



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109777364 A

(43)申请公布日 2019.05.21

(21)申请号 201711127770.2

(22)申请日 2017.11.15

(71)申请人 青海爱能森新材料科技有限公司

地址 817099 青海省海西蒙古族藏族自治州德令哈市乌兰东路20号

(72)发明人 曾智勇 崔小敏 徐慧芬 聂海宁

(74)专利代理机构 北京海虹嘉诚知识产权代理有限公司 11129

代理人 吴泳历

(51)Int.Cl.

C09K 5/06(2006.01)

F28D 20/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54)发明名称

用于清洁能源锅炉的传热蓄热熔盐、制备方法及其应用

(57)摘要

本发明“用于清洁能源锅炉的传热蓄热熔盐、制备方法及其应用”，涉及清洁能源技术，其特征在于：由 KNO_3 、 NaNO_2 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 为原料制成，各原料成分的重量百分比为： KNO_3 ：20-50%； NaNO_2 ：5-30%； $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ：30-60%。该复合熔盐具有熔点低、热稳定好，饱和蒸气压低于2个大气压，可有效传热和蓄热。

1. 一种用于清洁能源锅炉的传热蓄热熔盐,其特征在于是以 KNO_3 、 NaNO_2 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 为原料,经如下制备步骤制成:

(1) 将三种原料 KNO_3 、 NaNO_2 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 放入刚玉坩埚内,混合搅拌;

(2) 将混合后的熔盐置于烘箱中,从 50°C 开始温度递增地加热24-36小时,最后在 150°C 加热并搅拌直至复合熔盐成为均一溶液体系;

(3) 将复合熔盐置于 $200-250^\circ\text{C}$ 马弗炉,保温8-12小时,除去 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 中的结晶水;待结晶水蒸发去除后,继续升温至 350°C ,彻底除去熔盐中的水分,冷却后,得到固体的均一体系复合熔盐;

制成的熔盐中 KNO_3 、 NaNO_2 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 三种单体熔盐的重量百分比如下:

KNO_3 :20-50%; NaNO_2 :5-30%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:30-60%。

2. 根据权利要求1所述的传热蓄热熔盐,其特征在在于:制成的熔盐中 KNO_3 、 NaNO_2 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 三种单体熔盐重量百分比为:

KNO_3 :20-45%; NaNO_2 :5-20%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:40-60%,

进一步优选为 KNO_3 :20-30%; NaNO_2 :12-19%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:56-60%。

3. 根据权利要求2所述的传热蓄热熔盐,其特征在在于:制成的熔盐中 KNO_3 、 NaNO_2 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 三种单体熔盐的重量百分比为:

KNO_3 :20%; NaNO_2 :20%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:60%;

KNO_3 :23%; NaNO_2 :18%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:59%;

KNO_3 :25%; NaNO_2 :19%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:56%

KNO_3 :27%; NaNO_2 :16%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:57%;或

KNO_3 :30%; NaNO_2 :12%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:58%。

4. 根据权利要求1所述的传热蓄热熔盐,其特征在在于:制成的熔盐中 KNO_3 、 NaNO_2 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 三种单体熔盐的重量质百分比为: KNO_3 :30-36%; NaNO_2 :9-20%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:48-56%。

5. 根据权利要求4所述的传热蓄热熔盐,其特征在在于:制成的熔盐中 KNO_3 、 NaNO_2 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 三种单体熔盐的重量百分比为:

KNO_3 :32%; NaNO_2 :20%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:48%;

KNO_3 :36%; NaNO_2 :13%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:51%;

KNO_3 :35%; NaNO_2 :9%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:56%;或

KNO_3 :30%; NaNO_2 :15%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:55%。

6. 根据权利要求1所述的传热蓄热熔盐,其特征在在于:制成的熔盐中 KNO_3 、 NaNO_2 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 三种单体熔盐的重量百分比为: KNO_3 :35-45%; NaNO_2 :5-18%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:40-60%。

7. 根据权利要求6所述的传热蓄热熔盐,其特征在在于:制成的熔盐中 KNO_3 、 NaNO_2 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 三种单体熔盐的重量百分比为:

KNO_3 :35%; NaNO_2 :5%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:60%;

KNO_3 :36%; NaNO_2 :10%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:54%;

