

太阳能光伏发电系统在高原地区农村安全饮水工程中的应用

李中校

(云南省迪庆藏族自治州水务局水利工程建设管理站, 云南 香格里拉 674499)

【摘要】 在云南高原地区农村安全饮水工程设计中,部分村社由于所处位置无自流引水、打井取水等条件,工程设计需采用泵站提水来解决水源水量不足的问题,太阳能光伏发电系统通过多块太阳能电池组件串并联组成太阳能电池阵列,吸收日照辐射能量,将其转化为电能,为整个系统提供动力电源,解决和补充农村安全饮水抽水泵站的用电问题。

【关键词】 太阳能;光伏发电;农村安全饮水;工程;应用

中图分类号: TM615

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2017)03-0027-04

Application of solar photovoltaic power generation system in the rural safety drinking water project of plateau area

LI Zhongxiao

(Yunnan Diqing Tibetan Autonomous Prefecture Water Bureau Water Conservancy Project Construction Management Station, Shangri-la 674499, China)

Abstract: A part of villages have condition of no artesian water diversion, digging well for taking water, etc., pumping stations should be adopted for taking water in order to solve the problem of insufficient water quantity in the water source during the rural safety drinking water project design of Yunnan plateau area. Solar photovoltaic power generation system absorbs sunlight radiation energy through solar cell array composed of many solar cell components by series-parallel combination. The energy is converted into electricity, thereby providing power supply for the whole system. The electricity utilization problem of rural safety drinking water pumping station is solved and supplemented.

Key words: solar energy; photovoltaic power generation; rural safety drinking water; engineering; application

1 前言

为解决农村饮水水质不达标、工程性缺水等问题,全面提高农村饮水安全保障,2005年起在全国范围内正式实施农村安全饮水工作。通过在云南高原山区迪庆藏族自治州范围内实施农村安全饮水工程建设发现,由于该区地处青藏高原南延部分,滇、川、藏三省区交界的

横断山脉,三江并流自然奇观标志性腹心地带,地形坡度大,地质构造复杂,山高谷深,农村人口居住十分分散,人口密度约为11人/km²。部分乡镇、村社由于居住在半山区或二半山区,引水水源较远,水质、水量不满足农村饮水安全的总体要求,无自流引水、打井取水等条件,存在“人在高出住,水在低处流”的现象,为解决该部分村社农村饮水困难问题,通过多种方案比较,结合项

目区实际,在迪庆藏族自治州香格里拉市尼西乡乡政府驻地集镇供水工程中采用太阳能光伏发电系统与农村电网配合供电,新建二级小型泵站提水至高位蓄水池后,分别向乡政府驻地与附近村民供水。

2 方案总体设计

2.1 项目区概况

尼西乡位于云南省迪庆香格里拉市西北部,国道214线与香维公路通过乡境内,乡驻地崩书塘,平均海拔3160.00m,距香格里拉城区37km。尼西乡地处二半山区和干热河谷地带,年降水量503mm,无霜期为124d,具有明显的立体气候特征。全乡辖新阳、幸福、汤满、江东4个村委会,47个村民小组,总人口6681人,1282户,藏族人口占98.8%。全乡国土面积845km²,其中耕地面积15781亩,林地面积984582亩,牧草地面积35169亩。尼西乡水资源主要集中在汤满河和交界河流域,乡政府驻地及新阳村、汤满村由于所处位置较高,缺水十分严重,特别是2008年以来由于受全球极端气候影响,云南省大部分地区出现连续干旱,导致部分地区天然来水量较少,甚至出现水源枯竭的现象,迪庆州境内的干旱少雨区也出现类似情况,尼西乡政府驻地及附近村社3400人饮水困难十分突出,区域水资源短缺已严重影响了当地居民的生活,严重

制约当地社会经济的发展。

2.2 设计方案

为解决尼西乡政府驻地及附近村社4457人饮水问题,通过区域水资源分布、利用情况调查分析,认为乡政府驻地范围内无自流引水的可靠水源,只能考虑采用提水(包括:打井抽水、建泵站提水)及跨流域远距离调水方案。经过多方案比较后,初步确定采用泵站提水方案,常规电力泵站提水工程由于抽水成本较高,增加了当地村民的经济负担,由于尼西乡属少数民族贫困区,供水区内人民群众生活十分贫困,当地居民对建电力提水泵站提出反对意见,抽水站建成后,运行成本较高,无法承担高昂的水费,会造成工程不能正常运行,因此,在充分调查、了解当地光热资源及气候条件的基础上,综合分析提出采用太阳能光伏发电与电网互补的泵站提水方案。

项目所在地处于东经99°20′~99°37′,北纬27°57′~28°25′之间,属北亚热带季风气候,年日照时数为1742.9~2186.6h,太阳辐射118.3~133.7千卡/cm²,对照云南省各地水平面上各月干、湿季及年平均直接辐射量的计算值(见表1)及查阅有关资料表明:该区属云贵高原,空气清新、稀薄,阳光透性强,终年太阳高度角大,日照时间长,太阳能辐射量大,是太阳能开发利用的有利地区^[1-3]。

