

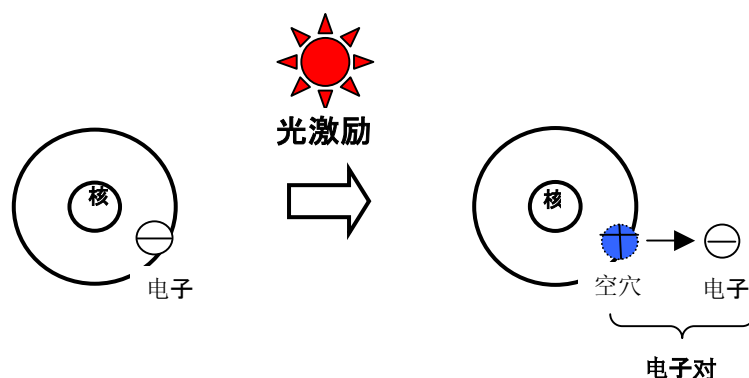
## 一, 基础知识

### (1) 太阳能电池的发电原理

太阳能电池是利用半导体材料的光电效应, 将太阳能转换成电能的装置.

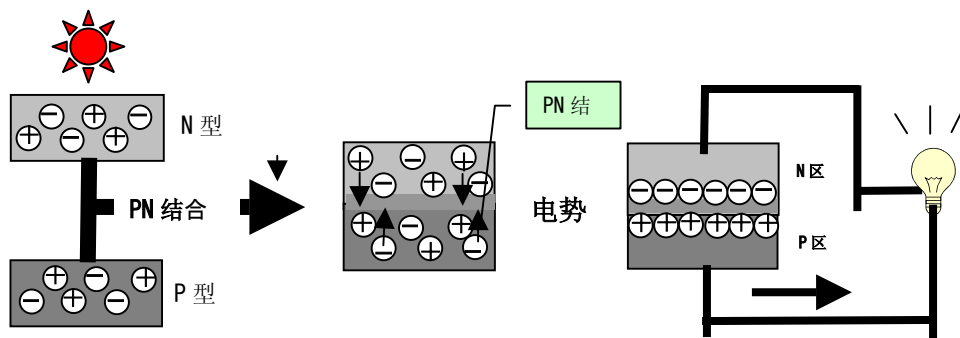
#### ● 半导体的光电效应

所有的物质均有原子组成, 原子由原子核和围绕原子核旋转的电子组成. 半导体材料在正常状态下, 原子核和电子紧密结合 (处于非导体状态), 但在某种外界因素的刺激下, 原子核和电子的结合力降低, 电子摆脱原子核的束缚, 成为自由电子.

