

维谛技术白皮书

中小功率不间断电源 (UPS) 使用锂离子电池 作为备用电源的优势

企业分支机构和中小机房用户
如何从锂离子电池系统的应用中获益

概述

锂离子电池是海量消费电子设备（如智能手机等）的常见电源。此项技术也正不断被用于不间断电源，用来确保数据中心关键任务基础设施正常运行时间。对于希望部署分布式计算和边缘网络的公司来说，锂离子电池非常适合用于偏远地区的 IT 部署。锂离子电池比铅酸电池性能更可靠，维护量较少，功率密度更高。锂离子电池的寿命是铅酸电池的 2-3 倍，因此电池更换少，劳动力成本低。锂离子电池还具有电池监测系统和其他有助于确保电池安全运行的功能。虽然锂离子电池的初始成本仍然高于铅酸电池，但这种成本差异正在缩小。锂离子电池现在可以在短短 5 年内提供比铅酸电池更低的总拥有成本。据估计，在不间断电源的典型使用寿命内，锂离子电池系统可节省 40% 或更多的总拥有成本。

简介

如果贵公司需要建立本地化的 IT 资源，您可能会考虑在远程位置投资和部署多个 IT 覆盖区，作为分布式计算或边缘网络的一部分。例如，如果您是一家银行、金融或零售公司，您可能希望在分支机构或商店地点部署 IT 系统。如果您是一家教育或医疗保健组织，您可能希望在广泛的地理范围内的几个大学或医院中部署 IT 系统。如果您是一家工业公司，您可能希望在多个制造工厂建立边缘计算基础设施。

用于承载这些本地化 IT 系统的场所包括各类分支机构、小机房和 IDF 等。通常，这些节点依赖中小不间断电源为其 IT 基础设施供电，而非为大型设施供电的三相不间断电源。与大功率 UPS 一样，中小不间断电源系统也需要可靠的备用电源。使用的电池系统应在不间断

电源必须向负载提供备用电源的关键时刻能够正常运行。

在本白皮书中，我们将了解锂离子电池如何用于支持各类边缘数据中心的中小 UPS 系统。

一项获得诺贝尔奖的技术

2019 年 11 月 9 日，瑞典皇家科学院将诺贝尔化学奖授予了三名科学家，他们在上世纪七八十年代的研究推动了当今锂离子电池的发展。前两位获奖者，美国的 M·斯坦利·惠廷厄姆和约翰·B·古迪纳夫，开发了锂离子电池中应用的最初化学成分；第三位发明者是日本的吉野彰，他发明了第一款商用可充电锂离子电池，1991 年索尼将这款电池用在了其生产的手持式摄像机中。

通过这些科学家的贡献，使得锂离子电池现在在日常消费产品中很常见，为从手机、笔记本电脑、电动工具到混合动力汽车和自动驾驶汽车等各种产品提供动力。锂离子电池还可以作为电网的备用资源，目前正用作太阳能电池板和风力涡轮机等无碳能源的储能解决方案。在过去的五年里，制造商开发了专门为数据中心不间断电源应用设计的锂离子电池解决方案。

不间断电源电池的用途

大型数据中心的电池系统是一个重要的应对故障的设备。如果断电，在数据中心切换到辅助电源（如备用电源或发电机）的几分钟的运行时间内，电池组将持续为不间断电源供电。

但在边缘数据中心中, 电池的功能可能略有不同。在许多情况下, 电池系统是设施的辅助电源。如果断电, 电池可能会为不间断电源提供30 分钟或更长时间的备用电源。在没有备用电源的情况下, 这些远程站点依靠不间断电源电池储存的能量供电直至公用设施恢复, 或者在电池供电的这段时间内让 IT 管理员将虚拟 IT 环境迁移到稳定的站点, 或让操作系统对连接的设备进行自动控制断电。

