

光伏水泵系统技术拓展新能源应用的新领域

Photovoltaic pump system technology to expand new areas of application of new energy

叶云燕

摘要：本文将对光伏水泵系统基本架构、特征与光伏水泵系统的优化及光伏水泵逆变器性能特点作分析，并对光伏水泵系统应用典例作说明。

关键词：光伏水泵，控制和调节，扬程与水量

Abstract: this article will be on the photovoltaic pump system basic structure, characteristic and the photovoltaic pump system optimization and photovoltaic pump inverter performance characteristics, and on the photovoltaic pump system should be done is because patients.

Keywords: photovoltaic water pump, Control and regulation, Head and water

中图分类号：TN86 文献标识码：B 1606-7517(2015)02-4-136

随着光伏系统技术的发展和创新。当今不少专业厂商们都致力于全球光伏与水利系统研发与应用，而最为突出的是光伏水泵系统（又称光伏扬水系统），因为它们具有低碳、节能、环保的概念，也能明显提高缺水、少水地区人们的灌溉、环保与生活水平，故拥有了广阔的市场前景和巨大的社会价值。光伏水泵系统中省却蓄电储能装置，以蓄水替代蓄电，直接驱动水泵扬水，装置的可靠性高、功率大，同时大幅降低系统的建设和维护成本。光伏水泵系统主要应用在日常生活用水、农林业灌溉、沙漠治理、

牲畜用水、村庄及城镇供水、污水处理工程及喷泉景观等领域范围。

值此本文将对光伏水泵系统基本架构、特征与光伏水泵系统的优化及光伏水泵逆变器性能特点作分析，并对光伏水泵系统应用典例作说明。

1 光伏水泵系统基本架构与特征

光伏水泵系统基本架构（见图1为光伏水泵系统构建示意图）主要有四个部分组成：光伏阵列、光伏水泵逆变

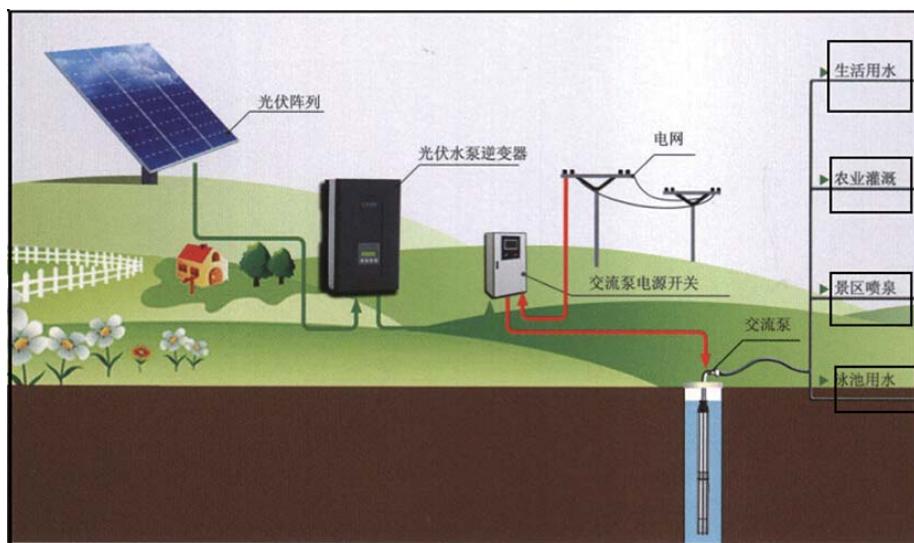


图1 光伏水泵系统构建示意图

器、三相交流水泵以及储水装置。

从图 1 看出，太阳电池阵列由多块太阳电池组件串并联而成，吸收日照辐射能量，将其转换为电能，为整个系统提供动力电源。光伏扬水逆变器对系统的运行实施控制和调节，将太阳电池阵列发出的直流电转换为交流电，驱动水泵，并根据日照强度的变化实时地调节输出频率，实现最大功率点跟踪。当日照强度较弱时，光伏水泵系统可以实现市电切换功能，市电充当光伏水泵系统的补充能量。水泵由三相交流电机驱动，从深井或江河湖泊等水源中提水，注入水箱或水池，或直接接入灌溉或喷泉等系统。离心泵、轴流泵、混流泵、深井泵等均可使用。

光伏水泵系统性能特点：利用绿色能源太阳能，节能、低碳、环保；适用各种三相交流水泵，应用领域广泛，相较于传统的交流水泵系统，系统维护成本极低，可全天候无人值守，并设定的全自动/手动运行模式；内置数据记录模块，可查询系统故障信息和历史运行信息；具有各种远程通信功能，可远程查看，控制系统的运行状态和运行模式；高防护等级的户外系统，适应各种应用环境，低安装成本；运行环境温度最高可达 60 摄氏度，运行环境温度范围广，完备的系统保护机制，系统使用寿命长；能匹配各种太阳能电池板，系统配置冗余度高，根据客户不同需求提供各种解决方案，如防盗，兼容，兼容市电输入等。

