

2.5MW/5MWh 储能系统典型方案

雄安英利能源科技有限公司

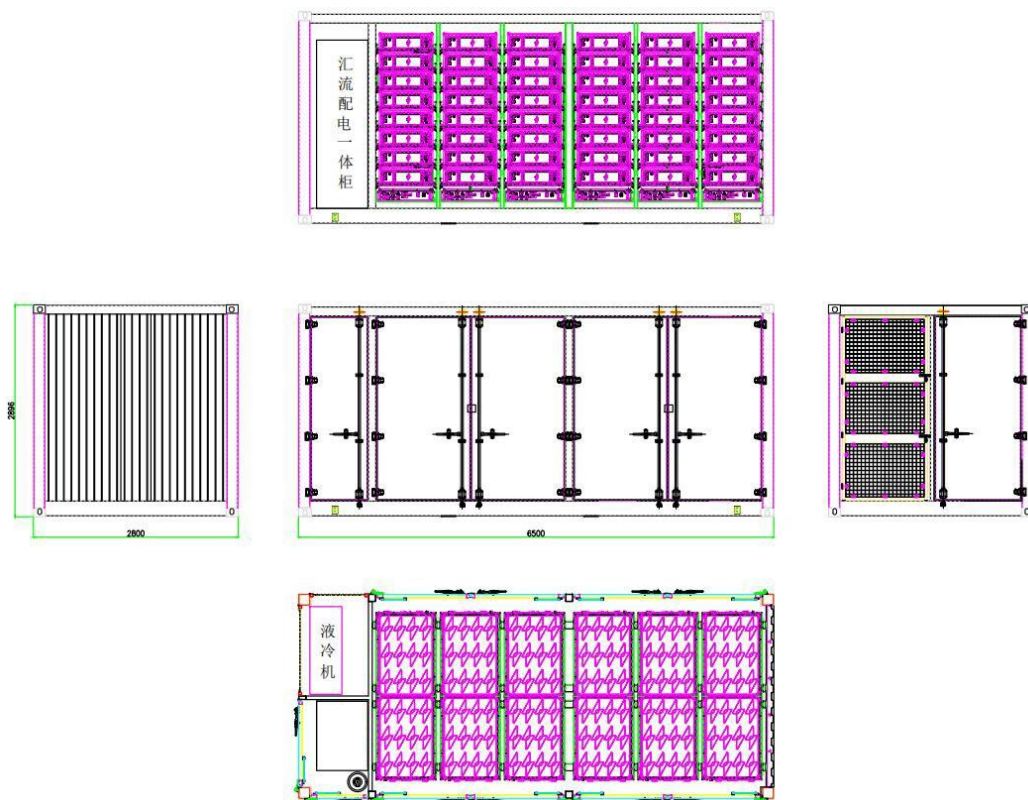
一、储能系统方案概述

1.1 系统概述

本项目储能系统容量为 2.5MW/5MWh，储能系统经升压系统升压后，接入 35kV 开关站。

本项目储能系统拟采用磷酸铁锂电池，根据现场场地情况以及考虑到运维便捷，故采用户外集装箱式总平布置。2.5MW/5MWh 储能系统通过箱式升压变升压至 10kV 后汇流接入开闭站 35kV 母线。总计包含电池储能集装箱 1 台、PCS 箱变系统共 1 套。

2.5MW/5MWh 1500V 液冷储能系统方案，其配置由 1 套 5MWh 磷酸铁锂电池系统+1 套 2.5MW PCS 升压一体机系统组成，具有安装维护方便、系统集成化程度高等优点，可实现平滑出力、减少限发、一次调频等功能，电池舱布置见图。



电池舱内部布置图

1.2 系统配置

标准 2.5MW/5MWh 系统配置如下：

2.5MW5MWh 配置方案

	单套参数					总体配置	
方案类别	设备名称	参数	单位	数量	单套功率/容量	单位	总功率/总容量
1500V液冷	电池仓	5MWh	套	1	5MWh	套	2. 5MW/5MWh
	升压一体机	PCS:2500kW	台	1	2. 5MW		
		干变: 2750kVA	台	1			
合计							2. 5MW/5MWh

1.3 系统原理

2.5MW/5MWh 储能单元采用一体化设计方案, 包括 1 台 2.5MW 变流升压一体机和 1 台 5MWh 磷酸铁锂电池系统。单套 2.5MW 变流升压系统主要由 1 台 2500kW 储能变流器、升压变压器、环网柜等组成, 单套 5MWh 磷酸铁锂电池系统主要由 12 个电池簇组成, 每簇容量为 417.99kWh, 每 12 簇汇流后接入 2500kW 储能变流器直流侧, 1 台 2500kW 储能变流器的交流侧输出直接并联通过 1 台 2750kVA 变压器升压后接入 10kV 母线。通过 3S (BMS、PCS、EMS) 实现系统通信控制, 实现平滑出力、减少限发、一次调频等功能。

1.4 遵循规范标准

GB 51048-2014 电化学储能电站设计规范

T/CEC 175-2018 电化学储能系统方舱设计规范

T/CEC 173-2018 分布式储能系统接入配电网设计规范

Q/GDW 11725-2017 储能系统接入配电网设计内容深度规定

Q/GDW 11265-2014 池储能电站设计技术规程

Q/GDW 1886-2013 电池储能系统集成典型设计规范

GB/T 36545-2018 移动式电化学储能系统技术要求

GB/T 36547-2018 电化学储能系统接入电网技术规定

GB/T 36548-2018 电化学储能系统接入电网测试规范

GB/T 36549-2018 电化学储能电站运行指标及评价

GB/T 36558-2018 电力系统电化学储能系统通用技术条件

NB/T 33015-2014 电化学储能系统接入配电网技术规定

NB/T 33014-2014 电化学储能系统接入配电网运行控制规范

NB/T 33016-2014 电化学储能系统接入配电网测试规程

DL/T 1816-2018 电化学储能电站标识系统编码导则

Q/GDW 10696-2016 电化学储能系统接入配电网运行控制规范

Q/GDW 676-2011 储能系统接入配电测试规范

Q/GDW 1564-2014 储能系统接入配电网技术规定

GB/T 36276-2018 电力储能用锂离子电池

GB/T 36280-2018 电力储能用铅碳电池

GB/T 34120-2017 电化学储能系统储能变流器技术规范

GB/T 34131-2017 电化学储能电站用锂离子电池管理系统技术规范

GB/T 34133-2017 储能变流器检测技术规程

NB/T 42091-2016 电化学储能电站用锂离子电池技术规范

NB/T 31016-2019 电池储能功率控制系统技术条件

DL/T 1815-2018 电化学储能电站设备可靠性评价规程

T/CEC 176-2018 大型电化学储能电站电池监控数据管理规范

T/CEC 174-2018 分布式储能系统远程集中监控技术规范

T/CEC 172-2018 电力储能用锂离子电池安全要求及试验方法

Q/GDW 1887-2013 电网配置储能系统监控及通信技术规范

Q/GDW 1885-2013 电池储能系统储能变流器技术条件

Q/GDW 1884-2013 储能电池组及管理系统技术规范

Q/GDW 697-2011 储能系统接入配电网监控系统功能规范

T/CEC 171-2018 电力储能用锂离子电池循环寿命要求及快速检测试验方法

T/CEC 170-2018 电力储能用锂离子电池爆炸试验方法

T/CEC 169-2018 电力储能用锂离子电池内短路测试方法

Q/GDW 11220-2014 电池储能电站设备及系统交接试验规程

T/CEC 373—2020 预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范

GB/T 40090-2021 储能电站运行维护规程

Q/GDW 11376-2015 储能系统接入配电网设计规范

GB/T 34113-2017 储能变流器检测技术规程

NB/T 42089-2016 电化学储能电站功率变换系统技术规范

NB / T 10186-2019 光储系统用功率转换设备技术规范

GB/T 13730-2002 地区电网调度自动化系统

NB/T 42090-2016 电化学储能电站监控系统技术规范

- GB/T 36270-2018 微电网监控系统技术规范
- HJ 1186-2021 废锂离子动力蓄电池处理污染控制技术规范（试行）
- GB/T50016-2014 建筑设计防火规范
- GB/T50116-2013 火灾自动报警系统设计规范
- GB/T50166-2007 火灾自动报警系统施工及验收规范
- GB/T50060-2008 3~110kV 高压配电设计规范
- DL/T5222-2005 导体和电器选择设计技术规程
- T / CEC176-2018 大型电化学储能电站电池监控数据管理规范
- GB/T2423.1 电工电子产品基本环境试验规程试验 A：低温试验法
- GB/T2423.2 电工电子产品基本环境试验规程试验 B：高温试验
- GB4208 外壳防护等级(IP 代码)
- GB/T12325-2008 电能质量供电电压允许偏差 GB/T14549-1993 电能质量公用电网谐波
- GB/T15543-2008 电能质量三相电压允许不平衡度
- GB/T12326-2008 电能质量电压波动与闪变
- GB/Z17625.3 电磁兼容限值
- GB/T15945-2008 电能质量电力系统频率允许偏差
- GB/T17883 0.2S 和 0.5S 级静止式交流有功电度表
- DL/T448 能计量装置技术管理规定
- DL/T614 多功能电能表
- DL/T645 多功能电能表通信协议

DL/T5202 电能量计量系统设计技术规程

DL/T527-2002 静态继电保护装置逆变电源技术条件

GB/T13384-2008 机电产品包装通用技术条件

GB/T14537-1993 量度继电器和保护装置的冲击不碰撞试验

DL/T5429-2009 电力系统设计技术规程

DL/T5136-2001 火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程

DL/T620-1997 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合

DL/T621-1997 交流电气装置的接地

GB50217-2007 电力工程电缆设计规范

二、集成系统设计

2.1 储能电池系统

2.1.1 液冷系统方案简介

5MWh 储能系统采用集装箱一体化设计，箱内集成有储能锂电池组、电池控制柜、温控系统、自动消防系统等。电池总容量为 5.015MWh，共由 12 个电池簇组成，电池簇通过汇流柜汇流后接入储能变流器直流侧。电池系统采用 20 尺集装箱安装，系统集成化程度高，环境适应性强，有效减少现场安装调试及后期维护的工作量。

