

第 **1** 篇

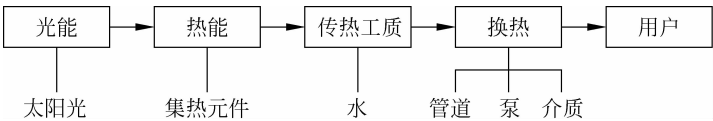
太阳能系统安装与验收

真空管太阳能热水器

1.1 真空管太阳能热水器的原理及构成

1.1.1 设计原理

真空管太阳能热水器是利用真空管集热器集热吸收太阳能热量,最大限度地实现光热转换,经自动微循环或强制循环把热量传送到保温水箱里,使保温水箱里的水温升高,再通过专用水管送至用户的系统,其设计原理如下所示:



太阳能取之不尽,用之不竭,既无污染,又不需要运输,是理想和洁净的可再生能源,也是人类可利用能量的最大源泉之一。但太阳能又是一种低能流密度的能源,太阳辐射能在到达人类居住的地面上时,还受到昼夜和气候变化的影响。所以,要有效地利用太阳能,必须依据地球和太阳的运转规律、地球大气层的气象变化规律和太阳辐射的基础知识进行有效的设计、安装、使用和维护。

1.1.2 太阳能热水器的构成

太阳能热水器一般分为承压型热水器和非承压型热水器。

非承压型热水器一般设计成紧凑型,主要由水箱、支架、真空管三大部分组成,如图 1.1 所示。承压型热水器一般设计成分体状态,也称为分体承压型热水器,如图 1.2 所示。

1. 水箱

水箱部分由外桶、内桶、保温层、硅胶圈等组成。外桶采用不锈钢板、彩钢板或镀锌板制作而成,而内胆是用 SUS304B 食品级不锈钢制作,用高频焊机滚压缝焊,增

加内胆强度,不易腐蚀渗漏,无有害物质析出,水质可靠,其外观见图 1.3。



图 1.1 非承压型热水器

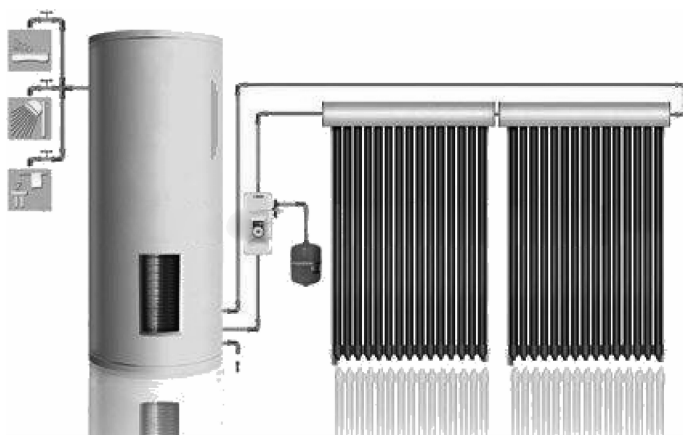


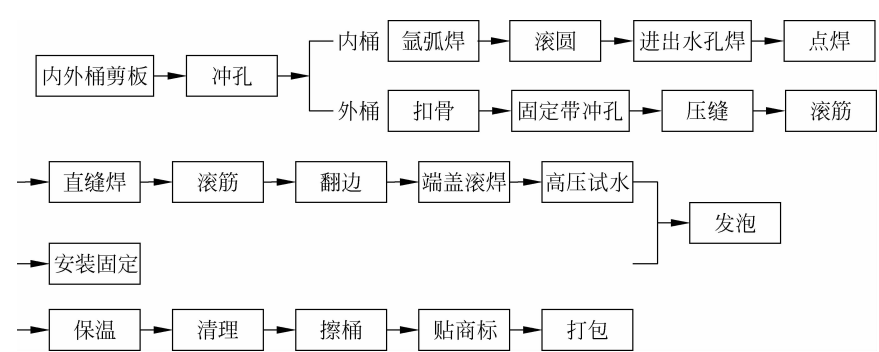
图 1.2 分体承压型太阳能热水器



图 1.3 水箱

1) 水箱的制作工序

水箱的制作工序如下所示：



2) 保温层

太阳能热水器的保温层主要是采用聚氨酯发泡而成，厚 55~70mm，如图 1.4 所示。这也是太阳能热水器关键的一部分，它关系到水箱的保温性能是否能达到最理想的效果。

