ICS 27.160
F 12

中华人民共和国国家标准

GB/T 18708—2002

家用太阳热水系统热性能试验方法

Test methods for thermal performance of domestic solar water heating systems

2002-04-28 发布　　2002-10-01 实施

中华人民共和国
国家质量监督检验检疫总局 发布

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　　次

前言 …… Ⅲ
1　范围 …… 1
2　引用标准 …… 1
3　定义 …… 1
4　符号 …… 2
5　系统分类 …… 3
6　试验要求 …… 4
6.1　系统要求 …… 4
6.2　测量要求 …… 5
7　试验方法与结果 …… 6
7.1　试验内容 …… 6
7.2　试验条件的范围 …… 6
7.3　试验系统的预定条件 …… 6
7.4　周围空气的速率 …… 7
7.5　试验期间的测量 …… 7
7.6　系统日热性能的确定 …… 7
7.7　贮热水箱热损的确定 …… 8
8　结果的分析和说明 …… 9
8.1　说明 …… 9
8.2　输入-输出图 …… 9

前　言

本标准是根据我国当前太阳集热器与太阳热水系统产品及发展的实际状况编写的。

本标准的制定参考了国际标准 ISO 9459-2:1995《太阳加热—家用热水系统—第二部分:系统特性的室外检测方法和仅太阳系统年性能的预测》。

本标准由国家经贸委、科技部提出。

本标准由全国能源基础与管理标准化技术委员会新能源和可再生能源分技术委员会归口。

本标准由清华大学、中国标准研究中心负责起草。

本标准主要起草人:殷志强、陆维德、李申生、张　剑、贾铁鹰、吴锦发、陶　桢、郑瑞澄。

中华人民共和国国家标准

家用太阳热水系统热性能试验方法

GB/T 18708—2002

Test methods for thermal performance of domestic solar water heating systems

1 范围

本标准规定了家用太阳热水系统在没有辅助加热时的热性能测试步骤。

本标准适用于贮热水箱容积在 0.6 m^3 以下，仅用太阳能的家用热水系统。

本标准不适用于同时进行辅助加热的太阳热水系统的试验。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 4271—2000 平板型太阳集热器热性能试验方法

GB/T 12936.1—1991 太阳能热利用术语 第一部分

GB/T 12936.2—1991 太阳能热利用术语 第二部分

GB/T 17049—1997 全玻璃真空太阳集热管

GB/T 17581—1998 真空管太阳集热器

ISO 9459-2:1995 太阳加热—家用热水系统—第二部分：系统特性的室外检测方法和仅太阳系统年性能的预测

ISO 9488:1999 太阳能—词汇

3 定义

本标准除引用 GB/T 12936.1、GB/T 12936.2 和 ISO 9488 外，采用下列定义：

3.1 **准确度** accuracy

仪器指示被测物理量真实值的能力。

3.2 **精度** precision

同一个物理量重复测量趋于一致的量度范围。

3.3 **太阳辐照度** solar irradiance

太阳辐射到一个表面的功率密度，即单位面积上接受的辐射功率。太阳辐照度单位为 W/m^2。

3.4 **太阳辐照量** solar irradiation

单位面积上入射的太阳能量，是在指定的时间间隔内太阳辐照度的积分。太阳辐照量的单位为兆焦每平方米(MJ/m^2)。同义词：曝辐量。

3.5 **平板太阳热水系统** flat plate solar water heating system

平板集热器与贮热水箱组成的太阳热水系统。

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 2002-04-28 批准　　2002-10-01 实施

3.6 **全玻璃真空集热管太阳热水系统** all-glass evacuated tubular solar water heating system
全玻璃真空管集热器与贮热水箱组成的太阳热水系统。

3.7 **玻璃-金属真空集热管太阳热水系统** glass-metal evacuated tubular solar water heating system
玻璃-金属真空管集热器与贮热水箱组成的太阳热水系统。

3.8 **联集管** manifold
传输集热器件所获热能的部件。

3.9 **真空集热管的反射器** reflector for evacuated collector tube
为提高集热的性能,在真空集热管的背后设置的一定形状的漫反射器或镜反射器。