KNO_3 :38%; NaNO_2 :17%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:45%;

KNO_3 :42%; NaNO_2 :18%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:40%;或

KNO_3 :45%; NaNO_2 :5%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:50%。

8. 根据权利要求1-7任一所述的传热蓄热熔盐,所述从50℃开始温度递增地加热24-36小时指在50℃加热并搅拌8-12小时、80℃加热并搅拌8-12小时、120℃加热并搅拌8-12小时。

9. 根据权利要求1-8任一所述的传热蓄热熔盐,所述 KNO_3 、 NaNO_2 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 三种单体熔盐是经过重结晶提纯处理的单体熔盐。

10. 权利要求1-9任一所述的传热蓄热熔盐的制备工艺,其特征在于包括以下步骤:各原料成分的重量百分比如下:

(1) 将三种原料 KNO_3 、 NaNO_2 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 放入刚玉坩埚内,混合搅拌;

(2) 将混合后的熔盐置于烘箱中,从50℃开始温度递增地加热24-36小时,最后在150℃加热并搅拌直至复合熔盐成为均一溶液体系;

(3) 将复合熔盐置于200-250℃马弗炉,保温8-12小时,除去 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 中的结晶水;待结晶水蒸发去除后,继续升温至350℃,彻底除去熔盐中的水分,冷却后,得到固体的均一体系复合熔盐。

11. 权利要求1-9任一所述的传热蓄热熔盐作为清洁能源锅炉储热传热介质的用途。

12. 权利要求1-9任一所述的传热蓄热熔盐作为太阳能光热发电储热传热介质的用途。

用于清洁能源锅炉的传热蓄热熔盐、制备方法及其应用

技术领域

[0001] 本发明涉及一种传热蓄热介质,尤其涉及用于清洁能源锅炉的传热蓄热熔盐、制备方法 及其应用。

背景技术

[0002] 目前,在工业蓄能和太阳能高温热利用领域,用于传热蓄热介质的硝酸熔盐体系主要包 括二元的Solar Salt熔盐和三元Hitec熔盐体系。在这两种熔融盐体系中,二元硝酸 酸盐体系 性能稳定,不燃烧,无爆炸危险,但是其熔点偏高,工作温度范围窄,机组冷态启 动过程复 杂,耗热量大,系统维护费用高。现有三元硝酸盐体系虽然熔点相对低,但上限使 用温度也 较低,且在使用过程中需进行惰性气体保护。硝酸盐体系存在熔融潜热较小和导 热系数低等 缺点。

[0003] 现有的技术中人们尝试向硝酸熔盐体系中加入其它的成分来解决上述问题,但是 改善后 的硝酸熔盐体系的上限温度提高的同时,其下限工作温度也被提高,导致云遮时保 温维护成 本增大。丁静等发明了一种四元熔盐,即在三元熔盐体系基础上加入 LiNO_3 ,其最 佳使用温 度 范围为 $250\text{--}550^\circ\text{C}$ 。这个系统的上限工作温度与三元硝酸熔盐体系相比有所提 高,达到 550°C , 但其下限工作温度也被提高。因此有必要开发和改进现有硝酸盐体系。

发明内容

[0004] 本发明提供了一种全新的传热储热介质,以熔盐为基础,设计配方,发明了一种新 型的 低熔点、低成本的复合熔盐,并设计了相关的制备工艺,该复合熔盐可以作为中高温 清洁能 源锅炉中的传热、蓄热介质,该复合熔盐蒸汽压低、对金属的腐蚀性小,危险性低, 可实现 有效的传热及蓄热功能。本发明请求保护的技术方案如下:

[0005] 一种用于清洁能源锅炉的传热蓄热熔盐,其特征在于是以 KNO_3 、 NaNO_2 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 为原料,经如下制备步骤制成:

[0006] (1) 将三种原料 KNO_3 、 NaNO_2 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 放入刚玉坩埚内,混合搅拌;

[0007] (2) 将混合后的熔盐置于烘箱中,从 50°C 开始温度递增地加热24-36小时,最后在 150°C 加热并搅拌直至复合熔盐成为均一溶液体系;

