

风驰“电车”系列 4：储能卡点之电池日历寿命如何突破？

报告要点

电池日历寿命是决定储能电池实际寿命的核心指标。电池衰减的阻断和减弱是日历寿命提升的关键，从机理上看，电池衰减有 LAM（活性材料损失）、LLI（锂损失）、LE（电解液）和 RI（电阻）等四大原因，产业界的方案均围绕着几个方面采取措施。

日历寿命的提升主要有补锂剂等材料、液冷系统、BMS 等三大卡点。其中补锂成为改善电池衰减第一阶段重点，液冷系统、BMS 等往往综合改进衰减第二和第三阶段等问题。由于衰减机理影响因素多且复杂，实际中的产业方案往往多重方案并行。

国内储能电池日历寿命的提升拐点逐步有望逐步来临，我们预计日历寿命逐步迈入 15 年关口。特斯拉旗下储能系统 Megapack 有 20 年的质保时间，2025 年开始国内高日历寿命储能电池产品逐步量产，新能安 2025 年推出工商业储能方案，承诺 15 年日历寿命；宁德时代天恒储能系统实现 5 年零衰减，也在 2025 年 6 月开始量产。

从投资机会角度，建议关注补锂剂、液冷系统、电池 BMS、储能电池等板块相关机会。

电气设备

评级： 看好

日期： 2025.07.24

分析师 张鹏

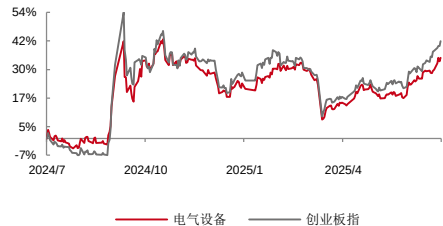
登记编码：S0950523070001

☎：18820232934

✉：zhangpeng1@wkzq.com.cn

行业表现

2025/7/24



资料来源：Wind，聚源

相关研究

- 《固态电池系列 2：从底层逻辑上看全固态电池难点和产业节奏》(2025/7/14)
- 《电力钟声系列 4：储能中长期需求怎么看？》(2025/7/11)
- 《光伏反内卷如何演绎？》(2025/7/10)
- 《电池成为低空经济发展的重要卡点》(2025/6/19)
- 《2024 年报&2025Q1 锂电材料行业趋势：盈利边际改善显现，静待行业拐点》(2025/6/3)
- 《从技术本征角度看钠电池产品高倍率等特性来源》(2025/5/28)

- 风险提示：**
- 1、补锂剂降本不及预期
 - 2、液冷系统降本和性能提升不及预期
 - 3、电池 BMS 技术迭代不及预期

内容目录

一、电池日历寿命取决于电池衰减情况	4
何为电池寿命?	4
电池衰减机理	4
二、电池日历寿命提升的卡点在哪?	5
卡点一：补锂等材料	7
卡点二：液冷系统	10
卡点三：BMS	13
三、国内储能电池日历寿命或逐步迈入 15 年关口	13
结论	17
风险提示	18

图表目录

图表 1：衰减机制及相关衰减模式的因果关系	5
图表 2：循环性能是储能电池领域的核心要素之一	5
图表 3：电池容量衰减机制及相关衰减模式的因果关系	5
图表 4：锂电池 RUL(剩余使用寿命)预测的主流方法	6
图表 5：美国国家可再生能源实验室使用多种模型进行的日历寿命预测	6
图表 6：Li NMC811 电池在不同日历老化条件下性能	6
图表 7：相对容量和相对阻抗与日历老化时间的曲线。	6
图表 8：补锂剂的分类	7
图表 9：补锂剂可以有效提升长循环性能	7
图表 10：典型正极补锂剂性能对比	8
图表 11：典型正极补锂剂成本测算	8
图表 12：不同价格下补锂剂对铁锂电池组成本的影响测算	8
图表 13：铁酸锂和镍酸锂的对比数据	9
图表 14：伴随储能日历寿命的提升，可以允许成本的增加幅度	9
图表 15：各个企业的补锂剂产能（不完全统计）	9
图表 16：宁德时代通过电解液配方的改变可增大电池循环寿命	10
图表 17：电解液含 2%VC+1% DTD 添加剂下寿命预测	10
图表 18：不同电解液添加剂下的电池容量变化曲线（DTD 更优）	10
图表 19：DTD 材料的企业产能情况（不完全统计）	10
图表 20：采用液冷的储能电池产品温度均匀性比风冷好	11
图表 21：液冷比风冷效果更好	11
图表 22：储能液冷系统成本构成	11
图表 23：风冷和液冷功耗对比	11
图表 24：典型公司风冷及液冷产品参数对比	12
图表 25：中国储能温控系统分产品结构变化图	12
图表 26：典型工商业储能液冷和风冷成本对比	12
图表 27：2023 版《电力储能用电池管理系统》国标相比 2017 年版本进步明显	13

图表 28: 特斯拉的 Megapack 产品价格	14
图表 29: 国内储能系统和 EPC 中标均价数据 (元/kWh)	14
图表 30: 特斯拉 model3 后轮驱动版动力电池有 8 年/16 万公里的质保.....	15
图表 31: 蔚来汽车长寿命动力电池解决方案.....	15
图表 32: 宁德时代提升电池日历寿命的手段.....	15
图表 33: 电池企业陆续发布长寿命的电池产品	16
图表 34: 新能安的工商业储能产品日历寿命宣传为 20 年.....	16
图表 35: 新能安昆仑电池在 15 年两充两放后能保证 70%以上可用容量	16

一、电池日历寿命取决于电池衰减情况

从电池的日历寿命说起：根据我们团队此前报告《能源转型卡点在储能，储能卡点在哪？》，我们梳理出了储能的经济性卡点之一是日历寿命，有哪些因素在影响电池日历寿命，未来在哪些方面做工业化改进，这是我们本文研究的重点。

我们认为电池有安全、成本、循环、倍率、能量密度、高低温等六大特性，不同于新能源车领域，电池的循环性已基本满足需求；对储能领域，循环性是其中一项核心要素，且仍需要提升，下游储能电站需要乃至 20 年级别稳定运行，实际运行中的寿命仍有提升空间。

何为电池寿命？

通常锂离子电池衰退可从循环寿命和日历寿命两个方面进行评估。循环寿命是指电池在特定的充放电循环下，其实际可用容量衰减到额定容量的 80% 时所经历充放电循环次数，日历寿命则用于描述电池在没有使用的情况下发生的容量衰退，是指在电池达到寿命终点前所经历的储存时间。根据 2019 年中国汽车工程协会发布的《锂离子动力电池单体日历寿命试验方法》，日历寿命被定义为蓄电池在长期搁置状态下维持一定性能指标的时间。

