

GRLM

国家太阳能光热产业技术创新战略联盟标准

T/GRLM 07-2015

太阳能中温热利用蓄热材料 性能测试方法

Test Method of Properties of Thermal Storage Materials for
Medium Temperature Solar Energy System

2015-11-15 发布

2015-12-15 实施

国家太阳能光热产业技术创新战略联盟 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 蓄热材料分类	2
5 导热油性能测试方法	2
6 卵石性能测试方法	3
7 有机物和无机物相变材料性能测试方法	4
8 蓄热材料耐久性测试方法	5
9 检测报告	8
附录 A（资料性附录） 太阳能中温热利用蓄热材料性能测试报告	9

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由国家太阳能光热产业技术创新战略联盟提出。

本标准由国家太阳能光热产业技术创新战略联盟标准化技术专家组归口。

本标准起草单位：南京工业大学、武汉理工大学、中国科学院电工研究所、中国标准化研究院、上海交通大学、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、北京清华阳光能源开发有限责任公司、东莞市康达机电工程有限公司、广东五星太阳能股份有限公司、湖北贵族真空科技股份有限公司、皇明太阳能集团有限公司、江苏省产品质量监督检验研究院、北京四季沐歌太阳能技术集团有限公司、山东力诺新材料有限公司、云南师范大学。

本标准主要起草人：徐玲玲、凌祥、周卫兵、王志峰、原郭丰、白凤武、王庚、代彦军、李明、李旭光、周福云、唐文学、周生宣、赵玉磊、操恺、王树怀、李业博、魏秀东。

本标准为首次发布。

太阳能中温热利用蓄热材料性能测试方法

1 范围

本标准规定了用于太阳能中温热利用的蓄热材料的定义和术语、分类和测试方法。

本标准适用于太阳能中温热利用(100℃~400℃)的蓄热材料。

本标准中显热蓄热材料是导热油类和卵石类,潜热蓄热材料是有机类相变材料和无机类相变材料。

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,仅所注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本标准。

GB/T264 石油产品酸值测定法

GB/T265 石油产品运动粘度测定法和动力粘度计算法

GB/T267 石油产品闪点与燃点测定法(开口杯法)

GB/T268 石油产品残炭测定法(康氏法)

GB/T10297 非金属固体材料导热系数的测定方法热线法

GB/T11133 液体石油产品水含量测定法(卡尔·费休法)

GB/T14685 建设用卵石、碎石 7.12 表观密度

GB/T1884 原油和液体石油产品密度实验室测定法(密度计法)

GB/T1885 石油计量表

GJB/T330A 固体材料60~2773K比热容测试方法

GJB/T332A 刚性固体平均线膨胀系数测定方法

SH/T0604 原油和石油产品密度测定法(U形振动管法)

SY/T7517 原油比热容的测定方法

ASTM D2717 Standard Test Method for Thermal Conductivity of Liquids

3 术语和定义

3.1

太阳能中温热利用蓄热材料 thermal energy storage materials for medium temperature solar thermal system

将太阳能转化为100℃~400℃中温热能的太阳能热利用系统中用于蓄热的材料。

3.2

显热蓄热材料 Sensible thermal storage materials

利用物质的热容量,通过升高或降低物质的温度进行热量储存或释放的材料。

3.3

潜热蓄热材料 latent thermal storage materials

通过相变来吸收和释放大量的潜热进行能量储存或释放的材料。潜热蓄热材料也称相变蓄热材料。

3.4

分解温度 decomposition temperature

物质在受热过程中发生化学分解反应的温度。

3.5

相变温度 phase change temperature

物质发生物态变化的温度临界点。

3.6

相变潜热 latent heat

物质发生相变时释放或吸收的热量。

3.7

耐久性 durability

蓄热材料抵抗释热—蓄热循环长期作用下材料性能劣化的能力。

4 蓄热材料分类

4.1 显热蓄热材料

显热蓄热材料分为液体和固体两类。液体以导热油类、固体以卵石类为代表物质。

4.2 潜热蓄热材料

潜热蓄热材料可分为无机物和有机物两大类。

5 导热油性能测试方法

5.1 密度

按照GB/T1884、GB/T1885及SH/T0604进行。

注：(1) 进行密度测定时建议使用合适的恒温浴以保证测试温度的恒定；(2) 在非标准温度(非20℃)下测试时以视密度记录。必要时参照GB/T1885及修正系数试验结果将视密度换算至标准密度。