[0008] (3) 将复合熔盐置于 $200\text{--}250^\circ\text{C}$ 马弗炉,保温8-12小时,除去 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 中的 结晶 水;待结晶水蒸发去除后,继续升温至 350°C ,彻底除去熔盐中的水分,冷却后,得到固 体的均一 体系复合熔盐;

[0009] 制成的熔盐中 KNO_3 、 NaNO_2 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 三种单体熔盐的重量百分比如下:

[0010] KNO_3 :20-50%; NaNO_2 :5-30%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:30-60%;

[0011] 优选地,各原料成分的重量百分比为: KNO_3 :20-45%; NaNO_2 :5-20%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: 40-60%,

[0012] 进一步优选为 KNO_3 :20-30%; NaNO_2 :12-19%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:56-60%;

[0013] 进一步地,各原料成分的重量百分比如下:

- [0014] KNO_3 :20%; NaNO_2 :20%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:60%;
- [0015] KNO_3 :23%; NaNO_2 :18%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:59%;
- [0016] KNO_3 :25%; NaNO_2 :19%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:56%
- [0017] KNO_3 :27%; NaNO_2 :16%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:57%;或
- [0018] KNO_3 :30%; NaNO_2 :12%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:58%。
- [0019] 优选地,各原料成分的重量百分比如为: KNO_3 :30-36%; NaNO_2 :9-20%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:48-56%。
- [0020] 进一步地,各原料成分的重量质百分比如下:
- [0021] KNO_3 :32%; NaNO_2 :20%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:48%;
- [0022] KNO_3 :36%; NaNO_2 :13%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:51%;
- [0023] KNO_3 :35%; NaNO_2 :9%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:56%;或
- [0024] KNO_3 :30%; NaNO_2 :15%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:55%。
- [0025] 优选地,各原料成分的重量百分比为: KNO_3 :35-45%; NaNO_2 :5-18%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:40-60%;
- [0026] 进一步地,各原料成分的重量百分比如为:
- [0027] KNO_3 :35%; NaNO_2 :5%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:60%
- [0028] KNO_3 :36%; NaNO_2 :10%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:54%
- [0029] KNO_3 :38%; NaNO_2 :17%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:45%
- [0030] KNO_3 :42%; NaNO_2 :18%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:40%;或
- [0031] KNO_3 :45%; NaNO_2 :5%; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:50%。
- [0032] 优选地,所述从50℃开始温度递增地加热24-36小时指在50℃加热并搅拌8-12小时、80℃加热并搅拌8-12小时、120℃加热并搅拌8-12小时。
- [0033] 优选地,所述 KNO_3 、 NaNO_2 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 三种单体熔盐是经过重结晶提纯处理的单体熔盐。实验数据显示,经过重结晶提纯处理的单体硝酸熔盐复合而得的本发明熔盐,相较于直接采用工业纯级的单体硝酸熔盐复合的熔盐,其热稳定性显著提高。
- [0034] 上述传热蓄热熔盐的制备工艺,其特征在于包括以下步骤:各原料成分的重量质百分比如下:
- [0035] (1) 将三种原料 KNO_3 、 NaNO_2 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 放入刚玉坩埚内,混合搅拌;
- [0036] (2) 将混合后的熔盐置于烘箱中,从50℃开始温度递增地加热24-36小时,最后在150℃加热并搅拌直至复合熔盐成为均一溶液体系;
- [0037] (3) 将复合熔盐置于200-250℃马弗炉,保温8-12小时,除去 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 中的结晶水;待结晶水蒸发去除后,继续升温至350℃,彻底除去熔盐中的水分,冷却后,得到固体的均一体系复合熔盐。
- [0038] 上述任一所述的传热蓄热熔盐作为清洁能源锅炉储热传热介质的用途。
- [0039] 上述任一所述的传热蓄热熔盐作为太阳能光热发电储热传热介质的用途。
- [0040] 本发明采用硝酸钙、硝酸钾、亚硝酸钠作为原料,通过对其配比和加工工艺进行了改进,加热复合得到一系列熔点低至90℃、分解温度可达600℃的复合熔盐,且导热系数和比热容都比较理想。所得复合熔盐熔点低、热稳定性好、饱和蒸气压低于2个大气压、有良好的传热和储热性能,特别适合作为清洁能源锅炉中的传热及蓄热介质,也可用于太阳能

