

太阳能光热光电综合利用

倪明江, 骆仲泱, 寿春晖, 王 涛, 赵佳飞, 岑可法

(浙江大学 能源清洁利用国家重点实验室, 浙江 杭州 310027)

摘 要:太阳能光热光电的综合利用技术是将聚光、分光、热电联用等技术集成, 通过对太阳能全波段能量进行一体化地利用, 可极大地提高太阳能的利用效率, 降低成本, 具有重要的研究价值和市场应用价值。文章介绍了太阳能光热光电综合利用系统的技术情况, 分别对集中式和分布式两种技术路线作了阐述, 分析了聚光 PV/T 系统以及与建筑一体化设计的 PV/T 系统的未来发展方向。最后, 结合各类太阳能利用系统的特点, 比较分析了各种光热光电技术存在的问题, 提出了综合利用各种光热光电技术来提高应用效果的理念。

关键词:太阳能利用技术; 热发电; 聚光热电联用; 光热光电综合利用

中图分类号:TK513 **文献标识码:**A

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50676082)

1 引言

传统化石能源的大量使用, 不仅造成了化石能源本身的短缺, 也给世界环境带来了极大的危害, 给人类生存空间造成了严重威胁。寻求可再生能源的高效清洁利用成了目前人类面临的共同问题^[1,2]。太阳能作为可再生清洁能源蕴藏着巨大能量, 被普遍认为是理想的新能源。太阳辐射到达地球表面的能量高达 4×10^{15} MW, 相当于每年 3.6×10^5 亿 t 标准煤, 约为全球能耗的 2000 倍。太阳能可以免费使用, 又不需要运输, 对环境无任何污染。在传统化石能源储备减少、价格快速上升, 在温室气体排放引发的气候环境问题愈来愈显著的今天, 太阳能作为可再生能源和新能源的代表, 得到越来越多的关注, 太阳能的利用、太阳能材料及相关技术的开发在世界范围内引起了重视^[3~5]。

我国太阳能资源丰富, 辐射总量约 $3.3 \times 10^3 \sim 8.4 \times 10^6$ kJ/(m² · a), 全国 2/3 以上地区年日照时数大于 2 000 h^[6]。太阳能的有效利用, 对缓解我国能源问题、减少 CO₂ 排放、保护生态环境都有着重大意义。

2 太阳能利用技术概况

目前利用太阳能的方法, 主要有: 太阳能集热利用、热力发电、光伏发电、光利用、海水淡化、建筑一体化技术、制氢、干燥技术等。其中太阳能集热利用技术以及太阳能光伏技术已经得到了长足

发展。而以现今的发展趋势来看, 太阳能热力发电和光伏发电将是世界各国在太阳能利用领域研究的新重点。

2.1 热利用

太阳能热利用方面, 中国已成为世界上最大的太阳能热利用产品的生产、应用和出口的国家。2007 年, 集热器总保有量约为 10 800 万 m²。热利用形式多样, 包括了太阳能热水器、太阳能空调、太阳能干燥和太阳能海水淡化等。

(1) 太阳能热水器

太阳能热水器是太阳能热利用中最常见的一种装置。其基本原理是将太阳辐射能收集起来, 通过与物质的相互作用转换成热能供生产和生活利用。我国是世界上最大的太阳能热水器制造中心, 由我国生产的集热器推广面积约占世界的 76%。随着太阳能热水器的发展, 出现了闷晒式、平板式、玻璃真空管式和热管真空管式等多种应用形式。太阳能热水器以其经济、节能、环保等优点, 备受世人瞩目。太阳能热水器在国内市场得到了迅速推广。目前城市太阳能热水器的平均普及率约为 15%, 部分地区达到 31%~60%。随着太阳能热水器关键技术的不断突破, 该技术已广泛运用于家庭、宾馆、学校、部队和医院等供淋浴、洗漱及其它需用热水的场所。

