

太阳能光伏应用中的储能系统研究^{*}

陈 维^{1 2 3}，沈 辉²，邓幼俊²

(1. 中国科技大学，合肥 230026；2. 中山大学太阳能系统研究所，广州 510275；3. 中国科学院广州能源研究所，广州 510070)

摘要：在独立的光伏系统中，为了进行持续的能量供应必须使用储能装置。本文对在光伏系统中应用的蓄电池的主要特点进行了分析研究。当前在太阳能光伏系统中主要使用的蓄电池是铅酸、镍镉、镍氢蓄电池，本文对他们的性能特点进行了详细的分析总结和比较，并且对在光伏系统中会对蓄电池的性能和寿命有重大影响的因素进行了分析、研究，同时也介绍了两种新型储能系统。

关键词：光伏系统；蓄电池；太阳能

中图分类号：TM912 文献标识码：A 文章编号：1006-0847(2006)01-0021-07

Applying research of storage batteries in photovoltaic system

CHEN Wei^{1 2 3}，SHEN Hui²，DENG You-jun²

(1. University of Science and Technology of China，Hefei 230026；2. Solar System Research Institute of Sun Yat-Sen University，Guangzhou 510275；Guangzhou Institute of Energy Conversion，Guangzhou 510640，China)

Abstract：For a continuous energy supply of all stand-alone photovoltaic systems，the storage batteries are necessary. The paper describes the application feature for batteries in photovoltaic systems. Mainly storage batteries used in photovoltaic system，such as lead-acid，Ni-Cd，Ni-MH batteries are described in detail，and their main characteristics are analyzed and compared. At the same time，this paper studies the influence of the operation conditions in photovoltaic systems on the batteries performance and lifetime，at the same time，two kinds of new storage energy system were introduced.

Key words：photovoltaic system；batteries；solar energy

绪言 光伏应用中储能系统的主要特点

在独立的光伏系统中，系统产生的电能不可能一直满足用电负载的需求，所以通常需要储能装置进行能量调节，图 1 是典型的带蓄电池的光伏系统示意图，在太阳能光伏系统中应用蓄电池的主要作用是：

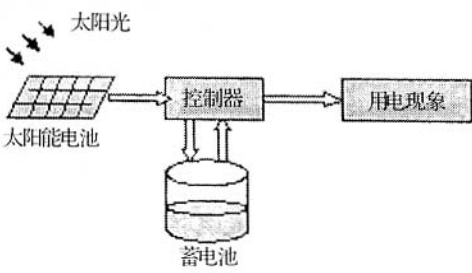


图 1 典型的带蓄电池的光伏系统示意图

(1) 储存能量

在大部分独立太阳能光伏系统中，因为光伏阵列产能和负载用电要求的不一致，在晚上或多云等情况下，光伏阵列不能提供足够的能量时，而用电负载又必须工作时，蓄电池是必要的。

收稿日期：2005-05-20

^{*} 基金支持：2004 年国家十五攻关项目，采用光伏电源的半导体照明系统研发（2004BA411A09）130 万；2004 年度国家十五攻关项目，广东户用光伏建筑一体化工程的设计与示范（2004BA411A19），245 万

(2) 蓄电池对太阳电池的工作电压具有钳位作用

当把太阳电池组件直接连接负载时，由于太阳电池的工作特性受太阳辐照强度、温度等影响很大，使负载常常不能一直工作在最佳工作点附近，系统效率很低，而蓄电池对太阳电池的工作电压具有钳位作用，能够保证系统工作在最佳工作点附近。

(3) 提供启动电流

电动机类设备在启动时通常需要大的启动电流来启动，例如为电冰箱、压缩机、电动车等电动机负载，启动电流常常是额定工作电流的 5 ~ 10 倍。由于光伏组件受到最大短路电流和太阳辐照强度的限制，光伏阵列可能满足不了它们的启动电流要求，而蓄电池能够在短时间内提供大电流给负载启动。