* 光伏水泵系统方案分类

光伏水泵系统方案有潜水泵系统及地表泵系统二大类。从用途、水源、水泵工作条件及系统特点角度来看，这二类系统比较相同，为此仅对潜水泵系统作说明。

其一、潜水泵系统用途适用于生活用水、农林业灌溉、景观供水、远距离给水、清洁水循环增压、工业用水等；其二、潜水泵系统水源为江、河、湖、池塘等；其三、潜水泵系统的工作条件应是固体不溶物体积含量不超过单位体积的 0.1%，粒度不大于 0.2mm，周围环境温度不超过 +40°，相对湿度不超过 95%；潜水深度范围：15—70m。

而该系统特点为：全天候无人值守，可设定的全自动/手动运行模式；具有各种远程通信功能，可远程查看、控制系统的运行状态和运行模式；是 IP65 防护等级的户外系统，适应各种应用环境，低安装成本；运行环境温度范围广，最高可达 60 摄氏度；具有完备的系统保护机制，延长系统的使用寿命，如自动打干，水泵短路、缺相保护等；可匹配各种太阳电池，系统配置冗余度高；又能根据客户

不同需求提供各种解决方案，如防盗、兼容市电输入等；高标准的品质管理，系统使用寿命长达 15 年至 20 年；系统扬程可达到 200 米以上。

* 光伏水泵系统的优化

光伏水泵系统设置的优化目标是在满足扬程和流量要求的前提下，尽可能减少太阳电池组件的使用量。根据日照强度的变化调节水泵转速，即日照达到峰值时水泵以额定转速运行，输出功率接近太阳电池阵列的最大功率（从图 2 所示光伏水泵系统优化的特性曲线上可知达 1400W 左右）；当日照较弱时，水泵在低于额定转速的范围内以最大功率跟踪（MPPT）方式调速运行，当水泵转速低至流量为零时，系统停止工作。其图 2 为光伏水泵系统优化晴天条件下日运行的特性曲线。

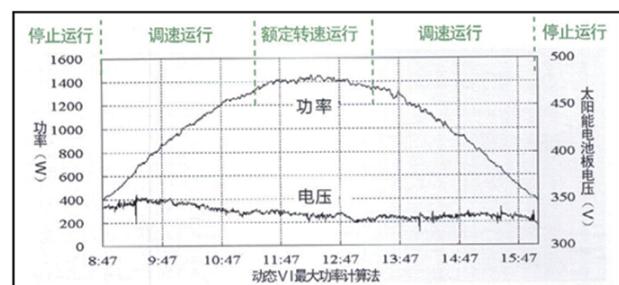


图 2 光伏水泵系统优化晴天条件下日运行的特性曲线

因此，系统配置与传统的恒速运行方式有很大区别，需要根据扬程和流量的要求、当地的日照条件，进行优化设计。应根据以下三点要求进行优化设计：即确定最佳平均日运行时间和水泵调速范围；选择水泵的最佳扬程和额定功率；确定太阳电池组件的最大功率、最佳工作电压以及接线方式。

2 光伏水泵逆变器及其光伏水泵的构建与性能特点

* 光伏水泵逆变器的构建及其特征

从技术角度上来说，光伏水泵逆变器构建已成系列化。它是由直流开关、MPPT、升压(Boost)转换器、三相逆变全桥构成，图 3 为光伏水泵逆变器电路组成图。光伏扬水逆变器对系统的运行实施控制和调节，将太阳电池阵列发出的直流电转换为交流电，驱动水泵，并根据日照强度的变化实时地调节输出频率，实现最大功率点跟踪。