(2) 太阳能空调

太阳能空调以太阳能作为制冷空调的热源, 利用太阳辐射产生中高温蒸气(热水), 进而驱动制冷机工作。太阳能制冷首先通过集热器收集太

阳能,依靠消耗太阳能转化来的内能使热量从低温物体向高温物体传递。太阳能空调一般采用溴化锂吸收式制冷机制冷。

对于太阳能空调器来说,当天气炎热、制冷量需求大时,太阳能辐射能量密度较大,集热器的热量较多,系统制冷量也相应增大;反之,天气凉爽、制冷量需求小时,制冷量也会减少,即太阳能的间断性和不稳定性不会成为太阳能空调系统发展的主要问题。这一特点使太阳能空调制冷技术的开发利用具有十分诱人的市场前景。目前国内外对利用太阳能制冷空调已进行了不少的研究^[7~9],但由于价格等原因,许多试验装置未能得到推广应用。为保证制冷的连续性和稳定性,太阳能制冷需要配有辅助系统。目前,一种较为可行的综合系统是将太阳能供暖和太阳能制冷结合起来,一个集热器按季节分别用于供暖和制冷,这可以降低成本,提高集热器的利用率。对于可以布置足够集热器、且需要长时间运行空调的场所,比较适合采用太阳能空调系统。

(3) 太阳能干燥

太阳能干燥是以太阳能代替常规能源来加热干燥介质(最常用的是空气)的干燥过程,通过热空气与湿物料接触并把热量传递给湿物料,使其水分汽化并被带走,从而实现物料的干燥。按接受太阳能及能量输入方式进行分类,主要有:温室型干燥系统、集热器型干燥系统、集热器—温室型干燥系统、盔体式干燥系统、聚光型干燥系统、远红外干燥系统和振动流化床干燥系统等多种形式^[10,11]。太阳能干燥可以节约燃料,缩短干燥时间。同时由于采用专门的干燥室,因此干净卫生,必要时还可采用杀虫灭菌措施,既可提高产品质量,又可延长产品贮存时间,已被广泛应用于农副产品加工和橡胶、瓷器、制鞋等工业产品的生产。不足之处是对气象条件的依赖,可控性差,不稳定。目前解决这一问题通常是采用辅助能源或增加贮热措施。

(4) 太阳能海水淡化

利用太阳能淡化海水,也称为太阳能蒸馏,已经有很长的历史了。世界上第一座大型太阳能海水蒸馏器是由瑞典工程师威尔逊设计,1872年在北智利建立,由许多宽1.14 m、长61 m的盘形蒸馏器组合而成,总面积为4 700 m²左右,日产淡水17.7 t。太阳能海水淡化大多采用蒸馏法,主

要是采集太阳热量,使海水或介质被加热。目前太阳能蒸馏装置主要有被动式系统和主动式系统两大类。被动式是指那些在装置中不存在任何利用电能驱动的动力元件,也不利用附加太阳能集热器等部件进行主动加热的太阳能海水淡化装置,其运行完全在太阳光的作用下被动完成的。主动式系统是在被动式太阳能蒸馏系统中增加一些其它附属设备,使其运行温度得以大幅度提高,内部传质过程得以改善,能得到比传统太阳能蒸馏器高出一倍甚至数倍的产水量,因而受到广泛重视^[12]。

与传统动力源和热源相比,太阳能更安全、环保,利用太阳能作为淡化海水的能源,对于用水量小且地处偏僻分散的地方来说也更经济。采用低温蒸馏法、用新型传热元件构建能量回收设备、重新利用蒸汽凝结潜热等措施,可以克服传统太阳能蒸馏器单位面积产水量过低的问题,使这种技术得到更好的发展。

2.2 太阳能热发电技术

太阳能热力发电是当今世界太阳能利用研究的主题之一,该类系统通过太阳集热设备代替常规锅炉,用太阳能热力系统带动发电机发电。主要包括了聚光热发电和太阳热气流发电。

(1) 聚光热发电

聚光热发电利用聚光集热器把太阳辐射能转变成热能,然后通过汽轮机、发电机来发电。

目前聚光热发电系统主要有三种类型:塔式系统、槽式系统和碟式系统。塔式太阳能热发电系统是利用定日镜跟踪太阳,并将太阳光聚焦在中心接收塔的接收器上,将聚焦的辐射能转变为热能,加热工质,驱动汽轮发电机发电,其常见形式如图1所示。