电池系统在大型数据中心和边缘数据中心的用途都是一样的。电池通过保持 IT 基础设施的运行, 有助于确保正常运行时间。因此, 大型或边缘数据中心都必须具有可靠的电池系统, 以确保不间断电源的持续运行和IT 设备的持续可用性。

铅酸电池的缺点

直到现在, 铅酸电池都是不间断电源应用中储存能量的首选来源。数据中心最常用的电池类型是阀控式铅酸蓄电池。

但铅酸电池也有缺点, 在数据中心使用风险大, 成本高。大多数数据中心所有者和工程师都表示, 铅酸电池是他们配电链路中最薄弱的一环。在最需要它们的时候, 它们也最有可能发生故障。

在中大型数据中心中部署和管理铅酸电池已经足够困难, 而当阀控式铅酸电池用于边缘数据中心时, 甚至会产生一系列新的问题, 造成使用困难及成本增加。包括:

性能不可靠

不间断电源由一组铅酸电池供电, 任何一个电池单元都可能导致故障。即便只有一个电池故障, 数据中心的整个不间断电源系统都会崩溃。

波耐蒙研究所 2013 年的一项研究发现, 55%的计划外数据中心停机和三分之一的不间断电源系统故障由阀控式铅酸电池故障引起。(注: 虽然这项研究侧重于传统数据中心, 但我们在边缘数据中心应用中看到了非常相似的停机特征。

计划外停机的根本原因

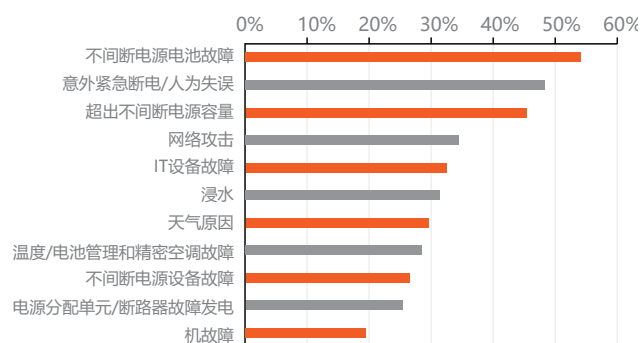


图 1: 超过 50% 的计划外停机由电池故障引起 (2013 年波耐蒙研究报告)

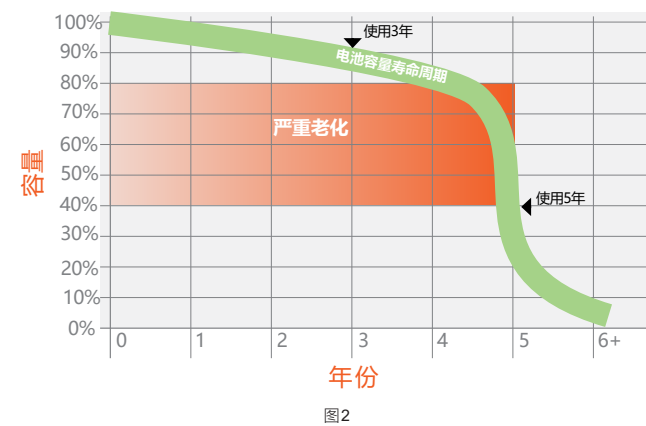
寿命短

铅酸电池必须每3-5年更换一次。其使用寿命取决于电池放电和充电的频率。但是诸如过度充电、频繁的放电循环、电池接线柱变形、连接松动以及设施内的环境温度升高等因素也会缩短电池的使用寿命。

电池容量达到80%则处于寿命末期 (EOL)。此时, 性能通常会加速下降, 电池不能提供充分的电压。

电池容量达到80%则处于寿命末期 (EOL)。此时, 性能通常会加速下降, 电池不能提供充分的电压。

一段时间内典型阀控式铅酸电池的电池容量



如图2所示, 使用三年后, 阀控式铅酸电池的容量开始下降。使用五年后, 这一降幅会变得更大。旧电池可能容易出现“猝死综合症”, 即电池一天工作正常, 但第二天就可能无法提供足够的电力, 导致不间断电源故障和数据中心停机。

