



中华人民共和国国家标准

GB/T 17581—202X

代替 GB/T 17581—2007

真空管型太阳能集热器

Evacuated tube solar collectors

(征求意见稿)

202X-XX-XX发布

202X-XX-XX实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

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 要求.....	5
7 试验方法.....	7
8 检验规则.....	13
9 标志、包装、运输、贮存.....	14
10 检测报告.....	15
附录 A（规范性） 符号和单位.....	16
附录 B（资料性） 真空管型太阳能集热器推荐外形平面尺寸.....	18
附录 C（规范性） 真空管型太阳能集热器检测报告格式.....	21
图 1 真空管型太阳能集热器排列方式示意图.....	3
图 2 真空管型太阳能集热器的基本结构和主要部件.....	4
图 3 有反射器的真空管型太阳能集热器采光面积测量示意图.....	8
表 1 真空管型太阳能集热器技术要求.....	5
表 2 真空管型太阳能集热器试验项目试验顺序.....	7
表 A.1 符号和单位.....	16
表 B.1 真空管型太阳能集热器推荐外形平面尺寸.....	18

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。
本文件代替GB/T 17581-2007《真空管型太阳能集热器》。

本文件与GB/T 17581-2007相比主要技术内容变化为：

- a) 增加了峰值效率、额定效率和中温效率的定义、技术要求和试验方法（见3.1, 3.2, 3.3, 6.2.13, 7.14）；
- b) 增加了峰值功率、额定功率和中温功率的定义、技术要求和试验方法（见3.4, 3.5, 3.6, 6.2.13, 7.14）；
- c) 修改了真空管型太阳能集热器的推荐结构尺寸（见5.1.3, 附录B）；
- d) 修改了真空管型太阳能集热器标记（见5.2）；
- e) 增加了全玻璃真空太阳集热管内置式带翅片的金属热管的技术要求（见6.1.3）；
- f) 增加了全玻璃热管真空太阳集热管的技术要求（见6.1.4）；
- g) 增加了中温全玻璃真空集热管的技术要求（见6.1.5）；
- h) 增加了隔热材料耐热温度和环保的技术要求（见6.1.8, 6.1.9）；
- i) 增加了真空管型太阳能集热器外观试验对标称采光面积偏差的技术要求和试验方法（见6.2.1, 7.2）；
- j) 增加了真空管型太阳能集热器最高工作温度的技术要求和试验方法（见6.2.2、7.3）；
- k) 删除了强度（见2007年版6.2.4、7.5），增加了机械载荷的技术要求和试验方法（见6.2.5、7.6）；
- l) 增加了真空管型太阳能集热器标准滞止温度的技术要求和试验方法（见6.2.7, 7.8）；
- m) 修改了真空管型太阳能集热器热性能技术要求和试验方法（见6.2.13, 7.14）；
- n) 增加了真空管型太阳能集热器脉冲压力的技术要求和试验方法（见6.2.14, 7.14）；
- o) 修改了真空管型太阳能集热器耐撞击的技术要求和试验方法（见6.2.16、7.17）；
- p) 修改了试验顺序的内容（见7.1）；
- q) 修改了真空管型太阳能集热器空晒试验方法（见7.7）；
- r) 修改了真空管型太阳能集热器淋雨试验方法（见7.12）；
- s) 修改了附录A的内容；
- t) 修改了附录B的内容；
- u) 修改了附录C的内容；

本文件的附录A、附录C为规范性附录；附录B为资料性附录。

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专利的责任。

本文件由全国太阳能标准化技术委员会（SAC/TC402）提出并归口。

本文件负责起草单位：中国标准化研究院、中国建筑科学研究院有限公司等

本文件参加起草单位：

本文件主要起草人：

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1998年首次发布为GB/T 17581-1998，2007年第一次修订；

——本次为第二次修订。

真空管型太阳能集热器

1 范围

本文件规定了真空管型太阳能集热器产品的术语和定义、符号与单位、产品分类与标记、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存。

本文件适用于利用太阳辐射加热，传热工质为液体全玻璃真空管型太阳能集热器、玻璃—金属结构真空管型太阳能集热器和热管式真空管型太阳能集热器。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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/T 191 包装储运图示标志

GB/T 1800.1-2020 产品几何技术规范（GPS）线性尺寸公差ISO代号体系 第1部分：公差、偏差和配合的基础。

GB 3100 国际单位制及其应用

GB/T 4271 太阳能集热器性能试验方法

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 12936 太阳能热利用术语

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 17049 全玻璃真空太阳集热管

GB/T 19775 玻璃—金属封接式热管真空太阳集热管

GB/T 26975 全玻璃热管真空太阳集热管

GB/T 28738 全玻璃真空太阳集热管内置式带翅片的金属热管

GB/T 33297 中温(100℃~150℃)全玻璃真空太阳集热管

JJG 1032 光学辐射计量名词及定义

ISO 9488 太阳能术语（Solar energy Vocabulary）

3 术语和定义

GB 3100，GB/T 12936，GB/T 33297，JJG 1032和ISO 9488界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

峰值效率 Peak efficiency

集热器采光面上的总辐照度为 1000 W/m^2 、集热器平均温度与环境空气温度的温差为 0°C 时，太阳能集热器的效率值，根据集热器瞬时效率方程计算得出。

3.2

额定效率 Rated efficiency

集热器采光面上的总辐照度为 1000 W/m^2 、集热器平均温度与环境空气温度的温差为 50°C 时，太阳能集热器的效率值，根据集热器瞬时效率方程计算得出。

3.3

中温效率 Medium temperature efficiency

集热器采光面上的总辐照度为 1000 W/m^2 、集热器平均温度与环境空气温度的温差为 100°C 时，太阳能集热器的效率值，根据集热器瞬时效率方程计算得出。

3.4

峰值功率 Peak power

集热器采光面上的总辐照度为 1000 W/m^2 、集热器平均温度与环境空气温度的温差为 0°C 时的集热器输出功率，等于太阳能集热器峰值效率、采光面积和太阳总辐照度 1000 W/m^2 的乘积。

3.5

额定功率 Rated power

集热器采光面上的总辐照度为 1000 W/m^2 、集热器平均温度与环境空气温度的温差为 50°C 时的集热器输出功率，等于太阳能集热器额定效率、采光面积和太阳总辐照度 1000 W/m^2 的乘积。

3.6

中温功率 Medium temperature power

集热器采光面上的总辐照度为 1000 W/m^2 、集热器平均温度与环境空气温度的温差为 100°C 时的集热器输出功率，等于太阳能集热器中温效率、采光面积和太阳总辐照度 1000 W/m^2 的乘积。

