



中国建筑科学研究院 建筑防火研究所
China Academy of Building Research Institute of Building Fire Research

CABRFIRE

广州市住建局消防培训班 — 储能电站火灾特性及消防审验要点

赵利宏

二〇二三年三月 中国·广州

知者
創物者

目录

01 概述

02 储能电站火灾特性

03 储能电站火灾防控

04 储能电站消防规定与要求

05 储能电站消防审验要点



01

概述



市场背景



应用现状



现存问题

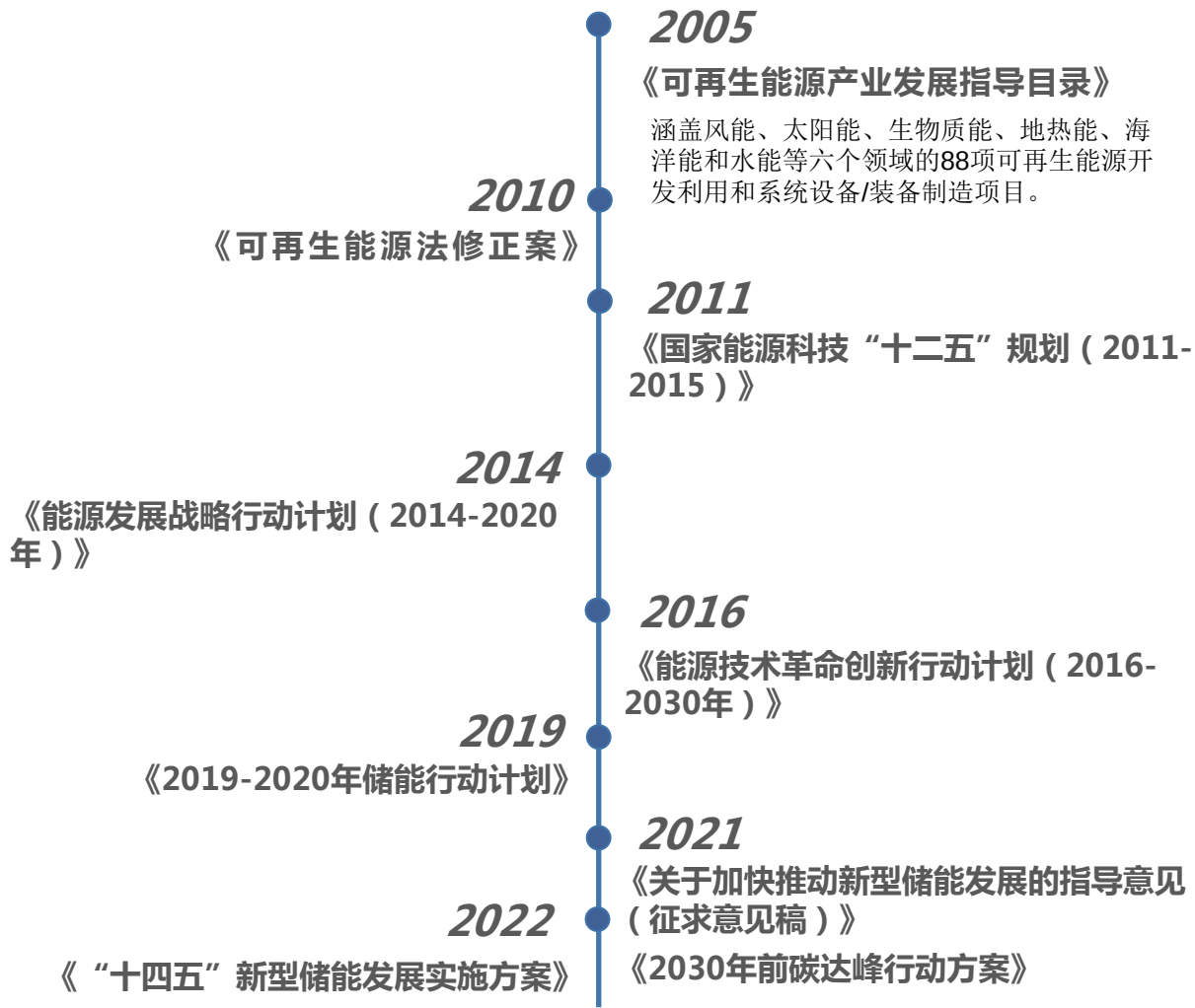
01 概述

实现碳达峰碳中和

努力构建清洁低碳、
安全高效能源体系

是党中央、国务院作
出的重大决策部署

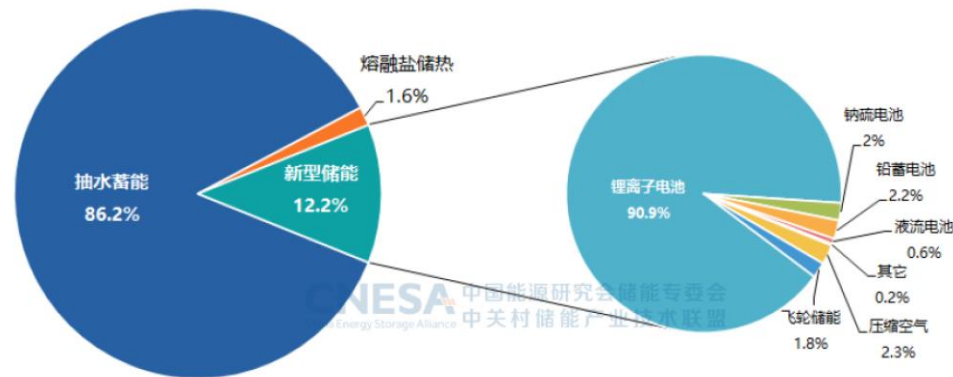
目前不断强化





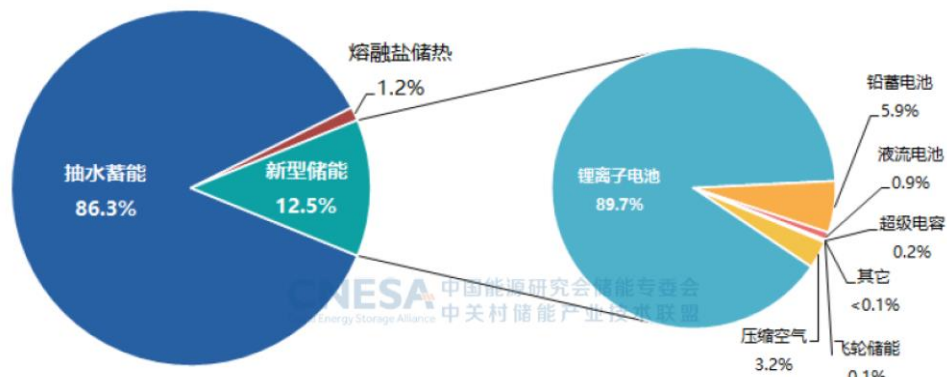
储能正在成为当今许多国家用于推进碳中和目标进程的关键技术之一

2021年



全球：

- 已投运累计**209.4GW**
- 新增18.3GW
- 同比增长185%

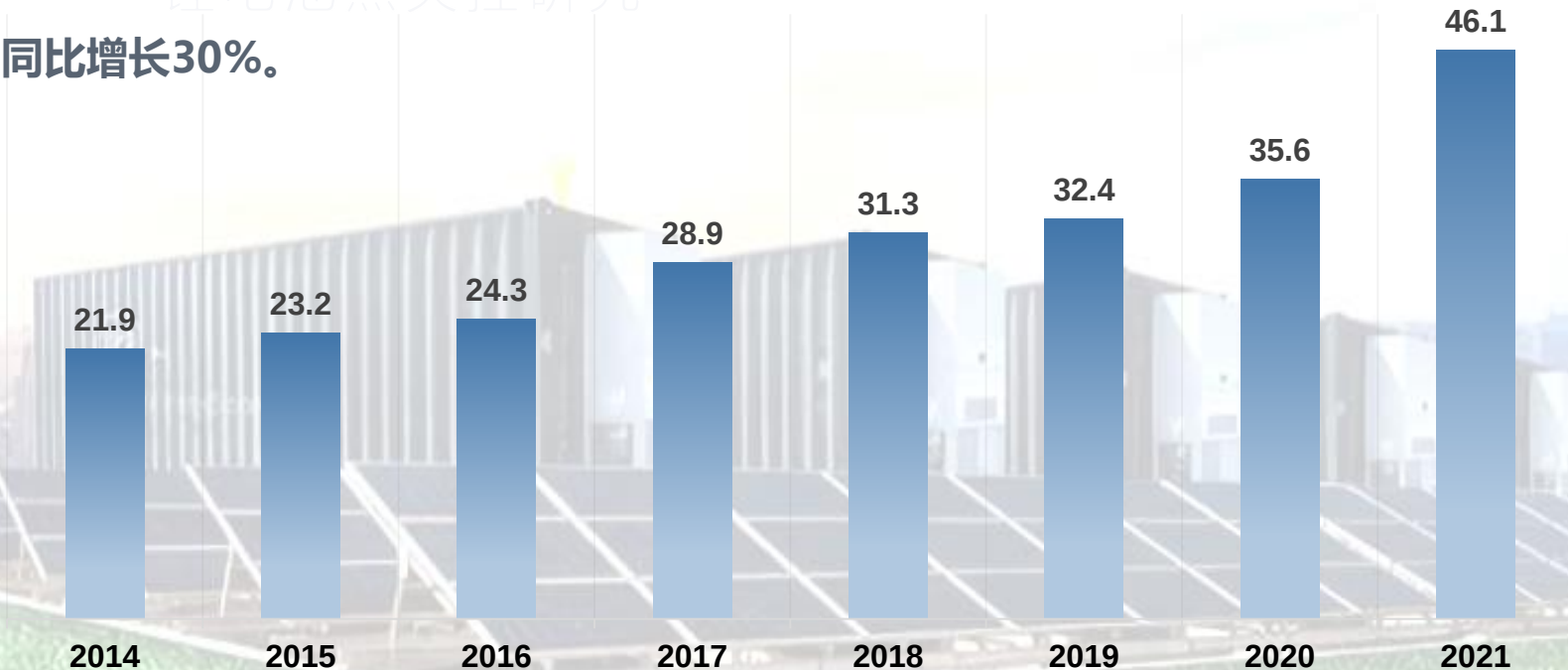


中国：

- 已投运累计**46.1GW**
- 新增10.5GW
- 同比增长231%



储能作为新型电力系统的关键组成，市场规模取得了快速增长。根据CNESA全球储能项目库的不完全统计，截至2021年底，中国已投运电力储能项目累计装机规模**46.1GW**，占全球市场总规模的**22%**，同比增长30%。



