

平板太阳能集热器技术发展趋势

□ 国际铜业协会北京代表处 黄俊鹏☆
□ 国际金属太阳能产业联盟 陈讲运
□ 同济大学机械与能源工程学院 徐尤锦△

摘要

本文系统梳理了当前世界各国在平板太阳能集热器领域的技术创新和市场应用现状。给出不同平板集热器适用条件,对比分析国内外平板集热器发展差距。

关键词

太阳能热利用;平板太阳能集热器;区域供热;过热保护;防冻

Development trend of flat plate solar collector technology

□ Joseph Huang☆, Jiangyun Chen and Youjin Xu△

Abstract: This paper systematically reviews the current situation of technology innovation and market application in the field of flat solar collectors in the world. The applicable conditions of different flat plate collectors are given, comparing and analyzing the development gap of flat plate collectors at home and abroad.

Key words: Solar thermal, Flat plate solar collector, District heating, Overheat protection, Anti-freezing

1、平板太阳能集热器的应用状况

平板集热器主要运用于 $30^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 热利用,主要由玻璃盖板、吸热板、保温层、外壳构成。据国际能源署数据显示,截止2014年世界范围太阳能集热器总铺设面积达586.1百万平方米,装机容量达410.2GWth。其中真空管集热器铺设416.8百万平方米(291.8 GWth),平板集热器129.8百万平方米(90.9 GWth),无盖板液体集热器37.1百万平方米(26.0 GWth),其他类型集热器2.4百万平方米(1.6 GWth)。世界范围各类型集热器市场见图1,世界十大太阳能热利用国家集热器装机量见图2:

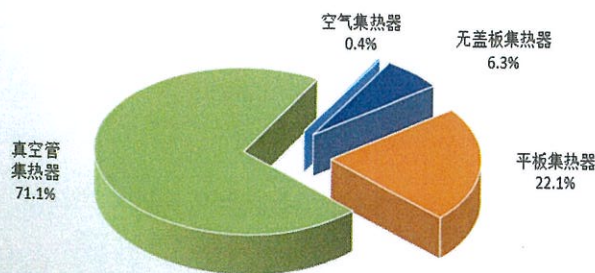


图1 世界范围各类型集热器市场

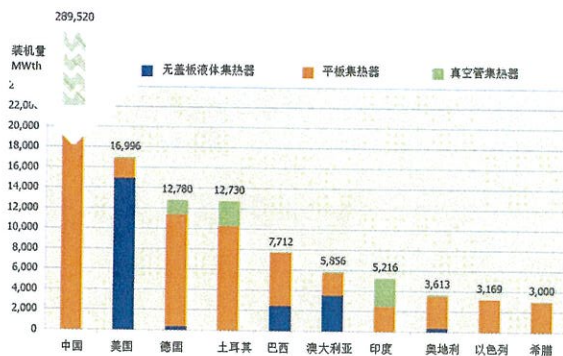


图2 世界十大太阳能热利用国家集热器装机量

欧洲:太阳能平板集热器是主流。欧洲是除中国外第二大太阳能热利用市场,截止2014年统计所用集热器83.8%采用平板太阳能集热器。欧洲各类集热器使用情况见图3:

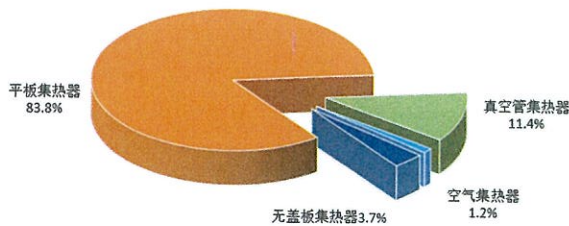


图3 欧洲各类集热器使用情况

DOI: 10.16116/j.cnki.jskj.2017.04.009

北美：美国89%太阳能热利用集热器为无盖板液体集热器，平板集热器占比仅为11%；加拿大60%太阳能热利用集热器为无盖板液体，平板集热器的占有率仅为5%。可以看出北美地区太阳能热利用集热器主要以无盖板液体集热器为主。

中国：中国太阳能热利用集热器主要有两种真空管集热器和平板型集热器，真空管集热器占比达92.3%，平板集热器占比仅为7.7%。中国太阳能热利用集热器主要采用真空管集热器。但由于中国太阳能市场发展较快，中国平板集热器铺设面积占据世界第一。

2、平板太阳能集热器的优势

2.1 性能曲线

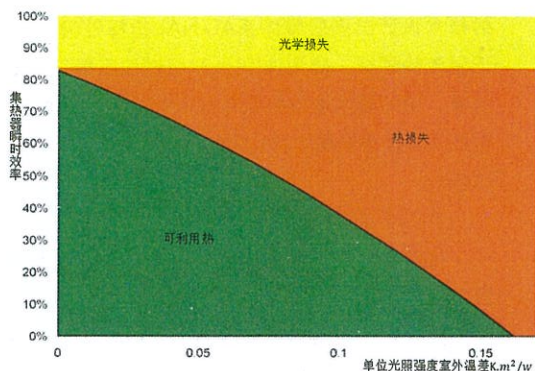


图4 太阳能集热器热利用

太阳能集热器效率取决于太阳光入射角引起的光学损失和室外温差引起的热损失。太阳能集热器热利用见图4。从图中可以看出普通平板集热器和CPC平板集热器主要适用于低温阶段，但CPC高温性能优于普通平板集热器；双盖板平板集热器主要适用于中低温阶段，集热器性能大大优于普通平板集热器；平板真空管集热器适合于中高温阶段；线性菲涅尔、抛物线槽式集热器主要用于高温阶段。平板集热器在采暖及生活用水低温热利用阶段具有很大优势。

