

团体标准

T/CCMSA××-2020

高性能平板型太阳能集热器

High Performance Flat Plate Solar Collectors

(征求意见稿)

2020 - ×× - ××发布

2020 - ×× - ××实施

中国建筑金属结构协会

目 录

目 录.....	I
前 言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 符号与单位.....	2
5 产品分类与标记.....	2
6 技术要求.....	2
7 试验方法.....	5
8 检验规则.....	13
9 标志、包装、运输、贮存.....	13
附录 A 平板型太阳能集热器能效等级.....	14

前 言

本标准依照《标准化工作导则》GB/T 1.1-2009，《团体标准化 第1部分：良好行为指南》GB/T 20004.1-2016，《团体标准化 第2部分：良好行为评价指南》GB/T 20004.2-2018编写的有关要求，以及《中国建筑金属结构协会团体标准管理办法(试行)》(中建金协【2017】19号)的相关规定制定。

本标准由中国建筑金属结构协会团体标准管理中心归口管理。

本标准编制的技术依托为中国建筑金属结构协会团体标准专家委员会。

本标准在编制过程中，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内标准，并在广泛征求意见的基础上，最后经审查定稿。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由XXXXXXX负责具体技术内容的解释。执行中如有意见或建议，请寄送XXXXXXX（地址：XXXXXXX）。

本标准主编单位：XXXXXXX

本标准参编单位：XXXXXXX

XXXXXXX

本标准主要起草人员：XXXX XXXX XXXX

本标准主要审查人员：XXXX XXXX

高性能平板型太阳能集热器

1 范围

本标准规定了高性能平板型太阳能集热器的术语和定义、符号与单位、产品分类与标记、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存。

本标准适用于利用太阳辐射加热，传热工质为液体的平板型太阳能集热器（包括吸热体为无机材料和有机材料的平板型太阳能集热器）。本标准不适用于储热单元与集热器一体的平板型太阳能集热器。不适用于真空管型太阳能集热器和闷晒式集热器。

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，仅所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 12936 太阳能热利用术语
- JJG 1032 光学辐射计量名词及定义
- ISO 9488 太阳能词汇
- GB/T 6424-2007 平板型太阳能集热器
- GB/T 4271-2007 平板型太阳能集热器热性能试验方法
- GB/T 26974-2011 平板型太阳能集热器吸热体技术要求
- GB/T 12467.3 焊接质量要求金属材料的熔化焊第3部分：一般质量要求(GB/T 12467.3—1998, idt ISO 3834-3: 1994)
- GB/T 1720 漆膜附着力测定法
- GB/T 1771 色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定
- GB/T 5248-2016 铜及铜合金无缝管涡流探伤方法
- GB/T 17791-2017 空调与制冷设备用铜及铜合金无缝管

3 术语和定义

GB 3100、GB/T 12936 JJG 1032和ISO 9488确立的术语和定义适用于本标准。

3.1

高性能平板型太阳能集热器

满足瞬时效率截距 $\eta_{0,a} \geq 0.80$ ，总热损系数 $U \leq 4.0W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ 等本标准规定的性能要求的平板型太阳能集热器。

3.2

标准日总辐照量 (H_{17})

在一年中特定一天获得的太阳辐照量数据，集热器平面上地球太阳辐射累积值，用于计算太阳能集热器理论日得热量，其值为 $17MJ/m^2$ 。

3.3

太阳能集热器理论日得热量 (Q_{L17})

太阳能集热器每日所得能量值，单位 MJ。

3.4

太阳能集热器单位面积理论日得热量 (q_{L17})

太阳能集热器每日所得能量值与集热器面积的比值，单位 MJ/m²。

3.5

太阳能集热器能效等级

表示太阳能集热器能效高低的一种分级方法，分为1、2和3级。

3.6

太阳能集热器平均热效率 (η_m)

