

CSTA

国家太阳能光热产业技术创新战略联盟标准

T/CSTA 17-2021

太阳能热发电硝酸熔盐技术规范

Technical Specification of Nitrate Molten Salt for Solar Thermal Power
Generation

2021 - 03 - 11 发布

2021 - 04 - 11 实施

国家太阳能光热产业技术创新战略联盟 发布

目 次

目 次.....	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 技术要求及技术指标.....	2
5 试验方法.....	3
6 检验规则.....	4

前 言

本标准按照《国家太阳能光热产业技术创新战略联盟标准管理办法（修订稿）》的要求，依据GB/T1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

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归口并解释。

本标准参加起草单位：中国科学院上海应用物理研究所、中山大学、北京工业大学、中国科学院电工研究所、浙江大学、中国特种设备检测研究院、中国科学院青海盐湖研究所、交城县并盛化工有限公司、北京建筑大学。

本标准主要起草人：唐忠锋、王建强、钱渊、丁静、鹿院卫、王志峰、杜凤丽、肖刚、赵博、王敏、梁永祥、武建生、刘伟华、吴玉庭、张灿灿、魏明、王怀有、熊亚选。

本标准为首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至国家太阳能光热产业技术创新战略联盟秘书处（地址：北京市海淀区中关村北二条6号，100190，网址：<http://www.cnste.org>，邮箱：cnste@vip.126.com）。

太阳能热发电硝酸熔盐技术规范

1 范围

本标准规定了太阳能热发电硝酸熔盐的适用范围、技术规范、检测及评价方法。

本标准适用于太阳能热发电硝酸熔盐的技术规范、质量检测与评价。

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/T 3051-2000 无机化工产品中氯化物含量测定的通用方法 汞量法

GB/T 4553-2016 工业硝酸钠

GB/T 6678 化工产品采样总则

GB/T 6678-2003 化工产品采样标准

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 21057 无机化工产品中氟含量测定的通用方法 离子选择性电极法

GB/T 30902-2014 无机化工产品 杂质元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法 (ICP-OES)

GB/T 30903-2014 无机化工产品 杂质元素的测定 电感耦合等离子体质谱法 (ICP-MS)

GB/T 36376-2018 太阳能熔盐（硝基型）

HG/T 3696.1无机化工产品化学分析用标准溶液、制剂及制品的制备第1部分：标准滴定溶液的制备

HG/T 3696.2无机化工产品化学分析用标准溶液、制剂及制品的制备第2部分：杂质标准溶液的制备

HG/T 3696.3无机化工产品化学分析用标准溶液、制剂及制品的制备第3部分：制剂及制品的制备

3 术语和定义

3.1 熔点 melting point

在一定压力下，纯物质的固态和液态呈平衡时的温度，单位为 K 或 $^{\circ}\text{C}$ ，采用 T_m 代表熔点。

3.2 熔化焓 fusion enthalpy

采用差式扫描量热 (DSC) 曲线的峰面积值 (函数对时间的积分) 指征物质单位质量熔

化时吸收的热量，单位为 J/g，采用 H_m 代表熔化焓。

3.3 比热容 specific heat capacity

单位质量的物质改变单位温度时吸收的热量或释放的内能，单位为 $J/(g \cdot K)$ ，采用 C_p 代表熔化焓。

3.4 劣化温度 degradation temperature

熔盐受热因素影响而发生性质劣化的温度，其一般指熔盐发生分解或蒸发的温度，单位为 K 或 $^{\circ}C$ ，采用 T_d 代表劣化温度。

3.5 工作温度区间 operating temperature range

温度过低会使硝酸熔盐未完全熔融，温度过高同样会使熔盐特性发生物理变化和化学变化而不能满足工作性能要求。一般而言，太阳能热发电硝酸熔盐的工作温度区间下限取值为高于熔点温度 $30\sim 50^{\circ}C$ ，上限取值为低于劣化温度 $10\sim 50^{\circ}C$ ，单位为 K 或 $^{\circ}C$ ，采用 T_1 代表工作温度区间，采用 T_{11} 代表工作温度区间下限，采用 T_{12} 代表工作温度区间上限。