2.2 安全性

太阳能集热器吸热板需要有一定的承压能力，吸热板对集热器工质应无腐蚀性，与集热器工质相容性好，以应对晴朗天气集热器过高的温度。集热器盖板：耐冲击强度要高，在受到雨雪、冰雹或其他坚硬物质碰撞时不致损坏。耐候性能良好，集热器置于室外环境，长期遭受冷热冲击、风、雨、雪腐蚀，具有良好的耐候性才能保证集热器透光、强度等性能，寿命期也会有很大保障，国内集热器寿命应不低于15年。集热器外壳需要将集热器吸热板、盖板、保温材料组成一个整体并保持一定的刚度和强度，便于安装，同时还要集热器外形美观等。常用平板集热器盖板为单层玻璃、中空玻璃、Loe-E中空玻璃、氩气中空玻璃等，具有很好的抗压抗腐蚀能力，张洪敏[1]还进一步给出充氩气中空玻璃、Loe-E充氩气中空玻璃相比普通中空玻璃平板集热器热损失系数大大降低。刘建波[2]研究集热器积尘对热管真空管集热器、

平板集热器、CPC反光板集热器和全玻璃管集热器的影响。平板集热器受积尘影响较小，集热效率和换热系数损失较小。此外平板集热器目前大量采用选择性吸收膜，能同时吸收集热器直射辐射和散射辐射，吸收率较高。而且不会出现类似真空管集热器炸管现象。平板型集热器不仅产品运行安全，集热性能也十分可靠。

2.3 便于安装

基于平板集热器为一体化组装，没有散装零件。施工建设中很多种安装方式。可以安装于屋顶、地面，还可以作为铁路、公路防噪墙、汽车库顶棚等。此外平板集热器能够很好的与建筑集成可以安装屋顶、嵌入屋顶、遮阳设施、南墙嵌入等。集热器的便于安装极大的扩大了集热器的运用范围。平板集热器与建筑集成见图5：

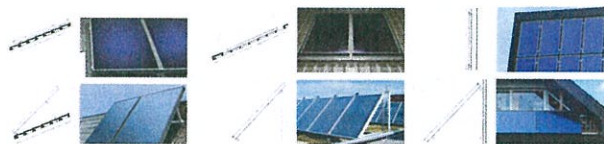


图5 平板集热器与建筑集成

3、平板太阳能集热器的分类

太阳能集热器是太阳能热利用系统的关键组件，平板集热器的分类有以下几种方法：

- 1) 传热工质种类：平板型太阳能集热器可分为空气集热器和液体集热器两大类。
- 2) 吸热板芯材料：平板型集热器可分为钢板铁管、全铜、全铝、铜铝复合、不锈钢、塑料及其它非金属集热器等。
- 3) 吸热板结构：管板式、扁盒式、管翅式、热管翅片式、蛇形管式集热器以及带平面反射镜的集热器和逆平板型集热器等。
- 4) 盖板种类：单层或多层玻璃、玻璃钢或高分子透明材料、透明隔热材料盖板集热器等。

中国国内不同平板集热器制造商见表1：

表1 中国平板集热器制造商

制造商	平板集热器类型
桑普、桑贝斯、豪特	铜铝复合条带平板集热器
嘉普通	全铜平板集热器
浙江煜腾、四季通	全铝平板集热器
桑乐、豪客	不锈钢平板集热器
广州能源所	塑料平板集热器

4、当前我国太阳能集热器的技术现状

4.1 技术现状

目前市场上平板集热器成本仍然较高，效率仍有很大提升空间，提高集热器成本效益是未来平板集热器打开市场新方向。据ESTIF(European Solar Thermal Industry Federation)预测，到

2020年平板集热器效率相比现在将会提升10%，成本下降40%。集热器材料、设计、制造技术以及集热器的安装方式都会有很大改变，适用范围会大大拓宽，可以适应不同温度水平、不同安装形式、不同建筑外形以及不同太阳能采暖热水系统。（简化安装，易与建筑结合，降低集热器安装于建筑成本同时提高建筑审美。发展太阳能建筑一体化，加强太阳能集热器与建筑的集成技术，开发集热器作为建筑组建的产品，例如屋顶瓦片、天窗、遮阳设施等。研发新材料，开发长寿命高性能集热器。太阳能集热器与建筑结合，集热器寿命必须超过20年，需采用新型材料来承受集热系统停滞和集热器过热，同时保证集热器受到冷热冲击时集热器性能不会发生较大变化。开发适合不同温度需求、天气条件、水质和运用场所的集热器、个性化设计集热器将是未来集热器发展新方向，能更好的满足市场需求。

● 提高集热器效率

开发新型集热器材料或提升集热器材料性能，例如采用高透光率抗反射涂层；不同吸收率涂层切换减少系统因高温停滞；采用低重量高反射板；低挥发高吸收率材料开发；优化热传输通道；抗高温绝缘保温材料；开发可替代耐高温材料，例如橡胶聚合物等。更进一步可以发展适合不同运用场合、不同热性能、不同集成方式的个性化太阳能集热器，例如PVT（光伏光热一体化集热器）、空气集热器、特殊需求集热器等。

● 简化集热器结构，改善集热器安装与集成

集热器安装是太阳能热利用重要部分，安装质量最终会决定用户对太阳能的接受程度，改进太阳能的安装方式有助于降低集热器安装成本，延长系统生命周期。充分利用集热器作为建筑组建和屋顶的功能，发挥与建筑结合的优势，采用有限屋顶实现最大化安全高效集热。

● 集热器可靠性和长期性能稳定性

研发新型材料，总结高效可靠的安装技术，对太阳能集热系统进行优化。提高集热器效率、减小集热器老化，避免集热器过热和老化。设计集热器自动清洁，抗腐蚀措施，减小集热器表面恶化。

