



中华人民共和国国家标准

GB/T 25967—2010

带辅助能源的家用太阳能热水系统 热性能试验方法

Test methods for thermal performance of domestic solar-plus-
supplementary water heating systems

2011-01-10 发布

2011-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准根据我国太阳能热水系统产品发展的实际情况编写,本标准的制定参考了欧洲标准 EN 12976-1:2006《太阳能热利用系统和部件 工厂制造的系统 第1部分:总体要求》及 EN 12976-2:2006《太阳能热利用系统和部件 工厂制造的系统 第2部分:试验方法》。

本标准的附录 A 为规范性附录。

本标准由全国太阳能标准化技术委员会(SAC/TC 402)提出并归口。

本标准起草单位:国家太阳能热水器质量监督检验中心(北京)、中国标准化研究院、皇明太阳能集团有限公司、山东桑乐太阳能有限公司、北京北方赛尔太阳能工程技术有限公司、江苏省华扬太阳能有限公司、江苏桑夏太阳能产业有限公司、合肥荣事达太阳能科技有限公司、山东力诺瑞特新能源有限公司、北京清华阳光能源开发有限责任公司、北京四季沐歌太阳能技术有限公司、浙江美大太阳能工业有限公司、江苏淮阴辉煌太阳能有限公司、江苏元升太阳能集团有限公司、江苏光芒厨卫太阳能科技有限公司、艾欧史密斯(中国)热水器有限公司、北京天韵太阳科技发展有限公司、北京天普太阳能工业有限公司。

本标准主要起草人:何涛、贾铁鹰、张昕宇、郑瑞澄、刘海波、邹洪威、赵大山、黄永伟、肖红升、潘保春、马光柏、窦建清、焦青太、张江平、马志贵、吴道元、王锁刚、敖凯平、房峰杰、任杰。

带辅助能源的家用太阳能热水系统 热性能试验方法

1 范围

本标准规定了室外条件下带辅助能源的家用太阳能热水系统的热性能测试方法。

本标准适用于贮热水箱容积在 0.6 m^3 以下的带辅助能源的家用太阳能热水系统。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB 3100 国际单位制及其应用(GB 3100—1993, eqv ISO 1000:1992)

GB/T 12936 太阳能热利用术语

GB/T 18708—2002 家用太阳能热水系统热性能试验方法

GB/T 19141 家用太阳能热水系统技术条件

GB/T 19565 总辐射表

JJG 458 总辐射表

ISO 9488:1999 太阳能术语

3 术语和定义

GB 3100、GB/T 12936、GB/T 19141、GB/T 18708—2002 和 ISO 9488:1999 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

带辅助能源的家用太阳能热水系统 domestic solar-plus-supplementary water heating system

由太阳能集热器、贮热水箱、管道、辅助能源及控制器等组成,又称带辅助能源的家用太阳能热水器,用于加热贮热水箱内水的装置,在住宅、小型商业建筑或公共建筑中使用。

4 符号与单位

GB/T 18708—2002 使用的符号适用于本标准,本标准还使用的符号和单位见附录 A。

5 系统分类

带辅助能源的家用太阳能热水系统按 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 带辅助能源的家用太阳能热水系统分类

特 征	类 型		
	a	b	c
1	电辅助能源	燃气辅助能源	其他辅助能源
2	直接式	间接式	
3	敞开式	开口式	
4	充满式	回流式	封闭式
5	自然循环式	强迫式	排放式
6	循环式	直流式	
7	分离式	紧凑式	闷晒式

5.1 特征 1

- a) 电辅助能源——以电加热器或电热水器为辅助能源,辅助能源仅用于加热贮热水箱内的水;
- b) 燃气辅助能源——以燃气燃烧器或燃气热水器为辅助能源,辅助能源仅用于加热贮热水箱内的水;
- c) 其他辅助能源——采用上述 2 种之外辅助能源,辅助能源仅用于加热贮热水箱内的水。

5.2 特征 2~特征 7

特征 2~特征 7 同 GB/T 18708—2002 的 5.2~5.7。

6 试验要求

6.1 系统要求

6.1.1 一般要求

对带辅助能源的家用太阳能热水系统进行试验前,应注意下列事项:

