

太阳能空气集热器热性能试验方法 (GB/T 26977-2011)

1 范围

本标准规定了太阳能空气集热器热性能的试验方法及计算程序。

本标准适用于利用太阳辐射加热、有透明盖板、传热工质为空气的只有单一入口和单一出口的平板型太阳能空气集热器(以下简称平板型集热器),以及传热工质为空气的非聚光型全玻璃真空管型太阳能空气集热器(以下简称真空管型集热器)。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 3100 国际单位制及其应用

GB/T 4271 太阳能集热器热性能试验方法

GB/T 12936 太阳能热利用术语

GB/T 19141 家用太阳热水系统技术条件

JJG 458 总辐射表

JJG 1032 光学辐射计量名词及定义

ISO 9060 太阳能用于测量总辐射和直接辐射的测量仪表技术要求与分类 (Solar energy-Specification and classification of instruments for measuring hemispherical solar and direct solar radiation)

ISO 9488:1999 太阳能术语 (Solar energy-Vocabulary)

3 术语和定义

GB 3100、GB/T 12936、GB/T 19141、JJG 1032和ISO 9488:1999界定的术语和定义适用于本文件。

4 符号与单位

本标准使用的符号及单位见附录A。

5 集热器的安装与场所

5.1 集热器试验台架

集热器试验台架不应遮挡集热器的采光面,不应影响集热器背面、侧面和集热器进出口的隔热保温。台架应采用开放式结构,不影响空气沿集热器各个面的自由流动。集热器的最低边离地面不应小于0.5m。在屋顶上试验时,台架距屋顶边缘的距离应大于2m。

集热器试验台架应能手动或自动跟踪太阳方位角或高度角。

5.2 倾角

对于仅跟踪太阳方位角的试验台架,安装集热器时应使采光面与水平面的倾角为当地纬度 $\pm 5^\circ$,但不应小于 30° 。

。

集热器也可以根据生产厂家的要求和实际安装的倾角进行试验。

5.3集热器方位

可通过手动或自动的方法使集热器跟踪太阳的方位角。

5.4直接辐射的遮挡

在试验期间,不应有任何阴影投射到集热器上。

5.5散射辐射和反射辐射

试验场所周围应无反射比大于0.2的物体。试验期间,周围物体表面不应有明显的太阳辐射反射到集热器上,天空内不应有遮挡阳光直射集热器的物体。

5.6热辐射

邻近集热器物体的表面温度应接近环境温度,以避免周围物体热辐射(红外)对集热器的影响。

5.7风

集热器应安装在风能够自由通过其采光面、背面和侧面的地方,与采光面平行的平均风速应保持在8.3.2所规定的范围内。

6仪器与测量

6.1太阳辐射测量

6.1.1总辐射表

应使用符合ISO 9060规定的一级总辐射表对来自太阳和天空的全部辐射进行测量。

6.1.1.1防止温度梯度影响

总辐射表在进行数据采集前应放置于典型的试验位置至少30min,以使总辐射表与所处环境达到热平衡。

6.1.1.2防止湿气影响

应采取适当措施防止湿气在总辐射表上凝结而影响其读数,总辐射表应带有易于检验的干燥剂,在每次测量前后都应干燥剂进行观察,确认其有效。

6.1.1.3总辐射表的室外安装

总辐射表传感器的安装应与集热器采光口平行,两平面平行度相差应小于 $\pm 1^\circ$ 。在试验期间,总辐射表不得遮挡集热器采光口。总辐射表应安装在能够接受到与集热器相同直射、散射和反射太阳辐射的地方。

