

太阳能热利用的现状及其对策

Present State of Thermal Utilization of Solar Energy and China's Strategy

陆维德

(太阳能研究所 研究员 北京 100083)

太阳能是一种巨大且对环境无污染的能源。太阳能转换和利用的方式有:光—电转换,光—热转换和光—化学转换。太阳能热利用技术按终端使用温度范围大致可分为低温、中温和高温。低温(100°C 以下):生活热水、采暖、干燥、蒸馏、农用温室等;中温($100\sim 300^{\circ}\text{C}$):工业用热、制冷空调、烹调等;高温(300°C 以上):热发电、材料高温处理和有毒物料的去毒处理等。

在太阳能热利用技术中,太阳能热水和建筑物太阳能采暖技术已经成熟,且已达到实用化阶段。这两类终端利用的能耗在总能耗中都占了可观的比例,在美国为37%左右。太阳能热发电在技术上也有所突破,发展很快。本文重点分析太阳能热水、采暖和热发电等主要热利用领域的现状和发展战略。

一、国外太阳能热利用的现状和评价

1. 太阳能热水器

美国是世界太阳能热水器生产和销售最多的国家。70年代,特别是中东石油危机后,此行业蓬勃发展,到70年代末,生产太阳能集热器的厂家近500个,年销售额达10亿美元。仅加州在1981年就安装了7万套家用太阳能热水系统,价值3亿美元。美国的平板集热器的吸热板芯是紫铜的,表面有选择性吸收涂层,玻璃盖板为钢化“白”玻璃或玻璃钢。热水系统采用双回路,集热器回路中有防冻介质,可全年使用。在典型的阳光充足地区,太阳能热水系统的年平均效率为60%左右。80年代中期,美国是最大的太阳能热水器市场。1986年后,由于国家能源政策的改变和世界石油价格下跌,太阳能热水器市场大大萎缩。1990年后又呈回升趋势,1991年在美国太阳能行业协会登记的太阳能集热器制造厂有45家(高温集热器9家,中、低温系统

36家),总销售量为102万平方米,价格每平方米从30美元(游泳池用裸露橡胶或塑料集热器)到300美元不等。

以色列家用太阳能热水器供热水量已占住宅热水总负荷的65%。以色列政府1982年制订了一项法律,规定所有新建住宅必须安装太阳能热水器。以色列制造的热水器经济实惠,整套家用系统售价为500美元,每年耗电电费仅25美元,而煤气或电热水器售价175美元,而年能源消耗至少为120美元。

日本在1982年已有360万户安装家用太阳能热水器,占住宅的11%;到1990年已发展到800万户。

澳大利亚西北部,37%的住宅装有太阳能热水器。

平板集热器是太阳热水系统的核心部件,造价占整个系统的50%。其结构、工艺简单,技术成熟,但提高效率、降低成本仍是研究开发的重点。提高集热器效率的思路是降低吸热板的散热损失。80年代,美国、日本和西德开发了真空管集热器,已有产品问世。德国生产的热管真空管集热器售价每支400马克(2米长),日本生产的同类型真空管集热器售价每支50美元,目前市场较小,尚不能与平板集热器竞争。平板集热器新产品的特征是,在透明盖板与吸热板间的间隙中加透明隔热材料,如聚酯薄膜加工制成的蜂窝结构,或充填氧化硅气凝胶,甚至在加强边框密封的基础上,将间隙抽成低真空,目的是进一步提高平板集热器的热性能,工作温度可以增到 100°C 以上,可用于工业用热和空调制冷,其成本将低于真空管集热器。