6.1.1.1 太阳能热水系统的贮热水箱与辅助能源系统分离的家用太阳能热水系统,其太阳能部分性能应不受辅助能源影响,辅助能源将影响系统的最大供热量。系统中带有太阳能预热部分和分离的辅助能源部分都应视为系统的一部分,并与系统一起进行测试。

6.1.1.2 如果辅助能源与太阳能贮热水箱为一个整体,且辅助能源可以连续工作或夜间使用的系统应按本标准的规定进行试验。

6.1.2 试验系统的安装

系统的各个部件应按照制造商的要求进行安装。系统的控制器应按制造商的要求设置。在制造商没有安装要求时,系统应按照以下要求进行安装。

系统的安装应安装牢固,保证人身安全,要考虑到玻璃可能破裂和热流体的泄漏。

系统应安装在制造商提供的安装支架上。如制造商未提供支架,除非特别指明(例如系统是屋面的一部分),应使用敞开式的安装系统。系统的安装不得遮挡集热器的采光面,安装支架不应影响集热器侧面和背面或水箱的保温。

除了闷晒式系统和紧凑式系统外,水箱均应安装在制造商要求的最低位置。

对于贮热水箱与集热器分离的系统,集热器与水箱间的连接管道的总长度应不大于 15 m(例如 2×7.5 m)。管道的直径和保温应与制造商的安装指南一致。

6.1.3 集热器安装

应按制造商要求或者实际安装时的角度确定系统试验时集热器的倾斜角度,报告中应记录试验时集热器的倾角。集热器倾角在整个试验过程中保持不变。

集热器应面向正南安装。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。

试验期间,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,且集热器所在位置视野内没有明显的障碍物。

系统周围温度应与环境温度一致。例如,系统不能安装在冷却塔,烟囱或者排风口附近。

6.1.4 液体流动系统

应采用图 1 所示的试验回路。回路中使用的管道材料应能承受高达 95 ℃ 的系统工作温度。系统管道应尽量短,尤其是冷水入口处的温度控制装置与水箱进口处之间的管道,同时这段管道应采取保温措施。

传感器和水箱(进出口)之间的管道应采取保温措施。

流量控制设备和流量计应安装在系统冷水进口管道上。流量控制设备应控制通过水箱的流量为 $(600 \pm 50) \text{ L/h}$ 。

如被测系统采用泵循环,应在集热器环路中安装流量计测量流量,流量计的测量准确度为 $\pm 5\%$ 。

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。强迫循环系统试验时,应使用厂家推荐的流量。如果设计的太阳能集热器回路使用防冻液,在本标准中所列的试验步骤中应使用符合制造商的要求的防冻液。

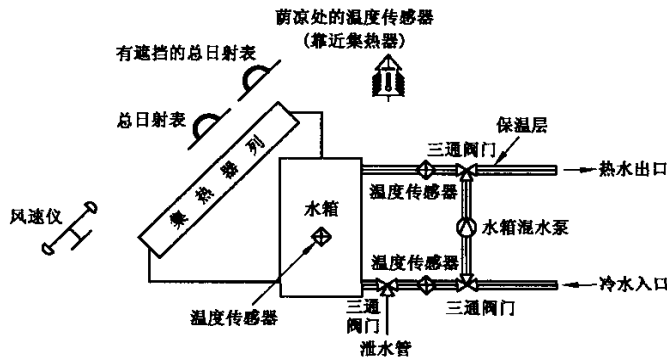


图 1 系统性能试验装置示意图

6.2 测量要求

6.2.1 总辐射表

总辐射表应根据 JJG 458 的规定进行校准。在标定周期内总辐射表的年稳定性达不到 GB/T 19565 的规定时,应增加总辐射表的校准次数或更换总辐射表。

6.2.2 温度

6.2.2.1 准确度、精度和响应时间

温度测量仪器以及二次仪表的精度和准确度应在表 2 给出的限值之内。响应时间宜小于 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
通过热水系统的温差(冷水入口到热水出口)/K	± 0.1	± 0.1
通过辅助能源的温差/K	± 0.1	± 0.1

