

新型储能投资机会漫谈及独立储能电站收益分析说明



“碳中和”的储能定位



“碳中和”大背景

为实现双碳目标，未来新增电源将以风电、光伏等新能源为主，预计2030 年前后，新能源发电装机将达到16-17亿千瓦，届时将取代煤电成为我国装机规模最大的电源；预计2050年前，新能源装机规模将超过40亿千瓦，发电量占比接近50%。

装机结构

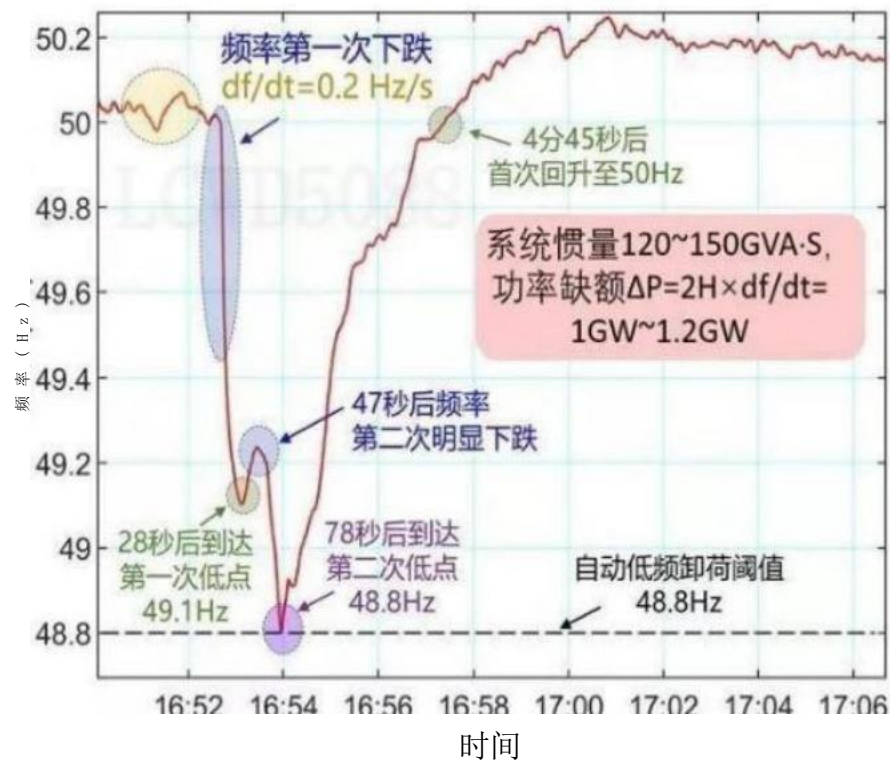
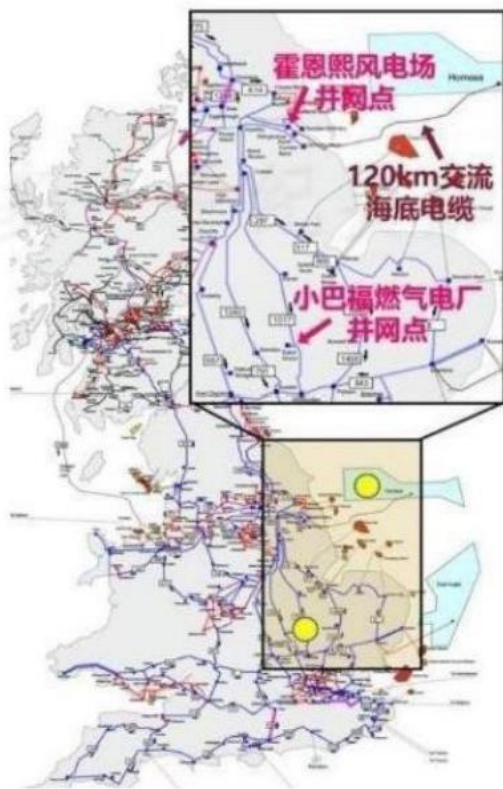


发电量结构



随着新能源比重提高、常规火电机组比重下降，系统整体转动惯量降低，新型电力电子设备应用比例大幅提升，极大地改变了传统电力系统的运行规律和特性，电力系统安全稳定运行挑战日益严峻。

英国大停电： 2019年8月9日，天然气发电厂故障后引发电网频率波动，造成海上风电连锁脱网事故，引发严重频率问题，导致英格兰及威尔士发生了大面积停电。



未来新能源+储能应用场景将更加广泛，包括利用“风光水火储”一体化模式支撑高比例新能源基地外送、建设系统友好型新能源电站、构建分布式供能系统促进分布式新能源就近消纳等，新能源的开发与储能结合将越来越紧密。

