

相变蓄冷技术在公共建筑太阳能空调系统中的应用研究

孙峙峰^{1,2}, 赵耀华¹, 徐 伟², 王东旭², 金 汐²

(1. 北京工业大学建筑工程学院, 北京 100124; 2. 中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与节能研究院, 北京 100013)

摘 要: 为提高公共建筑太阳能空调系统的太阳能保证率, 在传统太阳能空调蓄冷系统的基础上, 将相变蓄冷技术应用在公共建筑太阳能空调系统中, 并建立相应的数学模型。经软件模拟和实验测试, 表明太阳能空调相变蓄冷系统数学模拟与实测数据吻合较好, 验证了太阳能空调相变蓄冷系统的可行性和有效性。在该案例中, 与传统水蓄冷系统相比, 相变蓄冷系统可使系统制冷季太阳能保证率提高 17.5%。

关键词: 办公建筑; 太阳能制冷; 蓄冷; 相变材料; TRNSYS; 实验设计

中图分类号: TK02

文献标识码: A

0 引 言

公共建筑夏季建筑负荷和室外的辐照度在时间上具有“同步”特性, 但存在太阳能空调非工作日的制冷能力未得到有效利用的问题。目前常用的蓄冷方式有水蓄冷和相变蓄冷 2 种方式。国内外学者在太阳能空调系统及蓄冷系统方面进行了很多研究。文献[1~3]通过研究得出 LiBr-H₂O 作为工质的机组具有较高 COP。Lavan 等^[4]通过实验测试, 认为水箱的高径比越大, 水箱内流体越容易达到较好的温度分层。Rosick 等^[5]建立了一种带有 2 个冷冻水蓄冷器的太阳能蓄冷空调系统。Michand 等^[6]通过研究, 得到相变温度在 -31~45 °C 的有机相变材料。Bo He 等^[7]以工业用溴代十六烷作为相变材料, 得到传热效率是水的 1.42 倍的悬浮液。Florides 等^[8]通过仿真太阳能单效溴化锂-水吸收式系统, 得出系统的优化配置。Tsoutsos 等^[9]通过 TRNSYS 模拟某医院太阳能吸收制冷系统。王 健^[10]提出一种新型的相变蓄能技术, 用于建筑在整个空调季内蓄冷。王晓霖^[11]对太阳能空调系统蓄冷球温度分布及变化进行模拟。万忠民等^[12]提出一种可用于蓄冷循环的新型高效蓄能系

统。鲁秀锐等^[13]得出太阳能空调系统中蓄能水箱结构和保温的设计方法。王 聪^[14]设计一种新型高效相变蓄冷换热管。蔡新梅等^[15]得到以十四烷作为太阳能空调相变材料的蓄冷量随时间的变化规律。牛福新等^[16]通过实验得出相变蓄冷的 COP 值比冰蓄冷提高了近 25%。李晓燕等^[17]认为相变材料(PCM)蓄冷空调系统具有初投资较高、运行费用低、静态回收期短的特点。

为解决现有公共建筑太阳能空调水蓄冷系统设备体积庞大、供冷不稳定等问题, 本文通过理论研究以及软件模拟, 建立太阳能空调相变蓄冷数学模型, 并通过实际测试对模型进行验证。同时对系统的运行特性进行分析, 验证太阳能空调相变蓄冷系统的可行性和有效性。

1 太阳能空调蓄冷系统数学模型

太阳能空调系统主要由太阳能集热系统、蓄热系统、制冷系统、蓄冷系统、控制系统组成。

1.1 太阳集热器模型

真空管太阳集热板是太阳能空调系统中最常用的集热元件, 集热板的集热效率由斜面上的太阳

收稿日期: 2018-12-17

基金项目: “十三五”国家重点研发计划(2017YFC0702600)

通信作者: 王东旭(1989—), 男, 硕士研究生、工程师, 主要从事太阳能利用及被动式超低能耗建筑空调系统方面的研究。
yuanlinlinshu@yeah.net

辐射强度、集热器进出液体温度和环境温度参数决定。集热器模块效率由式(1)计算:

$$\eta = a_0 - a_1 \frac{\Delta T}{I_T} - a_2 \frac{(\Delta T)^2}{I_T} \quad (1)$$

$$\Delta T = \begin{cases} \Delta T_i = T_i - T_a \\ \Delta T_{av} = T_{av} - T_a \\ \Delta T_o = T_o - T_a \end{cases} \quad (2)$$