光热发电及其它传热蓄热领域。其制备工艺简单,采用的单体价格便宜使得复合熔盐成本低。

[0041] 具体地:通过调整原料的各自比重以及制备工艺,获得一系列在熔点低至90℃,分解温度可高达600℃,且导热系数可达0.62W/(m·K),比热容可达1.90KJ/(kg·K)。该熔盐在制备和使用中,具有多方面的优点:

[0042] 一方面,相对于目前光热电站建设和运行的高成本消耗,使用本发明提供的熔盐,由于其中不含硝酸锂,原料成本比较低;而且本发明的熔盐采用从50摄氏度开始递增加热的方式制备,不仅仅能够彻底去除水分子,而且使得所得的复合熔盐更为稳定,此外,不含氯离子,也更进一步保障其对系统腐蚀性小的优点;以上特点使发明的熔盐,无论是制备还是使用,都可以大幅度降低使用运行成本。

[0043] 第二方面,经测试发现本发明的熔盐的系统蒸汽压低,不高于2个大气压,使得太阳能热发电系统的可靠性得到提高。

[0044] 第三方面,发现本发明的熔盐在150-550摄氏度温度范围内稳定运行,而且粘度最高不超过5.5cp,粘度低,可以确保具有良好的传热效率,发电效率,管路堵塞减小,整个系统的安全稳定性提高,寿命增加。

[0045] 因此,本发明提供了一种综合性能显著改进的低成本清洁能源介质,特别适合作为清洁能源锅炉中的传热及蓄热介质,也可用于太阳能光热发电及其它传热蓄热领域。

附图说明

[0046] 图1是本发明所述编号14的混合硝酸盐DTA曲线;

[0047] 图2是本发明所述编号14的混合硝酸盐TG曲线。

具体实施方式

[0048] 实验材料:

[0049] Ca(NO₃)₂·4H₂O、KNO₃、NaNO₂工业纯级,一般化学用品公司可以购买到。

[0050] 重结晶提纯的Ca(NO₃)₂·4H₂O、KNO₃、NaNO₂单体盐:制备工艺如下:

[0051] 各种工业纯级的单体盐经低温(50-100摄氏度)缓慢溶解单品盐溶液,通过吸附树脂进行吸附,再通过压滤机压滤,再将单品盐溶液进行冷却后重结晶,用纯净水对重结晶后的单品盐进行洗涤,再将洗涤后的单品盐放入电加热反应釜内,加入纯净水后加热,将电加热反应釜内的单品盐溶液置于冷却器中冷却结晶,将结晶后的单品盐通过离心机脱水,再用纯净水对脱水后的单品盐进行洗涤,洗涤后单品盐再次通过离心机脱水,然后干燥,得到高纯度的单品盐。

[0052] 实施例1-25. 本发明复合熔盐的制备和检测

[0053] 步骤1. 制备本复合熔盐:

[0054] (1) 按照表1的复合熔盐的组成称取KNO₃、NaNO₂和Ca(NO₃)₂·4H₂O的比例称取所需的Ca(NO₃)₂·4H₂O放入刚玉坩埚内,混合搅拌;

[0055] (2) 将混合后的熔盐置于烘箱中,50℃加热并搅拌12小时、80℃加热并搅拌10小时、120℃加热并搅拌8小时、150℃加热并搅拌直至复合熔盐成为均一溶液体系;

[0056] (3) 将复合熔盐置于200-250℃马弗炉,保温8-12小时,除去Ca(NO₃)₂·4H₂O中的结

晶水;待结晶水蒸发去除后,继续升温至350℃,彻底除去熔盐中的水分,冷却后,得到固体均一体系复合熔盐。

[0057] 表1复合熔盐的原料配比

实施例编号对应 复合熔盐编号	原料配比		
	KNO ₃	NaNO ₂	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O
1	50	5	45
2	42	18	40
3	40	20	40
4	40	30	30
5	40	17	43
6	40	16	44
7	40	15	45
8	40	14	46
9	45	5	50
10	40	12	48
11	40	11	49
12	40	8	52
13	38	17	45
14	36	13	51
15	36	10	54
16	35	9	56
17	35	5	60
18	32	20	48
19	30	30	40
20	30	15	55
21	30	12	58
22	27	16	57
23	25	19	56
24	23	18	59
25	20	20	60

