



 **科陆**

火电机组储能联合调频应用介绍

深圳市科陆电子科技股份有限公司



目录



科陆简介



调频应用



项目案例

- 科陆电子是A股上市公司，主营业务涵盖新能源、智能电网、能源服务等多个领域，是我国领先的能源服务商
- 科陆电子是储能行业龙头企业，中国储能协会理事长单位，拥有国家能源局可再生能源规模化储能并网实验室



创新为魂，科技为本

国家高新技术企业



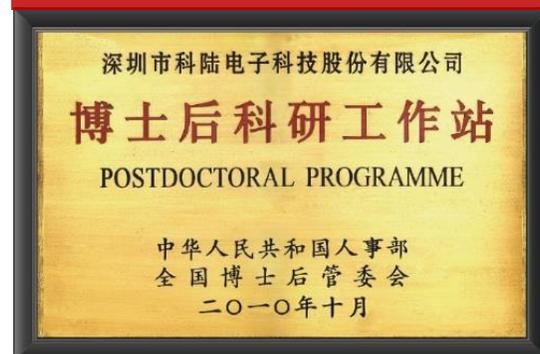
国家级企业技术中心



广东省科陆智能 电网院士工作站



博士后科研工作站



锂离子电池技术多元化布局，全球化协作开发背景

 <p>北京国能电池科技有限公司 Beijing National Battery Technology Co., Ltd.</p> <p>入股国能电池 (2015)</p> <p>磷酸铁锂、软包</p>	 <p>LG Chem 科陆 LG Chem - 科陆电子 - LG화학 - CLOU 전자 池在华 JV 投资项目签约仪式 지 중국 JV 프로젝트 체결식</p>	 <p>卡耐新能源</p> <p>控股卡耐电池 (2017)</p> <p>三元、软包，参与所有新国标起草的电池企业</p>
	 <p>与LG化学成立合资公司 (2016)</p> <p>成立中国唯一PACK合资公司</p>	

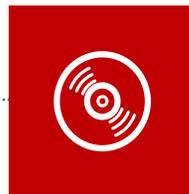
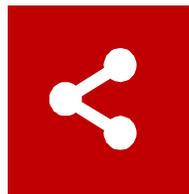
深刻理解各区域电力调频市场，火电储能联合调频经验丰富

- 投运及在建储能调频项目10个，规模达129MW，国内领先
- 山西同达储能调频系统成功投运，具有先进的储能调频技术、稳定可靠的产品和丰富的运行数据
- 平朔电厂、上都电厂、新丰电厂、兴和电厂等9个储能调频项目在建，具有成熟的项目运作和建设经验