式中, a_0 ——截距; a_1 ——热损失系数; a_2 ——集热器效率方程中二阶系数; I_T ——太阳能集热器全部辐射(倾斜面), $\text{kJ}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$; T_i ——集热器的流体进口温度, $^{\circ}\text{C}$; T_a ——环境温度, $^{\circ}\text{C}$; T_{av} ——集热器液体平均温度, $^{\circ}\text{C}$; T_o ——集热器的流体出口温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

1.2 蓄热水箱模型

蓄热水箱容积根据系统最大蓄热量确定,蓄热量受太阳集热器有效集热量的瞬态变化规律及系统用热需求的动态规律的影响。在此基础上,采取估算法计算水箱容积。蓄热水箱容积可按式(3)计算:

$$V = \frac{Q_z - Q_y}{(\rho\chi)_w \Delta t (1 - \eta_x)} \quad (3)$$

式中, V ——水箱容积, m^3 ; Q_z ——太阳集热器有效集热量, kJ ; Q_y ——日照期间用热量, kJ ; $(\rho\chi)_w$ ——蓄热液体体积比热, $\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$; Δt ——蓄热液体利用温差, $^{\circ}\text{C}$; η_x ——蓄热液体热损失率。

1.3 蓄冷水罐模型

本文研究的相变蓄冷水罐采用球体相变蓄冷单元作为相变蓄冷体,将相变蓄冷球体放入传统蓄冷水罐中构成。相变蓄冷水罐中热交换的过程为水与PCM进行热交换,装置中的水起到传热介质的作用,同时以显热方式储存冷量。假设不考虑水流流速对对流换热系数的影响,则相变蓄冷水罐的理论蓄冷能力为:

$$Q = Q_w + Q_x \quad (4)$$

$$Q_x = M_x C_s (T_1 - T^*) + M_x H + M_x (T^* - T_2) C_L \quad (5)$$

$$Q_w = M_w c_p (T_1 - T_2) \quad (6)$$

式中, Q_w ——水罐内水的蓄冷量, kJ ; Q_x ——相变

材料的蓄冷量, kJ ; M_x ——相变材料质量, kg ; C_s ——相变材料固体热容量, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$; T_1 ——相变蓄冷水罐蓄冷前初始温度, $^{\circ}\text{C}$; T^* ——相变温度, $^{\circ}\text{C}$; H ——相变潜热, kJ/kg ; T_2 ——相变蓄冷水罐蓄冷后最终温度, $^{\circ}\text{C}$; C_L ——相变材料液体热容量, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$; M_w ——水箱内水的质量, kg ; c_p ——水的热容量, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 。

1.4 单效溴化锂吸收式冷机模型

单效溴化锂吸收式冷机中能量平衡公式:

$$\dot{Q}_{cw} = \dot{Q}_{chw} + \dot{Q}_{hw} + \dot{Q}_{auw} \quad (7)$$

式中, \dot{Q}_{cw} ——冷却水带走的能量, kJ/h ; \dot{Q}_{chw} ——从冷冻水中移除的能量, kJ/h ; \dot{Q}_{hw} ——集热器供给的能量, kJ/h ; \dot{Q}_{auw} ——溶液泵的电耗, kJ/h 。

热水回水温度:

$$T_{hw,out} = T_{hw,in} - \frac{\dot{Q}_{hw}}{m_{hw} C_{phw}} \quad (8)$$

式中, $T_{hw,in}$ ——热媒侧进水温度, $^{\circ}\text{C}$; $T_{hw,out}$ ——热媒侧回水温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

冷却水回水温度:

$$T_{cw} = T_{cw,in} + \frac{\dot{Q}_{cw}}{m_{cw} C_{pcw}} \quad (9)$$

式中, $T_{cw,in}$ ——冷却水侧进水温度, $^{\circ}\text{C}$; $T_{cw,out}$ ——冷却水侧回水温度, $^{\circ}\text{C}$; c_{pcw} ——热媒侧的比热容, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。

冷机的制冷效率为:

$$COP = \frac{\dot{Q}_{chw}}{\dot{Q}_{hw} + \dot{Q}_{auw}} \quad (10)$$

1.5 太阳能空调系统模型

本文选取 TRNSYS 为主要模拟分析软件。TRNSYS 瞬态模拟太阳能系统的计算模型涉及光热、光电两大类,包括集热器、储热水箱、水泵、辅助加热器等几十个常用部件,能模拟热水、采暖、制冷空调、太阳能房和热泵等系统。在 TRNSYS 中搭建的典型太阳能空调相变蓄冷系统的模型如图 1 所示。

