

河北公司：向海要淡水，为循环经济“解渴”——构建海水淡化绿色产业链，推动综合能源高质量发展

摘要：随着气候变化、人口增长、环境污染等问题加剧，水资源短缺日益凸显，海水淡化越来越受到世界各国的重视。作为一种淡水资源的开源增量技术，海水淡化对人类未来社会经济可持续发展有重要的战略意义。从“向大海要水喝”的破局之举，到“以水为媒”的共赢探索，河北公司沧东电厂扎根盐碱荒滩，抢抓国家战略机遇，坚持可持续增长，充分发挥“毗邻渤海、燃煤零运输”的区位优势，将海水淡化产业作为企业转型升级的战略方向，确立了“技术引领、市场落实、项目跟进”的发展原则，确保淡化水“制得出、送得出、售得出”，构建了“有能力、有管网、有用户、有收益”的可持续发展模式，用一渠清水串起产业命脉，为地区经济高质量发展注入澎湃动能。

一、实施背景

水资源是事关人类生存和国家可持续发展的战略性自然资源。进入 21 世纪后，随着水资源稀缺性危机的加剧，水资源安全治理已成为全球安全治理的重要内容。据联合国世界水资源评估计划（WWAP）估计，到 2030 年，淡水储量将只能满足全球用水需求的 60%。我国作为世界上 12 个贫水国家之一，淡水资源不足世界人均水量的 1/4，全国超半数城市缺水且 108 个城市严重缺水，水资源短缺已经成为制约经济社会可持续发展的瓶颈，“大国崛起”进程中对水的需求更加迫切，水资源安全保障面临的挑战将更为严峻。在此背景下，海水淡化作为水资源的重要补充和战略储备技术，被列入国家战略性新兴产业，成为保障国家水安全、能源资源安全以及促进经济社会可持续发展的重要手段。

早在 2012 年，为促进海水淡化良性发展，国务院发布了该领域的第一份重要文件《关于加快发展海水淡化产业的意见》。此后，《海水淡化产业发展“十二五”规划》《全国海水利用“十三五”规划》《海水淡化利用发展行动计划（2021-2025 年）》《河北省海水淡化利用发展行动实施方案（2021-2025 年）》等相继出台，明确提出要大力发展战略性新兴产业，提高自主创新能力，推动海水淡化规模化应用。2024 年 3 月 9 日，国务院总理李强签署国务院令，公布《节约用水条例》，其中再度着重指出，沿海地区应当积极开发利用海水资源，进一步凸显海水淡化在国家水资源战略布局中的重要地位。

河北公司所属的沧东电厂坐落于渤海之滨的沧州市渤海新区——该区域既是严重缺水区，也是地下水超采区，面临着极为严峻的淡水资源短缺困境。对沿海电厂而言，发展海水淡化、推行“水电联产”模式，不仅是满足自身淡水需求的最优路径，更能推动燃煤电厂从传统“耗水大户”转型为沿海城市的淡水供应基地。沧东电厂积极跟进国家海水淡化产业的政策与规划，充分发挥“毗邻渤海、燃煤零运输”的独特区位优势，精准谋划“以水促电、以电制水”的发展模式，成功实现了从单一发电企业向综合能源服务商的转变，打造了国内一流、国际领先的海水淡化品牌项目，形成了可复制推广的绿色供应链管理模式，助力提高地方经济发展“含新量”“含绿量”“含金量”，为我国海水淡化产业发展和生态文明建设作出重要贡献。

二、主要做法

习近平总书记高度重视水资源的保护利用，多次强调：“民生为上、治水为要”“水安全是生存的基础性问题，要高度重视水安全风险，不能觉得水危机还很遥远。”沧东电厂坚决贯彻落实习近平总书记关于水资源保护和节约集约利用重要指示精神，将海水淡化产业作为一项利国利民的事业来做，坚持可持续增长、推动高质量发展，以实现“三个转型”为根本目标，以科技创新为根本，以产业控制为关键，加快科技创新与产业创新深度融合，将“技术创新力”转化为“发展生产力”，实现了低温多效蒸馏海水淡化装置技术的国产化、大型化，并致力于在数智创新、节能环保、循环经济、补链强链等领域全面推动海水淡化产业集群发展。

