

# 太阳能热水系统

## 一、技术名称

太阳能热水系统

## 二、所属技术类型

新能源和清洁能源应用技术

## 三、技术/产品简述

### （一）技术概述

#### 1. 技术原理及特点

1) 该系统采用全玻璃热管真空集热器，阳光透过全玻璃热管真空集热管外管，照射到内玻璃管外表面上的选择性吸收涂层上，辐射能被转化为热能，通过内管管壁传递给真空管内的介质，使其升温，真空管内介质汽化进入真空管冷凝端，加热水箱内水，介质冷凝回流到真空管底部，如此不断循环，最终使水温升高；

2) 系统补水：可实现定时补水、缺水补水、温控补水等功能；

3) 太阳能集热循环：太阳能集热器吸收热量，通过集热温差循环加热储热水箱中的水；

4) 辅助加热：在设定的时间段，当水箱温度达不到设定温度时，辅助加热装置启动，加热至设定温度，然后给用户供水；

5) 热水供水：采用变频增压供水，可实现管道循环，在设定的时间段内当管道温度低于设定值，开启热水循环；

6) 防冻：室外管道防冻采用防冻循环和电伴热带。

## 2. 创新点

采用瞬热聚能管，具有相变超导传热介质，汽-液相变沸点低，启动快，热阻小，超低温下也可以正常运行；具有超强的吸热性能，水温上升较快；管内不走水，活水循环无死水，管内不结垢，水质清洁无杂志，玻璃管材采用高硼硅玻璃，可抵抗冰雹冲击；可实现整个系统智能控制。

## 3. 主要解决的问题

1) 防漏：管内不走水不结垢，同时真空管部分损坏不跑水，整个系统仍能使用；

2) 抗冻：独特的热管结构，无惧严寒、超低温启动，启动速度快一倍；

3) 防垢：真空管内不结水垢，进一步保证集热器的使用性能。

## (二) 技术参数

主要技术参数包括：1. 单台集热器面积  $3\text{m}^2$ ；2. 单块集热器年节能量为  $11213.35\text{MJ}$ ；3. 年节约标准煤为  $382.81\text{kg}$ ；4. 年减排二氧化碳量为  $945.54\text{kg}$ ；5. 年减排二氧化硫量为  $7.66\text{kg}$ ；6. 年减排氮氧化物量为  $0.56\text{kg}$ ；7. 年减少粉尘量为  $3.83\text{kg}$ 。

## 四、适用条件与限制条件

### (一) 适用条件

学校、医院、宾馆酒店热水供应；企事业单位热水供应；工业热水预热项目。

### (二) 技术产品限制条件

屋面结构强度低，不满足安装要求的地方限制使用。

## 五、节能/节水效果

热水系统的年节能量计算公式：

$$\Delta Q_{\text{save}} = A_c J_T (1 - \eta_c) \eta_{cd}$$

式中：

$\Delta Q_{\text{save}}$ ---太阳能热水系统的节能量（得热量），MJ；

$A_c$ ---直接系统的太阳能集热面积， $\text{m}^2$ ；

$J_T$ ---太阳集热器采光面上的年总太阳辐照量， $\text{MJ}/\text{m}^2$ ；

$\eta_{cd}$ ---太阳集热器的年平均集热效率，%；

$\eta_c$ ---管路和水箱的热损失率。

单台集热器面积  $3\text{m}^2$ ，依据以上计算公式可计算出单块集热器年节能量为  $11213.35\text{MJ}$ ；年节约标准煤为  $382.81\text{kg}$ ；年减排二氧化碳量为  $945.54\text{kg}$ ；年减排二氧化硫量为  $7.66\text{kg}$ ；年减排氮氧化物量为  $0.56\text{kg}$ ；年减少粉尘量为  $3.83\text{kg}$ 。

按照集热器的使用寿命为 20 年，在使用期间节能量为  $224267\text{MJ}$ ；节约标准煤为  $7656.2\text{kg}$ ；减排二氧化碳量为  $18910.8\text{kg}$ ；减排二氧化硫量为  $153.2\text{kg}$ ；减排氮氧化物量为  $11.2\text{kg}$ ；减少粉尘量为  $76.6\text{kg}$ 。

## 六、同类产品比较

### （一）优点

1. 技术成熟，安全可靠，应用案例较多；
2. 太阳能系统造价成本相对较低；
3. 系统可以与各种能源形式结合，实现能源优化组合；
4. 热水变频供水，使用舒适，享受智能管家式服务；
5. 集热器与建筑结合，安装美观；
6. 自动化程度高，可远端控制，在线监测。

### （二）缺点

1. 采用集中水箱，集中负载大；
2. 供水主管路循环，有热损；
3. 需要物业管理维护。

## 七、典型应用案例

### （一）案例名称

国家高山滑雪中心太阳能热水系统

### （二）案例时间及实施地点

项目实施时间：2020年10月；实施地点：北京市。

### （三）用能人数及建筑面积

用能人数：100人；建筑面积：7790m<sup>2</sup>。

### （四）改造情况

国家高山滑雪中心热水工程，热水供应部分主要是竞技结束区地下一层集中盥洗室和集散广场二层集中盥洗室，本热水系统

为强制循环间接加热式，辅助热源为商用容积式电热水炉，设计热水温度：60℃；冷水设计温度：4℃，共安装集热器面积 66 m<sup>2</sup>，充分满足工作人员和运动员热水需求。