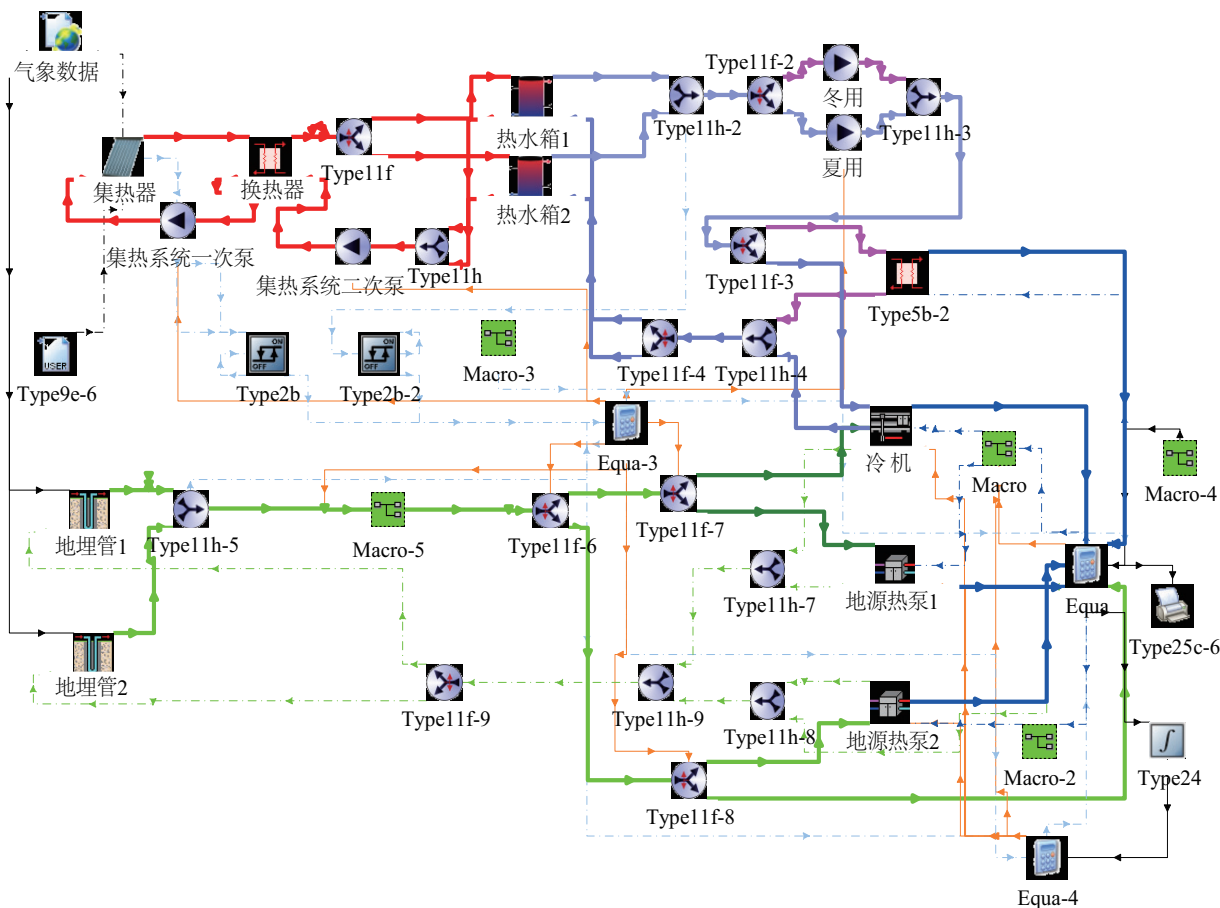


图1 太阳能空调系统模型原理图

Fig. 1 Schematic diagram of solar air conditioning system model

2 实验验证

为验证模型的正确性,在北京某超低能耗公共建筑进行运行实验,将模型结果与实验数据进行对比验证。

2.1 建筑概况及空调系统的基本参数

该示范建筑的建筑^[18]面积为 4025 m²,共有 40 个办公室、5 个会议室。图 2 是太阳能空调制冷系统的系统图。从图 2 可看出,系统主要由真空管型太阳集热器、蓄热水箱、蓄冷水罐、垂直 U 型管地埋管、单效溴化锂吸收式冷水机组、两台水-水换热地源热泵机组等组成,各主要部件参数见表 1。建筑主要围护结构的传热系数见表 2。该太阳能空调系统的制冷系统由 3 台冷水机组组成,1 台吸收式冷机和 2 台地源热泵。吸收式冷机与地源热泵 1# 互为备用,承担整座建筑的新风负荷,地源热泵 2# 承担其他建筑负荷。地埋管地源水系统为所有机

