

工商业储能安全 白皮书



TÜVRheinland®
Precisely Right.

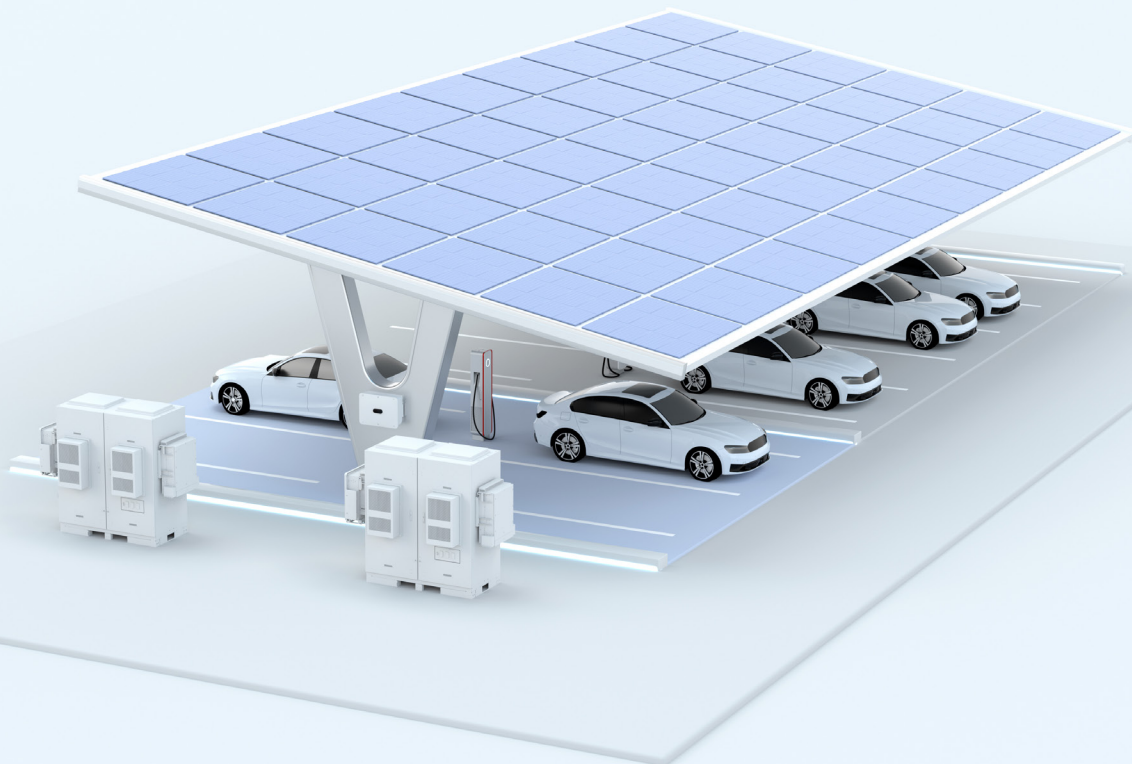
引言

随着新能源技术的发展和应用的扩大，电池储能技术被广泛应用于电力系统、交通、农业等领域，成为清洁能源的重要组成部分。尤其在工商业场景下，储能系统的应用已经成为提高能源自给率、减少企业电费支出、保障电力供应稳定性等方面的重要手段。

然而，电池储能技术的发展和应用，也面临着安全问题的挑战。储能系统一旦发生安全事故，会对周边环境和人身造成严重威胁。工商业储能直面工厂、医院、商场、园区等应用场景，较传统电站储能而言，场景更复杂、消防难度更大、人员资产更密集，其对于安全的需求尤为凸显。针对安全问题，目前业界的工商业储能安全方案正在逐步强化，但仍然难以在事

故前期准确识别风险、保护设备运行，也欠缺在极端情况下对周围人身及资产安全的兜底保护能力，不能完全保障工商业场景下的设备、资产和人身安全，存在缺陷和局限性。

为了让业界可以更全面地了解工商业储能系统中的安全设计，华为和 TÜV 莱茵联合发布“工商业储能安全白皮书”。本白皮书旨在探讨工商业储能安全，从设备、资产和人身三个维度出发，介绍储能工商业场景下的安全挑战和发展现状，以及面向未来的创新技术理念和方向，供行业参考。■



目录

01 /

工商业储能安全设计必要性

- 1.1 人员资产密集，事故损失大
- 1.2 场景复杂、选址不规范，消防实施难度高
- 1.3 业主安全担忧高，影响部署积极性

02 /

工商业储能安全设计挑战

- 2.1 确保电池本质安全
- 2.2 构建监控预警一体的早期安全管理
- 2.3 具备全面的风险源预防手段
- 2.4 快速隔离内部热失控扩散
- 2.5 提升极端情况人身安全兜底能力

03 /

华为工商业储能安全方案

- 3.1 工商业储能安全设计理念：
设备、资产、人身，主动安全
- 3.2 设备安全设计，守护系统运行
- 3.3 资产安全设计，减少故障损失
- 3.4 人身安全设计，保护人员安全

04 /

总结和展望

01

工商业储能 安全设计必要性

储能技术的应用通常可分为发电侧、用户侧以及电网侧，其在用户侧主要用于配合光伏等新能源系统实现自发自用、峰谷价差套利、容需量电费管理和提升供电可靠性等。工商业场景作为用户侧储能的重要