概括光伏水泵逆变器性能特点为：可驱动功率匹配的三相交流水泵，因为它有先进的 IGBT 功率模块与先进的

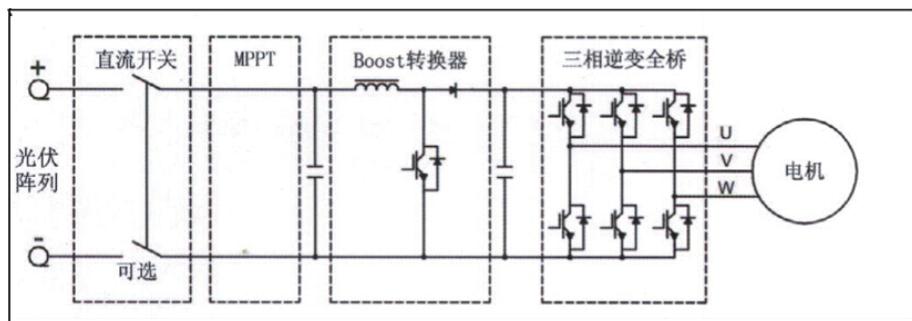


图 3 光伏水泵逆变器电路组成图

MPPT 技术，其效率达 $>99\%$ ，并可实现高转换效率、低温升、低噪音及长寿命，是一种全自动运行模式。

具体的说，它不仅适用于采用三相异步电机的水泵，而且采用了动态 VI 最大功率点跟踪和优化正弦波 PWM 控制，故响应速度快，稳定性好，可全自动运行和根据实际系统的情况自由设定水泵调速范围，实现存储 8 年运行的数据；在主电路上采用了智能功率模块，可靠性高，具备完整的电机保护功能，可选配上下水位检测和控制电路，防止溢出和干抽；具有高可靠性、高防护等级及完美的保护机制，采用 LCD 显示，应用了 RS485 远程通信功能，因系统采用模块化设计与无风扇设计，故易于安装，操作，维护，其使用环境温度为 $10\text{--}50^\circ\text{C}$ 。

光伏水泵逆变器有哪些技术参数呢？其一是直流输入侧，它包括最大输入直流电压（如 450Vdc 、 750Vdc 、 880Vdc 等），推荐 MPPT 电压范围（如 $150\text{--}400\text{Vdc}$ 、 $460\text{--}850\text{Vdc}$ ），最大输入直流电流（如 8A 、 10A 、 14.6A 、 21A 、 24.6A 等），最大 MPPT 效率为 99% 、输入路数（1、2）；其二是交流输出侧，它包括最大允许电机输出功率（如 1.1kW 、 1.5kW 、 2.2kW 、 3kW 、 3.7kW 、 4kW 等），额定输出电压（ $220\text{--}240\text{Vac}$ 3-phase），输出频率范围（ $0\text{--}50/60\text{Hz}$ ），额定输出电流（ 5.5A 、 7A 、 11A 、 14A 、 17A 、 20A 等）；其三是系统参数，它包括整机最大效率（如 96% 、 97% 、 98% ），运行环境温度范围（ -25 至 $+60$ ， 60 以上降额运行），LCD 显示、通讯接口 RS485、海拔为 3000 米或 3000 米以上降额运行、噪音为 $<50\text{dB}$ 、符合的标准为 EN 50178、IEC / EN 62109—1、IEC61800。

* 光伏水泵构建及其特征

光伏水泵是以太阳能为动力的扬水设备，由光伏水泵逆变器和水泵组成。主要用于农林灌溉、荒漠治理、草原

畜牧、城市水景、海水淡化、生活用水等领域。光伏水泵的特征是以太阳能为动力，不需电网可全自动运行；无需人工维护，非常便于安装、迁移、通用性强、很清洁环保，其综合经济效益很高。

光伏水泵主要参数有：水泵规格（如 $220\text{V}50\text{Hz}$ 、 $380\text{V}50\text{Hz}$ ）扬程说明（如从 $47\text{--}32\text{m}$ 、...到 $128\text{--}87\text{m}$ 等不同范围），流量范围（如从 $1\text{--}10\text{m}^3$ 到 $100\text{--}130\text{m}^3$ 等不同范围），出水口径（如从 30mm 到 65mm 等不同范围），适用井径（如从 100mm 、 150mm ），推荐开路电压范围（如从 $350\text{--}430\text{VDC}$ 、 $625\text{--}750\text{VDC}$ ），推荐工作电压范围（如 $280\text{--}350\text{VDC}$ 、 $500\text{--}600\text{VDC}$ ）。

3 光伏水泵系统有独特的结构

光伏水泵系统的组成除了光伏阵列、光伏水泵逆变器、三相交流水泵以及储水装置基本架构外还有光伏水泵控制柜与光伏汇流箱独特的结构，它们是光伏水泵系统可靠运行与使用的结构保证。

* 光伏水泵控制柜

光伏水泵控制柜集成光伏水泵逆变器与光伏汇流箱，它简化了系统配线和操作难度，同时节约了系统成本。可在没有太阳能供电情况下切换至由市电或柴油机供电工作；在选配输出电抗器后更适用于水泵控制柜与水泵电机距离较远的应用场景。

该光伏水泵控制柜适用于 750W - 18.5kW 的光伏水泵逆变器与光伏水泵系统。具体应用特征为：具备汇流功能，可同时接入多路光伏阵列并具备防反接功能；正极负极都具备防雷功能，配有光伏专用防雷器模块，以减少雷电对系统的威胁；采用光伏专用熔断器，耐压 $\text{DC}1\text{kV}$ ，以提高系统安全性；采用了光伏专用直流断路器，提高了直流耐

