

1 储能安全性能亟待升级

1.1 储能安全事故频发造成严重损失

全球范围内储能火灾事故频发。据我们不完全统计，2017 年以来，全球范围内共发生 59 起以上储能火灾事故。其中 2021 年以前事故主要集中在韩国，多数由三元锂电池引发，因此减缓了后续韩国储能装机进程，并使得三元电池逐渐退出了储能市场。2021 年以后，中国、美国、欧洲、澳洲等储能发展迅速的地区均发生了多起严重事故，造成大量损失。

储能系统火灾造成的损失重大。2022 年 10 月 15 日，韩国重要数据中心锂电池起火断电，导致韩国两大互联网巨头 Naver 和 Kakao 中断服务，韩国金融交通运输等几乎所有部门受到严重影响。这场火灾直接令 Kakao 集团股价下跌 4%~5%，市值蒸发约 101 亿元人民币。储能安全事故还可能造成人员伤亡，2021 年 4 月，北京市丰台区福威斯油气技术有限公司一储能项目发生火灾爆炸，造成 1 人遇难，2 名消防员牺牲，1 名消防员受伤。

储能系统火灾往往会出现复燃，较一般火灾控制难度大。在上述北京市丰台区储能系统火灾事故中，先有人员发现电池柜起火冒烟，但是

明火被扑灭后不断复燃，并不时出现爆燃，直到发生爆炸，造成人员伤亡。从发现起火到明火彻底被扑灭耗时近 12 小时。究其原因，锂电池作为一个能量体，火灾时会引发外短路，而外短路又会促进电池的热失控，形成循环直至能量耗尽，导致储能系统火灾控制难度较一般火灾大。

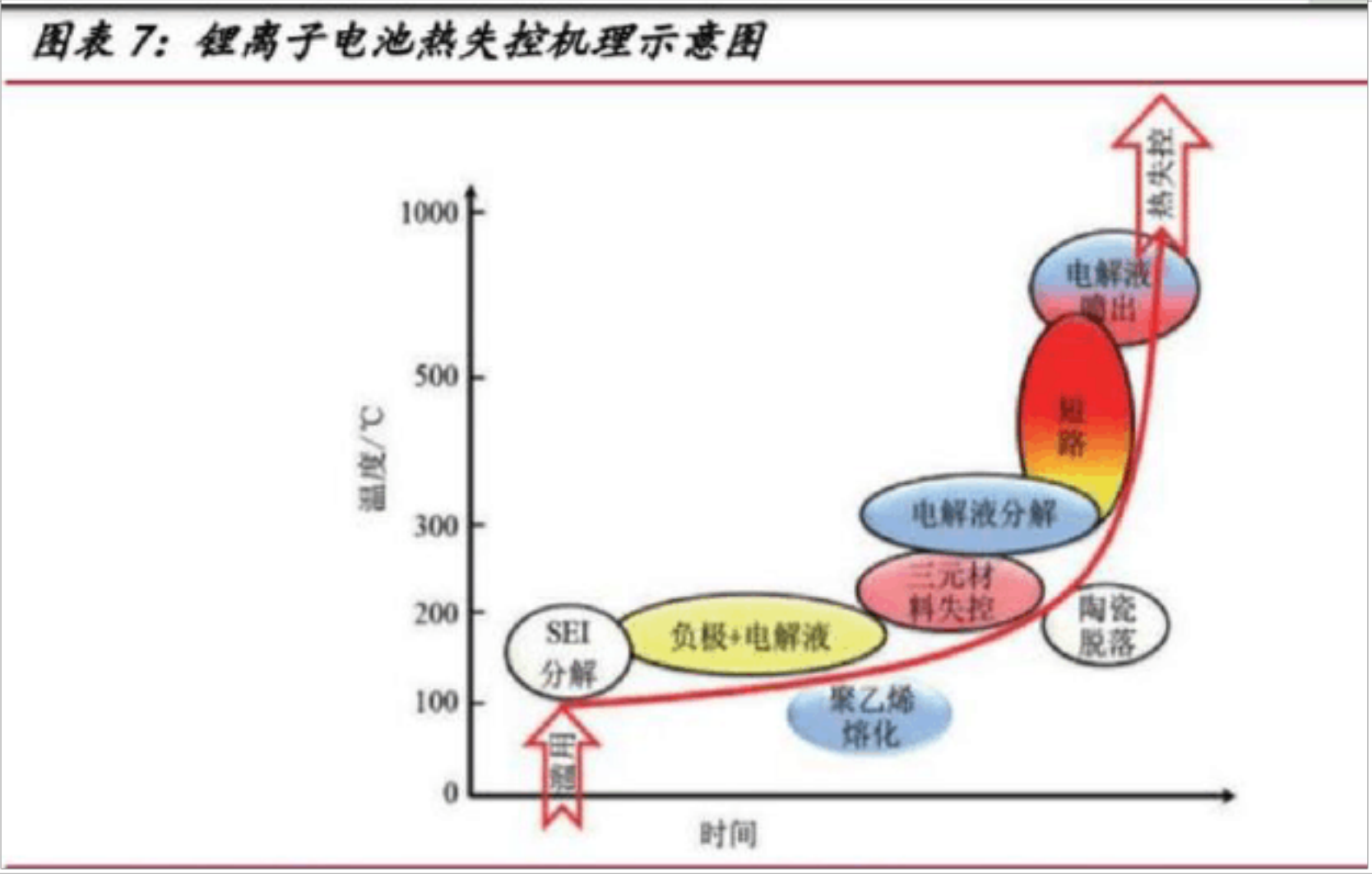
锂电池储能系统火灾的严重性远远大于电动汽车电池火灾。锂电池储能系统由大量的电气系统构成，电气火灾则可能诱发更严重的锂电池火灾。因此，消防安全必须同时考虑电气设备和电池系统的双重安全，才能有效保障储能系统的安全性。而且，储能装置能量比动力电池系统高 1-2 个数量级，火灾事故影响范围和程度更加严重，安全防控更加复杂，并且缺乏安全标准。