使用场景，相比于传统储能电站，对设备的安全性能提出了更高的要求。对于加强工商业储能本质安全设计的必要性主要来自于以下三个方面：

1.1 人员资产密集，事故损失大

工商业储能直面工厂、医院、商场、园区等场景，一般被部署在人员和资产集中区，一旦发生事故，造成的经济损失和人员伤亡非常严重。根据北京市应急管理局的调查报告，某起用户侧储能起火爆炸事件曾导致一名值班电工遇难、两名消防员牺牲、一名消防员受伤，并造成直接财产损失 1660.81 万人民币。



图1. 储能事故会造成重大人员伤亡和财产损失

1.2 场景复杂、选址不规范，消防实施难度高

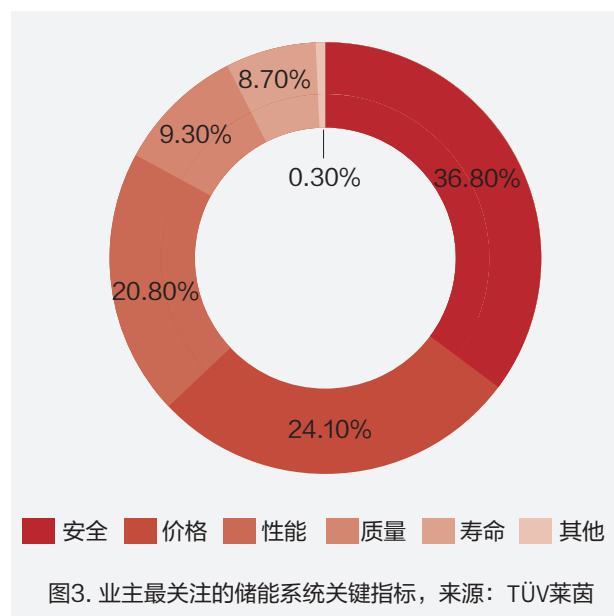
工商业场景包括商超、工厂、园区等，场景地形复杂。虽然消防人员到达事故地点的时间通常较快，但受场景和地形所限，存在消防员难以接近起火设备，导致无法进行有效灭火的难题。并且，工商业储能作为一个较新的领域，有别于传统储能电站，其相关设计规范和标准仍处于早期阶段。这导致其安装场

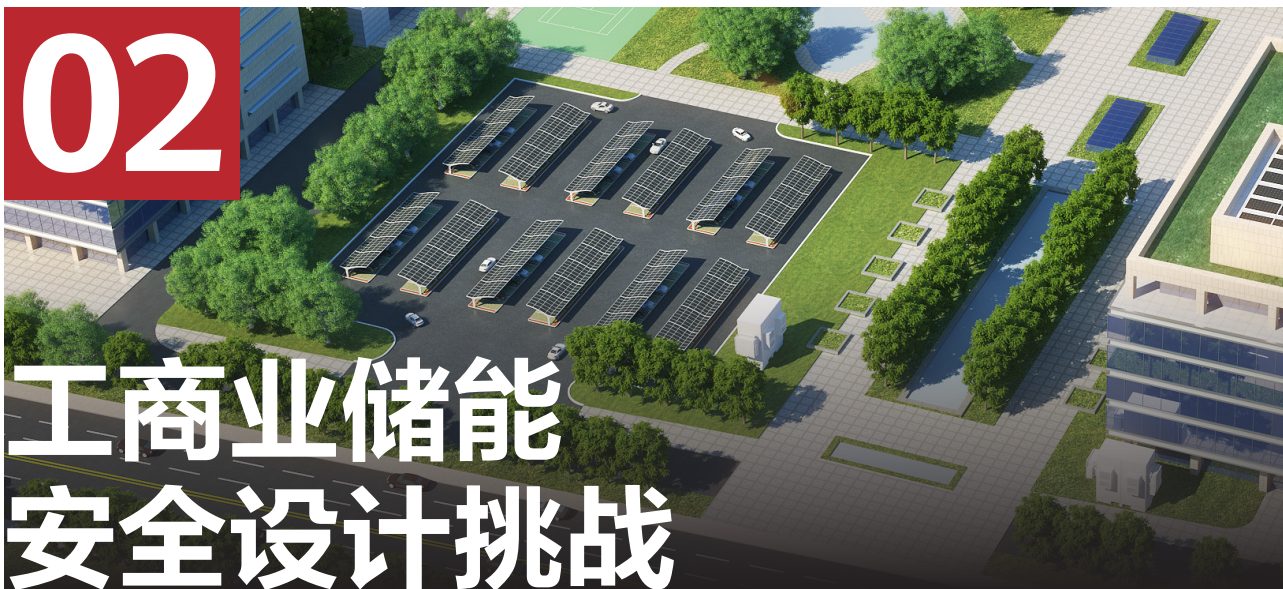
景的规划设计很难被约束，进一步加剧了前述消防实施的难度。例如在我国，工商业储能的部署并未强制要求引入设计院，业主由于欠缺引导，在选址时往往更注重空余土地利用和经济性，而欠缺对后期事故的考虑和设计。因此，储能系统本身的安全能力变得尤为重要。■