系统高安全性设计，稳定可靠，调节效果好

采用结构稳定的磷酸铁锂电芯，受热不易分解，不会产生助燃气体



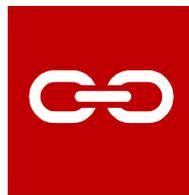
全淹没式七氟丙烷灭火报警系统

电池管理系统采用主动均衡技术，电池一致性好，热失控概率低



未发生任何安全事故，系统安全、稳定、可靠

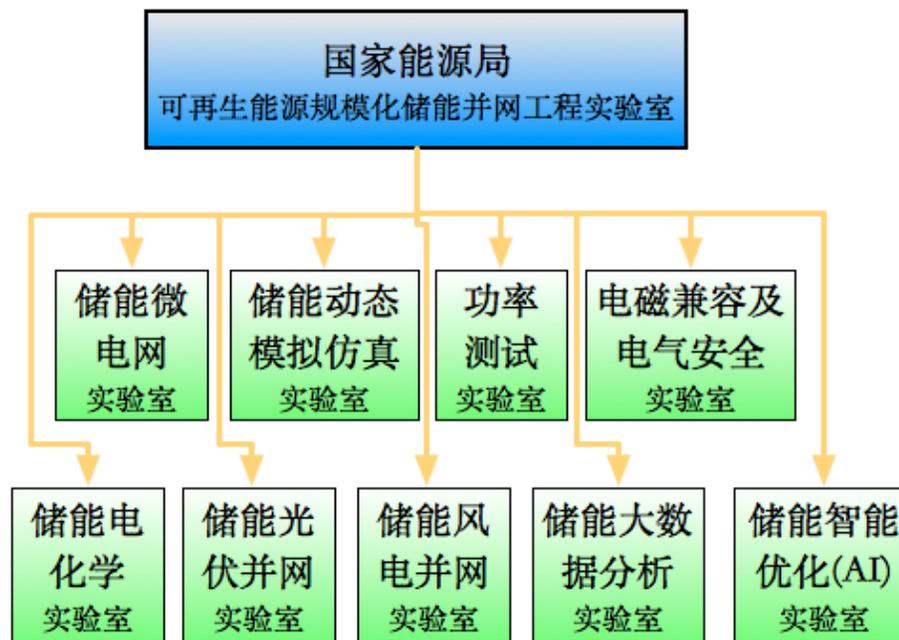
采用分区温控、多重电气保护机制



结合区域电网特点优化调频控制策略，调频性能与深度提升明显

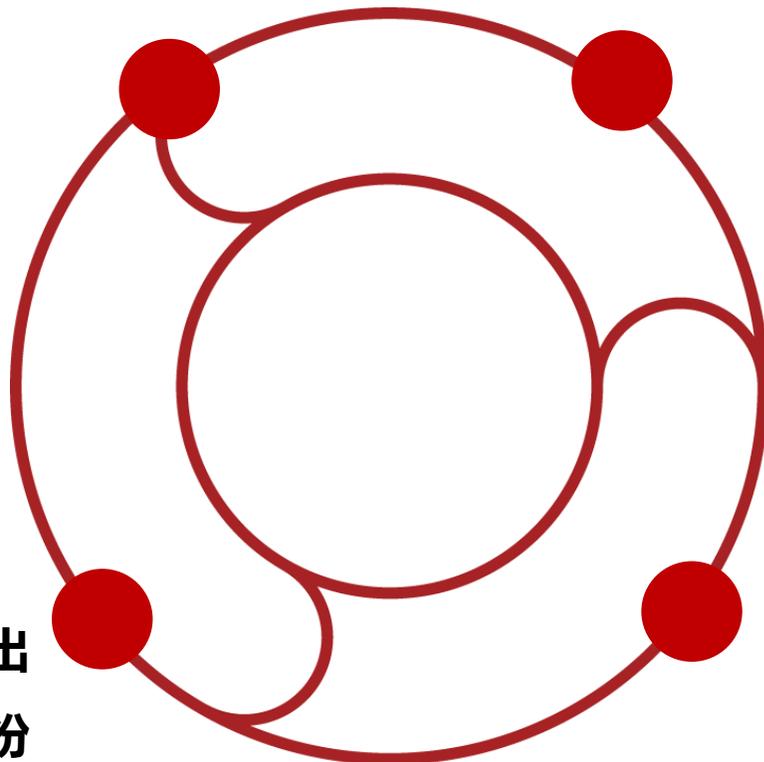
国家能源局可再生能源规模化储能并网实验室

- 拥有实验室专家团队持续专注于研究电池储能及电力调频技术，保障科陆储能系统先进、可靠、稳定
- 拥有电池模组、电池管理系统、储能双向变流器、控制系统等方面的专利，采用独立自主技术
- 科陆储能调频系统经过实验室专业化测试，安全、性能有保障



科陆具有完整的储能产业链，合作模式成熟无风险

具有电池、电池管理系统、变流器、系统集成、控制系统、工程服务、电站运营等储能全产业链



储能系统及储能部件、电池管理系统、控制系统等均为科陆自主研发生产，产品工艺、质量及服务有保障

避免在项目建设和后期运维过程中出现问题时，各供应商之间的界面纠纷

储能调频项目采用合同能源管理模式，经项目验证商业模式成熟无风险

高端制造水平，全自动化电池PACK厂线

- 采用全球领先的全自动化电池PACK厂线，提高生产效率，保证生产质量
- 国内生产基地：深圳龙岗、广东顺德、成都、苏州、南昌、分宜、丰城、南京、无锡
- 科陆丰城锂电基地将成为所有区域规模最大的工业园



科陆大厦



深圳龙岗工业园



南昌工业园



苏州工业园



成都工业园

国家政策支持AGC调频市场，并鼓励储能参与电网AGC调频

- 山西、山东、广东、华北等省份地区陆续发布实施本省电力辅助服务市场运营规则
- 在发电侧建设的电储能设施，可与机组联合参与调峰调频，或作为独立主体参与辅助服务市场交易