（一）技术突围，破解水困“滴水成金”

《管子》有云：“圣人之治于世也，不人告也，不户说也，其枢在水。”这一道理，放到火电企业同样适用——冷却水、循环水、补给水……近 15% 的发电成本便来自用水，大量经济实惠、安全稳定的淡水直接关系企业的经济效益。地下水资源短缺，且含盐量远超工业用水标准，量大质优的淡水从何来？困境倒逼创新，沧东电厂建设者们将目光投向浩瀚海洋，开启了“向大海要淡水”的破冰之旅。

1.引进装置，解决电厂自身用水

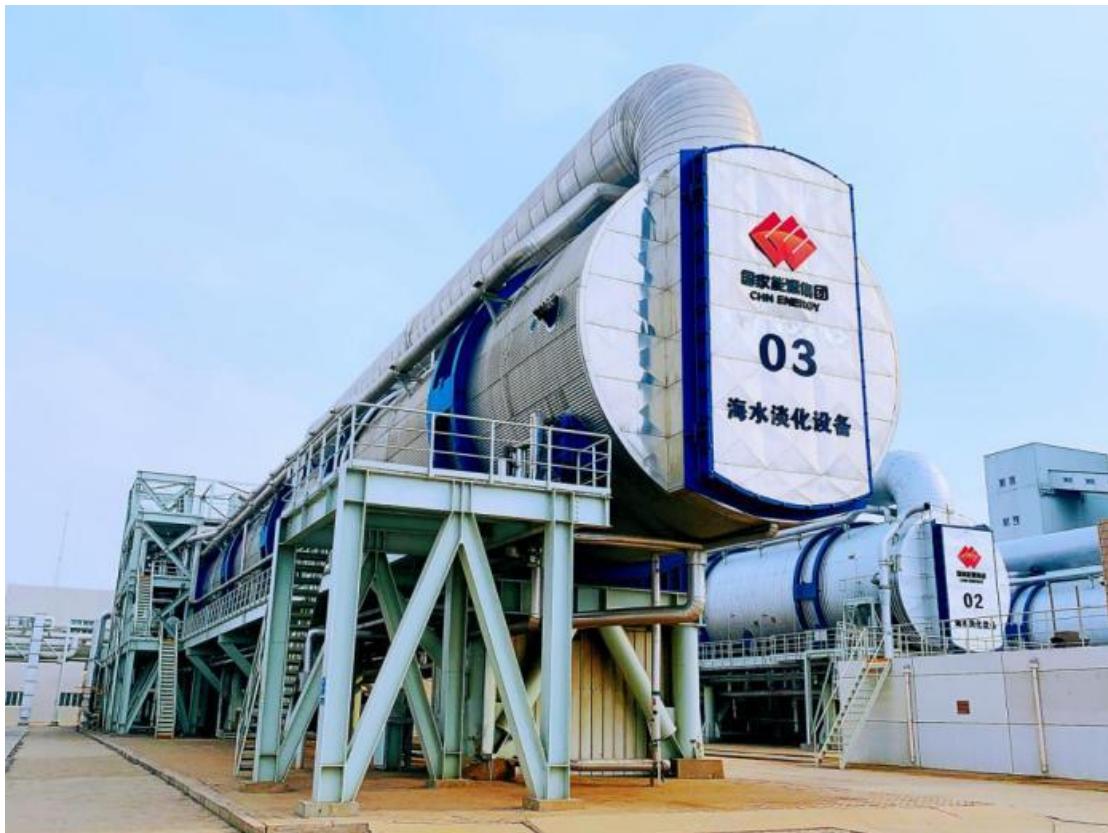
2006 年，沧东电厂从国外引进的 2 台 1 万吨/日海水淡化装置制水成功，该装置以当时国内单台规模最大、技术最先进的优势，开创了低温多效技术的应用先河。其制水规模创国内第一，解决了电厂生产生活用水的难题，使该厂成为国内唯一完全依赖淡化水的电厂。该项目还创造了多项“国内之最”，包括规模之最、技术之最和水电联产之最。

