

太阳池型钾石盐热溶槽底层溶液提取和补充实验

汤毅慧, 赵启文*, 屠兰英, 陈得清, 赵榕

(青海大学 化工学院, 青海 西宁 810016)

摘要: 太阳池型钾石盐热溶槽运行稳定后, 采取合理方法提取和补充溶液是其实际应用的重要环节, 影响其运行效率的主要因素为单次取补液量、取补液速率和补液管位置. 为探索取补液最优方法, 通过实验考察了单次取补液量、取补液速率和补液管位置对太阳池型钾石盐热溶槽性能的影响. 结果表明: 太阳池型钾石盐热溶槽运行至第6 d时其密度、盐度与温度处于稳定状态, 在15℃左右室温下运行稳定后其最高温度达到36.7℃; 单次取补液量越大、取补液速率越快, 热溶槽底层溶液温度下降越多, 恢复时间越长, 对盐梯度层的破坏也越明显. 实验得出取补液最优方法: 连续操作单次取补液量1 000 mL, 间歇操作单次取补液量2 000 mL; 取液管位置在热溶槽底部, 补液管位置在距热溶槽底部150 mm处; 取补液速率1.243 mL/s, 太阳池型钾石盐热溶槽能够稳定运行, 且单位时间内取补液量较大.

关键词: 太阳池; 钾石盐; 热溶槽

中图分类号: TQ021.8

文献标识码: A

doi: 10.7511/dllgxb202303003

0 引言

钾是农作物必需的三大营养元素之一, 我国钾矿资源短缺, 土壤普遍缺钾, 钾肥长期依赖进口. 青海柴达木盆地是我国钾盐的主要产地, 已探明钾盐储量约占全国的80%, 随着近几年大规模的开发, 高品位钾矿越来越少, 低品位钾矿的开发具有重要意义. 其中察尔汗盐湖、马海盐湖以及西台吉乃尔盐湖已探明低品位固体钾矿($0.5\% \leq w(\text{KCl}) < 3.0\%$)资源量为 3.43×10^8 t, 平均品位为1.25%, 远低于我国采用的《盐湖和盐类矿产地质勘查规范》(DZ/T 0212—2002)中推荐的工业品位8.0%, 也远低于世界标准的15.0%~18.0%^[1]; 而且氯化钾生产中每年排放上千万吨含钾2%~7%的尾矿^[2], 回收利用这些低品位钾资源目前主要采用热溶结晶法工艺, 但是此工艺存在能耗高、设备腐蚀严重、经济效益欠佳等问题.

太阳能是一种取之不尽用之不竭的绿色清洁能源^[3], 但是太阳能在夜间和阴雨天气下不能被利用, 故需有存储太阳能的方法^[4]. 太阳池是一种经济、简单、高效的太阳能收集器, 能收集和储存

太阳能并再次利用^[5]. 青海柴达木盆地太阳能资源丰富, 具备建造太阳池的优良条件. 而且柴达木盆地氯化钾生产中每年排放的大量含钾尾矿, 是可以利用的低品位钾资源. 本课题组研究将钾石盐太阳池和热溶结晶法工艺的热溶槽合二为一, 利用太阳池聚集太阳能, 用于热溶结晶法工艺降低生产过程能耗. 有关太阳池的研究基本集中于热性能研究和数值研究^[6-8], 而热提取方面的研究较少. Jaefarzadeh^[6]从实验上研究了从太阳池提热用于加热空气. Sabetta等^[8]给出了采用聚乙烯管进行内部换热器设计的方法和费用分析. Al-Jamal等^[9]从理论上证明了太阳池热提取有利于增加太阳池对太阳辐射的吸收. Angeli等^[10]和Andrews等^[7]分别基于内置和外置换热器的方法从理论上提出了新的提热方法.

太阳池型钾石盐热溶槽运行稳定后, 提取和补充溶液是其实际应用的重要环节, 若提取和补充溶液的方法不合理, 会破坏盐梯度层, 导致太阳池型钾石盐热溶槽无法稳定运行, 影响的主要因素为单次取补液量、取补液速率和补液管位置. 本文研究太阳池型钾石盐热溶槽底层溶液提取与补

收稿日期: 2022-02-10; 修回日期: 2022-12-12.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(2166060069).

