

高端访谈

原机械工业部副部长沈烈初：电工行业的创新方向与未来发展思考



沈烈初，1934 年 2 月出生于江苏常州，1953 年加入中国共产党，1955 年毕业于清华大学机械系，1960 年获民主德国德累斯顿高等工业大学博士学位，教授级高级工程师。历任第一机械工业部机床研究所研究室副主任，沈阳第三机床厂副总工程师、副厂长，第一机械工业部机床局副局长、科技司副局长，机械工业部副部长，国务院机电产品出口办公室主任，国家机电产品进出口办公室主任，第九届全国政协委员。

当前，能源领域正在经历深刻的变革，电力装备作为战略性新兴产业得到快速发展，诸多前沿技术与创新理念正在广泛深入的影响着电工行业的未来走向。从材料创新到人工智能赋能，从节能低碳到教育改革，每一个领域的突破都可能成为推动产业升级的关键力量。其中，原机械工业部副部长、中国电工技术学会原理事长沈烈初以其在制造业领域前瞻性的眼光和深刻的思考，为我国电工行业的发展贡献了宝贵智慧。

2025 年 7 月 15 日，中国电工技术学会旗下产业技术期刊《电气技术》就当前电工行业创新方向与未来发展趋势专访了沈烈初副部长。以下为访谈实录。

材料创新：电工装备革新的核心动力

材料的创新与变革往往是行业突破的起点。以新型材料石墨烯超级铜为例，导电率比

传统铜提升 16%，能够显著降低铜线输电过程中的损耗。而非定向硅钢片、无辐射电磁材料、无辐射核原子材料等新型材料的出现，更是为电工装备带来了飞跃性革新的可能。这些材料不仅能推动装备性能的全方位提升，更与绿色制造、双碳目标的实现紧密相连，是培育战略性新兴产业的基石。

材料工业的发明发现正在不断拓展行业边界。超薄轻如纸的柔性光伏电池打破了传统光伏设备的形态限制；核电子领域的核反应堆技术、电机设计中对径向与轴向磁力线的优化利用，都在以低碳、节材、高效利用为目标推动着技术进步。这些创新并非孤立存在，它们共同指向一个核心——通过材料升级和结构优化助力装备体系技术革命、提升能源效率，而这正是未来产业发展的重要方向。

人工智能赋能：落地难题与突破路径

人工智能是未来科技发展的重要驱动力，但人工智能的技术迭代和广泛应用也会导致电力消耗的显著增长。经过一年多的探索，人工智能在电工行业的落地仍面临巨大挑战，至今尚未出现成熟案例。要突破这一困境，需要发动各专业委员会结合自身特点，挖掘适配的应用场景，而建立行业数据库与企业数据库是基础——大企业在这方面具备先天优势，应发挥引领作用。

人工智能落地的难点在于制造业的复杂性与多样性，通用的 AI 大模型难以直接解决行业具体问题。因此，发展行业模型、企业微模型成为关键。这需要企业与研究机构深度合作，既要了解企业的实际需求，也要具备相应的技术储备。相较于电动汽车领域在电池、电控、电机等明确方向上的集中突破，电工行业的 AI 应用仍缺乏系统性的总结和典型场景的应用牵引，各专业委员会需加强关键技术创新与应用研究，推动建设行业共性技术创新平台，主动探索可行路径。

装备与产业升级：发展目标与技术路径

无论从材料创新出发，还是依靠人工智能赋能，未来产业将始终围绕着绿色制造与节能低碳作为发展目标。节能电机、永磁电机等革命性创新产品，正是以强电为动力传输载体，在提高利用率、减少损耗方面展现出显著优势。除电机外，节能变压器、节能炉窑等节能技术装备，也在助力产业提质降耗、降低成本、提升能效方面发挥着关键作用。

目前，风（风电）光（光伏）水（水电）核（核能）是我国非化石能源的四种主要发电形式。但是，风电、光伏等新能源发电因其波动性、间歇性和不可预测的特点，高比例接入电网后易带来安全运行风险，在储能实现大规模应用前，火电仍需承担电网调峰的主要责任。此外，核能发电具有稳定、高效、低碳的优势，能有效满足大规模、长期性的能

