

数据中心和网络机房蓄电池系统： 生命周期成本

第 35 号白皮书

版本 4

作者 Stephen McCluer

> 摘要

本文比较了各种 UPS 蓄电池系统的生命周期成本，探讨并量化了蓄电池购买成本、基础设施成本，以及因缺乏可适应性而无法满足不同需求变化所导致的关联成本。

简介

目前，数据中心和网络机房不间断电源(UPS)的能量储存方式主要采用铅酸蓄电池。本文将对以下三种铅酸蓄电池系统的生命周期成本进行比较：排气式蓄电池（又称富液式蓄电池或湿式蓄电池）、阀控密封式蓄电池（VRLA）和蓄电池模块（MBC）。如需了解各种蓄电池系统的更多信息，请参阅第 30 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》](#)。

每种蓄电池有其独特的安装方式，因此其安装成本也随之不同。本文所采用的成本估算来自于多种不同资料。尽管作者竭力确保各种数据的准确性，本文所举实例仅可作为指导之用，在决策和制定预算过程中，必须考虑到与具体安装相关的其它因素。

生命周期成本

本白皮书将考察蓄电池系统在以下两种情况中的生命周期成本：功率分别为 80 kW 和 400 kW 的 UPS，后备运行时间均为 10 分钟。蓄电池系统设计寿命假定为 10 年。仅讨论蓄电池解决方案的成本。假定 UPS 成本与蓄电池系统无关，因此不予考虑。从三方面对三种类型的蓄电池系统生命周期成本进行对比。第 1 部分仅对蓄电池购买成本加以比较；第 2 部分将纳入可能对总成本产生较大影响的外部可变成本。第 3 部分将讨论一些典型蓄电池设计因缺乏可适应性可能造成的关联成本。

数据表明，仅对蓄电池购买成本进行比较尚不足以预测其生命周期成本，因此还必须考虑各种外部可变成本。

蓄电池的预期寿命

蓄电池类型不同，其预期寿命也不同。表 1 所示蓄电池寿命源于施耐德电气多年的相关经验和 UPS 安装实践。这些数值将被用于估算生命周期成本。

表 1
各种蓄电池的预期寿命

	排气式蓄电池	阀控式蓄电池	蓄电池模块
设计寿命	20 年	7-10 年	7-10 年
预期寿命	15 年	5 年	5 年

如表 1 所示，排气式蓄电池预期寿命是阀控式蓄电池（VRLA）和蓄电池模块（MBC）系统的 3 倍，当然这还取决于排气式蓄电池在其使用期间是否获得妥善维护。这里，我们假定所有电池均由优质制造商提供。第 30 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》](#) 对蓄电池寿命及其故障模式进行了深入探讨。

第 1 部分 - 蓄电池系统成本

第 1 部分所指的成成本包括蓄电池购买成本、与蓄电池特别相关的其它成本项目或维护成本。表 2 与表 3 内容仅与蓄电池解决方案相关，第 2 部分表中的成本则与蓄电池基础设施成本和整合后的蓄电池生命周期成本。

	排气式蓄电池	阀控式蓄电池	蓄电池模块
蓄电池初始成本	\$20,000	\$10,000	\$12,000
电池架成本	\$4,000	\$3,000	\$3,000
维护成本	\$30,000	\$15,000	\$0
监控成本	\$4,000	\$4,000	\$0
安装成本	\$4,000	\$2,000	\$1,000
防溢漏成本	\$3,000	\$0	\$0
蓄电池更换成本	0	\$20,000	\$24,000
报废处理成本	\$6,000	\$6,000	\$4,000
电池系统总成本	\$71,000	\$60,000	\$44,000

如表 2 所示，相比之下，排气式蓄电池总成本接近蓄电池模块总成本的 2 倍。在蓄电池模块系统整个生命周期中所需的更换成本较高，然而排气式蓄电池的维护成本更为高昂。采用阀控密封式蓄电池解决方案（包括蓄电池模块），较之采用排气式蓄电池可节省成本 27%，这也是功率 100kW 以下的 UPS 很少采用排气式蓄电池的原因。

表 3

功率 400kW、运行时间 10 分钟的 UPS 全生命周期所用蓄电池系统成本

	排气式蓄电池	阀控密式蓄电池	蓄电池模块
蓄电池初始成本	\$120,000	\$40,000	\$50,000
电池架成本	\$10,000	\$8,000	\$15,000
维护成本	\$100,000	\$50,000	\$10,000
监控成本	\$20,000	\$15,000	\$0
安装成本	\$28,000	\$18,000	\$10,000
防溢漏成本	\$10,000	\$0	\$0
蓄电池更换成本	0	\$80,000	\$100,000
报废处理成本	\$20,000	\$10,000	\$8,000
电池系统总成本	\$308,000	\$221,000	\$193,000

如表 3 所示，在较大功率情况下，排气式蓄电池解决方案所需成本费用仍然高于其它解决方案。蓄电池系统的选择也会影响其它基础设施成本，本节未予讨论，将在第 2 部分中予以讨论。