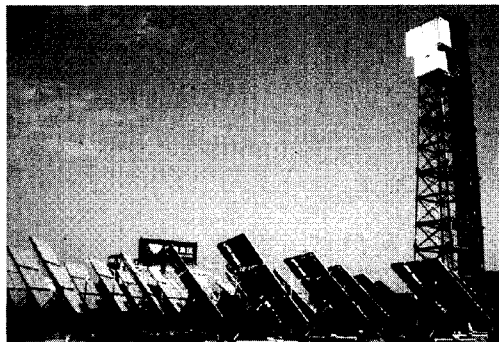


图1 塔式太阳能聚光发电站

槽式太阳能热发电系统是利用槽式聚光镜面

将太阳光聚在一条线上,在这条焦线上安装有管状集热器,以吸收聚焦后的太阳辐射能,如图 2 所示。管状集热器内部的流体被加热后,流经换热器加热工质,借助于蒸汽动力循环来发电。美国加利福尼亚州的槽式抛物面太阳能热发电系统,总容量已达 354 MW,十余年已向电网供应了 50 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$,其系统效率已达到 15%^[13]。

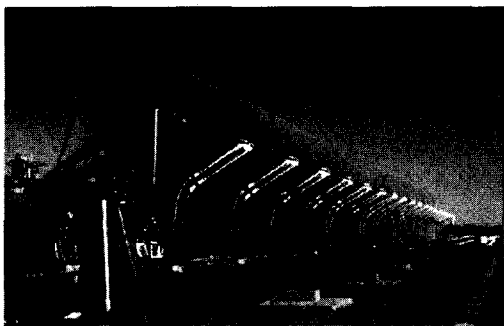


图 2 EuroTrough Prototype 槽式聚光发电系统

碟式太阳能热发电系统是由碟形镜面组成的抛物面反射镜,接收器在抛物面的焦点上,接收器内的传热工质被加热然后驱动发动机进行发电,如图 3 所示。

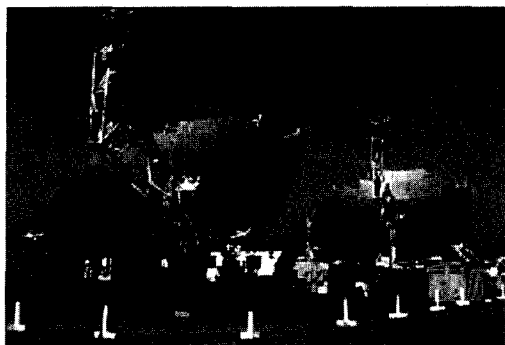


图 3 碟式聚光发电系统

上述三种聚光太阳能发电方式综合性能比较和发展情况如表 1 所示^[14]。

(2) 太阳能热气流发电

太阳能热气流发电的构想是由德国斯图加特大学的 Jorgan. Schlaich 教授在 1978 年首先提出的^[15,16]。1982 年在西班牙的门泽纳雷斯市 (Manzanres) 成功建起了一个白天平均功率为 50 kW 的试验性太阳能烟囱发电站。它成功地将成

熟的温室技术,烟囱技术和风力透平机技术结合为一体。太阳能热气流发电系统主要由三部分构成:太阳能集热棚、导流烟囱和涡轮发电机组,如图 4 所示。其中集热棚采用透光隔热材料制成,吸收太阳辐射加热棚内空气;在位于集热棚中央的烟囱抽气和集热棚内热空气压力的联合作用下,引导棚内空气形成强大气流;气流驱动涡轮机带动发电机发电。

太阳能热气流发电的优点是:环境友好,无 CO_2 、 NO_x 等有害气体及固体废弃物的排出;集热棚能同时利用太阳直射辐射和散射辐射(而上述采用聚焦型集热器的热发电系统仅能利用太阳直射辐射);可通过在集热棚下面安装水管或直接利用棚下土地作蓄热器,使系统能够持续发电,对天气的依赖性小;不需冷却水源,适宜于太阳能资源丰富而又缺水的国家和地区,如沙漠等地区;设备简单等。与其它太阳能发电技术相比,热气流系统的效率相对较低,一般在 1% 左右,需要更大面积的土地^[17~19]。但在大棚下面可以种植蔬菜、水果、花卉等,在土地有效利用与经济上得到补偿。

