

【内部资料 注意保密】

新晋员工培训教材

# 光伏系统知识

编写： 侯现伟

北京远方动力可再生能源科技发展有限公司

2008-1-18

# 光伏系统知识

## 第一章 光伏系统组成

### 一、概述

太阳能是取之不尽用之不竭的清洁能源。我们不但可以充分利用太阳辐射能量的光热效应（如太阳能真空管集热、槽式光热发电、碟式高温发电、太阳能海水淡化等等），还可以充分利用其光电效应开发各种各样的太阳能光电产品。尽管光电转换效率只有百分之十几，近几年却得到了快速的发展。未来五年内，光伏行业必将突破瓶颈、大刀阔斧、突飞猛进，其应用前景十分的广阔壮丽。投身于光电事业，前途远大，可以说大得无边无际。投身于光伏事业，是在为绿色环保并可持续发展做着贡献；投身于光伏事业，是在为人类健康、明亮、美好的未来添砖铺瓦；投身于光电事业，是无比光荣的，我们应该为自己的勤奋工作而自豪。

### 二、太阳能电池的工作原理

那么电是怎么来的呢？为什么半导体 PN 结经太阳光一照就有电呢？

科学家们将这种光照生电的现象叫做“光生伏打效应”，简称“光伏效应”。光伏效应的核心原理就是 PN 结的“空穴导电”。空穴代表着正电荷，正电荷的移动就形成了电流，这个电流就叫“光生电流”，它与光电池板的面积、光照度、光电池板表面温度等因素有关。

实验证明，光生电流的大小，受光电池板安装角度偏差的影响也是非常大的而且变化迅速，在相同实验条件下，光伏电压对安装角度的偏差变化则反应迟钝，受其影响很小。电池的驱动能力的大小也即电动势的大小与电流是直接相关的，虽然电动势是以“伏特”为单位来表示的，但其“实力”是由内部电流的强弱决定的，实践中我们经常能遇到这样的情况，一节（块）电池的电压还很高，但是电流特别小，电压再高也是虚的。那什么是电流呢？电流就是电子的定向移动。回路中电流的方向永远与电子流动的方向相反。对太阳能电池来说，光生电流的方向就是“空穴”移动的方向，也就是电子流的反方向。

光生电流决定了太阳能电池的发电效率，因此光电产品和光伏工程特别要注意光电池组件板的安装角度。角度偏差一点点，光生电流都会下降很多。

光生电流的产生，表面上看是“空穴导电”形成的，但实质上还是电子的

“定向填充空穴”形成的。那么“空穴移动”和电子“填充空穴”又是怎么回事呢？先看看太阳能电池的制做材料单晶硅的内部结构。

单晶硅内部的分子结构是四价电子结晶形态。硅原子靠这四价电子相互间形成强劲有力的离子键从而即相互吸引、又相互排斥，所有的硅原子都形成有规则的排列，横看成一，竖看成列，纵看成行，美丽而神奇。原子间的空格也叫晶格，是自由电子活动的空间。

P 型半导体就是在美丽的四价单晶硅中掺杂了三价的硼原子，结果，某一个硼原子取代了硅原子，混在晶格中，但因为硼原子周围只有三个电子，必定有一对离子键因失配而呈现“空缺”（缺少一价电子相配），这就存在了一种不稳定或者说不平衡的趋势，“空穴”的形象化比喻由此而来，“空穴”时时表现出使晶格趋于稳定的态势。这就是 P 型半导体的特性。再说说 N 型半导体。与 P 型半导体相类似，单晶硅在高温高压下形成结晶态之前，在纯硅当中掺杂了五价的磷原子，结晶形成后，某一个磷原子占据了硅原子的位置混在晶格中，结果必定有一价电子找不到配对、无家可归因而成为不安定因素。N 型半导体就形成了。

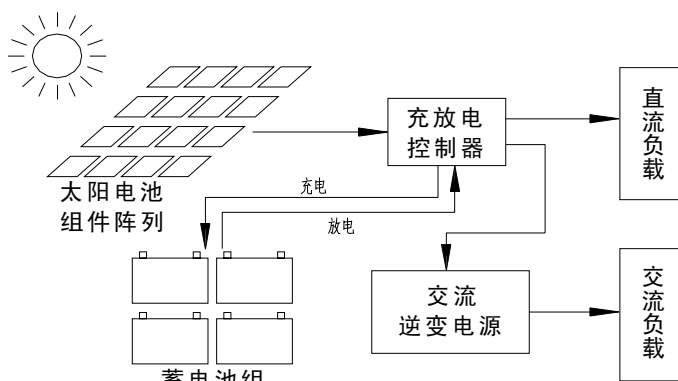
现在要做一件好事，就是把 P 型半导体与 N 型半导体贴合在一起。结果在接触面上就形成了很薄很薄的半导体膜层，这个膜层被科学家称为 PN 结，PN 结是一个内建电场，具有单向导电性，即加上正向电场就导通，加上反向电场就截止。PN 结是半导体器件技术和电子科学发展的最关键之基础。目前实验室内的 PN 结可以细微到纳米级。这意味着超大规模集成电路的开发应用会来一次历史性的飞跃，带给我们的好处是最高档的 PC 机可以制做得很轻、很薄、很小巧。