第 2 部分 - 基础设施成本

除购买成本和维护所需成本等与蓄电池系统直接相关的成本外，还存在诸多通常未被视为与蓄电池系统相关的基础设施成本。表 4 和表 5 对这些基础设施成本进行了估算，并将蓄电池系统成本和基础设施成本相加，得出整合后蓄电池生命周期总成本。

表 4

功率 80 kW、运行时间 10 分钟的 UPS 所用电池系统生命周期成本

	排气式蓄电池	阀控式蓄电池	蓄电池模块
场地工程设计成本	10,000	\$0	\$0
蓄电池室成本	70,000	\$0	\$0
通风设备成本	5,000	\$0	\$0
场地规划成本	\$10,000	\$2,000	\$2,000
空间损失成本	\$10,000	\$15,000	\$15,000
合规性成本	\$3,000	\$0	\$0
基础设施总成本	\$108,000	\$17,000	\$17,000
电池系统总成本 (表 2)	\$71,000	\$60,000	\$44,000
电池系统生命周期总成本	\$179,000	\$77,000	\$61,000

从表 4 我们不难看出，为什么几乎所有 100 KW 以下 UPS 均采用阀控密封式蓄电池或蓄电池模块，因为排气式蓄电池解决方案生命周期总成本是阀控密封式蓄电池的 2 倍以上，几乎是蓄电池模块的 3 倍。

表 5

功率 400 kW、运行时间 10 分钟的 UPS 所用电池系统生命周期成本

	排气式蓄电池	阀控式蓄电池	蓄电池模块
场地工程设计成本	\$100,000	\$10,000	\$0
蓄电池室成本	\$150,000	\$100,000	\$0
通风设备成本	\$10,000	\$5,000	\$0
场地规划成本	\$50,000	\$10,000	\$10,000
空间损失成本	\$50,000	\$20,000	\$35,000
合规性成本	\$3,000	\$3,000	\$3,000
基础设施总成本	\$363,000	\$148,000	\$48,000
电池系统总成本 (表 2)	\$308,000	\$221,000	\$193,000
电池系统生命周期总成本	\$671,000	\$369,000	\$241,000

如表 5 所示，功率为 400kW 的 UPS 采用排气式蓄电池解决方案的生命周期总成本几乎是阀控式蓄电池解决方案的 2 倍，几乎是蓄电池模块解决方案的 3 倍。对于排气式蓄电池解决方案而言，蓄电池成本实际上已低于基础设施成本；阀控式蓄电池解决方案中，基础设施总成本低于蓄电池系统总成本的 70%；而在蓄电池模块解决方案中，基础设施成本低于蓄电池成本的 25%。

第 3 部分 - 可适应性

这一步我们将讨论安装蓄电池解决方案时视为理所当然或常被忽略的一些成本。这些成本因安装环境不同而存在显著差异，必须根据具体情况进行估算。一项无法适应需求变化的呆板设计会因缺少可适应性而导致其他成本，在比较特定设备适用的不同蓄电池系统的生命周期成本时，应予以关注和考察。

部署速度：一项工程设计通常需要较长时间方可完成施工。灵活性强的蓄电池模块解决方案不仅设计简单，部署速度快，而且延误风险较低。在某些情况下，实施时间过长可能导致巨大成本，比如：

- 当竣工期限受到地震、飓风或恐怖袭击等突发情况影响时；
- 当必须在系统预期寿命结束之前将其移走时。

事先完成测试的标准预制化蓄电池模块系统可在数小时内轻松推进标准办公空间，投入使用，而排气式蓄电池系统从设计、制定规格到建造和安装则可能耗时数月。在某些情况下，这一时间差异不值一提，也无法估量其价值；但有些时候这种时间成本则可能高达每周数百万美元。因而，必须根据具体情况对时间成本加以评估。

供需平衡：呆板的设计在安装完成后很难再更改，往往是按照最终的规划一次性完成。由于要求知晓未来数年的供电需求，因此设计初的规划值时常难以确定。由于设计值小于系统所要求的规模肯定不能接受，这就意味着，为使系统达到最高预期，系统的设计配置必须高于平均期望值。在各种可选方案中，按此方法管理风险固然不错，但这会导致一般的数据中心和网络机房在大部分的运行时间内的负载仅占到设计负载的很小比例。

一般数据中心或网络机房其蓄电池基础设施的过度规划，可达真正所需容量的 4 倍。这意味着一般蓄电池系统的生命周期总成本为其真正所需成本的 4 倍。花费如此巨大成本获得的回报是，系统蓄电池的运行时间显著延长，且能支持大幅增加的负载。

典型数据中心的可供节省的蓄电池生命周期总成本约为 75%。如果一开始就让蓄电池系统容量仅与初始负载相匹配，然后按需扩容，便可避免成本浪费。如需了解更多相关信息，请参阅第 37 号白皮书《[避免数据中心和网络机房基础设施因过度规划造成的资金浪费](#)》。

