

储能电站系统全面解析

目录



储能基础知识



储能应用场景



储能成本分析

一、储能基础知识

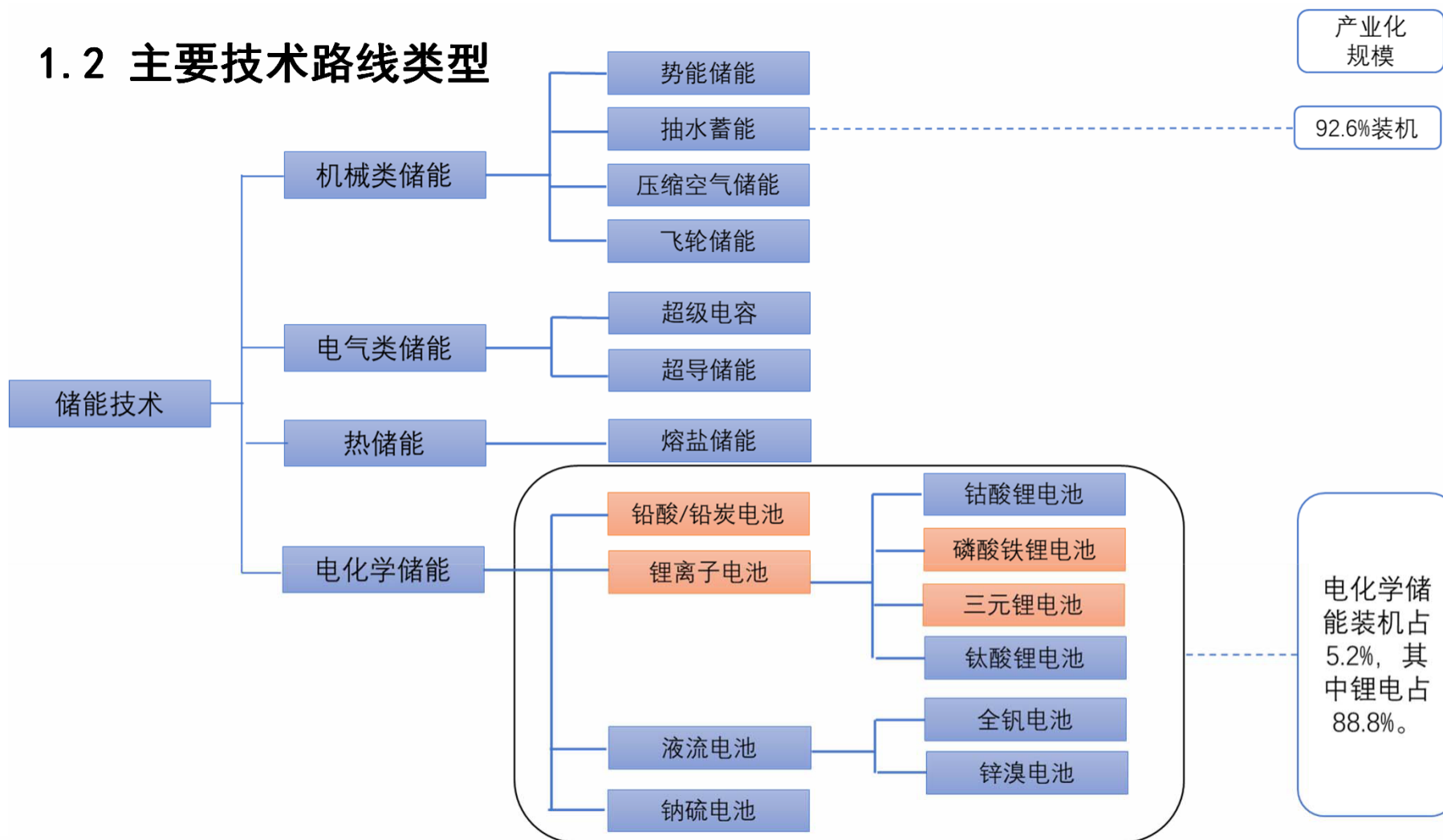
1.1 系统的定义、功能、组成

储能技术是指利用化学或者物理的方法将一次能源产生的电能存储起来，并在需要时释放。包括能量和物质的输入和输出、能量的转换和储存设备。

电池储能系统（Battery Energy Storage System，简称BESS）是一个利用采锂电池/铅电池作为能量储存载体，一定时间内存储电能和一定时间内供应电能的系统，具有平滑过渡、削峰填谷、调频调压等功能。目前储能系统主要由储能单元和监控与调度管理单元组成：储能单元包含储能电池组（BA）、电池管理系统（BMS）、储能变流器（PCS）等；监控与调度管理单元包括中央控制系统（MGCC）、能量管理系统（EMS）等。

一、储能基础知识

1.2 主要技术路线类型



一、储能基础知识

1.2 主要技术路线类型

各种技术路线的主要特点

	储能技术	响应时间	放电时长	综合效率/%	寿命：年	技术成熟度	应用场景
物理储能	抽水储能	s-min 级	1-24h	75-85	40-60	成熟	调峰、备用
	空气储能	min 级	1-24h	70-89	20-40	成熟	调峰、备用
	飞轮储能	ms- min 级	ms -15min	93-95	15+	商业化早期	调频、平滑波动
电磁储能	超导储能	<100 ms	ms -8s	95-98	20+	开发阶段	调频、平滑波动
储能	超级电容	ms 级	ms -60 min	90-95	20+	开发阶段	调频、平滑波动
电化	铅蓄电池	ms - min 级	min-h	75-90	5	商业化	调峰、调频、通讯基站备用电源
学储	钠硫电池	ms 级	s-h 级	80-90	10-15	商业化	调峰、调频、能量管理、备用
能	液流电池	ms 级	s-h 级	60-85	5-10	商业化早期	调峰、调频、能量管理、备用
	锂离子电池	ms - min 级	min -h 级	98-95	5-15	商业化	调峰、调频、能量管理、备用

一、储能基础知识

1.2 主要技术路线类型

钴酸锂
磷酸铁锂
三元（镍钴锰）
三元（镍钴铝）
锰酸锂
钛酸锂

CATL推荐储能使用安全、长寿命的磷酸铁锂（LFP）材料						
材料类型	电压（V）	能量密度（Wh/kg）	安全性	循环寿命	原材料供应波动	备注
LCO	3.7	230		800		抗过充性能差；寿命性能差，成本高
LFP	3.2	170		4,000-12,000		LFP材料分解温度：800℃；安全性高，性价比高
NCM	3.7	200		1,000-6,000		NCM材料分解温度：200℃；系统安全防护需加强
NCA	3.68	260		1,000-2,000		热稳定性好，循环性能差，寿命提升困难
LMO	3.9	130		1,500		能量密度和安全性能不如LFP；高温性能差；成本低
LTO	2.2	80		15,000		电压平台低；集成较复杂；成本高

项目	三元NCM	磷酸铁锂LFP
材料结构特性	层状结构（111）	正交橄榄石型结构
理论容量	$>250 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$	$170 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$
实际克容量	$160\text{-}170 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$	$110\text{-}165 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$
标称电压	3.6 V	3.2 V
电压范围	3.0-4.3 V	2.8-3.65 V
质量能量密度	约249 Wh/kg	约135 Wh/kg
循环寿命	>3000 次	>5000 次
安全性	1. 主要是由钴酸锂、镍酸锂、锰酸锂三种材料组成 热稳定性较差，220°C左右产生氧气；200°C左右发生分解，反应剧烈； 2. 在内短、局部高阻抗过热、外短、挤压、穿刺、碰撞等条件下内部极芯温度及易达到200°C-300°C，产生大量氧气，易着火。	1. 热稳定性好，其晶体结构中的氧以磷氧四面体结构存在，在1000°C条件下都不会释放氧气； 2. 800°C左右发生分解； 3. 发生意外时，内部只有可燃物（还原性气体和液体）和点火源，没有助燃剂（氧气），爆炸可能性低。
成本	成本更高	成本更低
小结	1. 能量密度：三元锂电池能量密度更高（层状结构利于锂离子嵌入和脱出），约为同质量磷酸铁锂电池的1.8倍左右，项目容量占地面积小； 2. 循环寿命：磷酸铁锂电池循环寿命长，放电电压平台平稳，充放电过程中无相变；三元电池放电平台不平稳，充放电过程中存在相变造成容量衰减，循环寿命较短； 3. 安全性能：磷酸铁锂结构稳定，安全性能更好。	

一、储能基础知识

1.3 基础名词、概念、对应的英文单词——系统组成

- 电池储能系统 (Battery Energy Storage System, BESS)
- 电芯 (Battery Cell) : 单个电池, 电池的最小单元;
- 电池模组 (Battery Module/Pack) : 一系列单个电池的标准封装; 电池架/簇 (Battery Rack/Cluster) : 一系列电池模组组成的储能单元;
- 电池汇流柜 (Battery Collection Panel, BCP) : 介于电池机架和储能逆变器之间, 类似于光伏直流汇流箱;
- 储能变流器 (Power Conversion System, PCS) : 双向直流交流逆变器;
- 电池管理系统 (Battery management system, BMS) : 智能化管理及维护各个电池单元, 防止电池出现过充电和过放电, 延长电池的使用寿命, 监控电池的状态。
- 能量管理系统 (Energy management system, QG1 EMS)
- 暖通空调系统 (HVAC) : 通常用在电池集装箱内, 保证电池通风散热和保暖;

一、储能基础知识

储能电池系统组成

- 电芯 (Battery Cell) : 单个电池, 电池的最小单元;
- 电池模组 (Battery Module/Pack) : 一系列单个电池的标准封装;
- 电池架/簇 (Battery Rack/Cluster) : 一系列电池模组组成的储能单元;

- 方型铝壳磷酸铁锂电池
- 130*200*36.5(mm)
- 3.2V/90Ah, 1.9kg



电芯单元(Cell)

- (4P3S) 电池模组 (12.8V/270Ah)
- 电压、温度线束
- 625*241*140(mm)



电池模组(Module)

- (1P3S) 电池模块 (38.4V/270Ah)
- 内置BMU, 被动均衡
- 10.3kWh, 90kg



电池模块(Pack)

- (18S) 电池柜 (690V*270Ah)
- 直流断路器、接触器、熔断器
- 内置SBMS, 测量/保护
- 186kWh, 2.2m*1.8m*0.7m



电池柜(Rack)

- 电池/8簇, 1488kWh
- 内置汇流柜、RTU控制柜
- >4500次循环
- 28吨, 12m*2.3m*2.7m



集装箱(Container)

一、储能基础知识

1.3 基础名词、概念、对应的英文单词



- 电池汇流柜 (Battery Collection Panel, BCP)：介于电池机架和储能逆变器之间, 类似于光伏直流汇流箱；
- 储能变流器 (Power Conversion System, PCS)：双向直流交流逆变器；
- 电池管理系统 (Battery management system, BMS)：智能化管理及维护各个电池单元, 防止电池出现过充电和过放电, 延长电池的使用寿命, 监控电池的状态。
- 暖通空调系统 (HVAC)：通常用在电池集装箱内, 保证电池通风散热和保暖；

一、储能基础知识

1.3 基础名词、概念、对应的英文单词——性能指标

- **电池容量**：能够容纳或释放的电荷Q，即电池容量（Ah）= 电流（A）× 放电时间（h），单位一般为Ah（安时）。比如储能电池标注96Ah，那么在工作时电流为96A的时候，理论上可以使用1小时。
- **电池能量**：电池储存的能量，单位为Wh（瓦时），能量（Wh）= 电压（V）× 电池容量（Ah）。例如 3.2 V/96Ah的电池，其能量为307.2Wh，而如果我们把4节这样的电池串联，就组成了一个电压是12.8V，容量为96Ah的电池组，虽然没有提高电池容量，但总能量确提高了4倍。
- **充放电速率（C-Rate）**：放电倍率是指在规定时间内放出其额定容量时所需要的电流值，它在数值上等于电池额定容量的倍数。即：充放电电流（A）/ 额定容量（Ah），其单位一般为C（C-rate的简写），如0.5C，1C等

一、储能基础知识

1.3 基础名词、概念、对应的英文单词——性能指标

- 荷电状态 (State of charge, SOC) 荷电状态, 电池剩余容量, 范围是0~1, 1表示电池完全充满, 0表示电池完全放电;
- 放电深度 (Depth of discharge, DOD) 表示电池放电程度的一种量度, 为放电容量与额定容量的比值, 单位为%, 例如, 80%DOD, 是指放电时放出额定容量的80%停止
- 电池剩余容量 (End of life, EOL), EOL 80% 意思是在其使用一段时间后其电池总体容量衰退至初始容量的80%, 对应的有BOL, Beginning of Life。

一、储能基础知识

1.3 基础名词、概念、对应的英文单词——性能保证

- **保证发电容量 (Guaranteed power capacity, GPC)** : 储能系统在规定的使用时间内放出的最低容量。
- **循环效率 (Round-trip Efficiency, RTE)** : 考虑充放电时的设备损耗及自耗电后, 电池充满状态下AC端放出的全部电量与AC端充满所需的电量之比。
- **循环寿命 (Cycle life)** : 电池的寿命分为循环寿命和日历寿命两个参数。循环寿命指的是电池可以循环充放电的次数。即在理想的温湿度下, 以额定的充放电电流进行充放电, 计算电池容量衰减到80%时所经历的循环次数。日历寿命是指电池在使用环境条件下, 经过特定的使用工况, 达到寿命终止条件(容量衰减到80%) 的时间跨度。一般业主可能会考核两者的较小值。

一、储能基础知识

1.3 基础名词、概念、对应的英文单词

- **自放电 (Self-discharge)**：电池充满电之后，在与外电路没有接触和常温放置的条件下，其电容量会自然衰减，通常，环境温度对其影响较大，过高温度会加速电池的自放电。电池容量衰减（自放电率）的表达方法和单位为：% / 月

一、储能基础知识

1.4 主流厂家产品及特点

电芯——CATL

	风冷			液冷
				
单体电芯 (Ah)	280	280	92	280
电芯配置	1P14S	1P20S	1P32S	1P52S
标称电压 (V)	44.8	64.0	102.4	166.4
电压范围 (V)	39.2-50.4	56.0-72.0	89.6-115.2	145.6-187.2
电量 @0.5C,25°C (kWh)	12.54	17.92	9.42	46.59
模组重量 (kg)	90	140	94	330
尺寸 (W*D*H) (mm)	516*690*234	516*950*234	516*685*234	810*1,152*243.4

电芯——BYD



Figure 7.1.1 Single Cell (C15FHNE)

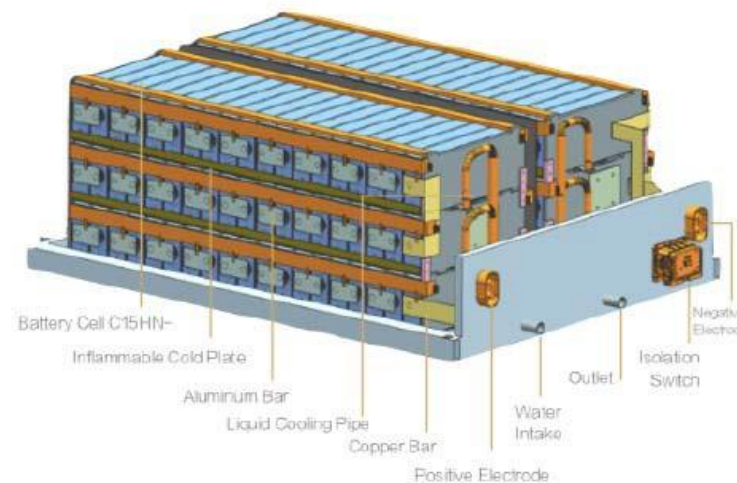
Technical parameters of C15 battery cell :