太阳能电池的外表面——向阳的一面是富空穴的 P 型半导体，紧贴下面的就是富电子的 N 型半导体。在太阳光子的激发下，N 区的自由电子异常活跃，终于冲破 PN 结的阻挡，逐次开始填充 P 区中的空穴。有意思的是，这些空穴由下向上逐次被电子填充，就好象空穴由上而下在悄悄移动。这就是“空穴的移动”，这个移动是虚拟移动，晶格中的每个原子都在各自的位置上纹丝不动，动的只是与正电荷相配对的电子而已。太阳能电池的电动势由此而生。但是，空穴的虚拟移动和电子的实际定向移动还都只是带有电荷的载流子向电池上下

两面的聚集，只能形成电动势，还不能形成电流。要形成电流还得怎么样？还要在电池的两端加上导线使其构成回路才行。

### 三、光伏系统的基本组成

**1、光伏系统基本上由四部分组成：**1、太阳能电池组件；2、蓄电池组；3、蓄电池充放电控制器或称直流控制器；4、直流负载或交流负载。此外，如果负载是交流的，还要为交流负载配备交流逆变电源，可以将交流逆变电源连同交流负载共同视为一个直流负载子系统。如图所示。



光伏系统组成典型原理框图

### 2、光伏系统工作原理

(1) 太阳能电池组件在阳光照射下会产生光伏电压和光生电流，是光伏系统的发电装置。它输出的是直流电，经充放电控制器整定后用来为蓄电池充电；充电的过程是储能的过程。

(2) 蓄电池是光伏系统的储能装置。白天，太阳能被光电池转化为电能，通过给蓄电池充电，电能又转化为化学能。到了晚上，太阳能电池停止发电和充电，蓄电池开始对负载放电，化学能又转化为电能供给光源工作。所以，一个完整的光伏系统在一昼夜间发生了一系列能量的转化：太阳辐射能→电能→

电化学能→电能→电光照明。

(3) 智能化充放电控制器在光伏系统能量转化中起着极其重要的控制作用。这个控制器具有先进的充电控制、放电控制以及过充电保护、过放电保护、过载保护反接保护等一系列保护功能。光伏系统的性能好坏与控制器有着重大关系，可以说充放电控制器是光伏系统的核心。目前光伏系统用充放电控制器都以单片机对充放电过程尤其是充电过程进行严密监控，大大提高了系统可靠性。

### 3、光伏系统的开发应用实例

较大型的光伏系统目前已经得到了广泛的推广应用，比如在无电、缺电且太阳辐照度好的地区建造几十千瓦级的甚至更大装机容量的太阳能电站，这种独立运营的光伏电站称为“离网光伏系统”。但这不是发展的主流。发展的主流是什么？是大面积建设与市电并网的光伏系统。只有建造这样的光伏系统，太阳能发电技术和系统产品才能走入城市、走入乡村、走入小区、走入千家万户。最近，大型并网太阳能电站已纷纷建成，这说明政府官员的绿色环保节能意识在不断提升，伟大的太阳能光伏事业越来越受到政府的认可和支持。

中小型的光伏系统常常应用在屋顶。这就是著名的“光伏屋顶计划”，在我国，不久前，无锡尚德向上海和苏浙地区推出了“1000 屋顶计划”，受到了国家政府有关部门以及中国太阳能协会的高度赞扬和大力支持。这是个好势头，预示着太阳能时代的到来。

最近一两年，太阳能灯具就如雨后春笋，纷纷破土而出。太阳能灯具是小型的独立光伏系统，比较成熟的有用于功能照明的路灯，有用于夜景照明的庭院灯，此外还开发出装饰性很强的太阳能草坪灯。更小的堪称微型的光伏系统产品开发也有所创新，如太阳能应急灯，太阳能便携式电源、太阳能手机充电器等等，非常有诱惑力。

并网系统要比离网系统安全可靠、不受天气的影响，白天为负载供电，多余的电能馈入市电网，如果遇上阴雨天，由市电为负载供电，避免了独立光伏系统受天气影响的弊端。对于独立运行的离网式光伏系统而言，连阴雨天是其软肋，即便将系统设计得再好，也无法避免连阴天造成的蓄电池缺电。通常，

为了使阴雨天系统能够正常工作，连阴雨天常被设计成 3~7 天，假定设计成 5 个连阴天，所配备的蓄电池放电容量基本上是一天负载用电量的 5 倍，成本加大不算，实际上能不能避免阴天缺电呢？实践证明了不能。因为一个月内连续出现 7~9 个连阴天的情况是客观存在的。所以科学合理安全可靠的“光伏并网系统”应运而生。光伏并网系统彻底甩掉了庞大而且沉重的蓄电池包袱，也就免去了蓄电池场地占用，同时免去了蓄电池复杂的充放电管理制度，免去了充放电控制器环节，也免除了循环蓄电池寿命太短而造成的系统维护费用。所以说并网更加科学合理、经济实用。

大力推广光伏并网发电，就是为推广绿色环保并可持续发展做贡献；大力推广光伏并网发电，就是为人类现在及未来明亮、洁净、健康的美好生活添砖铺瓦。不论是推广者还是使用者，我们都一样的光荣，因为我们都心甘情愿地承担着一份社会责任。

