

太阳能导热介质挥发损失分析

李杰*, 王峰, 石晶, 侯锦锋, 蔡淑红

(中国船舶重工集团公司第七一八研究所, 河北邯郸 056027)

摘要:针对太阳能导热介质使用中的挥发损失问题,分析了挥发损失来源和气相挥发物组成,并对乙二醇浓度、温度和时间等气相挥发物的影响因素进行了分析。结果表明,乙二醇浓度增加、温度升高和时间延长都会增加导热介质的挥发损失。基于分析结果,对导热介质的合理补加提出了建议。

关键词:太阳能导热介质;挥发损失;乙二醇浓度;温度;时间

中图分类号:TK513

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2019)S-0184-03

DOI:10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2019.S.042

Analysis on volatilization loss of solar heat-conducting medium

LI Jie*, WANG Feng, SHI Jing, HOU Jin-feng, CAI Shu-hong

(The 718th Research Institute of China Ship and Shipbuilding Industry Corporation, Handan 056027, China)

Abstract:To solve the volatilization loss problem of solar heat-conducting medium during the service, the source of volatilization loss and the composition of gas-phase volatile matters are analyzed, and the factors affecting the gas-phase volatile matters, such as ethylene glycol concentration, temperature and time are analyzed. It is shown that the increase of ethylene glycol concentration, temperature increase and time extension each will increase the volatilization loss of heat-conducting medium. Based on the results, suggestions for the reasonable addition of the heat-conducting medium are proposed.

Key words: solar heat-conducting medium; volatilization loss; ethylene glycol concentration; temperature; time

近年来,太阳能热水器已广泛应用于我国的城市和农村地区。2015年底,我国太阳能热水器的安装总量达到2.5亿 m^2 ,预计2020年底达到6.0亿 m^2 [1]。太阳能热水器的广泛应用,对我国节能减排[2-3]以及实现国家发改委提出的“2020年非化石能源的份额达到15%[4]”的目标都具有积极意义。

我国大中城市居住建筑以10层以上的高层建筑为主,阳台壁挂式太阳能热水器的应用将解决太阳能热水器屋顶安装位置不够的问题,可使每户居民都能使用太阳能提供的水[5-6]。平板集热器的吸热层吸收太阳能,使集热器换热管中导热介质的温度不断升高,通过循环管路,在集热器与水箱之间形成冷水自上而下,热水自下而上的自然循环,使水箱内的水逐渐升温[7]。虽然整个太阳能换热系统为密闭系统,但是导热介质也会有少量挥发。文献[8]探讨了太阳能传热介质的要求和成分,以及提高太阳能导热液热应力的方法。文献[9-10]对不同类型导热介质做了对比分析。文献[11-12]探讨了太阳能导热液的作用和组成成分。文献[13]研究了二元醇型传热介质中的添加剂技术。尚未见有对导热介质挥发损失分析的相关报道。本文通过理

论计算,分析了导热介质挥发损失的几个影响因素,对使用中导热介质的补加具有一定的指导意义。

1 挥发损失来源分析

整个平板太阳能换热系统为密闭系统,导热介质在水箱夹套和集热器之间通过管路循环换热,太阳能热水器构成如图1所示。导热介质的挥发损失主要发生在水箱夹套部分,夹套通过填充口和溢流口与外界相通,这两个部位如果密封不严,导热介质就会与大气相通。

2 导热介质气相挥发物的组成

介质气相挥发物成分与介质液相成分、温度和压力有关,液相成分主要是乙二醇和水。介质常温状态下,按30℃、101.3 kPa计。30℃时乙二醇饱和蒸气压按安托因方程计算为20.4 Pa,30℃时水的蒸气压为4.247 4 kPa。以冰点为-25℃的导热介质为例,其乙二醇含量约为体积分数40%,摩尔分率(x_B)为0.18,水的摩尔分率(x_A)为0.82。乙二醇密度取值1.115 5 g/mL,相对分子质量为62。根据拉乌尔定律,理想溶液上方平衡分压按式(1)、