作者简介: 汤毅慧(1996—), 女, 硕士生, E-mail: 2272881859@qq.com; 赵启文*(1968—), 男, 教授, E-mail: zhqwqd@126.com.

充的最优方法,通过实验探究单次取补液量、取补液速率以及补液管位置对太阳池型钾石盐热溶槽性能的影响规律,为太阳池型钾石盐热溶槽技术工业化应用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 原料、试剂和仪器

1.1.1 原料 实验原料为钾石盐,购自青海盐湖三元钾肥股份有限公司。

1.1.2 试剂 主要试剂有四苯硼钠、酚酞、氢氧化钠、EDTA、硝酸银、氯化钾、氯化钠、氯化镁、氯化铵、氨水、无水乙醇、盐酸,均为分析纯。

1.1.3 仪器 仪器主要包括:80 L 保温桶;HID-100W-6000K 型氙气灯;带探头数显温度传感器;BSA124S-CW 型电子分析天平;SHB-Ⅲ型循环水式真空泵;盐度计;Orion AQ4500 型浊度仪;DRE-Ⅱ型快速导热仪;0-70 波美计;自制取样器。

1.2 实验分析方法

1.2.1 分析检测方法 采用四苯硼钠法测定 K^+ ,差减法计算 Na^+ ,硫酸钡沉淀法测定 SO_4^{2-} ,EDTA 滴定法测定 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ,银量法测定 Cl^- ,重量法测定水不溶物。

采用盐度计测定溶液的盐度,电子分析天平测定溶液的密度,波美计测定溶液的浓度,数显温度传感器测定溶液的温度。

1.2.2 太阳池型钾石盐热溶槽的构建及运行方法

(1)取样与测温

热溶槽溶液分为 3 层,在各层分界面上下各 20 mm 处设置取样管,其余位置每隔 50 mm 设置取样管测定溶液密度、盐度、组成等。每隔 50 mm 粘贴一个数显温度传感器读取溶液温度。

(2)取补液管

将 4 根 94 cm 长的 $\phi 6 \times 8$ mm 白色 PVC 硬管绕成圆形,在硬管周身开设若干均布小孔,其一端密封,另一端与 $\phi 6 \times 8$ mm 橡胶管连接,制作 4 个相同形状圆形管,1 个为取液管,3 个为补液管,然后用细铁棒、塑料夹及细线等辅助材料每隔 50 mm 固定一个圆形管,制成简易取补液管。

(3)热溶槽的构建

选用内径 440 mm、高 420 mm 的保温桶作为太阳池型钾石盐热溶槽。保温桶内壁衬黑色塑料袋。保温桶中心垂直固定取样器和温度传感器。热溶槽底部固定取液管,取液管上方铺设一层小石子,小石子上方平铺固体钾石盐,小石子与固体钾

石盐厚度共计 50 mm,固体钾石盐组成见表 1。然后灌注钾石盐饱和溶液作为下对流层(LCZ),通过水平布液器灌注 $20^\circ B\acute{e}$ 的钾石盐溶液作为盐梯度层(NCZ),自来水作为上对流层(UCZ),各层厚度比为 5:4:1。静置 24 h 后取样测得与底部不同距离 L 下各层溶液的密度 ρ (如图 1 所示),由图可知,热溶槽水平方向的密度几乎一致,但垂直方向形成了明显的密度梯度,表明热溶槽构建成功。

表 1 固体钾石盐组成

Tab. 1 Composition of solid potash salts

组成	质量分数/%	组成	质量分数/%
KCl	36.49	CaSO ₄	3.13
NaCl	42.11	H ₂ O	11.76
MgCl ₂	5.30	水不溶物	1.21

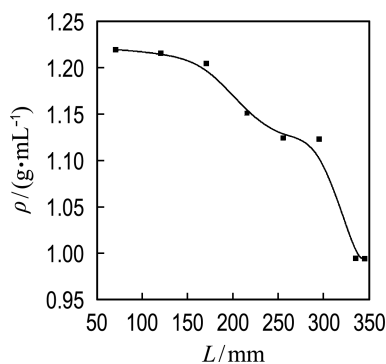


图 1 太阳池型钾石盐热溶槽中各层溶液的密度

Fig. 1 Density of each layer of solution in a solar pond type potash salt thermal solution tank