并网系统要比离网系统安全可靠、不受天气的影响，白天为负载供电，多余的电能馈入市电网，如果遇上阴雨天，由市电为负载供电，避免了独立光伏系统受天气影响的弊端。对于独立运行的离网式光伏系统而言，连阴雨天是其软肋，即便将系统设计得再好，也无法避免连阴天造成的蓄电池缺电。通常，为了使阴雨天系统能够正常工作，连阴雨天常被设计成 3~7 天，假定设计成 5 个连阴天，所配备的蓄电池放电容量基本上是一天负载用电量的 5 倍，成本加大不算，实际上能不能避免阴天缺电呢？实践证明了不能。因为一个月内连续出现 7~9 个连阴天的情况是客观存在的。所以科学合理安全可靠的“光伏并网系统”应运而生。光伏并网系统彻底甩掉了庞大而且沉重的蓄电池包袱，也就免去了蓄电池场地占用，同时免去了蓄电池复杂的充放电管理制度，免去了充放电控制器环节，也免除了循环蓄电池寿命太短而造成的系统维护费用。所以说并网更加科学合理、经济实用。

大力推广光伏并网发电，就是为推广绿色环保并可持续发展做贡献；大力推广光伏并网发电，就是为人类现在及未来明亮、洁净、健康的美好生活添砖

铺瓦。不论是推广者还是使用者，我们都一样的光荣，因为我们都在心甘情愿地承担着一份社会责任。

在并网光伏系统中，太阳能电池组件是用来发电的装置，直流电生产出来，要变换成合乎市电规范的交流电，也既符合市电标准电压正弦波形和标准电流余弦波型，逆变的三相交流电每一相的正弦波和余弦波要与相对应的市电单相电同相位、同频率、同振幅此外 ABC 三相相位角互成  $120^\circ$ ，才可以将逆变的单相电或三相电并入市电网。

光伏发电系统并网有两种方式，一种是单相并网，另一种是分组三相并网方式。对于小型光伏电站，采用单相集中逆变方案比较简洁，所谓单相集中逆变就是将太阳能电池所生的各支路直流电全部汇并到直流电源母线上，然后集中输送给单台逆变电源输入端，逆变电源输出单相交流电，并入市电网。对于装机容量（20KW）较大的电站，建议采用分组三相并网方式。这样设计有三个优点，一是避免三相不平衡；二是一旦有一组（发电和逆变系统将平均分为 ABC 三个单相组）出现了故障不至于影响全局；三是系统直流母线电流大幅度降低，传输线上的电热损耗也会大大降低，线缆的载荷能力也不必要求过高，线径当然也就用不着设计得那么大，这对安装施工和降低安装成本都是有利的。

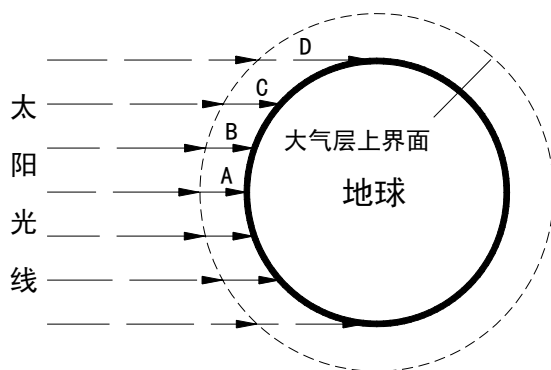
不论是单相并网还是三相并网，用电负载都仍然接在市电网上，并网前后的不同是，市电网因有光伏电力的并入会出现调峰电压，这个调峰电压会使用户电度表逆转，电度表逆转读数当然会减少，由此就可冲减总的用电数量。如光伏发电一千瓦时，读数就减少 1 度电。用户最终只需付市电用电和光伏发电电量之间的差额费用即可。

#### 四、几个比较常见的光伏系统概念

**1、太阳常数：**在地球大气层的上界，由于太阳光线不受大气层的影响，太阳辐射能有一个比较恒定的数值，这个数值就叫太阳常数。它表明了地球在单位时间内与单位面积上能够接受多少太阳能。具体定义：在地球大气层上界、垂直于太阳光线的平面上，每平方米每分钟接受的太阳总辐射能为  $1367 \pm$

$7\text{W}/\text{m}^2$ ，这个数值就是太阳常数。

**2、大气质量：**通常把太阳处于  $90^\circ$  高度时，光线穿过大气层的路程，称为 1 个大气质量。大气质量越大，太阳光线经过大气的路程就越长，太阳光线的衰减就越多，光照强度也就越弱，到达地面的辐射能量也就越小。



所以说，太阳辐射能是由低纬度向高纬度逐渐减弱的。如图所示。显然，光线穿过大气层的路程 A 段最短，D 段最长。

国际上通行的标准的太阳能电池测试条件是：阳光普照度为  $1000\text{W}/\text{m}^2$ ，大气质量  $\text{AM}=1.5$ ，环境温度  $25^\circ\text{C}$ 。参照上图，A 段区域的大气质量  $\text{AM}=1$ ，那么  $\text{AM}1.5$  应在 B 段区域或 C 段区域。

