



中国能源建设集团浙江省电力设计院有限公司
CHINA ENERGY ENGINEERING GROUP ZHEJIANG ELECTRIC
POWER DESIGN INSTITUTE CO.,LTD.

大型储能电站设计案例和 关键要素

2021年5月 杭州



目录

01

储能发展前景

02

储能电站案例

03

储能安全性问题

03

工程设计要点



01

储能发展背景

能源革命需求

“四个革命，一个合作”

2030碳达峰、2060碳中和

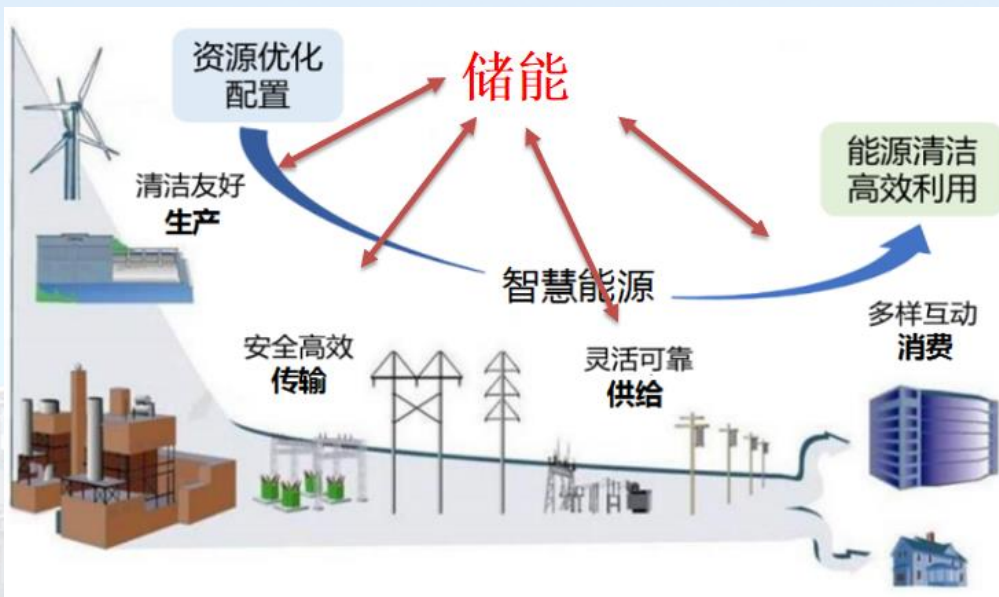
国家能源战略：构建以新能源为主体的新型电力体系

未来能源低碳化、清洁化、智能化的基础

能源变革和能源结构调整的关键要素

未来能源发展方向





储能新型电力系统作用

- 新型电力体系特点：高比例、高弹性、数字化
- 电力系统中引入时间、空间因子要素，将改变电能生产、输送和消费同步完成的模式
- 实现电能潮流双向流动和电网更具柔性，提高能源利用效率
- 储能——电力系统第五大要素

01 用户侧的峰谷差套利模式

02 可再生能源+储能互补模式

03 微网侧的系统调节服务

04 电网侧的调峰服务

05 AGC调频服务

06 售电公司的电量偏差对冲服务

07 替代重要部分和设施的应急备用电源

08 紧急频率支撑

09 燃储互补黑启动模式（燃机冷启动）

10 与电厂构建“基荷-辅助服务”互补系统



02

储能电站案例

储能设计案例

用户侧储能

- 长丰纸业储能电站，采用5MW/40MWh铅碳电池系统，10KV接入用户配电网，共置24960节电池，20台250kWPCS。
- 双层集装箱安装，包括40个电池集装箱，2个PCS集装箱和1个集控箱。