1.3 业主安全担忧高，影响部署积极性

工商业业主对于储能安全的顾虑和担忧正成为储能在该场景下持续增长的掣肘。根据 TÜV 莱茵的一项调查，当讨论到企业对储能系统最关注的指标时，“安全”是大多数业主的答案。■





工商业储能系统的失效路径包括风险源引入、热失控发生、热失控蔓延和极端情况储能起火燃爆，每个环节对应着不同的安全技术挑战。如何实现下

述的安全技术挑战，满足对失效过程全链路的保护，将成为守卫工商业储能系统设备安全、资产安全和人身安全的关键。■



图4. 储能系统的失效链路

2.1 确保电池本质安全

储能系统的原始安全性与其电芯性能直接相关，电池本体因素仍然是储能系统安全的核心。锂电池在正常的充放电反应中，存在着很多潜在的放热副

反应，具有不稳定性。储能系统集成商需要进一步提升电池材料、电池选型和生产工艺等方面的要求，从源头加强储能安全。■

2.2 构建监控预警一体的早期安全管理

针对储能系统的失效链路，其安全管理可以大致分为早期预警和故障及热失控告警两个层次。当失效链路进行至故障及热失控告警环节时，储能内部的反应已然形成，电芯或模组的热失控已不可逆。

而在早期预警阶段，可以通过结合电芯数据的实时监控、电芯风险的智能预测和故障的分级预警等技术提前预警热失控，给运维挽救措施的介入争取时间，做到从根本上阻断热失控风险。■

2.3 具备全面的风险源预防手段

电池热失控的诱发因素多而复杂，包含非电池热风险、外部和环境风险、电气风险、内部缺陷故障和控制失效风险等多种风险源。它们在储能设备运行时会导致过热、短路等问题的发生，从而引发热失控和火灾。不同的风险源对应的成因不同，对应的设备预

防手段也不同，如电气类风险需要通过多级的电气隔离和系统关断来进行预防，而控制失效类风险则需要通过采样异常检测算法等来进行防范。因此，需要对储能系统进行全面的多级安全设计，以覆盖不同的风险源，精确识别储能系统风险因素。■



2.4 快速隔离内部热失控扩散

储能系统中热失控的扩散首先在某个单体电芯中发生，继而蔓延至整个模组；该模组发生热失控后，再扩散到相邻的电池模组。热失控一旦开始就很难停止，其造成的损失虽然难以挽回，但可以通过快

速隔离其扩散做到减少故障损失。因此，需要在储能系统中增加多级的隔离设计，当某些部件的电流、电压、温度等参数出现异常时，可快速的关断或隔离故障部件。■

2.5 提升极端情况人身安全兜底能力

人身安全至关重要。在储能燃爆的极端情况下，即使储能场地得到安全保障，员工在维护和例行系统检查时也会因为在附近工作而受到伤害。储能燃爆会造成储能门板飞出、储能壳体解体、顶置空调飞出等事故，直接对系统周围运维和消防人员产生安全威胁；燃爆导致的冲击波则会引发周围设施窗户震碎等次生危害，进一步给周边设施内的人员带来

人身安全风险。

通过对行业公开信息进行搜集整理，汇总了过去2018-2023年间，全球储能项目主要火灾或爆炸事故。过去五年共发生了55起储能安全事故，其中6起事故发生爆炸，北京丰台和美国亚利桑那州的2起爆炸事故有人员伤亡。■



图6. 燃爆导致壳体解体、门板飞出等威胁

序号	时间	国家	地点	故障程度
1	2019.04	美国	亚利桑纳州	爆炸 8人受伤
2	2020.09	英国	利物浦	爆炸
3	2021.04	韩国	忠南	爆炸
4	2021.04	中国	北京市	爆炸、3人死亡
5	2022.03	德国	\	爆炸、掀翻屋顶
6	2022.05	德国	\	爆炸、门窗损毁

图7. 55起事故中有6总发生爆炸，造成严重后果，来源：中国电气工业协会



03 华为工商业储能 安全方案

3.1 工商业储能安全设计理念： 设备、资产、人身，主动安全

华为基于对储能安全的深刻理解，提出设备、资产、人身三维度的工商业储能主动安全方案，覆盖储能失效的全链路。■

设备安全

设备安全设计包括电芯安全、电芯级参数实时监控、云BMS热失控预警、功率端子温度检测、多级联动的隔离关断等技术，从电芯源头、状态监测、事故预警和故障隔离四个环节保证储能设备稳定运行；

资产安全

资产安全设计的概念包含了光储系统自身的资产安全和周围建筑、物资的安全，华为工商业储能通过多重联动的主动消防抑制系统，降低热失控蔓延和火灾风险，减轻事故下的资产损失；

