

线性菲涅尔太阳能跟踪聚焦集热系统 技术要求及热性能评价

Technical requirements and thermal performance evaluation of linear
fresnel tracking concentrating solar collecting system

2021-05-24 发布

2021-09-01 实施

上海市市场监督管理局 发布



目 次

前言 Ⅲ

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 系统分类 2

 4.1 按跟踪方式分类 2

 4.2 按工质流动方式分类 2

 4.3 按有无辅助热源分类 2

 4.4 按出口工质类型分类 2

5 技术要求 2

 5.1 热性能 2

 5.2 安全性能 2

 5.3 运行状况 3

 5.4 检修条件 3

 5.5 系统绝热 3

 5.6 关键部件 3

6 热效率测试 4

 6.1 测试准备 4

 6.2 测试要求 4

 6.3 测试项目 5

 6.4 测试方法及使用仪器仪表 6

 6.5 数据处理与计算 7

参考文献 9

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 DB31/T 760—2013《线性菲涅尔太阳能跟踪聚焦集热系统安全、能效技术要求及热性能试验方法》，与 DB31/T 760—2013 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了适用范围（见第1章）；
- b) 增加、更新了规范性引用文件（见第2章）；
- c) 删除了部分术语和定义，系统满水容量（见2013年版的3.7）、汽空间（见2103版的3.8）、定日镜阵列镜面面积（见2013年版的3.6），更改了术语排序（见第3章）；
- d) 删除了分类表（见2013年版的第4章），新增按出口工质类型分类（见4.4）；
- e) 将“日有用得热量”（见2013年版的5.1.1）更改为“系统产热量”（见5.1.1）；
- f) 将“耐候性”（见2013年版的5.2.1）更改为“耐盐雾性”（见5.2.1）；
- g) 删除了“接地保护”“剩余电流保护”“电机技术要求”“电气装置”“外观质量”这五项电气要求（见2013年版的5.2.5, 5.2.6, 5.6.7, 5.6.9和5.5）；
- h) “支撑结构”中增加了要求的具体引用标准（见5.2.3）；
- i) “运行状况”中增加了对蒸汽系统的蒸汽品质要求（见5.3）；
- j) 将“系统绝热要求”更改为“系统绝热”（见5.5），并删除了采用新材料的要求，其中的抵抗盐雾腐蚀要求单独列入了“耐盐雾性”中，补充了对绝热材料的导热系数的要求（见5.2.1）；
- k) 增加了对“定日镜”的具体指标要求（见5.6.1）；
- l) 更改了“汽包”中引用的标准（见5.6.3）；
- m) 将“试验”（见2013年版的第6章）更改为“热效率测试”（见第6章），更改了其中的测试方法和编排规则；更改了“试验条件”“试验要求”“试验方法”“数据处理与计算”及“测量要求”五节内容（见2013年版的6.1、6.2、6.3、6.4和6.5），按照测试流程进行重新编排和组合，改为“测试准备”“测试要求”“测试项目”“测试方法及使用仪器仪表”“数据处理与计算”（见6.1、6.2、6.3、6.4和6.5）；将原“试验方法”中的“实验前准备”（见2013年版的6.3.1）单独作为“测试准备”一节（见6.1），在本节中增加了测试大纲、测试前对被测样品的预处理和测试仪器仪表的要求。将原标准中的各种带辅助加热系统的预备提炼共性要求，作为“测试要求”中的一条（见6.1.2）。删除了“测试系统的安装”要求（见2013年版的6.3.2）；将原“试验条件”和“试验过程”归并为“测试要求”（见6.2），将太阳辐照量的要求进行了修订（见6.3）；将“测量要求”中的对测量仪器仪表的要求（见2013年版的6.5）调整到“测试方法及使用仪器仪表”，增加了对各测量参数记录频率的要求（见6.4）和采用电导率仪进行饱和蒸汽温度测定的详尽规定（见6.4.6）；
- n) 在“测试要求”新增加了对系统达到热工况准稳态的要求和判据（见6.2.4）；
- o) 在测试方法中，增加了在测试过程中对系统不同点的流量一致性要求，以及测试结前后系统水位、压力、温度和排污的要求（见6.4），同时将原测试方法中采用的憋压办法（见2013年版的6.3）更改为采用系统工质流动过程的测试方法（见6.4）；
- p) 将“参数记录”（见2013年版的6.3.3.3）作为“测试项目”单独列为一节，并补充了测试中需要记录的参数（见6.3）；
- q) 更改了“数据处理与计算”中系统得热量和产热量计算方法（见6.5.1和6.5.2）；
- r) 删除了章节“检验规则”（见2013年版的第7章）和章节“标志、包装、运输和贮存”（见2013年

