数据中心电池技术：阀控铅酸蓄电池与锂电池的比较

第 229 号白皮书

版本 0

作者：Victor Avelar
Martin Zacho

摘要

近几年，锂电池（Li-ion）的价格持续下降，目前正成为数据中心 UPS 应用的可行性选择方案。本白皮书将简要概述用于静态 UPS 应用的锂电池与阀控铅酸蓄电池（VRLA）的不同特征，包含最佳化学成分和技术。为期 10 年的总拥有成本（TCO）分析显示，尽管存在投资成本溢价，但锂电池的 TCO 比阀控铅酸蓄电池低 39%。通过敏感性分析，将揭示 TCO 的驱动因素。在篇末，我们会讨论锂电池用于改造及在新 UPS 中的应用，以及温度对于电池寿命、运行时间和制冷的影响。

简介

锂电池在各种不同应用中的商用化进程已有 20 余载 1。那么，它们何以未被普及用于静态 2数据中心 UPS 中的电池呢？事实上，其原因在于，与所有其他的应用一样，锂电池 3在静态 UPS 应用中无法为 UPS 供应商提供价格、能量密度、功率、安全性和可靠性方面的合理平衡。但在过去 10 年里，锂离子化学成分和技术的改进已为 UPS 供应商提供了现实的方案。这些改进很大程度上是出于电动汽车产业提出的要求。图 1 为应用于三相 UPS 的锂电池示例。

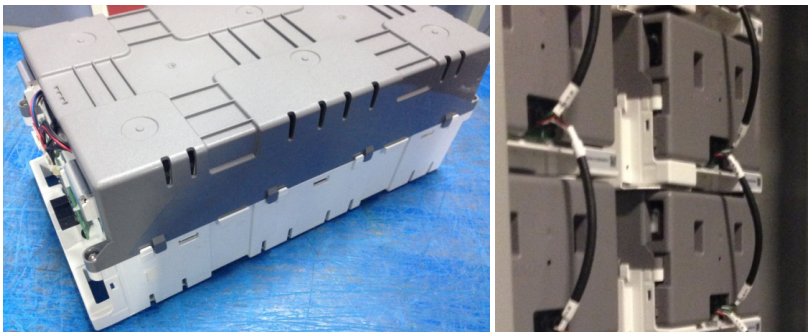

图 1

用于三相 UPS 应用（左）和柜内连接的多个模块（右）的锂电池模块

锂电池具备诸多优于阀控铅酸蓄电池的合理优势，包括 [4]：

- UPS 使用寿命内电池更换次数较少（可能无需更换），从而消除电池更换造成的宕机风险。
- 同等能量下，重量为铅酸蓄电池的四分之一。
- 放电次数是铅酸蓄电池的 10 倍，取决于化学成分、技术、温度和放电深度。
- 自放电率约为铅酸蓄电池的五分之一（即，不使用时，电池放电迟缓）
- 在多种主要断电场景中，充电速度提高 4 倍以上。

但是，相比阀控铅酸蓄电池，锂电池也存在两大主要缺点：

- 由于较高的制造成本加之必要的电池管理系统成本，投资成本约为等能量铅酸蓄电池的 2-3 倍。
- 运输法规更严格。

本白皮书简要概述锂电池不同于阀控铅酸蓄电池的特征。文中还对这两类电池之间的投资成本、运行成本和总拥有成本（TCO）进行了分析，并讨论锂电池用于改造及其在新静态 UPS 中的应用。在篇末，我们会阐述温度对于电池寿命、运行时间和制冷的影响。

---

[1] http://www.sonyenergy-devices.co.jp/en/keyword/ （最后访问日期：2016 年 2 月 28 日）

[2] 本白皮书适用于静态 UPS（例如双变换或 Δ变换技术）。如需了解有关本主题的信息，请参阅第 1 号白皮书 *《不同类型的 UPS 系统》*。

[3] 注意，术语“单节电池”指的是电池的最小基础组件。电池由两个或两个以上的单节电池组成，它们按照具体应用（例如用于 UPS）封装。

[4] http://batteryuniversity.com/learn/article/whats_the_best_battery （最后访问日期：2016 年 2 月 28 日）