2.1.2 储能电池系统组成

2.1.2.1 系统配置

5MWh 电池舱每簇电池电量均为 417.99kWh，单套储能舱的主要技术参数如下表：

表 2.1-1 单套 5MWh 电池系统主要部件清单

序号	名称	规格型号	单位	数量	备注
1	电池箱	314Ah 电芯 1P52S	个	96	
2	BMS	含从控，簇控，域控	套	1	
2.1	汇流配电一体柜	1500VDC 断路器	套	1	
2.2	高压箱	1500VDC	台	12	
2.3	消防系统	全氟己酮，含传感器、消防罐、管路、控制器、DN65 等	套	1	
2.4	散热系统	液冷机组，含电气室 5kW 小空调	套	1	
3	电池架	1 列 9 层，含电池箱安装附件	个	12	

4	集装箱	含电池架、配电、岩棉等	套	1	
5	电缆	动力电缆及通信电缆等	套	1	

表 2.1-2 电池系统技术参数表

序号	项目	5MWh 液冷系统参数	备注
1	电池成组方案	1P416S×12 簇	
2	标称电压	1331.2VDC	
3	充放电方式	恒功率、恒功率因数、恒流充电/ 放电	
4	额定充放电倍率/功率	0.5C	
5	额定充放电电流	1884A	
6	最大充放电电流	2400A	
7	充电上限电压	1497.6V	
8	放电下限电压	1164.8V	
9	推荐 SOC 窗口	10%~90%	
10	运行环境温度	-20℃~55℃	0℃以下充电需加热
11	推荐运行环境温度	15℃~35℃	其他温度范围需降功率
12	存储温度	-20℃ - 45℃;	≤ 1 个月
13		0℃ - 35℃;	≤ 1 年
14	存储湿度	<70% RH	

2.1.2.2 单体电芯技术参数

电池系统选用通过 GB/T-36276 认证的 314Ah 铝壳磷酸铁锂容量型电池，选用磷酸铁锂体系，在充分保证安全的前提下兼顾比能量。单体电池的标称电压为

3.2V，工作电压范围为 2.7V~3.65V，标称容量为 314Ah。



电芯外观示意图（仅供参考，具体以实物为准）

电芯参数表

项目	参数	条件
电芯类型	磷酸铁锂电芯	N. A.
电芯型号	LFP/314Ah	N. A.
电芯重量	5.65±0.20kg	包蓝膜后
出厂内阻（1kHz）	0.2±0.05mΩ	27% SOC以产线在线测试数据为准
额定（标称）容量	314Ah	(25±2)℃，标准充放电
标称电压	3.2V	(25±2)℃，标准充放电
额定能量	1004.8Wh	(25±2)℃，标准充放电
工作电压	2.50~3.65V	温度 T>0℃
	2.00~3.65V	温度 T≤0℃
能量密度	≥175Wh/kg	(25±2)℃，标准充放电
推荐 SOC 使用窗口	10%~90%	N. A.
月自放电	≤3.0%	出货三个月以后的电芯标准充电到 40% SOC，25±2℃储存

标准充电功率	0.5P	(25±2)℃
放电温度范围	-30~60℃	N. A.
充电温度范围	0~60℃	N. A.

2.1.2.3 单体模组技术参数

电池箱是电池系统中可拆装的最小储能模块。本系统电池箱由 52 个电池单体，单箱通过 1 并 52 串的形式封装而成，并设置有模组内熔丝设计以增加系统熔断保护。电池箱底板采用铝铸工艺，箱体本体与液冷管道一体成型。箱盖采用 SPCC 材质，表面喷粉处理。电池箱与电池架通过等电位线形成等电位连接。

电池模组实物图



电池箱参数表

序号	项目	参数	备注
1	标称电压 (V)	166.4	
2	最小工作电压 (V)	140.4	$T > 0^{\circ}\text{C}$ @Cell 2.7V
3	最大工作电压 (V)	189.8	$T > 0^{\circ}\text{C}$ @Cell 3.65V
4	组成方式	1P52S	
5	额定电量 (kWh)	52.2496	$25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 0.25P
6	重量 (kg)	325 ± 10	
7	温度采集点数量 (个/箱)	28 (TBD)	
8	能量密度 (Wh/Kg)	≥ 150	不含高压箱、线束, 0.5C 放电, $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$
9	额定容量 (Ah)	320	0.5C 放电电流, $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$
10	循环寿命	≥ 6000 次	$25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 0.5C/0.5C, SOC5%~95%, 剩余容量 $\geq 80\%$
11	额定充电电流 (A)	157A/0.5P	$20 \sim 35^{\circ}\text{C}$, SOC:0~90%
12	最大脉冲充电电流 (30s)	314A/1P	$25 \sim 35^{\circ}\text{C}$, SOC:0~80%
13	额定放电电流 (A)	157A/0.5P	$15 \sim 35^{\circ}\text{C}$, SOC:10%~100%
14	最大脉冲放电电流30s)	314A/1P	$20 \sim 35^{\circ}\text{C}$, SOC:20%~100%
15	自放电率	$\leq 3\%$ /月	新电芯, $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 30%SOC, 存储三月后
16	工作温度范围 ($^{\circ}\text{C}$)	$-20 \sim 55^{\circ}\text{C}$ (放电) $0 \sim 55^{\circ}\text{C}$ (充电)	电芯温度
17	存储环境温度 ($^{\circ}\text{C}$)	$0 \sim 45^{\circ}\text{C}$, RH $\leq 65\%$	储存时间 ≤ 3 个月, SOC 保持 20%~50%
18	绝缘等级 (M Ω)	≥ 1000	电池包总正总负对地
19	电池箱体防护等级	IP67	N. A.
20	系统冷却方式	液冷	N. A.
21	产品尺寸	1175*808*245	N. A.
22	正负极引出方式	快插式接线端子*2	N. A.
23	通讯方式	菊花链/CAN	N. A.
24	出货SOC	27%	$(25 \pm 2)^{\circ}\text{C}$
25	产品寿命保证运行工况	$(25 \pm 2)^{\circ}\text{C}$	N. A.

2.1.2.4 电池簇技术参数

电池簇由 8 个电池箱和一个高压箱串联构成。电池架结构为 1 列 9 层。



电池簇实物图

电池簇参数表

项目	参数	条件
电池容量	314Ah	标准充放电
串并方式	1P416S	N. A.
标称电压	1331.2V	标准充放电
标称能量	41.799kWh	标准充放电
尺寸	950mm*1100mm*2350mm	见图纸
重量	3100±50kg	N. A.
放电截止电压	1164.8V 或簇内任一电池单体达到2.8V	T>0℃

充电截止电压	1497.6V 或模组内任一电池 单体达到3.6V	N. A.
最大充/放电电流	200A	(25±2)℃
额定充/放电电流	157A	(25±2)℃
工作温度范围	-20~55℃（放电） 0~55℃（充电）	电芯温度
储存温度范围	-20~45℃	短期存储（1 个月）
正负极引出方式	快插式接线端子*2	N. A.
通讯方式	CAN	N. A.
出货SOC	27%	(25±2)℃
产品寿命保证运行工 况	(25±5)℃	N. A.

电池簇线束：

动力线束：包括电池簇直流电缆，包括电池簇内部串并联所需直流电缆，电池簇与高压箱之间直流电缆、高压箱与汇流柜间直流电缆。直流电缆规格满足电流：0.5C 运行指标、温度 125℃/-25℃、耐压 1500V 或更高规格。

通讯线束：包括电池簇内部采样线束以及高压箱与汇流柜内 BMS 间通讯线束。线束编号标贴，缠布基胶带，线束总成经导通检测，保证线路通畅，位置正确。线束耐压满足在 3110VDC 测试条件下，无击穿、无闪络。

2.1.3 电池管理系统

电池系统采用三级 BMS（电池管理系统）。由电池管理单元 BMU、电池簇管理单元 BCMU、电池堆管理单元 BAMS 构成。BMS 主要功能介绍如下：

（1）运行控制功能：包括启停控制、充放电控制、运行参数设置和热管理控制等。

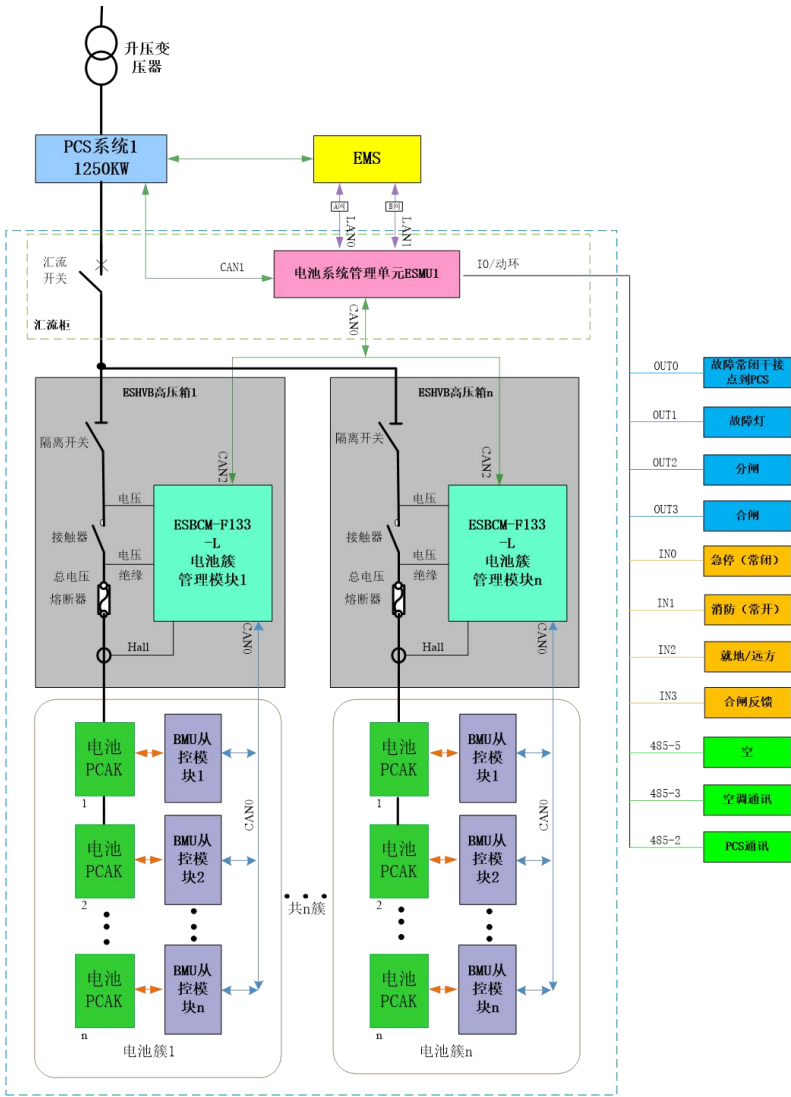
(2) 数据采集功能: BMS 应能实时测量电池的电和热相关的数据, 包括单体电池电压、电池模块温度、电池模块电压、串联回路电流、绝缘电阻、电池极柱温度、漏电监测等参数。