2. 太阳能节能建筑

太阳能节能建筑分主动式与被动式两种。前者与常规能源采暖系统基本相同,仅以太阳能集热器作为热源代替传统燃煤锅炉;后者是利用建筑本身

的结构,吸收和储存太阳能,达到取暖的目的。

早在 30 年代,美国麻省理工学院已开始进行太阳能节能房的研究,先后建造了五种主动和被动式试验太阳能节能房。之后,洛斯阿拉莫斯国家实验室对被动太阳能节能房的热工性能进行了系统的研究,编写了设计手册,为推广被动太阳能节能房设计奠定了基础。被动太阳能节能房结构简单,所附加的建材增加造价不多,维修量小,节约燃料量可观,受到人们的青睐。到 1982 年,美国已建成约 8 万栋各种型式的太阳能节能房,到 1990 年增加到 25 万栋。平均房屋造价增加 10~15%,而节约燃料可达 50~80%。

在欧洲,70 年代中期以来也十分注意利用太阳能实现建筑节能。根据地理与气候的差异,太阳能节能建筑的形式也各有特色。如斯堪的纳维亚地区,气候寒冷,建筑以加强保温为主,发展“零能耗房”。

利用太阳能的低能耗建筑的研究已列入国际能源署计划,由 15 个国家科学家联合攻关,以新材料、新部件和新的系统开发未来先进的太阳能低能耗建筑。主要攻关技术有以下几方面:

(1)透明隔热材料的应用。已有两种新材料,一是用聚酯薄膜制成的透明蜂窝板,在德国和以色列已小批量生产,价格为每平方米 40 美元;二是气凝胶,尚在实验室阶段。

(2)先进的隔热窗户系统。包括中间充氩或氪惰性气体的多层玻璃窗户,玻璃表面有低发射率涂层,两层中间充填气凝胶等方案(透过率为 80~90%,导热系数 0.02W/mk)。

(3)各式热泵系统,以太阳能或土壤作低温源,用于采暖,以节约电能。

(4)太阳电池作屋面板。

(5)电脑节能优化控制。

采用以上新技术的太阳能低能耗试验房在丹麦已有 24 座,德国有 3 座,挪威有 3 座。其设计能耗指标是,年采暖常规能源能耗为 25 千瓦时/平方米(建筑面积),年总能耗为 50 千瓦时/平方米。德国 AEG 公司开发的主动和被动相结合,附加有能量回收系统的电脑智能化太阳能节能试验房比现有建筑节能 70%左右。

美国可再生能源国家实验室已研究成功用等离子体强化化学沉积技术制备的电变色窗玻璃涂层(简称太阳玻璃)可根据室温及采光要求自动控制玻璃的透过率,从而减少窗户的热损失或“冷量”损失。该项新技术已投入中试。专家预测,美国今后在新建商用建筑中使用这类新型的窗玻璃,每年可减少 1 600 兆瓦峰值电力负荷。

3. 太阳能热发电

在 80 年代,世界各国已建若干个大型太阳能

热发电站。它们的成功运行证实了太阳能热发电的技术可行性。其中 LUZ INTERNATIONAL 公司建立的槽形抛物面镜的分散式 SEGS I—IX 九套太阳能热发电站总装机容量达 354 兆瓦,并入南加州爱迪生电力公司的电网,首先实现了商业化。

由于 LUZ 热发电的技术进步,使 SEGS I 到 SEGS IX 电站系统,发电效率由 11%提高到 21%,单位装机容量的造价和发电成本都大幅度下降。前者每千瓦从 4 500 美元降低到 2 875 美元,后者每千瓦时从 0.26 美元降低到 0.1 美元。

80 年代,美国能源部在太阳能热发电研究、开发和示范方面已投入近 10 亿美元,90 年代仍继续支持以进一步降低成本,1992 财年拨款为 2 900 万美元,1993 财年预定为 2 700 万美元。当前,中央接收式太阳能热发电技术有两项新的突破,一是美国桑迪亚国家实验室研制成功金属张膜定日镜,可替代玻璃定日镜,成本预计降低 20~30%;二是以硝酸钠/硝酸钾熔融盐混合物取代水作为中心锅炉的工质,单相低压下温度可达 500℃,使新一代的锅炉热流强度增加而体积减小,从而减少了辐射和对流的热损失,锅炉本身也可以用薄壁金属材料,使成本降低。该类张膜式熔融盐的中心接收锅炉的集热效率可由原水蒸汽接收器的 69%提高到 90%。这两项技术突破使中央接收式太阳热发电站的商业化有了新的转机。旋转抛物面反光镜的发电系统的能量转换效率可达 31%左右。