文号	政策
华北电监市场[2008]112号	华北区域并网发电厂辅助服务管理实施细则
国能监管[2016]164号	关于促进电储能参与“三北”地区电力辅助服务补偿（市场）机制试点工作的通知
国能发监管[2017]67号	关于印发《完善电力辅助服务补偿（市场）机制工作方案》的通知
发改能源[2017]1701号	关于促进储能技术与产业发展的指导意见
晋政办发[2017]105号	关于转发山西能监办山西省电力辅助服务市场化建设试点方案的通知
南方监能市场[2018]272号	关于印发《广东调频辅助服务市场交易规则（试行）》的通知



电网负荷波动大

我国电力资源和区域经济分布不均衡，电网负荷波动大



优质调频电源稀缺

电源结构以火电为主，优质调频电源稀缺，供热机组比重加大，频率控制难度升高



机组磨损、煤耗、环保、安全问题

频繁快速调节会增加燃煤机组磨损和发电煤耗，环保参数控制困难，危及机组自身及电网安全



新能源并网冲击

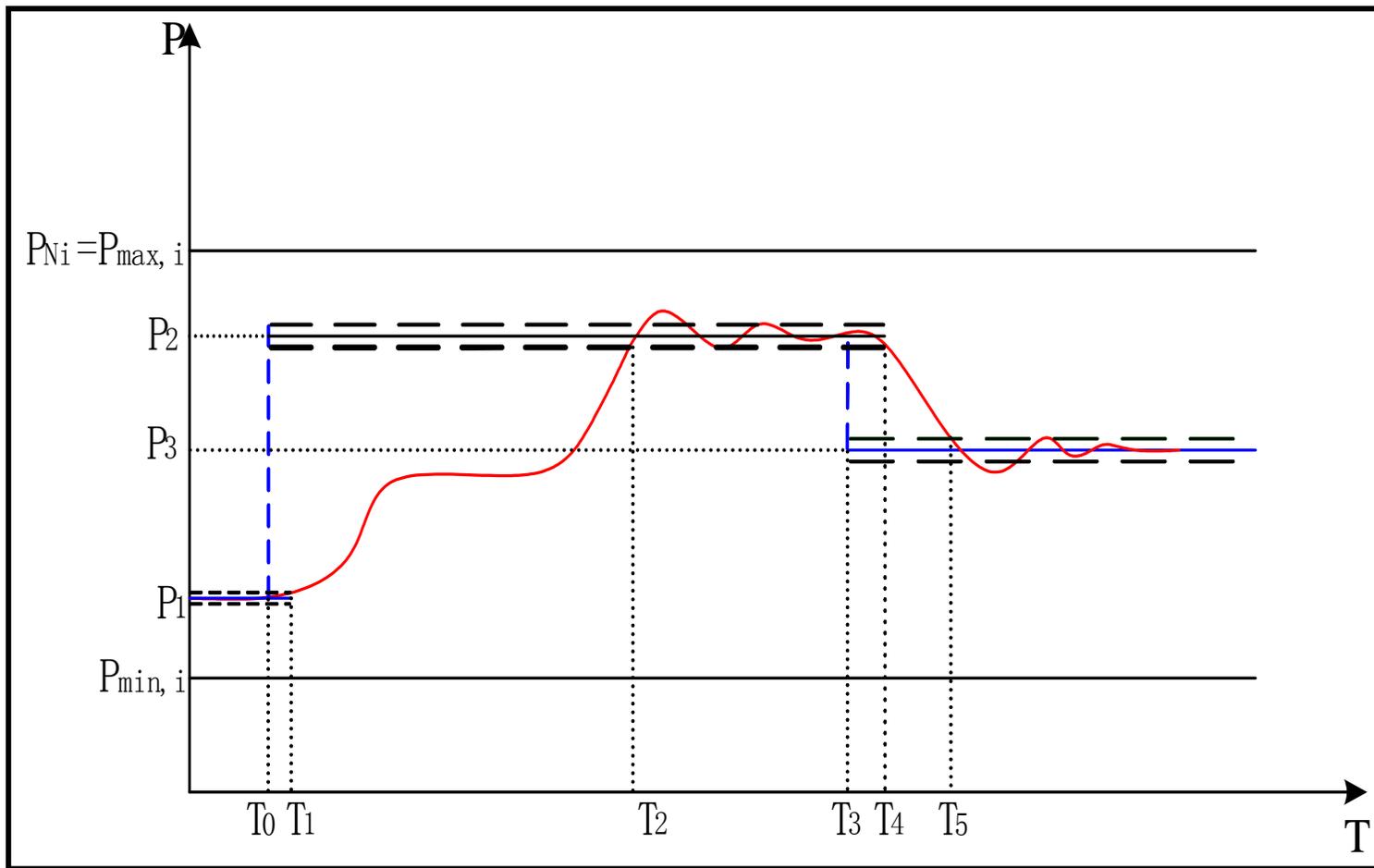
风电、光伏等新能源持续增长，其具有随机性、间歇性和不稳定性，新能源大规模并网对电网安全稳定运行造成冲击，电网调频需求大幅增加



