



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



中国的电力 我们的事业

# 锂离子电池 自动灭火技术

中国电力科学研究院有限公司

杨凯

# 汇报内容



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



**公司与品牌**



**行业分析**



**技术及产品介绍**



**推广应用**

# 一、公司与品牌——中国电科院电池安全技术研发团队



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

- 团队成员20人，是“储能电池寿命与安全性评估技术”国家电网公司科技攻关团队；
- 依托新能源与储能运行控制国家重点实验室和全国电力储能标委会，对接IEC/TC120参与电池安全国际标准编制；
- 牵头承担电池安全领域的国家重点研发计划课题1项、国家电网公司科技项目10项，掌握电池安全机理、电池燃烧与火灾蔓延特性、安全风险评估方法、安全防护技术，申请国家发明专利36项。



# 汇报内容

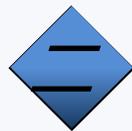


国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



公司与品牌



行业分析



技术及产品介绍



推广应用

## 二、行业分析

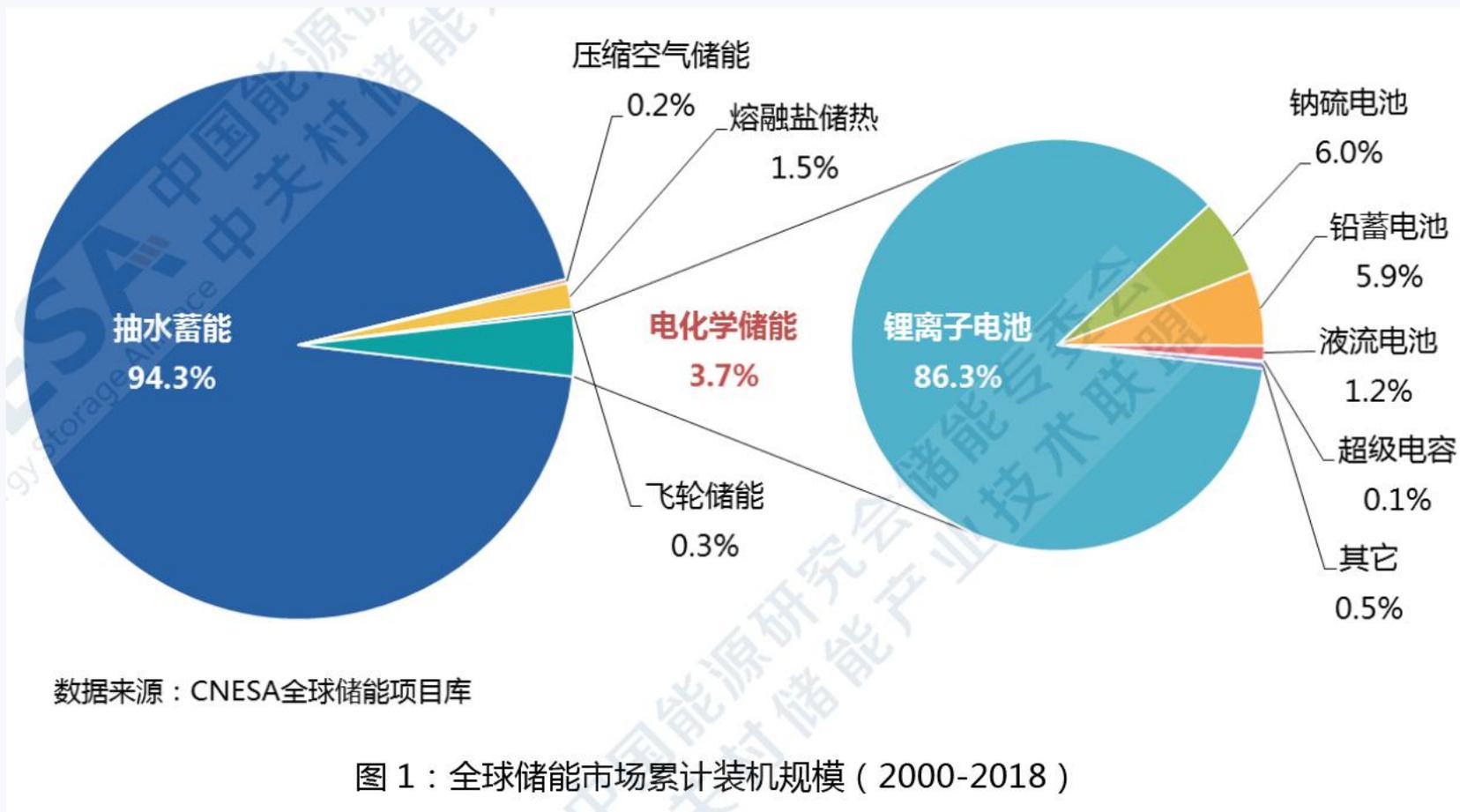


图 1：全球储能市场累计装机规模（2000-2018）

电化学储能的累计装机规模位列第二，在各类电化学储能技术中，锂离子电池的累计装机占比最大，截止2019年6月，占比超过90%。

## 二、行业分析



- 以锂离子电池为主的电化学储能系统已广泛应用于电力系统各个环节，2018年我国仅电网侧储能装机规模接近**40万千瓦**。
- 我国电动汽车进入快速发展期，2016年销售50.7万辆，2017年电动汽车销售77.7万辆，2018年达到**125.6万辆**，与之匹配的动力电池装机量也保持高速增长，2016年装机28.2GWh，2017年装机36.2GWh，2018年装机**56.9GWh**。
- 2017年至今，韩国发生**25起**电化学储能电站火灾事故，我国公开报道3起，严重威胁电网和人身安全。
- 车载动力电池的安全问题一直以来都是影响行业健康发展的关键因素！2016年至今，国内发生的电动汽车起火事故近**100起**，仅2018年就发生近**40起**。

## 二、行业分析



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

2017年3月7日，山西某火力发电厂储能系统辅助机组AGC调频项目发生火灾，此次火灾共烧毁锂离子电池储能单元一个、储能锂电池包416个、电池管理系统包26个以及其他相关设施若干。