(3) 告警保护功能: BMS 具备电池的过压保护、欠压保护、过流保护、短路保护、过温保护、低温保护、漏电保护等电气保护功能, 并能发出告警信号或跳闸指令, 实施就地故障隔离, 同时上报告警信息。

(4) 故障诊断功能: BMS 应能够实时监测电池的运行状态, 诊断电池及 BMS 本体的异常运行状态, 将告警信号上传至就地监控系统 and 功率变换系统。

(5) 运行管理功能: BMS 能对充放电进行有效管理, 确保充放电过程中不发生电池过充电、过放电, 以防止发生充放电电流和温度超过允许值。

每个电池箱内配置 1 个电池管理单元 BMU, 采集电池单体的电压、温度等数据, 并通过 CAN 与上级主控模块通信。电池簇配置 1 台高压箱, 高压箱内集成 BMS 二级主控 BCMU 和电池簇控制电路, 管理和控制电池簇, 并将电池簇的状态信息上传给上级管理单元。整舱 12 簇电池由 1 台 BMS 系统管理主机控制管理, 将电池系统状态数据上传至储能系统监控设备, 并接收上级设备控制指令。电池系统管理主机还具备显示和存储功能。电池系统通信架构图如下: 。



BMS 控制逻辑示意图

1) BMU 参数指标

BMU 参数指标要求

序号	参数名称	单位	标准参数值	备注
1	电压采样数量	串	52 串	
2	单体电压测量范围	V	0~5	
3	电芯电压检测精度	mV	±5	
4	电芯电压采样周期	ms	≤100ms	

5	电芯温度检测范围	℃	-40~105℃	
6	电芯温度检测精度	℃	±1	
7	电芯温度采样周期	ms	≤200ms	
8	电池均衡方式	/	被动均衡	
9	电池均衡电流	mA	≥80mA	
10	BMU 供电	VDC	24	
11	BMU 功耗	W	≤2	
12	通信方式	/	CAN2.0	

2) BCMU 参数指标

BCMU 参数指标要求

序号	参数名称	单位	标准参数值	备注
1	总电压测量范围	V	0~1500	
2	总电压测量精度	%	±0.5%FSR	
3	总电压测量周期	ms	≤100ms	
4	电流测量范围	A	±400	
5	电流测量精度	%	±0.5%FSR	
6	电流测量周期	ms	≤100ms	
7	SOC 计算	/	≤5%,	
8	电能计算误差	/	≤±2%	
9	通信方式	/	CAN/RS485/Modbus	
10	通信接口	/	CAN/RS485	
11	BCMU 供电	VDC	24	
12	BCMU 功耗	W	≤3	

3) BAMS 参数指标

BAMS 参数指标要求

序号	参数名称	单位	标准参数值	备注
----	------	----	-------	----

1	工作电压制式	VDC	24	
2	工作温度范围	℃	-20~+85	
3	工作最大湿度	%	20%~90%RH（无凝露）	
4	绝缘状态监控	/	有	
5	温度检测范围	℃	-20~+105	
6	运行功耗	W	≤5	
7	通信方式	/	CAN/RS485/Modbus TCP/RTU	
8	通信接口	/	CAN/RS485、以太网口	

4) 其他参数指标

BMS 其他参数

项目	参数	备注
防护等级	IP 3X	必须有防尘措施
耐用时间	10 年	
平均无故障间隔时间	≥40000h	
事件记录	≥10000 条	时间记录应精确到秒
信息存储时长	在线存储不少于 30 天	

5) BMS 功能

a) 模拟量测量功能：能实时测量单体电压、温度，测量电池组端电压、电流等参数。确保电池安全、可靠、稳定运行，保证单体电池使用寿命要求，满足对单体电池、电池组的运行优化控制要求。

b) 在线 SOC 诊断：在实时数据采集的基础上，采用多种模式分段处理办法，建立专家数学分析诊断模型，在线测量电池的剩余电量 SOC。同时，智能化地根据电池的放电电流和环境温度等对 SOC 预测进行校正，给出更符合变化负荷下的电池剩余容量及可靠使用时间。

c) 电池系统运行报警功能：在电池系统运行出现过压、欠压、过流、高温、

低温、通信异常、BMS 异常、绝缘故障等状态时，能显示并上报告警信息。

d) 电池系统保护功能：对运行过程中可能出现的电池严重过压、欠压、过流（短路）、过温、绝缘故障、通讯中断等异常故障情况，通过高压控制单元实现快速切断电池回路，并隔离故障点、及时输出声光报警信息，保证系统安全可靠运行。

e) 通讯功能：系统对外需具备与储能变流器通讯功能。

f) 热管理功能：对电池组的运行温度进行严格监控，如果温度高于或低于保护值将输出热管理启动信号，系统可配备风机或保温储热装置来调整温度；若温度达到设定的危险值，电池管理系统自动与系统保护机制联动，及时切断电池回路，保证系统安全。

g) 自诊断与容错功能：电池管理系统采用先进的自我故障诊断和容错技术，对模块自身软硬件具有自检功能，即使内部故障甚至器件损坏，也不会影响到电池运行安全。不会因电池管理系统故障导致储能系统发生故障，甚至导致电池损坏或发生恶性事故。

h) BMS 具备自诊断功能，对 BMS 与外界通信中断，BMS 内部通信异常，模拟量采集异常等故障进行自诊断，并能够上报到就地监测系统。

i) 均衡功能：被动均衡，均衡电流约 100mA。

j) 运行参数设定功能：BMS 运行各项参数应能通过远程或本地在 BMS 或储能站监控系统进行修改，部分参数修改需密码确认。

k) 本地运行状态显示功能：BMS 能够在本地对电池系统的各项运行状态进行显示，如系统状态，模拟量信息，报警和保护信息等。

l) 事件及日志数据记录功能：BMS 能够在本地对电池系统的各项事件及日志数据进行一定量的存储 10000 条。

m) BMS 系统操作界面分两类人员，运行人员和安装人员各自有权限和密码

设置。

6) BMS 保护

电池系统具备完善的保护功能,对于可能出现的过充、过放、过温、过流(短路)、绝缘、通讯及供电中断故障能够及时保护,避免电池出现过充、过放、电池鼓包、漏液、冒烟、起火等安全事故。

7) BMS 技术优势

- 技术特点:

BMS 可与能量管理系统协调、配合,接受综合监控系统的运行调度。电池管理系统对储能系统进行电池层的监控和管理,完成对储能电池的电压、电流、电池环境温度、SOC 参数的实时监控和计算,并将数据上传至能量管理系统系统,具备电池运行工况的实时监控和紧急情况的报警和保护功能;

BMS 主要设备以及部件为标准化三级架构设计,模块化配置,便于生产组装和现场维护;

电池堆管理系统主机采用双 CPU 设计,较好的负载均衡,系统安全可靠;

BMS 支持高速通讯、实时响应、加密数据超压算法技术,可满足多场景应用高压储能系统对 BMS 数据通讯效率和实时性的要求,基于高效加密压缩算法和高速通讯技术,数据压缩率最高达到 90%,国际国内领先。堆刷新 1000ms,告警信息刷新 100ms;

BMS 基于实时数据与历史迭代状态模型交互修正的实时状态估算方法,实现电池热失控和安全系统状态的准确识别和预警;利用多点冗余绝缘检测,及时发现绝缘下降;采用分层分级保护架构;对关键节点和插件温度进行采集,识别电气接触不良导致的安全事故。

- 多层级安全管控协同:

