

# 光伏电站系统新型质量保证体系的应用

The application of new quality assurance system photovoltaic power station system

鲁思慧

**摘要：**本文从光伏电站系统新型质量保证系统应用的角度，将对太阳能光伏用非晶、纳米晶铁芯等材料及各类组件、元件的选用特征与光伏电站系统及光伏发电设备状况的监控作分析说明。

**关键词：**光伏电站，发电机设备，监控电量与功率，非晶与纳米晶

**Abstract:** this article from the photovoltaic power station system the application of new quality assurance system, the use of solar photovoltaic materials such as amorphous and nanocrystalline core and all kinds of components, characteristics and component selection of photovoltaic power station system and the analysis of the pv generator equipment condition monitoring.

**Keywords:** photovoltaic power station, Generator equipment, Monitoring capacity and power, Amorphous and nanocrystalline

中图分类号：TN86 文献标识码：A 文章编号：1606-7517(2015)02-6-140

当今质量保证体系是光伏电站或制造商对太阳能光伏系统质量与安全的控制与管理的保证系统。它包括从来料检验、制程控制、成品检验、到交付质检等各个环节的相关严格把关，保证将优质的光伏系统送到电站或客户手中。然而对太阳能光伏电站系统来说光伏逆变器系统是核心部件。需要指出的是，当今的光伏质量保证体系包括多个方面，在此重点仅从以下二个方面作研讨，即对光伏逆变器的组件（或元件）材料的特征与工艺技术的选用严格把关与从光伏系统与光伏发电设备运行状况作监控等二个面的保证，从而才能确保光伏电站系统安全可靠运行。

值此本文从光伏电站系统新型质量保证体系应用的角度，将对太阳能光伏用非晶、纳米晶铁芯等材料及各类组件、元件的特征选用与光伏电站系统及光伏发电设备状况的监控作分析说明。

对此先从光伏电站系统及光伏发电设备状况的新型监控系统述起。

## 1 光伏电站新型监控系统

### 1.1 系统方案

全天光伏电站新型监控系统是一个基于 web 的远程监控系统，为太阳能发电提供了可靠、低成本的监控解决方案。

只需应用本监控方案，创建新的光伏电站信息，选择相应的通讯附件与设备数据源绑定后，即将电站系统接入本网，便可实时监控电站运行情况，如发电量、功率、月度数据等，并且通过各项分析图表帮助分析企业的发电规律，未来发电趋势等，为企业决策提供最有效的参考；可以第一时间知道设备运行状况，并且通过设置，将故障、警告信息第一时间展现在网站上，更可以通过邮件或短信发送给您，以便不在电脑面前也可最快的了解电站现状。并且对您的企业信息提供高度保密性，让你不担心企业数据的泄露。图 1(a) 所示为光伏电站新型监控系统应用方案示意图。

从图 1(a) 可知，该新型监控系统方案性能特点为：现场安装非常便捷，24 小时不间断监测，随时随地查看数据，数据永久保存，数据可移植性高，市场和光伏电站管理的强大助手，展示节能型企业价值的窗口。而图 1(a) 中间的电脑 PV 监控系统面主页示意见图 1(b) 所示。