### 1、开路电压 $V_{oc}$ 、短路电流 $I_{sc}$

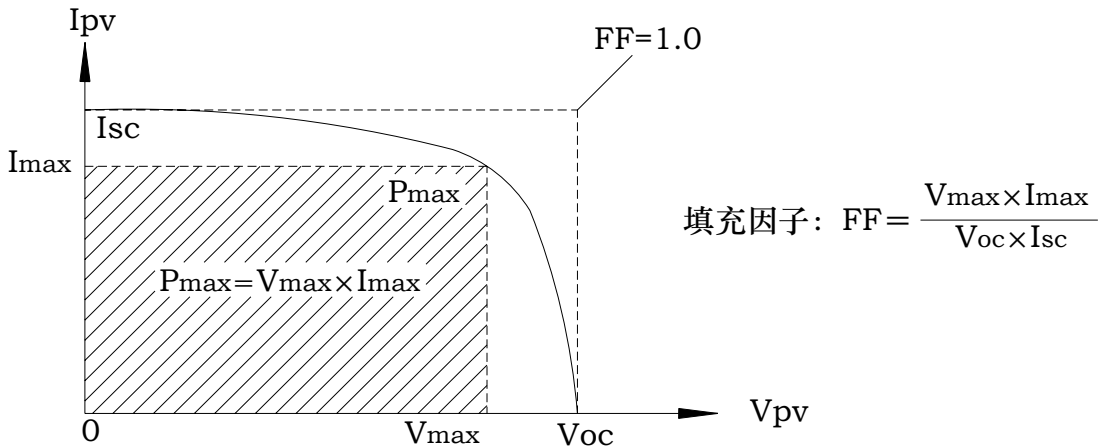
太阳能电池组件在光照下便可发电，使光电池正负极间开路，测得的电压值就叫开路电压  $V_{oc}$ ；测量方法：用高内阻电压表表笔跨接在光组件正负极间即可。开路电压是在电池与负载回路开路（负载电流为零）的情况下的重要指标。

若使光电池正负极间短路，测得的电流值就是短路电流  $I_{sc}$ ，测量方法：用低内阻电流表表笔跨接在光组件正负极间即可。短路电流是在电池与负载回路中负载被短路（负载电压为零）的情况下的重要指标。

### 2、填充因子 FF



填充因子也是衡量太阳能电池性能的一项重要指标。它表明了太阳能电池的“出力”效率。“出力”也是光伏技术中经常使用的专业术语，意思就是太阳能电池的发电能力。一般有两种说法，当谈到光生电流的大小时，常说成是太阳能电池的“电流出力”大小；当谈到光伏电压大小时，口语中常说成“电压出力”大小。参看下图及公式来进一步理解“填充因子 FF”。



太阳能电池输出伏安特性曲线

在图中可见，开路电压  $V_{oc}$ 、短路电流  $I_{sc}$  都是光电池的极限值，当光电池接入系统也即接入负载（一般都是待充电的蓄电池组）后， $V_{oc}$  及  $I_{sc}$  是不存在的。但是理论分析和测试分析上  $V_{oc}$  及  $I_{sc}$  是两个很重要的参数。

上图中曲线上总能找到一点最大功率输出点  $P_m$ ，使得  $I \times V$  最大，见上图中阴影面积（在伏安特性曲线中，面积等效于功率）。 $P_{max}$  称为峰值功率，效率  $FF$  就称为填充因子，见上图右边数学模型。

一般，在标准测试条件（STC）下，峰值功率  $P_{max}$  点上填充因子  $FF=0.75$ ；这个结论是很多实践证实了的，所以可以根据开路电压、短路电流来估算光电池组件的峰值功率。

## 5、各地区平均峰值日照时数

峰值日照时数是指一天中太阳光辐射到具有一定安装角度的平面上的有效

时间段，也即一天中，太阳能电池板可获得的太阳辐射能量的有效时间段。这个数值一般为 3~6 个小时左右。这个日照时数非常之重要，是光伏系统设计中太阳能电池容量配置设计中必须用到的一个参数，这个参数可以在公开或半公开的技术资料中查得到，可以直接拿来用。如济南地区平均日照时数为 4.443，安装一套峰值功率为 1000Wp 的太阳能电池组件，平均日发电量(千瓦时 KWH，即电度表中“度”的单位)就可以知道了：为 4.443 度。

## 第二章 太阳能发电装置：太阳能电池组件

### 一、产品说明

太阳电池组件是将单体太阳电池串、并联和严密封装制成的，这是因为：

- 1、单体太阳电池由单晶硅和多晶硅材料制成的，其机械强度弱，不能承受较大力的撞击，薄而易碎。
- 2、大气中的水分和腐蚀性气体会慢慢锈蚀和氧化电极，逐渐使电极脱落，寿命终止，因此须将电池电极与大气隔绝。
- 3、单体电池的工作电压只有 0.4V-0.45V，远不能满足一般用电设备的电压要求，单体电池尺寸受硅材料尺寸所限，输出功率小。

因此常将单体太阳电池组合封装成可作为独立电源使用的组件。目前市场上的单体太阳电池：按规格分主要有 103\*103、125\*125、150\*150 三种。

按制造电池材料可分为单晶硅和多晶硅类型。

### 二、太阳电池的电气特性和电气参数

- ❖ 短路电流 (Short circuit current)  $I_{sc}$  在一定的温度和辐照条件下，光伏发生器在端电压为零(短路)时的输出电流。
- ❖ 开路电压 (Open circuit voltage)  $V_{oc}$  在一定的温度和辐照条件下，光伏发生器在空载(开路)情况下的端电压。
- ❖  $I_m$  为最大工作点电流 (Optimum operating current)，我们通常称为峰值电流。
- ❖  $V_m$  为最大工作点电压 (Optimum operating voltage)，我们通常称为峰值电压。
- ❖ 峰值功率 (Typical maximum power)  $P_m = I_m V_m$ ，它是电池的最大输出功率，

我们通常称为峰值功率。

- ❖ 评价太阳能电池输出特性的另一重要参数是填充因子： $FF = P_m / V_{oc}I_{sc} = V_m I_m / V_{oc} I_{sc}$ ；在一定光强下，FF愈大，曲线愈方，输出功率愈高。
- ❖ 太阳能电池的转换效率：太阳能电池的转换效率用  $\eta$  表示，即太阳能电池最大输出功率与照射到电池上的入射光的功率之比。