3.10 **曲面反射器** curved specular reflector
折平面、圆柱面或复合抛物面等形状的镜反射器,聚光比不大于 1.5 h,属于非聚光型。

3.11 **采光面积** aperture area
非聚光的太阳辐射进入集热器的最大投影面积。

3.12 **集热器倾角** collector tilt angle
太阳集热器采光平面与水平面之间的夹角。

3.13 **贮热水箱** storage tank
用于贮存热能的容器。

3.14 **箱体容量** tank capacity
箱体充满流体时测得的体积。

3.15 **部件** components
太阳热水系统的组成部分,包括集热器、贮热水箱、泵、换热器和控制器等。

3.16 **换热器** heat exchanger
专门用来为两种物理上分开的流体间传热的部件。

3.17 **温差控制器** differential temperature controller
能测量出小温差,并用此小温差来控制泵及其他的电气部件。

3.18 **家用的** domestic
在住宅或小型商业建筑中使用的。

3.19 **太阳热水系统** solar water heating system
由装配成的完整系统将太阳能转换为加热水的热能的系统;可以包括辅助热源。

3.20 **紧凑式** close-coupled collector storage
贮热水箱邻近集热器,包括集热部件插入贮热水箱中的热水系统。

3.21 **分离式** remote storage
贮热水箱离开集热器较远的热水系统。

3.22 **闷晒式** integral collector storage
贮热水箱与集热器是同一器具的热水系统。

3.23 **周围空气的速率** surrounding air speed
在集热器或系统附近指定地点所测得的空气流动速率。

3.24 **负荷** load
提供给用户的热能(例如以热水的形式)。

4 符号

a_1, a_2, a_3 公式(4)中描述系统性能的系数

c_{pw} 水的比热容,J/(kg·℃)

H 集热器采光面的日太阳辐照量,MJ/m^2

需要全本请访问 www.ertongbook.com

Q_c 太阳热水系统的集热量，MJ

Q_s 贮热水箱中水体积 V_s 内所含的系统得热量，MJ

t_a 环境或周围空气的温度，℃

t_{ad} 日平均环境或周围空气的温度，℃

t_{as} 贮热箱附近的空气温度，℃

t_b 集热试验开始时贮热水箱内的水温，℃

t_e 集热试验结束时贮热水箱内的水温，℃

t_d 排放的热水温度，℃

t_i 热损试验中贮热水箱内的初始水温，℃

t_f 热损试验中贮热水箱内的最终水温，℃

u 周围空气的流动速率，m/s

V_s 贮热水箱中的流体容积，m^3

$\Delta\tau$ 时间间隔，s

ρ_w 水的密度，kg/m^3

U_s 水箱的热损系数，W/K

下标

(av) 参数平均值

5 系统分类

家用太阳热水系统按 7 种特征进行分类，每种特征又分成 2～3 种型式。各种特征的分类如表 1 所示。

表 1 家用太阳热水系统分类

特征	类型		
	a	b	c
1	只有太阳能式	太阳能预热式	太阳能加辅助能源式
2	直接式	间接式	
3	敞开式	开口式	封闭式
4	充满式	回流式	排放式
5	自然循环式	强迫式	
6	循环式	直流式	
7	分离式	紧凑式	闷晒式