储能调频效果显著

储能具有快速、精确调节特点，调频效果是传统燃煤机组的20倍以上，对电网频率控制和安全稳定运行具有重要意义，提高新能源消纳水平



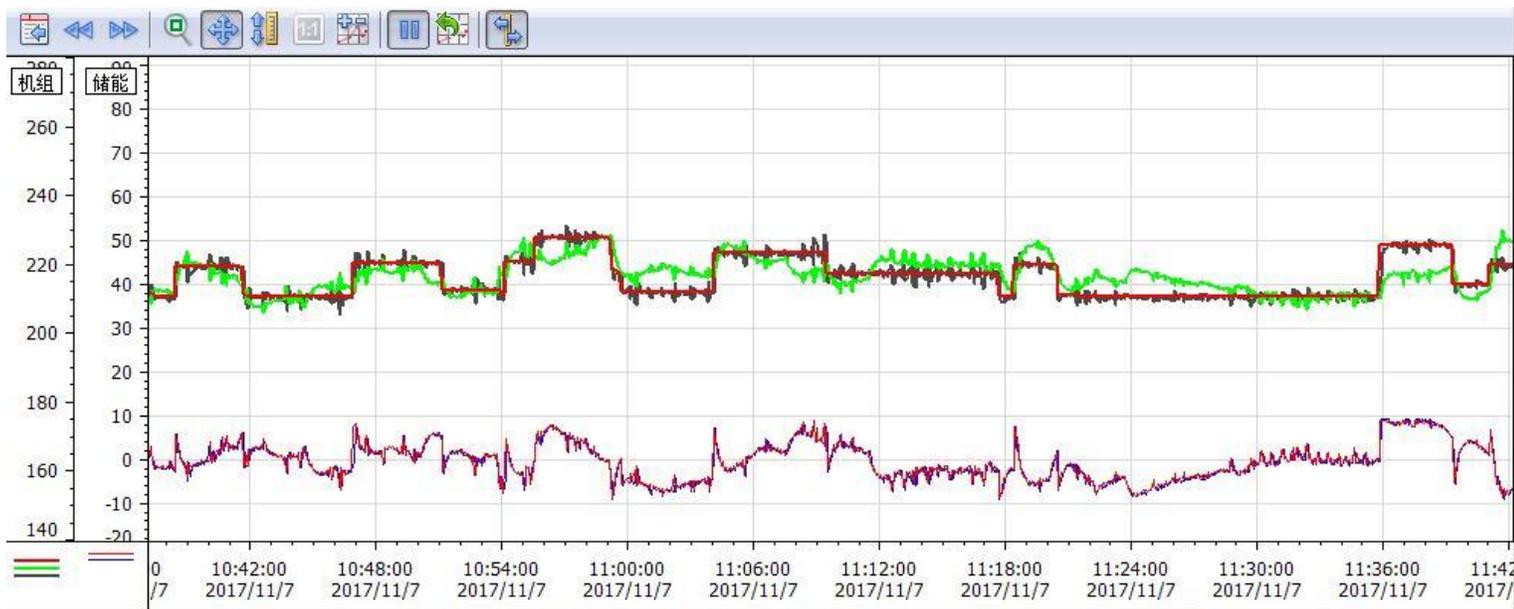


- 初始时刻：T0、P1、P2
- T1时刻出P1死区
- 响应延迟：T0~T1区间
- T2时刻进P2死区
- 调节速率：T1~T2区间
- 调节精度：T2后
- 下一次调节：T3、P3
- 调节深度：T0~T3区间