版的第8章)。

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。

本文件由上海市经济和信息化委员会、上海市发展和改革委员会提出,由上海市经济和信息化委员会组织实施。

本文件由上海市能源标准化技术委员会归口。

本文件起草单位:上海市质量监督检验技术研究院、上海骄英能源科技有限公司、上海市能效中心、教育部太阳能发电及制冷工程研究中心、上海节能技术服务有限公司、自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所、国网上海综合能源服务有限公司、海南惟德能源科技有限公司、创禹项目管理(海南经济特区)有限公司、南方电网电力科技股份有限公司。

本文件主要起草人:何曙、田波、彭志刚、秦宏波、宋景慧、王如竹、俞增盛、李慧波、任建波、朱帷晞、麻泰留、李之瑞、郑琍莉、戚攀、王春霞、朱志强。

本文件所代替文件历次版本发布情况为:

——DB31/T 760—2013;

——本次为第一次修订。

线性菲涅尔太阳能跟踪聚焦集热系统 技术要求及热性能评价

1 范围

本文件规定了线性菲涅尔太阳能跟踪聚焦集热系统的分类、技术要求及热性能评价方法。

本文件适用于以水为工质的线性菲涅尔太阳能跟踪聚焦集热系统。

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 1576—2018 工业锅炉水质
GB/T 10125—2012 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
GB/T 10180—2017 工业锅炉热工性能试验规程
GB/T 16507.6—2013 水管锅炉 第6部分：检验、试验和验收
GB 50017—2017 钢结构设计标准
GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范
GB 50264—2013 工业设备及管道绝热工程设计规范
NB/T 47034—2013 工业锅炉技术条件
TSG D0001—2009 压力管道安全技术监察规程——工业管道
TSG G0001—2012 锅炉安全技术监察规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

集热管 collector tube

以辐射换热方式从太阳辐射中吸收热量并传递给工质的金属或非金属管。

3.2

集热管反射器 collector tube reflector

安装在集热管的上方，将从集热管周边缝隙穿过的太阳辐射再次反射到集热管上的装置。

3.3

集热器 thermal collector

由一根或几根集热管和集热管反射器组成的部件。

3.4

跟踪反射镜 tracking reflector

由电机驱动跟踪太阳运转，并按照光学布置方式将近似平行入射的太阳直射辐射反射聚集在集热器上的镜面系统。

4 系统分类

4.1 按跟踪方式分类

根据反射镜面跟踪太阳方式的不同,可分为实时跟踪系统和间断跟踪系统。

- a) 实时跟踪系统:反射镜面组由电机连续驱动,不间断的跟踪太阳的运行。
- b) 间断跟踪系统:反射镜面组由步进电机按照一定时间间隔驱动,间断的跟踪太阳的运行。

4.2 按工质流动方式分类

根据设备及管道内工质流动方式的不同,可分为循环系统和直流系统。

- a) 循环系统:设备及管道内工质通过循环泵强制流动,且工质可多次循环流经集热器的系统。
- b) 直流系统:设备及管道内工质通过泵强制流动,但工质一次流经集热器后输出的系统。

4.3 按有无辅助热源分类

根据有无辅助热源,可分为单独系统和带辅助加热系统。

- a) 单独系统:不包含任何辅助加热系统,仅利用太阳能加热工质的系统。
- b) 带辅助加热系统:利用太阳能和辅助加热系统相结合加热工质的系统。

4.4 按出口工质类型分类

根据出口工质类型,可分为热水系统和蒸汽系统。

- a) 热水系统:利用太阳能加热水,但不产生蒸汽的系统。
- b) 蒸汽系统:利用太阳能加热水产生蒸汽的系统。

5 技术要求

5.1 热性能

5.1.1 系统产热量

按照 6.5.2 方法测试时,系统产热量应不小于标称系统产热量的 90%。

5.1.2 热效率

按照 6.5.3 方法测试时,热效率应不小于标称热效率的 90%。

5.2 安全性能

5.2.1 耐盐雾性

在近海区域或者海岛使用的系统,管道涂层、支架涂层及绝热保护层材料应按照 GB/T 10125 2012 中 5.2 进行带划痕的中性盐雾试验,试验结束后试样基材、涂层及焊缝应无裂纹、起泡、剥落及腐蚀。

