

GRLM

国家太阳能光热产业技术创新战略联盟标准

T/GRLM xx-2019

太阳能热发电储能混合熔盐技术要求

Technical Specification of Molten Salt as Energy Storage

Medium for Solar Thermal Power Generation

(征求意见稿)

2019-xx-xx 发布

2019-xx-xx 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.....	I
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 分类及技术要求.....	3
5 检测项目及判定规则.....	4
6 检测方法.....	5
7 检验规则.....	10
8 标志、标签.....	11
9 包装、运输、贮存.....	11

前 言

本标准按照 GB/T1.1-2009 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归口。

本标准负责起草单位：中国科学院上海应用物理研究所。

本标准参加起草单位：北京工业大学、中山大学、新疆硝石钾肥有限公司、北京建筑大学。

本标准主要起草人：唐忠锋、王建强、鹿院卫、吴玉庭、丁静、荣大林、熊亚选。

本标准为首次发布。

太阳能热发电储能混合熔盐技术要求

1 范围

本标准规定了太阳能热发电储能混合熔盐的技术要求及其检测方法。

本标准适用于太阳能热发电储能混合熔盐的质量检测。

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 6678-2003 化工产品采样标准

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 190-2009 危险货物包装标志

GB/T 191-2008 包装储运图示标志

GB/T 6678 化工产品采样总则

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 12268-2012 危险货物物品名表

GB 12463-2009 危险货物运输包装通用技术条件

HG/T 3696.1 无机化工产品化学分析用标准溶液、试剂及制品的制备第 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、试剂及制品的制备第 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、试剂及制品的制备第 3 部分:试剂及制品的制备

GB/T 36376-2018 太阳能熔盐（硝基型）

ASTM G31-72 (reapproved 2004) Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing for Metals

国家标准 GB/T 14165-2008 金属和合金大气腐蚀实验现场实验的一般要求

3 术语和定义

3.1 腐蚀 corrosion

材料在周围介质作用下由于化学变化、电化学变化或物理溶解而产生的破坏或变质。从腐蚀形态上，材料的腐蚀分为：均匀腐蚀、局部性腐蚀。均匀腐蚀是指腐蚀均匀地发生在整个材料表面。局部性腐蚀是指腐蚀主要集中在材料表面一定的区域，例如点蚀、斑状腐蚀、晶间（界）腐蚀、应力腐蚀等。从腐蚀机理上，材料腐蚀分为：物理溶解腐蚀、化学腐蚀、电化学腐蚀。物理溶解腐蚀是指材料中不同组成或相在不同介质或同一介质或不同温度区间有不同的溶解度造成的腐蚀或溶解。化学腐蚀是指材料与介质直接进行的化学反应而引起的腐蚀。电化学腐蚀是指材料与周围介质发生电化学反应而产生的腐蚀。

通常需要对腐蚀形态、微观结构、腐蚀规律、耐蚀性能等做出定性或定量评定。

3.2 腐蚀深度 corrosion depth

受腐蚀的材料表面与其原始表面间的垂直距离，单位为 μm 。腐蚀深度的表述方式：失重减薄厚度(D_{weight})、腐蚀损伤层深度(D_{damage})、劣化层深度(D_{degraded})、最大腐蚀深度(D_{max})。

D_{weight} 是通过腐蚀失重换算而得到的腐蚀深度，是假设材料表层完全溶解，根据失重量和金属材料的密度计算得到的腐蚀深度。

D_{damage} 的获得是利用 SEM 对腐蚀后试样的横截面进行观察，测量腐蚀损伤层（可观测到空洞和裂纹）的深度。

D_{degraded} 的获得是通过对腐蚀后试样的横截面进行成分深度分析，是元素成分发生变化的深度。

D_{max} 是腐蚀后试样局部性腐蚀区域的最大深度。

3.3 腐蚀速率 annual corrosion rate

$$\text{腐蚀速率 (g/m}^2\cdot\text{h)} = (1.00 \times 10^4 \times D \times W) / (A \times T \times D) \quad (\text{ASTM-G31})$$

$$\text{腐蚀速率 } (\mu\text{m/y)} = (8.76 \times 10^7 \times W) / (A \times T \times D) \quad (\text{ASTM-G31})$$

W 为腐蚀前后试样的重量损失，单位为 g

A 为表面积，单位为 cm^2

T 为腐蚀时间，单位为 h

D 为试样的密度，单位为 g/cm^3

3.4 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 $^{\circ}\text{C}$ 。

3.5 比热容 specific heat capacity

单位质量物质改变单位温度时吸收的热量或释放的内能，单位为 $\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 。