5.2 运动粘度

按照GB/T265方法进行测试。

注：进行测定时注意使用合适的恒温浴以保证测试温度的恒定。

5.3 闪点和燃点

按照GB/T267进行。

5.4 酸值

按照GB/T264进行。

5.5 水分含量

按照GB/T11133进行。

5.6 残炭

按照GB/T268进行。

5.7 热容

按照SY/T 7517进行。

5.8 导热系数

按照ASTM D2717进行。

6 卵石性能测试方法

6.1 表观密度

按照GB/T14685之7.12进行。

6.2 分解温度

6.2.1 方法

采用热重/差热分析法(TG-DTA)测定卵石在使用温度范围内的热稳定性能。测试原理图如图1所示,典型的DTA曲线和分解温度确定示意图如图2所示。

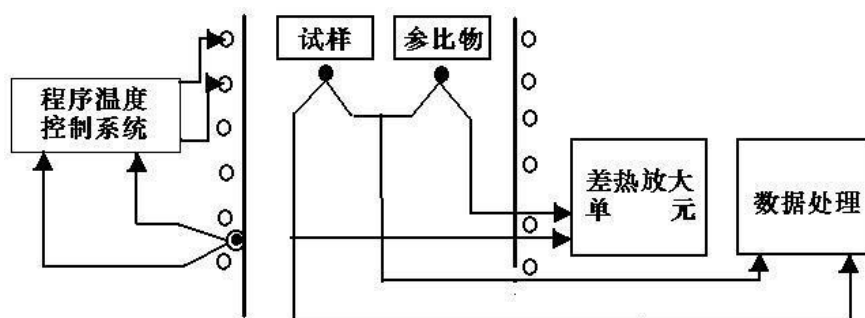


图1 TG-DTA 测试原理图

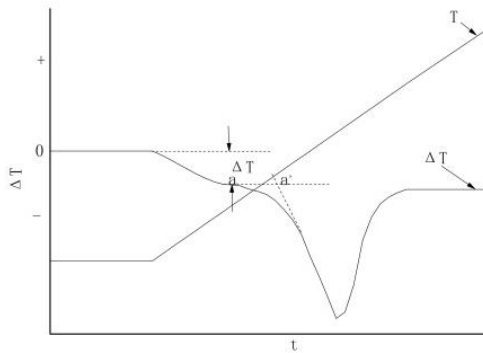


图2 典型的 DTA 曲线

6.2.2 测试要求

- a) 热重/差热分析仪，仪器的矫正和温度标定及操作过程参照仪器使用说明书。
- b) 最高测试温度须高于太阳能热利用系统的实际使用温度 50℃ 以上，例如卵石实际使用温度为 400℃，测试最高温度应设定为 450℃ 以上。
- c) 分解温度采用切线法确定，如图 2 所示，在吸热开始点 a 作出曲线的切线与曲线下降最陡的切线的延长线的交点，即图 2 的 a' 点，该点所对应的温度曲线（T 曲线）上的温度，即为试样的起始分解温度。