(4)热溶槽的运行

在实验室利用 4 只 100 W 的氙气灯模拟柴达木盆地察尔汗地区的太阳光,白天开灯模拟光照,夜间关闭。每天测定各层溶液的密度与温度;开始与结束时取样测定各层溶液的离子组成。因光照时存在水分蒸发,为了保证太阳池型钾石盐热溶槽稳定运行以及上对流层溶液厚度不变,每天开始运行前对上对流层补充适量的自来水。

1.2.3 单次取补液量对热性能影响 实验中待太阳池型钾石盐热溶槽运行稳定后,使用蠕动泵设置取补液速率为 1.243 mL/s,取出 1 000 mL 的钾石盐热溶液,然后通过补液管 1 补入 1 000 mL 室温下的饱和钾石盐溶液,每隔 5 min,记录取补液后的温度变化。待补液后温度恢复至取液前,结束实验。改变单次取补液量分别为 2 000、3 000、4 000 mL,重复上述实验。

1.2.4 取补液速率对热性能影响 实验中待太阳池型钾石盐热溶槽运行稳定后,使用蠕动泵设置取补液速率为 0.275 mL/s,取出 2 000 mL 的钾石盐热溶液,然后通过补液管 1 补入 2 000 mL 室温下的饱和钾石盐溶液,每隔 5 min,记录取补液后的温度变化.待补液后温度恢复至取液前,结束实验,改变取补液速率分别为 0.738、1.243、1.765 mL/s,重复上述实验.

1.2.5 补液管位置对热性能影响 实验中待太阳池型钾石盐热溶槽运行稳定后,使用蠕动泵设置取补液速率为 1.243 mL/s,取出 2 000 mL 的钾石盐热溶液,然后通过补液管 1 补入 2 000 mL 室温下的饱和钾石盐溶液,每隔 5 min,记录取补液后的温度变化.待补液后温度恢复至取液前,结束实验,改变补液管位置分别为补液管 2、补液管 3,重复上述实验.然后改变单次取补液量分别为 3 000 与 4 000 mL,重复上述过程.

2 结果与讨论

2.1 操作运行

热溶槽运行过程中与底部不同距离溶液的密度、盐度以及温度变化如图 2 所示,由图可以得出:热溶槽运行过程中密度与盐度变化较小,随温度增加底层部分钾石盐溶解进入 LCZ 层,使 LCZ 层下部的密度有微量增加,在 NCZ 层与 UCZ 层交界的小区域内出现微量盐分从高浓度区向低浓度区扩散的情况,UCZ 层下部的密度有微量增加.温度随着运行时间的增加而上升,在 15 °C 左右的室温下运行 6 d 后趋于稳定,LCZ 层最高温度 36.7 °C,实验用热溶槽规格小,集热能力有限,实验期间环境温度不高,昼夜温差较大,热溶槽保温效果欠佳,夜间散热较多,导致升温较慢,最终温度不高.