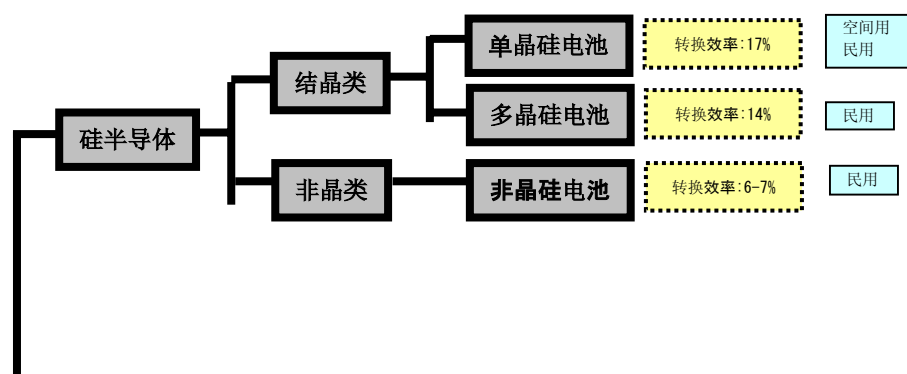


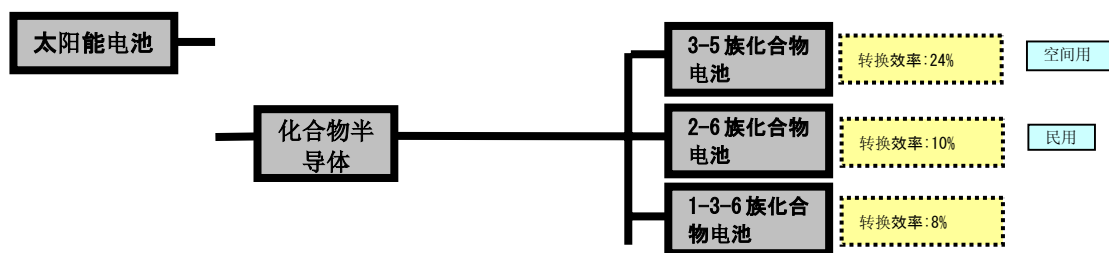
#### ● PN 结合型太阳能电池

太阳能电池是由 P 型半导体和 N 型半导体结合而成, N 型半导体中含有较多的空穴, 而 P 型半导体中含有较多的电子, 当 P 型和 N 型半导体结合时在结合处会形成电势. 当芯片在受光过程中, 带正电的空穴往 P 型区移动, 带负电的电子往 N 型区移动, 在接上连线和负载后, 就形成电流.



