

文章编号: 1000-8608(2016)01-0001-06

# 梯形太阳池热性能与影响因素分析

姜霖松, 刘宏升\*, 吴丹, 孙文策

(大连理工大学 海洋能源利用与节能教育部重点实验室, 辽宁 大连 116024)

**摘要:** 基于实验数据对梯形太阳池进行了一维数值模拟, 建立了热盐双扩散模型, 改进了池底反射模型、辐射透射模型和热损失模型, 通过模拟与实验结果对比验证了模型有效性。根据模拟结果分析了梯形太阳池温度分布规律、热稳定性及能源效率, 讨论了池水浊度对其热性能的影响。结果表明: 梯形结构有利于提升太阳池热利用率; 太阳池运行初期, 各层能源效率在20%~50%, 下对流层能源效率最为稳定, 维持在25%左右; 下分界层稳定性要优于上分界层, 温度梯度越大分界层稳定性越差。

**关键词:** 太阳池; 实验; 模拟; 梯形结构; 热性能

中图分类号: TK513.5

文献标识码: A

doi: 10.7511/dllgxb201601001

## 0 引言

太阳池是一种盐浓度自上而下逐渐增加的盐水池, 分为上对流层(UCZ)、非对流层(NCZ)和下对流层(LCZ)3层, 其原理是利用盐水浓度梯度抑制对流, 从而使热量储存在下对流层, 作为低温热源对外供热, 具有无常规能源消耗、不排放污染物、成本低等优点<sup>[1]</sup>。国内外学者采用实验与模拟方法对太阳池温度特性、稳定性、提热以及降浊维护等方面进行了大量研究<sup>[2-5]</sup>。对比实验研究是分析太阳池性能的一种重要方法, Dehghan等<sup>[6]</sup>通过方形、圆形太阳池对比实验, 讨论了截面形状对热效率的影响; El-Sebaii等<sup>[7]</sup>通过开式与闭式两种热提取模式下太阳池能源效率对比, 分析了结构对能效的影响。在模拟方面, Boudhiaf等<sup>[8]</sup>通过对太阳池中传热传质及流体微团受力状况的数值模拟分析了太阳池工作过程; Sakhrieh等<sup>[9]</sup>以实验测量的短期温度数据为基础, 采用数值模拟方法预测了太阳池长期温度变化规律; Ruskowitz等<sup>[10]</sup>提出了蒸发率的概念用以量化蒸发对太阳池蓄热的负面影响。近年来低温多效蒸发海水淡化<sup>[11]</sup>等技术发展对太阳池热源温度提出了新要求, 如何提高太阳池供热温度已成为近期研究热点之一。吴丹等<sup>[12]</sup>通过实验研究了加入多孔介

质、加表面薄膜、增设太阳能集热器等方式对太阳池热性能的影响; 多孔介质应用于太阳池的研究还包括其对太阳池稳定性及浊度的影响<sup>[13]</sup>; 国外学者进行了太阳池发展前景的探索性研究, 包括加入热虹吸管和热电模块的组合系统<sup>[14]</sup>, 建立接入热水泵的新型循环系统<sup>[15]</sup>, 以及以纳米流体作为工质<sup>[16]</sup>等。本文以实验数据为基础, 以数值模拟为主要方法, 进行梯形太阳池非稳态数值研究, 通过模拟与实验结果的对比验证模拟的有效性, 根据模拟结果讨论梯形太阳池主要热性能及其影响因素, 旨在为太阳池的实际应用提供理论与技术指导。

## 1 梯形盐水太阳池实验装置

实验太阳池所处位置在北纬39°55', 东经121°31'的大连地区。太阳池为梯形结构, 上表面为2.4 m×2.4 m, 底面为1.0 m×1.0 m, 池外墙为竖直墙面, 池内墙是坡度为60°的倾斜防渗水墙面, 两墙之间采用细沙填充。太阳池UCZ厚0.2 m, 为淡水; NCZ厚0.5 m, 盐度由下至上从14.2%降至1%; LCZ厚0.4 m, 盐度14.6%; 底层保温层厚0.1 m。测量参数包括池内温度、太阳辐射量、环境温度、湿度等, 池内测温传感器置于太阳池中心轴线上。