2014-2021已投运电力储能项目累计装机规模（GW）

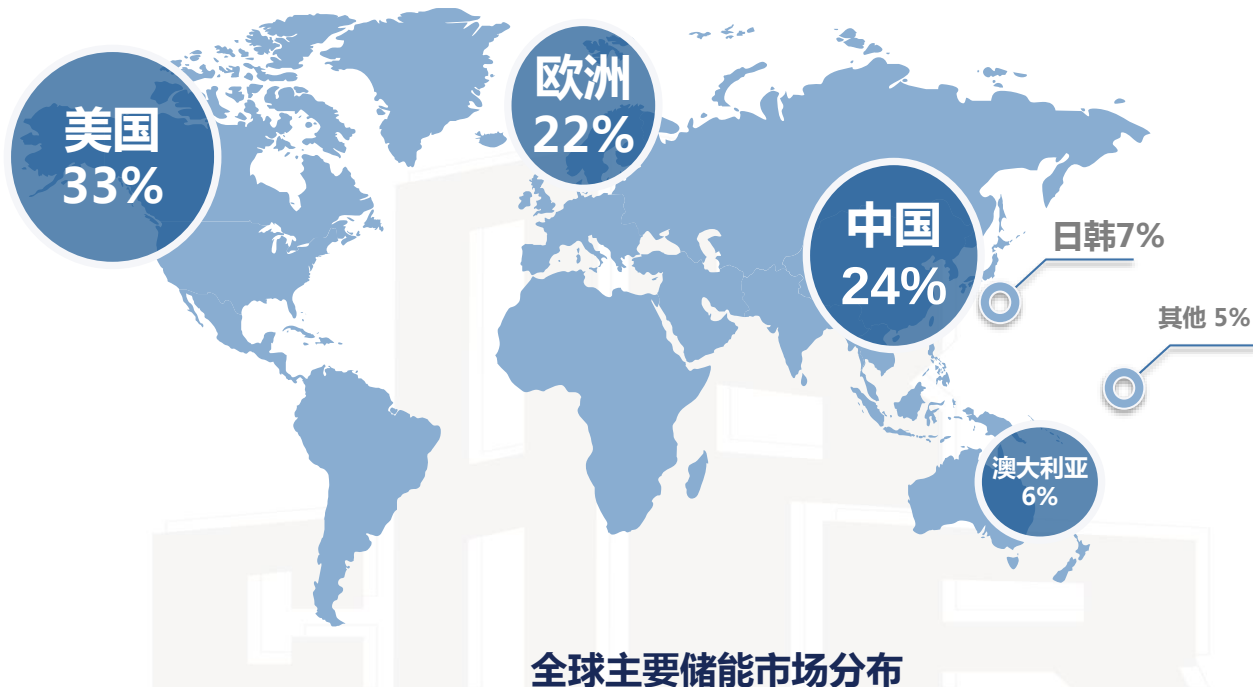


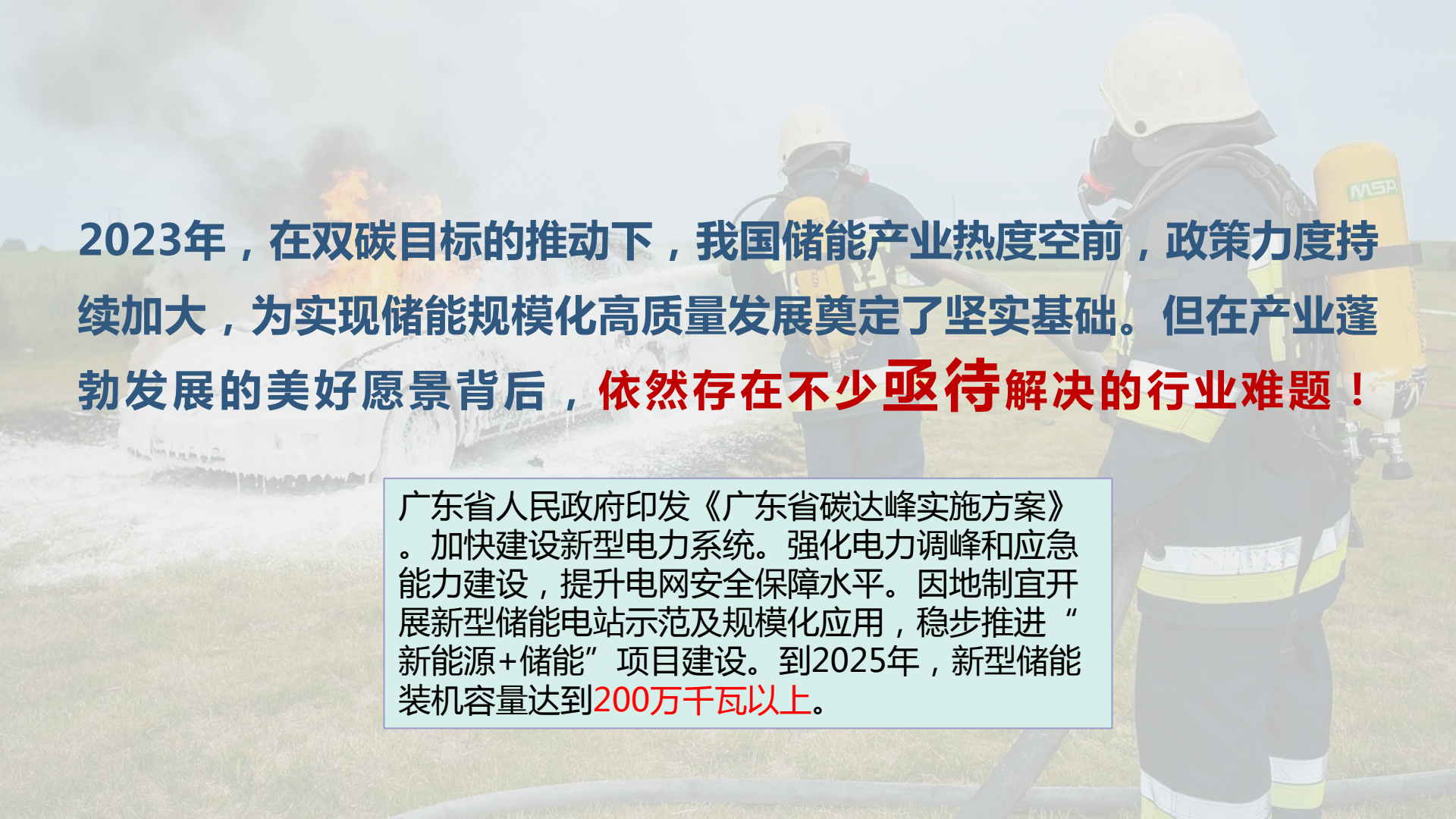
储能正在成为当今许多国家用于推进碳中和目标进程的关键技术之一

2022年，全球新增投运电力储能项目装机规模**20.5GW**，同比增长**86%**。

2022年中国新增装机**6.83GW**，同比增长**214%**，实现了两番的增长，预计2023年新增装机将达**9.82GW**。

美国、中国和欧洲依然引领全球储能市场的发展，三者合计占全球市场的**80%**。





2023年，在双碳目标的推动下，我国储能产业热度空前，政策力度持续加大，为实现储能规模化高质量发展奠定了坚实基础。但在产业蓬勃发展的美好愿景背后，**依然存在不少亟待解决的行业难题！**

广东省人民政府印发《广东省碳达峰实施方案》。加快建设新型电力系统。强化电力调峰和应急能力建设，提升电网安全保障水平。因地制宜开展新型储能电站示范及规模化应用，稳步推进“新能源+储能”项目建设。到2025年，新型储能装机容量达到**200万千瓦以上**。



02

储能电站火灾特性



工作机理

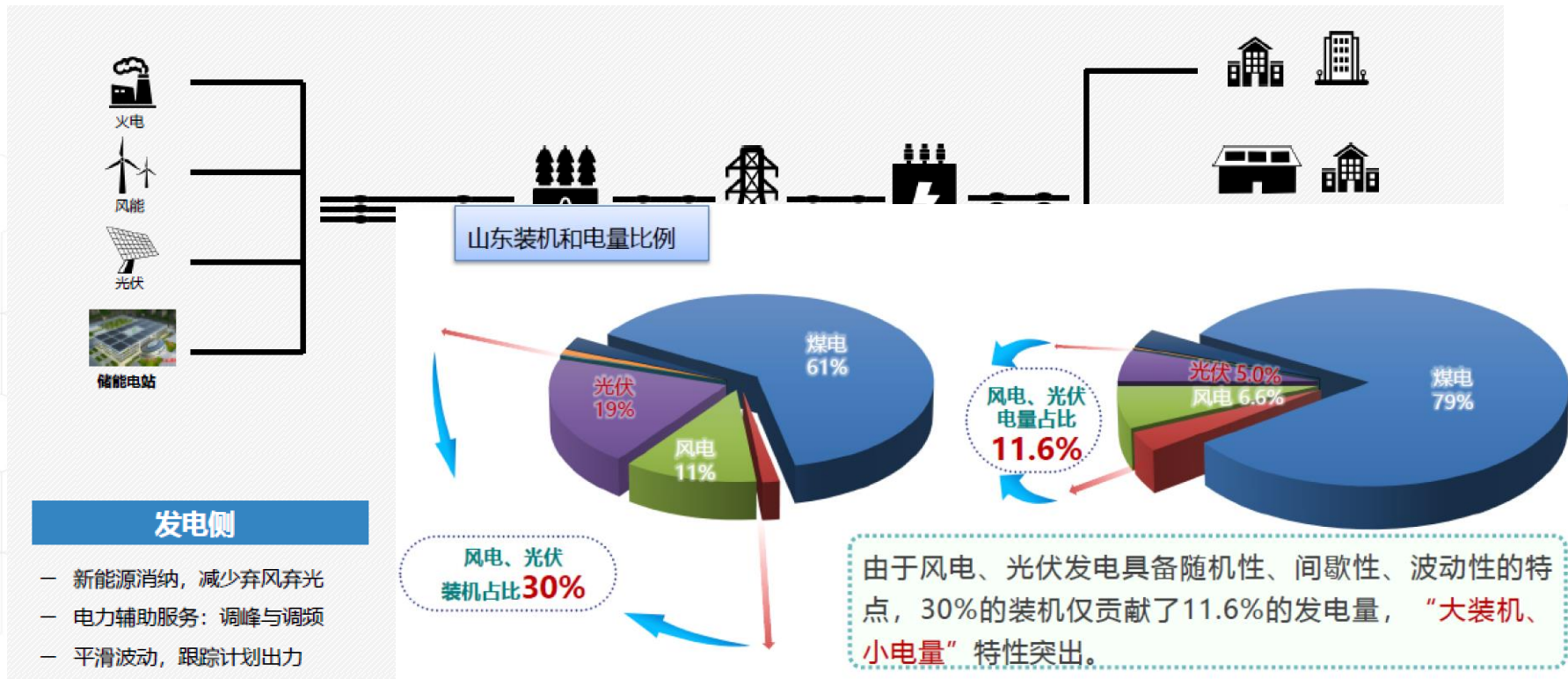


热失控原理



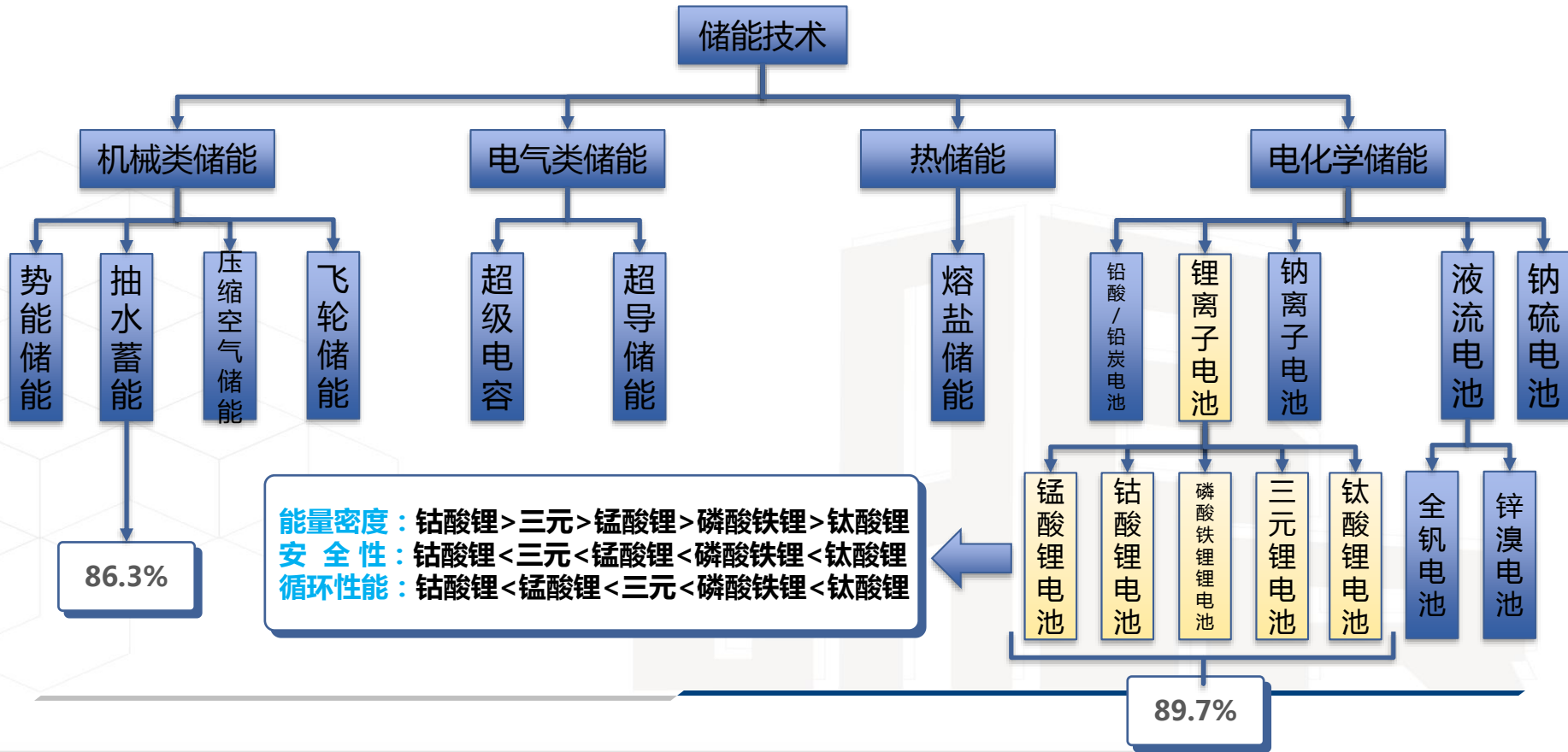
风险及特点

2.1 应用场景类型





2.2 技术路线类型



2.3 储能电站系统组成

- 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 ;
- 电池簇 (Battery Rack) : 一系列电池模组组成的储能单元。

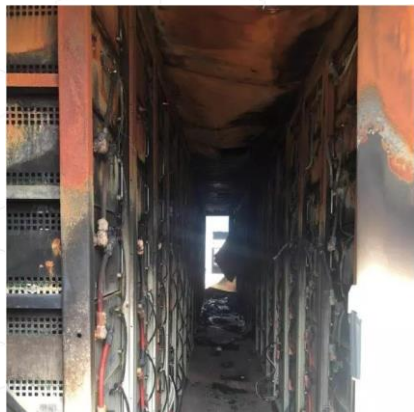




2.4 储能电站火灾事故

锂离子电池热失控导致储能站火灾事故频发

截止2022年1月，全球有**37**起储能电站起火、爆炸事故，造成了严重的经济及人力损伤，其中**4**起发生在中国。



2018年8月3日 江苏



2021年“4·16”北京大红门



2022年1月12日 京港澳高速



2.4 储能电站火灾事故

锂离子电池热失控导致储能站火灾事故频发

2021.4.16

北京国轩福威斯光储充技术有限公司储能电站因**单体磷酸铁锂电池发生内短路**，引发南楼火灾。



2022.4.18

美国亚利桑那州盐河变电站内**超3200块锂离子电池**发生火灾。



2022.09.20

美国加利福尼亚州蒙特雷县的Elkhorn电池储能项目中的特斯拉Megapack**锂电储能系统**发生火灾。



2022.1.12

韩国SK能源蔚山储能电站因**锂电池过充导致热失控**引发大火。



2022.06.03

法国科西嘉岛Poggio-di-Nazza 镇一个**装有锂电的储能集装箱**发生火灾。



2022.10.15

韩国SK C&C板桥数据中心因**锂电池产生火花**引发大规模火灾。



2022.11 ?