在室外试验时,应将总辐射表座体及其外露导线保护起来,以防被太阳晒热。应减少集热器对总辐射表的反射和再辐射。

6.1.1.4校准周期

总辐射表应根据JJG 458的规定进行校准。

6.1.2直接日射入射角的测量

直接日射入射角可用日唇测量,日唇应安装在集热器平面的一侧。

直接日射入射角(θ)也可由太阳时角(ω)、集热器倾角(β)、集热器方位角(γ)和试验地的纬度(ϕ)计算,按式(1)计算:

$$\cos\theta = (\sin\delta\sin\phi\cos\beta) - (\sin\delta\cos\phi\sin\beta\cos\gamma) + (\cos\delta\cos\phi\cos\beta\cos\omega) + (\cos\delta\sin\phi\sin\beta\cos\gamma\cos\omega) + (\cos\delta\sin\beta\sin\gamma\sin\omega) \dots\dots\dots(1)$$

式中:一年中第 n 天的太阳赤纬计算如下:

$$\delta = 23.45\sin[360(284 + n)/365]$$

6.2热辐射测量

在集热器试验中一般不考虑室外热辐照度的变化对集热器测试的影响。可以在集热器采光口平面一侧的中间位置安装地球辐射表以测定集热器采光口上的热辐照度。

6.3温度测量

6.3.1空气进口温度 (t_i)测量

6.3.1.1测量准确度

空气进口温度的测量准确度应为 ± 0.2 。

6.3.1.2传感器的安装

考虑到流体进口段的影响,温度传感器的安装位置距集热器进出口的距离如图 2 所示,在测温位置上,应至少均匀安装 6 个温度传感器,并取平均温度作为测量值。对如图 1 所示的圆形管道,在圆心位置布置 1 个点,在离圆心 $\frac{\sqrt{2}}{2}D$ 的位置均匀布置 5 个点。