## 2 梯形太阳池数学模型

对给定结构的太阳池,池水内部的温度取决于到达池表面的太阳辐射量、环境温度、太阳池的运行时间等因素。本文模型将实验梯形太阳池自上而下分为 22 层(如图 1 所示),其中 1~4 层为上对流层区域,5~14 层为非对流层区域,15~22 层为下对流层区域;因梯形池不必考虑阴影影响且侧壁保温较好,可将池水内部看成一维情况。

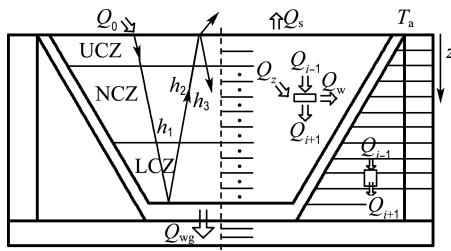


图 1 梯形太阳池热平衡

Fig. 1 Heat balance in a trapezoidal solar pond

### 2.1 控制方程

太阳池是一个包括热盐双扩散的复杂系统,本文模型不仅考虑盐度差对盐扩散的影响,还考虑到温度差对盐扩散的影响,建立热盐双扩散模型,热扩散和盐扩散控制方程分别为

$$\frac{\partial(\rho c_p T)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + Q_z - Q_{\text{loss}} \quad (1)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( D \frac{\partial S}{\partial z} + D \cdot s_T \cdot S \left( 1 - \frac{S}{\rho} \right) \frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad (2)$$

式中: $T$  为温度; $t$  为时间,s; $\rho$  为盐水的密度,kg/m<sup>3</sup>; $c_p$  为比定压热容,J/(kg·K); $k$  为盐水的导热系数,W/(m·K),是温度的函数; $z$  为深度,m; $Q_{\text{loss}}$  为各处热损失和,W,包括表面热损失、侧壁热损失、土壤热损失三部分; $Q_z$  为到达 $z$  处可被池水吸收的太阳辐射量,W; $S$  为盐度; $D$  为盐扩散系数,m<sup>2</sup>/s,是温度的函数,可按经验公式<sup>[17]</sup>由实验温度计算; $s_T$  是 Soret 系数,利用中心差分方法将式(1)、(2)离散,联立求解离散方程可求解各个时刻的温度场及密度场。

### 2.2 热损失模型

#### (1) 表面热损失

太阳池通过上表面的热损失量是太阳池热损失的主要部分<sup>[18]</sup>,包括长波辐射损失、蒸发损失、对流热损失三部分:

$$Q_s = 0.97\sigma(\varepsilon T_a^4 - T_w^4) + 1.57u(T_w - T_a) +$$

$$(p_{sw} - H_r \cdot p_{sa}) [\alpha^2 u^2 + \beta^2 (T_{wv} - T_{av})^{2/3}]^{1/2} \quad (3)$$

式中: $\sigma$  为玻尔兹曼常数,W/(m<sup>2</sup>·K<sup>4</sup>); $\varepsilon$  为大气发射率<sup>[13]</sup>; $T_a$  和  $T_w$  分别为环境温度和池表面水的温度,K,取自实测数据; $\alpha$  为表面强制对流蒸发系数; $\beta$  为表面自然对流蒸发系数<sup>[18]</sup>; $p_{sw}$  为池水饱和蒸气压,Pa,可由水温计算得到; $p_{sa}$  为池表面附近空气中水蒸气分压力,Pa,可由环境温度计算<sup>[18]</sup>; $H_r$  为相对湿度,%,取自测量数据; $u$  为水池上方风速,m/s; $T_{wv}$  和  $T_{av}$  表示自由液面附近的池水温度和大气温度,K,二者可通过  $T_w$  和  $T_a$  由经验公式计算得到<sup>[18]</sup>,当  $T_{wv} < T_{av}$  时,自然对流热损失为零;右端第三项表示池水和空气之间温度差引起的对流热损失。

#### (2) 侧壁热损失

侧壁视为一维非稳态导热过程,采用一维热平衡模型进行热损失分析(如图 1 所示)。

$$Q_{w,i} = A_i (T_{i+1} - T_i) / R_c \quad (4)$$

式中: $R_c$  为热阻,K·m<sup>2</sup>/W,随位置变化表现为隔热板热阻值、细沙热阻值、砖层热阻值,分别取自实验用材具体数据; $A_i$  为梯形太阳池侧壁垂直方向的传热面积,m<sup>2</sup>.