2.4 储能电站火灾事故

2021年4月16日11时50分许，位于丰台区西马场甲14号的北京福威斯油气技术有限公司（以下简称福威斯油气公司）光储充一体化项目发生火灾爆炸，事故造成1人遇难、2名消防员牺牲、1名消防员受伤，火灾直接财产损失1660.81万元。



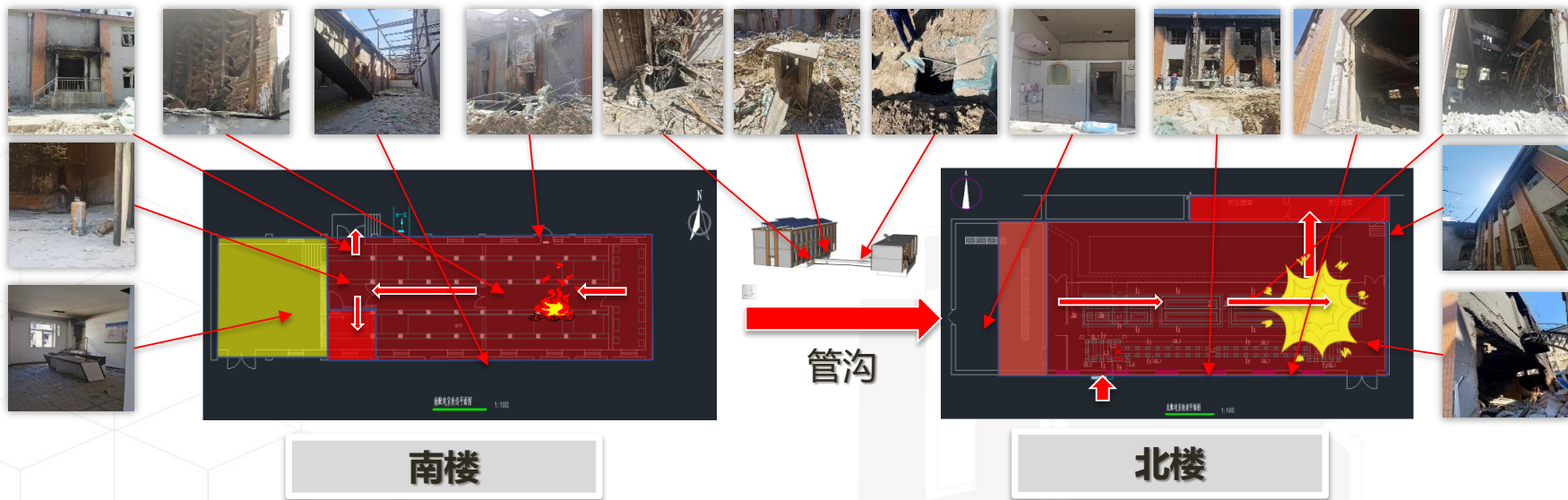
丰台区“4·16”较大火灾事故调查报告

2021年4月16日11时50分许，位于丰台区西马场甲14号的北京福威斯油气技术有限公司（以下简称福威斯油气公司）光储充一体化项目发生火灾爆炸，事故造成1人遇难、2名消防员牺牲、1名消防员受伤，火灾直接财产损失1660.81万元。

事故发生后，市委、市政府和应急管理部高度重视，相关领导第一时间赶赴事故现场，指挥部署灭火救援和事故调查处理工作。依据《中华人民共和国突发事件应对法》《中华人民共和国消防法》等有关法律法规，参照《生产安全事故报告和调查处理条例》相关规定，市政府成立由市应急局、市公安局、市发展改革委、市总工会、市人力资源社会保障局、市消防救援总队和丰台区政府组成的火灾事故调查组，并邀请市纪委监委同步参与，全面开展事故调查处理工作。调查组委托应急管理部消防救援局天津火灾物证鉴定中心、清华大学车辆与运载学院电池安全实验室、中国建筑科学研究院建筑防火研究所、北京理工大学爆炸科学与技术国家重点实验室、北京市理化分析测试中心对有关物证开展检测分析；聘请火灾调查、物证鉴定、爆炸科学、电气系统、建筑防火、锂电池安全、电化学储能等领域专家成立专家组，对事故原因开展技术分析。

调查组按照“四不放过”和“科学严谨、依法依规、实事求是

2.4 储能电站火灾事故

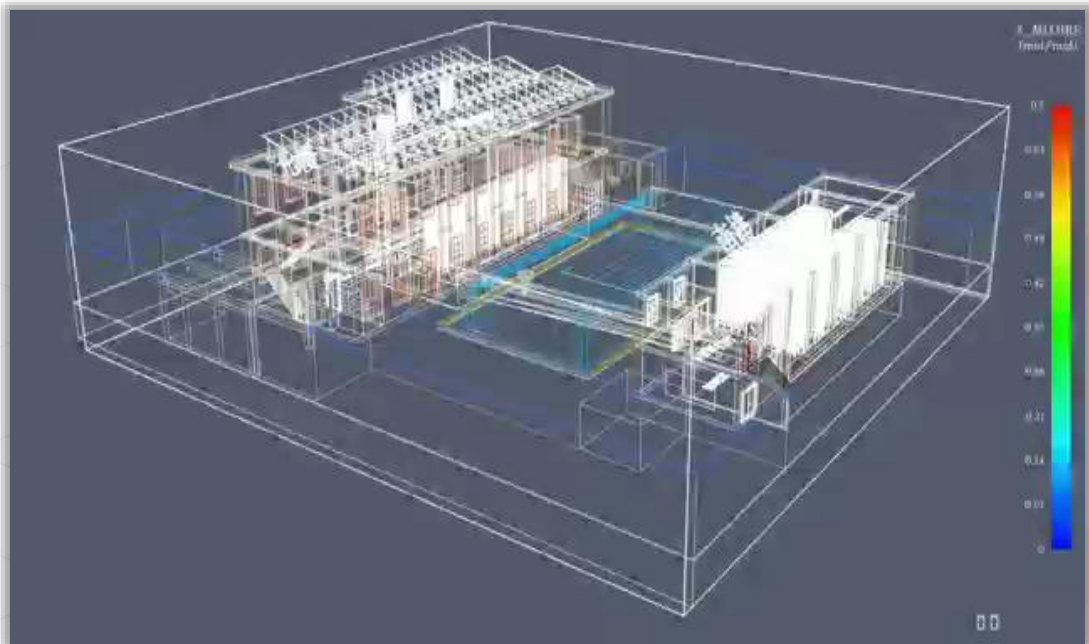


事故的直接原因为：

- **南楼起火**直接原因系西电池间内的磷酸铁锂电池发生内短路故障，引发电池热失控起火。
- **北楼爆炸**直接原因为南楼电池间内的单体磷酸铁锂电池发生内短路故障，引发电池及电池模组热失控扩散起火，事故产生的易燃易爆组分通过电缆沟进入北楼储能室并扩散，与空气混合形成爆炸性气体，遇电气火花发生爆炸。



2.4 储能电站火灾事故



铁锂电池特征。

经北京市理化分析测试中心检测，电池供应商提供的南楼同型号电池电解液主要成分为碳酸甲乙酯、碳酸亚乙酯和含磷无机盐组成的混合物；在室外地下电缆沟内土壤（泥状）检出碳酸甲乙酯，气体检出碳酸甲乙酯及苯系物等挥发性有机化合物。

3. 实验分析与仿真模拟情况

经清华大学车辆与运载学院电池安全实验室对南楼最先发生故障的方形电池进行实验分析，该电池失控会产生喷射物，主要为碳酸甲乙酯蒸汽和氢气、甲烷、一氧化碳、二氧化碳等。

经中国建筑科学研究院建筑防火研究所进行烟雾仿真模拟：南楼起火后，现场产生的烟雾混合物（含未充分燃烧的磷酸铁锂电池热失控喷射产物）可通过室外地下电缆沟进入北楼室内电缆管沟。北楼爆炸前易燃易爆气体浓度约为 31%，总量不少于 280 立方米。

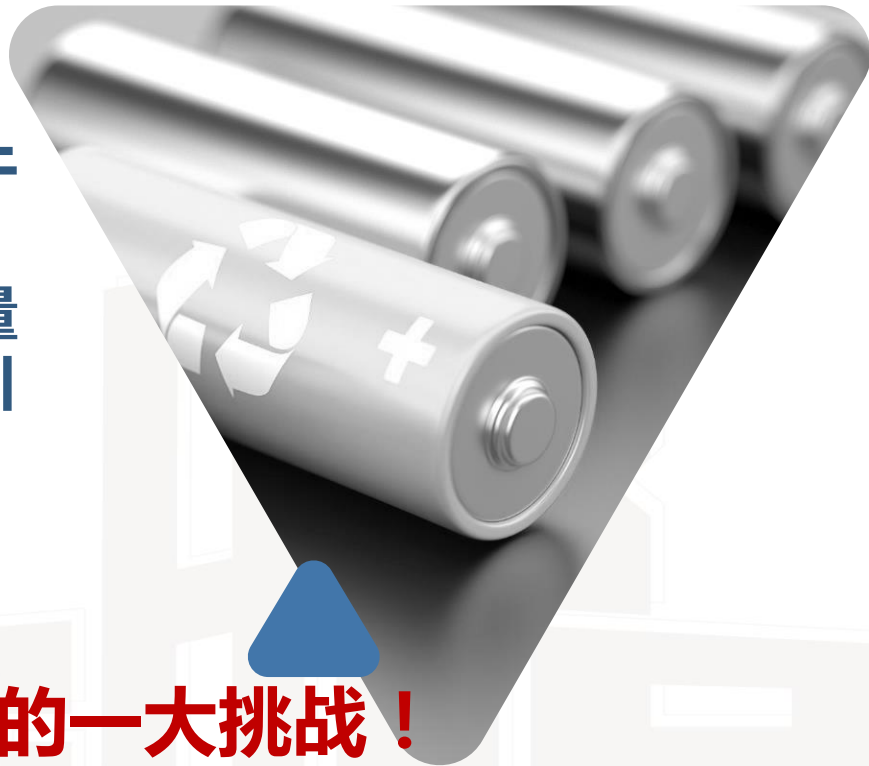
经北京理工大学爆炸科学与技术国家重点实验室对爆炸过程进行仿真模拟：当北楼内易燃易爆组分（氢气、甲烷、一氧化碳、碳酸甲乙酯等）达到 200 立方米，并遇北楼储能室内点火源起爆，仿真模拟得到的爆炸破坏场景与事故现场相符，爆炸当量为 26 千克 TNT。

4. 专家论证分析情况

结合调查询问、现场勘验和物证鉴定等分析，南楼电池热失控起火系西电池间内的磷酸铁锂电池发生内短路故障所致。



锂离子电池的安全问题主要来自于电池的**热失控**。电池发生热失控，在极短的时间内释放出大量的热量和有毒、可燃气体，严重的甚至引发电池的射流火和爆炸现象



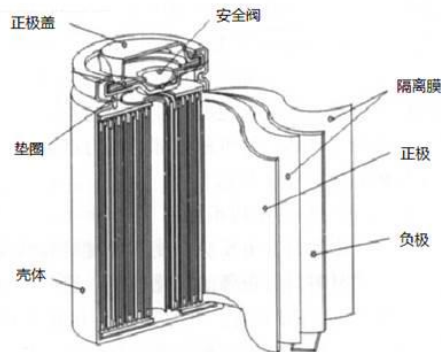
安全问题是锂电池储能行业的一大挑战！

2.5 工作机理

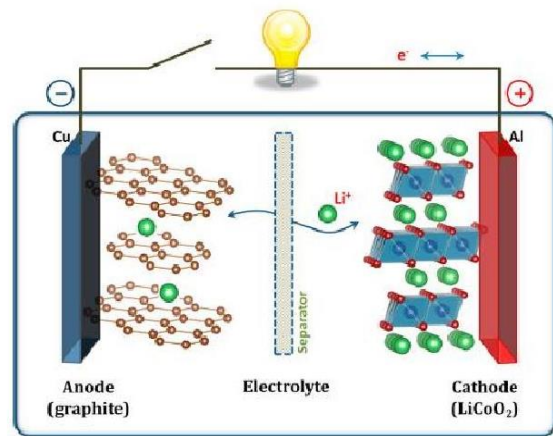
锂电池顾名思义是以锂金属或者锂化合物作为化学反应的正极，由碳或石墨等作为负极，在电解液的环境下，通过锂离子的脱嵌和电子的转移产生电流，以及电能的释放与存储。

充电： $\text{LiFePO}_4 - x\text{Li}^+ - xe^- \rightarrow x\text{FePO}_4 + (1-x)\text{LiFePO}_4$

放电： $\text{FePO}_4 + x\text{Li}^+ + xe^- \rightarrow x\text{LiFePO}_4 + (1-x)\text{FePO}_4$



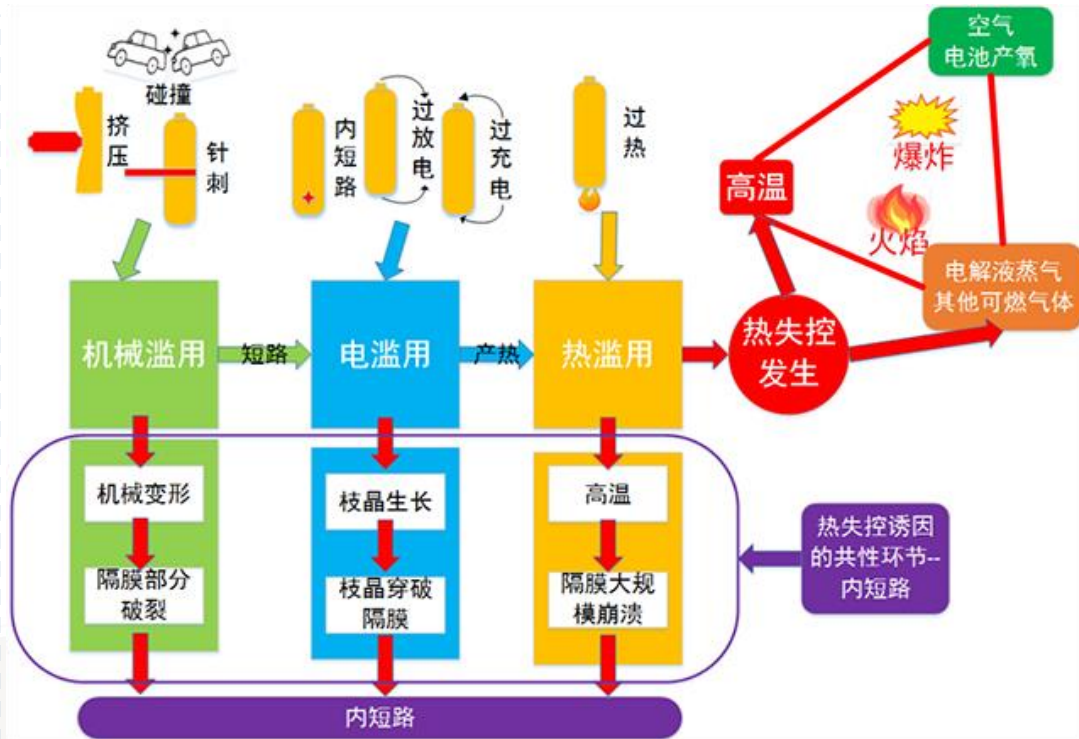
电芯结构图



电池工作原理

2.6 热失控机理

当锂离子电池处在高温、短路及过充过放等滥用条件时，锂离子电池内部的化学反应会因外加作用而加快，从而提高热量产生的速度。随着电池温度升高，热量的产生速度以**指数函数形式上升**，而散热速度仅随着温度的升高**线性上升**。产热和散热的**不平衡**导致了热量在锂离子电池内部迅速积聚，使电池内部升温，这又进一步促进了电池内部材料之间发生的化学反应而产生更多的热量。**这种不断地自加速反应导致了锂离子电池热失控的发生。**



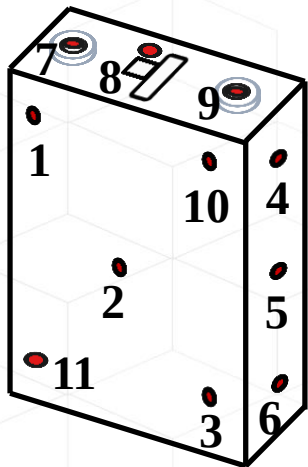


磷酸铁锂电池单体
(SOC:100%)