组提供冷媒水(冷却水),太阳集热系统为吸收式冷机提供热媒水。

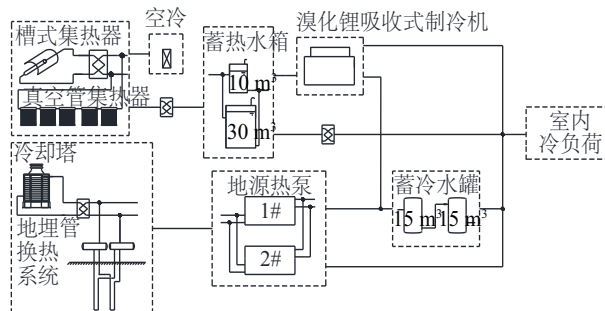


图2 太阳能空调系统系统图

Fig. 2 Schematic diagram of solar air-conditioning system

2.2 相变蓄冷水罐

相变蓄能材料的选择受系统冷机冷冻水出水温度、末端设备的用冷水温度、相变材料本身物性等因素影响。本文研究的太阳能空调系统的吸收式冷机的冷冻水额定出水温度为 7 ℃,冷水罐供应的

| 表1 系统部分设备参数 | |
|--|--------------------------------------|
| Table 1 Parameters for the partial equipment of system | |
| 设备 | 规格 |
| 真空管型 太阳集热器 | 320 m ² |
| 蓄热水箱 | 10 m ³ 和30 m ³ |
| 蓄冷水罐 | 2个15 m ³ |
| 吸收式冷机 | 额定制冷量35.2 kW, 额定功率0.21 kW |
| 地源热泵A | 额定制冷50 kW, 制冷额定功率9.3 kW |
| | 额定制热51.7 kW, 制冷额定功率13.1 kW |
| 地源热泵B | 额定制冷115 kW, 制冷额定功率19 kW |
| | 额定制热115 kW, 制冷额定功率24.7 kW |

| 表2 建筑围护结构参数 | |
|--|---|
| Table 2 Parameters for building envelope | |
| 围护结构 | 围护结构传热系数/W·m ⁻² ·K ⁻¹ |
| 外墙 | 0.207 |
| 屋顶 | 0.226 |
| 地面 | 0.276 |
| 外窗 | 1.060 |

辐射末端(天棚辐射及地板辐射)系统的冷冻水需求温度为15℃,选用的相变材料为正十五烷,相变温度为9.6℃,相变潜热168 kJ/kg,材料的主要物性参数见表3。相变材料的封装使用高密度氟代聚乙烯(PDFE),封装为直径7 cm的球体,球体表面有加强换热的凹槽,填充率90%,本次实验使用相变材料610 kg。填充后的相变蓄冷球及水罐内填充相变蓄冰球施工见图3。

| 表3 正十五烷物性参数 | | | | | | |
|--|--------|--------------------------|-----------------------|----|----------------------------|----------|
| Table 3 Physical properties of n-pentadecane | | | | | | |
| 名称 | 相变温度/℃ | 相变潜热/kJ·kg ⁻¹ | 密度/kg·m ⁻³ | 毒性 | 导热系数/W·(m·K) ⁻¹ | 纯度 |
| 正十五烷 | 9.6 | 168 | 769 | 有毒 | 0.18 | 工业级98.5% |

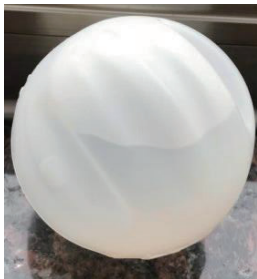


图3 相变蓄冷球及其在水罐内的施工图

Fig. 3 Ice storage sphere with phase-change material and construction in water tank

实验共计封装4950个蓄冰球,该太阳能空调系统中2个蓄冷水罐串联布置,冷机制得的低温冷水经过南水罐进入北水罐后,返回冷机。实验中,将蓄冰球放置在南水罐的3个金属框架的结构体中,蓄冰球在罐体内的布置见图4。实验使用pt100铂热传感器,传感器的测温范围为-50~380℃,测量精度为0.15℃。水罐内部共设置6个传感器,传感器编号依次为1~6,传感器1距离罐底部50 mm,环境温度传感器温度编号为7,水罐进出口水罐分别布置2个温度传感器,编号分别为2*和1*,传感器在水罐中的布置如图5所示。