无量纲，在集热器热效率实验中，所绘效率曲线中点的取值。

4 符号与单位

本标准使用的符号及单位采用国际单位制。

5 产品分类与标记

参照GB/T 6424-2007 第5条规定。

6 技术要求

6.1 平板型太阳能集热器技术要求应符合表1的规定。

表1 平板型太阳能集热器技术要求

序号	项目	技术要求	试验方法
6.1.1	外观	集热器零部件应易于更换、维护和检查，易固定。吸热体在壳体内应安装平整，间隙均匀。透明盖板若有拼接，必须密封，透明盖板与壳体应密封接触，并考虑热胀影响，透明盖板应无扭曲、划痕。壳体应耐腐蚀，外表面涂层应无剥落。隔热体应填塞严实，不应有明显萎缩或膨胀隆起现象。产品标记应符合标准GB/T 6424-2007第5.2条规定	7.2
6.1.2	耐压	传热工质应无泄漏，非承压式集热器应承受0.06MPa的工作压力，承压式集热器应承受0.6MPa的工作压力	GB/T 6424-2007 7.3
6.1.3	刚度	集热器应无损坏及明显变形	GB/T 6424-2007

			7.4	
6.1.4	强度	集热器应无损坏及明显变形，透明盖板应不与吸热体接触	GB/T 6424-2007 7.5	
6.1.5	闷晒	集热器应无泄漏、开裂、破损、变形或其他损坏	GB/T 6424-2007 7.6	
6.1.6	空晒	集热器应无开裂、破损、变形或其他损坏	7.3	
6.1.7	外热冲击	应进行两次外热冲击试验，外热冲击试验后集热器不允许有裂纹、变形、水凝结或浸水	7.4	
6.1.8	内热冲击	应进行两次内热冲击试验，内热冲击试验后集热器不允许损坏	7.5	
6.1.9	淋雨	集热器的集热板，经正反两面淋雨试验后，应无渗水、破坏和水雾	7.6	
6.1.10	耐冻试验	集热器应无泄漏、损坏、变形、扭曲，部件与工质不允许有冻结	GB/T 6424-2007 7.11	
6.1.11	热性能	<p>a) 瞬时效率截距$\eta_{0,a}$应 ≥ 0.80; 总热损系数U应 $\leq 4.0W/(m^2 \cdot ^\circ C)$; 其中：$\eta_{0,a}$为集热器基于采光面积、进口温度的瞬时效率截距； U为以T_i^*为参考的集热器总热损系数；</p> <p>b) 应作出$(t_c - t_a)$随时间的变化曲线，并给出平板型太阳能集热器的时间常数τ_c；</p> <p>c) 应给出平板型太阳能集热器的入射角修正系数，K_θ随入射角度θ的变化曲线和$\theta=50^\circ$时的K_θ值；</p> <p>d) 能效等级不低于1级</p>	GB/T 4271-2007 附录A	
6.1.12	水雾检查	集热器正常充满水在室外放置5天，集热板内不应出现水雾面积大于1/3版面总面积的情况，如有水雾产生，水雾需能自动消除	7.7	
6.1.13	压力降落	应作出平板型太阳能集热器压力降落特性曲线 $\Delta p \sim \dot{m}$	GB/T 6424-2007 7.13	
6.1.14	耐撞击	耐撞击试验结束后，应无划痕、翘曲、裂纹、破裂、断裂或穿孔	7.8	
6.1.15	涂层	吸热体和壳体的涂层应无剥落、反光和发白现象	目测	
		涂层太阳吸收比	涂层太阳吸收比（AM1.5） ≥ 0.93	GB/T 26974-2011 7.3
		涂层法向发射比	涂层80 $^\circ C$ 时的法向发射比 ≤ 0.10	GB/T 26974-2011 7.3
		涂层附着力	涂层应无剥落，达到GB/T 1720规定的 I 级	GB/T 26974-2011 7.5
		吸热体耐盐雾	经72小时盐雾试验后，涂层、基材及焊缝应无裂纹、起泡、剥落及腐蚀，具体方法应按GB/T 1771标准执行。	GB/T 26974-2011 7.6
		高温耐久性	吸热体表面光学性能的衰减系数不大于0.05	GB/T 26974-2011 7.7
		涂层老化性	经72小时老化性试验后，涂层太阳吸收比不	GB/T 26974-2011