No.	Item	Parameter	Remark
1	Cell type	C15FHNE	
2	Nominal Voltage(V)	3.2	
3	Cell charge cut-off voltage (V)	3.8	
4	Cell discharge cut-off voltage (V)	2.0	
5	Cell nominal capacity(Ah)	320	
6	Cell nominal capacity (Wh)	1024	
7	Voltage sampling channel	1	
8	Temperature sampling channel	1	
9	Enclosure material	Aluminum	
10	Length/Width/Thickness	415.5x145x56.5mm	
11	Weight	6.45 kgs +/- 0.1kgs	



Cube Pro T28# Solution for TRS Project

Per 1P114S Module :

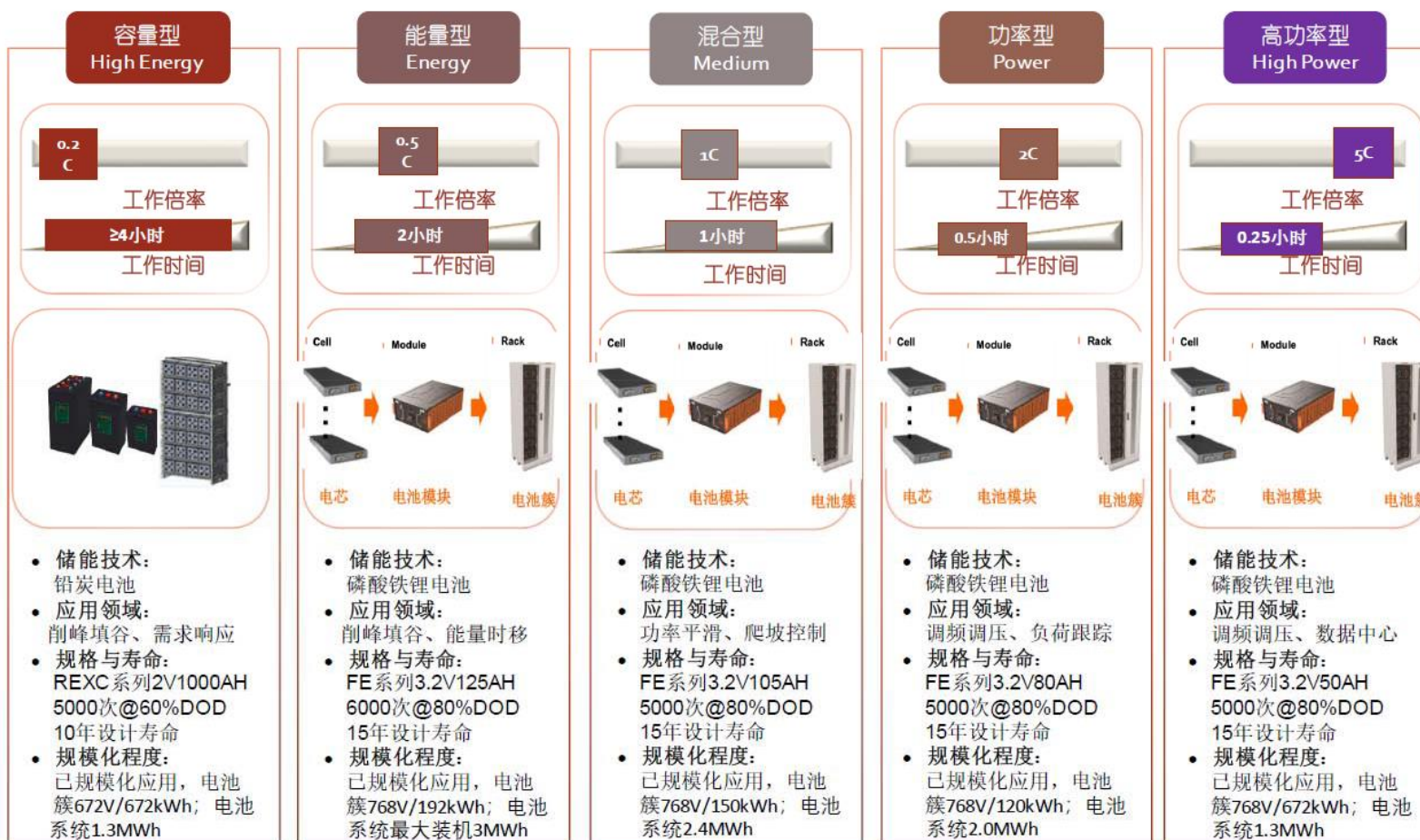


L.W.H:- 1400/1000/496.5 MM
By 114 pcs C15FHNE- Cell Integrated in String

电芯——南都电源

多元化的储能集成装备产品平台

Narada



电芯——海基新能源

Cell Specification



Item	Parameter
Nominal Capacity	120Ah
Max. charging/discharging current	120A
Nominal Energy	384Wh
Nominal Voltage	3.2V
Voltage Range	2.7~3.65V
Weight	2860g
Dimension (W/L/T)	173.9/ 170.2 / 48.0mm

电芯——上海电气国轩

3.1 Battery Cell

The long-life lithium iron phosphate battery from Shanghai Electric Guoxuan is selected with 3.2V/96Ah nominal capacity.



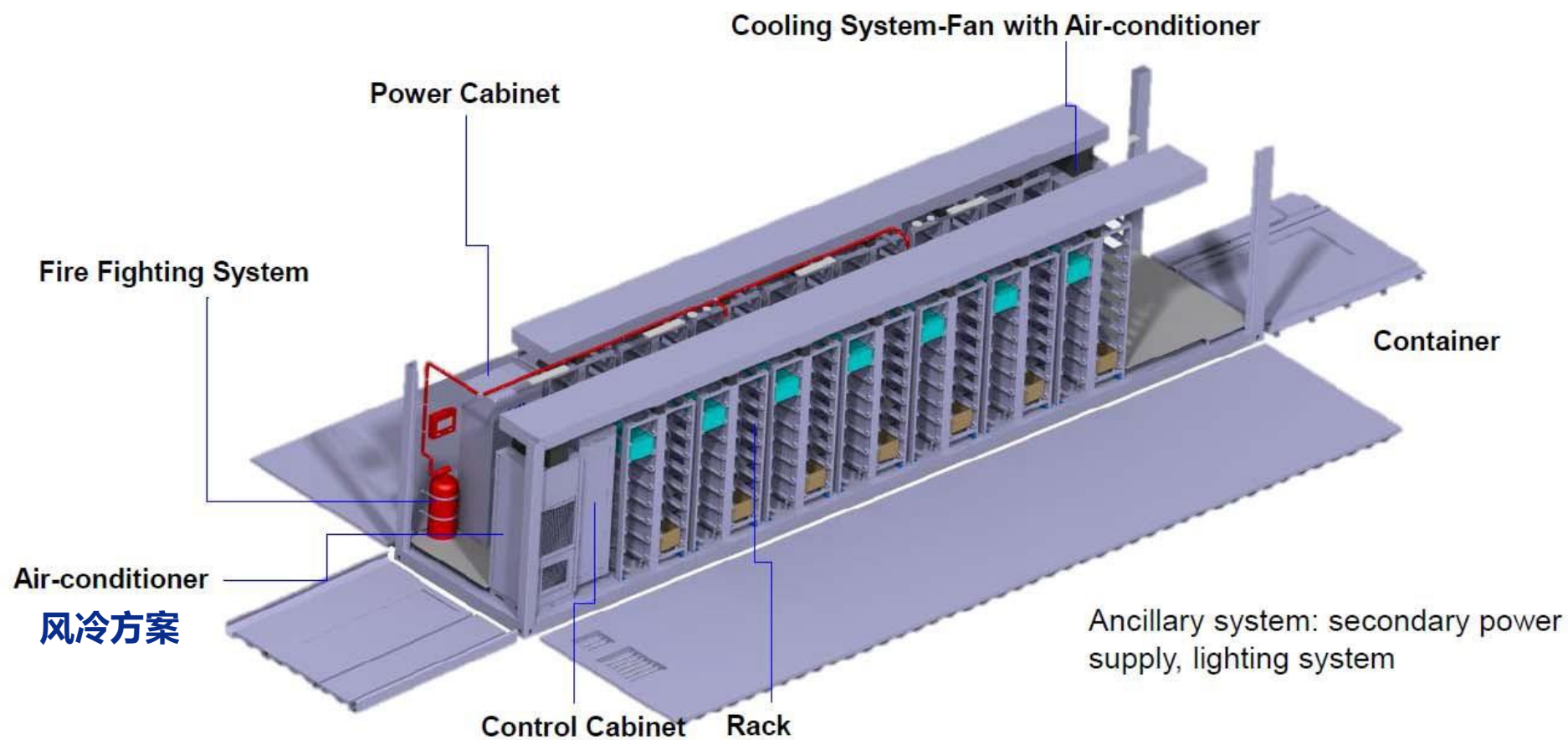
Table 3-1 Parameters of battery cell

No.	Item	Specification
1	Battery type	LFP
2	Nominal capacity	96 Ah
3	Nominal voltage	3.2V
4	Battery cell dimension (W×T×H)	175×27×200mm
5	Weight	2010±10g
6	Storage humidity range (RH)	≤85%

系统集成——CATL

锂电储能系统-集装箱

CATL



系统集成——CATL



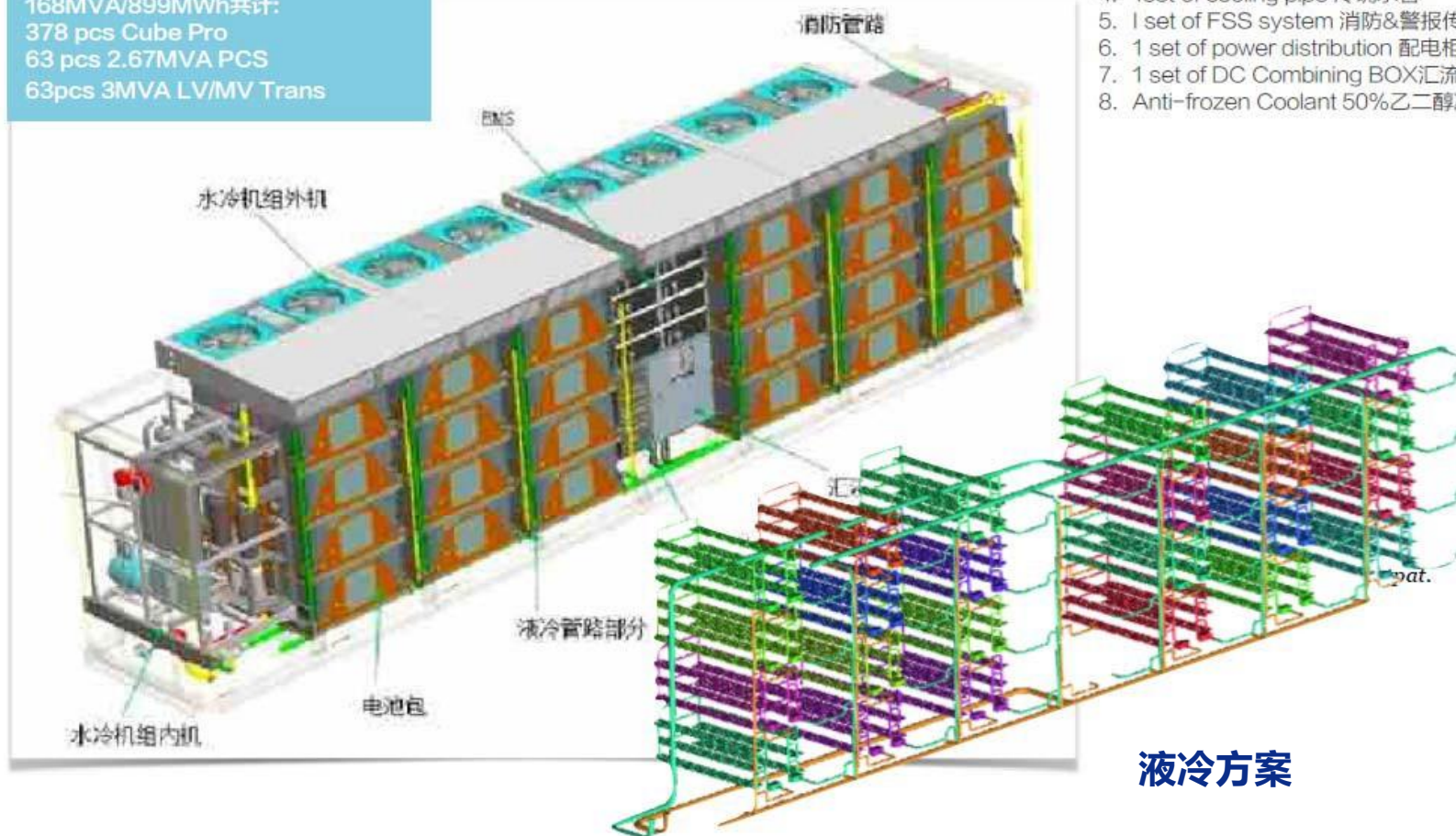
液冷方案

Item	Unit	Spec	Remarks
电量	kWh	6696	
电柜数量	ea	18	
充放电功率	kW	3.35	3465kW的户外PCS变压器一台机
面积	m ²	34.5	

系统集成——BYD

Cube Pro T28# Solution for TRS Project

详细BOM清单见附件BOM List
168MVA/899MWh共计:
378 pcs Cube Pro
63 pcs 2.67MVA PCS
63pcs 3MVA LV/MV Trans



Inside Per Cube Pro 每台Cube

1. 16 strings of Battery Pack/BMS 电池串
2. 8 units of FAN (on-top) 顶置风扇
3. 1 set of Liquid Cooling System液冷机组 C4
4. 1set of cooling pipe 冷却水管
5. 1 set of FSS system 消防&警报传感系统
6. 1 set of power distribution 配电柜
7. 1 set of DC Combining BOX汇流柜
8. Anti-frozen Coolant 50%乙二醇冷却液