2017年12月22日，山西某电厂9MW调频项目2号储能集装箱柜发生火灾，并伴有爆炸次生灾害。山西省公安消防总队已向全省发出通报（晋公消办【2017】382号）。



### 山西省公安消防总队

晋公消办〔2017〕382号

#### 关于吸取朔州右玉“3.7”、“12.22”火灾事故教训加强火电厂移动式储能电站火灾防范工作的通报

各市公安消防支队、机关司令部、防火部：

2017年3月7号，朔州市右玉县山西京玉发电有限责任公司厂区内容能世纪京玉9MW储能AGC调频项目1#锂电池集装箱发生火灾；2017年12月22日，该项目2#锂电池集装箱再次发生火灾。两次火灾虽未造成人员伤亡，但是火灾扑救难度大，易发生爆炸等次生灾害。为吸取类似火灾事故教训，根据王勇总队长指示，现将有关情况通报如下，并提出有关工作要求：

#### 一、两次火灾基本情况

2017年3月7日10时43分，朔州市右玉县山西京玉发电有限责任公司厂区内1#锂电池集装箱发生火灾。经朔州消防支队9小时扑救，火灾被成功扑救，无人员伤亡，直接财产损失48万余元。起火原因为：在启动过程中，操作过电压引起1#锂

#### 火灾调查与分析 一起火电厂储能系统火灾事故的调查与认定

张华东，张宏亮  
(山西省消防总队，山西太原 030001)

**摘 要：**结合某火电厂储能系统锂离子电池储能单元火灾事故调查实践，简要介绍了该项目的原理、火灾事故调查的关键环节和改进建议。结前勘验，结合视频监控、事故数据记录、询问笔录等证据，认定起火部位和起火原因。最后提出几点体会，以对此类项目的安全发展建设提供帮助。  
**关键词：**火电厂；AGC调频；锂电池；火灾调查  
**中图分类号：**X928.7；TU988.12 **文献标志码：**B  
**文章编号：**1009-0029(2017)10-1473-04

#### 1 火灾事故情况简介

2017年3月7日9时44分许，山西某火力发电厂储能系统辅助机组AGC调频项目发生火灾。此次火灾共烧毁锂离子电池储能单元一个、储能锂电池包416个、电池管理系统包26个以及其他相关设施若干，致使储能项目停止运行30余天(见图1)。



图1 火灾现场概貌

技术，2013，32(2):233-235。  
[5] 黎智群，王桂强，许小京，等。视频监控中的影像证据应用[J]。刑事技术，2014，39(2):42-45。  
[6] 刘雪梅。视频监控在侦查中的应用研究[D]。重庆：西南政法大学，2013。  
[7] 曹吉明。视频监控中画面目标的测量技术研究[D]。兰州：甘肃政法学院，2016。  
[8] 张国强，韩平，张海蛟。一起仓库火灾原因重新认定的调查分析[J]。消防科学与技术，2015，34(6):534-537。  
[9] 李树彬，李鹏。一起较大工人火灾事故的调查与体会[J]。消防科学与技术，2016，35(8):1190-1192。  
[10] 宋一兵。对一起旧货市场火灾事故的调查认定[J]。消防科学与技术，2016，35(8):1193-1196。