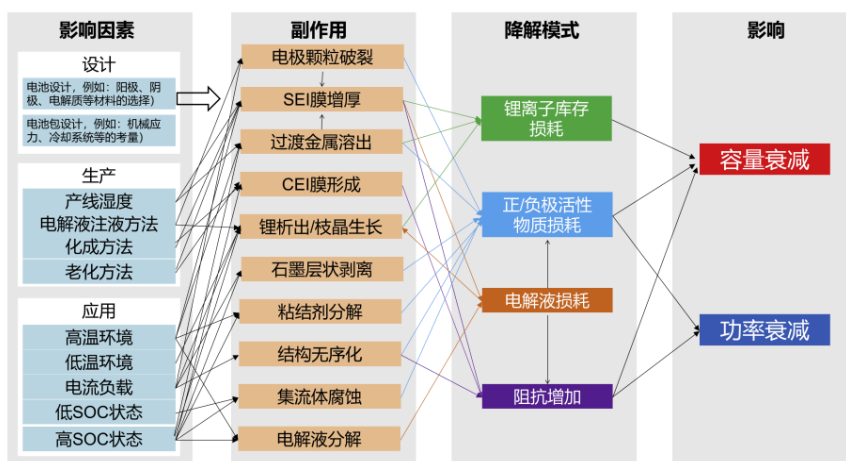
日历寿命更具备实际意义，由于机理复杂和实际的使用年限长等原因，难以精准预测，往往可以分为两类：一类是数据推断的方法，第二类是建立模型的方法来预测。本征上看，需要理解电池的衰减机理。

电池衰减机理

根据相关学术论文，电池衰减有 LAM（活性材料损失）、LLI（锂损失）、LE（电解液）和 RI（电阻）等四大原因。电池衰减最直观的外部特征是容量衰减和功率衰减，一般来说，电池容量衰减的主要原因是 LAM（活性材料损失）和 LLI（锂损失）；功率的衰减主要是 LE（电解液）、和 RI（电阻）等原因。这本质上是在设计、生产、应用中的一系列副反应造成的衰减。

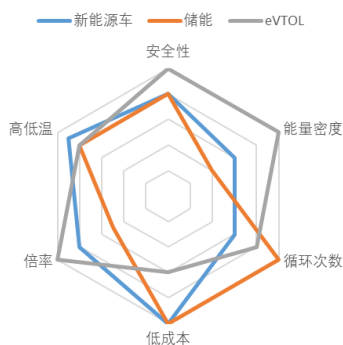
目前电池通常呈现非线性的衰减特性，大致可以分为三个阶段（图表 3）。其中第一阶段往往是 LLI（锂损失）导致，第二和第三阶段是多重因素混合，非线性的衰减机理导致实际工业产品中的使用寿命的困顿。

图表 1：衰减机制及相关衰减模式的因果关系



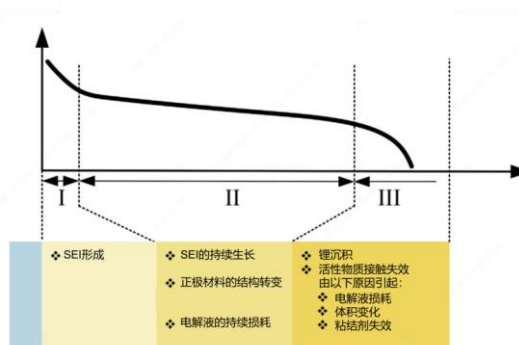
资料来源：《A review on the key issues of the lithium ion battery degradation among the whole life cycle》Xuebing Han 等、五矿证券研究所

图表 2：循环性能是储能电池领域的核心要素之一



资料来源：五矿证券研究所整理

图表 3：电池容量衰减机制及相关衰减模式的因果关系



资料来源：《A review on the key issues of the lithium ion battery degradation among the whole life cycle》Xuebing Han 等、五矿证券研究所

二、电池日历寿命提升的卡点在哪？

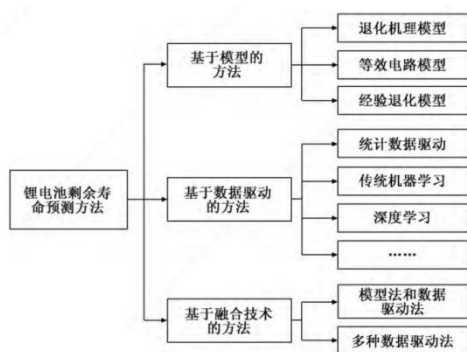
从前文的衰减机理因果模型可以看出，从提升日历寿命角度，主要有以下解决方案。1) 从材料角度入手，补锂等成为改善第一阶段的 LLI（锂损失）重点，以及包括电解液、或者对正负极材料的一些改性。2) 从系统层面入手，包括 BMS、液冷等，综合改进 LAM（活性材料损失）、LE（电解液）、RI（电阻）等问题。由于其第二阶段和第三阶段衰减的机理影响因素多且复杂，实际中产业方案往往是并行。

根据相关学术论文，电池系统温度、SOC 等对寿命有较大影响。根据相关学术研究，不同的 SOC、温度、压力和循环条件（OCV 和 CV）对电池日历寿命有所影响。根据美国斯坦福大学和美国 SLAC 国家加速器实验室应用能源部论文，对来自四个化学成分、五个制造商的八

种不同电池类型的 232 个电池，收集时间长达 13 年，从而分析电池老化影响因素，发现荷电状态影响较大。

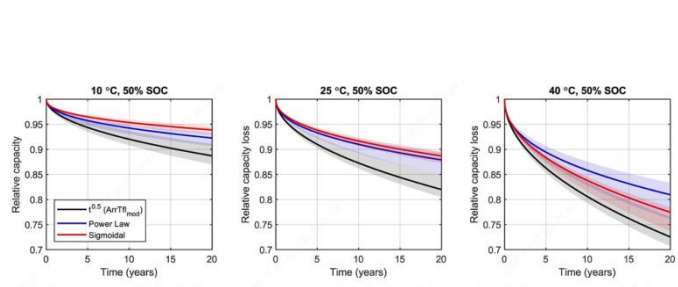
多种手段综合运用可提升电池日历寿命，但从本征上，预测锂电池剩余寿命的主流方法是基于模型、基于数据驱动和基于融合技术等方法。往往研究人员使用实验室评估、电化学和热数据分析以及多物理场电池建模来评估锂离子电池系统的性能和寿命。比如美国国家可再生能源实验室 (NREL) 的电池寿命评估工具，模拟不同温度下的日历寿命。发现在长期 40℃ 高温下，电池在 10 年后容量会跌至 80% 以下。如果存储得当，如长期在 25℃ 的环境，日历寿命能长达 20 年以上。

图表 4：锂电池 RUL(剩余使用寿命)预测的主流方法



资料来源：《锂离子电池剩余寿命预测方法研究综述》郑文芳等，五矿证券研究所

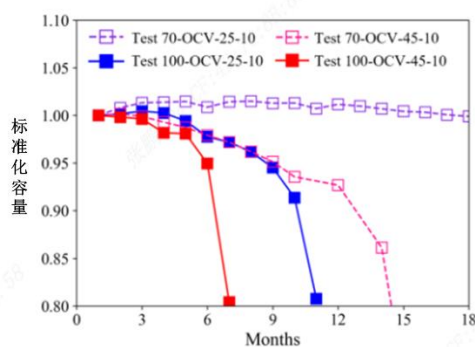
图表 5：美国国家可再生能源实验室使用多种模型进行的日历寿命预测



资料来源：NREL、五矿证券研究所

备注：以上为三种模型的预测结果

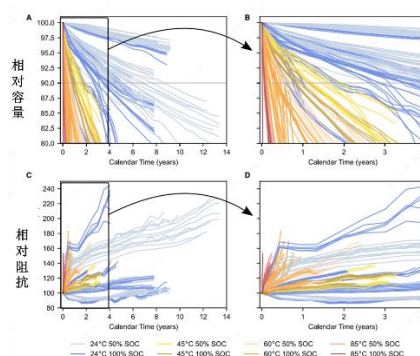
图表 6：Li|NMC811 电池在不同日历老化条件下性能



资料来源：《Calendar Life of Lithium Metal Batteries: Accelerated Aging and Failure Analysis》Sangwook Kim 等、五矿证券研究所