1.2 锂电池热管理难度较大

温度是影响锂电池稳定性的关键因素。温度对锂电池稳定性影响主要表现在高温会使电池的内部材料会发生分解反应，导致锂离子通道发生闭塞，引起正负极直接接触、短路，放出大量气体和热量，电池内部压力迅速增加，从而发生如电池鼓包、破裂、泄压阀破裂、铝箔熔化等热失控现象。电池过热是事故演化的核心阶段，电池本体、外部激源、运行环境及管理系统这四类诱发因素都会导致电池过热，从而诱发安全事故。

温度对锂离子电池的影响主要表现为三个方面：1) 容量衰减：温度越高，锂电容量衰减速度越快；2) 热失控：充放电过程中热量无法散去则会导致热失控，带来连锁反应，造成储能系统热失控，降低电

池安全性；3）低温特性：低温环境下，锂电容量也会随着温度下降而下降。



锂离子电池有最佳温度、工作温度和可承受温度三类温度区间。可承受温度区间（-40℃-60℃）是锂电电化学性能相对稳定的区间。在此区间内，-20℃-45℃是工作温度区间，会出现电池寿命衰减、抗阻增加、容量下降等问题，但仍能正常工作；10℃-35℃是最佳温度区间，锂电电化学特性表现最佳。

复杂的电池材料和密集系统结构加大储能热管理难度。由于商业化储能锂离子电池采用的是沸点低、易燃有机电解液，其电解质材料热值较高，当电池本体或相关电气设备运行发生故障时，容易引发电池材料热副反应，诱发电池热失控。而且储能系统中大量电池紧密排列在一个空间内，高低倍率交错运行，容易造成热量聚集、温度分布不均

匀、电池间温差较大等问题，导致电池的性能、容量和寿命下降，发生连锁反应，甚至引发热失控，诱发安全事故。

随着工作时间越长、放电倍率增大，锂电池放热速率增加。不同放电倍率下锂电表面的温度变化在充电阶段、静置阶段基本一致，而放电阶段，锂电表面温升随着放电倍率的增大而显著增大，放热速率加快。当放电倍率增加至 1.5C 时，放电阶段锂电温度高达 40℃，超出最佳温度区间，可能会诱发热失控。

大容量和高倍率的储能系统成为发展趋势，驱动储能温控和消防需求提升。2021 年以来，多项国家、地方政策均鼓励探索建设共享储能，建立“新能源+储能”机制，推动新型储能市场化发展。为应对大规模储能进入市场，多省发布了储能参与的调峰调频辅助服务政策。调频要求储能系统具有高倍率，调峰要求储能系统具有大容量，随着调峰调频需求增长，储能系统产热量将不断上升，储能温控和消防行业有望迎来重要的发展机遇。