液冷方案

系统集成——BYD

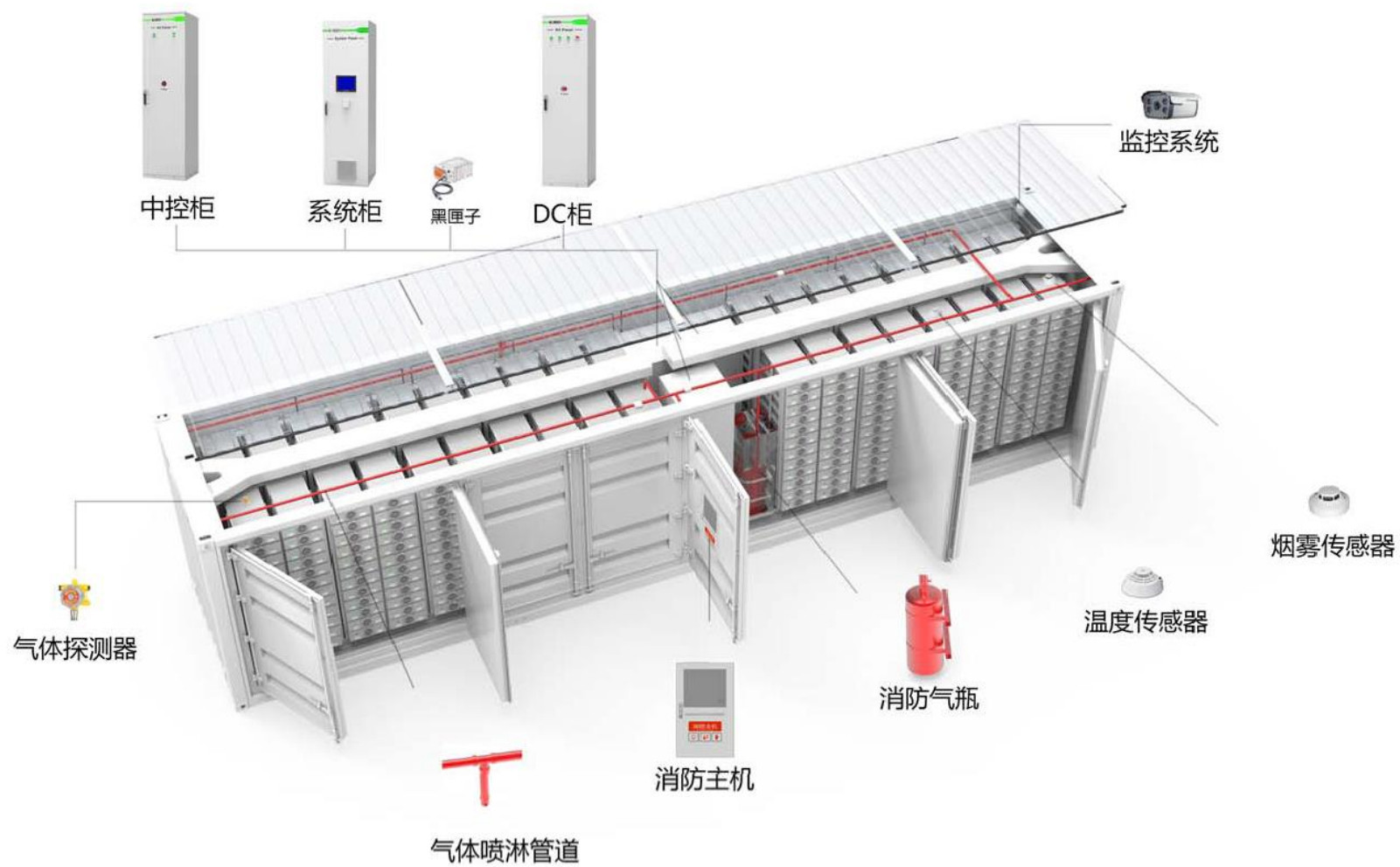
液冷方案外观图



长宽高: 9.6M x 1.7M 2.645 M /30吨

Cube Pro- front View

系统集成——深圳科陆



系统集成——阳光电源

高度集成：一体化储能集成系统



户外PCS **1MW~6.9MW**



40尺集装箱可容纳电池：**LFP-4.5MWh** **NCM-5.2MWh**



1 PCS



2 本地控制器



3 配电柜



4 电池簇+BMS



5 空调系统



6 消防系统

系统集成——上能电气

上能电气全系列储能变流解决方案

EC系列、EH系列、ES系列储能双向变流器，覆盖各类应用场景的解决方案

ES
系列



125/250kW
DC/DC双向变流器

EC
系列



125/250/375kW
中功率模块化储能变流器

EH
系列



500/630kW
大功率柜式储能变流器



2.5/3.125/3.45MW
1500V
大功率户外型储能变流器

集成
方案



1/1.26MW
箱式储能变流器



2/2.5MW
中压箱式储能变流器



2.5/3.125/3.45MW
中压箱式储能变流器



5/6.25MW
中压箱式储能变流器

各类应用场景



新能源电站



火电调频



电网调峰



微型电网



削峰填谷



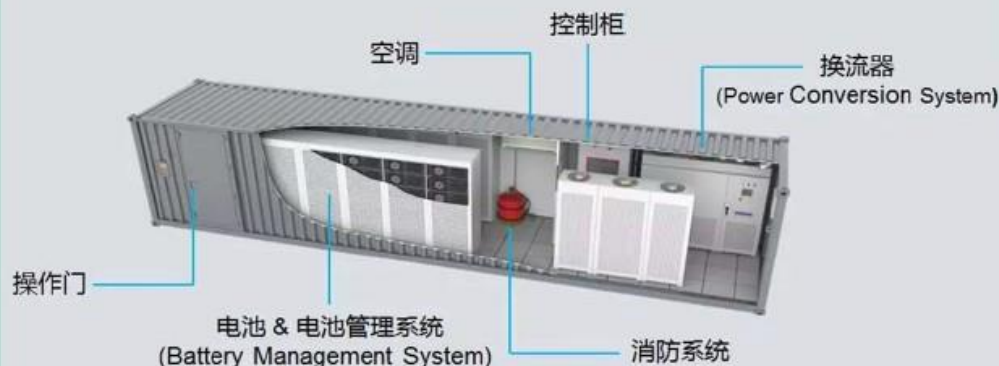
平滑负荷



系统集成——上能电气

储能集成方式——电池与PCS分开

常规集成（PCS+电池系统）



方案不足:

1. PCS工作产热量较大，不利于储能电池工作环境；
2. 交直流设备在同一个集装箱中对设备通讯干扰较大；
3. 需要单独设计PCS仓室、风道、走线、固定安装结构支架等，项目开发周期较长。

上能推荐集成方式



PCS+变压器集成



PCS单独集成

方案特点:

1. PCS和电池空间上的分离，提高了系统的安全性和可靠性；
2. 集成化的设计，系统损耗低、效率高、成本低、占地面积小、维护方便。

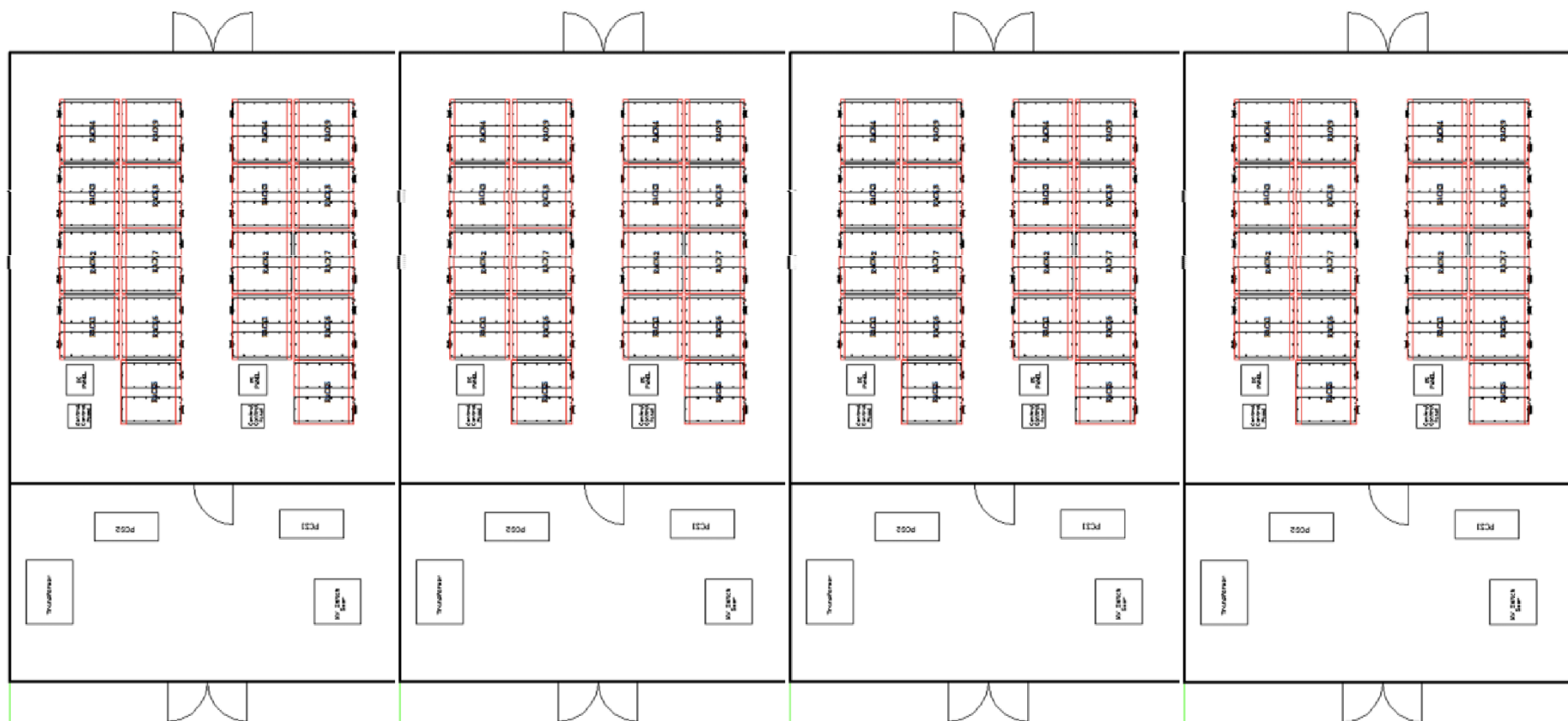
因此，针对容量在1MW以上的项目，上能推荐采用**性价比、安全性、可靠性高**的箱式集成方案。