### 三、相关光伏术语

**单体太阳能电池：**具有正负极并能把太阳辐射能转换成电能的最小太阳能电池单元。

**转换效率：**指受光照太阳能电池的最大功率与入射到该太阳能电池上的全部辐射功率的百分比。

**组件（太阳能电池组件）：**指具有封装及内部联结的能单独提供直流电输出的最小可分割的太阳能电池组合装置。

**板（太阳能电池板）：**由若干个太阳能电池组件按照一定方式组装在一块板下的组装件叫板（一板，常为方阵的一个单元）。

**方阵（太阳能电池方阵）：**由若干个太阳能电池组件或太阳能电池板在机械和电气上按照一定方式组装在一起并且有固定的支撑结构而构成的直流发电单元。

### 四、电池组件特点

- ❖ 按国际电工委员会IEC1215：1993标准进行设计，并经过充分的试验论证，确保组件的质量、电性能和寿命要求。
- ❖ 组件采用优质的单晶硅太阳能电池，转换效率高。
- ❖ 组件的标称工作电压和标称输出功率可按不同的要求设计，满足不同用户的需求。
- ❖ 具有足够的机械强度，能经受运输、安装和使用过程中发生的冲击、震动和其他应力，并具有优良的防腐、防风、防水和防雹能力。
- ❖ 组件的绝缘强度大于 $100M\Omega$ 。
- ❖ 产品使用寿命不小于15年；

### 五、太阳能电池组件结构

太阳能电池组件的可靠性很大程度上取决于其防腐、防潮、防冲击等能力：这就取决于组件的封装结构、边缘密封效果和组件背面接线盒的质量。

目前太阳能电池组件所采用的封装结构为：玻璃—EVA(乙烯—醋酸乙烯共聚物)—太阳能电池—EVA—TPT膜(耐候性复合氟塑料膜)层叠封装，再组装导线、接线盒、边缘密封带和铝合金框架，这种结构中电池和接线盒之间可直接用导线连接。组件制造过程中所使用的材料、零配件和结构在寿命上互相一致，不会因一处损坏而使整个组件失效。

## 六、太阳能电池组件封装材料

1. **玻璃**：采用低铁钢化玻璃（又称为白玻璃），厚度3.2mm, 透光率达91%以上。此玻璃同时能耐太阳紫外光线的辐射，透光率不下降。
2. **EVA**：采用加有抗紫外剂、抗氧化剂和固化剂的厚度为0.5mm的优质EVA膜层作为太阳能电池的密封剂和与玻璃、TPT之间的连接剂。具有较高的透光率和抗老化能力。
3. **TPT**：太阳能电池的背面：覆盖物—氟塑料膜为白色，对阳光起反射作用，因此对组件的效率略有提高，并因其具有较高的红外发射率，还可降低组件的工作温度，也有利于提高组件的效率。当然，此氟塑料膜首先具有太阳能电池封装材料所要求的耐老化、耐腐蚀、不透气等基本要求的。
4. **边框**：所采用的铝合金边框具有高强度，抗机械冲击能力强。

## 第三章 储能设备：蓄电池

### 一、概述

光伏系统中蓄电池是用来储存电能的部件。在蓄电池中，电能被转化为化学能，这就是蓄电池充电的过程；当太阳能电池给蓄电池充电完毕，负载开始用电的时候，蓄电池中的化学能就开始转换为电能，这就是蓄电池的放电过程。

目前在光伏系统中常用的蓄电池基本上是密封铅酸蓄电池。为什么？因为这种电池非常便宜。但是，因为这种电池是密封免维护的，与以往的开口式铅酸蓄电池相比，不能人工加水、加酸并在线测试电池电解液的温度、比重、电压来切实维护，所以这种铅酸密封免维蓄电池对充电制度和放电制度要求极为精细严格，再也不能用过去那种粗放式的简单充放电方法来管理蓄电池了，所以现在蓄电池技术专家们已经研究出更加科学安全的充放电制度来，比如 PWM

（脉宽调制）充电技术，就非常好，而且充放电控制器也嵌入了单片计算机系统对受控蓄电池组进行严密监控。有关控制器的知识将在下一章中介绍。

蓄电池是光伏系统中的最重要的组成部件。为什么？因为蓄电池这东西太娇气、太娇贵。稍微使用不当，它都要完蛋。如果储能部件坏掉了，光伏系统还能正常工作吗？显然不能。因为太阳能电池（目前）的光电转换效率太低了，根本不可能象火电厂的发电机组一样在线直供。什么时候光电转换效率能提高到 85%了，什么时候才可以设想太阳能电池的在线直供。那么目前这个状况我们只能是好好设计、好好使用、好好保养蓄电池。不要让其过充电，也别让它过放电，也不要让它天天欠充电。

过充电的危害是使蓄电池失水，因为过充态会使蓄电池过多释气，严重时会发生水的电解这种极端恶劣的情况。失水后电解液浓度变高、温度升高，电极电压进一步上升，从而加速电池的失水。进入恶性循环后，电池很快就会完蛋。与过充危害相类似的还有蓄电池的“热失控”现象，这也是一大危害，“热失控”也是由于充电电压过高引起的。可见过充电是铅酸蓄电池的致命杀手。