源需求，可减少我国对进口化石能源的依赖，具有巨大的发展潜力和重要的现实意义。现阶段，第四代先进核能系统使用钍基熔盐堆技术，具有安全性高、资源分布广的特点，可以大幅降低爆炸和泄漏的风险，在工业领域具有广阔的应用前景。

除了传统的技术路径，仿生学的应用为机（机械）电（电子）仪（传感器）系统的发展提供了新思路，如国防科技大学设计的蚊子大小的微型飞行器，核心技术在于极致微型化与仿生驱动的融合，拓展了装备的应用场景，这种微机电仪系统是对机电仪一体化的又一次升级跃变。同时，深空、深地、深水、深海等特殊环境对电工装备提出了更高要求，动力系统的适应性创新将成为重要研究方向。这些创新或许看似微小，却能为行业注入新的活力，正如我国的 815A 电子侦察船、超薄型光电设备、小型核动力电池、非定向硅钢片等技术，都是从点滴突破中积累起行业变革的力量。

教育改革与实践：行业发展的人才根基

行业的进步离不开人才的支撑，而教育模式的革新则是培养创新人才的关键。沈烈初结合自己在德国求学和成长的经历谈到，与发达国家相比，我们的人才在理论上没有太大差距，但是动手能力、思维能力却有显著差异。德国的工程教育强调理论与实践的紧密结合，学生不仅要学习理论知识，还要参与大量的实验和实践项目，这么做能够明显提升学生解决实际问题的能力和创新思维。

现阶段，这一理念在部分国内高校得以探索和尝试，如福耀科技大学采用本硕博八年贯通的培养模式，从本科阶段开始为学生配备导师，根据兴趣、特长设计课程体系和科研路径，把科研育人和产教融合融入学生的培养体系中；同时，根据市场和企业需求，由企业主导建设实验室，让学生提前参与前沿技术的研发和创新实践。这些做法打破了传统教育模式的束缚，为培养高级工程技术人才开辟了新路径。

国内高校在实践与生产劳动结合方面做了许多探索和努力，但仍有较大的改进空间。当前，教育改革需注重个性化培养，将知识与生产劳动紧密结合，让高校与研究所的人才既能掌握高层次理论，又能扎根产业实际。中国电工技术学会应发挥在教育领域的纽带作用，连接高校与企业，推动理论与工程应用的转化，为行业输送既懂技术又懂实践的高级工程技术人才和复合型管理人才。

协同创新：未来的机遇与挑战

未来，绿色化、智能化、低碳化将是电工行业的主要发展趋势。中国电工技术学会和各专业委员会应主动收集国内外前沿技术信息，围绕国家重大需求，在材料、器件、系统协同创新，人工智能落地赋能，装备和产业升级、战略性新兴产业培育等方面持续发力，

让电工行业在新质生产力的发展中贡献更大力量。

总之，电工行业正处于转型升级的关键时期，机遇与挑战并存。只有精准把握技术发展趋势，推动产学研用协同创新，才能实现电工行业的高质量发展，为保障国家能源安全、实现绿色低碳发展提供有力支撑。

——转自 《电气技术》

※ ※

获证企业动态

西安西电 - 国际领先！西开有限 4 项新产品通过国家级鉴定！

近日，中国西电新产品（新技术）国家级鉴定会在西安顺利召开，西开有限 4 项新产品参与鉴定。会议由中国机械工业联合会组织，来自国家电网公司、南方电网公司、三峡集团、清华大学、西安交通大学等共计 60 余位业内专家参会。中国西电党委书记、董事长赵永志出席会议。鉴定会上，专家组仔细审查了新产品鉴定资料，认真听取了项目成果汇报。经充分讨论，一致同意西开有限 4 项新产品通过鉴定。

国际领先：ZPLW3-408/408 和 ZPLW3-816/408 高压直流旁路开关

ZPLW3-408/408 和 ZPLW3-816/408 高压直流旁路开关，是西开有限基于“快速合闸技术+小开距绝缘强化技术+大直流电流转移技术”研制的新一代系列化高压直流旁路开关，综合性能指标达到同类产品国际领先水平。产品结构采用 T 型布置，配置液压碟簧操动机构，具备合闸响应迅速、小开距下绝缘性能优异、直流电流转移能力强等特点，突破了小开距灭弧室耐受高绝缘和转移大电流的技术瓶颈，推动了柔性直流输电技术创新与产业升级，为特高压直流工程高质量发展提供有力支撑。