系统友好型新能源电站



支撑高比例新能源基地外送



述

物理储能

- 技术成熟
- 成本最低
- 使用规模最大

电化学储能

- 建设周期短
- 调节灵活
- 运行效率高
- 技术路线多元
- 应用范围广



物理储能

抽水蓄能
压缩空气储能
飞轮储能



电化学储能

锂离子电池
碳铅电池
液流电池
钠流电池



电磁储能

超级电容
超导储能



相变储能

熔融盐储热
高温相变储热



氢储能

抽水蓄能

- 目前技术最成熟、应用最广泛的能量型储能技术；
- 具有规模大、寿命长、运行费用低等优点；
- 建设周期较长，需要适宜的地理资源条件；
- 度电使用成本0.1元左右，度电成本最低

电化学储能

- 具有布置灵活、快速响应、功率和能量密度高等特点；
- 锂电池系统循环寿命约**8000**次，度电使用成本0.5-0.6元。

压缩空气储能

- 属于一种新兴的储能形式，在国内尚无大面积推广；
- 西北院负责的鲁能青海格尔木压缩空气储能项目，含税上网电价为**700元/MWh**
- 未来总体造价将下降10~20%，下降空间有限；

储热技术

- 主要有熔融盐储热技术和高温相变储热技术
- 熔融盐储热技术的主要优点是规模大
- 高温相变储热技术具有能量密度高、系统体积小、储热和释热温度基本恒定、成本低、寿命长等优点。



- 适用于大规模储能和长周期能量调节；
- 是实现电、气、交通等多类型能源互联的关键；
- 在国内，氢储能技术目前还处于示范应用阶段。

目
计



●非化石能源消费
比 重：约16%

●我国全社会用电
量
:7.5万亿千瓦时

●抽蓄装机：3179万
千瓦

●新型储能装机： 约
340万千瓦



●非化石能源消费比
重：需达到20% 以上

●我国全社会用电量
:预计将达到9.5~
9.8万亿千瓦时

●抽蓄装机：6200
万
千瓦

●新型储能装机：
3000~5000万千瓦



●非化石能源消费比
重：需达到25% 以上

●我国全社会用电量
:将超过11万亿千瓦
时

●抽蓄装机：1.2亿
千 瓦

●新型储能装机
1.5
亿千瓦

储能布局预测

- “十四五”期间，在西部新能源富集地区，布局电源侧新型储能，重点布局在内蒙古、新疆、青海、甘肃、四川、云南等区域；
- 在中东部负荷中心地区，以源网荷储模式布局一批电网侧和用户侧新型储能，重点布局在京津冀、长三角、粤港澳大湾区等区域；
- 在西藏、青海等地区结合分布式新能源将布局一批新型储能，重点解决独立供电问题。
- 今后，储能将作为独立市场主体参与辅助服务市场，探索建设共享储能。