2.自主创新，突破关键核心技术

为了解决零件受限、产能受限、技术“卡脖子”以及高额维护费用等难题，沧东电厂与科研院所、高校通力合作，大胆进行海水淡化项目自主化测验，全力推进将“首用”变为“首创”的万吨级低温多效海水淡化设备国产化各项工作。2008 年 6 月，国产万吨级海水淡化蒸发器按期下线，沧东电厂成功自主研发全国首台拥有自主知识产权的万吨级海水淡化装置，单日产能达 1.25 万吨，较进口设备提升 25%，彻底打破了国外技术垄断。此后，技术迭代再升级，2013 年自主设计 2.0 版设备，采用“多级串联预热”等 9 项创新技术，开发“单壳体双管束”新型蒸发器结构，设备国产化率达 100%，产能翻番至 2.5 万吨/日，总制水能力达 5.75 万吨/日，不仅能完全自给自足，还解决了周边企业的缺水之困。

低温多效蒸馏海水淡化技术

“低温”就是利用真空泵或射汽抽气器将密闭设备内部的空气抽出，降低内部气压，使海水在低于 70℃ 的环境下蒸发；“多效”就是多个“蒸发效体”工作单元，每个工作单元像糖葫芦一样串在一起，组成桶型的设备。简单来说，热蒸汽将海水“烧开”，部分海水蒸发得到洁净的成蒸汽，冷凝后即为淡化水，没有蒸发的海水浓缩成为浓盐水。所生产的淡水水质纯净，一般固体溶解物总量低于 5 毫克每升，优于国家生活饮用水标准 200 倍，可以满足居民生活用水和各类工业用水。



首台国内拥有自主知识产权的万吨级国产化海水淡化设备

3. 数智创新，引领海水淡化技术

沧东电厂贯彻国家能源集团“数字驱动转型发展、智慧引领国家能源”的理念，加快“数智国能”建设，积极推进管理信息化、运营数字化、生产智能化，以新业态促“强而优”转型，紧抓新一轮科技革命和产业变革机遇，强化数字赋能智慧运营，构建了海水淡化全流程智能化管理系统，实现生产、管理各环节协同运转，推动生产提质增效。打造中央控制平台，集成 DCS、PLC 等控制系统，实现设备启停、参数调整等远程操作，运行数据存储周期达 5 年以上；建设水质监测系统，在线监测 TDS、pH 值等 12 项指标，数据实时传输至环保监管部门，建立水质异常预警机制；上线智慧调度系统，基于用户需求制定预测性生产计划，建立应急供水快速响应机制，突发情况下产能提升 30% 以保障供应。

（二）向海图强，产业向新“追蓝逐绿”

《孙子兵法》有云：“激水之疾，至于漂石者，势也。”仅仅达到“解渴”远不是沧东电厂的追求，如何“喝饱、喝好、喝滋润”才是他们的目标。沧东电厂主动服务河北海洋强省建设，把从常规能源向绿色低碳转型作为主攻方向，锚定“双碳”目标，积极培育壮大战新未来产业，做强源网荷储、多能互补综合能源服务，探索构建绿色低碳循环发展新模式，以新产业促绿色低碳转型，通过“水电联产”模式，实现能源生产与水资源供给的协同发展，开展“绿电制绿水”海水淡化项目，努力打造“发电生产—海水淡化—盐化工”的循环经济产业链，向着电热水盐多联产的综合能源利用示范基地阔步迈进，成为展示新质生产力的鲜活样本。