典型集装箱式储能站



典型站房式储能站



一、储能基础知识

1.4 储能系统电气接线



Transformer
3.5MVA



PCS
3.2MW

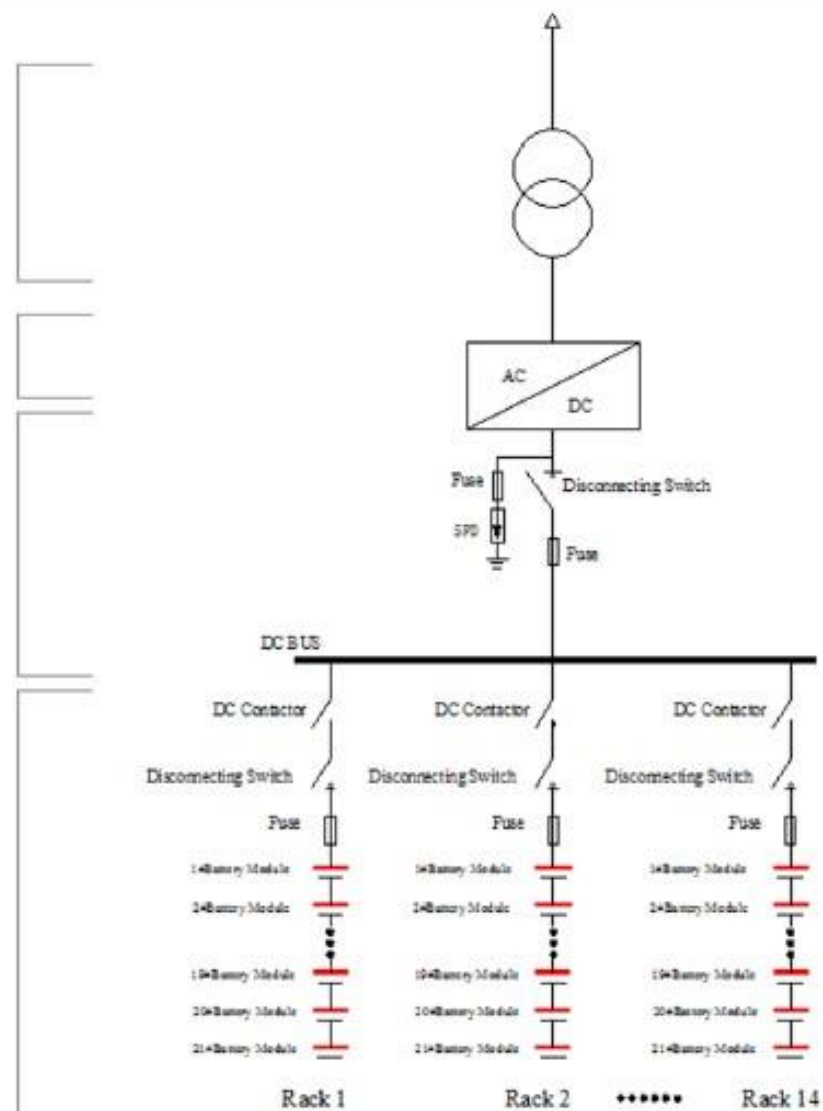


DC柜

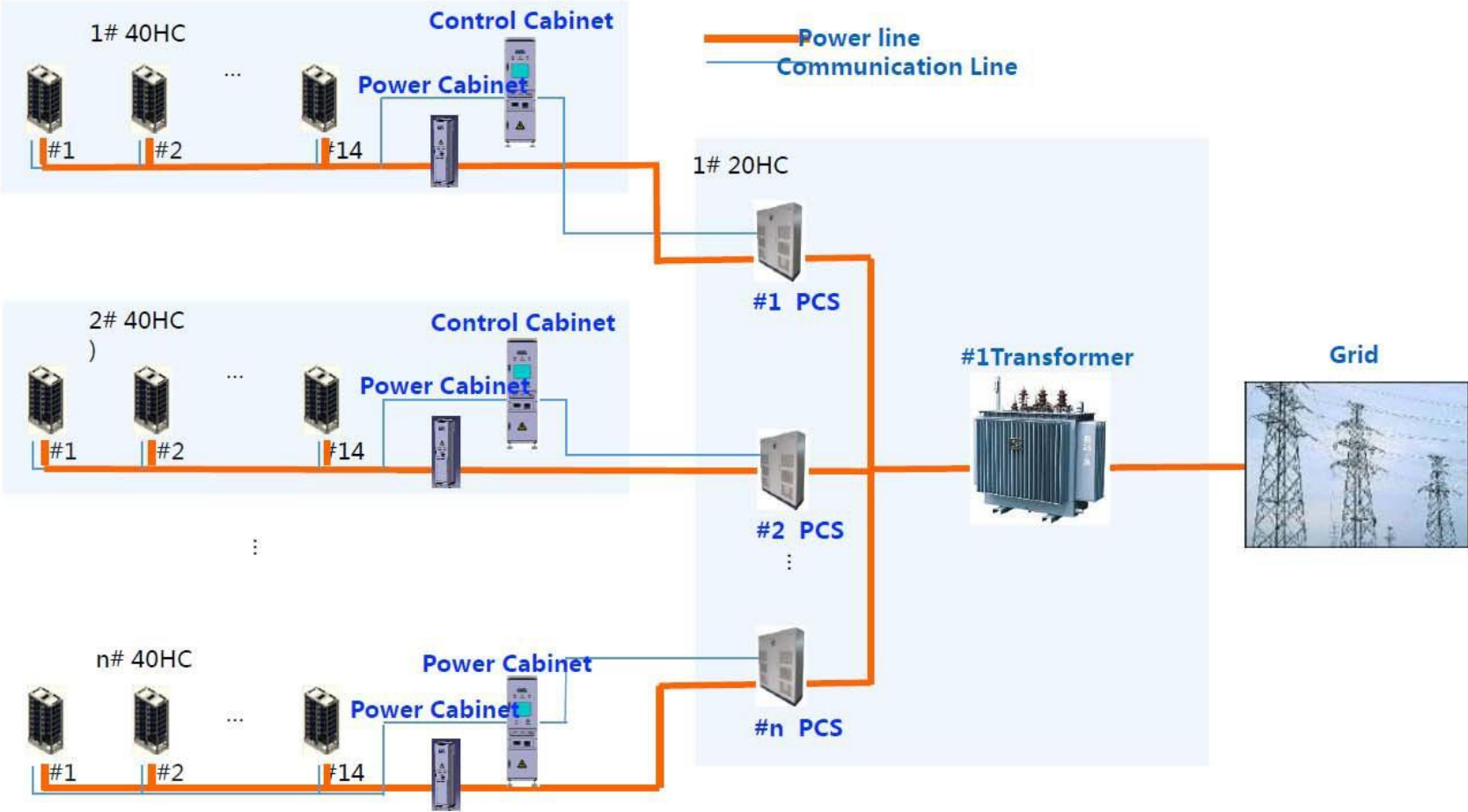
DC Panel



Battery Array
3612.67kWh



储能站电气接线



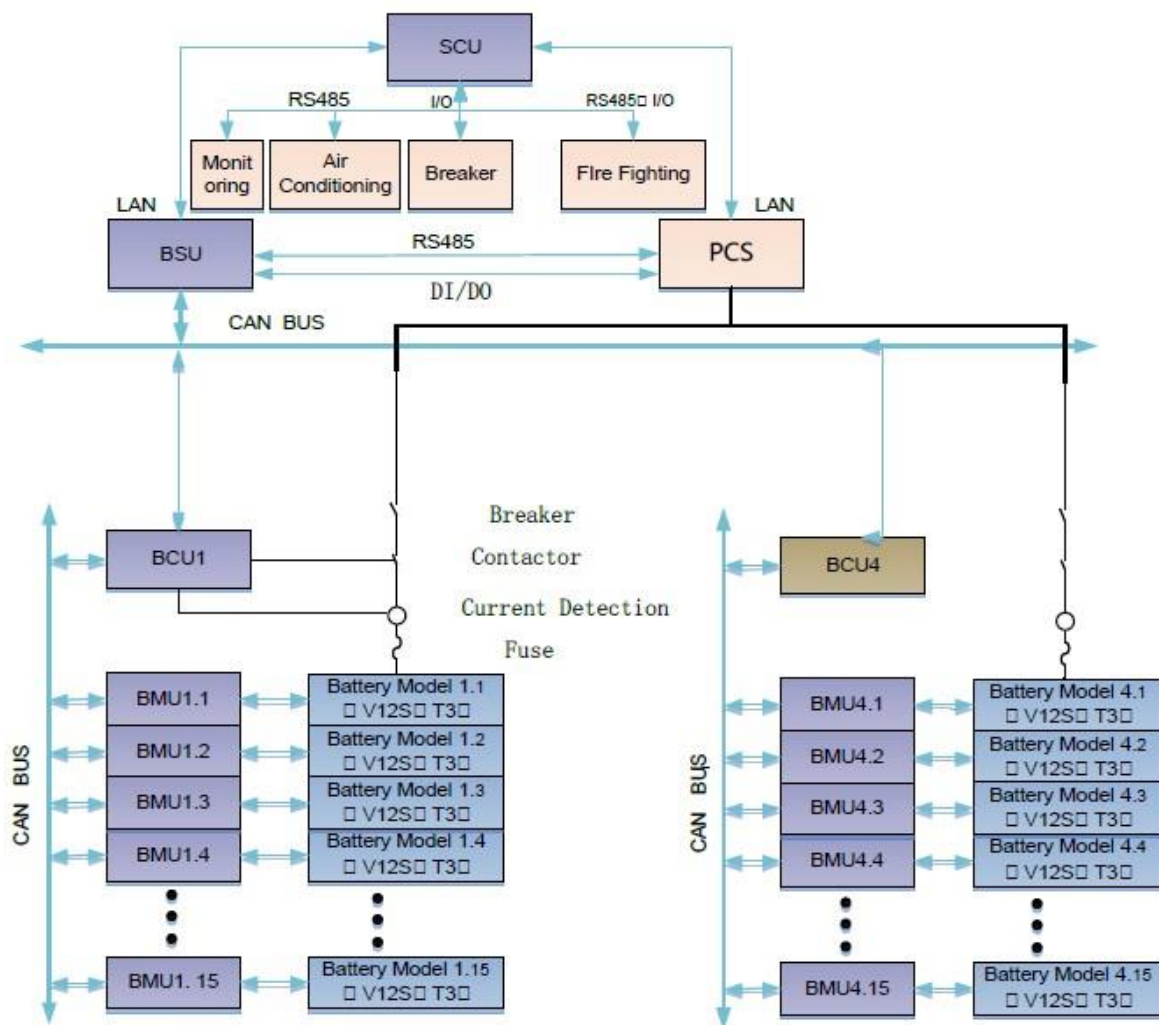
1.5 储能系统控制架构

电池管理系统BMS一般包括四级

- SCU (System Site Control Unit)
- BSU (Battery Stack Control Unit)
- BCU (Battery Cluster Control Unit)
- BMU (Battery Module Monitoring Unit)

主要功能

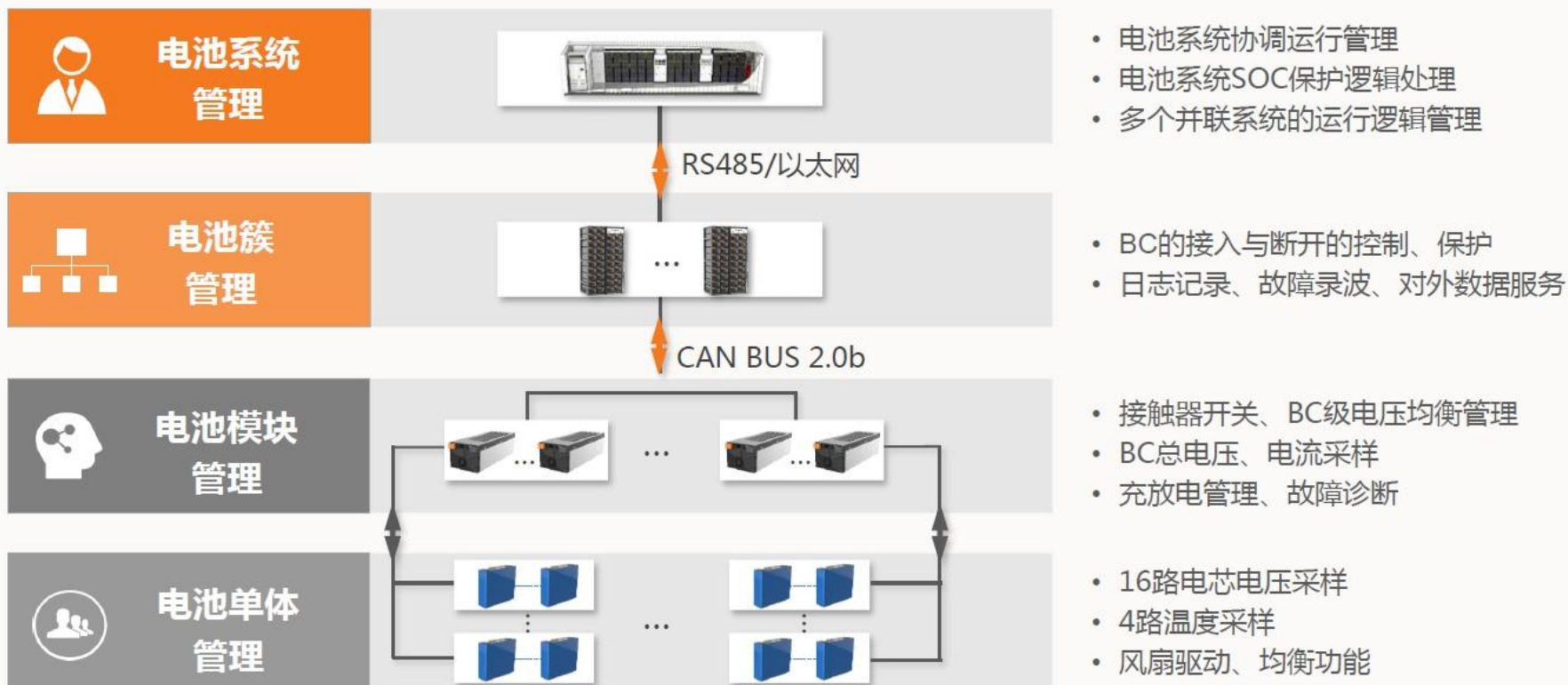
- 实时电压、电流、温度等监控
- 实时荷电状态SOC估计
- 各种过充、过放、过流、过压、欠压、高温、低温等异常情况警报和保护
- 建立BMS的各个部分与EMS的通讯



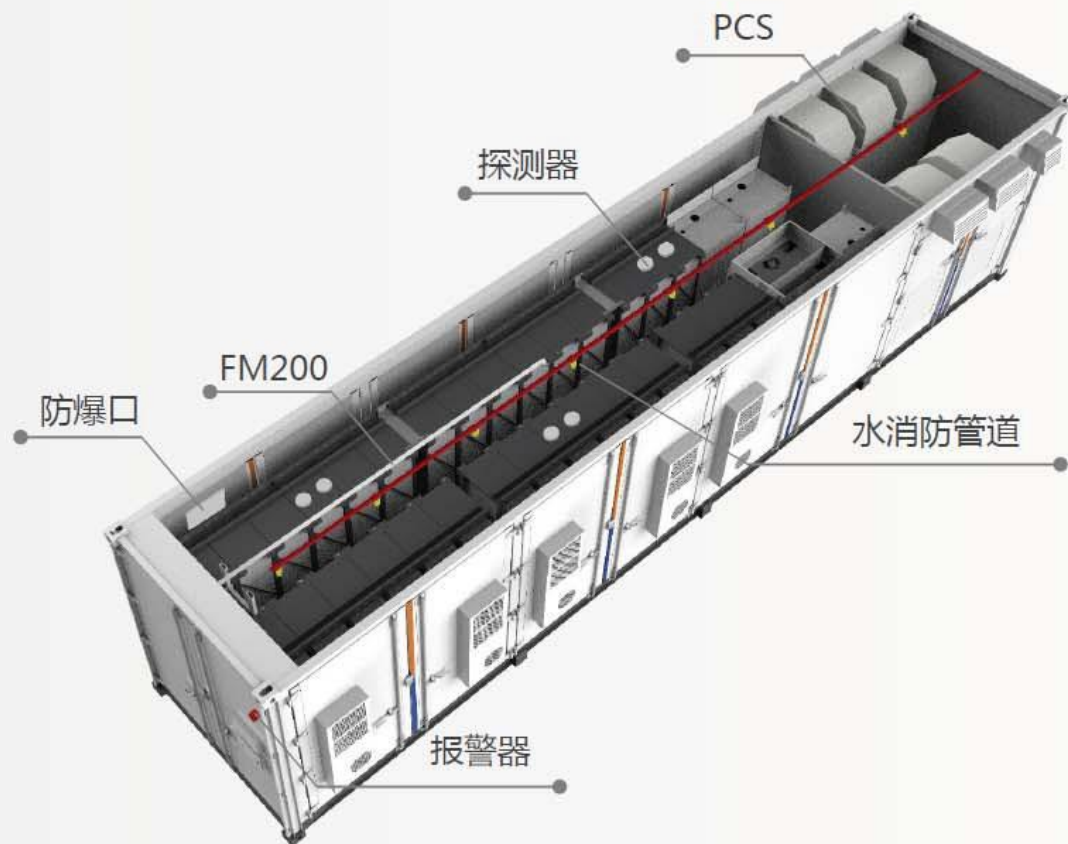
1.5 储能系统的控制架构

直流管理：电池四级管理

- 电芯毫秒级、高精度实时监测与管理，预防过充、过放、过流、过压、欠压 ...等激源的产生，提高系统安全性，另外可延长电池寿命与利用率



1.6 储能系统的消防



• 极早期/早期预警

一路气体探测器或感烟动作时，发出火警信号，防护区内部警铃响起

• 火灾报警与应急疏散

感烟、感温均动作时，防护区外声光报警动作，提醒人员快速疏散，同时联动设备动作，启动灭火

• 自动快速灭火

10秒内全浸没，气化吸热、降低氧气浓度及切断电池“链式”反应，达到快速灭火

• 应急预案（可选）

人工开启水消防后，电池顶部喷淋，抗复燃

1.6 储能系统的消防

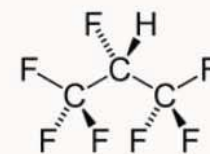
主要灭火方案/七氟丙烷灭火剂

七氟丙烷 (HFC-227ea/FM200)

七氟丙烷 (HFC-227ea/FM200) 是一种以化学灭火为主破坏燃烧反应链兼有物理灭火作用的洁净气体化学灭火剂，它常温下为气态，无色、无味、低毒、不导电、不污染被保护对象，不会对财物和精密设施造成损坏。

作为新型灭火剂，FM-200®是第一个被美国保险商试验室(UL)检测认可；美国制造商保险协会(FMRC)检测通过；符合美国国家消防协会NFPA 2001 标准；被美国航空计划所(SNAP) “重要新替代品政策委员会” 批准允许用于有人值守区域，而且无使用限制的产品。

七氟丙烷成功地解决了破坏臭氧的问题，目前被广泛的使用为哈龙替代灭火剂之一，然而由于其具有很高的温室效应潜能值和很长的大气存留时间（35年），现在英美等国已将其列入受控制计划之列，不宜作长期替代物考虑



七氟丙烷灭火剂在室温下气态，需要进行加压存储，通过氮气推动喷放时呈气态。

七氟丙烷具有很好的灭火效果，其灭火机理为80% 物理反应，20%化学反应：

化学灭火作用：通过与燃烧物发生化学反应，抑制引起火焰传播的化学链式反应，从而阻止火势的发展；

物理灭火作用：释放出的气化液体会对周围环境，接触的物体会造成降温效果，从而达到冷却的作用，使火焰快速丧失热量，也由此中断燃烧的链式反应

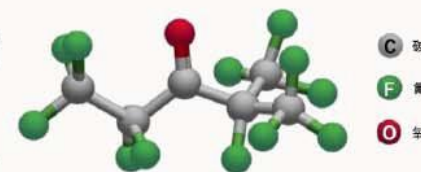
1.6 储能系统的消防

主要灭火方案/全氟己酮灭火剂

全氟己酮(Novec1230/FK-5112)

2001 年5 月，美国3M 公司推出了商品名称为Novec 1230 的新型洁净灭火剂，并在2001 年9 月在美国进入商业推广阶段。2010 年Novec 1230 被温哥华冬奥会选定为气体灭火剂唯一使用产品。

Novec 1230 属于氟化酮(Fluorinated ketone) 类，化学代号为FK-5-1-12。该灭火剂既不属于HFC，也不属于惰性气体类，是一种全新的哈龙替代品，在哈龙替代领域取得了突破性进展。目前FK-5-1-12 已被列入ISO-14520、NFPA2001，已在美国、加拿大、澳大利亚、日本、韩国等国和欧洲地区注册使用，得到了美国环保署的认可。



室温下储存时为液态，在氮气推动喷放时即刻呈气态。其灭火机理是通过物理和化学两方面的作用灭火

化学灭火：即捕捉自由基，抑制引起火焰传播的化学链式反应，从而阻止火势的发展；

物理灭火：即通过分子强烈的热运动带走大量的热，从而达到冷却的作用。释放后，Novec 1230 气体与空气形成气态混合物，热容量比单独的空气大很多，吸收更多的能量。这一很强的吸热能力，使火焰快速丧失热量，也由此中断燃烧的链式反应。

1.6 储能系统的消防

密级：秘密

主要灭火方案/气溶胶灭火剂

气溶胶

气溶胶是液体或固体微粒悬浮于气体分散介质中形成的一种溶胶。热气溶胶以催化、破坏燃烧反应链等原理灭火。普通型的气溶胶灭火后有残留物，属非洁净灭火剂，而新一代S型气溶胶具有较高的洁净度。

气溶胶发生剂为一种含能材料，属于烟火药的一种。相对于其他类型的灭火剂的主要优点是，它不需要采用耐压容器，因为含能材料本身燃烧时可提供驱动能量，它可以以全淹没的方式灭火。



S型气溶胶灭火装置中的固态灭火剂通过电启动，其自身发生氧化还原反应形成大量凝集型灭火气溶胶，其成分主要是N₂、少量CO₂、金属盐固体微粒等。灭火机理为

化学作用：即捕捉自由基，抑制引起火焰传播的化学链式反应，从而阻止火势的发展。

物理作用：降温，金属盐微粒在高温下吸收大量的热，发生热熔、气化等物理吸热过程，火焰温度被降低，进而辐射到可燃烧物燃烧面；降低氧浓度，灭火气溶胶中的N₂、CO₂可降低燃烧中氧浓度，但其速度是缓慢的，灭火作用远远小于吸热降温、化学抑制。