### 1.2 监控系统技术参数

可按照远程监控、局域网监控、单机监控等 3 种类型说明。

#### 1.2.1 远程监控

此类型（或称版本）通过互联网，在全球范围内可

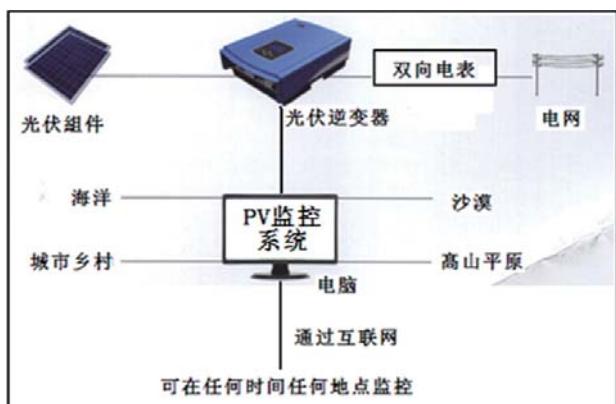


图 1(a) 光伏电站新型监控系统方案示意图

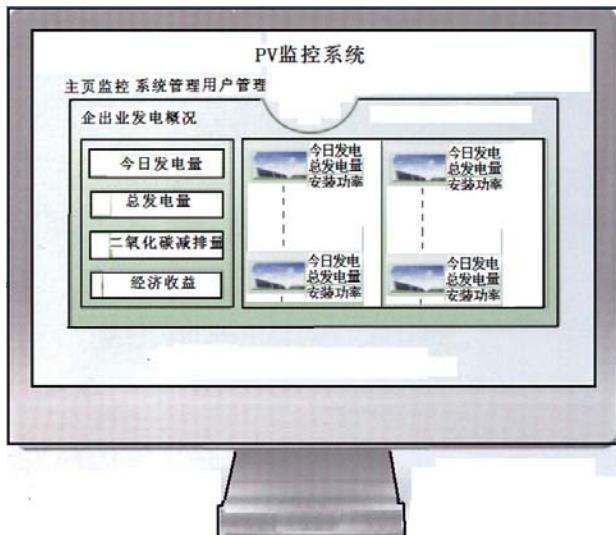


图 1(b) 电脑 PV 监控系统面主页示意

以对您的电站进行实时监控查看。只需登陆本监控系统，创建光伏电站信息（支持多电站、多地区同时监控），将设备号绑定后，便可将电站连上本网，实时监控电站运行情况，发电量、功率、月度数据、年度数据、远程开／关机等，也可通过各种分析图表分析企业的发电规律，未来发电趋势等，为企业决策提供最有建议性的参考；可以第一时间知道设备运行状况，并且通过设置，将故障、告警信息上传网络，也可以通过邮件或短信通知您，以便不在电脑面前也可最快的了解电站现状。它使用的是可靠的网络(TOP/IP)、GPRS 数据传输，保证了数据的安全，不易丢失。

其软件技术功能包括：全天 PV 监控系统，可实现功能有多电站多区域远程实时监控，发电量、功率、月度数据、年度数据、故障报警、发电预测、远程控制邮件和短信发送故障报警信息（可选）；而通讯方式为互联网(TOP/

IP)、GPRS、RS485 (可选) WiFi (可选)

### 1.2.2 局域网监控

此类型主要用于局域网监控，将系统安装到电脑上，使用网络 LAN、WiFi，将光伏电站信息发送至本系统，只需使用网线或 WiFi 线将所设置数据源与电脑相连，将系统启动后，便可实时监控电站运行情况，发电量、功率、月度数据、年度数据、告警信息等，在局域网内通过局域网监控系统都可以访问。

其软件技术功能包括：全天 PV 监控系统，可实现功能有局域网监控、发电量、功率、月度数据、年度数据、开关机、数据导出故障报警（可电子邮件通知）设备固件升级；而通讯方式为互联网局域网通讯(LAN、WiFi)。

### 1.2.3 单机监控

此类型主要用于单机监控，将系统安装到电脑上，使用 RS485 通讯，将光伏电站信息发送至本系统，只需使用串口线将您的设置数据源与电脑相连，将系统启动后，便可实时监控电站运行情况，发电量、功率、月度数据、年度数据、告警信息等，所有的监控信息都可以通过单机监控软件展现在您的电脑上。

其软件技术功能包括：全天 PV 监控系统，可实现功能有单机监控、发电量、功率、月度数据、年度数据、故障报警、开关机、数据导出、设备固件升级；而通讯方式为 RS485。

