**太阳能逆变器**

太阳能逆变器是太阳能交流发电系统：电池板、充电控制器、逆变器和蓄电池共同组成，逆变器是一种电源转换装置，逆变器按激励方式可分为自激式振荡逆变和他激式振荡逆变。

**简介**

　　太阳能交流发电系统是由太阳能电池板、充电控制器、[逆变器](http://baike.baidu.com/view/174111.htm)和蓄电池共同组成；太阳能

[](http://baike.baidu.com/albums/1979577/1979577/0/0.html#0$d048addebed6a174ccbf1aa5)

太阳能逆变器

直流发电系统则不包括逆变。逆变器是一种电源转换装置，逆变器按激励方式可分为自激式振荡逆变和他激式振荡逆变。主要功能是将蓄电池的直流电逆变成交流电。通过全桥电路，一般采用SPWM处理器经过调制、滤波、升压等，得到与照明负载频率、额定电压等相匹配的正弦交流电供系统终端用户使用。有了逆变器，就可使用直流蓄电池为电器提供交流电。

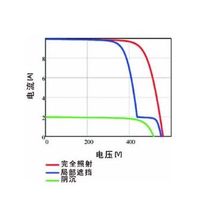
\**优点**

**多样性**

　　由于建筑的多样性，势必导致[太阳能电池板](http://baike.baidu.com/view/875579.htm)安装的多样性，为了使太阳能的转换效率最高同时又兼顾建筑的外形美观，这就要求我们的逆变器的多样化，来实现最佳方式的太阳能转换。现在世界上比较通行的太阳能逆变方式为：集中逆变器、组串逆变器，多组串逆变器和组件逆变，现将几种逆变器运用的场合加以分析。

**集中逆变**

　　集中逆变一般用与大型光伏发电站（>10kW）的系统中，很多并行的光伏组串被连

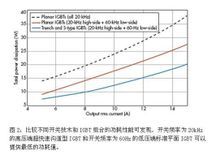
[](http://baike.baidu.com/albums/1979577/1979577/0/0.html#0$6dc09e0a78738a05b0351d43)

太阳能逆变器示意图

到同一台集中逆变器的直流输入端，一般功率大的使用三相的IGBT功率模块，功率较小的使用[场效应晶体管](http://baike.baidu.com/view/127147.htm)，同时使用DSP转换控制器来改善所产出电能的质量，使它非常接近于正弦波电流。最大特点是系统的功率高，成本低。但受光伏组串的匹配和部分遮影的影响，导致整个[光伏系统](http://baike.baidu.com/view/4023695.htm)的效率和电产能。同时整个光伏系统的发电可靠性受某一光伏单元组工作状态不良的影响。最新的研究方向是运用空间矢量的调制控制，以及开发新的逆变器的拓扑连接，以获得部分负载情况下的高的效率。在SolarMax(索瑞·麦克）集中逆变器上，可以附加一个光伏阵列的接口箱，对每一串的光伏帆板串进行监控，如其中有一组串工作不正常，系统将会把这一信息传到[远程控制](http://baike.baidu.com/view/51293.htm)器上，同时可以通过远程控制将这一串停止工作，从而不会因为一串光伏串的故障而降低和影响整个光伏系统的工作和能量产出。

**组串逆变**

　　组串逆变器已成为现在国际市场上最流行的逆变器。组串逆变器是基于模块化概念基础上的，每个光伏组串（1kW-5kW）通过一个逆变器，在直流端具有最大功率峰值跟踪，在交流端并联并网

[](http://baike.baidu.com/albums/1979577/1979577/0/0.html#0$476217f762f9ae19730eec4c)

太阳能逆变器示意图

。许多大型光伏电厂使用组串逆变器。优点是不受组串间模块差异和遮影的影响，同时减少了[光伏组件](http://baike.baidu.com/view/2601170.htm)最佳工作点

