

严寒地区冬季大棚保温对曝气池工作温度的影响

赵嵩颖, 战乃岩

吉林建筑大学市政与环境工程学院, 长春 130118

摘要 针对严寒地区气温低、污水厂曝气池工作温度低的问题,利用仿真模拟分析大棚内空气温度分布及流动特性,对严寒地区冬季低温条件下污水厂利用大棚保温技术进行研究。结果表明:在冬季室外温度 -22°C 条件下,通过外扣大棚对曝气池保温,棚内空气平均温度达到 4.0°C 左右,曝气池出口水温达到 11.2°C 左右;曝气池外棚保温膜材料以PO材料保温效果最优,PVC材料最不可取,PE和EVA材料居中;曝气池选用2.5 m棚拱高度的外扣大棚保温效果较好;双层保温膜保温效果优于单层保温膜。

关键词 严寒地区;大棚保温;曝气池;工作温度

中图分类号 TK124

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2015.12.011

Influence of insulation technology by plastic greenhouse on working temperature in aeration tank in cold area in winter

ZHAO Songying, ZHAN Naiyan

School of Environmental and Municipal Engineering, Jilin Jianzhu University, Changchun 130118, China

Abstract For the problem of low temperature in cold regions and low working temperature in aeration tanks in sewage works, the heat preservation technology in greenhouses of wastewater works is studied by means of simulation to analyze the temperature distribution and air flowing features in greenhouses. Results show that under the condition of -22°C outdoors in winter, through the insulation of the canopy towards the aeration tank, the average air temperature remains at 4°C or so, while the water temperature of the outlet of the aeration tank remains at about 11.2°C ; The optimal material of insulation membrane of the outside aeration tank is PO, while the most undesirable material is PVC, And PE and EVA are mediate; and the aeration tank of the best heat preservation is the one that uses greenhouse of 2.5 meter height. The effect of double insulation membranes is better than that of a single membrane.

Keywords severe cold area; heat insulation of greenhouse; aeration tank; working temperature

中国东北严寒地区冬季气温低、冰冻期漫长,污水处理厂置于户外长期低温运行,进水负荷波动较大,导致有效生物量降低和生物化代谢活性减弱,使污水厂难以稳定运行,出现水质恶化,尤其是氮磷和有机物含量超标。另外,受低温影响,物化和生化作用显著降低,传统工艺难以有效去除污染物,污水厂运行效能下降,严重影响接纳支流或干流水体的水质安全。

国内外学者做了大量有关强化污水处理技术理论与试

验方面的研究^[1,2]。北美、北欧等高寒地区发达国家在低温季节污水防治方面拥有先进的污染防治技术和管理经验,通过强化低温季节排污点源的治理技术降低水体污染是最常用的方法^[3,4]。Gostelow等^[5]研究了温度的急剧下降对系统硝化效率的影响,并考察在 10°C 条件下,通过向序批式活性污泥法(SBR)反应器中投加在 20°C 下驯化的硝化菌,能否达到理想的硝化效果。Gang等^[6]在一个中试规范的连续流活性污泥处理系统中,研究了温度在 $5\sim 20^{\circ}\text{C}$ 变化时,温度对强化生物

收稿日期:2014-11-28;修回日期:2015-05-01

基金项目:国家自然科学基金项目(51206061);吉林省教育厅“十二五”科学技术研究项目(吉教科合字2014年240号)

作者简介:赵嵩颖,博士,研究方向为建筑节能技术和地下资源钻采技术,电子信箱:coffeezy@163.com

引用格式:赵嵩颖,战乃岩.严寒地区冬季大棚保温对曝气池工作温度的影响[J].科技导报,2015,33(12):67-71.

除磷反应器除磷效果及磷的释放和吸收机制的影响,并检测了不同温度下分离的菌株储存多磷酸盐的能力。

中国在低温期水体污染综合防治方面的研究主要集中在东北地区的科研院校等。提高低温污水处理厂的运行效率主要有2个方面。一方面是改造传统污水厂的运行工艺,增设厌氧和缺氧段,强化氮磷的去除;另一方面是在污水厂生化池中投加适当比例的关键填料,形成复合式生物处理系统,在原有好氧池营造适当的厌氧菌和缺氧菌生存环境,强化氮磷的去除。江安玺等^[7]从下水道中分离出对生活污水中有机污染物有降解能力的耐冷菌,并采用耐冷复合菌群处理低温生活污水。尹军等^[8,9]研究了腐殖土壤强化SBR工艺运行效能试验。李伟英等^[10]对改善活性污泥沉降与脱水性能进行了研究。