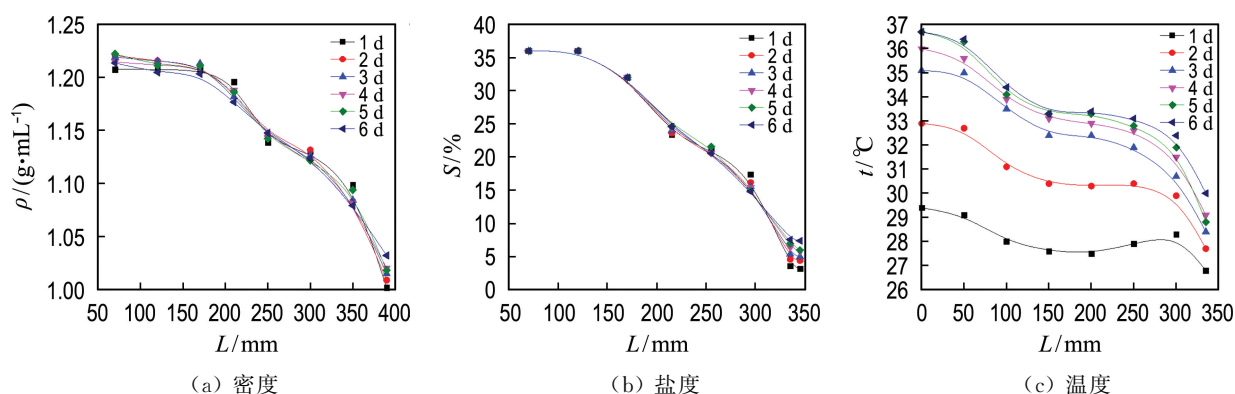


图 2 热溶槽运行过程中与底部不同距离溶液的密度、盐度以及温度变化

Fig. 2 Variation of density, salinity and temperature of solution at different distances to bottom during the operation of the thermal solution tank

2.2 单次取补液量

2.2.1 密度 取补液前后密度变化如图 3 所示.由图可得,取补液量为 1 000 mL 时,取补液前后各层溶液密度无明显变化;而取补液量为 2 000 mL 时,LCZ 层 70 mm 处的密度与取液前相比增大了 0.007 8 g/mL.主要是因为补入液为室温,当补入液与 LCZ 层热溶液混合后发生传热传质现象,导致温度降低、密度增大.

2.2.2 组成 1 000 mL 取补液前后离子浓度组成见表 2,开始运行前各层溶液离子浓度组成水平方向基本一致,垂直方向形成了梯度,而补液结束后离子浓度变化主要在 LCZ 层.1 000~4 000 mL

取补液前后 LCZ 层热溶液中离子浓度与补入液离子浓度相关.取出液中各离子浓度与补入液相比普遍有一定量增加(见表 3),是底层部分钾石盐溶解进入取出液所致,但因为温度升高不多,所以各离子浓度增加幅度不大.

2.2.3 温度 补液后温度恢复时间如图 4、5 所示.由图可得,取补液量为 1 000 mL 时,温度基本不变;取补液量为 2 000 mL 时,补液后在 50 mm 处温度下降 0.6 °C,39 min 后温度恢复到取液前温度.取补液量从 1 000 mL 增到 4 000 mL,随着取补液量增加,温度下降幅度增大,恢复时间延长.

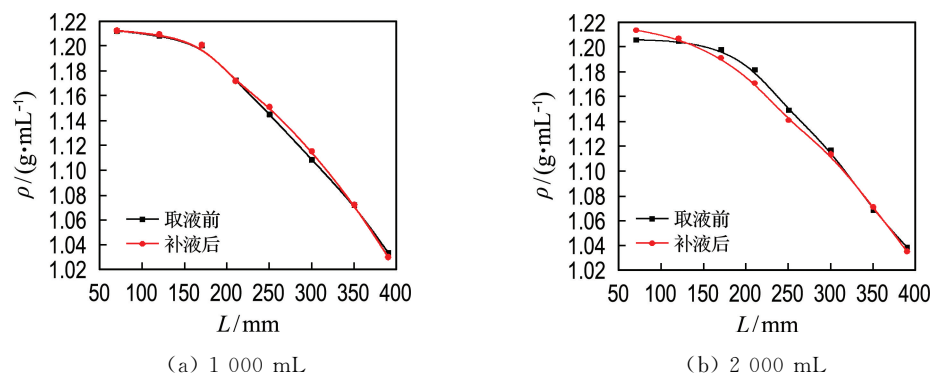


图 3 取补液前后密度变化

Fig. 3 Density variation before and after extraction and replenishment of solution

表 2 1 000 mL 取补液前后离子浓度组成

Tab. 2 Composition of ion concentration before and after 1 000 mL extraction and replenishment of solution