			小于原值的0.95	7.8					
			经72小时老化性试验后,法向发射比值不大于原值的1.05						
		壳体涂层附着力	涂层应无剥落,达到GB/T 1720规定的 I 级	GB/T 26974-2011 7.5					
		壳体涂层耐盐雾	经72小时盐雾试验后,涂层、基材及焊缝应无裂纹、起泡、剥落及腐蚀,具体方法应按GB/T 1771标准执行。	GB/T 26974-2011 7.6					
6.1.16	盖板透射比	透明盖板的透射比 ≥ 0.90		GB/T 6424-2007 7.17					
6.1.17	管道	集管材料和尺寸		材料 TP2 紫铜管		7.9			
				外径/mm	允许偏差/mm				
				$6 \leq r < 15$	± 0.03				
				$15 \leq r < 20$	± 0.04				
				$r \geq 20$	± 0.05				
		流道管材料和尺寸		材料	材料: TP2 紫铜管				
				材料厚度			规格		偏差
							厚度	外径	
				$0.5 \leq d < 0.6$			$6 \leq r < 15$	± 0.03	
							$15 \leq r < 20$	± 0.03	
							$r \geq 20$	± 0.03	
				$0.6 \leq d < 0.8$			$6 \leq r < 15$	± 0.03	
							$15 \leq r < 20$	± 0.04	
							$r \geq 20$	± 0.05	
				$d \geq 0.8$			$6 \leq r < 15$	± 0.04	
							$15 \leq r < 20$	± 0.05	
$r \geq 20$	± 0.06								
壁厚偏心				规格		偏差			
		厚度	外径						
		$0.5 \leq d < 0.6$		$6 \leq r < 15$	0.04				
				$15 \leq r < 20$	0.05				
				$r \geq 20$	---				
		$0.6 \leq d < 0.8$		$6 \leq r < 15$	0.05				
				$15 \leq r < 20$	0.06				
				$20 \leq r$	0.08				
$d \geq 0.8$		$6 \leq r < 15$	0.06						
		$15 \leq r < 20$	0.08						

			$r \geq 20$	0.10	
	涡流探伤	铜管应经过涡流探伤检验			GB/T 5248-2016
	内表面清洁度	内表面残留物应小于等于0.025g/m ²			GB/T 17791-2017 4.9

6.2 吸热体材料与工质接触部位不应溶解出有碍人体健康的物质。吸热体焊接应符合GB/T 12467.3的规定。

7 试验方法

7.1 试验顺序

平板型太阳能集热器的全性能检测或两项以上性能检测应按表2中的顺序进行。在各方均同意或实验室认为必要的情况下而不遵循表2中的检测顺序时，检测顺序的改变应该在检测结果中给出。

对于某些鉴定试验，集热器的一部分可能被破坏，如集热器背面可能需要打一个孔来安装温度传感器来测量吸热体的温度。在这种情况下应该确保任何破坏不至于影响后面的鉴定试验结果，如，淋雨试验可能会受打孔的影响。

表2 平板型太阳能集热器的试验顺序

试验顺序	项目	试验方法
1	外观	7.2
5	耐压	GB/T 6424-2007 7.3
6	刚度	GB/T 6424-2007 7.4
7	强度	GB/T 6424-2007 7.5
8	闷晒	GB/T 6424-2007 7.6
9	空晒	7.6
10	外热冲击	7.7
11	内热冲击	7.8
12	淋雨	7.9
13	耐冻实验	GB/T 6424-2007 7.11
14	热性能	GB/T 4271-2007 附录A
15	水雾检查	7.10
16	压力降落	GB/T 6424-2007 7.13

17	耐撞击	7.11
18	耐压	GB/T 6424-2007 7.3
19	外观	7.2
20	涂层	GB/T 26974-2011 7.3; 7.5; 7.6; 7.7; 7.8
21	透射比	GB/T 6424-2007 7.17
22	管道材质及尺寸	7.13

7.2 外观

7.2.1 试验条件

试验在常温下进行。

7.2.2 试验方法

对样品进行首次和末次两次外观检查，首次检查应在做其他所有检测项目之前进行，末次检查应在完成除涂层、透射比和管道材质及尺寸之外的其他检测项目之后进行。由专业技术人员目视检查。