人身安全

人身安全设计是工商业场景下的安全红线，华为工商业储能通过顶置泄爆和声光告警等措施，在极端情况下保护储能系统周围人员尤其是运维人员的人身安全。

3.2 设备安全设计，守护系统运行

3.2.1 | 电芯安全，严苛引入&量产标准

储能系统的原始安全性与储能系统的电芯直接相关，电池本体因素仍然是储能系统安全的核心。质量低下的电芯易产生内部缺陷故障，如碎屑和毛刺超标以及极柱与壳体搭接等问题。

一款电芯的选择主要包括电芯引入和电芯量产两个阶段。华为通过严苛的电芯引入测试和量产管理标准，从源头管控储能安全。在电芯引入环节，华

为通过对候选电芯进行超过 100 项的测试，实现全球认证标准全覆盖。其中，电芯循环测试时间超 10 个月，对电芯性能进行充分评估；并通过挤压测试和针刺测试等，来测试电芯在恶劣工况和突发故障情况下的安全能力。在量产管理阶段，华为为供应商制定现场管控标准 CTQ* 或 CTS* 共超过 200 条，保证电芯制程安全。■

电芯选择流程	华为	传统
电芯引入测试	<ul style="list-style-type: none"> · 24项安规测试，20项长期电性能测试，25项短期电性能测试，37项白盒测试，实现全球认证标准全覆盖 · 电芯循环测试超10个月，性能充分评估 	<ul style="list-style-type: none"> · 基本不测试，依靠电芯厂规格书和质保引入 · 电芯规格宽松，以交付为主
电芯量产管理	<ul style="list-style-type: none"> · 制定现场管控标准CTQ/CTS200+条，持续提升生产质量 · 关键制程数据回传，关键制程CPK要求1.33以上，优率90%以上 	<ul style="list-style-type: none"> · 生产质量不管控

图8. 华为严控电芯安全，在引入和量产阶段的要求都领先行业



图9. 多种电芯引入测试

*Critical to quality (品质关键点)，指对性能、技能、安全等重要品质有致命影响的部品的核心特性值。

*Critical to safety

3.2.2 | 电芯级参数实时监测

电芯状态监测是电池管理的核心，当前国内外多个标准都对此能力提出了诉求，其需要储能系统有能力实时获取每个电芯的电压、电流、温度等关键参数，并通过监测装置实时传输数据至管理系统，进行分析和处理。

通过在电池模组内布局多类传感器，华为工商业

储能能够实时监测包括电芯电压、电流、温度等关键参数，并基于上述数据提供精确的电芯 SOC&SOH 估计，持续监控储能安全状态，避免潜在风险。结合管理平台，华为将这些关键数据从黑盒中取出并转变为可视化状态，有效提升用户对储能系统运行状态和安全状态的感知能力。