1. 能源梯级高效利用

随着燃煤发电机组深度调峰负荷率持续降低，机组抽汽压力相应下降，导致低负荷工况下海水淡化设备的安全稳定运行受到严重影响。沧东电厂聚焦实现抽汽余压的梯级高效利用主动攻坚，成功探索出热法蒸馏海水淡化装置同火电机组匹配运行的最优方式，开创性提出 2.5 万吨/日热法海水淡化背压机+MED 技术方案，在机组四抽供汽母管与海水淡化制水系统之间增设 1 台 20 兆瓦级背压式汽轮机组，抽汽先进入背压机利用余压做功，乏汽进入海水淡化设备首效制水，通过回收蒸汽做功能力，实现对能量的梯级利用，提高能量利用率和现役热法蒸馏海水淡化适应低参数蒸汽的制水能力，有效保障海水淡化设备在机组深度调峰工况下稳定运行。通过海水淡化与小汽机耦合研究改造，以最经济、最可靠的机组配合抽汽方式满足用汽需求，实现机组全工况下海水淡化的稳定制水，让海水淡化设备能够“吃得饱”，保持了原有产水能力，提高了供水的灵活性，还降低了制水成本和厂用电率，实现了能源高效利用与水资源供给的高效结合。

2. 绿电制绿水资源

随着绿色经济理念的不断深化和发展，能源系统低碳转型步伐加快，淡水资源需求日益迫切。为加快推进渤海新区实现“碳达峰、碳中和”目标以及海水淡化产业协同发展，沧东电厂依托独特区位、丰富海洋资源、便利交通和充足环境容量等优势，规划建设“绿电制绿水”(新能源+海水淡化)综合能源示范项目，通过 63MW 光伏发电设施配套建设 5 万吨/天膜法海水淡化装置，光伏所发电优先供给海水淡化制水，剩余电量送入公用电网，年发电量约 9000 万 KWh，年制水量约 1600 万吨。与相同发电量的燃煤机组相比，每年可节约标煤 2.74 万吨、预计二氧化碳减排量为 7.5 万吨/年，减少烟尘排放量约 3 吨/年、二氧化硫排放量约 14.5 吨/年、氮氧化物排放量约 13.53 吨/年，真正实现“绿电制绿水”的节能环保理念。届时，5 万吨/天反渗透法海水淡化装置与四台 5.75 万吨/日热法海水淡化装置通过“光伏+火电”动力电昼夜互补模式，全面实现多能耦合，将为当地提供 10 万吨/日的稳定海水淡化水源，有效缓解制约当地经济发展的水资源短缺困局。



“绿电制绿水”光伏项目

3.浓盐水综合利用

为充分回收浓海水中的化学资源，多年来，沧东电厂持续探索浓盐水综合利用路径，加大海水资源深度利用研究力度，延伸浓盐水产业链条，加快形成更具前沿性的产业体系，实现浓盐水“零排放”和 100% 资源化利用。推动落实重点科研任务，“海水淡化浓盐水制盐利用关键技术研究及中试装置研发”项目完成立项批复和前期选址，积极探索提溴、提锂、提钾等研究前沿，“浓盐水制盐”进入实质推进阶段；深化区域产业协作，规划建设 14.46 公里浓盐水输送管线，年供应沧海文化风景区景观用水 300 万吨，形成一片水域面积达 10 余平方公里的人工“海景”；与当地盐企深度合作，将浓盐水再提纯、再处理，用于晒盐和盐化工原料，实现资源梯级利用，助力港城产业园区更好打造集海水淡化、旅游观光、溴素产业、原盐产业、盐化产业于一体的“工业+旅游”特色产业链。



沧海文化风景区

（三）浪起新潮，价值共创“水润暖城”

《道德经》有云：“上善若水，水善利万物而不争。”沧东电厂不仅从海水中提取珍贵的淡水资源，还依托海水淡化产业，“以水为媒”齐心绘就“同心圆”，与渤海新区携手打造地企融合发展新样板，向来自全国各地的利益相关方分享海水淡化经验做法，走进校园宣传普及绿色能源知识，不断擦亮渤海湾畔靓丽的企业名片，让“水文化”成为推动企业蓬勃发展的新媒介。

1.齐心协力，推动项目建设

为推动海水淡化绿色低碳产业链建设，沧东电厂始终紧跟国家政策和国家能源集团的战略指引，把握绿色转型发展的历史主动，将海水淡化项目研发设计、施工改造、生产经营管理纳入公司整体生产经营活动中，成立由主要领导挂帅的专项领导小组，负责项目协调工作，定期召开项目协调会（含周例会、月度会），确保项目顺利进行；成立技术团队，由沧东电厂副总经理牵头，对接科研院所及高校，组织“产学研用”联合开发，明确“以市场为导向、企业为主体、产学研用”

