



太阳能热水器

TAIYANGNENG RESHUIQI

河南人民出版社

太 阳 能 热 水 器

张嵩英 马光授

河 南 人 民 出 版 社

内 容 简 介

太阳能热水器,是目前最有实用价值的太阳能装置,近年来在我国已逐渐得到了广泛的使用。本书较为详细和全面的介绍了有关太阳能热水器的设计、建造和使用的诸问题,并附有一些有关数据。可供从事太阳能热水器研制的人员和对太阳能研究感兴趣的同志参阅。

太 阳 能 热 水 器

张津军 马光

河南人民出版社出版

河南省虞城县印刷厂印刷

河南省新华书店发行

787×1092毫米32开 3.375印张 72千字

1980年3月第1版 1980年3月第1次印刷

印数1—3,755册

统一书号 13105·7 定价0.30元

目 录

第一节	太阳能与热水器	(1)
第二节	热水器原理与结构	(6)
第三节	热水器的透光材料	(24)
第四节	热水器的绝热材料	(29)
第五节	热水器的水循环	(35)
第六节	热水器最佳倾角的选择	(47)
第七节	热水器效率的测定	(61)
第八节	加装平面反光镜的热水器	(66)
第九节	聚光型热水器	(72)
第十节	太阳能热水器实例简介	(87)
附 录		
一	长度单位换算	(98)
二	面积单位换算	(98)
三	体积、容量单位换算	(99)
四	重量单位换算	(99)
五	温度换算	(100)
六	压力换算	(100)
七	功率换算	(101)
八	功、能、热单位换算	(101)
九	0—100℃水的密度	(102)

第一节 太阳能与热水器

要研究太阳能热水器，首先要了解什么是太阳和太阳能，太阳能对于宇宙万物和人类社会的关系。

在远古时期，几乎地球上所有的民族，都把太阳奉若神明，只有到了科学技术高度发展的今天，人类才逐步揭开了太阳的秘密，太阳只不过是宇宙间离我们最近的一颗恒星罢了。太阳再也不是什么至高无上的庞然大物了！太阳对地球，太阳对人类社会的生存关系，越来越深入地为人们所了解，越来越多地引起科学家和科学工作者，对太阳的更加关注：天文学家对太阳表面哪怕是极微小的变化，也要进行详尽的记录和反复的观测；射电天文学家，通过对太阳发射出的各种人眼看不到的射线和微观粒子的观测，来了解和研究太阳的内部奥秘；气象学工作者，几乎在世界每个角落都布下了他们的哨位，孜孜不倦地观测太阳辐射的到达量，了解太阳对地球的作用。近年来，人们还利用高空气球、喷气飞机、火箭和人造卫星等载运自动记录仪器对太阳进行观测；甚至那些高能物理学家，为了研究太阳发射的中微子，却不得不在距地面数百米深的矿井中，去建立自己观测站。

简单地说，太阳是一个炽热的大气团，它的体积之大，几乎能装下一百三十万个地球，但就其质量比来说，它只为

地球质量的三十三万多倍。太阳内部的压力达二千亿个大气压,温度为—千六百万度($^{\circ}\text{K}$),在这样高温高压的情况下,构成太阳的主要成分“氢”,不断地进行着激烈的聚变反应(也就是热核反应),即四个氢原子核结合成一个氦原子核的反应,从而释放出大量的能和热,实际上它和氢弹爆炸是一样的,因此可以说太阳上不断地发生着千百亿颗的氢弹爆炸。氢核聚变成氦核将损失千分之七的质量,同时放出与此相关联的巨大能量(所放出的能量等于质量损失与光速平方的乘积)。每克氢原子核聚变为氦原子核后,释放出的能量相当于二千七百万吨煤燃烧后所放出的能量,而太阳每秒钟质量的损失竟达四百万吨之多。由此就不难想象太阳是以何等巨大的功率向外界释放能量!但我们也不必担心太阳的能源会很快地耗尽,在太阳具有的巨大质量中,氢约占总重的90%,氦约占9%,太阳这个类似于氢弹而又胜于氢弹的巨大能源,尚拥有相当丰富的氢燃料,足以供其发光几十亿年,即是到了遥远的将来,太阳上的氢消耗光了,氢—氦的热核反应完全停止,但太阳的物质并不消灭,也不会静止不动。

