

四、可再生能源与储能技术





● 太阳能热化学技术

● 风能热利用技术

● 复杂地形风电叶片先进设计技术

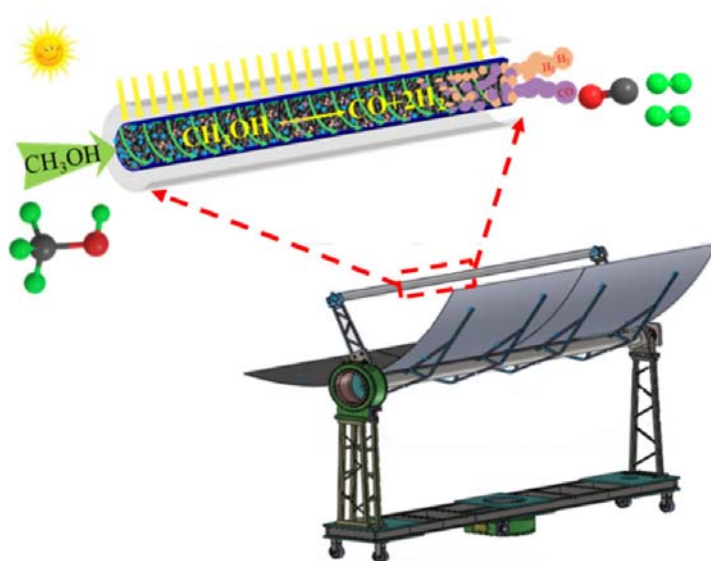
● 先进压缩空气储能技术

● 大规模高效储热、储冷技术

● 热化学储能技术

太阳能热化学技术

太阳能热化学转化技术是将太阳能光热利用与热化学反应有机结合的新技术。通过太阳能热化学转化，太阳能以中温热能的形式驱动吸热的化学反应，将太阳热能升级转化为高品位燃料热化学能，实现太阳能的高效利用与高密度储能。所生产的太阳能燃料既可用于化工生产，也可以二次燃料的形式进行分布式供能。通过太阳能热化学转化、富氢燃料动力、余热催化转化、储能与系统调控等关键技术的集成，可以实现基于多能源互补、综合梯级利用的系统集成创新。该技术既可以用于独立的能源系统，也可以作为风电、光伏电站的调峰电源，具有广阔的应用前景。