### 1.3 光伏电站新型监控系统应用实例——太阳能发电状况监控系统

根据上述光伏电站新型监控系统设计方案已研发出太阳能发电状况监控系统（设备），值此以此太阳能发电状况监控系统为应用实例对其构建与功能特点作说明。

太阳能发电状况监控系统（设备）用于监视太阳能发电系统的实时运行状况，以及记录电能数据。设备由监视器和送信器构成，支持无线和有线两种通信方式，最多支持两台逆变器同时登录。实时显示系统总发电量、发电、卖电、买电、消费功率，以及当前买电、卖电状态，并可实时计算并显示环境贡献度（CO<sub>2</sub> 及石油节省量）。图 2(a) 为太阳能发电状况监控设备的组成与应用示意图。此类太阳能发电状况监控设备可在用于监视家用太阳能发电系统的实时运行状况，实时采集和记录电量数据，并且在国内外已逐步开始使用。

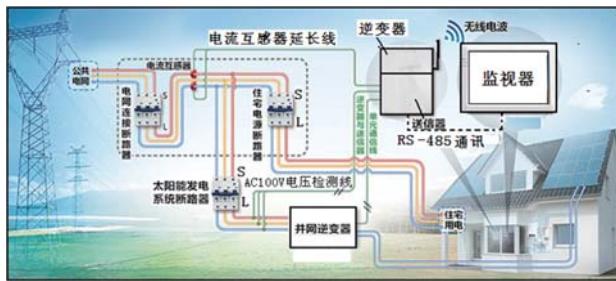


图 2(a) 太阳能发电状况监控设备的组成与应用示意图

### 1.3.1 太阳能发电状况监控设备的组成与功能

从图 2(a) 可知，除由并网逆变器等构成的太阳能发电设备外，作为对太阳能发电状况的监控设备是由电流互感器、太阳能发电系统断路器，电网连接断路器，住宅电源断路器，监视器及逆变器与送信器，并且有无线、有线 RS-485 通信方式支持等构成，其监控运行见图 2(a) 红黄蓝线路连接线路。

在功能上：支持无线 / 有线两种通信方式，使用时选择其中一种；最多可支持两台逆变器同时登录，实时显示逆变器的总发电量，发电、卖电 / 买电、消费功率，以及买电 / 卖电状态；又可实时显示环境贡献度（CO<sub>2</sub> 及石油节省量），可设定换算系数，并实时显示逆变器运行状态与实时显示通信状态以及信号强度，可以设定消费用电提醒功能并可以设定并查看最近 12 个月消费用电的节电情况曲线；又可记录发电情况详细数据（日期时间、逆变器 1 发电量、逆变器 2 发电量、卖电量、买电量、消费量），按每小时记录最近一个月的数据，按每天记录最近 12 个月的数据，按每个月记录最近 10 年的数据，并以图表方式显示；又可记录运行累计（年），发电量累计 (kWh)，卖电量累计 (kWh)，提供纪念日设定及提醒功能；记录逆变器异常履历，当逆变器产生停止错误时，记录产生错误的逆变器的编号、错误停止代码、错误产生时间，最大可存储最近的 32 条记录。

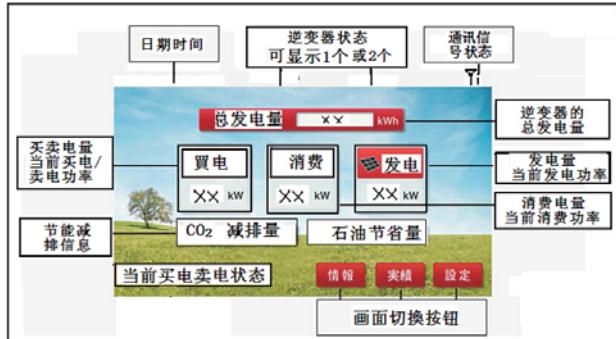


图 2(b) 太阳能发电状况监控设备系统主界面系统主界面展示

上述之功能通过系统主界面展示呈现（见图 2(b) 所示）：它包括系统当前总发电量、实时买电 / 卖电功率、发电功率和消费功率以及 CO<sub>2</sub> 节省量、石油削减量和逆变器状态信息。通过右下角的按钮，可以分别进入情报、履历和设定页面。