备注：第一个数字是 SOC，第二个数字是温度 (°C)

图表 7：相对容量和相对阻抗与日历老化时间的曲线。



资料来源：《A decade of insights: Delving into calendar aging trends and implications》Vivek N. Lam 等、五矿证券研究所

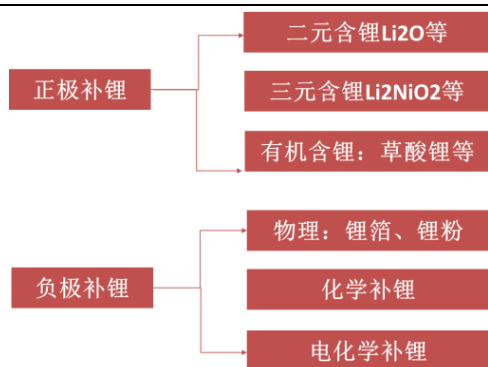
我们认为日历寿命的提升主要有补锂剂等材料、液冷系统、BMS 等三大卡点，但考虑到储能电池成本压力，卡点的突破仍需要在成本提升有限情况下进行。虽然循环寿命和日历寿命有所不同，考虑储能一天 1 次充放电循环，理想下储能和风光同寿命，25 年周期下需要接近 1 万次充放电。但目前一些企业的较多停留在口头承诺，说能做到 20 年、25 年，循环寿

命能到 12000 次，甚至 15000 次，但是标准等不统一，实际达到难度大。

卡点一：补锂等材料

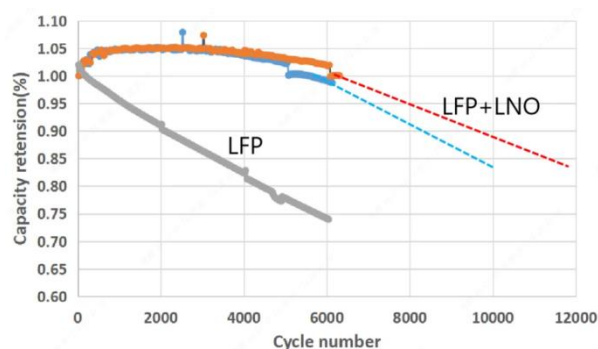
补锂成为改善电池衰减第一阶段重点，此时 LLI（锂损失）往往是衰减原因。从补锂剂来看，正极和负极补锂均可以。负极补锂技术的流程复杂、有安全风险等问题，正极补锂剂可以直接通过在正极浆料的制浆过程中加入，应用较为广泛。一般来说，对锂电池进行补锂，锂电池能量密度可提升约 5%，循环寿命则有望提升 50%-200%。根据相关企业数据，提高正极补锂剂 LNO 的添加量至 3%，可实现循环寿命超过 10000 周，甚至达到 12000 周。

图表 8：补锂剂的分类



资料来源：储能科学与技术、五矿证券研究所整理

图表 9：补锂剂可以有效提升长循环性能



资料来源：深圳市电池行业协会、五矿证券研究所

正极补锂剂主要有富锂镍酸锂、铁酸锂以及富锂锰基三种。补锂容量来看，富锂铁酸锂超过 600mAh/g，镍酸锂补锂容量约 270mAh/g。根据 GGII，从单位补锂成本看，富锂铁酸锂可以达到 4.1Ah/元，其余两种材料仅仅约 1.5Ah/元，差距超过 2 倍；从安全性看，富锂铁酸锂补锂不会产气，安全性较另外二种更好。

对于补锂剂卡点的解决方案，一方面在于成本下行，一方面在于性能改善。2022 年国内正极补锂剂 2022 年出货约 2500 吨，根据 GGII 统计，截止 2023 年产能超 2 万吨。

一、从价格上看，伴随产能的释放和降本手段使用，价格有望逐步下行。根据我们的测算，按照补锂剂 40 万元/吨价格假设，正极 2%添加量，会提升电池组成本 4%（对应 0.018 元/wh 成本提升）。按照我们对基准假设下的储能日历寿命的测算，预计 5 年日历寿命的提升同时电池成本上行在 0.06 元/wh 以内是经济性平衡状态（按照度电成本 0.45 元/wh 测算）。补锂剂的降本取决于未来规模化效应和工艺等进步，尤其是碳酸锂价格从此前的高位逐步下滑，带动近些年补锂剂成本的下行。我们考虑合适利润率，测算了典型正极补锂剂成本中长期价格或将在 20-30 万/吨（假设碳酸锂价格 10 万元/吨），在 2%添加下对应 2025 年铁锂电池组成本提升是铁酸锂和镍酸锂分别为 1.8%、2.5%（补锂剂本身可以贡献少部分可逆容量未考虑）。

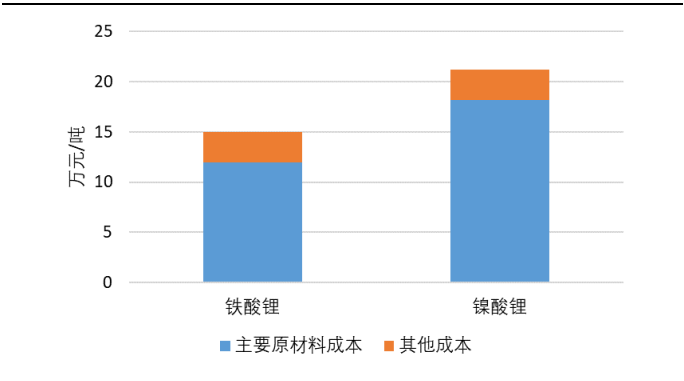
图表 10：典型正极补锂剂性能对比

性能参数	富锂锰基	铁酸锂	富锂镍酸锂
化学式	$x\text{LiMO}_2 \cdot (1-x)\text{Li}_2\text{MnO}_3$	Li_5FeO_4	Li_2NiO_2
纯度 (%)	≥ 98	≥ 96	≥ 92
总残碱 (%)	≤ 0.5	≤ 6.0	≤ 4.0
首充容量 (mAh/g)	≥ 300	≥ 680	≥ 420
补锂容量 (不可逆容量, mAh/g)	≥ 120	≥ 590	≥ 270
能量密度提升 (添加量 3%)	1-2%	6-8%	3-4%
可逆容量 (不可逆容量, mAh/g)	≥ 150	≥ 90	≥ 150
优点	1) 残碱低, 对水分敏感性较低; 2) 生产工艺技术成熟; 3) 成本较低		
缺点	1) 补锂容量较低; 2) 存在锰溶出问题		
		1) 对水分和空气敏感性高; 2) 生产工艺不完善, 生产成本较高	1) 残碱高, 对水分和空气敏感性高; 2) 锂电池产气量大