技术特点：

- ★ 中温太阳能热化学转化
- ★ 富氢燃料化学储能
- ★ 太阳热能品位提升潜力大
- ★ 太阳能利用效率高

技术参数：

- ★ 工作温度：180 ~ 300℃
- ★ 太阳能热化学转化效率：50% 以上燃料转化率：85% 以上
- ★ 太阳能净发电效率：20% 以上

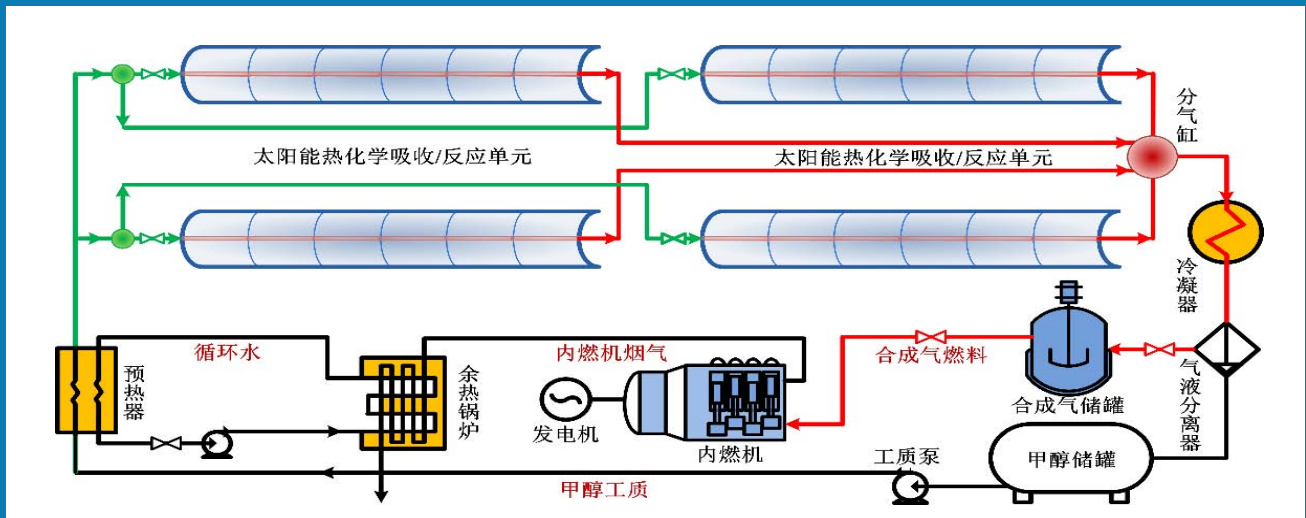
技术定位：

为太阳能制燃料、太阳能高效发电、多能互补利用及风电、光伏电站调峰提供解决方案和技术支持。

性能指标优于高温太阳能热化学转化及常规光热发电

产业化现状：

已建成国际首套 100 kW 太阳能热化学发电中试系统，正在开展 500 kW 太阳能与燃料热化学互补热电联产系统工程示范。



100 kW 太阳能热化学发电中试系统



太阳能热化学吸收 / 反应单元及富氢动力发电等关键单元

风能热利用技术

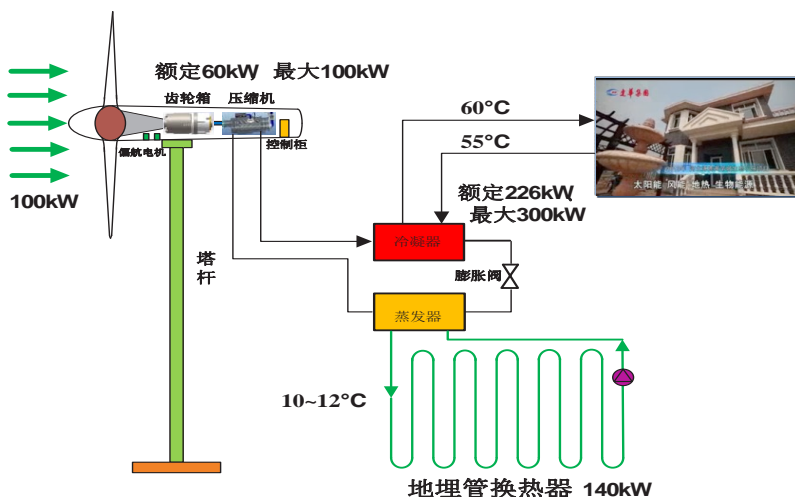
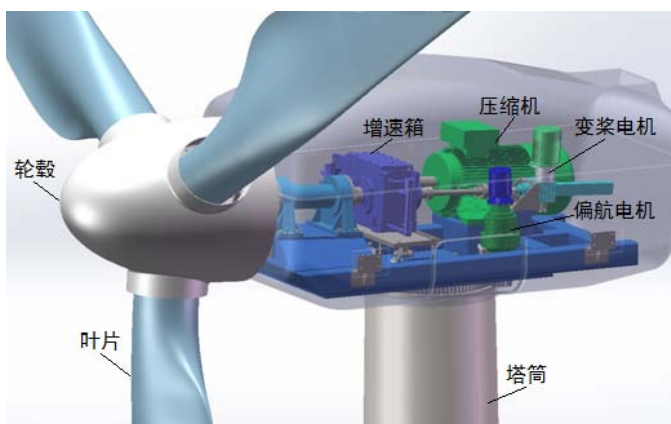
风能热利用是一种可以替代燃煤锅炉供暖并提高风能消纳能力的变革性洁净能源技术，具有高效、高可靠、低成本优势，是解决北方地区冬季雾霾问题的有效途径之一。风能热利用技术的研发、示范与产业化项目的实施，将有助于促进我国风能利用技术的发展，为满足我国清洁供暖重大需求提供理论基础和技术支撑。