太阳中心产生的能量,以对流方式向太阳表面传导,使太阳表面温度达 6000°K 左右。太阳又通过其表面,向宇宙空间辐射出巨大的能量并抛出大量的物资。若将太阳表面所辐射出的全部能量都换算成电力的话,能达 $3.8 \times 10^{23}\text{KW}$ 。太阳每一平方米表面积所拥有的功率与一个十万瓩的电站相当,每一平方厘米的太阳表面所拥有的功率约有十千瓦,可以点燃100瓦的灯泡100盏。

地球距太阳一万四千九百六十万公里，由于日地距离遥远，地球只能截获全部太阳辐射能的极小一部分，约占太阳总辐射功率的21.5亿分之一。尽管如此，地球所接受到的太阳辐射总功率也有一百七十七万亿千瓦，每年达 5.445×10^{24} 焦耳，即 1.5125×10^{18} 千瓦·时。投照到地球上的太阳能（作为100%）其总量的30%，又以可见光的方式，被地球重新反射回宇宙空间（如图1所示），只有70%为地球所吸收，使地

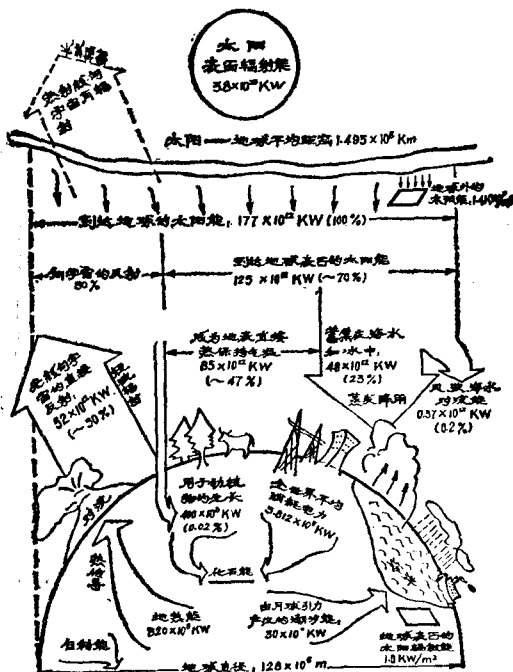


图1 投照在地球上的太阳能分布图

球保持 13°C 的平均温度（这是因为地球接受太阳辐射能的同时也以热射线的形式向宇宙空间散失能量），地球接受的太阳能加热了地表、水域和大气，形成了风、雨、雪、波浪和洋流等。而地球上全部动植物的生长和发育总共才用了到达地球的全部太阳能的万分之二。

太阳能是地球上最主要的能源，其他能源（如地热能、潮汐能、原子能）与太阳能相比都是微不足道的。而人类目前所用的能源绝大部分是经过转换的太阳能，如风力、水力是太阳能转换的自然机械能；石油、煤炭、天然气则是过去地质年代储存下来的太阳能。转换和利用投照到地球上的太阳能，哪怕是能利用其万分之一，就已超过目前人类消费的总能量的一倍以上。

随着能源消耗的迅速增加，地球上有限的矿物资源会越来越不能满足需要，况且矿物燃料的大量应用严重地污染了环境，而太阳能无穷无尽，是世界上唯一没有污染的能源，因此必然在人类未来的能源中占据重要地位。美国最近有人估计，到公元2000年太阳能将占其全国能源消费的25%，而到公元2020年将占50%。

太阳能热水器，是目前太阳能利用中技术上最成熟的装置，它的结构简单，造价低廉，工作可靠，使用方便，因而得到了广泛的应用。据统计，早在1897年在美国加利福尼亚州的帕萨迪纳就有30%的家庭使用太阳能热水器，而1940年仅佛罗里达迈阿密一地就有六万台太阳能热水器。日本估计全国有太阳能热水器270万台。