压值和系统安全性；其防护等级为 IP54，满足室内外安装使用要求；可选配输出电抗器，满足用户长距离输电需求（200米以上）；又可选配市电或柴油机作为后备电源供电，满足用户各类天气条件下的用水需求。

* 光伏汇流箱功能

对于大型光伏水泵系统，为减少光伏组件与逆变器之间连接线，提高可靠的稳定性，以方便系统维护，一般需要在光伏组件和逆变器之间增加直流汇流装置。将光伏组件串列接入光伏阵列防雷汇流箱进行汇流，然后接入逆变器。该光伏汇流箱适用于22kW—55kW的光伏水泵逆变器与光伏水泵系统。其应用特征为：能满足光伏阵列汇流装置的基本特点，光伏组件串正负极都接有保险丝，配有光伏专用直流断路器，配有防接反二极管，配有光伏专用防雷模块。

特别需要说明的是，除上述光伏水泵系统的根本架构与组成外，光伏水泵系统还需有光伏水泵系统设计软件、光伏水泵系统监控软件、环境监测仪、以太通讯模块及RS485-232转换器等辅件，才能正常运行。

4 光伏水泵系统应用典例

光伏水泵系统主要应用在日常生活用水、农林业灌溉、沙漠治理、牲畜用水、村庄及城镇供水、污水处理工程及喷泉景观等领域范围。值此对其应用典例作说明。

光伏农林灌溉

根据以“光伏水利”建设推动海岛的生态循环经济发展 的指导思想，该项目采用光伏水泵系统（如天源PSAxxxx型系列，其主要指标：扬程区间为10-240m、日用水量1-40m³、6千瓦时/平方米/天）在扬程25米、取水距离200米的情况下，日供水200—260立方米，为周边200亩的槟榔、香蕉、菠萝、荔枝等热带经济作物提供光伏水利灌溉。其经济效益：光伏水利系统每年可节省电39420千瓦时，在其25年的使用年限内可节省标准煤270.6吨，减排二氧化碳163.1吨，二氧化硫74吨，减排烟尘55吨，减排灰渣96.4吨。此以solartech公司产的PS7500型系列应用于海南琼海市为典例。

光伏荒漠治理

项目采用PSA3000型光伏水泵系统与滴灌、喷灌系统结合，把育苗成活率由30%提升到95%以上。经济效益：系统年均可节省电9000千瓦时，在25年的使用期限内，可节省标准煤84吨，减排二氧化碳37.2吨，二氧化硫1.7吨，减排烟尘1.3吨，减排灰渣21.6吨。此PSA3000型系列以应用在如榆林市地区处于沙漠南缘为典例。

光伏海水淡化

项目采用光伏海水淡化系统能充分满足驻岛人员的淡水需求。产品和技术适用于苦咸水淡化。项目采用光伏海水淡化系统。系统包括光伏水泵逆变器、海水提升泵、高压淡化泵、加药泵、清洗泵、海水淡化装置及太阳电池阵列组成。经济效益：系统年均可节省电17520千瓦时，在25年的使用期限内，可节省标准煤164.6吨，减排二氧化碳72.5吨，二氧化硫3.3吨，烟尘2.5吨，灰渣42.8吨。此PSA5000型系列以应用在如西沙海岛为典例。

光伏草原畜牧

该地区光照充足，日照强烈；冬寒夏凉，暖季短暂，冷季漫长，春季多大风和沙暴；雨量偏少，雨热同季，干湿季分明。项目采用P52200光伏扬水牧草灌溉系统，系统扬程20米，日供水80多吨，可对周边大片草场进行有效灌溉，提高牧草产量30—50倍。经济效益：系统每年可节省电8294千瓦时，在其25在25年的使用期限内，可节省标准煤78吨，减排二氧化碳34.3吨，二氧化硫1.5吨，烟尘1.2吨，灰渣20.3吨。此PSA2000型系列以应用在如青海地区草原畜牧站为典例。

光伏生活用水

采用PSB92小学校型系列光伏提水系统（其主要指标：扬程区间为6-90m、日用水量150-500m³、6千瓦时/平方米/天），其扬程为80m，日出水量100吨，在光伏提水系统项目旁边修建了容量为300立方的蓄水池。蓄水池3天可以蓄满，并且做了防冰处理。完全满足了全村常年的日常用水，使用寿命为25年。经济效益：该系统年均发电达32850千瓦时，在25年的使用年限内，可节省标准煤309吨，减排二氧化碳135.9吨，减排二氧化硫6.2吨，减排灰渣80.3吨。此PSB9200型系列以应用在如内蒙地区呼和浩特市榆林镇白塔乡为典例。