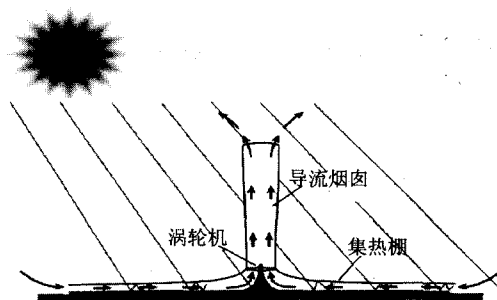


图 4 热气流发电结构示意图

2.3 光电技术

利用光电转换原理制成的太阳能电池发电是太阳能利用最成功的技术之一。1954 年太阳能电池诞生于美国贝尔实验室,按材料可分为:晶体/非晶硅电池、硫化镉电池、硫化镓电池、砷化镓电池等多种类型。

另外,随着空间太阳能技术在地面上的应用,像多节太阳能电池以及聚光太阳能电池的使用,

表 1 三种方式性能的比较

聚光方式	工质温度/ $^{\circ}\text{C}$	聚光比	峰值效率/%	规模	技术特点
槽式发电	390/794	10~100	20~28	30~320 MW	跟踪简单、能量收集代价低、已进入商用阶段
塔式发电	565/1 049	300~1 500	25~28	10~20 MW	跟踪复杂、能量收集代价高、已进入中试阶段
碟式发电	750/1 382	>500	29.4	5~25 kW	跟踪复杂、能量收集代价高、处于试验阶段

都能进一步提升光电转化的效率,优化太阳光电利用技术。美国特拉华大学关于提升效率到50%的太阳电池项目的研究,这种电池使用横向光学聚焦系统将阳光分成高、中、低三种能量的光,将它们引入覆盖太阳光谱的不同光敏感材料,进行光电转化,以实现效率的最优化^[21]。

截止2006年底,各种地面应用的聚光或多节太阳电池技术的效率比较情况^[22],如表2所示。

除了上述介绍的各类太阳能利用技术,还有采集太阳光后利用光纤传导,进行室内照明的光利用技术和利用太阳能制氢等其他的太阳能利用技术,这里不再一一介绍。应该说目前利用太阳能的方式十分多样,每种技术都有着各自的独特优势,其中光电应用和光热应用技术在各类形式中特别突出,都取得了很大的成果。但是太阳能利用技术的发展还或多或少地存在一些问题,如光电应用方面太阳能电池造价高,发电效率平均在15%左右,其发电成本约为火电的10倍;而目前光热利用大多为太阳能热水器的形式,只能利用低能品的热能。而且总体上技术发展不平衡,像太阳能热发电、太阳能制氢等极具发展潜力的技术都还需要得到更多的关注。

3 光热光电综合利用太阳能

当太阳辐射能入射在太阳能电池上时,工程应用中仅有不足5%~20%(根据不同的太阳电池)太阳能转化为电能,而将近60%~70%的太阳入射能转化为热能^[23,24],针对这个问题,太阳能光热光电联合利用技术应运而生。太阳能热电联用系统(PV/T)由光伏发电单元和热收集单元共同组成,可同时产生电能和热能。在过去的近30年里,研究者对太阳能热电联用系统的结构设计、性能分析、模拟计算、试验研究、应用状况等进行了广泛的研究。

从近年的研究中可以发现,太阳能热电联用系统的各类技术正在逐步完善,特别是由于光伏效率受到温度限制等因素的影响,太阳能热电联用的研究在国外正逐步受到更多的关注,其中该系统与建筑一体化(BIPV)的结合^[25,26],以及与聚光系统的结合更是成为应用研究的热点,将在下文中进行介绍。