1.3 新国标提高储能安全要求

储能电站装机容量快速增长，储能安全政策趋严。随着大容量、高倍率的储能系统成为趋势，储能安全问题逐渐被重视。2014 年版国标《电化学储能电站设计规范》已很难满足快速发展的储能安全需求，国家标准之外仅有部分企标、团标、地方标准、美标 NFPA855、UL9540 等作为参考，国内储能安全标准仍需进一步规范。

图表 11：储能安全相关标准	
国家标准	GB 51048-2014《电化学储能电站设计规范》
	国家标准《电化学储能电站安全规程》征求意见稿（2021 年）
地方标准	DB11T 1893-2021《北京市储能电站建设及运行规范》
	江苏省电网《关于印发预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术措施（试行）》
	DB37/T 3642-2019《全氟己酮灭火系统设计、施工及验收规范》-山东省地标
团体标准	T/CEC 373-2020《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》
	T/CES 089-2021《预制舱式储能电站消防集中监控系统系统规范》
	T/CECS 10171-2022《预制式全氟己酮灭火装置》
	J/CIAPS-20210002《储能用锂离子电池系统安全评测技术规范》
部门要求	国家能源局《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）》
	国网设备部-电化学储能电站消防提升措施
国外标准	美标 UL9540、美标 NFPA855、欧盟 EN54-7 等

新标准对储能安全标准提出更高要求。国家标准 GB/T42288-2022

《电化学储能电站安全规程》已正式发布，将于 2023 年 7 月 1 日起正式实施。此前储能安全领域的老国标系 2014 年发布，在消防领域主要规范了建筑物和设备防火等级、消防水池和砂池的配置，探测和预警方面提出“应设置火灾自动报警系统”和“宜配置感烟探测器和可燃气体报警装置”。2021 年出台的新国标征求意见稿，开始引入“自动灭火系统”、“电池模块级消防”、“多系统联动”、“抑制复燃”等概念。此次新国标正式发布，相较征求意见稿进一步趋严，新增了“每个电池模块可单独配置探测器”的表述；“且防止复燃”的表述升级为“持续抑制复燃”。

我国电化学储能电站安全政策不断趋严。2022 年，多项政策陆续出台，根据国内外电化学储能电站火灾事故的案例，对储能电池的性能、储能系统安全、运行维护安全管理等提出更加详细的规范与标准。