锂电池概述

一般来说，所有的单节锂电池都有着一些共同特征。例如，它们均可充电和使用电解液，以及锂离子在不同电极之间游动。但一些具体的特征取决于化学成分和技术。化学成分指的是产生化学反应以对单节电池充电和放电的元素。化学成分决定单节电池电压。技术指的是最终决定能量（瓦时）、功率（瓦特）、能量密度（瓦时/千克）、功率密度（瓦/千克）、使用寿命、温度影响、稳定性及一系列其他设计特征（即电极厚度、电解液组成、涂层、添加剂等）。

以下章节简要概述部分主要锂电池特征以及它们如何与静态 UPS 应用中的阀控铅酸蓄电池进行比较。第 231 号白皮书*《用于 UPS 锂电池的常见问题解答》*提供了有关上述特征的更多信息。

最佳化学成分

UPS 应用要求使用能够提供长达 5-10 分钟大量电容的电池。因此，UPS 应用所需的锂离子化学成分和技术应能够在短时间内提供大电流，同时保证安全的内部电池温度。相较于铅酸电池，锂电池的化学成分提供更高的单位重量能量和功率，通常称为能量密度（瓦时/千克）和功率密度（瓦/千克）。

动力电池与能量电池

如上所述，UPS 应用需要电池能够在 5-10 分钟内提供较大电流及功率。就这一点而言，锂电池和铅酸蓄电池之间的主要差异是 5-10 分钟运行时间之后电池剩余多少容量。

- 动力电池旨在利用几乎全部的电池容量的同时，短时间内提供相对较大量的功率。以 UPS 应用为例，动力电池解决方案在满载下可提供 1-2 分钟的运行时间，同时放出约 80%的电池容量。
- 能量电池旨在长期提供相对较小量的功率。在 UPS 应用中，能量电池解决方案在（上述）相同的时间内提供等量功率，但是仅放出 10-30%[5]的电池容量。

这基本意味着用于此类应用时，能量电池解决方案采用过度规划（以能量的形式），而且可以提供长于所需的运行时间。根据能量电池与动力电池之间的价格比较，在 UPS 应用中采用过度规划的能量电池解决方案相比采用合理规划的动力电池解决方案价格更低。图 2 显示了能量与功率在不同储能技术以及对运行时间的相应影响方面的关系。每条线向下弯曲代表在较短运行时间内电池提供满容量受到的限制。注意铅酸蓄电池和锂电池的能量密度和功率密度的相对位置。

得出的重要结论是锂电池可设计为动力电池或能量电池。相反，VRLA 电池的化学成分和技术限制其只能设计成能量电池。

能量与功率

能量（单位：瓦时）指的是可向负载供电（单位：瓦特）多长时间。下例解释了这一差异。

电池功率（W）= 伏特 × 安培。如果电池系统在 100 伏特下提供 10 安培电流时，那么它可支持 1000 瓦的负载。

电池能量（Wh）= 功率 × 小时数。如果电池系统向负载提供 1,000 瓦功率达 6 分钟（0.1 小时），那么它提供 100 瓦时的能量。

[5]图 7，http://www.altenergymag.com/content.php?post_type=1884 （最后访问日期：2016 年 2 月 28 日）