3.1 规模化的集中式太阳热电联合利用技术

目前,虽然我国太阳能光伏电池生产迅速发展,但在国内的规模化应用还很不理想。其主要制约因素就是光伏电池价格昂贵且光电转化效率低,使得光伏发电的成本过高。同时,不论是聚光光伏技术还是聚光热发电技术,都是将全波段太阳能不加区分的利用,而实际的发电组件对太阳能不同波段的响应和发电效率是存在很大区别的。比如,常规的太阳光伏发电主要利用了太阳可见光波段附近的能量,其余的能量无法高效率使用;同时,几乎无法利用的红外波段引起的热效应更会明显降低电池的光电转化效率。以硅电池为例,目前其在应用中光电转换效率约为15%,大部分的太阳能转换成的热能散失而无法利用。太阳能热电联用系统是将电池无法利用的太阳能以及电池发电中产生的热能集中利用,在供应热水的同时,可降低电池温度,提高光伏效率。图5、图6分别为地表太阳辐射光谱与晶体硅电池光伏响应匹配的情况^[27]以及分光谱利用太阳能的概念示意图。

浙江大学能源清洁利用国家重点实验室在多年太阳能研究工作的基础上,针对传统热电联用存在的一些问题,包括:主要用在电池板下部进行冷却的方式,在电池板产生热后再进行冷却使用,所利用的热能温度不高、能品低,热利用效率小,同时对光电效率已经产生了影响等,需要寻求更好的利用方案。重点关注热电联用系统,对于可

表2 地面上聚光太阳能电池的效率比较

聚光太阳电池分类		效率/%	面积/cm ²	强度聚光比/suns	测试中心(和时间)
单结电池	GaAs	27.8±1.0	0.203	216	sandia(1988年8月)
	Si	26.8±0.8	1.60	96	FG-ISE(1995年10月)
	Si	27.6±1.0	1.00	92	FhG-ISE(2004年11月)
	CIGS(薄膜)	21.5±1.5	0.102	14	NTEL(001年2月)
多结电池	GaInP/GaAs/Ge(2端)	34.7±1.7	0.267	333	NREL(2003年9月)
	GaInP/GaInAs/Ge(2端)	39.3±2.3	0.378	179	NREL(2006年8月)
	GaInP/GaInAs/Ge(2端)	40.7	—	236	Spectrolab(2006年12月)
子组件	GaInP/GaAs/Ge	27.0±1.5	34	10	NREL(2000年5月)
组件	Si	20.3±0.8	1 875	80	S(1989年4月)

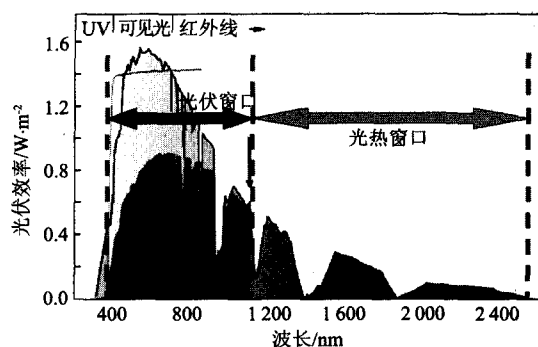


图5 地表太阳辐射光谱与硅电池光伏响应匹配的情况

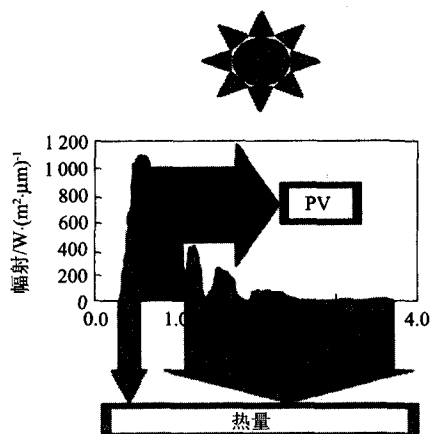


图6 分光谱利用太阳能的概念示意图

见光和红外光分波段利用的研究;在高光伏转化效率下,光伏电池板工作温度的控制研究;降低系统成本,提高光伏、光热转化效率,得到高能位的聚光系统研究等方面的工作。另外,在新型能源材料研究方面,对于纳米流体在太阳光谱全波段的吸收和发射特性的探索性工作,提出了:

(1)利用聚光技术,以低成本的聚光板材料代替昂贵的太阳能电池材料,有效降低系统建设成本;