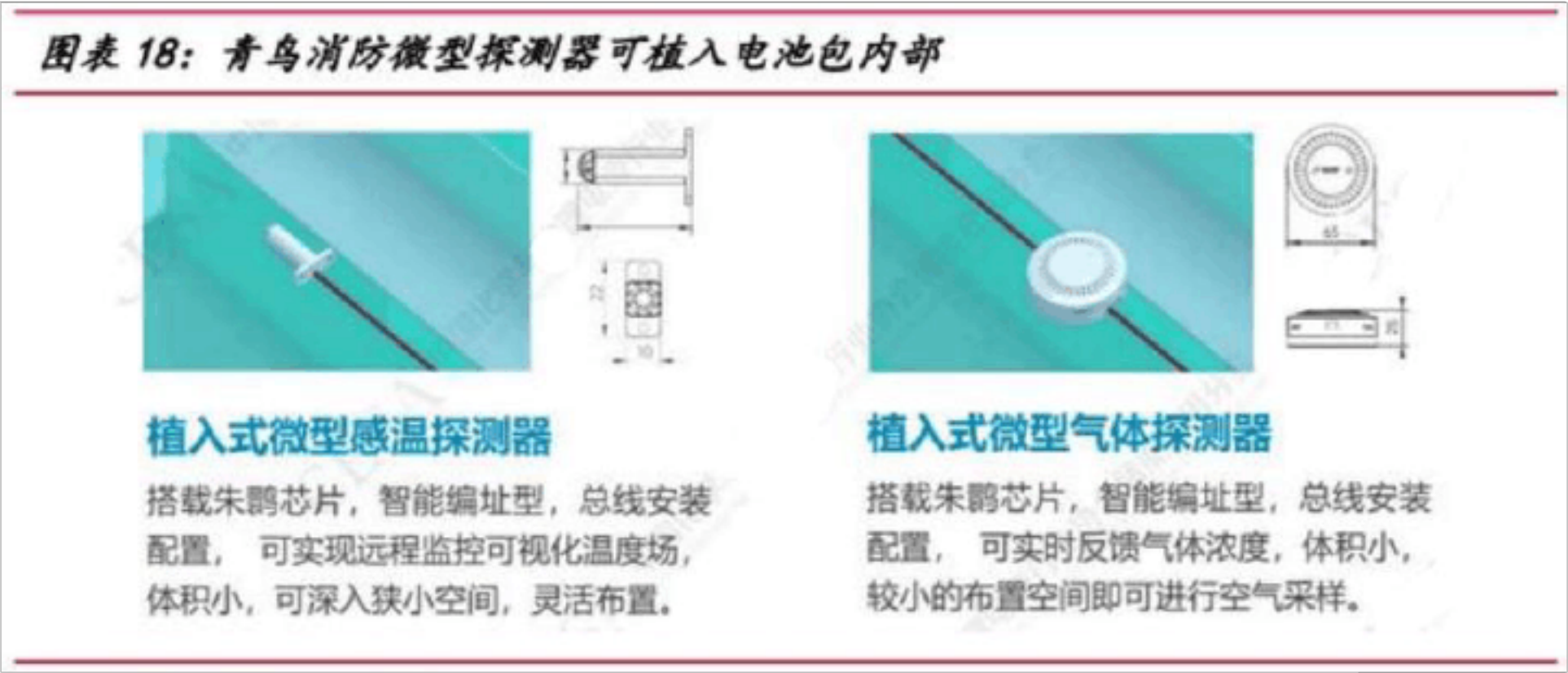
随着储能安全标准趋严，储能消防和温控系统的重要程度有望显著增强。相比于国外，虽然我国电化学储能电站事故发生较少，但是储能安全标准体系不够健全，缺乏国外政策提到的一些重要规范，比如 **AS/NZS5139** 要求电池系统安装在特定位置；**UL9540A** 强调了单个电池储能系统单元火灾缓解方法；**NFPA855** 对于储能系统单元间以及与墙壁的安全距离进行了规定等。由于国内外储能电站事故频发，我国储能安全标准向全球标准靠拢，不断完善趋严，储能消防和温控系统的重要程度有望显著增强。

2 储能消防重要程度有望增强

2.1 消防设计策略需要升级

当前储能系统火灾探测及消防设计存在不足。目前预置舱储能电站火灾探测报警系统参照 **GB50116** 《火灾自动报警系统设计规范》，配置使用点型感温和感烟探测器，消防预警系统采用独立的通讯方式，主要存在三点不足：1）探测部分：配置的点型感温和点型感烟探测器，只有在烟气和温度已经蔓延到舱室后才能起到报警作用，不适用于锂离子电池热失控早期预警，属于电池热扩散事故发生后的火灾报警。2）火灾抑制部分：在整个预制舱内做淹没式的灭火药剂喷放，灭火药剂无法作用于发生热失控的电池箱内部，不能起到定向扑灭火灾的作用。3）联动部分：传统消防作为独立运行的系统，无法与 **BMS** 或 **EMS** 系统通讯形成有效联动。