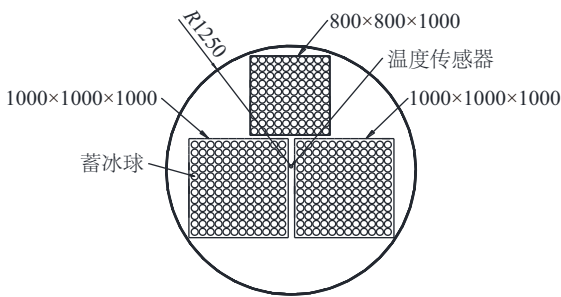


图4 蓄冷水罐构造平面示意图(单位:mm)

Fig. 4 Schematic diagram of structure of water storage tank (unit: mm)

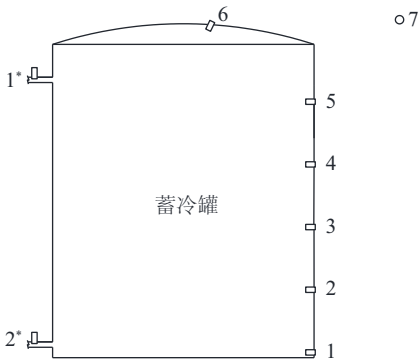


图5 蓄冷罐内温度传感器分布示意图

Fig. 5 Distribution diagram of temperature sensors in storage tank

2.3 控制策略

制冷季太阳能空调系统的控制策略如图 6 所示。

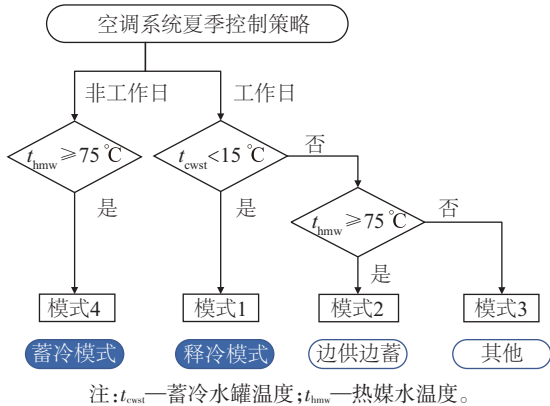


图 6 太阳能空调系统制冷季运行控制策略

Fig. 6 Operation control strategy of solar air-conditioning system in refrigeration season

工作日:

运行模式 1: 仅使用蓄冷水罐提供负荷;

运行模式 2: 开启吸收式冷机供冷;

运行模式 3: 开启其他冷源供冷。

非工作日:

运行模式 4: 开启吸收式冷机, 向蓄冷罐蓄存冷量。

本文在进行实验的过程中, 蓄冷过程采用运行模式 4, 释冷过程采用运行模式 1。

2.4 实验设计

2.4.1 气象数据

实验选取 2018 年 9 月 8~10 日典型天进行, 蓄冷、释冷工况下的主要气象数据如图 7。蓄冷阶段室外的平均温度为 24.8°C , 平均辐照度为 488.2 W/m^2 ;

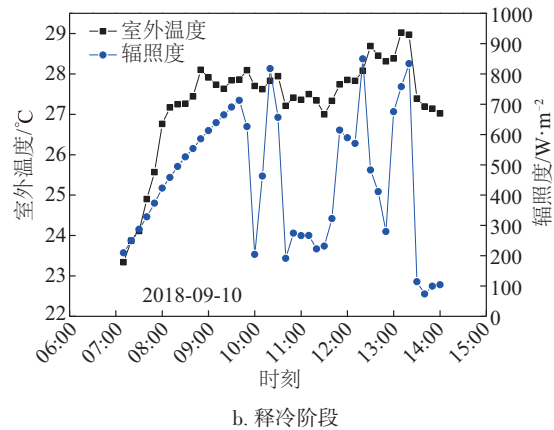
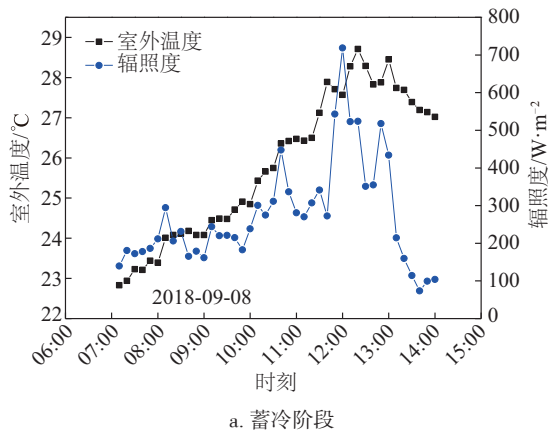