(2)结合纳米技术,根据光伏、光热特点,利用新型能源材料或者设计与光伏组件匹配的薄膜滤光器,实现对太阳辐射全波段能量进行优化选择分配。

(3)将太阳能电池光电转化效率最优的波段能量投入光伏电池,进行高效利用。

(4)将原本电池不能利用,或使用效率低且热效应明显的辐射波段,通过光热转换,实现高能位的热利用。

根据这一研究思路进行了槽式聚光一分光光电综合利用系统设计。提出了包括结合纳米技术的太阳能热电联用系统和采用光学分光器件的聚

光电综合发电系统在内的两套方案。图7为方案一的结合纳米技术的热电联用集成设计示意图。图中上层纳米流体工质透过太阳光可见光波段,吸收其红外波段能量进行热利用;下层纳米流体强化太阳能电池背面的传热,防止温度过高使电池效率下降。图8为方案二的聚光热电综合发电系统技术路线图。

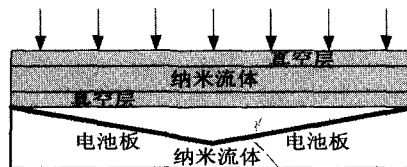


图7 结合纳米流体的热电联用集成设计

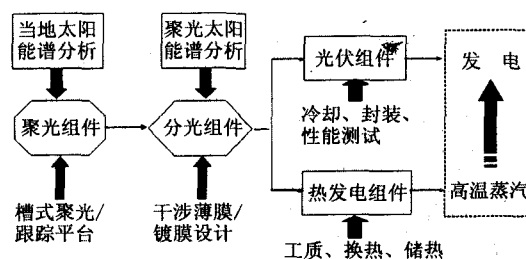


图8 聚光热电综合发电系统技术路线图

槽式太阳能聚光一分光综合发电系统的主要

特点有:

- (1)太阳能电池在聚光条件下进行分光作用后,其光电转化效率能大大提高;
- (2)光-热转换效率高,能获得中高温热能;
- (3)可以实现较高的系统总发电效率;
- (4)系统投资比常规光伏发电大为降低;
- (5)系统发电成本有效降低,具有实际市场应用价值。

在高的聚光比下,该系统能够大幅度降低电池板使用面积,降低成本,预计光热利用效率达到40%~55%,同时实现25%~30%的光电利用效率。作为集中式、大规模的太阳能综合发电技术,槽式太阳能聚光一分光综合发电系统可以缓解能源利用的日趋紧张,有着科学和市场的双立足点,产业化前景良好。

3.2 结合建筑一体化设计的综合利用技术

将各种太阳能利用技术结合建筑一体化设计,建立具有分布式能源供应能力的绿色节能建筑的思路,也已经成为国内外研究的热点。以浙江大学提出的绿色智能节能示范楼为例,可以对这一利用技术作进一步的了解。该项目针对浙江的实际气候情况,采用了包括纳米流体太阳能窗