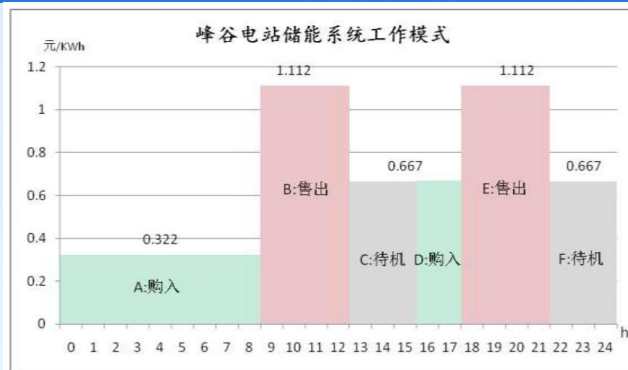
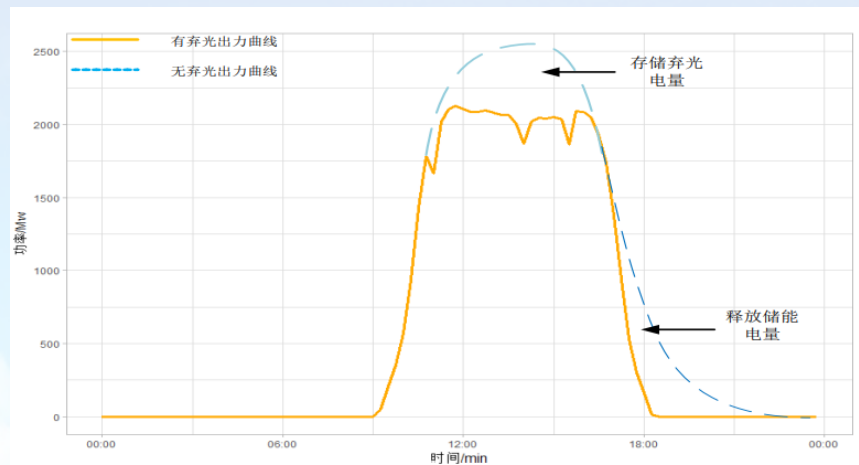


图 1-1 峰谷电站系统工作模式



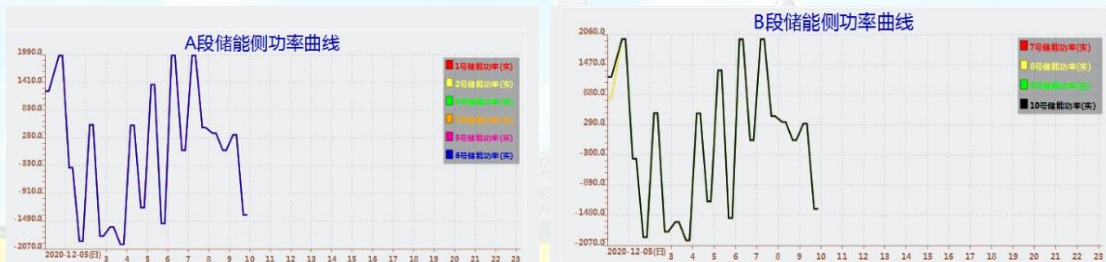
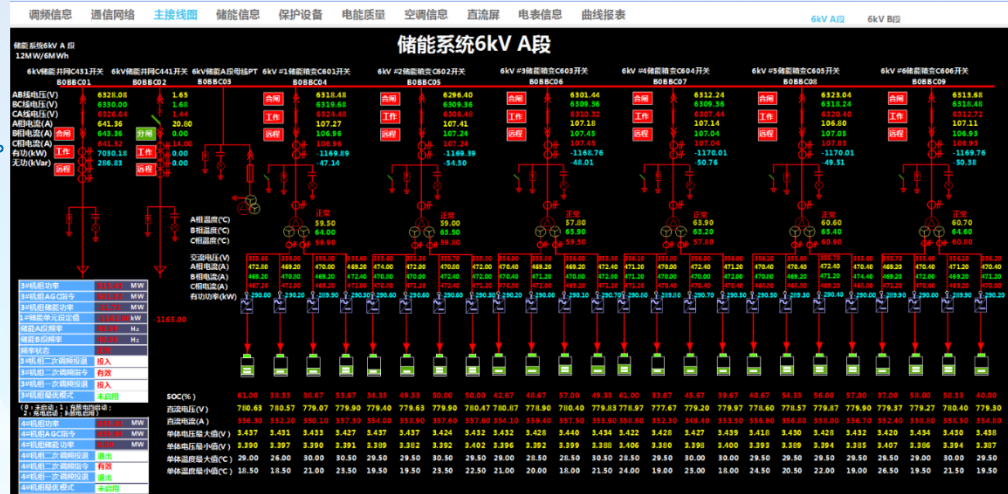
共享储能

- 格尔木美满闵行储能电站，国内首个市场化运营电网侧共享储能电站，位于海西110千伏白杨变，利用电力仓库改建。
- 一期采用32MW/64MWh的磷酸铁锂电池。接受省调调度和青海省大数据中心的撮合交易，通过共享方式为光伏企业提供调峰辅助服务，增加光伏消纳和送出。



