



中国电力建设企业协会
CHINA ELECTRIC POWER CONSTRUCTION ASSOCIATION

国家能源集团构建新型电力系统的 科技实践

2025年6月·成都



目录

一、火电高效调节科技实践

二、火电清洁降碳科技实践

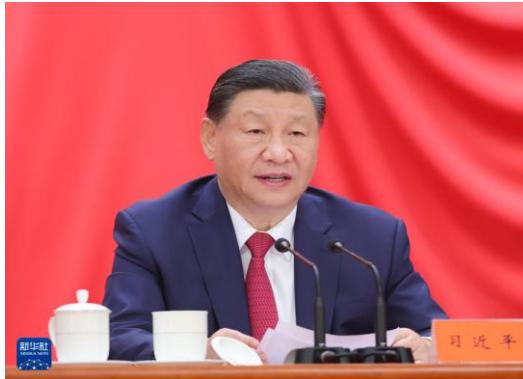
三、新能源高质量发展科技实践

四、水电高质量发展科技实践

五、未来展望



国家政策



能源安全新战略

四个革命
一个合作

2023年，中共中央办公厅、国务院办公厅发布《关于深化电力体制改革加快构建新型电力系统的指导意见》，强调科学合理设计新型电力系统建设路径，推动有效市场和有为政府相结合，完善政策体系，做好电力基本公共服务供给……

习近平总书记关于构建新型电力系统的重要论述：

- 习近平总书记在党的二十大报告中提出“**加快规划建设新型能源体系**”
- 2021年，在中央财经委员会第九次会议上提出“**构建以新能源为主体的新型电力系统**”
- 2023年，习近平总书记在中央全面深化改革委员会第二次会议上强调，要深化电力体制改革，加快构建“**清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能**”的新型电力系统，更好推动能源生产和消费革命，保障国家能源安全
- 2024年，习近平总书记在北京政治局第十二次集体学习时强调，要适应能源转型需要，进一步建设好新能源基础设施网络，推进电网基础设施智能化改造和智能微电网建设，**提高电网对清洁能源的接纳、配置和调控能力**