　　与逆变器不匹配的情况，从而增加了发电量。技术上的这些优势不仅降低了系统成本，也增加了[系统的可靠性](http://baike.baidu.com/view/3834076.htm)。同时，在组串间引入“主-从”的概念，使得在系统在单串电能不能使单个逆变器工作的情况下，将几组光伏组串联系在一起，让其中一个或几个工作，从而产出更多的电能。最新的概念为几个逆变器相互组成一个“团队”来代替“主-从”的概念，使得系统的可靠性又进了一步。目前，无变压器式组串逆变器已占了主导地位。

**多组串逆变**

　　多组串逆变是取了集中逆变和组串逆变的优点，避免了其缺点，可应用于几千瓦的光伏发电站。在多组串逆变器中，包含了不同的单独的功率峰值跟踪和直流到直流的转换器，这些直流通过一个普通的直流到交流的逆变器转换成交流电，并网到电网上。光伏组串的不同额定值（如：不同的额定功率、每组串不同的组件数、组件的不同的生产厂家等等）、不同的尺寸或不同技术的光伏组件、不同方向的组串（如：东、[南和](http://baike.baidu.com/view/70901.htm)西）、不同的倾角或遮影，都可以被连在一个共同的逆变器上，同时每一组串都工作在它们各自的最大功率峰值上。同时，直流电缆的长度减少、将组串间的遮影影响和由于组串间的差异而引起的损失减到最小。

**组件逆变**

　　组件逆变器是将每个光伏组件与一个逆变器相连，同时每个组件有一个单独的最大功率峰值跟踪，这样组件与逆变器的配合更好。通常用于50W到400W的光伏发电站，总效率低于组串逆变器。由于是在交流处并联，这就增加了交流侧的连线的复杂性，维护困难。另一需要解决的是怎样更有效的与电网并网，简单的办法是直接通过普通的交流电插座进行并网，这样就可以减少成本和设备的安装，但往往各地的电网的安全标准也许不允许这样做，电力公司有可能反对发电装置直接和普通家庭用户的普通插座相连。另一和安全有关的因素是是否需要使用隔离变压器（高频或低频），或者允许使用无变压器式的逆变器。这一逆变器在玻璃幕墙中使用最为广泛。

**能逆变器的效率**

　　太阳能逆变器的效率指由于对可再生能源的需求，太阳能逆变器 (光电逆变器) 的市场正在不断增长。而这些逆变器需要极高的效率和可靠性。对这些逆变器中采用的功率电路进行了考察，并推荐了针对开关和整流器件的最佳选择。光电逆变器的一般结构如图1所示，有三种不同的逆变器可供选择。太阳光照射在通过串联方式连接的太阳能模块上，每一个模块都包含了一组串联的[太阳能电池](http://baike.baidu.com/view/174609.htm) (Solar Cell)单元。太阳能模块产生的直流 (DC) 电压在几百伏的数量级，具体数值根据模块阵列的光照条件、电池的温度及串联模块的数量而定。

　　这类逆变器的首要功能是把输入的 DC电压转换为一稳定的值。该功能通过升压转换器来实现，并需要升压开关和升压二极管。在第一种结构中，升压级之后是一个隔离的全桥变换器。全桥变压器的作用是提供隔离。输出上的第二个全桥变换器是用来从第一级的全桥变换器的直流DC变换成交流 (AC) 电压。其输出再经由额外的双触点继电器开关连接到AC电网网络之前被滤波，

[](http://baike.baidu.com/albums/1979577/1979577/1/2628956.html#2628956$)

太阳能逆变器图片(9张)

目的是在故障事件中提供安全隔离及在夜间与供电电网隔离。第二种结构是非隔离方案。其中，AC交流电压由升压级输出的DC电压直接产生。第三种结构利用功率开关和功率二极管的创新型拓扑结构，把升压和AC交流产生部分的功能整合在一个专用拓扑中尽管太阳能电池板的转换效率非常低，让逆变器的效率尽可能接近100% 却非常重要。在[德国](http://baike.baidu.com/view/3762.htm)，安装在朝南屋顶上的3kW串联模块预计每年可发电2550 kWh。若逆变器效率从95% 增加到 96%，每年便可以多发电25kWh。而利用额外的太阳能模块产生这25kWh的费用与增加一个逆变器相当。由于效率从95% 提高到 96% 不会使到逆变器的成本加倍，故对更高效的逆变器进行投资是必然的选择。对新兴设计而言，以最具成本效益地提高逆变器效率是关键的设计准则。至于逆变器的可靠性和成本则是另外两个设计准则。更高的效率可以降低负载周期上的温度波动，从而提高可靠性，因此，这些准则实际上是相关联的。模块的使用也会提高可靠性。