参数Parameter	规格Specification
正极材料 cathode material	磷酸铁锂 (LiFePO_4)
负极材料 negative materials	石 墨
标称容量 Nominal capacity	280 Ah
工作电压 Operation voltage	2.5 ~3.65V
电池内阻 Impedance(1KHz)	$0.18 \pm 0.05 \text{m}\Omega$
几何尺寸 Typical dimension (W*H*T)	宽度(Width): $173.9 \pm 0.8 \text{mm}$ 高度(Height): $207.3 \pm 0.8 \text{mm}$ 厚度(Thickness): $71.7 \pm 0.8 \text{mm}$
电池重量Cell weight	$5.55 \pm 0.30 \text{kg}$



实验方案参考《电力储能用锂离子电池》 GB36276 《电动汽车用动力蓄电池安全要求》 GB38031



温度测点布置

1. 实验装置

- ◆ CT5002A型蓝电电池测试系统；
- ◆ ZX5560B型电池测试仪；
- ◆ ADKS泵吸式气体检测仪；
- ◆ 德国testo烟气分析仪；
- ◆ K型铠装热电偶；
- ◆ Sartorius 天平（精度 0.1g）；
- ◆ 电池针刺试验机等。

2. TR触发方式

- ◆ 以0.5C倍率过充至TR；
- ◆ 以700W功率加热至TR；
- ◆ 用耐高温硅胶软铜线使电池外短路；
- ◆ 用针刺试验机刺穿电池引发TR。

3. 关注参数

- ◆ 电压；
- ◆ 电流；
- ◆ 温度；
- ◆ 电池质量；
- ◆ 泄压阀状态；
- ◆ 热失控发生时间；
- ◆ 视频数据等。

4. 监测气体

- ◆ 甲烷；
- ◆ 一氧化碳；
- ◆ 氢气；
- ◆ 乙烷；
- ◆ 乙烯；
- ◆ 氟化氢；
- ◆ VOC。

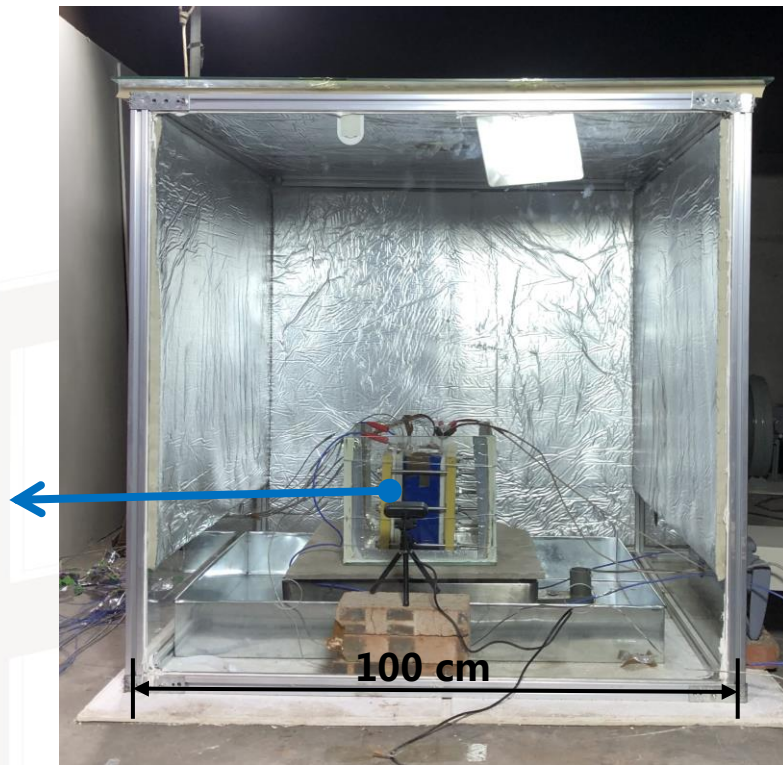
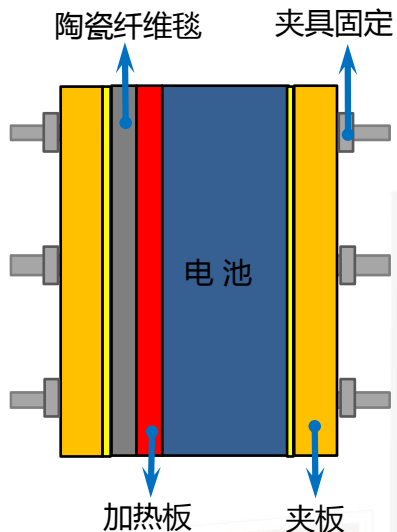
过热实验

实验设计

实验现象

结果分析

- ◆ 实验在 1m^3 的钢化玻璃箱内进行；
- ◆ 功率 700W 的加热板加热电池最大表面；
- ◆ 夹力 300kgf 的夹具固定电池，模拟储能电池的实际应力状态；
- ◆ 陶瓷纤维毯隔热保护，模拟电池散热不良的情况。





过热实验

实验设计

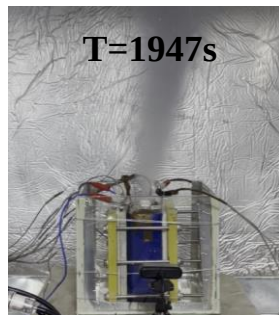
实验现象

结果分析

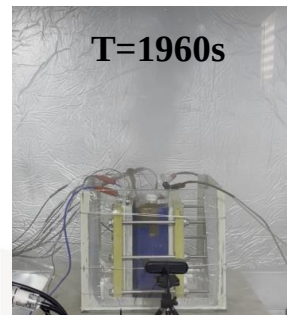
- ◆ $T=1947s$, 泄压阀打开, 少量气体喷出;
- ◆ $T=2342s$, 发生热失控, 产生大量烟气;
- ◆ 热失控发生后, 停止加热, 电池外观变化如下。



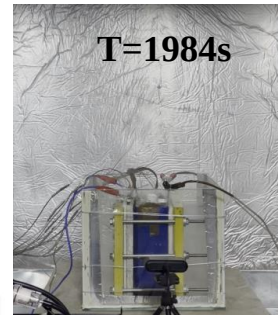
实验结束后电池状态



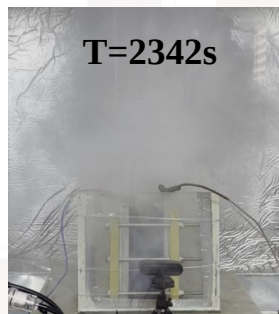
(a)



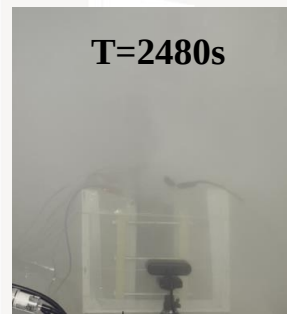
(b)



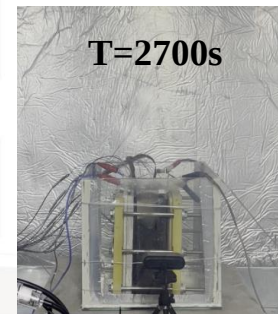
(c)



(d)



(e)



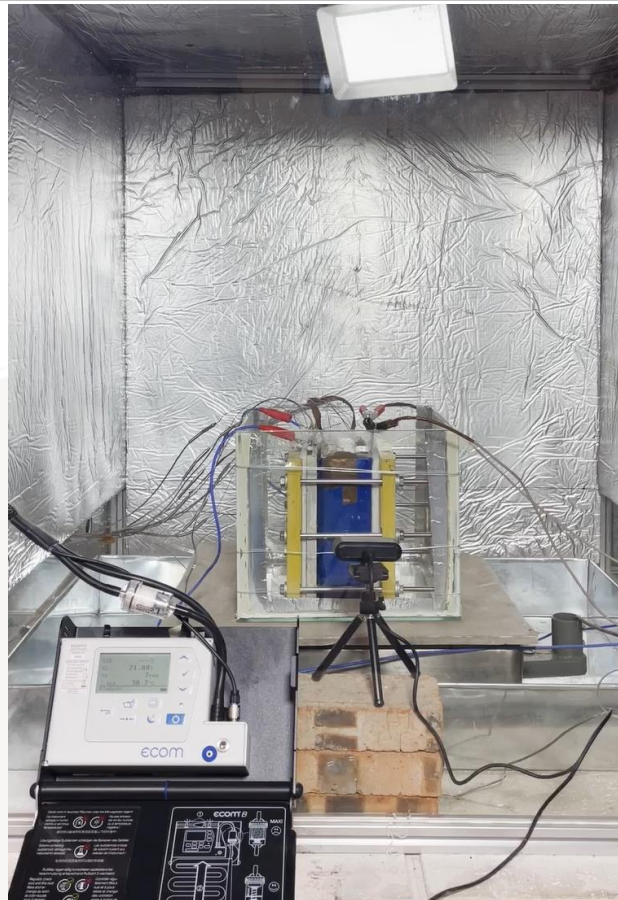
(f)

实验中电池泄压阀及热失控状态

- ◆ $T=1947s$, 泄压阀打开 , 少量气体喷出 ;
- ◆ $T=2342s$, 发生热失控 , 产生大量烟气 ;
- ◆ 热失控发生后 , 停止加热 , 电池外观变化如下。



实验结束后电池状态



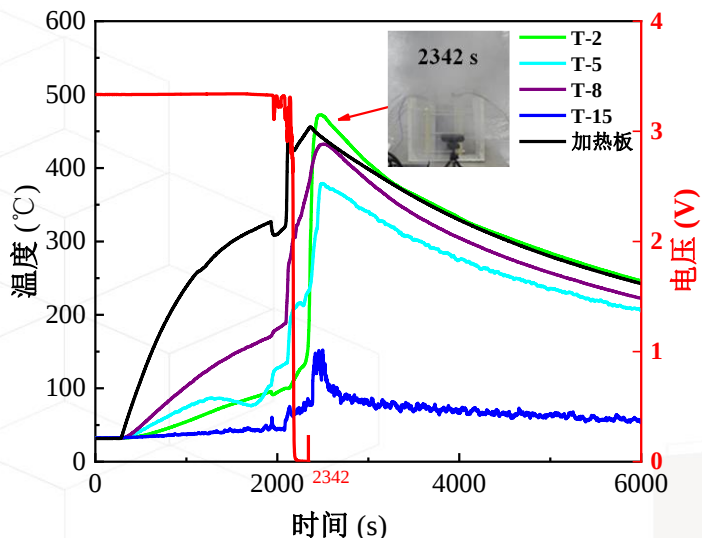
过热实验

实验设计

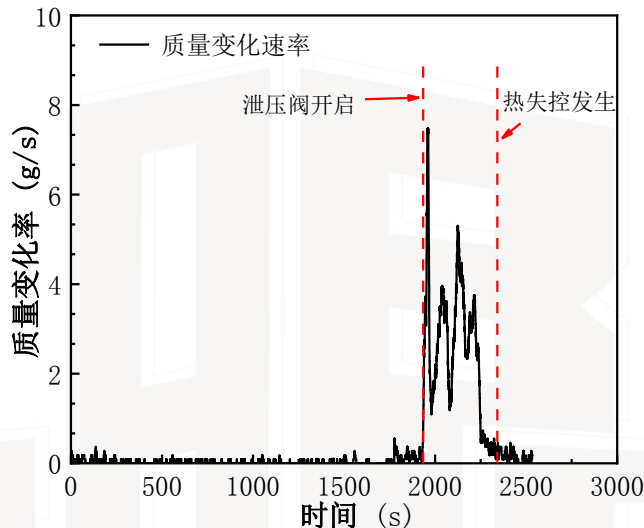
实验现象

结果分析

- ◆ **温度**：热失控后，电池温度骤升，中心温度最高达到 **476 °C**；
- ◆ **电压**：热失控瞬间，电压迅速下降至 **0**；
- ◆ **质量**：泄压阀开启可以监测到明显的质量变化，热失控期间电池**质量波动较大**。



加热后电池温度和电压随时间的变化



实验中电池质量变化率随时间的变化

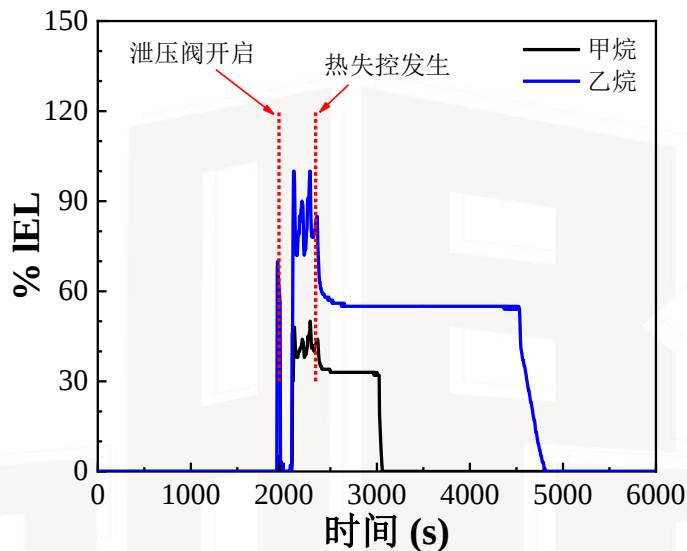
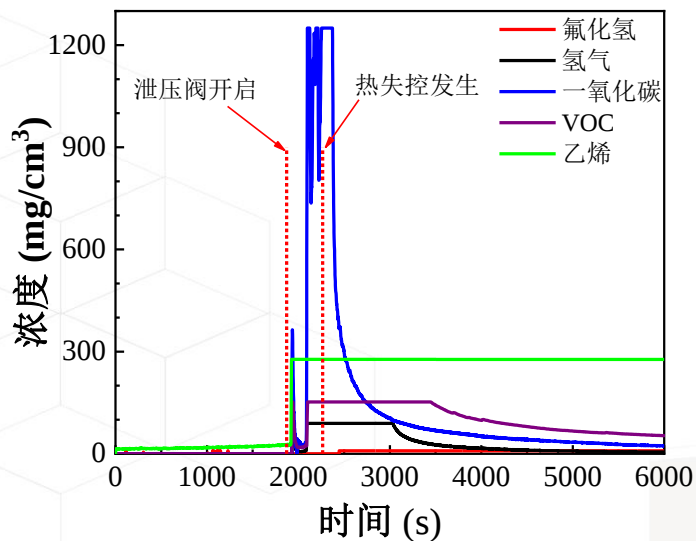
过热实验