图 7 蓄冷阶段、释冷阶段室外的温度与辐照度数据

Fig. 7 Outdoor temperature and irradiance data of cold storage stage and cold discharge stage

释冷阶段室外的平均温度为 26.3°C , 平均辐照度为 270.9 W/m^2 。

2.4.2 运行时间

本次相变蓄冷实验蓄冷阶段在 2018 年 9 月 8 日, 周六当天蓄冷, 蓄冷阶段持续 391 min, 蓄冷结束直至下周一冷机未再次开启; 释冷阶段发生在 9 月 10 日, 周一正常上班后开启释冷, 释冷阶段共计 351 min, 系统蓄冷/释冷运行时间记录见表 4。

表 4 系统蓄冷/释冷的运行时间

Table 4 Running time of cold storage/cold discharge of system

| 运行时间 | 项目 |
|-------------------------|----|
| 2019-09-08, 07:27~13:58 | 蓄冷 |
| 2019-09-10, 10:02~15:53 | 释冷 |

3 数据分析

根据得到的实验数据, 针对太阳能空调系统模型分别进行蓄冷阶段、静置阶段和释冷阶段蓄冷水罐罐内温度的对比验证, 并对蓄冷阶段冷机制冷量、蓄冷水罐的蓄冷/释冷量及相变蓄冷实验对系统太阳能保证率的影响进行分析。

3.1 模型验证

运行数据为 2018 年 9 月 8 日 07:27~10 日 15:53 内数据, 将当天室外的气象参数、蓄热水箱初始温度、蓄冷水罐的初始温度作为模型输入, 对比模型蓄冷水罐罐内温度的输出与蓄冷罐内 6 个温度测点的温度, 其中罐顶部的第 6 测点因设备故障数据未采纳。模型计算结果与实际运行数据的比较及

相对误差如图 8 所示。从图 8 可看到,相变蓄冷水罐蓄冷阶段、静置阶段、释冷阶段水温的模型输出值与实验数据变化趋势一致,通过模型输出温度与实际罐内平均温度差值的绝对值,与实际罐内平均温度的比值可得到每个时刻的相对误差,所以相对误差值的平均值和最高值即为本次实验平均相对误差与最高相对误差。

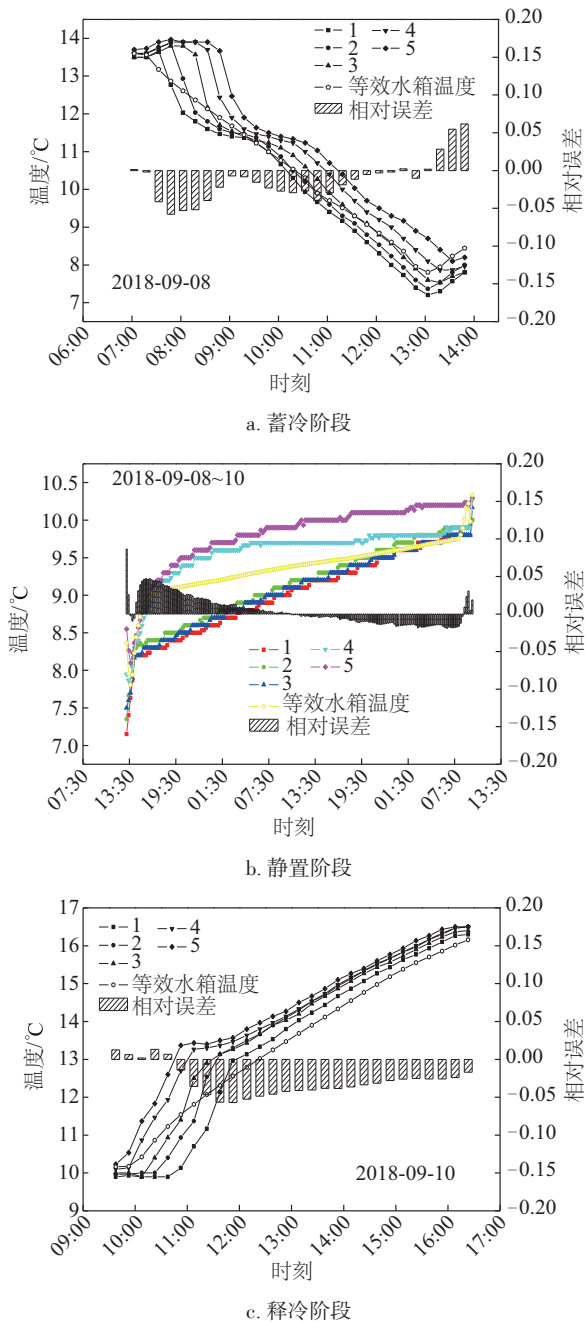


图 8 实测值与模拟值对比及相对误差

Fig. 8 Comparison and relative error between measured value and simulated value

蓄冷、静置、释冷 3 个阶段模拟值与实测值的相对误差见表 5。3 个阶段蓄冷罐罐内温度的软件模拟数据与实测数据吻合度较高、软件的模拟误差在允许范围内,可认为该数学模型可靠。