项目	公式	参数	储能作用
AGC调频性能指标 K_p	$K_p = K_1 \times K_2 \times K_3$	K_1 ：调节速率，最大为2	大幅提高调频性能指标 K_p 值，增加收益
		K_2 ：调节精度，最大为2	
		K_3 ：响应时间，最大为2	
AGC日补偿费用/电量	山西（费用）： $D * K_p * Y_{AGC}$	D ：调节深度（一天），单位MW	大幅提高调节深度 D 值，增加收益
	华北（费用）： $D * (\ln K_p + 1) * Y_{AGC}$	Y_{AGC} ：山西补偿标准，5-10元/MW； 华北补偿标准，5元/MW； 蒙西补偿系数，火电机组取0.02小时	
	蒙西（电量）： $D * K_p * Y_{AGC}$	\ln ：取自然对数	

项目	公式	参数	储能作用
综合调频性能指标K	$K = 0.25 \times (2 \times K_1 + K_2 + K_3)$	K_1 : 调节速率, 最大为5	大幅提高调频性能指标K值, 增加收益
		K_2 : 响应时间, 最大为1	
		K_3 : 调节精度, 最大为1	
AGC交易周期补偿费用	调频里程补偿 : $D \times P \times K$	D : 调频里程 (交易周期内)	大幅提高调频里程D值, 增加收益
		P : 里程结算价格, 元/MW	
	AGC容量补偿 : $C \times T \times p$	C : AGC容量	
		T : 调频服务时长	
		p : AGC容量补偿标准	

储能能够显著改善机组AGC调节性能



■ AGC指令 ■ 机组功率 ■ 储能功率 ■ 机组+储能

无储能情况下，发电机组通过自身调节去跟踪调度中心给出的AGC指令，存在反向出力、调节延迟、爬坡速率慢、出力偏差大等问题。

储能系统联合发电机组参与AGC调频，储能通过跟踪AGC指令与机组出力，自动补偿机组出力偏差，实现整体快速精确调节，响应时间短，调节速率快，调节精度高。



科陆提供具有稳定运行经验的先进安全体系智慧储能调频系统

联合调频原理

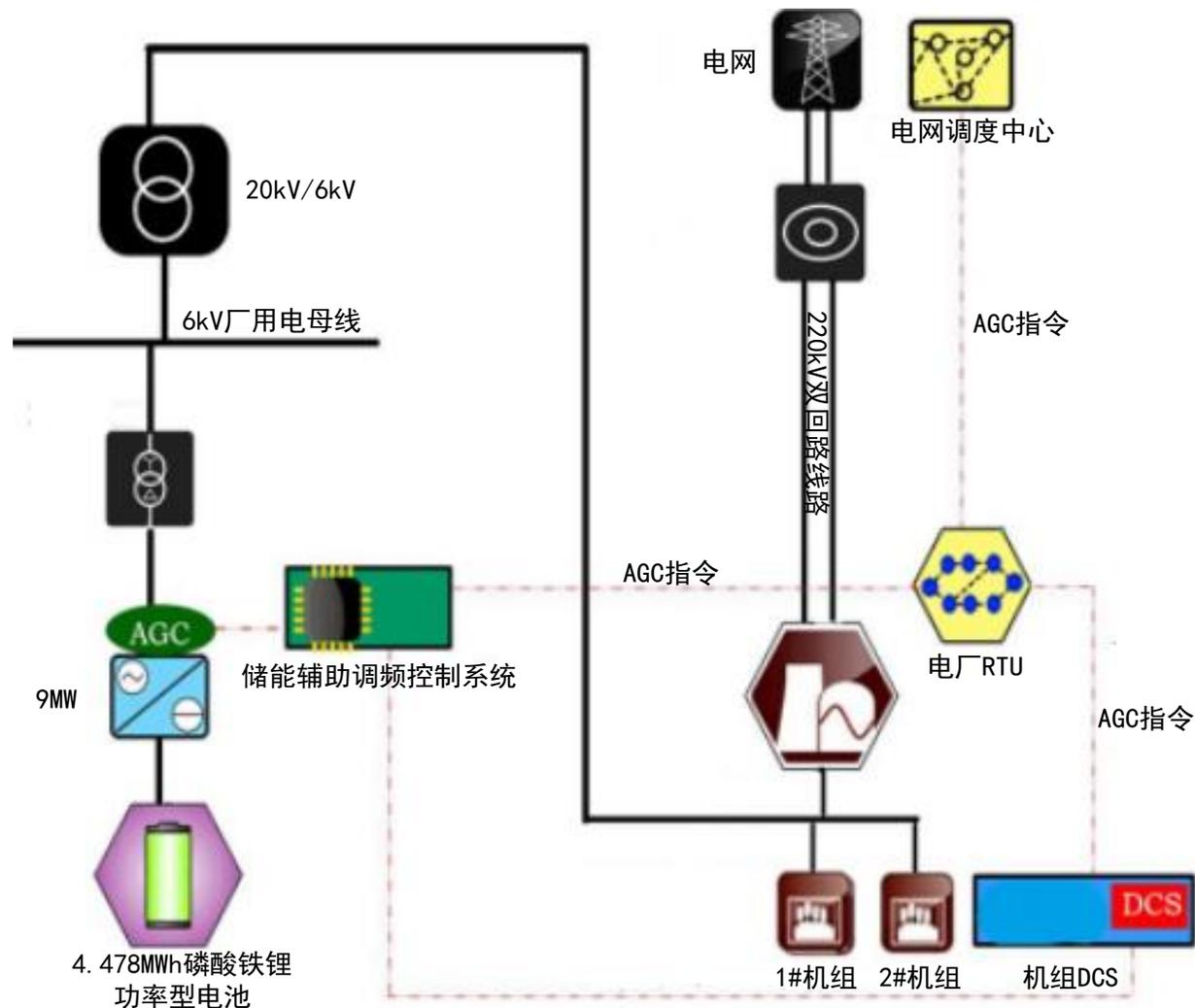
- 利用电池储能系统快速、精确响应的特点
- 辅助发电机组进行AGC方式下的负荷调整
- 提高发电机组的调节性能
- 不对机组自身的调节带来扰动