3.6 导热系数 thermal conductivity

单位温度梯度作用下的物体内部所产生的热流量，单位为 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，表征物体导热能力的大小。

4 分类及技术要求

4.1 分类

太阳能热发电储能用熔盐一般分为硝酸盐、碳酸盐、氯化盐和氟化盐等。从储热方式上来分，一般分为显热储热和潜热储热。

根据太阳能热发电储能的技术及市场现状，本标准的对象是混合硝酸盐，储热方式为显热储热。从太阳能热发电储能对混合熔盐的需求而言，一方面要求熔盐的使用安全，不易燃，不易爆，不易氧化变质，无毒，无腐蚀，无污染，符合绿色化学要求，成本低廉，制备方便，便宜易得。另一方面要求熔盐的使用温度高、范围宽、比热容大、导热系数高、粘度小、流动性好、蒸汽压低、腐蚀性小且腐蚀可控、高温稳定性好等特点。

4.2 技术要求

太阳能热发电储能对混合熔盐要求主要从物理性质、化学特性、安全性和经济性四个方面进行考虑。熔盐的物理性质为：比热容大，热导率高，要求材料无论是液态还是固态，都有较高的热导率，以使热量可以方便地存入或去除；性能稳定，可反复使用而不发生熔析和副反应；在冷、热状态下或固、液状态下，熔盐密度大，从而体积能量密度大；体积膨胀率要小，蒸汽压低，不易挥发损失。熔盐的化学特性为：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，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。安全性为：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。经济性为：来源广泛，成本低廉，制备方便，便宜易得，经济性好。

针对以上的技术要求，可通过熔盐纯度、杂质种类含量，熔盐对结构材料的年腐蚀率，熔盐导热系数、熔点、比热容及等参数指标来满足以上技术要求。其中熔盐的纯度、杂质种类含量及熔点等直接影响着熔盐的物理性质和化学特性。熔盐比热容直接影响着熔盐储热特性，熔盐导热系数直接决定着熔盐储能的充热和放热时间。熔盐对结构材料年腐蚀速率直接决定着熔盐的稳定性和安全特性。

5 检测项目及判定规则

5.1 概述

本标准对象是混合硝酸盐共晶体系，熔盐可以是两种或两种以上的硝酸盐形成的共晶盐。利用熔盐显热储热来实现太阳能发电的储存和释放。当太阳热发电产生过多热量或多余热量时，其通过罐体中的熔盐存储起来；一旦热量不足需要热量时，罐体中熔盐存储的热量会释放出来，实现太阳能发电系统的正常发电。熔盐储能能解决由于太阳能本身的波动性和间歇性所带来的对上网发电和对系统的冲击，在用户端来解决能源使用和消费过程中的时间和空间不匹配的问题。其技术要求主要是解决熔盐对回路、管道和设备的腐蚀，保证太阳能发电的安全性，提高熔盐的传蓄热性能，确保设计参数满足系统运行要求，提高系统的发电量和降低系统的净化处理等要求。

5.2 检测指标

检测项目通过熔盐纯度、杂质种类含量，熔盐对结构材料年腐蚀率，熔盐熔点、导热系数、比热容参数指标来评价。其具体测试指标为熔盐对结构材料的年腐蚀速率 $\leq 100 \mu\text{m/a}$ ，熔盐的导热系数 $\geq 0.4 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ，熔盐的比热 $\geq 1.3 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ 。

5.3 判定规则

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 个熔盐试样，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≤30d。检测结果按 5.2 测试指标作为判据，如有一项结果不合格，则取双倍试样进行该不合格项目的复验，如仍有一个结果不合格，则判该批次熔盐产品不合格。

6 检测方法

6.1 一般规定

本标准所用试剂和水，在没有注明其他要求时，均指分析纯试剂和 GB/T6682 中规定的三级水。试验中所用的标准滴定溶液、杂质标准溶液、制剂及制品，在没有注明其他要求时，均按 HG/T3696.1、T3696.2、HG/T3696.3 的规定制备。

6.2 熔盐纯度、杂质种类含量

6.2.1 水分的测定

测试方法

称取 5.0000 ± 0.0002 g 熔盐放置在 $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 干燥至质量恒定的称量瓶中，在 $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 的电热恒温干燥箱中干燥至质量恒定。