实验设计

实验现象

结果分析

- ◆ 主要检测到了一氧化碳、甲烷、乙烷、乙烯、氢气等主要气体；
- ◆ 在泄压阀开启后即可检测到部分气体浓度上升。



实验中检测到的部分气体浓度随时间的变化



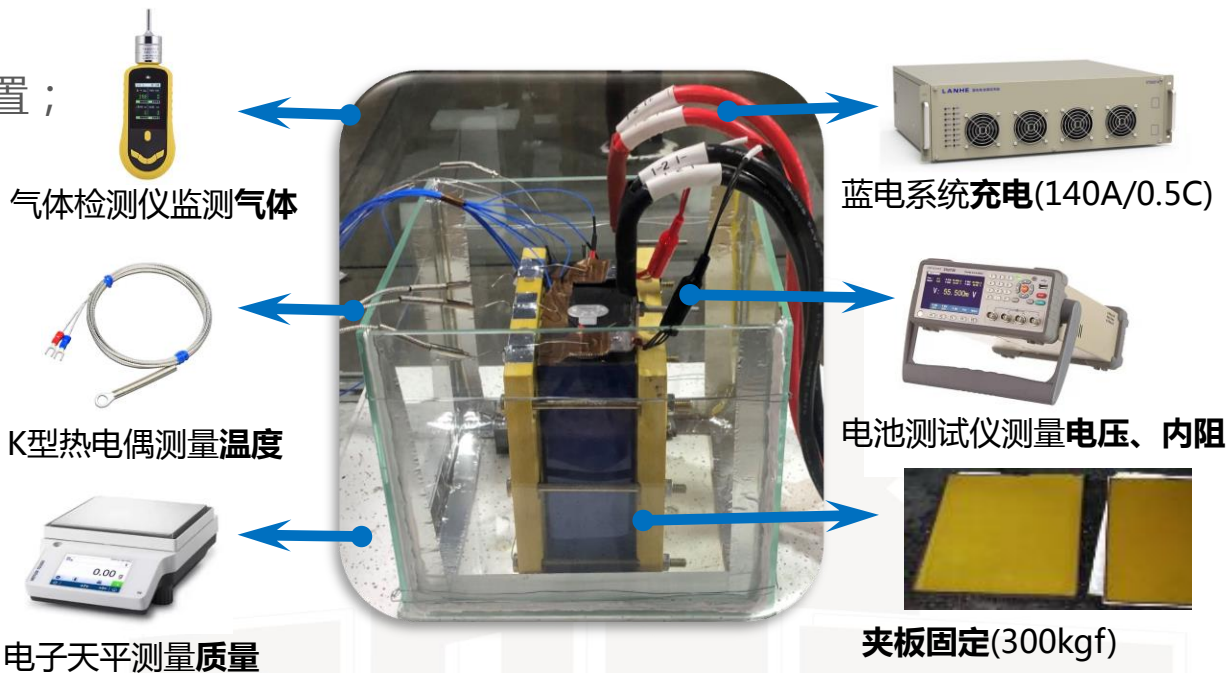
过充实验

实验设计

实验现象

结果分析

- 将电池充电至100%SOC，静置；
- 开启充电系统，开始测试；
- 实时观测电池状态；
- 记录泄压阀开启时间；
- 记录热失控发生时间；
- 关闭充电系统；
- 观察1h；
- 关闭其他监测仪器；
- 结束实验。





过充实验

实验设计

实验现象

结果分析

- ◆ $T=1479s$, 泄压阀打开 , 少量气体喷出 ;
- ◆ $T=2019s$, 发生热失控 , 产生大量烟气 ;
- ◆ 热失控发生后 , 停止充电 , 电池外观变化见右图。

$T=2019s$



(a)

$T=2021s$



(b)

$T=2024s$



(c)

热失控发生瞬间



电池内部有明显的金属熔滴



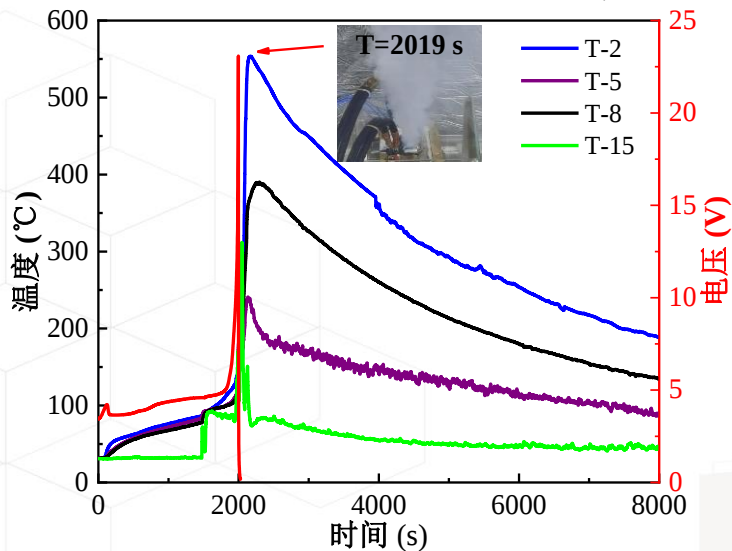
过充实验

实验设计

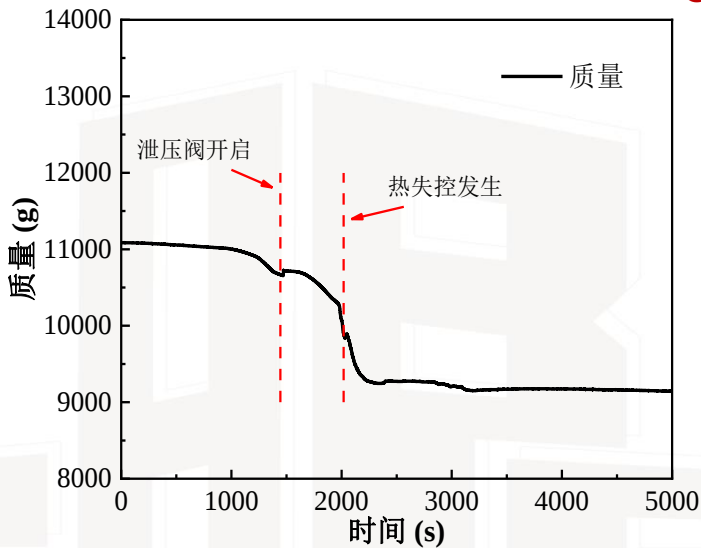
实验现象

结果分析

- ◆ 温度：热失控后，电池温度骤升，中心温度最高达到**554°C**；
- ◆ 电压：初期增长缓慢，2019s，电压迅速上升至**23V**；然后骤降至0；
- ◆ 质量：泄压阀开启时可以监测到明显的质量变化，发生热失控后**质量减少1934g**。



加热后电池温度和电压随时间的变化



实验中电池质量变化率随时间的变化

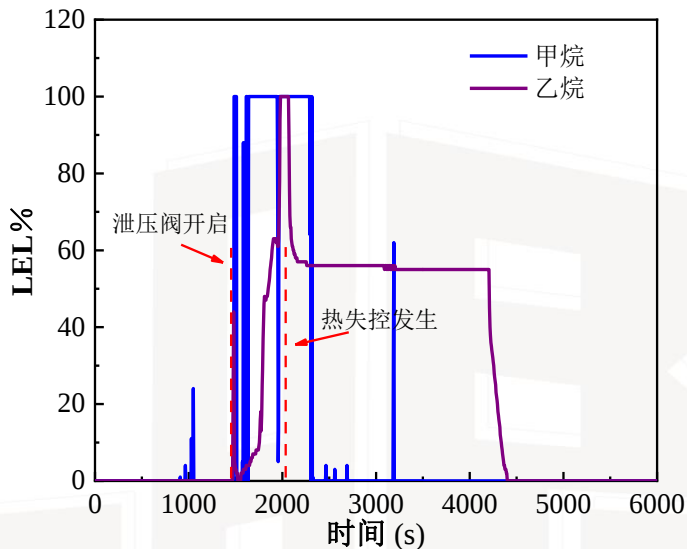
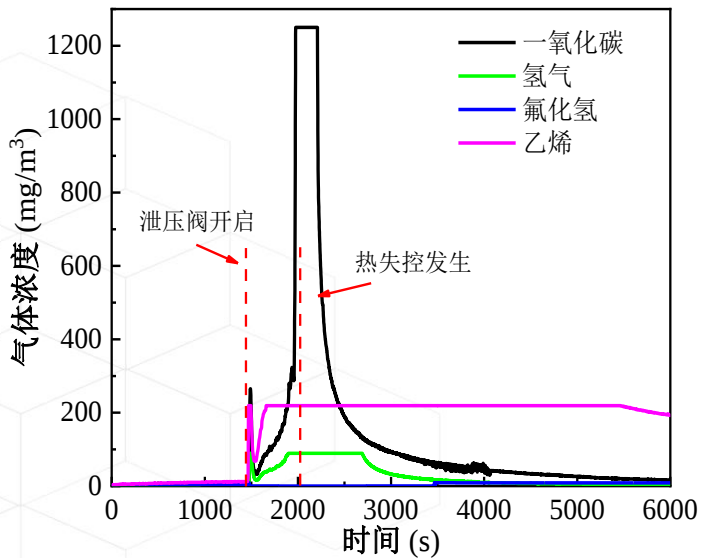
过充实验

实验设计

实验现象

结果分析

- ◆ 主要检测到了一氧化碳、甲烷、乙烷、乙烯、氢气等主要气体；
- ◆ 在泄压阀开启后即可检测到部分气体浓度的明显上升。

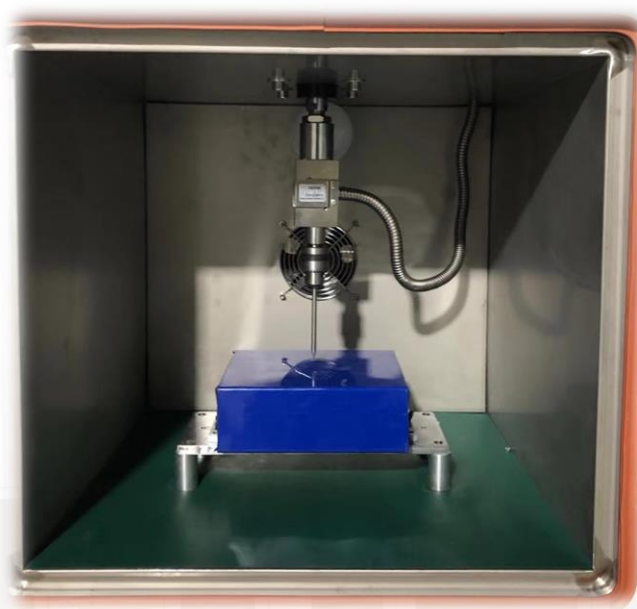


实验中检测到的部分气体浓度随时间的变化



参考《电动汽车用动力蓄电池安全要求及试验方法》 GB/T 31485

- ◆ 刺针材料：钢；
- ◆ 针尖形状：圆锥形，角度为 60° ；
- ◆ 针刺速度：25 mm / s；
- ◆ 针刺位置：电池最大表面的几何中心；
- ◆ 针刺位置：垂直极片方向