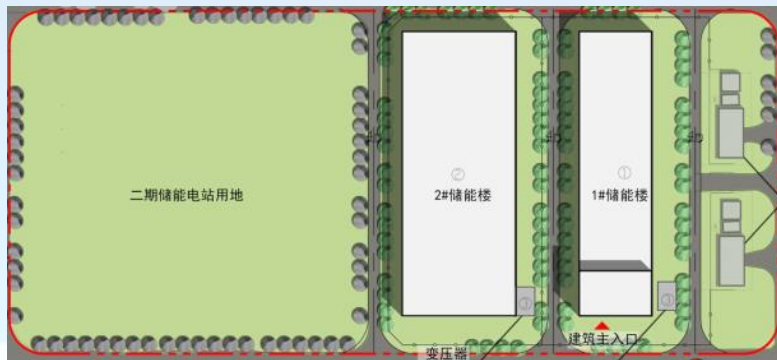
火储联合调频储能

-
- A wide-angle photograph of a large industrial facility, possibly a power plant or refinery. The facility consists of several large, white, rectangular storage tanks or silos arranged in rows, and a central processing unit with a flat roof. The entire complex is enclosed by a low wall. In the foreground, there is a grassy field with some utility poles and wires. The background shows a line of trees and hills under a clear sky.



独立集中式储能

- 利用电厂退役机组场地、既有线路和设施，建设一座独立电化学储能电站，规模100MW/200MWh。
- 负荷中心的“抽水蓄能”电站。
- 参与发电辅助服务市场，主要为电网提供调峰、调频、调相、备用和需求侧响应等多种电力辅助服务。
- 快速灵活的调峰特性，特别适合浙江电网午间2小时的短时调峰的需求。
- 毫秒级频率响应能力，直流故障的紧急频率支撑



机组类型	发电设备爬坡能力/(%·min ⁻¹)	电网的短时爬坡能力需求/(MW·min ⁻¹)	相应发电设备总功率需求/MW	储能功率/MW	储能对传统电源的替代效果
水电机组	30	10	33.33	20	1.67
燃气机组	20	10	50.00	20	2.50
燃煤机组	2	10	500.00	20	25.00

数据来源：美国西北太平洋国家实验室，加利福尼亚州电力市场调频研究

浙江省第三方独立主体参与电力辅助服务市场交易规则（试行）

（征求意见稿）

第一章 总则

第一条【目的】为贯彻落实“四个革命、一个合作”能源安全新战略，充分利用多能融合高弹性电网推进“源网荷储”一体化，按照“谁受益、谁承担”的原则，充分挖掘包括储能装置、电动汽车（充电桩）、负荷侧调节资源、负荷聚合商、虚拟电厂、抽水蓄能电站等第三方独立主体参与提供电力辅助服务，提升浙江电网安全稳定运行水平，促进风电、光伏、核电等清洁能源消纳，制定本规则。

第二条【编制依据】本规则依据《中共中央 国务院关于进一步深化电力体制改革的若干意见》（中发〔2015〕9号）及其相关配套文件、《完善电力辅助服务补偿（市场）机制工作方案》（国能发监管〔2017〕67号）、《国家发展改革委国家能源局关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》（发改能源规〔2021〕280号）、《电力中长期交易基本规则》（发改能源规〔2020〕889号）、《华东区域并网发电厂辅助服务管理实施细则》、《华东区域发电厂并网运行管理实施细则》（华东监管市场〔2020〕147号）（以下简称“华东区域”两个细则”）等精神，以及国家相关法律、法规制

