

# 光伏提水技术在青海省的推广前景

冯玲正<sup>1</sup>,李润杰<sup>1</sup>,归建红<sup>2</sup>,刘得俊<sup>1</sup>

(1. 青海省水利水电科学研究所,青海 西宁 810001;2. 青海省西宁市环保局,青海 西宁 810001)

**摘要:**通过对地下水、太阳能资源及光伏提水系统的性能指标的分析,提出了光伏提水技术在青海省适宜推广的范围,并依据青海省特殊的气候地理条件,从不同方面进行了光伏提水技术推广应用潜力分析,为青海省远离电网的农牧民地区发展光伏提水技术提供了科学依据。

**关键词:**水资源;光伏提水技术;太阳能利用

**中图分类号:**S214 **文献标识码:**A

## 1 概述

青海省是我国的四大牧区之一,搞好牧区水利工作,是维护国家生态安全的迫切要求,是牧区经济可持续发展的基础保障。我国牧区幅员辽阔,地广人稀,经济欠发展,能源问题成为制约牧区人民生活 and 畜牧业发展的重要因素。采用光伏提水技术,既缓解了能源危机,又大大改善了生态环境。推广光伏提水技术,把青海丰富的太阳能和地下水资源利用起来,可以解决远离电网农牧民地区的人畜饮水和小规模草库仑灌溉水源问题,实现牧区传统水利向现代水利转化。

光伏提水技术是将太阳辐射能转变成电能,再由电能驱动水泵来达到提水之功效的。太阳能光电利用技术是能源利用技术中先进的技术之一,被认为是今后最有发展前途的一种新技术。其先进性主要体现在,一是它没有能耗、不污染环境,使用可靠;二是采用了国际上先进的最大功率跟踪技术、稀土永磁技术、变频控制技术及水力学技术。从而使该系统具有结构简单、故障率低、寿命长、弱光性好、效率高、全自动化等优点。

## 2 光伏提水技术推广应用潜力分析

### 2.1 地下水和太阳能资源概况

青海省属于大陆型气候,干燥、高寒,年降雨量少,地表水资源匮乏。河川径流的主要补给来源是高山融水、季节性积雪和降雨。全省水资源总量为 631.49 亿  $m^3$ ,地下水资源 262.55 亿  $m^3$ ,地下水可开采量 24.69 亿  $m^3$ ,水资源平均利用率仅为 10%,有些贫困地区的利用率还不到 2%,地下水开发潜力很

大。影响地下水开发的主要原因是缺乏电力供应。据调查统计,典型地区地下水特征,埋深 0~100 m(多数 0~40 m),涌水量 1~1 000  $m^3/h$ (一般 10~40  $m^3/h$ )。其埋深和储量为推广太阳能提水灌溉技术提供了广阔的发展空间。

青海省地处中纬度,海拔 3 000 m 以上的地区占全省总面积的 90%以上,因海拔高,大气稀薄,加之气候干燥,少雨,大气透明度好,日照时间长,具有得天独厚的太阳能资源,就全国来说,仅次于西藏,属于第二高值区。按全国太阳能划分(太阳能总辐射大于 63 万  $J/cm^2$  的为一类区,50~63 万  $J/cm^2$  为二类区),青海省均属一、二类区,其中一类区占总面积的 80%以上,二类区不到 20%。总辐射量为 50~80 万  $J/cm^2$ ,较同纬度内地高出 20~30 万  $J/cm^2$ ;年日照时数为 2 328~3 575 h,较我国同纬度地区约多 700 h;平均年日照百分率大于 70%,最大为 86%。因此,充分利用当地丰富的太阳能资源,在偏远无电网农牧区用光伏提水技术取水解决人畜饮水和小面积草库仑灌溉的用水问题,将在很大程度上缓解缺水现状。总之,地下水分布状况、开发潜能及丰富的太阳能资源为青海省发展光伏提水技术提供了保障。

### 2.2 可行性分析

#### 2.2.1 技术评价

该技术涉及到的学科领域比较多,从系统构成角度看,它不同于常规的“电源+水泵”,而是光、机、电、电力电子、计算机技术、多机群控技术等多学科的综合。我国从 20 世纪 70 年代中期开始进行光伏水泵系统的研制开发工作。经过多所高等院校和国家级科研所“七五”“八五”“九五”的科研攻关,该技

术日趋成熟起来,光伏水泵可以批量生产。我国在光伏水泵方面已跟进世界前沿,并在许多方面处于领先地位。我国首先实现了智能多机群控技术,驱动部分采用了 DSP 芯片为控制核心的技术,实现了 TMPPT 控制,使整个系统实现高效、可靠。中科院机械所、水利部牧区水科所等单位对光伏提水技术多年的研究应用,其成果已十分成熟,在内蒙古草原已经得到广泛应用,并取得了良好的经济效益和社会效益。