### (2) 太阳能电池种类



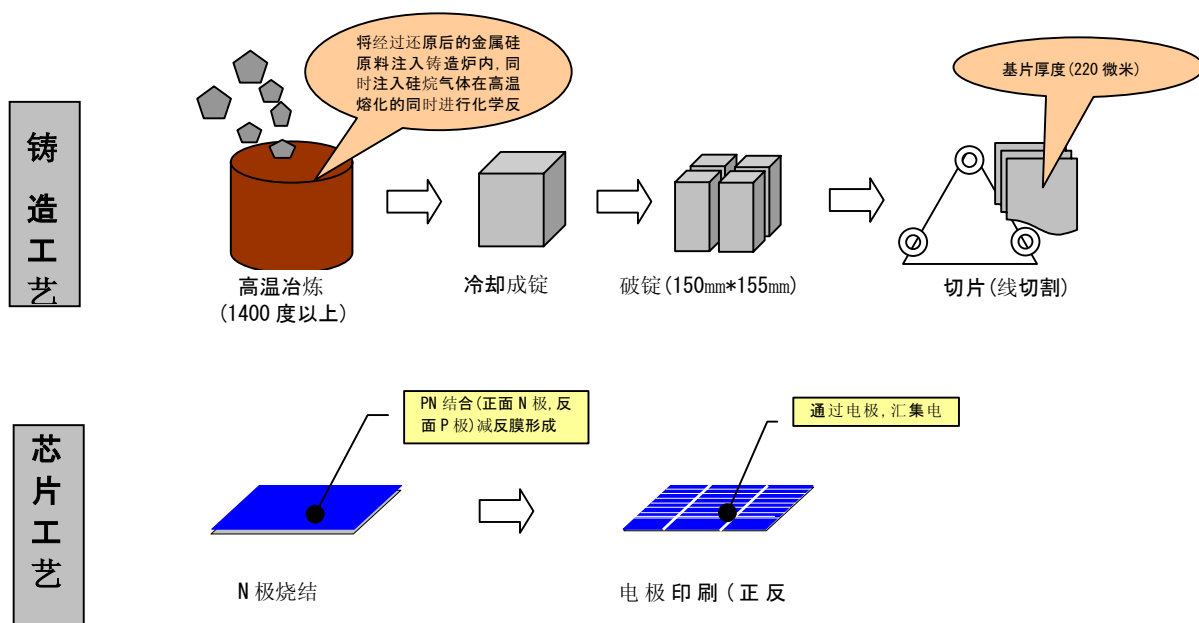


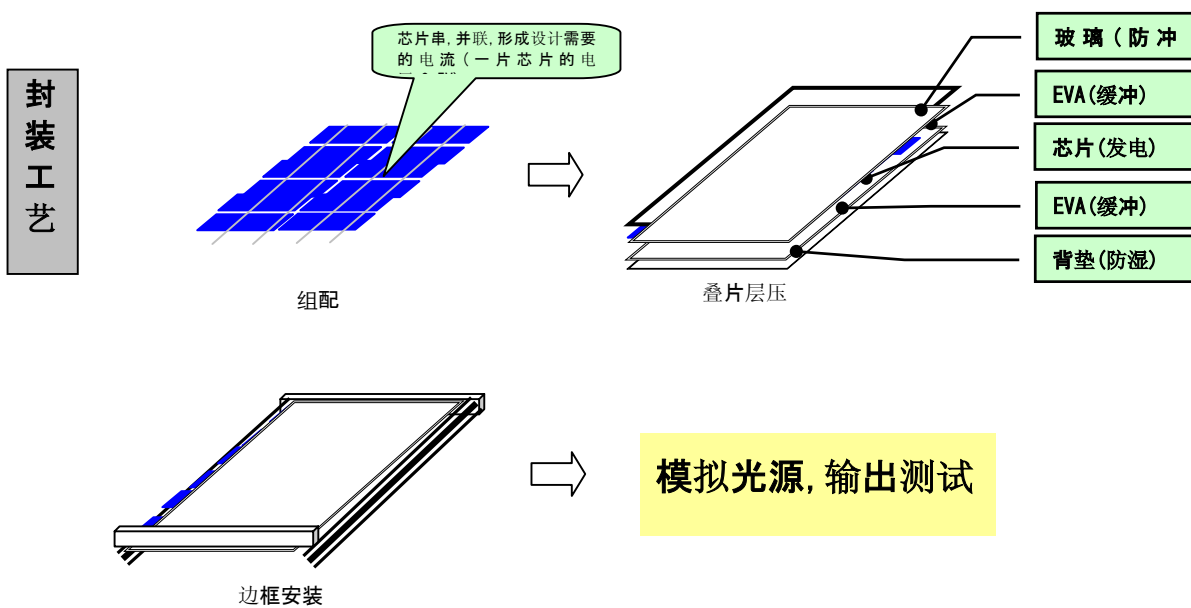
※在现在的太阳能电池产品中, 以硅半导体材料为主, 其中又以单晶硅和多晶硅为代表. 由于其原材料的广泛性, 较高的转换效率和可靠性, 被市场广泛接受. 非晶硅在民用产品上也有广泛的应用(如电子手表, 计算器等), 但是它的稳定性和转换效率劣于结晶类半导体材料. 化合物太阳能电池由于其材料的稀有性和部分材料具有公害, 现阶段未被市场广泛采用.

※现在太阳能电池的主流产品的材料是半导体硅, 是现代电子工业的必不可少的材料, 同时以氧化状态的硅原料是世界上第二大的储藏物质.

※京瓷公司早在上世纪的八十年代就认识到多晶硅太阳能电池的光阔前景和美好未来, 率先开启多晶硅太阳能电池的工业化生产大门. 现在已经是行业的龙头, 同时多晶硅太阳能电池也结晶类太阳能电池的主流产品(太阳能电池的 70%以上).

### (3) 多晶硅太阳能电池的制造方法





#### (4) 太阳能电池关连的名称和含义

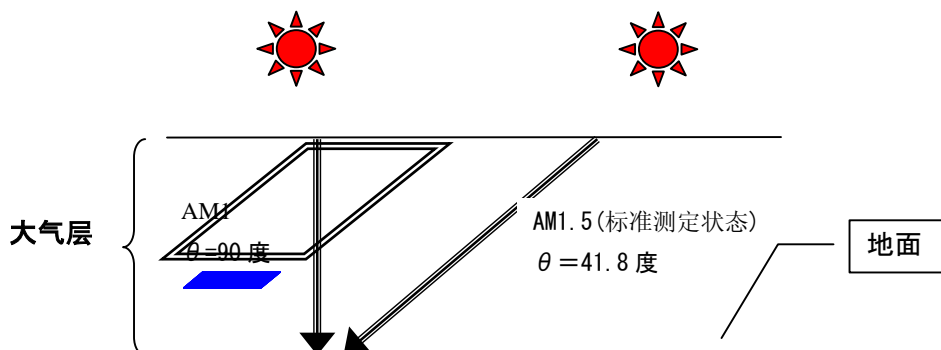
##### ●转换效率

太阳能电池的转换效率是指电池将接收到的光能转换成电能的比率

$$\text{转换效率} = \frac{\text{输出功率}}{\text{太阳能电池板被照射的太阳能}} \times 100\%$$

##### ※标准测试状态

由于太阳能电池的输出受太阳能的辐射强度, 温度等自然条件的影响, 为了表述太阳能电池的输出和评价其性能, 设定在太阳能电池板的表面温度为 25 度, 太阳能辐射强度为 1000 w/m<sup>2</sup>、分光分布 AM1.5 的模拟光源条件下的测试为标准测试状态.