我国幅员辽阔，纬度适中，有着丰富的太阳能资源，优越的社会主义制度给太阳能的研究和利用开辟了广阔的前景。近年来太阳能热水器的发展也极为迅速，仅据北京市一地统计，近年来建造的太阳能热水器已由原来的数百平方米猛增至数万平方米，被广泛地应用在浴室、理发、旅社、餐厅等不同方面。北京市太阳能利用试验厂，已成批量的试产太阳能热水器。可以预期，在不远的将来，太阳能热水器必将在我国得到大规模的利用，在技术上也一定会有新的突破。

第二节 热水器原理与结构

一、原 理

常见的太阳能热水器如图 2 所示。它由集热器、导水管

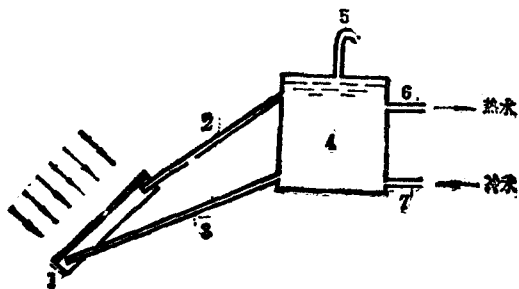


图 2 太阳能热水器示意图

- 1.集热器 2.上升循环管 3.下降循环管 4.循环水箱
5.透气管 6.供热水管 7.冷水补充管

和水箱等组成。集热器多为热箱式平板型收集器（聚光型集

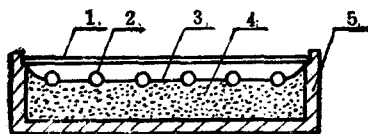


图 3 集热器剖面图

- 1.玻璃 2.集热管 3.集热板
4.绝热层 5.箱体

热器在第九节中讨论），它是利用温室效应，来接受和积累太阳辐射能，并将辐射能转换为热能的。它的基本结构为一扁平箱体如图 3 所示。箱的上面

为透明材料（如玻璃等），可使太阳辐射能进入箱内，并在一定程度上，阻止箱内对外部的热辐射。箱体的其余部分覆盖以良好的绝热层，尽可能减少热量损失。箱内装有表面涂黑的集热管（集热板或其他流体通道），进入箱内的阳光被黑色涂层吸收，太阳辐射能转换成热能，箱内温度不断升高，集热管中流过的水（或空气），通过管壁的传递获得热量而被加热，水在热水器整个系统中的循环原理见第五节。

平板型太阳能收集器可以加热水或空气，因此用它解决生活用热水和部分工业用热水，也可以用它给游泳池、养鱼池、温室供热，供锅炉预热，给房间供暖，烘干谷物、果品、木材、水泥预制件等。

二、结 构

太阳能热水器的主要组成部分是集热器和水箱，现在着重介绍它们各组成部分的参数范围和基本的工艺要求如下：

（一）集热器

集热器的具体结构如图4所示，其各组成部分分述于后。

1. 玻璃

玻璃采用普通平板玻璃，厚度 d 为3~6毫米，一般使用5毫米单层玻璃，其透光性能和绝热效果已很满意。如果冬季使用，或有其他特殊用途可采用双层玻璃，两层玻璃的间距为5~10毫米。玻璃表面要平整、清洁、透光性好。

玻璃一般用木条衬托，并用腻子封严防漏气，边缝处覆盖

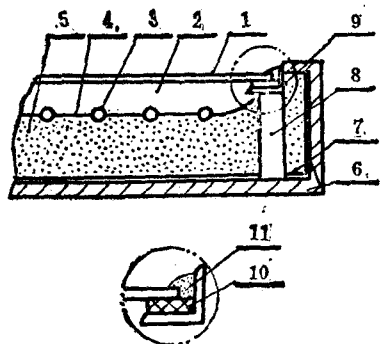


图4 集热器结构示意图

1.玻璃 2.空气层 3.集热排管
4.集热板 5.绝热层 6.箱体 7.油
毡或沥青 8.玻璃框架支承物 9.玻
璃框架 10.防尘橡皮或毛毡 11.腻子封

接，切记顺水搭接，并腻子封，严防进水、漏气。

角铁框架要求刷漆防锈。

2. 空气层

根据国内外使用经验，空气层厚度取10~50毫米。

3. 集热管系

集热管系一则构成流体通道，另外向流体传递热量。就其工艺和取材来讲，国内把平板集热器分成扁盒式、瓦楞式和直管式几种。扁盒式和瓦楞式一般用薄钢板或镀锌铁皮等加工成流体通道（滚焊或铆接），其焊接工艺要求较高。常见的直管式集热器，集热管系由金属管焊接组成，其集热管系包括集热排管、上集水管和下集水管，如图5所示。