电池储能系统从顶层设计、集成化考虑,使得储能电池系统内 BMS 和消防、

动环等系统深度融合、联动设计，还可以提高系统实时性和准确性，降低系统成本。

从安全底线考虑，本项目在设计上具备以下安全措施：

BMS 模块和所有线缆均采用阻燃材质，线缆均采用高温阻燃线，保证材料安全；

BMS 所用器件，在功率、电压安全冗余上有足够考虑，可保证电气安全；

BMS 所有线缆的连接和固定均采用可靠连接方式，确保连接安全；

BMS 和电池结合，采用合理的控制策略：电池使用深度宜为 10~90%SOC；

BMS 的故障诊断及多级告警保护功能；

预警功能为基于单体电池的容量衰减及一致性差异预警；

电池簇内一致性管理措施，通过模块均衡功能，保证电池一致性；

热管理功能及热失控管理，保证电池单体温度一致性；

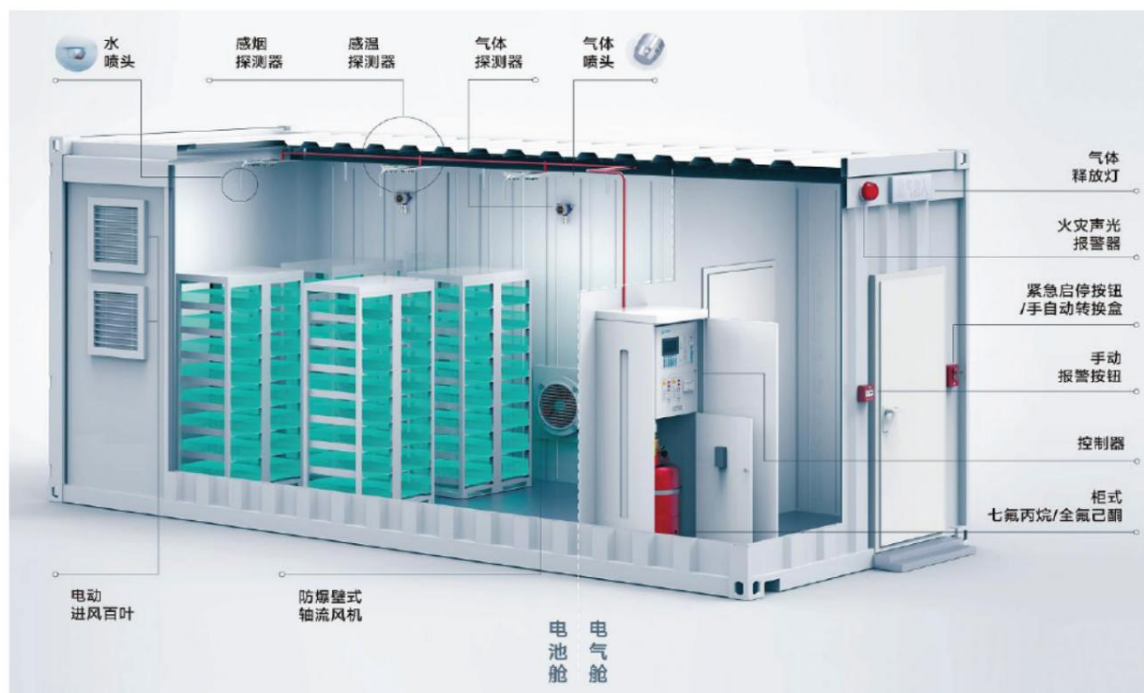
具有合理的消防联动策略。

2.1.4 消防系统

集装箱内配置全氟己酮与水消防双重保障自动消防系统，严格按照集装箱及电池的安裝容量设计相应容量的消防系统，消防系统具备通信功能。满足《GB 50116-2013 火灾自动报警系统设计规范》、《GB 50370-2005 气体灭火系统设计规范》等相关标准。

消防系统采用消防控制主机+全氟己酮+水消防，消防系统以 1 簇为一个防护单元，单簇配置 1 个探测器和 1 个电磁阀，当一簇电池的某个电池包发生火灾，对应的电磁阀打开，启动灭火。灭火试剂通过管道和磁阀，喷洒到该簇的 8 个电池包，灭火试剂可间断喷洒，防止复燃；若仍无法完成灭火，则接通外部水接口，通过液体管道灌注进电池箱，实现最终灭火。

消防系统以每个电池 PACK 箱为最小防护单元采用汽液两相雾化灭火剂的全新灭火技术方案，配套主动吸气式探测器系统探测采用吸气式探测器、可燃气体探测器、感温感烟探测器联合对整个储能柜全方位进行监控、时时探测，其中吸气式探测器，以电池簇为单位，对整簇电池箱进行监控防护、可燃气体探测器对电池舱进行监控防护、感温感烟探测器对电池舱进行监控防护。



整舱系统消防布置示意图



储能舱储能消防管路实物展示图

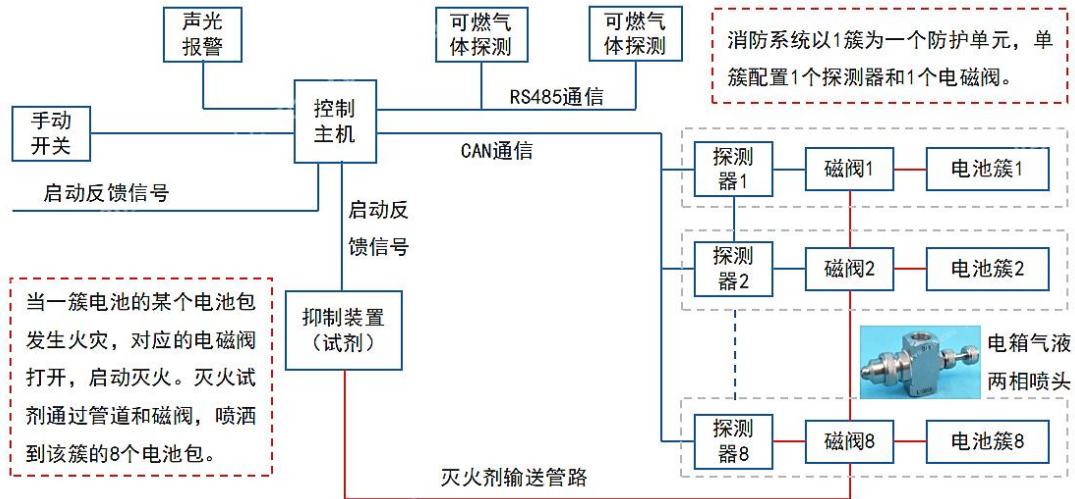


罐装消防气体实物图

当某个电池包发生电池热失控火灾时，探测器探测到火情，探测器将火情信息通过 CAN 总线传送至火灾抑制主机，消防主机开启该电池簇分区控制阀、声光报警器打开、排风系统关闭打开，抑制主机启动输出，抑制介质通过管路、分区控制阀输送至气液两相的喷头，抑制介质通过气液两相的雾化作用，雾化的灭火剂喷洒到电池包内部，实施灭火、降温、持续抑制。

消防系统启动方式分为三种，自动启动模式、手动启动模式、机械应急启动模式。当灭火试剂喷洒完毕后，若无法完成灭火，则通过外部水接口，将消防水灌满试剂瓶，消防水通过液体管道灌注进电池箱，实现最终灭火。

为实现热失控保护与消防联动策略，消防系统预留干接点接口，BMS 可根据消防或 EMS 信息，自身进行三级告警保护策略：请求 PCS 停机、断开汇流柜断路器、断开高压箱内所有接触器。



消防系统控制原理图

火灾声光报警器、消防警铃、气体释放警报器安装在预制舱外部，并能及时响应消防控制主机输出的信号，警示火情。

紧急启停装置安装在预制舱外部易于操作的位置，能联动消防主机，在手动模式下控制灭火装置的紧急启动和停止。

1) 火灾探测器

火灾探测器包含 H₂、CO、VOC 可燃气体的检测，探测器能与消防控制主机进行数据传输。

2) 消防控制主机

消防控制主机能显示系统探测器的工作状态和故障状态、系统的手动自动工作状态和故障状态、系统的驱动装置的正常工作状态和动作状态，并能显示显示延时状态信号、紧急停止信号和管网压力信号等。

消防控制主机能响应各探测器的火警信号或者人为按下的启停开关等信号。

消防控制主机能驱动灭火装置、驱动声光报警灯、消防警铃的启动和停止。

消防控制主机留有联动通讯接口，常开或常闭干结点等，可将消防系统数据交互至储能站内 EMS 等其他控制系统。

3) 火灾声光报警器、消防警铃

火灾声光报警器、消防警铃安装在预制舱外部，并能及时响应消防控制主机输出的信号，警示火情。

4) 紧急启停装置

紧急启停装置安装在预制舱外部易于操作的位置，能联动消防主机，在手动模式下控制灭火装置的紧急启动和停止。

5) 水管接头

在集装箱的侧面预留 1 个 DN65 标准水消防快速接头，并配上水接头闷盖，供消防车灭火使用。

2.1.2.7.2 主动吸入式火灾探测预警系统

每个储能集装箱配置一套完整的电池热失控火灾探测预警系统。火灾探测预警系统分为储能集装箱空间内探测预警和电池 PACK 箱探测预警。预警系统应能对储能系统内的电池本体热失控、电气设备（包括材料、电缆、接头）火灾进行在线监测、诊断、预警及联控，有效提升储能系统的运行安全可靠。

1) PACK 箱探测预警系统

(1) 电池 PACK 布置吸气式火灾探测器置于 PACK 外、集装箱内对每簇电池的各个电池 PACK 箱内的气体进行吸入式集中式探测。

(2) 特征气体探测功能。探测器需具备至少特征气体、烟雾、温度的探测功能，特征气体为一氧化碳、氢气、电解液挥发物等标志性安全隐患气体。

(3) 主动吸入探测功能。探测器应以通过管路对电池 PACK 内的气体主动吸气的工作方式进行探测分析，不以被动扩散的方式探测。

(4) 多级预警功能。探测器应具备多级预警功能，当探测到单一火灾信号和复合火灾信号，探测器发出不同的级别的火灾预警。

(5) 通信功能要求。探测器需满足 CAN 总线/RS485 的通信要求。

复合型气体探测器技术参数表

序号	技术参数名称	参数及规格要求
1	一氧化碳探测	范围：0~1000ppm；灵敏度：1ppm
2	烟雾探测	范围：0~0.3dB/m；灵敏度：0.01dB/m
3	电解液挥发物探测	范围：0~1000ppm；灵敏度：1ppm
4	温度	范围 0~90℃，灵敏度：0.1℃
5	探测方式	主动吸入式
6	通信方式	CAN 总线/RS485/
7	通信协议	Modbus
8	输入输出	有源输出
9	工作电源	DC24V