资料来源：GGII、五矿证券研究所

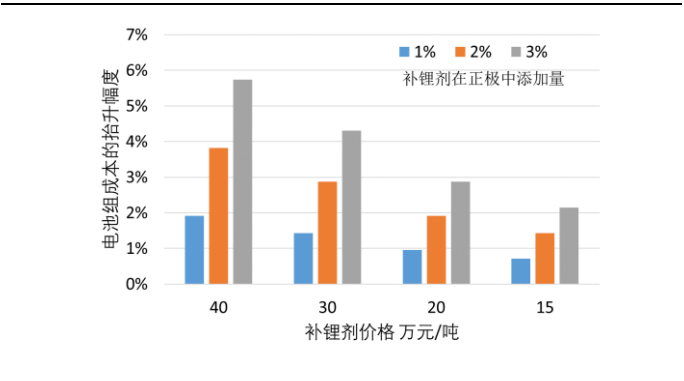
二、从性能上看，铁酸锂等材料仍有改善空间，比如铁酸锂在两方面仍有改进空间；1) 生产工艺不完善，生产成本较高；2) 铁酸锂容易吸水，对锂电池生产线的湿度控制要求极高，需要产线所在空间具备-50℃以下露点。

图表 11：典型正极补锂剂成本测算



资料来源：中诺新材、五矿证券研究所测算（备注：碳酸锂假设 10 万元/吨）

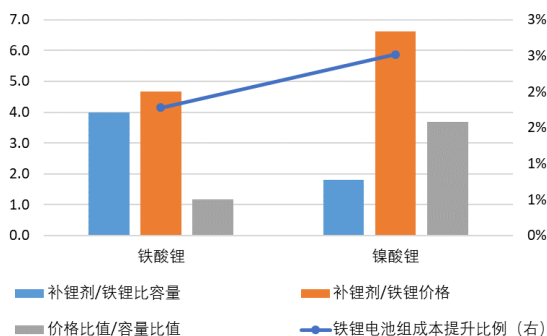
图表 12：不同价格下补锂剂对铁锂电池组成本的影响测算



资料来源：起点锂电、五矿证券研究所测算

备注：按照假设的 2025 年铁锂电池组成本测算为 0.46 元/wh

图表 13：铁酸锂和镍酸锂的对比数据



资料来源：高工产研、wind、五矿证券研究所测算

备注：未考虑循环性，只考虑比容量和价格下的能效对比；成本提升幅度未扣除材料后续部分的可逆容量贡献；铁锂价格假设为 4 万元/吨，电池组 0.48 元/wh 价格

图表 14：伴随储能日历寿命的提升，可以允许成本的增加幅度

度电成本	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
电池日历寿命-年	8	10	12	15	20	25
电池成本：元/wh	0.3	0.34	0.38	0.41	0.47	0.51
允许增加幅度：元/wh		0.04	0.08	0.11	0.17	0.21

资料来源：ARPA-E，五矿证券研究所测算

备注：日历寿命 8 年，电池 0.3 元/wh 作为基准测算

图表 15：各个企业补锂剂产能（不完全统计）

企业	产能等情况
德方纳米	2023 年 2 月，年产 2 万吨补锂剂一期项目投产仪式。截至 2024 年末，公司已建成 5000 吨/年补锂增强剂产能
深圳研一	投资超 10 亿元在深圳建设 2.25 万吨补锂添加剂产能
石大胜华	2022 年 2 月，拟建设 2 万吨/年正极补锂剂项目
安达科技	2023 年公司表示补锂剂规划产能为 5000 吨/年，拟投资额 7 亿元
湖南升容	2025 年 5 月，公司年产 2000 吨锂电池正极补锂剂项目投产

资料来源：wind、深圳特区报、我的电池网、中国电池工业协会、掌上曲靖、SMM 电解液、五矿证券研究所

除了补锂剂，在电解液等体系上往往也需要改进。从国内电池企业相关论文看，在电解液添加剂等角度也进行创新，根据 2025 年宁德时代发布的论文，提出了一种新的电解液配方来实现较高锂金属电池循环性；同时宁德时代也在推进电解液添加剂方向的合作等，2025 年 5 月份公司与日本三菱化学及子公司 MUIS 签署基于二氟磷酸盐的正极界面控制技术（MP1 技术）专利许可协议。二氟磷酸盐类材料可为锂离子电池电解液添加剂，通过优化电极界面膜和抑制副反应显著提升电池综合性能；其能在正负极表面形成低阻抗保护层，减少电解液分解和电极腐蚀，大幅延长循环寿命等。

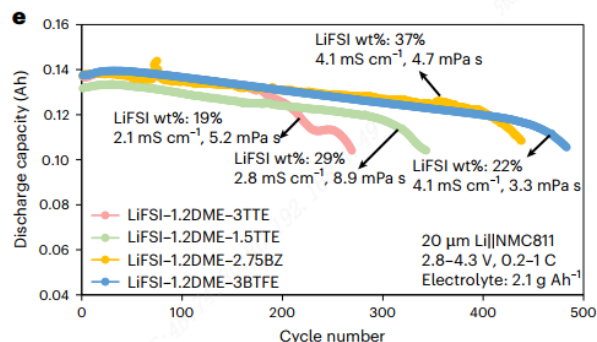
电解液添加剂 DTD（硫酸乙烯酯）等提升电池循环性材料已进入产业化。

1) 学术论文上看：根据和特斯拉合作的 J R. Dahn 团队相关论文，在含 2% VC + 1% DTD 添加剂时，在 20℃ 下预测有 25 年寿命。且其使用 2wt % 的 VC+1 wt% 的 DTD 作为添加剂相比 1% LFO 电池循环性明显提升。

2) 从产业化上看：天赐材料、新宙邦、石大胜华等企业均有所布局 DTD 产能，仅这三家企业不完全统计产能超 1 万吨。从生产工艺上看，一般的氧化还原法是以二氯亚砷酯与无水乙二醇水为主要原料，生成中间体亚硫酸乙烯酯 ES，再生成 DTD。而 DTD 原材料之一的

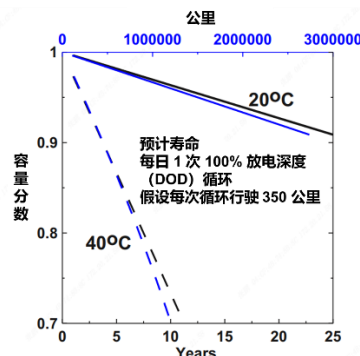
氯化亚砷主要下游是三氯蔗糖、LiFSI 等。伴随相关产能的扩张，未来 DTD 等为代表的电解液添加剂价格的下跌有望带动渗透率的提升，促进电池日历寿命的提升。

图表 16：宁德时代通过电解液配方的改变可增大电池循环寿命



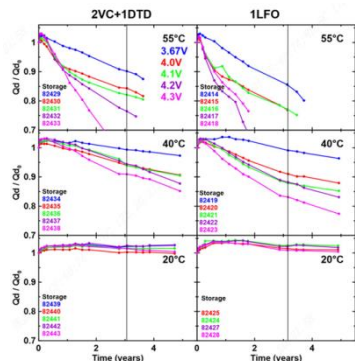
资料来源：《Application-driven design of non-aqueous electrolyte solutions through quantification of interfacial reactions in lithium metal batteries》，WangHS 等，五矿证券研究所

图表 17：电解液含 2%VC+1% DTD 添加剂下寿命预测



资料来源：《A Wide Range of Testing Results on an Excellent Lithium-Ion Cell Chemistry to be used as Benchmarks for New Battery Technologies》Jessie E. Harlow 等，五矿证券研究所