表 5 模拟值与实测值的相对误差

Table 5 Relative error between simulated value and measured value

| 阶段 | 平均相对误差/% | 最大相对误差/% | 平均精度误差/% |
|------|----------|----------|----------|
| 蓄冷阶段 | 2.4 | 6.2 | 1.5 |
| 静置阶段 | 1.5 | 4.7 | 1.6 |
| 释冷阶段 | 3.1 | 5.7 | 1.1 |

在蓄冷开始阶段,实测值与模拟值之间误差较大,这是由水流进入蓄冷水罐引起罐内流体掺混引起的。此外,引起模型误差的原因很多,比如管路内流量的波动、管道机构阻力系数采用工程经验值等。

3.2 数据分析

综合本文研究的空调系统的制冷和蓄冷能力,蓄冷罐在释冷阶段释放冷量可达到 1338.1 MJ,相比于水蓄冷工况,相变蓄冷工况下的蓄冷罐释冷量多 989.1 MJ。

根据文献[18]所述,该系统使用水蓄冷工况下,夏季的太阳能空调系统可提供的冷量为 20368.4 kWh。以北京市供冷期的典型气象数据计算,系统平均效率能达到本文研究的水平,则夏季的太阳能空调系统可提供的冷量为 23924.8 kWh,即太阳能保证率提高 17.5%。

在太阳能空调系统中使用相变材料蓄冷可有效减小蓄冷设备体积、缩小机房面积、提高建筑的使用效率。因此在综合经济和技术条件允许的前提下,应尽量采用相变材料蓄冷。

4 结 论

1)建立公共建筑太阳能空调蓄冷系统相变蓄冷的数学模型,并在模拟软件 TRNSYS 中完成模型搭建。

2)模拟值与实验值对比结果表明,相变蓄冷水罐蓄冷阶段、静置阶段、释冷阶段水温的模拟数据与实际数据温度曲线走势吻合,蓄冷阶段、静置阶段和释冷阶段模拟数据与实测数据相对误差的平

均值分别为 2.4%、1.5%、3.1%，最高误差均在 6.5% 以内，该模型较好地反映了对象特性，可用于太阳能空调系统相变蓄冷实验的进一步研究。

3) 研究证明，在太阳能空调系统中采用相变蓄冷可提高太阳能在空调系统中的保证率。在本文研究的案例中，预计可使太阳能在空调系统夏季的太阳能保证率提高 17.5%。

4) 在太阳能空调系统中使用相变材料蓄冷可有效减小蓄冷设备体积、缩小机房面积、提高建筑的使用效率。因此在综合经济和技术条件允许的前提下，应尽量采用相变材料蓄冷。

[参考文献]