[0058]

[0059] 注:其中硝酸钙%wt表示最终所得的低温熔盐中 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 的比例,熔盐的原料为 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$,根据 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 的比重来计算并其称取 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 的用量,比如1号熔盐中,每100g低温熔盐中含有50g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$,由于 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 在 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 中的含量约为70%,因此, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 的用量为 $50/0.7=71.4\text{g}$ 。

[0060] 步骤2.测导热系数

[0061] 方法:采用液体导热系数测试仪进行(在氮气气氛下进行测试),每种熔盐取三份进行测试,测试结果取300℃下的平均值,测试结果见表3—表7:

[0062] 步骤3.测比热容

[0063] 方法:采用通用的差示热量扫描仪DSC进行(在常压下进行扫描),每种熔盐取三份进行测试,测试结果取300℃和/或400℃下的平均值,测试结果见表3—表7:

[0064] 步骤4.测定熔点

[0065] 方法:采用通用的差示热量扫描仪DSC进行(在常压下进行扫描),每种熔盐取三份进行测试,测试结果取平均值,测试结果见表3—表7:

[0066] 步骤5.测定分解温度

[0067] 方法:采用通用的热重分析仪TGA进行(在常压下进行扫描),每种熔盐取三份进行测试,测试结果取平均值,测试结果见表3—表7:

[0068] 步骤6饱和蒸汽压

[0069] 测试仪器:采用饱和蒸汽压测定仪,每种熔盐取三份进行测试,测试结果取平均值,测试结果见表3—表7。

[0070] 步骤7.测粘度

[0071] 测试仪器:采用旋转流变仪进行(通入保护气体),每种熔盐取三份进行测试,测试结果取300℃和/或400℃下平均值,结果见表3—表7

[0072] 表2现有技术中常用熔盐测试结果

[0073]

熔盐类型	单体	单体	二元 Solar Salt	三元 Hitec
	NaNO ₃	KNO ₃	60NaNO ₃ -40KN O ₃	40NaNO ₂ -7NaNO ₃ -53KN O ₃
熔点 (°C)	307	337	220	142
上限温度 (°C)	650	600	600	535
密度 (g/cm ³)	1820 (400°C)	1827 (400°C)	1899 (300°C)	1640 (300°C)
			1820 (400°C)	1791 (400°C)
比热容 J/(g·K)	1819 (400°C)	1340 (400°C)	1495 (300°C)	1560 (300°C)
			1495 (400°C)	1550 (400°C)
导热系数 (W(m·K))	0.581 (400°C)	0.480 (400°C)	0.50 (300°C)	0.42 (300°C)
			0.519 (400°C)	0.387 (400°C)
黏度 (mPa·s)	1.91 (400°C)	2.11 (400°C)	3.26 (300°C)	3.16 (300°C)
			1.78 (400°C)	1.87 (400°C)

[0074] 表3实施例1-5低温熔盐的物性测试结果

[0075]

实施例编号	1	2	3	4	5
熔点 (°C)	108	95	94	96	94
上限温度 (°C)	618	624	632	621	605
比热容 kJ/(kg·K)	1750 (300°C)	1790 (300°C)	1835 (300°C)	1810 (300°C)	1825 (300°C)
	1795 (400°C)	1835 (400°C)	1875 (400°C)	1855 (400°C)	1862 (400°C)
导热系数 (W(m·K))	0.557 (300°C)	0.558 (300°C)	0.598 (300°C)	0.62 (300°C)	0.599 (300°C)
	0.519 (400°C)	0.498 (400°C)	0.510 (400°C)	0.510 (400°C)	0.498 (400°C)
黏度 (mPa·s)	1.19 (300°C)	1.319 (300°C)	1.212 (300°C)	1.315 (300°C)	1.305 (300°C)
	0.87 (400°C)	0.92 (400°C)	0.85 (400°C)	0.97 (400°C)	0.96 (400°C)

[0076] 表4实施例6-10低温熔盐的物性测试结果

[0077]