-1-





03

储能安全性问题



案例1：北京市某光储充一体化电站发生爆炸



案例2：江苏某储能电站调试时正负极不小心短接，电池簇未设置熔断器，引发全站事故

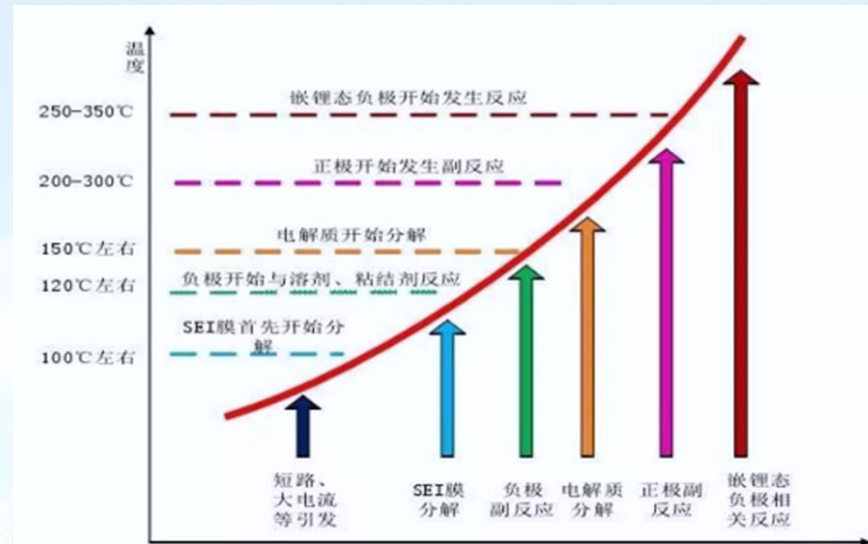


案例3：山西某储能电站汇流柜内电路设置不合理，接触件老化引起短路，引发事故

安全

热失控原理机制

- ❑ 锂电池热失控主要因素：外部短路、外部高温和内部短路。
- ❑ 热失控过程：防爆膜破裂-电解液喷出-燃烧
- ❑ 热失控过程产生大量 CO、SO₂、THC 等有毒可燃烟气，在封闭空间内具有爆炸的风险
- ❑ 大多数电池火灾，首先是内短路引发的，其热量和温度对相邻电池形成了“外部高温环境”，引发相邻电池热失控，导致整个PACK的连锁反应。
- ❑ 据统计，大部分储能事故由系统设计不合理引发或事故扩大。



锂离子电池热失控过程



冤

系统设计

工程设计



04

工程设计要点

电化学储能电站



储能电池

电池管理系统
(BMS)

储能变流系统
(PCS)

变配电系统

能量管理系统系统
(EMS)

消防系统

暖通系统

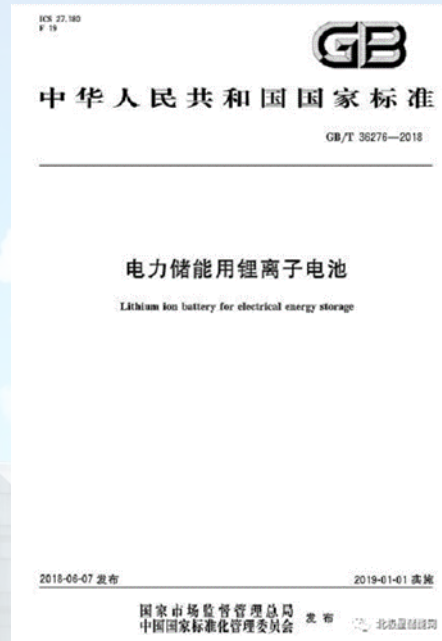
电化学储能电池比较

种类	优点	缺点
锂离子电池	循环寿命多、响应速度快、能量密度高、占地少、技术成熟、效率高约90%、产量大、成本较低	环境温度要求高、有爆燃危险、需配电池管理系统与保护
水系电池	安全性高、较环保、维护方便、可回收	能量密度低、技术成熟度较低、产量少
铅酸/铅碳电池	技术成熟、结构简单、价格低廉、维护方便	不支持深度、快速和大功率放电、能量密度低、寿命短、环保性差
钠硫电池	循环寿命长、能量密度高、响应速度快、效率约75%	高温（500℃）下运行，使用金属钠，有一定的安全风险
全钒液流电池	循环寿命长、可达万次以上	价格昂贵、能量密度和功率密度低，响应时间长
镍氢电池	温度使用范围宽、循环寿命长、不燃不爆、安全性高	成本高、强碱性电解液易对环境造成污染

锂离子电池中，磷酸铁锂离子较三元锂等其他锂离子电池，具有更高的高温稳定性和安全性。在当前电化学储能电池技术发展阶段，磷酸铁锂电池更适合应用于电化学储能电站的建设。

磷酸铁锂电池选型要点

- **符合标准：**电池单体、模组、簇的安全性能符合现行国家标准《电力储能用锂离子电池》GB/T36276 的相关规定
- **型式试验检测合格：**经中国电科院等第三方机构型式试验检测合格，确保电池在发生外部短路、高温、挤压、冲击、过充、振动的情况下均无渗透、排气、破裂、解体 and 燃烧
- **相关认证（推荐项）：**UL、IEC、UN38.3等