Application of video surveillance in fire investigation

GUO Hua-jie, SU Wen-wei

消防科学与技术 2017 年 10 月第 26 卷第 10 期

**2 项目简介**  
由于火电机组自动发电控制(以下简称“AGC”)调节能力较弱，频繁快速调节会增加火电机组磨损和发电煤耗，对机组安全运行带来风险。通过储能系统响应AGC调节指令可有效避免此类风险，大大降低调节响应时间。  
**2.1 系统运行工作方式**  
通过储能系统主控制单元实时接收电网AGC调度指令和火电机组实时出力信号。通过控制储能单元设备动态存储和放电，实时补偿火电机组出力与电网AGC调度指令间的偏差，实现对电网频率的控制，满足电力系统调频需要。该储能系统能解决秒或分钟级短时段尺度的区域电网内的具有随机特性的有功不平衡问题，具有调节速率快、调节精度高、频繁转换功率调节方向等优点。  
**2.2 系统架构与主设备功能**

储能系统由主控制系统、高低压配电、3组锂电池集装箱、3组逆变器集装箱构成。

#### 2.2.1 储能系统主控单元

储能系统主控单元接收电网AGC指令等运行数据，经过计算确定储能系统各储能单元出力指令，并下发至各锂电池集装箱控制单元和逆变器集装箱控制单元。同时，接收各储能单元反馈状态信号，监控各储能单元自动运行情况。锂电池集装箱与逆变器集装箱构成一组独立储能单元，每个储能单元容量为1.477 MWh，3组独立储能单元可独立运

(Henan General Fire Brigade, Henan Zhengzhou 450000, China)  
**Abstract:** Starting from a major fire accident investigation, this paper analyzed the proof function of video surveillance evidence in the case investigation. Further explored the proof function and application method of surveillance video in fire investigation including the purpose and function of evidence analysis, collection of video surveillance evidence, evidence review and evidence analysis, in order to give references for the application of surveillance video in fire investigation.  
**Key words:** fire investigation; video surveillance video; evidence analysis

作者简介：郭华杰(1966-)，男，河南郑州人，河南省消防总队总工程师，高级工程师，主要从事火灾事故调查及消防宣传工作，河南省郑州市福元路158号，450000。

收稿日期：2017-05-18

1473

## 二、行业分析



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

2018年8月3日，江苏扬中某用户侧磷酸铁锂储能电站发生火灾，一个储能集装箱整体烧毁。





## 二、行业分析



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

2019年9月24日上午11点29分左右，韩国江原平昌郡美炭面平安里（音译）风力发电站的储能系统发生未知原因的火灾，时隔2小时30分钟后熄灭。容量为40MW/21MWh的储能系统位于414.3m<sup>2</sup>的室内，2700个锂离子电池及一个PCS被烧毁。