从青海省都兰县巴隆乡推广试验示范区的运行看,光伏提水系统的各项指标都满足技术指标。经过 2 年的试验观测,100 W 光伏提水系统出水量达到 4.32 m<sup>3</sup>/d,1 kW 太阳能光伏提水系统,提水量 42.14 m<sup>3</sup>/d。从出水量指标看,青海省推广光伏提水技术是十分可行的。

1 kW 太阳能光伏提水系统试验数据分析,结果见表 1。

表 1 1 000 型光伏固定提水系统时刻流量观测记录 m<sup>3</sup>/h

观测天数	观测时刻/时				均值
	9:30	11:30	13:30	15:30	
第 1 天	3.892	6.482	6.454	3.766	5.149
第 2 天	3.990	6.664	6.468	3.542	5.166
第 3 天	3.836	6.860	6.468	3.402	5.142
第 4 天	3.556	6.846	6.384	3.640	5.107
第 5 天	3.864	6.706	6.440	3.556	5.142
均值	3.828	6.712	6.443	3.581	5.141

根据试验观测记录,1 kW 太阳能光伏提水一般出水时间为 8:50~17:10,平均出水流量为 5.14 m<sup>3</sup>/h,最大流量 6.71 m<sup>3</sup>/h,总出水量 42.14 m<sup>3</sup>/d。

### 2.2.2 经济评价

光伏提水系统与柴油机水泵相比,具有良好的经济性,且保证率也高。下面以青海省都兰县巴隆乡推广试验示范区(1 kW 固定式光伏提水系统)试验数据为例,与相应的柴油发电机水泵系统进行投资额与提水成本比较。

#### (1) 太阳能光伏提水技术。

条件:太阳能资源以 II 类地区为标准进行计算;扬程:25 m;出水量 5.14 m<sup>3</sup>/h;年出水量:∑Q=5.14×8.2×300=12 644(m<sup>3</sup>)。

光电池按 25 年计算,其余按 10 年计算。设备投资及运行费用见表 2。

表 2 光伏提水系统设备投资与运行费用 元

项目	设备投资	运行费
太阳能光电池	42 000	
控制器	10 000	
专用潜水泵	2 500	
附件	600	
安装费	600	150
合计	55 700	150

#### (2) 柴油发电机水泵系统。

计算条件:①考虑到涌水量,4 kW 柴油机与 2.2 kW 发电机组组成的潜水提水装置,在计算中以该装置为样本。②以在

海拔 2 200~3 000 m,每 kWh 耗油 295 g 为标准进行计算。

扬程 18~25 m 时,年提水量:

$$\sum Q = 15 \times 8.2 \times 300 = 36\,900(\text{m}^3)$$

均按 10 年计算。设备投资及运行费见表 3。

表 3 柴油机水泵系统投资额及运行费 元

项目	设备投资	运行费
柴油发电机系统	3 500	
潜水电泵	1 600	
附件	600	
安装	600	
年修理费		650
年耗油		7 540
年工资(15 元/d)		4 500
合计	6 300	126 900

光伏提水与柴油机提水成本见表 4。

表 4 提水成本对比表 元/t

提水种类	设备投资	能耗费	运行费	总成本	保证率
光伏提水	0.240	0	0.012	0.250	好
柴油机提水	0.017	0.200	0.140	0.360	差

### 2.2.3 光伏提水技术与常规电网电力的比较

青海省位于中国西部,地广人稀。尤其青海省西部,可以说几公里不见一户,电力负荷密度低,大电网难以延伸到边远的农牧区。无电地区农牧民居住分散,经济落后,交通不便。目前,青海省地区架设 1 km10 kV 输电线路需 7~9 万元,35 kV 的输电线路价格更高。由于自然村相距遥远,如果架设常规电网,其电力负荷及电网的利用率都很低,同时也不符合国家电网的经济输送距离,巨额投资得不到回报,国家很难做到各村各户架设常规电网。

光伏提水系统具有寿命长,不排放污染,高可靠性的独立系统,安装使用以单个独立的系统为单位,彼此之间可以没有联系,可以根据地下水资源情况就地安装运行,这也是常规电网所不能比拟的优势。

### 2.3 适宜范围划分

受水文地质条件的限制,青海省易开采地下水资源(定义:易开采地下水资源是埋深小于 50 m、水质较好、富水性强、离居民区近的地下潜水。)主要分布于内陆盆地、山丘区较大谷地和各河干支流的河谷平原区,地下水类型主要为松散岩类孔隙水。根据地下水水文地质条件和特征,分为河湟谷地、青南高原和内陆盆地。划分的易开采区重点围绕县、乡和村落较为集中的地区。太阳光伏提水技术在青海省推广应用的适宜范围见表 5。