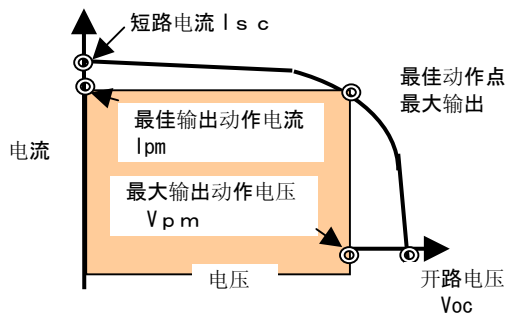


## 小知识

晶硅类理论转换效率极限为 29%, 而现在的太阳能电池的转换效率为 17%~19%, 因此, 太阳能电池的技术上还有很大的发展空间.

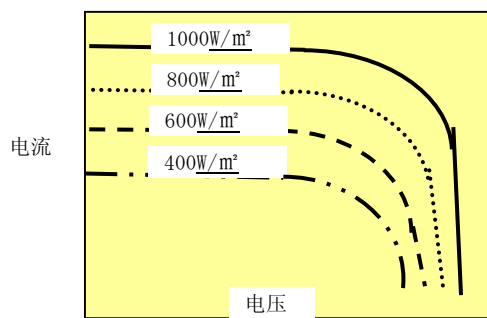
### ●太阳能电池输出特性

#### 【太阳能电池电流—电压特性(I-V 曲线)】

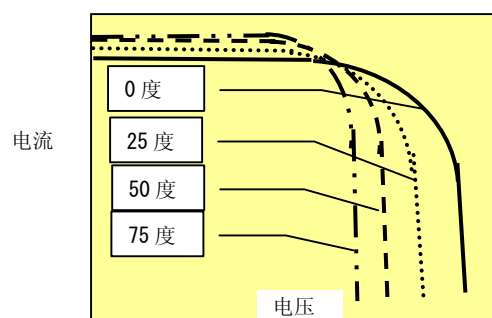


最大输出(PM): 最大输出电压( $V_{pm}$ ) 最大输出电流( $I_{pm}$ )  
 开路电压( $V_{oc}$ ): 开路状态的太阳能电池端子间的电压  
 短路电流( $I_{sc}$ ): 太阳能电池端子间的短路电流  
 最大输出电压( $V_{pm}$ ): 最大输出状态时的动作电压  
 最大输出电流( $I_{pm}$ ): 最大输出状态时的动作电流

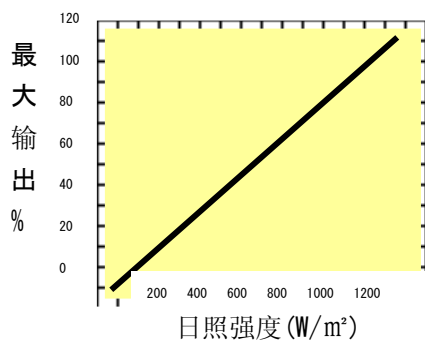
#### 【日照强度变化和 I-V 曲线】



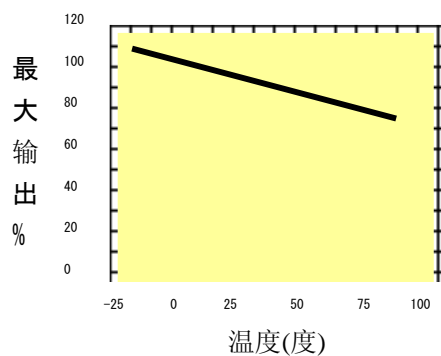
#### 【温度变化和 I-V 曲线】



#### 【日照强度—最大输出特性】



#### 【温度—最大输出特性】



●太阳能电池的短路电流和日照强度成正比

●太阳能电池的输出随着池片的表面温度上升而下降,

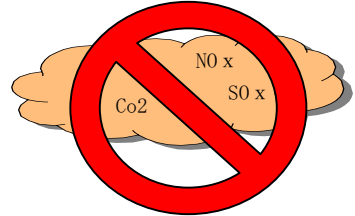
●输出随着季节的温度变化而变化

●在同一日照强度下, 冬天的输出比夏天高

### ●太阳能电池对环境的贡献

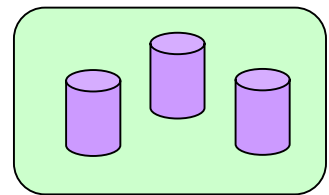
#### ①对防止地球温暖化, 减轻对地球环境的贡献

从太阳能发电系统排放的二氧化碳, 即使是考虑其生产过程的排放量, 也绝对少于传统的燃料发电设备, 是防止地球温暖化的环保设备. 同时在发电时, 不排放氧化硫, 氧化氮等污染物, 减轻了对环境的压力.

