

基于湿能理论的空气能量转换方法和实践

杭州艾硕科技开发有限公司 袁一军[☆]

摘要 运用湿能理论探讨了利用自然空气,在无需外界能量输入的情况下实现制冷与制热,包括直接蒸发冷却、间接蒸发冷却、多级间接蒸发冷却、液体除湿蒸发冷却,以及利用自然空气的能量实现液体再生等。该方法突破了传统的蒸发冷却露点温度的限制,同时将自然空气的利用由制冷拓展到制热。

关键词 湿能 蒸发冷却 液体除湿 制冷 制热

Method and application of the air energy transition based on psychrometric energy theory

By Yuan Yijun[★]

Abstract Discusses the cooling and heating method utilizing ambient air without external energy input, including the direct evaporative cooling, indirect evaporative cooling, multilevel indirect evaporative cooling and liquid desiccant evaporative cooling, and the liquid desiccant regeneration employing ambient air energy. This method breaks through the dew point temperature limit for the evaporative cooling and also extends the ambient air utilization from cooling to heating.

Keywords psychrometric energy, evaporative cooling, liquid desiccant, cooling, heating

★ Hangzhou ISAW Technology Development Corporation, Hangzhou, China

①

1 湿能理论简介

湿能理论就是研究空气与盐水(水)相互作用的理论,湿能即空气与盐水(水)以不同方式相互作用的过程中转移的能量。

湿能理论的基础是基于盐水(水)与空气作用的平衡线的焓湿图,如图 1 所示,不同浓度的盐水对应不同的平衡线,而水可理解为极稀的盐水,值得指出的是,上述平衡线与通用的焓湿图上的相对湿度线不是完全重合的。

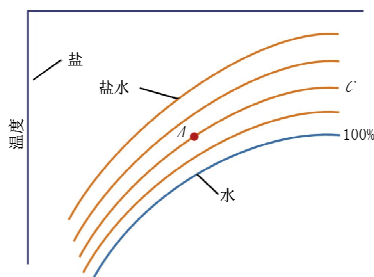


图 1 盐水(水)与空气平衡线的焓湿图

2.1 制冷原理

对于任意不饱和的状态为 A 的空气(以下简称“空气 A”),有 4 种不同的方式可获得不同的制冷效果,如图 2 所示。

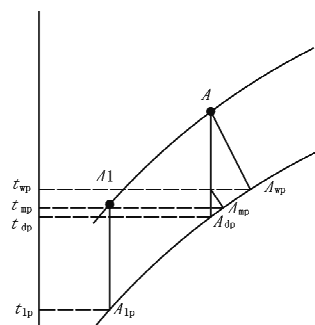


图 2 4 种制冷方式的焓湿图

2 制冷

①[☆] 袁一军,男,1965 年 11 月生,大学,高级工程师
311202 浙江省杭州市萧山区市心中路 325 号 10 幢 604
(0) 13567501888
E-mail: yuanyijunc@msn.com
收稿日期:2009-03-19

2.1.1 直接蒸发冷却

直接蒸发冷却通过空气 A 与水直接接触,能够获得的最低温度为空气 A 的湿球温度,即图 2 中 A_{wp} 点的温度 t_{wp} 。

2.1.2 间接蒸发冷却+直接蒸发冷却

间接蒸发冷却如图 3 所示,空气 A 分成两股,一股通过间接蒸发冷却器的湿通道,在该通道中空气与水直接接触,另一股通过间接蒸发冷却器的干通道,干通道与湿通道的空气逆向流动,干通道空气的最低温度为空气 A 的湿球温度,再经过直接蒸发冷却后获得的最低温度为介于湿球温度 t_{wp} 与露点温度 t_{dp} 之间的温度 t_{mp} ,如图 2 所示。