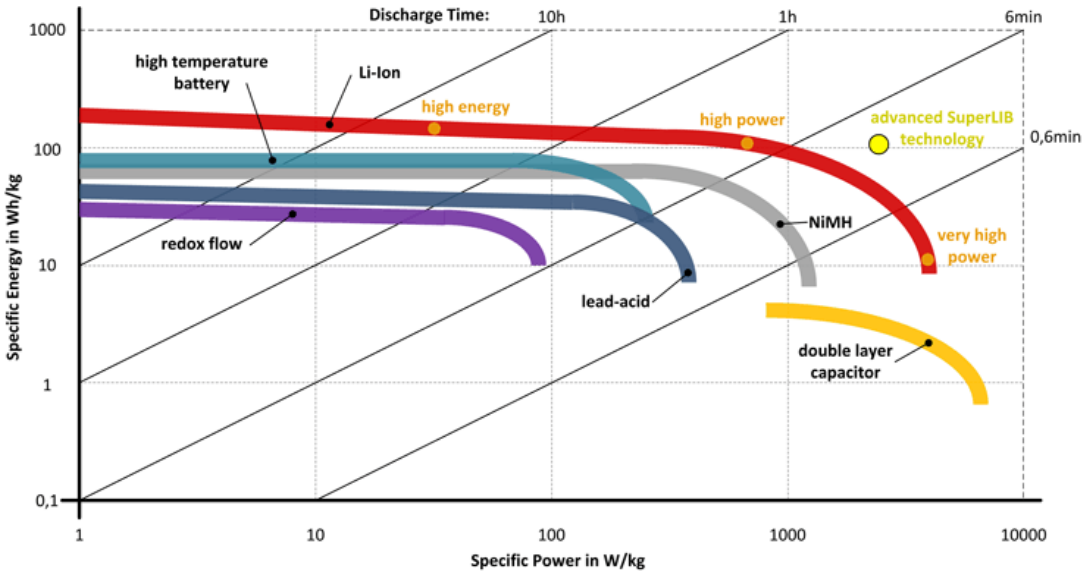

图 2

能量与功率密度的关系图，又称为“关系曲线”

资料来源：http://www.superlib.eu/index.php?spid=en&site=preview&id=020000

生命周期

提到电池寿命时，电池在需要更换之前能够持续使用多长时间是问题的关键。不过，了解供应商采用的不同寿命测量标准至关重要。其中，**使用寿命**尤其关键。这是电池在到达 80%能量容量之前能够持续的预计时间，这是电池寿命结束的典型定义。使用寿命是指电池在指定应用的“实际”条件下运行，因此差异较大。相比之下，**日历寿命**是指如果电池在规定温度（通常 25°C (77°F)）无断电情况下仍能以微电流充电时能够持续使用的预计时间。铅酸蓄电池的使用寿命范围为 3 至 6 年，而锂电池的使用寿命可长达 10 年（利用加速寿命试验获得的预计时间）。请注意，对于新锂电池获得其实际使用寿命数据还需要多年时间，但是，一些锂电池提供 10 年质保作为缺少服务数据的措施。

占地空间

由于锂电池具有较高的能量密度，因此它的占地空间或容积小于 VRLA 电池。空间节省对于托管数据中心或不动产成本较高的数据中心来说具有特别的吸引力。

重量

与占地空间类似，锂电池较高能量密度也使得其重量比 VRLA 电池更轻。重量轻有助于降低运输成本。

电池监测

电池监测系统（BMS）通常作为传统 VRLA 电池解决方案的附加设备。一些数据中心运营商会购买 BMS 来延长电池系统的使用寿命。但是，锂电池配有 BMS，因为这些电池需要完全控制充电和放电，以防止锂电池内出现不安全温度。

安全性

当谈及电池，尤其是锂电池时，安全乃重中之重。UPS 应用需要记住的一件重要事情是，UPS 供应商如要寻求特定 UPS 的化学成分、技术、电池封装和电池管理的最佳组合，则需与信誉良好的锂电池供应商密切合作。参阅第 231 号白皮书*《用于 UPS 锂电池的常见问题解答》*，了解有关安全危害的更多信息。

法规

包括锂离子或 VRLA 在内的任何类型的电池运输均有着不同的法律法规。由于某些化学成分具有较高的能量密度和高挥发性，因此这些运输法规对于锂离子化学成分的要求更为严格。

财务分析

在某些数据中心投资中，愈发普及的是使用总拥有成本作为衡量标准，例如制冷系统节能冷却模式和 UPS 电池投资。相比于 VRLA 电池，锂电池的某些动力电池化学成分和技术在 10-15 年期内提供有利的总拥有成本。这是 UPS 需要更换之前的典型寿命范围。

一些锂电池成本研究可供使用，但由于各种不同的原因并一定完全有用：

- 它们专注于电动汽车或着长时间应用，这适合于能量电池而不适合于用于 UPS 应用的动力电池。
- 它们是将相互竞争的锂电池成本进行比较，而不是与 VRLA 电池进行比较。
- 它们不提供 UPS 应用规定的特定锂离子化学成分和技术。
- 它们还关注投资成本而不是总拥有成本。

由于缺乏针对 UPS 应用的上述动力电池成本的研究，我们主要依靠动力电池厂商针对两个特定的三相 UPS 系列 Symmetra MW 和 Galaxy 提供的数据。下列章节分析了 1MW UPS 应用在 10 年期间的资本支出、运营支出和总拥有成本。