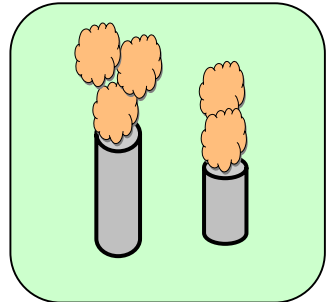


例: 3 kW 太阳能发电系统对环境污染物的削减量

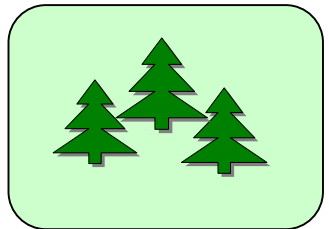
石油替代量: 729L/年



减排 CO<sub>2</sub> 能力: 540kg-C/ 年



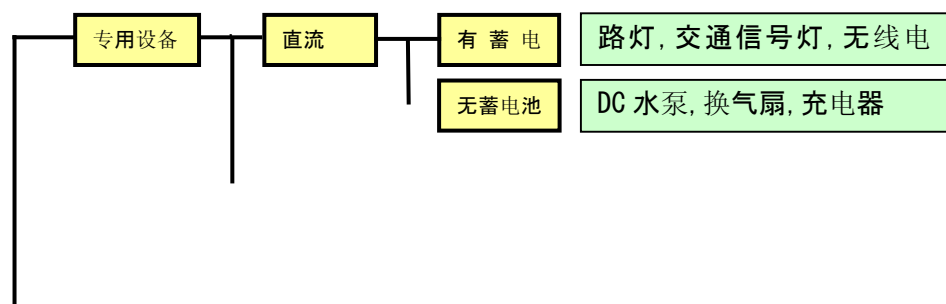
森林面积换算: 5544 m<sup>2</sup>

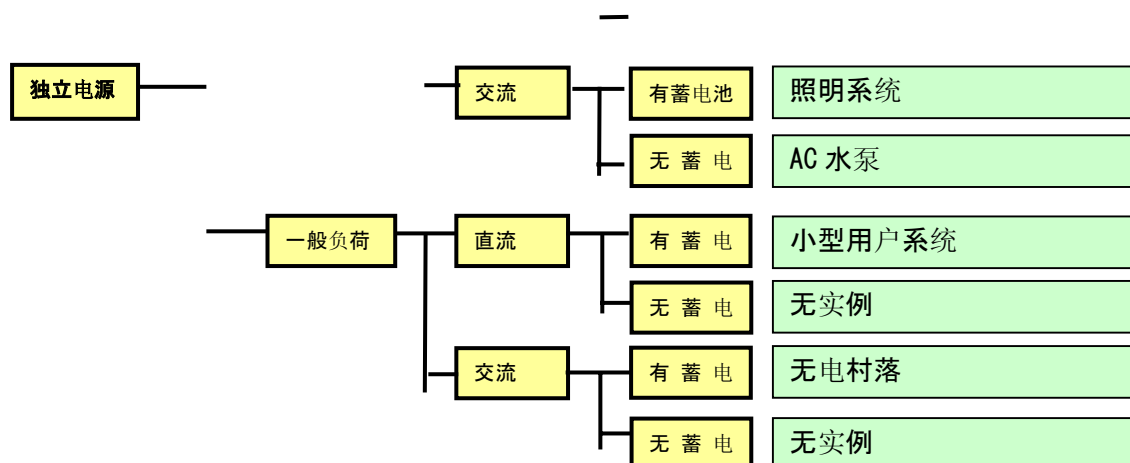


#### ②对能源和节能的贡献

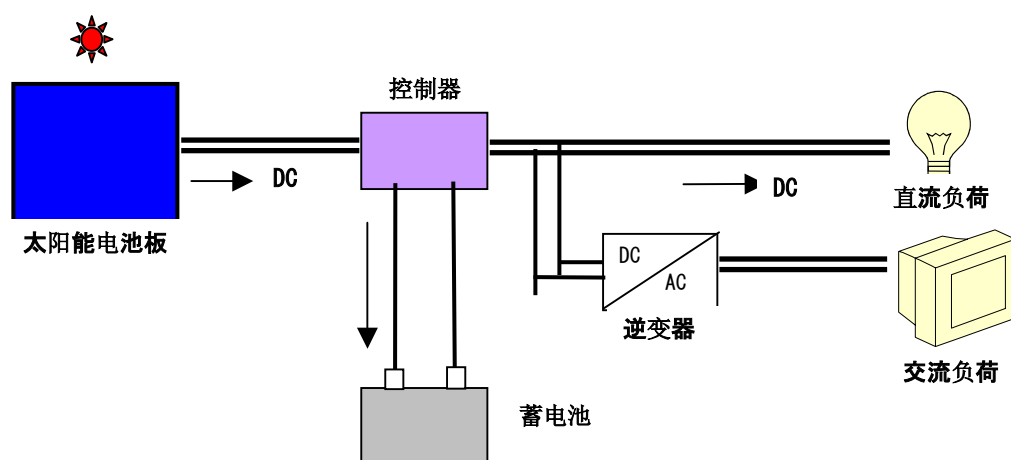
太阳能电池 2.2 年的发电量即可收回制造太阳能电池时使用的电力

### (5) 独立电源太阳能发电系统构成





## ● 系统简介



部品名称:

太阳能电池——吸收太阳能, 将光能转换成直流电能

控制器——控制蓄电池的充放电深度, 延长蓄电池寿命.

蓄电池——储存太阳能电池板产生的电能, 在必要时, 向负荷提供直流电力

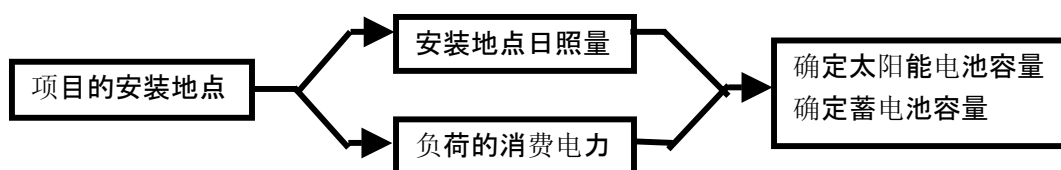
逆变器——将直流输入电力转换成交流电力输出

## 二、独立电源的系统设计步骤

### (1) 总体设计思路

#### 1) 程序图

简单的来说, 太阳能独立电源系统的容量是由设备安装场所的日照量, 负荷的消费电力两大因素决定. 在程序图内还需再适当地考虑若干安全因素, 设备的效率等因素.



(2) 设计顺序

1) 确定安装地点的日照量  $Q'$  ( $\text{mWh}/\text{cm}^2 \cdot \text{day}$ )

太阳能独立电源系统的太阳能电池方阵为了尽可能多接收日照, 通常是按一定的倾角安装的. 一般方阵是以安装纬度设置倾角.