L/mm	钾离子浓度/ $(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$		钠离子浓度/ $(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$		镁离子浓度/ $(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$		钙离子浓度/ $(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$		氯离子浓度/ $(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	
	取液前	补液后	取液前	补液后	取液前	补液后	取液前	补液后	取液前	补液后
70	1.14	1.19	2.58	2.54	2.11	1.95	0.05	0.04	5.88	5.72
120	1.12	1.17	2.63	2.78	1.86	1.76	0.03	0.05	5.64	5.76
170	1.01	1.02	2.72	2.23	1.69	2.30	0.04	0.04	5.45	5.58
210	0.93	0.92	2.05	2.09	1.95	1.89	0.04	0.04	4.97	4.93
250	0.83	0.88	1.80	1.88	1.68	1.62	0.05	0.03	4.36	4.42
300	0.58	0.70	1.33	1.53	0.96	1.16	0.03	0.03	2.89	3.43
350	0.50	0.51	1.13	1.10	0.76	0.80	0.02	0.02	2.42	2.44
390	0.34	0.34	0.69	0.66	0.37	0.39	0.02	0.02	1.43	1.41

表 3 取出液与补入液的离子浓度

Tab. 3 Ion concentration of extraction solution and replenishment solution

溶液	钾离子浓度/ $(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	钠离子浓度/ $(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	镁离子浓度/ $(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	钙离子浓度/ $(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	氯离子浓度/ $(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$
取出液	1.36	2.93	2.31	0.06	6.66
补入液	1.20	2.72	1.89	0.06	5.87

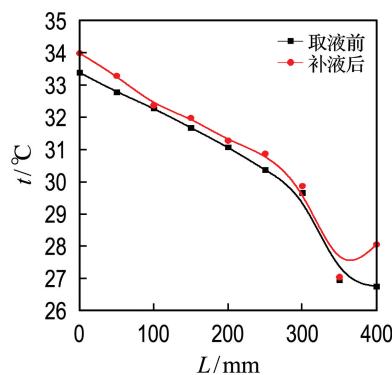


图 4 1 000 mL 补液后温度恢复时间

Fig. 4 Temperature recovery time after replenishment of 1 000 mL solution

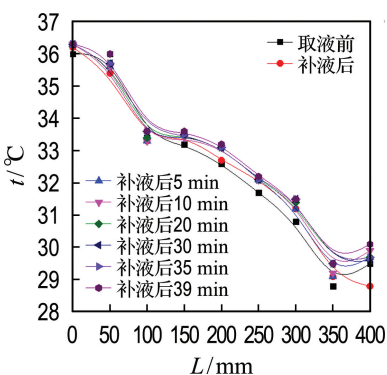


图 5 2 000 mL 补液后温度恢复时间

Fig. 5 Temperature recovery time after replenishment of 2 000 mL solution

将取液、补液、温度恢复时间包括在内计算每 min 平均取液量, 单次取补液量为 1 000、2 000、

3 000 mL 时, 每 min 平均取液量分别为 37.3、21.6、16.5 mL, 说明在补液管位置与取补液速率保持不变条件下, 连续操作单次取补液量 1 000 mL 较合适, 间歇操作 2 000 mL 较合适. 后续以间歇操作 2 000 mL 为准进行取补液速率实验.

2.3 取补液速率

2.3.1 密度 不同速率取补液前后密度变化如图 6 所示. 由图可得, 取补液速率为 0.275、0.738、1.243、1.765 mL/s 时, LCZ 层与 NCZ 层密度均有微量波动; 取补液速率为 0.275、1.243、

1.765 mL/s 时, UCZ 层密度补液后微高于取液前. 当取补液速率较低时, 太阳池型钾石盐热溶槽内溶液密度差较稳定, 随取补液速率增大, 其对盐梯度的影响逐渐增大, 1.765 mL/s 时盐分向上扩散明显, 使得 UCZ 层密度补液后大于取液前.

2.3.2 温度 当取补液速率为 0.275 mL/s 时, 温度基本不变; 取补液速率为 0.738 mL/s 时, 补液后温度恢复时间如图 7(a) 所示, 补液后在 50 mm 处温度下降 0.1 °C, 77 min 后温度恢复到取液前温度; 取补液速率为 1.243 mL/s 时, 补液