假设条件

表 1 列出了与总拥有成本分析相关的电池属性。

表 1

用于总拥有成本分析的电池属性

电池属性	阀控铅酸蓄电池	锂电池
化学成分	铅酸	LMO/NMC
额定功率容量	1MW	1MW
25°C (77°F) 时的运行时间	6 分钟	6 分钟
25°C (77°F) 时的日历寿命	5 年	17 年
25°C (77°F) 时的电池使用寿命	4 年	12 年
电池占地空间	5.4 m^2 （59 平方英尺）	2.2 m^2 （23 平方英尺）
电池重量	11,340 kg （25,000 磅）	2,767 kg （6,100 磅）
微电流充电的固定损耗（以额定 UPS 容量的百分比表示）	0.2%	0.1%
电池材料成本	0.06 美元/瓦	0.12 美元/瓦
电池管理系统成本	包含在电池成本	包含在电池成本

Life Is On Schneider Electric

表 2 列出了用于分析的假定条件。

表 2

用于总拥有成本分析的假设条件

假定条件	阀控铅酸蓄电池	锂电池
UPS 负载率	100%	100%
UPS 使用寿命	10 年	10 年
工作温度	25°C (77°F)	25°C (77°F)
UPS 寿命终结前电池需要更新的年数	第 4 年和第 8 年	不需要
电力公司成本	0.15 美元/千瓦时	0.15 美元/千瓦时
楼宇租赁月成本	32 美元/m^2	32 美元/m^2
电池间面积（含维护空间）	18 m^2	9.5 m^2
电池安装成本	0.012 美元/瓦	0.012 美元/瓦
距离 322 千米（200 英里）的电池运输成本	0.55 美元/千瓦	0.37 美元/千瓦
电池维护	10%	1.5%
对于每千瓦放热，制冷消耗 0.33 千瓦能量	0.33 千瓦/千瓦	0.33 千瓦/千瓦
资本成本	5%	5%

资本支出

在第 0 年时的初始电池支出包括电池材料成本、安装成本和运输成本。**表 3** 列出了这两种电池解决方案的资本支出明细。

表 3

资本支出明细

资本支出	阀控铅酸蓄电池	锂电池	变化百分比
电池材料成本	60,000 美元	120,000 美元	锂电池的资本支出比 VRLA 电池多出一倍
安装成本	12,000 美元	12,000 美元	锂电池的资本支出与 VRLA 电池相同
运输成本	549 美元	366 美元	锂电池的资本支出比 VRLA 电池少 33%
总计	**72,549 美元**	**132,366 美元**	**锂电池的资本支出比 VRLA 电池多 82%**

运营支出

电池的运营支出于第一年开始计算，直至第 10 年。电池维护、场地租赁和能源成本每年都会产生，而电池更换成本在第 4 年和第 8 年时产生。**表 4** 列出了这两种电池解决方案的运营支出明细。

电池充电的能量损耗类型有两种；电池微充电时的固定损耗和断电后电池放电或充电的瞬态损耗。此次分析的能源成本包括稳态充电的固定损耗及为了除去此类损耗中的热负荷所需的制冷损耗。但是，需开展更多的分析，以更好地了解瞬态电池活动对制冷需求的影响。电池解决方案的热容在决定制冷系统的排热能力及冷量消耗方面起到重要的作用。完成此项分析后，本白皮书中的总拥有成本分析将根据瞬态活动的影响而实施更新。**表 4** 列出了两种电池解决方案的运营支出明细。

表 4

运营成本明细表

运营支出	阀控铅酸蓄电池	锂电池	变化百分比
电池维护	46,330 美元	13,899 美元	锂电池的运营支出比 VRLA 电池少 70%
场地租赁成本	54,597 美元	28,368 美元	锂电池的运营支出比 VRLA 电池少 48%
用电成本	26,989 美元	13,495 美元	锂电池的运营支出比 VRLA 电池少 50%
电池更换	108,790 美元	0 美元	锂电池的运营支出比 VRLA 电池少 100%
总计	**236,706 美元**	**55,762 美元**	**锂电池的运营支出比 VRLA 电池少 76%**