硬质聚氨酯泡沫塑料(RPUF)是一种新型高分子微孔材料，由聚异氰酸酯和聚合多元醇在多种助剂的作用下反应而成的，其特点如下。



图 1.4 保温材料

(1) 导热系数低，绝热性能最佳。RPUF 是现有各种绝热材料中的佼佼者，是世界公认的最佳节能材料，其特别优异的绝热保温性能是由其微孔中充满了导热系数极低的发泡剂气体决定的。其闭孔率达到 98%，有效防止热量扩散，提高并保障了长期保温效果。

(2) 泡沫的自身粘接性强。RPUF 发泡时的自身粘接性比其他任何绝热材料所不具备的极为优异的性能，使其能在金属板上直接发泡成型，不用另加粘接剂就可以形成一体，粘接成牢固的绝热层。

(3) 物理发泡剂通常是低沸点的惰性化合物，与其相关材料不起化学反应。这类低沸点化合物吸收了异氰酸酯和多元醇反应放出的热量，使之汽化从而达到发泡的目的。

生产太阳能热水器有其特殊性，由于不用夹具，为了保证产品外观不变形，除了保证发泡料的质量以外，还须注意以下几点。

(1) 提高发泡料的自由发泡泡沫容量，增加浇注次数，使其放热量相对分散，有利于泡沫容量的均匀分布。

(2) 聚氨酯发泡适合在 21~22℃ 的温度下进行，温度应保持相对稳定，不能忽高

忽低,尤其是冬天,否则发泡速度难以掌握。因为发泡速度受温度的直接影响。

(3) 保证材料混合均匀。混合越均匀,泡孔越细而密,各种性能也越好。



图 1.5 硅胶圈

由于发泡时的温度较高,若发泡完毕后马上将其放置在温度较低的环境中会引起内桶或外桶吸桶、变形等状况。因此,发泡结束后应在 $20\sim 60^{\circ}\text{C}$ 的保温房内保温 24h,使整个发泡过程达到最佳。

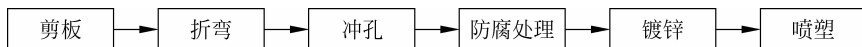
3) 硅胶圈

硅胶圈无毒无味,主要是起到防尘、防漏的作用,以保持水质清洁,且密封性好、寿命长、耐高温,如图 1.5 所示。

硅胶圈具有优异的耐热性、低温弹性,特别优异的耐氧化和耐臭氧的性能,耐酸碱性好,使用温度范围广,为 $-60\sim 225^{\circ}\text{C}$,耐水性能好,因而能保持较长的使用寿命。

2. 支架

支架的原材料一般采用热轧板、冷轧板或镀锌板,由于太阳能安装在室外,长期的风吹雨淋会引起生锈、腐蚀,因此要经过一系列的防腐、防锈处理。各连接部位均采用高强度连接件不锈钢螺丝连结,牢固可靠,其制造工序如下所示:



3. 真空管

1) 真空管集热的原理

真空管是通过采用高真空技术和磁控溅射多层(渐变)铝—氮/铝选择性吸收涂层,吸收太阳能转化为热能加热管中的水。利用冷水比热重的特点,冷水密度大向下流,热水密度小向上升的自然循环原理,使热水储于保温箱中。

2) 真空管结构

玻璃真空太阳集热管是真空管太阳集热器的核心元件,其结构见图 1.6,外观如图 1.7 所示。它采用真空夹层,消除了气体的对流与传导热损,并应用选择性吸收涂层,使真空集热管的辐射热损降到最低。由两根同轴圆玻璃管组成,内、罩玻璃管间抽成高真空,太阳选择性吸收涂层(表面、膜系)沉积在内管的外表面构成吸热体,将太阳能转换为热能,加热内玻璃管内的传热流体。全玻璃真空集热管采用单端开口的设计,通过一端内、罩管环形熔封起来,其内管另一端是密闭半球形圆头,带有吸气剂的弹簧卡子,将吸热体玻璃管回头支承在罩玻璃管的排气内端部。当吸热体吸收太阳辐射而温度升高时,吸热体玻璃管圆头形成热膨胀的自由端,缓冲了工作时引起真空集热管开口端部的热应力。吸气剂蒸散后吸收真空集热管在存放及工作过程中