式集热器、太阳能热电联供、蜂窝热管太阳能集热器、太阳能空调在内的一系列新技术,结合智能控制系统以实现全楼的智能化和节能环保,图9为

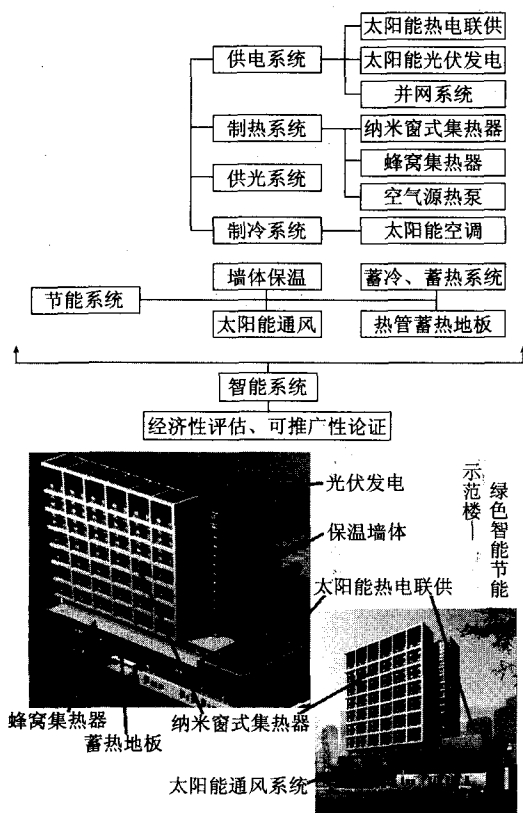


图9 绿色节能楼组成方案总览

该楼的组成方案。该设计方案使得建筑在生活用水、夏季空调、冬季供暖、采光照明、通风换气等方面都大大降低了能耗,并且实现了太阳能发电,可以作为分布式的能源供应基点。

绿色建筑包含了减轻建筑对环境的负荷,节约能源及资源;提供安全、健康、舒适性良好的生活空间;与自然环境亲和,做到人及建筑与环境的和谐共处。在节约资源、能源回归自然的同时,绿色建筑还要根据地理条件,设置太阳能采暖、热水、发电及风力发电装置,以充分利用环境提供的天然可再生能源。随着全球气候的变暖,世界各国对建筑节能的关注程度正日益增加。但绿色节能建筑仍存在着像成本较高、利用技术不够成熟等问题亟待解决。

4 结语

太阳能由于其周期性强、稳定性和能量密度不理想等特点,其常规利用技术还存在很多问题和困难。应该说任何一种太阳能利用技术都不是

完全独立的个体,通过加强各种技术间的综合应用,完全能够克服很多单一技术的缺陷,实现更好更高效利用太阳能的目标。同时,继续加大关键性的利用方式,如太阳能光伏、光热利用技术和光电联用等技术的研究投入,才能改善乃至解决这些困难,对于未来太阳能利用的推广将产生重要作用。

太阳能光热光电的综合利用是将聚光、分光、热电联用等技术集成,进行系统研究,通过对太阳能全波段能量进行一体化利用,可以大大提高太阳能的综合利用效率及经济性,并能很好地降低光伏发电成本,节约太阳能电池使用面积,减少我国电池板生产的总体能耗和污染,对太阳能的规模化应用与推广及节约资源具有重大意义,是一种有着重要研究价值和市场应用价值的关键技术。

参考文献:

- [1] 江泽民. 对中国能源问题的思考[J]. 上海交通大学学报, 2008,42(3): 5-11.
- [2] 冯世良. 我国新能源发展现状与开发前景[J]. 中国石油和化工经济分析, 2007(16): 26-31.
- [3] 刘慧. 太阳能光伏发电技术发展概述[J]. 现在农业, 2007(12): 95-98.
- [4] 陈德明. 太阳能热利用技术概况[J]. 物理, 2007(11): 840-845.
- [5] 赵利勇. 太阳能利用技术与发展[J]. 能源与环境, 2007(04): 55-58.
- [6] 罗运俊, 何梓年, 王常贵. 太阳能利用技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [7] Sumathy K, Yeung K H, Li Yong. Technology development in the solar adsorption refrigeration systems[J]. Progress in Energy and Combustion Science, 2003,29(4):301-327.
- [8] 卢允庄, 王如竹, 姜周曙. 固体吸附式制冷技术及其研究进展[J]. 能源技术, 2001, 22(3): 91-95.
- [9] 孙志坚, 洪荣华, 吴存真. 小型固体吸附式太阳能空调装置的实验研究[J]. 太阳能学报, (27), 2006-1.
- [10] 喜文华. 太阳能实用工程技术[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 2001.
- [11] 谢建. 太阳能利用技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [12] Tiwari. Recent advances in solar distillation[C]. Solar Energy and Conversation. Wiley Easten. New Delhi, 1992.
- [13] D. Mills. Advances in solar thermal electricity technology [J]. Solar Energy, 76, 2004: 19 - 31.
- [14] Haaf W, Friedrich K, Mayr G, et al. Solar chimneys: Part I: Principle and const ruction of t he pilot plant in Manzanares [J]. International Journal of Solar Energy, 1983, 2 (1): 3-20 .
- [15] Schlarich J. The solar chi mney: Elect ricity f rom t he sun [M]. Germany : Maurer C, Geislingen, 1995.