6.3 热容

按照 GJB/T330A 进行。

6.4 导热系数

按照 GB/T10297 进行。

6.5 热膨胀系数

按照 GJB/T332A 进行。

7 有机物和无机物相变材料性能测试方法

7.1 方法

采用同步热分析仪测试相变材料的温度和潜热，适用于 -150℃ ~ 750℃ 的温度范围内。

7.2 测试要求

- a) 差示扫描量热仪或热机械分析仪。
- b) 温度的标定和仪器的矫正及操作过程参照仪器说明书进行。
- c) 最高测试温度须高于实际相变温度 50℃ 以上，例如相变温度为 250℃，测试最高温度应设定为 300℃ 以上，以保证相变温度在测试温度范围内。
- d) 采用切线法确定相变温度。
- e) 采用峰的积分面积计算相变潜热。

8 蓄热材料耐久性测试方法

8.1 导热油

8.1.1 方法

采用实验室加速热循环使用寿命试验的方法，通过观察不同运行时间后导热油的酸值、残炭、闪点和粘度的变化以确定导热油的耐久性，判断导热油的使用寿命。

热循环次数的确定由委托方和检测方商定。

8.1.2 测试过程

加速热循环使用寿命试验：将一定量的导热油放入特制的密闭管中，管的材料为Q235钢，加盖密闭后缓慢将烘箱的温度升高，缓慢脱去油中的水分，继续升高至设定温度（测试温度比受检样品的最高使用温度低10℃），恒温2h后从烘箱中取出，在空气中冷却至室温，每一次的升温-冷却试验称之为一次加速热循环试验。

将导热油进行不同次数的热循环，如25次、50次、100次、250次、500次、1000次等，直至失效或至委托方要求的次数。

测量不同运行时间（循环次数）后导热油的性能，导热油酸值、残炭、闪点和粘度的测量按前述测试方法进行。

8.1.3 数据处理

8.1.3.1 性能的变化：以未经循环试验的样品数值为基准值，定义n次热循环后的数值与基准值的相对变化百分率为RPD，如式（1）所示：

$$RPD = \frac{X_{n,i} - X_{0,i}}{X_{0,i}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中： $x_{n,i}$ ——n次热循环后导热油的性能测定值；

$x_{0,i}$ ——未经过热循环的导热油的性能测定值。

8.1.3.2 失效计算方法

粘度和闪点的失效率的计算方法如下式所示：

$$\text{失效率} = \frac{\text{变化率}}{\text{失效阈值}} \times 100\% = \frac{|\text{循环后样品测定值} - \text{未经循环样品测定值}|}{\text{失效阈值}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

残炭和酸值的失效率的计算方法如下式所示：

$$\text{失效率} = \frac{\text{循环后样品测定值}}{\text{失效阈值}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

8.1.4 评判依据

残炭、粘度、酸值和闪点的重要性权数分别为0.325、0.275、0.225和0.175。

粘度变化不能超过±20%、闪点变化不能超过±15%、酸值低于0.5mgKOH/g、残炭低于1.5%、综合评判指标低于80时，认为该导热油有效，当导热油的任一性能不满足上述要求时，则认为该导热油失效。
导热油的寿命为：

$$N = \frac{n}{a \cdot b} \dots\dots\dots (4)$$

式中：N——导热油的寿命，年；
n——导热油未失效时所经过的最大的热循环次数；
a——太阳能装置一年中运行的天数；
b——一天中热循环的次数。

8.2 卵石

8.2.1 方法

将卵石进行一定次数的加热/冷却循环后，测试卵石的性能（密度、比热容等）变化，进行卵石耐久性的判断。热循环次数的确定由委托方和检测方商定。

8.2.2 测试过程

加速热循环使用寿命试验：将3kg左右卵石放入烘箱中，缓慢将烘箱的温度升高，升高至一定温度（测试温度高于体系实际使用温度50℃以上或委托方要求的温度），恒温2h后从烘箱中取出，在空气中冷却至室温，每一次的升温-冷却试验称之为一次加速热循环试验。