构建新型电力系统电源侧需求

《加快构建新型电力系统行动方案（2024—2027年）》明确了电源侧重点任务：

六、新能源系统友好性能提升行动

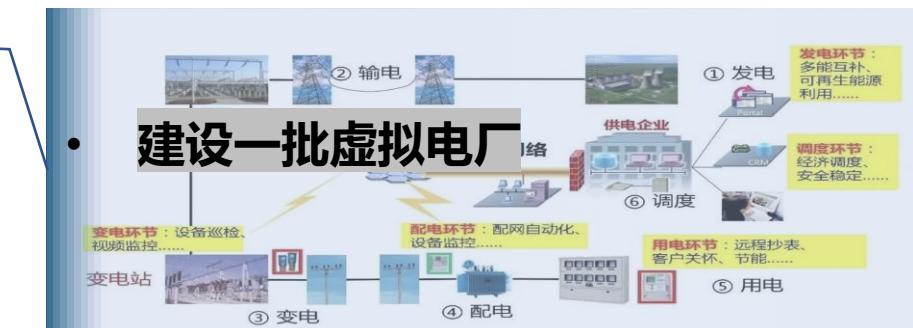


- 打造一批系统友好型新能源电站
- 实施一批算力与电力协同项目
- 建设一批智能微电网项目

八、电力系统调节能力优化行动



十、需求侧协同能力提升行动



七、新一代煤电升级行动



- 开展新一代煤电试点示范
- 推动新一代煤电标准建设

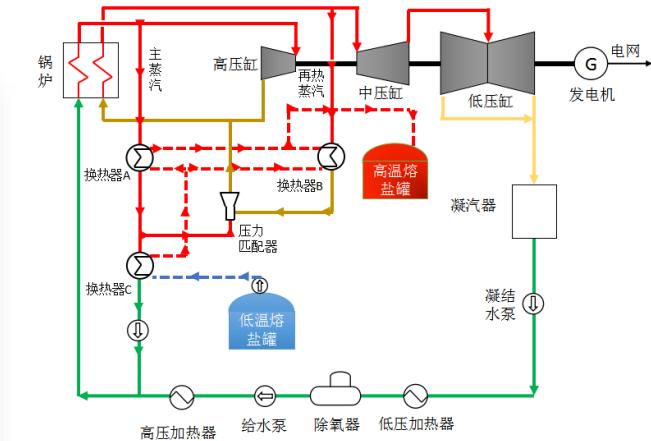


中国电力建设企业协会
CHINA ELECTRIC POWER CONSTRUCTION ASSOCIATION

一、火电高效调节科技实践



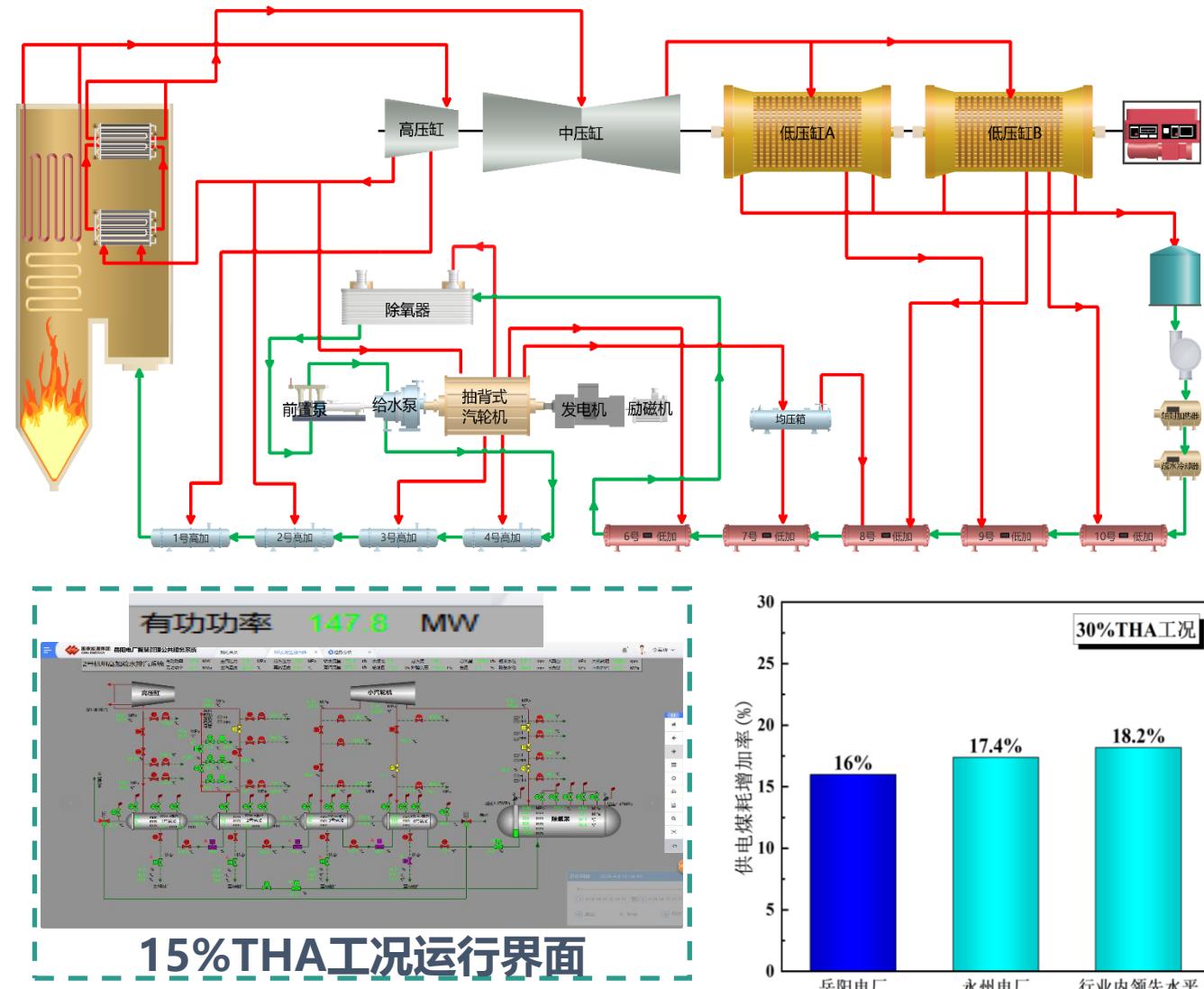
强化前瞻性布局和系统性谋划，大力
推进科技创新攻关和产业创新示范。**湖南
岳阳热力系统重构**入选2025年全国发电
设备行业十大科技创新名单，**天津盘山延
寿升级改造、山东蓬莱磁悬浮飞轮储能**等
一批国家能源领域首台（套）重大技术
装备示范项目建成投产，**江苏谏壁**实现国
内首台百万千瓦机组15%负荷快速灵活
深调，**河北定州无人值守系统**实现日均操
作次数减少 92%。深度参与**《大中型火
力发电厂设计标准》**等国家标准制定。





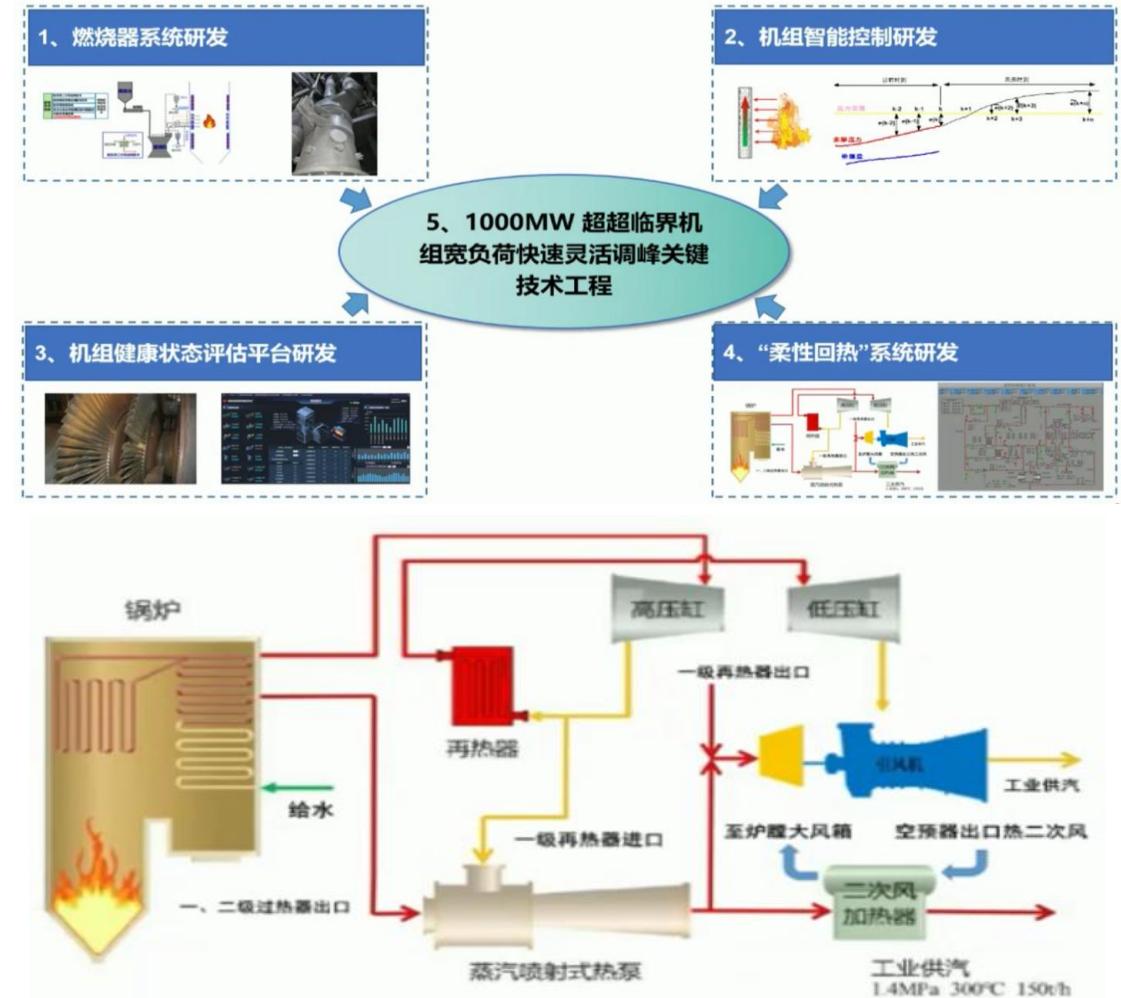
● 岳阳电厂高效灵活 “双机回热”