二、我国太阳能热利用技术发展现状及评价

1. 我国太阳能资源分布

我国地处北半球欧亚大陆的东部,幅员辽阔,有丰富的太阳能资源。我国各地太阳辐射年总量大约在 $3.3 \times 10^6 \sim 8.4 \times 10^6$ 千焦耳/平方米之间,平均值为 5.9×10^6 千焦耳/平方米。我国太阳能资源的详细分布情况见表 1。表中 I、II、III 类地区是太阳能资源比较丰富的地区,面积约占全国总面积的三分之二以上。

2. 我国太阳能热利用技术进展

我国有组织、有领导地开展太阳能热利用的研究、示范始于 70 年代中期。从 80 年代开始,新能源和可再生能源技术列入国家科技攻关“六五”、“七五”和“八五”计划,太阳能热利用技术是新能源和可再生能源项目中的一个子课题。

根据我国国力和实际需求出发,在“六五”和“七五”计划中,太阳能热利用科技攻关的重点放在优先发展低温热利用技术。具体的项目是:太阳能热水器、被动太阳能节能房、太阳能干燥器和太阳灶。经过十年努力,太阳能热利用在这四个领域技

术已基本过关,科技成果已不同程度地转入小批量生产,有了一定数量推广应用的覆盖面,在缓解当地常规能源短缺和减轻生态和环境恶化等方面已收到了实效。据 1991 年不完全统计,已推广了太阳能热水器 180 万平方米,被动太阳能节能房 30 万平方米(建筑面积),太阳能农用温室 33 万公顷,太阳灶 12 万台,太阳能干燥器 1 314 平方米并一直保持着发展势头。国产太阳能热水器平均每平方米每年可节约 100~150 公斤标煤。被动式太阳能节能房平均每平方米建筑面积在采暖期可节约 20~40 公斤标煤。太阳灶每台每年可节约柴草 500~700 公斤。

表 1 我国太阳能资源的区划

地区 分类	全年日 照时数	太阳辐射年 总量 10 ⁴ 千 焦耳/平方米	包括的地区
I	2800~3300	670~840	宁夏北部、甘肃北部、新疆东 南部、青海西部和西藏西部
II	3000~3200	590~670	河北北部、山西北部、内蒙和 宁夏南部、甘肃中部、青海东 部、西藏东南部和新疆南部
III	2200~3000	500~590	山东、河南、河北东南部、山 西南部、新疆北部、吉林、辽 宁、云南、陕西北部、甘肃东 南部、广东和福建南部、北京
IV	1400~2200	420~500	江苏和安徽北部、湖北、湖南、江 西、浙江、广西以及广东北部、陕 西、江苏、安徽三省的南部、黑龙江
V	1000~1400	340~420	四川、贵州

3. 当前存在的主要问题和障碍

我国在太阳能热利用方面与国外的差距主要在以下两个方面。一是科技投入,美国在 70 年代末到 80 年代初政府对太阳能研究与开发经费投入为每年 5 亿美元,后来由于石油降价,以及里根政府的能源政策,太阳能研究经费被大幅度削减,到 90 年代初也一直维持在每年 1.5~2 亿美元的水平。日本由新能源产业技术综合开发机构(NEDO)和地球环境产业技术研究机构(RITE)组织科研单位和大企业成立研究开发组,以利加速研究开发进程和商品化。因此当代发达国家的太阳能热利用的开发具有高科技注入的特点,特别是新材料研究开发的突破,如太阳能热发电站中的聚光器、真空管集热器或塔式太阳能锅炉都是现代材料科学、传热学重