总拥有成本

10 年期总拥有成本需考虑上述的资本支出和运营支出。锂电池解决方案 10 年总拥有成本比 VRLA 解决方案低 39%。与第 0 年的较高锂电池资本支出，仅需 3.4 年就可以实现投资回报。**表 5** 列出了两种电池解决方案的总拥有成本明细。

表 5

总拥有成本明细表

总拥有成本	阀控铅酸蓄电池	锂电池	变化百分比
资本支出	72,549 美元	132,366 美元	锂电池的资本支出比 VRLA 电池多 82%
运营支出	236,706 美元	55,762 美元	锂电池的运营支出比 VRLA 电池少 76%
总计	**309,255 美元**	**188,128 美元**	**锂电池的总拥有成本比 VRLA 电池少 39%**

敏感性分析

我们对 12 项成本因素进行了独立变化试验，以评估它们的变化性和变化幅度对总拥有成本的影响。例如，我们将 VRLA 使用寿命从 2 年改为 7 年，从而使得总拥有成本节省从 0.8%变为 15.5%。基于这一敏感性分析，对 VRLA 和锂电池之间的总拥有成本比较影响最大的因素包括：

- VRLA 使用寿命
- UPS 使用寿命
- VRLA 的价格（$/W）
- 锂电池的价格（$/W）
- 电池间面积
- VRLA 维护
- 资本成本

值得注意的是，上述每一项因素都能单独造成两种电池解决方案之间产生显著变化，而少数上述因素组合可能需要做出采用一种或另一种的决定。特别是，短于锂电池的 VRLA 使用寿命及 UPS 使用寿命成为重要杠杆。例如，4 年的 VRLA 寿命加之 8 年的 UPS 寿命只会造成一次电池更换。但是，仅将 UPS 寿命延长 2 年就会造成 VRLA 两次电池更换，从而在总拥有成本方面发生显著变化，这一点方面锂电池更具优势。

电池价格在这种总拥有成本模型中起着重要作用，但由于电池更换次数需乘以较低或较高的 VRLA 价格影响，因此 VRLA 的价格因素比锂电池成本更重要。事实上，可观的年度费用中的任何成本构成在决定选用哪种电池解决方案方面都起着重要作用。基于此，电池间面积和 VRLA 维护（频次高于锂电池）是重要的总拥有成本驱动因素。最后，由于上述经营性现金流显著影响总拥有成本是显而易见的，投资成本会使现金流最小化（例如 20%的投资成本率）或现金流最大化（例如 0%的投资成本率）进而导致总拥有成本下降或增加是可以理解的。

如需获取总拥有成本敏感性相关的深入见解，参阅第 19 号在线权衡工具（TradeOff Tool）*《锂电池与铅酸电池计算器》*。该工具可以通过改变 UPS 使用寿命等不同输入，以及查看它们对于两种电池类型的总拥有成本产生的影响。

用于改造及在新 UPS 中的应用

如果选择锂电池用于静态 UPS 应用，则有一些重要因素需要考虑，取决于您是改造现有 UPS 的电池解决方案还是购买新 UPS。这里假设静态 UPS 的预期寿命约为 10-15 年，VRLA 电池使用寿命为 3-6 年，以及锂电池的使用寿命为 10 年或以上。

改造现有 UPS 的 VRLA 电池时，存在三种可能的情况：

1. UPS 的运行处于其生命周期的早期
2. UPS 的运行接近其生命周期的中期
3. UPS 的运行处于其生命周期的末期

对于处于**其生命周期早期**（通常不到 5 年）的 UPS，利用锂电池改造 VRLA 电池的做法较为明智，因为锂电池的寿命终止时间有可能与 UPS 相同。

对于接近**其生命周期中期**（通常为 5-10 年）的 UPS，对 VRLA 电池进行换新是一种明智的做法。考虑到锂电池比 UPS 的有效年限长 5 年以上，因此在 UPS 寿命的这一阶段用锂电池改造 VRLA 电池不具备经济性。但是，随着将来锂电池价格的不断下降，实际上用锂电池改造 VRLA 电池将更具有经济性。

对于接近**其生命周期末期**（通常超过 10 年）的 UPS，利用搭载锂电池的新 UPS 替换整个 UPS 可能最合理。具体决定实际上取决于与新解决方案成本相比保持和维护旧 UPS 的成本（即服务合同、备件等）。