- [16] E. Bilgen, J. Rheault. Solar chimney power plants for high latitudes[J]. Solar Energy 79 (2005) 449-458.
- [17] E. P. Sakonidou, T. D. Karapantsios, A. I. Balouktsis et al. Modeling of the optimum tilt of a solar chimney for maximum air flow[J]. Solar Energy, 82 (2008) 80-94.
- [18] C. Ketlogetswea, K. Jerzy, Fiszdonb and O. Omphemetse, et al. Solar chimney power generation project—The case for Botswana[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews 12 (2008) 2005-2012.
- [19] Solar Cell Efficiency Tables (Version 30) Prog. Photovolt: Res. Appl. 2007; 15:425-430.
- [20] B. ALLEN. 50% efficient solar cell architectures and designs [C]. The 4th World Conference on Photovoltaic Energy.
- [21] A. G. Martin, E. Keith and L. K. David, et al. Prog. Photovolt: Res. Appl. , 2007, 15: 35.
- [22] Y. Tripanagnostopoulos. Aspects and improvements of hybrid photovoltaic/thermal solar energy systems [J], Solar Energy, 2007, (81): 1117-1131.
- [23] P. G. Charalambous, G. G. Maidment, S. A. Kalogirou and K. Yiakoumetti. Photovoltaic thermal (PV/T) collectors: A view [J], Applied Thermal Engineering, 2007, (27): 275-286.
- [24] A. Guivarch and B. Peuportier, Photovoltaic collectors efficiency according to their integration in buildings [J], Solar Energy, 2006, (80): 65-77.
- [25] U. Eicker, V. Fux, D. Infield, M. Li. Heating and cooling of combined PV—solar air collectors facades [J], In: Proceeding of International Conference of 16th European PV Solar Energy. Glasgow, UK, 2000, 1836-1839.
- [26] Z. T. Kuznicki, P. Meyrueis, G. and Sarabayrouse, et al. PV Conversion of Energetic Photons of the Solar Spectrum[J]. Proc. of SPIE Vol. 7002, 700204-7.
- [27] A. G. Imenes and D. R. Mills. Spectral beam splitting technology for increased conversion efficiency in solar concentrating systems[J]: a review. Solar Energy Materials & Solar Cells 84 (2004) 19-69.

收稿日期:2008-12-16

作者简介:倪明江(1949-),男,教授,博导,主要从事燃烧理论与技术、废弃物焚烧、生物质利用等方面的重大科学研究。

(责任编辑:吕斌)

Integrated utilization for solar photovoltaic—thermal and generation

NI Ming—jiang, LUO Zhong—yang, SHOU Chun—hui,

WANG Tao, ZHAO Jia—fei, Cen Ke—fa

(State Key Laboratory of Clean Energy Utilization,
Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: The technology of integrated utilization of solar photovoltaic—thermal and generation of solar energy is the technology integration of light concentrating and splitting, as well as combined thermoelectric utilization. Through the integrated utilization of the full—band solar energy, it can greatly enhance the use efficiency of solar energy and cut costs, so it has great research value and market value. This paper introduces the technology situation of integrated photovoltaic—thermal and generation utilization system of solar energy, separately describes the centralized and distributed technical route, and analyses the future development of the light concentrating PV/T system and the PV/T system integration designed with building. Finally, combined with the characteristics of various types of the solar energy utilization system, comparatively analyses the existing problems of each photothermal and photoelectric technology, and puts forward the concept of the comprehensive utilization of each photovoltaic—thermal and generation technology to enhance the application effects.

Key words: solar energy utilization technology; thermal power generation; combined concentrated thermoelectric utilization; integrated utilization of solar photovoltaic—thermal and generation



上海市电力公司今年计划完成电网投资 123 亿

据《华东电力报》2009 年 1 月 29 日报道:1 月 20 日,从上海市电力公司 2009 年工作会议上获悉,该公司在去年完成项目投资 179.51 亿元的基础上,计划今年投资 123 亿元用于电网基建、改造项目。

据介绍,今年,上海市电力公司将全力推进国家电网公司世博企业馆和蒙自站一体化建设,积极参与“迎世博 600 天行动”,开展世博园区“一门式”供电服务;确保 500 kV 静安(世博)变电站等核心工程和世博园区供电配套项目,漕泾电厂送出等提高主网供电可靠性工程以及中环线改造、京沪高铁、A8、A15 高速公路建设等重大市政配套工程建设的顺利开展,按时、优质完成 500 kV 外高桥三厂送出等迎峰度夏重点工程。