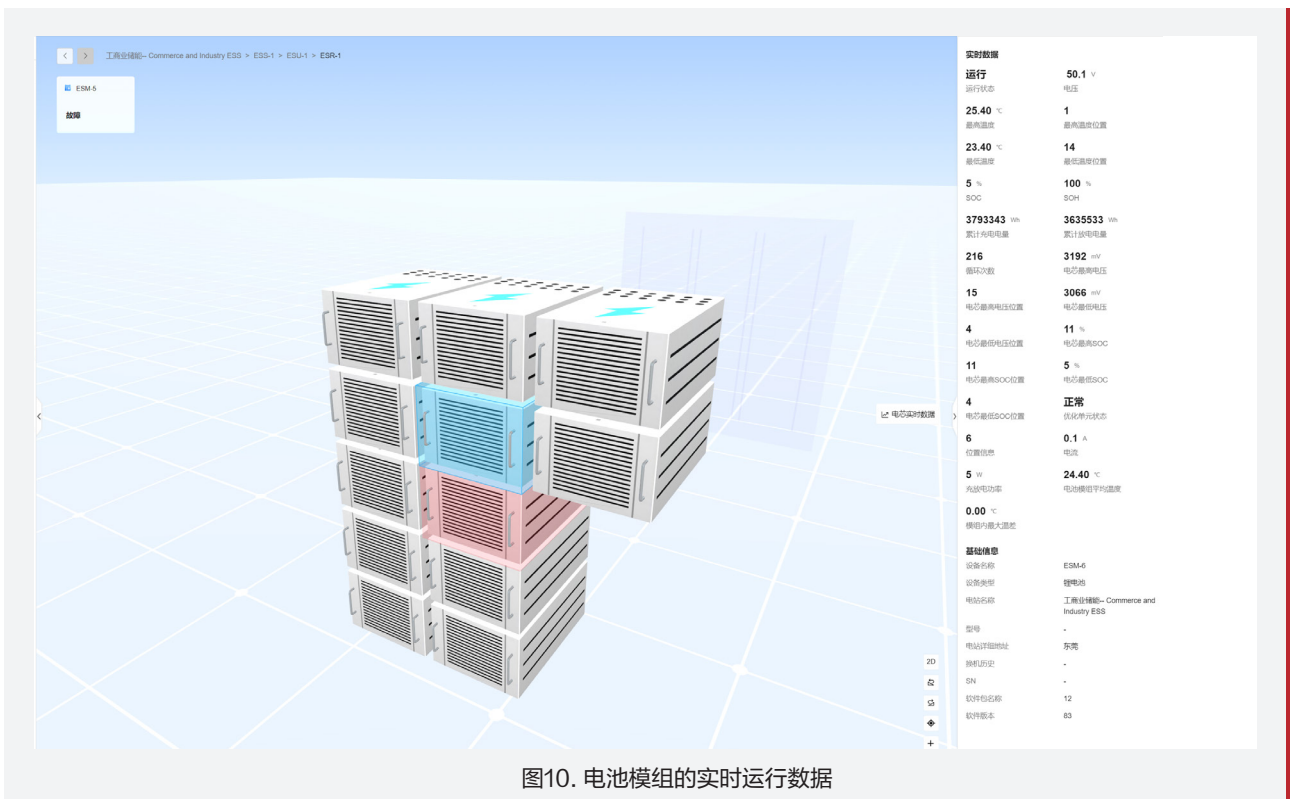


图10. 电池模组的实时运行数据

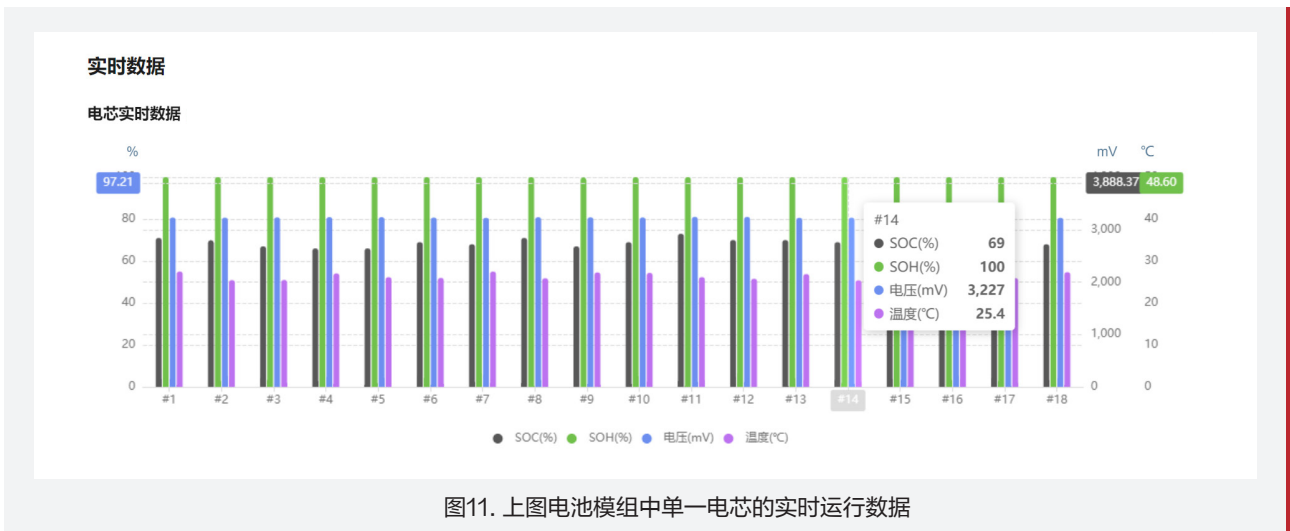


图11. 上图电池模组中单一电芯的实时运行数据

3.2.3 | 云BMS安全预警*

云 BMS 安全预警主要用于识别渐变型电池故障。在整个失效链路中，云 BMS 主要用于对储能设备整个生命周期的看护，排查系统中如电芯一致性劣化等隐性故障，从而使储能系统能够在电芯大面积内短路出现前就及时将风险切断。

华为云 BMS 根据储能设备上报的 10S 实时数据，结合机理条件模型和大量现网电池模组数据，

能够及时检测并判断电芯异物、外部搭接等引起的系统内外短路故障和螺栓松动导致的电池阻抗不一致，提前 24 小时预警热失控故障，保障储能系统安全；并能够通过采样异常检测算法排除 BMS 单板、NTC 传感器、通信链路失效引起的电压和温度采样异常，保证安全预警的准确性，减少误报带来的运维损失。■



图12. 云BMS安全预警实现流程

*预计2023年H2上线

3.2.4 | 多级功率端子温度检测

储能系统设备复杂。当其运行时，电能通过电缆、接线盒等分配器件流向其他器件，电缆与各零部件的连接点是整个流程中最薄弱的环节。储能系统内功率端子多采用铜端子加螺栓紧固方式连接，这种连接方式对装配精度要求较高，一旦出现不可靠连接，将导致线束局部发热，严重过热则会有起火的危险。

因此，华为在电池模组、簇控制器和 PCS 的各级功率端子上增加温度检测电路，实现实时检测端子过温状态。通过 NTC 温度检测电路，端子的温度可以被转化为电信号，温度变化的数据传递至信号处理器，设备各级设备即可根据电信号的变化对端子的过温情况进行判断，并及时为用户及时告警功率连接螺栓松接等电气风险，避免热滥用的发生。■