4 符号与单位

本文件使用的符号及单位见附录A。

5 产品分类与标记

5.1 产品分类

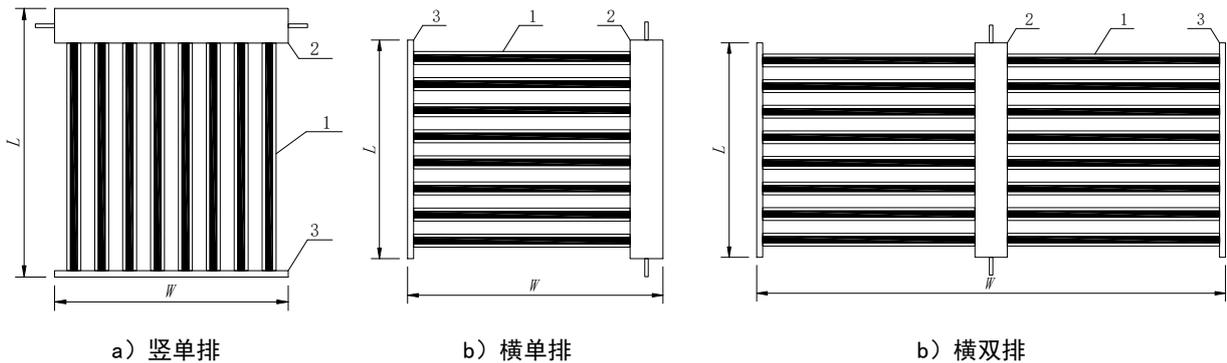
5.1.1 结构类型

5.1.1.1 真空管型太阳能集热器按真空太阳集热管结构型式分类可分为三类：

- a) 全玻璃真空管型太阳能集热器；
- b) 玻璃—金属结构真空管型太阳能集热器；
- c) 热管式真空管型太阳能集热器。

注：热管式真空管型太阳能集热器是指以玻璃金属封接式热管真空太阳集热管、全玻璃热管真空太阳集热管、全玻璃真空太阳集热管内置式带翅片的金属热管、内置同心套管的热管真空太阳集热管为集热部件的集热器。

5.1.1.2 真空管型太阳能集热器按真空太阳集热管的排列方式可分为竖单排、横单排和横双排三类，其排列方式示意图如图 1 所示。

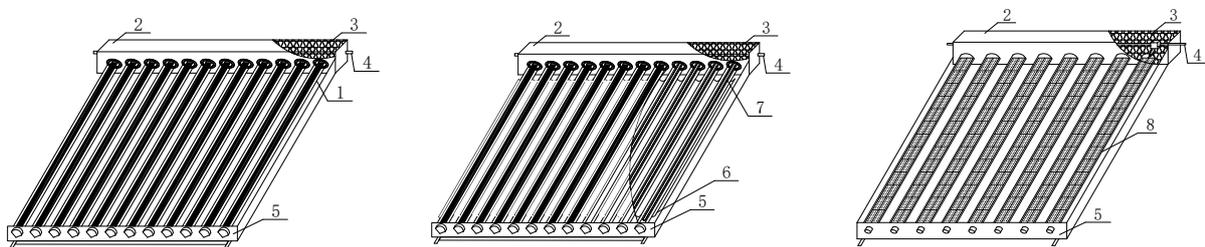


- 标引序号说明：
- 1—真空太阳集热管；
 - 2—联集管；
 - 3—尾架；
 - L —长度；
 - W —宽度

图1 真空管型太阳能集热器排列方式示意图

5.1.2 产品结构

三类真空管型太阳能集热器的基本结构和主要部件名称如图2所示。



- a) 全玻璃真空管型太阳能集热器
- b) 玻璃—金属结构真空管型太阳能集热器
- c) 热管式真空管型太阳能集热器

- 标引序号说明：
- 1—全玻璃真空太阳集热管
 - 2—联集管；

3—隔热体;

4—配管接口;

5—尾架;

6—反射器

7—全玻璃真空太阳集热管与U形管等金属结构元件组成的集热部件

8—玻璃-金属封接式热管真空太阳集热管、全玻璃热管真空太阳集热管、全玻璃真空太阳集热管内
置式带翅片的金属热管、内置同心套管的热管真空太阳集热管等集热部件

图2 真空管型太阳能集热器的基本结构和主要部件

5.1.3 结构尺寸

5.1.3.1 真空太阳集热管罩玻璃管外径和真空太阳集热管长度宜按下列结构尺寸设计，真空管型太阳能集热器的推荐外形平面尺寸可参照附录 B 选取。

a) 全玻璃真空太阳集热管： $\Phi 47\text{mm}\times 1200\text{mm}$ ， $\Phi 47\text{mm}\times 1500\text{mm}$ ， $\Phi 47\text{mm}\times 1600\text{mm}$ ， $\Phi 47\text{mm}\times 1800\text{mm}$ ， $\Phi 58\text{mm}\times 1500\text{mm}$ ， $\Phi 58\text{mm}\times 1800\text{mm}$ ， $\Phi 58\text{mm}\times 2100\text{mm}$;

b) 玻璃—金属结构太阳集热管： $\Phi 47\text{mm}\times 1500\text{mm}$ ， $\Phi 58\text{mm}\times 1500\text{mm}$ ， $\Phi 58\text{mm}\times 1800\text{mm}$ ， $\Phi 58\text{mm}\times 2100\text{mm}$ ， $\Phi 84\text{mm}\times 2100\text{mm}$;

c) 热管式真空太阳集热管： $\Phi 100\text{mm}\times 1700\text{mm}$ ， $\Phi 70\text{mm}\times 2000\text{mm}$ ， $\Phi 100\text{mm}\times 2000\text{mm}$ 。

5.1.3.2 真空管型太阳能集热器联集管进出口管径推荐采用以下四种公称尺寸：15mm、20mm、25mm、32mm、50mm。

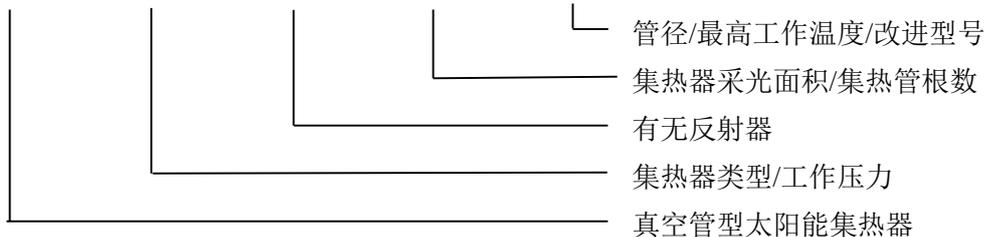
5.1.3.3 真空管型太阳能集热器的尺寸公差应符合 GB/T 1800.1-2020 表 1 中标准公差等级 IT18 的规定。

5.2 产品分类与标记

5.2.1 标记内容

真空管型太阳能集热器产品标记由如下五部分组成：

第一部分 第二部分 第三部分 第四部分 第五部分



第一部分：用汉语拼音字母Z表示真空管型太阳能集热器。

第二部分：用汉语拼音字母QB、BJ和RG分别表示全玻璃真空集热管型太阳能集热器、玻璃—金属结构真空管型太阳能集热器和热管式真空管型太阳能集热器 / 用阿拉伯数字表示真空管型太阳能集热器工作压力，单位为兆帕（MPa），小数点后保留2位数字。