- 100%THA工况供电煤耗 **266.5 g/kW·h**, 处于行业领先水平。
- 30%THA相对100%THA, 供电标煤耗增加**16%**, 优于行业先进水平。
- 调峰范围**15% ~ 100%THA**。
- **锅炉实现并网前干态运行**, 缩短启动时间约**2小时**。
- 入选**2025年全国发电设备行业十大科技创新名单**。



● 谅壁电厂深度灵活改造

- 实现了14.88%Pe不助燃稳定燃烧，**顺利完成15%深调负荷认证。**
- 20%Pe**稳定供汽110t/h**，15%Pe**稳定供汽90t/h**，实现热电深度解耦。
- 未配置储能/储热等外部设备情况下，机组15%-100%Pe范围实现平均升负荷速率2.64%Pe/min。
- 实现机组变负荷锅炉干湿态自动转换。



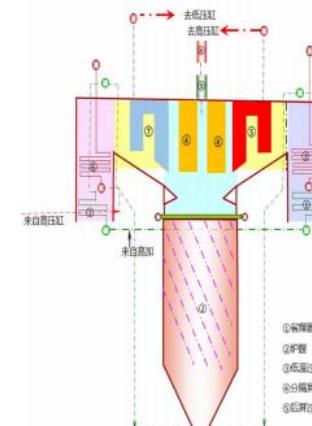
深度调峰下“柔性回热”节能技术示意图



● 盘山电厂延寿改造

- 盘山电厂 $2\times530\text{MW}$ 俄制超临界机组为前苏联设计制造，已临近30年设计运行寿命，**等容量升级改造为国产高效超超临界机组，改造后主机延寿30年。**
- 供热能力由 516MW 提升至 1260MW ，供电煤耗（纯凝） $\leq 278\text{g/kWh}$ ，较改造前降低**45g/kWh**。
- 获批国家能源局首台（套）重大技术装备。国内首创、世界首例俄制超临界煤电机组国产化升级延寿改造。

序号	项目名称	改造范围
1	三大主机	全部升级换新
2	燃料输送系统	利旧
3	制粉系统	磨煤机提效改造
4	供水及水工系统	循环水系统优化利旧
5	除灰渣系统	改造捞渣机，其余利旧
6	化学水系统	优化利旧
7	热工控制系统	DCS国产化改造
8	烟气处理系统	优化利旧





● 定州电厂无人值守

- 开发了满足机组全程自主化运行的**成套智能控制系統装备及算法软件。**
- 总操作量降低91.8%，实现了日均操作量从**3700次降低到249次的革命性突破，远低于国内火电机组平均日操作量，大幅减少了运行人员操作强度。**
- 成为国内正式投用的**第一台实现少人值守目标的机组**，取得了良好的机组综合运行效益。
- 国内首创燃煤机组全程自主运行。

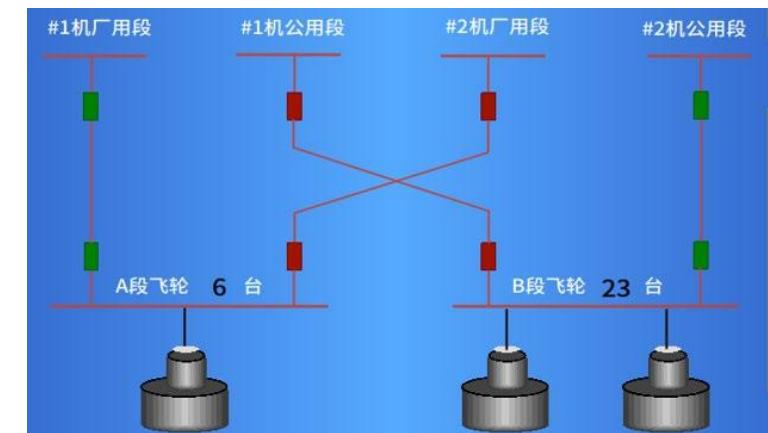
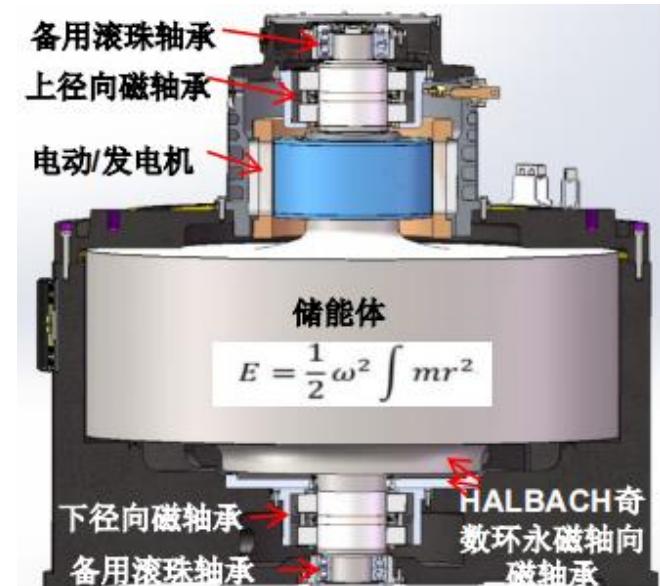