结果

熔盐中水分的质量分数 W_2 ，按公式(1)计算

$$W_2 = \frac{m - m_1}{m} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

m_1 —熔盐干燥至质量恒定后质量数值，单位为克(g)；

m —熔盐质量数值，单位为克(g)。

取平行测定结果的算术平均值为测定结果，平行测定结果的绝对差值≤0.1%。

6.2.2 水不溶物含量的测定

试剂及仪器

苯胺-硫酸溶液：称取 1g 二苯胺溶于 100mL 硫酸中。电热恒温干燥箱：温度能控制在 $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。玻璃砂坩埚：滤板孔径：5~15 μm 。

测试方法

称取约 100.0 ± 0.1 g 熔盐置于 400mL 烧杯中，加入 150mL 水加热至沸，使试样完全溶解。

在 105°C±1°C干燥至质量恒定的玻璃砂坩埚中过滤，用热水洗至残渣无硝酸根离子为止(以苯胺-硫酸溶液检查时无蓝色)残渣连同玻璃砂坩埚于 105°C±1°C下干燥至质量恒定。

结果

水不溶物含量的质量分数 W_2 ，按公式(2)计算

$$W_2 = \frac{m_2 - m_1}{m(1 - w_2)} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

W_2 ——6.2.1 中测得水分的百分数

m_2 ——干燥至质量恒定后水不溶物和玻璃砂坩埚质量的数值，单位为克(g)；

m_1 ——干燥至质量恒定后玻璃砂坩埚的质量的数值，单位为克(g)；

m ——熔盐质量的数值，单位为克(g)。

取平行测定结果的算术平均值为测定结果，平行测定结果的绝对差值≤0.008%。

6.2.3 氯化物含量的测定

按照 GB/T 36376-2018 太阳能熔盐（硝基型）标准中 5.8 条进行测定。

6.2.4 碳酸盐含量的测定

测试方法

称取 100.00±0.01g 熔盐置于 400mL 烧杯中，加水 150mL 加热至沸使熔盐完全溶解，冷却至室温。全部移入 500mL(V1)容量瓶中用水稀释至刻度摇匀。此为试验溶液标记为 A 用于碳酸钠和铵盐含量的测定。以溴甲酚绿-甲基红为指示剂，用硫酸标准滴定溶液滴定。用移液管移取 25mL(V2)试验溶液 A，置于 250mL 锥形瓶中，加入 3~4 滴溴甲酚绿-甲基红混合指示液，用硫酸标准滴定溶液滴定至溶液由绿色变为暗红色，煮沸 2min，迅速冷却，继续用硫酸标准滴定溶液滴定至溶液呈暗红色为止。

结果

碳酸盐含量以碳酸钠(Na_2CO_3)的质量分数 W_6 计，按公式(3)计算

$$W_6 = \frac{V \times C \times M \times 10^{-3}}{m(1 - w_2)(V_2/V_1)} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

V——滴定时消耗硫酸标准滴定溶液的体积的数值，单位为毫升(mL)；

V1——中试验溶液 A 的体积的数值，单位为毫升(mL)；

V2——中所移取试验溶液 A 的体积的数值，单位为毫升(mL)；

c 硫酸标准滴定溶液浓度的准确数值，单位为摩尔每升(mol/L)；

w₃—6.2.1 中测得的水分的质量分数；

m—中试验溶液 A 中所含试料的质量的数值，单位为克(g)；

M—碳酸钠(1/2NaCO₃)的摩尔质量的数值，单位为克每摩尔(g/mol) (M=52.99)。

取两次平行测定结果的算术平均值为测定结果，平行测定结果的绝对差值≤0.02%。

6.2.5 铵盐含量的测定

按照 GB/T 36376-2018 太阳能熔盐（硝基型）标准中 5.12 条进行测定。

6.2.6 硫酸盐含量的测定

测试方法

用盐酸将硝酸钠转化为氯化钠，在酸性介质中用氯化钡将硫酸根离子沉淀为硫酸钡，称量生成的硫酸钡的质量。称取约 10.00±0.01g 置于 100mL 烧杯中用少量水润湿，加 10mL 盐酸置于沸水浴上蒸发至干。再加 10mL 盐酸再蒸干，重复蒸干 3 次。加 50mL 水溶解残渣，加 4mL 盐酸溶液酸化。用中速滤纸过滤，用水洗涤沉淀至溶液体积约 25mL，煮沸，在不断搅拌下滴加 10mL 氯化钡溶液(约 90s 滴加完毕)。在不断搅拌下继续煮沸 2min，放置过夜或于沸水浴上放置 2h。用慢速定量滤纸过滤，用热水洗涤沉淀至无氯离子为止(取 5mL 滤液，加 1mL 硝酸银溶液混匀，5min 后无沉淀出现)。将滤纸连同沉淀一起移入预先在 800±25°C 下灼烧至恒重瓷坩埚内，在电炉上灰化后置于高温炉中，在 800°C±25°C 下灼烧至质量恒定。