以上研究针对严寒地区污水处理取得一定效果,但尚无利用大棚保温提高冬季曝气池工作温度技术的研究。本研究对东北严寒地区冬季低温条件下污水厂水质特点进行调研,通过仿真分析,对冬季大棚传热机理和特性、大棚内空气温度分布和流动特性进行分析,确定合理的大棚形状、空间尺寸、大棚材料等,提出严寒地区大棚保温对曝气池工作温度的影响。

1 基本模型与数学描述

1.1 基本模型

为使仿真结果尽可能符合实际,并能在一定程度上指导实际工程,模型建立及计算过程中需设置的参数尽量参考工程实际数据。污水厂曝气池大棚保温模型如图1所示,下部为水泥浇筑曝气池,流通待处理污水,在曝气池上部扣塑料大棚,水池长为 L ,宽为 B ,高为 H ,水面上方充有空气。水入口温度为 t_i ,出口温度为 t_o ,太阳辐射强度为 q_0 。

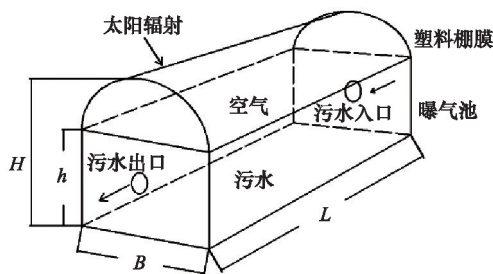


图1 物理模型
Fig. 1 Physical model

1.2 数学描述

数学模型分别如式(1)~式(5)所示^[11-15]。

连续性方程:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

动量方程:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = \frac{\partial u}{\partial \tau} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = F_x - \frac{\partial p}{\rho \partial x} \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial \tau} = \frac{\partial v}{\partial \tau} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = F_y - \frac{\partial p}{\rho \partial y} \quad (3)$$

$$\frac{\partial w}{\partial \tau} = \frac{\partial w}{\partial \tau} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = F_z - \frac{\partial p}{\rho \partial z} \quad (4)$$

能量方程:

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = 0 \quad (5)$$

式中, u, v, w 分别为方向的速度分量, t 为温度变量, τ 为时间变量, ρ 为密度, F 为所受合力, p 为压强。

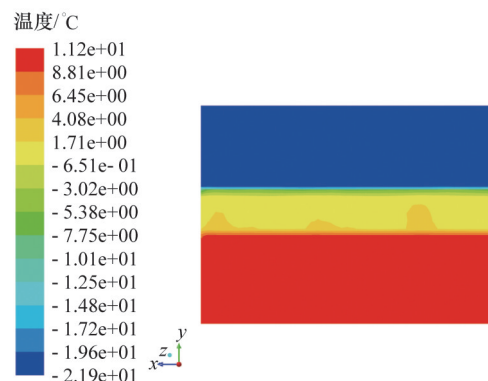
1.3 数值计算方法

采用Fluent软件进行仿真计算,基本方法是有限容积法^[16]。对流扩散项用QUICK差分方案离散。

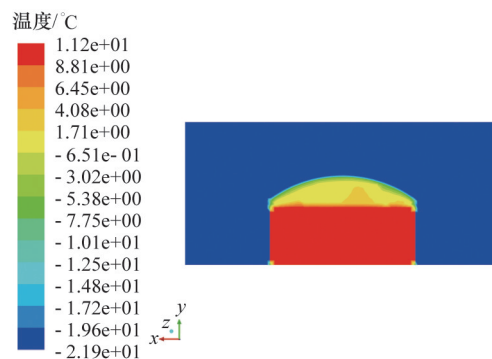
2 数值计算与结果分析

2.1 大棚内温度场分布

在污水厂曝气池外面扣大棚,大棚材料选用聚烯烃膜(PO),冬季环境温度取 -22°C ,有太阳辐射情况下,曝气池进口水温为 10°C ,单层大棚内温度分布如图2所示。