2) 储能集装箱空间探测预警系统

(1) 在储能集装箱空间内应布置火灾探测器，用于对集装箱空间内的火灾进行探测预警。

(2) 空间火灾探测功能。探测器需具备可燃气体、烟雾、温度的探测功能，可燃气体为一氧化碳、氢气等标志性安全隐患气体。

(3) 可燃气体探测预警功能。可燃气体探测应具备爆炸下限 25~50%lel 的浓度预警值可设定。

(4) 联动功能。可燃气体浓度超出预警设定值时，探测器应能联动排风机进行排风，降低集装箱内空间可燃气体浓度。

(5) 通信功能要求。探测器需满足 CAN 总线/RS485 的通信要求。

空间探测器技术参数表

序号	技术参数名称	参数及规格要求
1	可燃气体	范围：0~1000ppm；灵敏度：1ppm
2	烟雾探测	范围：0~0.3dB/m；灵敏度：0.01dB/m
3	温度	范围 0~90℃，灵敏度：0.1℃
4	探测方式	自由扩散式
5	通信方式	CAN 总线/RS485/
6	通信协议	Modbus
7	输入输出	无源干接点
8	工作电源	DC24V

3) 灭火系统功能要求

(1) 灭火系统需配备全氟己酮固定式自动灭火系统，并且药剂释放装置应设计在 PACK 箱内部。自动灭火系统类型、技术参数应经 PACK 模块级磷酸铁锂电池实体火灾模拟试验验证。

(2) 灭火系统保护的防护区，其灭火设计用量或惰化设计用量，应根据防护区内可燃物相应的灭火设计浓度或惰化设计浓度经计算确定。

(3) 灭火系统以一簇电池包为一个防护单元，由分区选择阀控制该簇的灭火剂喷洒。该簇的每个电池包安装喷头和灭火剂输送管路。灭火剂通过管路喷头喷洒到每个电池包的内部进行抑制灭火。

(4) 灭火剂通过气液两相作用的方式，雾化的喷洒到电池箱内部，能够快速的在电池箱内部形成弥漫扩散。雾化的灭火剂快速扑灭明火的同时能有效降低热失控电池的温度。

灭火系统技术参数表

序号	技术参数名称	参数及规格要求
1	全氟己酮灭火剂	100kg
2	系统工作压力	0.3~0.6MPa
3	工作温度	-40℃~+55℃
4	系统流量	>15L/min
5	通信方式	CAN 总线/RS485/
6	通信协议	Modbus
7	输入输出	无源干接点
8	工作电源	AC380V
9	喷洒方式	气液两相

4) 系统联动功能要求

(1) 吸气式火灾探测器（温度、烟雾、VOC 气体、CO 气体）传送信号给主机，当主机接收到单一探测预警信号时，将启动相关报警设备，提醒工作人员前去确认火情。。

(2) 可燃气体探测系统传送信号给控制系统，控制通风排风的启停，同时上传信号至 BMS；

(3) 探测报警信息可与 BMS 通信，将探测报警信息传送至 BMS。

(4) 当主机接收到复合报警信号时，输出电池电源脱钩信号、启动火灾抑制装置、声光报警器报警和联动设备动作（关闭通风空调以及一切影响灭火效果的设备、启动火灾抑制装置。

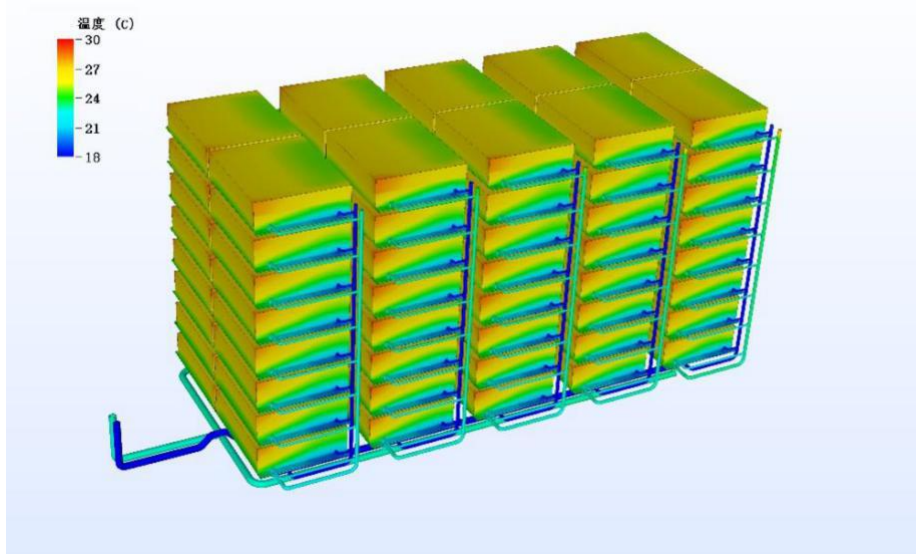
2.1.5 热管理方案

本方案依据整个储能系统运行工况，分析整个系统的制冷制热需求，进行合理的系统布置和液冷机组及管路的选型、热管理控制策略等热管理系统设计工

作。通过热管理系统,保证电池在充电、放电和静置各阶段,本体温度均在 $15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 范围内。

本项目整个热管理系统采用液冷方式对电池系统进行温度控制。利用集装箱内置一体式液冷机组和合理的管路设计,实现对储能系统内部电芯以及关键部件的有效温度的控制,使储能系统的工作环境在最佳范围内,延长整个系统的使用寿命以及运行的安全可靠。

单个集装箱温度控制系统是由 1 台液冷机组及其液冷管道系统组成。温控系统在液冷系统以及控制系统的作用和控制下,可实现集装箱内部的制冷和加热。控制系统根据室内外温度、湿度自动控制液冷系统的工作,通过液冷系统来实现电池冷却和加热等功能,保障箱内的电池设备工作于 $15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 温度范围的湿度范围的最佳工况。



液冷集装箱 Pack 温度分布云图

1) 液冷热管理系统特点:

集中式一体化设计的液冷机组,集成制冷和制热、除湿,节省现场安装调试成本;

可避免风冷箱内易回流现象。液冷是直接介质接触散热效果更好。当热管理

系统待机，液冷执行自循环模式也有热交换；

高效节能：采用高效控制器，按需控制冷量输出，实现最佳制冷和最低能耗，

功能齐备：支持电加热功能，支持断电记忆功能，提供 RS485 只能通讯接口，支持本地通过触摸屏可视化设置控制参数；

高效交流变频压缩机和变频水泵，实现制冷系统和冷却液循环系统双重变频调节；

系统温差均匀性好，整个集装箱温差控制在 6°C 内，温升控制在 10°C 内；

独立双系统设计，系统控制灵活度高；

并联冷却回路设计，减少 PACK 间温差；

各分支设置流量调节阀，各支路流量独立控制；

各支路采用流量计独立监控；

各支路采用放水阀，方便维修时，各个支路独立排液；

管路系统设计防止冷凝水；

智能温控：根据电池温度实时调节机组运行状态，待机、制冷、制热模式根据电池温度实时切换；

数据可实时上报给 EMS，实时检测运行状态，对故障第一时间反馈。

液冷系统与风冷系统对比优势表

热管理系统对比项	液冷系统	风冷系统
冷却对象	直接冷却电池箱内电池	先冷却集装箱内空气，再间接冷却电池箱
体积	相同工况冷量输出的液冷机体积小	相同工况冷量输出的空调体积大
冷量密度	冷量密度大，电池降温快	冷量密度小

冷却效率	相同时间内带走电池热量更多,效率更高	相同时间内带走电池热量小
安全性、可靠性	温升慢、温差小, 电池寿命延长	电池随充放电工作温度变化较大
均温性	电池温度控制均温性好	电池温度控制均温性较差

2) 液参冷机组及管路设计

液冷机组的技术数如下表所示:

液冷机组技术参数

型号 (左进风型)		GWGR-BX600BHF. Q60-E
制冷能力 (@W18/L35)	kW	60 ^D
制冷能力 (@W18/L45)	kW	54
制热能力 (@水温10° C)	kW	24
外形尺寸 (LxWxH)	mm	1200x440x2400 (H)
安装方式		落地式 (户外型)
防护等级		IP54 (其他)/IP56 (电控)
使用环境	°C	-30~55 ^D
存储环境	°C	-30~70 ^D
制冷剂		R410a
载冷剂		50%乙二醇水溶液 (浓度根据环境需要, PH值: 6.0~9.0)
重量	Kg	≤500 (不含载冷剂)
噪音		≤82dBA
机组颜色		RAL9003 (客户未指定时)
通讯方式		RS485
冷凝进出风		侧面进风, 前出风
供 液	可调温度范围	° C 15~32 (可预设)
	额定流量	L/MIN 500

特 性	额定压力		KPa	150
	接口尺寸			DN63 杯口卡箍（Φ 77.5）连接
	水管接管方向			下出下回
电 源 特 性	电源		V (Hz)	三相五线制3~380V（+/-10%） +N+PE/50HZ
	制冷额定功率（W18/L45）		kW	27.2
	最大工况功耗		KW	33.5
	最大视在功率		KVA	37.3
	制热额定功率		kW	29.5
	建议空开			3P, D80A
	建议电源线规格			3*16平方+2*10平方
结 构 特 性	蒸发器	构造		板式换热器
		材质		SUS316
	压缩机	构造		直流变频
	冷凝器	构造		微通道
		材质		防腐铝
	冷凝风机	构造		轴流式
		材质		复合材料
	加热器	构造		PTC
		材质		铝
	自动补水装置			/
其他			上传送回水温度，送回水压力	