5.1 特征 1

a) 只有太阳能式——除了流体传输和控制目的所需能源外，不用辅助能源的系统。

b) 太阳能预热式——不包括任何形式辅助能源，只为进入任何一种其他类型的家用热水系统的冷水进行预热的系统。

c) 太阳能加辅助能源式——利用太阳能和辅助能源相结合的系统，并可以独立提供热水的系统。

5.2 特征 2

a) 直接式——耗用的热水流经集热器的系统。

b) 间接式(热交换)——非耗用的传热流体工质流经集热器的系统。

5.3 特征 3

a) 敞开式——传热流体与大气广泛接触的系统。

b) 开口式——系统内的传热流体和大气间的接触限于补给和膨胀箱的自由表面或排气管的系统。

c) 封闭式(密封的或不通大气的)——系统中的传热流体完全和大气分隔开的系统。

5.4 特征 4

a) 充满式——系统内集热器始终充满传热流体的系统。

b) 回流式——作为正常工作循环的一部分,传热流体从集热器中排入贮热水箱中便于以后再使用的系统。

c) 排放式——传热流体可以从集热器内泄放的系统。

5.5 特征 5

a) 自然循环式——仅利用传热流体的密度变化来得到集热器与贮热水箱内流体循环的系统。自然循环系统也称为热虹吸系统。

b) 强迫式——通过机械方法或外部产生的压力强制传热流体通过集热器的系统。

5.6 特征 6

a) 循环式——在运行过程中,传热流体在集热器和贮热水箱或热交换器内循环流动的系统。

b) 直流式——将被加热的水由供水点直接流经集热器至贮热水箱或用水点的系统。

5.7 特征 7

a) 分离式热水系统——集热器与贮热水箱分开放置的系统。

b) 紧凑式热水系统——集热器与贮热水箱直接相连或相邻的系统。

c) 闷晒式热水系统——集热器与贮热水箱是同一个器具的系统。

6 试验要求

6.1 系统要求

6.1.1 系统类型

对带辅助加热器的系统进行试验前,必须注意下列事项。

6.1.1.1 带分离的辅助加热器的系统

只有系统的太阳能部分应用此试验步骤。对带有与太阳能贮热水箱分离的辅助加热器的系统,其太阳能部分的性能将不受到辅助加热器的影响。然而,日负荷的大小将受到辅助加热器存在的影响。因此,如果进行试验的系统带有太阳能预热器和分离的辅助加热器,则需另行制定包括试验步骤的标准。

6.1.1.2 带有手动控制的辅助加热器的系统

系统带有与太阳能贮热水箱结合成一体的辅助加热器,且所提供的辅助加热器仅用于不规则的间歇性工作(手动或设定时间的操作开关),则系统试验时应将辅助加热器关闭。

6.1.1.3 带有整体辅助加热器的系统

此试验步骤不适用于连续的或与太阳能贮热水箱一体化的夜间使用的辅助加热器系统。这类系统应采用其他合适的标准中所规定的试验步骤来进行评价。

6.1.2 试验系统的安装

系统的各个部件应按制造商的说明书安装后才能进行试验。系统内的任何控制器均应按制造商的说明书来布置。在没有制造商的专门说明书的情况下,系统将如下安装。

系统的安装要考虑到玻璃可能破裂和热流体的泄漏,以确保人身安全。安装牢固,应能抵抗住阵风。

系统尽可能安装在制造商提供的安装支架上。如未提供支架,则除非特别指明(例如系统是屋顶整体布置的一部分),应使用敞开式的安装系统。系统的安装不能阻挡集热器的采光面,安装支架不应影响集热器或贮热水箱的保温。

除了有些情况(例如闷晒式热水系统和紧凑式热虹吸系统)贮热水箱以某种方法固定到集热器上的系统外,贮热水箱均应安装在制造商的安装说明书中所允许的最低位置。

对于分离式热水系统,集热器与贮热水箱间(泵循环系统)的连接管道的总长度应为 15 m。管道的直径和保温应与制造商的安装指南一致。

6.1.3 集热器的安装

集热器应安装在面向赤道倾角为纬度$\pm 10°$内的固定位置。

集热器安装的地点应满足在试验期间没有阴影投射到集热器上。

集热器所在的位置应在试验期间从周围的建筑或物体表面没有明显的太阳光反射到集热器上，且在视野内没有明显的障碍物。

不允许诸如沿建筑物墙面上升的暖空气流过系统。在屋顶上进行试验的系统应放置在离开房顶边缘至少 2 m 以外。

设计成与房顶构成一体的集热器，其背部可以防风，但此种情况应随同试验结果一并报告。

6.1.4 液体流动系统

应该采用图 1 所示的试验回路。在回路中使用的管道材料应适用于系统中使用的工质并能承受高达 95℃的运行温度。管道应尽量短，特别是冷水入口(出口)处的温度传感器与贮热水箱进口处之间和混水泵与贮热水箱之间的管道应减到最短，以减小环境对水温的影响。这段管道应加保温，并且包覆具有反射性能的材料。