结果

硫酸盐含量以硫酸钠(Na₂SO₄)的质量分数 W₁₀ 计，按公式(4)计算

$$W_{10} = \frac{(m_2 - m_1) \times M}{m(1 - w_2)} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

m₁—灼烧至恒重后瓷坩埚和沉淀的质量的数值，单位为克(g)；

m₂—灼烧至质量恒定后瓷坩埚的质量的数值，单位为克(g)；

m—试料的质量的数值，单位为克(g)；

w₂—6.2.1 中测得的水分的质量分数；

M—将硫酸钡换算为硫酸钠的系数(M=0.6086)。

取两次平行测定结果的算术平均值为测定结果，平行测定结果的绝对差值应不大于 0.01%。

6.2.7 Fe, Cu, Mg, Ca, Zn, Cr, Ba, Pb 等离子的种类及含量的测定

按照 GB/T 30902-2014 无机化工产品中杂质元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法 (ICP-OES), GB/T 30903-2014 无机化工产品中杂质元素的测定 电感耦合等离子体质谱法 (ICP-MS)及按照 GB/T 36376-2018 太阳能熔盐 (硝基型) 标准中 5.13 条进行测试。

6.2.8 熔盐纯度

从 100%熔盐中减去杂质总量, 即得熔盐纯度。

6.3 熔盐腐蚀

6.3.1 试样

每组实验被测结构材料的平行试样不少于三块, 标记每一块试样。试样尺寸为 10.0mm×10.0mm×2.0mm。试样制备根据 GB/T 14165 和 ASTM G31-72(2004)给出的一般要求来制备。采用 SiC 水磨砂纸由 200#、400#、800#逐级打磨至 1500#, 确保试样表面光滑平整。分别用丙酮、无水乙醇、去离子水超声清洗, 冷风吹干后存放于干燥箱内。

试样尺寸测量: 采用测量精度为 0.02 mm 的游标卡尺测量试样尺寸。每个方向至少测量 3 点, 并取其平均值, 计算试样的总表面积:

$$A=2(a\times b+a\times c+b\times c)+\pi dc-\pi d^2$$

其中, a、b、c、d 分别为试样长度、宽度、厚度和孔直径

试样称重: 采用测量感量 $\leq 0.1\text{mg}$ 的精密分析天平称量试样, 每个试样称量三次以上, 并取其平均值作为重量记录, 使用测量感量为 0.01mg 的精密天平称重。

试样在坩埚内摆放要求: 在一个实验容器内, 应放同种材质材料, 且材料间不相互接触。如果要验证不同材料的相互作用可同时放入指定的不同材料。

固定方式: 选择与被测试材料同质的金属丝固定试样, 确保试样与熔盐充分接触且试样彼此间不相互接触。

6.3.2 高温熔盐腐蚀实验用高温炉

加热方式: 电加热,

运行温度: 最高加热温度 $\geq 650^\circ\text{C}$,

温度控制精度: $\pm 1^\circ\text{C}$,

恒温区尺寸: $\geq \Phi 200 \times 200\text{mm}$,

在设定温度下连续工作时间: $\geq 2000\text{h}$,

加热炉的炉膛内应在空气气氛条件下。

6.3.3 实验方法

采用静态腐蚀的评价方法, 在空气气氛下将试样浸泡在装有熔盐的坩埚中, 放入高温

炉中进行静态腐蚀实验，实验温度 $\leq 565^{\circ}\text{C}$ (温度控制精度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$)，恒温时间 $\geq 1\text{h}$ 。实验结束后，将坩埚从炉膛中取出、熔盐倒出，自然冷却至室温。实验后用去离子水超声清洗去除试样表面粘附的熔盐，冷风吹干后进行耐蚀性分析。用测量感量 $\leq 0.01\text{mg}$ 的电子天平对腐蚀后的试样进行称重，每个试样进行三次称重，取平均值。采用光学显微镜或扫描电子显微镜 (SEM) 对试样的表面和截面进行显微结构分析，同时采用 X 射线能谱仪 (EDS) 进行成分分布分析。