1 光伏系统中蓄电池使用环境

应用于光伏系统中的蓄电池与其工作在其他用途时的工作特点有很大的不同，这些都对太阳能光伏系统中的蓄电池寿命有很大的影响，太阳能光伏系统中的蓄电池应用特点是：

(1) 晚上以及阴雨天蓄电池放电，白天由太阳能电池给蓄电池充电，充电方式属于循环、浮充混合工作方式；

(2) 充电率非常小，平均充电电流一般为 $C/50 \sim C/100$ ，很少达到 $C/5 \sim C/10$ ；(C ：用来表示电池充放电时电流大小的比率)^[1]；

(3) 放电电流小，放电率通常为 $C/20 \sim C/240$ ，时间长、频率高，蓄电池通常处于放电状态，有时候甚至形成过放电；

(4) 一次充电时间短，长的时候也仅仅为白天的 10 h 左右，太阳能光伏系统很少能够做到安全、快速的满充电，蓄电池往往会在一些时间处于欠充电状态；

(5) 除了大型的太阳能电站有专门的放置蓄电池的房间，能做到比较好的维护，其他的小型太阳能光伏系统比如太阳能路灯、太阳能草坪灯等蓄电池工作环境比较恶劣，夏季高温和冬季低温工作也是如此。

2 目前光伏系统中常用的蓄电池

现在在太阳能光伏系统中常用的蓄电池有：铅

酸蓄电池、镍镉蓄电池、镍氢蓄电池。目前中国用于光伏电站系统的蓄电池除有少量用于高寒户外系统采用镍镉电池，大多数是铅酸蓄电池。在小型的太阳能草坪灯和便携式太阳能供电系统使用镍镉或镍氢蓄电池情况比较多，锂电池由于成本以及对充放电控制要求较高的原因，目前在太阳能光伏系统中应用还很少。

2.1 铅酸蓄电池

2.1.1 铅酸蓄电池充放电反应式：

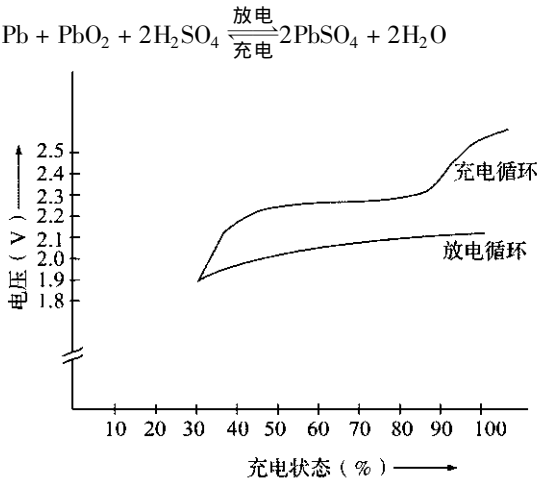


图 2 铅酸蓄电池的充放电曲线

铅酸蓄电池有许多种，目前广泛应用于光伏系统中的主要是固定型排气式铅酸蓄电池和工业型阀控铅酸蓄电池以及小型阀控密封铅酸蓄电池。

表 1 太阳能光伏系统中常用铅酸蓄电池技术特性^[3]

蓄电池种类	循环寿命 (次)	浮充 寿命 (a)	自放电 (%/月)	工作 温度 (℃)	应用场合
固定型铅 酸蓄电 池(2 V)	2 000 (80 % DOD)	10 ~ 15	5	- 15 ~ 55	大型光伏电 站(需要补 充蒸馏水)
工业型阀 控铅酸蓄 电池(2 V)	400 (80 % DOD) 1500 (20 % DOD)	7 ~ 8	5	- 20 ~ 50	主要用于通 信领域,也 用于 200 W 以上的光伏 发电站
小型阀控 铅酸蓄电 池 (6 V ,12 V)	400 (80 % DOD) 1500 (20 % DOD)	7 ~ 8	5	- 20 ~ 50	小于 200 W 的太阳能户 用电源以及 太阳能路灯 等小型太阳 能光伏系统