泄水管应安装在水箱冷水入口前的管道上。

家用太阳热水系统的集热器应按特定的倾斜角度安装，试验时所用的倾角应和试验结果一并报告。在整个试验中该倾角应保持不变。

在试验期间系统中使用的传热工质应是制造商推荐的工质。当试验强迫循环系统时，集热器入口与水箱间安置循环泵，试验流量由制造商推荐。如果所设计的太阳集热器回路使用防冻液，则在本标准中所列的试验步骤必须根据制造商的要求使用那些液体。

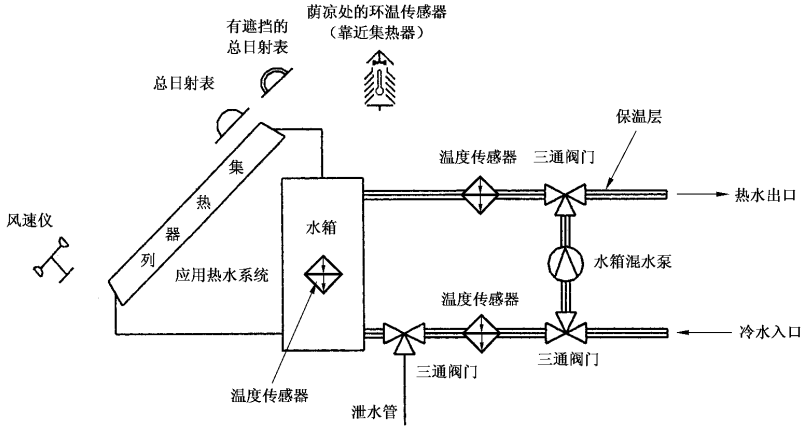


图 1 系统日性能的试验装置示意

6.2 测量要求

6.2.1 太阳辐射

根据 GB/T 4271 的规定，使用一级总日射表测量太阳总辐射。应按国家规定进行校准。

6.2.2 温度

6.2.2.1 准确度、精度和响应时间

温度测量仪器以及与它们相关的读取仪表的精度和准确度应在表 2 给出的限度之内。响应时间须小于 5 s。

表 2 温度测量仪器的准确度和精度

参数	仪器准确度	仪器精度
环境空气温度	±0.5℃	±0.2℃
冷水入口温度	±0.2℃	±0.1℃
水箱内的温度	±0.2℃	±0.1℃
通过热水系统的温差(冷水入口到热水出口)	±0.1 K	±0.1 K

6.2.2.2 环境温度

使用遮阳而通风的采样器件在约高于地面 1 m 处及离集热器和系统组件不近于 1.5 m 但不超过 10 m 处的百叶箱内测量环境空气温度。在系统附近的物体表面温度应尽量接近环温。例如,在系统附近不应有烟囱、冷却塔或热气排风扇等。

6.2.2.3 进水温度

如果在贮热水箱入口处串接一个温度控制器,则由于试验期间流量较高,要求其功率较大以便保持温度。作为替换的方法,也可以通过控制对热水池和冷水池的混水来调节温度,两个水池都保持恒定的温度。当流量为 400 L/h～600 L/h 时,在试验开始至结束期间温度控制器或混水阀要能将入口流体的温度漂移控制在±0.2 K 以内。如果入口处流体温度的波动是由于温度控制器内的滞后所形成的,则其允许的波动值为±0.25 K。