而检查节电目标是用于查看最近 12 个月的消费用电的节电目标状况。

## 2 太阳能光伏用非晶、纳米晶系列带材选用是光伏系统质量保证的源头

太阳能光伏用非晶、纳米晶软磁材料的主要组件（或元件）包括非晶、纳米晶带材、中高压电流互感器磁芯、共模电感磁芯、精密电流互感器磁芯、中高频变压器磁芯、大功率开关电源变压器、环形磁芯、漏电开关铁芯、纳米晶切割磁芯、磁珠等。它们是一种加速推进太阳能光伏及绿色产业发展的颠覆性技术，定为科技创新与创造人类美好生活。

据此将分别对非晶系列带材与纳米晶系列带材的特征及选用作研讨。包括：非晶配电变压器铁芯、铁基非晶 C 型铁芯、非晶滤波电感 / 恒电感、磁屏蔽、防盗标签（防盗条）等。

### 2.1 非晶系列带材与应用

太阳能光伏用非晶系列带材主要组件（或元件）产品有：非晶配电变压器铁芯、铁基非晶 C 型铁芯、非晶滤波电感 / 恒电感、磁屏蔽、防盗标签（防盗条）等。

特性：非晶合金是在超急冷凝固状态下原子来不及有序排列结晶而得到的固态合金。其属于长程无序、短程有序结构。非晶合金不存在规则的空间点隙，因此没有晶态合金的晶粒、晶界。非晶合金的成分主要由铁磁性元素（铁、钴、镍）和非金属元素（Si、C、B、P、V 等）所构成。由于非晶合金的特殊微观结构和成分构成，导致了这种合金具有许多独特的性能，如优异的磁特性、机械性能（耐蚀性、耐磨性、高的强度、硬度和韧性），高的电阻率和机电耦合性能等。其非晶合金的制备因整个生产工序中无“三污”排放，被誉为节能、环保、高效的绿色新型材料。图 3 为非晶与其他常用软磁台金磁滞回线对比示意图。

非晶系列合金牌号：00—表示合金类型的数字序号、XX-- 表示合金基体成分的数字序号（26 代表铁基，27 代表钴基，28 代表镍基）、AM—表示合金的基本特性。

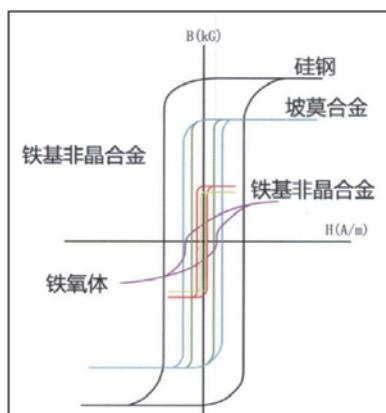


图 3 非晶与其他常用软磁合金磁滞回线对比示意图

#### 非晶合金的典型选用案例：

##### 非晶配电变压器铁芯

性能特点：铁基非晶合金具有高饱和磁感应强度、低矫顽力、低损耗（相当于硅钢片的 1/3~1/5），低激磁电流、良好的温度稳定性，使非晶合金配电变压器运行过程中的空载损失远低于硅钢变压器。

##### 铁基非晶 C 型铁芯

性能特点：小型化，减小铁芯体积和重量约 50%；低损耗 P，铁损是硅钢的 1/5—1/10，减小温升；矩形结构，便于线圈装配；铁芯开口，气隙大小可根据实际需求调节，具有优良的抗直流偏置能力。

其应用领域：可用于太阳能光伏逆变器、中高频开关电源变压器、不间断电源中的主变压器及，电抗器。

##### 非晶滤波电感 / 恒电感

性能特点：高饱和磁感应强度，低矫顽力，比 MPP，SENDUST 和铁粉芯有更高的磁导率和更好的交流直流叠加特性；消除了非晶切口磁芯引发的漏磁干扰；良好的频率特性和低的铁芯损耗；低成本低价格。