第三部分：用汉语拼音字母YF和WF分别表示有反射器和无反射器。

第四部分：用阿拉伯数字表示集热器采光面积，单位平方米（m²），小数点后保留2位数字，/ 用阿拉伯数字表示真空太阳集热管根数。

第五部分：用阿拉伯数字表示集热管罩玻璃管外径，单位毫米（mm）/用阿拉伯数字表示集热器的最高工作温度，单位摄氏度（℃）/用阿拉伯数字表改进型号，改进型号可以没有。

各相邻部分之间用“—”隔开。

5.2.2 标记示例

a) 额定工作压力为0.06MPa，无反射器，采光面积为1.50 m²，真空太阳集热管10根，罩玻璃管外径58mm，最高工作温度70℃，改进型号为1的全玻璃真空管型太阳能集热器标记为：

Z—QB/0.06—WF—1.50/10—58/70/1

b) 额定工作压力为0.6MPa，有反射器，采光面积为1.15m²，真空太阳集热管10根，罩玻璃管外径47mm，最高工作温度150℃的玻璃—金属结构真空管型太阳能集热器标记为：

Z—BJ/0.60—YF—1.15/10—47/150

6 要求

6.1 主要部件技术要求

- 6.1.1 全玻璃真空太阳集热管应符合 GB/T 17049 的要求；
- 6.1.2 玻璃—金属封接式热管真空太阳集热管应符合 GB/T 19775 的要求。
- 6.1.3 全玻璃真空太阳集热管内置式带翅片的金属热管应符合 GB/T 28738 的要求。
- 6.1.4 全玻璃热管真空太阳集热管应符合 GB/T 26975 的要求。
- 6.1.5 中温（100~150℃）全玻璃真空太阳集热管应符合 GB/T 33297 的要求。
- 6.1.6 与热水接触的联集管内胆材料不应溶解有碍人体健康的物质，其焊接应符合 GB/T 12467.3 的规定。
- 6.1.7 密封件材料外观应无裂痕、划伤或发粘、老化；中温真空管太阳能集热器密封件还应能耐受集热器的标准滞止温度。
- 6.1.8 隔热材料耐热温度不应低于最高工作温度与标准滞止温度中的最大值。
- 6.1.9 隔热材料不应发霉、变质或释放污染物质。

6.2 真空管型太阳能集热器技术要求

真空管型太阳能集热器应符合表1的规定。

表1 真空管型太阳能集热器技术要求

项目编号	项目	技术要求	试验方法
6.2.1	外观	a) 真空太阳集热管外观应符合 GB/T 17049, GB/T 19775, GB/T 33297 和 GB/T 26975 的规定要求；联集管、尾架外表面平整、无划痕、污垢和其他缺陷；隔热体外观应填塞密实，无明显收缩与隆起； b) 标称采光面积与实际采光面积的偏差应小于±3.0%； c) 集热器产品标记应符合本文件规定	7.2

项目编号	项目	技术要求	试验方法
6.2.2	耐压	非承压式真空管型太阳能集热器的工作压力应大于 0.06 MPa, 承压式真空管型太阳能集热器的工作压力应大于 0.60MPa; 耐压试验后传热工质应无渗漏	7.3
6.2.3	刚度	应无损坏和变形	7.4
6.2.4	机械荷载	耐受正压 1000Pa, 集热器应无开裂、破损、变形和其他损坏	7.5
6.2.5	空晒	应无开裂、破损、变形或其它损坏	7.6
6.2.6	标准滞止温度	真空管型太阳能集热器的标准滞止温度与产品明示的标准滞止温度偏差不应大于 10℃	7.7
6.2.7	闷晒	应无泄漏、开裂、破损、变形或其它损坏	7.8
6.2.8	外热冲击	不应有裂纹、变形、水凝结或浸水	7.9
6.2.9	内热冲击	不应损坏	7.10
6.2.10	淋雨	不应渗水和损坏	7.11
6.2.11	耐冻	不应有泄漏和破损, 部件与工质不应冻结	7.12
6.2.12	最高工作温度	真空管型太阳能集热器应在产品标志中明示集热器的最高工作温度; 对于中温真空管型集热器, 最高工作温度不应低于 100℃。	7.13
6.2.13	热性能	<p>a) 应给出真空管型太阳能集热器基于采光面积和平均温度以及基于总面积和平均温度的二次拟合瞬时效率方程和曲线, 当二次拟合瞬时效率方程中 $a_2 < 0$ 时, 应给出一次拟合瞬时效率方程及曲线;</p> <p>b) 不带反射器的集热器峰值效率不应低于 0.68, 带反射器的集热器峰值效率不应低于 0.60;</p> <p>c) 不带反射器的集热器的额定效率不应低于 0.55; 带反射器的集热器额定效率不应低于 0.52;</p> <p>d) 集热器中温效率不应低于 0.45, 仅适用于中温真空管型太阳能集热器;</p> <p>e) 应给出真空管型太阳能集热器的峰值功率、额定功率和中温功率; 并按表 2 给出不同工况下的集热器功率;</p> <p>f) 应给出 $(t_e - t_a)$ 随时间变化的曲线及真空管型太阳能集热器的时间常数 τ_c。</p> <p>g) 应给出真空管型太阳能集热器纵向平面上入射角修正系数 $K_{\theta,L}$ 随入射角 θ 变化的曲线, 横向平面上入射角修正系数 $K_{\theta,T}$ 随入射角 θ 变化的曲线及 $\theta=50^\circ$ 时 $K_{\theta,L}$ 或 $K_{\theta,T}$ 值</p>	7.14
6.2.14	压力降落	应给出真空管型太阳能集热器压力降落特性曲线 $\Delta p \sim \dot{m}$	7.15
6.2.15	脉冲压力	承压式真空管型太阳能集热器在承受 8 万次脉冲压力试验后, 按 6.1.2 要求进行耐压试验, 集热器应无开裂、破损、变形和其他损坏	7.16
6.2.16	耐撞击	450mm 下落高度的撞击不应损坏	7.17
注: 内热冲击试验不适用于全玻璃真空管型太阳能集热器。			

表2 不同工况下的集热器功率

单位：W

温差 (°C) t_m-t_a	总辐照度 (W/m ²)		
	1000	700	400
10			
30			
50			

7 试验方法

7.1 试验顺序

真空管型太阳能集热器两项以上或全性能检测应按表3规定的顺序进行。

在各方均同意或试验室认为必要的前提下，可不遵循表3的试验顺序，改变后的试验顺序应在检测结果中写明。

对于会破坏集热器部件的试验项目，应确保任何破坏不会影响后续项目的试验结果。

表3 真空管型太阳能集热器试验项目试验顺序

试验顺序	试验项目	试验方法
1	外观	7.2
2	耐压	7.4
3	刚度	7.5
4	机械载荷	7.6
5	空晒	7.7
6	标准滞止温度	7.8
7	闷晒	7.9
8	外热冲击	7.10
9	内热冲击	7.11
10	淋雨	7.12
11	耐冻	7.13
12	最高工作温度	7.3
13	热性能	7.14
14	压力降落	7.15
15	脉冲压力	7.16
16	耐压	7.4
17	外观	7.2
18	耐撞击	7.17