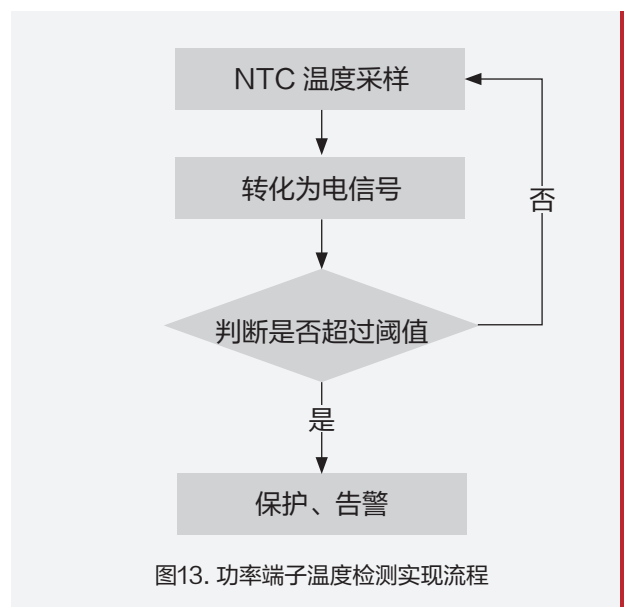


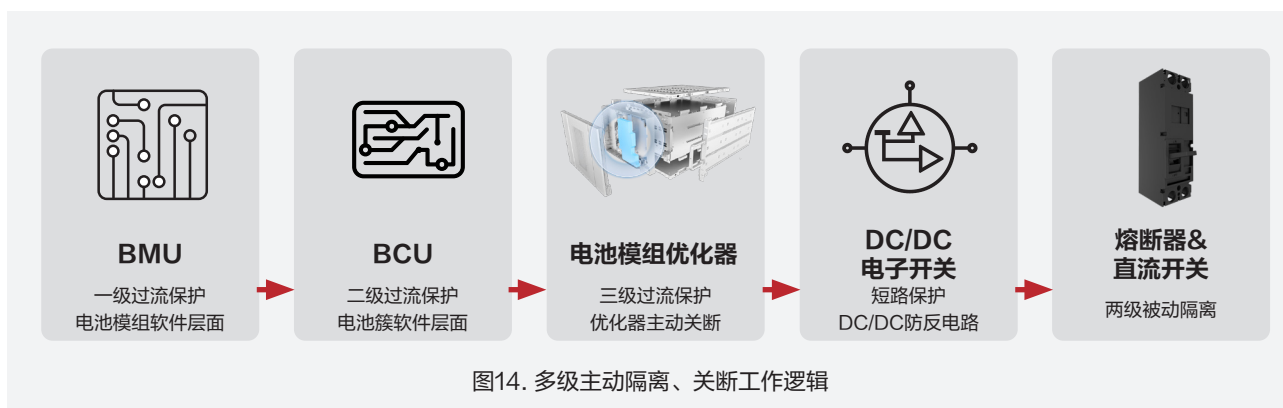
图13. 功率端子温度检测实现流程

3.2.5 | 多级过流保护，主动关断、快速隔离

从系统层面防控热失控蔓延的重要方式之一是设立多重的隔离和关断机制,当部分回路电流、电压、温度等出现异常时,可以快速、准确的切断回路电流。传统方案通常使用熔丝进行保护,随着运行年限增加,失效率增大,可靠性较差,并且阈值较高,无法检测

并关断微小的过流。

华为在电池模组、电池簇和系统三个层面,一共设立四级主动关断和两级被动隔离,用以切断电池系统内部的电路,避免过热量蔓延。下图演示了华为工商业储能多级主动隔离、关断的逻辑图。