池簇，乃至每个电池模块上，布设气体、温度探测设备，以获得对于隐患位置和发生时间更清晰的认识，从而进行更及时精准的反应。



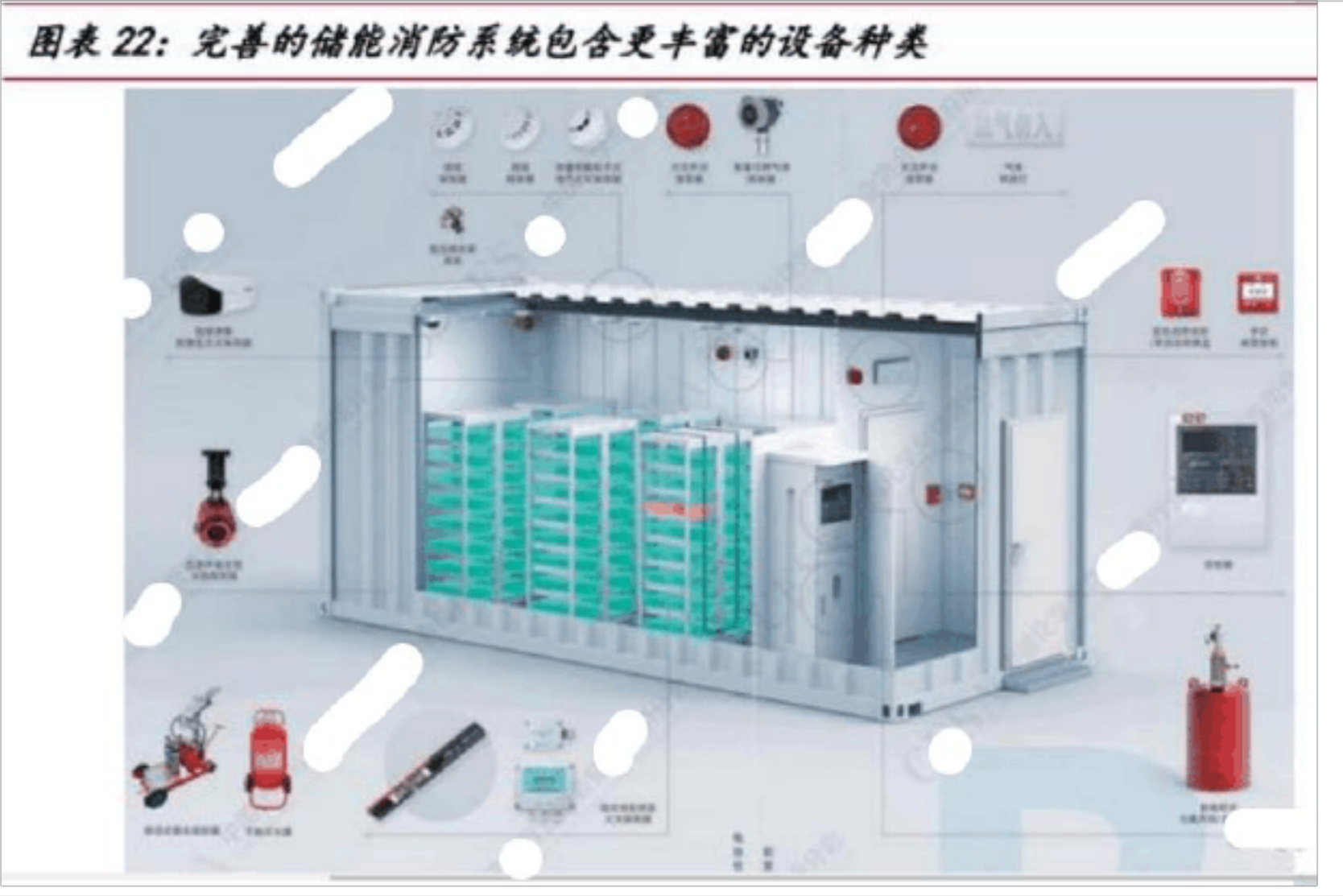
探测端还需要多类探测器结合，对火灾隐患的各类表征进行全方位侦测。由于锂电池材料成分复杂，火灾反应特殊，而各类传感器都有其特定的应用场景，面对锂电储能火灾的多种气体探测、长寿命、高响应速度、高稳定性等严格要求，需要一氧化碳、氢气、VOC 类、烟雾、温度和火焰等多种探测结果复合作为预警和灭火喷射启动信号会更科学可靠。

气体灭火剂快速降温性能更好，水基灭火剂持续冷却性能更佳。根据试验数据，几类气体灭火剂中，当前配置最广泛的七氟丙烷冷却降温的效果最差；六氟丙烷和全氟己酮冷却降温效果好，但气体灭火剂持续冷却降温的效果均较差。水基灭火剂的快速降温效果不及全氟己酮等气体灭火剂，但是细水雾具备较好的持续冷却性能。

扑灭只是基础，防止复燃是消防难点；气体灭火剂和细水雾结合的方式具备更好的锂电池灭火性能。气体灭火系统因不能持续冷却降温以

抑制锂电池热失控的持续发生，即使前期实现快速灭火，但后期易复燃，从而无法有效扑灭锂电池火灾。同时配置气体灭火系统和细水雾灭火系统，在火灾发生时，气体灭火系统采用全舱淹没的方式快速降温，模组级分布式细水雾系统针对特定电池组持续冷却，可以起到理想的灭火效果。

储能消防系统价值占比有望提升。据青鸟消防公告，目前储能消防领域仍主要采用舱级方案，在整个储能系统中的价值占比为 1%-3% 左右；随着储能安全领域相关政策、标准的逐渐落地，舱级方案配置的探测器种类和数量提升，气体消防和细水雾消防协同配置，价值占比有望向 3%-4% 拓展；而随着 PACK 级方案渗透率逐渐提升，预计价值占比 5%-7% 是有望落地的方案。