7.2 外观检查

7.2.1 试验方法

按产品说明书组装被测真空管型太阳能集热器样品，试验人员目视检查真空管型太阳能集热器产品的主要部件及产品标记，对主要部件是否存在问题进行判定。

对于无反射器的真空管型太阳能集热器，测量每根真空太阳能集热管的长度，取平均值记为 L_a ，测量罩玻璃管外径 D ，记录真空管太阳能集热管数量 n ，长度测量仪器的最大允许误差为 $\pm 1\text{mm}$ ，

对于有反射器的真空管型太阳能集热器，测量反射器的外露长度 L_f 和宽度 W_f ，长度测量仪器的最大允许误差为 $\pm 1\text{mm}$ 。

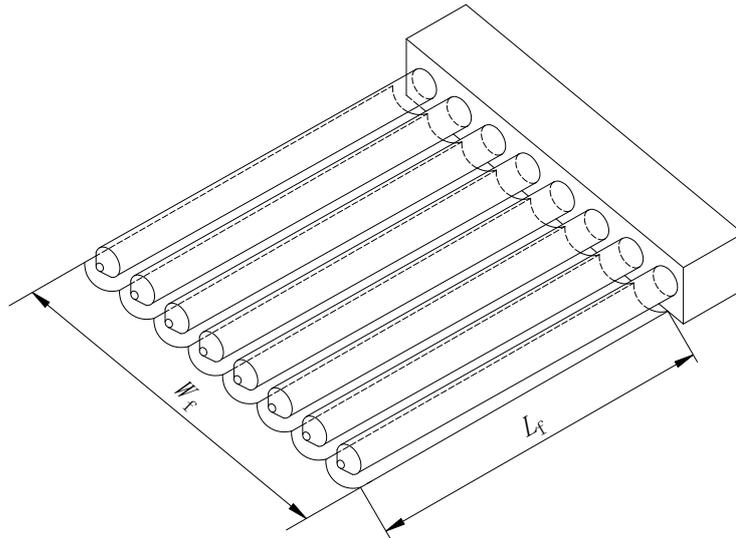


图3 有反射器的真空管型太阳能集热器采光面积测量示意图

对样品的主要部件进行两次外观检查，试验顺序应符合表2的规定。

7.2.2 试验结果

记录真空管型太阳能集热器样品外观检查的结果。

按式（1）计算无反射器的真空管型太阳能集热器采光面积 A_a ，按式（2）计算有反射器的真空管型太阳能集热器采光面积 A_a ，按式（3）计算真空管型太阳能集热器采光面积偏差 ΔA_a 。

$$A_a = L_a \times D \times n \times 10^{-6} \quad (1)$$

$$A_a = L_f \times W_f \times 10^{-6} \quad (2)$$

$$\Delta A_a = \frac{A_a - A_{a0}}{A_{a0}} \times 100\% \quad (3)$$

7.3 耐压

7.3.1 试验条件

试验在常温下进行，试验压力为1.5倍工作压力。

7.3.2 试验方法

将真空管型太阳能集热器内注满常温的水，通过放气阀排尽集热器内残留空气后关闭放气阀；由液压装置缓慢增压至试验压力，维持试验压力10min；同时检查真空管型太阳能集热器有无变形、破裂。

对样品进行两次耐压试验，试验顺序应符合表2的规定。

7.3.3 试验结果

记录试验压力，持续时间，检查并记录真空管型太阳能集热器工质渗漏和变形情况。

7.4 刚度

7.4.1 试验方法

将未充注传热工质的真空管型太阳能集热器水平放置，然后将其任意一端抬高100mm，保持5min后复原。

7.4.2 试验结果

检查并记录真空管型太阳能集热器的受损和变形情况。

7.5 机械荷载

7.5.1 试验方法

真空管型太阳能集热器的机械荷载试验按GB/T 4271规定的方法进行。正压荷载为1000 Pa。

7.5.2 试验结果

检查并记录真空管型太阳能集热器的受损和变形情况。

7.6 空晒

7.6.1 试验方法

耐空晒式真空管型太阳能集热器应按GB/T 4271规定的空晒试验按方法进行。

其他真空管型太阳能集热器的空晒试验按方法如下：

a) 真空管型太阳能集热器不充注工质，除一个管道口外，其它管道口均密封以防止空气自然循环冷却。

b) 在 $t_a \geq 8^\circ\text{C}$ ， $H \geq 17\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 的条件下空晒1d。

7.6.2 试验结果

逐时记录试验期间的、环境温度、风速和联集管中心处空气温度，检查并记录真空管型太阳能集热器损坏与变形情况。

7.7 标准滞止温度

7.7.1 试验条件

真空管型太阳能集热器应安装在室外或室内太阳模拟器下。标准滞止温度可与空晒试验同期进行。

7.7.2 试验方法

真空管型太阳能集热器的标准滞止温度试验按GB/T 4271规定的方法进行。当 $(t_{sm}-t_{am})/G_m$ 变化不大于 $0.001(K\cdot m^2)/W$ 且持续时间不少于15min时，集热器达到稳态滞止条件。

温度传感器应牢靠固定在吸热体温度最高处且避免太阳辐射。若集热器有测温管，应将温度传感器安装在测温管内并涂抹导热凝胶以确保传热良好。温度传感器可以安装在吸热体三分之二高度和二分之一宽度处，也可以安装在单支真空太阳集热管的顶部，此时真空太阳集热管顶部应进行保温，保温做法模拟集热器进行。对于热管式真空管型太阳能集热器，传感器应置于热管的冷凝端。