大成果商品化的结果。二是鼓励推广和开发太阳能的政策。自 90 年代以来,发达国家普遍重视全球环境问题,将开发利用新能源提高到减少 CO₂ 排放的重要战略高度,而且有具体的措施和政策,在经济上给予新能源以补贴或减免税。美国的 31 个州在 1991 年已实施节能的能源利用终端管理(Demand—Side Management)的计划(作为资源综合规划的一个组成部分),其措施是州政府鼓励公用事业(电力和天然气、煤气)公司在确保用户负荷需求的前提下尽可能地少发电,少供气。这样公司就将电站扩容的投资转移到用户终端的节能改造,其优点是投资少,资金周转快,风险小。目前太阳能供热水和太阳能采暖将被纳入节能的终端管理计划,妥善解决了太阳能设备初投资大,用户负担过重的障碍。预计在这个新计划的推动下,美国太阳能热水器和太阳能节能房会有更广泛,更迅速的发展。

三、发展战略和对策

1. 不同时期的技术发展目标

我国是发展中国家,有 8 亿人口生活在广大农村地区。为维持农民起码的日常生活用能,每年能耗占全国总能耗的 30%。在相当长的时间内,我国商品能源供应不可能完全满足农村生产和生活用能的基本需求。据此,在近期(20 年内)我国太阳能热利用技术的开发利用仍应以低温热利用为主,而且面向农村和中小城市,以缓解那里生活和生产用能(采暖、热水、太阳能温室等)能源紧张状况,改善那里由缺能而引起的生态环境恶化的局面。在中长期(20 年后至 50 年),作为替代部分燃煤方案,可适当发展太阳能热发电,在城市中推广以太阳能热利用为中心的节能型建筑。

2. 不同地区的战略选择

(1)在太阳辐射资源的 I 类地区,可在中长期计划中考虑建设太阳能热发电站。特别是西藏,煤、油等常规能源贫乏,而直射阳光资源丰富,发展太阳能热发电在经济上有独特的优越性。在 2000 年前应争取试点示范,以便进一步与光伏电站进行比较后作出评估。

(2)在太阳辐射资源的 I、II、III 类地区,要进一步推广被动太阳能节能房和太阳能热水器(作为建筑设施的一部分)。

(3)个别贫困地区(主要在西北地区),太阳灶仍有用武之地,但要注意提高质量,实行工业化生产。

(4)在南方各省,要开展夏季太阳能空调、降温技术的研究和示范。

3. 对策和措施建议

(1)在政府提出的我国环境与发展领域应采取

的 10 条对策和措施的基础上,进一步制定发展新能源和可再生能源的规划,而且要给政策,重点应在资金筹措和税收优惠等方面予以支持。

(2)重大的太阳能热利用项目,如太阳能热发电站,国际上已经商业化,我国应立足于引进国外先进技术和设备,在阳光丰富的地区,如西藏,在可行性研究的基础上由政府投资兴建。避免少量投入,科研低水平重复造成的浪费。

(3)政府要通过行业协会等组织加强对太阳能

热水器、太阳灶产品的行业管理,主要应搞好标准化及质量论证制度,以确保产品的质量。

(4)太阳能节能建筑在建筑节能中占有重要地位,建设部要作出统一部署和规划。

(5)重视吸收外资开发太阳能产品市场,使我国的太阳能热水器质量达到当代国际水平,并在国际市场上具有竞争力。 (责任编辑 宋义荣)

我国丰富的海洋能有待开发

China's Marine Energy Resources to be Exploited

胡成春

(中国能源研究会新能源专业委员会副主任 北京 100862)