注：1. 制冷额定工况：出水18℃，环温35℃，介质50%乙二醇水溶液

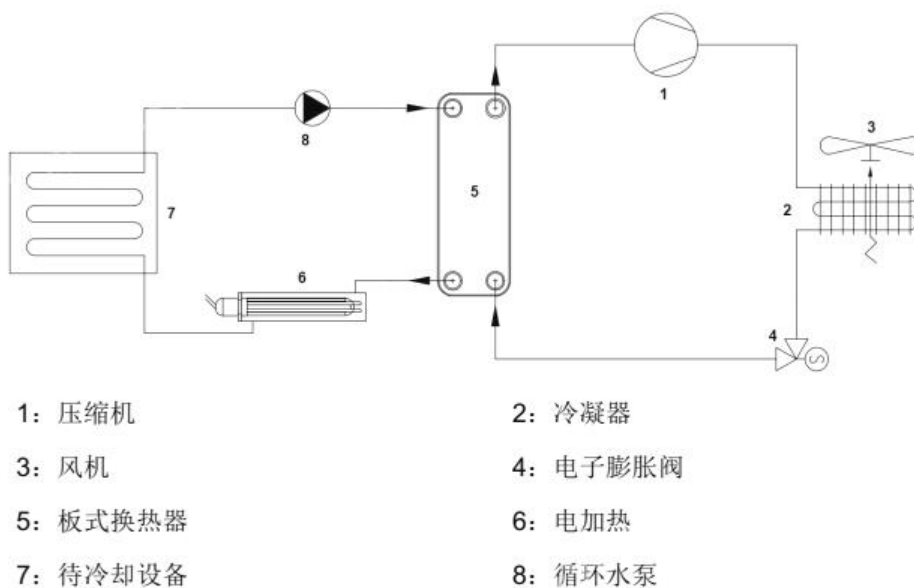
2. 环境温度在40~55° C时，随着环境温度的升高制冷量有相应衰减。

3. 非带液存储环境（带液存储需考虑防冻液的冰点）

4. 符合ROHS。

5. . 噪音指机组安装完成再W18/L35的工况条件下，1米处三面的平均噪音

液冷机组的运行原理图如下图所示。



液冷机组运行原理图

液冷机组的运行工作模式如下，上位机可通过 Modbus 协议通信设置液冷机组工作模式。

全自动：全自动模式液冷机组根据实际需求自动进入下列其他运行模式；

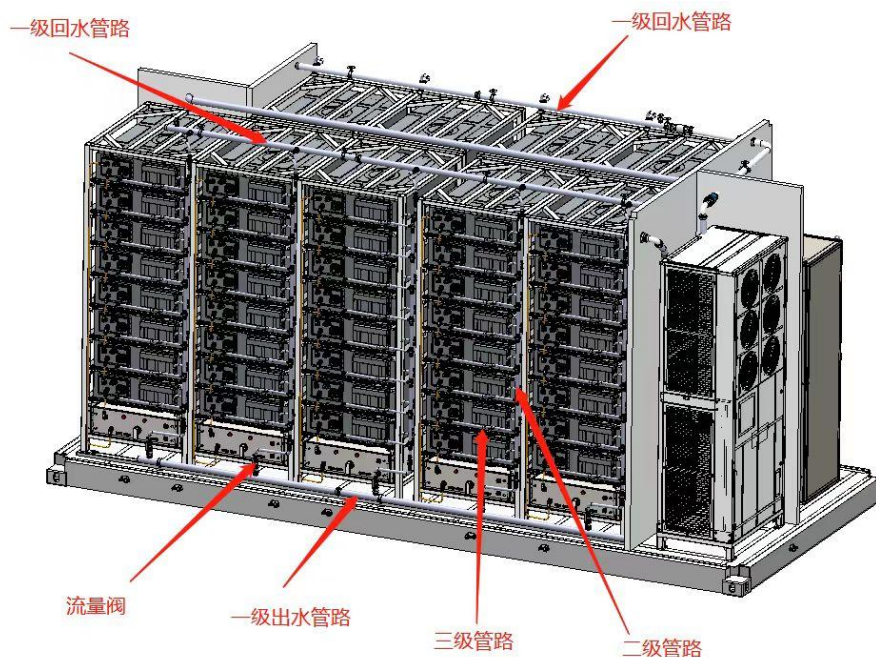
制冷：有制冷需求则开启制冷，内循环水泵、压缩机运行，水泵以高转速运行；无制冷需求时，内循环水泵低速运行，压缩机关闭；

制热：有加热需求时开启制热，内循环水泵、电加热管运行，水泵以高转速运行；无加热需求时，内循环水泵低速运行，电加热管关闭；

自循环：液冷机组工作于自循环模式时只运行内循环水泵，水泵以低转速运行，其它器件均不运行；

停止：液冷机组工作于停止模式时，除电子控制部分保持运行外，内循环水泵等其他器件均不运行。

液冷管路安装及连接示意图如下：



液冷管路安装及连接示意图

热管理系统防冷凝水设计：一、二、三级管道管路包裹保温棉，外部缠绕陶瓷保温带，进一步隔离空气。三通位置全部采用特制保温棉对管路进行紧贴保温，整套管路系统全部用保温棉包裹，无缝隙暴露在空气中；三级电池支管与电池包进出水口设计向下倾斜角，如果产生冷凝水，会沿着管路向下流动，不会对电池包产生影响。

电气连接：机组外部有接地螺栓，并有接地线，确保机组能够可靠有效接地。机组外部的高低压连接器已经设有防误插结构，连接时确保全部连接完好并将锁止机构旋转至锁键位置。

零部件运行保护：当水泵出现故障时，系统会进行保护，此时无法启动制冷模式、制热模式、水循环模式；当风扇、压缩机、压力传感器出现故障时，系统会进行制冷系统保护，此时无法启动制冷模式；当 PTC 出现故障时，系统会进行加热模式保护，此时无法启动加热模式；系统高压部件有高压互锁信号，当机组外部高压连接器连接松脱或内部连接器出现连接松脱，高压互锁信号为开路，当连接完好时系统为闭合回路；液位报警由热管理系统内部进行检测判断外部接

线接至膨胀水箱，当液位在膨胀水箱 MIN 液位标识时建议加注冷却液，此时机组无报警，当膨胀水箱内液位已经到底部，此时热管理系统会通过 CAN 总线进行液位报警，需要加入冷却液，避免零部件因冷却液不足而导致部件损坏，为保证动力电池运行安全，液位报警后，系统不会停机，需尽快加入冷却液。

3) 热管理系统的控制策略

热管理系统的控制策略如下（仅供参考，不同项目有差别）：

热管理系统的控制策略

序号	工作模式	判断逻辑	截止条件	备注
1	制冷模式	放电工况： NTC 监测电芯单体 $T_{\max} \geq 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ & $T_{\text{vag}} \geq 24\text{ }^{\circ}\text{C}$ 开启制冷	放电工况： NTC 监测电芯单体 $T_{\max} \leq 23\text{ }^{\circ}\text{C}$ & $T_{\text{vag}} \leq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 关闭制冷	TMS 接收到 BMS 发出的开启制冷数据后，20s 内开泵，30s 后启动压缩机进入制冷模式，压缩机开启的设定目标水温 $T=15 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，并根据水温调节压缩机功率防止发生制冷剂凝结报警
		充电工况： NTC 监测电芯单体 $T_{\max} \geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ & $T_{\text{vag}} \geq 23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 开启制冷	充电工况： NTC 监测电芯单体 $T_{\max} \leq 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ & $T_{\text{vag}} \leq 19\text{ }^{\circ}\text{C}$ 关闭制冷	
2	制热模式	放电工况： 当 NTC 监测电芯单体 $T_{\min} \leq -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{vag}} \leq -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，开启加热，允许放电	放电工况： NTC 监测电芯单体 $T_{\min} \geq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ & $T_{\text{vag}} \geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，关闭加热	PTC 加热由 TMS 进行调节，加热模式下，TMS 监控冷却液加热目标温度 $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。加热模式时同时开启自循环
		充电工况： 当 NTC 监测电芯单体 $T_{\min} \leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{vag}} \leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，开启加热，禁止充电	充电工况： NTC 监测电芯单体 $T_{\min} \geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ & $T_{\text{vag}} \geq 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，关闭加热，允许充电	PTC 加热由 TMS 进行调节，加热模式下，TMS 监控冷却液加热目标温度 $T=35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。加热模式时同时开启自循环
3	待机模式	不启动制冷和加热时		

4	工作模式判断说明	制冷和制热模式为最高优先级，与其他模式冲突时优先执行，当制冷模式和制热模式发生冲突时，执行自循环模式
5	热管理系统控制策略容错处理	1. 当 BMS 和 TMS 通信中断时，延时 30s，TMS 发送报警代码，并自动进入待机模式，BMS 发送 1 级报警（不切断主回路继电器，可适当降功率并提示需维修处理）； 2. 当制热和制冷模式下空调机组故障，退出自动进入自循环模式执行

4) 液冷系统漏液解决方案

- 液冷 PACK 使用干湿分离式冷板冷却方式，在正常工作情况下，电芯与冷却液无接触，可保障电芯正常工作。
- 电池 PACK 冷板在生产、运输、组装、交付后，均有保压气密测试，保障液冷板不出现漏液。
- PACK 与舱内其余管路使用快插式连接方案，此类方案已在汽车液冷系统上得到充分验证，在车载颠簸条件下可满足 10 年不漏液。储能系统正常工况下不存在震动，工况优于汽车系统，可保障更长时间使用。
- PACK 液冷板、舱内接口、舱内管路等，均考虑在常用冷却液、常用温度、流速条件下的长期防腐蚀，可保障长时间工作不出现腐蚀。

2.1.6 集装箱方案

集装箱钢结构须采用 Corten A 高耐候钢板，平顶结构，便于码放，厚度不小于 2mm。

集装箱的防护等级不低于 IP55。

集装箱壳体满足三层防护：底漆采用富锌漆，中间漆为环氧漆，外面漆为丙烯酸漆，底架采用沥青漆，满足 C4 防腐需求。

集装箱采用壳体为两层钢板，中间填充材料必须为 A 级防火阻燃岩棉，需具备防水功能，天花板/侧墙填充厚度不小于 50mm，电池集装箱地面填充厚度不

小于 100mm。

内部油漆需为富锌底漆（厚度 $20\ \mu\text{m}$ ）+环氧树脂漆（厚度 $50\ \mu\text{m}$ ），总漆膜厚度不小于 $80\ \mu\text{m}$ 。