7.3 空晒试验

7.3.1 试验条件

样品空晒试验期间的气象应至少包含30d（可不连续）满足表3中所示集热器面日总辐照量H、环境温度 t_a 两项要求的天数，并记录空晒期间的每天集热器面日总辐照量H和每天环境温度平均值和最低环境温度值。其中：集热器面日总辐照量H为测试地正午时分前6h和后6h期间辐照量累计值，平均环境温度为测试地正午时分前6h和后6h期间的环境温度平均值。

集热器空晒期间，应至少满足累计时间不少于30h的高于表3所示集热器面辐照度G之值的高辐照度空晒条件，且每次满足条件的空晒时间不得少于30min。

表3 空晒试验气象要求

气象参数名称	气象要求
集热器面辐照度 G	≥ 850 (W/m^2)
集热器面日总辐照量 H	≥ 14 (MJ/m^2)
平均环境温度 t_a	≥ 10 ($^{\circ}C$)

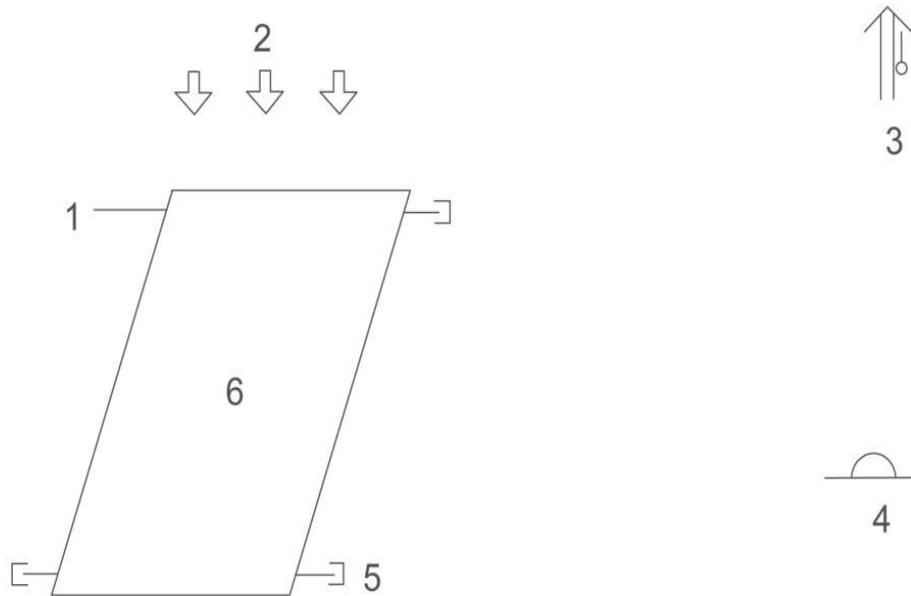
注：在全年气候不能达到上述辐照度条件的地区，可用瞬时效率试验中采用的太阳辐射模拟器对集热器进行30h的高辐射水平（表3）的空晒，而且在进行这30h的高辐射空晒前，要先完成至少10d但不多于15d的最低辐照度空晒（表3）。

如果内、外热冲击试验在空晒试验期间进行，则第一次内、外热冲击试验应在上述30h空晒的前10h内进行，第二次内、外热冲击应在上述30h空晒的最后10h内进行。

7.3.2 试验方法

集热器空置安装在无遮挡的室外（见图1），样品仅打开一个接口，保持其他接口关闭。集热器倾角按厂家要求安装，如厂家无要求时按 30° 倾角安装，安装方位为集热器吸热面正南安装。

环境温度记录精确到 0.1°C ，集热器表面的总辐照度根据ISO 9060标准采用1级总日射表记录。每5min采集一次辐照度和环境温度值，每天记录一次集热器面日总辐照量和每日平均环境温度及降水量，集热器应空晒至满足试验条件的各项要求。空晒结束后，应根据7.3.3及时对集热器的损坏情况进行检查。



- 1—集热器接口打开；
- 2—太阳辐射；
- 3—环境温度；
- 4—太阳总辐射表；
- 5—集热器接口封闭；
- 6—集热器。

图 1 空晒试验集热器安装示意图

7.4 外热冲击试验

7.4.1 试验条件

外热冲击试验需要在满足表 4 气象要求的情况下进行。喷淋水温度应控制在 $15^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ ，流量应控制在 $0.03\text{kg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2) \sim 0.05\text{kg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ ，其中：面积 m^2 为集热器轮廓采光面积。