在电池模组层面,华为通过板端 BMS 和能量优化器实现电池模组的软硬件隔离;在电池簇层面,通过 BCU 和簇控制器电子开关实现簇级主动关断隔

离;在系统层面,通过断路器和熔丝实现被动隔离的兜底保护。实现对不同层级过流故障的分级保护,做到快速响应,避免故障扩散。■

3.3 资产安全设计，减少故障损失

3.3.1 | 主动消防抑制系统，多重联动提前介入险情

有别于传统起明火后的被动消防,储能消防系统应在电芯开阀或热失控时就主动介入,以降低系统损失。华为工商业储能通过多重传感+及时排气+提

前消防的三维主动消防抑制系统,在事故早期介入,减少故障损失。

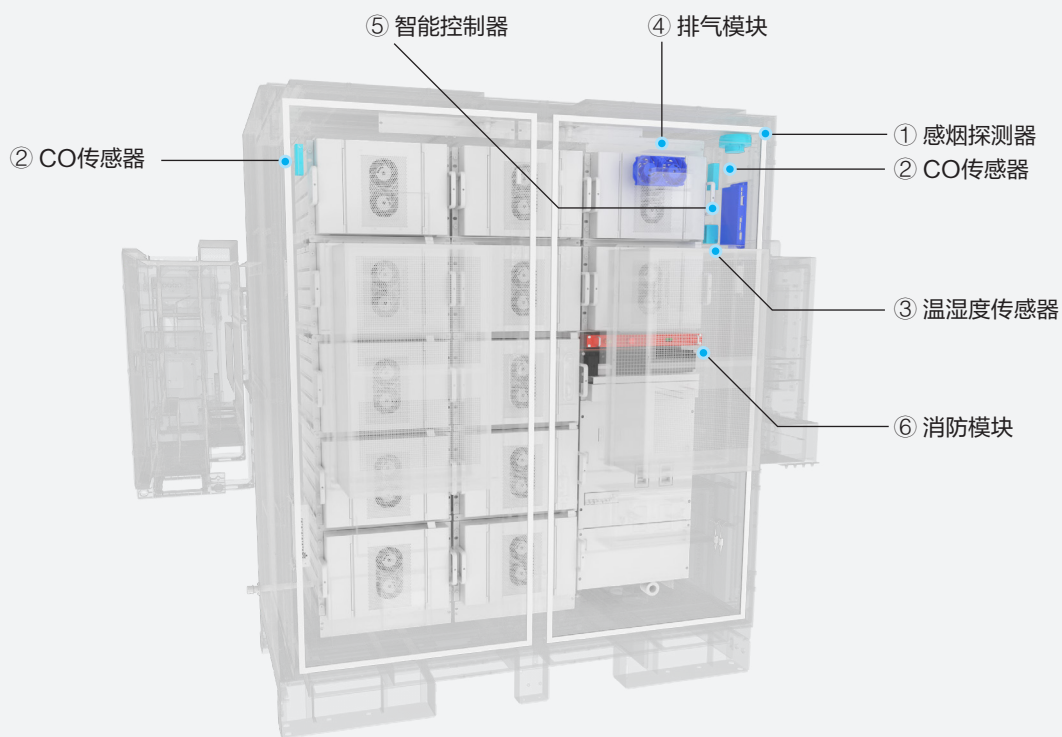


图15. 由多重传感+排气系统+消防模块构成的主动消防抑制系统

1 多重传感

储能柜内配有烟感、温湿感、CO探测器等多重传感器，可以精准检测柜内温度和可燃气体浓度，实时感知系统环境状态。

2

排气系统

机柜排气系统基于可燃气体检测系统，当检测到电池开阀释放可燃气体时，排气模块运行以降低电池仓内可燃气体浓度。在排气过程中，电池模组上的散热风扇成为辅助动力源，可以把电池模组后部的可燃气体也全部排出柜内，做到无死角排气。通过配备多重动力源设计的排气系统，可以有效避免传统方案中进风和排风之间风道不畅通、排风阻力大、排气死角多等问题。

3

主动消防模块

主动消防抑制模块在检测到柜内环境异常时提前启动，通过满足惰性浓度和气体降温抑制热失控；并在检测到明火时及时启动，熄灭电气火灾明火。

3.4 人身安全设计，保护人员安全

3.4.1 | 顶部泄爆

传统工商业储能柜通常不配备泄压或泄爆装置，欠缺对周围人员人身安全的考虑和设计，极端情况下燃爆导致的冲击会对运维人员和消防人员的人身安全构成重大威胁。

华为工商业储能在柜体顶部配备了满足 NFPA 68 安全设计理念的泄爆面板，并在机柜正门使用了

5 点式门锁和创新挂钩设计。在系统发生不受控制的火灾蔓延，导致电池释放巨量可燃气体的情况下，储能系统的泄爆系统可以将柜内的压力向上引导并远离周围人员，避免储能机柜本体解体、泄爆冲击波和热辐射导致的人身伤害，将火灾爆炸的影响限制在柜体周围较小范围内。

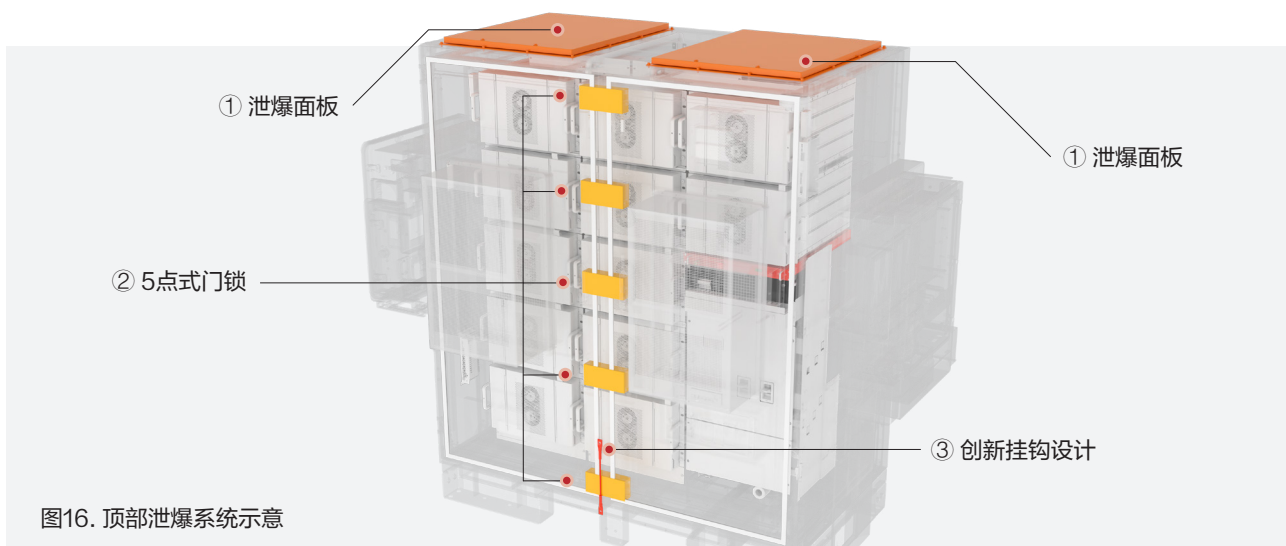


图16. 顶部泄爆系统示意

人身安全是工商业场景的红线。为准确评估华为顶置泄爆的性能水平，华为委托 TUV 莱茵成立验证

小组，于 2023 年 4 月进行了测试，对顶置泄爆相关性能开展了全面验证评估。

基本情况 2023 年 4 月 16 日，华为委托 TUV 莱茵在河南国家危险化学品应急救援实训演练濮阳基地测试工商业储能顶部泄爆功能，验证顶部泄爆系统的安全兜底能力。