国际领先：LVQBT2-330W2 电流互感器

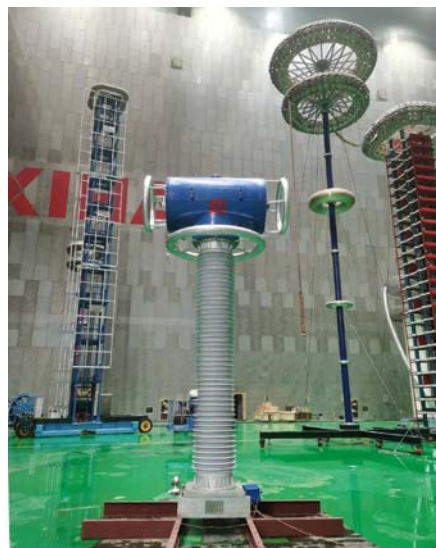
LVQBT2-330W2 电流互感器是西开有限自主研发的环保型独立式电流互感器，采用洁净空气绝缘，整体为倒立式结构，具有电场分布均匀、绝缘强度高、机械性能可靠、环境适应能力强等特点，综合性能指标达到同类产品国际领先水平。该产品解决了环保介质条件下多曲率复杂屏蔽均压设计难题，为高压电器环保化提供了创新解决方案，为新型绿色电力系统建设提供有力支撑。

国际领先：JDQX-220 (K) 电磁式电压互感器

JDQX-220 (K) 电磁式电压互感器是西开有限自主研发的新一代环保型互感器设备，为单相结构，低磁密设计，额定电压 220 千伏，采用洁净空气作为绝缘气体，具有结构紧凑、

环境适应能力强、抗磁饱和能力强等特点，综合性能指标达到国际领先水平。作为一款新型设备，该产品将显著推动电力装备行业低碳转型、助力国家实现“双碳”目标。

长期以来，西开有限坚持以科技创新为引领，不断为用户提供更智能、更可靠、更绿色的电气设备与系统解决方案。未来，在高端电气装备智造革新征程中，西开有限仍将勇毅前进，以创新驱动为引擎，加速推进企业高质量发展，在建设世界一流智慧电气系统解决方案服务商进程中，走在前，挑大梁。



平高 - 平高集团、平高电气牵头研制的世界首台 550 千伏全氟异丁腈环保气体绝缘输电线路顺利投运

近日，由平高集团有限公司（以下简称“平高集团”）和河南平高电气股份有限公司（以下简称“平高电气”）牵头研制的世界首台 550 千伏全氟异丁腈环保气体绝缘输电线路，在安徽安庆 500 千伏荣升变电站正式投入运行，标志着我国在环保电力装备领域取得了又一重大突破。

长期以来，六氟化硫凭借其出色的绝缘和灭弧性能，在电力行业中广泛应用。然而，其全球变暖潜能值（GWP）高达二氧化碳的 24300 倍，对环境造成了巨大压力，国内外纷纷出台政策对其进行禁排限



用。在此背景下，寻找六氟化硫的环保替代方案，成为构建绿色低碳新型电力系统的关键任务。全氟异丁腈环保气体在温室效应、低温性能、绝缘强度、化学稳定性以及防爆易燃性等方面表现卓越，成为目前国内外电力行业推广的六氟化硫主流替代气体。

为积极响应国家“双碳”目标，推动电力装备的绿色升级，平高集团与平高电气依托国网公司科技项目“超高压环保气体绝缘输电线路关键技术研究及应用”，攻克了基于全氟异丁腈环保气体的输电线路设备绝缘、温升等关键技术，成功研制出 550 千伏全氟异丁腈环保气体绝缘输电线路，温室效应较 SF₆ 下降 97%，并且实现了与常规 550 千伏六氟化硫气体绝缘输电线路“同尺寸、同结构、同参数”，还能兼容六氟化硫及六氟化硫/氮气混合气体，为存量电站的换气改造以及新建电站的建设提供了绿色解决方案，有力推动我国电网输变电设备环保化升级迈向更高水平。