- [1] Wilbur P J, Mitchell C E. Solar absorption air-conditioning alternatives [J]. Solar Energy, 1975, 17 (3): 193—209.
- [2] Ward D J. Solar absorption cooling feasibility [J]. Solar Energy, 1979, 22(3): 259—268.
- [3] Ward D S, Duff W S, Ward J C, et al. Integration of evacuated tubular solar collectors with lithium bromide absorption cooling systems [J]. Solar Energy, 1979, 22 (4): 335—350.
- [4] Lavan Z, Thompson J. Experimental study of thermally stratified hot water storage tanks [J]. Solar Energy, 1977, 19(5): 519—524.
- [5] Rosiek S, Garrido F J B. Performance evaluation of solar-assisted air-conditioning system with chilled water storage (CIESOL building) [J]. Energy Conversion and Management, 2012, 55: 81—92.
- [6] Michaud F, Mondieig D, Soubzmaigne V, et al. A system with a less than 2 degree melting window in the range within 31 degrees C and- 45 degrees C; Chlorobenzene-bromobenzene [J]. Materials Research Bulletin, 1996, 31(8): 943—950.
- [7] Bo He, Gustafsson E M, Setterwall F. Tetradecane and hexadecane binary mixtures as phase change materials (PCMs) for cool storage in district cooling systems [J]. Energy, 1999, 24(12): 1015—1028.
- [8] Florides G A, Kalogirou S A., Tassou S A, et al. Modeling, simulation and warming impact assessment of a domestic-size absorption solar cooling system [J]. Thermal Engineering, 2002, 22(12): 1313—1325.
- [9] Tsoutsos T, Alouni E, Gkouskos Z, et al. Design of a solar absorption cooling system in a Greek hospital [J]. Energy and Buildings, 2010, 42(2): 265—272.
- [10] 王 健. 空调季内太阳能蓄能/制冷系统工作特性分析 [D]. 大连: 大连理工大学, 2012.
- [10] Wang Jian. The characteristics of solar powered refrigeration system with energy storage technology during an air-conditioning season [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2012.
- [11] 王晓霖. 相变蓄冷及其在太阳能空调中的应用研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2013.
- [11] Wang Xiaolin. Phase change cold storage and its application in solar energy air conditioning systems [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2013.
- [12] 万忠民, 舒水明, 胡兴华. 新型太阳能混合吸收式制冷系统的蓄能研究 [J]. 制冷与空调, 2006, 6(1): 36—39.
- [12] Wan Zhongmin, Shu Shuiming, Hu Xinghua. Research of energy storage in novel solar with absorption air-condition system [J]. Refrigeration and Air Conditioning, 2006, 6(1): 36—39.
- [13] 鲁秀锐, 王振杰, 杨传波. 浅谈太阳能空调系统中蓄能水箱的设计 [J]. 建筑节能, 2009, 37(9): 63—65.
- [13] Lu Xiurui, Wang Zhenjie, Yang Chuanbo. Design of storage tank of solar air-conditioning [J]. Building Energy Efficiency, 2009, 37(9): 63—65.
- [14] 王 聪. 高效相变蓄冷换热管实验研究及性能优化 [D]. 上海: 上海交通大学, 2014.
- [14] Wang Cong. Experimental and theoretical study of heat transfer performance optimization of phase change thermal storage heat exchanger tubes [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2014.
- [15] 蔡新梅, 宋文吉, 肖 睿, 等. 适用于空调工况的高温相变蓄冷剂的蓄冷特性实验研究 [J]. 制冷与空调, 2011, 25(5): 433—437.
- [15] Cai Xinmei, Song Wenji, Xiao Rui, et al. Experimental study on cold-storage characteristics of high temperature phase change materials for air-conditioning [J]. Refrigeration and Air Conditioning, 2011, 25 (5) : 433—437.
- [16] 牛福新, 倪 龙, 姚 杨, 等. 直接蒸发式三套管蓄能换热器的蓄冷特性 [J]. 哈尔滨工业大学学报, 2011, 43(6): 56—60.
- [16] Niu Xinfu, Ni Long, Yao Yang, et al. Cool storage characteristics of triple-sleeve energy storage exchangers with direct evaporative [J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2011, 43(6): 56—60.
- [17] 李晓燕, 张 健, 高宇航, 等. 相变材料式蓄冷空调系统的经济性分析 [J]. 哈尔滨商业大学学报: 自然科

- 学版, 2009, 25(5): 607—610.
- [17] Li Xiaoyan, Zhang Jian, Gao Yuhang, et al. Economical analysis of PCM cold accumulation system [J]. Journal of Harbin University of Commerce: Natural Science Edition, 2009, 25(5): 607—610.
- [18] Sun Z, Zhao Y, Xu W, et al. A solar heating and cooling system in a nearly zero-energy building: A Case study in China[J]. International Journal of Photoenergy, 2017, 2017: Article ID 2053146, <https://doi.org/10.1155/2017/2053146>.

APPLICATION STUDY ON PHASE-CHANGE STORAGE OF SOLAR AIR CONDITIONING SYSTEM IN PUBLIC BUILDINGS

Sun Zhifeng^{1,2}, Zhao Yaohua¹, Xu Wei², Wang Dongxu², Jin Xi²

(1. College of Architecture and Civil Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

2. Institute of Building Environment and Energy, China Academy of Building Research, Beijing 100013, China)

Abstract: In order to improve the solar insuring rate of solar air-conditioning system in public buildings, a cold storage method by using phase change material is presented in this paper, which is based on traditional solar air-conditioning system of public buildings, and the mathematical model of this method is established. The current results show that the system model established in this paper is in good agreement with the measured data by simulation and experimental test and the feasibility and effectiveness of the system are verified. Compared with the traditional chilled water storage system in this case, this system is expected to increase the solar insuring rate by 17.5% in refrigeration season.

Keywords: office buildings; solar refrigeration; cold storage; phase change materials; TRNSYS; experimental design