1.6 储能系统的消防

主要灭火方案/细水雾灭火

细水雾

用高压的方式，将水强压出来，形成直径小于1000um的水微粒。细水雾系统的重要部件是喷嘴，而且喷嘴是整个细水雾系统的唯一的一个高科技产品，也是能形成细水雾的关键部位。

细水雾技术可以利用其含氮水汽将空气与易燃物有效的隔开，从而能快速的防止火势蔓延和恶化。其喷出的高速水雾，也可以高效的清洗空气中的烟雾，有利于被火势围困人员的撤离。而且由于其速度快，所以其穿透力里极强，能直达火源的根部，将火势彻底的控制和扑灭，有效的防止了火源的再次复燃。

由一个或多个细水雾喷头、供水管网、加压供水设备及相关控制装置等组成，系统工作压力大于3.5MPa，能在发生火灾时向保护对象或空间喷放细水雾并产生扑灭、抑制或控制火灾效果的自动系统。灭火机理：

- 通过微水雾滴实现巨大的吸热表面积，达到冷却效果；
- 通过水雾吸热快速气化，形成局部氧气置换达到窒息抑制作用；
- 通过超微雾化的水滴及气化形成的水蒸气，阻断辐射热，抑制燃烧蔓延。



1.6 储能系统的消防

主要灭火方案/各种灭火方案对比

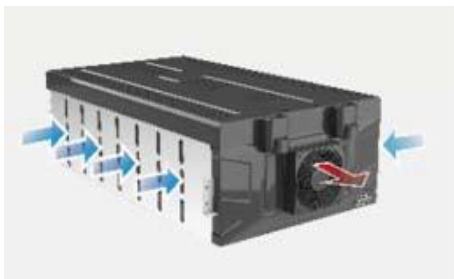
灭火系统		七氟丙烷	全氟己酮	气溶胶	细水雾
优点		1. 无污染。喷放后全部气化，无污渍、无痕迹，具有无色、无味特点，可以用于有人员工作的场所（浓度不得大于10.5%）。 2. 灭火效能高。 3. 电绝缘性好。灭火后不留痕迹，对电器电子设备无腐蚀及污损，适宜扑灭电器火灾；市场普及度高，应用广泛，充装方便。	1. 无污染对人员无害。喷放后全部气化，无污渍、无痕迹，具有无色、无味特点，可以用于有人员工作的场所。大气存留时间仅为5天，相比七氟丙烷的35年更加环保； 2. 灭火效能高，降温效果显著。 3. 电绝缘性好。灭火后不留痕迹，对电器电子设备无腐蚀及污损，适宜扑灭电器火灾； 4. 储存空间小——临界温度高，临界压力值低，可在常温下液化储存，其充装密度大，占用空间小。	1. 成本相比七氟丙烷略低； 2. 不需要耐压容器，模块化设计，选型安装便利，使用寿命长； 3. 可采用物理启动方式，无需配置控制系统。	1. 对人安全，可以高效的清洗空气中的烟雾，有利于被火势围困人员的撤离； 2. 良好的降温效果，可屏蔽热辐射，阻止火势扩散。 3. 可持续喷放，有效防止复燃
缺点		1. 需要加压存储，钢瓶需要定期维护及更换。 2. 降温效果一般，不能有效降低火灾现场热量。 3. 欧美部分国家已有限制政策 4. 产生温室效应	1. 成本相比七氟丙烷略高 2. 国内没有普及，暂无国标规范	1. 清洁度一般，释放后会有残留物； 2. 不建议用在有人环境； 3. 启动方式为内部热熔，有自爆风险，物流运输有限制	1. 相比传统的水喷淋灭火系统较昂贵； 2. 对水质要求很高，较差水质易引起损坏； 3. 对电气设备有损害； 4. 灭火时间长。

1.6 储能系统的消防

名称	常温状态	毒性	腐蚀性	残留	灭火机理	适用火灾类型	分子式
水	液态	无	无	有	物理降温，隔绝氧气	非电气类，与水无反应	H ₂ O
七氟丙烷	无色、无味、气态	低毒	无	无	化学灭火为主兼有物理	B、C类火灾及电气火灾	
全氟己酮	无色无味的液体，易气化	无	无	无	降温，隔绝氧气	B、C类火灾及电气火灾	
气溶胶	气态	无	有	有	降温，隔绝氧气	B、C类火灾及电气火灾	N ₂ ，CO ₂ 及金属盐颗粒等

1.7 储能系统的通风（HVAC）

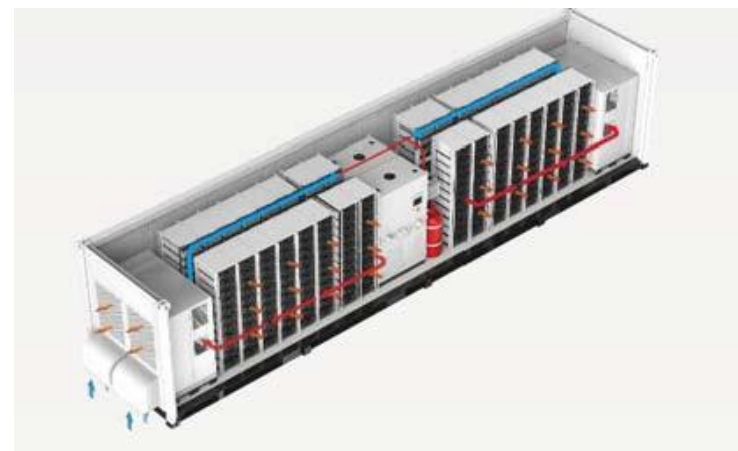
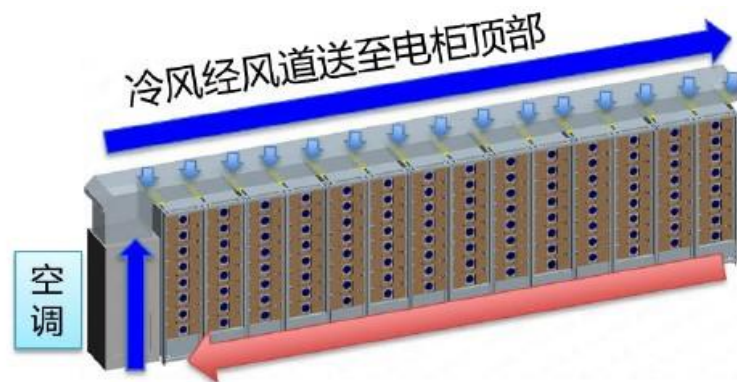
空调风冷



模组风扇



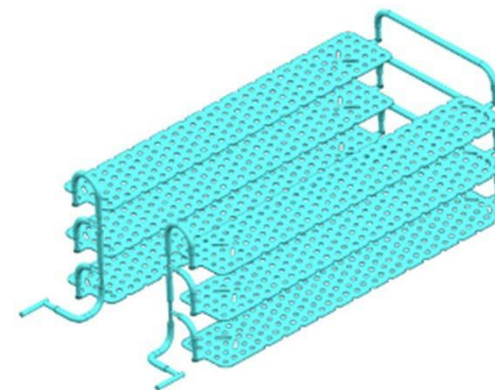
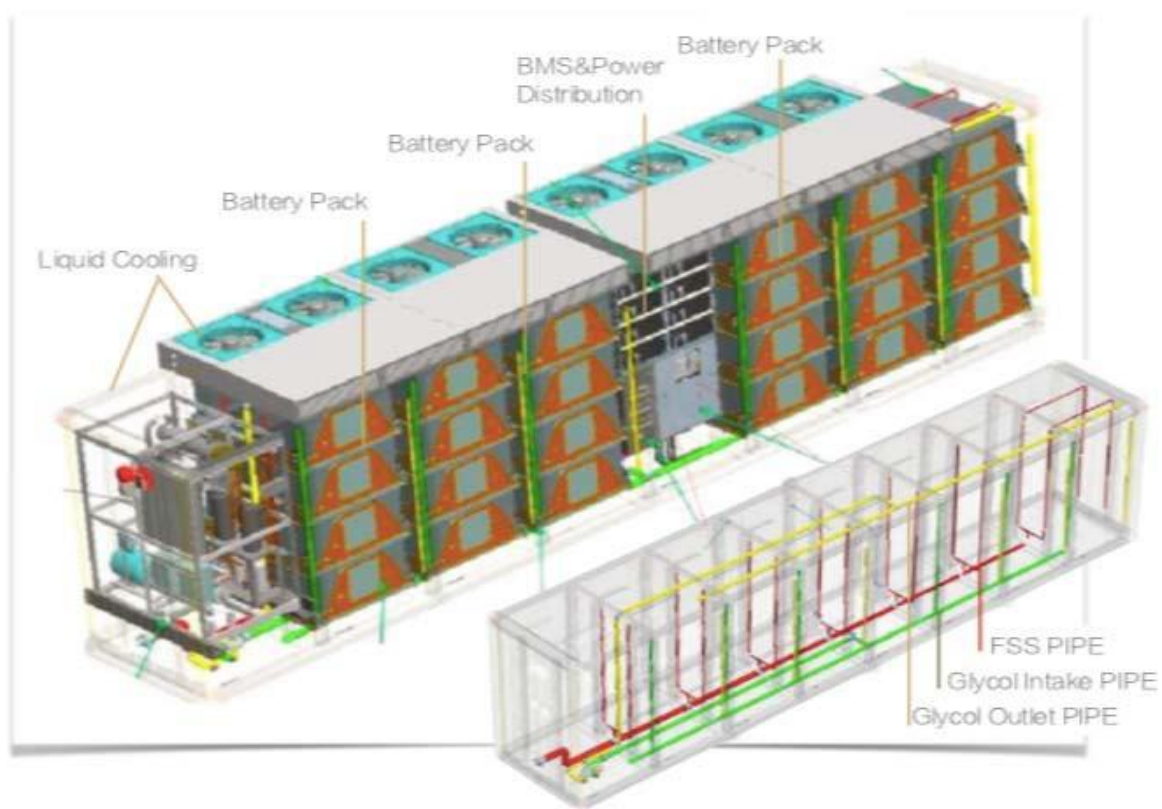
电池簇风扇



空调+风道

1.7 储能系统的通风（HVAC）

液冷



1.8 储能系统的生产周期、运输、储存及安装



Cube Pro T28# Solution for TRS Project

Cube Pro 现场吊装 & 运输方式



Cube Pro陆路运输（承重合适拖车及可）



Cube Pro 海运运输：综合对比各方案：

1. 开顶箱 - 超重
2. 租船公司框架箱, 运载量小, 需放置顶层
3. 定制框架箱, 可解决仓位少问题, 增加定制成本以及运后框架回程（收）增加海运费用；
4. 散货船, 可多次吊装, 无需定制, 但需要航线需合适, 海运时间长, 另外MOQ 5000 CBM/tons船公司才接收, 需在起运港/目的港等货齐全, 产生堆场费用；

集装箱式



一般50MWh的储能系统从合同签订到交货约4~5个月

站房式

1.8 储能系统生产、运输、储存及安装

- 磷酸铁锂电池的储存温度在18-25 °C较适宜
- 存储仓库应保持干燥、通风，控制湿度
- 仓库应满足9级危险品存储等级

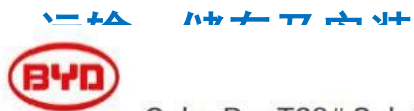
40%	SOC (40%SOC) ESS storage degradation
45°C	For 28 days 1.46%
35°C	For 28 days 0.72%
25°C	For 28 days 0.42%

主要原因： 1) 存储条件不同，上电的要求周期会有较大差别，目前在25°C左右，不太强调限定时间，但会产生损耗（日历衰减） 2) 留给安装队伍的窗口期同样跟温度有强相关，温度适宜的情况下，停留2个月也问题不大，但温度超过45°C，则不能超过2周，55°C到60°C，一般不能超过7天（或者更短），60°C以上存储可能会失去质保。

3) 如果存储环境不理想，空调的安装必须在设备落位后最迟两周内完成并空调的上电。

4) 建议要分批运输，防止库存

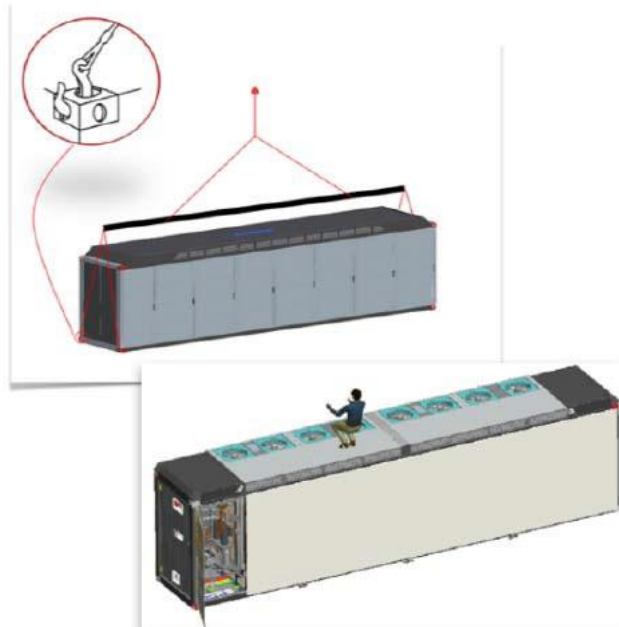
1.8 储能系统生产



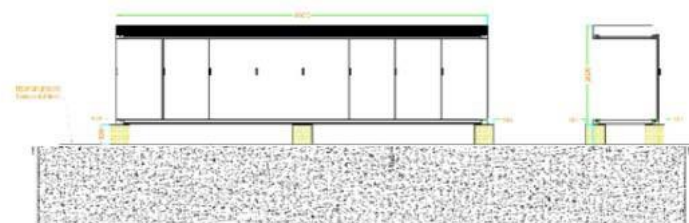
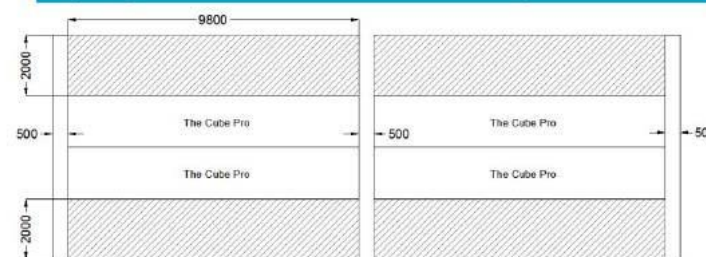
集装箱式安装

Cube Pro T28# Solution for TRS Project

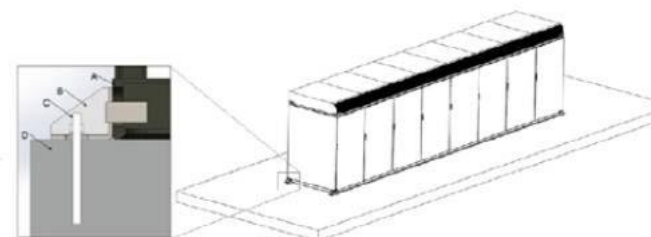
Cube Pro 现场吊装 & 施工



Door opens in front designed,
Layout by back-back 前开门无过道设计, 现场施工可背靠背layout 减少占地面积