技术特点：

- ★ 建设和运行成本低
- ★ 可大型化（单机 10MW）
- ★ 占地面积小
- ★ 寿命长（30 年）

目标市场：

- ★ **建筑冷暖领域：** 居民集中供暖
商业建筑空调
商业热水
- ★ **生态农渔领域：** 农业大棚
水产养殖
- ★ **工业加热领域：** 工业加热
服务业烘干



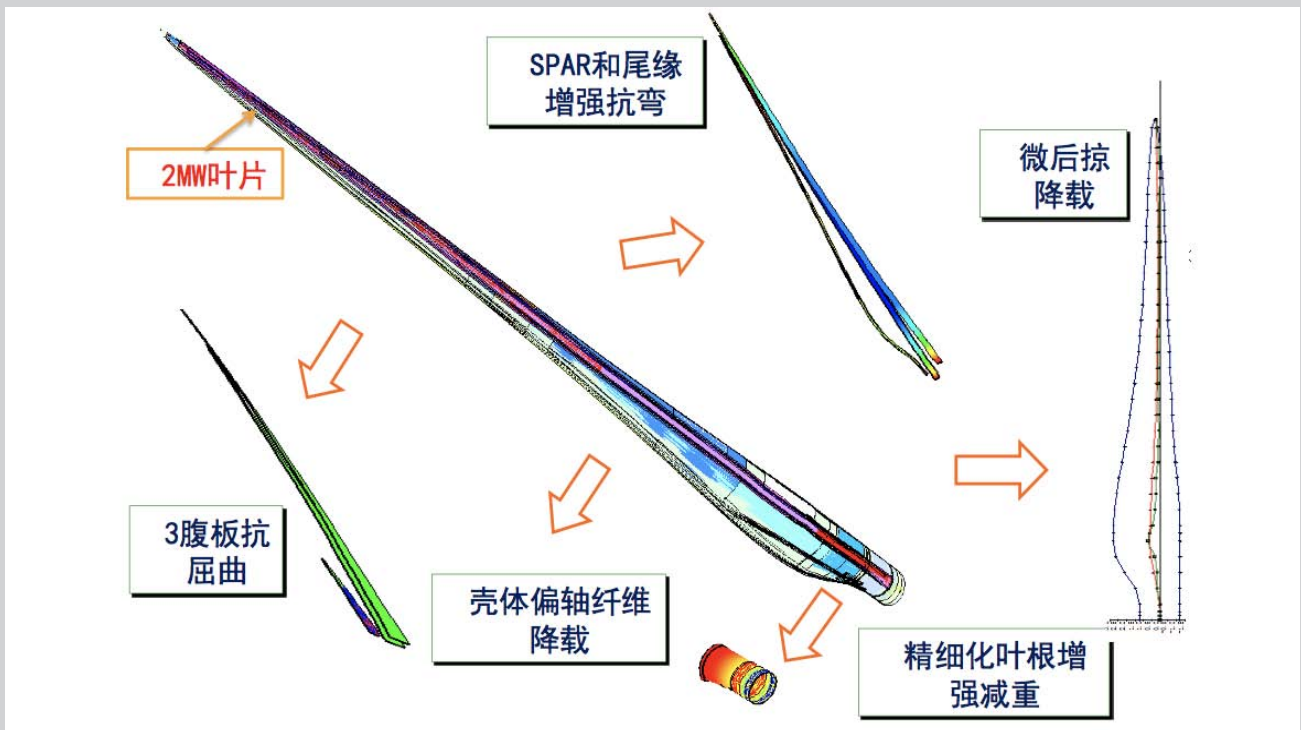
国际首例 100kW 风热机组供热供冷工程示范

复杂地形风电叶片先进设计技术

针对我国内陆风电场地形复杂，风速、密度较低，时空尺度高度非均匀、不稳定等特点，开发出复杂地形条件下一体化气动设计、叶片结构布局优化、高精度气弹稳定性评估及被动耦合降载等新一代关键技术，对提升复杂地形条件下我国大型风电叶片的设计水平，有效提高机组年发电量、可靠性，降低度电成本，解决国家能源安全和环境污染问题具有重要意义。

