

太阳能技术应用与产业化对策研究

刘钧哲^{1a}, 鞠振河^{1b,2}

(1 沈阳工程学院 a 动力工程系; b 新能源研究中心, 沈阳 110136; 2 辽宁太阳能研究应用有限公司, 沈阳 110034)

摘要: 介绍了太阳能光电转化和光热转化技术的现状以及存在的问题, 强调了太阳能储存技术的必要性和重要性. 指出太阳能应用是一个包括转化、储存、再利用等环节的系统工程, 在加强转化储存技术研究的同时, 既要重视与其他可再生能源的有机结合, 也要注重与用户终端的对接. 最后, 指出太阳能产业的发展需要国家的引导和扶持, 并提出了建议.

关键词: 光电转化; 光热转化; 太阳能储存; 太阳能产业

中图分类号: TK519

文献标识码: A

文章编号: 1673-1603(2009)01-0014-04

太阳能具有清洁、可再生、分布广泛的优点, 对太阳能的开发利用符合可持续发展的理念.

太阳能应用作为一个复杂的系统工程, 从技术角度来说, 需要转化、储存技术方面的研究, 也需要转化储存后应用环节的研究; 从产业化发展的角度来看, 与传统化石能源相比, 太阳能技术产业化由于初始投资大、转化效率低, 不能仅仅依靠市场机制, 而是更需要国家产业政策的引导和扶持.

1 技术与产业视角下的太阳能系统工程

从现实来看, 人类终端耗能形态有热(冷)能, 也有从电能转化而得的光能、声能、机械能等. 尽管人类

终端用能形式多样化, 但从终端用能的供能环节来看, 能量形态多表现为电能和热能, 所以太阳能转化的主要方式就是光电转化、光热转化. 同时太阳能具有随机性、间歇性、分散性、能流密度低等缺点, 导致太阳能转化技术难度大、成本高, 能量供需矛盾突出, 这就决定了太阳能储存的必要性和重要性.

以太阳能房为例, 从图 1 可以看出, 太阳能通过太阳能集热器和光伏电池实现光电、光热转化, 再通过蓄热水箱、蓄电池、围护结构的储能和放能进行再利用, 以满足照明、娱乐、热水、空调等需求. 这里面有提高转化储存效率的问题, 也有光热转换后不同类型热泵的比较问题, 还有电动式热泵和热源式热泵的比较问题.

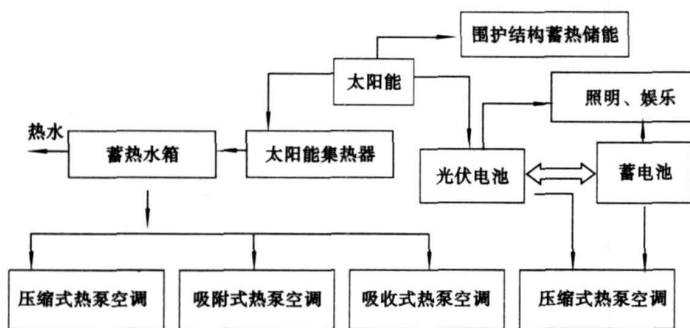


图 1 太阳能房

从产业化的角度看, 以光伏产业链为例, 它包括光伏电池产业链和光伏终端产品产业链. 前者从最初的硅材料到硅锭、硅片、电池片, 到最终产品——电池组件; 后者主要有照明装饰灯具、警示标志、多功能电源、电源转换器、太阳能户用电源、太阳能控制系统主板、

光伏电站等, 所以太阳能应用是一个复杂的系统工程.

2 太阳能光电转化

2.1 光电转化技术与系统

2.1.1 传统发电形式——光伏与热发电系统

光电转化包括光伏发电和热发电 2 种形式。光伏发电的原理是利用光生伏打效应将太阳能转变为电能。光伏发电的核心部件是太阳能电池或光伏电池,其中独立光伏发电系统用于单体、区域供电,并网光伏发电还可以用于调峰,为避免“孤岛效应”,包括具备监控性能的多电平逆变器等并网技术研究成为关键。带有蓄电池的并网发电系统适用于经常停电的地区,但成本较高;不带蓄电池的并网发电系统投资省,系统简单,但缺乏蓄电池对光伏阵列的电压箝位,必须采用最大功率跟踪,保证系统在最佳工作点附近运行。