(a) 垂直于x轴中间截面



(b) 垂直于z轴中间截面

图2 棚内温度分布

Fig. 2 Temperature fields in greenhouse

由图2可见,当曝气池外扣大棚时,受周围环境温度的影响,大棚内温度分布发生变化,靠近棚膜的温度较低,靠近曝

气池水面的空气温度较高。而曝气池内由于水量大、水流速度快,导致整个曝气池内水温分布基本相同。

对污水处理厂扣大棚后的空气温度和曝气池内水温进行监测。当冬季环境温度达到 -22°C 时,大棚内空气平均温度达到 4.0°C 左右,曝气池出口水温达到 11.1°C 左右。对同样工况进行模拟,大棚内空气平均温度达到 4.0°C 左右,曝气池出口水温达到 11.2°C 左右。模拟结果与实验结果比较接近,这个温度已接近曝气池有效工作温度,可见,大棚保温对污水处理的有效运行起到很好的作用。

2.2 棚膜材料对保温效果的影响

对选取不同大棚材料(聚烯烃:PO,聚乙烯:PE,乙稀-醋酸乙稀膜:EVA,聚氯乙烯:PVC)时,棚内空气平均温度及污水出口温度进行144 h监测,分析选取不同棚膜材料时,大棚吸收太阳辐射对棚内空气温度和曝气池出口水温的影响。棚内空气平均温度及污水出口温度随时间变化趋势见图3和图4。

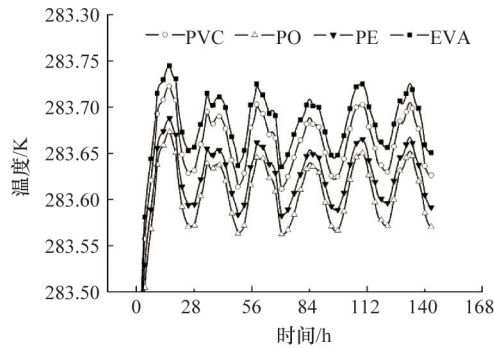


图3 出口水温变化趋势

Fig. 3 Temperatures of sewage

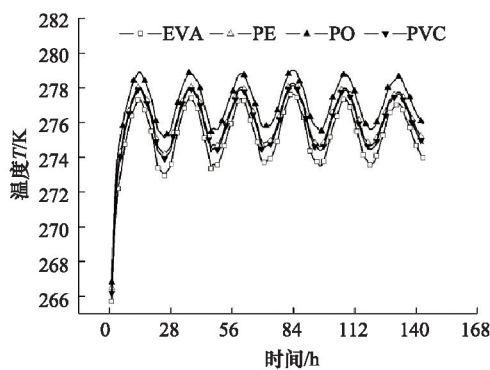


图4 棚内空气平均温度变化趋势

Fig. 4 Average temperatures of air in greenhouse

如图3所示,当选用EVA、PE、PO、PVC 4种材料时,曝气池出口水温波动均为 0.1 K 。当使用EVA材料时出口水温在 $283.65\sim 283.75\text{ K}$ 变化,当使用PO材料时出口水温在 $283.57\sim 283.67\text{ K}$ 变化,可以看出大棚的保温效果是较为明显的,4种材料对曝气池水温波动的影响并不明显。

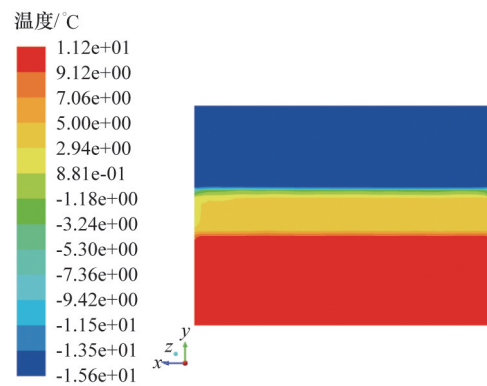
但从图4可以看出,使用PO材料时棚内空气平均温度在 $275\sim 279\text{ K}$ 变化,使用EVA材料时棚内空气平均温度在 $273\sim 277\text{ K}$ 变化,PE和PVC 2种材料对棚内空气的保温效果基本相同,在 $274\sim 278\text{ K}$ 变化,棚内空气平均温度波动也均为 4 K 左右。