6.2.3 液体流量

液体流量的测量准确度应等于或好于测量值的±1.0%,该测量值的单位为 kg/h 或 Lh。

当试验系统用泵循环时,流量计应安装在集热器回路中测量流量的准确度为±5%处。

6.2.4 质量

质量测量的准确度应为±1%。

6.2.5 计时

计时测量的准确度应为±0.2%。

6.2.6 周围空气速率

对每个试验期,使用风速测量仪及附带的读取仪表测量周围空气的速率,准确度应达±0.5 m/s。

6.2.7 数据记录仪

使用的模拟或数字记录仪的准确度应等于或好于满量程的±0.5%。其时间常数应等于或短于 1 s。信号的峰值指示应在满量程的 50%～100%之间。

使用的数字技术和电子积分器的准确度应等于或好于测量值的 1.0%。

记录仪的输入阻抗应大于传感器阻抗的 1 000 倍或 10 MΩ,二者取其高值。

在任何情况下,仪器或仪表系统的最小分度都不应超过规定精度的两倍。例如,如果规定的精度是±0.1℃,则最小分度不应超过 0.2℃。

7 试验方法与结果

7.1 试验内容

本试验至少包括 4 整天对整个系统的全天室外试验,以及一次确定贮热水箱的热损系数的过夜热损试验。

试验过程由若干互相独立的全天试验组成。每一天系统的试验在室外运行。每天试验测得的输入(即照射到系统上的太阳辐射)和输出(取出的热水所含的能量)均标绘在输入/输出图上。这些试验天内应包括太阳辐照量和($t_{ad}-t_b$)值的变化范围,以便建立系统性能与这些参数的关系。

7.2 试验条件的范围

至少应有 4 天试验结果具有相近的($t_{ad}-t_b$)值且太阳辐照量平均分布在 8 MJ/m²～25 MJ/m² 范围内。

环温在 8℃≤t_a≤39℃,环温的低温限按 GB/T 17049 的规定。

7.3 试验系统的预定条件

检查系统的外观并记录任何损坏情况。彻底清洁集热器的采光面。

每天开始试验前,罩上集热器以避免太阳直射,按 GB/T 17581 规定,风速 u 不大于 4 m/s,用温度不低于 t_b 的冷水以 400 L/h～600 L/h 的流量进行循环,以使整个系统的温度一致,至少 5 min 内贮热水箱的入口温度 T_1 的变化不大于±1℃时,即认为该系统达到均匀的预定温度 t_b。在试验即将开始前停

需要全本请访问 www.ertongbook.com

止通水循环，并用节门来截断旁通回路以防止自然循环。

当系统达到均匀温度时，停止通水循环；但就强迫循环系统而言，应让太阳集热器回路的泵继续运行。

7.4 周围空气的速率

当在距离盖板表面 50 mm 处的集热器平面上测量时，空气流动的平均速率不大于 4 m/s，在整个集热器采光面上各点的空气速率偏离平均值不得超过±25%。

7.5 试验期间的测量

应从太阳正午时前 4 h 到太阳正午时后 4 h 的试验期间按小时平均值进行记录。

a) 在集热器采光面上的太阳辐照量 H；

b) 临近集热器的环境空气温度 t_a；

c) 周围空气的速率 u；

d) 系统循环和控制装置(泵、控制器、电磁阀等)所消耗的电能。

7.6 系统日热性能的确定

7.6.1 混水法

系统工作 8 h，从太阳正午时前 4 h 到太阳正午时后 4 h。集热器应在太阳正午时后 4 h 时遮挡起来，启动混水泵，以 400 L/h～600 L/h 的流量，将贮热水箱底部的水抽到顶部进行循环来混合贮热水箱中的水，使贮热水箱内的水温均匀化，至少 5 min 内贮热水箱入口温度 T_1 的变化不大于±0.2℃，记录水箱内三个测温点的温度，T_1 或三个测温点的平均值即为集热试验结束时贮热水箱内的水温 t_e。

贮热水箱内水体积 V_s 中所含的得热量 Q_s，应用式(1)进行计算：

$$Q_s = \rho_w c_{pw} V_s (t_e - t_b) \quad \cdots\cdots (1)$$

集热器内贮存的热量不计入在内。

7.6.2 排水法

系统工作 8 h，从太阳正午时前 4 h 到太阳正午时后 4 h。集热器应在太阳正午时后 4 h 时遮挡起来，在热水从系统中排放前的一个短时间内(10 min～20 min)，需通过泄水管将入口处的部分冷水放掉，以确保冷水入口处的温度控制器到贮热水箱入口之间的管道内的水温为 t_b。从贮热水箱通过泄水管的流量应为零。以 400 L/h～600 L/h 的恒定流量将贮热水箱中的热水排出。补入冷水温度应为 t_b，t_b 即在系统预定条件时的温度。