6.3.4 结果

单位面积失重 $= (m_0 - m_1) / A$ ，其中 m_0 为腐蚀前试样重量， m_1 为腐蚀后试样重量， A 为试样表面积。

腐蚀速率：如果材料发生了均匀腐蚀，采用失重计算出腐蚀速率，计算公式详见 3.3，单位为 $\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 或 $\mu\text{m}/\text{y}$ 。如果材料发生了非均匀腐蚀，就采用最大腐蚀深度计算腐蚀速率。

腐蚀形态：通过材料表面和截面的显微结构分析总结出材料的腐蚀是均匀腐蚀还是局部性腐蚀。

腐蚀深度：如果材料的腐蚀是均匀腐蚀需通过微观结构分析和元素的深度分布分析给出腐蚀损伤层深度 (D_{damage}) 和劣化层深度 D_{degrade} 。

6.3.5 测试报告

报告中应包含以下内容：

被检测试样的基本信息：批号，表面处理方式，清洗方式，成分，尺寸（表面积），重量 (m_0)；

原始熔盐的基本信息：批号，物理化学参数，杂质含量；

实验前试样和坩埚的处理方式和保存方式；

实验参数：腐蚀温度，腐蚀时间；

实验后试样的处理方式和保存方式；

腐蚀实验后试样：重量(m_1)，单位面积失重 (mg/cm^2)，每块试样的腐蚀速率，平均腐蚀速率；

腐蚀形态：通过腐蚀前后材料表面的微观结构得出腐蚀是均匀腐蚀还是局部性腐蚀；

腐蚀深度：通过微观结构和元素的深度分布给出腐蚀损伤层深度 (D_{damage}) 和劣化层深度 (D_{degraded})。

6.4 熔点、导热系数及比热容

6.4.1 熔点

熔点按照 GB/T 36376-2018 太阳能熔盐（硝基型）标准中 5.14 条进行测定。

6.4.2 导热系数

导热系数按照 GB/T 36376-2018 太阳能熔盐（硝基型）标准中 5.18 条进行测定，其导热系数 $\geq 0.4 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

6.4.2 比热容

比热容按照 GB/T 36376-2018 太阳能熔盐（硝基型）标准中 5.15 条进行测定，其比热容 $\geq 1.3 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 。

7 检验规则

7.1 本标准采用型式检验和出厂检验，型式检验和出厂检验项目如下：

a) 要求中规定的所有指标项目为型式检验项目。在正常生产情况下，每 90d 至少进行一次型式检验。有下列情况之一时，应进行型式检验：

更新关键生产工艺；

主要原料有变化；

停产又恢复生产；

与上次型式检验有较大差异；

合同规定。

b) 要求中熔盐、水分、水不溶物、氯化物、碳酸盐含量为出厂检验项目，应逐批检验。

7.2 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熔盐为一批，每批产品不超过 100t。

7.3 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。

7.4 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。

7.5 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。

8 标志、标签

8.1 熔盐包装袋上要有牢固清晰的标志，内容包括：生产厂名、厂址、产品名称、类型、等级、净含量、批号或生产日期、本标准编号以及 GB190—2009 第 3 章中规定的“氧化性物质”标志 GB/T191—2008 第 2 章中规定的“怕晒”、“怕雨”标志。

8.2 每批出厂的熔盐都应附有质量证明书，内容包括：生产厂名、厂址、产品名称、类型、等级、净含量、批号或生产日期、本标准编号。

9 包装、运输、贮存

9.1 熔盐采用内衬聚乙烯塑料袋，外套塑料编织袋包装；或采用覆膜塑料编织袋包装。内袋热合或扎口，外袋应牢固缝合。每袋净含量 25kg、50kg。用户对包装规格有特殊要求时，可供需协商，其包装类别应符合 GB12268-2012 中表 1 的要求，包装件限制质量应符合 GB12463-2009 中附录 A 的要求。

9.2 熔盐在运输过程中应有遮盖物，防止包装损坏，防止雨淋、受潮。

9.3 熔盐应贮存于阴凉干燥处，防止雨淋、受潮。

9.4 熔盐应贮存于通风、干燥的库房内。应防止雨淋、受潮，同时避免阳光直射。禁止与酸类、金属粉末、木屑、纱布、纸张、硫磺及其他有机易燃物、还原物质共运、共贮。

9.4 熔盐在搬运和码垛时，应轻拿轻放，防止摩擦、撞击，垛与垛、垛与墙之间应保持 0.7-0.8m 的间距。