因此,使用不同保温材料时,棚内空气温度有较明显的差别,但对曝气池水温的影响并不明显。

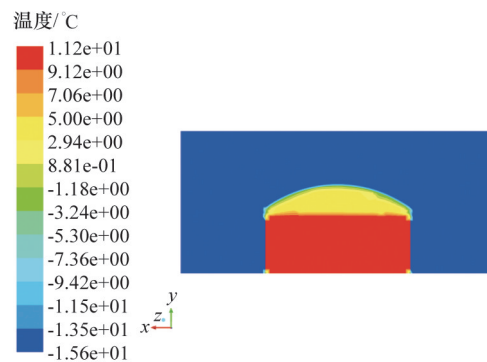
2.3 棚拱高度对保温效果的影响

对选取不同棚拱高度时,棚内的温度分布及污水出口温度进行监测。分析当棚拱高度不同时,大棚吸收太阳辐射对棚内温度的影响。棚膜材料选用PO,室外温度为 -22°C 。棚拱高度不同时棚内温度分布如图5~图7所示,可见,当棚拱高度为 2 m 时,棚内空气平均温度为 3.5°C ;当棚拱高度为 2.5 m 时,棚内空气平均温度为 1.8°C ;当棚拱高度为 3 m 时,棚内空气平均温度为 0.5°C 。随着棚拱高度增加,棚内空气温度降低。

图8为曝气池出口水温随时间的变化趋势。当棚拱高度为 2.5 m 时,曝气池内出口水温比棚拱高度为 2 和 3 m 时的略高,考虑节省材料和结构稳定,认为棚拱高 2.5 m 较为合适。