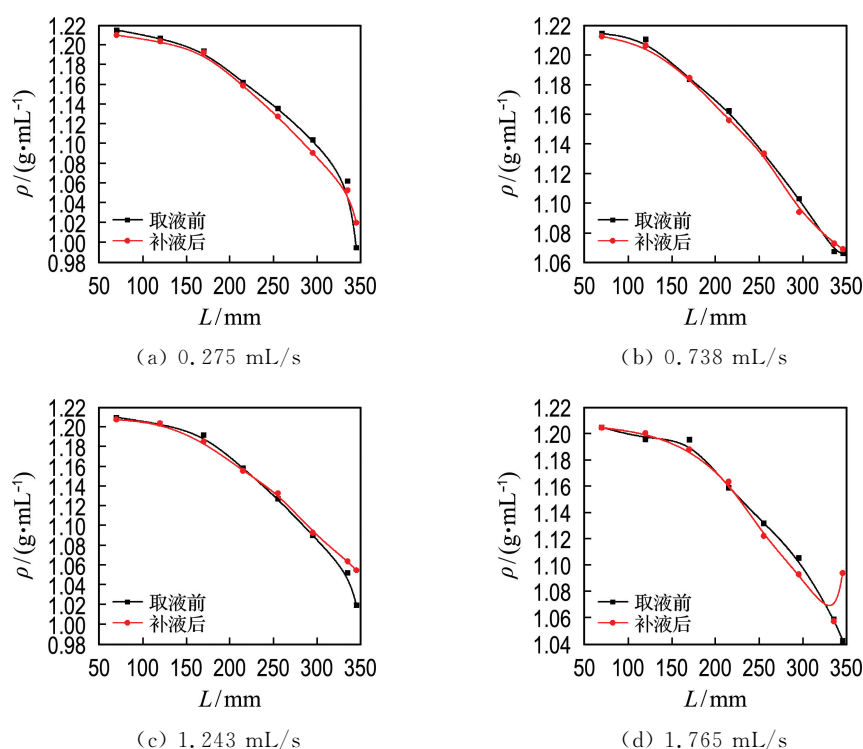


图 6 不同速率取补液前后密度变化

Fig. 6 Density variation before and after extraction and replenishment of solution at different rates

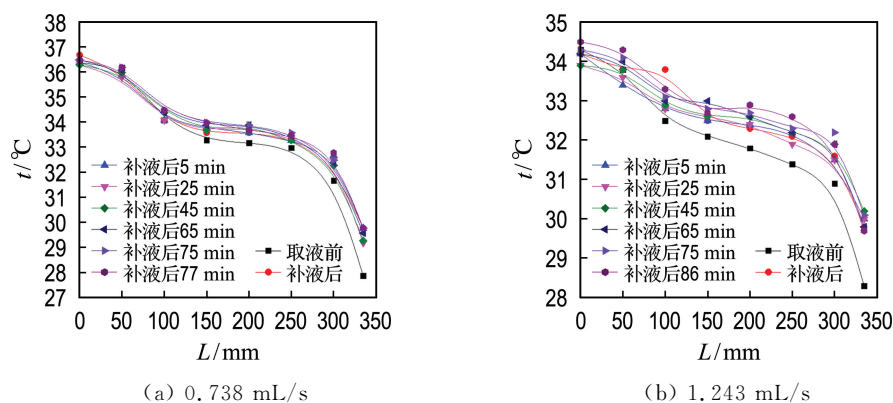


图 7 补液后温度恢复时间

Fig. 7 Temperature recovery time after replenishment of solution

后温度恢复时间如图 7(b)所示,补液后在 50 mm 处温度下降 0.2 °C,86 min 后温度恢复到取液前温度;取补液速率为 1.765 mL/s 时,补液后在 50 mm 处温度下降 0.6 °C,97 min 后温度恢复到取液前温度.表明随着取补液速率增大,温度下降幅度增大,恢复时间变长.

取补液速率越大,单位时间内取出液体越多,运

行效率越高,但取补液速率越大,盐的扩散越明显,对 NCZ 层破坏越大,综合考虑取补液速率对密度、温度的影响,补液速率取 1.243 mL/s 较合适.

2.4 补液管位置

2.4.1 密度 不同补液管位置下取补液前后密度基本维持不变(见表 4),表明实验中采取的 3 种补液管位置对热溶槽稳定性影响不大.