#### (3) 土壤热损失

土壤层传热为一维非稳态导热,将土壤层分为 3 层进行一维差分,各层向下一层散热量可表示为

$$Q_{wg,i} = A_{wg} (T_{i+1} - T_i) / R_{wg} \quad (5)$$

式中: $R_{wg}$  为土壤导热热阻,K·m<sup>2</sup>/W; $A_{wg}$  为土壤层散热面积,m<sup>2</sup>.

### 2.3 太阳辐射透射模型

池水吸收的太阳辐射量为<sup>[19]</sup>

$$Q_z = Q_0 (1 - \gamma) (1 - l) h(w, z) \quad (6)$$

式中: $\gamma$  表示太阳长波辐射在水面被反射部分百分比; $l$  为太阳长波辐射在水面被吸收部分百分比; $Q_0$  为到达池水表面太阳辐射量,W,由实测得; $h(w, z)$  为深度 $z$  处的辐射透射率,由浊度模型与池底反射模型确定, $w$  为该深度下的浊度。

当池水浊度  $w < 4.0$  时,太阳辐射透射率  $h(w, z)$  采用 WS 辐射透射模型<sup>[17]</sup>;当  $4.0 \leq w < 9.0$  时,采用由实验数据拟合得到的混合回归模型<sup>[17]</sup>。太阳辐射进入太阳池后,在池底、侧壁及池表面发生多次反射(如图 1 所示),其中  $h_i$  与  $h_1$  的关系由 Hull 池底反射模型<sup>[17]</sup>确定。

同时考虑浊度与池内反射的辐射透射率改进模型为

$$h(w,z) = h_1(w,z) + R \cdot h_1(w,H)[f(z) - g(z)]/[1 - R \cdot f(H)] \quad (7)$$

式中： $f(z)$  和  $g(z)$  是有池底反射的净辐射能通用函数； $R$  为池底反射率； $H$  为太阳池总深度，m。

## 2.4 太阳池稳定性分析

梯形太阳池的温度和盐度变化会影响其稳定性<sup>[20]</sup>，引入静态稳定性系数  $F$ ：

$$F = a \frac{\partial T}{\partial z} - b \frac{\partial S}{\partial z} \quad (8)$$

式中： $a$ 、 $b$  分别是盐水的热膨胀系数（ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ）和盐膨胀系数<sup>[21]</sup>，设为常数。若  $F > 0$ ，说明该处由温度梯度产生的反作用不能破坏原有的盐度分布，界面处于稳定状态；若  $F < 0$  则为不稳定状态； $F = 0$  为临界状态。随稳定性系数  $F$  增大，太阳池的稳定性增强。

## 2.5 太阳池能源效率分析

本文将太阳池能源效率定义为太阳池内可利用能量与进入池内的总能量之比，考虑到太阳池各层具有不同的温度分布特点，将其 3 层的能源效率分别加以分析。

上对流层(UCZ)能源效率为

$$\eta_U = 1 - [A_{U,C}(T_U - T_{U,C})/R_c + uA_0(T_U - T_a)] / \{(1 - \gamma)(1 - l)Q_0[A_0 - A_{U,N}h(L_U)] + k_U A_{U,N}(T_N - T_U)/L_U\} \quad (9)$$

式中： $A_{U,C}$  为 UCZ 侧壁保温层的表面积， $\text{m}^2$ ； $T_U$  为 UCZ 温度，K； $T_{U,C}$  为 UCZ 对应的侧壁保温层温度，K； $A_0$  为太阳池上表面面积， $\text{m}^2$ ； $A_{U,N}$  为 UCZ 与 NCZ 接触面的面积， $\text{m}^2$ ； $L_U$  为 UCZ 厚度，m； $k_U$  为 UCZ 平均导热系数， $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ； $R_c$  为保温层热阻， $\text{K} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ ，由于保温材料相同，各保温层的热阻值也相等。