**用于升压级的开关和二极管**

　　图1所示的所有拓扑都需要快速转换的功率开关。升压级和全桥变换级需要快速转换二极管。此外，专门为低频 (100Hz) 转换而优化的开关对这些拓扑也很有用处。对于任何特定的硅技术，针对快速转换优化的开关比针对低频转换应用优化的开关具有更高的导通损耗。

　　升压级一般设计为连续电流模式转换器。根据逆变器所采用的阵列中太阳能模块的数量，来选者使用600V还是1200V的器件。功率开关的两个选择是MOSFET和 IGBT。一般而言，MOSFET比IGBT可以工作在更高的开关频率下。此外，还必须始终考虑体二极管的影响：在升压级的情况下并没有什么问题，因为正常工作模式下体二极管不导通。MOSFET的导通损耗可根据导通阻抗RDS(ON)来计算，对于给定的MOSFET系列，这与有效裸片面积成比例关系。当额定电压从600V 变化到1200V时，MOSFET的传导损耗会大大增加，因此，即使额定RDS(ON) 相当，1200V的 MOSFET也不可用或是价格太高。

　　对于额定600V的升压开关，可采用超结MOSFET。对高频开关应用，这种技术具有最佳的导通损耗。目前市面上有采用TO-220封装、RDS(ON) 值低于100毫欧的MOSFET和采用TO-247封装、RDS(ON) 值低于50毫欧的MOSFET。对于需要1200V功率开关的太阳能逆变器，IGBT是适当的选择。较先进的[IGBT技术](http://baike.baidu.com/view/2691072.htm)，比如NPT Trench 和 NPT Field Stop，都针对降低导通损耗做了优化，但代价是较高的开关损耗，这使得它们不太适合于高频下的升压应用。

　　在旧有NPT平面技术的基础上开发了一种可以提高高开关频率的升压电路效率的器件FGL40N120AND，具有43uJ/A的EOFF ，比较采用更先进技术器件的EOFF为80uJ/A，但要获得这种性能却非常困难。FGL40N120AND器件的缺点在于饱和压降VCE(SAT) (3.0V 相对于125&ordm;C的 2.1V) 较高，不过它在高升压开关频率下开关损耗很低的优点已足以弥补这一切。该器件还集成了反并联二极管。在正常升压工作下，该二极管不会导通。然而，在启动期间或瞬变情况下，升压电路有可能被驱使进入工作模式，这时该反并联二极管就会导通。由于IGBT本身没有固有的体二极管，故需要这种共封装的二极管来保证可靠的工作。对升压二极管，需要Stealth™ 或碳硅二极管这样的快速恢复二极管。碳硅二极管具有很低的正向电压和损耗。不过目前它们的价格都很高昂。在选择升压二极管时，必须考虑到反向恢复电流 (或碳硅二极管的结电容) 对升压开关的影响，因为这会导致额外的损耗。在这里，新推出的Stealth II 二极管 FFP08S60S可以提供更高的性能。当VDD=390V、 ID=8A、di/dt=200A/us，且外壳温度为100&ordm;C时，计算得出的开关损耗低于FFP08S60S的参数205mJ。而采用ISL9R860P2 Stealth 二极管，这个值则达225mJ。故此举也提高了逆变器在高开关频率下的效率。