(a) 垂直于x轴中间截面



(b) 垂直于z轴中间截面

图5 棚拱高 2 m 棚内温度分布

Fig. 5 Temperature fields in greenhouse of 2 m

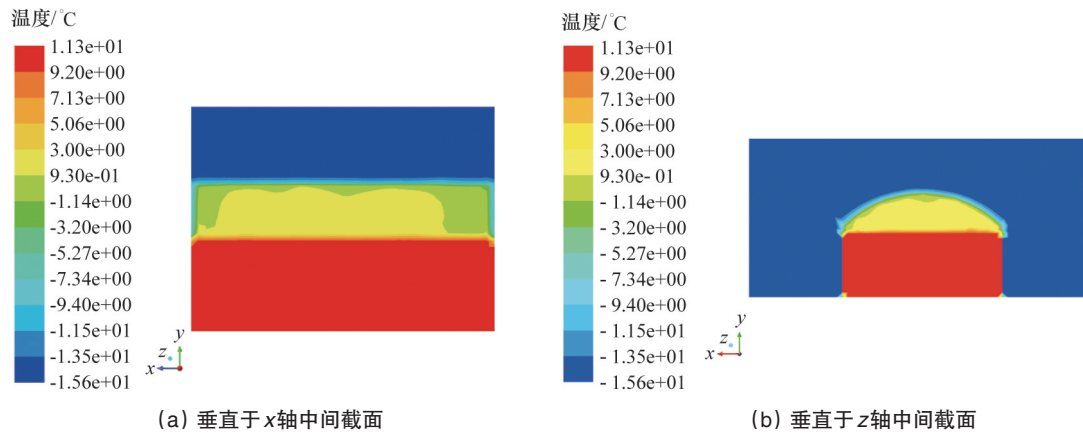


图6 棚拱高2.5 m棚内温度分布

Fig. 6 Temperature fields in greenhouse of 2.5 m

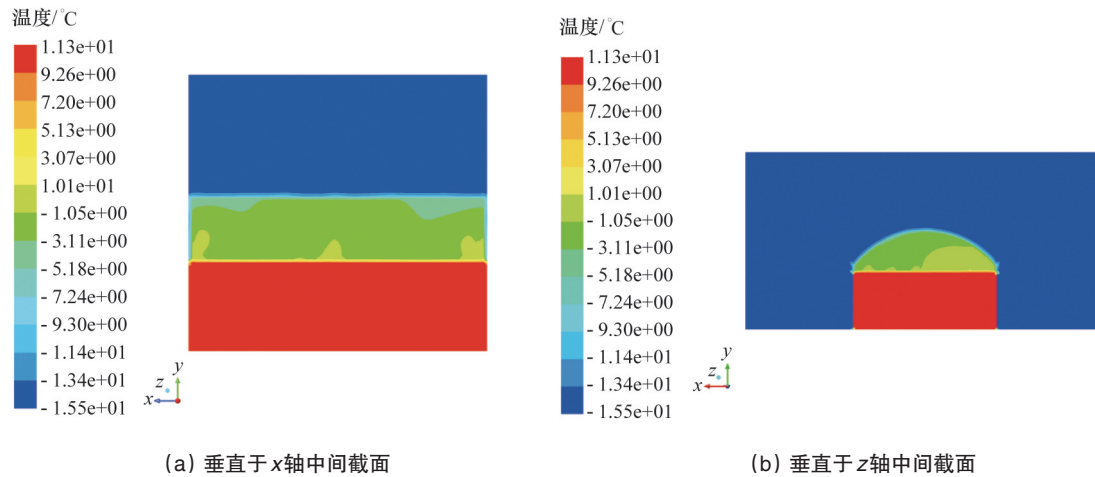


图7 棚拱高3 m棚内温度分布

Fig. 7 Temperature fields in greenhouse of 3 m

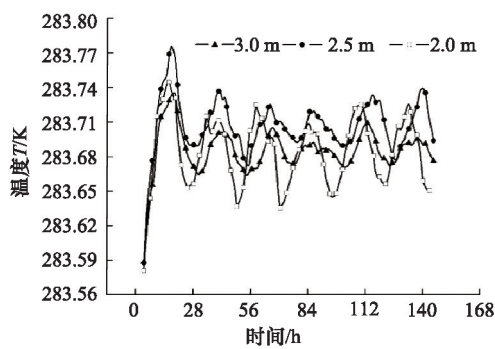


图8 不同棚拱高度曝气池出口水温变化

Fig. 8 Temperatures of sewage in aeration tanks under different tent arch heights

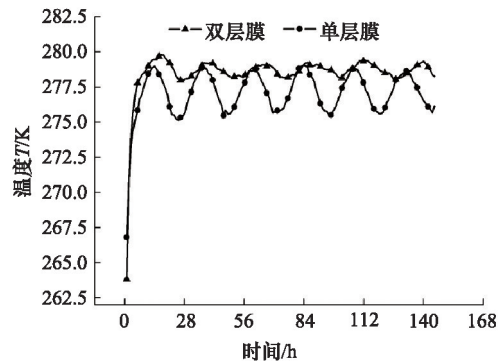


图9 棚内空气平均温度变化趋势

Fig. 9 Average temperatures of air in greenhouse

2.4 双层保温膜对保温效果的影响

对扣双层膜的工况进行研究,棚膜材料选用PO,膜间距选用0.5 m。通过对选用单层膜和双层膜两种工况对比,分析棚内温度分布情况。单层膜与双层膜棚内平均温度变化趋势如图9所示,曝气池出口水温如图10所示。

由图9可见,选用单层膜时,棚内空气温度达2.1~6.0℃;选用双层膜时,棚内空气温度达5.1~7.0℃,选用双层膜时棚内的空气温度比单层膜温度要高,而且昼夜棚内空气温度波动较小。可见,双层膜的保温效果较好。

由图10可见,选用单层膜时,曝气池出口水温达10.5~10.6℃;选用双层膜时,曝气池出口水温达10.7~10.8℃,选用

双层膜时棚内的出口水温比单层膜温度要高,而且昼夜棚内空气温度波动较小。

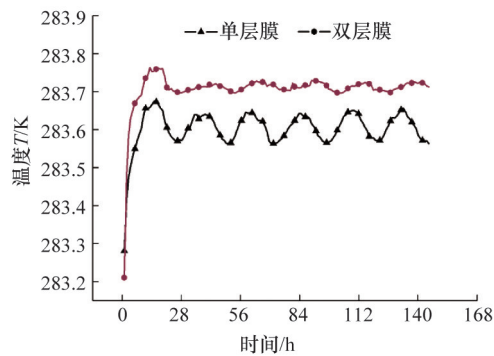


图 10 曝气池出口水温变化趋势

Fig. 10 Temperature variation trends of aeration tank exports

3 结论

通过对东北严寒地区冬季低温条件下污水厂利用大棚保温技术进行数值模拟和试验测试,对冬季大棚传热机理和特性、大棚内空气吸收太阳辐射热后的温度分布进行分析,得出以下结论:

1) 当冬季环境温度达到 -22°C 时,大棚内空气平均温度达到 4.0°C 左右,曝气池出口水温达到 11.1°C 左右,这个温度已接近曝气池有效工作温度,可见,大棚保温对污水处理的有效运行起到很好的作用。

2) 选用不同材料对曝气池出口水温的影响并不明显,但对棚内空气温度有较明显的区别,PO材料对空气保温效果最好,PVC材料保温效果最差,PE和EVA材料介于之间,二者保温性能相差不大。