如果喷淋管内水温高于 25°C （如管道内的水已经在太阳下照射一段时间），则应将其排出直到温度达到要求后再用于外热冲击喷淋集热器。

表 4 外热冲击试验气象要求

气象参数名称	气象要求
--------	------

集热器面辐照度 G	≥ 850 (W/m^2)
平均环境温度 t_a	≥ 10 ($^{\circ}\text{C}$)

7.4.2 试验方法

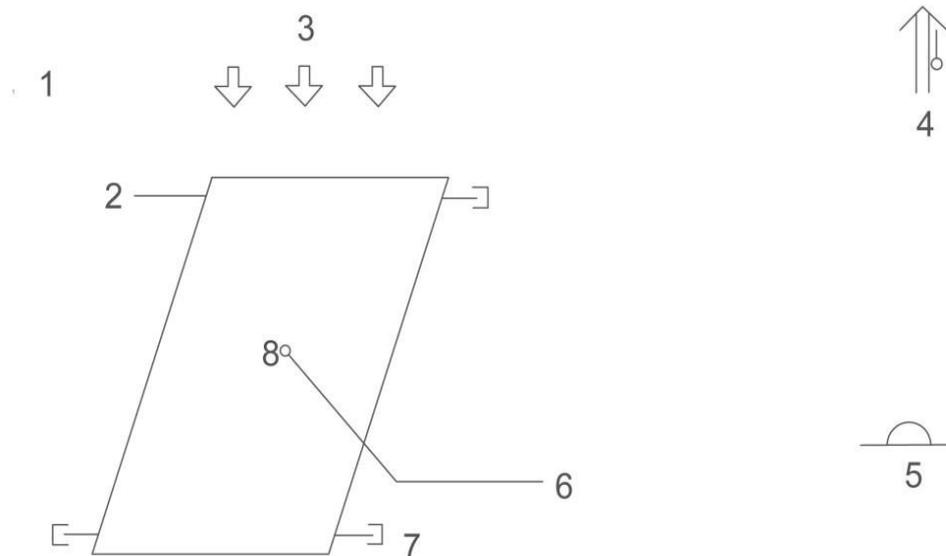
集热器空置安装在室外（见图2），仅打开一个接口，保持其他接口关闭。集热器倾角按厂家要求安装，如厂家无要求时按 30° 倾角安装，安装方位为集热器吸热面正南安装。

试验过程中，可选择在集热器背面打孔的方式在吸热体上安装一个温度传感器，以监控吸热体温度。安装位置应为吸热体 $2/3$ 高度， $1/2$ 宽度处。此外为了保证其与吸热体充分相连，一定要保证安装的牢固性，传感器应免受太阳辐射。

注1：对于不适合测量吸热体最高温度的集热器，其温度传感器应安装在集热器内某一合适位置，并在检测报告中明确标明此位置。

注2：某些情况下，不易在吸热体上安装热电偶，此时可在吸热体内加注特殊液体，密封并测量其内部压力，通过该种液体的标准汽压/温度关系确定其温度。

应进行两次外热冲击试验。集热器应在满足表4的气象要求下持续接收满足辐照度的太阳光照射1h，随后用符合喷淋水温度要求的水喷淋15min，喷淋时各喷头应同时喷水。喷淋结束后应对集热器及时进行检查。



- 1—集热器整个表面喷水；
- 2—集热器接口打开；
- 3—太阳辐射；
- 4—环境温度；
- 5—太阳总辐射表；
- 6—布于吸热体上的温度传感器；
- 7—集热器接口封闭；

8—集热器。

图 2 外热冲击试验集热器安装示意图

7.5 内热冲击试验

7.5.1 试验条件

内热冲击试验需要在满足表 4 气象要求的情况下进行。喷淋水温度应控制在 $15^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，流量应 $\geq 0.02\text{kg}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ ，其中：面积 m^2 为集热器轮廓采光面积。