的科技创新模式和“共同研发、共同拥有、业绩共享、独立使用”的合作原则，推进技术攻坚。

2011 年，沧东电厂成立海水淡化水厂，公司董事长任厂长，设置淡化水市场处、淡化水工程处两职能部门，充分发挥海水淡化在公司生产经营中的作用，打造“电水联产、资源再造、循环经济”的生产运行模式，有效促进海水淡化产业化。公司决策机构充分发挥“定战略、作决策、防风险”的功能，董事会负责审议批准海水淡化发展规划、改扩建项目实施方案以及生产经营计划；董事长专题会负责海水淡化对外战略框架协议签订及重大科研项目立项审批。相关部门充分发挥职能作用，生产技术部负责海水淡化生产管理、技术改造、科技研发工作，运行部负责海水淡化设备运行操作工作，维护部负责海水淡化设备维护检修工作。

2.政企合作，创新市场机制

沧东电厂深刻把握构建高水平社会主义市场经济体制的内在要求，加快适应能源市场化变革，强化市场思维、竞争意识，积极构建与市场竞争相适应的管控模式与运营机制，以新模式促市场化转型，与渤海新区确定“促政企合作，谋社企共赢”的海水淡化合作战略，开创了“企业制水、政府输水、用户用水”的政企合作海水淡化市场化运营模式，政府投资建设 70 余公里海水淡化主管线，管网辐射港城区及临港经济技术开发区主要工业企业；签订《海水淡化供水包销合作协议》，建立“保底用量+阶梯水价”机制，日供水能力达 4 万吨，最高日供水量 3.5 万吨，向渤海新区电力能源、港口物流、石油化工、粮油加工、生物医药等行业的企业供水，为地方经济发展提供了稳定、优质的淡水资源保障。

3.启智润心，播撒节水理念

沧东电厂积极履行社会责任，依托海水淡化示范基地，以世界水日、世界海洋日等节日为契机，通过举办“国企开放日”活动，吸引了来自全国各地的企事业单位、社会团体和个人前来参观，向公众普及水资源保护理念；通过科普研学、科普进校园等活动，将“水电联产”“多能耦合”等创新模式转化为生动的实践课堂，并以趣味实验、沉浸式体验等形式激发青少年探索科学的兴趣，用实际行动诠释企业的使命担当。



沧东电厂“小水滴 大世界”世界水日开放日活动

三、实施效果

水润民心，泽被万物；海淡兴邦，利济千秋。碧海蓝天下，沧东电厂四台低温多效海水淡化设备如镶嵌在渤海湾畔的明珠熠熠闪耀。作为周边企业供水重要水源，沧东电厂以创新破局、用实干开路，在渤海之滨书写着高质量发展的时代答卷，用汩汩清流奏响绿色转型的澎湃乐章。

（一）持续提升财务效益

沧东电厂通过海水淡化技术，不仅解决了自身发电生产中的淡水需求，还通过对外供水实现了经济效益的显著提升。海水淡化设备总装机容量达 5.75 万吨/日，居国内前列，自 2012 年起，大规模对外供水，主要供往黄骅市港城产业园区、临港经济技术开发区内的工业企业，累计对外供应海水淡化水量突破 1 亿吨，收入超 5 亿元，用户从最初的 4 家扩展到最多时的 83 家，市场占有率超 70%，制水成本从 8 元/吨降至 5.5 元/吨，单位制水能耗降至 0.95 千瓦时/立方米，投资回收期缩短至 8 年。

（二）持续创造社会效益

沧东电厂海水淡化项目显著提升了区域经济发展的“含金量”“含绿量”“含新量”。

“含金量”体现经济发展所需。沧东电厂海水淡化不受时空和气候条件的限制，能够安全、稳定地提供淡水资源，保障了 83 家企业用水需求，为 10 万居民提供应急饮用水源，获时任国务院总理李克强视频连线肯定。可靠的水源供应可以降低企业对传统淡水资源的依赖，有助于吸引更多工业项目落地，海水淡化项目助力渤海新区 GDP 年均增长 15%，吸引投资超 500 亿元，创造就业岗位 2 万余个。