3.6 储热密度

储热密度指单位质量或体积储能系统中所具有的有效储存能量，又称比能量，包括质量能量密度（质量比能量）与体积能量密度（体积比能量），常用单位是 W_h/kg 或 W_h/L ，采用 Q_h 代表储热密度。

3.7 导热系数 thermal conductivity

单位温度梯度作用下物体内部所产生的热流量，单位为 $W/(m \cdot K)$ ，表征物体导热能力大小，采用 λ 代表导热系数。

4 技术要求及技术指标

4.1 技术要求

硝酸熔盐具有工作温度范围宽，高温稳定性高，安全性好，成本低等优点，通常作为传热储热介质在太阳能热发电系统上使用。为保证太阳能热发电系统安全性，提高发电效率和降低发电成本，其主要从物理性质、化学特性、安全性和经济性等四个方面对硝酸熔盐提出技术要求，以提高系统的传蓄热性能，确保设计参数满足太阳能热发电系统要求。

本标准对象为硝酸共晶熔盐，储热方式主要为显热储热为主。对硝酸熔盐的物理性质而言，一方面要求其工作温度范围宽，性能稳定（即反复使用而不发生熔析和副反应），蒸汽压低，不易挥发损失；另一方面要求其比热容大、热导率高、粘度小、体积储热密度大、体积膨胀率小。从硝酸熔盐的化学特性来看，要求其熔化/凝固时不分层，化学稳定性好；多组分时，各组分之间的结合要牢固，不能发生离析、分解及其它变化；腐蚀性小，腐蚀可控，

具有一定的氧化物溶解度，与容器相容性好，无偏析倾向。与此同时要求硝酸熔盐使用安全，不易燃、不易爆、不易氧化变质，无毒、无腐蚀、无污染，不产生有害物质，符合绿色化学要求。且来源广泛，成本低廉，制备方便，便宜易得，经济性好。

综合以上的技术要求，可通过硝酸熔盐纯度、杂质种类含量、熔点、劣化温度、工作温度范围、比热容、粘度、储热密度等参数来满足以上技术要求。

4.2 技术指标

太阳能热发电硝酸熔盐的技术指标可通过纯度、杂质种类含量、熔点、劣化温度、导热系数、比热容、粘度、储热密度等项目进行测试，具体技术指标为：硝酸熔盐纯度 $\geq 98.5\%$ ，硝酸熔盐为共晶熔盐，导热系数 $\geq 0.4 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，比热容 $\geq 1.3 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 。

5 试验方法

5.1 硝酸熔盐纯度及杂质含量

表 1 硝酸熔盐纯度及杂质的检验项目、取样数量、取样方法和试验方法

序号	检验项目	取样数量	取样方法	试验方法
1	水分 W/%	3~5	GB/T 6678、GB/T 6678-2003	GB/T 4553-2016、GB/T 36376-2018
2	水不溶物 W/%	3~5	GB/T 6678、GB/T 6678-2003	GB/T 4553-2016、GB/T 36376-2018
3	氯化物（以Cl计）W/%	3~5	GB/T 6678、GB/T 6678-2003	GB/T 3051、GB/T 4553-2016、GB/T 36376-2018
4	氟化物（以F计）W/%	3~5	GB/T 6678、GB/T 6678-2003	GB/T 21057、GB/T 36376-2018
5	碳酸盐 W/%	3~5	GB/T 6678、GB/T 6678-2003	GB/T 4553-2016、GB/T 36376-2018
6	硫酸盐 W/%	3~5	GB/T 6678、GB/T 6678-2003	GB/T 36376-2018
7	铵盐 W/%	3~5	GB/T 6678、GB/T 6678-2003	GB/T 4553-2016、GB/T 36376-2018
8	Fe, Cu, Mg, Ca, Zn, Cr, Ba, Pb等金属离子	3~5	—	GB/T 30902-2014、GB/T 30903-2014、GB/T 36376-2018
9	纯度 W/%	—	—	GB/T 4553-2016、GB/T 36376-2018

5.2 熔点、熔化焓及比热容

称取适量硝酸熔盐置于坩埚中，在 120.0~150.0℃加热烘干 24h，在干燥环境冷却后粉碎、研细保存于干燥器中。精确称取 5~10 mg 硝酸熔盐（采用 3~5 批次平行样）置于处理