图表 18：不同电解液添加剂下的电池容量变化曲线（DTD 更优）



资料来源：《Lithium-ion Differential Thermal Analysis Studies of the Effects of Long-Term Li-ion Cell Storage on Electrolyte Composition and Implications for Cell State of Health》Michael K. G. Bauer 等，五矿证券研究所

备注：左侧为 2% VC + 1% DTD，右侧为 1% LFO，其余成分一样

图表 19：DTD 材料的企业产能情况（不完全统计）

公司	项目情况
天赐材料	2022 年收购浙江天硕，浙江天硕有 3000 吨 DTD 产能；2022 年末公司重要在建项目包含 DTD(硫酸乙烯酯) 6000 吨
新宙邦	瀚康电子材料年产 59600 吨锂电添加剂项目，其中有 2000 吨 DTD 产能。该项目一期预计 24 年底达到可使用状态
石大胜华	根据公司 24 年 2 月公告，1.1 万吨/年添加剂项目（其中包含 2000 吨硫酸乙烯酯）已进入试生产阶段

资料来源：wind、瀚康电子材料、五矿证券研究所

卡点二：液冷系统

温度等要素限制了日历寿命的提升，液冷替代风冷成为关键。储能系统中，大量电池在有限空间内紧密排列，容易造成热量的快速积累，导致局部温度过高，电池间温差过大，使得电池柜存在严重的温度不一致问题，从而加速电池衰老。根据 Motloch 等研究，在 30-40°C 工作范围内，温度每升高 1°C，锂电池寿命就会减少约 2 个月，同时发现电池和电池组温度梯度要低于 5°C。液冷方案相比风冷可以实现较好的温度管理。

政策上，2025 年 8 月即将实施的强制性 GB 44240-2024《电能存储系统用锂蓄电池和电池组安全要求》也将驱动储能散热能效的提升。

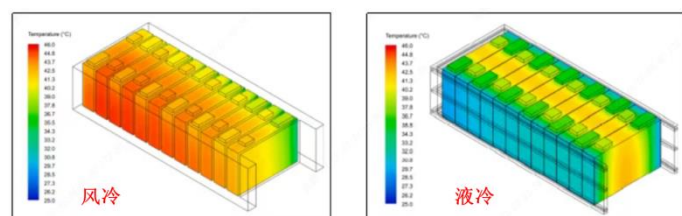
本次拟实施的国标首次将储能锂电池安全要求从“推荐性”升级为“强制性”，涵盖电芯振动、加速冲击、浅刺、强制放电等 23 项严苛测试，要求储能锂电池在更严苛的应用场景下不起火、不爆炸。除了材料本身带动储能电池安全性的提升，液冷系统也会促进安全性的提升。

性能上，液冷较风冷更位于电池最佳温度运行区间，且系统温差更小。

1) 液冷运行温区间合适：根据相关企业数据，风冷系统运行时温度约为 31-38℃，液冷系统参考厂商是 30℃（正常电池最佳运行温度为 30-35℃）。经试验研究，为了达到相同的电池平均温度，风冷需要比液冷高 2-3 倍的能耗。

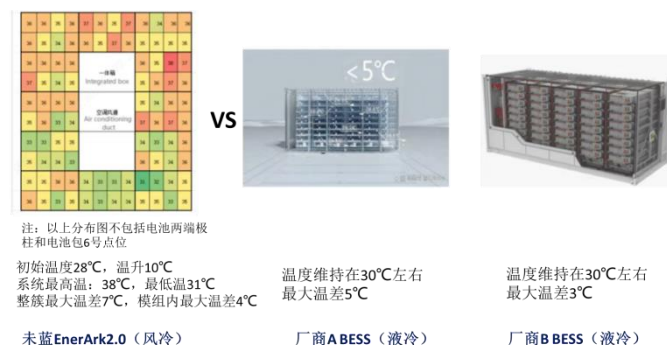
2) 液冷温差控制小：典型风冷系统温差在 7℃，液冷一般在 3-5℃。一项国外机构的测试表明，在相同入口温度和极限风速及流速下，风冷系统可以将温差控制在 5-10℃，而采用液冷系统则可将温差降低至 2-3℃，并有望将电池的使用寿命延长 2 年以上。以新能安发布的 UniC 系列产品为例，搭载了智能液冷温控系统，将储能系统全生命周期温差控制在 3℃以内，相较于传统储能系统的温控系统 5℃左右温差，可以实现全生命周期延长 1.6 年寿命。

图表 20：采用液冷的储能电池产品温度均匀性比风冷好



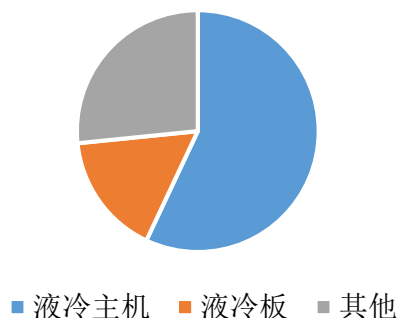
资料来源：艾邦储能与充电、五矿证券研究所

图表 21：液冷比风冷效果更好



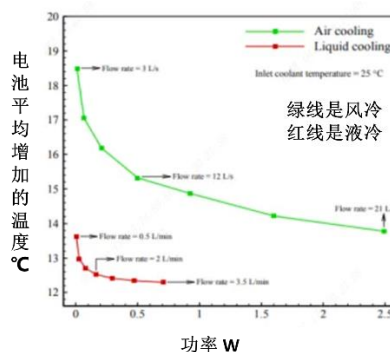
资料来源：热管理行家、五矿证券研究所

图表 22：储能液冷系统成本构成



资料来源：华经产业研究院、五矿证券研究所

图表 23：风冷和液冷功耗对比



资料来源：艾邦储能与充电、五矿证券研究所

从液冷的技术发展趋势上看，或将从此前的风冷到冷板式液冷，再到未来的浸没式液冷，对温度的控制精度逐步提升。浸没式液冷是将电池完全浸入绝缘冷却液，通过液体直接接触电池实现高效热传导，也能在电池热失控时快速抑制火情，一般可以使系统温差 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ ，该方案成本较贵。根据高工储能，浸没式液冷成本略高于冷板式液冷，但浸没式液冷能够提升电池约 30%寿命，全生命周期的总体收益优于风冷和冷板式液冷方案，浸没式液冷方案在工商业储能上有所应用。

图表 24：典型公司风冷及液冷产品参数对比

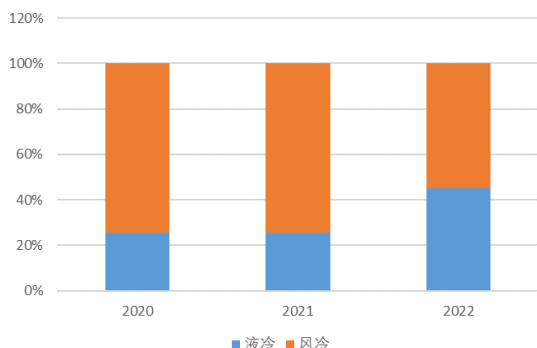
项目	液冷		风冷	
制冷量	3000	W	3000	W
内循环	50	L/min	850	m ³ /h
制冷功耗	1870	W	1200	W
比热容	3.7	J/g·K	1	J/g·K
密度	1.125	g/cm ³	1.2	kg/m ³
冷却介质温差	5	°C	10	°C
每小时换热能力	62437500	J	10200000	J

