大半年才把产品给做出来。而如今，产品尺寸越来越大、电压等级越来越高，在三维设计软件和有限元仿真分析软件的拟合下，研发效率有了十几倍的提升。”

在“宁电入湘”工程14台高端换流变压器的制造中，衡变公司的图纸全部实现三维设计，通过数字仿真验证技术模拟了上千种方案，优化线圈结构，摸索出导线焊接最合适的工艺参数，把±800千伏换流变焊点从450个压缩到42个，但焊点操作的可靠性却提升了10倍。在王群伟看来，这不仅是技术的胜利，更是中国高端装备从“能用”到“极致”的缩影。

在金杯电工，千方百计地降低损耗、提升运行效能是当下的研发重点之一，公司瞄准了材料升级。变压器的损耗主要来自线圈和铁芯，目前公司自主研发的“超薄漆膜”技术已经在非特高压变压器上应用。“绕组绝缘层的潜力还有很多可以挖掘，我们期待与上游原材料供应商建立深度协同机制，通过联合技术攻关等方式突破绝缘材料技术瓶颈。”

而在政策赋能端，湖南省工信厅相关

人士介绍，在2025年省工信厅规划了“四项”重点工作，提高发展质量与加速出海是两大重点方向之一。

以高标准促进高质量发展：围绕新工艺和新产品开发，湖南省工信厅将鼓励、指导和帮助集群企业，特别是中小企业提升标准质量水平，共计划参与制修订200个国家和地方标准。以龙头企业引领出海：借助和发挥龙头企业海外市场引领作用，合作在“一带一路”共建国家建立100个营销机构或办事处，进而促进集群400家企业产品远销海外。

“输变电装备产业集群是实现‘双碳’目标和保障能源安全的关键支撑，也

是我国建设制造强国的优势产业。”衡变公司董事长种衍民表示。展望未来几年，列入计划的特高压有“十六交十二直”，“十五五”期间我国特高压工程投资将保持高强度。

在新的挑战与机遇面前，种衍民建议，通过完善顶层设计、优化产业布局、发挥龙头企业引领作用以及加强市场监管等措施，提升产业链、供应链稳定性和竞争力，推动集群高端化、智能化、绿色化发展，以打造世界一流的产业集群，为我国制造业高质量发展提供重要支撑，助力中国经济在全球产业链中迈向更高水平。



长高电新宁乡金洲生产基地。 受访公司/供图

二十年坚持不懈 达跬步千里之效

证券时报记者 张一帆

“衡长株潭特高压输变电装备产业集群”为什么能成功？对原创性、引领性创新的不懈追求，是这个“集群”中所有企业共同的“精神基因”。

为什么要做原创性研发？“因为在特高压领域，海外也没有形成成熟的技术和设备，我们就是拿着钱也没地方买，没地方学。”

为什么要做引领性研发？“因为从交流特高压到直流特高压，电流从5000A到8000A，从常规直流到柔性直流，从低海拔到高海拔，中国的实际应用场景确实需要这些前沿的技术储备。”

说到底，目前世界上有且只有中国成功建设了交、直流特高压电网并投入商业运行，而“衡长株潭特高压输变电装备产业集群”整体领跑世界

的技术水平，也是和中国的特高压工程应用与实践同步发展的。

然而，从创新到应用的转化，并非只是财报上看到的“集群企业平均研发投入强度约5%”。这一过程根植于我国超大规模的市场空间，受益于我国过去20年里建立的工程师红利，更是源于研发人员们日日夜夜直面问题、拆解问题、解决问题积累而成的破茧成蝶。

在这样的日夜耕耘中，衡长株潭特高压输变电装备产业集群以及整个中国特高压产业创造了了不起的成就，为我国新型能源体系建设作出巨大贡献。

经济发展“含绿量”显著提升：过去10年，我国煤炭占能源消费比重下降12.6个百分点，非化石能源消费量翻了一番多，总量规模稳居世界第一。“能源的饭碗必须端在自己手里”，“西电东送”工程的输电能力已超过3亿千瓦，支撑我国

东中部地区约1/5的用电需求。以技术革命锻造现代化能源产业链。

新的挑战、新的课题已经摆在面前。截至3月底，我国风电光伏发电装机达到14.82亿千瓦，历史性超过火电装机。未来，在能源结构加快转型下，特高压产业需进一步高端化、智能化、绿色化发展。

打破“内卷式”竞争，加强合作协同，是衡长株潭特高压输变电装备产业集群企业发展的共同选择。记者留意到，各主体聚焦自身核心优势，在集群内企业之间，上下游企业之间，企业与高校之间的合作交流密集展开。

从世界一流的技术创新，到世界一流的产业集群，在凝聚科技创新共识的基础上，“衡长株潭特高压输变电装备产业集群”将继续为我国制造业的高质量发展提供支撑。



千亿产业 新势能