实施例编号	6	7	8	9	10
熔点 (°C)	108	95	94	96	94
上限温度 (°C)	625	633	635	630	642
比 热 容 kJ/(kg·K)	1770 (300°C) 1800 (400°C)	1780 (300°C) 1825 (400°C)	1825 (300°C) 1860 (400°C)	1810 (300°C) 1865 (400°C)	1830 (300°C) 1869 (400°C)
导热系数 (W(m·K))	0.559 (300°C) 0.529 (400°C)	0.568 (300°C) 0.518 (400°C)	0.618 (300°C) 0.515 (400°C)	0.625 (300°C) 0.520 (400°C)	0.588 (300°C) 0.498 (400°C)
黏度 (mPa·s)	1.18 (300°C) 0.87 (400°C)	1.332 (300°C) 0.97 (400°C)	1.232 (300°C) 0.95 (400°C)	1.325 (300°C) 0.97 (400°C)	1.315 (300°C) 0.98 (400°C)

[0078] 表5实施例11-15低温熔盐的物性测试结果

[0079]

实施例编号	11	12	13	14	15
熔点 (°C)	92	95	110	110	130
上限温度 (°C)	609	629	645	625	629
比 热 容 kJ/(kg·K)	1730 (300°C) 1770 (400°C)	1775 (300°C) 1825 (400°C)	1815 (300°C) 1855 (400°C)	1805 (300°C) 1859 (400°C)	1819 (300°C) 1859 (400°C)
导热系数 (W(m·K))	0.567 (300°C) 0.529 (400°C)	0.558 (300°C) 0.528 (400°C)	0.628 (300°C) 0.530 (400°C)	0.625 (300°C) 0.520 (400°C)	0.599 (300°C) 0.518 (400°C)
黏度 (mPa·s)	1.19 (300°C) 0.91 (400°C)	1.314 (300°C) 0.89 (400°C)	1.222 (300°C) 0.94 (400°C)	1.325 (300°C) 0.97 (400°C)	1.265 (300°C) 0.96 (400°C)

[0080] 表6实施例16-20低温熔盐的物性测试结果

[0081]

实施例编号	16	17	18	19	20
熔点 (°C)	124	95	120	112	115
上限温度 (°C)	636	610	635	627	630
比 热 容 kJ/(kg·K)	1765 (300°C) 1800 (400°C)	1785 (300°C) 1830 (400°C)	1825 (300°C) 1855 (400°C)	1790 (300°C) 1835 (400°C)	1805 (300°C) 1842 (400°C)
导热系数 (W(m·K))	0.560 (300°C) 0.521 (400°C)	0.580 (300°C) 0.515 (400°C)	0.618 (300°C) 0.530 (400°C)	0.625 (300°C) 0.545 (400°C)	0.585 (300°C) 0.526 (400°C)
黏度 (mPa·s)	1.15 (300°C) 0.90 (400°C)	1.304 (300°C) 0.85 (400°C)	1.225 (300°C) 0.94 (400°C)	1.325 (300°C) 0.95 (400°C)	1.255 (300°C) 0.99 (400°C)

[0082] 表7实施例21-25低温熔盐的物性测试结果

[0083]

实施例编号	21	22	23	24	25
熔点 (°C)	100	130	118	125	119
上限温度 (°C)	623	615	630	605	619
比热容 kJ/(kg·K)	1770 (300°C) 1805 (400°C)	1750 (300°C) 1795 (400°C)	1795 (300°C) 1835 (400°C)	1805 (300°C) 1835 (400°C)	1815 (300°C) 1852 (400°C)
导热系数 (W(m·K))	0.567 (300°C) 0.529 (400°C)	0.568 (300°C) 0.528 (400°C)	0.618 (300°C) 0.520 (400°C)	0.625 (300°C) 0.526 (400°C)	0.589 (300°C) 0.518 (400°C)
黏度 (mPa·s)	1.19(300°C) 0.91(400°C)	1.314 (300°C) 0.89 (400°C)	1.230 (300°C) 0.94 (400°C)	1.328 (300°C) 0.95 (400°C)	1.255 (300°C) 0.99 (400°C)

[0084] 从表2至表7可以看出,本发明提供熔盐具有较宽的使用温度范围,熔点降低到都在130 摄氏度左右以下,而分解温度基本都高于580摄氏度;这相应地能够提高熔盐的发电效率;比热容,导热系数和黏度都显著优于现有技术中常用熔盐。