如果以上措施均不适用，则应另行合理确定传感器安装位置。

7.7.3 试验结果

记录吸热体温度传感器的安装位置，并记录试验期间的太阳辐照度、太阳辐照量、环境温度、吸热体温度和风速。

按公式（4）计算在 $G_s=1000W/m^2$ 和 $t_{as}=30^\circ C$ 参数下的标准滞止温度 t_{stg} 。

$$t_{stg} = t_{as} + \frac{(t_{sm} - t_{am})G_s}{G_m} \quad (4)$$

检测报告中真空管型太阳能集热器的标准滞止温度为测量周期1h内，最大时间间隔1min的标准滞止温度 t_{stg} 的平均值。

7.8 闷晒

7.8.1 试验方法

按正南向、试验所在地纬度 $\pm 10^\circ$ 或生产企业要求的倾角和朝向安装真空管型太阳能集热器，真空管型太阳能集热器应安装在室外或室内太阳模拟器下。

将集热器内充满传热工质，在 $t_a \geq 8^\circ C$ ， $H \geq 17MJ/(m^2 \cdot d)$ 的条件下晒1d。

7.8.2 试验结果

逐时记录试验期间的辐照量、环境温度和风速，试验后检查并记录真空管型太阳能集热器的受损和变形情况。

7.9 外热冲击试验

7.9.1 试验方法

真空管型太阳能集热器的外热冲击试验按GB/T 4271规定的方法进行。

7.9.2 试验结果

记录试验期间的辐照量、水流量、水温，检查并记录真空管型太阳能集热器的各个部件有否损坏、变形。

7.10 内热冲击试验

7.10.1 试验方法

真空管型太阳能集热器的内热冲击试验按GB/T 4271规定的方法进行。

7.10.2 试验结果

记录试验期间的辐照量、水流量、水温，检查并记录真空管型太阳能集热器的各个部件有否损坏、变形。

7.11 淋雨试验

7.11.1 试验方法

真空管型太阳能集热器的淋雨试验按GB/T 4271规定的方法进行。

7.11.2 试验结果

检查并记录真空管型太阳能集热器有无渗水及损坏。

7.12 耐冻试验

7.12.1 试验条件

本试验针对声明具有防冻功能的集热器，不适用于使用防冻液工质的集热器。本试验分为集热器充水耐冻试验和集热器排空耐冻试验。

7.12.2 试验方法

7.12.2.1 集热器充水耐冻的试验方法如下：

- a) 按生产企业明示的最小安装倾角或30°倾角将集热器安装在冷库中。
- b) 将集热器充满水，充水温度 t_1 应满足 $8^{\circ}\text{C} \leq t_1 \leq 25^{\circ}\text{C}$ 。
- c) 集热器在 $-20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下保持1h，然后将温度升高至 $+10^{\circ}\text{C}$ ，保持1h。
- d) 重复步骤b)和c)，一共进行3次冷冻、升温循环。每个循环结束时，集热器应在工作压力下重新充满水，整个测试过程中都应监测水温。

7.12.2.2 集热器排水耐冻试验适用于采用排空防冻的集热器，试验方法如下：

- a) 按生产企业明示的最小安装倾角或30°倾角将集热器安装在冷库中。
- b) 集热器充水10分钟，然后用厂商安装的设备排水5分钟，在集热器管道的最低点安装温度传感器，以监测存留水的温度。充水温度 t_1 应满足 $8^{\circ}\text{C} \leq t_1 \leq 25^{\circ}\text{C}$ 。
- c) 集热器在 $-20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下保持1h，然后将温度升高至 $+10^{\circ}\text{C}$ ，保持1h。
- d) 重复步骤b)和c)，一共进行3次冷冻、升温循环。

7.12.3 试验结果

记录环境温度，水温，试验时长，试验结束后检查并记录集热器有无泄漏、损坏、变形、扭曲。

7.13 最高工作温度

7.13.1 试验方法

向真空管型太阳能集热器流道充注温度为 $t_{\text{max,op}} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 的工质，循环15min。

7.13.2 试验结果

记录循环工质温度及集热器有无破损及变化。

7.14 热性能

7.14.1 试验方法

真空管型太阳能集热器的热性能试验按GB/T 4271规定的方法进行，包括准稳态的瞬时效率、集热器时间常数和入射角修正系数。

热性能试验应在生产企业标示的工作温度范围内进行测试，试验应至少测试4个工况，每个工况集热器的进口温度应始终保持在露点温度以上。不同工况的集热器平均温度应均匀分布在集热器工作温度范围内，最高温度工况的集热器平均温度不应低于集热器的最高工作温度。中温真空管型太阳能集热器最高温度工况的归一化温差不应小于0.10，其他类型的真空管型太阳能集热器最高温度工况的归一化温差不应小于0.05。

7.14.2 试验结果

给出真空管型太阳能集热器基于采光面积和平均温度以及基于总面积和平均温度的二次拟合瞬时效率方程和曲线，当二次拟合瞬时效率方程中 $a_2 < 0$ 时，应给出一次拟合瞬时效率方程和曲线。

给出真空管型太阳能集热器的峰值效率、额定效率，中温真空管型太阳能集热器还应给出中温效率。

给真空管型太阳能集热器的峰值功率、额定功率和中温功率；并按表2给出不同工况下的集热器功率。

不同工况下的集热器功率按公式（5）计算：

$$Q = A_a G \eta_a \quad (5)$$

给出 $(t_c - t_a)$ 随时间变化的曲线及真空管型太阳能集热器的时间常数 τ_c 。

给出真空管型太阳能集热器纵向平面上入射角修正系数 $K_{\theta,L}$ 随入射角 θ 变化的曲线，横向平面上入射角修正系数 $K_{\theta,T}$ 随入射角 θ 变化的曲线及 $\theta = 50^\circ$ 时 $K_{\theta,L}$ 或 $K_{\theta,T}$ 值。

7.15 压力降落

7.15.1 试验方法

真空管型太阳能集热器的压力降落试验按GB/T 4271规定的方法进行。

7.15.2 试验结果

绘出真空管型太阳能集热器压力降落特性曲线 $\Delta p \sim \dot{m}$ 。

7.16 脉冲压力

7.16.1 试验方法

将集热器连接到耐压试验装置上，对集热器注水加压至额定工作压力 $100\% \pm 5\%$ ，保持5 min，检查集热器是否有渗漏等异常现象。

如果无渗漏，将集热器连接到脉冲压力试验装置上。

向集热器流道内注入环境温度的水；排空集热器流道内空气，按工作压力的15%到（100%±5%）之间的数值以每分钟25~60次的频率交替对集热器流道加压。

每加压1万次结束时，将压力至少维持在额定工作压力10 min，目测集热器流道无明显变形再继续脉冲压力试验，一共加压8万次。

脉冲压力试验后按7.4的要求进行耐压试验。

7.16.2 试验结果

试验结束后检查并记录集热器有无开裂、破损、变形和其他损坏。

7.17 耐撞击

7.17.1 试验方法

将被测真空管型太阳能集热器水平固定放置，用直径30mm的钢球从距离集热器表面450mm高度自由落下，垂直撞击在真空太阳集热管上。随机选取4支真空太阳集热管进行撞击。两支撞击真空管上部，两支撞击真空管下部。撞击点应为从上部可见端往下和从下部可见端往上最大75mm距离内，并在垂直于真空管表面的中心位置撞击，撞击方向应与真空管轴线垂直。

7.17.2 试验结果

记录撞击高度、真空太阳能集热器有无损坏。

8 检验规则

8.1 真空管型太阳能集热器检验分为出厂检验和型式检验。

8.2 出厂检验

8.2.1 真空管型太阳能集热器产品出厂前必须进行出厂检验。

8.2.2 出厂检验包括以下内容：

a) 按本文件表1中6.2.1条a)和c)逐台检验；

b) 每生产班次的一批产品中，抽取一台按本文件表1中6.2.1条b)、6.2.2条和6.2.3条分别检验。

8.2.3 出厂检验判定规则

出厂检验中凡各项检验全部合格者，判为合格产品。要求逐台检验的项目，凡有一项检验不合格者即为不合格产品；要求在每一生产批次中抽取一台产品进行检验的项目，项目检验不合格时，应在该批次再抽取两台产品进行检验，再次检验两台均应合格，否则该批次产品为不合格产品；检验项目有两个及两个以上指标要求时，任何一个指标不合格即视为该检验项目不合格。

8.3 型式检验

8.3.1 在正常情况下，每年应至少进行一次型式检验。

8.3.2 产品有下列情况之一时，应随时进行型式检验：

a) 新产品试制定型时；

- b) 改变产品结构、材料、工艺而影响产品性能时；
- c) 停产超过半年，恢复生产时；
- d) 国家质量技术监督检验机构提出进行型式检验要求时。

8.3.3 型式检验样品是在出厂检验合格的产品中随机抽取，抽取的样品不少于一台。

8.3.4 型式检验项目按本文件第 6.2 节各项进行，结果应符合本文件要求。

8.3.5 型式检验判定规则

型式检验中凡各项检验全部合格者，判为合格产品。凡有一项检验不合格者即为不合格产品。检验项目有两个及两个以上指标要求时，任何一个指标不合格即视为该项性能检验不合格；同一项目规定作两次检验的，任何一次检验不合格即视为该检验项目不合格。