电池更换带来的不便

较短的使用寿命加上潜在的故障意味着铅酸电池必须每3-5年更换一次, 或者在不间断电源的10年寿命内更换2-3次。预防性维护被广泛用于根据电池使用的时间来替换整个电池系统。数据中心所有者和工程师在部署大量阀控式铅酸电池的情况下, 就需要面对长期频繁更换电池的困境。

持续的更换成本和人工费用增加了电池系统的总拥有成本。若在多个偏远地区使用铅酸电池, 这些费用会进一步增加。通常情况下, 要将新电池发送到远程设施以及派遣维护人员进行安装时, 必须考虑行程时间、运送和运输的额外成本。

尺寸和重量

铅酸电池会占用本来可用于放置IT基础设施的宝贵空间。这在任何IT环境中都是一个问题, 尤其是在小型边缘计算数据中心中, 如服务器机房、网络机房和集装箱机房, IT服务器的空间更加有限。此外, 铅酸电池重量大, 很难移动, 这增加了在远程设施中安装或更换电池的劳动时间和成本。

温度敏感性

即使电池没有进行充放电循环, 电池的使用寿命也会受到电池工作温度的较大影响。要保证铅酸电池3-5年的寿命, 必须将室温控制在77°F(25°C)。室温每升高15°C, 典型阀控式铅酸电池的使用寿命就会减半。

即便任何数据中心设施的冷却成本都会增加电池的总拥有成本, 但若想控制远程设施温度还是很难。

不同类型的锂电池

锂离子电池有很多用途, 但并不是所有的锂离子电池都是一样的。下表1显示了锂离子电池中使用的不同类型的化学物质, 以及每种电池的应用。

化学成分	钴酸锂	锰酸锂	镍钴锰	磷酸铁锂	锂镍钴氧化铝
缩写	Li-cobalt	Li-manganese	NMC	Li-phosphate	Li-aluminum
缩写	LiCo2 (LCO)	LiMn2O4 (LMO)	LiNiMnCoO2 (NMC)	LiFePo4 (LFP)	LiNiCoAlO2 (NCA)
说明	能量密度高, 功率密度有限。市场份额下降	功率大, 容量小; 比钴酸锂更安全; 经常与镍钴混合提高性能	大容量, 大功率	放电电压稳定, 高功率小容量, 安全; 高位自放电	容量最大, 中等功率, 与钴酸锂类似
常见用途	移动消费设备, 如笔记本电脑、智能手机和数码相机	医疗设备、电动工具、消费设备、电动汽车	电动汽车动力系统、电动工具、电网存储	为关键任务环境储存能量。也用于电动汽车	电动汽车

表1: 锂电池化学属性

不间断电源用锂离子电池

在过去的几年时间里，制造商已经开始开发适用于不间断电源应用的锂离子电池解决方案。锂离子电池由于其性能的提高、使用的灵活性以及比铅酸电池更低的总拥有成本，已经成为一种可行的替代储能源。

不间断电源应用中使用的锂电池化学物质有磷酸铁锂 (LiFePO_4 ，简称“LFP”)、锰酸锂 (LiMnO_2 ，简称“LMO”) 和镍锰钴 (LiNiMnCoO_2 ，简称“NMC”)。还有的不间断电源电池使用LMO/NMC混合来提高性能。

(注:了解更多LFP、LMO和NMC化学物质的特性, 请参阅维谛技术应用报告[《数据中心锂离子电池的应用》](#))

锂离子电池的优势

可靠性和可用性增加

符合不间断电源应用条件的锂离子电池制造商利用改进的电池设计、优质材料和更好的制造方法。由于寿命更长，维护要求更低，锂离子电池在关键任务环境中的故障极其罕见。

此外，所有锂离子电池都包括一个内置的电池管理系统 (BMS)，该系统为每个电池单元提供故障监测、电池平衡和功率优化功能。电池管理系统有助于最大限度地延长电池寿命，减少停机时间。