联合调频控制原理

- 电网调度发送AGC指令给到电厂RTU
- 储能主控单元和发电机组DCS接收RTU转发AGC指令
- 发电机组按常规流程响应AGC指令
- 储能主控单元根据AGC指令和机组并行运行状态信号，控制储能系统自动补偿机组出力偏差

联合调频价值

- 提升电厂AGC调频性能(Kp)，获得更多补偿
- 减少机组设备磨损，延长设备寿命
- 减少机组频繁变化处理，降低煤耗
- 提升机组整体的AGC调频能力，改善机组运行的可靠性和安全性



模块化设计，集成度高，实施简便，项目建设不影响电厂正常生产

整套储能设备及控制系统由科陆自主研发生产，具有完整知识产权

电池集装箱

储能电池单元
接入中压变流箱



中压变流箱

功率变换、升压变
接入高压环网箱



高压环网箱

系统电气一次接入
接入高厂变低压侧



集控集装箱

主控单元，RTU、DCS
连接，接入380V厂用电



功能	描述
实时通信	电厂系统
	储能PCS、储能BMS、保护测控装置、计量装置
能量管理	响应AGC指令，控制储能出力
	储能功率分配，响应总出力并实现SOC均衡
数据储存	对实时数据进行处理，保存最新数据
	对事件告警、历史数据进行存储，数据掉电保存
人机交互	就地实现各设备的监控、系统参数设置等功能



实施方案简便，储能系统通过高厂变接入，建设周期约90天

现场建设主要包括土建、电气改造、热工改造、远动改造和系统调试

建设特点：

- 1.电气改造工程量小，在机组检修期间便可完成，不影响机组运行计划**
- 2.不影响机组DCS逻辑，不会影响机组运行**
- 3.整体改造方案已获得电网认可，具备运行经验**

场地要求：

100平米/MW，靠近高厂变，无管网、高压线



科陆电池系统高安全性设计，不会造成电厂安全事故



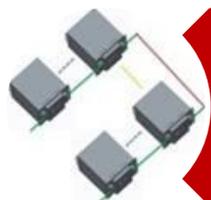
采用磷酸铁锂电池作为能量储存单元，其特点是热失控温度高。周边设备起火的情况下不易引起链式反应，有充足的处理时间。



电池箱内设计有功能完善的BMS(电池管理系统)监控每一节单体电池的温度、电压、电流、SOC。并根据其状态合理的分配功率至每一组电池，当到达保护定值时切除该组电池单元。