(1) 集热排管直径，为15~20毫米的金属管，管长取

金属或塑料板条，以防进水。如有条件最好用20毫米（或其他规格）角铁按玻璃大小焊接成框架，承载玻璃，这样便于组装和维修。玻璃和边框间留有5毫米的间隙，以免因热膨胀或框架变形等造成玻璃破损。玻璃在框架上要垫防尘橡皮或毛毡，边缝用腻子封。玻璃太大时下面可设支承点，玻璃如需搭

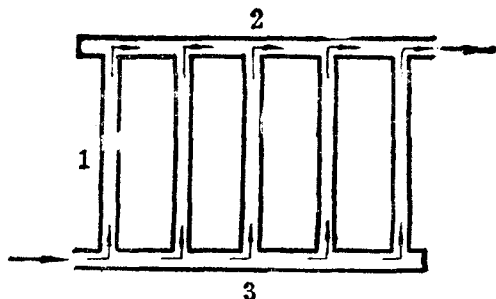


图 5 集热管系示意图

(1)集热排管 (2)上集水管 (3)下集水管

2000~4000毫米，过长将给组装造成困难。排管间距（指中心距）80~120毫米，一般取100毫米，或者更密一些。

排管采用薄壁管集热效果较好，但厚壁管使用寿命较长。排管截面一般为圆形，如果用薄壁扁管（象变压器散热管等）做排管，集热效果更好。同周长的圆管与扁管相比，扁管盛水少，热容小升温快，况且中午前后采光面积较圆管大。

(2) 上集水管、下集水管直径为50~70毫米的金属圆管。

(3) 其他循环连接管（指上升循环管和下降循环管，如图2所示），直径不得小于集水管管径。

集热排管焊接在集水管上，焊接时要求集管横平、排管竖直，各接口处水路畅通阻力小。焊好后做水压试验，在每平方厘米8公斤压力下持续10分钟，不漏水、不降压即为合

格。

集热管系要求刷漆防锈，并涂无光黑漆。

4. 集热板

集热板一般用0.5~1毫米的黑铁皮，镀锌铁皮更好。

集热管与集热板的结合，即所谓的管板结合，可采用焊接，也可用金属丝扎接，如图6所示。

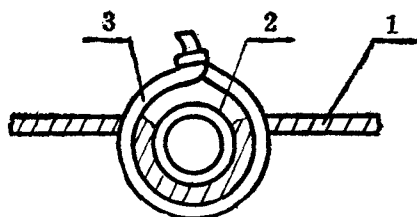


图6 管板结合方法之一

1. 集热板 2. 集热排管 3. 金属丝

排管与铁皮要求接触严密，牢固，刷漆防锈并涂黑。黑色吸热涂料，要求采用无光黑漆，象黑板漆、沥青漆掺入少量炭黑等。用选择性涂层更好。

5. 绝热层

绝热层一般选用无机绝热材料，象膨胀珍珠岩、矿棉、聚苯乙烯泡沫塑料等，厚度取50~100毫米。有机绝热材料如棉花、麦草等，容易吸湿霉烂。绝热层的选料和厚度，详见第四节。

6. 箱体

箱体用木材、金属板制作，也可用水泥预制，如跟房顶结合设计更好。箱体要求牢固，严防漏气，一般在箱体内涂沥青或铺油毡等材料用以防水和挡风。

(二) 水箱

太阳能热水器如采用温差循环方式，必须配置一循环水箱（或叫热水箱），象图 2 表示的那样；如采用强迫循环，需配一热水贮水箱，它们由金属板焊接成。循环水箱一般设置在房顶，而贮水箱可设在室内或地面上。