UN38.3

模组结构和簇结构设计

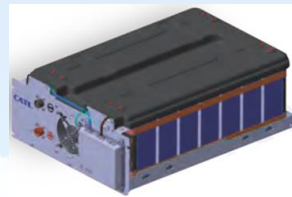
从电池模组设计上对电池防火性能进行提升

模组和PACK材料应采用耐火材料

设计应充分考虑电芯间距和pack间距

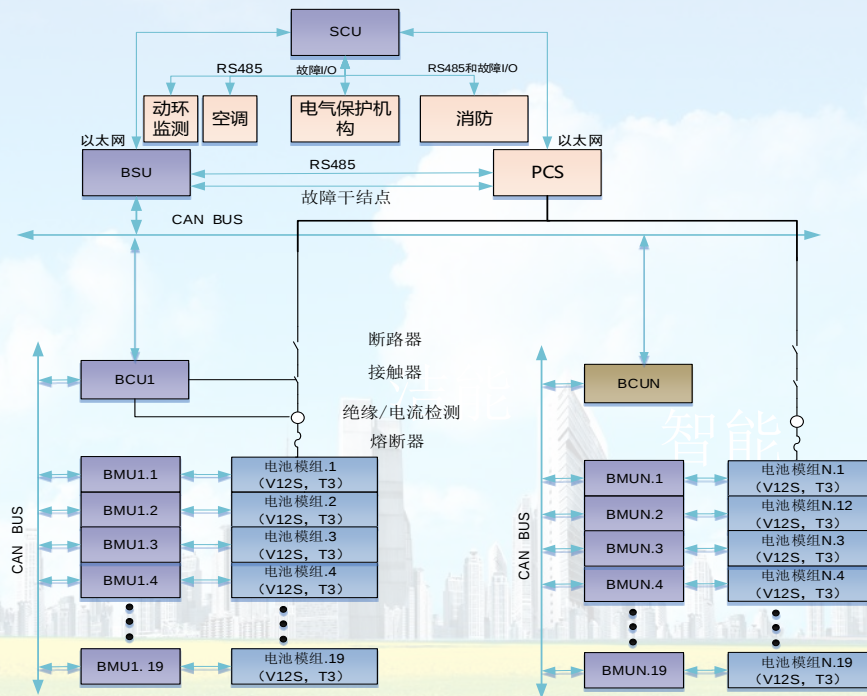
支架设计充分考虑导流及扰流

簇内电气设计时应电气柜绝缘设计和爬电距离



电池管理系统（BMS）——主动均衡+数据管理后台

- 采用**主动均衡**策略，消除电池模组间不一致性，提高电池循环次数和运行安全性。
- 在常规三级架构基础上设置**BMS数据管理后台**，保障数据的采样精度、扫描周期和传输速率
- 充分挖掘BMS的检测数据，完善BMS的保护功能。
- BMS设计上，应设置温度逐级报警和联锁保护策略。当温度超过60℃时，应联锁系统停机。当温度持续升高，并且温度上升速率达到一定值，判断该电池模组已热失控，提前预警，赢得处置时间，避免事故扩大和蔓延。
- BMS系统设计、制造上需要考虑高安全、高可靠性



应用场景

用户侧or发电侧or电网侧?

充放电倍率

0.25C? 0.5C? 1C? 2C?

效率与损耗

DOD、电池转换效率、PCS转换效率、升压变流效率（如有）、线路损耗、站用电损耗等

电池容量

★ 避免电池运行在高于设定的充放电倍率范围内、保证电池运行状态安全。

所见非所得



智能

站房式储能电站

- 模块化布置，提高建筑利用率
- 重点：合理布局、分割电池室和PCS室尺寸；
- 难点：建筑防火设计和消防设计；
- 措施：
 - a) 电池室采用标准间设计，独立分区，满足防火分区要求；缩小环境管控空间，减少暖通投资；
 - b) PCS等变、升压设备相对集中布置，尽量毗邻相应电池室布置，以缩短电缆；
 - c) 电池室电缆应考虑上出线和桥架方式；
 - d) 建筑设计应充分考虑设备检修和运输通道；
 - e) 结构设计应充分考虑静荷载、均布特点；
- 占地指标：<15平方米/MWh