表1 香格里拉水平地面各月太阳总辐射

单位: MJ/m²·月

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	干季	湿季	全年
290	280	342	308	263	185	153	146	142	213	226	279	287	180	234

注 干季为11月一次年4月,湿季为5—10月。

太阳能光伏发电是利用光生伏打效应,使太阳光辐射能转变成电能。太阳能发电系统可分为两大类:①独立系统;②系统联系系统(或称为与交流电网联系系统)。独立系统是太阳能发电的最基本形式,又称为太阳能发电的原型系统。这种系统多用于远离市区(无人操控)的海上灯塔、浮标、山顶的无线中继电台、无电力网覆盖等情况,见图1。图中,由太阳能电池阵列输出的直流功率直接供给负荷。如果负荷是交流的,则还须将直流电通过逆变器变换为交流电。此外,输出的直流能量还同时供蓄电池充电。由

于负荷的电压经常会产生波动,故还应设置控制器以调节电压。

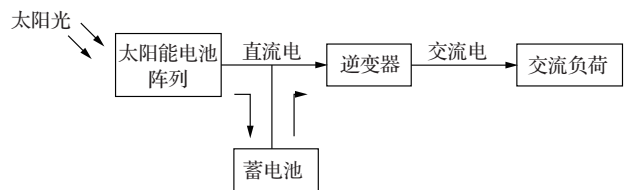


图1 太阳能发电系统的基本结构

与电网(系统)联系系统的构造见图2。该系统的特点是当太阳能电池阵列发出的电功率超过负荷需要

时,可以通过自动控制输向交流市电电网,即向电力公司卖出电力(即余电上网)。系统联系型太阳能发电系统的优点是:当阴雨天气或夜间太阳能发电量不足时,可以通过系统联系直接向市电电网买电(即下网)。系统联系系统的另一重要优点是可以取消蓄电池,使成本降低,加强供电的稳定性和可靠性。

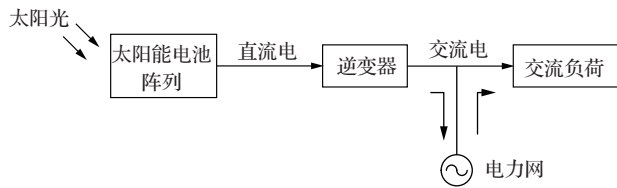


图2 太阳能并网发电系统结构

2.2.1 抽水泵站及配套设计方案

根据项目区人口规模调查及需水量预测分析,结合项目区实际确定取水水源为汤满河,高程2708.00m,提水总扬程达480m,由于提水高度较大故采用二级提水方案,设计提水量 $1000\text{m}^3/\text{d}$ 。

一级抽水站位于汤满河水源点,通过DN150钢管2464m引至二级抽水站调节池,高程2708.00m,抽水站扬程244m,站内建设 80m^3 水池1个,水泵房1座,安装75kW多级水泵1台,15kW立式多级水泵1台,7.5kW潜水泵1台。

二级抽水站位于香德路乡政府岔路香格里拉方向约1km处,高程2952.00m,通过DN150钢管2602m引

至乡政府上方的水厂内,抽水站扬程232m,水厂位置高程3184.00m,站内建设 80m^3 水池1个,水泵房1座,安装75kW多级水泵1台。

供水水厂位于原乡政府附近,位置高程3184.00m,场内布置管理房、反应沉淀池1个,重力式无阀滤池1个,消毒设施1套, 500m^3 蓄水池1个(与原 200m^3 蓄水池共同使用,蓄水池总容量为 700m^3)。

配水管网设计:由于项目区为高寒山区,所有管道均埋设于最大冻土层以下(埋设深度 $\geq 85\text{cm}$),布设PE100-DN110-1.25MPa管道6428m;PE100-DN75-1.25MPa管道6239m;PE100-DN50-1.25MPa管道1479m;DN110自动排气阀5套;DN75排沙阀4套。

2.2.2 太阳能光伏发电系统设计方案

集镇连片供水项目需要进行不间断持续供水,如果单独考虑采用太阳能发电系统,则阴雨天的供水将难以保证,故本项目采用太阳能光伏发电与电网互补的形式进行设计,即晴天余电上网,阴天从地方电网下网进行提水。

根据抽水站的布置方案,分别在一级抽水站和二级抽水站附近各建设一座太阳能余电上网发电站,一级站本期容量为75kW,最终容量为100kW;二级站本期容量75kW,最终容量100kW。每个发电站主要由太阳能板、三相逆变器、高压计量箱、高压真空断路器等组成,具体设备配置情况见表2。