按照所用材料不同,太阳能电池分为硅系、多元化合物薄膜型、聚合物多层修饰电极型、纳米晶型 4 大类,硅系包括单晶硅、多晶硅薄膜、非晶硅薄膜电池(见表 1)。

表 1 几种太阳能电池比较

分类	制备方法	优缺点
单晶硅	表面结构化法等	效率最高,技术最成熟,成本高,工艺复杂
多晶硅	化学气相沉积法等	效率低于单晶高于非晶,成本低,主导产品
非晶硅	化学气相沉积法等	效率较高,成本低,稳定性不好,有前景
多元化合物型	MOVPE 和硒化法等	效率较高,存在污染,材料来源受限
聚合物型	电极复合法	效率低,价廉,研究中,有前景
纳米晶型	修饰组装法	价廉,工艺简单,稳定性好,研究中,有前景

太阳能电池的前端问题在于多晶硅材料,应立足于自主创新,积极开发;通过合资合作共同解决多晶硅材料问题。另外就是发展非晶硅电池、薄膜电池等新材料电池。

太阳能热发电系统主要有聚焦式和非聚焦式 2 大类。其中聚焦式系统主要有槽式、碟式和塔式 3 种,非聚焦式系统主要有太阳能热气流发电和太阳能池热发电 2 种。图 2 为工质采用熔盐的塔式热发电系统:定日镜系统实现对太阳的实时跟踪,并将太阳光反射到集热器。位于高塔上的集热器吸收由定日镜系统反射来的高热流密度辐射能,并将其转化为工质的高温热能。高温工质通过管道传递到蒸汽发生器,产生高压过热蒸汽,推动常规汽轮机发电。

聚焦式热发电的关键技术,一是定日镜的实时跟踪;二是集热器必须与反射镜相匹配,如碟式系统采用腔式集热器,塔式系统选用圆柱式集热器,槽式系统使用真空管式集热器。

太阳能热气流发电是利用温室效应和烟囱效应,推动风机做功发电;太阳能池热发电系统是以太阳能池底的高温盐水为热源加热工质,驱动热机做功发电。这 2 种方式发电效率都较低。

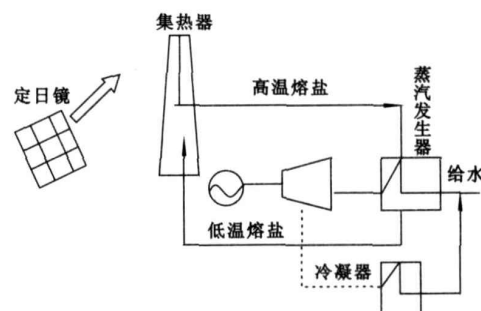


图 2 塔式熔盐发电系统

2.1.2 分布式能源系统——太阳能冷热电联产联供

分布式能源系统是在需求现场根据用户对能源的不同需求,实现温度对口供应能源,将输送环节的损耗降至最低,从而实现能源利用效能的最大化。太阳能冷热电联产联供以太阳能热发电技术为基础,在发电的同时,通过换热器利用朗肯循环乏汽或布雷顿循环乏气冷凝放热,将热量通过换热器传递给空气或热水,满足用热需求,也可以通过驱动吸收式制冷机满足用冷需求,从而实现冷热电三联供。

2.1.3 与其他能源结合——混合光伏发电系统

一种是利用风能与太阳能在季节和时间上的互补性,将风力发电机与光伏电池阵列结合起来,共同发电,实现地表与空间的合理利用,达到较佳的能源匹配。另一种是用光伏电池产生的电流,通过电解槽将水分解为氢气和氧气储存起来,必要时通过燃料电池供电,形成一种用光伏制氢储能与燃料电池发电相结合的系统运行模式。

3 太阳能光热转化与应用

3.1 光热转化——太阳能热水器

太阳能光热转换技术是将太阳辐射能直接转变为热能的过程。太阳能热水器是低温型太阳能集热器,有平板式和真空管式。新型真空管式热水器既解决了平板式的低温冻结问题,也解决了传统真空管的耐压爆裂问题。图 3 为一种利用热管原理的 CFC 热管式真空管热水器。太阳光一部分穿过真空管(1)照射到热管上,一部分穿过真空管照射到聚光板(2)上,聚光板再将太阳光汇聚到热管的选择性吸收膜上,热管的蒸发段(3)吸收热能以后,产生的蒸汽将热量传递到热管的冷凝段(4),冷凝释放出的热量,通过导热块(5)传给热水管(6)内的工质,而热管内的蒸汽冷凝为液体,依靠重力沿热管的内壁面流回热管的蒸发段,循环往复。