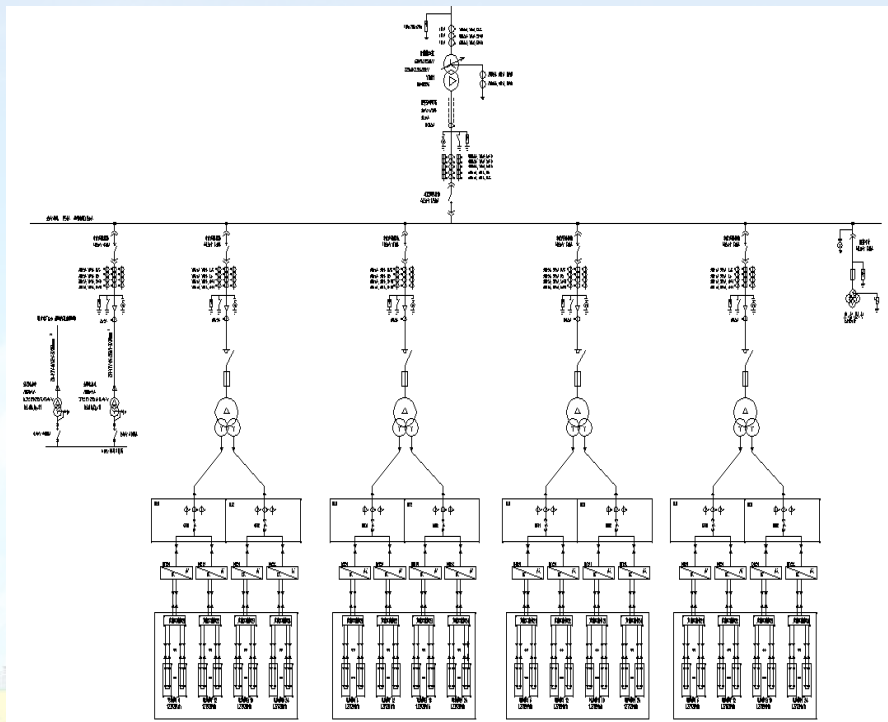
预制仓式储能电站

- 与附近建/构筑物保持安全距离，必要时设置防火墙
- 非同一系统的储能电站之间保持安全距离或设置防火墙
- 不同电池簇间做物理分隔，减小电池事故范围



智能

- 模块化设计（簇-单元-堆），保证电池运行一致性
- 控制电池簇并联，储能单元规模宜 $\leq 2.5\text{MW}$
- 梯次电池建议采用组串式PCS。
- 400V并网储能系统，应配置隔离变压器。
- 设置完备的电气保护：交流系统保护、直流系统保护。



完善电气直流系统保护，要求能承受短时间的大电流冲击。

电气设备选型严格按照电厂设计标准执行，排除因产品质量和参数选型原因导致火灾发生的隐患。

电池直流系统 保护设计

每个电池簇高压箱出口应设置熔断器，PCS交、直流侧设置断路器，保证外部短路不会触发电池热失控。在极限情况下，短路点无法越过电池簇熔断器，引起电池的大面积过充和热失控。

储能子单元设置急停开关。当按下急停按钮，断开储能单元交流侧开关，同时使得电池簇直流接触器分开，彻底断开电池系统与外部电路。

火灾报警系统

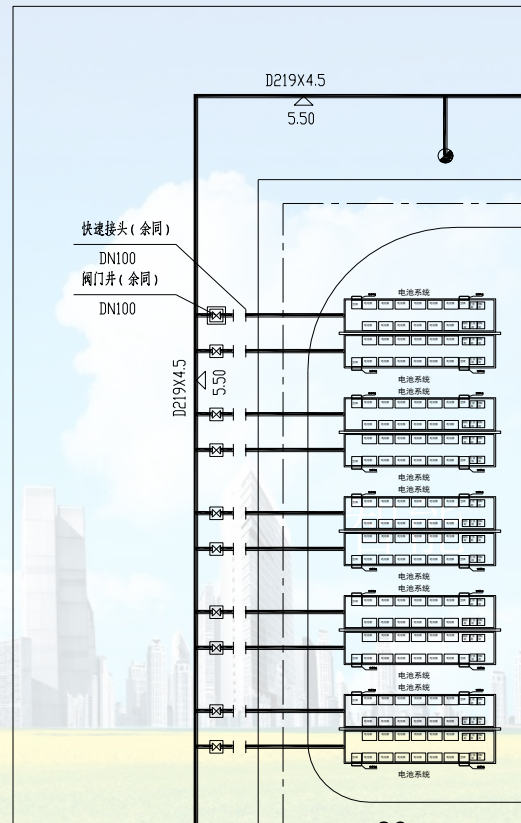
电池区域按规范设置感温探测器、感烟探测器和可燃气体探测器，消防报警信号与**BMS**温度信号联合判断电池热失控。