表 4 不同补液管位置下取补液前后密度变化

Tab. 4 Density variation before and after extraction and replenishment of solution with different replenishment tube positions

L/ mm	2 000 mL 时密度/(g · mL ⁻¹)						3 000 mL 时密度/(g · mL ⁻¹)						4 000 mL 时密度/(g · mL ⁻¹)					
	补液管 1		补液管 2		补液管 3		补液管 1		补液管 2		补液管 3		补液管 1		补液管 2		补液管 3	
	取液前	补液后	取液前	补液后	取液前	补液后	取液前	补液后	取液前	补液后	取液前	补液后	取液前	补液后	取液前	补液后	取液前	补液后
70	1.210	1.208	1.223	1.215	1.219	1.251	1.216	1.226	1.219	1.219	1.206	1.207	1.208	1.226	1.210	1.211	1.218	1.214
120	1.204	1.204	1.249	1.212	1.217	1.245	1.194	1.193	1.213	1.221	1.204	1.207	1.206	1.218	1.210	1.214	1.213	1.207
170	1.192	1.185	1.201	1.200	1.203	1.201	1.174	1.170	1.204	1.190	1.191	1.189	1.203	1.206	1.202	1.190	1.202	1.203
215	1.159	1.156	1.175	1.166	1.162	1.164	1.153	1.144	1.198	1.160	1.166	1.151	1.182	1.190	1.165	1.164	1.169	1.170
255	1.128	1.133	1.141	1.139	1.139	1.137	1.115	1.115	1.138	1.143	1.127	1.129	1.153	1.151	1.128	1.113	1.150	1.139
295	1.091	1.093	1.110	1.108	1.109	1.106	1.075	1.073	1.106	1.107	1.100	1.096	1.124	1.123	1.115	1.106	1.109	1.108
335	1.053	1.064	1.075	1.068	1.066	1.064	1.032	1.034	1.078	1.086	1.046	1.069	1.075	1.084	1.085	1.090	1.079	1.085
345	1.020	1.055	1.070	1.065	1.050	1.053	1.031	1.033	1.076	1.087	1.035	1.047	1.031	1.043	1.086	1.089	1.072	1.079

2.4.2 温度 不同补液管位置下补液后温度恢复时间见表 5.由表可得,在同一取补液量下,补液后温度恢复时间随着补液管位置上移而缩短,补液管 2 与 3 基本一致.在同一补液管位置处,补液后温度恢复时间随着取补液量增大而延长.补液管位置在 LCZ 层中越靠近上部,接受太阳辐射量越多,温度上升越快,但对盐梯度影响也越大.补液管 3 的位置,即距热溶槽底部 150 mm 的位置较合适.

表 5 不同补液管位置下补液后温度恢复时间

Tab. 5 Temperature recovery time after replenishment of solution with different replenishment tube positions

取补液量/ mL	温度恢复时间/min		
	补液管 1	补液管 2	补液管 3
2 000	86	55	55
3 000	120	85	85
4 000	—	125	100

3 结 论

(1)太阳池型钾石盐热溶槽运行至第 6 d 时其密度、盐度与温度处于稳定状态.在 15 °C 左右的室温下运行稳定后其最高温度达到 36.7 °C.

(2)单次取补液量越大,热溶槽底层溶液温度下降越多,恢复时间越长,盐分向上扩散越明显.连续操作单次取补液量 1 000 mL 较合适,取补液前后各层溶液的密度、温度基本不变.间歇操作单次取补液量 2 000 mL 较合适.

(3)随着取补液速率增加,温度下降幅度增大,恢复时间变长,每 min 平均取液量增大,对盐梯度影响也增大,取补液速率 1.243 mL/s 较合适.

(4)补液管分别设置在下对流层高度方向相距 50 mm 3 个位置时,取补液前后溶液密度基本维持不变,但在 150 mm 处补液后温度恢复时间相对较短,盐分向上扩散相对较少,因此补液管设置在距热溶槽底部 150 mm 处较合适.