安装面日照量的计算方法: (通常采用查询当地日照记录方法)

$$Q' = Q \times K_1 \times 1.16 \times \frac{\cos |(\theta - \beta - \delta)|}{\cos |(\theta - \delta)|} \quad \text{公式 (1)}$$

符号含义

$Q$  : 水平面的月平均日照量 ( $\text{cal} / \text{cm}^2 \cdot \text{day}$ )

$K_1$  : 日照修正系数 (一般为 0.9)

1.16 : 单位变换定数 ( $\text{cal} / \text{cm}^2 \cdot \text{day} \rightarrow \text{mWh}/\text{cm}^2$ )

$\theta$  : 设置场所的纬度

$\beta$  : 太阳能电池方阵的倾斜度 (相对于水平面)

$\delta$  : 太阳的月平均赤纬度 ( $^\circ$ )

赤纬表白 (表一)

J a n	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Qct	Nov	Dec
$-21^\circ$	$-13^\circ$	$-2^\circ$	$+10^\circ$	$+15^\circ$	$+23^\circ$	$+21^\circ$	$14^\circ$	$3^\circ$	$-9^\circ$	$-18^\circ$	$-23^\circ$

注: 在南半球时, 上述的符号相反

如果只有日照时间的数据, 日照量可以按以下方式进行换算:

$$Q = Q_0 * (a + b * S/S_0)$$

$Q_0$  : 大气圈外的日照量 (理论值:  $1.382 \text{kW}/\text{m}^2$ )     $S$  : 被记录的日照时间 (日出到日没时间)