气体灭火系统

电池区域按规范设置气体灭火系统，并与火灾报警连锁。一个独立的电池区域作为一个防护区，气体灭火系统按全淹没灭火方式。

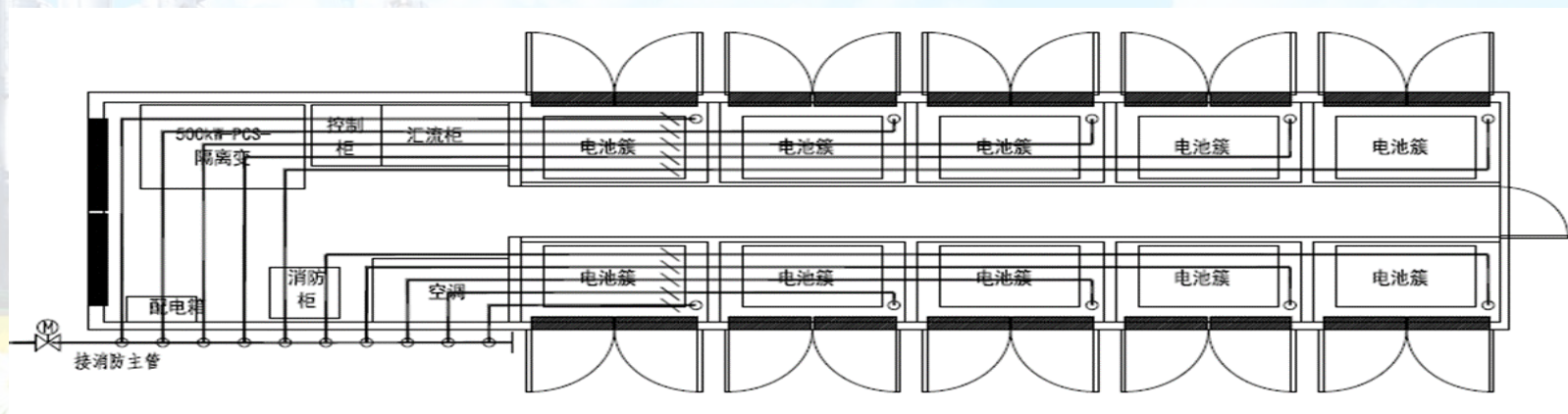
二次水喷淋冷却系统

因电池室内着火后，人员难以靠近。建议每个电池区域上方设置雨淋喷头，手动接入外部水源。每个区域需做好防水和排水收集措施。



预制舱簇级防护设计

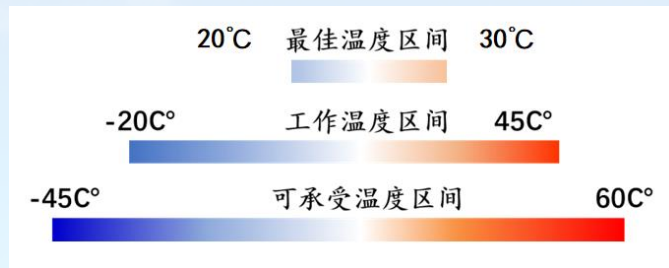
- ❑ 每个电池簇单独设置隔舱，设为独立防火分区。
- ❑ 每个隔舱设置烟感、温感和可燃气体探头。
- ❑ 每个隔舱设置一套探火管式气体灭火系统。主要通过物理方式探测火灾的发生，当温度达到 $150\sim 160^{\circ}\text{C}$ 时，最近热源的探测管道破裂，触发气体灭火系统动作。
- ❑ 每个隔舱配置自动浸没式水冷却系统，由探测器信号和BMS温度信号综合判断，联锁启动水浸没冷却系统，5分钟内灌满全舱。