● 发展特殊用途集热器

特殊用途集热器将有效改善在不同场合、不同气候条件的适应性，优化集热器成本效益。适合不同温度集热器、海水利用集热器、光伏光热一体化集热器、空气集热器、遮阳集热器、储热集热器。运用低成本纳米材料、聚合物材料提高集热器性能。

4.2 技术差距

4.2.1 玻璃盖板透光率

孟凡基[7]普通平板集热器常采用普通浮法玻璃作为透明盖板，盖板含铁量高，阳光透过率相对较低。近年不断有人研究新型镀膜玻璃盖板应用于平板集热器。国外S. Furbo[3]在玻璃盖板上增设反辐射涂层可以提高太阳能集热器效率，有效吸收太阳直射辐射和散射辐射。国外当前平板集热器玻璃盖板透光率基本在0.93以上，而国内标准平板集热器玻璃盖板透光率为0.89，与国外技术相差较大。

4.2.2 吸热涂料

目前关于吸收涂层的研究还仅局限于涂层本身，为提升吸收涂层在集热器中实际的应用效果，需要根据集热器不同应用领域结合吸热板芯基材温度变化等实际运行工况选取与透明盖板透光率匹配发挥最佳协同热效应的吸收涂层，进一步强化集热器传热性能[8]。吸热板的涂层材料对吸收太阳辐射能量非常重要。吸热板的热辐射主要集中在 $2\sim 20\mu\text{m}$ 波长范围。要增强吸热板对太阳辐射的吸收能力，降低吸热板热辐射，需要采用选择性吸收材料，对太阳光有较高的吸收率，长波热辐射发射率较低。国内常用涂料为黑镍、黑铬等。采用磁控溅射方法进行镀膜，近年中国科学院兰州物理研究所研发了陶瓷太阳能吸热膜纸杯方法[4]，相比磁控溅射技术镀膜成本更低、吸热板吸热膜性能更好。研制高性能涂层是强化集热器性能的关键，殷志强教授采用磁控溅射技术设计出多层膜体系AL-NAL选择性吸收涂层，主要应用于中低温光热领域。魏海波[9]也利用磁控溅射技术制取多种选择性吸收膜。国外吸收涂层吸收率在0.95左右，国内标准GB/T6424《平板型太阳能集热器》[11]规定吸收率为0.92，国内国外的差距还是比较大。

4.2.3 结构设计

传统平板集热器集热效率较低，影响因素主要为平板集热器管间距。蒋志杰[5]等指出平板集热器管间距越小，集热器效率越高。并设计一款微通道集热器，平均集热效率比最佳管间距平板型集热器还高。平板太阳能集热器中吸热板受热后向透明盖板进行辐射和对流换热，集热器大部分热量由盖板散失。王勇[8]指出设置透明隔热层，有效抑制空气自然对流，减少吸热板辐射散热，从而提高集热器效率。Jianhua Fan[12]计算流体力学模拟得出大型集热器工质分布受三部分压力控制：集热管压降、工质循环惯性和摩擦压降、流体浮力效应，大流量下集热器工质分布由集热管压降主导，小流量时，则由流体浮力影响。浮力效应易导致集热器上部温度过高，下部温度过低，流量过小，集热器容易过热，水质酸化，极端情况将会损坏集热器；对于12平方米的平板集热器，推荐集热器流量大于6L/分钟。

4.2.4 传热介质

施燕华[6]研究表明平板集热器吸热板厚度和流体通道间距对集热器集热效率影响较大。研究中还发现氧化石墨烯纳米流体作为传热工质能够显著提高流体传热性能。流体通道管径越大、管壁上加热在流体密度越大和流体入口速度越大越有利于管道与流体换热。目前国内外普遍采用水—乙二醇作为传热介质。

4.2.5 保温性能

集热器保温性能对集热器效率影响巨大。邓月起，赵耀华全贞花，刘中良[10]总结了保温层厚度对集热器性能的影响，并为微热管阵列平板太阳能集热器保温层设计提供设计参考，作者还提出中空保温层的概念。国外则聚焦于集热器密封性，从集热器结构设计提高集热器密封性能，从而减少热损失，提高集热器效率。

5、当前平板太阳能集热器在国际上的发展趋势

5.1 大平板集热器

5.1.1 丹麦ARCON-SUNMARK公司HT-HEATstore太阳能集热器与HT-HEATboost太阳能集热器

HT-HEATstore太阳能集热器主要适用于需要较高温度的工业热利用或太阳能跨季节储热；

HT-HEATstore太阳能集热器铺设面积已经超过70万 m^2 ，测试性能良好，运用可靠；

HT-HEATstore太阳能集热器拥有良好的绝缘保温设计，集热板反射率较低，吸收率较高；

HT-HEATstore太阳能集热器经过欧洲权威检测机构检测认证。

HT-HEATboost太阳能集热器提供温度低于85 $^{\circ}\text{C}$ 热水需求场合；

HT-HEATboost太阳能集热器生产热水可用于预热HT-HEATstore太阳能集热器进水；

HT-HEATboost太阳能集热器拥有良好的绝缘保温设计，集热板反射率较低，吸收率较高；

HT-HEATboost太阳能集热器经过欧洲权威检测机构检测认证。

HT-HEATboost太阳能集热器相关性能与HT-HEATstore太阳能集热器相同。

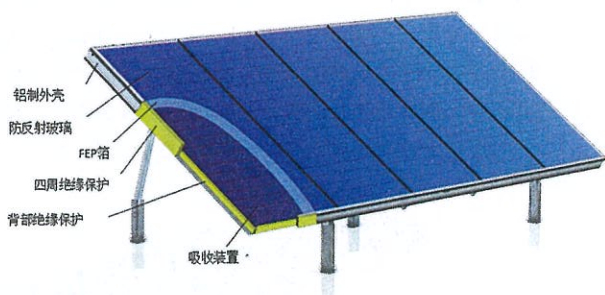


图6 HT-HEATstore太阳能集热器

在欧洲很多太阳能区域供热厂，基于平板集热器价格低、性能好，使用寿命高达25年以上。平板集热器被广泛使用。平板集热器的一个优点是可以制成较大单元，丹麦大型太阳能供热厂使用的集热器单元面积为13~14 m^2 。大型集热器运用可以减少管道铺设。大型平板集热器尺寸为2.27 $\times$ 5.96 $\times$ 0.14m，占据草地面积13.57 m^2 ，集热器展开面积12.6 m^2 ，工质流量10.6升，重250Kg。热量输出见表2：