**用于桥接和专用级的开关和二极管**

　　MOSFET全桥滤波之后，输出桥产生一个50Hz的正弦电压及电流信号。一种常见的实现方案是采用标准全桥结构 (图2)。图中若左上方和右下方的开关导通，则在左右终端之间加载一个正电压；右上方和左下方的开关导通，则在左右终端之间加载一个负电压。对于这种应用，在某一时段只有一个开关导通。一个开关可被切换到PWM高频下，另一开关则在50Hz低频下。由于自举电路依赖于低端器件的转换，故低端器件被切换到PWM高频下，而高端器件被切换到50Hz低频下。这应用采用了600V的功率开关，故600V超结MOSFET非常适合这个高速的开关器件。由于这些开关器件在开关导通时会承受其它器件的全部反向恢复电流，因此快速恢复超结器件如600V FCH47N60F是十分理想的选择。它的RDS(ON) 为73毫欧，相比其它同类的快速恢复器件其导通损耗很低。当这种器件在50Hz下进行转换时，无需使用快速恢复特性。这些器件具有出色的dv/dt和di/dt特性，比较标准超结MOSFET可提高系统的可靠性。

　　另一个值得探讨的选择是采用FGH30N60LSD器件。它是一颗饱和电压VCE(SAT) 只有1.1V的30A/600V IGBT。其关断损耗EOFF非常高，达10mJ ，故只适合于低频转换。一个50毫欧的MOSFET在工作温度下导通阻抗RDS(ON) 为100毫欧。因此在11A时，具有和IGBT的VCE(SAT) 相同的VDS。由于这种IGBT基于较旧的击穿技术，VCE(SAT) 随温度的变化不大。因此，这种IGBT可降低输出桥中的总体损耗，从而提高逆变器的总体效率。FGH30N60LSD IGBT在每半周期从一种功率转换技术切换到另一种专用拓扑的做法也十分有用。IGBT在这里被用作拓扑开关。在较快速的转换时则使用常规及快速恢复超结器件。对于1200V的专用拓扑及全桥结构，前面提到的FGL40N120AND是非常适合于新型高频太阳能逆变器的开关。当专用技术需要二极管时，Stealth II、Hyperfast™ II 二极管及碳硅二极管是很好的解决方案。逆变器把直流电转换为交流电的效率，目前，[欧洲](http://baike.baidu.com/view/3622.htm)逆变器效率普遍较高，可达到97.2%。

[编辑本段](http://baike.baidu.com/view/1979577.htm)**类型**

**应用范围分类**

　　（1）普通型逆变器

[](http://baike.baidu.com/albums/1979577/1979577/1/6684592.html#6684592$)

太阳能逆变器(2张)

　　直流12V或24V输入，交流220V、50Hz输出，功率从75W到5000W,有些型号具有交、直流转换即UPS功能。

　　（2）逆变/充电一体机

　　在此类逆变器中，用户可以使用各种形式的电源为交流负载供电：有交流电时，通过逆变器使用交流电为负载供电，或为蓄电池充电；无交流电时，用蓄电池为交流负载供电。它可与各种电源结合使用：如蓄电池、发电机、太阳能电池板和风力发电机等。

　　（3）邮电通信专用逆变器

　　为邮电、通信提供高品质的48V逆变器，其产品质量好、可靠性高、模块式（模块为1KW）逆变器，并具有N+1冗余功能、可扩充（功率从2KW到20KW）。

　　（4）航空、军队专用逆变器

　　此类逆变器为28Vdc输入，可提供下列交流输出：26Vac、115Vac、230Vac，其输出频率可为：50Hz、60Hz及400Hz,输出功率从30VA到3500VA不等。还有供航空专用的[DC-DC转换器](http://baike.baidu.com/view/1655317.htm)及变频器。

**输出波形分类**

　　（1）方波逆变器

　　方波逆变器输出的交流电压波形为方波。此类逆变器所使用的逆变线路也不完全相同，但共同的特点是线路比较简单，使用的功率开关管数量很少。设计功率一般在百瓦至千瓦之间。方波逆变器的优点是：线路简单、价格便宜、维修方便。缺点是由于方波电压中含有大量高次谐波，在带有铁心电感或变压器的负载用电器中将产生附加损耗，对收音机和某些通讯设备有干扰。此外，这类逆变器还有调压范围不够宽，保护功能不够完善，噪声比较大等缺点。