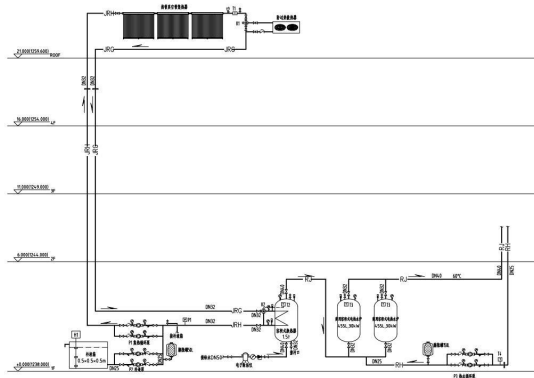


图 1 热水系统原理图



图 2 机房安装细节图

系统运行说明：

1. 太阳能热水系统的设置：本系统为强制循环间接加热式，容积式换热器设置在热水机房，太阳能控制柜设置于热水机房。辅助热源为商用容积式电热水炉；

2. 太阳能热量的换热：热管真空管集热器吸收太阳能，加热热媒，通过集热循环泵的驱动，热媒循环与容积式换热器中的水进行换热；

3. 生活热水的供给：自来水顶水运行，水温不足时启动辅助热源加热；

4. 热水回水循环：当回水温度 $\leq 55^{\circ}\text{C}$ 时（可调），回水循环泵启动，供水管路热水循环，使管路内水温始终保持在使用温度；当回水温度 $\geq 60^{\circ}\text{C}$ 时（可调），回水循环泵停止；

5. 集热系统防过热：当集热器出口温度超过设定温度，介质流经散热器散热；当集热器出口温度低于设定温度，散热器关闭，集热循环泵停止；

6. 容积式换热器防过热：当容积式换热器温度超过设定温度，太阳能热媒不再加热容积式换热器；

7. 系统防冻：太阳能集热系统使用丙二醇防冻液，防冻 $-30^{\circ}\text{C}$ 。

全年总节能量为 246.7GJ，全年节约标准煤 8421.85kg。

#### （五）节能/节水效果

本热水系统设计热水温度： $60^{\circ}\text{C}$ ；冷水设计温度： $4^{\circ}\text{C}$ ；共安装集热器面积  $66\text{ m}^2$ ，管路和水箱的热损失率为 15%，太阳集热器的年平均集热效率 70%，根据以下公式计算年节能量。

热水系统的年节能量计算公式：

$$\Delta Q_{\text{save}} = A_c J T (1 - \eta_c) \eta_{cd}$$

式中：

$\Delta Q_{save}$ ---太阳能热水系统的节能量（得热量），MJ；

$A_c$ ---直接系统的太阳能集热面积， $m^2$ ；

$J_T$ ---太阳集热器采光面上的年总太阳辐照量， $MJ/m^2$ ；

$\eta_{cd}$ ---太阳集热器的年平均集热效率，%；

$\eta_c$ ---管路和水箱的热损失率。

经计算可得年节能量为 246.7GJ；

按理论热值计算电力热值，理论热值是按每度电本身的热功当量 860 大卡即 0.1229kg 标准煤计算的，经过计算可得：全年可节约标准煤 8421.85kg；

每燃烧 1 吨标准煤排放：二氧化碳 2.47 吨；二氧化硫 20 千克；氮氧化物 1.45 千克；粉尘 10 千克；

由上述数据计算可得：年减排二氧化碳量为 20801.97kg；

年减排二氧化硫量为 168.44kg；年减排氮氧化物量为 12.21kg；年减少粉尘量为 84.22kg。

#### （六）经济效益及社会效益

本项目的投资额为 81 万元，资金来源为自筹，投资回收期为 2 年。

实现的社会效益为：北京市属于太阳能资源丰富区，倾斜面上年辐照量为  $6281.993MJ/m^2$ 。本项目共用热管式真空管集热器共用  $66m^2$ ，全年总节能量为 246.7GJ，全年节约标准煤 8421.85Kg；化石燃料的大量消耗，产生严重的环境污染。在能源开发和使用

过程中，造成水土流失、植被破坏、物种减少；燃烧产生的有害物质，污染生物赖以生存的大气和土壤，危害人类的健康。本项目通过利用可再生能源，降低常规能源的消耗，本项目实施后每年可以减少二氧化碳排放 20801.97kg，减少二氧化硫排放 168.44kg，减少 NOX 排放量 12.21kg，减少粉尘排放 84.22kg。

### （七）主要经验

本项目是太阳能热水系统，采用了热管真空管集热器，满足了国家高山滑雪中心热水需求，系统集热效率更高，启动快，热阻小，更能突显出真正的节能效果。