针刺实验

实验设计

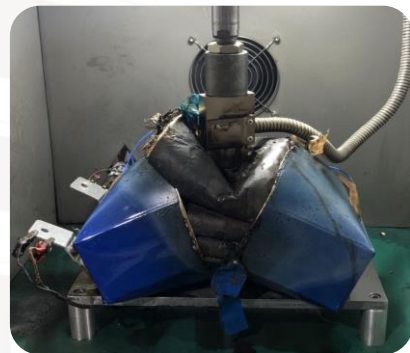
结果分析

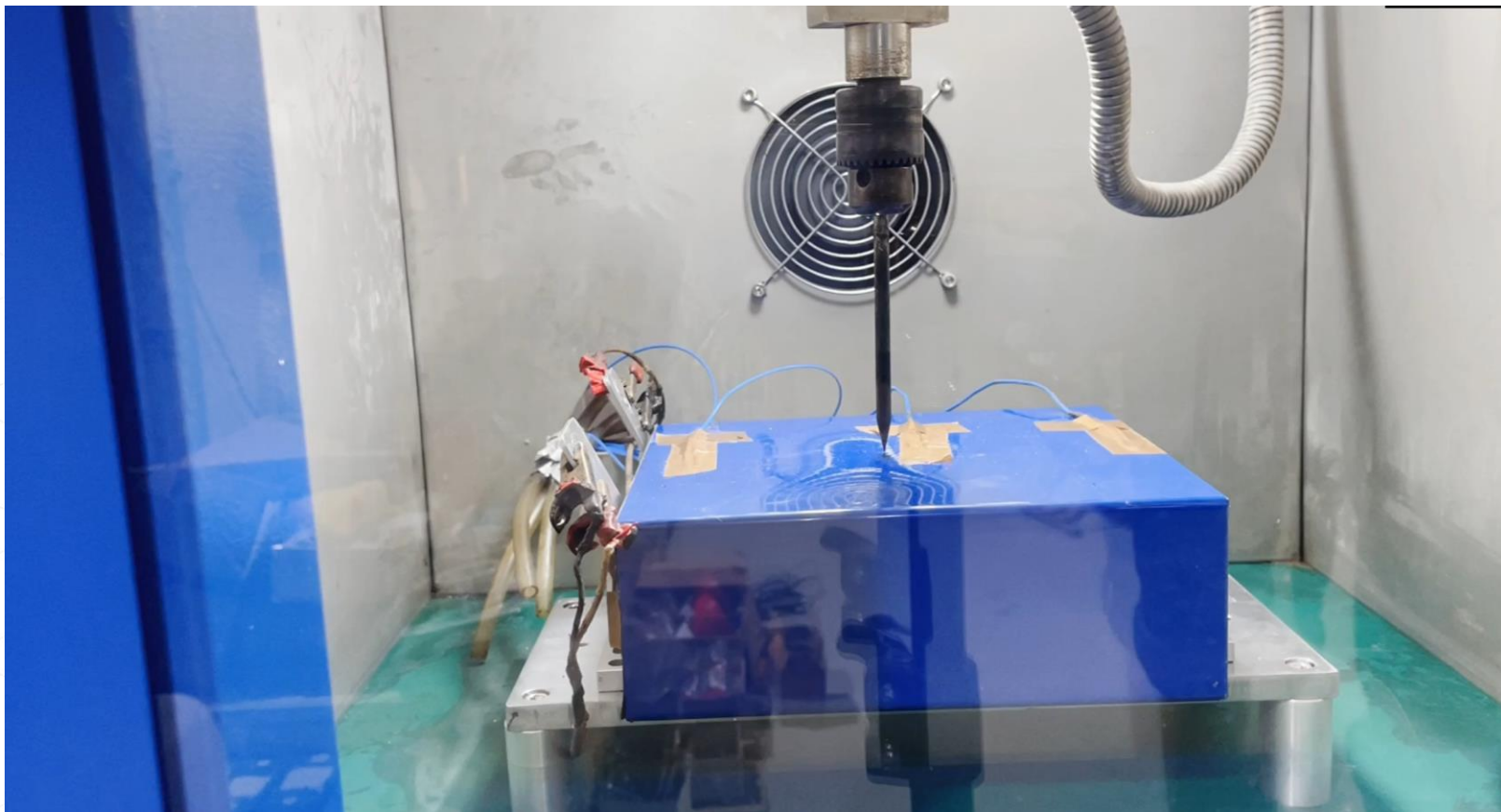
- ◆ $T=0s$
- ◆ SOC : 100%
- ◆ 开始穿刺

- ◆ $T=17s$
- ◆ 刺穿电池
- ◆ 电池膨胀
- ◆ 温度升高

- ◆ $T=19s$
- ◆ 电池爆炸
- ◆ 固体颗粒溅出
- ◆ 产生大量气体

- ◆ $T=60s$
- ◆ 气体停止逸出
- ◆ 实验结束



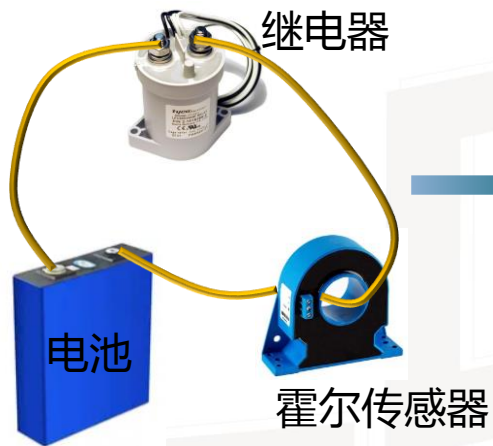


外短路实验

实验设计

结果分析

- 电池单体初始化充电;
- 将电池单体正、负极经外部短路, 外部线路电阻小于 $5\text{m}\Omega$;
- 观察1h;
- 记录是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

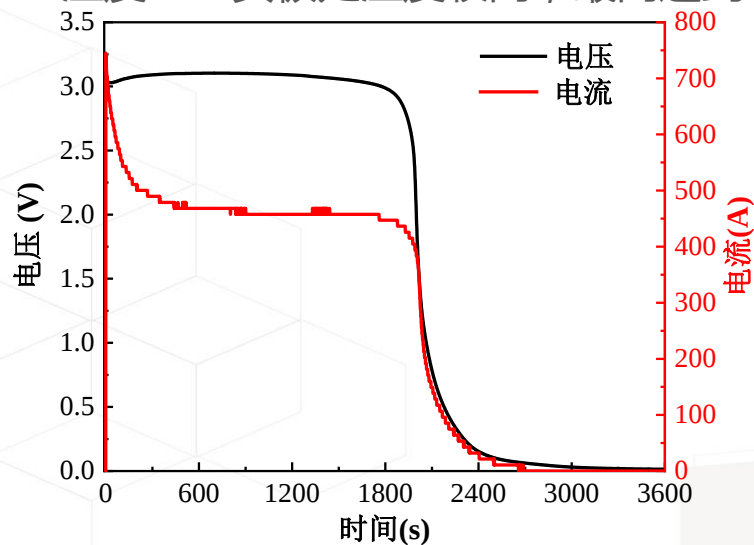


外短路实验

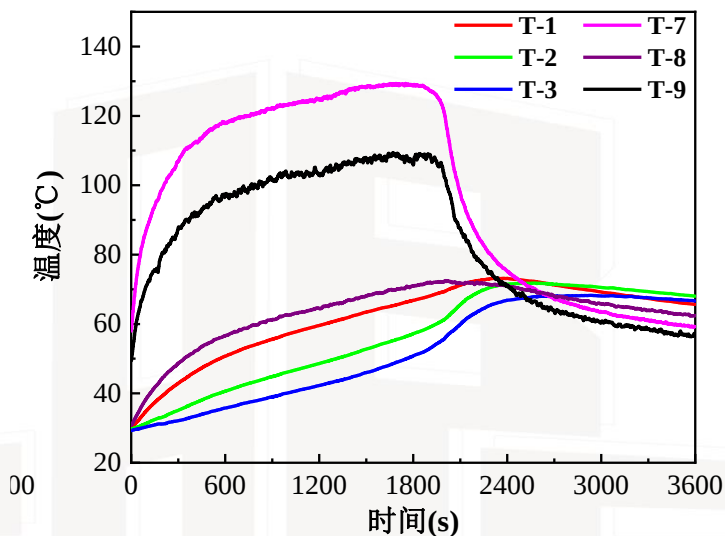
实验设计

结果分析

- ◆ 电压：短路开始后基本不变，2000s时骤降，最后缓慢降至 0；
- ◆ 电流：继电器闭合瞬间达到750A
- ◆ 温度：正负极处温度较高，最高达到128℃



外短路后电池电压和电流随时间的变化



实验中电池温度随时间的变化

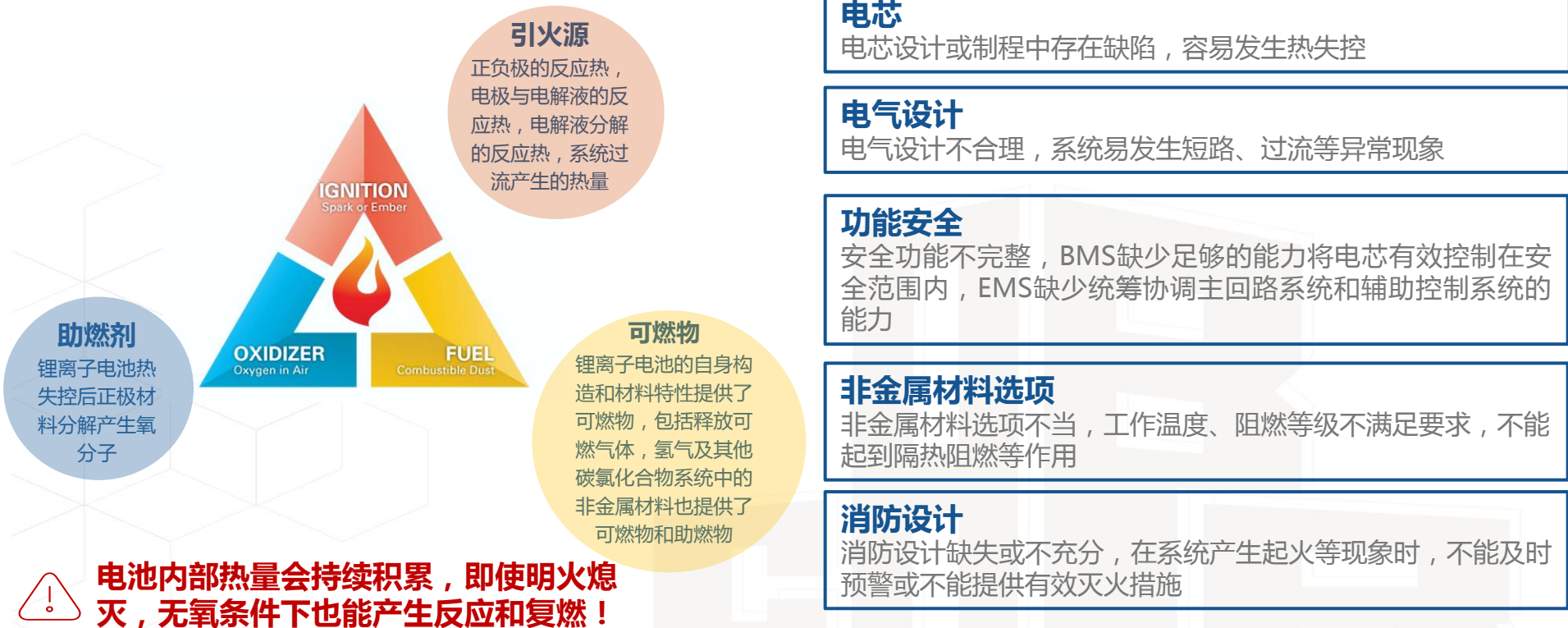


不同实验条件下锂电池热失控实验结果对比

触发方式	是否热失控	是否爆炸	最高温度	主要气体
过热	√	×	476 °C	一氧化碳、甲烷、乙烷、乙 烯、氢气
过充	√	×	554 °C	一氧化碳、甲烷、乙烷、乙 烯、氢气
针刺	√	√	226 °C	一氧化碳、甲烷、乙烷、乙 烯、氢气
外短路	×	×	128 °C	无

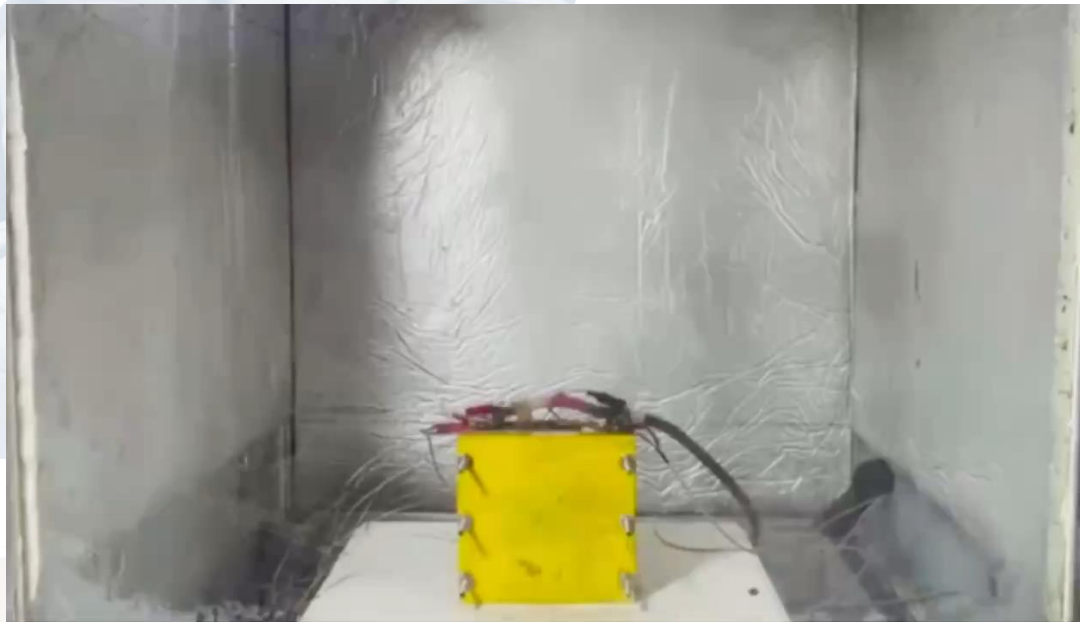


2.7 储能系统安全风险



2.8 储能系统火灾特点

- 反应源在电池内部，反应较隐蔽，热失控前期无明火等明显现象。
- 火焰形状为喷射状，燃烧速度快，温度高，喷射距离远，同时伴有熔融物飞出。
- 逸出的气体成分复杂且有强烈毒性。
- 电池内部热量会持续积累，即使明火熄灭，无氧条件下也能产生反应和复燃。





03

储能系统消防安全



防控措施



灭火剂



火灾预警



3.1 储能系统消防安全

从电化学的角度看，锂离子电池本质上是不安全的。一旦有设计、制程方面的缺陷，或者使用、运输过程中出现短路、撞击、加热等滥用状态，很容易导致热失控。而热失控时排除的气体是易燃的，容易引起起火和爆炸。因此，储能系统的设计时需要考虑消防安全。

具有以下措施

01.

提升电池性能

- 锂离子材料进行改性
- 添加阻燃介质

02.

保障过程安全

- 实时状态监测
- 预警预报

03.

灭火系统研发

- 灭火剂研发
- 灭火系统设计



3.2电化学储能系统灭火剂

热失控发展到不可控制阶段，如燃烧爆炸时，就要使用高效的灭火剂，对电池进行灭火处理。

灭火剂的类型主要有：

1. 气体灭火剂
2. 水基灭火剂
3. 干粉灭火剂
4. 气溶胶灭火剂
5. 新型灭火剂



灭火剂类型

灭火剂种类	灭火剂名称	灭火原理	优缺点
气体灭火剂	卤代烷1301、哈龙1211	销毁燃烧过程中产生的游离基，形成稳定分子或低活性游离基。	降温效果有限，无法抑制锂离子电池的复燃。对臭氧层破坏，已在我国全面禁止使用。
	CO ₂ 、IG-541、IG-100	稀释燃烧区外的空气，窒息灭火。	灭火效果较差，出现复燃，对金属设备具冷刺激效应(即对高热设备元件具破坏性)，同时对火灾场景密封环境要求高，不环保。
	洁净气体灭火剂如: HFC-227ea / FM-200(七氟丙烷)HFC-236fa(六氟丙烷)、Novec1230、ZF2088	分子汽化迅速冷却火焰温度，窒息并化学抑制。	无冷刺激效应，不造成被保护设备的二次损坏。燃烧初期有大量氟化氢等毒性气体生产，需要考虑灭火剂浓度设置。
水基灭火剂	水、AF-31、AF-32、A-B-D灭火剂	瞬间蒸发火场大量热量，表面形成水膜，隔氧降温，双重作用	降温灭火效果明显，成本低廉且环境友好，但耗水量大，扑救时间长。喷雾强度为2.0 L/(min m ²)，安装高度为2.4m条件下细水雾灭火系统无效。
	水成膜泡沫灭火剂	特定发泡剂与稳定剂，强化窒息作用	3%水成膜泡沫灭火剂无法解决电池复燃问题。
干粉灭火剂	超细干粉(磷酸铵盐、氯化钠、硫酸铵)	化学抑制或隔离窒息灭火	微颗粒、严重残留物、湿度大、对设备具腐蚀性。干粉灭火剂对锂电池火灾几乎没有效果。
气溶胶灭火剂	固体或液体小质点分散并悬浮在气体介质中形成的胶体分散体系(混合金属盐、二氧化碳、氨气)	氧化还原反应大量产生烟雾窒息	亚纳米微颗粒(霾)，金属盐、具残留物、对设备具腐蚀性及产高热性损坏,伴有大量烟气，污染环境。与水基灭火剂结合使用可有效提高锂电池火灾扑救效率，减少耗水量。