[0085] 饱和蒸气压测定结果平均在1.5-1.8个大气压,这对系统的稳定性要求低,因此更安全可靠。

[0086] 粘度低,传热效率高,发电效率高,管路堵塞减小,整个系统的安全稳定性提高,寿命增加。

[0087] 导热系数较常规熔盐增加,储热能力提高,比热容和使用温度范围较常规熔盐好,储热能力较常规熔盐增加,同等量的储热熔盐,采用本发明的熔盐的储热量显著高于常规 Hitec 熔盐,进而降低了建设储热系统的成本。

[0088] 实施例1-25的平行实施例:

[0089] 与实施例1-25的区别仅在于采用重结晶提纯之后的四种熔盐单体。测试结果数据与表3 显示相近。但是上限温度显著提高:平均提高20-30摄氏度,上限使用温度平均几乎提到到 620-640摄氏度。

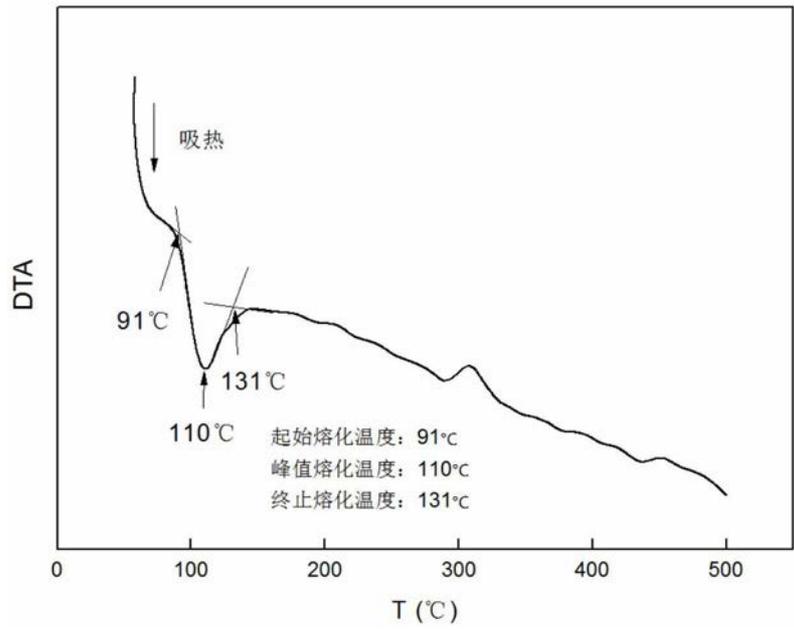


图1

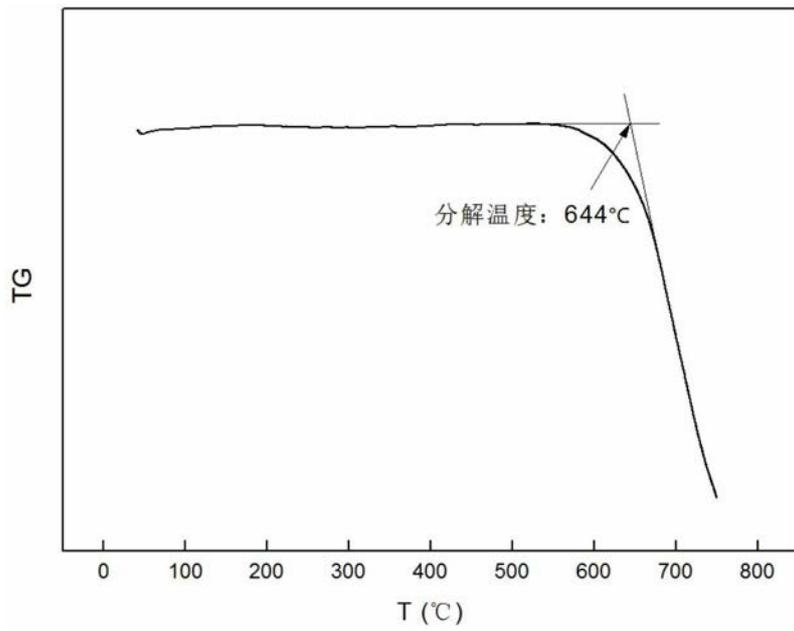


图2