"无人值守"通过168小时试运行过程监控



● 蓬莱电厂火储联调

- 针对以新能源为主体的新型电力系统，面临的高转动惯量、高频次调频需求，蓬莱电厂开展**单机4MW储能飞轮研制和示范验证**，在厂区布置**3 台4MW/ 1000kWh飞轮**，验证飞轮耦合火电机组二次调频。
- 单体储电量1000kWh是**国内外最高电量飞轮产品的20倍**。
- **单体额定功率是国内外最高功率的2倍**。
- **充放电效率本体97%，网对网92%**。
- **获批国家能源局首台（套）重大技术装备**。





● 龙山电厂火储联调

- 2024年12月河北龙山**600MW火电机组“抽汽+熔盐”储热灵活性调峰**科技示范项目投运。
- 机组负荷**最低可降至51MW**，机组出力可**增加47MW**。
- 熔盐储热系统**内部热交换效率不低于98%、电转换效率不低于70%**。
- 调频能力和AGC响应速率**提高1.5倍**。
- **全国首个**采用多汽源抽汽-配汽调控技术的新型储能项目。





二、火电清洁降碳科技实践



火电低碳化建设扩面提档。印发《煤电低碳化改造建设实施方案（2024-2027 年）》，系统推进煤电低碳化改造。寿光电厂百万机组生物质掺烧鉴定为国际领先水平；胜利电厂完成全国首例大型煤电机组“牛粪掺烧”试验。台山电厂掺氢试验比例达到 20%，成为国内外完成试验验证的最大容量机组。泰州、锦界电厂推进400万吨级整机CCUS 项目，在全行业发挥示范引领作用。





● 生物质掺烧

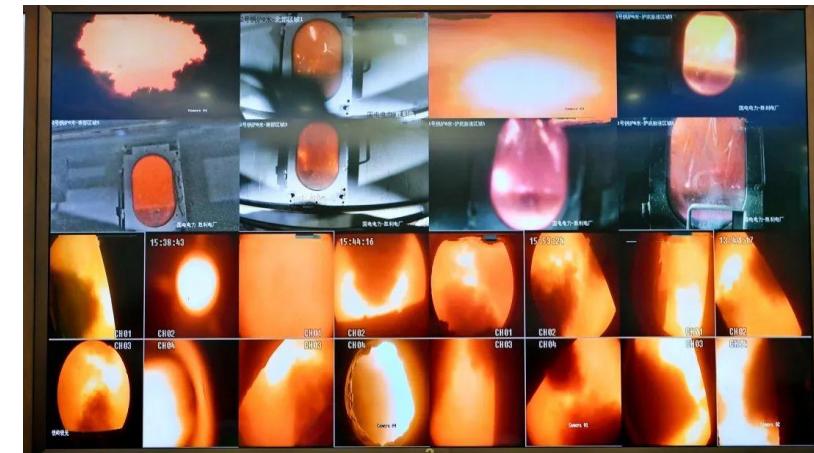
- **生物质掺烧是低碳化改造的首选技术。截至2024年底，国家能源集团投运7个生物质掺烧项目。**
- 内蒙古胜利电厂是**目前掺烧比例最高的项目，可达到15%。**项目在**未进行设备改造**的基础上，采用牛粪直接入磨掺烧方式。一台66万千瓦机组按照掺烧10%估算，**每年掺烧牛粪约20万吨，节约标煤7.14万吨，减排二氧化碳19万吨。**



内蒙古胜利电厂



牛粪运输



牛粪掺烧锅炉火焰燃烧情况

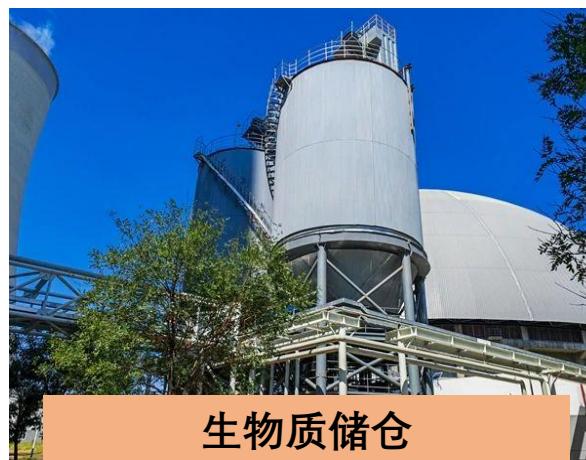


● 生物质掺烧

- 山东寿光电厂是目前最大容量掺烧项目，依托2台100万千瓦机组进行改造，每台锅炉每年处理生物质12.5万吨，实现生物质4.6%热量替代比例。
- 项目增设了生物质储仓、粉体燃料计量装置、下料输送装置及远距离气力输送系统。项目主要掺烧蔬菜秸秆废弃物等生物质粉体燃料。掺烧后，单台机组年节约标煤6.25万吨，减排二氧化碳15.35万吨。



山东寿光电厂



生物质储仓



中国电机工程学会成果鉴定证书



● CCUS

- 国家能源集团先后开展了**50万吨级化学吸收法捕集、千吨级化学链矿化、万吨级吸附法捕集、万吨级膜法碳捕集**等技术路线示范验证。
- 江苏泰州电厂**50万吨碳捕集示范项目**，是现阶段“**核心指标最优、消纳利用最全、连续运转最长**”的煤电机组碳捕集项目。**二氧化碳捕集全口径实际运行成本256元/吨，捕集热耗2.35GJ/t，捕集电耗51.5KWh/t，捕集率达到90.77%，干基二氧化碳纯度超过99.99%。**