北极星储能网

## 二、行业分析



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

2016年至今，国内发生的电动汽车起火事故近100起，仅2018年就发生近40起。



帝豪EV450汽车充电起火



力帆电动车燃烧



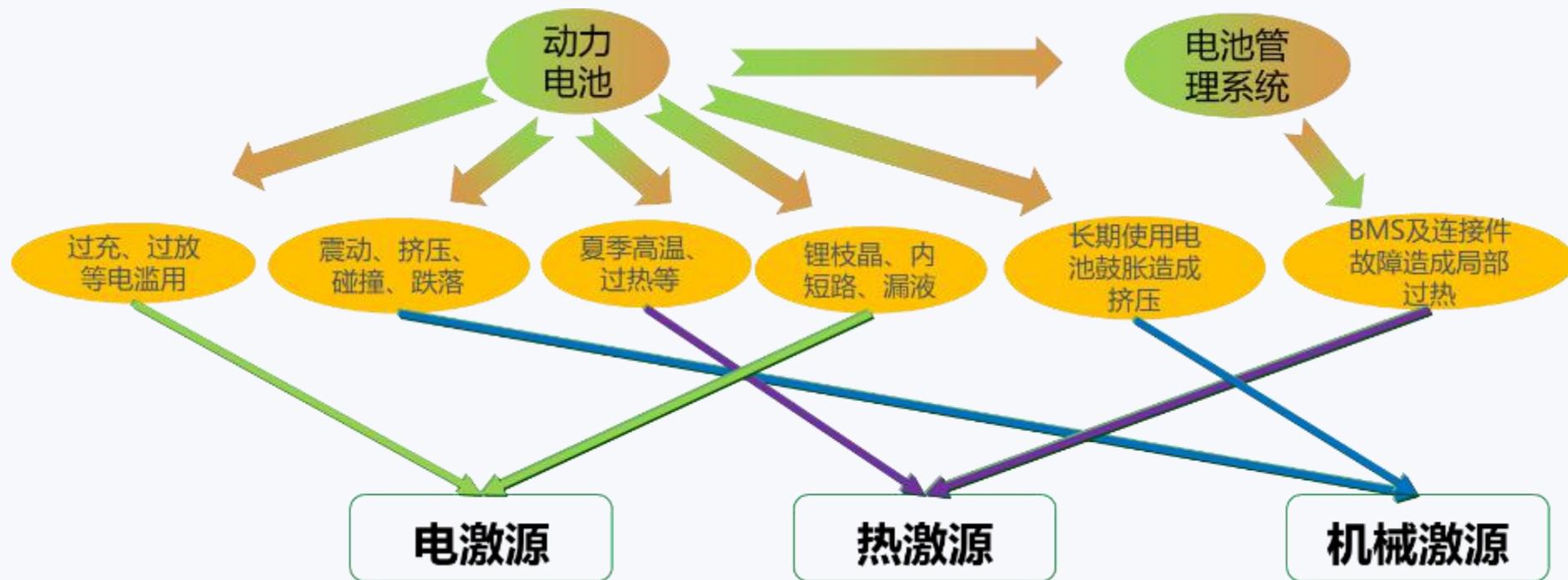
比亚迪电动车碰撞燃烧



电动公交车充电燃烧

特斯拉汽车碰撞着火

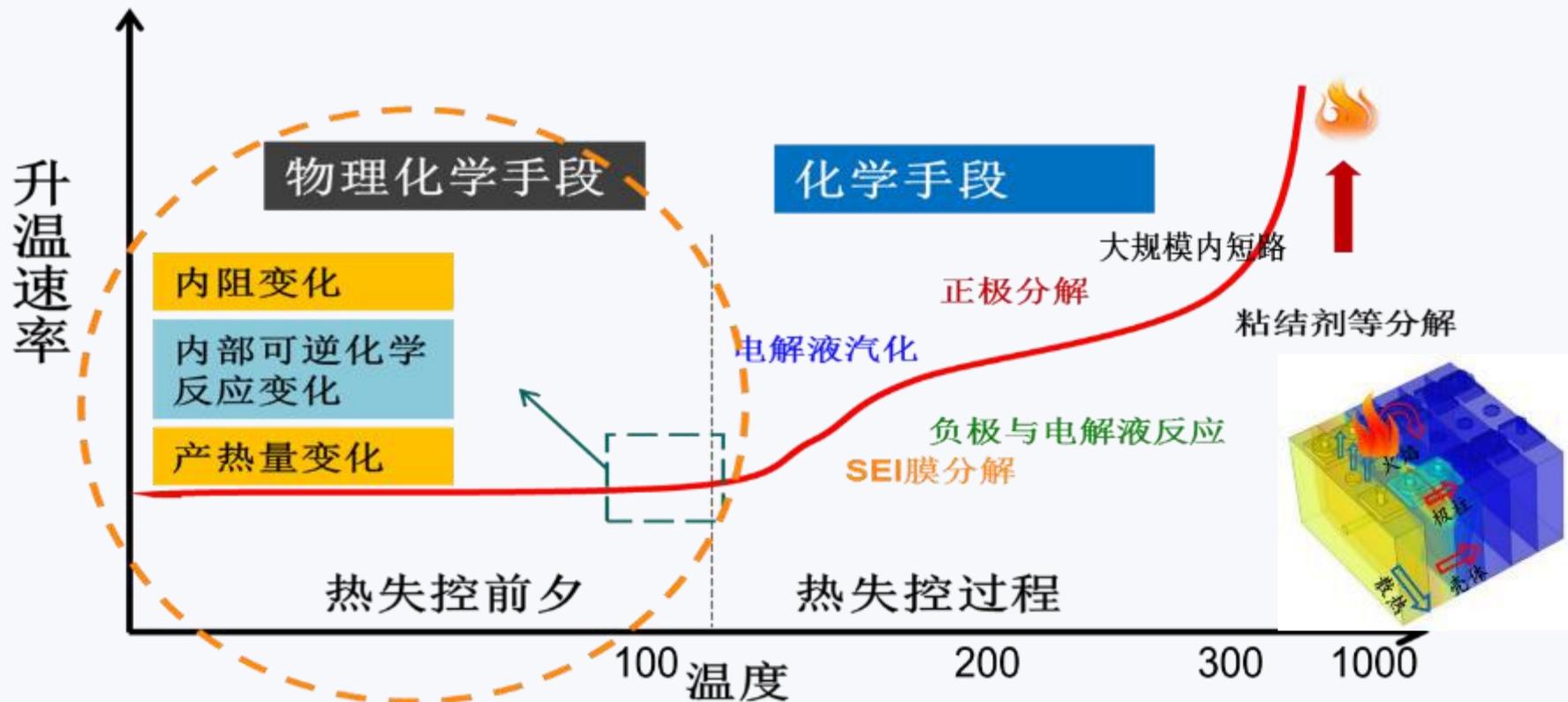
### 电池安全风险来源



## 二、行业分析



当前的锂离子电池采用可燃有机物作为电解液，在高能的运行环境中易发生内短路造成热失控，存在自析氧反应自成燃烧体系，常规安全消防措施无法有效应对，必须根据锂离子电池燃烧特性针对性设计开发安全消防措施。