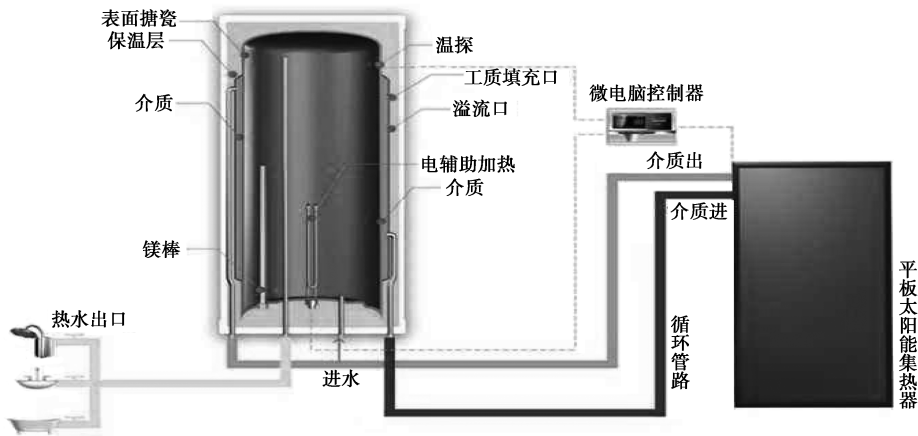


图1 平板太阳能热水器系统图

式(2)计算。

$$P_A = P_A^0 x_A \quad (1)$$

$$P_B = P_B^0 x_B = P_B^0 (1 - x_A) \quad (2)$$

式中: P_A 为轻组分(水)溶液上方分压, kPa; P_A^0 为轻组分(水)饱和蒸气压, kPa; P_B 为重组分(乙二醇)溶液上方分压, kPa; P_B^0 为重组分(乙二醇)饱和蒸气压, Pa。

由于系统连接大气,气相总压 $p = 101.3$ kPa,用式(3)、式(4)可以计算出水和乙二醇在气相中的摩尔比率。

$$y_{\text{水}} = p_A / P = (P_A^0 x_A) / p = (4.2474 \times 0.82) / 101.3 = 0.0344 \quad (3)$$

$$y_{\text{乙二醇}} = (P_B^0 x_B) / p = (20.4 \times 0.18) / (101.3 \times 1000) = 3.62 \times 10^{-5} \quad (4)$$

得出气相挥发物中水和乙二醇的摩尔比为 $0.0344 : 3.62 \times 10^{-5} = 950 : 1$,质量比为 $(950 \times 18) : 62 = 276 : 1$ 。相当于每挥发出 276 g 的水,同时挥发出 1 g 乙二醇。

3 乙二醇浓度对气相挥发物组分的影响

不同冰点的导热介质中乙二醇浓度也不同。乙二醇浓度与冰点的大致关系见表1。

表1 乙二醇浓度与冰点的关系

乙二醇体积分数/%	40	45	48	52.5
冰点/℃	-25	-30	-35	-40

以冰点为 -30°C 的导热介质为例,其乙二醇浓度比 -25°C 导热介质高 5%,乙二醇和水的摩尔分率分别为 0.21 和 0.79。按照上式计算得到,水和乙二醇在 30°C 时气相中的摩尔比率分别为 0.033 1 和 4.22×10^{-5} ,两者摩尔比为 784 : 1,质量比为 228 : 1。

相当于每挥发出 228 g 的水,同时挥发出 1 g 乙二醇。可以看出,随着乙二醇浓度增加,乙二醇挥发量也有明显增加。

4 温度对气相挥发物组分的影响

温度对饱和蒸气压有较大影响,水和乙二醇在不同温度下的蒸气压见表2。

表2 饱和蒸气压与温度的关系

温度/℃	30	50	80
P_A^0 /kPa	4.2474	12.344	47.373
P_B^0 /kPa	2.04×10^{-2}	0.1003	0.729

按照上述公式可以计算出, -25°C 导热介质 50°C 时气相挥发物中水和乙二醇的质量比为 163 : 1; 80°C 时气相挥发物中水和乙二醇的质量比为 86 : 1。可以看出,温度升高后乙二醇蒸气压大幅度提高,造成气相中乙二醇比率增加。同时,一般情况下液体挥发速率与饱和蒸气压成正比, 50°C 时水和乙二醇蒸气压之和是 30°C 时的 2.91 倍,表明 50°C 时导热介质的挥发速率是 30°C 时的 2.91 倍。同理 80°C 水和乙二醇蒸气压之和是 30°C 时的 11.27 倍,表明 80°C 时导热介质的挥发速率是 30°C 时的 11.27 倍。可以看出,温度升高将大幅度增加介质的挥发速度。

5 时间对气相挥发物组分的影响

导热介质中水是易挥发组分,水的挥发速率比乙二醇快,随着时间的延长,液相中乙二醇比率将增加,乙二醇挥发将加快。套用简单蒸馏公式(5)和公式(6):

$$\ln(W_1/W_2) = [1/(\alpha - 1)] \{ \ln(x_1/x_2) + \alpha \ln[(1 - x_2)/(1 - x_1)] \} \quad (5)$$

$$\bar{y} = x_1 + [W_2/(W_1 - W_2)](x_1 - x_2) \quad (6)$$

式中: W 为某瞬时釜中液体量, 随时间而变, 由初态 W_1 变至终态 W_2 ; x 为某瞬时釜中液体浓度, 由初态 x_1 变至终态 x_2 ; \bar{y} 为全挥发过程某组分气相产物平均组成。

以冰点 -25°C 导热介质为例, 30°C 时分别计算液体挥发量 1/3 及 1/2 时气相产物中乙二醇的摩尔比率。

挥发量为 1/3 时, 由式(5):

$$\ln[1/(2/3)] = [1/(208 - 1)] \{ \ln(0.82/x_2) + 208 \ln[(1 - x_2)/(1 - 0.82)] \}$$