非对流层(NCZ)能源效率为

$$\eta_N = 1 - [k_U A_{U,N}(T_N - T_U)/L_N + A_{N,C}(T_N - T_{N,C})/R_c] / \{(1 - \gamma)(1 - l)Q_0[A_{U,N}h(L_U) - A_{N,L}h(L_U + L_N)] + k_N A_{N,L}(T_L - T_N)/L_N\} \quad (10)$$

式中： $k_N$  为 NCZ 导热系数， $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ； $L_N$  为 NCZ 厚度，m； $T_N$  为 NCZ 温度，K； $T_{N,C}$  为 NCZ 对应的侧壁保温层温度，K； $A_{N,C}$  为 NCZ 侧壁保温层的表面积， $\text{m}^2$ ； $A_{N,L}$  为 NCZ 与 LCZ 接触面的面积， $\text{m}^2$ 。

下对流层(LCZ)能源效率为

$$\eta_L = 1 - [A_{wg}(T_L - T_{wg})/R_{wg} + k_L A_{N,L}(T_L - T_N)/L_L + A_{L,C}(T_L - T_{L,C})/R_c] / \{(1 - \gamma)(1 - l)Q_0 A(z)h(L_L)\} \quad (11)$$

式中： $A_{L,C}$  为 LCZ 侧壁保温层的表面积， $\text{m}^2$ ； $k_L$  为 LCZ 导热系数， $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ； $T_L$  为 LCZ 温度，K； $T_{L,C}$  为 LCZ 对应的侧壁保温层温度，K； $T_{wg}$  为土壤层温度，K； $L_L$  为 LCZ 厚度，m。

## 3 结果与讨论

### 3.1 梯形太阳池实验结果

图 2 给出了实验中梯形太阳池的温度随时间变化情况。图中温度为每天 14 时测量值，接近当日最高温度。可以看出，太阳池温度随时间呈升高趋势，实验表明在 30 d 以后温度基本不再变化，太阳池趋于稳定，稳定运行后池内最高最低温度相差 20 ℃左右。图中池内最高温度位于 LCZ 顶部附近，而 LCZ 内温度相对均匀，池底温度略低于最高温度，这与 Dehghan 等<sup>[6]</sup>所研究柱形太阳池温度变化规律相同。

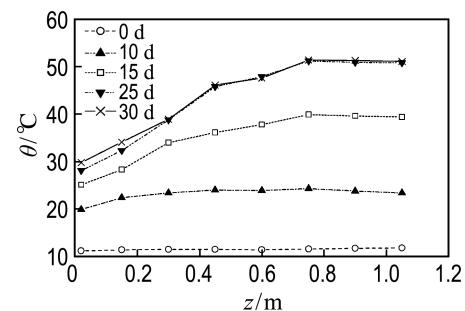


图 2 太阳池温度变化

Fig. 2 Temperature variation of solar pond

### 3.2 数值模拟与实验结果对比

图 3 给出了太阳池运行至第 8 d 14 时，池内温度模拟值与实验值的对比。当天环境温度 23.5 ℃，平均风速 4 m/s，太阳总辐射量为 476 W/m<sup>2</sup>。由图可知，实验值与模拟值基本吻合：随池水深度增大温度逐渐升高，在 LCZ 顶部附近达最大，模拟最高温度要略高于实验值，LCZ 温度随深度增加略有下降，验证了模型的有效性。实验与模拟的差别在于 NCZ 层温度偏差较大，最大温差达 4 ℃左右，这归因于实验中 NCZ 的盐度梯度较大，温度受热、盐扩散影响很大，从而导致温度不稳定。

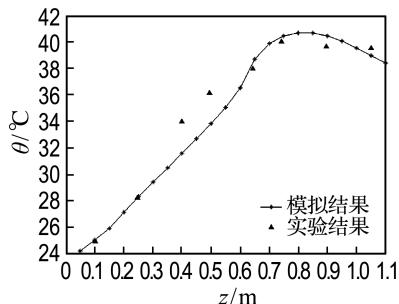


图 3 实验与模拟结果对比

Fig. 3 Comparison of experimental and simulation results

### 3.3 模拟结果分析与讨论

图 4 给出了太阳池运行前 10 d 的温度随时间、深度变化等高图。可以看出随时间推移，太阳池整体温度呈升高趋势，最高温度出现在第 10 d 14 时(230 h)附近。UCZ 温度因受表面散热损失影响，波动较大；而 NCZ 等温线随时间近似为线性分布；LCZ 升温主要表现在其上半部，因底部土壤层温度变化较小，LCZ 底部温度受土壤层散热影响变化不明显。