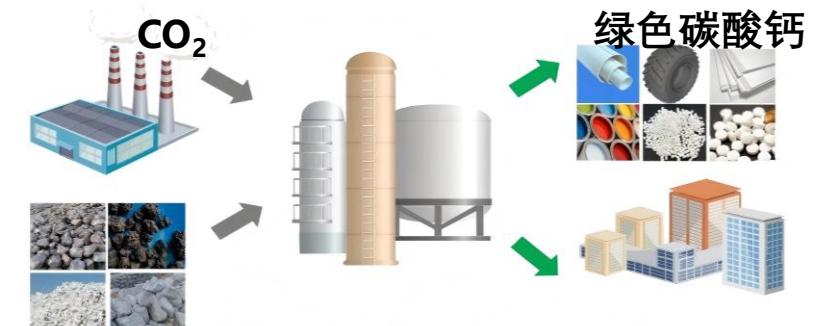


● CCUS

- 浙江宁海电厂采用**碳基二氧化碳吸附材料和“低压吸附+真空再生”的变压吸附捕集工艺，万吨级吸附法碳捕集装置于今年3月完成了连续72小时第三方性能考核。**
- **山西大同电厂依托66万千瓦机组进行了化学链矿化法技术验证。以脱硫后烟气中的二氧化碳和电石渣、钢渣等工业固废为原料，利用氯化铵作为循环媒介进行湿法间接矿化反应，无需碳捕集提纯，直接将烟气中的二氧化碳转化为绿色碳酸钙。**



万吨级吸附法碳捕集装置



电石渣、钢渣
等工业固废

矿化反应

多元化绿色低
碳产品

化学链矿化法CCUS技术原理

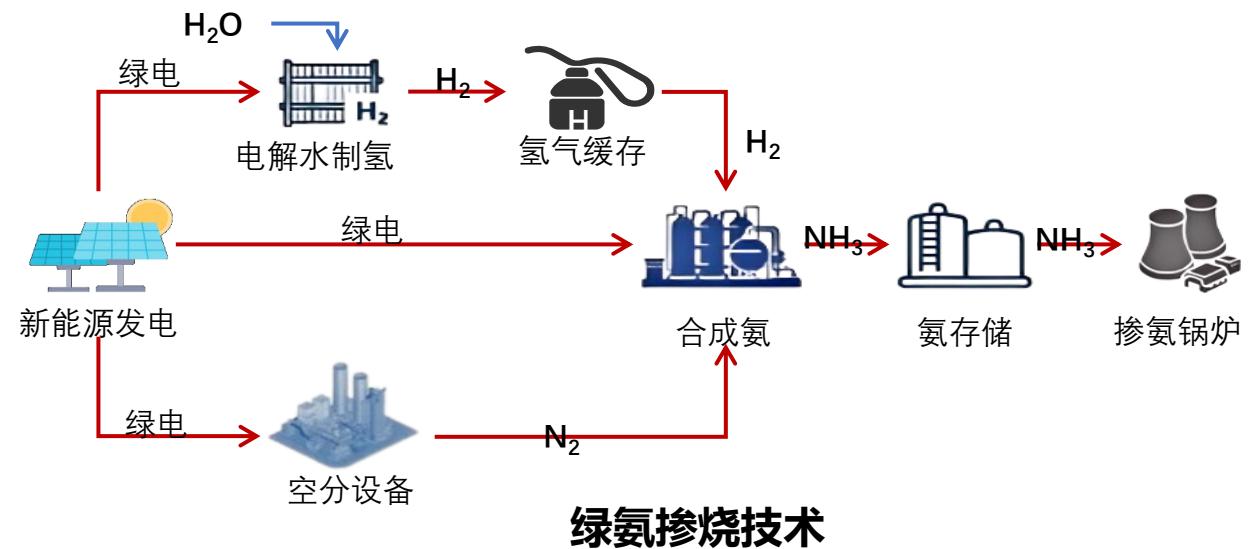


● 掺氨燃烧技术验证

- 国家能源集团在2022年初完成**40MW燃煤工业锅炉掺氨燃烧中试**，掺氨比例达到35%。
- 广东台山电厂实施3号锅炉绿氨掺烧改造，完成**600MW燃煤发电机组高负荷工况掺氨实验**，实现600MW负荷10%比例、300MW负荷20%比例、180MW负荷30%比例的掺氨燃烧运行，氨燃尽率达到99.99%。
- 入选**2024年度全国能源行业十大科技创新成果**。



广东台山电厂





中国电力建设企业协会
CHINA ELECTRIC POWER CONSTRUCTION ASSOCIATION

三、新能源高质量发展科技实践



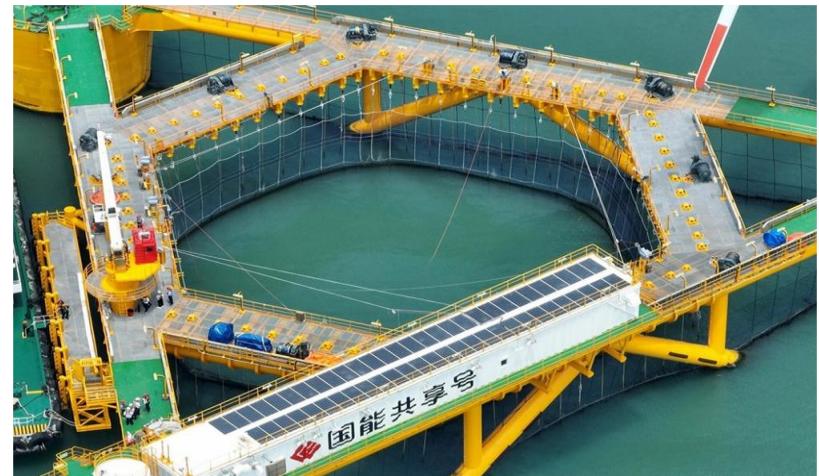
落实集团“1331”科技创新战略，持续推进新能源领域科技创新攻关和工程创新示范。研发建设**全球首个漂浮式海上风电平台“国能共享号”**，依托**国内单体容量最大**采煤沉陷区光伏，**建设国内“沙戈荒”地区规模最大**户外实证基地。**全国最大构网型储能电站工程示范、全国最大光氢储一体化海上光伏工程示范**等一批示范工程高质量投运。





