

文章编号:1007-2284(2016)06-0136-03

# 风能太阳能供水技术发展趋势

王世锋,曹亮

(水利部牧区水利科学研究所,呼和浩特 010020)

**摘要:**风能太阳能供水技术近年来在我国农村水利建设中,特别是在地域辽阔、居住分散、电网架设不便的牧区得到了快速的发展和广泛的应用。风能太阳能供水技术对兴办小微型水利工程,疏通电网末端水利的“毛细血管”,加强农牧区水利建设起着重要的作用。调研了解风能太阳能供水技术国际动态,了解我国风能太阳能供水技术现状与不足,提出学科发展方向,为下一步新能源供水学科研究指明方向,为我国边远农牧区水利事业做技术支撑。

**关键词:**风能;太阳能;供水

**中图分类号:**S213;S214;TV697.4;TK89 **文献标识码:**A

风能太阳能供水技术,是一种先进、适用的新型供水技术,近年来在我国农牧区水利建设中得到了快速的发展和广泛的应用,特别是在地域辽阔、居住分散、电网架设不便的边远地区,基本上靠风能太阳能实现供水。同时风能太阳能供水技术对因地制宜兴办小微型水利工程,疏通电网末端水利的“毛细血管”,提高边远地区水利化程度起着重要的作用。再者风力提水、太阳能提水人畜供水工程是我国水利建设的一项重要内容,特别是在占国土面积一半以上的西北和广大的牧区,人畜供水事业的发展,直接关系到该地区的经济发展和人民生活水平的提高,也是加快我国建设社会主义新农村的战略步伐。目前这些地区仍有2 400万人,15 890万头牲畜饮水问题十分困难。我国有关部门对此十分重视,并加大了人畜供水的建设力度。就我国长远能源战略而言,农村太阳能、风能将成为我国清洁能源的主力军,将是今后我国农村安全饮水、灌溉、节能减排、低碳生活首选能源,具有广阔的发展前景。

## 1 风能太阳能供水发展现状

(1)风能供水发展现状。小型风力发电机组的生产和研发主要集中在北美、欧洲和亚洲,而应用几乎遍及全世界。处于小型风力发电市场领导位置的生产企业有 Southwest Windpower (SWWP)公司(美国), Proven 公司(英国), Northern Power 公司(美国), Energrity 公司(加拿大)和 Bergey Windpower 公司(美国)。

收稿日期:2015-07-22

基金项目:中国水科院科研专项项目(MK2013J05);水利部公益性行业科研专项经费项目(201401043)。

作者简介:王世锋(1979-),男,硕士,从事风能太阳能研究工作。E-mail:wsfxy2050@163.com。

在美国和欧洲,大约3/4或者更多的小型风力机组是农村使用的,并且这一比例正在不断上升,单机功率较大,一般至少在5 kW以上。而在我国和其他发展中国家,大部分是50~300 W的独立户用系统。从2008到2014年,我国生产了大约24万台小型风力发电机,其中大部分规格为200~1 000 W。我国无疑是一个小型风力发电机组的生产和应用大国<sup>[1]</sup>。

(2)太阳能(供水)发展现状。据著名信息分析公司 Dataquest 的统计资料显示,目前全世界共有136个国家投入普及应用太阳能电池的热潮中,其中太阳能的应用包括大型并网电站和解决边远农村地区家庭的生产生活用电两个方面。国外光伏产品2/5用于提水,太阳能提水技术比较先进,如有美国所的 ARCISOLAR 公司,德国的西门子公司,其产品性能先进、自动化程度高、工作可靠。国外较先进的光伏潜水泵生产厂家有美国的 JACUZZA 公司和丹麦的 GRUADFOS 公司,他们推出了适用于13.33、16.67、20.00 cm井径的泵,使光伏水泵在达到最高效率的情况下最大限度地利用了径向尺寸。在生产中应用较为先进且光伏供水普及率大于40%的国家有以色列、印度、荷兰、德国、意大利等。

我国家用光伏电源在青海、内蒙古、新疆、甘肃、宁夏、西藏以及辽宁、吉林、河北、海南、四川等地广泛应用,尤其在边远地区,太阳能家庭用电与远距离架设电网在经济上显示出巨大的优势。从1995年开始应用在边远地区户用独立光伏系统约15万套。进入21世纪,“送电到乡”工程,国家投资20亿元,安装20 MW光伏系统,解决我国800个无电乡镇的生产生活用电问题,推动了我国离网光伏供电供水市场的快速、大幅度增长<sup>[2]</sup>。