9 标志、包装、运输、贮存

9.1 产品标志

产品应在明显位置设有清晰、不易消除的标志。标志应包括但不限于制造厂家，产品名称，产品标记，商标，产品型号，集热器采光面积/总面积，工作压力，最高工作温度，峰值功率，制造日期或生产批号等信息。

9.2 包装

9.2.1 包装方法应采用箱装，包装箱应符合 GB/T 13384 的规定。

9.2.2 包装箱的标志图样应符合 GB/T 191 的规定。

9.2.3 包装箱上还应包括以下内容：

- a) 制造厂名称和地址；
- b) 产品名称；
- c) 商标；
- d) 产品标记；
- e) 产品数量；
- f) 允许垂直堆码层数；
- g) 外形尺寸（长×宽×高）；
- h) 整箱的质量；
- i) 制造日期或生产批号；
- j) 执行标准号。

9.2.4 包装箱内应附有检验合格证。

9.3 运输

产品在装卸和运输过程中，不得遭受强烈颠簸、震动，不得受潮、雨淋。

9.4 贮存

9.4.1 产品应存放在通风、干燥的仓库内。

9.4.2 产品不得与易燃物品及化学腐蚀物品混放。

10 检测报告

真空管型太阳能集热器检测报告格式见附录C。

附 录 A
(规范性)
符号和单位

表A.1 符号和单位

符号	意义	单位
A_a	集热器采光面积	m^2
A_{a0}	集热器标称采光面积	m^2
a_2	集热器瞬时效率方程中温度相关的热损系数	$W/(m^2 \cdot K^2)$
D	真空太阳能集热管的罩玻璃管外径	mm
G	太阳总辐照度	W/m^2
G_S	用于计算标准滞止温度的太阳总辐照度	W/m^2
G_m	标准滞止温度试验期间的实测太阳总辐照度	W/m^2
H	试验期间的日太阳辐照量	$MJ/(m^2 \cdot d)$
L	集热器的长度	mm
L_a	真空太阳能集热管长度	mm
L_r	真空管型太阳能集热器反射器的外露长度	mm
\dot{m}	传热工质的质量流量	kg/s
n	真空太阳能集热管的数量	-
Q	集热器功率	W
T_m^*	基于平均温度的归一化温差	$W \cdot K/m^2$
t_a	环境温度	$^{\circ}C$
t_{am}	标准滞止温度试验期间的实测环境温度	$^{\circ}C$
t_{as}	用于计算标准滞止温度的环境温度	$^{\circ}C$
t_e	集热器出口温度	$^{\circ}C$
t_i	集热器进口温度	$^{\circ}C$
t_l	耐冻试验的充水温度	$^{\circ}C$
t_m	集热器平均温度	$^{\circ}C$
t_{max_op}	集热器的最高工作温度	$^{\circ}C$
t_{sm}	吸热体的平均温度	$^{\circ}C$
t_{stg}	标准滞止温度	$^{\circ}C$
u	周围空气速度或风速	m/s
W	真空管型太阳能集热器的宽度	mm
W_r	真空管型太阳能集热器反射器的外露宽度	mm

符号	意义	单位
ΔA_a	集热器采光面积偏差	-
Δp	工质进、出口的压力差	Pa
η_a	基于集热器采光面积的效率	-
η_G	基于集热器总面积的效率	-
θ	入射角	°
θ_L	纵向入射角，集热器法线平面与射入纵向平面光束之间的角度	°
θ_T	横向入射角，集热器法线平面与射入横向平面光束之间的角度	°
τ_c	真空管型太阳能集热器时间常数	s

附录 B

(资料性)

真空管型太阳能集热器推荐外形平面尺寸

表B.1 真空管型太阳能集热器推荐外形平面尺寸

真空太阳集热管结构尺寸			长 L (mm)	宽 W (mm)	真空太阳集热管数 (根)	真空太阳集热管 排列方式
全玻璃	玻璃—金属结构	热管式				
$\Phi 47 \times 1200$			1280	760	12	竖单排
			1320	1000	12	竖单排
			1000	2500	24	横双排
			2000	2500	50	横双排
$\Phi 47 \times 1500$			1580	760	12	竖单排
			1620	1000	12	竖单排
			3200	1750	50	横双排
			3200	2000	50	横双排
$\Phi 47 \times 1600$			3300	2000	60	横双排
$\Phi 47 \times 1800$			1880	760	12	竖单排
			1920	1000	12	竖单排
$\Phi 58 \times 1500$			1580	892	12	竖单排
			1620	1132	12	竖单排
$\Phi 58 \times 1800$			1880	892	12	竖单排
			1920	1132	12	竖单排
$\Phi 58 \times 1800$			1950	1920	25	竖单排
			1950	1920	30	竖单排
			3730	1920	50	横双排
			3730	2100	50	横双排
			3730	3795	100	横双排
$\Phi 58 \times 2100$			2180	892	12	竖单排
			2220	1132	12	竖单排
	$\Phi 47 \times 1500$		1580	760	12	竖单排
			1620	1000	12	竖单排
	$\Phi 58 \times 1500$		1580	892	12	竖单排
			1620	1132	12	竖单排
	$\Phi 58 \times 1800$		1880	892	12	竖单排
			1920	1132	12	竖单排
	$\Phi 58 \times 2100$		2225	883	11	竖单排
	$\Phi 84 \times 2100$		2250	1650	16	竖单排
		$\Phi 100 \times 1700$	1800	1000	8	竖单排
		$\Phi 70 \times 2000$	2250	1320	16	竖单排

真空太阳集热管结构尺寸			长 L	宽 W	真空太阳集热管数	真空太阳集热管
全玻璃	玻璃—金属结构	热管式	(mm)	(mm)	(根)	排列方式
			2250	1970	24	竖单排
		$\Phi 100 \times 2000$	2100	1000	8	竖单排

附 录 C

(规范性)

真空管型太阳能集热器检测报告格式

检 验 报 告

TEST REPORT

(报告编号)

产品名称

Name of Project

委托单位

Client

生产单位

Manufacture

检验类别

Test Category

实验室名称

XXXX 年 XXX 月 XXX 日

注 意 事 项

NOTICE

- 1 报告无“检验鉴定章”无效；
Test report is invalid without the “Stamp of test report” on it.
- 2 复制报告未重新加盖“检验鉴定章”无效；
Duplication of test report is invalid without the “Stamp of test report” on it.
- 3 报告无主检、审核、批准签字无效（仲裁检验报告应增加审定签字）；
Test report is invalid without the signatures of the persons for chief test, verification and approval. The test report for arbitration should be added the signature of the person for verification on it.
- 4 报告涂改无效；
Test report is invalid if altered.
- 5 对检验报告若有异议，应于收到报告之日起十五日内向检验单位提出；
Different opinions about test report should be reported to the test department within 15 days from the date of receiving the test report.
- 6 一般情况，委托检验仅对来样负责。
In general, for entrusted tests the responsibilities are undertaken for the delivered samples only.