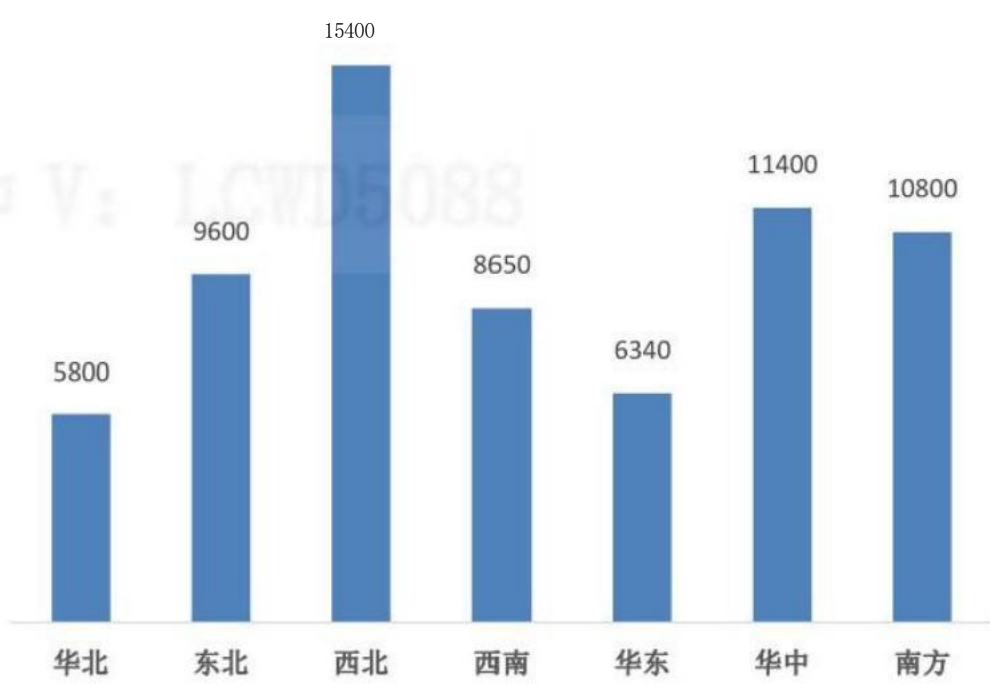
更多—抽水蓄能TD5088

“十二五”期间				
水电发展“十二五”规划设定 2020 年抽水蓄能电站总装机 7000 万千瓦的目标；国家批复了 22 个省（区、市）抽水蓄能电站选点规划。	国家发改委《关于促进抽水蓄能电站健康有序发展有关问题的意见》（2014）			
	国家能源局《水电发展“十三五”规划》（2016）			
	2025 年全国抽水蓄能电站总装机达约1亿千瓦，占全国电力总装机的比重达4%左右 要求各省（区、市）将本地区抽水蓄能电站发展规划纳入当地能源发展规划。	“十三五” 期间全国抽水蓄能开工规模 6000 万千瓦，装机规模 4000 万千瓦。	国家发改委、科技部、工信部、能源局《贯彻落实〈关于促进储能技术与产业发展的指导意见〉2019-2020年行动计划》（2019）	
			国家发改委、能源局《关于做好2020年能源安全保障工作的指导意见》（2020） 落实“六保”任务，提高电力系统灵活性和调节能力，2020年调峰机组达到最大发电负荷的10%； 积极推动抽水蓄能电站建设； 加快推进电力调峰等辅助服务市场化，鼓励多元化的社会资源投资储能建设。	
			要求推进抽水蓄能发展；明确 2025 水平年抽水蓄能规划调整推荐站点。	

抽水蓄能发展布局 目前，在建抽水蓄能电站总规模**5500** 万千瓦，约**60%** 分布在华东和华北。中长期，一方面将服务新能源大规模发展和电力外送需要，加大在“三北”地区抽水蓄能布局；另一方面，结合负荷中心调峰及系统安全稳定运行需求，中东部重点在河北、山东、浙江、安徽、河南、湖南、湖北、广东和广西等地区布局一批抽水蓄能项目。



“十四五”新增投产抽水蓄能布



单位：万千瓦

中长期重点实
施及储备项目
分布

抽水蓄能技术路线 推动700米及以上水头和单机容量40万千瓦级抽水蓄能机组实现国产自主化。**因地制宜**发展中小型抽水蓄能，开展小微型抽水蓄能技术与分布式发电结合研究。探索推进梯级水电站储能，依托常规水电站增建混合式抽水蓄能，推进示范项目建设并适时推广。