将卵石进行不同次数的热循环，如25次、50次、100次、250次、500次、1000次等，直至失效或至委托方要求的次数。

测量不同次数热循环后卵石的性能，卵石的密度、比热容的测量按前述测试方法进行。

8.2.3 数据处理

性能的变化：以未经循环试验样品的数值为基准值，定义n次热循环后的数值与基准值的相对变化百分率为RPD，如式（5）所示：

$$RPD = \frac{X_{n,i} - X_{0,i}}{X_{0,i}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中： $X_{n,i}$ ——n次热循环后卵石的性能测定值；

$X_{0,i}$ ——未经过热循环的卵石的性能测定值。

8.2.4 评判依据

首先比较卵石密度的变化，密度变化超过±1%时，评定其失效；若密度的变化未超过±1%，再比较比热容的变化，若比热容的变化超过±40%时，评定其失效。

卵石的寿命为：

$$N = \frac{n}{a \cdot b} \dots\dots\dots (6)$$

式中：N——卵石的寿命，年；

- n——卵石未失效时所经过的最大的热循环次数；
- a——太阳能装置一年中运行的天数；
- b——一天中热循环的次数。

8.3 相变材料

8.3.1 方法

将相变材料经过一定次数的储热和放热试验后，观察相变材料相变温度和相变潜热的变化，来确定相变材料是否失效。相变循环次数的确定由委托方和检测方商定。

8.3.2 测试过程

储热过程：将相变材料用一定容器封装，放入烘箱中缓慢升温至设定温度（测试温度需高于相变温度50℃以上），恒温2h；放热过程：将试样从烘箱中取出，冷却至室温。

将试样进行不同次数的相变循环，如25次、50次、100次、250次、500次、1000次等，直至失效或至委托方要求的次数。

相变材料的相变温度和相变潜热按前述测试方法测得。

8.3.3 数据处理

性能的变化：以未经相变循环试验样品的数值为基准值，定义n次相变循环后的数值与基准值的相对变化百分率为RPD，如式（7）所示：

$$RPD = \frac{X_{n,i} - X_{0,i}}{X_{0,i}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中： $X_{n,i}$ ——n次相变循环后相变材料的性能测定值；

$X_{0,i}$ ——未经过相变循环的相变材料的性能测定值。

8.3.4 评判依据

首先比较相变温度的变化，相变温度变化超过±5%时，评定其失效；若相变温度的变化未超过±5%，再比较相变潜热的变化，若相变潜热的变化超过±40%时，评定其失效。

相变材料的寿命为：

$$N = \frac{n}{a \cdot b} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中： N——相变材料的寿命，年；

n——相变材料未失效时所经过的最大的相变循环次数；

a——太阳能装置一年中运行的天数；

b——一天中相变循环的次数。

9 检测报告

太阳能中温热利用蓄热材料性能测试报告见附录A。

附录 A
(资料性附录)
太阳能中温热利用蓄热材料性能测试报告

A.1 典型报告格式之一

检测报告

TEST REPORT

编号(No): ****-20**-**

委托单位:

样品名称:

检测类别:

报告日期

*****实验室

检测报告
TEST REPORT

编号 (No): ****-20**-**

共 页 第 页

样品编号		委托单位	
样品名称		生产单位	
样品状态		检测地点	
样品数量		检测类别	
收样日期		检测日期	
检测项目			
检测依据			
检测用主要仪器设备			
检测结果			
闪点 /°C	燃点 /°C	酸值 /mgKOH/g	水分含量 /ppm
			残炭 /%
测试温度 /°C	(视)密度 /kg/m ³	运动粘度 /m ² /s	比热容 /kJ/(kg·K)
20			导热系数 /W/(m·K)
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			
110			
120			
.....			
报告日期:			
检验专用章			
备注			

批准:

审核:

编制:

注意事项

- 一、本报告无本实验室“检验专用章”和骑缝章无效。
- 二、复制报告未加盖“检验专用章”无效。
- 三、本报告无编制、审核、批准签字无效。
- 四、本报告涂改、部分复印无效。
- 五、本报告数据及结论仅对来样负责。
- 六、对本报告数据或结论若有异议，可在收到报告 15 日内向本实验室提出，务请合作。