地址：

ADD:

业务电话（Business TEL）：

投拆电话（Complaint TEL）：

传真（FAX）：

邮政编码（Postcode）：

E-mail:

实验室名称

报告编号 (No.):

第 页 共 页 (Page of)

样品编号:			
样品名称:		规格型号:	
		商 标:	
委托单位:		出厂编号:	
		生产日期:	
生产单位:		送样数量:	
		送样日期:	
委托单位地址:		检验日期:	
		检验类别:	
检验依据:			
检测地点:			
检验设备:			
检验项目:			
检验结论:	<p style="text-align: right;">检验鉴定章</p> <p style="text-align: right;">签发日期:</p>		

批 准:
Approval

审 核:
Verification

主 检:
Chief tester

实验室名称

报告编号 (No.):

第 页 共 页 (Page of)

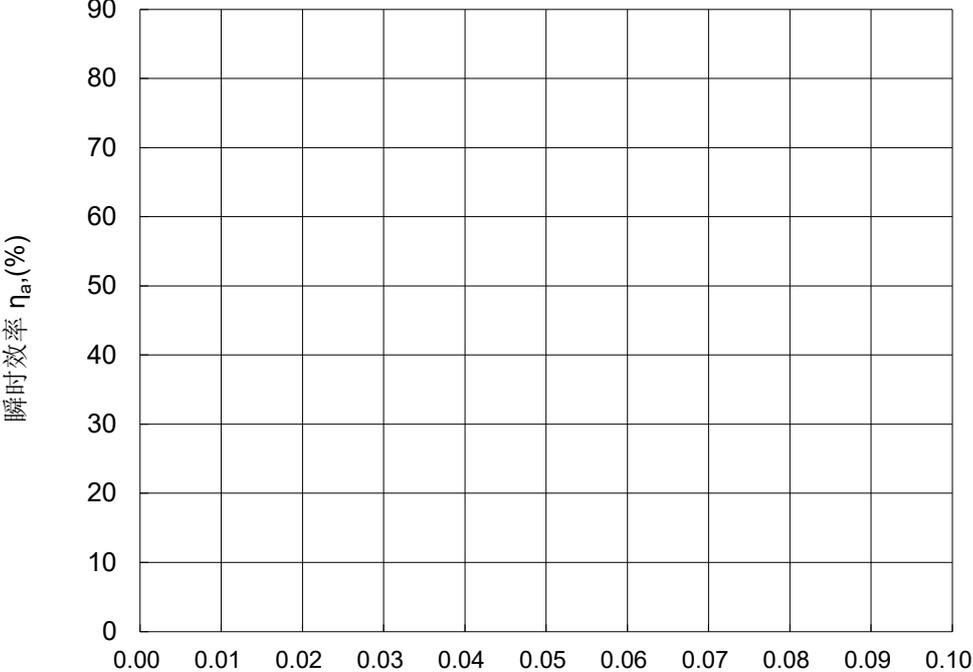
样品编号:				
序号	检测项目	技术要求	检测结果	分项判断
1	外观	a) 真空太阳集热管外观应符合 GB/T 17049, GB/T 19775, GB/T 33297 和 GB/T 26975 的规定要求; 联集管、尾架外表面平整、无划痕、污垢和其他缺陷; 隔热体外观应填塞密实, 无明显收缩与隆起; b) 标称采光面积与实际采光面积的偏差应小于 $\pm 3.0\%$; c) 集热器产品标记应符合本文件规定		
2	最高工作温度	非承压式真空管型太阳能集热器的工作压力应大于 0.06 MPa, 承压式真空管型太阳能集热器的工作压力应大于 0.60MPa; 耐压试验后传热工质应无渗漏		
3	耐压	应无损坏和变形		
4	刚度	耐受正压 1000Pa, 集热器应无开裂、破损、变形和其他损坏		
5	机械荷载	应无开裂、破损、变形或其它损坏		
6	空晒	真空管型太阳能集热器的标准滞止温度与产品明示的标准滞止温度偏差不应大于 10℃		
7	标准滞止温度	应无泄漏、开裂、破损、变形或其它损坏		
8	闷晒	不应有裂纹、变形、水凝结或浸水		
9	外热冲击	不应损坏		
10	内热冲击	不应渗水和损坏		
11	淋雨	不应有泄漏和破损, 部件与工质不应冻结		
12	耐冻	真空管型太阳能集热器应在产品标志中明示集热器的最高工作温度; 对于中温真空管型集热器, 最高工作温度不应低于 100℃。		
13	热性能	a) 应给出真空管型太阳能集热器基于采光面积和平均温度以及基于总面积和平均温度的二次拟合瞬时效率方程和曲线, 当二次拟合瞬时效率方程中 $a_2 < 0$ 时, 应给出一次拟合瞬时效率方程及曲线; 应按表 2 给出不同工况下的集热器功率; b) 不带反射器的集热器峰值效率不应低于 0.68, 带反射器的集热器峰值效率不应低于 0.60; c) 不带反射器的集热器的额定效率不应低于 0.55; 带反射器的集热器额定效率不应低于 0.52; d) 集热器中温效率不应低于 0.45, 仅适用于中温真空管型太阳能集热器; e) 应给真空管型太阳能集热器的峰值功率; f) 应给出 $(t_c - t_a)$ 随时间变化的曲线及真空管型太阳能集热器的时间常数 τ_c 。 g) 应给出真空管型太阳能集热器纵向平面上入射角修正系数 $K_{\theta,L}$ 随入射角 θ 变化的曲线, 横向平面上入射角修正系数 $K_{\theta,T}$ 随入射角 θ 变化的曲线及 $\theta=50^\circ$ 时 $K_{\theta,L}$ 或 $K_{\theta,T}$ 值		
14	压力降落	应给出真空管型太阳能集热器压力降落特性曲线 $\Delta p \sim \dot{m}$		

15	脉冲压力	承压式真空管型太阳能集热器在承受 8 万次脉冲压力试验后,按 6.1.2 要求进行耐压试验,集热器应无开裂、破损、变形和其他损坏		
16	耐撞击	450mm 下落高度的撞击不应损坏		

实验室名称

报告编号 (No.):

第 页 共 页 (Page of)

样品编号:	
检测项目:	瞬时效率方程和曲线 (基于采光面积, 平均温度)
<p style="text-align: center;">基于采光面积 A_0 和集热器平均温度 t_m 的瞬时效率曲线</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">该集热器瞬时效率方程为:</p>	

实验室名称

报告编号 (No.):

第 页 共 页 (Page of)

样品编号:	
检测项目:	瞬时效率方程和曲线 (基于总面积, 平均温度)
<p style="text-align: center;">基于总面积 A_0 和集热器平均温度 t_m 的瞬时效率曲线</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p style="margin-top: 10px;">该集热器瞬时效率方程为:</p>	