此次 550 千伏全氟异丁腈环保气体绝缘输电线路的率先投运意义非凡，它为电力行业提供了可复制、可推广的绿色替代方案，为构建新型电力系统提供了强有力的技术支撑，也将为“双碳”目标的实现作出积极贡献。

* * * *

哈电电机 - 实现重大突破 全球首台单机容量最大冲击式转轮研制成功

7 月 2 日，一件凝聚中国水电装备顶尖智慧的庞然大物在哈电集团哈尔滨电机厂有限责任公司（简称“哈电电机”）正式启程。全球首台单机容量最大 500 兆瓦、转轮尺寸最大 6.23 米的冲击式水轮机核心部件——扎拉转轮在哈电电机自主研制成功并发运，标志着我国在高水头、大容量冲击式水轮机组核心装备领域实现历史性突破。

该转轮将应用于西藏扎拉水电站，扎拉水电站由大唐西藏能源开发有限公司建设，是国家“藏电外送”骨干工程和世界在建综合难度最大的冲击式水电项目，电站装机 2 台全球单机容量最大、技术难度最高的 500 兆瓦冲击式机组。该机组作为国家能源局能源领域首台（套）重大技术装备项目，具有高海拔、高水头、大容量等技术特点，是服务国家“加快西南水电基地建设”战略的主力机型。



当日上午 9 时，转轮启运仪式现场气氛热烈，哈电电机领导王贵、王晓群，哈电集团首席技术专家陶星明，西藏大唐扎拉水电开发有限公司副总工程师农海，大唐水电科学技术研究院有限公司副院长张海库，长江勘测规划设计研究有限责任公司水机室主任胡定辉，中国外运大件物流有限公司副总经理郝厚森等业主、监理、合作单位代表，哈电电机相关单位职工，共同见证这一历史时刻。

哈电电机党委书记、董事长王贵在致辞中，首先对现场的专家、领导、媒体朋友表示热烈欢迎，并感谢大唐扎拉项目业主的信任，中国一重等合作伙伴的支持及公司职工的努力。他强调，要发扬党的优良传统，勇担使命，牢记习近平总书记致金沙江白鹤滩首批机组投产发电贺信殷殷嘱托，以自主研制全球首台单机容量最大、尺寸最大冲击式转轮的成果，向中国共产党成立 104 周年献礼，打造更多像扎拉项目这样的精品工程。未来，公司将与各方携手，推动高质量发展，全力服务国家战略。

农海在致辞中表示，一直以来，哈电与大唐保持紧密合作，在能源装备领域树立了行业典范。作为扎拉机组的研制单位，哈电电机依托 70 余年的技术积淀，成功突破“超大超厚低碳马氏体不锈钢强韧锻件制造”“复杂曲面超厚水斗高效、高强韧焊接”等“卡脖子”技术，推动我国水电高端装备研制达到了世界领先水平，兑现了技术承诺。

哈电电机党委副书记、工会主席王晓群主持仪式。

北京中唐电工程咨询有限公司监造代表通报验收结果，哈电电机自主研制的西藏玉曲河扎拉水电站 500 兆瓦冲击式转轮静平衡试验结果符合技术规范，各项尺寸指标均满足设计图纸要求。

9 时 20 分，王贵宣布全球首台单机容量最大 500 兆瓦、转轮尺寸最大 6.23 米的冲击式水轮机转轮研制成功，并正式发运。在运载车辆的鸣笛声中，转轮启运。

随后，哈电集团首席科学家覃大清等专家、技术人员接受媒体采访。

在项目业主中国大唐集团的统一组织及合作伙伴的支持下，哈电电机依托长期技术积累，攻克超大容量、超高难度转轮研制难题，成功交付首台精品转轮，标志着我国发电装备技术迈入世界领先行列，树立了水电行业新标杆。

自主攻坚 尺寸与性能“双突破”