表2 一级、二级站设备配置情况

序号	设备名称	规格及型号	单位	一级站		二级站	
				设计数量	本期数量	设计数量	本期数量
1	真空断路器	ZW8-12,400A	台	1	1	1	1
2	10kV线路	25mm ² 绝缘架空线	km	0.16	0.16		
		3×25mm ² 绝缘电缆	m			30	30
3	高压计量箱	10kV,10A,双向数字式,0.2级	个	1	1	1	1
4	配电变压器	S11-160kva,10kV	台	1	1		
		S11-125kva,10kV	台			1	1
5	低压双向电度表箱	3相380V,300A	个	1	1	1	1
6	交流分接箱	不锈钢制,3组,300A	个	1	1	1	1
7	三相逆变器	25kW,520~800V	个	4	3	4	2
8	直流汇流箱	不锈钢制,6组,60A	个	1	1	1	1
9	太阳能板	250W,30V	块	384	288	384	192
10	直流电缆	2×6mm ²	m	1200	900	1200	600
11	低压电力电缆	VV-4×120mm ²	m	200	200	480	480

附属工程设计:①控制室每站1个,共2个,每个 $4\text{m}\times 3\text{m}$,采用双层彩钢瓦结构,香格里拉市制作,现场安装,地面为混凝土地坪,铺设防静电地胶;②围栏每站1个,共2个,四方形布置,每个站围栏长度160m($50\text{m}\times 30\text{m}$),共320m,采用组装式塑钢围栏,工厂定制,现场安装;③太阳能板支架,采用C型镀锌钢架,每架6块太阳能板,2架为1组,工厂定制,现场安装,光伏方阵的倾角按春季最佳来匹配设计;④工程占地,每级站工程占地为 1664m^2 ,项目总占地为 3328m^2 。

3 方案的实施及效益分析

3.1 方案的实施

该项目被列入2015年云南省“十二五”规划外藏区新增农村安全饮水项目,工程于2015年6月2日正式开工建设,2015年9月28日完工及机组调试并进行提水试运行,10月1日正式供水。

3.2 效益分析

3.2.1 按传统抽水泵站设计时抽水成本分析

抽水成本主要为电费成本,抽水站每级初期装机容量为75kW,两级共150kW,抽水时每小时用电 $150\text{kW}\cdot\text{h}$,抽水 50m^3 ,电价按 $0.45\text{元}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 计算,电费成本为 $1.35\text{元}/\text{m}^3$ 。

3.2.2 增加太阳能发电后抽水成本计算

太阳能发电系统平均每天发电 $680\text{kW}\cdot\text{h}$,每年发电约 $24.82\text{万kW}\cdot\text{h}$,按 $0.45\text{元}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 计算,每年减少电费支出11.17万元。按国家太阳能上网电价 $1.00\text{元}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 计算,每年产生经济效益24.82万元。

泵站设计抽水量为 $50\text{m}^3/\text{h}$,现阶段每天运行6h计算,年抽水 10.96万m^3 ;每小时用电 $150\text{kW}\cdot\text{h}$,年用电 $32.85\text{万kW}\cdot\text{h}$;扣除太阳能发电量 $24.82\text{万kW}\cdot\text{h}$,需下网电量 $8.03\text{万kW}\cdot\text{h}$,按 $0.45\text{元}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 计算,

需支付电费3.62万元,抽水成本为 $0.33\text{元}/\text{m}^3$;如集镇需水量增大,每天运行12h,年抽水 21.92万m^3 ;每小时用电 $150\text{kW}\cdot\text{h}$,年用电 $54.75\text{万kW}\cdot\text{h}$;扣除太阳能发电量 $24.82\text{万kW}\cdot\text{h}$,需下网电量 $29.93\text{万kW}\cdot\text{h}$,按 $0.45\text{元}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 计算,需支付电费13.47万元,抽水成本为 $0.62\text{元}/\text{m}^3$ 。从以上计算可以看出,增加太阳能余电上网电站后,抽水成本从 $1.35\text{元}/\text{m}^3$ 降低至 $0.33\sim 0.62\text{元}/\text{m}^3$ 。

4 结论

a. 项目实施完成后,通过近2个月的试运行,经现场检测,提水水量已达到设计要求,运行正常,完全实现供水目标,尼西乡政府驻地及附近农村居民已喝上了干净、卫生的自来水,缓解了尼西乡政府驻地及附近农村居民的用水困难问题,采用太阳能光伏发电系统后可明显降低抽水成本,减轻当地人民群众的负担。

b. 太阳能光伏发电系统在农村安全饮水项目中成功的应用,将扩大太阳能光伏发电系统应用领域,对类似的农村安全饮水项目工程设计提供参考。同时由于云南省各地的平均年总辐射量主要集中在 $4500\sim 6000\text{MJ}/\text{m}^2$,处于太阳能利用丰富区^[4],应充分认识和利用区域的太阳能资源,进一步推动清洁能源的开发与利用。◆

参考文献

- [1] 林文贤,高文峰,薄绍选,等. 云南省太阳能辐射资源研究——直接辐射[J]. 云南师范大学学报,1995,4(3):221.
- [2] 李卿. 农村饮水安全工程设计浅析[J]. 水利技术监督,2015(3):70-72.
- [3] 王显,孙亚明. 沧州市农村饮水安全工程设计中的问题及对策[J]. 水利规划与设计,2015(1):76-79.
- [4] 王秀民,王备战,刘持兴. 菏泽市农村饮水安全工程运行管理浅析[J]. 水利规划与设计,2015(4):35-37.