● 漂浮式海上风电平台 “国能共享号”

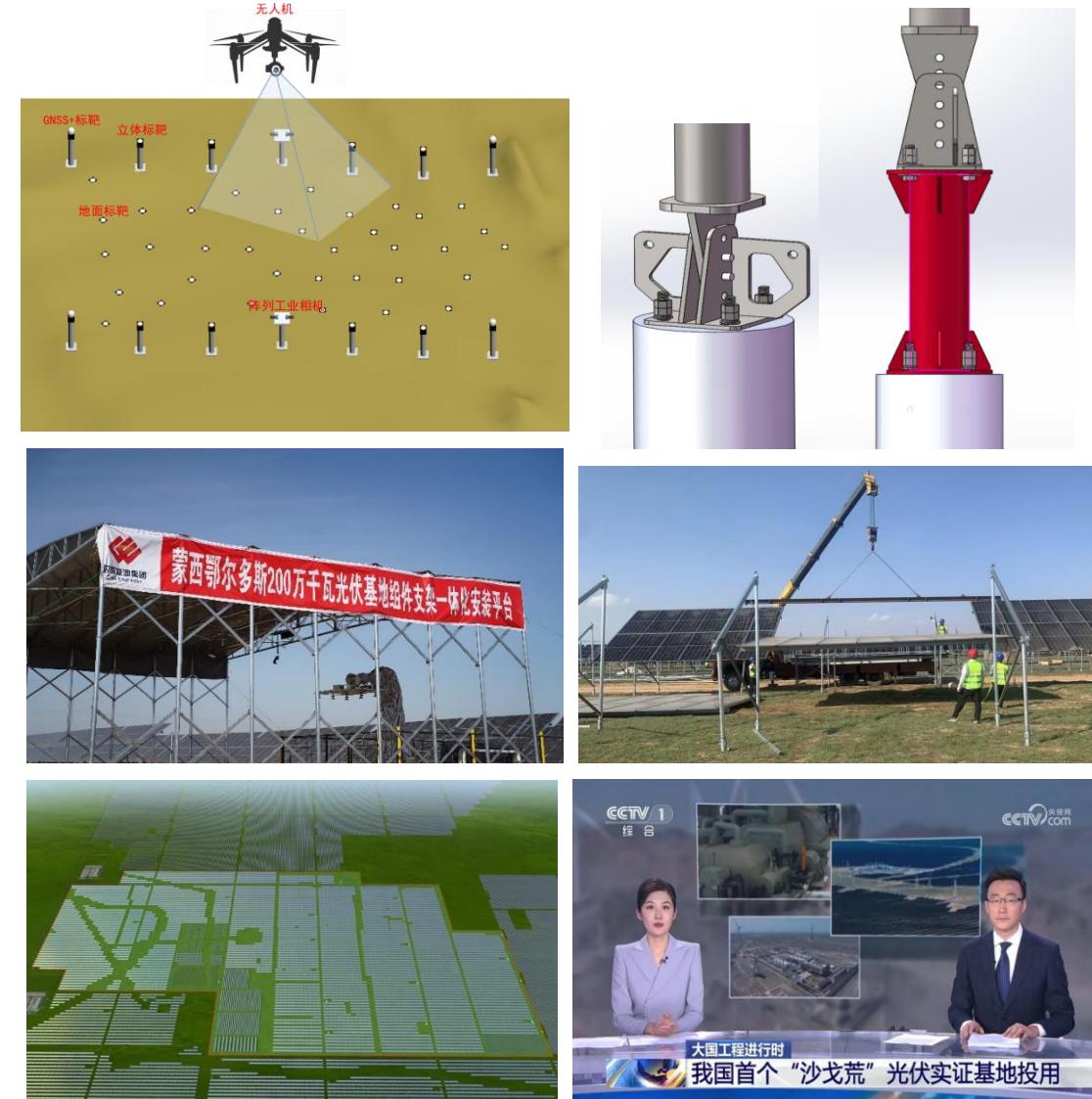
- 2024年6月28日 “国能共享号” 漂浮式风电项目正式并网发电，是**全球首个“风渔融合”漂浮式海上风电与养殖一体化设计项目。**
- **开创了“水下养鱼、水上发电”的海洋经济新模式。**
- 项目完成了**三立柱半潜浮式风机融合网箱基础性能分析、锚泊系统分析、动态海缆分析、结构强度分析**等多项关键技术研究。
- 2024年7月成功抵御台风“格美”，**成为首个经受台风中心区域考验的漂浮式风电平台。**





● 采煤沉陷区高效智能光伏电站

- **首个基于沉降观测及主动纠偏技术的采煤沉陷区光伏电站技术及工程示范**: 沉降变形速率的测量精度可达10mm/年, 光伏支架具备最大2m的调节能力。
- **首创光伏一体化组件设备及工程示范**: 降低系统造价40元/kW, 相较传统方式施工效率提升28%。
- **完成规模化DC2000V光伏系统工程示范**
- **国内单体容量最大采煤沉陷区光伏电站。**
- **国内首个“沙戈荒”大规模光伏户外实证基地**





● 虚拟电厂

- 2024 年 在湖北、广东、宁夏、江西、浙江5个省份的虚拟电厂先后建成投产，**总聚合资源605.31兆瓦，增加可灵活调节的容量159.76兆瓦**，标志着集团公司在虚拟电厂的新赛道上发力提速。
- 国家能源集团正组织编制**虚拟电厂、零碳智慧园区、绿色算力、增量配电网**等负荷侧可调资源有关技术路线和标准，有效提升新型电力系统灵活调节能力和运行稳定性。





