



关键电力应用中的 储能总拥有成本对比



简介

随着越来越多的事物实现电气化和互联，确保清洁、高质量的电源变得越来越重要。这在关键电力应用（如数据中心、医疗保健、公共聚集区和工业设施）中尤其重要。尽管在大多数区域或地区，电网恢复能力并不是常见或日常问题，但也无法得到保证（参见伊顿的[停电追踪系统](#)）。随着分布式发电能源（DER）的不断增长，电网的压力也越来越大，这可能增加掉电到完全断电的风险。同样，这些电源质量问题的不利影响也随之增大。备用电源系统（如不间断电源（UPS））是非常关键的系统，为避免电源质量问题造成潜在的灾难和昂贵的损失，需要将其集成到这些关键应用中。几十年来，标准阀控铅酸（VRLA）或（AGM）玻璃纤维硫酸水溶液胶体电池技术是 UPS 系统唯一可行的储能选项。但是，它们也有许多缺点，包括运营开支（OpEx）方面不具吸引力。幸运的是，与传统的 UPS 储能解决方案相比，一些最新的储能技术终于能够提供增强的性能与经济可行性。但是，在面向短期备用应用的最佳储能技术中，有一项非常新、具有竞争力且仍未普及的技术，即超级电容。

本白皮书将讨论 UPS 应用中当前 VRLA 铅酸电池、锂离子电池（Li-ion）、飞轮和超级电容技术的实际资本支出（CapEx）与运营成本（OpEx）前景。此外，本文还对储能技术的额外成本和考虑因素进行了深入分析，这些方面有时难以量化，但在做决策时至关重要，因为这些决策关系到承运人、操作人员、电气系统和宝贵数据的安全性。



Powering Business Worldwide

备用储能技术的考虑因素

备用储能的概念可能很容易理解，围绕设计、尺寸和选择存储技术的性能参数与特定应用的问题也都很简单。对于 UPS 储能技术，也有各种关键考虑因素。由于储能技术存在各种性能因素，因此确定确切的技术和系统容量需要深入了解系统的要求。此外，每种储能技术也具有一系列独特的优势和缺陷，这些缺陷通常会表现在对系统的资本支出或运营成本的影响上面。

关键的应急储能参数：

- 功率密度或比功率（以 kW/L 表示的放电率）
- 持续充电（固定电压下的 kW 或 A）
- 能量密度或比能 (kWh/L)
- 工作温度
- 往返循环能量效率
- 待机 / 休眠能量效率
- 放电响应时间
- 运营生命周期
- 可靠性
- 占位面积
- 地板加固装置重量和 / 或运输成本
- 系统、组件和配件的初期成本（资本支出）
- 维护、维修、冷却等的持续成本（运营支出）

有一点需要注意，与许多其他储能应用（如电动汽车、电网存储或可再生能源存储）不同，备用储能应用更看重功率密度而不是能量密度。这些关键电力应用通常依赖于储能，在断电后或低阈值电压状态下立即提供电力，直至长期备用电源（传统发电机、天然气涡轮机或氢燃料电池）投入使用。仅使用电池、超级电容或飞轮连续几天支持 kW 或 MW 级负载并不现实。因此，UPS 系统的备用电源放电通常仅需要几秒到几十秒，而不是像其他储能应用那样需要几分钟到几小时。另外，每年通常仅使用几次 UPS 系统（放电），而不是每天或每周都要使用，因此对于 UPS 应用案例，用循环计数测量储能生命周期可能会造成误导且不准确。此外，可靠性与性能的重要性成为了储能更关键的因素。

目前，随着供应商和客户越来越多地采用 VRLA 以外的其他储能技术，UPS 储能市场处于动态变化中。这一趋势的主要原因为 VRLA 电池的功率密度通常远低于最新的替代存储技术，这意味着采用 VRLA 的 UPS 需要更多 VRLA 电池才能达到所需的放电功率，这会导致更高的前期成本。此外，由于现代化发电机能够在不到 15 秒的时间内启动并支持负载，所需的备份时间也在缩短。此外，VRLA 电池对环境的危害臭名昭著，也是最笨重的储能技术之一。最后，VRLA 和 AGM 电池通常每隔三年到七年需要更换一次（取决于环境温度），尽管通常比更换锂离子电池更便宜，但这增加了更换电池的持续成本投入。