对于考虑用锂电池改造 VRLA 的案列，注意锂电池并非 VRLA 电池的“简易”替换。即便锂电池与现有 VRLA 解决方案拥有相同的标称电压，UPS 仍可能需要升级固件和/或硬件。这是因为电池充电特征可能发生改变，运行时间方程式可能有所不同，以及运行时间估算可能不正确等等。除此之外，供应商可能需要将电池监测系统与 UPS 相整合。所述因素及其他因素均为 UPS 供应商在为特定 UPS 型号提供锂电池解决方案时必须考虑的所有要素。

鉴于 UPS 供应商已将锂电池技术与 UPS 高效整合，购买新 UPS 则是最直截了当的方案。UPS 与锂电池监测系统之间的整合主要取决于电池监测系统的运行情况，而不同供应商提供的电池监测系统各不相同。最后将出现推动不同供应商提供的 UPS 和电池监测系统之间的一致性标准。使用锂电池的 UPS 例子如**图 3** 所示。

图 3

带锂电池的 UPS 举例，所示为施耐德电气的 Galaxy VX

温度影响

温度为何以多种不同的方式影响电池有多种原因，其中有很多原因来自于其特殊的化学成分。但是，温度方面最终需要考虑三个重要因素，以重要性顺序列出如下：

- 电池使用寿命
- 电池运行时间
- 制冷能耗

电池使用寿命

科学文献证明，温度会影响重要组件的使用寿命，电池也不例外。电池的经验法则（VRLA 和锂电池）为平均环境温度每上升 8-10°C (14-18°F)，电池的使用寿命缩短 50%[6]。假设 VRLA 的使用寿命为 3-6 年，锂电池的使用寿命约为 10 年，我们预计较高的温度会使 VRLA 电池在 UPS 的使用寿命期间的放电频次高于锂电池。此类影响已在上述总拥有成本分析中进行了量化。了解有关 VRLA 寿命的更多信息，请参阅第 39 号白皮书*《数据中心和网络机房蓄电池技术系统：VRLA 电池组可靠性与安全性》*。

运行时间

运行时间是电池在某电压（V）下所提供的电流或安培数（A）相关。将两者相乘，会得到用于支持 IT 负载的**功率**(W)。

V x A = 瓦特(W)

这时，在公式中加入时间值，就能得到**能量**(Wh)。

V x A x 时间 = Wh

随着电池放电，电池输出电压下降，意味着需要更多的电流以保持负载的**恒定功率**。这时，问题是温度升高对运行时间会有什么影响？随着温度升高，像 VRLA 和锂电池之类的储能设备，内电阻会下降。电阻越低，损耗越少，意味着输出电压不会快速下降，同时也意味着在较高温度时，电池每分钟消耗的电流更少，然后在较低温度时也是如此。因此，为什么不以高温运行电池来获得更高的能量容量和更长的运行时间？这一答案重新指向电池使用寿命缩短。请注意，温度与电阻的这一关系同样适用于电池充电。

[6] http://www.cdtechno.com/pdf/ref/41_7329_0512.pdf （最后访问日期：2016 年 3 月 2 日）

如前所述锂电池有两种类型，即动力电池和能量电池。这两类锂电池在温度方面的表现截然不同，因为动力电池本身具有低于能量电池的电阻。因此，当电池使用的时间相同时，能量电池的内部温度高于动力电池。放电时，能量电池的内部温度会上升 30°C (54°F)。如果电池间温度为 25°C (77°F)，则问题不大，但如果电池间温度为 40°C (104°F)时，同样上升 30°C (54°F)温度可能造成电池监测系统将电池关闭，从而避免不可逆性损害。尽管在高环境温度下存在这一问题，锂电池由于其使用寿命较长，因此比 VRLA 电池更适合在高温环境中运行。注意，对于 VRLA 电池，温升通常应限制在 [7] 10°C (18°F)。

制冷能耗

对于 VRLA 和锂电池，有两种确定制冷系统规格的方案：仅适用于稳态损耗的规格（即微电流充电）或者适用于放电期间产生的热量的规格（瞬态损耗）。瞬态损耗的功率 (kW）远高于稳态损耗，但假设运行时间为 6 分钟以及每年断电 20 次，每年的总热量 (kWh)约为微电流充电产生的热量的百分之一。