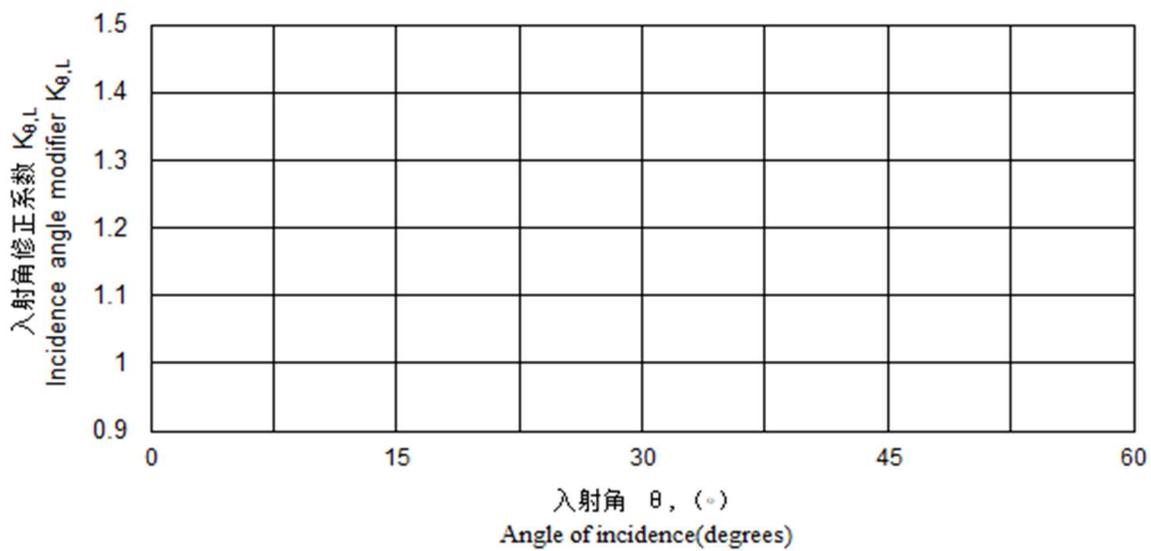
实验室名称

报告编号 (No.):

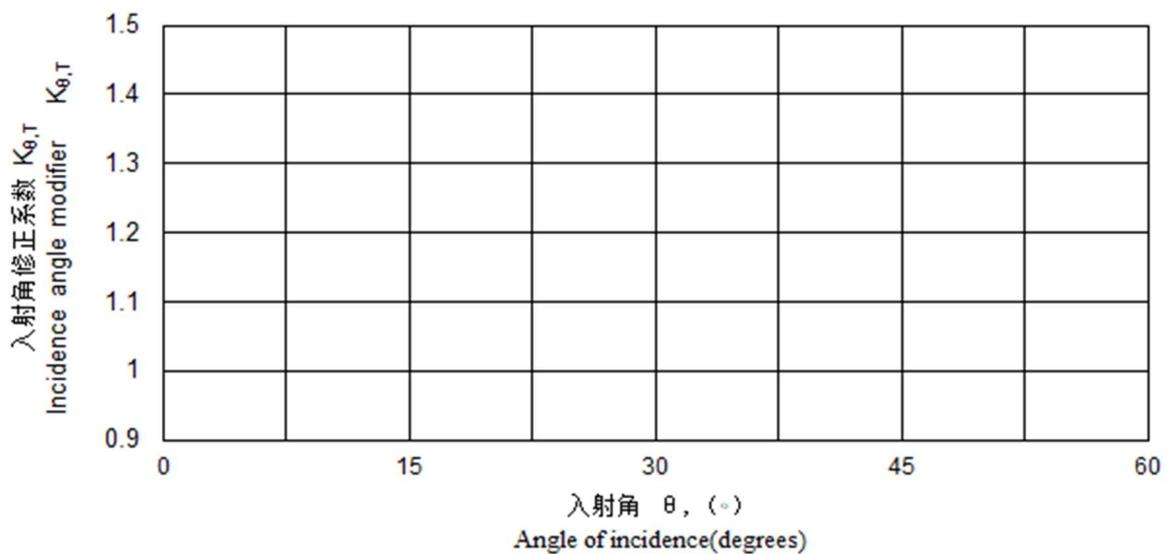
第 页 共 页(Page of)

样品编号:					
检测项目:	入射角修正系数				
入射角 θ	0°	15°	30°	45°	60°
修正系数 $K_{\theta,L}$	1				
修正系数 $K_{\theta,T}$	1				

入射角修正系数曲线



$\theta=50^\circ$ 时, 纵向平面上的入射角修正系数 $K_{50,L} =$



$\theta=50^\circ$ 时, 横向平面上的入射角修正系数 $K_{50,T} =$

实验室名称

报告编号 (No.):

第 页 共 页 (Page of)

样品编号:		
检测项目:	时间常数	
	时间常数 τ_c	单位
		s

集热器出口温度 t_c 与环境温度 t_a 之差 ($t_c - t_a$) 与时间的关系曲线

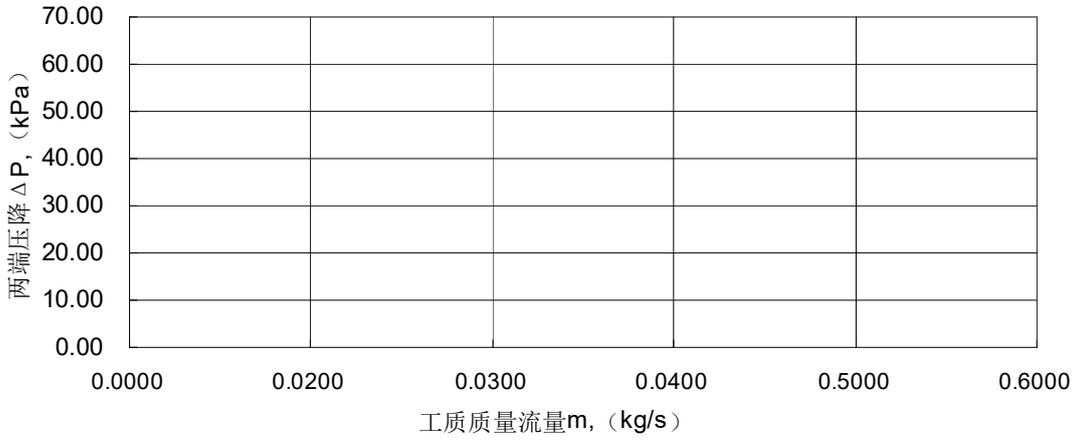
集热器出口温度与环境温度之差
($t_c - t_a$), (K)

时间(Time), (s)

实验室名称

报告编号 (No.):

第 页 共 页 (Page of)

样品编号:	
检测项目:	压力降落
<p>两端压力降落 Δp 与质量流量 m 的关系曲线</p> 	

实验室名称

报告编号 (No.):

第 页 共 页 (Page of)

样品编号:			
样 品 描 述			
集热器类型:			
排列方式:			
采光面积:		m ²	
总面积:		m ²	
集热管根数:		根	
罩玻璃管:	外径:		mm
	结构尺寸:		
相邻太阳集热管的中心距:			mm
反射器:			
传热工质:			
吸热体涂层:			