性能指标对比：

| 性能比较 | 质量 (t) | 叶根摆振等效载荷 (kN·m) | 叶根挥舞等效载荷 (kN·m) | 年发电量 (MW·h) |
|----------|--------|-----------------|-----------------|-------------|
| 2MW 商业叶片 | 15.1 | 6704.8 | 6197.8 | 10360.0 |
| 工程热物理所 | 14.5 | 6115.5 | 5405.8 | 10512.4 |



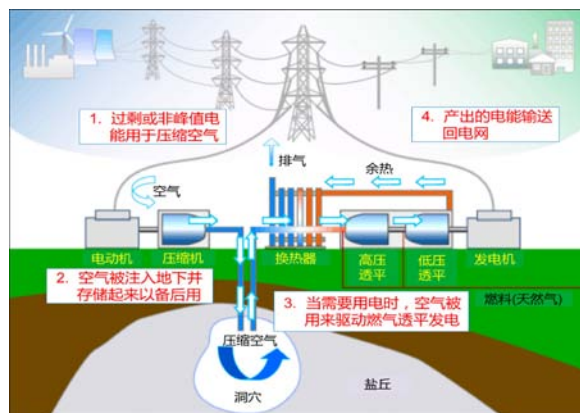
复杂地形条件下 2MW 级叶片先进设计技术

先进压缩空气储能技术

先进压缩空气储能技术是实现常规电力削峰填谷，实现可再生能源大规模开发利用，促进分布式系统及微电网发展的重要支撑技术；该技术攻克了传统压缩空气储能技术的关键瓶颈问题，解决了对大型储气室和化石燃料的依赖，并进一步提高了系统效率。开展大规模压缩空气储能技术的研发、示范与产业化对满足我国电力储能需求具有重要意义。

技术特点：

- ★ 规模大（可达 100MW 级）
- ★ 建设和运行成本低
- ★ 寿命长（30 ~ 50 年）
- ★ 效率较高（50 ~ 70%）
- ★ 对环境友好
- ★ 适用范围广



研发现状：

已突破 1 ~ 10MW 先进压缩空气储能系统各项关键技术，建成国际首套 1.5MW 和 10MW 先进压缩空气储能示范系统，并已率先实现产业化。正在开展 100MW 系统研发及示范项目建设。



国际首套 1.5MW 示范系统（河北廊坊，2013）



国际首套 10MW 示范系统（贵州毕节，2016）

国际率先实现 10MW 新型压缩空气储能示范

技术指标对比：

| 项目 | 功率 (MW) | 储气装置 | 燃料 | 效率 (%) |
|-------------------|---------|--------------|---------|-------------|
| 德国 Huntorf 传统电站 | 290 | 储气洞穴，受地理条件限制 | 天然气 | 44 ~ 46 |
| 美国 McIntosh 传统电站 | 110 | 储气洞穴，受地理条件限制 | 天然气 / 油 | 52 ~ 54 |
| 日本上砂川町传统电站 | 2 | 储气洞穴，受地理条件限制 | 天然气 | <40 |
| 英国液态空气电站 | 2 | 储罐 | 无 | <40 |
| 美国 SustainX 蓄热式电站 | 1.5 | 储罐 | 无 | <45 |
| 工程热物理所 | 1.5 | 储罐 | 无 | 52.1 |
| 工程热物理所 | 10 | 储罐 | 无 | 60.2 |
| 工程热物理所 | 100 | 储罐 | 无 | 70.4 (设计效率) |