3) 曝气池大棚选用2.5 m棚拱高度时的保温效果较好。

4) 双层保温膜保温效果优于单层膜,而且昼夜温度波动小。

参考文献(References)

- [1] 于莉芳. 污泥水富集硝化菌添加强化污水处理系统硝化的试验研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2008.
Yu Lifang. Enhancing nitrification in wastewater treatment plant through bioaugmen[D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2008.
- [2] Gostelow P, Parsons S A. Sewage treatment works odour measurement[J]. Water Science and Technology, 2000, 41(6): 33-40.
- [3] North J M. Methods for quantifying lime incorporation into dewatered sludge I: Bench-scale evaluation[J]. Journal of Environmental Engineering, 2008, 134(9): 750-761.
- [4] Kim H, McConnell L, Ramirez M, et al. Characterization of odors from limed biosolids treated with nitrate and anthraquinone[J]. Journal of

Environmental Science and Health, 2005, 40(1): 139-149.

- [5] Gostelow P, Parsons S A, Sruetz R M. Odour measures for sewage treatment works[J]. Water Research, 2001, 35(3): 579-597.
- [6] Gang D, Clevenger T E, Banerji S K. Relationship of Chlorine decay and THMs formation to NOM size[J]. Journal of Hazardous Materials, 2003, 96(1): 1-12.
- [7] 江安玺, 李德强, 相会强, 等. 水解酸化-生物接触氧化工艺在抗生素废水处理中的应用[J]. 安全与环境学报, 2002, 2(2): 3-6.
Jiang Anxi, Li Deqiang, Xiang Huiqiang, et al. Application of hydrolytic acidification: A bio-contact oxidizing process for liquid-waste disposal[J]. Journal of Safety and Environment, 2002, 2(2): 3-6.
- [8] 赵可, 尹军, 王立军, 等. 腐殖土强化SBR工艺运行效能试验[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2009, 41(4): 81-84.
Zhao Ke, Yin Jun, Wang Lijun, et al. Performance improvement of SBR process by addition of humus soil[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2009, 41(4): 81-84.
- [9] 尹军, 赵可. 腐殖活性污泥工艺在日本和韩国的应用[J]. 中国给水排水, 2007, 23(4): 101-104.
Yin Jun, Zhao Ke. Application of hummus activated sludge process in Japan and the republic of Korea[J]. China Water & Wastewater, 2007, 23(4): 101-104.
- [10] 李伟英, 许京晶, 吴敏, 等. 高温厌氧下腐殖土对改善活性污泥性质的影响[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2012, 40(9): 1349-1356.
Li Weiying, Xu Jingjing, Wu Min, et al. Under the high temperature anaerobic humus soil to improve the effects of activated sludge properties[J]. Journal of Tongji University: Natural Science Edition, 2012, 40(9): 1349-1356.
- [11] 赵嵩颖, 陈晨, 张柏林. 不同倾斜埋管方式下地热换热器温度场模拟分析[J]. 工业安全与环保, 2014, 40(9): 40-42.
Zhao Songyong, Chen Chen, Zhang Bailin. Heat simulation analysis of heat exchangers with inclined boreholes in ground-source heat pump systems[J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2014, 40(9): 40-42.
- [12] Zhao S Y, Chen C. Heat simulation analysis of heat exchangers with inclined boreholes in ground-source heat pump systems[J]. Advanced Materials Research, 2013, 671-674: 2551-2554.
- [13] Zhao S Y, Chen C. Simulation and economic analysis of the soil temperature field when concrete heat accumulation piles buried in different modes[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 291-294: 1149-1152.
- [14] Zhao S Y, Chen C. Soil temperature field analysis of radial buried tube continuous heat accumulation[J]. International Journal of Earth Sciences and Engineering, 2014, 7(4): 1931-1936.
- [15] 张东, 王春龙, 周晓东, 等. 寒冷地区直膨式太阳能热泵热水器性能分析[J]. 太阳能学报, 2013(12): 2121-2127.
Zhang Dong, Wang Chunlong, Zhou Xiaodong, et al. Cold area direct expansion solar energy heat pump waterheater performance analysis[J]. Journal of Solar Energy, 2013(12): 2121-2127.
- [16] Patankar S V. Numerical heat transfer and fluid flow[M]. Hemisphere New York: Taylor & Francis Group, 1980.

(责任编辑 王媛媛)