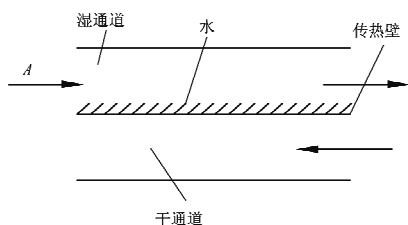


图 3 间接蒸发冷却示意

2.1.3 多级间接蒸发冷却

多级间接蒸发冷却如图 4,5 所示。

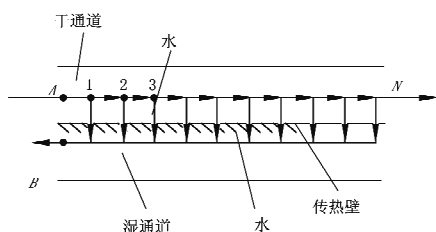


图 4 多级间接蒸发冷却示意

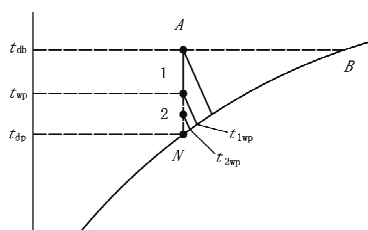


图 5 多级间接蒸发冷却的焓湿图

空气 A 进入多级间接蒸发冷却的干通道,先被冷却至 1 点,1 点的空气分成两部分,一部分穿过传热壁的孔进入湿通道,与水接触后其温度为 t_{1wp} ,低于 t_{wp} ;另一部分继续流向 2 点,2 点空气的一部分穿过传热壁的孔进入湿通道,与水接触后其温度为 t_{2wp} ,低于 t_{1wp} ,2 点空气的另一部分继续流向 3 点,如

此反复最后到达 N 点,流出干通道,其温度可接近露点温度 t_{dp} 。进入湿通道的空气,在理想情况下可达到 B 点,其温度为 t_{db} ,即 A 点的干球温度。

2.1.4 液体除湿蒸发冷却

液体除湿蒸发冷却如图 6 所示。空气 A 分成两股,一股经过盐水通道状态变为 A1,其温度降低为 t_{wp} ,含湿量也降低。温度的降低是由多级蒸发冷却过程所决定的,即另一股空气 A 先经过干通道再经过湿通道;而湿度降低是由于空气 A 在盐水通道中与盐水直接接触,盐水吸收了空气中的水分,其含湿量取决于盐水的浓度和温度。

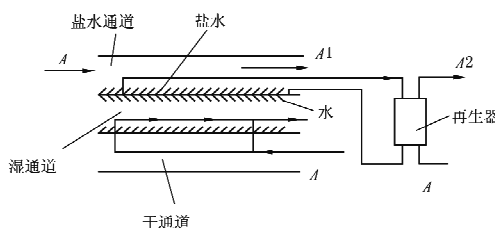


图 6 液体除湿蒸发冷却示意

如图 1 所示,A 点代表了一定浓度的盐水与空气相互作用的平衡点,因此对空气 A 而言,与浓度 C 的盐水相对应也就意味着,使用 A 点的空气,不需要外部热量的输入,即可再生得到浓度 C 的盐水。

当然以上所说的均为理想状态,未考虑传热传质温差、浓度差等。得到状态为 A1 的空气后,再经过图 4 所示的多级间接蒸发冷却,即可得到如图 2 所示的温度为 t_{tp} 的空气。

2.2 制冷应用

2.2.1 直接蒸发冷却

直接蒸发冷却应用最广泛的是冷却塔,在此不再赘述。

2.2.2 间接蒸发冷却

间接蒸发冷却利用图 3 所示的原理获得的冷空气接近湿球温度但未加湿^[1]。

另外一种方式是利用盘管与直接蒸发冷却实现间接蒸发冷却,并可获得接近湿球温度的冷水,其原理如图 7 所示^[2]。

2.2.3 多级间接蒸发冷却

多级间接蒸发冷却利用图 4,5 所示的原理获取低于湿球温度的冷空气与冷水,美国某品牌的热质交换芯及杭州某品牌的湿能芯可实现上述功能。

2.2.4 液体除湿蒸发冷却

液体除湿蒸发冷却利用自然的干燥空气在不

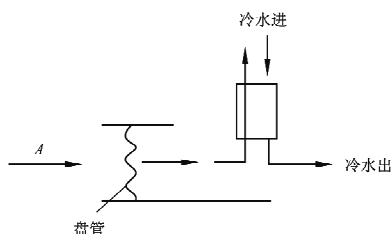


图7 盘管与直接蒸发冷却实现间接蒸发冷却示意

输入任何外界能量(不包括风机、水泵耗能)的情况下可获得低于露点温度的冷水和冷空气,笔者所在单位进行了相关的研究。

3 制热

除了制冷以外,还可运用上述湿能理论实现制热,如图8所示。利用图4,5所示的过程获得温度为 t_{dp} 的空气和空气B,空气B再经过绝热除湿达到P点,绝热除湿过程通过空气B与盐水的直接接触实现。