6.2.2.2 环境温度

环境温度传感器应放置在高于地面 1 m 处同时离集热器和系统组件大于 1.5 m 小于 10 m 处的百叶箱内。

6.2.2.3 进水温度

在系统正常工作条件下系统测试无需控制系统的进水温度,为了避免测量误差,应采取措施避免系统进水温度急剧变化。

6.2.3 液体流量

液体流量的测量准确度应等于或小于测量值的 $\pm 1.0\%$,该测量值的单位为千克每时(kg/h)或升每时(L/h)。

6.2.4 电量

电能测量仪器及其相关的读取仪表的准确度要在测试值的 $\pm 1\%$ 之内,或者 $15\text{ W}\cdot\text{h}$,两者之间取较大值。

6.2.5 其他燃料

太阳能热水系统中使用燃料数量的测量仪器及其相关的读取仪表的准确度要在测试值的 $\pm 1\%$ 之内。如果辅助能源为燃气,应给出燃气热值的准确度。

辅助能源与贮热水箱是分离的家用太阳能热水系统,应使用符合 6.2.2 和 6.2.3 要求的传感器测量传递到贮热水箱的热量。

6.2.6 质量

质量测量的准确度应为 $\pm 1\%$ 。

6.2.7 计时

计时测量的准确度应为 $\pm 0.20\%$ 。

6.2.8 周围空气速度

测试期间风速测量的准确度为 $\pm 0.5\text{ m/s}$ 。

7 试验过程及结果

带辅助能源的太阳能热水系统的热性能试验分为单天热性能试验和长期热性能试验,单天热性能试验用于对系统进行评定,长期热性能试验用于对系统长期热性能进行评估。

7.1 单天热性能试验

7.1.1 试验方法

单天实验前,罩上集热器以避免太阳直射,系统按照规定的条件上水,启动混水泵,以 $400\text{ L/h}\sim 600\text{ L/h}$ 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,5 min 内贮热水箱内水温 t_b 变化不大于 $\pm 0.2\text{ }^\circ\text{C}$ 时,停止混水,除去集热器表面的遮挡,开始试验,当太阳辐照达到 $(12\pm 0.1)\text{ MJ/m}^2$ 时,遮挡集热器表面,避免日射,启动混水泵,以 $400\text{ L/h}\sim 600\text{ L/h}$ 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,5 min 内贮热水箱内水温 t_n 变化不大于 $\pm 0.2\text{ }^\circ\text{C}$ 时,启动辅助加热,此时贮热水箱内水体积 V_s 中所含的得热量 Q_s ,应用式(1)计算:

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

集热器内贮存的热量不计入在内。

辅助加热停止温度设定在 $45\text{ }^\circ\text{C}$,至少 5 min 内贮热水箱内水温 t_{t2} 变化不大于 $\pm 0.2\text{ }^\circ\text{C}$,停止混水。太阳能热水系统的总热负荷 Q_T 应用式(2)计算:

$$Q_T = \rho_w c_{pw} V_s (t_{t2} - t_b) \quad \dots\dots\dots (2)$$

测试期间,环境空气速度满足 7.2.2.1 的要求。

7.1.2 试验结果

单天试验结束后,带辅助能源的家用太阳能热水系统日太阳能保证率 f 用式(3)表示:

$$f = \frac{Q_s}{Q_T} \quad \dots\dots\dots (3)$$

7.2 长期热性能试验

7.2.1 总则

本标准规定的试验过程考虑了水箱中太阳能加热部分和辅助加热部分的混合作用。应在典型的热负荷条件下对系统进行测试。试验过程包括无太阳辐射(仅辅助加热)测试和太阳能保证率比较高的测试。