# 汇报内容



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



公司与品牌



行业分析



技术及产品介绍



推广应用

#### 电池火灾专用灭火技术

具备良好吸热特性和绝缘性能的电池火灾专用灭火介质

与电池火灾特性匹配的灭火技术

**良好的灭火效果，快速灭火**

**长时间（24h）抑制复燃**

减少对其它未起火电池和电气设备的损害

成本低，无二次污染，环境友好

# 三、技术及产品介绍——技术简介

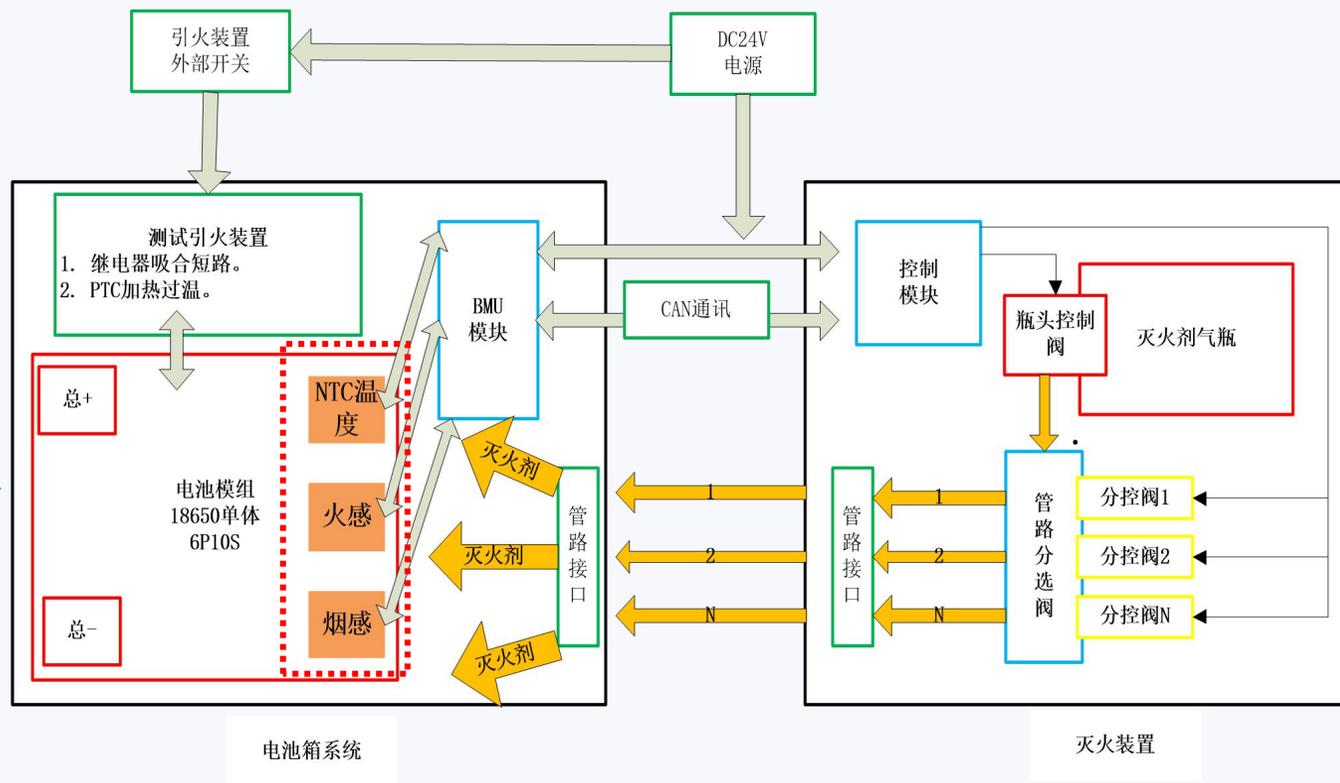


国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



通过电池燃烧试验掌握电池燃烧特性



### 三、技术及产品介绍——技术优势



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

- 采用自主研发的锂离子电池专用气液复合灭火剂，既能10s内快速扑灭明火，又具有优异的高温吸热性能，实现24h无复燃；
- 采用高灵敏度探测技术，对电池火灾进行全过程检测和及时辨识，开发了早期诊断、预警、报警和启动灭火的分级防控体系和综合防控技术；
- 根据不同类型电池采取不同的灭火策略；
- 采用模块化设计技术，适合多种类型储能系统和电动汽车应用；
- 灭火剂原材料来源广泛，成本低；
- 灭火过程中对其它未着火电池和环境影响小。