寿命更长

锂离子电池的设计寿命通常为8-10年，这意味着它与中小不间断电源 (UPS) 的寿命相同。当阀控式铅酸电池达到80%的容量 (寿命末期) 时，锂离子电池的容量仍为93%。

这就避免了更换电池的麻烦，锂离子电池不必每3-5年更换一次，能够节省大量成本。此外，与阀控式铅酸电池相比，锂离子电池可以充满电并储存更长时间，对电池寿命的影响极小。

重量较低

锂离子电池比铅酸电池轻60%左右。这使得电池更容易运输和在偏远设施中的安装。

占地面积更小

锂离子电池的占地面积比铅酸电池少70%。可为任何现场或远程设施以节省空间，进行重新配置部署，增加IT服务器和网络设备的可用架构空间。

能量密度和功率密度更高

锂离子电池具有更高的能量密度 (Wh/kg或瓦时/千克) 和功率密度 (W/kg或瓦时/千克)。它们提供的能量与铅酸电池相同，但体积更小，重量更轻。

适应更高的温度

不间断电源用锂离子电池的设计温度比铅酸电池高，因此较高的温度对电池的影响较小。大多数锂离子电池可以在86°F (30°C) 的温度下工作，比铅酸电池高近10°C，而且不会老化或缩短日历寿命。如此便可升高数据中心或远程服务器机房的室温，减少冷却能源的使用来降低冷却成本。

充电更快

对于架构型系统而言，锂离子电池通常可以在不到2小时的时间内充电到90%的容量，而阀控式铅酸电池可能需要4小时以上才能达到相同的容量，充满电需要24小时。如果数据中心连续几次断电，锂离子电池可以快

速充电, 为每次断电提供备用电源。

运行成本低=总拥有成本低

锂离子电池的高初始成本是其应用于不间断电源的一个障碍。但在过去的五年里, 这一成本已大幅降低。如今, 用于边缘数据中心的锂离子电池系统的初始资本投资平均是用于这些设施的阀控式铅酸电池系统成本的1.75倍至2.25倍。随着锂离子电池在数据中心的广泛使用, 预计未来十年价格还会进一步下降。

与阀控式铅酸电池相比, 锂离子电池可为数据中心所有者长期节省运行成本, 从而降低总拥有成本。如前所述, 锂离子电池的设计寿命估计为8-10年, 可能与不间断电源相同。这便可以免除每3-5年更换一次铅酸电池的成本, 以及在远程数据中心更换阀控式铅酸电池所需的运输、行程和人工成本。

维谛技术最近进行的一项评估测试比较了不间断电源应用中使用的铅酸电池和锂离子电池的总拥有成本。成本比较着眼于阀控式铅酸电池和锂离子电池行业领

总拥有成本

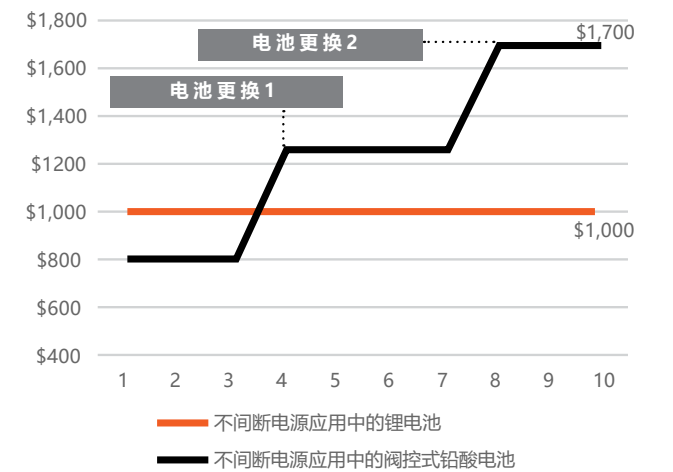


图3: 铅酸电池与锂离子电池-总拥有成本比较

先企业10年间的初始成本和电池更换成本。如图3所示, 研究表明, 虽然阀控式铅酸电池系统的初始成本较低, 但在不间断电源的10年寿命期内, 运行成本稳步上升, 每隔几年更换电池时, 成本就会大幅上升。相比之下, 虽然锂离子电池系统的初始成本较高, 但在同一10年期间, 总成本保持相对稳定。锂电池系统在阀控式铅酸电池第一个更换周期之前和/或之后开始的五年内显示出投资回报。相对而言, 从长远来看, 锂电池系统更具成本效益。