2.1.2 在太阳能光伏系统中铅酸蓄电池寿命影响因素分析

蓄电池作为光伏发电中的关键部件，蓄电池的

失效和寿命短是阻碍光伏发电独立系统推广应用的主要原因之一。蓄电池的寿命主要决定于光伏系统的类型:(1)循环使用时,其寿命主要依赖于充放电深度。(2)浮充使用时,主要受蓄电池工作温度影响。两种类型的主要区别是光伏系统中蓄电池的容量同负载平均日耗电容量之间比值不同。联系前面提到的太阳能光伏发电系统中蓄电池应用的特点,影响光伏发电系统中铅酸蓄电池寿命的因素主要有下面几点:

(1) 放电深度

放电深度即使用过程中放电到何种程度开始充电,在蓄电池循环使用时其寿命主要决定于放电深度^[1]。因为蓄电池正极活性物质 PbO_2 本身互相结合不牢,放电时生成 PbSO_4 ,充电时又恢复为 PbO_2 而 PbSO_4 的摩尔体积是 PbO_2 的 1.94 倍,因此放电时活性物质体积会发生膨胀,这样在充放电过程中体积将反复发生收缩和膨胀,使 PbO_2 粒子逐渐松弛,变得易于从板栅上脱落。随着放电深度的增加,这种收缩和膨胀的程度越大,结合力的破坏也越大,因此蓄电池的循环寿命也就越短。

(2) 长期欠充状态

由于太阳能资源的随机性,使得应用于光伏系统中的蓄电池难以得到完全的再充,蓄电池往往会在一些时间长期处于欠充电状态,这将导致蓄电池电解液发生分层。电解液分层是指蓄电池在低过充和深度放电时,电池底部的酸浓度高于顶部酸浓度。极板上硫酸浓度的不同分布将导致正极板腐蚀和膨胀,负极板底部硫酸盐化。硫酸盐化是指在负极板板上形成一种粗大、难于接受充电的 PbSO_4 结晶,蓄电池容量减少,此现象又称为不可逆硫酸盐化^[4]。轻微的不可逆硫酸盐化,尚可以用一些方法使它恢复,若严重时则电极失效,蓄电池将充不进电。

(3) 小电流放电

蓄电池的放电电流越大,电流在电极上分布越不均匀,电流优先分布在离主体电解液最近的表面上,从而在离电极最外的表面优先生成 PbSO_4 。而 PbSO_4 的体积比 PbO_2 和 Pb 大,于是放电产物 PbSO_4 堵塞多孔电极的空口,电解液则不能充分供应电极内部的需要,造成电极内部物质不能得到充分利用,因而大电流放电时会降低蓄电池的放电容量。反之放电电流越小,蓄电池放电容量越大,越

容易造成深度放电,极小的放电电流会使硫酸铅的生成量明显增加,对于负极板由于转化为 PbSO_4 后活性物质膨胀产生应力,会造成极板弯曲或活性物质脱落,从而影响到蓄电池的寿命。

根据文献^[5]所述的蓄电池放电时 PbSO_4 结晶机理,在大电流放电时生成的 PbSO_4 晶体颗粒小、数目多,而在小电流放电时形成的 PbSO_4 晶体颗粒数目比较小,尺寸比较大。粗大的 PbSO_4 晶体溶解困难,是不可逆的硫酸盐化,这将减少蓄电池的容量,而且粗大的 PbSO_4 晶体颗粒减少了 PbSO_4 的有效面积,这样在再充电时会加速蓄电池极板极化,进一步影响蓄电池的寿命。

在太阳能光伏系统中,蓄电池放电电流通常非常小,所以在太阳能光伏系统中一般要规定比较高的放电终止电压来减小蓄电池小电流放电的影响。

(4) 过充电

过充电会导致电解液中的水电离,于是阴极上会产生氢气和阳极上产生氧气。如果这些气体被排放会使蓄电池的电解液减少,从而使蓄电池容量减少,而且当排出的气体量很大时有燃烧的危险。同时在过充电时正极活性物质会遭气体的冲击,将使活性物质脱落,此外正极板栅合金也会遭到严重的阳极氧化而腐蚀,因此电池过充电会使蓄电池寿命减小。对于阀控密封铅酸蓄电池过充电情况会更糟,气压过高可能发生爆炸或使蓄电池槽开裂。