欠充或过放则会使蓄电池电解液中的纯硫酸盐化，负极板生成粗大难溶的硫酸盐，电解液中活性物质降低，电池容量自然变小。使用中会感觉电池充电时很快就满了，但是用电时很快就放空了，根本无法正常使用。

## 一、 蓄电池的分类知识

1、蓄电池按放电时间的不同的分类，一般分为五大类：

- 1、放电时间  $T < 10S$  钟的，一般是启动用蓄电池；
- 2、放电时间  $T = 40 \sim 45min$  (分钟) 的，一般为 UPS 用蓄电池；
- 3、放电时间  $T = 1 \sim 3h$  (小时) 的，一般为通信电源机房备用蓄电池
- 4、放电时间  $T = 4 \sim 20h$  (小时) 的，可以做为光伏系统用蓄电池；
- 5、放电时间  $T > 20h$  (小时) 的，一般为牵引类蓄电池。

可见，光伏用蓄电池应以“日”（24 小时）做为充放电周期，也就是说光伏蓄电池是按“天”循环使用的蓄电池。实际上光伏系统用蓄电池也只能是按天循环使用的，因为只有白天能充电，晚上不能充电只能放电。

### 1、常用蓄电池型号中的符号含义说明

铅酸蓄电池型号中经常出现的字母有以下几个，说明如下：

Q ——起动用；    G ——固定型；    FM ——阀控免维；

J ——胶体电池；

例如：某铅酸蓄电池型号规格为 GFM12V100AH，意为：固定（即非车船用移动型的）阀控式密封免维铅酸蓄电池。

## 二、    光伏用蓄电池与通信机房用蓄电池的区别

光伏用蓄电池是白天充电夜晚放电。这与第三类通信机房用蓄电池是有所不同的。通信机房用蓄电池一般是处于浮充使用的。所谓浮充使用，就是蓄电池组不是做为主用电源，而是仅仅作为市电备用电源使用，所以浮充蓄电池组始终与负载保持着物理连接。同时，蓄电池组也与直流配电柜始终保持着物理连接，直流控制柜不但给负载供着电，同时，还在给与负载连接的蓄电池组以小电压小电流充着电，三者靠可控硅自动切换，一旦市电停电，直流控制柜停止供电，蓄电池电力无缝接续。

实际上，通信用电都属于一级用电类别，是不允许停电的，尤其是铁路通信用电，不但有一级市电供电，还配备有铁路专线供电作为保障，根本就不可能停电。我在铁路通信行业工作过六年，基本上没遇到过机房停电的事故（铁路通信机房停电，属于重大责任事故）。那么，蓄电池平时几乎不放电，所以也只能是浮充。那既然不放电，电池始终是满的，为什么还要浮充？就是因为电池静置时会有很微小的自放电现象，同时，因为通信电源机房用电池几乎都选用 2V 大容量（3000AH 上下）蓄电池，24 节蓄电池串联构成 48VDC（通信设备按 GB 规定全部使用-48VDC，这也是世界通行标准）后，还要两组并联用以倍增蓄电池容量。那就不可避免地会出现微小环流问题。如果不充电，时间久了，蓄电池电压会下降不说，还会出现电池单体“激进”和“落后”现象，那种单体的不一致性，对全体蓄电池来说是一种危险因素。所以，即便蓄电池不放电，平时也要浮充电。所谓“浮”，是个很形象生动的比喻，假如将蓄电池的标称电压 2V 视为水面的话，充电电压始终以略微高一点的恒定电压（一般为 2.15 V~2.250V）充电，看起来充电电压就象是水面上漂浮的冰块一样。

无人值守的通信电源机房偶尔也会发生停电事故，一般也都是因雷击、失

火、发大水等不可抗力造成的，市电一停，蓄电池组立即投入工作，但能工作多久呢？只能工作 1~3 个小时。其放电深度是很浅的。这期间动力系统配备的远程自动监控系统会向中心机房发出停电报警，值班员会立刻汇知维护人员，到达现场后要启动备用柴油发电机，等待抢修。柴油发电机启动后，蓄电池自动离线。如果这 3 个小时内既不恢复供电也不启动柴油发电机、此外负载系统又不具备“二次掉电保护”功能，那蓄电池组肯定要放亏了。联通和铁通因管理疏忽经常出这样的事故。可见通信机房蓄电池在电力配供系统中起到的仅仅是停电供电衔接作用，这与光伏系统用蓄电池的作用是完全不同的。

所以，为光伏系统配备蓄电池，一定要采用那种可循环使用的蓄电池，千万不能用浮充使用的蓄电池取而代之，否则，光伏系统的配置设计就是个失败的设计。

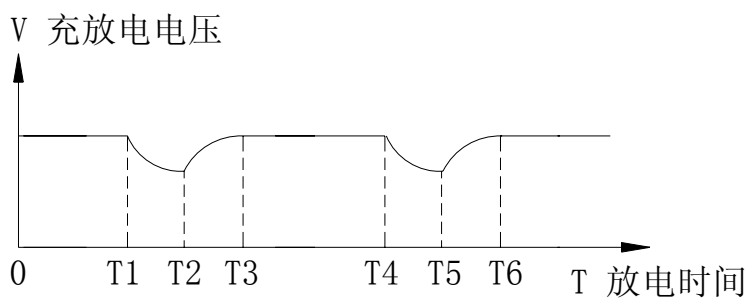
综上所述，可以列出光伏蓄电池与通信用浮充蓄电池的区别：

表 1:

区别 电池类型	使用寿命及 标示方法	放电 深度	放电时间	充电制度	使用方式	充电电 压曲线
通信用浮充 式蓄电池	按浮充时间 标示，单位： “年”	很浅	较短， 1~3 小时	低压恒压， 慢速充电	备用，停电 时投入使用	平缓， 呈维持状
光伏用循环 式蓄电池	按循环次数 标示，单位： “次”	较深	较长， 4~20 小时	多种充电方 式组合，阶 梯或阶段充 电，可快速 充电	主用，每天 晚间都要投 入使用	曲折， 呈锯齿状

另外，也可对比一下两种电池充放电曲线，您会更直观地看到两者的差别。

1、浮充蓄电池充放电曲线示意图：



说明：0~T1，是蓄电池处于浮充平台阶段；

T1~T2，是市电停电后蓄电池组的放电过程，一般放电时间1~3小时；

T2~T3，是市电恢复供电后对蓄电池组的充电过程（直充）；

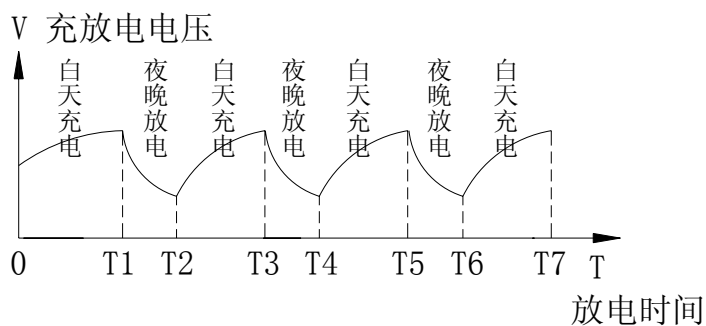
T3~T4，又进入浮充平台区；

T4~T6，又一次停电造成的充放电循环；

T3~T4的平台期可能几天、几个月，也可能很长甚至一年也不停一次电。

T1~T2、T4~T5的放电深度受停电时间的影响，停电时间短，放电就浅些，停电时间长，放电就深些。

## 2、循环蓄电池充放电曲线示意图：



说明：0~T1，是太阳能电池对蓄电池首次充电过程；

T1~T2，是夜晚蓄电池组的放电过程；



T2~T3, 是第二天白天蓄电池组的充电过程, 当然实际充电过程是分阶段的很复杂的一个进程, 本图只是示意;

T3~T4, 又一个夜晚放电过程;

T4~T6, 是又一天的充放电循环。

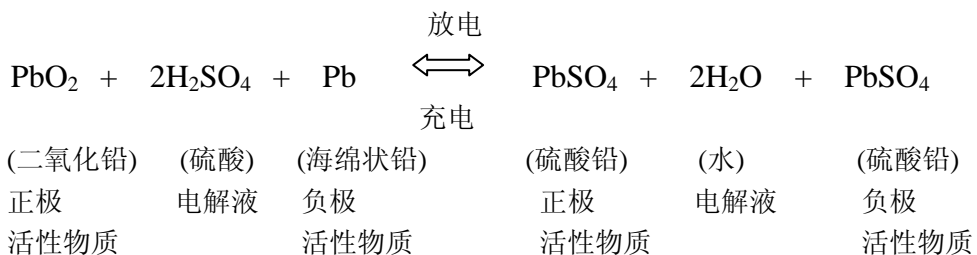
由图可见, 两者的使用方式是不同的。

#### 四、铅酸蓄电池反应方程式

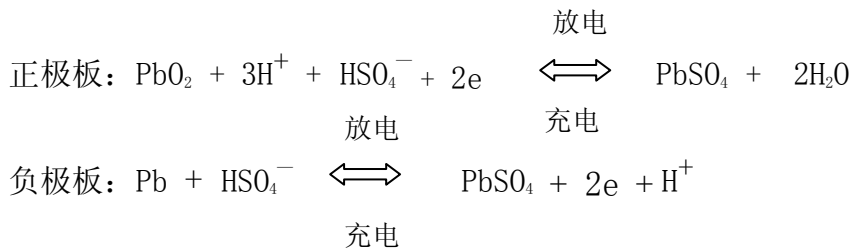
光伏工程技术人员应该了解铅酸蓄电池的电化学原理, 最起码要知道:

- 1、铅酸蓄电池的正负极板是什么物质构成的, 电解液中的活性物质有哪些;
- 2、放电过程是什么物质生成了什么物质, 充电过程是什么物质生成了什么物质;
- 3、充放电过程中除了正反应还有哪些副反应发生, 副反应会造成什么危害。

铅酸蓄电池典型的电化学反应方程式如下:



以上方程式还可以另表示为:



另外, 充电过程中除有正电化学反应之外, 还会产生不应该有的副反应:

在正极： $\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ ；——主反应；  
 $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ ；——副反应，有氧气释出；

在负极： $\text{PbSO}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ；——主反应；  
 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$ ；——副反应，有氢气释出。

充电过程中的副反应都是不应该有的。这两个副反应不是因为过充造成的，而是因为低温下充电不足造成的。低温下使蓄电池长期处于欠充状态对蓄电池的损害不亚于过充！所以在进行光伏系统配置设计时宁可把太阳能电池组件设计得大一些，也不能让蓄电池天天“吃不饱”！

从以上电化学反应式可知，蓄电池充电过程是电化学还原反应，电解液中的活性物质纯硫酸浓度增加，即活性物质被还原；蓄电池放电过程是电化学的氧化反应，电解液中的硫酸被消耗，致使活性物质浓度减小，当小到一定程度时蓄电池也就到了终止电压点了，应停止放电。