● 构网型储能电站

- 国家能源集团宁夏电力宁东复合光伏基地项目配套储能二期100兆瓦/200兆瓦时储能电站成功并网，**标志着国内最大的构网型储能电站建成投产。**
- 全国首批1亿千瓦大型风电光伏基地配套项目。
- 实现了构网型技术在沙戈荒新能源基地的**首次成功应用**。





● 光氢储一体化海上光伏工程示范

- 2024年12月，**国华投资江苏分公司如东“光氢储一体化”项目**成功并网发电。
- **国内首个集光伏发电、制氢加氢和储能电站于一体**的综合能源利用+滨海生态治理项目。
- **全国最大“光氢储一体化”海上光伏**项目。
- 攻克创新岸基升压站技术、创新海上光伏施工技术、“光氢储一体化”智能控制技术、智慧施工管理技术等关键技术，为国内海上光伏项目的高质量发展提供重要示范作用。



国华投资江苏如东“光氢储一体化”项目



● 自主可控智能管控系统

- **世界首个千万千瓦级“水光蓄储风”全清洁能源电力系统。**
- 开展能源基地**一体化系统顶层设计**，建立了**适应高原地区的智慧清洁能源基地生产组织管理机制**。
- 提出了符合电网接入安全的“水风光储蓄”**多能互补优化联合能源调度模式**，形成了大规模全清洁能源外送基地**电价、碳交易机制及运营模式**。
- **建成自主可控大型智能水电站计算机监控系统及千万瓦清洁能源基地“控调运管”一体化平台示范。**





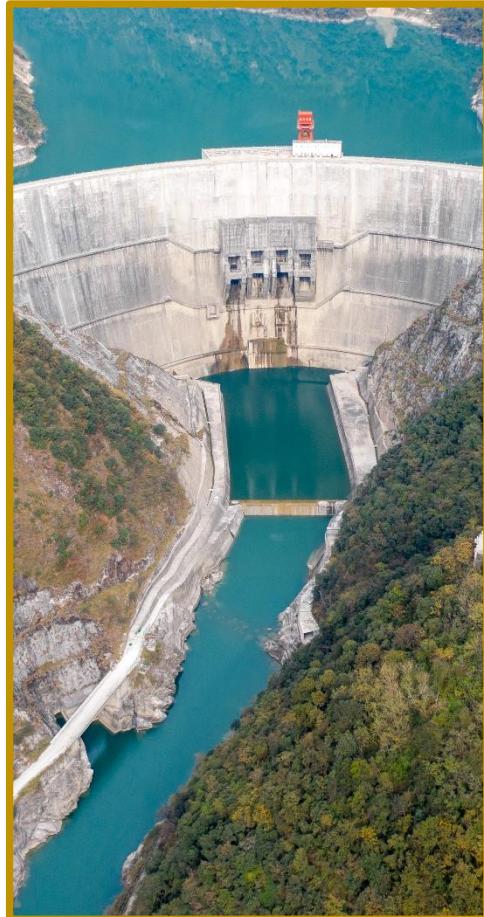
中国电力建设企业协会
CHINA ELECTRIC POWER CONSTRUCTION ASSOCIATION

四、水电高质量发展科技实践



建成大岗山抗震设防标准**世界第一的高拱坝**，**开创国内外在厚度超过50米的深厚覆盖层地基上建成坝高超过200米的高土石坝工程实例**，掌握超高超窄面板坝筑坝**领先技术**，成功运用5G+智能无人碾压机群。

建成流域生态环境全过程监测系统，对生态流量、水温、水质等环境指标实施在线监测。集团致力于建设**百年生态绿色水电工程**，努力为**水利水电事业进步提供国能方案、贡献国能力量**。