本实验室联系方式：

地址：

邮编：

电话：

传真：

网址：

检测报告

TEST REPORT

编号(No): ****-20**-**

委托单位:

样品名称:

检测类别:

报告日期

*****实验室

检测报告

TEST REPORT

编号 (No): ****-20**-**

共 页 第 页

样品编号		委托单位		
样品名称		生产单位		
样品状态		检测地点		
样品数量		检测类别		
收样日期		检测日期		
检测项目				
检测依据				
检测用主要仪器设备				
检测结果				
表观密度 /kg/m ³	分解温度 /°C	热容 /kJ/(kg·K)	导热系数 /W/(m·K)	热膨胀系数 /°C ⁻¹
附图: (例如 TG-DTA、DSC 等测试结果图)				
报告日期:				
检验专用章				
备注				

批准:

审核:

编制:

注意事项

- 一、本报告无本实验室“检验专用章”和骑缝章无效。
- 二、复制报告未加盖“检验专用章”无效。
- 三、本报告无编制、审核、批准签字无效。
- 四、本报告涂改、部分复印无效。
- 五、本报告数据及结论仅对来样负责。
- 六、对本报告数据或结论若有异议，可在收到报告 15 日内向本实验室提出，务请合作。

本实验室联系方式：

地址：

邮编：

电话：

传真：

网址：

检测报告

TEST REPORT

编号(No): ****-20**-**

委托单位:

样品名称:

检测类别:

报告日期

*****实验室

检测报告
TEST REPORT

编号 (No): ****-20**-**

共 页 第 页

样品编号		委托单位	
样品名称		生产单位	
样品状态		检测地点	
样品数量		检测类别	
收样日期		检测日期	
检测项目			
检测依据			
检测用主要仪器设备			
检测结果			
相变温度 /°C		相变潜热 /kJ/kg	
附图: (例如 DSC 测试结果图)			
报告日期: 检验专用章			
备注			

批准:

审核:

编制:

注意事项

- 一、本报告无本实验室“检验专用章”和骑缝章无效。
- 二、复制报告未加盖“检验专用章”无效。
- 三、本报告无编制、审核、批准签字无效。
- 四、本报告涂改、部分复印无效。
- 五、本报告数据及结论仅对来样负责。
- 六、对本报告数据或结论若有异议，可在收到报告 15 日内向本实验室提出，务请合作。

本实验室联系方式：

地址：

邮编：

电话：

传真：

网址：

检测报告

TEST REPORT

编号(No): ****-20**-**

委托单位:

样品名称:

检测类别:

报告日期

*****实验室

检测报告
TEST REPORT

编号 (No): ****-20**-**

共 页 第 页

样品编号		委托单位	
样品名称		生产单位	
样品状态		检测地点	
样品数量		检测类别	
收样日期		检测日期	
检测项目			
检测依据			
检测用主要仪器设备			

检测结果

时间 (h:min)	温度 (°C)	循环次数 (次)	性能测定值				失效判断
			密度 (kg/m ³)	**	**	**	Y or N

附图：（例如 DSC 测试结果图等）

综合判定：受检样品经***次加速循环后未（或已）失效。

报告日期：
检验专用章

备注	
----	--

批准：

审核：

编制：

注意事项

- 一、本报告无本实验室“检验专用章”和骑缝章无效。
- 二、复制报告未加盖“检验专用章”无效。
- 三、本报告无编制、审核、批准签字无效。
- 四、本报告涂改、部分复印无效。
- 五、本报告数据及结论仅对来样负责。
- 六、对本报告数据或结论若有异议，可在收到报告 15 日内向本实验室提出，务请合作。

本实验室联系方式：

地址：

邮编：

电话：

传真：

网址：