应用领域：常规滤波线圈及适配器滤波线圈、DC/DC 转换器滤波线圈、PFC 功率因素补偿电感、差模滤波器及平滑输出滤波器。

铁基非晶合金与其他软磁合金综合性能对比：在饱和磁感应强度 BS 指标上，铁氧体为 0.5T，而铁基非晶为 1.56T；导磁率 u 指标上，铁氧体无，而铁基非晶为 20—200；高频损耗 P 指标上，铁氧体为低，而铁基非晶为低；温度特性指标上，铁氧体为差，而铁基非晶为好。

##### 磁屏蔽

性能特点：磁导率越高，在低频磁场范围内构成低磁

阻通路，使大部分磁场被集中在屏蔽体内，磁场屏蔽的效果越好；合金材料薄，重量轻，容易处理；易于弯曲和切割。其应用领域：屏蔽几百 kHz 下的电磁干扰，如光伏逆变器、手机、数码相机、笔记本电脑等电子或电气设备；屏蔽房屋或建筑物附近的电线或电器配电设备；屏蔽箱或屏蔽室，防止地球磁场或其他磁场对敏感设备的影响。

## 2.2 太阳能光伏用纳米晶系列带材特征与选用

太阳能光伏用纳米晶系列带材的组件（或元件）有电流互感器、微型电流互感器、饱和电感、共模电感、功率变压器。

纳米晶系列带材特征：纳米晶合金是在 Fe-Si-B 合金成分的基础上添加了微量的 Cu、Nb 等元素，采用冷却速度大约为 106 °C / 秒的超急冷凝固技术制备成非晶薄带。非晶态带材在晶化温度以上进行热处理，形成晶粒尺寸为 10-20nm 的纳米晶合金。纳米晶合金与非晶相比而言具有更加优良的磁特性。

纳米晶合金特性为：高饱和磁感应强度 Bs，高初始导磁率 ui(u0)，低矫顽力 Hc，低损耗 Ps 及良好的温度稳定性。纳米晶合金可根据产品需要进行磁场处理（横磁、纵磁场处理方式），横磁处理即沿带材方向加外磁场进行热处理，纵磁处理即垂直带材方向外加磁场进行热处理。纳米晶带材产品的一般表示形式：N R XX OOO X

X 为区分带材类型（A 代表薄带，B 代表普通带）；OOO 为表示带材宽度（单位：mm），XX 为表示合金基体成分的数字序号（26 代 27 代表钴基，28 代表镍基）；R-- 表示产品状态的字母（R）；N-- 表示纳米晶合金（N）。

不同厚度带材 A 带与 B 带的 B-H 曲线区别：A 代表薄带，B 代表普通带，二者除在带材厚度上存在区别外，A 带的磁场敏感度较高，在铁损、频率特性方面也存在一定的优势，特性对比曲线见图 4，不同厚度带材的 B-H 曲线所示如下。

#### 纳米晶合金典型选用案例：

##### 电流互感器铁芯

电流互感器是一种用于变换电流的特殊变压器，它的重要作用是在其一次通过电流  $i_1$  时，其二次可以线性的输出一个较小的电流  $i_2(5A/1A)$ （见工作原理图 5 所示），它们广泛用于电力系统中，起到高低压隔离、电力计量、继电保护等作用。传统的电流互感器一般采用硅钢或者坡莫