灭火系统类型	判定准则				是否通过灭火试验
	失控方式	是否复燃	是否爆炸	温度是否小于250℃	
二氧化碳	过热	是（85min后复燃）	否	否	否
	过充	否	否	是	是
七氟丙烷	过热	否	否	是	是
	过充	否	否	是	是
气溶胶	过热	是（6min后复燃）	是	否	否
	过充	是（25min后复燃）	是	否	否
细水雾	过热	否	否	是	是
	过充	否	否	是	是
水-泡沫	过热	否	否	是	是
	过充	否	否	是	是
全氟己酮	过热	否	否	是	是
	过充	否	否	是	是

磷酸铁锂电池灭火实验

灭火系统类型	判定准则				是否通过灭火试验
	失控方式	是否复燃	是否爆炸	温度是否小于250℃	
二氧化碳	过热	是（29min后复燃）	否	否	否
	过充	是（18min后复燃）	否	是	是
七氟丙烷	过热	是（10min后复燃）	否	是	是
	过充	是（25min后复燃）	否	是	是
气溶胶	过热	是（12min后复燃）	是	否	否
	过充	是（6min后复燃）	是	否	否
细水雾	过热	否	否	是	是
	过充	否	否	是	是
水-泡沫	过热	否	否	是	是
	过充	否	否	是	是
全氟己酮	过热	否	是	是	是
	过充	否	否	是	是

三元锂电池灭火实验



01 细水雾系统

含一定比例的表面活性剂，有效吸热降温，在火灾初期效果较好，**但当电池燃爆后很难迅速抑制或者扑灭锂离子电池火灾。且有导致电池短路等风险**

02 七氟丙烷

是应用在锂离子电池火灾中最多的灭火介质，**但在停止喷射后电池仍然有复燃的风险，及持续吸收热量降温抑制的能力并不强**

03 二氧化碳

基本无效。

04 全氟己酮

全氟己酮具有良好的吸热特性，可以通过对发生火灾的电池进行降温达到灭火的效果。**但单一的全氟己酮在完全控制复燃上不太理想，也无法有效抑制可燃气体的释放。**

05 潜在新型灭火介质

高温性能稳定，热稳定性好和化学特性优，抗强氧化剂、强酸和强碱。**但仍在探索。**

06 完全有效的灭火剂

对于锂离子电池储能系统发生火灾，**完全有效并且符合法规要求的灭火剂尚在探索中。**



3.3 电化学储能系统火灾预警

电池本体因素及运行环境因素逐渐演化是引起储能电站事故的根本诱因。鉴于该类因素的长周期演化特性，一般将锂电池储能系统火灾预警划分为：

- 1.安全状态的早期预警
- 2.热失控提前预警



01

安全状态的早期预警

在安全状态早期预警阶段，通过对电池运行及环境因素的历史数据分析、机理模型推演、演化趋势判断等开展安全特性演化行为预判，实现潜在热失控电池的更早期甄别，通过采取适当的安全管控措施可以有效避免热失控的发生。

渐变故障 演化

电池本体识别：

内短路估计、老化程度估计、不一致性评价

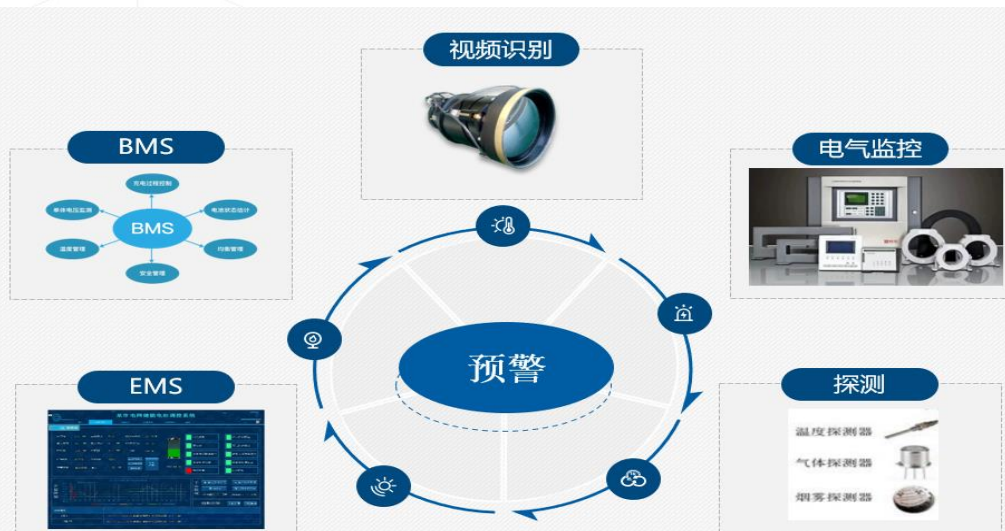
运行环境因素：

高/低温运行历史、湿度记录、绝缘电阻检测

02

热失控提前预警

在热失控预警阶段，主要是针对电池出现热失控的临界条件对电池进行监控和预警，电池在出现热失控的过程中，其电压、电流、电阻、内部压力、温度都会出现明显变化，**通过对一种或几种特征参数及特征气体监测可有效地对电池热失控进行预警。**



1. 基于BMS获取电池外部参数的预警技术

基于电池管理系统实时监测电池表面温度、电压、电流等信号的热失控预警技术

2. 基于电池内部状态预测的热失控预警技术

通过监测电池内部状态，来改进BMS中状态所需辨识参数，对电池热失控风险进行更加精确的评估

3. 基于气体检测的热失控早期预警技术

电池在热失控过程中会产生相应的气体，通过对电池舱内特定气体含量进行分可热失控进行判别。



当前绝大多数储能系统，仅设置有火灾自动报警系统。

仅有部分储能以热失控的提前预警作为储能系统的安全预警，然而到该阶段时，电池内部链式反应已经产生，单体热失控已不可逆，精准性和快速性有待提高！





04

储能电站消防规定与要求



政策背景



研究现状



现存问题



04 储能电站消防管理规定与要求

4.1 政策背景



为全面贯彻落实习近平总书记关于应急管理工作的
一系列重要指示和党中央、国务院决策部署，扎实
做好安全生产、防灾减灾救灾等工作，积极推进应
急管理体系和能力现代化，国务院2021年12月30
日印发《“十四五”国家应急体系规划的通知》国
发〔2021〕36号

将电化学储能设施列入安全生产治本攻坚重点！



04 储能电站消防管理规定与要求

4.1 政策背景

国家发展和改革委员会 国家能源局 文件

发改能源〔2022〕209号

国家发展改革委 国家能源局关于印发 《“十四五”新型储能发展实施方案》的通知

各省、自治区、直辖市及新疆生产建设兵团发展改革委、能源局，国家能源局各派出机构，有关中央企业：

为深入贯彻落实“四个革命、一个合作”能源安全新战略，实现碳达峰碳中和战略目标，支撑构建新型电力系统，加快推动新型储能高质量规模化发展，根据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》《国家发展改革委 国家能源局关于加快推动新型储能发展的指导意见》有关要求，我们组织编制了《“十四五”新型储能发展实施方案》，现

— 1 —

为实现碳达峰碳中和战略目标，支撑构建新型电力系统，加快推动新型储能高质量规模化发展，2022年3月21日，国家发展改革委、国家能源局印发《“十四五”新型储能发展实施方案》

提出了应建立健全新型储能技术标准、管理、监测、评估体系，保障新型储能项目建设运行的全过程安全的基本原则！



04 储能电站消防管理规定与要求

4.1 政策背景



为认真贯彻党中央、国务院关于应急管理和消防工作的决策部署, 2022年04月14日, 国务院安全生产委员会印发《“十四五”国家消防工作规划》(安委〔2022〕2号)

提出行业监管部门和生产企业、科研单位应健全完善新材料、新业态(新型储能)火灾风险预估预判机制, 科学制定安全标准, 加强消防管理, 优化落实本质安全措施。



04 储能电站消防管理规定与要求

4.2 储能电站建设阶段



规划阶段

设计阶段



采购阶段

施工阶段



验收阶段

运行阶段





04 储能电站消防管理规定与要求

4.3 文件要求

2022年5月，国家能源局发布《**关于加强电化学储能电站安全管理的通知**》对储能电站的规划、设计、产品选用（零部件）、施工、验收阶段做了明确规定。

加强风险评估

在电化学储能电站项目规划过程中，**加强安全风险评估与论证**

加强设计审查

应当委托具备相应资质的设计单位开展设计工作，并组织开展**设计审查**

严格设备把关

选用的设备及系统应符合有关法律法规、国家（行业）标准要求，并**通过具备储能专业检测检验资质的机构检验合格**

加强施工管理

定期组织开展施工现场**消防安全检查**

严格施工验收

应当按照国家相关规定办理工程质量监督手续，**通过电站消防验收**

加强运行管理

从业人员确保熟悉电站电池热失控、火灾特性，掌握消防设施及器材操作规程和应急处置流程。**定期进行防火检查、防火巡查和消防设备维护保养。**



04 储能电站消防管理规定与要求

4.3 文件要求

2022年6月23日，国家能源局组织电力行业有关单位和专家，对《防止电力生产事故的二十五项重点要求》（国能安全〔2014〕161号）开展了修订工作，形成了《防止电力生产事故的二十五项重点要求（2022年版）（征求意见稿）》。

1. 选址

电化学储能电站站址不应贴邻或设置在生产、储存、经营易燃易爆危险品的场所，不应设置在具有粉尘、腐蚀性气体的场所，不应设置在重要电力设施保护区内。

2. 规模/形式

锂离子电池设备间不得设置在人员密集场所，**不得设置在有人居住或活动的建筑物内部或其地下空间**。锂离子电池设备间应单层布置，宜采用预制舱式。**站房式锂离子电池设备间，单个防火分区电池容量不宜超过6MW·h。**

3. 探测报警

锂离子电池设备间内应设置可燃气体探测装置，当H₂或CO浓度大于 50×10^{-6} （体积比）时，应联动断开舱级和簇级断路器，联动启动通风系统和报警装置。

4. 灭火系统

中大型锂离子电池储能电站电池设备间内应设置固定自动灭火系统；灭火系统应满足扑灭模块级电池明火且**24h不复燃的要求**，系统类型、流量、压力等技术参数应经国家授权的机构**实施模块级电池实体火灾模拟试验验证**。

5. 运维管理

定期开展维护保养，每年至少进行一次全面检测，与属地消防救援机构建立协同机制，定期开展演练。



04 储能电站消防管理规定与要求

4.3 文件要求

8月5日，北京市人民政府发布关于对《北京市储能电站建设管理办法（试行）》（以下简称《办法》（征求意见稿））公开征求意见的公告。

明晰了项目建设前期评估、土地办理、项目备案、施工许可、竣工验收等环节办理要求，明确所有储能电站项目必须由土地所有权人办理供地手续和规划许可，**必须开展消防审查和消防验收**，进一步规范了储能电站建设管理程序，引导本市储能电站健康有序发展。



民意征集

首页 > 政民互动 > 民意征集

关于对《北京市储能电站建设管理办法（试行）》公开征求意见的公告

分享:   

已结束 征集有效期: 2022-08-05至2022-08-11

为规范本市储能电站建设管理，进一步明确储能电站建设、验收、并网等程序，促进本市储能产业安全可持续发展，根据国家及本市相关管理规定，市城市管理委员会会同有关部门研究制定了《北京市储能电站建设管理办法（试行）》。现向社会公开征求意见，欢迎社会各界提出意见建议。

公开征集意见时间为：2022年8月5日至8月11日。

意见反馈渠道如下：

- 1.电子邮箱：fangyansheng@csglw.beijing.gov.cn。
- 2.通讯地址：北京市西城区三里河北街甲三号北京市城市管理委员会电力煤炭管理处（请在信封上注明“意见征集”字样）
- 3.电话：010-68539047
- 4.传真：010-68512344
- 5.登录北京市人民政府网站（<http://www.beijing.gov.cn>），在“政民互动”版块下的“政策性文件意见征集”专栏中提出意见。



4.3 文件要求

《办法》(征求意见稿)主要包含总则、规划建设、管理程序、管理要求和附则**五个章节，共15条**，明确本市行政区域内建设(包括新建、改建和扩建)的额定功率**不低于100千瓦或能量不低于100千瓦时的**储能电站(抽水蓄能除外)的规划、评估、备案、审批、设计、施工、验收等有关工作适用本办法。本办法中储能电站是指由若干个储能系统及辅助设施组成并集中布局的电站，储能系统由一个或多个储能装置组成，可进行电能存储、转换及释放。

范围

本市行政区域内建设（包括新建、改建和扩建）

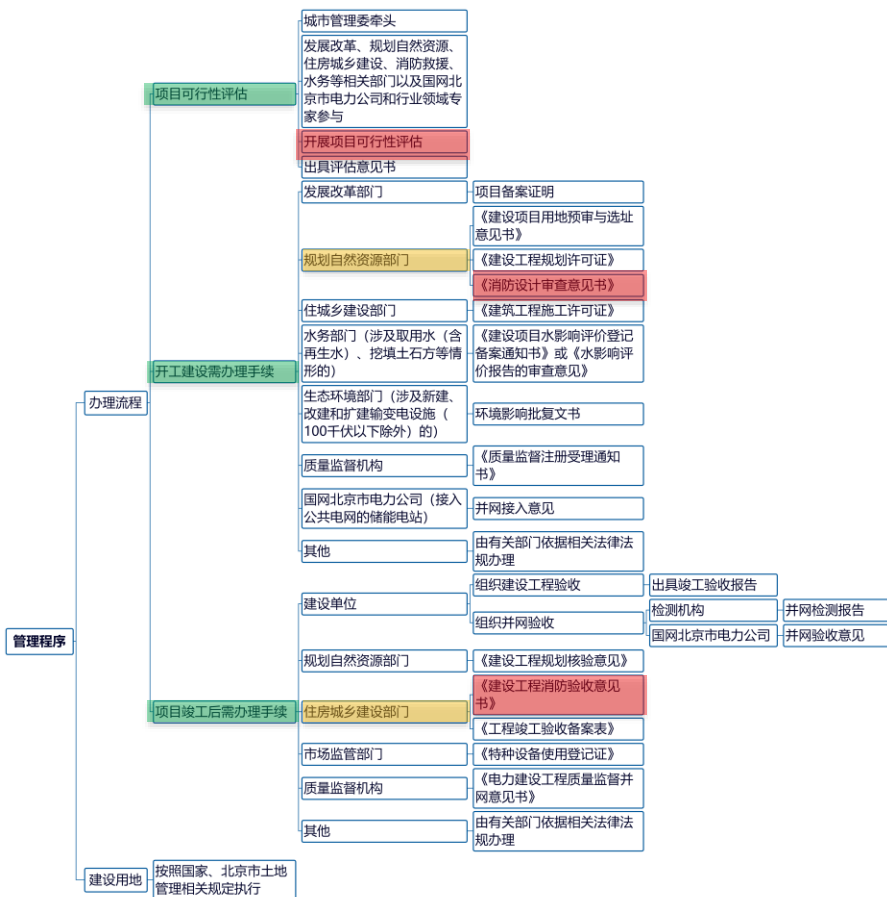
额定功率不低于100千瓦或能量不低于100千瓦时的储能电站（抽水蓄能除外）

规划、评估、备案、审批、设计、施工、验收等有关工作



4.3 文件要求

《办法》(征求意见稿) 规定了储能电站项目办理流程，明确了项目可行性评估、项目开工建设前及项目竣工后三个阶段需办理的相关手续。针对项目可行性评估，明确由市城市管理委牵头，定期组织相关部门以及国网北京市电力公司和行业领域专家开展相关工作，对支持建设的项目出具评估意见书，作为备案、审批的支撑依据。