参考文献:

- [1] 王兴富,王石军,王罗海,等.柴达木低品位固体钾矿溶解转化率与品位关系[J].盐湖研究,2020,28(3): 61-65.
WANG Xingfu, WANG Shijun, WANG Luohai, et al. Relationship of conversion rate with solid potash content for Qaidam low-grade solid potash [J]. Journal of Salt Lake Research, 2020, 28(3): 61-65. (in Chinese)

- [2] 赵启文, 屠兰英, 林泽中, 等. 利用钾石盐太阳池制备氯化钾实验研究 [J]. 无机盐工业, 2016, **48**(6): 29-31.
ZHAO Qiwen, TU Lanying, LIN Zezhong, *et al.* Experimental study on preparation of potassium chloride by sylvite solar pond [J]. **Inorganic Chemicals Industry**, 2016, **48**(6): 29-31. (in Chinese)
- [3] 吴陶俊, 魏桂芳, 白松, 等. 太阳池储能热电转换应用研究 [C]//第十七届沈阳科学学术年会论文集. 沈阳: 沈阳市科学技术协会, 2020: 1489-1492.
WU Taojun, WEI Guifang, BAI Song, *et al.* Research on the application of solar cell energy storage for thermoelectric conversion [C]// **Proceedings of the 17th Annual Shenyang Scientific Conference**. Shenyang: Shenyang Association for Science and Technology, 2020: 1489-1492. (in Chinese)
- [4] AHMED O K. A numerical and experimental investigation for a triangular storage collector [J]. **Solar Energy**, 2018, **171**: 884-892.
- [5] 任文明. 太阳池 [J]. 水利天地, 1987(3): 24.
REN Wenming. Solar pond [J]. **Water Resources World**, 1987(3): 24. (in Chinese)
- [6] JAEFARZADEH M R. Heat extraction from a salinity-gradient solar pond using in pond heat exchanger [J]. **Applied Thermal Engineering**, 2006, **26**(16): 1858-1865.
- [7] ANDREWS J, AKBARZADEH A. Enhancing the thermal efficiency of solar ponds by extracting heat from the gradient layer [J]. **Solar Energy**, 2005, **78**(6): 704-716.
- [8] SABETTA F, PACETTI M, PRINCIPI P. An internal heat extraction system for solar ponds [J]. **Solar Energy**, 1985, **34**(4/5): 297-302.
- [9] AL-JAMAL K, KHASHAN S. Effect of energy extraction on solar pond performance [J]. **Energy Conversion and Management**, 1998, **39**(7): 559-566.
- [10] ANGELI C, LEONARDI E, MACIOCCO L. A computational study of salt diffusion and heat extraction in solar pond plants [J]. **Solar Energy**, 2006, **80**(11): 1498-1508.

Extraction and replenishment tests of bottom solution of solar pond type potash salt thermal solution tank

TANG Yihui, ZHAO Qiwen*, TU Lanying, CHEN Deqing, ZHAO Rong

(School of Chemical Engineering, Qinghai University, Xining 810016, China)

Abstract: After the operation of the solar pond type potash salt thermal solution tank is stable, taking a reasonable method to extract and replenish the solution is an important part of its practical application. The main factors influencing the operation efficiency are the single amount of solution extracted and replenished, the rate at which the solution is extracted and replenished and the location of the replenishment tube. To explore the optimum method of extracting and replenishing the solution, the effects of the single amount and the rate of extraction and replenishment of solution and the location of the replenishment tube on the performance of the solar pond type potash salt thermal solution tank are investigated. The results show that the density, salinity and temperature of the solar pond type potash salt thermal solution tank are in a stable state by the sixth day of operation, with a maximum temperature of 36.7 °C after stabilization at room temperature of around 15 °C. The larger the single amount and the faster the rate of extraction and replenishment of solution are, the more the temperature of the bottom layer of the thermal solution tank drops, the longer the recovery time and the more obvious the damage to the salt gradient layer are. The optimum method for the extraction and replenishment of solution is: the single amount of extraction and replenishment of solution is 1 000 mL for continuous operation and 2 000 mL for intermittent operation; the extraction tube is positioned at the bottom of the thermal solution tank and the replenishment tube is positioned at 150 mm to the bottom; the rate of extraction and replenishment of solution is 1.243 mL/s, the solar pond type potash salt thermal solution tank can operate stably and the extraction and replenishment volume per unit time is higher.

Key words: solar pond; potash salt; thermal solution tanks