### 三、技术及产品介绍——锂离子电池自动灭火装置



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

锂离子电池自动灭火装置是一套针对锂离子电池火灾防控的智能装置。具备电池热失控早期预警、自动灭火功能，能够实现电池组火灾迅速感知、智能判断、初期火灾快速抑制，长时间不复燃。



### 三、技术及产品介绍——锂离子电池自动灭火装置产品组成



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

共包含3部分

- 消防系统控制箱：包含箱体、灭火剂瓶、分流体、控制元件、执行元件等。
- 消防系统连接管线：气液管路、通讯线束、电源线束等。
- 信息采集系统：电池管理单元、烟感、火感、数据采集模块等。

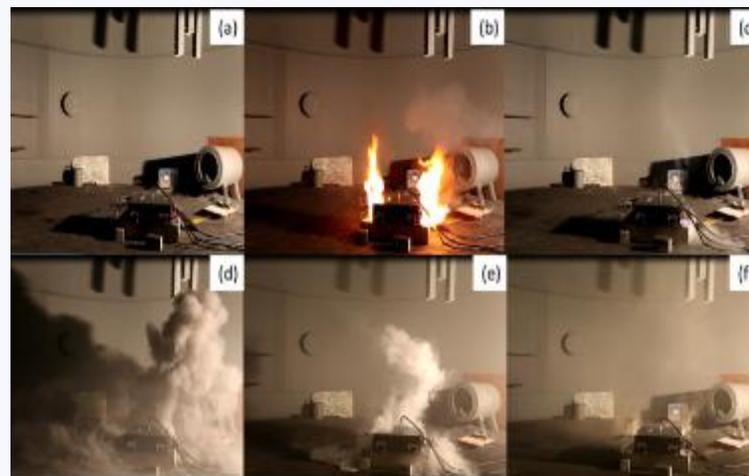
序号	型号	名称	安装位置	主要功能
1	SSRE-1601	探测器	电池箱内	探测电池箱/高压舱热失控数据、控制灭火装置启动
2	SSRE-1605	报警显示器	中心控制台	与探测器的通讯，显示电池箱状态，显示预警、故障信息并按需报警；连接手动开关检测启动按键。
3	SSRE-DAQ	数据集中器	高压电气舱	数据汇总，判别与上报
4	SSRE-1609	手动启动开关	中心控制台	手动启动灭火装置
5	SSRE-10L-2x5L2MPA	灭火装置	电池箱内	气液复合型灭火装置