对于长期处于浮充状态的蓄电池,由于长时间的浮充会使电解液里游离物质的活性减弱和使铅酸蓄电池端电压产生不均衡,严重时甚至会使个别电池单体正、负极反转,即发生“反极”现象,因此对长期处于浮充的蓄电池通常要进行 1~3 h 的小电流过充的均衡充电来消除长期浮充带来的蓄电池不均衡,然而均衡充电也是过充充电,所以也是不能太频繁的进行,一般一年内进行 1~2 两次。在光伏系统中蓄电池深度放电后,可以进行均衡充电来减少蓄电池的酸分层。

(5) 温度影响

温度对铅酸蓄电池的电解液粘度和电阻有很大的影响,当电解液温度升高时其扩散增加、电阻降低,因此蓄电池的容量及活性物质利用率随温度增加而增加。在环境温度 10~45℃ 范围内,铅酸蓄电池容量随温度升高而增加,如阀控密封铅蓄电池在 40℃ 下的放电电量比在 25℃ 下放电的电量大

10 %左右,但是,超过一定温度范围情况将发生变化,如在环境温度 45 ~ 50℃ 条件下放电,蓄电池容量明显减小。低温 (< 5℃) 时,电池容量随温度降低而减小,低温还会导致负极活性物质利用率下降,影响蓄电池容量,如电池在 - 10℃ 环境温度下放电时,负极板容量仅达 35 % 额定容量。从这方面来看,因为蓄电池的容量会随着温度升高而增加,所以在蓄电池放电时,对于相同放电容量,温度升高时其放电深度降低,因此温度升高在一定范围内对蓄电池寿命延长是有利的,然而温度升高同时会引起蓄电池失水干涸、热失控、正极板栅腐蚀和变形等加速,这些都将影响蓄电池寿命。有文献^[1]显示,对于铅钙合金板栅蓄电池正常工作温度每提高 8℃,蓄电池浮充寿命减少一半。低的工作温度也会对蓄电池的寿命有影响,低温 (< 5℃) 会引起负极失效,温度波动会加速枝晶短路等等,低温时充电,则会造成氢气产生,增大内部压力,缩短电池寿命。

所以综合考虑在设计太阳能光伏系统时对蓄电池安置应最大可能的保证蓄电池有一个良好的工作环境,工作温度控制在 20 ~ 30℃ 内,这样能够延长铅酸蓄电池的寿命。

2.1.3 太阳能光伏系统中铅酸蓄电池的设计

板栅是铅酸蓄电池活性物质的载体,板栅材料对蓄电池的寿命和性能有很大的决定性作用。现在采用的制作板栅的合金材料有低锑合金和铅钙合金。这两种板栅材料各有优缺点,低锑合金板栅抗拉大、延展性好,而且低锑合金板栅与活性物质有较好的结合力,充放循环时不易变形,具有良好的循环寿命;铅钙合金板栅析氢过电位高,水的分解电压相对于铅锑合金蓄电池高,因此充电时,水的分解相对较少,适合长期浮充使用,但是铅钙合金板栅蓄电池由于在板栅与活性物质的界面容易形成硫酸铅,硫酸钙或半导体性质的氧化物阻挡层,增加蓄电池的内阻,使电池的充放电能力降低,循环性能很差。大型光伏电站中的蓄电池一般处于循环使用状态,所以要选用低锑合金板栅,并且能够适应太阳能利用的特点加厚极板厚度,这样可以使蓄电池具有更长的循环寿命,同时为提高蓄电池在深度放电以及深度放电后回充的能力,在大功率光伏电站中要求配套使用大容量单体蓄电池,提高系统的可靠性和效率。当前在小型光伏系统中使用的阀

控铅酸蓄电池一般都是采用 AGM 技术并使用铅钙合金,结合上面提到的在太阳能光伏系统中影响铅酸蓄电池寿命因素分析,普通阀控铅酸蓄电池在光伏系统中使用寿命不是很理想,目前国外和国内的一些公司在进行太阳能光伏系统专用的胶体铅酸蓄电池研究^{[6]-[9]},采用胶体技术的铅酸蓄电池由于胶体本身的固定作用,使胶体铅酸电池内部几乎消除电解液的分层现象;胶体电池比较 AGM 电池有更好的深放电恢复特性,在较高的环境温度下也有更长的使用寿命,更适合太阳能光伏使用的恶劣环境。