资料来源：热管理行家，五矿证券研究所（备注：以相同制冷 3kW 为例）

成本上，储能液冷相比风冷贵，基于对性能上寿命的提升效果，产业界已从风冷转变为液冷方案，当前液冷系统在大容量系统中已经成为主流。从成本上看，根据相关数据，液冷系统约 1 亿元/GWh，风冷约 0.3 亿元/GWh。以科华数能 S3 液冷储能系统为例，相较于风冷系统，散热功耗降低超过 30%，LCOS 可降低 15%。从液冷成本构成上看，主要包括液冷主机、液冷板等，伴随着规模化，未来液冷系统成本或将继续有下行空间。**2022 年液冷约为 45%渗透率，目前液冷基本成为主流产品标配。**

总的看，未来液冷系统能效的继续提升和成本的下行有望带动储能电池日历寿命的继续提升。

图表 25：中国储能温控系统分产品结构变化图



资料来源：储能领跑者联盟，五矿证券研究所

图表 26：典型工商业储能液冷和风冷成本对比

液冷系统			风冷系统		
项目	成本	要求	项目	成本	要求
水冷板	6000¥	开模费大于300万，开模费分摊	风道	500¥	钣金加工，简单
管道系统	2500¥	2级管路，5个液冷PACK预估	风扇	0-450¥	有些模组不需要风扇
水冷空调	13000¥	3kW水冷空调	风冷空调	5000¥	3kW风冷空调
IP防护等级	500¥	IP66，对应防水，防爆成本	IP防护等级	0	IP20
合计约	22000¥		合计约	5500¥	
总成本约占	0.1	元/Wh	总成本约占	0.026	元/Wh

资料来源：艾邦储能与充电，五矿证券研究所

备注：以 215kwh 工商业储能柜为例

卡点三：BMS

BMS 被称为电池系统的大脑和神经系统，主要功能是评估充电状态（SOC）、容量、功能状态（SOF）和健康状态（SOH）等。作为电池管理的核心影响着日历寿命，这往往依赖于对衰减机理的探究后的算法拟合。BMS 等系统本质上是依赖于此前对衰减机理的探究，不同的电池企业 BMS 程序参数有所不同。在新能源车领域，特斯拉也凭借优秀的 BMS 水平形成较高的电池的管理能力，从而增强其竞争力。

从国家标准上看，2023 版国标《电力储能用电池管理系统》（GB/T 34131-2023）在 2023 年 10 月 1 日正式实施，相比 2017 版本，对电流、电压、温度的采集误差和采样周期进行了“精细化”和“科学化”的规定。此外，新国标将 BMS 的运行环境温度由 0-45℃修订为-20-65℃；SOE 最大允许误差由 8%修订为 5%；平均无故障工作时间由不少于 40000h 修订为不少于 20000h，运行寿命不低于 10 年。考虑到该国标为推荐标准，其规定的技术参数也有较大的产业化意义。

总的看，伴随着算法模型等的逐步完善，有望带动 BMS 精度持续提升，更贴合电池的实际衰减机理，延缓其衰减，促进电池日历寿命提升，最终达到推动储能电站经济性的快速到来。

图表 27：2023 版《电力储能用电池管理系统》国标相比 2017 年版本进步明显

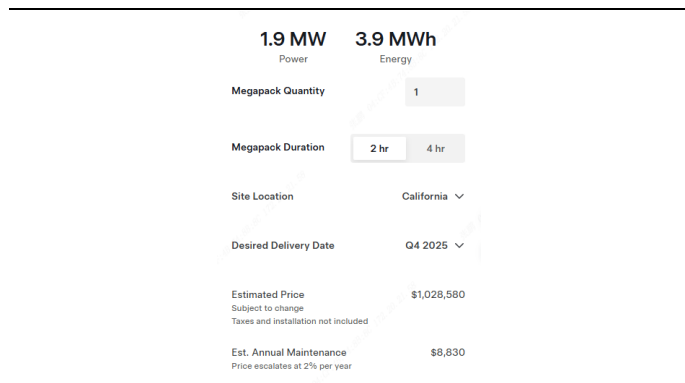
参数		新国标		旧国标	
		采集误差	采样周期	采集误差	采样周期
电池单体电压	< 5	≤0.005	≤100ms	≤ 0.3%	≤200ms
	5-15	≤0.2%			
电池簇电压/V	< 500	≤5	≤100ms	\	\
	≥500	≤1%			
电池簇电流/A	< 200	≤2	≤50ms	≤ 0.2%	≤50ms
	≥200	≤1%			
电池单体温度/℃	-20-65	≤1	≤1s	≤ 2	≤5s
电池模块正负级端子温度	-40 ≤ T < -20, -65 < T < 125	≤2			

资料来源：储能网、五矿证券研究所

三、国内储能电池日历寿命或逐步迈入 15 年关口

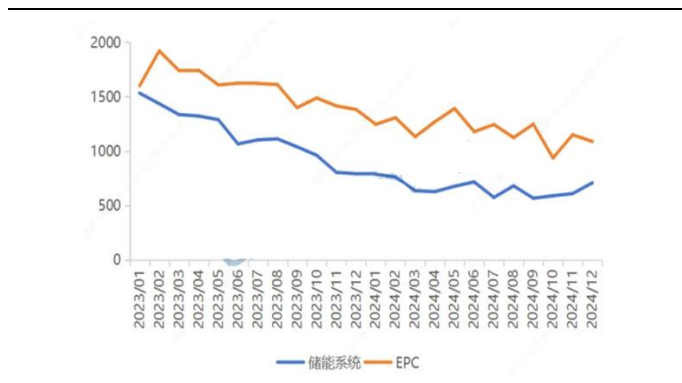
特斯拉储能系统 Megapack 日历寿命质保 20 年，但价格是国内的数倍。特斯拉旗下的储能系统全球出货位居前列，其产品有 20 年的质保时间；对比的是国内的产品往往只 5-10 年质保。从性能上看，Megapack 可通过 OTA 空中软件更新，持续优化功能。从价格上看，特斯拉 2025 年 2 月份 2 小时 Megapack 储能系统折算人民币约为 1.97 元/Wh，相比之下，2024 年国内储能系统的集采价格已经降至 0.5 元/Wh。

图表 28：特斯拉的 Megapack 产品价格



资料来源：特斯拉、五矿证券研究所

图表 29：国内储能系统和 EPC 中标均价数据（元/kWh）



资料来源：中关村储能产业技术联盟、五矿证券研究所

国内储能电池日历寿命的提升拐点逐步有望逐步来临，从而带动储能电站经济性的提升。

一、从产品力角度，类似的动力电池日历寿命基本满足 8 年要求。

动力电池日常倍率要比储能低，其日历寿命相比储能难度低，动力电池较早达到 8 年以上日历寿命的质保（我们预计实际情况更高）。新能源车一次充放电往往代表 400km 以上续航，是一周以上的使用时间，储能电站往往一天完成一次充放电，实际的倍率高于新能源车。因此新能源车电池日历寿命衰先提升，且有较高时间的质保。国内《关于 2016-2020 年新能源汽车推广应用财政支持政策的通知》上，也提出新能源汽车生产企业应对消费者提供动力电池等储能装置、驱动电机、电机控制器质量保证，其中乘用车生产企业应提供不低于 8 年或 12 万公里（以先到者为准，下同）的质保期限。特斯拉 2023 年公布的报告显示，行驶约 20 万英里后，model 3 和 model y 电池性能下降约 15%，我们预计其动力电池日历寿命指标较为优异。