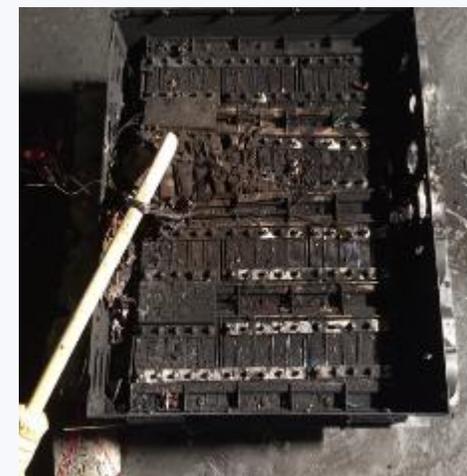
### 三、技术及产品介绍——灭火实验



10kWh电池组和灭火装置



灭火试验



5s内扑灭明火，未发生复燃

#### 验证步骤：

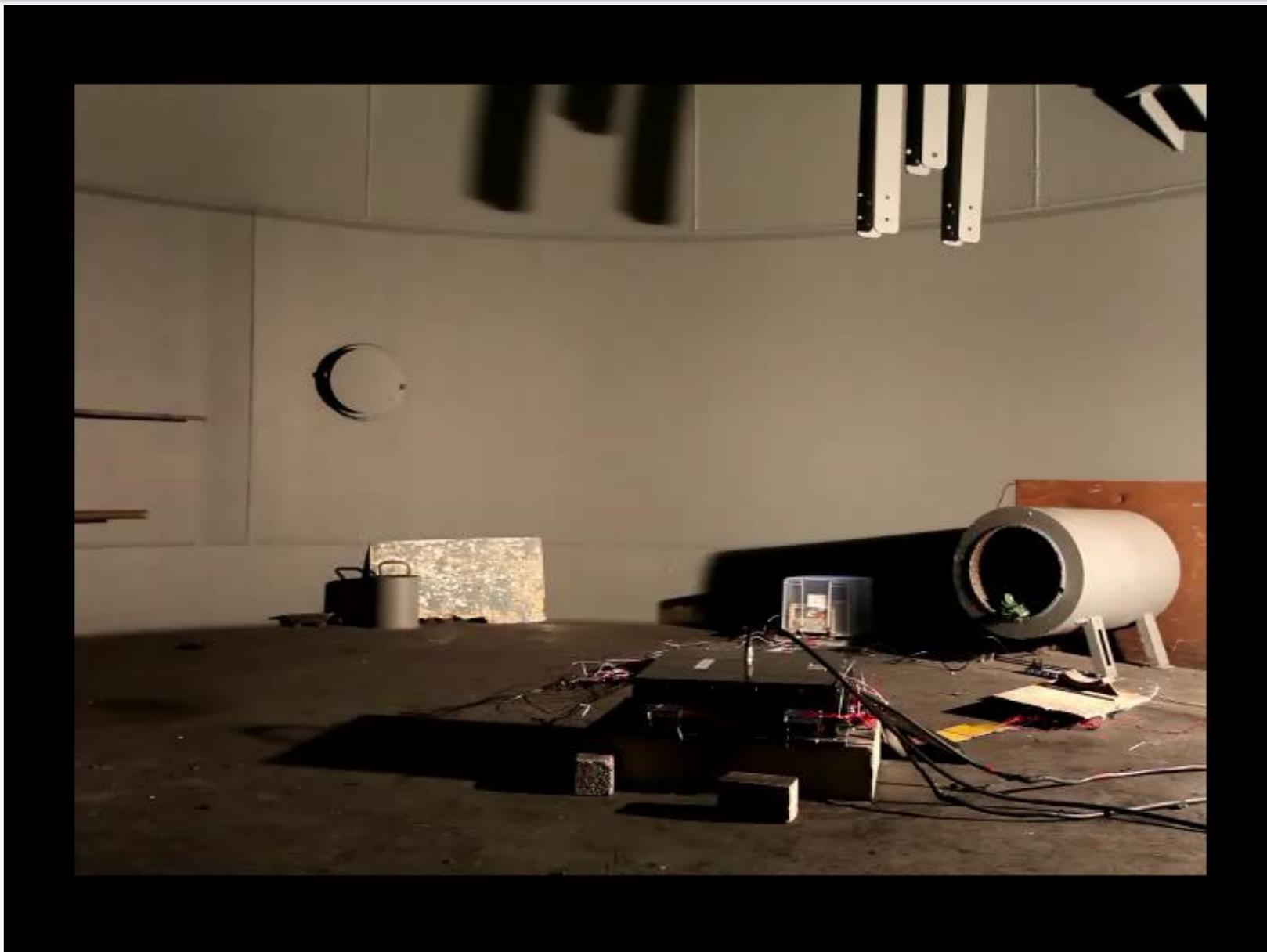
1. 1C过充其中一个5P电池模块；
2. 至少其中3个电池起火后，启动灭火；
3. 保持24h检查是否复燃；
4. 开箱检查试验结果。

### 三、技术及产品介绍——灭火实验



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



# 三、技术及产品介绍——性能检验



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

锂离子电池自动灭火装置已通过国家消防装备质量监督检验中心的检测。

## 检验报告

№ Zb201860020

受检单位名称 中国电力科学研究院有限公司

产品型号名称 QMQ 2.5/4N 锂离子电池模块自动灭火装置

检验类别 委托检验

国家消防装备质量监督检验中心

国家消防装备质量监督检验中心  
检验报告

№ Zb201860020 共 02 页 第 01 页

产品名称	锂离子电池模块自动灭火装置	型号规格	QMQ 2.5/4N
受检单位	中国电力科学研究院有限公司	商 标	/
生产单位	中国电力科学研究院有限公司	检验类别	委托检验
抽样地点	/	抽样基数	/
抽样单位	/	抽样日期	/
委托单位	中国电力科学研究院有限公司	受理日期	2018 年 12 月 20 日
样品数量	1 组	生产日期	/
检验依据	《锂离子电池模块自动灭火装置试验大纲》		
检验项目	外观与标识、喷射时间、灭火性能、自动启动功能、手动启动功能		
检 验 情 况	检验情况见《检验结果汇总表》。 <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">                     检验报告专用章                      签发日期: 2018年12月7日                      检验员: [Signature]                 </div>		
备 注			