截至到 2018 年，VRLA 技术的市场份额仍超过大型 UPS 市场的 50%，但是最近，由于飞轮、锂离子电池和现在的超级电容等领先替代技术的市场份额不断增加，这项技术的市场份额在不断缩小。这三大替代性技术实现了功率密度、能量密度、能量效率、响应时间、使用寿命、充电率、温度范围和现代化储能技术的其他关键因素之间的更好平衡。但是，锂离子电池和飞轮技术也具有超级电容不存在的几个缺点和其他考虑因素，这些因素最终会使资本支出和运营支出的天平向有利于超级电容的方向倾斜。

在继续讨论资本支出、运营支出和其他考虑因素之前，我们要特别说一下燃料电池、涡轮机和发电机。通常，这些技术是整个应急电力系统的一部分，但是，由于启动时间较长（从几秒到几乎一分钟），这些技术不适合 UPS 应用中的短期、桥接式储能应用，而是更适合作为长期能源供应。此外，发电机和燃料电池需要存储燃料，通常认为，最好将其放在通风良好而不会占用宝贵的室内地板空间的建筑物外部。

储能技术的各种初始资本支出 (CapEx)

从资本支出的角度，VRLA 仍很有吸引力，因为这是一项前期成本最低的储能技术。但是，如果深入调查总拥有成本、对初始电池系统的扩展成本以及 VRLA 电池的额外占地面积的机会成本，情况就会与其他解决方案不同。前面提到的三种储能技术的前期成本都高于 VRLA UPS 系统，但它们都不需要同等程度的电池更换成本，也没有 VRLA 系统典型的扩展成本。因此，对于相同的功率密度，VRLA 系统的成本效益低于锂离子电池、飞轮或超级电容。

表 1：伊顿 UPS 储能柜比较

规格	单位	超级电容（20 个单元）	超级电容（30 个单元）	锂离子电池	飞轮
电压范围	Vdc	570 至 360	570 至 360	538 至 410	520 至 400
温度范围	°C	- 40 至 + 65	- 40 至 + 65	+ 18 至 + 28	- 10 至 + 40
最大功率	kW	300	300	150	300
能源存储	kWh	1.39	2.09	32.6	1.67
设计寿命	年数	20	20	15	20
充电率	安培	150	150	22	15 至 50
尺寸（宽 x 深 x 高）	in	24.2 x 33.5 x 84	31.2 x 33.5 x 84	25.6 x 23.6 x 90	30.0 x 30.0 x 73.7
重量	kg	550	750	550	760

*+ 28 °C 通常是达到设计寿命而规定的标称工作温度。

安装 UPS 系统的另一个资本支出方面为尺寸、重量、附加附件 / 组件和额外的空调系统系统容量成本。对于飞轮，这些系统需要各种大量昂贵的选配件，以确保长期可靠地运行。由于飞轮的机械性质，它们也需要定期维护，这可能属于购买时维护合同费用的涵盖范围，或更典型的情况，随着时间的推移，以年度维护合同的形式实现。为了存储足够的动能，飞轮也必须又大又重，这通常会导致更高的前期运输与货运成本。

换一个角度，锂离子电池系统对温度变化非常敏感，在放电与充电期间可能产生大量热能。为了使锂离子电池 UPS 实现最佳性能，可能需要在设施和机柜中安装额外的空调系统，以确保锂离子电池维持安全高效的工作温度。由于热失控风险，使用锂离子电池 UPS 时可能需要额外的防火安全及预防措施。在某些应用中（如空调系统系统不足的医疗保健、公共聚集区和工业环境中），锂离子电池 UPS 可能行不通或因成本过高而无法维持足够的安全约束。

基于超级电容的 UPS 在一个相对小而轻的封装中提供高功率密度，通常不需要任何额外的配件 / 组件。超级电容的内部电阻远低于锂离子电池，在放电或充电期间产生的热能更低。静电性质与所使用的环境安全材料也允许更长的使用寿命，而几乎无需维护且处置成本低。