后洁净干燥的坩埚中，将装有样品的坩埚和用于参比的空坩埚放入 DSC 仪器指定位置，通入保护气体(氮气或惰性气体)，彻底排除炉腔内空气。设置 DSC 升温程序，按照 5~20 °C/min 的升温速率由常温升到 500°C，参照 GB/T 36376-2018 确定硝酸熔盐的熔点 (T_m)、熔化焓 (H_m) 和比热容 (C_p)，如硝酸熔盐有一个熔点和熔融峰则其为共晶熔盐。

5.3 劣化温度及工作温度区间

称取适量硝酸熔盐置于坩埚中，在 120.0~150.0°C 加热烘干 24h，在干燥环境冷却后粉碎、研细保存于干燥器中。精确称取 5~10 mg 硝酸熔盐（采用 3~5 批次平行样）置于处理后洁净干燥的坩埚中，将装有样品的坩埚和用于参比的空坩埚放入热重分析仪 (TGA) 指定位置，通入保护气体（氮气或惰性气体），彻底排除炉腔内空气。设置升温程序，按照 5~20 °C/min 的升温速率由常温升到 700°C，参照 GB/T 36376-2018 确定硝酸熔盐的分解温度值来确定劣化温度 (T_d)。

采用公式 (1) 来确定硝酸熔盐的工作温度区间 T_r：

$$\begin{aligned} T_{r1} &= T_m + 30 \\ T_{r2} &= T_d - 10 \\ T_{r1} &\leq T_r \leq T_{r2} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (1)$$

5.4 储热密度

采用公式 (2) 计算硝酸熔盐的储热密度：

$$Q = \int_{T_2}^{T_1} C_p \Delta T + H_m \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- Q—— 样品的储热密度，J/g；
- T₁—— 样品起始放热温度，K；
- T₂—— 样品终止放热温度，K；
- C_p—— 样品的比热容，J/g/K；
- H_m—— 样品的反应焓，J/g。

5.5 导热系数

称取适量硝酸熔盐置于坩埚中，在 120.0~150.0°C 加热烘干 24h，在干燥环境冷却后粉碎、研细保存于干燥器中。精确称取 5~10 mg 硝酸熔盐（采用 3~5 批次平行样）置于处理后洁净干燥的坩埚中，将装有样品的坩埚和用于参比的空坩埚放入激光热扩散测试仪 (TGA) 指定位置，通入保护气体（氮气或惰性气体），彻底排除炉腔内空气。设置升温程序，按照 5~20 °C/min 的升温速率由常温升到 300°C，保温一段时间 (30min)，使样品温度与炉腔温度保持一致，开启脉冲辐射，参照 GB/T 36376-2018 确定硝酸熔盐的导热系数。

6 检验规则

6.1 出厂检验

要求中硝酸熔盐中的水分、水不溶物、氯化物、碳酸盐含量及纯度为出厂检验项目，应逐批检验。采用相同材料，基本相同的生产条件，连续生产或同一班组生产的同一规格的硝酸熔盐为一批，每批产品不超过 100t。

6.2 采样规则

按 GB/T6678 的规定确定采样单元数。采样时将采样器自包装袋的上方插入至料层深度的 3/4 处采样。将所采的样品混匀，用四分法缩分至约 500g，分装入两个干燥、清洁的广口瓶或塑料袋中，密封。瓶或袋上粘贴标签。注明：生产厂名称、产品名称、类型、等级、批号、采样日期和采样者姓名。一份作为实验室样品，另一份保存备查，保留时间由生产厂根据实际需要确定。

6.3 评判规则

所有测试指标均应采用抽样取样分析的方法。原则上同一厂家同一批次生产的硝酸熔盐在不同的位置进行抽样，每一个位置随机抽取大于 3 个试样，总样品数 ≥ 10 ，然后进行样品测试。要求每批次由同一设备的生产产品，批次完成的测试时间 $\leq 30d$ 。采用 GB/T8170 规定的修约值比较法判定检验结果是否符合标准。检验结果如有指标不符合本标准要求时，应重新取两倍量的包装中采样进行复验，复验结果即使有一项指标不符合本标准的要求时，则整批产品为不合格。