“含绿量”体现生态文明建设。一方面，沧东电厂实现了“淡水零开采、耕地零占用、燃煤零运输”的目标，节省地下水开采量 1.44 亿吨，替代远距离调水，节约能源消耗 15 万吨标煤，减少地下水超采引发的地面沉降，缓解水资源短缺引发的生态环境问题，有利于维持生态系统的平衡。另一方面，沧东电厂努力打造“发电生产—海水淡化—盐化工”的循环经济产业链，将浓盐水用于景观水和制盐化工产品原料，实现海水淡化无废水、无废渣排放，并创造高附加值。

“含新量”体现前瞻眼光布局。海水淡化是海洋战略性新兴产业，发展潜力巨大，是国内外沿海城市、岛屿解决未来水资源增量问题的重要选项。作为海水淡化产业的先行者，沧东电厂在海水淡化领域的技术实力处于国内领先地位，两代海水淡化项目先后获国家级专利成果 60 余项。其技术成果已应用于国能舟山电厂 1.2 万吨/天海水淡化工程、广东湛江 1.5 万吨/天海水淡化工程，并为唐山德龙钢铁公司、伊朗合默能源等 10 余项国内外海水淡化项目的技术方案提供技术支撑，累计培养专业技术人才 200 余人。

（三）持续收获管理效益

建立和实施有效的治理机制是确保项目成功和可持续发展的关键。沧东电厂成立了完善的海水淡化专项领导小组，形成了“共同研发、共同拥有、业绩共享、独立使用”的产学研用合作原则，全力推进将“首用”变为“首创”的万吨级低温多效海水淡化设备国产化各项工作。成立海水淡化水厂，负责海水淡化产业化建设

规划、技术研发、工程建设、市场营销等工作，开创了“企业制水、政府输水、用户用水”的政企合作模式，持续提升了海水淡化的用户规模和市场占有率。发布《低温多效蒸馏海水淡化装置检修导则》，明确设备检修周期及具体工艺标准；制定《海水淡化水质实时监测规程》，纳入国家能源集团《海水淡化典型技术路线和案例集（2023 版）》，规范设备巡检、参数调整流程，确保供水稳定、可靠，保持了良好的客户口碑。同时积极推进技术改进，运用数智化技术手段提升生产效率、降低成本，重构用户服务流程，建立“需求调研—方案制定—水质跟踪”闭环，用户数量和外供水量实现了稳定增长。

沧东电厂海水淡化项目凭借硬核实力与产品创新斩获了多项荣誉和认可。该项目被国家发展改革委列为示范工程，先后荣获中国电机工程学会“中国电力科学技术奖一等奖”、国家能源局“国家能源科学技术进步一等奖”、中国节能协会“综合能源技术创新奖一等奖”等奖项，还获评国家 AAA 级工业旅游景点、港城产业园区中小学生研学实验教育基地。中央广播电视台总台科教频道、河北广播电视台以及《国资小新》《学习强国》《中国能源新闻网》《中国电力报》《河北日报》等主流媒体多次报道该项目，充分展示了其在海水淡化领域的创新成果和对地方经济发展的贡献。

此外，利益相关方对沧东电厂海水淡化项目也给予了高度评价。当地政府负责人表示，“淡化水已经成为新区‘重要资源’，沧州要逐步实施‘海水替代工程’，努力创建成国家级海水利用示范城市，把渤海新区打造成中国海水淡化之都，保障沧州地区的水资源可持续利用和经济的可持续发展。”沧东电厂的淡化水质量高、供应稳定、价格合理，满足了众多企业对降低用水成本的迫切需求，部分企业更是将其列为“首选工业水源”，沧东电厂也因此喜获渤海新区润城水务公司等众多用户企业感谢信。各方的一致评价表明沧东电厂海水淡化“水质优、供应稳、成本低”，已成为渤海新区产业群不可或缺的“水支柱”。