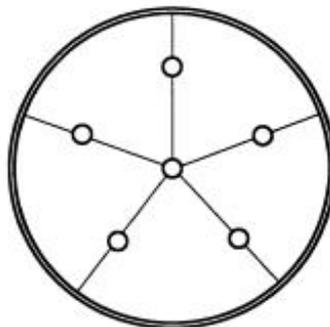


图 1 空气进口和出口温度传感器推荐安装位置示意图

6.3.2空气进出口温度 t_0 测量

集热器进出口温度差的测量准确度应为 ± 0.2 。

6.3.3环境空气温度 (t_1)测量

6.3.3.1测量准确度

测量环境空气温度的准确度为 ± 0.5 。

6.3.3.2传感器的安装

在室外试验时,环境温度传感器应安置在距被测集热器10m以内的白色百叶箱中。百叶箱安装高度应为集热器中间的高度,但百叶箱的距地面高度不应小于1m。

若使用风机驱动空气流过集热器时,风机出口温度与环境空气温度的差应在 ± 1 以内。

6.4湿度测量

6.4.1测量准确度

空气进口湿度 (RH) 的测量准确度应为 $\pm 2\%$ (10%—90%)。

6.4.2传感器的安装

湿度传感器安装在空气进口、处。

6.5空气质量流量测量

6.5.1测量准确度

空气质量流量测量的准确度应为 $\pm 3\%$,

6.5.2流量计的安装

流量计的安装如图2所示。为保证测量准确度,其进口段1和出口段1的长度应不小于5D,进口段2和出口段2应不小于3D。

6.6风速测量

随着流经集热器的空气流动速度增加,集热器的热损失相应增加,但是风向对于热损失的影响还不清楚,因此在集热器效率测试中不测量风向。

进行室外集热器试验时,空气流速很少为常数,应取试验期间的平均风速,空气流速测量的准确度应为 $\pm 0.5\text{m/s}$ 。

6.7时间间隔(Δt)测量

时间间隔测量的准确度应为 $\pm 0.2\%$ 。

6.8测量仪器及数据记录仪

测量仪器及测量系统的最小刻度不应超出规定准确度的两倍。

数据处理技术或电子积分仪的准确度应等于或优于测量值的 $\pm 1.0\%$,

模拟和数字记录仪的准确度应等于或优于总量的 $\pm 0.5\%$,时间常数应等于或小于1s。峰值信号指示应在总量的50%—100%之间。

6.9集热器面积的测量

集热器面积(总面积、采光面积、吸热体面积或轮廓采光面积)的测量准确度应为 $\pm 0.1\%$ 。

7试验台架

7.1总体结构

图2给出了太阳能空气集热器试验台架示意图。

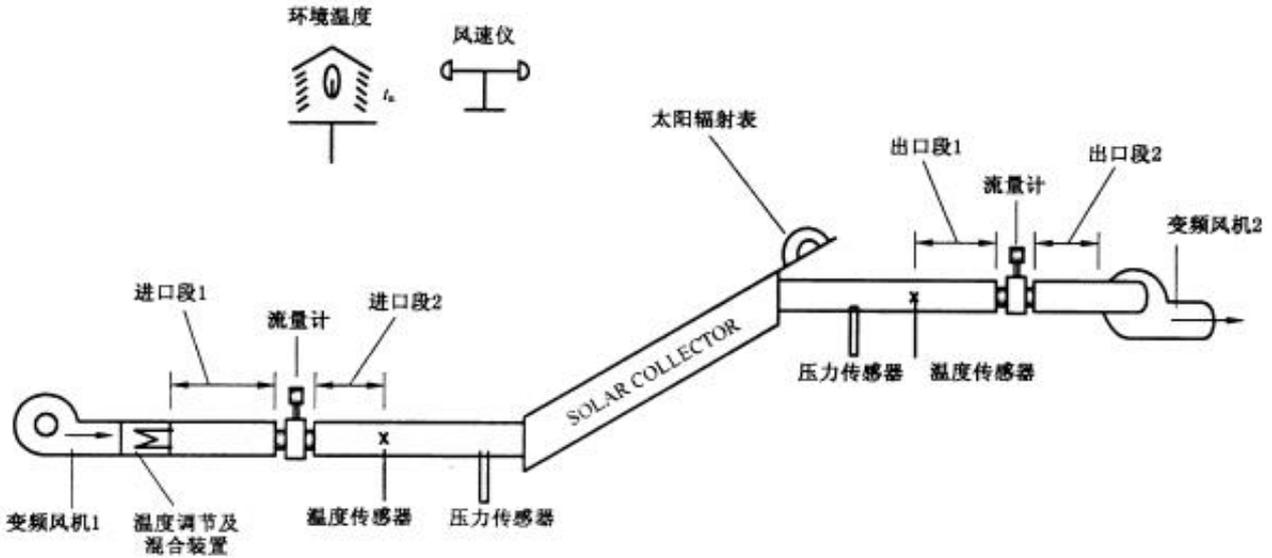


图 2 太阳能空气集热器试验台架示意图

7.2 传热工质

在试验期间空气工作的温度和温度范围内，由于传热工质一般为湿空气，其密度和比热容按式(2)计算：

$$\rho_{ma} = \rho_{da} + \rho_v = \frac{P_{ma} - P_v}{R_{da} T} + \frac{P_v}{R_v T} = \frac{P_{ma}}{R_{da} T} \left[1 - \frac{R_v - R_{da}}{R_v} \frac{\phi P_s(t)}{P_{ma}} \right] \quad \dots\dots\dots(2)$$

$P_s(t)$ 可以从热物性质表中查取，也可从式(3)的拟合公式计算得到：

$$P_s(t) = \exp(6.42 + 7.2 \times 10^{-2} \times t - 2.71 \times 10^{-4} \times t^2 + 7.23 \times 10^{-7} \times t^3) \quad \dots\dots\dots(3)$$

式(2)中, $R_{da} = 287.06 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, $R_v = 461.52 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, 因此式(2)可写为：

$$\rho_{ma} = \frac{P_{ma}}{R_{da} T} \left[1 - 0.378 \frac{\phi P_s(t)}{P_{ma}} \right] \quad \dots\dots\dots(4)$$

湿空气的比定压热容按式(5)计算：

$$c_{pma} = X_{da} c_{pda} + X_v c_{pv} = \frac{c_{pda}}{1 + d(t)} \left[1 + d(t) \frac{c_{pv}}{c_{pda}} \right] \quad \dots\dots\dots(5)$$