05

储能电站消防审验要点



审验依据



标准规范



审验要点



05 储能电站消防审验要点

消防设计审验法规依据

住建部关于储能电站消防设计审查验收有关事项的函：

- 电化学储能电站符合《暂行规定》（51号令）第十四条规定的特殊建设工程情形的，其申请消防设计审查验收且要件齐全，应依法受理。
- 电化学储能电站符合《暂行规定》（51号令）第十七条规定的两款情形之一的，省级消防设计审查主管部门应组织召开专家评审会，对建设单位提交的特殊消防设计技术资料进行评审。

储能电站需通过消防设计审查、验收

中华人民共和国住房和城乡建设部办公厅

建办科函〔2021〕403号

住房和城乡建设部办公厅关于储能电站 消防设计审查验收有关事项的函

广东省住房和城乡建设厅：

《关于明确储能电站消防设计审查验收有关事项的请示》（粤建质〔2021〕139号）收悉。经研究，现函复如下：

一、《中华人民共和国消防法》第十条规定，对按照国家工程建设消防技术标准需要进行消防设计的建设工程，实行建设工程消防设计审查验收制度。

建设工程应严格按照工程建设审批制度要求办理相关手续。电化学储能电站符合《建设工程消防设计审查验收管理暂行规定》（住房和城乡建设部令第51号，以下简称《暂行规定》）第十四条规定的特殊建设工程情形的，其申请消防设计审查验收且要件齐全，应依法受理。其中，电化学储能电站符合《暂行规定》第十七条规定的两款情形之一的，省级消防设计审查主管部门应组织召开专家评审会，对建设单位提交的特殊消防设计技术资料进行评审。

二、《电化学储能电站设计规范》（GB 51048—2014）第1.0.2条规定，此规范适用于新建、扩建或改建的功率为500kW且容量为500kW·h及以上的电化学储能电站的设计，不适用于移动式电化学储能电站的设计。

联系人及电话：李 昂 010-58933815、010-58933437（传真）



（此件依申请公开）

抄送：各省（自治区）住房和城乡建设厅，直辖市住房和城乡建设（管）委、规划和自然资源局（委），海南省自然资源和规划厅，新疆生产建设兵团住房和城乡建设局。



05 储能电站消防审验要点

储能电站消防设计相关标准

序号	标准名称	主编单位	标准级别
1	《建筑设计防火规范》GB50016-2014 (2018年版)	应急管理部天津消防研究所	国家标准
2	《电化学储能电站设计规范》GB51048-2014	中国电力企业联合会	国家标准
3	《电化学储能电站安全规程》GB/T 42288-2022	中国电力企业联合会	国家标准
4	《电力储能系统建设运行规范》	中关村储能产业技术联盟 中国建筑科学研究院有限公司	北京地标
5	《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》 T/CEC373-2020	中国电力企业联合会	团体标准
6	XX省电化学储能电站消防设计审查和消防验收技术导则	XX省住建厅	地方规定
7	《小型电化学储能电站消防安全技术要求》 T/CSAE 88 - 2018	中国汽车工程学会和中国消防协会	团体标准
8	《电池储能电站设计技术规程》Q/GDW11265- 2014	国家电网公司	企业标准
9	《电化学储能电站安全规程》	中国电力企业联合会	国家标准
10	《集装箱式锂离子储能电站防火规范》	山西省消防救援总队	山西地标
11	《电网侧电化学储能站设计规程》	电力规划设计总院	行业标准
12	《(蓄) 电池储能站设计规范》	电力规划设计总院	行业标准



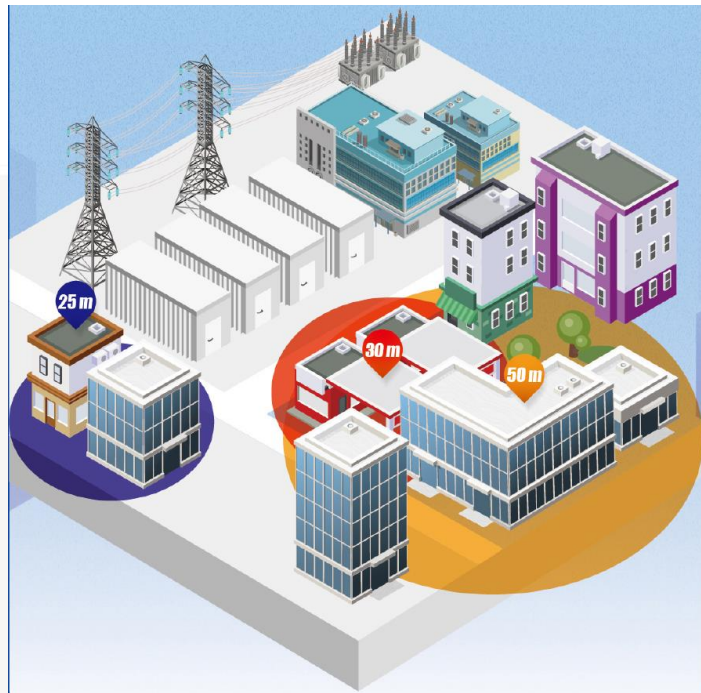
05 储能电站消防审验要点

一、总布置

- 《电化学储能电站设计标准》GB51048，**锂离子电池**厂房不应设置于地下或半地下。
- 《电力储能系统建设运行规范》DB11/T 1893，火灾危险性为甲、乙类的储能系统应独立设置，**不应设置在人员密集场所、高层建筑、地下建筑和易燃易爆场所。**



不应设置在地下





二、火灾危险性分类

- 《电化学储能电站设计标准》GB51048，本标准根据对于与锂离子电池火灾危险性相关的其他数据**参考乙类**，结合相关试验数据及工程实践进行具体规定。
对于应用新类型电池或同类型电池但电解液溶剂组成与目前通用的溶剂组成差别较大时，应在实际工程中对**电池火灾危险性类别进行专题论证**。
- 《电力储能系统建设运行规范》DB11/T 1893，锂离子/钠离子电池储能系统火灾危险性分类：甲、乙。



不同类型电池，差别大，火灾危险性可专题论证



05 储能电站消防审验要点

三、防火间距

■ 《电化学储能电站设计标准》GB51048：

建、构筑物名称			丙、丁、戊类 生产建筑		铅酸（铅炭）电 池厂房、液流电 池厂房		锂离子 电池厂 房	屋外电池预制舱（柜）		屋外配电装 置		变压器			事故 油池	民用建筑				
			单、多层	高层	单、多 层	高层	单、多层	铅酸（铅 炭）电 池、液流 电池	锂离子电池	每组断路器 油量 （t）	单台设备油量（t）	≥5 t, ＜ 10t	≥1 0t, ＜ 50t	＞ 50t	一、二 级	三级	一类	二类		
一、二 级	三级	一、二 级	一、二 级	一、二 级	一、二级			＜1	≥1											
铅酸（铅 炭）电池 厂房、液 流电池厂 房	单、多 层	一、二级	10	12	13	10	13	12	10	20	-	10	10			5	10	12	15	13
	高层	一、二级	13	15	13	13	13	13	10	20	-	10	10			5	13	15	15	13
锂离子电 池厂房	单、多 层	一、二级	12	14	13	12	13	12	25	25	10		25			10	25		50	
屋外电池 预制舱 （柜）	铅酸电池（铅炭电 池）、液流电池		10			10	10	25	-	15	5		10			5	15	20	20	
	锂离子电池		20	25	20	20	20	25	15	同一分区内根 据工艺布置确 定，不同分区间 满足 12.2.5 要 求	10		25			5	25	30	30	

■ 《电力储能系统建设运行规范》DB11/T 1893：

- ✓ 火灾危险性为甲、乙类的储能系统应独立设置，与高层民用建筑、重要公共建筑的防火间距不应小于50 m，与明火或散发火花地点的防火间距不应小于30 m，与单、多层民用建筑的防火间距不应小于25 m。



防火间距从严



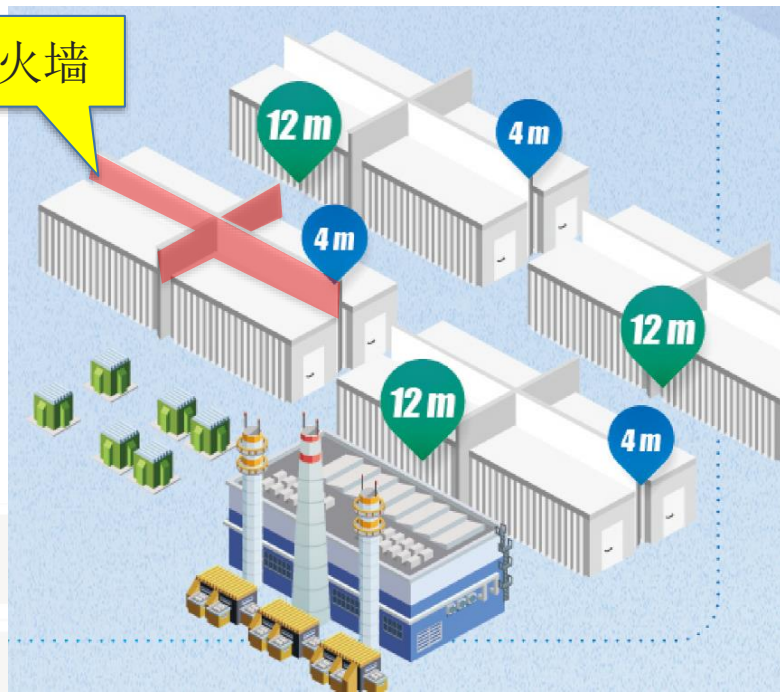
05 储能电站消防审验要点

三、防火间距

■ 《电力储能系统建设运行规范》DB11/T 1893

- ✓ 火灾危险性为甲、乙类的储能系统占地面积不超过 1500m^2 时，可采取成组布置方式，并应符合下列要求：
 - ✓ a) 组与组或组与相邻建筑的防火间距按GB 50016有关厂房的防火间距规定确定；
 - ✓ b) 每组内电池集装箱之间的防火间距不应小于 4 m ，且应采用防火墙进行分隔。

防火墙



防火间距从严



05 储能电站消防审验要点

四、火灾探测预警/报警

■ 《电化学储能电站设计标准》GB51048：

- ✓ 电池室应配置可燃气体报警设备，可燃气体探测器应根据正常及事故工况下产生的气体类型选择，应采用防爆型设备。
- ✓ 储能电站宜具备火灾早期预警功能，可通过计算机监控系统、电池管理系统、可燃气体探测设备、火灾报警系统等设备，实现电站的火灾监控预警。

■ 《电力储能系统建设运行规范》DB11/T 1893：

- ✓ 储能系统应设置满足GB 50116要求的火灾自动报警系统。火灾危险性为甲、乙类的储能系统应具备火灾预警功能。
- ✓ 有可燃气体产生风险的储能系统应设置可燃气体探测报警装置。



05 储能电站消防审验要点

四、火灾探测预警/报警

■ 《电化学储能电站安全规程》GB/T 42288-2022 :

- ✓ 5.6.4 电池室/舱内应设置可燃气体探测器、温感探测器、烟感探测器等火灾探测器,每个电池模块可单独配置探测器。
- ✓ 5.6.5 电池室/舱外及值班室应配置气体浓度显示和提示报警装置, 电池室/舱外应设置手动火灾报警按钮、紧急启停按钮。



自动报警系统需要预警、报警系统, 宜配置到模块级



05 储能电站消防审验要点

五、灭火系统

■ 《电化学储能电站设计标准》GB51048：

- ✓ 锂离子电池室应设置自动灭火系统，自动灭火系统喷射强度、喷头布置间距、安装高度、工作压力等设计参数宜**经实体火灾模拟实验确定**。

■ 《电力储能系统建设运行规范》DB11/T 1893：

- ✓ 火灾危险性为甲、乙类的储能系统电池布置区域应设置满足**灭火、持续降温且抑制复燃要求的固定自动灭火系统**，其他储能系统应设置可靠有效的灭火装置。
- ✓ 火灾危险性为甲、乙类的集装箱式储能系统，其电池布置区域应设置消防水泵接合器和浸没式水冷却装置，确保淹没储能单元或电池单元的时间不超过10 min。单个额定能量不超过500 kWh的分散式储能装置宜采用**浸没式水冷却装置**。



05 储能电站消防审验要点

五、灭火系统

■ 《电化学储能电站安全规程》GB/T 42288-2022：

- ✓ 电池室/舱应设置自动灭火系统，锂离子电池室/舱自动灭火系统的最小保护单元宜为电池模块，每个电池模块可单独配置灭火介质喷头或探火管。自动灭火系统应具备远程自动启动和应急手动启动功能，自动灭火系统喷射强度、喷头布置间距等设计参数应符合 GB 51048 的相关规定。灭火介质应其有良好的绝缘性和降温性能，自动灭火系统应满足扑灭火灾和持续抑制复燃的要求。



灭火系统：经实体火灾模拟实验确定，宜配置到模块级