得到 $x_2 = 0.731$, 则由式(6):

$$\bar{y} = 0.82 + [(2/3)/(1 - 2/3)](0.82 - 0.731) = 0.998$$

乙二醇的摩尔比率为 $1 - 0.998 = 0.002$ 。

挥发量为 1/2 时, 由式(5):

$$\ln[1/(1/2)] = [1/(208 - 1)] \{ \ln(0.82/x_2) + 208 \ln[(1 - x_2)/(1 - 0.82)] \}$$

得到 $x_2 = 0.643$, 则由式(6):

$$\bar{y} = 0.82 + [(1/2)/(1 - 1/2)](0.82 - 0.643) = 0.997$$

乙二醇的摩尔比率为 $1 - 0.997 = 0.003$ 。

可以看出, 时间延长后, 导热介质挥发数量增加, 气相中的乙二醇比率上升。

6 结论

以上计算结果都是理论推算, 与实际情况会有一定出入, 但基本上反映了导热介质在使用过程中的变化趋势。常温条件下, 挥发量不大时, 首次可以直接补充纯净水, 对导热介质整体性能影响不大。

多次补加或存放温度较高时, 应补充新的导热介质。实际操作时, 建议从水箱夹套中取样, 检测介质的冰点是否符合标准要求。

参考文献

- [1] Yuan J H, Xu Y, Zhang X P, et al. China's 2020 clean energy target: Consistency pathways and policy implications [J]. Energy Policy, 2014, 65: 692-700.
- [2] 陈勇, 黄波. 中小企业减排技术协同创新策略研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2015, 37(8): 97-104.
- [3] 胡秀芝, 鲍安红, 曹树星, 等. 基于 PKPM 的重庆三峡库区农村建筑节能改造——以丰都县某村委会楼为例 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2013, 38(10): 161-164.
- [4] Hong L, Zhou N, Fridley D, et al. Assessment of China's renewable energy contribution during the 12th five year plan [J]. Energy Policy, 2013, 62: 1533-1543.
- [5] 胡粉娥, 魏生贤. 丽江市阳台壁挂式平板型太阳能热水器水量配比特性研究 [J]. 太阳能学报, 2017, 42(10): 94-95.
- [6] 魏生贤, 李明, 林文贤, 等. 高层住宅建筑南立面太阳能热水系统水量配比特性研究 [J]. 太阳能学报, 2012, 33(4): 663-669.
- [7] 阳台壁挂太阳能 [EB/OL]. (2016-09-04). <http://www.baik.com/baidu.com/item/阳台壁挂太阳能/>.
- [8] 梁宏伟. 浅谈分体承压式太阳能热水系统的传热介质 [J]. 太阳能, 2011, 169(5): 43-45.
- [9] 田胜军. 关于导热介质的性能和优劣衡量 [J]. 中国太阳能产业资讯, 2014, (2): 24-25.
- [10] 王刚, 田胜军. 不同类型导热介质对比分析 [J]. 中国太阳能产业资讯, 2014, (7): 30-31.
- [11] 边明义. 浅谈分体太阳能导热液知识 [J]. 中国太阳能产业资讯, 2014, (9): 29.
- [12] 边明义. 优质太阳能导热液的选择分析 [J]. 中国太阳能产业资讯, 2016, (7): 27.
- [13] 侯锦锋, 李杰, 蔡淑红. 二元醇型传热介质中添加剂技术的研究 [J]. 太阳能, 2019, 297(1): 67-70. ■

高纯度乙烯分离“三步”变“一步”

10月11日, 西北工业大学理学院教授陈凯杰团队在《科学》上发表研究论文称, 他们在国际上首次利用3种金属有机框架(MOFs)材料协同吸附, 实现了在4组分混合气体条件下一步分离制备高纯度乙烯。

乙烯的高纯制备在初级化工原料生产中有着举足轻重的作用, 但传统的乙烯分离方法步骤烦琐、能耗较高, 提纯过程需要3步工艺, 这样的分离工艺步骤繁多、成本较高且能耗高。

乙烯、乙炔、乙烷和二氧化碳4种气体, 在生产中经常“结伴而行”。想要实现乙烯的一步分离制备, 就要使特定的多孔 MOFs 材料选择性地同时捕获其他3种气

体, 且只有乙烯不被吸附, 从而将其单独分离出来。这样的道理非常简单, 实践起来却绝非易事。

陈凯杰团队研究发现, 通过串联3种 MOFs 材料在单一吸附柱内, 能够将乙炔、乙烷和二氧化碳依次高效去除, 在吸附柱尾端实现高纯度乙烯一步分离收集。他们使用的“多孔材料”是由金属离子和有机小分子通过配位键连接形成的原子三维有序排布的多孔晶体材料。这一物理吸附分离工艺在常温条件下就可进行, 可大大降低乙烯分离工艺能耗, 为复杂工业分离体系下绿色低碳工艺的研发提供了一种全新的设计思路。

(中国化工报)