2.1.4 充放电控制

铅酸蓄电池一般都要求进行防过充电、过放电控制,目前常用的蓄电池充放电控制方式有两种:一是设定充电终止电压和放电终止电压,当蓄电池端电压达到设定电压时,控制器切断光伏阵列或负载连接 (或进行 PWM 脉冲充电) 防止蓄电池过充或过放,这种方式一般使用在小型光伏系统中;第二种是根据蓄电池的充电状态 (SOC) 进行充放电控制,由于蓄电池的端电压与环境温度、充放电电流、蓄电池容量等很多因素相关,所以第一种方法常常引起蓄电池的过充或过放电,第二种方式更安全、可靠,它能够根据蓄电池的 SOC 智能的选择充电模式,当蓄电池处于低 SOC 时能对蓄电池进行均衡充电,在最短的时间能充满电,并且减少蓄电池长期处于欠充状态引起的酸分层对蓄电池的伤害;当蓄电池在高 SOC 时能够减少过充,它能够根据 SOC 的状态按照顺序选择性断开负载,这种控制方式要用到单片机或 DSP 芯片控制,因此成本比较高,一般应用在大中光伏电站控制中。

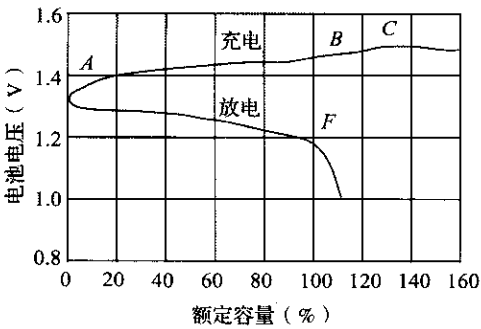
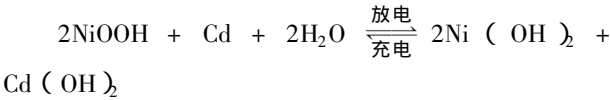


图3 镍镉蓄电池充放电曲线^[7]

2.2 镍镉蓄电池

镍镉蓄电池充放电反应式：

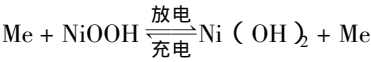


镍镉蓄电池的正极材料为氢氧化亚镍和石墨粉的混合物，负极材料为海绵状镉粉和氧化镉粉，电解液通常为氢氧化钠或氢氧化钾溶液。镍镉电池由于生产工艺的原因，镉晶粒较粗，如果镍镉电池在它们被完全放电之前就重新充电，镉晶粒容易聚集成块而使电池放电时形成次级放电平台。尽管电池本身的容量可以使电池放电到更低的平台上，但是电池会储存这一放电平台并在下次循环中将其作为

放电的终点。在每一次使用中，任何一次不完全的放电都将加深这一效应，使电池的容量变得更低，这就是镍镉蓄电池的记忆效应。而且镍镉蓄电池的废弃物会对环境造成严重的污染，危及人类的健康，在美国有规定要求必须持废弃的镍镉蓄电池购买新电池，避免使用后随便丢弃而污染环境。

2.3 镍氢蓄电池

镍氢蓄电池充放电反应式：



镍氢蓄电池 Ni-MH（镍-金属氢化物）电池，

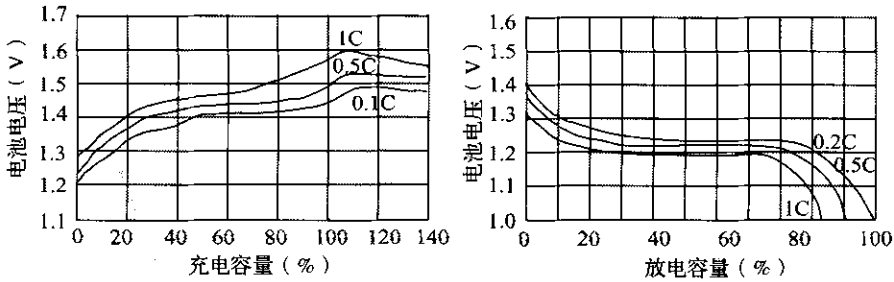


图4 镍氢蓄电池充放电曲线^[10]