式(5)中：

$$d(t) = \frac{X_v}{X_{da}} = 0.622 \frac{\phi P_s(t)}{P_{ma} - \phi P_s(t)} \quad \dots\dots\dots(6)$$

而 c_{pda} 、 c_{pv} 可从干空气和水蒸气的热物性质表查得，也可按下述拟合公式计算得出，见式(7)~式(8)：

$$c_{pda} = 1.00687 \times 10^3 - 8.722 \times 10^{-2} \times t + 1.236 \times 10^{-4} \times t^2 \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$c_{pv} = 1.85314 \times 10^3 + 0.6133 \times t + 1.014 \times 10^{-3} \times t^2 \quad \dots\dots\dots(8)$$

在确定集热器的热效率曲线、时间常数和入射角修正系数的试验过程中，空气的质量流量应保持一致。

7.3 管道布置与组装

管道推荐为圆形，外层需作良好的保温及防湿处理。

从空气温度调节器出口到集热器进口之间的管道应保持最短，以减少环境对工质进口温度的影响。但也应充分考虑空气进口段及各种传感器位置对流动的影响。

温度、压力及流量的测量点和集热器进出口之间的管道应采用隔热和防晒反射涂层进行保护，使管道内的温降不超过0.5。

在流量计或风机的人口前安装空气过滤器。

空气的泄漏对流量测量有很大影响,应密封除空气集热器外的所有联接处,使空气泄漏小于额定工作量的1%。

7.4 风机及流量控制装置

根据集热器的工作特点,在如图2所示的测试台架上设置两个变频风机,当集热器在正压下工作

时,用变频风机1提供气流,当集热器在负压下工作时,用变频风机2提供气流。

安装在空气集热器试验回路中的风机,应不影响集热器温度控制或温度测量。

试验期间,在任何进口温度下,风机及流量控制装置应能维持稳定的流量,流量的变化范围应稳定在 $\pm 3\%$ 以内。

7.5 空气温度调节

集热器试验回路应在集热器工作的温度范围内,具有保持集热器进口温度恒定的能力,同时应避免集热器进口温度的漂移。

8 室外稳态效率试验

8.1 试验装置

集热器的安装应符合第5章的规定,试验回路的连接应符合第7章的规定。空气一般应从集热器进口流到出口,也可以根据生产厂家的要求确定集热器中空气的流向。

8.2 集热器试验前处理

试验前应对集热器进行外观检查,并做好记录。

试验前应对集热器采光口的盖板表面、真空管表面或反射器表面进行彻底清洁。

如果集热器部件上有水汽,应使用热空气在集热器中循环一段时间,烘干隔热材料和集热器外壳。

如果进行该项处理,应在检测报告中进行说明。

8.3 试验条件

8.3.1 太阳辐照度

试验期间,集热器采光面上的总太阳辐照度应不小于 $700\text{W}/\text{m}^2$,试验期间总太阳辐照度的变化应不大于 $\pm 50\text{W}/\text{m}^2$ 。

8.3.2 风速

试验期间,周围环境风速不应高于 $4\text{m}/\text{s}$ 。

8.3.3 环境湿度

试验期间,周围环境空气湿度(RH)不应高于80%。

8.3.4 工质质量流量

工质质量流量根据生产厂家推荐的流量值进行试验。

8.3.5 直接日射入射角

集热器采光口上的直接日射入射角应保持在入射角的 $\pm 2.5^\circ$ 的范围之内。

8.4 试验程序

为了测定集热器的效率特性,集热器试验应在晴朗天气条件下集热器的工作温度范围内进行。对于数据点的选取,应在集热器工作温度范围内至少取四个间隔均匀的空气进口温度。

为了获得70,其中一个进口温度应使集热器空气平均温度与环境空气温度之差在 $\pm 5^\circ\text{C}$ 之内。应根据集热器的最高工作温度确定最高空气进口温度。