目标市场：

常规电力系统

- ★ 调峰、调频
- ★ 电压支持、备用容量

可再生能源发电

- ★ 大规模接入
- ★ 解决弃风弃光

分布式及微网系统

- ★ 提高电能质量及可靠性
- ★ 备用电源和应急装置



平台建设：

- ★ 投资 2.3 亿，建成 22 个实验平台
- ★ 获批我国首个物理储能国家级研发平台：
国家能源大规模物理储能技术研发中心



产业化现状：

- ★ 1.5MW 系统技术授权给两家公司
- ★ 10MW 系统、100MW 系统通过技术入股成立了两家产业化公司
- ★ 已建成和在建的示范项目共计 5 台套
- ★ 已列入规划的工业级项目共计约 1800MW，总投资超过 100 亿元

国内率先实现压缩空气储能系统产业化

大规模高效储热、储冷技术

储热、储冷技术是通过材料将热能存储起来并在需要的时候将热能释放的技术，可广泛应用于区域供能、太阳能热利用、清洁能源供暖、工业余热回收利用等领域，具有规模大、成本低、效率高、清洁无污染等优点。

研发现状：

自2011年起开展大规模、低成本和高效率储热/冷装置和系统研发，获得专利29项，已建成多项兆瓦(MW)级和10MW级储热、储冷技术示范工程。



10GJ 填充床储冷装置



10MWh 导热油储热装置



20MWh 亚临界水储热系统

平台建设：

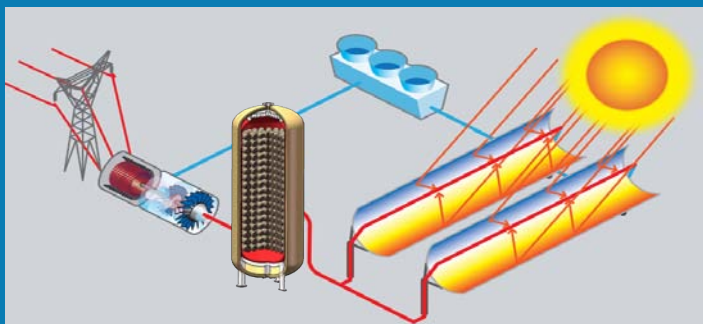
已建成8个材料分析测试平台、6个传/蓄热基础实验平台、3个集成实验平台，功率等级最高达10MW，温度区间涵盖-196~800℃。