是以 Ni(OH)₂ 作为正极，以贮氢合金作为负极，氢氧化钾碱性水溶液为电解液。镍氢电池是在镍镉电池基础上研制的，使用 MH（金属氢化物）电极代替镍镉电池中有毒的镉电极，因此在工作性能上它们之间有很多相似的地方。MH 电极的主要作用是作为放电反应的催化剂和储氢。镍氢电池的能量密度高（同等体积的电池，镍氢电池比镍镉电池容量更大），理论上，镍氢电池是镍镉电池能量密度的 1.5~2 倍多，而且镍氢电池环保性好，镍氢电池不使用有毒物质金属镉，不会污染环境，同时镍氢电池基本上消除了“记忆效应”。

镍氢电池的规格指标和镍镉电池大体一致，在性能上也有不少一样的地方。比较镍镉/镍氢蓄电

池的充放电曲线图 3 和图 4 与铅酸蓄电池的充放电曲线图 2，可以发现与铅酸电池相比镍镉/镍氢电池放电时端电压对时间的梯度更小，放电电压更平稳，只是接近放电终了时，由于活性物质被大量消耗，极化明显增大，电池电压急剧下降至终止电压，一般标称 1.2 V 的镍氢电池可以在 1.2 V 电压以上释放 85 % 的电量。

3 在太阳能光伏系统中常用几种蓄电池比较

太阳能光伏系统对蓄电池提出的要求是：（a）低的价格；（b）高充放电效率；（c）低自放电；（d）长寿命；（e）低维护^[11]。表 2 从多个方面对在太阳能光伏系统中常用的蓄电池进行了比较。

表2 几种常用蓄电池比较

蓄电池种类	电压 (V)	能量密度 (Wh/kg)	价格 (元/Wh)	自放电 (%/月)	容量效率 (%)	循环寿命 (次数)	备 注
镍镉蓄电池	1.2	50	1.4~1.8	15~30	67~75	500	有记忆效应，充放电控制电路简单
镍氢蓄电池	1.2	60	2.4~2.6	25~35	55~65	700	充放电控制电路简单
锂离子电池	3.6	100	4.0~4.5	2~5	95	1000	严格防止过充电/过放电
小型阀控 铅酸蓄电池*	2	30	0.6~0.8	5	90	400	严格防止过充电/过放电

* 小型阀控铅酸蓄电池的循环寿命是指 80 % 放电深度时的寿命。

(1) 从表 2 可以看出, 单位 Wh 价格, 以锂电池价格最高, 是铅酸蓄电池的 5~7 倍, 镍镉蓄电池是铅酸蓄电池的 2~3 倍, 镍氢电池价格目前还是高于镍镉电池的价格, 是铅酸蓄电池价格的 3~4 倍。

(2) 镍镉/镍氢电池有相对简单的充放电控制电路, 这是因为镍镉/镍氢电池都有比较强的耐过充、过放能力, 由于镍镉电池的镉电极和氧化镍电极属于不溶性电极, 因此镍镉电池不会因过充电而引起负极金属枝晶的产生和生长, 也不会引起隔膜破坏而造成电池内部短路。镍镉/镍氢电池都具有一定的耐过放能力, 能够完全放电, 在完全放电(终止电压 1.0~1.1 V) 深循环下, 也有很好的寿命, 因此镍镉/镍氢电池应用于太阳能草坪灯等小型光伏系统中, 只需要为系统设计合适的太阳电池板容量, 而不需要过充、过放保护电路, 这可能使系统控成本降低。

(3) 在正常工作的条件下, 锂电池的充放电容量效率最高, 而镍镉电池的充放电容量效率为 67%~75%, 充放电电能效率为 55%~65%, 镍氢电池的充放电容量效率典型值也只有 66%, 这些值相对于铅酸蓄电池的充放电 90% 的容量效率和以及 80% 的电能效率都明显偏低。