运营开支 (OpEx) 也各不相同

前期成本并非 UPS 储能技术中唯一重要的因素。其他因素包括维护、冷却成本、计划外停机、电池更换、停机、故障风险和占用空间。在这些方面，相比超级电容，飞轮和锂离子电池需要额外的成本。

飞轮需要定期维护和维修才能正常运转，这会产生计划停机和专家人力成本。此外，在给定的功率输出下，整套飞轮系统的大尺寸会占据潜在的创收空间，如用于数据中心或工业设施的空间。尽管不太容易想到，但如果大量部署的话，飞轮的高速度和潜在故障风险可能会产生额外的运营支出。尽管单个系统发生故障的几率可能很低，但如果是许多系统，这一几率就可能超过值得关注的阈值，需要将其纳入运营支出分析中。

用于使电池保持最佳温度的空调系统和电池管理系统也会使锂离子电池 UPS 产生运营支出成本。锂离子电池 UPS 的运营支出成本取决于机柜 / 房间内温度与锂离子电池所需运行温度之间的差异。由于待机和循环能量效率较低，空调系统可能需要处理更多热能。此外，鉴于高温对寿命的影响和锂离子电池的热失控风险，需要将环境温度维持在非常明确的范围内。这可能导致更高的冷却成本。因此，锂离子电池 UPS 在运行期间必须维持在留出足够冗余量的温度下，以防止过高和甚至可能是灾难性的锂离子电池温度。

工作温度因素将影响运营成本和资本支出。ASHRE（美国暖通和空调工程师协会）指出，温度升高 5 °C 可将冷却成本降低 50%，但也需要空调系统设备，以将升温维持在 50%。选择在更高温度下运行的储能技术可显著降低资本支出与运营支出。

超级电容在其寿命期内不需要任何额外的成本或维护，是适用于 UPS 应用的功率密度最大的储能解决方案之一。此外，超级电容使用寿命长、故障率和长期容量损失极低。超级电容几乎无运营支出成本。

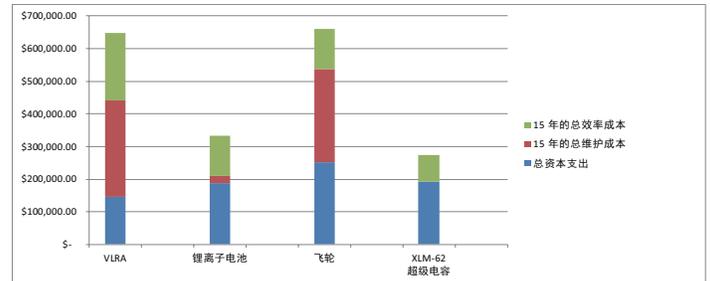


图 1

用于支持 600 kVA UPS（至少具有 30 秒的备用时间）的不同储能技术的 15 年寿命期总资本支出和运营支出成本对比

结论

几十年来，基于 VRLA 电池的 UPS 一直作为备用电源系统，用于确保关键电子和电气系统不会因意外断电而受损。但是，与传统的 VRLA 电池相比，现在有多种可行的储能技术正在缩小初始成本与运营成本之间的差距。在这些最新的解决方案中，超级电容具有可靠的 UPS 性能、资本支出和运营支出的组合优势，而不存在锂离子电池和飞轮解决方案的风险因素和故障模式。以前，超级电容可能很容易被忽略，而选择其他替代产品，但对总拥有成本和其他考虑因素的详细分析表明，在备用电源和峰值功率抑制应用中集成超级电容具有一些重要优势。

伊顿
电子事业部
中国上海市长宁区
临虹路 280 弄 3 号
电话：(86) 21 52000099
Eaton.com.cn/electronics

© 2019 Eaton
保留所有权利
美国印刷
出版物编号：10868 BU-MC19004
2019 年 1 月

伊顿为注册商标。

所有其他商标均为其各自所有者的财产。

关注我们的社交媒体，了解最新的产品和支持信息。