如果喷淋管内水温高于 25°C （如管道内的水已经在太阳下照射一段时间），则应将其排出直到温度达到要求后再用于外热冲击喷淋集热器。

7.5.2 试验方法

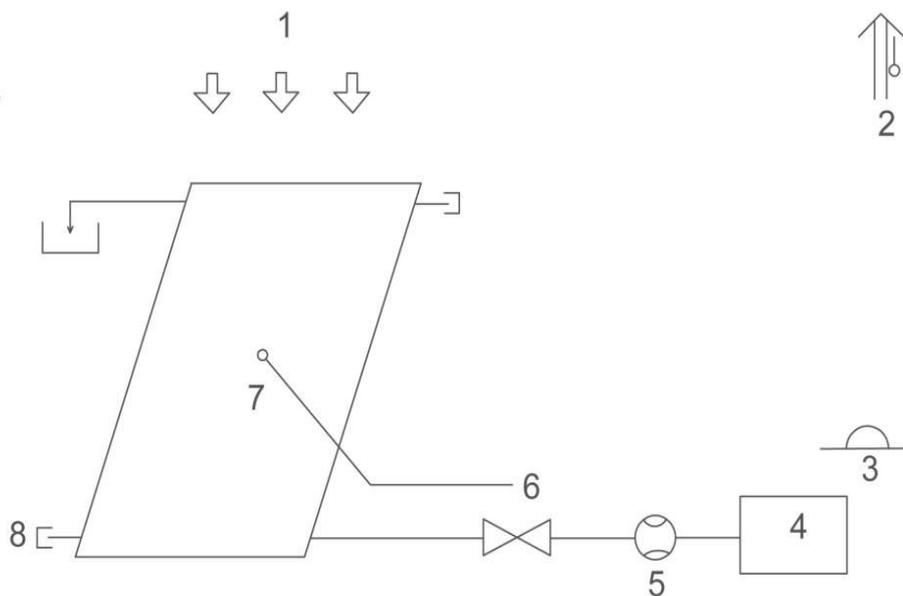
集热器空置安装在室外（见图3），仅打开一个接口，保持其他接口关闭（其中一个口接冲击水源，冲击前应有阀门关闭通气）。集热器倾角按厂家要求安装，如厂家无要求时按 30° 倾角安装，安装方位为集热器吸热面正南安装。

试验过程中，可选择在集热器背面打孔的方式在吸热体上安装一个温度传感器，以监控吸热体温度。安装位置应为吸热体 $2/3$ 高度， $1/2$ 宽度处。此外为了保证其与吸热体充分相连，一定要保证安装的牢固性，传感器应免受太阳辐射。

注 1：对于不适合测量吸热体最高温度的集热器，其温度传感器应安装在集热器内某一合适位置，并在检测报告中明确标明此位置。

注 2：某些情况下，不易在吸热体上安装热电偶，此时可在吸热体内加注特殊液体，密封并测量其内部压力，通过该种液体的标准汽压/温度关系确定其温度。

应进行两次内热冲击试验。集热器应在满足表 4 的气象要求下持续接收满足辐照度的太阳光照射 1h，随后用符合水温度要求的水冲击 5min。结束后应对集热器及时进行检查。



- 1—太阳辐射;
- 2—环境温度;
- 3—太阳总辐射表;
- 4—传热流体源;
- 5—流量计;
- 6—布于吸热体上的温度传感器;
- 7—集热器;
- 8—集热器接口封闭。