测试方法 采用单个电池模组过充触发热失控，当电芯达到热失控后一定时间点火引爆。在试验柜边按储能布局要求放置参照柜，通过试验柜体内部摄像、外部枪机摄像头、高速摄影、无人机和红外热成像等多种观测手段，综合考察顶置泄爆是否能保护周边设施和人员。



图17. 通过多种观测设备，对试验结果精准捕捉 左：测试场地布局；右：测试柜内布局

测试结果

试验达到预期，试验柜顶部泄爆窗完全打开，可以直接从顶部灌水消防，有效避免闷烧。参照柜未被燃爆影响涉及，无火焰，所处位置安全。

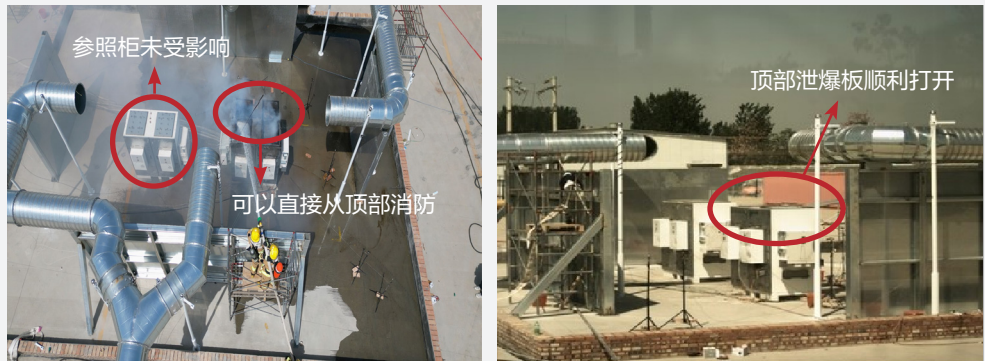


图18. 试验结果良好，对周围能够做出有效保护 左：无人机视角；右：高速摄像机视角

基于 TÜV 莱茵的技术评估和实证测试结果，华为顶置泄爆技术先进，在实际测试中表现可靠稳定，

能在极端情况下保障相关人员安全，针对运营维护人员人身安全具有指导意义。■



工商业储能的持续部署是实现能源绿色低碳化转型的重要手段。在这过程中,安全性无疑是重要前提和基本条件。当下,工商业储能正处于高度发展的阶段,相关的安全设计也需要同步得到完善和提高。在当下和未来的探索中,华为致力于从设备、资产和人身三个维度对工商业储能进行系统化的安全设计。

通过行业领先的安全防护技术,应对场景下复杂的储能安全挑战,为业主提供更可靠的解决方案。

在工商业储能安全设计的道路上,行业的持续探索必不可少。在上下求索之途中,华为将与行业共同进步,为打造更安全可靠的储能产品而努力,让绿色电力惠及千行百业。 ■

参考文献

- [1] 陈璨,邓鹤鸣,曹阳,孙巍,黄荣.用户侧储能安全标准现状分析[J].供用电,2021,38(08):12-18.
- [2] 唐亮,尹小波,吴候福,刘鹏杰,王青松.电化学储能产业发展对安全标准的需求[J].储能科学与技术,2022,11(08):2645-2652.
- [3] 曹文灵,雷博,史尤杰,董缙,彭鹏,郑耀东,蒋方明.韩国锂离子电池储能电站安全事故的分析及思考[J].储能科学与技术,2020,9(05):1539-1547.
- [4] 霍丽萍,栾伟玲,庄子贤.锂离子电池储能安全技术的发展态势——从全球专利数据分析我国的发展现状[J].储能科学与技术,2022,11(08):2671-2680.
- [5] 陈璨,邓鹤鸣,曹阳,孙巍,黄荣.用户侧储能安全标准现状分析[J].供用电,2021,38(08):12-18.
- [6] 蔡伟,张鑫,张科杰,彭旭东,张爱芳,陈朝阳,李妍.用户侧储能安全技术分析[J].供用电,2021,38(08):3-11+31.

华为技术有限公司



深圳龙岗区坂田华为基地

电话: +86 755 28780808

邮编: 518129

www.huawei.com

商标声明

 HUAWEI, HUAWEI,  是华为技术有限公司商标或者注册商标, 在本手册中以及本手册描述的产品中, 出现的其它商标, 产品名称, 服务名称以及公司名称, 由其各自的所有人拥有。

免责声明

本文档可能含有预测信息, 包括但不限于有关未来的财务、运营、产品系列、新技术等信息。由于实践中存在很多不确定因素, 可能导致实际结果与预测信息有很大的差别。因此, 本文档信息仅供参考, 不构成任何要约或承诺, 华为不对您在本文档基础上做出的任何行为承担责任。华为可能不经通知修改上述信息, 恕不另行通知。

版权所有 © 华为技术有限公司 2023。保留一切权利。

非经华为技术有限公司书面同意, 任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本手册内容的部分或全部, 并不得以任何形式传播。