对每个空气进口温度至少取四个独立的数据点,每个瞬时效率点的测定时间间隔应不少于3min。

在试验期间,应按8.5中所规定的项目进行测量。在上述时间间隔内,每分钟至少一次定时采集8.5中b), c), d), e), f), g), h), i), j) 测量参数的数据,以其算术平均值作为该参数的测定值。

8.5 测量

应对以下参数进行测量:

- a) 集热器总面积 A_t 、吸热体面积 A_a 、采光面积 A_c 和轮廓采光面积 A_o ;
- b) 太阳能空气集热器采光面上太阳辐照度 G ;
- c) 太阳能空气集热器采光面上散射太阳辐照度 G_d ;
- d) 直接日射入射角 θ (通常由计算得出);
- e) 环境风速 U ;
- f) 环境空气温度 t_0 ;
- g) 空气进口平均温度 t_1 ;
- h) 空气出口平均温度 t_2 ;
- i) 空气质量流量 m ;
- j) 进口空气湿度。

8.6 试验周期(稳态)

稳态数据点的试验周期应包括至少12min的预备期和至少12min的稳态测量期。

如果试验参数偏离它们在试验周期内的平均值不超过表1规定的范围,则可认为在给定试验周期内集热器处于稳态工况。

表 1 试验周期内测量参数的允许偏离范围

参数	平均值允许偏离范围
太阳辐照度	±50 W/m ²
环境空气温度	±0.5 ℃
空气质量流量	±1.5%
集热器进口空气温度	±0.5 ℃
进口空气相对湿度	±3%

8.7 试验结果的表示

应对测量结果进行整理，形成一组满足稳态运行试验条件的数据点。

8.8 集热器效率的计算

对非聚光集热器，效率按式(9) 进行计算：

$$\eta = (A_s/A_g) F_R \left[(\tau\alpha)_e - U_L \frac{(t_{i,i} - t_s)}{G} \right] = (\dot{m} c_{p,ma} (t_{f,e} - t_{f,i}) / A_g G) \dots\dots\dots (9)$$

由于空气集热器的泄漏，进出口传热工质的流量将有不同，应考虑空气泄漏对集热器效率的影响。若集热器在正压下工作时，泄漏流量 \dot{m}_L 为进出口流量之差，见式(10)：

$$\dot{m}_L = \dot{m}_e - \dot{m}_i \dots\dots\dots (10)$$

当集热器在负压下工作时，部分环境空气将会被吸入集热器，实际有用能见式(11)：

$$q_u = \dot{m}_e h_{f,e} - (\dot{m}_i h_{f,i} - \dot{m}_L h_s) \dots\dots\dots (11)$$

若忽略集热器中与环境空气中的湿度差别，假定热容为常数，式(4)可表示为式(12)：

$$q_u = \dot{m}_e c_p (t_{f,e} - t_{f,i}) + (\dot{m}_e - \dot{m}_i) c_p (t_{f,i} - t_s) \dots\dots\dots (12)$$

所以，式(2)中的流量 \dot{m} 应为式(13)：

$$\dot{m} = \dot{m}_e + (\dot{m}_e - \dot{m}_i) (t_{f,i} - t_s) / (t_{f,e} - t_{f,i}) \dots\dots\dots (13)$$

当集热器在正压下工作时，由于加热的空气部分从集热器进入环境，减少了有用能，相当于增加了集热器热损，此时在上述公式仍适用，但 $\dot{m}_L < 0$ 。

9 稳态效率—流量试验

在集热器设计的最小流量与最大流量间包括最小流量与最大流量间均匀取 5 个流量，按第 8 章的方法进行试验，得到一组不同 \dot{m} 下的 η 值，并绘制出 $\eta-\dot{m}$ 的曲线。

10 集热器入射角修正系数

根据 GB/T 4271 规定的方法进行试验和计算。

11 太阳能集热器热性能检测报告

太阳能集热器热性能检测报告格式见附录 B。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/73820.html>