2.3 预计储能消防市场空间增长迅速

年储能消防行业市场空间达到 119.8 亿元，2022-2026 年 CAGR 为 129.8%。我们认为，随着全球范围内储能装机高速增长（储能装机详细测算过程见国联证券电新组外发报告《储能系列报告一：海内外需求共振造就优质赛道》），中国系统集成商在海外市场市占率不断提升，储能消防供应商有望通过对集成商的深入绑定进入海外市场，并有望通过拓展海外集成商客户加快出海进程。另外，随着储能预制舱内配备的消防探测器种类提升，灭火介质种类由七氟丙烷升级至全氟己酮和细水雾相配合，PACK 级消防方案渗透率逐渐提升，储能消防单位价值量可进一步提高，使得储能消防行业获得高于储能行业本身的市场空间增速。

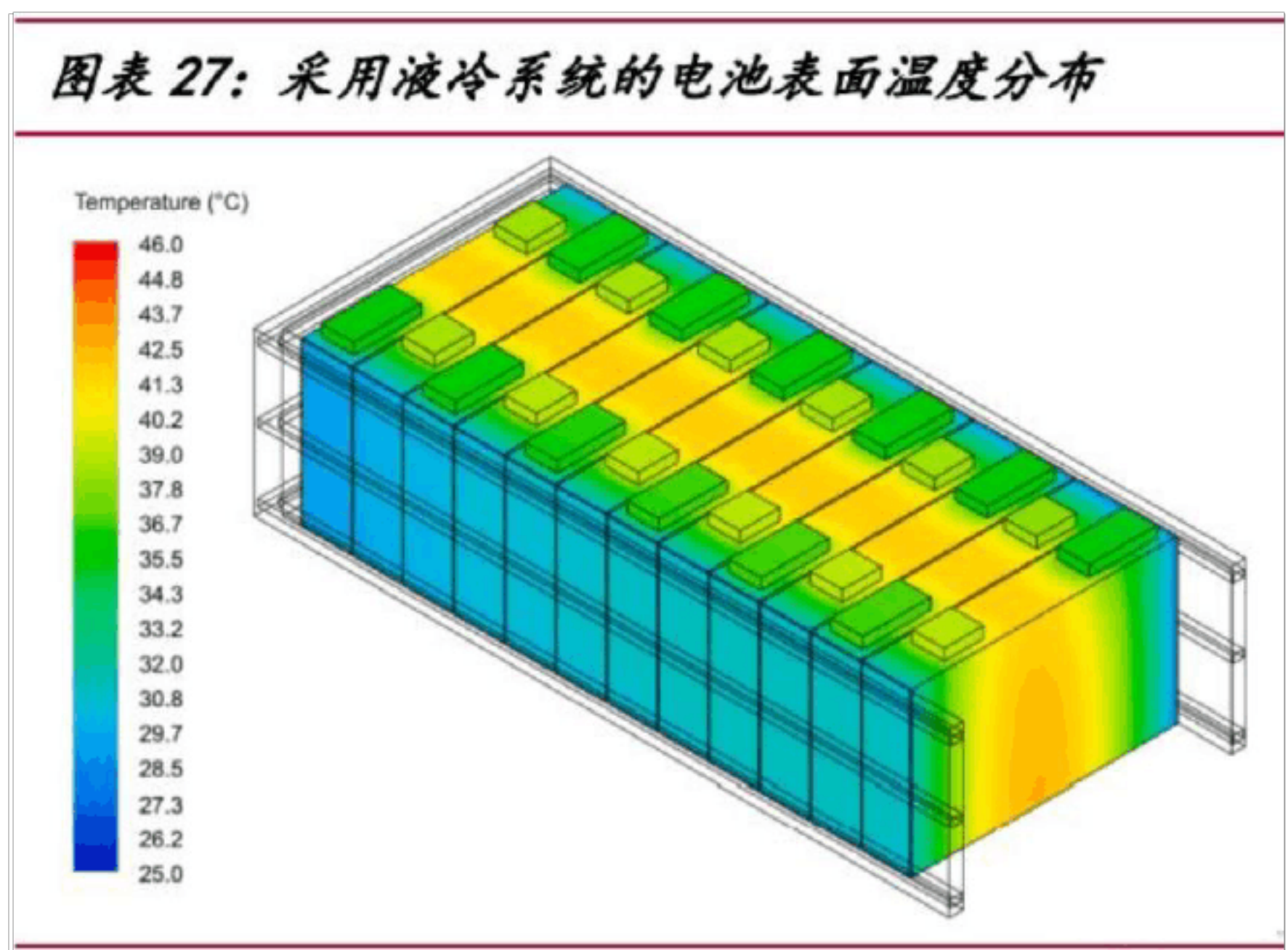
3 储能温控价值量有望提升

储能安全是系统性工程，更先进的消防设计往往与液冷系统相结合。液冷电池 PACK 普遍具备 IP67 等高防护等级，得以满足簇级或者 PACK 级消防对于电池结构密封要求的提升；液冷储能系统普遍具备更高的集成度，采用非步入式结构，电池机柜间可采用防火隔板进行隔离，减少相互影响；更重要的在于，液冷系统可降低电芯之间的温差，使整个系统在适宜的温度工作，从源头上减少储能系统发生热失控的概率。

液冷系统更安全且度电成本更低