冲击式水轮机的水斗式转轮作为机组核心部件，承担着将水流动能转化为机械能的关键作用，堪称水电机组的“心脏”。作为国内冲击式机组研制的开拓者，哈电电机凭借数十年的技术积淀，先后参与研制了东川电站、秘鲁圣加旺等国内外 30 座电站 67 台套机组，形成了独具特色的研发制造体系。从水力开发到模型试验，从结构设计到加工制造，哈电在冲击式机组各环节积累了丰富的工程实践经验。扎拉转轮对结构参数、水力性能及制造工艺的要求极高，代表着当前冲击式水电机组的最前沿技术水平。

哈电电机为扎拉冲击式机组量身定制了高性能水斗式转轮。该转轮由 21 个精密水斗构成，外径达 6.23 米、整轮高度 1.34 米、重量约 80 吨。其核心部件——轮毂锻件，更是目前世界最大的马氏体不锈钢锻件。这些突破性参数标志着该转轮在水力性能、高效运行区间和承压能力方面均实现行业颠覆性提升。

作为世界水电技术的巅峰之作，该转轮的研发过程堪称系统工程创新的典范。哈电电机科研团队从机组安全与性能等维度出发，综合考量水斗与喷嘴的精密匹配、射流直径与效率的一致性、射流与水斗的相互作用、多喷嘴相邻射流的干涉效应，以及水斗的刚强度指标等，依托水力发电设备全国重点实验室的冲击式水力试验台，创新性地将计算流体力

学流动分析、高速摄影与流态观测技术融合，通过持续优化，最终实现了过流参数的极致化设计。整个研发过程历时 4 年攻坚，经历 5 次评审。研发团队对百余种方案进行系统论证，制造了 6 个不同设计方向的观测转轮和 6 个性能试验模型转轮，经高精度冲击试验台验证，其最优效率和加权平均效率均刷新世界纪录，为机组安全高效稳定运行提供了坚实保障。

制造登峰 科技与攻坚“双赋能”

哈电电机针对扎拉转轮 500 兆瓦级大型锻焊结构的特殊要求，统筹最优资源，严格执行质量管控体系，在结构设计、材料制备、焊接工艺及精密加工等关键环节实现全面突破。哈电电机组织联合攻关，采取“化整为零、分散式加工”策略，优化数控程序（从 38 万条精简至 27 万条），并提升车序效率 21%、镗序效率 27%。

面对超大尺寸带来的应力挑战，团队运用数字仿真技术指导模锻研究，创新采用锻焊结合结构，精准设计分瓣位置以避开水斗高应力区。焊接环节采用三维检测模拟、焊机群控系统数字化手段，实现全程监控，优化工艺参数，提升接头冲击韧性及耐疲劳性能。同时，构建“7 序 14 检”全生命周期检测体系，综合相控阵超声探伤等技术，形成“实体检测+数字仿真”双保障体系，实现焊后尺寸、应力、硬度测试一次合格，探伤合格率达 98.04%，确保长期运行可靠性。

加工团队利用多轴数控机床，在狭小空间内攻克大深度、多曲面的复杂加工难题，确保转轮的水斗内型面加工符合精品标准。通过数字编程、三维扫描仪与摄影测量系统、大型水斗在位检测技术，实现加工过程实时监控与动态优化，为全球最大容量、最大尺寸冲击式转轮的研制提供加工保障。同时，哈电电机自主研制专用运输工具，实现行业首次超宽产品件角度自由调节，跨越川藏天堑，保证交货需求。

哈电电机成功突破水力设计、材料制备、巨型锻件、复杂焊接、精密加工、质量管控等全链条上的世界级难题，自主研制出全球首台 500 兆瓦冲击式水轮机转轮，不仅标志着我国水电装备研制站稳世界之巅，更打破了高水头大容量冲击式机组的“卡脖子”困境，为世界能源装备技术发展注入了强劲的“中国动力”。

编辑：简讯编辑组

校对：俞济颖

通讯地址：北京市海淀区北三环西路 48 号 2 号楼 2 层 2B

邮政编码：100086

电话：010-82511525、010-62161526

传真：010-62161180

<http://www.vti-china.org>

E-mail:vti@vti-china.org