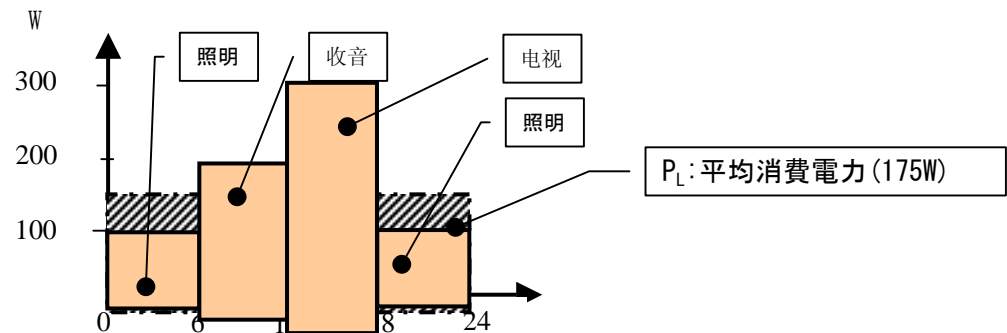
$S_0$  : 可照时间 (日出到日没时间)     $a, b$  : 需要根据当地气候, 纬度, 季节而定

2) 确定负荷的消费电力

消费电力是负荷的『日平均消费电力』, 为了计算『日平均消费电力』, 必须了解负荷的使用时间.

日平均消费电力计算表白 (表2)

负荷名称	照明	收音机	电视机	照明	平均消费电力 ( $\text{W} / \text{h}$ )
功率 ( $\text{w} / \text{h}$ )	100	200	300	100	
使用时间 (h)	6	6	6	6	
消耗电力 (w)	600	1200	1800	600	175



時間 (h)

### 3) 确定太阳能电池板容量 $P_m$ (Wp)

太阳能电池容量计算按下列方式计算

$$P_m = 2400 / Q'_{\min} * P_L * 1 / (K)$$

公式 2

符号含义

$Q'_{\min}$  : 前述安装面日照量  $Q'$  的年最小值 (mWh / c m<sup>2</sup>. day)

$P_L$  : 平均消费电力 (W)

$K$  : 系数 ( $K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * K_6 * K_7 * K_8 * K_9$ )

$k_1$  : 充电效率 (0.97)

$k_3$  : 电池板温度补正系数 (0.9)

$k_5$  : 最佳输出补正系数 (0.9)

$k_7$  : 逆变器效率 (视容量和设备而定)

$k_9$  : DC 线损 (0.95)

$k_2$  : 太阳能电池板脏污系数 (0.9)

$k_4$  : 直并联接线损失系数 (1)-12V (0.90, 24V (0.95)

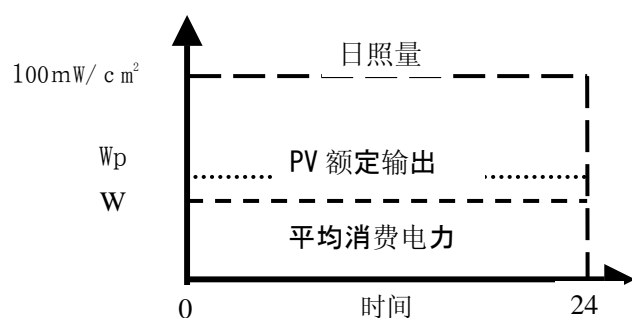
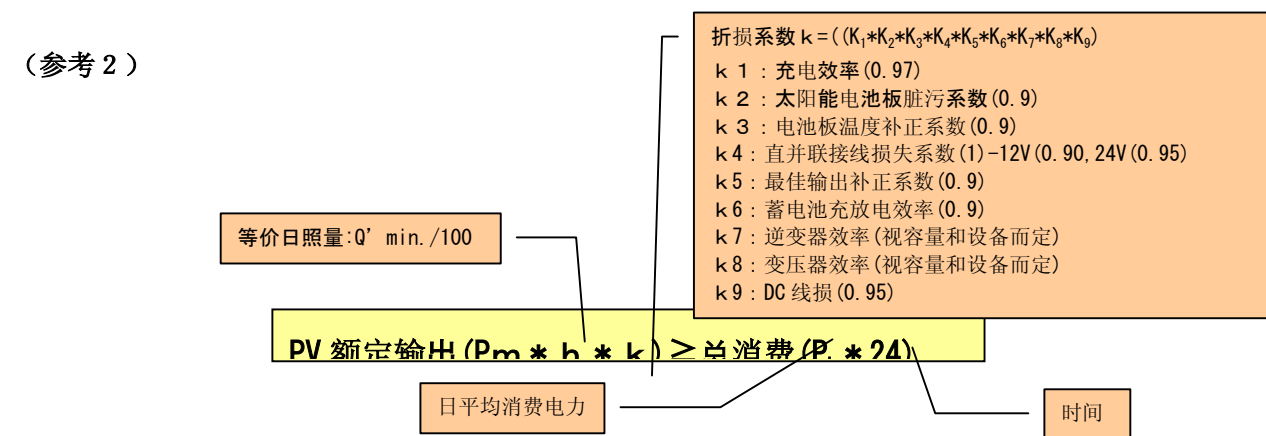
$k_6$  : 蓄电池充放电效率 (0.9)