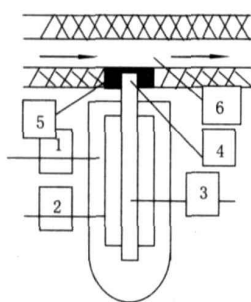


图3 CFC热管式真空管热水器

3.2 太阳能与用户终端的对接——建筑一体化

建筑一体化从建筑节能作为切入点,推广太阳能热利用,解决太阳能与建筑“两张皮”的问题,把太阳能部件作为建筑的组成部分进行设计、安装。目前研发并使用的家庭用分体式热水器,其集热器与水箱是相互分离的,集热器可以安装在屋顶、阳台墙壁或外墙窗口下方;水箱则置于阳台地面或室内墙角,具有防风、防冻、热效率高等优点,大大降低了建筑对太阳能热水器使用的限制。另外,应大力推广使用集中式热水系统,这样便于统一管理,提高光热转化效率,降低系统造价,使建筑物立面美观。

3.3 太阳能干燥、太阳能沼气、海水淡化

太阳能干燥器以空气为传热介质,分为温室型干燥器(热箱原理)、V型槽式、波纹板式干燥器(对流传热型),可用于干燥农副产品、药材、工艺品等。此外,光热利用还包括太阳能沼气、海水淡化等。

4 太阳能储存

储存过程可以实现移峰填谷,缓解能量供需矛盾的作用,通过将白天的能量储存起来供夜间使用,将夏季的热量储存起来供冬季使用;或者将高峰期的能量储存起来供低谷期使用。

4.1 蓄电池储存和超级电容储存

光伏发电通常采用蓄电池储存方式,即在有光照时将太阳能电池板所发出的电转化为化学能储存起来。该过程通过蓄电池充电完成;在必要时通过蓄电池放电,将化学能转变为电能。以铅酸蓄电池为例,其充放电原理如下:

充电反应: PbSO_4 (阳极) + $2\text{H}_2\text{O}$ +

PbSO_4 (阴极) $\rightarrow \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Pb}$

放电反应: PbO_2 (阳极) + $2\text{H}_2\text{SO}_4$ +

Pb (阴极) $\rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{PbSO}_4$

与AGM铅酸蓄电池相比,胶体蓄电池几乎消除了电解液的分层现象,具有更好的深放电恢复特性,

在较高的环境温度下也有更长的使用寿命,更适合太阳能光伏使用的恶劣环境,因此已成为研究热点。此外,镍镉电池、镍氢电池具有较好的低温放电特性,适用于高寒地带。

超级电容和蓄电池相比,优点是能够进行快速放电,循环寿命长,环境温度对正常使用影响不大,更能适应恶劣的环境条件。但是超级电容器比能量较低,还需进行研究。

4.2 热储存

由于气体比热容小,不宜用作显热贮存介质。低温(介于0和100之间)范围内,液体贮热介质以水为最佳。如蓄热水箱和地下含水层,前者多用于太阳能热水器;后者通过井孔将温度较高或较低的水灌入地下含水层来贮热或贮冷,待用时再从井中抽出,多用于区域供热或供冷。太阳能热发电也采用盐水和导热油储热。固体贮热介质中岩石和土壤较为常用,地下土壤贮热主要用于农作物和建筑物供暖。另外,热发电还采用氧化铝耐火珠作为储存介质。

相变储存或潜热储存,是利用相变材料的固-液、固-固相态变化,达到储热和放热的目的。在相变储能材料中,无机相变材料具有腐蚀性,存在过冷和相分离的缺点;有机相变材料热导率较低,传热性能差。为了克服单一的无机或有机相变材料的缺点,通过胶囊化、毛细管吸附、纳米复合等技术研制复合相变材料已成为热点。同时相变材料与建筑材料基体复合的方法研究也成为重要的方向,目前主要有浸泡法、掺加能量微球法、直接混合法等。

4.3 制氢储能和热化学储能

光伏发电系统还可以通过制取氢气实现储能,利用光伏电池产生的电流通过碱性电解槽、离子交换膜电解槽和固体氧化物电解槽,将水分解为氢气和氧气储存起来,必要时通过燃料电池供电。光伏制氢储能与电化学储能相比,能流密度大,寿命长,无污染。

目前正在试验和开发用可逆吸热化学反应进行热储存的技术,这一技术的储能密度比显热和潜热储存要大得多,且可长期储存,特别适合于建筑供暖和空调系统的跨季度储热。例如

气-气催化反应: $\text{CH}_3 - \text{OH}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$