至少每 15 s 应测量一次正在排出的水温 t_d，至少每放出贮热水箱容积的 1/10 时记录一个平均值。应利用所测得的温度作一个像图 2 所示的排水温度图。测量进入贮热水箱的水温和从贮热水箱排出的水温。

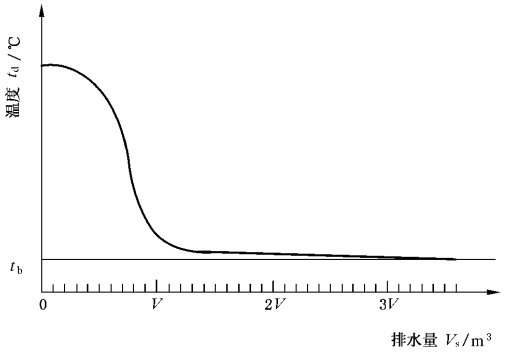


图 2 排水曲线图

排出的水应为贮热水箱容积的三倍。如果排出三倍于贮热水箱的容积后，贮热水箱排出的水温与进

入贮热水箱的温差仍大于±1 K，则必须继续排水直到温差≤±1 K 为止。此时，太阳热水器中所采集和贮存的热量均已由排出的水带走。

在排水期间，进入贮热水箱的冷水温度的波动不超过±0.25 K，漂移不超过 0.2 K。

从贮热水箱排放热水时的流量是非常重要的，它能显著地影响排水温度曲线。因此流量控制器必须将通过贮热水箱的流量保持在预定值(400 L/h～600 L/h)的±50 L/h 范围内。

太阳热水系统内所含的得热量 Q_c 与排出水温 t_d 曲线和进口水温 t_b 曲线之间的面积成正比，应用式(2)进行计算：

$$Q_c = \sum_{i=1}^{n} m_i c_{pw} (t_{di} - t_{bi}) \qquad \cdots\cdots (2)$$

7.7 贮热水箱热损的确定

7.7.1 总述

除集热系统的热性能试验之外，还应进行本项试验。应按照第 6 节的规定装配和安装系统以便确定贮热水箱的热损系数。这样可以确定用于系统性能计算中适当的热损值，包括例如在集热器回路中的倒流所引起的热损。

系统安装在室内或室外进行试验，将集热器暴露在晴朗的天空下。如果在室内进行试验，根据 ISO 9459-2的规定，应在集热器上面有一个低于环温 20℃的辐射挡板。

贮热水箱中的水应预先均匀加热到 50℃以上。

7.7.2 试验方法

在试验开始以前，关掉辅助加热器，并用混水泵将贮热水箱底部的水抽到顶部进行循环来混合贮热水箱中预先准备的水。当贮热水箱的入口水温 T_1 在 5 min 内变化不大于±1℃时，认为贮热水箱中的水温已达到均匀。贮热水箱内的平均水温就作为贮热水箱的初始温度，初始温度 t_i 不得低于 50℃±1℃。然后停止循环，关掉装有混水泵的管道的阀门，让水箱降温 8 h。

在冷却期间，如果系统安装在室外，空气平均速率不大于 4 m/s。

在试验期间，在贮热水箱所在处的附近每小时测量一次环境温度，共 9 次，得出平均贮热水箱附近的空气温度 $t_{as(av)}$。

试验至 460 min 时，启动如图 3 所示的小泵，运行 5 min，以不低于 50℃的水温使贮热水箱外管道内的水温达到 t_i，并使贮热水箱入口的水温 T_1 在 1 min 内变化不大于±1℃；试验至 465 min 时，调整阀门，运用小泵，使贮热水箱中的水循环以使它温度均匀。当贮热水箱入口的水温 T_1 在 5 min 内变化不大于±1℃时，即认为温度均匀。在这 5 min 期间的平均温度即为贮热水箱的最终温度 t_f。