A: Foundation crated from Concrete Structure

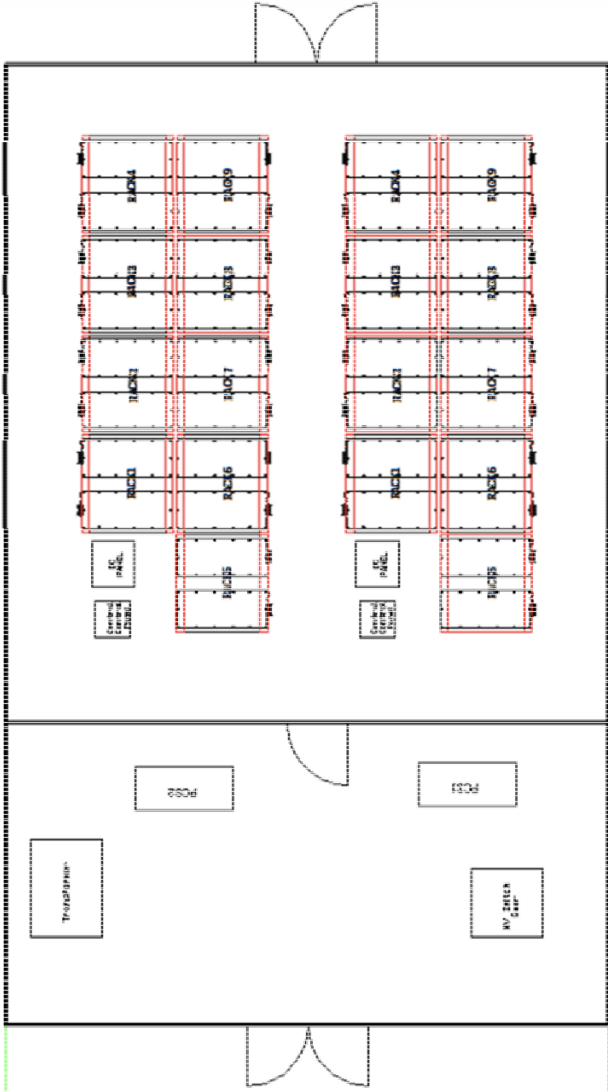


B: Foundation crated from A Concrete made- Plate

1.8 储能系统生产、运输、储存及安装

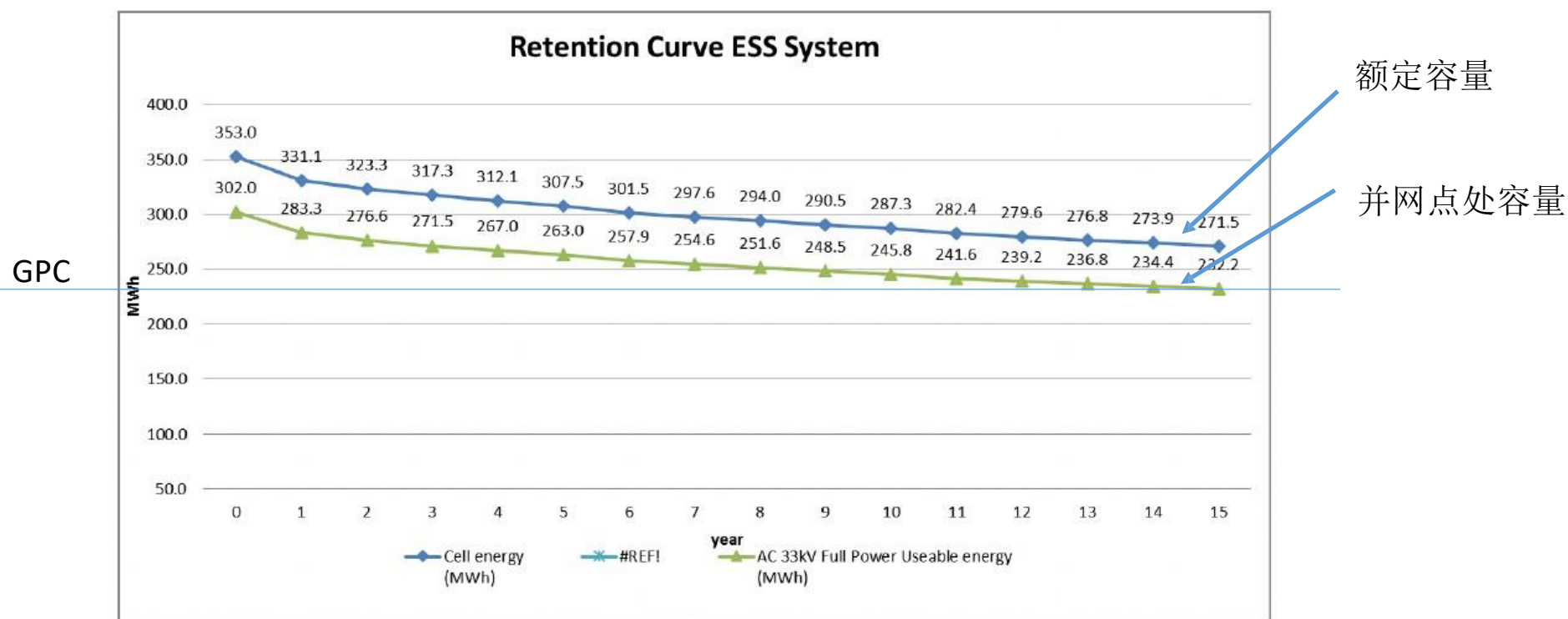
站房式安装

NO.	Tool	Description	Remarks
1		Screw driver	
2		Allen key set	
3		Socket wrench set	10、16、18mm
4		Torque wrench	10、16、18mm
5		Multimeter	
6		Marker pen	
7		Mobile forklift	
8		Insulating gloves	



1.9 性能考核

红海项目性能考核主要包括：1) 保证发电容量，GPC：**注意定义**，一般定义为考核点处全生命周期都需达到的最低容量。但红海项目要求仅并网时的容量，后续年份衰减不低于投标文件时的保证值。



1.9 性能考核

2) 循环效率, RTE (注意自耗电是在储能系统取电还是在电网取电)



充电:

Rated Capacity x DoD x Group Efficiency / PCS losses / MV transformer losses / Cable losses / Measurement error + Auxiliary consumption (MW) x Charging hours = Charging capacity

放电:

Rated Capacity x DoD x Group Efficiency x PCS losses x MV transformer losses x Cable losses x Measurement error - Auxiliary consumption (MW) x Discharging hours = Discharging capacity

RTE=Discharging/Charging

一般85%左右

1.9 性能考核

3) 待机状态下的自耗电 Auxiliary Consumption during Standby 暖通、照明、PCS待机、MV变压器待机、储能待机 etc 状态下的自耗电

Item	Power rating (kW)	Number of Item	Max self-consumption-in-operation (kW)
Site 2 and Site 3:Auxiliary power			
battery rooms1	76.34	17	1297.78
battery rooms2	38.22	1	38.22
2MW PCS container	0.61	35	21.35
33KV switch station	71	1	71
Total power			1428.35
Site 1:Auxiliary power			
battery rooms1	76.34	13	992.42
2MW PCS container	0.61	26	15.86
33KV switch station	71	1	71
Total power			1079.28

1.9 性能考核

4) 设计使用寿命

- 循环寿命和日历寿命的较低者。
- 例如: 每天一充一放, 每年365次充放电, 15年循环寿命为5475 (5500) 次。一般会考核15年或5500次较低者
- 充放电的工况 (一天几次) 需与业主明确

5) 其他可能考核的指标:

- 备品备件;
- 备品库 (续提供合适的存储环境) ;
- 质保期;
- 增补策略

目录



储能基础知识

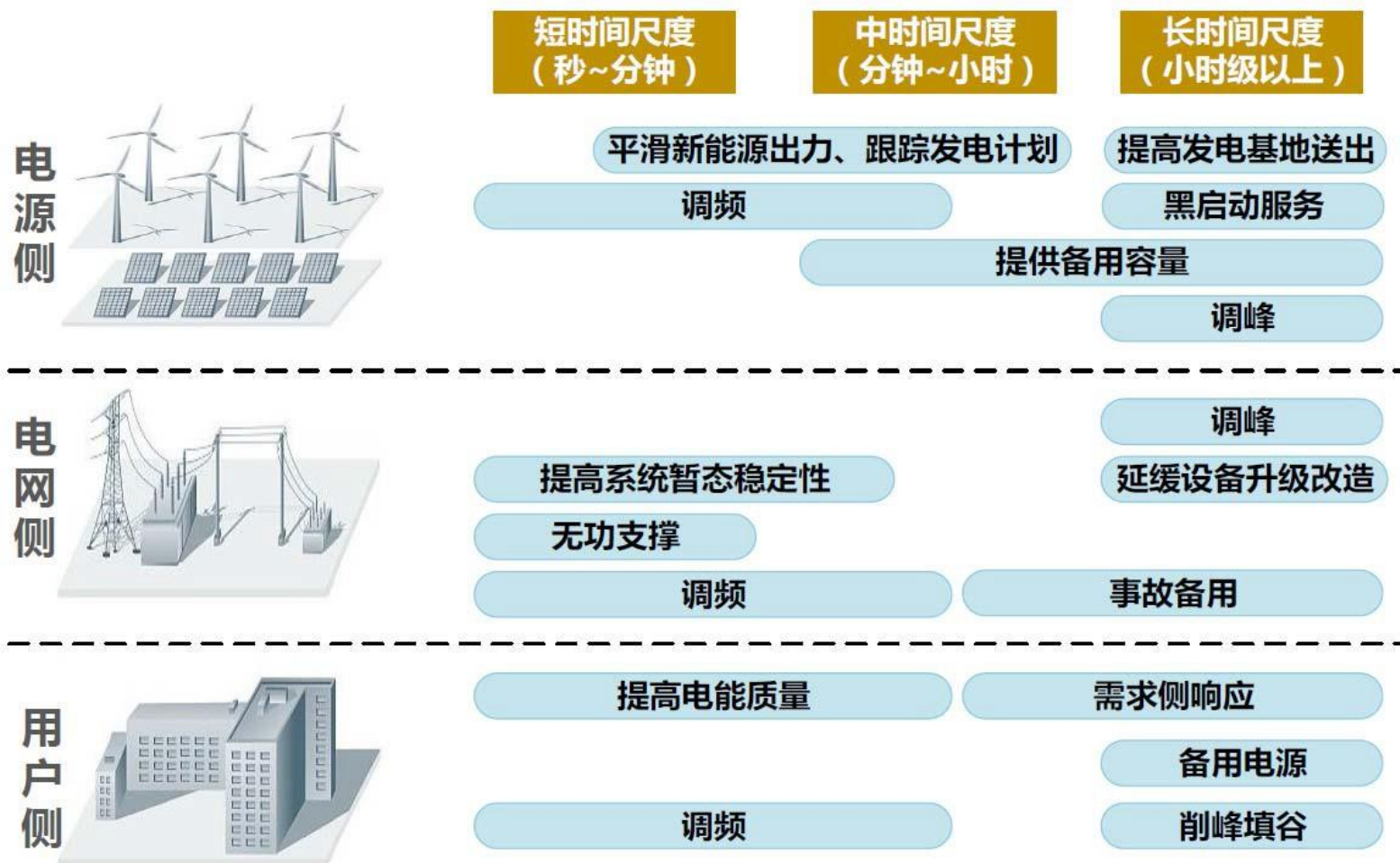


储能应用场景



储能成本分析

二、储能应用场景

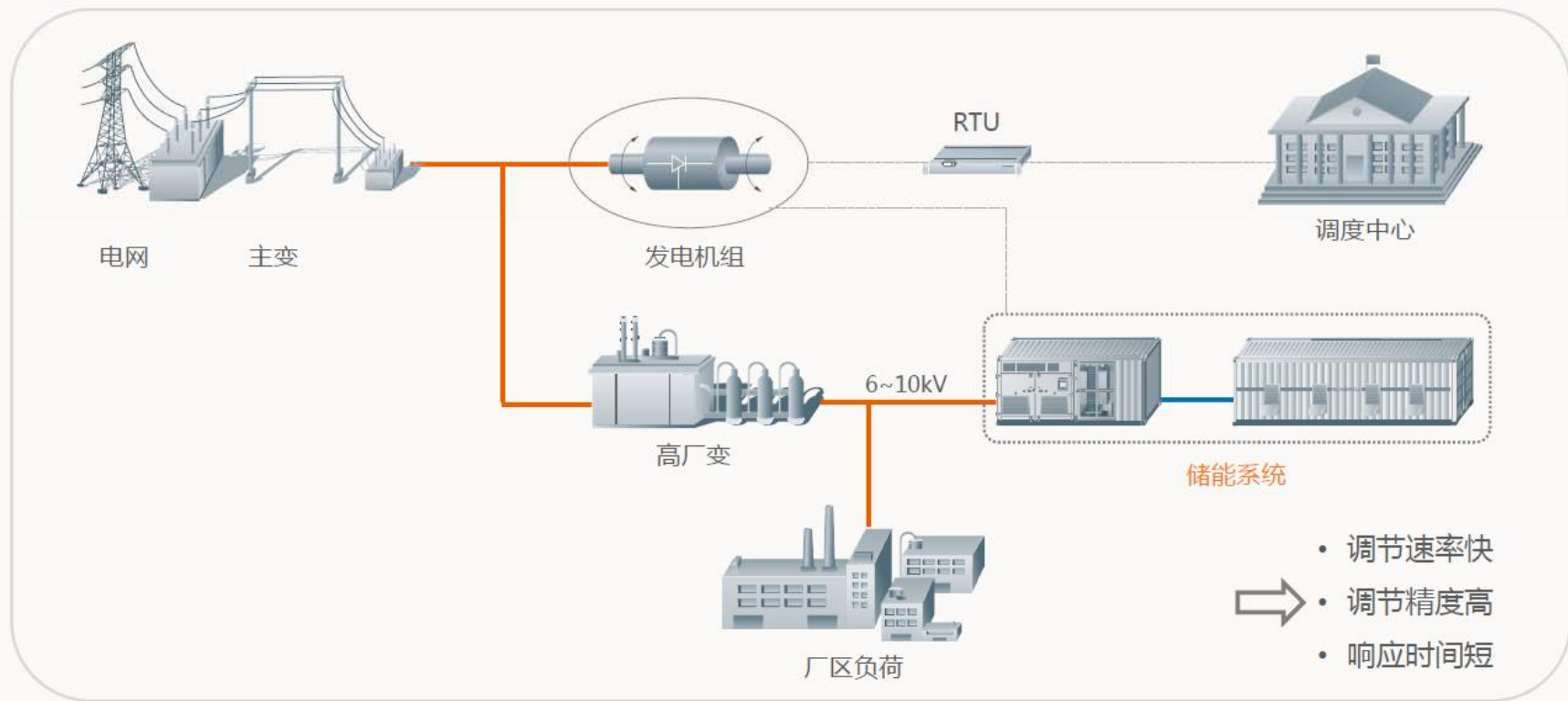


二、储能应用场景

密级：公

发电侧：火储融合调频解决方案

储能系统接入高厂变低压侧，联合火电机组参与AGC辅助调频服务；储能系统一般配置容量为机组容量3%，配置时长0.5h或1h



二、储能应用场景

电网侧储能解决方案

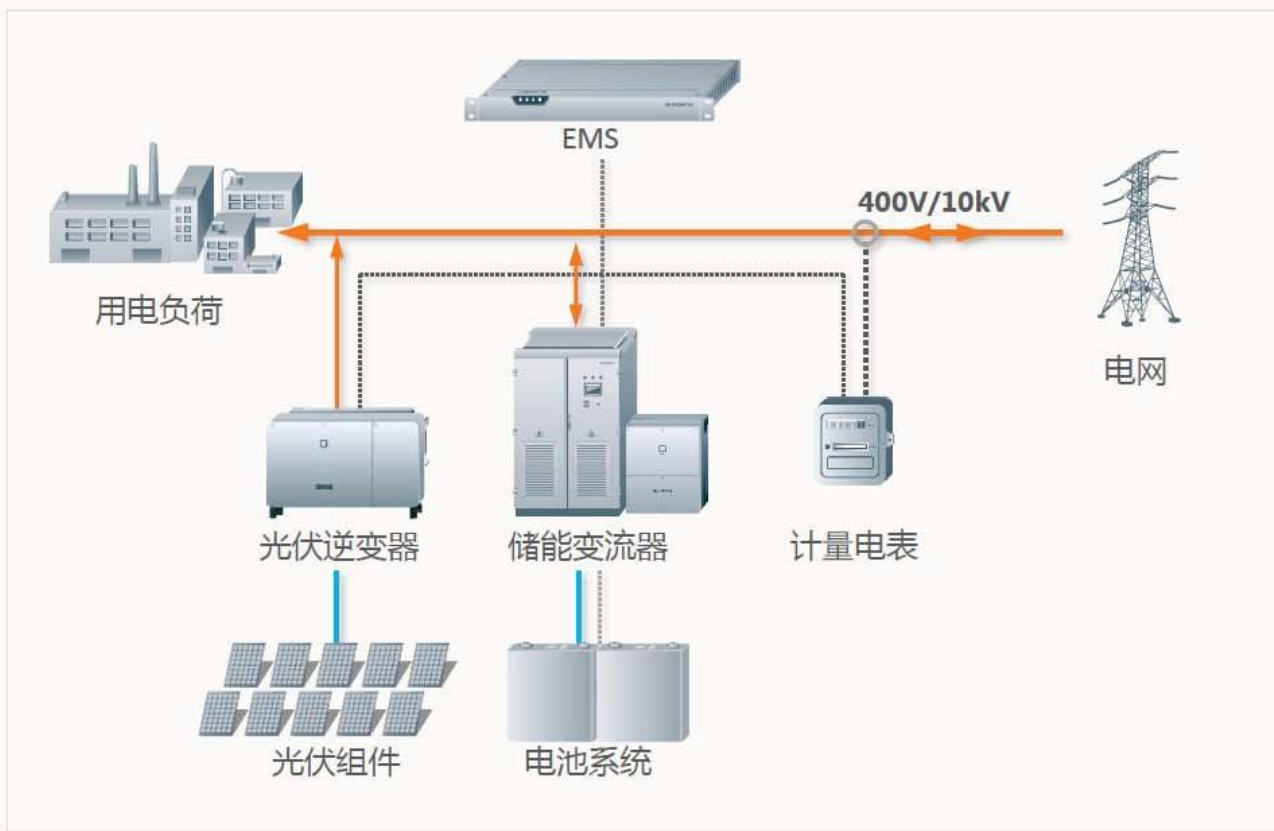
- 适用于对调频、调峰需求较大的干路电网节点
- 在本地控制模式下，结合当天负荷预测结果，下发充放电控制指令；在AGC调度控制下，与区域内发电机组一同进行分区的断面控制，100ms以内快速响应，实现调峰、调频



二、储能应用场景

密级：公开

用户侧：工商业储能解决方案



- 峰谷套利
- 需求响应
- 需量管理
- 后备电源
- 提高自用率

二、储能应用场景

功率型需求特点：

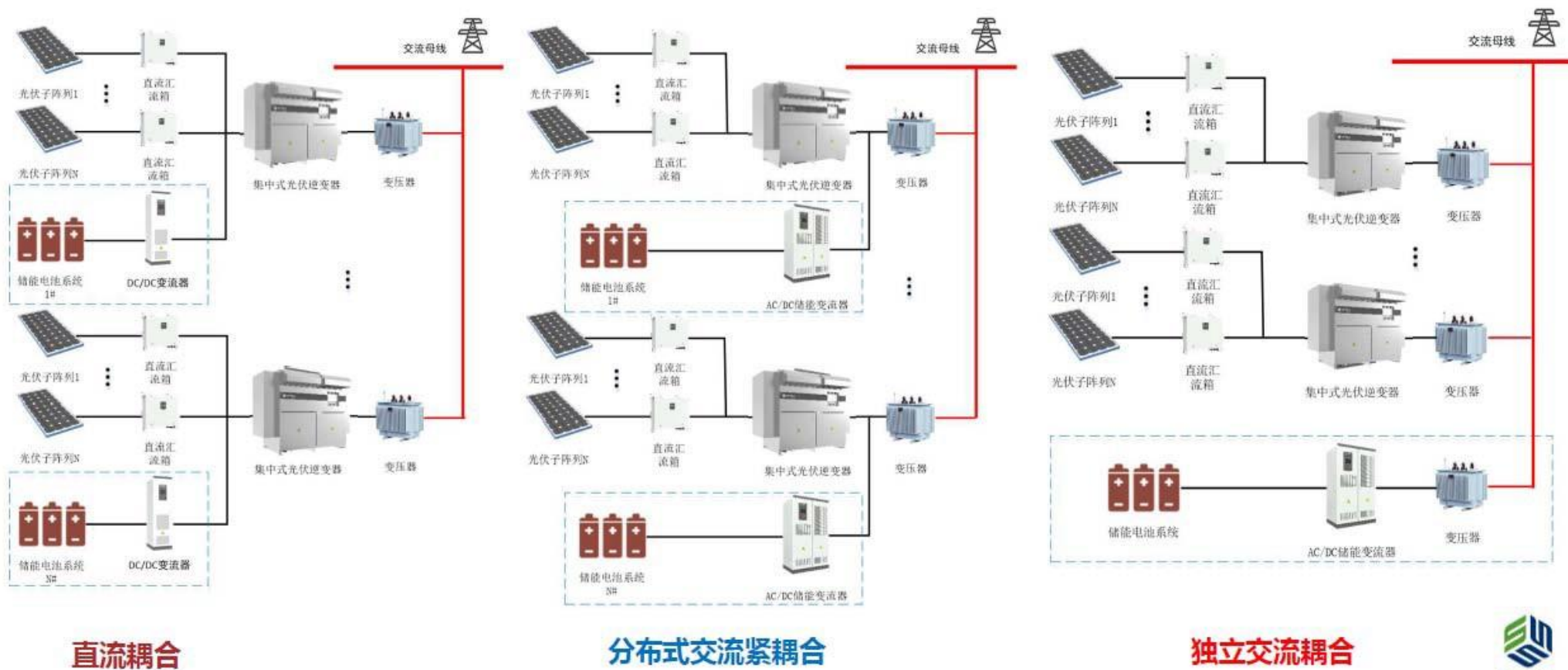
1. 浅充浅放，充放电转换次数频繁，每天0次~百次不等
2. 浅充浅放，平均充放电容量小于50%SOC
3. 对充电倍率要求较低，一般大于1C，对放电要求较高，一般在2C以上
(现在基本不再应用2C系统，采用1C超配满足要求)
4. 单次充放电时间短，不超过15分钟
5. 响应速度要求很高，小于100ms
6. 一般要求1.2倍的短时过载能力
7. 容量从100kWH~几十MWH

能量型需求特点：

1. 深度充放电，充放电次数较少，几个Cycle/天，工商业储能最大可进行3Cycle/天，光、风储等2Cycle/天
2. 深度充放电，平均充放电容量大于50%SOC
3. 一般采用1C以下充放电倍率的电池
4. 单次充放电时间较长，至少1小时
5. 响应速度要求不高，小于10秒
6. 多数无过载能力要求
7. 容量从100kWH~上百MWH

二、储能应用场景

光伏发电侧（集中式）+储能



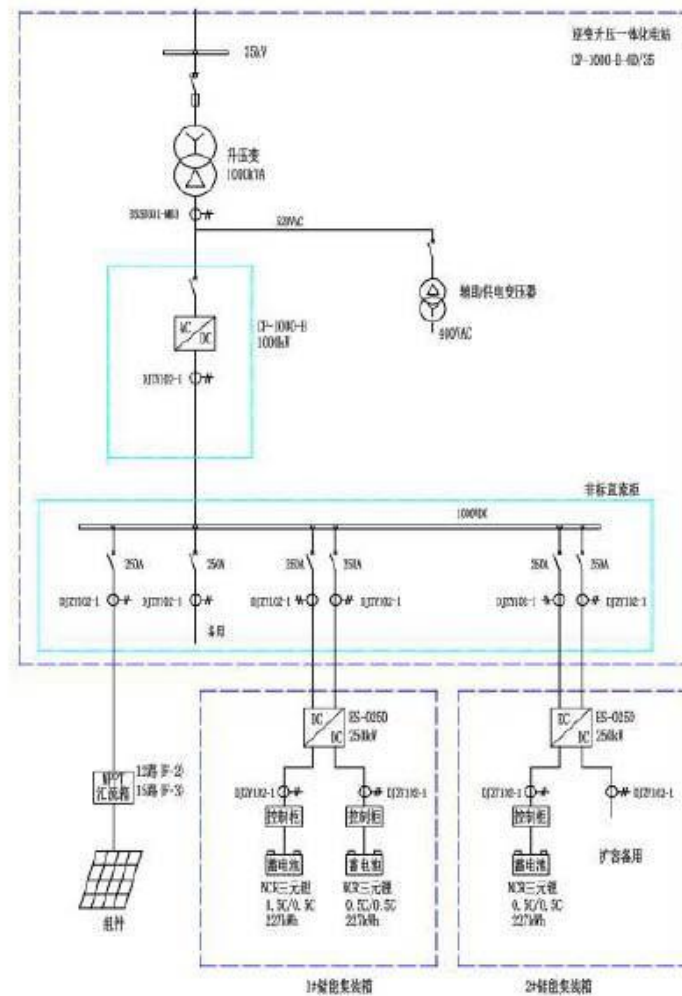
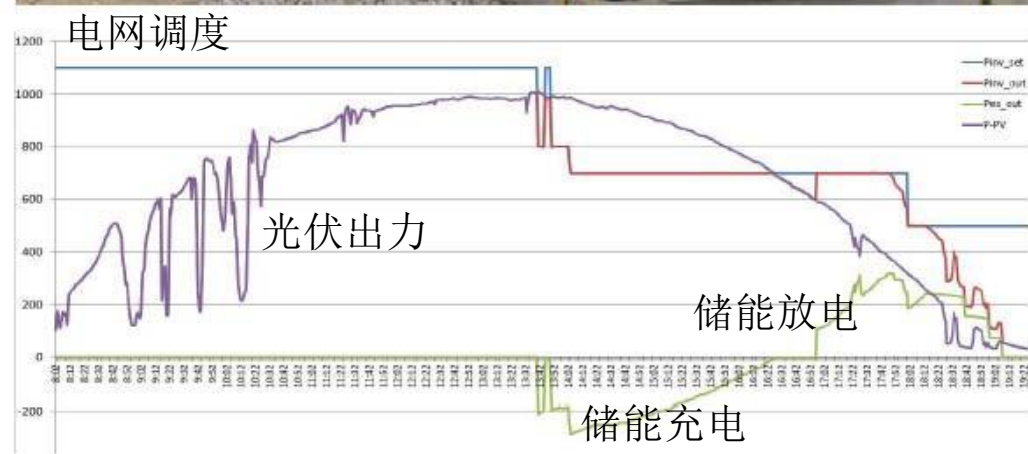
二、储能应用场景

光伏+储能解决方案

部件效率	独立 交流耦合	分布式 交流紧耦合	直流 侧耦合
	平均效率	平均效率	平均效率
逆变器	98.50%	98.50%	98.50%
PCS	98.50%	98.50%	99.00%
升压变压器 (光伏逆变)	99.00%	99.00%	99.00%
升压变压器 (PCS)	99.00%	99.00%	99.00%
电池 (充电/放电)	97.80%	97.80%	97.80%
其它损耗 (线损/温度控制等)	98.50%	98.50%	98.50%
系统效率/充电	91.61%	93.46%	95.37%
系统效率/放电	93.94%	93.94%	93.00%
系统效率/总计	86.06%	87.80%	88.70%

项目	独立 交流耦合	分布式 交流紧耦合	直流侧 耦合
系统结构	集中	分布	分布
设备投资	高	低	低
DC/AC 容配比	无改善	无改善	可达400%
系统安全性	适中	高	高
系统效率	低	中	高
与原有光伏系统的兼容性	高	较低	高
能量管理系统的复杂性	简单	复杂	复杂
电池种类的兼容性	大部分电池 种类	大部分电池 种类	大部分电池 种类
电网接入手续	标准	标准	困难（国内）