光伏提水这项可以和农业水利建设相结合的新技术开始蓬勃发展,诸如农业水利领域的:光伏水利、光伏农业等方向逐

渐开展起来。十八大工作报告明确提出了农业建设和水利建设的重要性,因此,光伏提水技术在 2013 年瞬间起势,成为农建水利项目的重要技术手段。

## 2 国内外风能太阳能供水动向

美国农业部农业研究服务在最新的研究中指出,通过混合系统使用可改善风能或太阳能的独立运行不稳定的缺点,其中关键技术是从风力机和太阳能光伏阵列达到合理的容量匹配,在风能太阳能结合之前把风力机输出的交流变成直流输出,同时把风能和太阳能装机比例优化配置使电压之间的不匹配干扰降到最低,以及额外增加一个降压/升压转换器的控制器。他们的实验证明使相对恒定的电压(只有 3% 的波动)时候,风能和太阳能装机比例为最佳。这种混合系统在最大需求的用水量比风力提水系统和光伏发电系统单独系统的抽水量提高 28% 以上<sup>[3]</sup>(见图 1)。

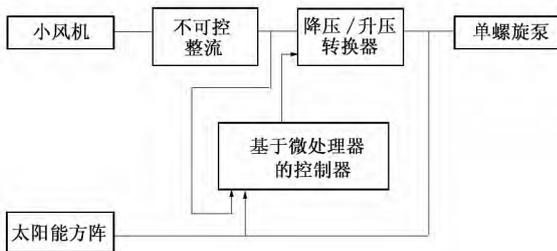


图 1 风能太阳能互补供水控制系统图

印度农村太阳能供水和卫生方面的应用研究:印度受影响的农村地区的饮用水供应方法。有一个新颖的实现是独立的电力供应,利用太阳能水处理系统处理后的水质符合人的饮用水标准。该系统的目的是为整个村庄供应安全可靠的饮用水,整个太阳能水处理系统的成本在 20 418 美元左右<sup>[4]</sup>。

在菲律宾以社区为基础的小型风力发电机可再生的能源系统,菲律宾政府支持在边远地区采用小型风力发电机来满足社区的供电、供水系统来替代昂贵的柴油发电系统<sup>[4]</sup>。

阿尔及利亚 80% 干旱地区,利用太阳能提供很好的解决方案解决农田灌溉和饮水问题。太阳能水泵系统是由异步电动机耦合离心泵载荷。太阳能电池通过逆变器,中间不需要蓄电池的简单的光伏发电系统,更可靠;维修费比有电池系统更便宜。

我国风力提水业的发展水平也直接反映了我国新能源利用的水平。目前我国的常用风力提水机,按其使用技术指标可分为:低扬程大流量型,高扬程小流量型。低扬程大流量型机组一般是低速风轮或中速风轮与螺旋泵或钢管链式水车配套形成的一类提水机组,它可以提取河水、海水等地表水,这类机组一般扬程小于 3 m。高扬程小流量风力提水机组,由低速多叶片风力机与单活塞式水泵相匹配形成的风力提水机组。这类风力机提水机的流量一般小于 4 m<sup>3</sup>/h。低扬程大流量的风力提水机,因扬程太低,其使用范围受到了限制,而高扬程小流量的机型因流量太小,仅能满足人畜饮水,且传统的机型一般为机械传动,结构复杂,出流不稳定,致使设备成本高、性能差、效率低、故障率高。风力发电提水目前全部采用昂贵复杂的交流及控制技术,使发电提水系统可靠性差,造价高。

光伏提水技术装置,轻巧方便,机动灵活,适用范围广、经济性好。不但是边远无电地区供水的重要手段,也是其他地区领域的一种理想供水方式。光伏提水系统可用于村庄、牧场、家庭的人畜供水,也可以同节水灌溉相结合进行农田和人工草场的灌溉。

## 3 我国风能太阳能提水存在的问题和解决的关键技术

(1) 存在的问题。虽然我国的小型风力发电产业起步较早,和国际上的差距不是很大。但是在某些方面仍存在问题,如产品普遍存在功率小、风能利用率低、输出特性差、功率过载及可控性差、控制不稳定、脉动大等问题,使得机组和用电设备容易损坏,严重影响到使用者的利益;同时我国风力发电提水机叶片、风轮、发电机和控制器的设计水平也有待提高。塔架、地基的制作水平需要改进。产品外观和包装需要美化和完善。此外,企业的研发能力弱,设备的检测和认证程序缺乏,产品的质量差异很大。