所释放的微量气体,保持内、罩玻璃管间真空度。常见真空管的结构尺寸如表 1.1 所示。

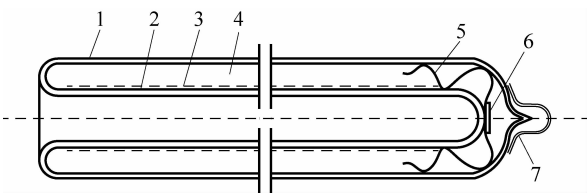


图 1.6 全玻璃真空管结构示意图

1—罩玻璃管；2—内玻璃管；3—选择性吸收涂层；4—真空；
5—弹簧支架；6—消气剂；7—保护帽

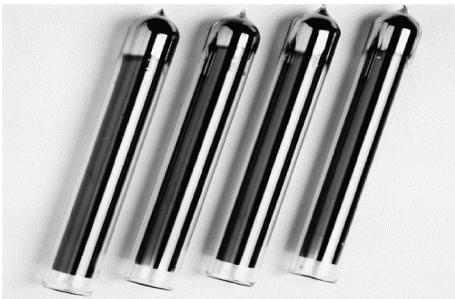


图 1.7 真空管外观

表 1.1 常见真空管结构尺寸

mm

罩玻璃外径(<i>D</i>)	内玻璃管外径(<i>d</i>)	长度(<i>L</i>)	封离部分长度(<i>S</i>)
47	37	1200、1500、1600	≤15
58	47	1600、1800、2000	≤15
70	58	2000	≤15

全玻璃真空太阳集热管的产品质量与选用的玻璃材料、真空性能和选择性吸收膜有重要关系。

(1) 玻璃

硼硅玻璃 3.3 是生产制造全玻璃真空集热管的首选材料。它具有很好的透光性能,玻璃中的氧化铁含量在 0.5% 以下;热稳定性好、热膨胀系数低,为 $3.3 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$;耐热冲击性好,耐热温差大于 200°C ;有较高的机械强度,符合国家标准《全玻璃真空太阳集热管》(GB/T 17049—2005)的要求;有较好的抗化学侵蚀性并适合于加工。

(2) 真空度

确保真空集热管的真空度是提高产品质量,保证产品使用年限的重要指标。根据国家规定,集热管的真空度应小于或等于 $5 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ 。要使集热管内长期保持较高的真空度,还必须在排气台排气时,对玻璃真空集热管进行较高温度与较长时间的保温烘烤,以消除管内水汽及其他气体。此外,在真空集热管内还放置了钽-钛吸气剂,它蒸散在抽真空封口一端的管壳内表面上,像镜面一样,能在运行时吸收集热管内释放出的微量气体,以确保管内真空度的保持。一旦银白色的镜面消失,就说明该真空集热管的真空度受到破坏,管子也就报废了。

(3) 选择性吸收涂层

采用光谱选择性吸收膜作为光热转换材料是真空集热管的又一重要特点。对于真空集热管的选择性吸收膜需要考虑两个特殊要求:一是真空性能;二是耐温性能。工作时要求不影响管内真空度,其他性能指标也不能下降。

真空集热管选择性吸收膜需使用专门设备进行制备,真空集热管选择性吸收膜绝大多数采用磁控溅射工艺,铝-氮/铝选择性吸收膜,它的太阳辐射吸收率 α 大于 0.93,红外发射率 ϵ 约为 0.06。而国家标准要求吸收率 $\alpha \geq 0.90$,红外发射率 $\epsilon \leq 0.10$ 。