批准: [Signature] 审核: 褚睿 编制: 丁晓松

### 检验结果汇总表

生产单位: 中国电力科学研究院有限公司 № Zb201860020  
型号规格: QMQ 2.5/4N 共 02 页 第 02 页

序号	检验项目	检验结果
1	外观与标识	灭火装置各部件表面保持平整, 喷头及管路各处无划痕、刺痕等明显机械损伤现象。部件连接处保持规格相互符合, 密封连接, 能够维持装置整体良好的气密性, 无漏气、滴油等现象。 灭火装置明显易见处设有清晰明确且不易损坏的标识, 内容包括: 产品名称、产品规格、生产日期、生产单位以及其他重要信息。
2	喷射时间 (s)	9.12
3	灭火性能	按 3.1.3 规定的方法进行加热引发的热失控试验, 手动启动锂离子电池模块自动灭火装置, 喷射灭火剂, 灭火装置从接收释放信号到明火扑灭为 3.50s, 灭火剂喷射结束后, 继续喷射复燃抑制剂, 复燃抑制剂的喷射时间为 18.75s, 复燃抑制剂喷射结束后 24h 内未出现电池复燃现象。
4	自动启动功能	灭火装置具有自动启动的功能; 自动响应时间为 0.50s。
5	手动启动功能	灭火装置具有手动启动功能。

备注:  
电池试验箱尺寸为 918mmx444mmx395mm, 单体电池型号为 LFP 66Ah/3.2V, 容量为 66Ah, 单体输出电压为 3.2Vdc, 火灾模型的电池模块标称电压为 51.2V, 由 47 块单片电池组成, 试验对象为 3 并 16 串锂离子电池模块, 电池采用磷酸铁锂电池, 将电池模块前排左起第 6 块电池取出, 在第 6 和 7 块电池两侧分别布置 750W 电加热板。

国家消防装备质量监督检验中心

- 灭火装置自动响应时间为 **0.5s** ;
- 灭火装置从接收释放信号到明火扑灭为 **3.5s** ;
- 复燃抑制剂喷射结束后 **24h** 内未出现复燃现象。

### 三、技术及产品介绍——产品类型



序号	类型	产品型号	功能描述	目标应用
1	大型	QMQ2.5/70N	气液复合灭火剂容量： 80 ~ 150L	储能电池系统 (≥2MWh)
2	中型	QMQ2.5/40N	气液复合灭火剂容量： 40 ~ 80L	储能电池系统 (500kWh ~ 2MWh)
3	小型	QMQ2.5/10N	气液复合灭火剂容量： 10 ~ 40L	分布式储能装置、纯电动大巴车、特种车、移动储能车、移动充电车。

# 汇报内容

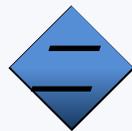


国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



公司与品牌



行业分析



产品介绍

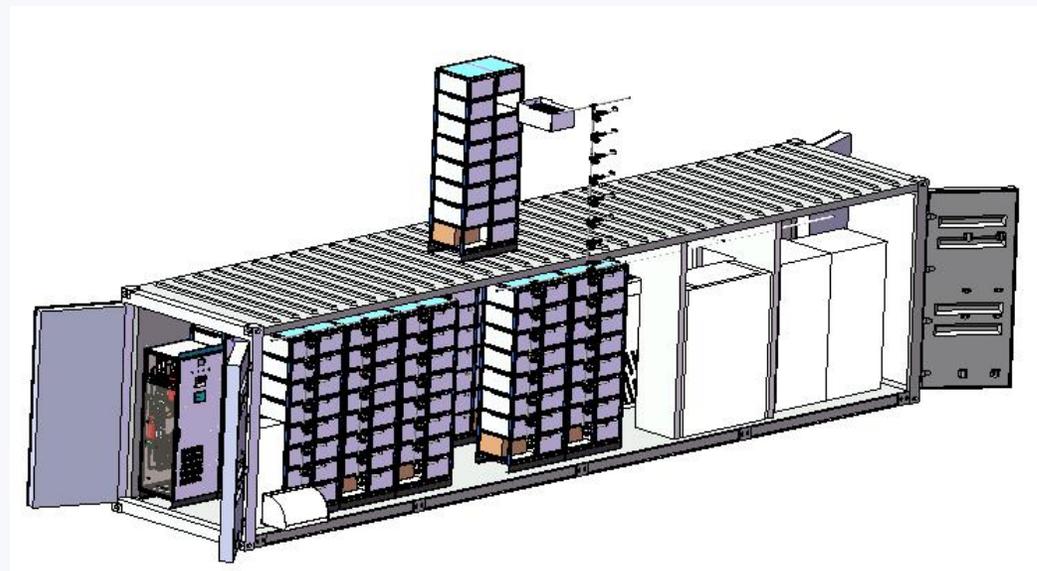


推广应用



## 四、推广应用

- 锂离子电池自动灭火装置已在国家电网杭州公司110kV江虹变储能电站、中船重工712研究所军用电池系统中进行了示范应用。



预制舱储能消防系统



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

谢谢!

杨凯, 13681323201, yangkai@epri.sgcc.com.cn