目前国内有生产光伏提水的生产企业 70 余家,在我国运行的光伏提水机组大约有 1 万台(套),近年来每年正在以 30%~50% 左右的速度递增。光伏提水对解决人畜供水和农牧业灌溉问题起到了较大的作用。由于光伏提水工程还是一项新技术,因在光伏提水技术工程建设过程中可执行的标准少,工程建设的随意性大,使光伏提水系统利用率低、效益差,光伏提水工程建设中还存在设计方法不正确、系统配置不合理、工程建设不规范等原因造成光伏提水系统利用率低,系统功能不能全部发挥等问题。太阳能光伏提水还处于刚刚起步阶段,只有光伏电池、逆变器、常规水泵通过简单的组合,系统效率小于 15%,可靠度小于 50%。而真正专门研发的专用光伏提水系统尚未开展示范和推广<sup>[5]</sup>。

(2) 风力发电(供水)解决的关键技术。风力发电(提水)解决的关键技术应从以下几个方面发展。

① 提高零部件效率。叶片:气动外形的研究,继续提高叶片的设计水平,由单一翼型向复合异型转变,使叶片受力更加合理,使用寿命更长,效率从目前的 30% 提高到 40%;在叶片成型前更加注重风洞试验,不断完善气动性能;传统风力提水机采用木质叶片,容易受潮变形,为减少设计载荷,应采用新型复合材料和模具的重新设计,最新设计软件的应用与开发。发电机:提高发电机效率从目前的 70% 提高到 90%,设计上采用大气隙,大磁化厚度的方法来既保证启动力矩,又保证发电效率,在制造工艺上采用整体环状永磁体,进行分级冲磁,代替一般由多块混凝土钢进行黏接的方法,提高电机运行的可靠性,并降低制造成本。逆变器:研发高可靠性、低成本、高速率、小尺寸、低功耗、在极端电压和温度范围内运行稳定逆变器,提高逆变器的效率,效率由目前的 90% 提高到 98%。

② 提高整机的稳定性和效率。目前需要对小型风力发电机研究一种装配风压式全程变桨距调速机构的风力机,变桨机构的传动比例、精度能够达到标准水平,且传动机构灵活小巧,防腐、适应温度能力强,从而达到运行安全可靠,制造成本低的特点。通过变桨距机构的作用,加强对风力机的控制,使风力

机能够适应各种风速的变化:在初始风速易于启动;在设计风速与初始风速之间能够获得较高的风能利用系数;当大于设计风速时,能够起到限速作用,保证风力机平稳运行。另外,大风时的调速功能还能极大地改善风力机的整体受力情况,有利于风力发电机的整体设计。

③提高风能供水的系统效率。风轮、发电机及负载(水泵)的匹配技术。现有系统一般采用发电机输出直接对蓄电池进行充电,并没有对风力机转换环节进行控制,使得风能利用系数比较低,为实现风力发电系统最大功率输出的目的,需要研究负载调节风轮与发电机运行时最大功率跟踪的匹配技术。风力发电系统的两个主要部件风轮和发电机之间的匹配效果直接影响着风能的利用率,也影响着整个系统的运行性能、效率和年提水量。因此,风电系统的高效率是风力发电(供水)技术的研究重点。

(3)太阳能供水解决的关键技术。太阳能供水解决的关键技术应从以下几个方面发展。①开发光伏泵与光伏网阵的最大功率跟踪,提高跟踪精度,使光伏网阵输出的功率全部转化为有效的提水功率。②提水微电子技术在原系统上应用,提高光伏泵水系统的自动化程度和保持能力,实现系统的软启动,自动关机,自动切入。③太阳能供水水泵设计关键技术。变转速、宽高效区太阳能专用水泵的开发。开发可在变转速下工作的专用水泵(2 200~3 000 r/min),每天工作6~8 h。系统效率高于30%、可靠性大于95%。研发宽高效区的专用多级离心泵,从目前只有一点与水泵相匹配到变成一个区域相匹配;要使太阳能水泵性能达到最佳效率同时能将水提至预期高度,设计时就要考虑泵的尺寸、种类、转速。对于一个给定的转速,如果辐射减少了,那表明流速的降低,系统的工况点由泵的 $Q\sim H$ 特征曲线的交叉点确定,水头是固定的,泵并不运行在最佳工况。因此,在一个新的转速下,不管太阳能辐射值和温度怎么变化,系统的效率值都会上升。