中小型抽水蓄能：一般指水库总库容1亿立方米以下且装机容量30万千瓦以下的抽水蓄能电站



北京密云小型抽水蓄能电

梯级电站储能：采用“常规水电+梯级储能泵站+新能源”三位一体的开发模式，围绕水电站建设能源调节枢纽，提高灵活调节能力。



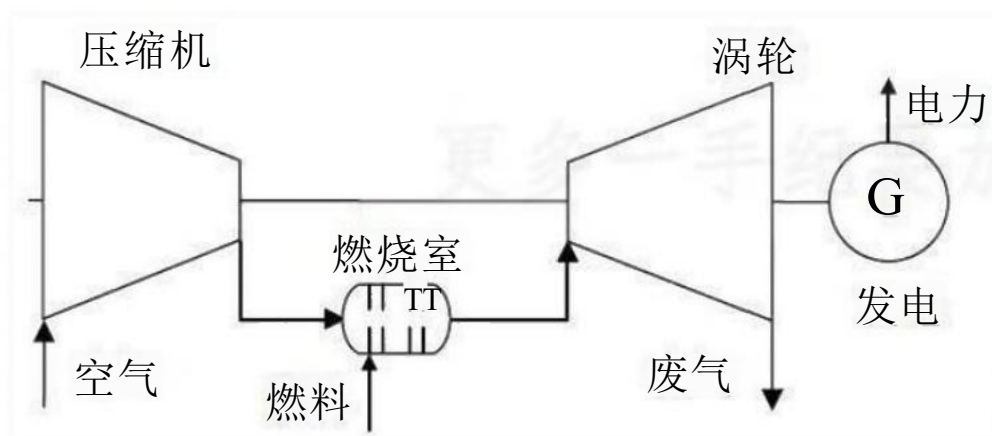
站

黄河上游龙羊峡电站梯级电站储能

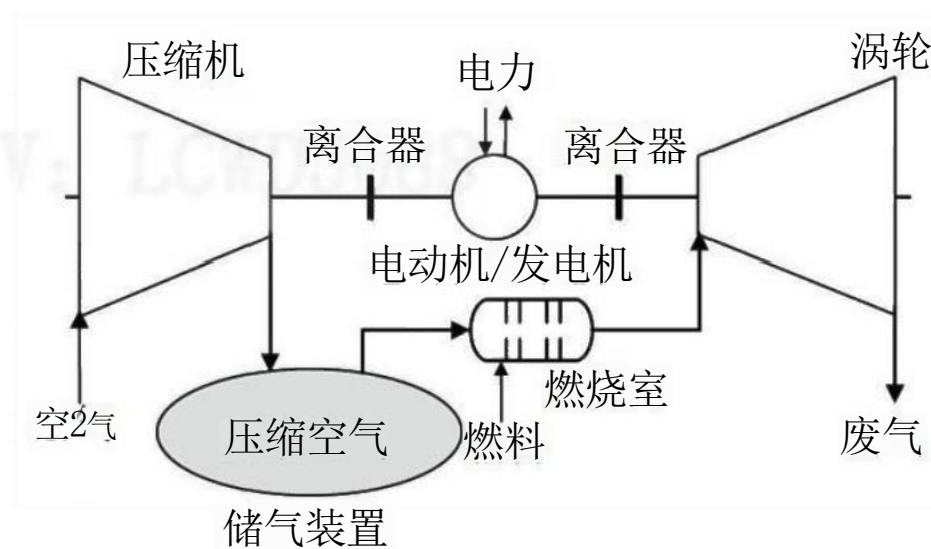
压缩空气储能

压缩空气储能（CAES）

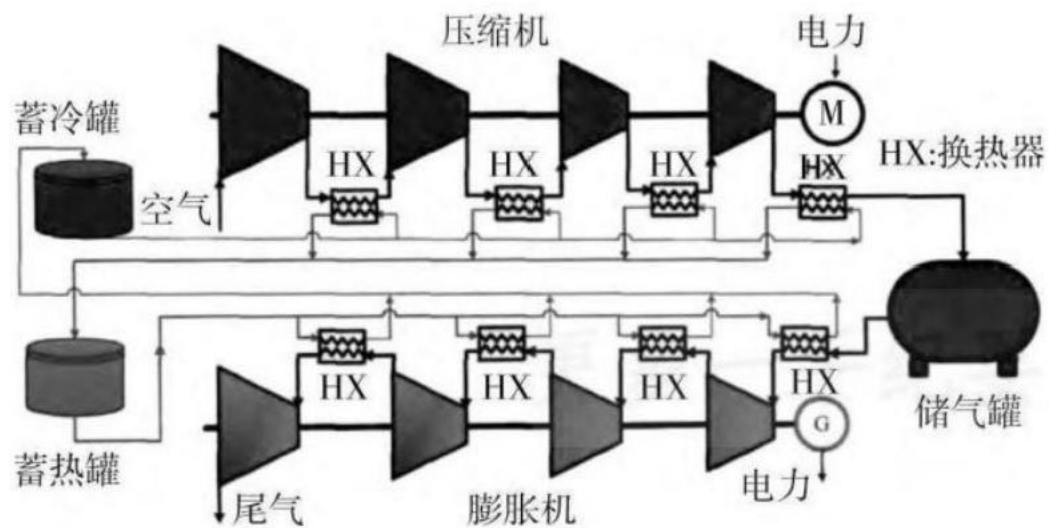