每个试验周期包括 5 d~15 d 的测量,从中选择太阳辐照比较相近的两天作为试验周期的开始和结束日期。对太阳辐照的监测至少要坚持 21 个稳定试验周期。

长期热性能试验要满足 7.2.2 规定的试验条件,按 7.2.3 和 7.2.4 的规定进行。

7.2.2 试验条件

7.2.2.1 环境空气速度

集热器附近的空气平均风速不大于 4 m/s,测试期间集热器附近的风速偏离平均值不应超过 $\pm 25\%$ 。

对于集热器与屋面结合的系统,集热器背面应做好防风措施,同时在报告中做好记录。

7.2.2.2 辅助能源运行

测试期间,辅助能源可以连续运行也可以定时运行,温控器应按照厂家要求进行设定。试验期间不应改变温控器和时钟的设定值。

7.2.2.3 用水时间表

试验期间,系统用水所含热量应符合表 3 的规定。

用水应按照时间表中规定的时间间隔进行,通过热表计量所传输的热量,当用热量满足规定的热量值时,停止排水。

表 3 用热量时间表

时 刻	用热量占日总供热量的比例/%
07:00	5
08:00	5
11:00	5
13:00	5
15:00	15
16:00	15
17:00	25
18:00	25

7.2.2.4 系统供热标称参数

生产厂家应给出在没有太阳辐照情况下系统的日供热量和最低的供水温度。

7.2.3 无日照试验

7.2.3.1 总概述

无日照试验是为了确定当太阳辐射输入为零时,辅助加热系统加热能力和供水水温是否符合厂家标称参数,无日照试验仅用于长期热性能试验。根据表 3 的规定进行测试。

因为系统的加热能力或者供水温度可能与标称不符,厂家可以改变温控器的设定值,无日照试验应根据新的设定值重新进行,有日照条件下的测试应采用新的设定值。

7.2.3.2 系统设置

对于无日照试验,所有连接都应按照正常使用情况安装。集热器应避免日射,集热器表面应采取遮挡措施。

无日照试验温控器设定值和辅助能源工作方式同样适用于有日照试验。

7.2.3.3 试验方法

试验时,系统应与冷水供水相连接,系统内水温应在 $15\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 内。根据厂家标称的供热量按表 3 中的顺序排水,在温控器第一次动作之前,辅助能源始终开启。

温控器第一次动作之后,系统应以恒定日供热量运行 5 d。如果系统供水水温低于标称供水温度,试验应停止,以较低供热量重新开始试验。

如果第 3、4、5 天辅助能源提供的热量变化小于标称负荷的 $\pm 2\%$,系统性能数据取后 3 d 的平均值。如果第 3、4、5 天辅助能源提供的热量变化大于或等于标称负荷的 $\pm 2\%$,试验期应延长至 8 d,系统性能数据取第 3 天到第 8 天的平均值。应对 4 个无日照试验周期(每个周期持续 3 d~6 d)的数据进行评价。

7.2.4 有日照试验

7.2.4.1 供热量

对于有日照试验,应至少按照三种不同的供热量对系统性能进行评估。对于连续加热系统,最大供热量与最小供热量之差至少应是厂家规定的标称负荷的 50%,对于夜间供热的系统,最大供热量与最小供热量之差至少应是厂家规定的标称负荷的 75%。测试的供热量的变化范围可以从厂家标称负荷的 50%至满足最低供水温度下的最大供热量。第一个供热量应为系统的标称负荷。应根据试验周期要求和标称最低供水温度确定其他两个供热量。中间供热量应近似等于最大值和最小值的中间值。

对于最大供热量,供水温度可能会低于标称最低供水温度。在这种情况下,如果满足下面其中一条,试验停止:

- a) 如果在标称最低供水温度时仍有剩水,应继续试验,直至系统提供的能量满足试验要求;
- b) 温度低于标称最低供水温度 5 K。

7.2.4.2 试验周期

对每一个供热量,应进行 7 个周期的试验,每个周期不少于 5 d。

试验周期可从 5 d~15 d。系统性能数据取 5 d~15 d 内的平均值。

试验周期应满足下列要求:

- a) 在试验周期开始之前,系统应按照要求的供热量至少运行 2 d;
- b) 从试验周期开始到结束,输入系统的日辅助能量的变化应小于日负荷的 3%;
- c) 从试验周期开始到结束,太阳辐照量的变化应小于 $5\text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;
- d) 整个试验周期内,日供热量变化范围应在平均负荷的 $\pm 15\%$ 范围内;
- e) 整个试验周期内,太阳能保证率 f 应小于 0.90。
- f) 试验周期内的每一天中,太阳能保证率应大于水箱热损与负荷的比值,水箱热损为无日照试验时的水箱热损,用式(4)表示:

$$Q_{T,LOS} = (Q_{L,NS} - Q_{AUX,NS}) \frac{(t_d - t_e)_S}{(t_d - t_e)_{NS}} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$Q_{T,LOS}$ ——无日照试验期内水箱热损;