5.2.2 抗风性

系统应具有一定的抗风性。

5.2.3 支撑结构

系统的支撑结构应按 GB 50017—2017 中第 3 章的规定进行设计,合理选用材料、结构方案和构造措施,满足结构构件在运输、安装和使用过程中的强度、稳定性和刚度要求。

5.2.4 雷电保护

系统或系统部件如不处于邻近避雷系统的保护范围内,应按照 GB 50057—2010 中第 4 章的规定增设避雷装置。

5.2.5 防渗漏

所有承压设备及管路应按照 TSG G0001—2012 中 5.2.6 的规定在制造和安装阶段分别进行水压试验。

5.2.6 超压保护

封闭系统应安装有安全泄压阀,其规格型号应符合设计要求。

5.3 运行状况

5.3.1 系统调试合格后,按照实际工作状态连续运行 3 个完整太阳日照天数,系统运行应正常,控制系统动作应正确,各种仪表的显示应正确,各项功能应达到设计要求。

5.3.2 热水系统和蒸汽系统的给水品质应符合 GB/T 1576—2018 中 4.2 的要求。

5.3.3 蒸汽系统的蒸汽品质应符合 NB/T 47034—2013 中 3.1.2 的要求。

5.4 检修条件

系统应留有日常维护维修所必须的空间和通道,应安装有供调试、维修所必须使用的仪表、阀门,管路易损部件应安装有活接头或法兰。

5.5 系统绝热

5.5.1 系统的绝热设计应根据工艺、节能、防结露和经济性各方面的要求,按照 GB 50264—2013 的规定进行计算确定绝热结构。

5.5.2 系统绝热材料的选用应符合 GB 50264—2013 中第 4 章的规定,对于新材料应通过国家检测部门鉴定后方可选用,所选用的绝热材料的导热系数应不大于 $0.06 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

5.5.3 系统的绝热保护层材料应具有防水、防潮、抗大气腐蚀、化学稳定性好等性能。

5.6 关键部件

5.6.1 定日镜

5.6.1.1 定日镜的反射率应不小于 93%,定日镜结构应能方便进行表面清洁。

5.6.1.2 定日镜转动角度最大偏差应不大于 $\pm 0.1^\circ$ 。

5.6.2 太阳能集热管

太阳能集热管应符合下列要求:

- a) 太阳能集热管应能满足系统设计压力及设计温度条件下安全使用的要求;

- b) 太阳能集热管在运行时应能按照设计预定方向自由膨胀;
- c) 太阳能集热管的并联或者串联连接应保证系统管道及设备内工质的流体动力安全,防止部分并联回路过热。

5.6.3 汽包

汽包及其附件的设计、制造、安装与使用应符合 TSG G0001—2012 中 5.2 及 GB/T 16507.6—2013 的要求。

5.6.4 压力管道

系统内的压力管道的设计和安装应符合 TSG D0001—2009 中第 3 章和第 4 章的要求。

5.6.5 循环泵

5.6.5.1 循环泵的扬程应能满足线性菲涅尔太阳能跟踪聚焦集热系统工质流动阻力的要求,并具有一定的安全裕量,使得太阳能集热管能够得到有效的冷却。

5.6.5.2 循环泵的选型和布置应考虑入口压力的汽蚀余量。

5.6.6 安全阀与排气阀

5.6.6.1 安全阀的选型及安装应符合 TSG G0001—2012 中第 2 章和 5.2 的要求。

5.6.6.2 系统最高处和局部高位的容器或者管道上应布置排气阀,启动前将系统内的空气排出。

6 热效率测试

6.1 测试准备

6.1.1 测试负责人应由熟悉本文件并有热工测试经验的人担任。测试负责人应根据本文件的相关规定,结合具体情况制定测试大纲,测试大纲内容包括但不限于:

- a) 测试目的和任务;
- b) 测试要求;
- c) 测量项目;
- d) 测点布置与所用的仪表、设备;
- e) 人员组织与分工;
- f) 数据记录与处理;
- g) 测试进度安排。

6.1.2 测试前的要求如下:

- a) 测试所用的仪表应是在检定或校准有效期内的合格仪表;
- b) 测试用仪器仪表的安装应符合测试要求及相应仪器仪表的安装要求;
- c) 受测系统的运行状况应符合测试要求;
- d) 彻底清洁定日镜组的采光面。

6.1.3 正式测试前,应按测试的要求和测量项目进行预备性测试,以全面检查仪表和测试设备是否正常工作;如预备性测试能满足正式测试的全部要求,经双方认可,可作为正式测试的一个工况。