(4) 比较几种蓄电池, 其中以锂蓄电池的寿命最长, 镍镉/镍氢电池的循环使用寿命也长于小型阀控密封铅酸蓄电池。小型阀控密封铅酸蓄电池的循环寿命是指 80% 放电深度时的寿命, 而对镍镉/镍氢电池都是可以完全放电, 但是由于镍镉电池存在记忆效应要求每次充电前都要完全放电。

(5) 自放电率指蓄电池在不使用时失去电荷的速率。镍镉/镍氢电池的自放电率比较高, 镍镉电池为 15%~30% (每月), 镍氢电池为 25%~35% (每月), 而在光伏系统中常用的固定型密封铅酸蓄电池的自放电率只有 5% (每月)。而且高温会加速蓄电池的自放电, 在 45℃ 下镍镉蓄电池的自放电是 25℃ 下的 3 倍^[12]。

(6) 镍镉/镍氢电池都具有较好的低温放电特性, 镍氢电池即使在 -20℃ 环境温度下, 采用大电流(以 1 C 放电速率) 放电, 放出的电量也能达到标称容量的 85% 以上, 因此在高寒地带使用的光伏系统一般使用镍镉/镍氢电池代替铅酸蓄电池。然而, 镍镉/镍氢电池在高温(+40℃ 以上) 时,

蓄电容量将下降, 同时高的环境温度也影响镍镉/镍氢电池充电效率, 若在 40℃ 以上充电, 充电效率会大大降低, 过高的充电温度也会引起电池漏液和性能降低。镍镉/镍氢电池在 10~30℃ 的环境下充电时, 具有最佳的充电效果。

4 新型储能系统

4.1 超级电容储能

超级电容是一种新兴的储能器件, 因其具有数万次以上的充放电循环寿命和完全免维护、高可靠性等特点, 是一种较理想的蓄电池替代产品。

超级电容从原理上可以分为: 双电层电容器和电化学电容器。双电层电容器以活性碳等多孔介质为电极活性材料, 充电时依靠在介质表面吸附电荷进行电能储存, 放电时释放全部吸附的电荷。其储能/释能的过程不同于蓄电池的化学储能, 是物理储能。电化学电容是通过特殊的电化学过程储能: 电极活性物质在电极表面或者体相中的二维或三维空间进行高度可逆的电化学吸/脱附, 或者发生 n 型/p 型元素掺杂/去掺杂反应, 从而产生与电极电荷有关的所谓“法拉第准电容”。目前虽然电化学电容器在储能密度方面要大于双电层电容器, 然而存在材料昂贵和性能不稳定的缺点, 实现商业化有很多困难。双电层电容器技术已经成熟, 已经实现商品化。

比较超级电容和蓄电池, 超级电容的优点是: (1) 能够进行快速充、放电; (2) 循环寿命长, 其反复循环寿命超过 1 万次, 极限寿命可达到 10 万次; (3) 环境温度对正常使用影响不大, 可以在 -35~75℃ 温度范围正常工作, 比普通蓄电池更能适应恶劣的环境条件。但是目前超级电容器在电能储存方面与普通蓄电池还有一定的差距, 其比能量(Wh/kg) 只有铅酸蓄电池的 1/10 左右, 这也限制了现阶段超级电容在太阳能光伏系统中的应用。

4.2 储氢-燃料电池储能系统

储氢-燃料电池储能系统如图 5 所示, 由 3 部分组成: 电解水、氢储存和燃料电池。该储能系统具有清洁环保的优点, 然而由于高的价格和低的整体效率以及复杂的控制使该储能系统距离实用化还有很远的距离, 目前主要应用在展示项目上。



图5 储氢-燃料电池储能系统示意图

结语

在独立太阳能光伏系统中,蓄电池不但是仅次于太阳能电池组件的最重要组成部分,而且又是对系统性能可靠性影响最大的部分。蓄电池的成本在光伏系统的整个寿命期内如果考虑其更换成本,同太阳能电池组件成本相差不是很多。因此发展新的储能技术和先进的控制技术是减少太阳能光伏系统全面成本的重要途径。目前还没有一种蓄电池完全适合所有的光伏系统使用,也有许多因素影响着光伏系统中蓄电池的选择和性能。在现阶段,考虑到性价比和可靠性,铅酸蓄电池还将是最广泛的,在一些特殊场合镍镉、镍氢蓄电池也将得到很好的应用。

参考文献:

[1] David J. Spiers, Asko D. Rasinkoski. Predicting the service lifetime of lead/acid batteries in photovoltaic systems [J]. Journal of Power Sources, 1995, 53: 245 ~ 253.