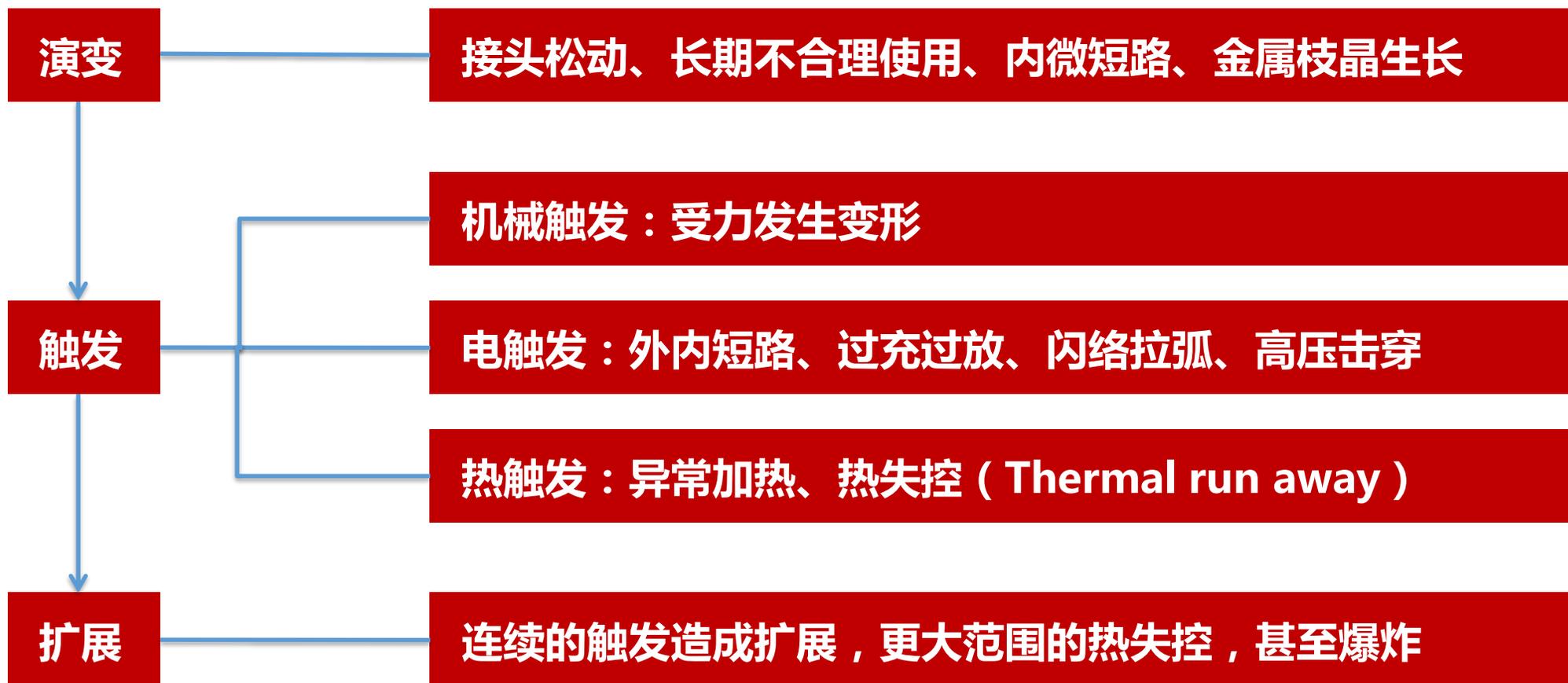


电池系统设计了合理的分区温控，冷热风隔离来实现储能箱内的冷热温度控制，电池箱内按温度场分布实行4、5簇一堆，箱内分为四个独立的温控单元。



电池箱内配置了七氟丙烷灭火系统作为应对火灾的最后手段。

化学电池的安全性机理



体系的安全性选择

三元体系

三元锂电池的工作温度上升至 200°C 左右时，内部的材料就会分解，并会释放氧气，一旦燃烧，有可能出现连锁爆炸的现象

磷酸铁锂体系

磷酸铁锂电池则需要温度达到 $700\sim 800^{\circ}\text{C}$ 时，才会出现正极材料分解的现象，而且需要吸收外界氧气才能燃烧。

- 工信部：“暂定三元锂电池客车列入新能源汽车推广应用推荐车型目录”的决定：

由于我国三元材料研发起步晚，用于客车的安全性开发和验证还不够。目前国家正在考虑进一步提高新能源汽车产品安全技术门槛，组织开展对三元锂电池客车等车型在现行安全标准体系下的风险评估。在评估完成前，暂停三元锂电池客车列入新能源汽车推广应用推荐车型目录。