图3 内热冲击试验集热器安装示意图

7.6 淋雨试验

7.6.1 试验条件

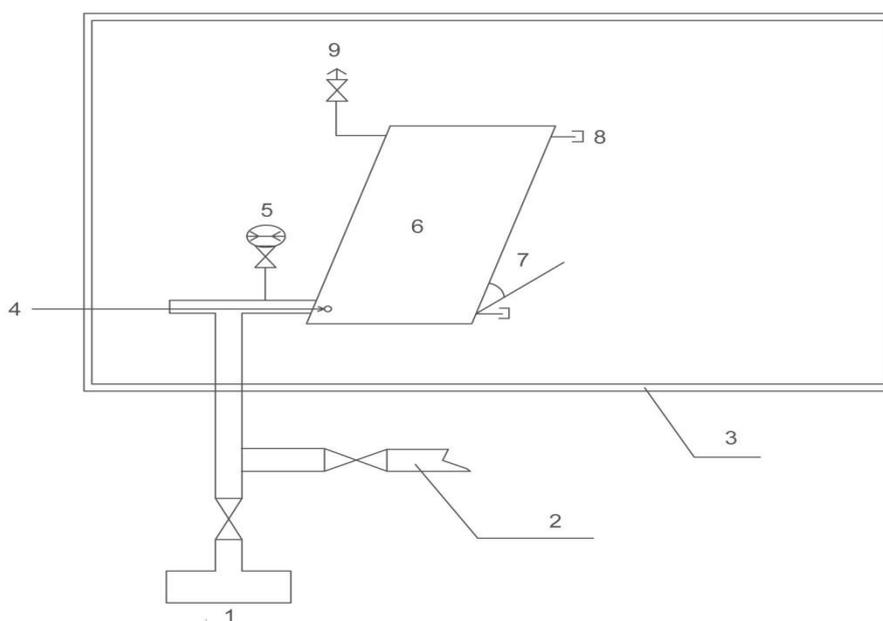
喷淋水温不高于 30℃，流量 $\geq 0.05\text{kg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 的条件下，对集热器进行喷淋。喷淋时间应为 4h。

7.6.2 试验方法

7.6.2.1 概述

应将集热器的进口和出口封闭（除非在吸热体内进行热水循环，见 7.6.2.2），如图 4 所示，并将其放置在生产厂家建议角度的试验平台上。如果生产厂家对角度没有特殊规定，集热器则应放置在与水平面呈 30°或低于 30°的平台上。设计安装在房顶上的集热器，应放置在类似的模拟房顶结构上进行试验，并在下部采取适当的保护措施。其他类型的集热器按常用方式安装在敞开式支架或模拟房顶结构上。

使用雾化喷嘴或沐浴喷头在集热器上方各个方向从垂直到水平喷洒。



- 1—水源；
- 2—排水管；
- 3—淋雨实验室；
- 4—温度传感器；
- 5—压力表；
- 6—集热器；
- 7—放置倾角；
- 8—集热器接口封闭；
- 9—排气口。

图 4 淋雨试验集热器安装示意图

7.6.2.2 进水检测

在集热器吸热体温度适中时（最低 50℃），按 7.6.2.1 的方法喷洒集热器，持续喷洒 15min。通过称重法确定集热器是否渗漏。保证集热器在试验开始阶段被遮挡。淋雨后集热器重量偏差应 $\leq 20\text{g/m}^2$ 。

注：试验前为保证集热器联箱的干燥性，应在喷水之前应加热集热器。可以通过吸热体内的热水循环或对集热器进行空晒达到要求的温度（50℃）。

7.7 水雾检查

7.7.1 试验条件

室外常温下。

7.7.2 试验方法

集热器空置安装在室外（见图2），仅打开一个接口，保持其他接口关闭。集热器倾角按厂家要求安装，如厂家无要求时按30°倾角安装，安装方位为集热器吸热面正南安装。集热器内充满介质，放于室外5d，每日观察水雾情况，并做好记录，如有水雾产生则应用钢卷尺测量其尺寸后计算水雾面积，并记录测量数据。

7.8 耐撞击试验

7.8.1 试验条件

采用 7.7.2.1 方法 1 进行试验，则选用钢球的质量应为 $150\text{g}\pm 10\text{g}$ ，试验高度分别为：0.4m、0.6m、0.8m、1.0m、1.2m、1.4m、1.6m、1.8m 和 2.0m。

采用方法 2 进行试验，冰球的直径为 $25\text{mm}\pm 5\%$ ，质量为 $7.53\text{g}\pm 5\%$ ，速度为 $23\text{m/s}\pm 5\%$ 。