国内企业动力电池厂商也有类似高日历寿命产品的推出。

- 1) 蔚来：2024 年 3 月，蔚来和宁德时代合作，推出 15 年长寿命动力电池解决方案。拟通过正极、负极、电解液等的改性以及温度等的控制，实现 15 年健康度不低于 85%的目标。
- 2) 宁德时代：2024 年 9 月，公司发布客车版的商用电池产品，该电池的能力密度达到 175Wh/kg，电池寿命可达 15 年 150 万公里。

图表 30：特斯拉 model3 后轮驱动版动力电池有 8 年/16 万公里的质保

电池与驱动单元有限质量保证	
电池与驱动单元的质保期按照以下期限和条件执行：	
Model S Model X	8 年或 24 万公里（以先到者为准），且特斯拉保证质保期内电池保有最低 70% 的电池容量。（购买于 2020 年 1 月 31 日之前的 Model S 和 Model X 受购买日期时适用有效的电池和驱动单元有限质量保证条款的约束。）
Model 3 后轮驱动版 Model Y 后轮驱动版 焕新 Model Y 后轮驱动首发版 焕新 Model Y 后轮驱动版	8 年或 16 万公里（以先到者为准），且特斯拉保证质保期内电池保有最低 70% 的电池容量。
Model 3 长续航版 Model 3 高性能版 焕新 Model Y 长续航全轮驱动首发版 焕新 Model Y 长续航全轮驱动版 Model Y 长续航版 Model Y 高性能版	8 年或 19.2 万公里（以先到者为准），且特斯拉保证质保期内电池保有最低 70% 的电池容量。

资料来源：特斯拉、五矿证券研究所

图表 31：蔚来汽车长寿命动力电池解决方案

蔚来长寿命电池解决方案		
	本征研发	运营创新
日历寿命	正极材料：低金属溶出结构设计 负极材料：介孔结构及包覆层纳米级优化 电解液：自研 HPSE 电解液	温度：电池温床 恒温热管理技术 强度：自研车云结合电池包保养算法
循环寿命	正极材料：多元素分子级调控 负极材料：自适应应力释放设计 电解液：自研 HPSE 电解液	频度：里程应力均衡换电策略 强度：自适应充电调控算法

资料来源：蔚来、五矿证券研究所

二、国内逐渐出现高日历寿命储能电池产品

2025 年 6 月，宁德时代长日历寿命 587Ah 天恒储能系统产品量产，其产品后续的规模生产有望带动日历寿命的提升。以宁德时代为例，通过材料和 BMS 综合方案提升电池日历寿命。

1) 从产品上，2024 年 4 月份宁德时代发布天恒储能系统，达到 15000 次以上实验室寿命，实现 5 年零衰减，相比 2020 年相关产品的 3 年零衰减进步明显。

2) 在 BMS 上，2025 年 4 月发布了智慧储能管理平台“天恒·智储”，利用先进 AI 与机理融合算法，能实现故障提前 7 天预警，算法准确率 $\geq 99.99\%$ 。

3) 从量产进度上，2025 年 6 月实现集成了最新 BMS 的天恒系统的 587Ah 大容量电芯的量产。该电芯通过系统集成优化与制造工艺革新，使全生命周期投资回报率较上一代产品提升了 5%。

图表 32：宁德时代提升电池日历寿命的手段

技术手段	内容
低耗锂技术	负极材料的表面和结构，减少电芯在使用中活性锂离子的消耗
FIC 技术	正极电极采用了自钝化膜技术，在存储时冬眠，不参与化学反应
仿生自修复电解液技术	逆转固体电解质界面 (SEI) 膜内的一些劣化现象，根据电芯不同生命周期的成膜需求，自适应补充生成对应的 SEI 保护膜
BMS	优化 BMS 算法，预测电芯寿命

资料来源：宁德时代、CITL 时代智慧、五矿证券研究所

图表 33：电池企业陆续发布长寿命的电池产品

企业	发布时间	技术参数
宁德时代	2020 年	储能：3 年零衰减，循环寿命 12000 次，
宁德时代	2024 年 4 月份	储能：5 年零衰减
宁德时代	2024 年 9 月份	客车：电池寿命可达 15 年 150 万公里
蔚来汽车	2024 年 3 月份	新能源车：拟实现动力电池使用 15 年，达到 85%健康度

资料来源：证券日报、宁德时代、界面新闻、CITL 时代智慧、蔚来、五矿证券研究

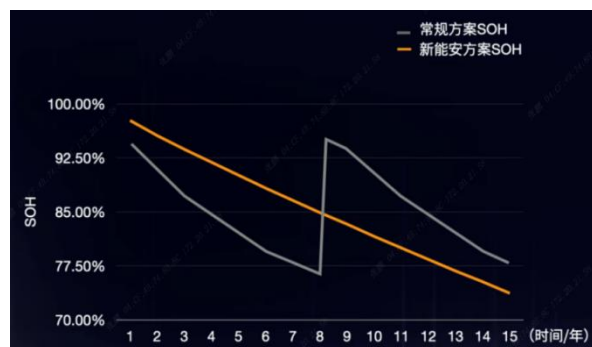
宁德时代和 ATL 合资的新能安 2025 年推出工商业储能产品方案，承诺 15 年日历寿命，已实现较大进步。2025 年 4 月，新能安发布工商业储能解决方案 UniC AG300-150，其昆仑 302Ah 长循环电芯，通过化学体系优化、电解液调节、SEM 动态优化实现了电芯循环 15000 次，SOH 保持在 70%以上，系统寿命长达 15 年。我们预计伴随着新产品规模化，有望显著提升储能电站的 IRR 等经济性指标。

图表 34：新能安的工商业储能产品日历寿命宣传为 20 年



资料来源：新能安官网、五矿证券研究所

图表 35：新能安昆仑电池在 15 年两充两放后能保证 70%以上可用容量



资料来源：碳索储能、五矿证券研究所

结论

一、电池日历寿命是决定储能电池实际寿命的核心指标。电池衰减的阻断和减弱是日历寿命提升的关键，从机理上看，电池衰减有 LAM（活性材料损失）、LLI（锂损失）、LE（电解液）和 RI（电阻）等四大原因，产业界的方案均围绕这几个方面优化。

二、我们认为日历寿命的提升主要有补锂剂等材料、液冷系统、BMS 等三大卡点。其中补锂成为改善电池衰减第一阶段重点，液冷系统、BMS 等往往综合改进第二和第三阶段衰减。由于衰减机理影响因素多且复杂，实际中的产业方案往往多重方案并行。

三、国内储能电池日历寿命的提升拐点逐步有望逐步来临，高日历寿命产品在 2025 年陆续量产，我们预计逐步迈入 15 年日历寿命。从产品力角度，类似的动力电池日历寿命基本满足 8 年要求。特斯拉旗下的储能系统 20 年的质保时间，目前国内开始出现高日历寿命储能电池产品。新能安 2025 年推出工商业储能方案，承诺 15 年的日历寿命。