[2] M. Mack. Solar power for telecommunication [J]. Telecommunication J. Australia 1979, 29 (1) 20 ~ 44.

[3] 王文静等. 中国光伏产业发展研究报告.

[4] F. Mattera, D. Benchetrite. Irreversible sulphation in photovoltaic batteries. [J]. Journal of Power Sources, 2003, 116: 248 ~ 256.

[5] Dirk Uwe Sauer, Jurgen Garche. Optimum battery design for applications in photovoltaic systems-theoretical considerations [J]. Journal of Power Sources, 2001, 95: 130 ~ 134.

[6] M. Fernandez, A. J. Ruddell. Development of VRLA battery with improved separators, and a charge controller, for low cost photovoltaic and wind powered installations [J]. Journal of Power Sources, 2001, 95: 135 ~ 140.

[7] T. Hatanaka, M. Maeda, M. Iwata. Small-capacity valve-regulated lead acid battery with long life at high ambient temperature [J]. Journal of Power Sources, 1998, 73: 98 ~ 103.

[8] 意大利 FIAMM 朱光宇编译. 胶体电池技术及分析 [J]. 电器工业, 2004 (07): 48 ~ 49.

[9] 钱学楼等. 中国胶体蓄电池的现状 & 前景 [J]. 蓄电池, 2004 (1): 31 ~ 34.

[10] 吕鸣祥等. 化学电源 [M]. 天津: 天津大学出版社, 1992. 9.

[11] Abdeas Jossen, Juergen Garche, Dirk Uwe Sauer. Operation conditions of batteries in PV applications. [J]. Solar energy, 2004, 76: 759 ~ 769.

[12] [http://www. powerstream. com/NIMH. htm](http://www.powerstream.com/NIMH.htm)

第十届全国铅酸蓄电池学术年会征文启事

中国电工技术学会第十届全国铅酸蓄电池学术年会拟于 2006 年第四季度召开, 现特向业界工程技术及科研人员征文, 希望踊跃应征。

征文范围:(1) 基础及应用研究;(2) 传统产品的设计及生产工艺的改进;(3) 36 V/42 V 汽车电池的研发;(4) 风光发电系统用 VRLA 储能电池在部分荷电态 (PSOC) 下运行的特点及其循环寿命的改进的研究;(5) 胶体电池的灌装技术, 凝胶的稳定性及确保容量的研究;(6) 非传统结构的铅蓄电池 (如水平电池、圆柱形电池等) 的研发;(7) 电动自行车用电池的循环寿命及其充电技术的改进;(8) 混合动力汽车用铅蓄电池的研发;(9) VRLA 电池热管理系统的研发;(10) 催化栓技术在 VRLA 电池中的应用;(11) 抑制负极硫酸盐化用添加剂的研究;(12) 板栅合金材料及隔板的改进研究;(13) 废旧电池的回收、再生加工、利用现状及其改进;(14) 计算机辅助设计 (CAD) 在电池中的应用;(15) 理化测试、工装及环保设备的改进;(16) 铅蓄电池的使用、维护和管理经验交流;(17) 未列入上述范围的有关铅酸蓄电池及其周边技术的方方面面。

征文要求: 请先提交论文摘要 (1 000 字左右) 两份, 用 A4 复印纸激光打印。摘要力求简明扼要 (着重说明研究试验的结果), 注明作者所在单位、地址及联系方式。论文正文撰写格式及要求将在对摘要初评后另行通知。

收稿地址及联系人: 沈阳市铁西区保工北街 28 号 (110026), 沈阳蓄电池研究所学会秘书处徐红收。邮件请注明“第十届全国铅酸蓄电池学术年会征文”字样。联系电话: (024) 25874282-87; 传真: (024) 25641519; E-mail: syxdes@163.com 或 xuhong8188@yahoo.com.cn