6.2 测试要求

6.2.1 整个测试应在一个完整的太阳日照天数内完成,测试期间,太阳辐照量应平均分布在 $8 \text{ MJ/m}^2 \sim$

25 MJ/m² 范围内,且日平均辐照量不小于 16 MJ/m²。

6.2.2 环境温度在 8℃~35℃ 范围内。

6.2.3 环境风速不大于 4 m/s,阵风不大于 7 m/s。

6.2.4 正式测试前应使系统达到热工况准稳定状态。当同时满足以下条件时,可以认为系统达到了热工况准稳定状态:

- a) 5 min 内集热器进口工质温度的波动小于±1.0%;
- b) 5 min 内集热器进出口工质温差小于±4.0%;
- c) 5 min 内系统管路中的热容流率($m \cdot C_p$)波动小于±1.0%;
- d) 5 min 内环境空气温度波动小于±2℃;
- e) 5 min 内集热器所在区域平均风速小于 4.5 m/s,除非有证据说明风速超过此值时对测试结果没有影响。

6.2.5 测试期间,系统进口工质流量、出口工质流量、集热器循环工质流量等应基本一致,测试结束时,应满足以下条件:

- a) 对于蒸汽系统,汽包水位与测试开始时的波动应不超过±5%;蒸汽压力与试验开始时的压力差应小于 0.02 MPa;
- b) 系统进口工质温度、出口工质温度与试验开始时的温差应小于 2.5℃。

6.2.6 测试期间安全阀不得起跳,一般情况不排污。

6.2.7 测试期间应关闭辅助加热器的辅助加热系统,或关闭辅助加热器。

6.3 测试项目

主要测试项目有:

- a) 太阳直射辐射强度;
- b) 定日镜采光面积;
- c) 环境温度;
- d) 环境风速;
- e) 大气压力;
- f) 系统工作压力(表压);
- g) 测试开始和结束时汽包液位高度;
- h) 系统进口工质流量;
- i) 集热器循环工质流量;
- j) 系统工质采样量;
- k) 排污量;
- l) 蒸汽采样量;
- m) 系统进口工质温度;
- n) 系统出口工质温度;
- o) 饱和蒸汽湿度;
- p) 测试开始和结束时间;
- q) 测试期间系统耗电量;
- r) 集热器进口工质温度。

6.4 测试方法及使用仪器仪表

6.4.1 测试数据记录

太阳直射辐射强度、系统进出口工质温度、工质流量、蒸汽湿度及其他需要测试的项目，至少应每 15 min 记录一次。

6.4.2 太阳直射辐照表

6.4.2.1 应使用一级太阳直射辐照表测量太阳直射辐射，太阳直射辐照表应按国家相关规定进行校准。

6.4.2.2 太阳直射辐照表传感器应安装在太阳能自动跟踪台上，太阳直射辐照表传感器的安装位置应避免跟踪反射镜或集热管反射器的反射对其测量结果产生影响。

6.4.2.3 自动跟踪台布置在跟踪反射镜 3 m 以内，在整个测试期间，太阳直接辐照表不应遮挡跟踪反射镜的采光，并不被其他物体遮挡。

6.4.3 压力表

6.4.3.1 测量系统进、出水压力及蒸汽压力的压力表，其准确度等级应不低于 1.6 级。

6.4.3.2 大气压力可使用空盒气压表在被测系统附近测量，其示值误差应不大于 0.2 kPa。

6.4.4 温度测量仪器

6.4.4.1 温度测量仪器及与它们相关的读取仪表的精度和准确度应在表 1 给出的限度之内，响应时间须小于 5 s。

表 1 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	$\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$
给水入口温度	$\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$
汽包内温度	$\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$
通过集热器的温差	$\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$

6.4.4.2 使用遮阳而通风的采样器件在约高于地面 1 m 处及离太阳能自动跟踪反射镜和系统组件不近于 1.5 m 但不超过 10 m 处的百叶箱内测量环境空气温度，并使百叶箱附近的物体表面温度应尽量接近环境温度，百叶箱的布置应尽可能远离烟囱、冷却塔或热气排风扇等。

