

热泵空调与海水淡化系统联合运行方式探讨

青岛理工大学 胡松涛[☆] 殷占民 王 刚

摘要 论述了热泵空调与海水淡化系统联合运行的方式。夏季,热泵从空调用户中提取热量为海水淡化供应热量;冬季,热泵从海水中提取热量为海水淡化和空调用户供热,可实现减少热量与电能消耗和温室气体排放,还可为工业或生活用户提供淡水。

关键词 联合运行 热泵 海水淡化 温室气体

Combined operating of heat pump air conditioning and desalination of seawater system

By Hu Songtao[★], Yin Zhanmin and Wang Gang

Abstract Presents the combined operating mode of heat pump with desalination of seawater system. In summer, heat pump extracts heat from the buildings for evaporators for desalters. In winter, heat pump extracts heat from seawater for desalters and air conditioning of the buildings so to reduce heat and power consumption and greenhouse gas emission as well as provide fresh water for industrial and domestic purposes.

Keywords combined operating, heat pump, desalination of seawater, greenhouse gas

★ Qingdao Technological University, Qingdao, Shandong Province, China

①

基于能源、环境和淡水等因素,本文提出了利用高温海水源热泵,夏季为海水淡化提供热量的同时为冷用户供冷;冬季从海水中提取热量同时为海水淡化和热用户供热,且余热可回收循环再利用的方法。

1 系统组成与工作原理

该系统主要由热泵系统、风机盘管系统、海水淡化系统、海水加热装置及余热回收装置组成。如图 1 所示。

1.1 夏季系统运行特点

夏季,对海水淡化而言需要热量,对风机盘管空调用户而言需要冷量。空调用户对于海水淡化来说属于低位热源,高温热泵经卡诺循环将低位热提升到较高位的热,可直接作为海水淡化的热源,同时为空调用户供冷。关闭阀门 9,打开阀门 8,具体流程如图 1 所示。在风机盘管系统中载冷剂将

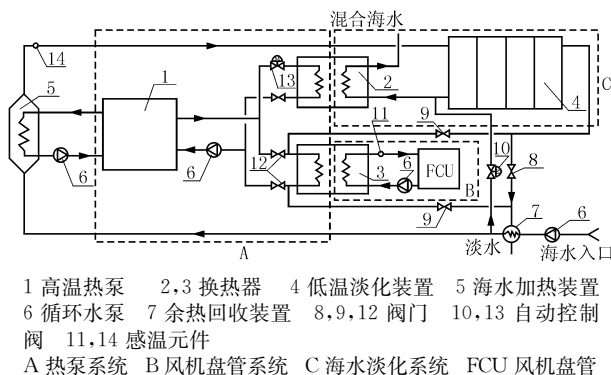


图 1 系统联合运行示意图

①☆ 胡松涛,男,1968 年 7 月生,博士后,教授,副院长
266033 青岛理工大学 281 信箱
(0532) 85071710
E-mail: H-lab@163.com
收稿日期:2005-06-14
修回日期:2005-09-22

水淡化量会因室外气温的变化而改变;当以满足一定海水淡化量为主要目的时,若系统从空调用户中提取的热量无法满足需要的话,则从海水中提取热量作为补充。

2 系统优势

2.1 能耗分析

全世界海水淡化量每年以 5%~7% 的速率增长^[1]。通常来说,海水都是由规模很大的海水淡化厂处理,且大多数都采用蒸馏淡化。蒸馏淡化需要大量的热量。蒸馏淡化循环过程,从物理特性来说与热泵的可逆热力学循环是一致的。对热泵而言,能效比越高节能效果越好。夏季,该系统为海水淡化供热,同时为空调用户供冷,实质上是一套热泵系统实现了两种用途,其综合能效比接近热泵额定能效比的两倍。冬季,热泵既为海水淡化供热也为空调用户供热,空调用户用热实质是余热回收部分。淡化水经过换热器 3 后,流入余热回收装置 7 与海水换热,淡化水最后温度接近海水入口温度,本身海水淡化量占海水总量的 8% 左右,因此淡化水带走余热较少。海水经淡化后盐水与部分海水混合后流入换热器 2,同时与热泵系统载冷剂换热,换热后的混合海水温度低于海水入口温度,经过换热后盐水中的余热可被利用。整个过程的实质为热泵从海水中提取热量,这部分热量恰好为海水淡化过程淡化水带走的热量 Q_6 、热量损耗 Q_3 和空调用户热负荷 Q_8 之和。若整个系统保温良好,则空调用户热负荷 Q_8 占从海水中提取热量 Q_0 的大部分。