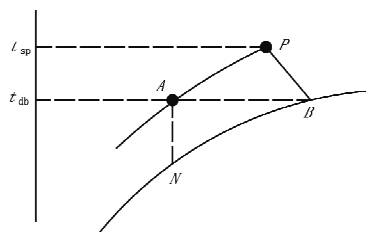


图8 利用湿能理论实现制热的焓湿图

盐水的再生通过图6所示的再生器实现,而不需要输入外界热量。

4 结论

4.1 基于湿能理论的能量转换方法可利用自然的空气实现制冷与制热,而无需外界能量输入。

4.2 湿能理论表明通过空气与水或(和)盐水不同的作用过程及其组合,可获得不同的制冷、制热效果。

4.3 原有的利用干燥空气的冷却主要基于直接蒸发冷却、间接蒸发冷却和多级间接蒸发冷却,其制冷的极限是自然空气的露点温度,基于湿能理论的能量转换方法可使制冷突破露点温度的极限。

4.4 原有的自然空气的利用主要局限于制冷,基于湿能理论的能量转换方法将其利用拓展到了制热。

参考文献:

- [1] 袁一军. 多级再生式多通道蒸发冷却方法及其换热器:中国, ZL200310122817. 8[P]. 2007-9-19
- [2] Ujjwal Lahoti, Sanjeev Jain, Vibhu Kaushik, et al, A novel air cooler[C]//Proceedings of ACRECONF 2001: International Conference on Emerging Technologies in Air Conditioning and Refrigeration, New Delhi: Allied publishers, 2001:250-258
- [3] Crum D R, Mitchell J W, Beckman W A. Indirect evaporative cooler performance [G] // ASHRAE Trans, 1987, 93(1):1261-1275
- [4] Chen P, Qin H, Huang Y J, et al. Energy-saving potential of precooling incoming outdoor air by indirect evaporative cooling[G]//ASHRAE Trans, 1993, 99(1):322-332
- [5] Wicker K. Life below the wet bulb: the Maisotsenko cycle[J]. Power, 2003, 147(9):29
- [6] 陈沛霖. 论间接蒸发冷却技术在我国的应用前景[J]. 暖通空调, 1988, 18(2):24-29
- [7] 陈沛霖. 间接蒸发冷却在我国的适用性分析[J]. 暖通空调, 1994, 24(5):3-5
- [8] 黄翔, 刘鸣, 于向阳. 我国新疆地区蒸发冷却技术应用现状分析[J]. 制冷与空调, 2001, 1(6): 33-38
- [9] 任承钦. 蒸发冷却焓分析及板式换热器的设计与模拟研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2001
- [10] 江亿, 李震, 薛志峰. 一种间接蒸发式供冷装置:中国, 02202739. 4[P]. 2002-12-11
- [11] 谢晓云, 江亿, 刘拴强, 等. 间接蒸发冷水机组设计开发及性能分析[J]. 暖通空调, 2007, 37 (7): 66-71
- [12] Wu H, Yellott J L. Investigation of a plate-type indirect evaporative cooling system for residences in hot and arid climates[G]//ASHRAE Trans, 1987, 93 (1):1252-1260
- [13] Tulsidasani T R, Sawhney R L, Singh S P, et al. Recent research on an indirect evaporative cooler (IEC) part I: optimization of the COP [J]. International Journal of Energy Research, 1997, 21 (12):1099-1108
- [14] Singh S P, Tulsidasani T R, Sawhney R L, et al. Recent research on an indirect evaporative cooler part VI: evolution of design pattern for indirect evaporative cooler [J]. International Journal of Energy Research, 1999, 23(7): 557-561
- [15] Scofield C M. The heat pipe used for dry evaporative cooling[G]//ASHRAE Trans, 1986, 92(1B):371-381
- [16] Watt J R, Brown W K, 等. 蒸发冷却空调技术手册 [M]. 3版. 黄翔, 武俊梅, 译. 北京:机械工业出版社, 2008:1-30