表2 ARCON-SUNMARK大平板集热器不同太阳辐照热量输出

集热器热量输出	太阳辐照 W/m^2		
工质与环境温差K	2		
	400	700	1000
10	3982	7217	10453
30	3142	6378	9614
50	2071	5307	8543
70	769	4004	7240

(来源: www.sunmark.com)

5.1.2 Solid大型平板集热器

德国Solid公司也从事大型平板集热器生产。集热器面积在12~18 m^2 之间。集热器内配置透光隔热膜，截距效率高达82%，热损失系数为3 $\text{W}/\text{K}\cdot\text{m}^2$ 。

5.1.3 芬兰Savosolar大型平板集热器

芬兰Savosolar公司是世界上唯一一家能够应用高选择性光学镀膜完成6 $\times$ 3m集热器热吸收装置生产的厂家，并有减震设计。Savosolar设计大平板集热器面积为14.83 m^2 ，主要用于区域供热和工业热利用。

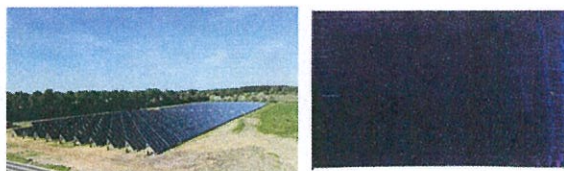


图7 Savosolar大型平板集热器阵列

5.2 中温平板集热器

常用中温平板集热器主要有：双盖板平板集热器；CPC平板；蜂窝式平板集热器。中温平板集热器较大幅度减少集热器热损失；CPC平板集热器运用温度超过80 $^{\circ}\text{C}$ ，蜂窝平板集热器和双盖板平板集热器运行温度超过100 $^{\circ}\text{C}$ ~120 $^{\circ}\text{C}$ 。三种集热器性能对比见图8：

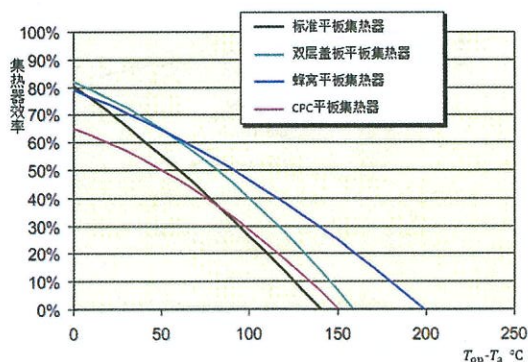


图8 三种中温平板集热器性能对比

5.2.1 蜂窝平板集热器

以色列TIGI高性能蜂窝平板集热器：透明隔热层允许太阳光进入，深色表面吸收太阳辐射并转化为热能；透明隔热层降低热对流和逆辐射，实现热量损失最小。最终单位集热器阵列面积产热显著提高。蜂窝集热器的核心在于透明绝缘层里的聚合物。阳光可以进入透明绝缘层，从而允许太阳能进入集热器；残留空气在透明绝缘层中无法流通，从而极大降低热对流损失；同时该聚合物还能阻止红外辐射，进一步降低热损失。玻璃盖板透光率高达96%，能够承受8bar的压力，运行温度在110 $^{\circ}\text{C}$ 以上。结构示意图见图9，图10：

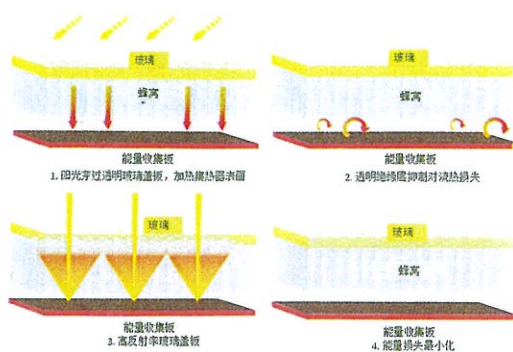


图9 TIGI高性能蜂窝平板集热器

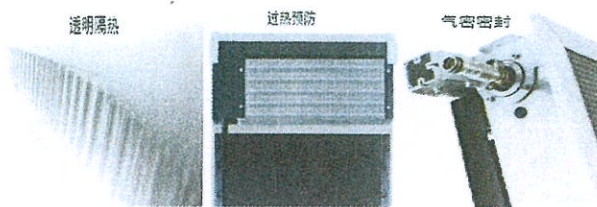


图10 TIGI集热器三大性能优势

性能对比: TIGI过热保护集热器相比传统真空管集热器和平板集热器, 在寒冷气候区和工业运用上更突显优势。性能曲线见图11:

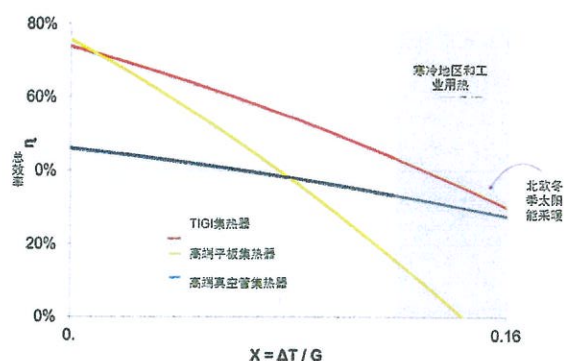


图11 TIGI集热器性能对比

5.2.2 双层盖板平板集热器

运行温度高达120℃以上, 主要有Schüco公司 CTE 524 DH 2双层盖板集热器; Arcon公司 HT-SA 28/10双层盖板集热器和Solid公司Gluatmugl HT双层盖板集热器。双层盖板平板集热器运用见图12:



图12 双层盖板平板集热器运用

5.2.3 CPC平板集热器

CPC平板集热器是指带有CPC反射镜的平板集热器。可充分利用太阳光, 尤其是春秋季节。槽型反射镜将入射太阳光反射到垂直内置热吸收带, 反射器不与外环境直接接触, 因而寿命较长。吸热装置采用铜选择性吸收膜, 可以吸收太阳光直射和散射辐射, 吸收率高达95%。集热器盖板采用太阳能钢化玻璃, 透光率高, 耐压、抗腐蚀, 运行温度在120℃左右, 集热器使用寿命长达25年。集热器密封封装, 防止污染物和水汽渗透集热器内部, 能够抵御极端天气和温度, 同时减缓集热器老化。集热器密封将导致集热器内部出现0.3bar的负压, 依靠反射镜支撑刚好能够抵消压力。Solarfocus CPC平板集热器见图13:

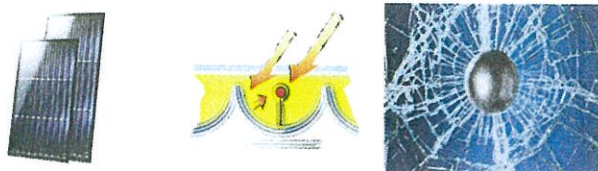


图13 CPC平板集热器

5.3 带反光镜平板集热器

带反光镜平板集热器属中高温平板集热器, 工作温度介于80℃~250℃, 集热器带有反光镜, 能将太阳光更多的汇集于集热器上。从而提高集热器效率。

5.3.1 真空平板集热器

TVP真空平板集热器热利用温度为200℃~250℃。作为预热装置, 广泛运用于工业、开采、石化行业。该集热器热损小, 峰值性能较好, 集热器工质220℃下单位面积产热达500W, 平均产热高, 通过吸收散射光, 产热增加30%; 寿命期长且性能不下降; 无需后期维护保养; 便于太阳能热场设计, 集热器尺寸较小, 容易安装调试。TVP真空平板集热器见图14:

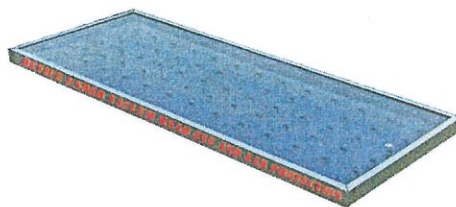


图14 TVP真空平板集热器

TVP真空平板集热器特点: 独一无二的平面设计和高度绝热保温; 防腐蚀全金属外壳; 高真空嵌入式流道; 真空度好; 100%可回收利用。集热器性能曲线见图15:

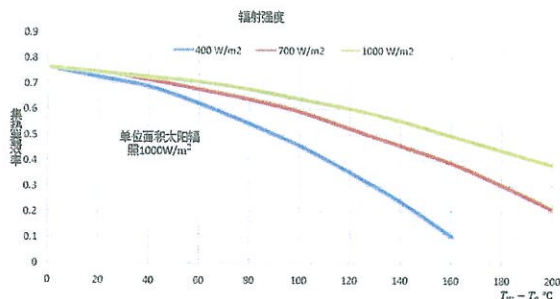


图15 TVP真空平板集热器性能曲线

5.3.2 异形平板集热器

Chromasun公司Micro-Concentrator (MCT)是新一代高性能集热器,它采用大平板集热器技术,但实现了小型化封装,很容易与屋顶集成使用。集热器效率比普通平板集热器高,工质加热温度也较普通平板集热器高。集热原理为太阳光照射在MCT面板被反射到菲涅尔镜条汇聚于吸收器进行高温集热。集热原理见图25。吸热装置内部含有不锈钢管,可以选择性吸收太阳光。最高吸收强度为普通光照20倍光强,工质温度可达204℃。异形平板集热器能够更好地与建筑结合,提高平板集热器使用便利性。Micro-Concentrator (MCT)集热器运用见图16。

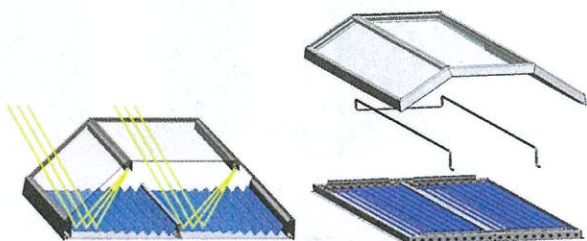


图16 异形平板集热器工作原理



图16 Micro-Concentrator (MCT)集热器运用

Micro-Concentrator (MCT)集热器与普通集热器性能对比,可以发现Micro-Concentrator (MCT)集热器在中高温时集热器效率较高。集热器性能曲线见图17。

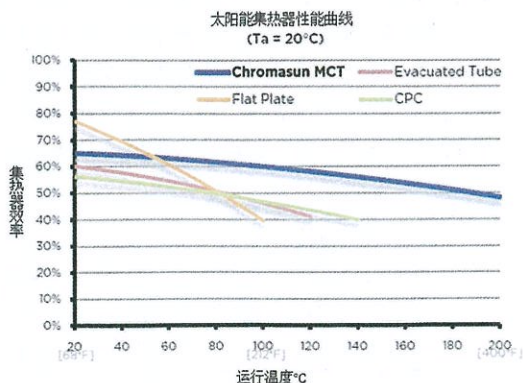


图17 Micro-Concentrator (MCT)集热器性能曲线

5.4 塑料薄膜绝缘平板集热器

该新型平板集热器应用高透明薄聚合物于平板集热器。提升

了平板集热器传热性能,使集热器效率更高,运行更可靠。集热器结构为塑料薄膜固定于吸收器和防反射玻璃之间,以防止对流引起热损失;其次吸收装置背部涂有铝制粉末的薄膜,以替代普通集热器使用的矿物羊毛;校核吸收器和盖板之间的塑料薄膜留有足够空间用于防止过热,过热可能损坏塑料薄膜。