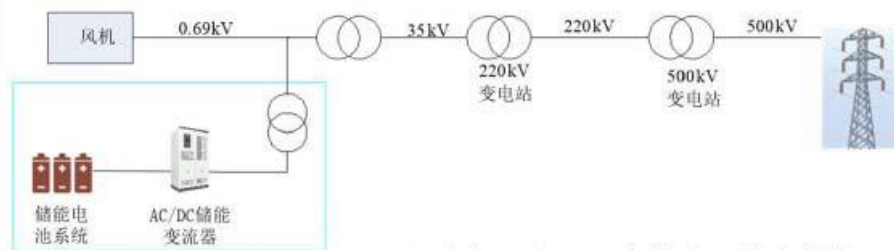
二、储能应用场景



二、储能应用场景

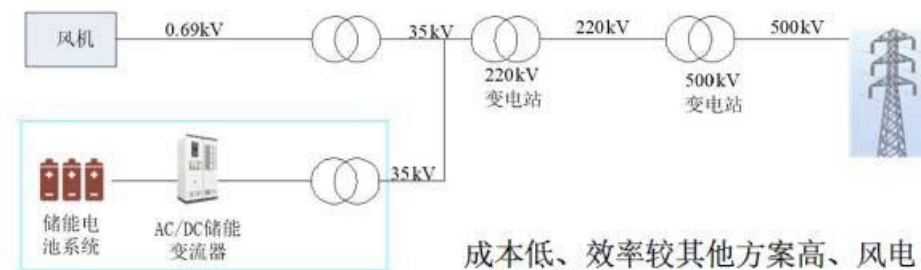
风电+储能解决方案

方案一



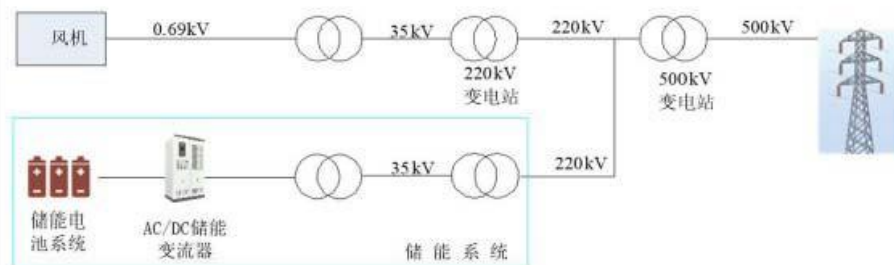
隔离变方案，成本较高、效率较低

方案二



成本低、效率较其他方案高、风电项目最佳接入方案

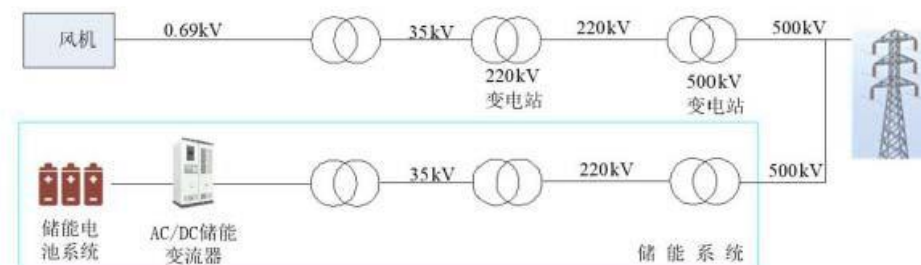
方案三



充电效率：

方案二 >= 方案一 > 方案三 > 方案四

方案四



成本：

方案二 < 方案一 < 方案三 < 方案四

目录



储能基础知识



储能应用场景

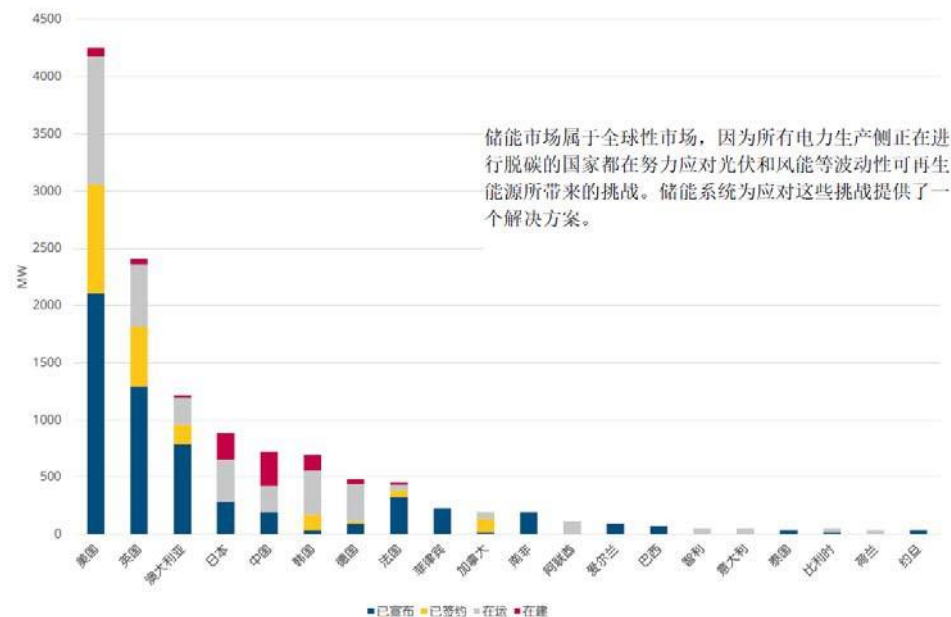
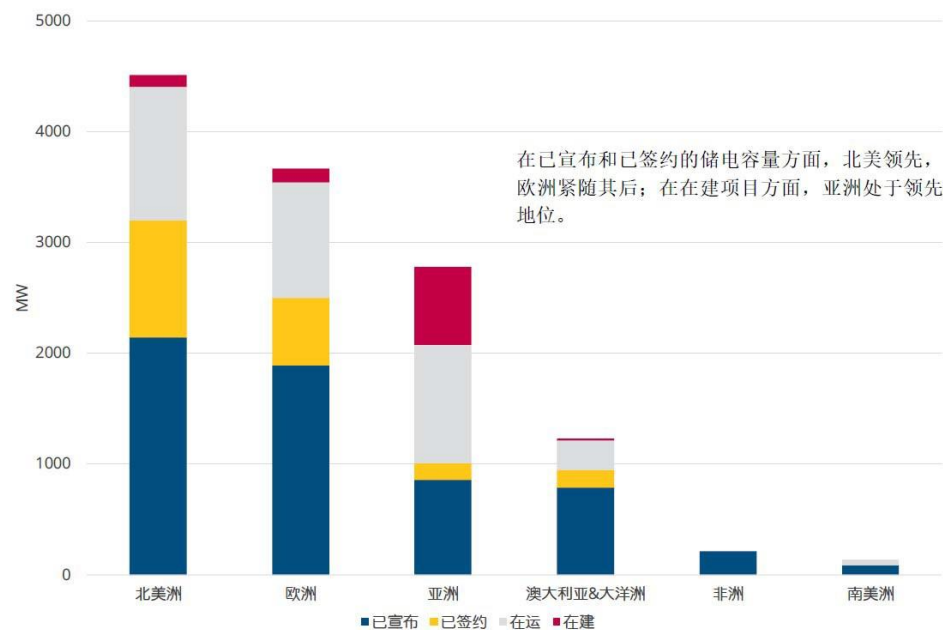


储能市场与成本分析

三、储能市场与成本分析

储能市场现状

截至2019年2月，各地区和国家的兆瓦级储电项目概况（包括在运项目和计划建设项目）如下图所示。其中，美国领先，其次是欧盟各国（尤其是英国、德国）、澳大利亚、日本、中国和韩国）。

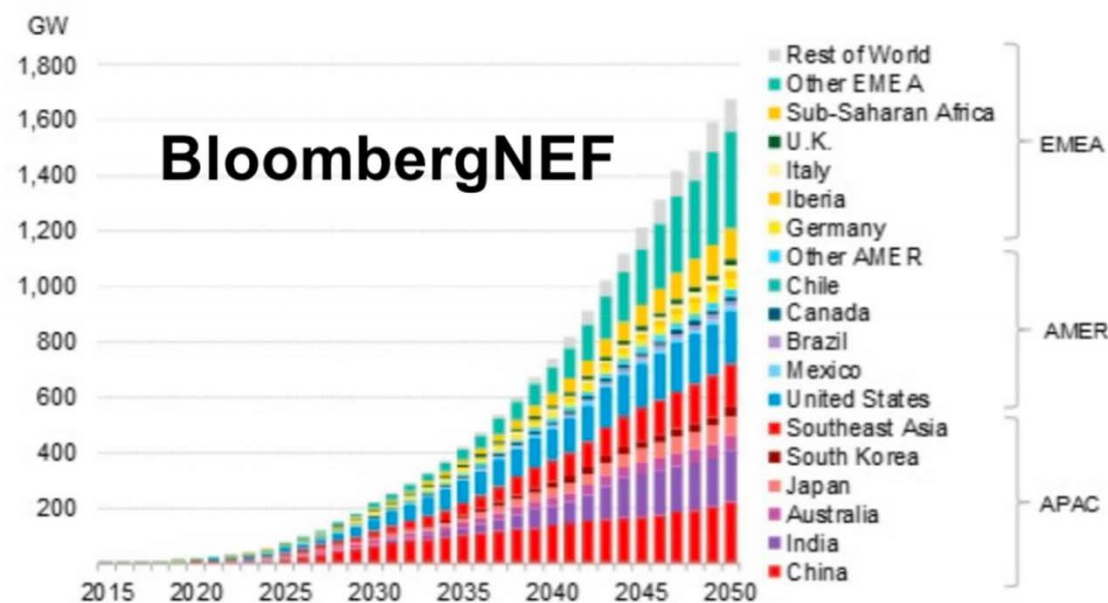


三、储能市场与成本分析

储能市场发展展望

全球储能市场累计装机量将从2019年的11GW/22GWh增至2050年1,676GW/5,827GWh。未来三十年间全球投资额预计达6620亿美元。目前到2050年，全球储能市场以18%的年复合增长率增长。到2050年，中国、美国和印度的储能部署累计规模占比约36%。其他领先的储能市场包括东南亚、日本、澳大利亚、德国、伊比利亚、韩国和英国市场，到2050年，全球电网级储能项目占比约70%，其余约四分之一为居民及工商业用户侧储能。

， 全球储能累计装机量



Source: 彭博新能源财经 Note: 图中各国按所在区域排序。

三、储能市场与成本分析

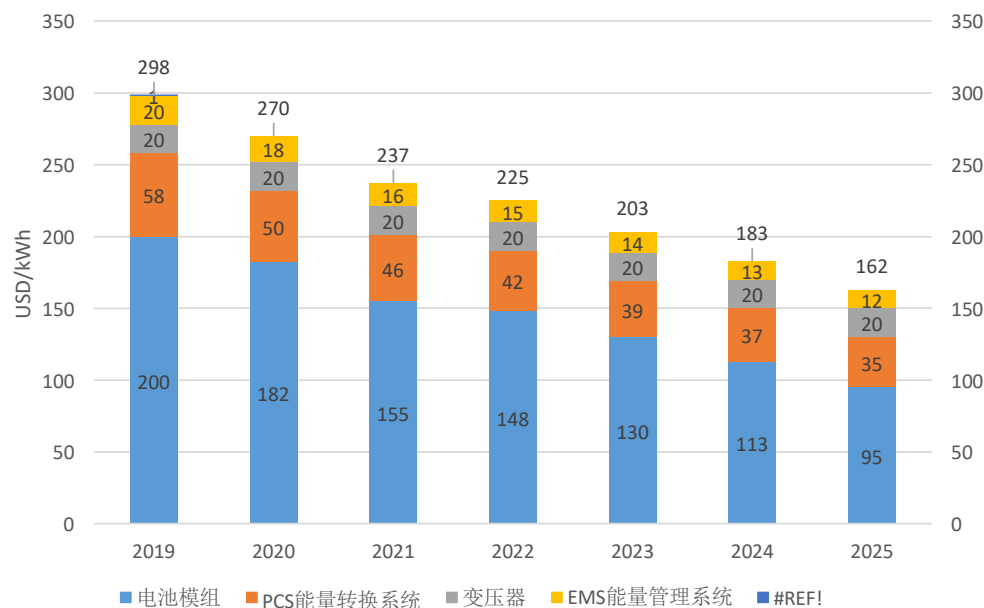
储能成本分析——电芯成本



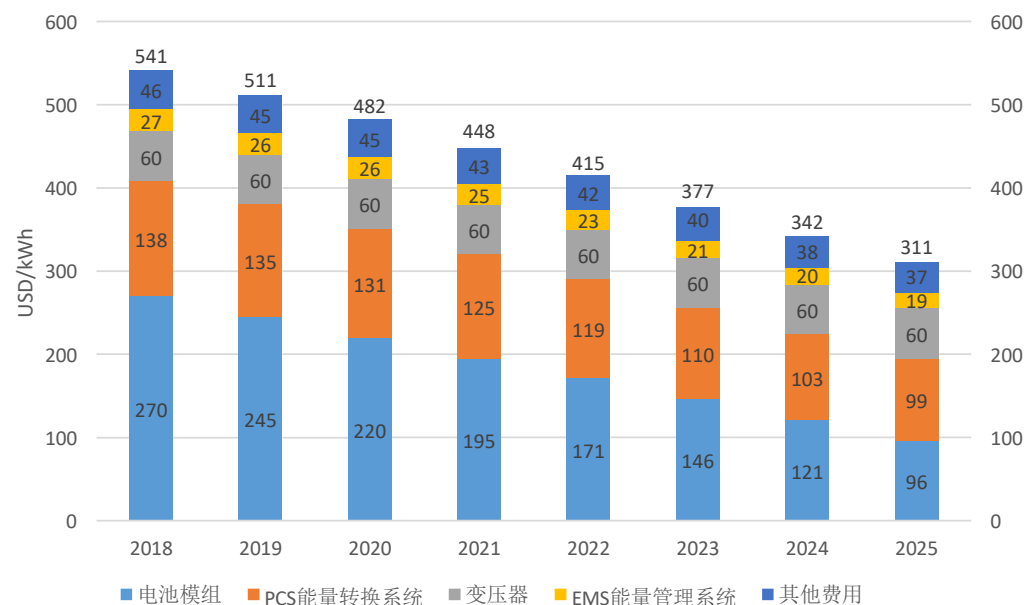
三、储能市场与成本分析

储能项目成本差异较大，主要受项目规模、配置要求、复杂程度、冗余度及当地法规的影响。放电时间为 4 小时的储能系统平均成本为370美元/kWh，而放电时间为0.5小时的储能系统平均成本为633美元/kWh。其主要差别在于不同功率能量比的系统，在同等电池量的条件下所需的PCS量不同，功率越高需要的PCS越多，相应成本越高。此外，功率越高的储能系统对于电芯性能要求也越高，相应的电芯成本会显著增加。

1h（1C）能量型储能系统成本分析

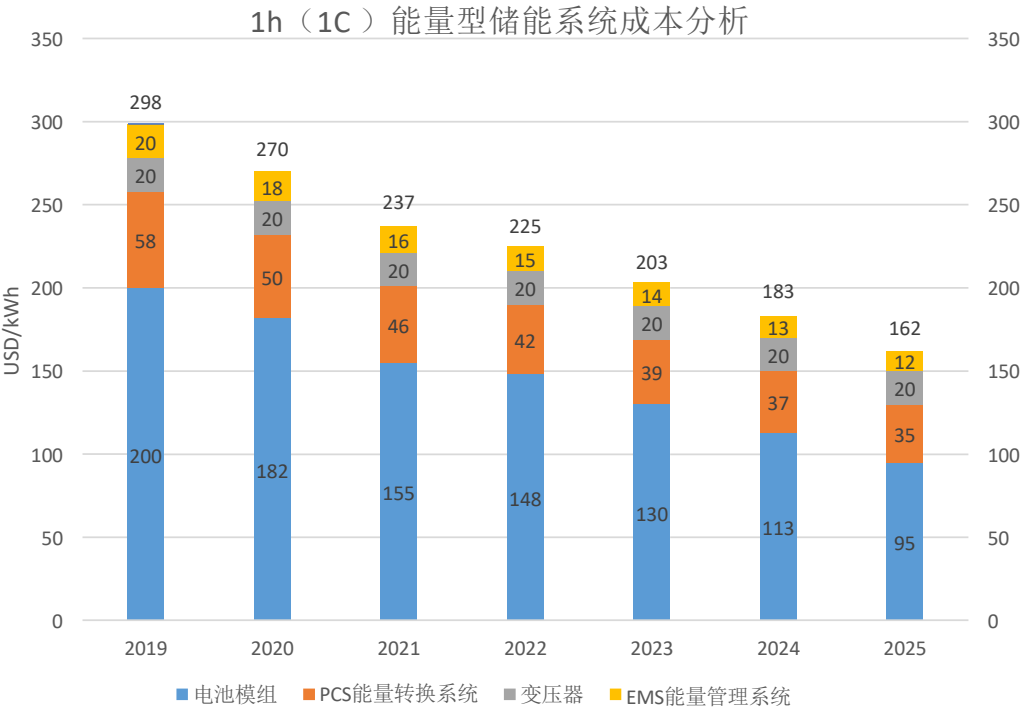


0.5h（2C）功率型储能系统成本分析



三、储能市场与成本分析

2020年上半年已开标的5个1C储能项目价格汇总如下，这五个项目中，厂家的平均投标价格约为245.1 USD/kW，低于此前彭博新能源财经预期的270 USD/kW，主要原因由于彭博统计的项目包括众多海外项目，成本价格略高。而国内已开标项目的最低价已经达到203.9 USD/kW，未来还有进一步下降空间。



项目名称	装机容量	最低价格 (元/wh)	美元 (USD/kWh)	最低价投 标人	平均价 (元/wh)	美元 (USD/kWh)
谯北	20MW/20MWh	1.59	237.3	国轩高科	1.84	274.6
华能新泰	10MW/10MWh	1.31	195.5	南都电源	1.61	240.3
申能	5MW/5MWh	1.15	171.6	南都电源	1.36	203.0
高力板	5MW/5MWh	1.44	214.9	昆兰	1.75	261.2
天骄绿能	5MW/5MWh	1.34	200.0	科华恒盛	1.65	246.3
		平均价	203.9		平均价	245.1

三、储能市场与成本分析

红海储能项目询价情况			
厂家	供应商	方案	设备单价 (USD/kW)
深圳科陆	海基电芯+科陆PCS	站房式	106.79
上海电气	国轩电芯+阳光/上能PCS	站房式	117.88
能源重工	宁德电芯+上能PCS	站房式	126.31
阳光电源	海基电芯+阳光PCS	站房式	125.00
比亚迪	比亚迪电芯+比亚迪PCS	集装箱液冷	118.07

Battery 110~120 USD/kWh (宁德160~170)
 PCS+MV+Cable 70~ 80 USD/kW
 1C系统: 180~200 USD/kWh
 0.5C系统: 145~160 USD/kWh
 0.25C系统: 127~140 USD/kWh
 EPC成本: 站房/0.7~0.75; 集装箱/0.8~0.85

End.Thanks