- 压缩空气储能系统是基于**燃气轮机技术**发展起来的一种能量存储系统。



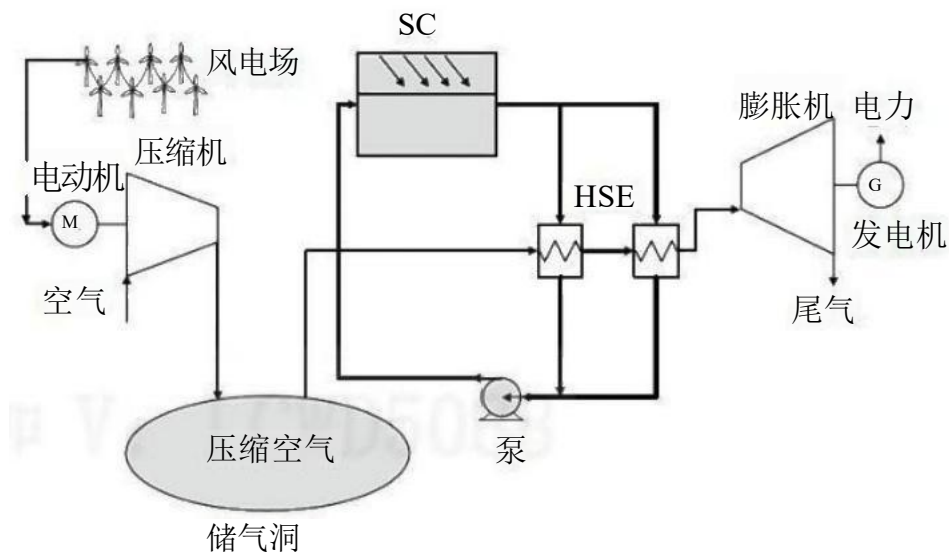
燃气轮机系统



CAES系统



非补燃式四级先进绝热CAES 系统



SC—太阳能集热器；HSE—储热-换热单元

太阳能补热式CAES 系统

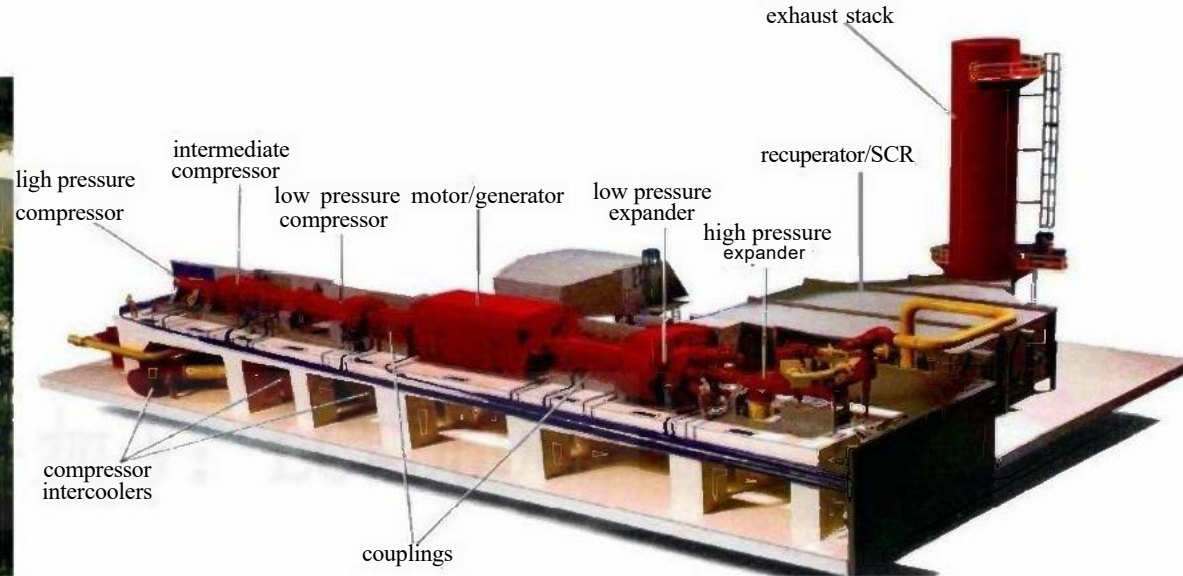
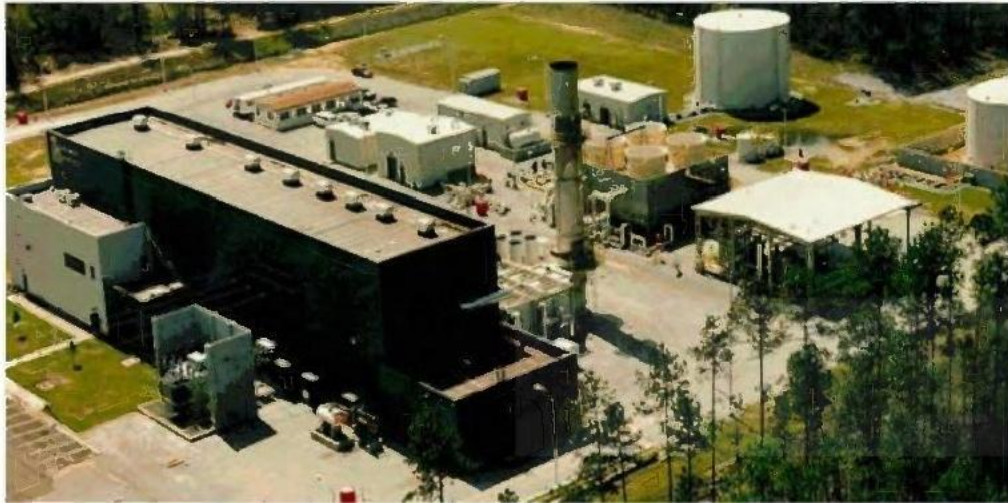
德国汉特福商业化压缩空气储能电