瑞典Ephex塑料薄膜平板集热器专为户式设计,整个集热器框架均为铝制作,吸热面也采用铝。与其他集热器不同,集热面与整个集热系统集成为一体,集热器正反面均采用聚碳酸酯密封,集热器背面设计了4mm后的热反射光板,从而使集热器总厚度仅为50mm,重量为32Kg,集热板总面积为2.03m²。

奥地利Sunlumo开发出全塑料太阳能平板集热器,并获得欧洲Solar Keymark认证。该新型集热器最大的优点在于质量轻,普通集热器重量在15~20Kg/m²,Sunlumo全塑料平板集热器仅为8.1Kg/m²,除此之外该型平板集热器耐压、耐高温、热冲击、过热保护、热损、集热器效率等均满足检测机构的要求。

5.5 异形流道平板

异形流道平板典型代表为Savosolar FracTherm 平板集热器,集热器设计基于数学算法进行,采用发散式网状结构。与树叶叶脉或人体血脉分布类似。单块集热器面积为2.15m²,集热器盖板玻璃、铝制框架、集热器背板和拐角采用耐高温和抗紫外线双组份胶水紧密粘合,防止水汽进入集热器。集热器盖板透光率达96.1%,吸热装置吸收率达96%,集热器最高运行温度134℃。集热器见图18,欧盟EN12975性能检测见图19。

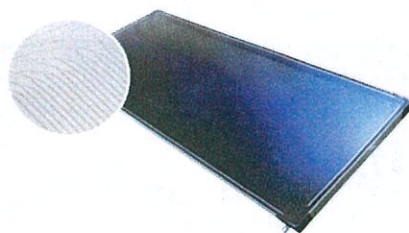


图18 Savosolar FracTherm 平板集热器

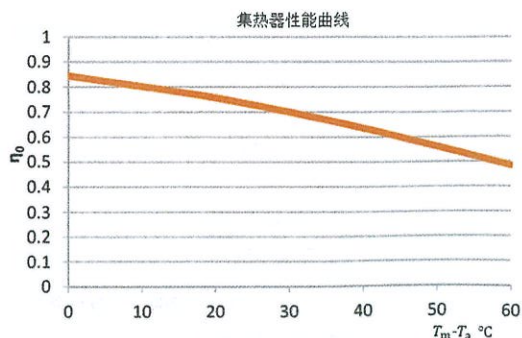


图19 Savosolar FracTherm 平板集热器性能曲线

集热器采用PVD MEMO作为吸热装置,集热器效率更高;高太阳光吸收率;良好的保护膜和排气组件大大减小集热器尘土污染。集热器框架采用抗腐蚀阳极铝制造,每块集热器顶端都有两个温度传感器;增透减反射玻璃盖板、铝制框架、背部吸收器、

角端组件采用高温防紫外线粘合剂仅仅粘合在一起,防止液体穿过集热器。集热器结构件图20:

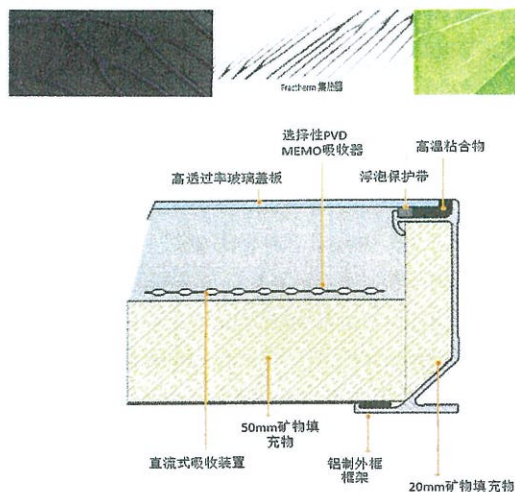


图20 Savosolar FracTherm 平板集热器结构

5.6 蛇形流道平板集热器

蛇形流道平板集热器最大结构特点是平板集热器内部集热器工质流道为蛇形盘管。蛇形盘管的设计极大提高集热器效率,能够承受高温,具有较好的传热功能。集热器可以安装于平屋顶、斜屋顶,也可进行立面安装。集热器盖板透光率达91%,吸热装置吸收率达95%,集热器最高运行温度在200℃左右。集热器具体结构见图21。蛇形盘管见图22:

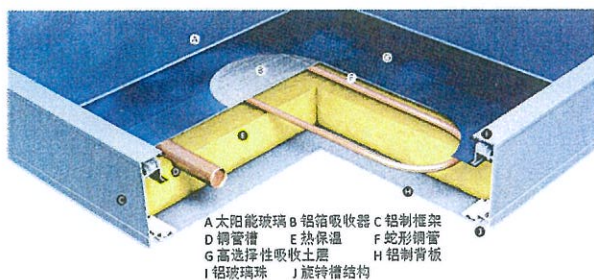


图21 蛇形流道平板集热器结构

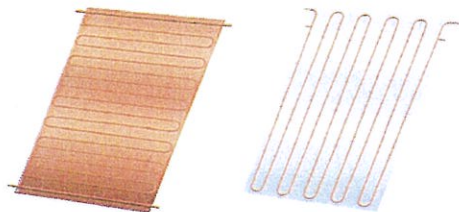


图22 集热器所用蛇形盘管

5.7 PVT平板集热器

PVT集热器在国外的代表厂商是瑞士光伏行业专家Meyer Burger。该企业生产的PVT集热器包含光伏组件的混合模块位于PVT组件前部,铝制热吸收器位于PVT组件后部,中间没有绝缘保护装置。四周均匀的黏贴光伏组件和热吸收装置。热吸收装置和光伏组件之间通过真空流道相连接,便于将光伏板吸收热输送