我国大陆海岸线长 18 000 多公里,拥有大小岛屿 6 500 多个,海岛岸线长约 14 000 公里,海域面积 470 多万平方公里。我国是一个海洋能资源丰富的国家。根据现有技术水平,我国海洋能的可再生量约为 4~5 亿千瓦,其中潮汐能 1 亿千瓦,波浪能 0.7 亿千瓦,海流能 0.3 亿千瓦,海洋温差能 1.5 亿千瓦,盐度差能 1.1 亿千瓦。目前除开一些小型潮汐发电和微型波浪发电外,我国海洋能利用基本处于空白状态。

在当前能源紧缺,新技术不断发展的情况下,许多国家都十分重视海洋能的开发。从长远看,今后人类向海洋进军,充分利用海洋能势在必行。仅就潮汐发电而言,1967 年法国就建成了装机容量 24 万千瓦的朗斯潮汐电站,至今运行情况良好。随后,前苏联又建成了基斯洛潮汐电站,装机 2 000 千瓦;加拿大为开发芬地湾 400 万千瓦的大型潮汐发电,于 1983 年也建成了单机 2 万千瓦的安纳波利斯前期潮汐电站。英国、印度、韩国等也都在规划建设大型潮汐电站。美国、日本、法国等则在加紧研究海洋温差发电,已进行兆瓦级电站试验。北欧的挪威、丹麦和以研究海洋著称的英国、日本,还建立了一批大大小小的波浪发电装置。

我国东南沿海先后建设了七座小型潮汐电站,总装

机容量 8 300 千瓦,其中以浙江温岭县的江厦潮汐电站最具有代表性,目前 5 台机组总容量为 3 200 千瓦,运行方式采用涨、落潮双向发电,机组为灯泡式。从 1980 年投产以来,运行情况良好。该电站不仅是发电,电站建成后方便了海湾两侧的交通,围垦了 5 000 多亩农田和柑桔地,发展了水库养殖业,综合经济效益明显。因此,1991 年韩国代表团考察江厦潮汐电站后,立即决定学习我国发展潮汐电站的经验,1992 年经过两国民间多次技术交流,韩方终于提请政府批准将规划已久的加露林湾潮汐电站(40 万千瓦)交请我国专家组做可行性论证,并拟采用中国技术和设备。这是迄今为止世界上最大的潮汐电站。

从上述情况看,我国有较好的水电技术基础和潮汐电站的实践经验,东南沿海有丰富的潮汐能资源,特别是沿海经济开发比较缺电,加速开发潮汐发电是必要的。结合国家国土整治,优先开发沿海岛屿,对大量无常住人口的荒岛移民开发,首先必须解决其能源和淡水的供应。如能合理利用各种海洋能和可再生的太阳能、风能、生物质能,因地制宜,持之以恒,必将利国利民。

(责任编辑 蔡德诚)

彩图说明

德国的 5000 屋顶光伏发电计划

(见封三彩图)

德国在 1990 年年底宣布实施“1000 屋顶光伏发电计划”,即准备在 3 年内在居民屋顶安装 1~5 千瓦功率级的光伏发电系统 1 000 套,用以考察光伏并网发电系统的经济性、技术可行性和实用性。1991 年将计划调整到 2 500 个屋顶,最终又调整到 5 000 套屋顶光伏发电系统。这项计划由德国研技部(BMFT)投资兴建,并由电力部门认可。

这样的小型并网系统不需要储能蓄电池,太阳能电池发出的直流电,通过一台并网逆变器转变为与电网信号同步的交流电,直接馈入电网内。该系统装有两块电表,一块表记录太阳能电池馈入电网的电能,另一块记录用户从电网用掉的电能。如果两者计数相同,用户不交电费;如果后者多于前者,用户需按每千瓦时 0.17 马克付多用的电费,如果前者多于后者,则电力部门按每千瓦时 0.16 马克付给用户费用。

实际使用已经证明,这样的并网系统可以大大改善电网末端的供电质量,在经济上也具有一定的竞争力。

(王斯成)