环境温度控制

- **空冷：** 储能中应用最广泛的热管理方式。具有结构简单、轻便、寿命长、可靠性高、成本低等特点。按驱动方式可分为自然通风和强制通风。
- **液冷：** 散热效率和散热速度好。
- **热管冷却：** 类似于空调的制冷机理，主要依靠冷却介质发生相变来实现换热过程，对比液冷散热效果更好，但成本较高，性价比较低。
- **相变冷却：** 指利用在特定温度下发生相变吸收或释放能量的材料。具有结构紧凑、接触热阻低、冷却效果好等优点，但无法持续吸收热量导致失效。

典型热管理技术的特点

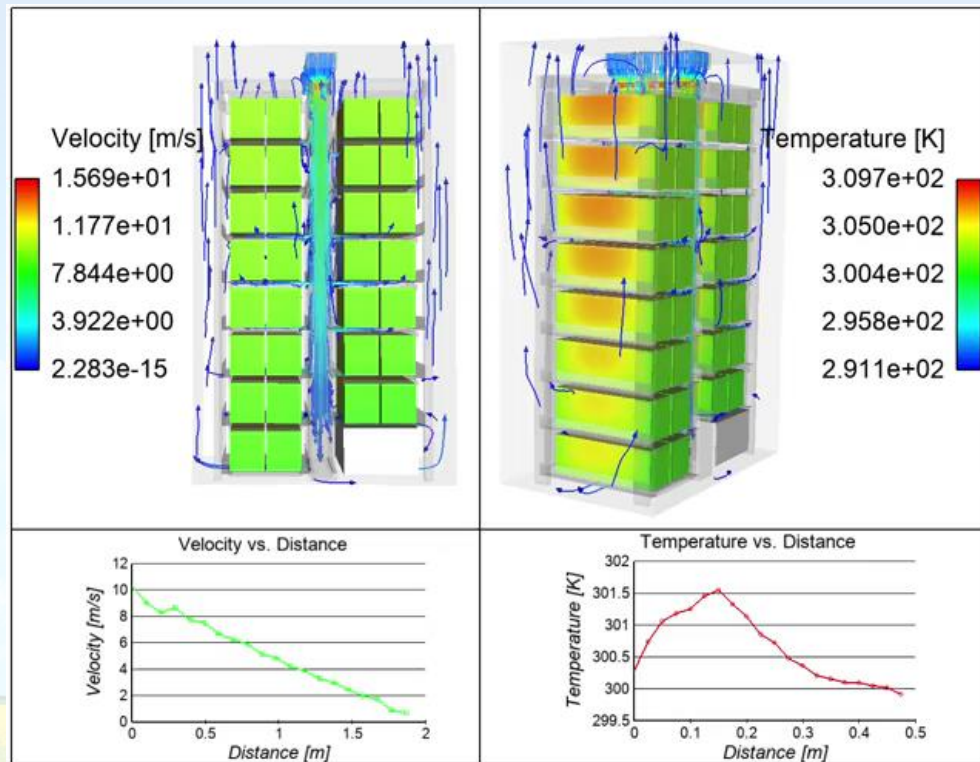


典型热管理技术的特点

项目	空冷	液冷	热管冷却		相变冷却
	强迫	主动	冷端空冷	冷端液冷	相变材料+导热材料
散热效率	中	高	较高	高	高
散热速度	中	较高	高	高	较高
温降	中	较高	较高	高	高
温差	较高	低	低	低	低
复杂度	中	较高	中	较高	中
寿命	长	中	长	长	长
成本	低	较高	较高	高	较高

热仿真模拟

- 锂离子电池非常娇贵，可靠热管理设计是达到设计寿命的基本保障。
- 暖通设计不仅在于环境温度控制，还特别需注意气流组织的优化，温度场均匀分布。



A

PCS、变压器等风冷设备通风

- PCS一般自带散热风机及风道，采用自然进风、机械排风的方式排出。同时考虑设备间增加通风机，保障新风量。
- PCS风道重点在于进、排风口设计，避免**冷热风短路**。
- PCS与变压器一起布置，需统筹考虑两者通风设计

B

事故通风

- 为防止火灾熄灭后复燃，参照规范，设置事故后通风系统。气体消防/水冷却系统动作后，联锁开启灾后风机，排风口直通室外。
- 可燃气体探测系统与通风系统联动，预防热失控过程中特别是明火灭后产生的气体积聚导致爆炸。
- 铅酸、液流蓄电池室须按规范设计，包括氢气探测器、通风系统、顶棚要求平整等。

谢谢

Thanks for Your Time