这里着重介绍循环水箱，循环水箱的结构如图 7 所示。

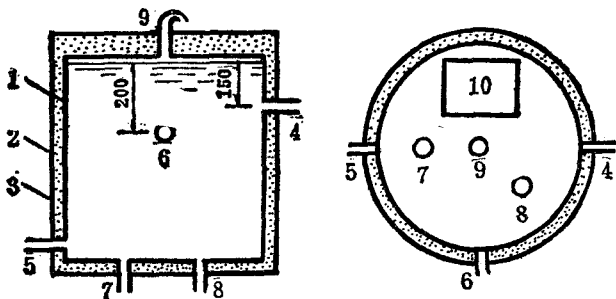


图 7 水箱剖面示意图

- 1.水箱 2.绝热层 3.保护层 4.上升循环管 5.下降循环管
6.供热水管 7.冷水给水管 8.副热水管 9.透气管 10.顶盖

在它的顶部侧壁或底部装有一些管道，其中最基本的是上升循环管、下降循环管、供热水管、冷水给水管、透气管、副热水管等。

1.上升循环管，上升循环管的位置必须安置在箱内水面以下，这样才能保证温差循环不致中断。其中心一般取水面下100~200毫米处，上升循环管与集热器的上集水管连通。

2.下降循环管的位置在水箱底部，它跟集热器的下集水管接通。

3. 供热水管在水箱上部，因为在循环水箱内，上部水温高，下部水温低，形成一定的温度梯度，因此供热水管的位置应在水箱上部，一般设在水面下150~250毫米为宜。连续引用热水时，供热水管可装在水箱上部四分之一处，而集中使用热水时，供热水管可装在水箱上部三分之一处。

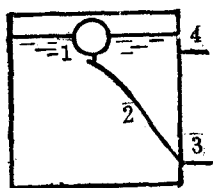


图 8 供热水管浮球软管系统

1. 浮球 2. 软管 3. 供水管 4. 上升循环管

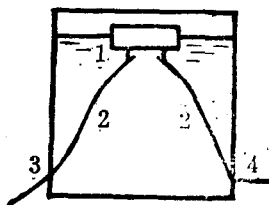


图 9 上升循环管、供热水管浮球软管系统

1. 浮球 2. 软管 3. 上升循环管 4. 供热水管

供热水管也可采用浮球软管系统，如图 8 所示，这样热水总是从箱内上部水面引出。

供热水管和上升循环管也可全采用浮球软管系统，这样无论是水的循环，或者热水引用都不受箱内水面高低的限制，如图 9 所示。

4. 冷水给水管，为了减少箱内上下部水的扰动对流，冷水必须从水箱的下部补给，只有这样，才不至于使箱内温度梯度遭到大的破坏，从而引起热水温度下降的过甚。

循环水箱的水位多采用浮球控制阀来控制。一种如图10

表示的那样，浮球阀直接装在热水箱内；另一种象图11，在热水箱外另设补水箱。

5.透气管，循环水箱顶部必须装设透气管，不然一旦水箱内上部空间形成负压，热水将引不出来。

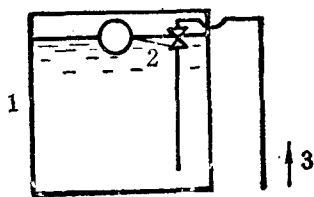


图 10 浮球控制阀装在热水箱内
1.热水箱 2.浮球控制阀 3.冷水

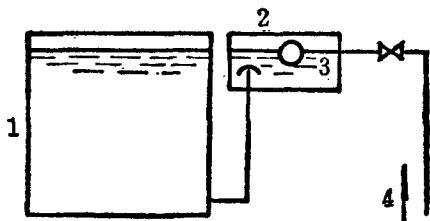


图 11 浮球控制阀装在补水箱内
1.热水箱 2.补水箱 3.浮球控制阀 4.冷水

6.副热水管，它设在循环水箱底部，必要时箱内热水可由此管全部引出。

三、设 计

设计太阳能热水器时，主要确定下列内容：用水量、采光面积、水箱容量、循环方式和集热器的合理结构等。

热水用水量设计标准，应根据使用目的，设备的完善程度、器具的类型、供水方式、气候条件和卫生习惯等来确定。有关一些热水用水量设计标准见表1（见给水排水设计