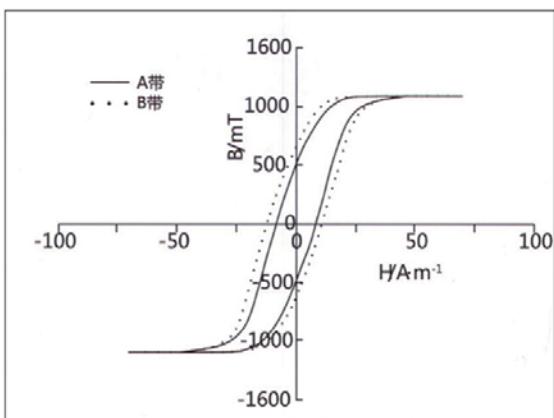


图4 纳米晶合金不同厚度带材的B-H曲线

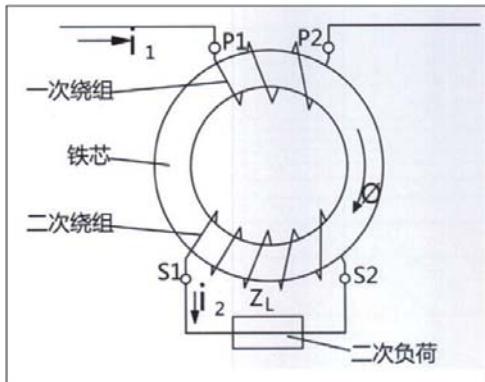


图5 纳米晶合金电流互感器铁芯工作原理图

合金铁芯制成，硅钢价格相对便宜，但由于其导磁率低，一般很难做成小电流比且准确度高的电流互感器，造成早期电流互感器准确等级普遍偏低，而坡莫合金虽然导磁率较高，但其价格昂贵，成本太高，造成早期电流互感器准确等普通偏低，纳米晶合金由于其优异的性价比，大大推动了高精度电流互感器(0.5s、0.2s)的普及。

其性能特点：高导磁率，提升测量精度；高饱和磁感应强度，比采用坡莫合金制成的互感器体积小、重量轻；优良的温度稳定性，可适应更恶劣的工作条件。

其材料特性从下述不同软磁材料性能对比表可见。

性能参数：饱和磁感应强度(T)，纳米晶合金为1.25，而坡莫合金为0.8；初始磁导率(0.8mA/cm)，纳米晶合金为80000，而坡莫合金为80000，硅钢仅为1000；密度(g/cm³)纳米晶合金为7.2，而坡莫合金为8.75；居里温度(℃)，纳米晶合金为570，而坡莫合金为400；填充系数(%)，纳米晶合金为>75，而坡莫合金为90。

#### 微型电流互感器

性能特点：高初始导磁率，提升产品精度、灵敏度；与坡莫合金相比，比重小，重量轻，叠片系数低，高饱和磁感应强度；温度稳定性好。微型互感器是电压不超过0.66kV，额定二次电流为1mA~100mA，外形尺寸较小的电流互感器(见图6所示)。



图6 纳米晶合金微型电流互感器外形图

在光伏逆变器测试中的应用：与仪器仪表配合，用来检测电流、电压、功率等。要求高精度仪在检测线路出现故障时，在大电流时电流互感器达到饱和，以保护光伏逆变器或其它保护仪器仪表；与继电装置配合，当线路发生故障短路、过载以及接地故障时，向继电器或开关提供信号，瞬间切断故障电路，保护电气设备及人身安全，此类应用的微型互感器也成为零序电流互感器或剩余电流互感器。常用合金牌号为N2601，N2904。

#### 饱和电感

饱和电感是一种磁滞回线矩形(见图7所示)比高，起始磁导率高，矫顽力小，具有明显磁饱和点的电感，在电子电路中常被当作可控延时开关元件来使用。其基本原理是，带铁芯的交流线圈在直流激磁作用下，由于交直流同时激磁，使铁芯状态一周期内按局部磁回线变化，因此，改变了铁芯等效磁导率和线圈电感。若铁芯磁特性是理想

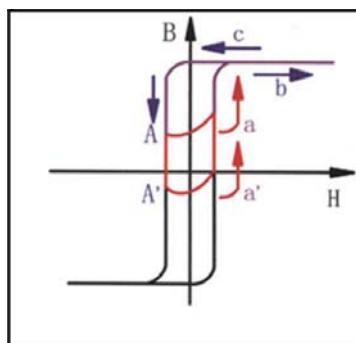


图7 饱和电感磁滞回线矩形比高的示意图

的( $B-H$ 曲线呈矩形),则可控饱和电感类似于一个“可控开关”。在开关电源中,应用饱和电感可以吸收浪涌,抑制尖峰,消除振荡,与快速恢复整流管串联时可使整流管损耗减小。图7为饱和电感磁滞回线矩形比高的示意图。

饱和电感性能特点:高饱和磁感应强度,高的全磁通 $s$ ,避免低负载时电压下降;