市售预制蓄电池模块系统可通过卡车和普通客用电梯运输，并可推入未经改良的空间，快速接入直流总线，满足所有必要条件，确保适应不断变化的蓄电池需求。

相比之下，排气式蓄电池系统需要进行长时间的前期规划，包括专用物理空间、通风和安全规划以及工程设计等。采用增量方式对排气式蓄电池系统逐步扩容代价不菲，事实上预先建造整个系统通常成本相对更低。

与排气式蓄电池一样，阀控密封式蓄电池系统也存在着许多相同的场地规划问题。过去，阀控密封式蓄电池系统不具备适应变化需求的能力，因而也和排气式蓄电池系统一样，通常根据其设计值预先建造。

安装蓄电池模块系统能挽回一般数据中心因过度规划而造成的 75% 的生命周期成本损失，加之蓄电池模块本身就具有将近 3 倍的生命周期成本优势，如此一来，与排气式蓄电池解决方案相比，蓄电池模块解决方案最高可节省 90% 以上的生命周期成本。

蓄电池的选择也会受到其它因素的影响。许多客户非常重视蓄电池的可用性，他们认为排气式蓄电池在可用性方面的优势足以抵消阀控密封式蓄电池系统和蓄电池模块系统在节省生命周期成本方面的优势。其它白皮书对此有深入探讨，本文仅作简略论述。

表 6 列出了一些主要问题，在为排气式蓄电池系统进行可用性优势评估时应予以考虑：

除生命周期成本外的其它选择因素

表 6
影响电池系统可用性的因素

问题	历史背景	现状
从实际现场经验来看，阀控式铅酸蓄电池（VRLA）使用寿命非常短。	上世纪 70 年代至 80 年代，阀控式铅酸蓄电池制造商质量控制不善，尤其是大型蓄电池的制造。	阀控式铅酸蓄电池质量有所提高，尤其是用于蓄电池模块中的小型蓄电池，但使用寿命仍远低于排气式蓄电池。
阀控式铅酸蓄电池常突发故障，导致负载掉电。	无法诊断即将发生的故障，造成高的故障率。	采用独立监控的并联电池串，提高了故障诊断能力，使得蓄电池模块能够克服该类问题。
更换阀控式铅酸蓄电池会造成系统保护性能降低，甚至造成宕机。	许多排气式蓄电池在整个系统生命周期内无需更换，而阀控式铅酸蓄电池则需多次更换。	蓄电池模块直接插入电池柜中，更换操作无技能要求。

结论

分析结果表明，不同的 UPS 蓄电池系统生命周期成本迥异。通过三方面的综合考察，我们清楚地了解到蓄电池模块解决方案与阀控式蓄电池和排气式蓄电池相比能节约超过 50% 的成本。用户通常仅对蓄电池系统成本进行对比，这方面的成本差异并不足以促使其放弃他熟悉的电池技术。但是当把基础设施成本也考虑在内时，各种蓄电池系统间的生命周期成本差异则十分显著。这就是为何全球每年售出的所有 UPS 中 99% 以上都采用阀控式蓄电池或蓄电池模块。蓄电池模块可适应性强，不仅可加快部署速度，还能挽回一般数据中心因过度规划而造成的 75% 的成本损失。

尽管阀控式蓄电池和蓄电池模块生命周期成本较低，出于对系统可用性相关的诸多因素的考虑，仍有最终选择部署排气式蓄电池的解决方案。但是，如今蓄电池模块系统技术已经能够解决许多可用性方面的问题。

在实际应用中，与排气式蓄电池系统相比，蓄电池模块系统能够节约超过 90% 的生命周期成本，这主要是因为该系统能根据当前需求适度规划蓄电池系统容量，再根据不断变化的需求，实现按需扩容。

在极限荷载值可预先确定，系统首次调试时就已满额使用的情况下，蓄电池模块系统的许多优势便不复存在。但与排气式蓄电池相比，其在工程设计、安装和维护方面的优势仍然能带来高达 60% 的成本节约。



关于作者

Stephen McCluer 是施耐德电气负责外部法规和标准方面的资深经理。Stephen 在电力保护行业有 30 年的丰富经验，是 NFPA、ICC、IAEI、ASHRAE、The Green Grid（绿色网格）、BICSI 和 IEEE 标准委员会的成员。他在上述这些组织中的多个委员会担任职务，是行业会议热邀的演讲嘉宾，他撰写了多篇有关供电质量的技术论文与文章。此外，Stephen 还是负责重写 2011 版《美国国家电气法规》中信息技术设备要求的任务小组成员。



点击图标打开相应
参考资源链接



[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



[避免数据中心和网络机房基础设施
因过度规划造成的资金浪费](#)
第 37 号白皮书



[浏览所有白皮书](#)
whitepapers.apc.com



[浏览所有 TradeOffTools™ 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

如果您是我们的客户并对数据中心项目有任何疑问：

请与您的施耐德电气销售代表联系，或登录：
www.apc.com/support/contact/index.cfm