下表2为成本比较中使用的数据。

	不间断电源用 1500VA锂离子电池	不间断电源用 1500VA阀控式铅酸电池
第0年		
不间断电源平均价格 (含内置电池或电池包)	\$1,000	\$800
第3-4年		
更换电池		\$250
人工		\$200
第6-8年		
更换电池		\$250
人工		\$200
10年总拥有成本	\$1,000	\$1,700
节约的总拥有成本	41%或\$700	

表2: 锂离子电池与铅酸电池-10年总拥有成本比较数据

同样, 使用铅酸电池的不间断电源的初始成本较低, 但总拥有成本在10年期间会增加。在此期间, 由于阀控式铅酸电池达到寿命末期, 不间断电源通常至少需要更换两次电池。

同样, 使用铅酸电池的不间断电源的初始成本较低, 但总拥有成本在10年期间会增加。在此期间, 由于阀控式铅酸电池达到寿命末期, 不间断电源通常至少需要更换两次电池。

锂电池安全吗？

安全。不间断电源应用中使用的锂电池配备电池管理系统，可监测电池单元的关键参数（如温度、电压和电流），确保系统在整个寿命周期内安全可靠地运行。

所有类型的电池都容易受到热逸散的影响。当电池内部的化学物质达到超过其散热能力的高温时，就会导致热失控，从而发生故障。

但不间断电源应用中使用的锂化学物质，热失控温度高于200°C（400°F）。出于对寿命的考虑，大多数锂离子电池的过温保护点限制在70°C（158°F）以内。当电池达到该温度极限时，电池管理系统将自动断开电池与不间断电源负载或充电器的连接。也就是说，在电池达到热失控温度之前，电池管理系统会在低阈值下断开电池。

当今领先的电池制造商针对不间断电源系统制造出了高质量的锂离子电池，电池设计和包装可进一步保障电池持久耐用。电池包括安全保险丝、过充电保护和硬化材料层。大多数锂离子电池都是按照UL和其他适用的安全标准制造的。

参考

<https://www.nytimes.com/2019/10/09/science/nobel-prize-chemistry.html>

https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery

<https://qz.com/338767the-man-who-brought-us-the-lithium-ion-battery-at-57-has-an-idea-for-a-new-one-at-92/>

https://batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion

结论

成本分析和性能数据表明锂离子电池是中小不间断电源系统更好的储能源。不间断电源在10年的使用寿命中，锂离子电池无需像铅酸电池一般更换电池，从而显著降低了总拥有成本。锂离子电池更长的寿命和更低的维护需求能在不到五年的时间里为IT经理带来显著的投资回报。

锂离子电池体积更小、重量更轻，为在边缘数据中心中使用提供了更好的灵活性。凭借卓越的性能，锂离子电池可以帮助确保IT部署的正常运行时间和持续运行。性价比、性能和安全性方面的综合优势非常值得投资，锂离子电池会为中小机房和边缘数据中心的關鍵IT基础架构提供可靠的长期服务。

有关在边缘数据中心如何使用锂离子不间断电源解决方案的更多信息，请访问[Vertiv.com](https://www.vertiv.com)。



维谛技术有限公司

Vertiv.com

售前电话：400-887-6526

售后电话：400-887-6510



关注官微
了解更多资讯

Vertiv 和 Vertiv 标识是维谛技术的商品商标和服务商标。© 维谛技术 2021 年版权所有。