化学电池的耐用性比较

振动、撞击测试、强制放电、温度循环、低压/高海拔测试

热冲击、短路、碰撞挤压等15种

系统的可靠性体系

并网冲击控制、并网电能质量、功率响应速度、并网谐振抑制、故障保护

过充保护、过放保护、过温保护、过流保护、多级告警、不同功能状态告警

系统安全性、可靠性

- 化学电池的安全性机理
- 体系的安全性选择
- 化学电池的耐用性比较
- 系统的可靠性体系
- 电厂环境安全第一，可验证的安全性经验

系统功能匹配性

- 电厂外挂储能特性要求
- 系统高强度电能吞吐能力的计算匹配
- 防止功率裕度失衡
- 系统的时间响应能力、去极化能力

自动化、智慧管理

- 自主电池管理能力，电池自主标定、主动均衡
- 自主电网功率平衡，自适应一次调频能力
- 无人值守，电池云平台系统健康度分析

寿命与性价比

- 单位调节成本
- 连续调节特性
- 耐热冲击能力，耐压耐流能力
- 循环次数
- 环境条件范围

项目概况：

- 地点：山西大同
- 时间：2017
- 占地：900 m²
- 建设期：在运

项目意义：

- 提高机组AGC性能，Kp全网最高
- 增加AGC补偿收益，回报周期短
- 减少机组磨损，提高燃煤利用率





项目概况：

- 地点：山西朔州
- 时间：2017
- 占地：900m²
- 建设期：调试

系统组成：

- 电池集装箱：5个
- 中压变流箱：5个
- 高压环网箱：1个
- 集控集装箱：1个





- 项目概况：
- 地点：内蒙古锡林郭勒盟正蓝旗
 - 时间：2017
 - 占地：1600m²
 - 建设期：试运行



- 系统组成：
- 电池集装箱：9个
 - 中压变流箱：9个
 - 高压环网箱：2个
 - 集控集装箱：1个



- 系统组成：**
- 电池集装箱：5个
 - 中压变流箱：5个
 - 高压环网箱：1个
 - 集控集装箱：1个

- 项目概况：**
- 地点：内蒙古丰镇市巨宝庄镇
 - 时间：2018
 - 占地：900m²
 - 建设期：试运行



兴和
电厂

宣化
电厂

海丰
电厂

云河
电厂

准大
电厂

河源
电厂

兴和电厂 内蒙古乌兰察布市，两台30万机组，9MW/4.478MWh科陆储能调频系统，共12个集装箱

宣化电厂 河北省张家口市，两台33万机组，9MW/4.478MWh科陆储能调频系统，共12个集装箱

海丰电厂 广东省汕尾市，两台100万机组，30MW/ 14.93MWh科陆储能调频系统，共33个集装箱

云河电厂 广东省云浮市，两台30万机组，9MW/4.478MWh科陆储能调频系统，共12个集装箱

准大电厂 内蒙古准格尔旗，两台30万机组，9MW/4.478MWh科陆储能调频系统，共12个集装箱

河源电厂 广东省河源市，两台60万机组，18MW/8.957MWh科陆储能调频系统，共21个集装箱

序号	目的	所需资料
1	收益测算	DCS导出AGC指令与机组出力数据，按1s间隔取值，全天24h，csv格式，每月选取两个典型日（机组投R模式）
2		综合调频性能指标K值及归一化K值、调频里程D值、出清价格、里程补偿和容量补偿，以上选取与AGC指令信息相同运行日，并提供电厂全年AGC补偿与AGC考核费用
3	技术方案	布局图：安装、布线、接入区域平面布局图和地下管线图，提供CAD图纸及场地描述
4		电气图：电厂主接线图、机组高厂变一次系统图，提供CAD图纸
5		二次图：RTU、DCS、AGC接口图纸，提供CAD图纸或说明书
6		数据：高压厂用负荷计算表；满负荷状态下，各段6kV/10kV厂用母线电流实际运行最大值；6kV/10kV短路电流计算表；电气一次设备台账（发电机组、主变、高厂变）
7	其他资料	电厂介绍，装机情况、机组年平均负荷、年利用小时数、年运行小时数、年发电量、调节速率、响应延迟、调节误差、厂用电率均值、调频范围、煤种及热值、供电煤耗等
8		上网电价，电厂运行规程，一年启停机及重大操作一览表，参与调频市场信息截图



科陆

打造世界级能源服务商

感谢聆听！