2.2 二氧化碳排放量分析

我国能源消耗以煤炭为主,以煤炭为主的能源结构方式也就意味着高的二氧化碳排放量。一般认为我国二氧化碳排放量占全球排放量的 10% 左右,预计在未来 15~25 年内我国二氧化碳排放量将会超过美国,到 2020 年为止我国有可能成为世界上最大的温室气体排放源^[1]。可见对于二氧化碳排放的讨论是十分重要的,本文仅限于对电驱动热泵进行讨论,因为无论是现在还是将来,电驱动热泵的使用都是相当普遍的。只有当整个系统包括发电、传输等子系统时,才能对热泵降低二氧化碳的排放量的影响进行评判。不同的发电方式对降低二氧化碳排放量的影响如图 4^[2] 所示。显然 COP 值对二氧化碳的排放量影响很大,如当电产

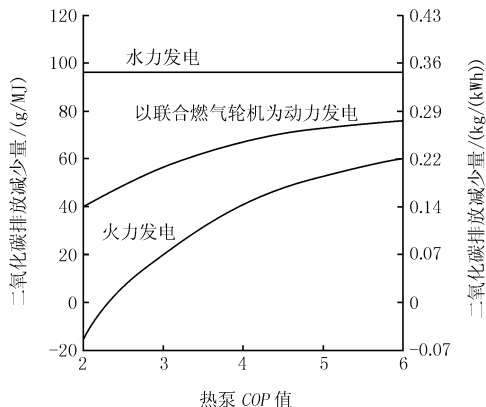


图4 二氧化碳排放减少量

品是由火电厂生产的,如果应用热泵可降低二氧化碳的排放量,则所应用的热泵 COP 值必须高于 2.4。对于电产品由其他两种方式生产的,应用热泵对二氧化碳的排放量都是有益的,但降低的水平只与热泵的 COP 值有关(水力发电除外)。

2.3 适用范围广

在这个海水淡化的方案中,每天海水淡化量为 5~100 t^[3],虽不及反渗透海水淡化日产量,但反渗透海水淡化法通常消耗电能,单位淡水产量的消费过高,控制的可靠性较差,参数的设定与海水淡化的质量不稳定,不适用于小型海水淡化厂。因此小型海水淡化厂得到了以工业生产和家庭饮用为目的的厂商与消费者的青睐。岛屿和沿海地区自然饮用水和地下水较少,图 1 所示的海水淡化系统无疑为一种选择。

3 技术可行性分析

3.1 低温海水淡化技术可行性分析

目前能投入商业化使用的海水淡化技术主要有两类:一类是膜法,一类是蒸馏法。膜法海水淡化技术主要为反渗透法;蒸馏法海水淡化技术则包括多级闪蒸、低温多效蒸馏、压汽蒸馏 3 种方法^[4]。在以上 4 种商业化的海水淡化方法中,低温多效蒸馏法是 20 世纪 80 年代出现的技术。所谓低温多效海水淡化技术是指盐水的最高蒸发温度约为 70℃ 的海水淡化技术,其特征是将一系列的管降膜蒸发器串联起来并分成若干效组,输入一定量的蒸汽,通过多次蒸发和冷凝,从而得到多倍于加热蒸汽量的蒸馏水的海水淡化技术。它的特点是对原料海水的预处理要求不高、过程循环动力消耗小、生产的淡水水质高。到目前为止该项技术已相

当成熟,问世后便在世界范围内迅速得到了广泛的应用。

3.2 高温热泵技术可行性分析

上世纪,随着全球性的能源危机和制冷技术的进一步成熟,热泵技术获得了一个迅速发展的机遇。目前,热泵在空调领域的应用已相当普遍,热泵装置的可靠性和效率也有了较大提高。相对于常规的空调热泵系统,高温热泵的发展和应用要滞后许多,但国内外对扩大热泵的应用领域方面进行了一系列的研究,目前研究和开发的高温热泵系统和装置有:

1) 非共沸工质多级压缩热泵系统和装置

其基本的流程与纯工质多级压缩热泵流程相同,但由于使用了非共沸混合工质,在蒸发和冷凝过程中出现温度滑移,能较好地与载热介质在换热器中的温度变化特性相适应,提高了热泵效率,在理论和实验研究中均获得了较好的 COP 值^[5]。

2) 吸收-压缩组合热泵系统和装置

此类热泵将吸收式和压缩式系统组合在一起,采用沸点相差很大的工质作为循环工质,利用其溶液对低沸点工质的吸收作用来改善循环某些方面的特性。研究表明,这类循环能较好地改善吸收式或蒸汽压缩式热泵的性能,极具发展潜力^[6]。

3) 吸收式热泵系统和化学热泵系统

吸收式热泵是由吸收式制冷系统发展而来的,有多种工作流程,技术较为成熟,在余热回收等方面获得了一定应用,具有较大的发展潜力^[7]。化学热泵系统是近年来发展的一种新型热泵系统,利用化学反应的吸放热效应来实现低温吸热和高温放热,可以在很大的温差及很高的温度条件下实现热泵循环,此类热泵系统未来在高温热泵的应用上有较好的发展前景^[8]。

4) 纯工质多级压缩热泵系统和装置

纯工质多级压缩热泵系统和装置,以双级或三级压缩为主,采用多级离心或螺杆式制冷压缩机^[9]。此类热泵的工作流程与双级压缩制冷系统类似,但一般采用了与压缩级数相同的多个冷凝器对载热介质进行逐级加热,且其工作温度范围和所使用的工质与制冷系统不同,技术成熟,已在供热方面获得工程实际应用,目前研究的重点主要集中在新工质的替代方面。

在高温热泵的研究方面,日本、美国及欧洲一

些国家已在高温热泵的工质替代以及混合工质在高温热泵上的应用等方面进行了深入的研究,并在供热、余热回收、太阳能利用等领域获得了应用,有关吸收、吸附、化学热泵等的研究也取得了一定的进展。我国对高温热泵的研究主要集中在理论方面。从技术上来说,以现有的技术水平,开发和生产供热温度为 100 ℃ 的高温热泵并不困难。

4 结语

随着世界对能源危机与环境污染的关注和淡水需求量的不断增长,建立运行上简单可靠、技术经济上合理、以电为能源的海水淡化厂很有必要。高效环保的小型海水淡化厂应以降低能耗、降低二氧化碳排放量和生产淡水为目的。高温热泵在海水淡化中的应用,使利用自然界的可再生能源作为海水淡化的能源,同时冬季为空调用户供热,夏季为空调用户供冷成为可能。并可降低海水淡化的成本,且夏季供冷时间越长越节能,海水淡化成本越低。

参考文献

- [1] 陈清泰. 积极探索符合中国国情的可持续发展之路[R]. 国务院发展研究中心, 2000
- [2] Slesarenko V V. Heat pumps as a source of heat energy for desalination of seawater[J]. Desalination, 2001, 139: 405-410
- [3] Thore B. Heat sources—technology, economy and environment[J]. International Journal of Refrigeration, 2002, 25: 428-438
- [4] 尹建华, 吕庆春, 阮国岭. 低温多效蒸馏海水淡化技术[J]. 海洋技术, 2002, 21(4): 22-26
- [5] Dongsoo J, Hakjun K, Ookjoong K. A study on the performance of multi-stage heat pumps using mixtures[J]. International Journal of Refrigeration, 1999, 22: 402-413
- [6] 孙靖瑜, 陆震, 李大庆. 关于吸收-压缩复叠循环的研究[J]. 节能技术, 1998(2): 2-4
- [7] 任连伟, 陈嘉宾, 李淞平, 等. 第二类吸收热泵的研究和发展[J]. 太阳能学报, 1998, 19(3): 335-340
- [8] Spoelstra S, Haije W G, Dijkstra J W. Techno-economic feasibility of high-temperature high-lift chemical heat pumps for upgrading industrial waste heat[J]. Applied Thermal Engineering, 2002, 22: 1619-1630
- [9] Cecilia G, Lennart V. Drop-in replacement of R22 in heat pumps used for district heating—influence of equipment and property limitations[J]. International Journal of Refrigeration, 2001, 24: 660-675