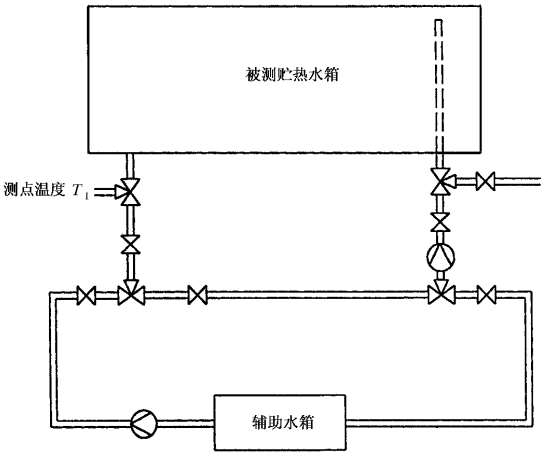


图 3 热损系数测定示意图

7.7.3 **水箱热损系数的计算**

水箱的热损系数 U_s **的单位为** W/K，**应用式**(3)**进行计算**：

$$U_s = \frac{\rho_w c_{pw} V_s}{\Delta\tau} \ln\left[\frac{t_i - t_{as(av)}}{t_f - t_{as(av)}}\right] \quad \cdots\cdots(3)$$

其中 $\Delta\tau$ **为降温时间**(**以** s **为单位**)，**是从水箱的水循环停止的时刻，即贮热水箱初始水温** t_i **到重新启动混水泵后达到贮热水箱最终温度** t_f **之间的时间**。

8 结果的分析和说明

8.1 说明

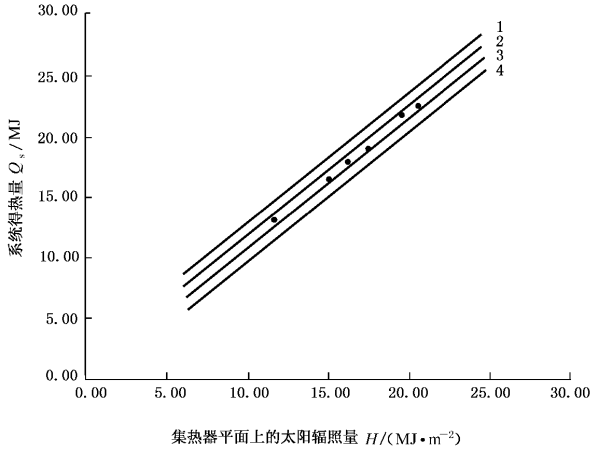
试验结果由在不同 H **值下的输入-输出图表示。家用单一太阳热水系统的性能可由式**(4)**表示**：

$$Q_s = a_1 H + a_2(t_{ad} - t_b) + a_3 \quad \cdots\cdots(4)$$

式中系统的系数 a_1、a_2 **和** a_3 **由试验结果用最小二乘法确定。** Q_s **就是贮热水箱在一天中所获得的净太阳能，即集热量**。

8.2 输入-输出图

实验结果应以图 4 **所示的图形给出。应将实验点和由式**(4)**预示的在**($t_{ad}-t_b$)=−10 K、0 K、10 K、20 K **时的系统性能特性进行标绘。若这些**($t_{ad}-t_b$)**值未能包括**($t_{ad}-t_b$)**试验值的范围，则应标绘出附加的特征线**。



1—$t_{ad}-t_b$=20 K； 2—$t_{ad}-t_b$=10 K； 3—$t_{ad}-t_b$=0 K； 4—$t_{ad}-t_b$=−10 K

图 4 **系统得热量** Q_s **与太阳辐照量的关系**

中华人民共和国
国家标准
家用太阳热水系统热性能
试验方法
GB/T 18708—2002
*
中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045
电话:68523946 68517548
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
*
开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 22 千字
2002年9月第一版 2002年9月第一次印刷
印数 1—1 500
*
书号:155066·1-18716 定价 12.00 元
网址 www.bzcbs.com
*
科目 616—427

版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533

GB/T 18708-2002