$k_8$  : 变压器效率 (视容量和设备而定)

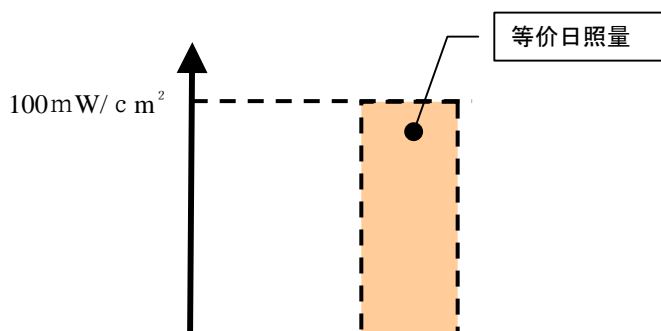
#### (参考 1)

PV(太阳能电池输出)的额定输出功率是在日照量 100mW / c m<sup>2</sup>, 芯片温度为 25 度的条件下测定的, 输出功率是根据日照的强度发生变化的. 为了区别 PV 和柴油发电机的容量标志, 故用  $W_p$  来表示太阳能电池的峰值输出.

#### (参考 2)



参照图 (a)

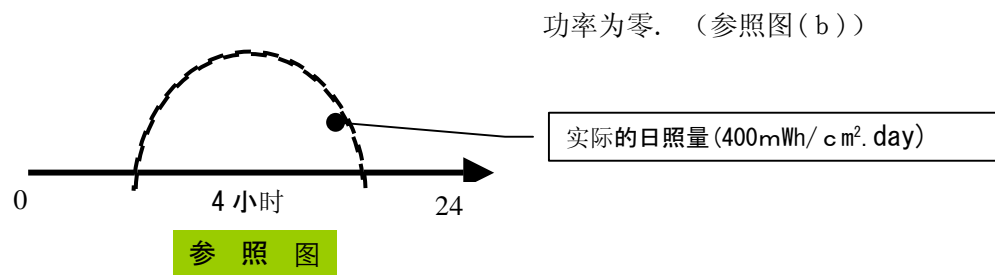


假设在日照为 100mW / c m<sup>2</sup> 的强度持续 24 小时, PV 的容量可等同于平均消费电力.

但是, 日照的时间不可能是 24 小时, 同时受到自然条件的影响 (白天, 夜间, 阴, 雨). 故设计时, 按公式 2, 以最小的日照时间来计算计算. (参照图 (a))

假设在日照量为 400Wh / m<sup>2</sup>. day 的情况, 相当于在 1000W / m<sup>2</sup> 的日照强度 4 个小时的日照, 也就是说, 这天除 4 小时输出以外以外, 其他时间的输出





假设, PV 的容量按平均消费电力来设置的话, 系统只能带动负荷 4 个小时的运作. 为了保证其他 20 小时的负荷使用, PV 的容量的设置必须放大. 其放大倍率为  $(100 \times 24) / (100 \times 4)$ . 故公式(2)的右边为  $2400/Q' \text{ min.}$

### 5) 蓄电池容量 Be (AH)

蓄电池的容量由下列公式(3)计算决定

$$Be = (P_L \times 24 \times D) / (K_b \times V) \quad \text{公式(3)}$$

符号含义

D : 连续不日照天数(一般在 3 至 7 天)

$K_b$  : 安全系数(放电深度(一般为 70%), 逆变器效率(根据厂家数据), 线损(一般为 5%)等)

V : 系统电压(V)