## 3 结 语

(1)青海省幅员辽阔,地处中纬度,3 000 m 高程以上的地区占全省总面积的 90%以上,因海拔高,大气稀薄,加之气候干燥,少雨,大气透明度好,日照时间长,太阳能资源丰富。典型地区地下水特征,埋深 0~100 m,涌水量 1~1 000 m<sup>3</sup>/h。其埋

深和储量为推广太阳能提水灌溉技术提供了广阔的发展空间,适用性很强。

(2)根据推广示范区试验数据,100 W 太阳光伏提水系统(出水量 4.32 m<sup>3</sup>/d)能解决 720 只羊或 123 口人的饮水水源问题。由于太阳光伏提水系统提水量相对比较小,所以该系统不适合大规模草原灌溉,适合小规模草库仑灌溉或作为发展庭院经济的灌溉水源。

(3)通过对青海省太阳能资源和地下水分布的特点及光伏提水系统性能指标对比分析, Pv-100、Pv-500、Pv-1000、Pv-

1600 等型号在青海省宜推广应用。

(4)该技术非常适用于人烟稀少的牧民定居点,使部分地区解决人畜饮水成为现实。同时比埋设引水管道解决人畜饮水要节省投资。在使用上更方便,适用。

(5)由于光伏提水设备性能有的限制,该设备在适用性上有一定的局限性,即地下水埋深必须在 50 m 以内。

(6)太阳能光伏提水系统寿命长(一般 25~30 年),虽然经济、但一次性投入大,回报周期长,有关部门若实施优惠政策和财政补贴政策,将更便于推广。

表 5 光伏提水技术在青海省发展的适宜范围

地区	海拔/m	潜水面深度/m	日照时数/h	适宜设备型号
西宁盆地	湟中大通平安湟源	0~6	2 550.0~2 771.9	Pv-100、Pv-500
		6~15		Pv-500、Pv-1000、Pv-1600
		15~22		Pv-1000、Pv-1600、Pv-2000
青海湖盆地	刚察天峻黑马河倒淌河	0~6	3 009.9	Pv-100、Pv-500
		6~15		Pv-500、Pv-1000、Pv-1600
共和盆地	沙珠玉	2~6	3 010.4	Pv-100、Pv-500
		6~15		Pv-500、Pv-1000、Pv-1600
		15~24		Pv-1000、Pv-1600、Pv-2000
茶卡地区	茶卡 茶卡莫河畜牧场	3~7.6	3 089.0	Pv-100、Pv-500
		30 左右		Pv-2000、Pv-5000、Pv-10000
哇玉香卡地区	109 国道大水桥	3 250	3 082.5	Pv-500、Pv-1000、Pv-1600
德令哈地区	德令哈农场	2 982	3 140.7	Pv-1600、Pv-2000、Pv-5000、Pv-10000
乌兰地区	希里沟 柯柯镇	5.0~8.4	2 993.3	Pv-100、Pv-500
		25~30		Pv-2000、Pv-5000、Pv-10000
格尔木	格尔木东村、新村、 郭乡中村等 2 740 大格勒乡 (西村、政府南) 2 780 大格勒乡 (东村、中村)	≤6	3 090.5	Pv-100、Pv-500
		6~7		Pv-100、Pv-500、Pv-1000、Pv-1600
		15~22		Pv-1000、Pv-1600、Pv-2000
都兰	诺木洪农场宗加乡 香日德地区 都兰县	≤6	2 963.3~3 255.4	Pv-100、Pv-500
		6~15		Pv-500、Pv-1000、Pv-1600
		15~25		Pv-1000、Pv-1600、Pv-2000
果洛州	玛沁县、甘德县 达日县、久治县班玛县	4 000 以上	注:结果为井深 ≤20	2 436.7~2 800.5 Pv-100、Pv-500、Pv-1000、Pv-1600、Pv-2000

注:主要调查区光伏提水技术适宜范围。

参考文献:

[1] 包小庆,吴永忠. 光电、风电提水灌溉在我国北方地区应用推广条件及前景的分析[J],农村能源,1997,(5).

[2] 热孜望,坎吉,赵争鸣. 光伏水泵在我国西部推广应用的可行性分析[J]. 能源研究与利用,2001,(5).

[3] 青海省农业资源区划办公室. 青海省农业自然资源数据集[Z]. 西宁:1999.

《节水灌溉》杂志热忱欢迎广大作者踊跃投稿、广大读者积极订阅。