不论是对锂电池系统还是 VRLA 电池系统进行放电，电池间温度都会某种程度上升。如果制冷系统针对稳态负载进行精确规划，电池间温度回到其设定点将花费更长的时间（约数小时）。这种瞬态高温如何影响电池系统？很显然，相较于 VRLA，对锂电池的影响较小。

基于我们今天所了解的，锂电池制冷系统应根据稳态状态进行规划更加明智。这不仅节省高容量制冷系统的投资成本，而且节省运行较大制冷系统相关的高额能源成本（假设固定损耗较高）。最后，由于锂电池具有相对较长的使用寿命，数据中心运营商可拥有多种选择。他们可以提高电池间温度来节省能源（或者直接拆除制冷系统），并仰赖电池保修 [8]来确保在没有任何基建投资的情况下实现 UPS 使用寿命。或者，他们可以针对稳态损耗进行规划，将电池间温度冷却至 25°C (77°F)，实现最少的年度能源成本。

对于 VRLA，思考角度则有所不同，因为其使用寿命明显较短。在本白皮书中提出的模型，如果您可以通过降低电池间的温度以及提高制冷系统容量来将 VRLA 电池的寿命延长一年，尽管能源运营支出和制冷系统资本支出都会增加，但还是值得的。

[7] http://www.cdtechno.com/pdf/ref/41_7944_0712.pdf （最后访问日期：2016 年 3 月 2 日）

[8]这里假设质保考虑了较高的温度且不会增加新电池系统的支出。

结论

可以肯定地说，锂电池价格将会持续下降，新的化学成分和技术也将面市，现有的锂电池也会不断改进。根据这一背景以及本白皮书中开展的分析，用于数据中心 UPS 应用（以及一般的 UPS 应用）的锂电池系统提供了极具吸引力的优势。尽管部分锂电池解决方案的价格过高而被证明不适合对 VRLA 进行改造，但还是会有一些锂电池解决方案提供令人满意的 10 年期总拥有成本，而且投资回报周期不足 4 年。

关于作者

Victor Avelar 是施耐德电气数据中心科研中心总监及高级研究员。Victor 致力于数据中心设计与运营方面的研究，并且通过向客户提供风险评估和设计实践方面的咨询，来优化数据中心环境的可用性和能效。Victor 于 1995 年从伦斯勒理工学院（Rensselaer Polytechnic Institute）获得了机械工程学的学士学位，而后在波士顿大学（Boston College）获得 MBA 工商管理硕士学位。他是 AFCOM 成员。

Martin Zacho 是施耐德电气安全电力 IT 事业部储能技术的高级工程师。他获得南丹麦大学（University of Southern Denmark）计算机系统工程学士学位。他于 2000 年加入施耐德电气（当时在 APC），在氢燃料电池部门工作。三年后，他调至 Symmetra 产品线固件控制和 FPGA 编程岗位。自 2008 年以来，他一直参与储能技术的各方面工作，专注于大型三相 UPS 的储能技术。相关的技术包括铅酸电池、超级电容、飞轮和各种锂基技术。他是丹麦标准委员会（Danish Standardization Committee）储能领域的成员。

Life Is On Schneider Electric

资源

《不同类型的 UPS 系统》
第 1 号白皮书

《数据中心和网络机房蓄电池系统：铅酸蓄电池组的选择》
第 30 号白皮书

《数据中心和网络机房蓄电池系统：VRLA 电池组的可靠性与安全性》
第 39 号白皮书

《铅酸蓄电池生命周期：术语和定义》
第 230 号白皮书

《用于 UPS 锂电池的常见问题解答》
第 231 号白皮书

浏览所有白皮书
whitepapers.apc.com

《锂电池与铅酸电池计算器》
权衡工具 19

浏览所有 TradeOff Tools™权衡工具
tools.apc.com

联系我们

关于本白皮书内容的反馈和建议请联系：

数据中心科研中心
dcsc@schneider-electric.com

如果您作为我们的客户需要咨询数据中心项目相关信息：

请与所在地区或行业的施耐德电气销售代表联系，或登陆：
www.apc.com/support/contact/index.cfm

© 2016 施耐德电气。版权所有。

Life Is On Schneider Electric