矩形磁滞回线,高矩形比,避免全负载时电压下降;高剩磁,减小应用时的死角;低矫顽力,降低磁复位时的控制功率;低损耗。避免过度温升。

由此饱和电感除在太阳能逆变电源应用外还广泛用于尖峰抑制器、磁放大器,移相全桥变换器,谐振变换器等领域。

#### \* 共模电感

共模电感就是一个重要的抗电磁干扰零件,它可以在一宽频条件下提供非常高的阻抗。大多数EMI滤波器主要部件就是共模电感。共模电感两绕组圈数是相同的,产生两大小相等方向相反的磁通量(见图8所示)。此两磁通相互抵消,因此使磁芯处于无偏磁状态。图8所示为共模电感的工作原理。

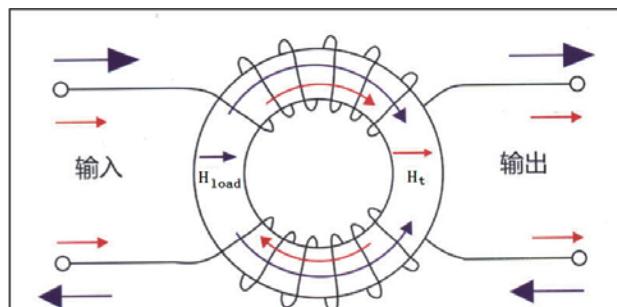


图8 共模电感的工作原理所示

其性能特点:高的初始磁导率,与铁氧体相比,具有更大的插入损耗,对弱干扰的抑制作用远大于铁氧体;尺寸较小的磁芯和较少的绕线圈数就可获得高的电感量;高的饱和磁感应强度( $B_s=1.2T$ ),抗饱和能力强;优良的频率特性,阻抗值高于铁氧体;居里温度高,有良好的温度稳定性;突出的抗不平衡电流能力;低的涡流损耗,低温升。

因此共模电感除了应用在光伏逆变器上还可以在开关电源、UPS不间断电源、变频器、EMC滤波器、逆变焊机、风电、空调、复印机、医疗器械等领域中获得应用。

#### \* 功率变压器

功率变压器是电源的核心部分,变压器铁芯需要具有低的高频损耗,高饱和磁感应强度 $B_s$ 和低的剩余磁感应强度 $B_r$ ,从而获得大的工作磁感 $B$ 。图为9纳米晶合金功率变压器外形图。



图9 纳米晶合金功率变压器外形图

其性能特点:高饱和磁感应强度,有效缩小变压器体积,减轻整机重量;高导磁率、低矫顽力,提高变压器效率、减小激磁功率;低剩磁,获得大的工作磁感 $B$ ,增大输出功率;低损耗,降低变压器的温升,提升效率;良好的温度稳定性。常用合金牌号为N2602,NF603。

功率变压器用途广泛,除在太阳能、风能逆变电源中应用外,还在通讯电源、高频感应加热电源、UPS不间断电源、激光电源、电解电镀电源、静电除尘高频电源、轨道交通机车电源等领域中应用。图10为功率变压器在典型逆变电源中应用的工作原理示意图。图10中功率变压器是作为逆变电源的主要变压器应用。

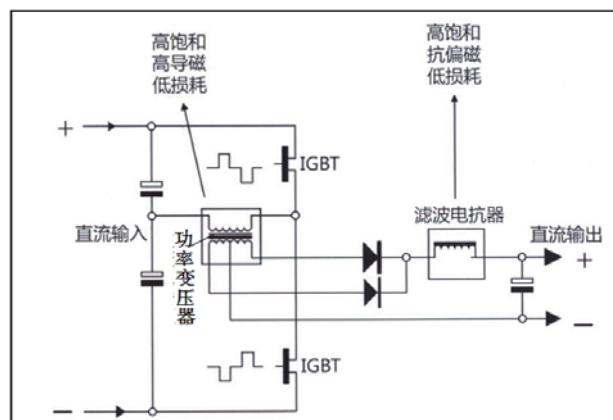


图10 功率变压器在典型逆变电源中应用的工作原理示意图