外部油漆需为富锌底漆（厚度 $50\ \mu\text{m}$ ）+环氧树脂漆（厚度 $50\ \mu\text{m}$ ）+氯化增塑橡胶或丙烯酸面漆（厚度 $50\ \mu\text{m}$ ），总漆膜厚度不少于 $150\ \mu\text{m}$ 。

该标准单元拥有自己独立的供电系统、温度控制系统、隔热系统、阻燃系统、火灾报警系统、电气联锁系统、安全逃生系统、应急照明系统、消防系统等自动控制和安全保障系统。

本集装箱电池储能系统采用 20 尺集装箱。集装箱具备良好环境适应性，具有防腐、防火、防水、防尘（防风沙）、防震、防紫外线、防盗等功能，不会因腐蚀、防火、防水、防尘和紫外线等因素出现故障。

集装箱满足吊车安装的基本安装要求，并提供螺栓和焊接两种固定方式。螺栓固定点和焊接点与整个集装箱的非功能性导电导体可靠联通，同时，以铜排的形式向用户提供 2 个符合电力标准要求的接地点。

2.2 5MW 变流升压一体机系统

本项目 2.5MW 升压一体机中 1 台 2500kW 储能变流器匹配 1 台 2750kVA 干式变压器，配套风机及温控接入 10kV 母线。高压保护采用断路器保护方案。变压器高压绕组采用电缆连接至升压站高压开关柜，低压绕组采用铜排连接到储能变流器交流输出端。

2.2.1 变流升压系统特点

集成变流器，升压变，中压配电， 运维便捷；

优化变流器与升压变，系统损耗更低；

集装箱设计，方便运输及安装；

满足智能电网设计规范，接受电网调度；

低电压穿越，全功率无功补偿；

微电网独立逆变功能；

户外应用设计，防护等级 IP65，环境适应性好。

2.2.2 系统技术参数

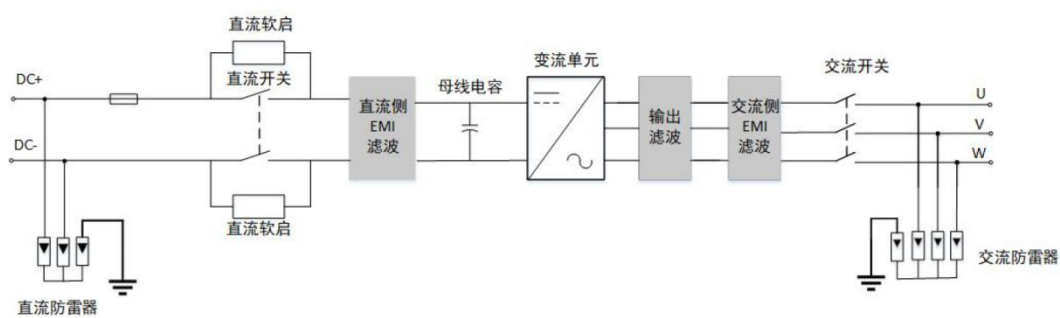
PCS 参数表

序号	项目	参数	备注
交流侧参数（并网）			
1	交流接入方式	三相三线	
2	额定功率	2500kW	
3	过载能力	110%：持续运行 120%：不少于 1 min	
4	额定交流电压	800V	可适应电网电压 -10%~+10%的 波动。
5	最大交流功率（持续运行）	2750KW	

6	最大交流电流	1985A	
7	额定电网频率	50Hz	
8	允许电网频率范围	45-55Hz	(可设置)
9	总电流波形畸变率 (THD)	≤3% (额定功率)	额定功率下总电流波形畸变率 ≤3%。
10	并网功率因数 (超前~滞后)	-1 (超前) ~ +1 (滞后)	
11	直流分量	≤ 0.5% I _n	
12	无功功率响应时间	<30ms	
13	高电压穿越功能	具备	
14	低电压穿越功能	具备	
15	连续故障穿越功能	具备	
交流侧参数 (离网)			
1	额定输出电压	800V	
2	输出电压范围	800V±3%	
3	额定频率	50Hz	
4	频率范围	45-55Hz	
5	总电压谐波畸变率	<3% (线型负载)	
直流侧参数			
1	直流电压范围	1150V~1520V	最低直流母线电压 1150V 最高直流母线电压 1520V
2	最大直流电流	2391A	
系统参数			
1	最大转换效率	>99%	
2	充放电转换时间	<20ms	从 90%额定功率充电到 90%额定功率放电, 相互 转换时间。
3	尺寸 (宽*深*高)	1030*1700*2350	
4	重量 (kg)	<2100	
5	防护等级	IP65	
6	工作环境温度范围	-35~60℃ (>45℃降额)	
7	湿度范围	0~95%	

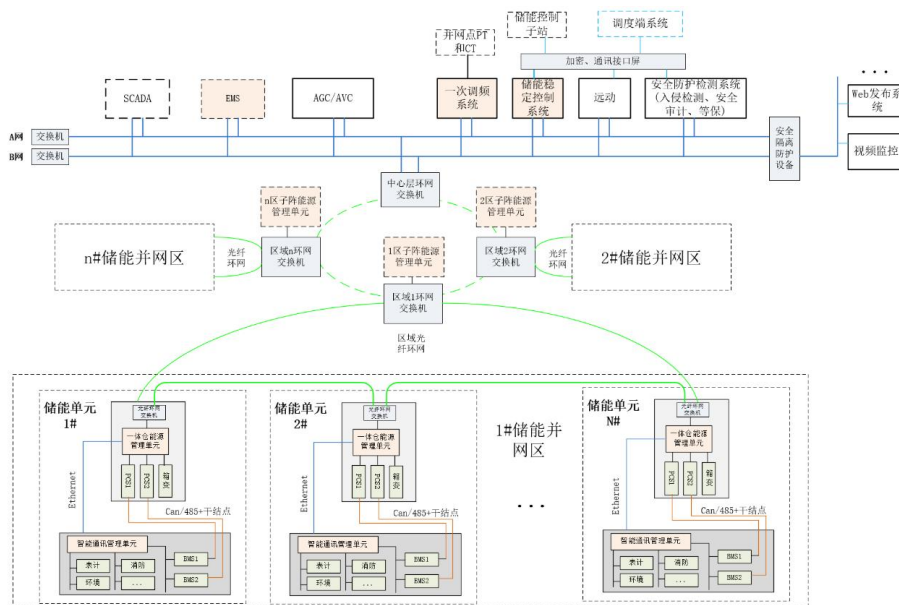
8	海拔	5000米	超过 3000 米，每升高 100 米，降容1%
9	噪声	<80dB	距离设备 1m 处
10	冷却方式	强制风冷	
11	人机界面	LCD 触摸屏	
12	通讯接口	RS485/以太网/CAN, 可扩展	
13	紧急停机	有	
14	接线方式	下进下出	
15	隔离变压器	无	
保护			
1	低电压穿越	有	
2	高电压穿越	有	
3	防孤岛保护	有	
4	交流过流/短路保护	有	
5	交流过压/欠压保护	有	
6	交流过频/欠频	有	
7	交流进线相序错误保护	有	
8	电网电压不平衡度保护	有	
9	直流过流/短路保护	有	
10	直流过压/欠压保护	有	
11	直流极性反接保护	有	
12	过温保护	有	
13	功率模块（IGBT）保护	有	
14	通讯故障保护	有	
15	冷却系统故障保护	有	
16	电流直流分量超标保护	有	
17	故障录波	不少于15个周波，且每个周波不少于120个点	

2.2.3 电路框图



2.3.1 系统构成

2.3.1.1 系统结构



能源管理系统拓扑结构图

整个能源管理系统拓扑结构如图所示, 通讯网络采用光纤环网结构, 管理系统采用三层控制架构(一体仓能源管理层、区子阵能源管理层、系统能源管理层), 一体仓及区子阵能源管理层采用 3S 融合设计, 整个系统采用高速通讯网络, 覆盖短时间尺度, 长时间尺度的能源优化管理, 并采用多维安全管理方式。系统配有站级 SCADA、EMS、AGC/AVC 系统、一次调频系统、储能稳定控制执行端(根据电网需求配置)等, 其中多层的能源控制管理架构设计, 可在保证安全的前提下, 提供最优的储能数据, 提升储能电池利用率。整个系统不仅可平滑新能源发电出力, 也可提供调频、调峰等辅助服务, 并可根据需要定制化运行策略。

2.3.1.2 硬件设备

1) 站控层设备

a) 应用服务器：用作站控层数据收集、处理、存储及网络管理的中心。主机按照双机双网冗余配置，同时运行，互为热备用。主机设备宜采用组屏（柜）

方式布置在总控室。主机服务器应采用主流国产服务器硬件配置。

b) 操作员兼工程师工作站。操作员兼工程师工作站是储能能量管理系统的主要人机界面，用于图形及报表显示、事件记录及报警状态显示和查询，设备状态和参数的查询，操作指导，操作控制命令的解释和下达，储能能量管理系统的维护、管理，可完成数据库的定义、修改，系统参数的定义、修改，报表的制作、修改及网络维护、系统诊断等工作。运行人员可通过操作员兼工程师工作站对储能电站设备进行运行监测和操作控制，对储能能量管理系统的维护仅允许在操作员兼工程师工作站上进行，并须有可靠的登录保护。操作员工作站 2 台。

2) 协调控制器。协调控制器具备快频采集功能，主要用于协调控制多台 PCS，实现高级控制功能，如快速功率跟踪响应、辅助调频、调压等。快速功率跟踪响应是指协调控制装置接收外部功率指令，控制储能系统整体输出，保证整体输出功率的实时性与准确性。辅助调频调压是根据电网的频率以及电压主动调整储能系统输出的有功及无功，达到频率以及电压快速调节的目的。