产物分离反应: $\text{NH}_4\text{Cl} \cdot 3\text{NH}_3(\text{l}) = \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s}) + 3\text{NH}_3(\text{g})$

5 太阳能产业化对策

结合我国太阳能产业的实际情况,借鉴国外成功

的经验,政府在推动太阳能产业发展的过程中应该从如下几个方面着手。

1)做好产业规划。对于整个太阳能产业的发展,必须合理规划,避免恶性竞争和重复建设,对于大型太阳能光伏发电和太阳能热利用项目,都需要系统规划,实行行业准入制度。与此同时,要进行正确引导,进一步拓展产业链,特别是太阳能光伏产业链,加大太阳能电池用硅材料的研发、生产力度,摆脱光伏产业链下游的低端竞争,改变依赖进口的被动局面。

2)出台相关补贴政策。一是对农村使用太阳能产品、农业太阳能热利用实行财政补贴,促进农业生产发展,改善农民生活质量,缓解农村能源环境问题;二是鼓励宾馆、学校、机关等集体场所安装使用太阳能装置。国家应将太阳能产品列入政府采购目录,鼓励各级政府部门和事业单位安装使用太阳能设施,其工程款部分或全部列入行政事业费用中。

3)完善产业发展激励政策。一是在信贷、税收优惠、能源供应等方面给予太阳能企业大力支持。二是落实配额制,给太阳能发电企业的配额电力合理的上网电价,减少企业因成本过高造成的损失。三是实现投资主体多元化,调动民间资本、外国资本投资太阳能项目的积极性。四是安排专项资金,重点支持农村地区应用太阳能技术,以改善农村居民的生产生活条件。

4)完善相关配套措施。一是根据《可再生能源法》等法规的要求,制定太阳能发展专项规划,明确太阳能行业主管部门和分管部门的职能,建立健全太阳能产业联盟组织,完善政府、中介机构和企业之间的协

调机制。二是加强人才培养和人才引进。高等院校和科研院所应根据市场需求和专业设置,培养不同层次的人才,积极推进创新团队建设,加大人才引进力度,建立新型人才评价和激励机制。三是加强产学研合作,提高自主创新能力,加强太阳能龙头企业工程实验室、技术中心、检测中心的建设,鼓励企业设立海外研发中心,吸引跨国公司来华设立研发机构。支持在太阳能产业聚集区建立一批高水平的企业孵化器,建立留学生创业服务中心,支持太阳能行业与高校、科研院所之间建立技术创新战略联盟,鼓励企业引进、消化吸收国外先进太阳能技术研究成果。

5)培育和规范太阳能市场。首先,要尽快制定太阳能并网发电和建筑物太阳能利用的国家标准和市场规范,修改完善现有建筑标准、工程规范和城市管理中不利于太阳能市场发展的规定。其次,太阳能生产企业要规范产品质量保证体系,建立严格的产品质量检验和检测制度。第三,加强对太阳能设施施工安装的监督,规范企业售后服务行为。

参考文献

- [1] 鞠振河,王喜魁.太阳能民用热水系统工程设计[J].沈阳工程学院学报:自然科学版,2006,2(2):104-108
- [2] 鞠振河.太阳能房的可行性研究及其技术经济评估[J].现代农业,2007(12):57-60
- [3] 赵玉兰.热管式真空管集热器的集热效率研究[J].太阳能学报,2007,28(9):1022-1025
- [4] 蔡宣三.太阳能光伏发电发展现状与趋势[J].电力电子,2004(2):13-16
- [5] 苏亚欣,费正定.太阳能冷热电联供分布式能源系统的研究[J].能源工程,2004(5):24-27

Research on solar energy technology application and industrialization policy

LIU Jun-zhe^{1a}, JU Zhen-he^{1b,2}

(1a. Department of Power Engineering; 1b. Renewable Energy Research Center, Shenyang Institute of Engineering
Shenyang 110036, China; 2 Liaoning Solar Energy Research and Application Co. Ltd., Shenyang 110034, China)

Abstract: This paper introduces present situation and questions of solar energy photoelectric conversion technology and photothermal conversion technology, the emphasis is on necessity and importance of solar energy storage technology. It is pointed out that solar energy application is a system engineering including converting, storage, reuse, the research of the converting and storage technology should be strengthened. At the same time, attentions should be paid to both the connection to other renewable energy sources and the connection to user terminal. Finally, it points out that the solar energy industry development needs national guidance and supports, and the proposal is put forward.

Key words: photoelectric converting; photothermal conversion; solar energy storage; solar energy industry