到热吸收装置。

为保持流道真空, Meyer Burger发明一种分离式气动分箱。PVT组件采用太阳能电池发电,同时利用背部热吸收装置!热用于采暖和生活热水。PVT集热器太阳能电池发电效率高,比普通PV组件,整体效率提升17.7%;5mm厚的玻璃盖板提升:载能力;集热器面积为1.64m²,集热板前部最高运行温度80℃后部最高运行温度90℃。PVT平板集热器见图23, PVT集热器:用见图24:

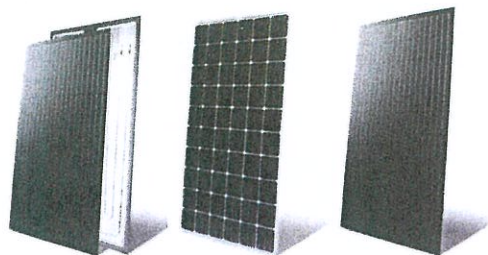


图23 PVT平板集热器

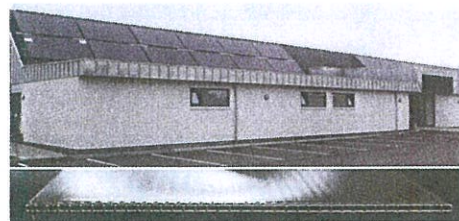


图24 PVT集热器运用

5.8 平板空气集热器

太阳能平板空气集热器主要有两种,非渗透型空气集热和渗透型空气集热器。非渗透型空气集热器空气流不能穿过吸板,而是在吸热板正面和背面流动,并与被太阳能加热的吸热进行热交换。渗透型平板空气集热器相比非渗透型空气集热采用多空吸热板,传热更有效。主要运用于太阳能空气墙和建PVT系统用。

太阳能墙每平方米每年能产生600W的热量,阳光照射到集热器上,集热器吸收太阳能光热加热空气,热空气经过微小气孔入气流通道。晴朗天气,太阳能平板空气集热器能够将空气提16~38℃,最后太阳能加热空气进入建筑通风系统为建筑提供采暖。由于平板空气集热器直接加热室外新风,所以这还有助于高室内空气品质,减少温室气体排放。系统图见图25:

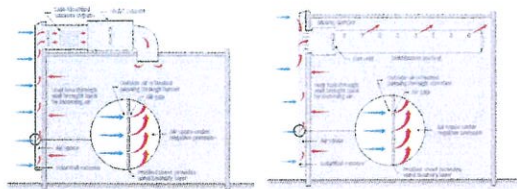


图25 太阳能空气集热器运用（太阳墙）（来源: solarwall）

SolarWall PV/TTM系统既发电又产热,融合平板空气集热高效产热技术和光伏发电技术,总能量收益及投资回收期与光伏发电相近。PVT系统能产生单独光伏系统或光热系统2~3倍的

量,系统整体效率提高50%。PVT系统运用降低了运行成本,节省建筑空间和减少CO₂排放。平板空气集热器PVT系统运用见图26,项目实景见图27:

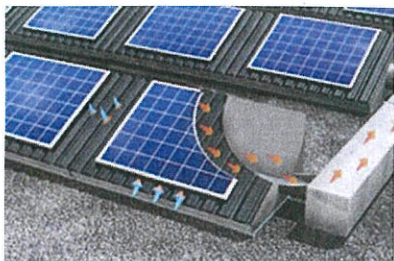


图26 平板空气集热器PVT系统



图27 平板空气集热器运用

6、平板太阳能集热器技术发展展望

基于欧洲太阳能区域供热发展经验,未来太阳能采暖前景十分广阔,太阳能也将逐步拓宽到工业热利用领域、石油化工领域等,太阳能区域供热发展将直接促进大型平板集热器技术的进步;户式太阳能热水系统及分布式太阳能区域供热系统的发展对小型平板集热器的需求十分旺盛,平板集热器轻型化、高效化、平板集热器建筑一体化将能很好贴合户式系统和分布式系统发展;光伏光热一体化(PVT)平板集热器大大提高集热器效率,该类型集热器多样化发展将有利于太阳能资源的开发与利用;此外平板热水一体机、异形平板集热器也越来越受到市场青睐,未来该领域平板集热器的发展也是重点。^[C]

参考文献:

- [1] 张洪敏. 高效平板太阳能集热器盖板的热工性能实验研究. 《哈尔滨工业大学》, 2006, 26(5):14-17
- [2] 刘建波. 太阳能集热器热性能研究. 《兰州理工大学》, 2014
- [3] S. Furbo, L. Jivan Shah. Thermal advantages for solar heating systems with a glass cover with antireflection surfaces. Solar Energy 74 (2003):513~523
- [4] 兰州化物所. 我国成功研制陶瓷太阳能吸热膜制备技术. 《山东陶瓷》, 2014(4):46-47
- [5] 蒋志杰, 潘勇, 李旭军. 基于微通道的太阳能集热器及其性能模拟. 《节能技术》, 2014, 32(05):423-426
- [6] 施燕华. 平板太阳能集热器的若干关键技术研究.