$Q_{AUX,NS}$ ——无日照试验期内日辅助能源供热量;

$Q_{L,NS}$ ——无日照试验期内日供热量;

t_d ——供水平均温度;

t_e ——环境空气温度。

7.2.4.3 试验周期内的测量值

带辅助能源的家用太阳能热水系统的太阳能保证率 f 是 $H/Q_{L,S}$ 和 $(t_d - t_e)/Q_{L,S}$ 的函数。为了与室外试验数据关联,测量值应覆盖这两个参数。为了确保参数 $(t_d - t_e)/Q_{L,S}$ 的范围满足要求,至少要进

行 3 个日供热量试验,为了确保参数 $H/Q_{L,S}$ 的数值范围满足要求,试验周期应满足表 4 的规定。应至少有 4 个数据来自于从中间值到最高太阳能保证率的试验周期内的测试数据,例如 $f>0.4$ 的数据点。

如果最初的 21 个有日照试验测量值(每个供热荷至少 7 个值)不能满足表 4 的要求,试验应按照合适的供热量继续进行,直到供热量的数据分布满足表 4 的要求。

表 4 试验测量值分布要求

太阳辐照量和负荷的标准比值 ($H/Q_{L,S}$)/($H/Q_{L,S}$) _{max}	最少数据点个数
1~0.7 或 1~0.6	5
0.7~0.4 或 0.6~0.3	5
注: ($H/Q_{L,S}$) _{max} 为有效试验期内 ($H/Q_{L,S}$) 的最大值。	

7.2.5 结果分析和说明

每天试验结束后,带辅助能源的家用太阳能热水系统太阳能保证率 f 用式(5)表示:

$$f = \frac{Q_{L,S} - Q_{AUX,S}}{Q_{L,S}} \dots\dots\dots (5)$$

在不同条件下带辅助能源的太阳能热水系统的太阳能保证率可由式(6)表示:

$$f = \left[a_1 + a_2 \frac{(t_d - t_e)}{Q_{L,S}} \right] \frac{H}{Q_{L,S}} + a_3 \frac{(t_d - t_e)}{Q_{L,S}} \dots\dots\dots (6)$$

式中系统的系数 a_1 、 a_2 和 a_3 由实验结果用最小二乘法确定。

附 录 A
(规范性附录)
符号和单位

表 A.1 为本标准使用的符号和单位。

表 A.1 符号和单位

符 号	意 义	单 位
a_1	描述带辅助能源的家用太阳能热水系统性能的系数	1
a_2	描述带辅助能源的家用太阳能热水系统性能的系数	MJ/℃
a_3	描述带辅助能源的家用太阳能热水系统性能的系数	MJ/℃
ρ_w	水的密度	kg/m ³
V_s	贮热水箱中流体容积	m ³
c_{pw}	水的比定压热容	J/(kg·℃)
f	太阳能保证率	1
H	日太阳辐照量	MJ/(m ² ·d)
Q_s	贮热水箱内水体积 V_s 中所含的得热量	MJ
Q_T	单天测试时,太阳能热水系统总热负荷	MJ
$Q_{AUX,S}$	太阳能热水系统每天消耗的辅助能源	MJ/d
$Q_{T,LOS}$	无日照实验时水箱热损失	MJ/d
$Q_{L,NS}$	无日照试验期内日供热量	MJ/d
$Q_{L,S}$	太阳能热水系统日供热量	MJ/d
t_f	贮热水箱内结束水温	℃
t_e	有效环境温度 $t_e = t_a + (t_a - t_{main})/2$	℃
t_a	环境空气的温度	℃
t_{main}	冷水供水温度	℃
t_d	热水供水温度	℃

参 考 文 献

- [1] EN 12976-1;2006 太阳能热利用系统和部件 工厂制造的系统 第1部分:总体要求
 - [2] EN 12976-2;2006 太阳能热利用系统和部件 工厂制造的系统 第2部分:试验方法
-