#### 4 发展风能太阳能供水业的前景

(1)在我国许多区域由于能源短缺和架设电网难以实现等原因,成了限制灌溉面积扩大的一个重要因素。从而严重制约着我国农业的发展。利用我国丰富的风能太阳能资源,广泛利用风力提水、太阳能提水灌溉,连片开发,形成小农户大农业的局面,是我国中低产田改造的一条重要捷径。

(2)在中低产田的改良中,涝、渍盐碱地占有较大的比重,这些土地的改良措施主要是排水。这些地区绝大部分为风能太阳能可利用区,有相当部分处在丰富区或较丰富区。如采

(上接第135页)

(3)采用保德第三纪晚期红土(红胶泥)替代三七灰土或二八水泥石防渗漏水效果更好,工程更安全且施工难度减小。

(4)在基岩上安装管道必须铺设10 cm厚、最大粒径小于2 cm且级配良好的砂砾石垫层,以防止产生应力集中而破坏管道。

(5)T型接口球墨铸铁管安装不可使用大型机械顶入。管口轴线坡度大于等于 $8^\circ$ 时,承口必须朝上指向山顶方向,才能

用风能太阳能排水,可减少土石方工程量和电网架设,降低工程造价和运转费用。

(3)在畜牧业生产中,开展灌溉人工草场和高产饲草料地是克服草原畜牧业的脆弱性、抵御自然灾害的发生,促进畜牧业稳产、高产的根本途径。世界上一些畜牧业发达国家,都把饲草料种植业作为草原畜牧业经济的坚强后盾,人工种草面积大都在9.5%以上,最高可达37.2%,美国和俄罗斯均为10%左右,而我国仅为1.3%左右,我国牧区面积大,人口稀少,常规能源供应受到各种条件制约,满足不了畜牧业生产发展的需要。经调查分析表明:我国大部牧区风能太阳能资源和地下水资源的时空分布都非常适合于开展风能太阳能提水灌溉。同时对节约能源和环境保护更具有深远意义。

(4)牧区供水风能太阳能水处理应用。大部分牧区水质较差,人畜供水问题未能很好解决,应用牧区丰富的风能、太阳能,结合中小型水处理设备,进行水质处理,以解决牧户的人畜饮水问题,提高牧民的生活质量。同时可应用新技术进行牧区牲畜供水自动化示范,提高牧区供水数量与供水质量。

#### 5 结 语

保障和改善民生是中国发展水利的根本目标,风能太阳能供水在我国农牧水利建设中已扮演着举足轻重的角色。通过本次对风能太阳能国内外最新技术动态的叙述,提出目前我国风能太阳能供水技术存在的问题和发展方向,为今后我国新能源供水研究提供参考与借鉴。 □

参考文献:

- [1] 2010年世界和我国小型风力发电产业现状、市场和趋势与我国小型风力发电产业发展路线图和政策建议研究. 国家能源局/可再生能源及能源效率伙伴关系计划(REEEP)项目[Z].
- [2] 北京维绿建筑节能有限公司. 2010年4月国内外太阳能利用技术调研报告[Z].
- [3] Brian D Vick, Byron A Neal. Analysis of off-grid hybrid wind turbine/solar PV water pumping systems[J]. B. D. Vick, B. A. Neal / Solar Energy, 2012,86:1 197-1 207.
- [4] Ilyas Omar, Selbourne Makhlo. Energy alternatives for water pumping in rural areas-using a case study approach[J]. Journal for Engineering, Design and Technology, 2003,1(1):1-14.
- [5] 我国风能利用现状[EB/OL]. [http://www.newenergy.org.cn/html/2006-7/2006714\\_10939.html](http://www.newenergy.org.cn/html/2006-7/2006714_10939.html).
- [6] 吴永忠. 太阳能光伏提水工程规范[M]. 北京:水利出版社, 2012.
- [7] 吴永忠. 风力提水工程技术规程[M]. 北京:水利出版社,2006.

保证球墨铸铁管达到设计水压时其接口不渗水漏水。 □

参考文献:

- [1] 固原市水利勘测设计院. 宁夏中南部城乡饮水安全工程彭阳县北部安家川片区连通工程初步设计报告[R]. 宁夏固原,2013.
- [2] GB/T13295-2013,水及燃气管道用球墨铸铁管、管件和附件[S].
- [3] GB50268-2008,给水排水管道工程施工及验收规范[S].