## 五、铅酸蓄电池充放电控制点电压：

表 2：铅酸蓄电池充放电控制点电压：

电池电压	直充保护点电压 V	恢复电压 V	均充控制点电压 V	浮充控制点电压 V	过放保护终止电压 V	备注
单格 2V	2.40	2.27	2.45	2.30	1.80	通常为 2.35~2.40
单节 12V	14.40	13.60	14.70	13.80	10.80	每单节 12V 含 6 个单格
2 串 24V	28.80	27.2	29.40	27.60	21.60	两节 12V 电池串联为一组

### 说明：

1、**直充保护点电压：**直充也叫急充，属于快速充电，一般都是在蓄电池电压较低的时候用大电流和相对高电压对蓄电池充电，但是，有个控制点，也叫保护点，就是上表中的数值，当充电时蓄电池端电压高于这些保护值时，应停止直充。直充保护点电压一般也是“过充保护点”电压，充电时蓄电池端

电压不能高于这个保护点，否则会造成过充电，对蓄电池是有损害的。

**2、均充控制点电压：**直充结束后，蓄电池一般会被充放电控制器静置一段时间，让其电压自然下落，当下落到“恢复电压”值时，会进入均充状态。为什么要设计均充？就是当直充完毕之后，可能会有个别电池“落后”（端电压相对偏低），为了将这些个别分子拉回来，使所有的电池端电压具有均匀一致性，所以就要以高电压配以适中的电流再充那么一小会，可见所谓均充，也就是“均衡充电”。均充时间不宜过长，一般为几分钟~十几分钟，时间设定太长反而有害。对配备一块两块蓄电池的小型系统而言，均充意义不大。所以，路灯控制器一般不设均充，只有两个阶段。

**3、浮充控制点电压：**一般是均充完毕后，蓄电池也被静置一段时间，使其端电压自然下落，当下落至“维护电压”点（见上表）时，就进入浮充状态，目前均采用 PWM（既脉宽调制）方式，类似于“涓流充电”（即小电流充电），电池电压一低就充上一点，一低就充上一点，一股一股地来，以免电池温度持续升高，这对蓄电池来说是很有好处的，因为电池内部温度对充放电的影响很大。其实 PWM 方式主要是为了稳定蓄电池端电压而设计的，通过调节脉冲宽度来减小蓄电池充电电流。这是非常科学的充电管理制度。具体来说就是在充电后期、蓄电池的剩余容量（SOC）>80%时，就必须减小充电电流，以防止因过充电而过多释气（氧气、氢气和酸气）。

**4、过放保护终止电压：**这比较好理解。蓄电池放电不能低于这个值，这是国标的规定。蓄电池厂家虽然也有自己的保护参数（企标或行标），但最终还是要向国标靠拢的。需要注意的是，为了安全起见，一般将 12V 电池过放保护点电压人为加上 0.3v 作为温度补偿或控制电路的零点漂移校正，这样 12V 电池的过放保护点电压即为：11.10v，那么 24V 系统的过放保护点电压就为 22.20V 。目前很多生产充放电控制器的厂家都采用 22.2v (24v 系统) 标准。

## 六、铅酸蓄电池使用环境

阀控式免维铅酸蓄电池的使用环境有两点需要注意，一是使用环境要通风良好，坚决不能使电池工作在密闭容器中。以往这种密闭用法已发生过剧烈爆

炸。第二就是温度不要低于 $-8^{\circ}\text{C}$ ，温度过低会使蓄电池变得很迟钝，充电接受能力大幅度下降，充也充不进去；此外放电深度也大受影响，根本达不到通常的要求。温度对蓄电池的影响还是很大的。

当温度升高时，要适当减少蓄电池充电保护电压；反之，当温度降低时，要适当增加充电保护电压。对密封式铅酸蓄电池尤其如此。典型的温度补偿系数为 $-5\text{mV} \sim -3\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ 。

这个补偿在充放电控制器里面就考虑了，所以为了蓄电池的使用安全，必须将温度检测探头安装在蓄电池身上，好让控制器自动进行温度补偿计算。具体的安装方法：将温度探头贴装在某节电池的侧面中间位置。

## 七、小结

阀控式密封铅酸蓄电池被广泛应用于太阳能光伏系统工程中。

其优点是：

1、在充电时正极板上产生的氧气在负极板上遇氢气可还原为水，这样就实现了再化合，因而可以免维；

- 1、高倍率放电性能良好。能以 3 倍率~5 倍率甚至 9~10 倍率放电；
- 2、电化学转换效率高，单格电池电压最高，可达 2.2V；
- 3、易于浮充及循环使用，没有“记忆效应”；
- 4、高低温性能较好；
- 5、价格便宜。

其缺点是：

1、必须严格控制充放电制度，因而对充放电控制器的要求非常高，最好是采用微处理器对充电电流和放电电压甚至是 SOC（蓄电池的荷电状态，直白了说就是剩余容量）进行精密监测，从而更加准确及时地采取相应措施。要求高了实际上很难能达到，控制器做得最好最认真的还得是德国产品，但是德国的产品价格很高，难以长期大量推广；

- 2、一旦过放或经常欠充，会导致电极的不可逆硫酸盐化从而容量降低；
- 3、由于使用不当可能有氢气析出，所以有爆炸的危险。

总之，阀控式密封铅酸蓄电池比较适合光伏系统工程配备。但是要设计合理，维护得当。