6.4.5 流量计

6.4.5.1 流量测量的准确度应为 $\pm 1.0\%$ ，且应具有累积流量记录功能。

6.4.5.2 流量计应布置在补给泵出口处，分别测量测试开始时系统的进水流量和测试过程中系统的补给水流量。

6.4.5.3 蒸汽流量通过测量系统给水流量的方法确定。

6.4.6 电导率仪

6.4.6.1 饱和蒸汽湿度参照 GB/T 10180—2017 中附录 G3.3.1 用电导率仪进行饱和蒸汽温度的测定。

6.4.6.2 测量时应将饱和蒸汽冷凝水和汽包内水冷却到同一温度,如采用同一台电导率仪分别测量饱和蒸汽冷凝水和汽包内水的电导率时,应对电极进行清洗,防止交叉污染。

6.4.6.3 对于无法采集饱和蒸汽冷凝水和汽包水样的系统,饱和蒸汽湿度可按 NB/T 47034—2013 中 3.1.2 对水管锅炉蒸汽品质要求的最低值选取 3%。

6.4.7 计时器

计时测量的准确度应为 $\pm 0.2\%$ 。

6.4.8 风速测量仪

6.4.8.1 对每个测试期,使用风速测量仪及附带的读取仪表测量环境风速,准确度应达 $\pm 0.5 \text{ m/s}$ 。

6.4.8.2 风速仪应布置在离太阳能自动跟踪反射镜和系统组件不近于 1.5 m 但不超过 10 m 处。

6.4.9 数据记录仪

6.4.9.1 使用的模拟或数字记录仪的准确度应不小于满量程的 $\pm 0.5\%$ 。其时间常数应不大于 1 s。

6.4.9.2 信号的峰值指示应在满量程的 50%~100%之间。

6.4.9.3 使用的数字技术和电子积分器的准确度应不小于测量值的 1.0%。

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

6.5 数据处理与计算

6.5.1 系统得热量

对线性菲涅尔太阳能跟踪聚焦集热系统,其得热量为定日镜轮廓采光面积获得的太阳能直射辐射热量,按式(1)计算:

$$Q_{in} = N \cdot A \cdot E \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

Q_{in} 系统得热量,单位为千瓦(kW);

N 定日镜数量;

A 单块定日镜的采光面积,单位为平方米(m^2);

E 平均太阳直射辐射强度,单位千瓦每平方米(kW/m^2)。

6.5.2 系统产热量计算

本部分参照 GB/T 10180—2017 中 10.1.1 计算得到系统产热量。

a) 对饱和蒸汽系统按式(2)计算:

$$Q = m_{gs}(h_{bh} - h_{gs} - r \cdot w) - m_{gy} \cdot r \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Q 系统产热量,单位为千瓦(kW);

m_{gs} 系统的给水流量,单位为千克每小时(kg/h);

h_{bh} 饱和蒸汽焓,单位为千焦每千克(kJ/kg);

h_{gs} 给水焓,单位为千焦每千克(kJ/kg);

r 汽化潜热,单位为千焦每千克(kJ/kg);

w 蒸汽湿度,单位为千克每千克(kg/kg);

m_{qy} ——测定蒸汽湿度时的汽包水取样量,单位为千克每小时(kg/h)。

b) 对过热蒸汽系统按式(3)计算:

$$Q = m_{\text{gs}}(h_{\text{gr}} - h_{\text{bh}}) - m_{\text{qy}}(h_{\text{gr}} - h_{\text{bh}} + r) \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

h_{gr} ——过热蒸汽焓,单位为千焦每千克(kJ/kg)。

c) 对热水系统按式(4)计算:

$$Q = m_{\text{gs}}(h_{\text{cs}} - h_{\text{gs}}) \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

h_{cs} ——系统出水焓,单位为千焦每千克(kJ/kg)。

6.5.3 系统热效率计算

系统热效率 η 按式(5)计算:

$$\eta = Q/Q_{\text{in}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(5)$$

参 考 文 献

- [1] GB/T 10180—2017 工业锅炉热工性能试验规程
 - [2] ASTM E905-87(2013) Standard Test Method for Determining Thermal Performance of Tracking Concentrating Solar Collectors
-

上海市地方标准
线性菲涅尔太阳能跟踪聚焦集热系统
技术要求及热性能评价

DB31/T 760—2021

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

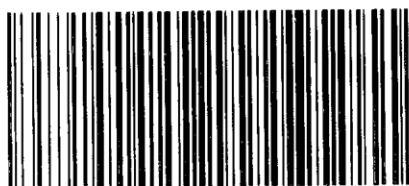
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 27 千字
2021年8月第一版 2021年8月第一次印刷

x

书号: 155066·5-3475 定价 18.00 元



DB31/T 760—2021



码上扫一扫 正版服务到

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107