世界第一座压缩空气储能电站，1978年投入商业运行，，目前仍在运行中。机组的压缩机功率60MW，释能输出功率为290MW，系统将压缩空气存储在地下600m 的废弃矿洞中，矿洞总容积达31万m³，压缩空气的压力最高可达10MPa。机组可连续充气8h，连续发电2h。冷态启动至满负荷约需6min，在25%负荷时的热耗比满负荷高

211kJ，其排放量仅是同容量燃气轮机机组的1/3，但燃烧废气直接排入大气。该电站在1979-1991 年期间共启动并网5000多次，平均启动可靠性97.6%，平均可用率86.3%，容量系数平均为33.0%~46.9%。

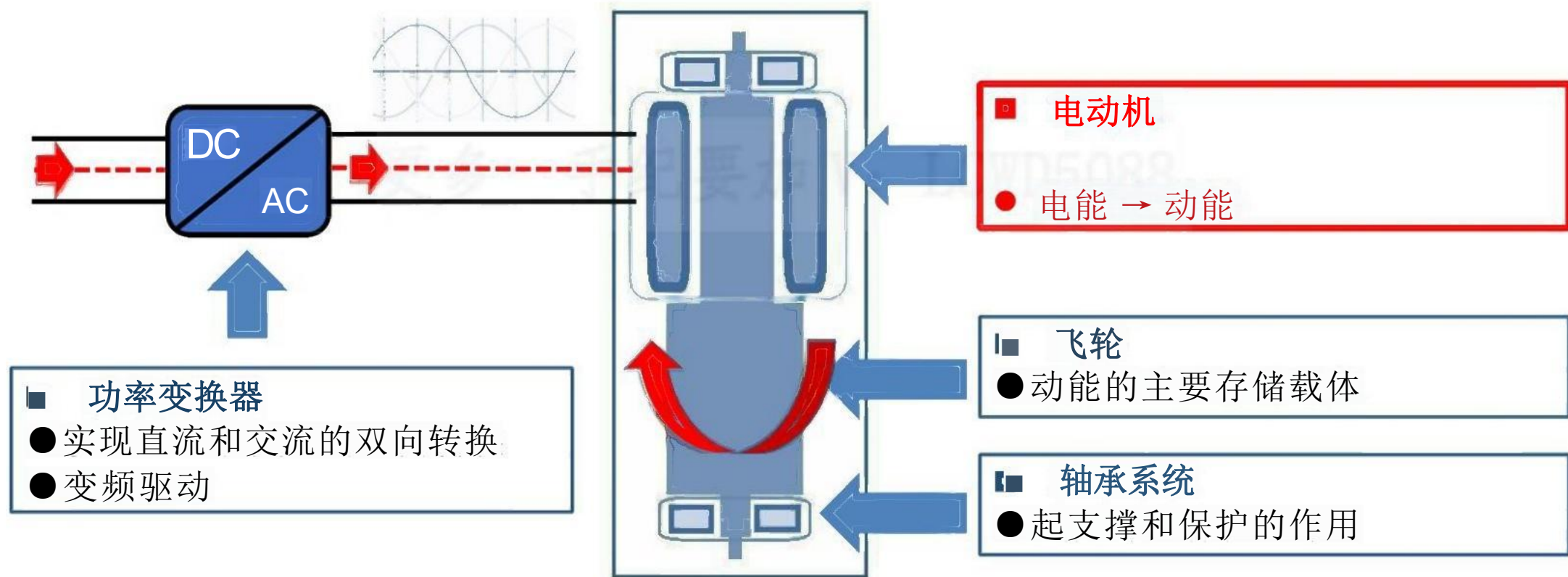
美国阿拉巴马商业化压缩空气储能电站



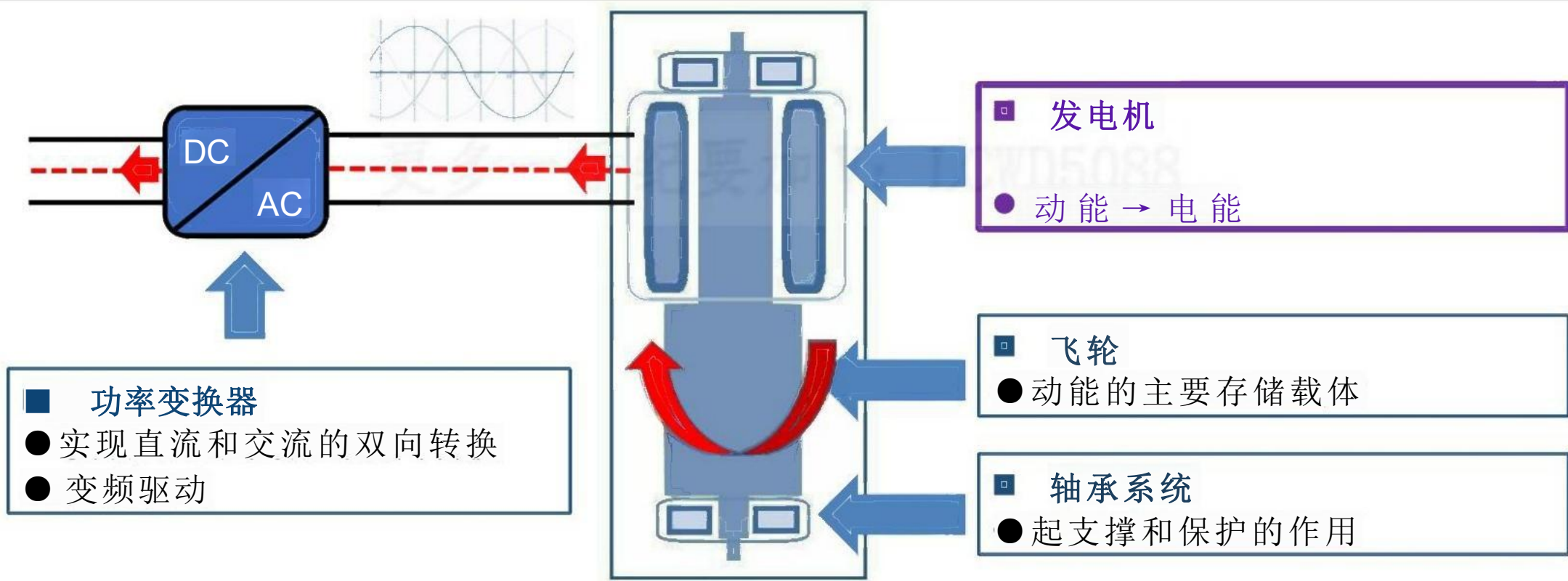
美国**Alabama**州的**McIntosh** 压缩空气储能电站，世界第二座压缩空气储能电站， 1991 年投入商业运行。其储气洞穴在地下450m， 总容积为56万m³， 压缩空气储气压力为7.5MPa。 该储能电站压缩机组功率为50MW， 发电功率为110MW， 可以实现连续41h空气压缩和26h发电， 机组从启动到满负荷约需9min。 该机组增加了回热器用以吸收余热， 以提高系统效率。该电站由**Alabama** 州电力公司的能源控制中心进行远距离自动控制。 1992年储能耗电46745 MWh， 净发电量39255 MWh。

更多——飞轮储能

■ **充电原理：** 电机工作在电动机状态，外部电能输入，驱动飞轮高速旋转，电能转换为动能储存



- **放电原理：** 电机工作在发电机状态，利用飞轮高速旋转的惯性带动转子旋转，通过发电机将飞轮存储的动能转换成电能输出



■ 飞轮储能公式:

$E = \frac{1}{2} J \omega^2$, 储能量与飞轮的质量成正比, 与角速度(转速)的平方成正比

飞轮储能的主要技术对比

- 轴承技术: 机械轴承 VS 磁轴承 VS 磁悬浮轴承
- 飞轮材料技术: 合金材料 VS 复合材料
- 应用技术: 功率型飞轮 VS 能量型飞轮



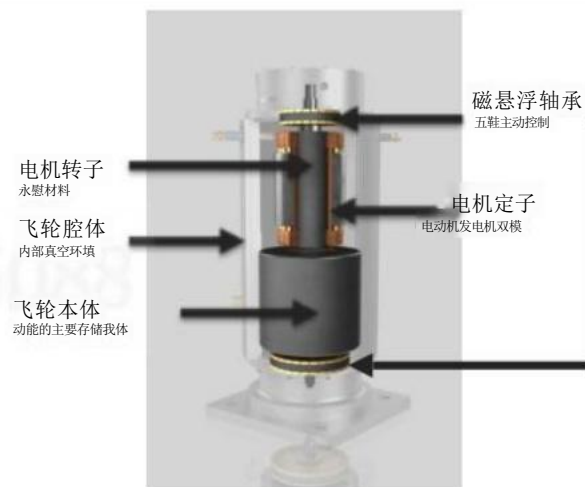
第一代

低速飞轮(3000转/分钟左右), 同轴方式运行, 体积大, 损耗大



第二代

机械轴承/磁力卸载机械轴承中速飞轮(10000转/分钟左右)、损耗大, 轴承使用寿命短



第三代

全磁悬浮高速飞轮(30000转/分钟左右), 能量密度高, 损耗小, 使用寿命长

- 国家电网公司《规模化风电机组调频性能关键技术研究与应用项目》科技项目
- 部署地点：国家能源集团山西龙源风力发电有限公司右玉老千山风电场
- 全国首个完成35 KV 并网试验的兆瓦级飞轮储能系统
- 全国首个飞轮+锂电池混合储能示范项目



更多一重力储能

根据重力储能的储能介质和落差实现路径的不同，本文将重力储能分为以下四类：新型抽水储能、基于构筑物高度差的重力储能、基于山体落差的重力储能和基于地下竖井的重力储能。

新型抽水储能

新型抽水储能是传统抽水蓄能的变种，虽然同样需要水来形成液位差，通过水泵/水轮机来实现充放电，但是不需要修建上下两个水库，占地面积大大减少。目前研究可分为海水抽水蓄能、海下储能系统和活塞水泵系统。

基于构筑物高度差的重力储能

固体重物可以利用构筑物高度差来进行重力储能。目前的研究主要有储能塔、支撑架、承重墙等结构。

基于山体落差的重力储能

可以利用山体落差和固体重物的提升来进行重力储能，相比人工构筑物结构更加稳定，承重能力更强。目前的研究主要有 ARES 轨道机车结构、MGES 缆车结构、绞盘机结构、直线电机结构和传送链结构等。

基于地下竖井的重力储能

苏格兰 Gravitricity 公司提出了一种使用废弃钻井平台，利用绞盘吊钻机进行储能的机构。葛洲坝中科储能技术公司2018年提出了利用废弃矿井和缆绳提升重物的方案，解决了废弃矿井长时间不使用的风险和浪费问题，也降低了重力储能系统的建设成本。

综合储能系统：重力势能储能还可与其他储能系统结合形成一种综合式的储能系统



图1 日本冲绳海水抽水蓄能电站



图2 德国水下储能 SIEnSea 储能系统

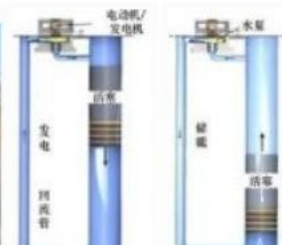


图3 活塞水泵储能系统示意图



图4 巴伐利亚兆瓦级示范工



图6 Energy Vault 概念图

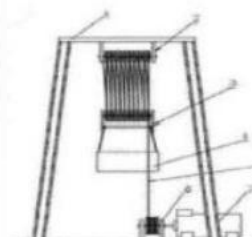


图7 滑轮组系统



图8 ARES 公司轨道车辆储能系统



图9 MGES 系统概念图



图10 天津大学斜坡轨道+码垛机系统

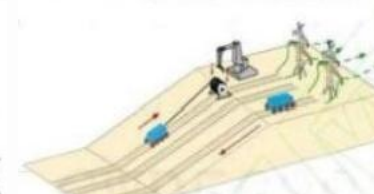


图12 Gravitricity 公司废弃钻井储能



多种新型重力势能储能技术对比

gi g	储能密度	功率	储能量	效率 (%)	寿命	响应时间	适用场合
海下储能		5MW	20MWh	65-70		*10	海洋空间
活塞水泵GPM	Lfi	40MW-1.6GW	1.6GWh-4GWh	75AD	3Dt	>10	城市中小功率储能
活塞水泵HHS/GBES		20MWh-2.75GW	1GWh-20GWh	g0	40+	>10	地质坚硬地区
储能塔Energy Vault	>1	BMW	35MWh	90		2,0	可灵活选址
斜坡机车ARES	>1	SOMW	12.5MWh	75~86	40+	秒钟级	山地地形
斜坡缆车MGES	>1	100kW	0.5MWh	75AD		秒钟级	山地地形
&TU @Gravitricity	>1	<40MW	1-20MWh	80~85	50+	秒钟级	&jTarp

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/215212033114011202>