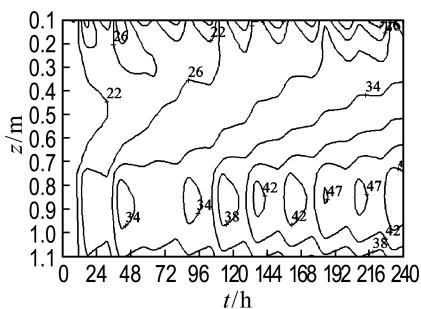


图 4 温度分布等高图

Fig. 4 Contour map of temperature distribution

图 5 给出了第 1、3、5、7、10 d 1 时温度分布模拟图。可以看出太阳池 UCZ 温度很不稳定，且受外界天气条件影响很大，随时间推移 NCZ 温度随深度增加而升高，由最初接近水平线分布逐渐发展为线性分布，说明 NCZ 池水盐度的阶梯式递增分布有效抑制了 NCZ 的热对流；太阳池最高温度出现在 0.8~0.9 m 深度范围内，整体上随天数增加最高温度增大；池内最高温度与池底温差随天数增加逐渐变大，第 7 d 已维持在 3 °C 左右，说明池内 LCZ 的温度差逐渐趋于稳定。

图 6 给出了平均浊度相等情况，浊度分布规律对温度的影响。其中顺(increasing)浊度分布指浊度随深度增加而增大，该曲线为对实际实验

测量值进行拟合得到；逆(decreasing)浊度分布与之相反；等(uniform)浊度分布指各层浊度均相同。可以看出，顺浊度分布下太阳池温度最高，而逆浊度分布下温度最低且温度随深度增加整体呈下降趋势，已偏离了太阳池温度分布的一般规律。这是由于浊度对吸收太阳辐射量影响很大，顺浊度分布使大量阳光进入到 LCZ，在 NCZ 的隔离作用下，太阳辐射主要被 LCZ 吸收；而逆浊度分布下的太阳辐射被阻隔在 UCZ 和 NCZ 而无法进入 LCZ，不利于提升 LCZ 的温度。因此降低太阳池 UCZ 和 NCZ 的浊度，对提升太阳池供热温度具有重要意义。

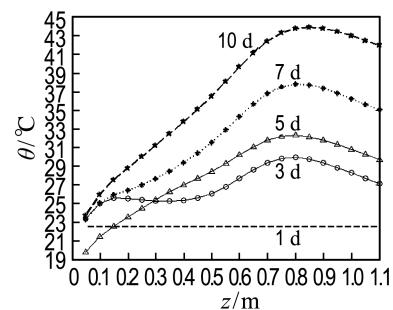


图 5 温度分布随时间变化

Fig. 5 Temperature distribution variation with time

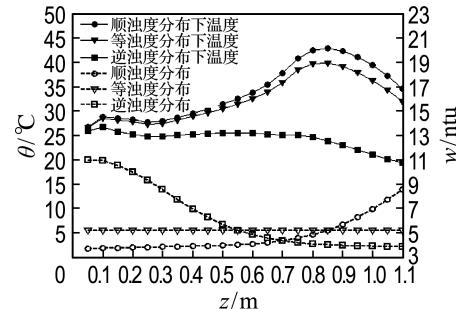


图 6 浊度对温度分布的影响

Fig. 6 Effects of turbidity on temperature distribution

图 7 给出了太阳池稳定性系数分析图，将 UCZ 与 NCZ 的分界层定义为上分界层，LCZ 与 NCZ 的分界层定义为下分界层。由图 7 可以看出，两分界层始终处于稳定范围内，只是稳定程度随时间变化有所不同。图中温度梯度变化大时间段对应的稳定性系数值较低、热稳定性差，这与温度剧烈变化不利于盐梯度稳定的事实在事实相符。可以看出上分界层的稳定性系数整体上要低于下分界层，即下分界层稳定性更好，这是由于 UCZ 温度变化比 LCZ 剧烈得多，且 NCZ 的隔离作用使下层更加稳定。