10MW 级大规模储冷、储热实验测试平台

目标市场：

- ★ 太阳能热利用
- ★ 工业余热回收
- ★ 清洁能源供暖、供冷
- ★ 常规电力削峰填谷
- ★ 常规火电热电解耦



产业化现状：

- ★ 成立清洁能源储热供暖技术产业化公司——中科中蓝能源科技（北京）有限公司
- ★ 已建成清洁能源供暖项目 61 项
- ★ 多项技术具备产业化条件

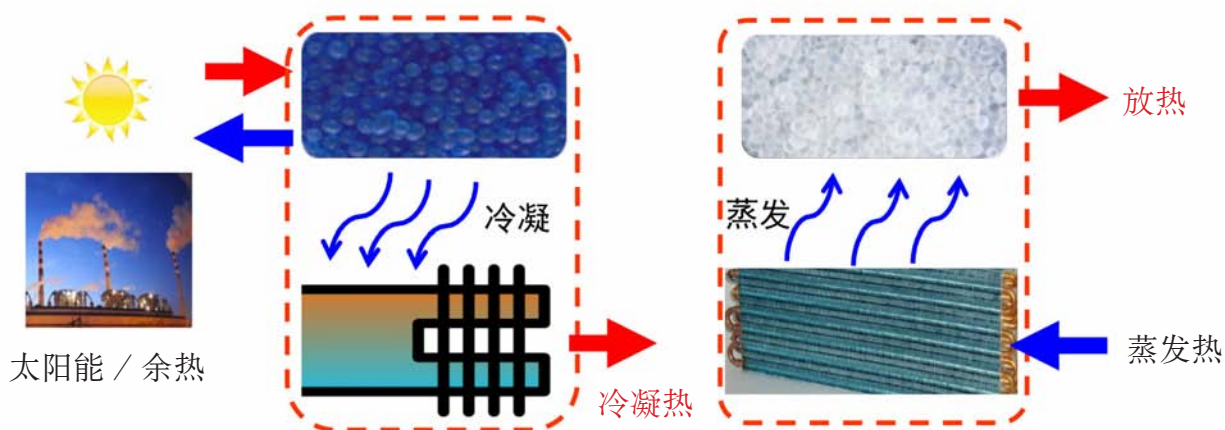


技术指标对比：

| 技术名称 | 工作区间 (°C) | 应用领域 | 单位成本 (元 /kWh) | 投资回收期 (年) |
|----------|-----------|--------------------|---------------|-----------|
| 填充床储热 | 200 ~ 800 | 太阳能热利用、工业余热等高温储热 | 50 ~ 100 | 1 ~ 2 |
| 喷淋式填充床储热 | 常温 ~ 400 | 槽式、菲涅尔式太阳能热发电、工业余热 | 100 ~ 150 | 2 ~ 3 |
| 亚临界水储热 | 100 ~ 200 | 工业余热利用，民用供热 | 40 ~ 300 | 3 ~ 5 |
| 中低温相变蓄热 | 10 ~ 70 | 民用供热 | 150 ~ 300 | 2 ~ 4 |
| 填充床储冷 | -196 ~ 20 | 化工、压缩空气储能等行业深度储冷 | 200 ~ 300 | 3 ~ 5 |

热化学储能技术

热化学储能利用可逆化学反应，将热能以化学能的形式回收储存起来，并在适宜的温度下释放，相比于常用的显热和相变蓄热，具有温度适应范围宽（40 ~ 800℃）、能量储存密度大（是显热和相变的几倍甚至十几倍）、热损失小、成本低、占地面积小、兼具热泵（制冷）功能等优点，特别适合热能的长时间储存和远距离运输，可以解决热能供需之间不匹配问题，为有效解决我国目前能源供需矛盾，推进节能减排和环境污染治理目标的实现起到重要推动作用。



技术特点：

- ★ 储能密度高，占地小，运行成本低
- ★ 适用范围广
- ★ 不受系统规模和类型限制
- ★ 可实现热能长时间储存和远距离运输
- ★ 热损失小



100 千瓦级热化学储能 / 化学热泵示范平台



产业化公司

■ 葛洲坝中科储能技术有限公司

葛洲坝中科储能技术有限公司是中国科学院工程热物理研究所为推进 10MW 级先进压缩空气储能技术的转移转化，以知识产权出资，于 2014 年 4 月成立的公司。

公司致力于 10MW 级大规模压缩空气储能系统关键技术研发、系统集成及产业化推广，在能源供给侧为客户提供全球领先的储能解决方案等。目前正在山东省肥城市建设全球第一套商业化运行的 10MW 先进压缩空气储能电站，将于 2020 年实现并网发电。

联系方式：周学志 13718558208

■ 中科中蓝能源科技（北京）有限公司

中科中蓝能源科技（北京）有限公司是中国科学院工程热物理研究所为推进新型清洁能源储热供暖技术的转移转化，以知识产权出资，于 2018 年 8 月成立的公司。

公司的主营业务为清洁能源储热供暖技术的过程设计、图纸绘制、装备加工和调试、系统运行维护、工程总承包，技术开发、技术转让、技术推广等。

联系方式：王亮 15810289299

■ 中储国能（北京）技术有限公司

中储国能（北京）技术有限公司是中国科学院工程热物理研究所为推进 100MW 先进压缩空气储能系统研发、示范项目建设及调试运营，促进 100MW 先进压缩空气储能技术产业化，以知识产权出资，于 2018 年 12 月成立的公司。

公司的主营业务为 100MW 级压缩空气储能系统研发、设计、生成、销售。100MW 先进压缩空气储能电站投资和运营。

联系方式：纪律 18911895500

■ 中科国风科技有限公司

中科国风科技有限公司是中国科学院工程热物理研究所为推进风力发电技术成果的转移转化，以知识产权出资，于 2016 年 9 月成立的公司。

公司的主营业务为风电机组设备及零部件的开发、制造、销售、检测、认证及售后服务；风电场站建设与运营；货物及技术的进出口业务等。

联系方式：杨科 13651242124