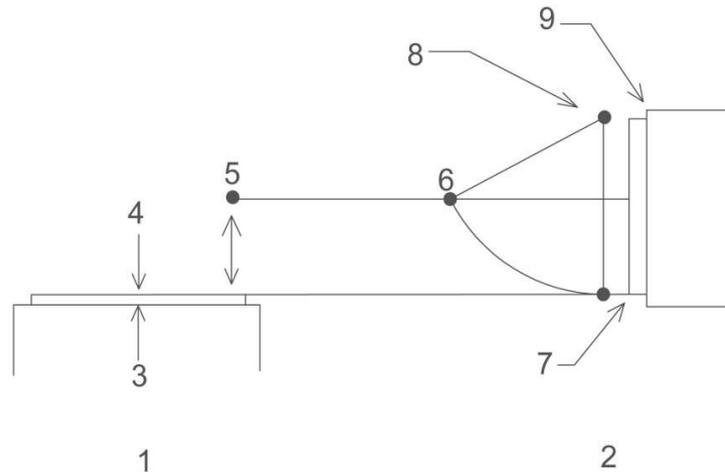
7.8.2 试验方法

集热器应垂直或水平安装在足够牢固的托架上（见图 5），以防止撞击导致试验台的轻微变形和偏转。

用钢球模拟撞击。若集热器水平安装，则钢球应垂直落下；若集热器垂直安装，则通过钟摆撞击集热器。两种情况下，落下的高度应为钢球释放点与撞击点所在平面的垂直距离。

撞击点距离集热器盖板边缘 $\leq 50\text{mm}$ ，距离盖板拐角 $\leq 100\text{mm}$ ，且每次撞击时钢球落下的位置都应稍微挪动几毫米。

在每个试验高度，钢球撞击集热器 10 次，直到达到最大试验高度（由生产厂家规定）。当集热器有损坏或已经承受了 10 次最大高度的撞击时，应停止试验。



1—方案 A（钢球自由落体）；

2—方案 B（钢球摆动）；

3—刚性结构；

4—集热器；

5—钢球；

6—钢球；

7—集热器；

8—摆；

9—刚性结构。

图 5 耐撞击试验结构示意图（钢球）

7.9 管道材质及尺寸

7.9.1 试验条件

试验在常温下进行，对平板型集热器进行拆解，并制作样品检测。

7.9.2 试验方法

通过观察样品的外观及横切面判断管道的材质是否为紫铜，并使用千分尺进行测量，每一个项目至少测量3次，最终报出结果为3次测量平均值，并记录数据。

8 检验规则

参照GB/T 6424-2007 第8条规定。

9 标志、包装、运输、贮存

参照GB/T 6424-2007 第9条规定。

附录 A

(资料性附录)

平板型太阳能集热器能效等级 (参照巴西 RTQ 301)

A.1 计算方法

A1.1 太阳能集热器的得热量涉及到集热器的热性能。方程1给出了太阳能集热器单位面积理论日得热量 (q_{L17} , 单位为MJ) 的测量方法。

方程1 太阳能集热器单位面积理论日得热量的计算

$$q_{L17} = \frac{Q_{L17}}{A_G}$$

式中, q_{L17} 为太阳能集热器单位面积理论日得热量; Q_{L17} 为太阳能集热器理论日得热量; A_G 为太阳能集热器总面积。

A1.2 太阳能集热器理论日得热量 (Q_{L17}) 应依据方程2计算。太阳能集热器理论日得热量与产品的太阳能集热器平均热效率、入射角修正系数、集热器的吸热体面积和标准日太阳累积辐照量成正相关。

方程2 太阳能集热器理论日得热量计算

$Q_{L17} = \eta_m \times K_\theta \times H_{17} \times A_A$
其中:
K_θ 依据标准GB/T 4271-2007计算, 角度为50°;
η_m 依据4.3计算, $H_{17} = 17 \text{ MJ/m}^2$ 。

A1.3 平均热效率 η_m 应根据方程3计算。 η 从太阳能集热器热效率的拟合方程 [$\eta(x)$] 获得, 如表2中所示x的下限为0。

方程3 太阳能集热器平均集热效率的计算

$$\eta_m = \left(\int_0^x \eta(x) dx \right) \div x'$$

表A1 太阳能集热器平均效率计算的限定条件

计算区间(x)	数值
下限	0
上限	0.044

注: 太阳能集热器的热效率方程 $\eta(x)$ 由热性能测试中得出。

A.2 能效等级

表 A2 平板型太阳能集热器性能能效等级

能效等级	单位面积理论日得热量(MJ/m ²)
1 级	$9.3 \leq q_{L17}$
2 级	$7.7 \leq q_{L17} < 9.3$
3 级	$6.0 \leq q_{L17} < 7.7$