3) 真空管质量直观判断

(1) 看膜层:全玻璃真空太阳集热管膜层颜色是否均匀、同色,以纯黑或蓝黑为最佳,有色差为次。

(2) 看吸气镜面:真空管内吸气镜面为光亮银色,边缘以渐变不齐边为佳,齐边次之。镜面变色或消失表明漏气不可用。

(3) 整体判断:内外层玻璃管间隙是否均匀,开口端圆滑、无胀口,尾端不过长,整体无明显划痕等为佳品。

1.2 家用真空管太阳能热水器安装

1.2.1 安装简介与准备

1. 总则

1) 参考国家标准

(1) GB/T 12915—1991 家用太阳热水器热性能试验方法

(2) GB/T 12936.1—1991 太阳能热利用术语 第一部分

(3) GB/T 12936.2—1991 太阳能热利用术语 第二部分

(4) GB/T 17581—1998 真空管太阳集热器

(5) GB/T 17683.1—1999 太阳能在地面不同接收条件下的太阳光谱辐照度标准 第一部分

(6) GB/T 18708—2002 家用太阳热水系统热性能试验方法

(7) GB/T 19141—2003 家用太阳热水系统技术条件

2) 家用太阳能热水器概述

家用太阳能热水器是利用集热器吸收太阳光,将光能转化成热能,并通过储水箱将热水储存的热水器,其储热水箱容积低于 600kg,工作原理为:太阳能热水器是一个光热转换器,区别于传统的自然利用,如晾晒、采光。真空管是太阳能热水器的核心,它的结构如同一个拉长的暖瓶胆,内外层之间为真空。在内玻璃管的表面上利用特种工艺涂有光谱选择性吸收涂层,用来最大限度地吸收太阳辐射能。经阳光照射,光子撞击涂层,太阳能转化成热能,水从涂层外吸热,水温升高,密度减小,热水向上运动,而比重大的冷水下降。热水始终位于上部,即水箱中。太阳能热水器中热水的升温情况与外界温度关系不大,主要取决于光照。当打开厨房或洗浴间的任何一个水龙头时,热水器内的热水便依靠自然落差流出,落差越大,水压越高。家用太阳能热水器运行原理如图 1.8 所示。

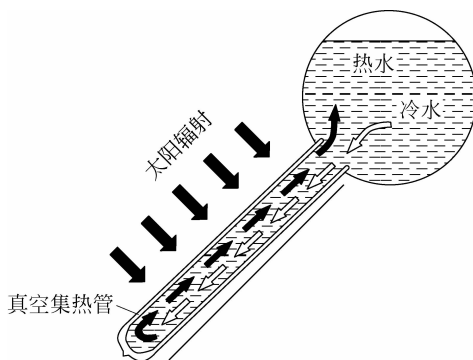


图 1.8 运行原理图

2. 太阳能热水器主要组成与特点

1) 保温储水箱

(1) 水箱外壳:水箱外壳采用 0.5mm 厚的彩钢板,强度高、耐腐蚀。

(2) 水箱内胆:水箱内胆采用进口 0.5mm 厚的 SUS 304 不锈钢板经自动氩弧焊焊接加工制成,SUS 304 不锈钢板含碳量低,因此焊缝质量高,不易锈蚀。

(3) 水箱保温:45mm 厚聚氨酯整体发泡形成的保温层,保证了太阳热水器的热效率大于 50%。

(4) 储水箱剖视图见图 1.9。

2) 真空集热管

集热管是同轴双层玻璃结构,吸收镀层采用直流反应溅射沉积技术制备而成的渐变铝-氮/铝选择性吸收涂层。

全玻璃真空太阳集热管由具有太阳选择性吸收涂层的内玻璃管和同轴的罩玻璃管构成,内玻璃管一端为封闭的圆顶形状,由罩玻璃管封离端内带吸气剂的支撑件支撑;另一端与罩玻璃管一端熔封为环状的开口端,其结构如图 1.10 所示。



图 1.9 储水箱剖视图



图 1.10 真空管结构图

3) 热水器支架

热水器支架采用塔式支架,结构牢固、安装方便、耐腐蚀性强。

4) 智能控制器

用户在使用家用落水式太阳能热水器时,需要进行上水、阴雨天启动电辅助等操作步骤。另外,还需要观察水箱水温与水量是否满足使用要求,往往造成使用不便。因此太阳能热水器的智能控制器便应运而生。

目前,绝大多数的太阳能热水器都安装了智能控制器,为用户提供了方便。控制器自动启动上水、电辅助加热等功能,并且可以实时观察到水箱水量与水温的情况,使智能控制器成为了太阳能热水器的标准配置。

5) 其他

(1) 尾座: 固定真空集热管尾部的零件,其作用是保持真空玻璃管的稳定。

(2) 密封圈: 用于密封真空集热管与水箱连接处的零件。

(3) 挡风圈: 真空集热管插入水箱密封圈后,用于封堵真空管与水箱开孔的零件。

(4) 地角: 用于固定太阳能热水器与屋面基础的零件。

6) 热水器组装

热水器组装效果如图 1.11 所示。

3. 常用太阳能热水器安装材料明细表

常用太阳能热水器的安装材料明细如表 1.2 所示。



图 1.11 整机热水器