储能热管理主要分为风冷和液冷两条路径，液冷系统的综合性能更强。风冷即利用空气作为冷却介质对电池系统进行冷却，空气从电池一侧流入，流经电池内部后，由另一侧流出。由于流经前部电池组的空气

会导致后部电池组的冷却效果变差。这一问题可通过改变空气流道的设计改善，但可能导致降低储能系统的能量密度。液冷系统一般采用乙二醇水溶液作为冷却剂，冷却液流经集成在电池系统内部的液冷板，以降低电池温度。液冷系统可使电池之间的堆叠更加紧密以提高能量密度；并且具备更强的散热性能，降低电池温差，提升一致性水平，降低热失控风险。液冷技术此前在服务器、数据中心、直流设备、电动汽车等领域已广泛使用，在储能领域的新应用也逐步成为市场的主流选择。



液冷系统具备更强的温度控制精度，进而延长电池寿命。综合各厂商的宣传口径，风冷机组可将储能系统内的温差控制在 5-10℃ 左右，

的水平，显著提高电池充放电过程中的均一性，并有望较风冷系统延长 2 年以上的电池使用寿命。

液冷系统具备更高的单舱能量密度，减少储能建设用地。我们统计了阳光电源和科华数能分别采用风冷和液冷方案的储能系统集成产品的参数，计算得到风冷产品的能量密度约为 0.13-0.15MWh/m²，而液冷集成方案可提升能量密度 50% 以上至 0.2-0.23MWh/m²。同样电池能量条件下，液冷方案可较风冷减少约 30% 的占地面积。