3) 网络设备

a) 环网交换机。交换机网络传输速率大于或等于 100Mbit/s，电口和光口数量应满足储能电站应用要求。

b) 其他网络设备。包括光纤模块，接口设备（如光纤接线盒）和 EMS 内部网络连接线（不含 PCS/BMS 等间隔层设备到站控层、通讯层、协调控制层的线缆）等。

4) 间隔层设备。

a) 环网交换机

交换机网络传输速率大于或等于 100Mbit/s，电口和光口数量满足储能电站应用要求。

b) 串口设备

串口数量满足储能电站应用要求。

2.3.1.3 软件架构

软件系统由系统软件、支持软件和应用软件组成：

系统软件：包括实时操作系统、设备诊断程序、整定、调试软件、实时数据库、历史数据库等；

支持软件：包括数据采集管理、数据库管理、网络通信管理、人机接口软件等；

应用软件：包括实时监控、异常报警、控制操作、统计计算、报表、网络拓扑着色、高级应用软件等。

2.3.2 系统功能

2.3.2.1 数据采集和处理功能

实时采集与监视储能系统运行过程中的参数设置动作、运行报警状态、保护动作过程、充放电开始 / 结束事件、电池容量及健康状态等信息，能够对采集数据进行合理性检查、限值告警上述信息可以自动同步保存，时间记录可精确到秒，并掉电保持。

可接受和处理 PCS 系统的相关参数，包括：直流侧的电压/电流/功率等、PCS 的三相有功功率、无功功率、三相电压、三相电流、功率因素、频率、运行状态、报警及故障信息等常用信息，以及充放电电量等，应具备对采集数据信息进行计算、分析等功能。

可接受和处理电池管理系统信息，包括：各组电池的总电压、电流、平均温度、充放电电流和功率限值、最大/小单节电池电压及编号、最大/小单节电池温度及编号、各节电池的均衡状态、故障及报警信息、可充电量、可放电量等常用信息并进行显示。

可接受和处理系统内辅助设备工作状态，如温控系统、消防系统等安全设备，

形成电气联锁，一旦检测到故障，及时切断正在运行的电池成套设备。EMS 与 PCS 以及 BMS 实时通信，实时采集 PCS 设备以及电池设备的运行工况，可根据制定的储能系统保护策略以及热管理策略，确保储能系统的安全稳定运行。

2.3.2.2 监视报警功能

- a) 可通过显示器对主要电气设备运行参数和设备状态进行监视；
- b) 能监视各设备的通信状态和通信报文，并实时显示。
- c) 信息能够分层、分级、分类显示，可以人工定义画面显示内容。
- d) 显示的主要画面可包括：电气主接线画面；电池运行状态画面；趋势曲线图；通信状态图等。
- e) 采集的模拟量发生越限、数字量变位及计算机系统自诊断故障时能进行报警处理；
- f) 事故报警信息能分层、分级、分类处理,能现场灵活配置报警处理方式；
- g) 在监控画面上能对指定设备和测点进行报警抑制和恢复；
- h) 事故报警可通过手动和自动方式进行确认。

2.3.2.3 控制调节功能

EMS 具备对接入的可控设备完全控制功能，包括：断路器、负荷开关、隔离开关、接地刀闸、PCS 系统及相关重要设备，如 PCS 的启停、并网充放、离网放电、保护投退等。

1) 功率控制

功率控制具备定有功功率控制、定无功功率控制、定交流电压运行控制、定功率因数控制等功能，能够按照调度机构下发的功率曲线或调度指令运行。

2) 计划跟踪

系统可接受调度下发的日出力计划曲线，控制储能系统充放电功率，使全站

联合运行出力跟踪调度日出力计划曲线。

3) 平滑控制

在新能源配套储能电站中，系统可实时监测新能源电站(如光伏、风电等)出力变化情况，并结合功率预测数据，对新能源出力的波动进行超前控制，使出力保持平滑，减少对电网的冲击。

4) 系统调峰

可根据负荷情况安排储能电站的运行方式，通过调度计划方式下发储能电站实施系统调峰。在负荷峰时阶段控制电池放电，将负荷控制在合理水平。负荷较低时，选取合适的时段以合适的方式充电。

5) 二次调频

二次调频功能主要在电网频率变化时按照一定要求对电网提供有功支撑。储能电站能量管理系统自动接收调度主站下发的有功功率控制目标指令，进行约束条件判断和误差修正后，对 PCS 有功出力进行闭环调节，使储能电站总有功保持或接近目标值。

6) 一次调频

系统配套有一次调频系统，主要在电网频率变化时按照调度要求的不等率，自主快速实现功率调节，实现对电网提供有功支撑。

2.3.2.4 脚本运行及统计计算功能

脚本功能具备加、减、乘、除、逻辑运算及逻辑判断等基本功能，并可通过脚本访问实时及历史数据，支持逻辑控制等。

统计计算功能能对电网电流、电压、频率、功率及温度等量进行统计分析；PCS 的运行参数、电池组电压、电池组充放电电流、单体电池端电压、各单体电池的 SOC 值、特征点温度等量进行统计分析，并能形成相关数据报表和显示画面。

能对储能充放电能量分时段统计和累计，并能形成相关数据报表和显示画面。

能对监控范围内的断路器正常操作及事故跳闸次数，设备的投退、通道异常、主要设备的运行小时数及各种操作进行自动记录和统计，并能形成相关数据报表和显示画面。

2.3.2.5 制表打印功能

a)能按要求生成并打印日报表、周报表、月报表及年报表。

b)能打印月内任意一天日报表、周报表和年内任意一月的月报表

2.3.2.6 系统自诊断及自恢复

系统在线运行时，将对本系统内的软硬件定时进行自诊断，当诊断出故障时应能自动闭锁或退出故障单元及设备，并发出告警信号。自诊断的范围包括：测控装置、主机、操作员工作站、远动工作站、各种通信装置、网络及接口设备故障、通道故障、系统时钟同步故障、各类外设故障等。

自诊断与自恢复内容包括：

a)系统能检测出各设备的工作状态，正确判断出故障的内容，指出故障的设备及插件，并使其自动退出在线运行，以便能迅速更换。

b)双机系统其中一台主机 CPU 发生软硬件故障，能自动切换至另一台机工作。各类有冗余配置的设备能自动切换至备用设备。

c)发生电源掉电故障应及时报警，电源恢复时系统能重新启动。

d)一般性的软件异常时，能自动恢复正常运行。

e)单元控制级设备应具备在线自诊断、自恢复到模件级。

2.3.2.7 通信与接口

监控系统与蓄电池管理系统、功率变换系统、保护测控设备之间将采用以太

网连接，其通信协议可设置为 DL/T 634.5104 规约、DL/T 634.5103、DL/T860 规约或者 Modbus TCP 规约。远动工作站将同时通过网络通道和专线通道两种方式与调度端连接,并可根据需要灵活配置。专线通道支持 DL/T 634.5101 规约,网络通道宜支持 DL/T634.5104 规约。

监控系统预留与站内其他系统或设备通信接口，包括:

- a) 电能计量系统;
- b) 电能质量监测系统;
- c) 视频及环境监控系统;
- d) 交直流电源系统:
- e) 火灾自动报警系统等

2.3.3 性能指标

序号	项目	参数	备注
1	动态无功响应时间	<30ms	
2	一次调频响应时间	<100ms	
3	AGC 调节时间	<500ms	
4	遥测信息响应时间(从 I/O 输入端至站控显示)	$\leq 2s$	
5	遥信信息响应时间(从 I/O 输入端至站控显示)	$\leq 1s$	
6	控制命令从生产到输出	$\leq 1s$	
7	画面实时数据更新周期模拟量	$\leq 3s$	
8	画面实时数据更新周期开关量	$\leq 2s$	
9	遥控动作成功率	$\geq 99.99\%$	
10	系统平均故障间隔时间(MTBF)	$\geq 20000h$	
11	主要设备运行寿命	≥ 10 年	
12	可接入 PCS 数	≥ 300 (组串式方案)	
13	可接入工作站数	≥ 10	
14	系统支持状态量数目	≥ 200000	

序号	项目	参数	备注
15	系统支持模拟量数目	≥ 100000	
16	系统支持控制量数目	≥ 50000	
17	历史曲线采样间隔	1~30 分钟, 可调	
18	系统支持历史数据存储	≥ 3 年	
19	系统支持事故追忆	事故前 ≥ 2 分钟, 事故后 5 分钟	
20	电芯变化数据采集、存储、展示系统	≥ 30 天	
21	各工作站 CUP 正常时平均负荷率(任意 30 分钟)	$\leq 30\%$	
22	各工作站 CUP 电力系统故障时平均负荷率(10 秒内)	$\leq 50\%$	
23	网络负荷率正常时(任意 30 分钟)	$\leq 20\%$	
24	网络负荷率正常时(10 秒内)	$\leq 40\%$	

三、系统配置

序号	名称	型号	数量	单位	品牌
1	储能一体舱	5MWh 储能集装箱	1	套	雄安英利
1.1	电池包	314Ah、1P52S 液冷 PACK	96	套	电芯：力神、海辰、中创新航、欣旺达、国轩或同等品牌
1.2	高压箱	1500VDC 断路器	12	套	国产优质
1.3	电池管理系统 BMS	含从控，簇控，域控	1	套	国产优质
1.4	汇流配电一体柜	断路器	1	套	国产优质
1.5	消防系统	全氟己酮，含传感器、消防罐、管路、控制器等	1	套	国产优质
1.6	温控系统	液冷机组	1	套	国产优质
1.7	集装箱	定制件，含电池架、配电、岩棉等	1	套	国产优质
1.8	电缆	动力线及通信线	1	套	国产优质
2	升压舱	2.5MW 变流升压一体舱	1	台	雄安英利
2.1	储能变流器 PCS	2500kW 变流器	2	台	南瑞、科华、索英或同等品牌
2.2	变压器	SCB11-2750KVA-10/0.69KV-Dy11	1	台	国产优质
2.3	高压部分	断路器	1	面	国产优质
2.4	低压配电单元	含配电变压器，配电控制系统	1	套	国产优质
2.5	升压舱本体	含散热风道、照明、视频及设备间连接线缆（箱体为单层钢板预	1	台	国产优质



		制舱式)			
3	能量管理系 统 EMS	含 EMS (含一次调频)	1	套	南瑞、瑞山或同等品牌