图8给出了实验太阳池的各层能源效率,其中能源效率按天计算,图中虚线为每日太阳总辐射量。由图可知,太阳池各层能源效率在20%~50%波动,3层结构中LCZ能源效率最高,UCZ能源效率最低;对比太阳总辐射量与各层能源效率变化趋势可知,各层能源效率受辐射透射量影响很大,UCZ能源效率波动最大,极不稳定,LCZ能源利用相对稳定,是太阳池提热的最佳位置。

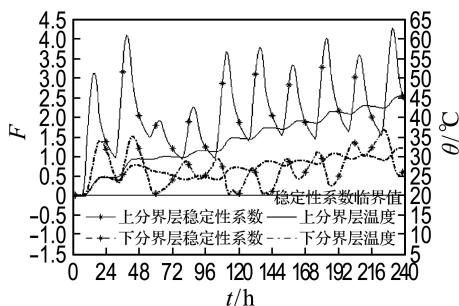


图7 太阳池稳定性系数和温度分析

Fig. 7 Analyses of stability index and temperature of solar pond

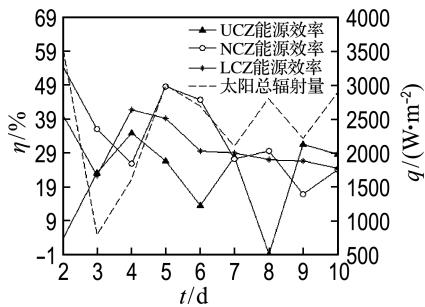


图8 太阳池各层能源效率

Fig. 8 Solar pond energy efficiency of each layer

## 4 结 论

(1)模拟值与实验值基本吻合,太阳池在运行初期升温幅度明显,LCZ平均温度最高,温度峰值在LCZ顶部附近。

(2)顺浊度分布下太阳池温度最高,逆浊度分布下温度最低,降低太阳池UCZ和NCZ的浊度,对提升太阳池供热温度具有重要意义。

(3)太阳池两分界层始终处在稳定范围内,下分界层稳定性要优于上分界层,温度梯度越大分界层稳定性越差。

(4)梯形太阳池运行初期,各层能源效率相对较高,其中UCZ的能源效率最不稳定;LCZ的能源效率最稳定,维持在25%左右。

## 参考文献:

- [1] El-Sebaii A A, Ramadan M R I, Aboul-Enein S, et al. History of the solar ponds: A review study [J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011, **15**(6):3319-3325.
- [2] Karim C, Slim Z, Kais C, et al. Experimental study of the salt gradient solar pond stability [J]. *Solar Energy*, 2010, **84**(1):24-31.
- [3] Saleh A, Qudeiri J A, Al-Nimr M A. Performance investigation of a salt gradient solar pond coupled with desalination facility near the Dead Sea [J]. *Energy*, 2011, **36**(2):922-931.
- [4] Malik N, Date A, Leblanc J, et al. Monitoring and maintaining the water clarity of salinity gradient solar ponds [J]. *Solar Energy*, 2011, **85**(11):2987-2996.
- [5] Gasulla N, Yaakob Y, Leblanc J, et al. Brine clarity maintenance in salinity-gradient solar ponds [J]. *Solar Energy*, 2011, **85**(11):2894-2902.
- [6] Dehghan A A, Movahedi A, Mazidi M. Experimental investigation of energy and exergy performance of square and circular solar ponds [J]. *Solar Energy*, 2013, **97**:273-284.
- [7] El-Sebaii A A, Aboul-Enein S, Ramadan M R I, et al. Thermal performance of shallow solar pond under open and closed cycle modes of heat extraction [J]. *Solar Energy*, 2013, **95**:30-41.
- [8] Boudhif R, Baccar M. Transient hydrodynamic, heat and mass transfer in a salinity gradient solar pond: A numerical study [J]. *Energy Conversion and Management*, 2014, **79**:568-580.
- [9] Sakhrieh A, Al-Salaymeh A. Experimental and numerical investigations of salt gradient solar pond under Jordanian climate conditions [J]. *Energy Conversion and Management*, 2013, **65**:725-728.
- [10] Ruskowitz J A, Suárez F, Tyler S W, et al. Evaporation suppression and solar energy collection in a salt-gradient solar pond [J]. *Solar Energy*, 2014, **99**:36-46.
- [11] Farahbod F, Mowla D, Jafari Nasr M R, et al. Experimental study of a solar desalination pond as second stage in proposed zero discharge desalination process [J]. *Solar Energy*, 2013, **97**:138-146.
- [12] 吴丹, 刘宏升, 孙文策. 强化太阳池热性能实验研究[J]. 大连理工大学学报, 2013, **53**(5):647-652.  
WU Dan, LIU Hong-sheng, SUN Wen-ce.