　　（2）阶梯波逆变器

　　此类逆变器输出的交流电压波形为阶梯波，逆变器实现阶梯波输出也有多种不同线路，输出波形的阶梯数目差别很大。阶梯波逆变器的优点是，输出波形比方波有明显改善，高次谐波含量减少，当阶梯达到17个以上时输出波形可实现准正弦波。当采用无变压器输出时，整机效率很高。缺点是，阶梯波叠加线路使用的功率开关管较多，其中有些线路形式还要求有多组直流电源输入。这给太阳电池方阵的分组与接线和蓄电池的均衡充电均带来麻烦。此外，阶梯波电压对收音机和某些通讯设备仍有一些高频干扰。

　　（3）[正弦波逆变器](http://baike.baidu.com/view/2345952.htm)

　　正弦波逆变器输出的交流电压波形为正弦波。正弦波逆变器的优点是，输出波形好，失真度很低，对收音机及设备干扰小，噪声低。此外，保护功能齐全，整机效率高。缺点是：线路相对复杂，对维修技术要求高，价格较贵。

　　上述三种类型逆变器的分类，有利于光伏系统和[风力发电系统设计](http://baike.baidu.com/view/1098112.htm)人员和用户对逆变器进行识别和选型。实际上，波形相同的逆变器在线路原理，使用器件及控制方法等等方面仍有很大区别。

[编辑本段](http://baike.baidu.com/view/1979577.htm)**性能参数**

　　描述逆变器性能的参量和技术条件很多，这里仅就评价逆变器时常用的技术参数做一扼要说明。

　　1．逆变器的使用环境条件，逆变器正常使用条件：[海拔高度](http://baike.baidu.com/view/378997.htm)不超过1000m，空气温度0～+40℃。

　　2．直流输入电源条件，输入直流电压波动范围：蓄电池组额定电压值的±15%。

　　3．额定输出电压，在规定的输入电源条件下，输出额定电流时，逆变器应输出的额定电压值。电压波动范围：单相220V±5%，三相380±5%。

　　4．额定输出电流，在规定的输出频率和负载功率因数下，逆变器应输出的额定电流值。

　　5．额定输出频率，在规定的条件下，固定频率逆变器的额定输出频率为50Hz：

　　频率波动范围：50Hz±2%。

　　6．逆变器的最大谐波含量，正弦波逆变器，在阻性负载下，输出电压的最大谐波含量应≤10%。

　　7．逆变器的过载能力，在规定的条件下，在较短时间内，逆变器输出超过额定电流值的能力。逆变器的过载能力应在规定的负载功率因数下，满足一定的要求。

　　8．逆变器的效率，在额定输出电压、输出，乜流和规定的负载功率因数下，逆变器输出有功功率与输入有功功率(或直流功率)之比。

　　9．负载功率因数，逆变器负载功率因数的允许变化范围，推荐值0.7—1.0。

　　10．负载的非对称性，在10%的非对称负载下，固定频率的三相逆变器输出电压的非对称性应≤10%。

　　11．输出电压的不对称度，在正常工作条件下，各相负载对称，输出电压的不对称度应≤5%。

　　太阳能逆变器12．起动特性，在正常工作条件下，逆变器在满载负载和空载运行条件下，应能连续5次正常起动。

　　13．保护功能，逆变器应设置：短路保护、过电流保护、过电压保护、欠电压保护及缺相保护。

　　15．干扰与抗干扰，逆变器应在规定的正常工作条件下，能承受一般环境下的电磁干扰。逆变器的抗干扰性能和[电磁兼容性](http://baike.baidu.com/view/23594.htm)应符合有关标准的规定。

　　16．不经常操作、监视和维护的逆变器，应≤95db；经常操作、监视和维护的逆变器，应≤80db。

　　17．显示，逆变器应设有交流输出电压、输出电流和输出频率等参数的数据显示，并有输入带电、通电和故障状态的信号显示。

　　太阳能逆变器-技术条件

　　在光伏/风力互补系统选用逆变器时，首要的是确定逆变器如下几个最主要的技术参数： 输入直流电压范围，如DC24V、48V、110V、220V等；

　　额定输出电压，如三相380V，还是单相220V；

　　输出电压波形，如正弦波、梯形波或方波。