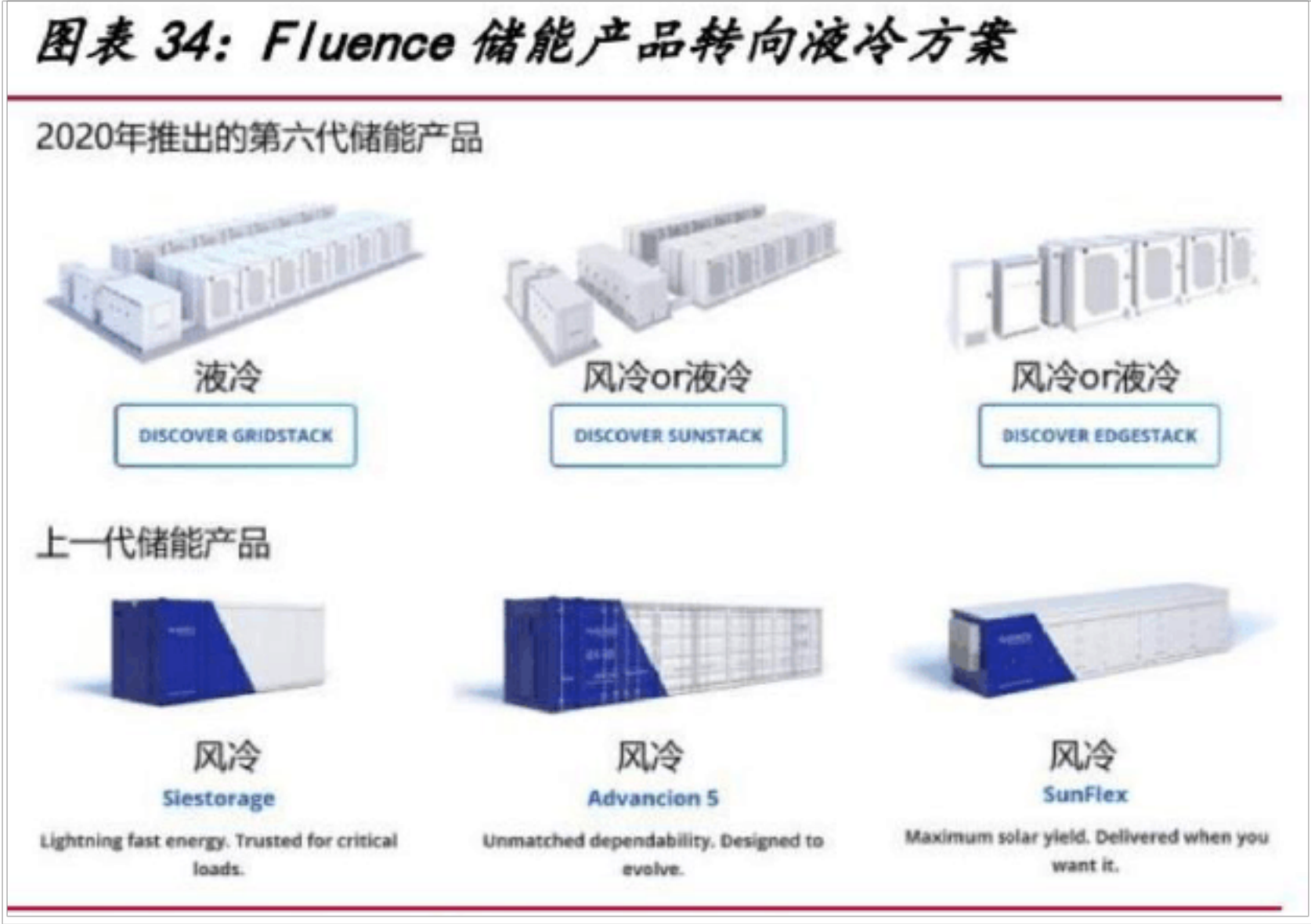
在一个 4MWh 的集装箱储能系统中，当 COP 提升至 2.5 时，温控系统耗电可大幅降低，相较风冷系统节省 1.45 万元/年，约占年运营成本的 1.45%（包括电池及其他设备折旧、人工以及财务费用等全部成本）。同时，液冷系统中的运动部件较风冷系统减少 90% 以上，可减少故障点，降低设备维护费用。

液冷系统的优势最终体现在降低全生命周期的度电成本。由于储能温控设备在整个储能系统中的价值量占比较低，由风冷升级至液冷系统之后，建设成本的增加幅度小于系统循环寿命的提升幅度，根据科华数据、南都电源、天合储能等公司对于液冷新品的宣传，全生命周期的 LCOS 可降低 15%-32%。

预计国内市场液冷渗透率快速提升

当前国内储能液冷渗透率较低，海外市场对液冷接受度较高。据 GGII，2021 年国内储能领域液冷温控渗透率仅为 12%，预计 2025 年有望迅速提升至 45%。海外市场缺乏统计数据，但从全球系统集成龙头 Fluence 的产品结构变化可以看出液冷渗透率快速提升的趋势。

2020 年以前的集成产品均为风冷方案，2020 年后推出的新一代产品中，光伏配储和工商业储能产品提供风冷和液冷两种选择，电网级储能产品仅提供液冷配置。



液冷系统单位价值量显著高于风冷，不过在总成本中占比较低。整套液冷系统单位价值量约 0.6 亿元/GWh，风冷系统单位价值量约 0.3 亿元/GWh。据我们不完全统计，2022 年国内储能系统采购中标均价为 1.54 元/Wh，因此储能液冷系统成本仅占系统采购成本的 3.9% 左右；风冷系统成本仅占系统采购成本的 1.9% 左右。下游对于温控系统的价格敏感度相对较低。

近年国内厂商纷纷推出液冷产品，渗透率有望快速提升。国内厂商中，宁德时代和比亚迪率先针对海外市场需求，于 2020 年推出了液冷集成产品；2021-2022 年，各主流系统集成商纷纷跟进，推出了凝聚最

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/668022106001006133>