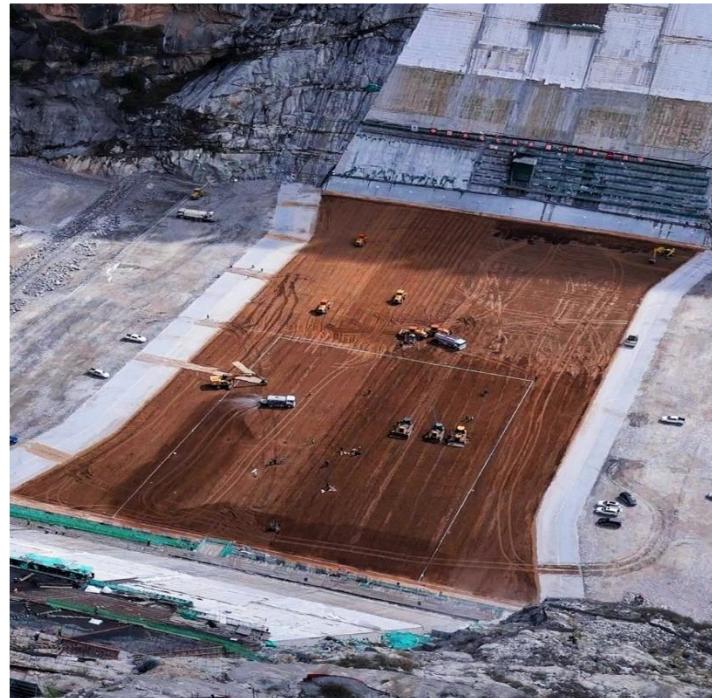




- 目前在运水电站 149 座
总装机约 2100 万千瓦



- 核准在建常规水电
775 万千瓦



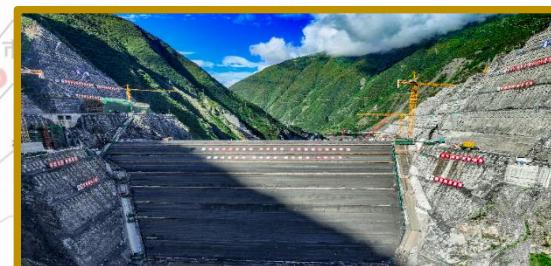
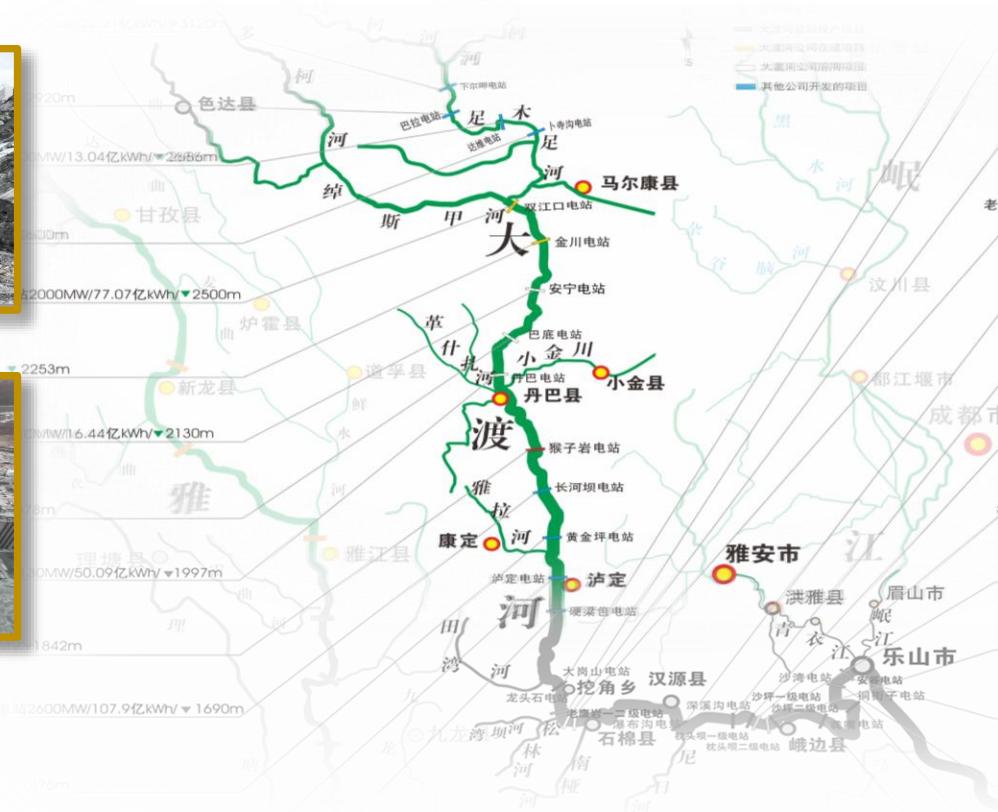
- 核准在建抽水蓄能电站
240 万千瓦



- 前期规划水电项目装机约 1000 万千瓦
- 储备水电项目约 1800 万千瓦



- 大渡河流域被誉为“水电博物馆”，拥有世界第一高坝双江口水电站、世界抗震设防标准最高的高拱坝大岗山水电站、堆石坝国际里程碑工程瀑布沟水电站。





● 大岗山水电站

- 建成大岗山抗震设防标准世界第一的高拱坝，开创了在地震断裂带建设高坝大型水电站的先例。
- 2022年泸定地震中，大坝坝面地震烈度达到9度，大坝安全稳定运行。
- 建成集团大坝中心，为大坝安全管理提供技术支撑。





● 猴子岩水电站

➤ 攻克了**高陡深窄河谷高面板堆石坝宽高比小拱效应突出、高地应力地下洞室群施工难度大**等技术难题，为我国掌握**超高超窄面板坝筑坝**领先技术作出了积极贡献。





● 双江口水电站

- 双江口水电站设计坝高315米，**是世界最高坝**。
- 工程具有**超大填筑方量、极高地应力地下洞室群、高水头、高边坡、高寒、深基坑**等特点。
- 攻克了**高陡边坡开挖支护、大型地下厂房施工**等一系列工程技术难题。
- 电站计划今年投产发电，将**开创国内外在厚度超过50米的深厚覆盖层地基上建成坝高超过200米的高土石坝工程实例**，积累在高山峡谷地区建设300米级心墙坝的经验。





● 玛尔挡水电站

- 在新型电力系统中，水电功能定位从“**以电量为主**”转变为“**电量和容量支撑并重**”，水电发挥灵活性和互补调节优势。
- 聚焦提升常规水电**快速响应能力、多时间尺度调节能力和多能协同支撑能力**，推进常规水电深度调相改造。
- 玛尔挡水电站2号机实施压水调相技术改造，实现**我国首台大型水轮机组长时调相与动态调控**，创造了连续压水调相8小时运行纪录。





五、未来展望



科技支撑电力转型战略构想：

一、推动煤电转型，促进新能源消纳

- 新一代高效调节煤电技术
- 火电机组耦合储能技术
- 耦合零碳燃料煤电技术

二、开发可再生能源技术，支撑新型电力系统建设

- 大型深远海漂浮式风电机组国产化
- 多场景风电场规划设计关键技术
- “沙戈荒”、海上等场景的高效光伏技术

三、开发零碳低碳技术，降低煤电碳排放

- 掺烧氨储运、燃烧等系列技术
- 低成本、低能耗的CCUS技术

四、探索未来方向，加快电力产业转型

- 中高压高效碱性电解水制氢技术
- 碱性—质子交换膜混合制氢系统关键技术
- 高效氢燃料电池发电技术
- 柔性电解水制氢合成氨系统关键技术



中国电力建设企业协会
CHINA ELECTRIC POWER CONSTRUCTION ASSOCIATION

感谢聆听！