《上海应用技术学院》, 2015

[7] 孟凡基, 王显龙, 姚远等. 太阳能集热器用玻璃的光学性能分析和改善 J. 玻璃与搪瓷2013,41(4):36

[8] 王勇, 段广彬, 刘宗明. 平板太阳能集热器强化传热特性研究. 《材料导报》, 2014, 28(19):62-67

[9] 魏海波, 龚肖南, 孙清等. 真空磁控溅射法沉积平板集热器板芯选择性吸收涂层J.真空20104735

[10] 邓月超, 赵耀华, 全贞花, 刘中良. 微热管阵列平板太阳能集热器中空保温层厚度优化. 《农业工程学报》, 2015, 31(05):268-274

[11] 中国标准化研究院. GB/T 6424-2007 平板型太阳能集热器规范. 北京: 中国标准出版社, 2007

[12] Jianhua Fan, Simon Furbo. Buoyancy Effects on Thermal Behavior of a Flat-Plate Solar Collector. Journal of Solar Energy Engineering vol.130(2), 021010

☆黄俊鹏, 硕士, 丹麦科技大学博士研究生, 美国国际铜业协会北京代表处

△徐尤锦, 硕士研究生, 同济大学机械与能源学院.

(接51页)

各设计单位, 协调设计师修改管路的位置和标高, 然后现场施工人员依照修改完善的图纸下料施工。

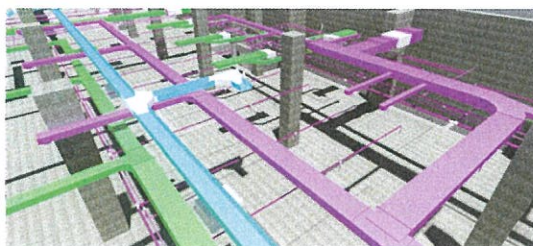


图7 BIM通风空调系统三维模型

4、实施效果

本工程通过BIM信息化技术和其他发明创新技术有效的节约了材料和水资源, 有效的保护环境, 降本增效效果显著, 得到了建设单位和淄博市高新区政府的认可, 淄博市建管处和建筑业协会将此工程作为样板在本市内推广, 工程同时荣获第四批全国建筑业绿色施工示范工程, 基于国家越来越重视环境保护和节约能源的背景, 绿色施工成为建筑施工方式转变的主旋律。^[C]

参考文献

- [1] 肖绪文. 建筑工程绿色施工. 中国建筑工业出版社
- [2] 孙志坚. 塔机旋转喷淋、喷雾系统的设计 建筑施工 2015 (12) 1424-1425

建设科技

CONSTRUCTION SCIENCE AND TECHNOLOGY

中华人民共和国住房和城乡建设部主管 住房和城乡建设部科技发展促进中心主办

半月刊/2月

2017.No.04

■ 本期主题

健康建筑评价标准



ISSN 1671-3915



CONTENTS

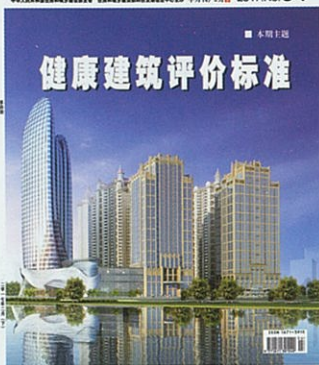
2017/04期 总第330期



目录

建设科技

2017.No.04



顾问

宋春华 江 亿 钱 易 程振华
许溶烈 马国馨 崔俊芝 张 杰

专家指导委员会

主 任：李秉仁

副 主 任：王有为

专 家（按姓氏笔画排序）

丁 高 马重芳 王 俊 王静霞
叶 青 龙惟定 仲继寿 刘志琪
刘加平 刘晓天 刘燕辉 李 萍
朱中一 吴元炜 吴志强 吴 涛
宋为民 宋序彤 宋 波 张仁瑜
张元端 张庆风 张晓健 张 雁
李晓江 杜白操 杨仕超 汪 维
狄洪发 邵益生 陈秉钊 周 畅
周 琪 郎四维 郑兴灿 郑瑞澄
胡建新 俞孔坚 修 龙 姚 燕
赵 元 饶 戎 栗德祥 徐文龙
徐正忠 徐 伟 徐 强 徐 雷
袁 媛 涂逢祥 秦佑国 聂梅生
顾云昌 崔 恺 董孟能 黄 圻
曾 捷 韩继红 窦以德 缪昌文
潘云钢

版权声明

本刊版权属本刊编辑部所有
对任何形式的侵权行为
本刊将依法追究侵权者责任

本期主题：健康建筑评价标准

□ 刊首语

01 健康中国与健康建筑 / 本刊编辑部

□ 资讯速览

10 中办国办发布《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》

□ 特别关注·健康建筑评价标准

● 总篇

13 中国建筑学会标准《健康建筑评价标准》总述 / 王清勤 孟冲 李国柱

● 解读篇

16 《健康建筑评价标准》解读——空气 / 张寅平 魏静雅 李景广 樊娜

19 《健康建筑评价标准》解读——水 / 曾捷 吕石磊

22 《健康建筑评价标准》解读——舒适 / 赵建平 闫国军 高雅春 李百战 喻伟 何莉莎 盖轶静

25 《健康建筑评价标准》解读——健身 / 曾宇 吴小波

28 《健康建筑评价标准》解读——人文 / 曾宇 孔庚

31 《健康建筑评价标准》解读——服务 / 肖伟 林波荣 孙宗科 元晓梅

● 技术篇

35 空气净化技术及产品类型综述 / 吕丽娜

37 新风系统的原理、类型、功能及优势

□ 建筑节能与绿色建筑

40 平板太阳能集热器技术发展趋势 / 黄俊鹏 陈讲运 徐尤锦

48 浙江省可再生能源系统应用相关政策标准解析 / 张敏敏 王靖华 丁德 杨毅

50 创新技术在绿色施工中的应用 / 于国师