- Experimental study of thermal characteristics for enhanced solar pond [J]. **Journal of Dalian University of Technology**, 2013, **53**(5):647-652. (in Chinese)
- [13] Hill A A, Carr M. The influence of a fluid-porous interface on solar pond stability [J]. **Advances in Water Resources**, 2013, **52**:1-6.
- [14] Tundee S, Srijajong N, Charmongkolpradit S. Electric power generation from solar pond using combination of thermosyphon and thermoelectric modules [J]. **Energy Procedia**, 2014, **48**:453-463.
- [15] Date A, Akbarzadeh A. Theoretical study of a new thermodynamic power cycle for thermal water pumping application and its prospects when coupled to a solar pond [J]. **Applied Thermal Engineering**, 2013, **58**:511-521.
- [16] Al-Nimr M A, Al-Dafaie A M A. Using nanofluids in enhancing the performance of a novel two-layer solar pond [J]. **Energy**, 2014, **68**:318-326.
- [17] 葛少成,孙文策,解茂昭. 浊度和池底反射率对太阳池热性能的影响[J]. 太阳能学报, 2005, **26**(5): 732-736.  
GE Shao-cheng, SUN Wen-ce, XIE Mao-zhao. Effect of turbidity and bottom reflectivity on thermal performance of solar pond [J]. **Acta Energiae Solaris Sinica**, 2005, **26**(5):732-736. (in Chinese)
- [18] Suárez F, Tyler S W, Childress A E. A fully coupled, transient double-diffusive convective model for salt-gradient solar ponds [J]. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, 2010, **53**(9-10): 1718-1730.
- [19] 王华,孙文策,邹家宁. 小型太阳池瞬态传热传质[J]. 太阳能学报, 2009, **30** (1):32-37.  
WANG Hua, SUN Wen-ce, ZOU Jia-ning. Transient heat and mass transfer in small scale solar pond [J]. **Acta Energiae Solaris Sinica**, 2009, **30**(1):32-37. (in Chinese)
- [20] 王华,孙文策,潘洪坤. 小型海水太阳池实验及考虑浊度的温度分布模拟[J]. 大连理工大学学报, 2008, **48**(6):804-810.  
WANG Hua, SUN Wen-ce, PAN Hong-kun. Experiment in a small seawater solar pond and simulation of numerical temperature distribution considering turbidity [J]. **Journal of Dalian University of Technology**, 2008, **48**(6):804-810. (in Chinese)
- [21] Karakilcik M, Dincer I. Exergetic performance analysis of a solar pond [J]. **International Journal of Thermal Sciences**, 2008, **47**(1):93-102.

## Analyses of thermal performance and influence factors for trapezoidal solar pond

JIANG Lin-song, LIU Hong-sheng\*, WU Dan, SUN Wen-ce

( Key Laboratory of Ocean Energy Utilization and Energy Conservation of Ministry of Education,  
Dalian University of Technology, Dalian 116024, China )

**Abstract:** One-dimensional numerical simulation of the trapezoidal solar pond was conducted based on the experimental data, which included building thermal and salt double-diffusive model, modifying bottom reflection and radiation transmission model and heat dissipation model. The validity of the model has been proved by comparison between experimental data and simulation results. Based on the results of simulation, the rule of temperature distribution, the heat stability and energy efficiency of the trapezoidal solar pond were analyzed, and the effects of water turbidity on its thermal performance were discussed. The results show that trapezoidal structure is conducive to improving the heat utilization of solar pond. At the beginning of the run, energy efficiency of each layer changes between 20% and 50%, the efficiency of lower convection zone is most stable, and it stabilizes at around 25% in the end. The stability of the under interface is superior to the upper interface, and worse steady interface is found for large temperature gradient.

**Key words:** solar pond; experiment; simulation; trapezoidal structure; thermal performance