从投资机会角度，建议关注补锂剂、液冷系统、电池 BMS、储能电池等板块相关机会。

风险提示

- 1、补锂剂降本不及预期
- 2、液冷系统降本和性能提升不及预期
- 3、电池 BMS 技术迭代不及预期

分析师声明

作者在中国证券业协会登记为证券投资咨询(分析师)，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。作者保证：(i) 本报告所采用的数据均来自合规渠道；(ii) 本报告分析逻辑基于作者的职业理解，并清晰准确地反映了作者的研究观点；(iii) 本报告结论不受任何第三方的授意或影响；(iv) 不存在任何利益冲突；(v) 英文版翻译若与中文版有所歧义，以中文版报告为准；特此声明。

投资评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后 6 到 12 个月内的相对市场表现，也即以报告发布日后的 6 到 12 个月内的公司股价(或行业指数) 相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A 股市场以沪深 300 指数为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。	股票评级	买入	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在 20%及以上；
		增持	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于 5% ~ 20%之间；
		持有	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于-10% ~ 5%之间；
		卖出	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在-10%及以下；
		无评级	预期对于个股未来 6 个月市场表现与基准指数相比无明确观点。
	行业评级	看好	预期行业整体回报高于基准指数整体水平 10%以上；
		中性	预期行业整体回报介于基准指数整体水平-10% ~ 10%之间；
		看淡	预期行业整体回报低于基准指数整体水平-10%以下。

一般声明

五矿证券有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本公司不会因接收人收到本报告即视其为客户，本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。本报告的版权仅为本公司所有，未经本公司书面许可，任何机构和个人不得以任何形式对本研究报告的任何部分以任何方式制作任何形式的翻版、复制或再次分发给任何其他人。如引用须联络五矿证券研究所获得许可后，再注明出处为五矿证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的删节和修改。在刊载或者转发本证券研究报告或者摘要的同时，也应注明本报告的发布人和发布日期及提示使用证券研究报告的风险。若未经授权刊载或者转发本报告的，本公司将保留向其追究法律责任的权利。若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入或将产生波动；在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告；本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本报告的作者是基于独立、客观、公正和审慎的原则制作本研究报告。本报告的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本公司已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。在任何情况下，报告中的信息或意见不构成对任何人的投资建议，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。本公司及作者在自身所知情范围内，与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

五矿证券版权所有。保留一切权利。

特别声明

在法律许可的情况下，五矿证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到五矿证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

联系我们

上海	深圳	北京
地址：上海市浦东新区陆家嘴街道富城路 99 号 震旦国际大厦 30 楼 邮编：200120	地址：深圳市南山区滨海大道 3165 号五矿金融大厦 23 层 邮编：518035	地址：北京市东城区朝阳门北大街 3 号五矿广场 C 座 3F 邮编：100010

Analyst Certification

The research analyst is primarily responsible for the content of this report, in whole or in part. The analyst has the Securities Investment Advisory Certification granted by the Securities Association of China. Besides, the analyst independently and objectively issues this report holding a diligent attitude. We hereby declare that (1) all the data used herein is gathered from legitimate sources; (2) the research is based on analyst's professional understanding, and accurately reflects his/her views; (3) the analyst has not been placed under any undue influence or intervention from a third party in compiling this report; (4) there is no conflict of interest; (5) in case of ambiguity due to the translation of the report, the original version in Chinese shall prevail.

Investment Rating Definitions

The rating criteria of investment recommendations The ratings contained herein are classified into company ratings and sector ratings (unless otherwise stated). The rating criteria is the relative market performance between 6 and 12 months after the report's date of issue, i.e. based on the range of rise and fall of the company's stock price (or industry index) compared to the benchmark index. Specifically, the CSI 300 Index is the benchmark index of the A-share market. The Hang Seng Index is the benchmark index of the HK market. The NASDAQ Composite Index or the S&P 500 Index is the benchmark index of the U.S. market.	Ratings		Definitions
	Company Ratings	BUY	Stock return is expected to outperform the benchmark index by more than 20%;
		ACCUMULATE	Stock relative performance is expected to range between 5% and 20%;
		HOLD	Stock relative performance is expected to range between -10% and 5%;
		SELL	Stock return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%;
		NOT RATED	No clear view of the stock relative performance over the next 6 months.
	Sector Ratings	POSITIVE	Overall sector return is expected to outperform the benchmark index by more than 10%;
		NEUTRAL	Overall sector expected relative performance ranges between -10% and 10%;
		CAUTIOUS	Overall sector return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%.

General Disclaimer

Minmetals Securities Co., Ltd. (or "the company") is licensed to carry on securities investment advisory business by the China Securities Regulatory Commission. The Company will not deem any person as its client notwithstanding his/her receipt of this report. The report is issued only under permit of relevant laws and regulations, solely for the purpose of providing information. The report should not be used or considered as an offer or the solicitation of an offer to sell, buy or subscribe for securities or other financial instruments. The information presented in the report is under the copyright of the company. Without the written permission of the company, none of the institutions or individuals shall duplicate, copy, or redistribute any part of this report, in any form, to any other institutions or individuals. The party who quotes the report should contact the company directly to request permission, specify the source as Equity Research Department of Minmetals Securities, and should not make any change to the information in a manner contrary to the original intention. The party who re-publishes or forwards the research report or part of the report shall indicate the issuer, the date of issue, and the risk of using the report. Otherwise, the company will reserve its right to taking legal action. If any other institution (or "this institution") redistributes this report, this institution will be solely responsible for its redistribution. The information, opinions, and inferences herein only reflect the judgment of the company on the date of issue. Prices, values as well as the returns of securities or the underlying assets herein may fluctuate. At different periods, the company may issue reports with inconsistent information, opinions, and inferences, and does not guarantee the information contained herein is kept up to date. Meanwhile, the information contained herein is subject to change without any prior notice. Investors should pay attention to the updates or modifications. The analyst wrote the report based on principles of independence, objectivity, fairness, and prudence. Information contained herein was obtained from publicly available sources. However, the company makes no warranty of accuracy or completeness of information, and does not guarantee the information and recommendations contained do not change. The company strives to be objective and fair in the report's content. However, opinions, conclusions, and recommendations herein are only for reference, and do not contain any certain judgments about the changes in the stock price or the market. Under no circumstance shall the information contained or opinions expressed herein form investment recommendations to anyone. The company or analysts have no responsibility for any investment decision based on this report. Neither the company, nor its employees, or affiliates shall guarantee any certain return, share any profits with investors, and be liable to any investors for any losses caused by use of the content herein. The company and its analysts, to the extent of their awareness, have no conflict of interest which is required to be disclosed, or taken restrictive or silent measures by the laws with the stock evaluated or recommended in this report.

Minmetals Securities Co. Ltd. 2019. All rights reserved.

Special Disclaimer

Permitted by laws, Minmetals Securities Co., Ltd. may hold and trade the securities of companies mentioned herein, and may provide or seek to provide investment banking, financial consulting, financial products, and other financial services for these companies. Therefore, investors should be aware that Minmetals Securities Co., Ltd. or other related parties may have potential conflicts of interest which may affect the objectivity of the report. Investors should not make investment decisions solely based on this report.

Contact us

Shanghai

Address: 30/F, Zhendan International Building, No.99 Fucheng Road, Lujiazui Street, Pudong New District, Shanghai
Postcode: 200120

Shenzhen

Address: 23F, Minmetals Financial Center, 3165 Binhai Avenue, Nanshan District, Shenzhen
Postcode: 518035

Beijing

Address: 3/F, Tower C, Minmetals Plaza, No.3 Chaoyangmen North Street, Dongcheng District, Beijing
Postcode: 100010