

探讨提高空气源热泵制备热水效能的方法

李雄智 田惠兰
(湖南中烟工业有限责任公司郴州卷烟厂 湖南 郴州 423000)

摘要:我国引进热泵技术时间不长,虽然技术成熟度还较低,但最近几年发展迅猛。在热泵热水工程实践中,许多用户未能发挥热泵机组的效能,致使效果一般甚至不能满足使用要求而停用,不利于该技术的推广应用。本文在对热泵热水机产品进行全面深入了解的基础上,探讨了提高热泵热水机制备热水效能的方法,以期为更好地使用热泵提供参考。

关键词:热泵;效能;提高;热能

1 空气源热泵热水机与蒸汽换热器之间对比

热泵是一种高效能的加热装置,通过消耗较少量的高品味能源,利用热力学逆卡诺循环原理,在外部做功下,可实现热能由低温向高温处的转移。利用热泵这一特点,将压缩机消耗的部分电能和蒸发器吸收的空气焓,一起在冷凝器处排放,使得水通过冷凝器获得数倍于压缩机耗能的热量。

蒸汽换热器热水系统能源浪费严重,一次能源(煤、油气,电等)生产的高品位热蒸汽,通过换热器生产热水是效率较低的第一代热水制取装置;空气源热泵热水机是继锅炉、燃气热水器、电热水器和太阳能热水器之后的第四代热水制取装置。在科学安装的情况下,几种热水器形式对比见表 1。

表 1 几种热水器形式对比表

热水器种类	空气源	太阳能	电	燃气	锅炉
燃料种类	电 + 空气热能	电 + 太阳能	电	天然气	油、煤、天然气
污染	无	无	无	有	有(严重)
危险性	无	触电	触电	危险	很危险
操控性	方便	不方便	较方便	较方便	不方便
燃值 kcal/kw.h	860	860	860	9000kcal/m	5000kcal/kg(平均)
热效率%	370	280	95	70	55(平均)
元/120 升	0.75	1.0	2.94	1.5	2.3
费用元/年	273	365	1073	547.	680

通过对比,空气源热泵既节能环保又高效安全,1kW 的电功率通常可产生 4kW 热量的生活热水,节能 75%以上,较太阳能节能 30%以上,且水电隔离,不产生废气。因此,国外相当重视并积极推广,同类产品已经相当成熟,对比使用情况见表 2。

表 2 国内外同类产品使用情况对比表

欧美	日本	澳大利亚	中国	发展中国家
高于 70%	60% ~70%	30% ~40%	10%左右	低于 6%

2 目前热泵安装的方式和不足

商业或工业及类似用途热水机组 (GB/T21362-2008)中,

按制热方式分为一次加热式和循环加热式两种,一次加热式又称直热式,冷水进入机组后直接加热到设定的温度;循环加热式热泵热水机则配置水箱,是经过反复加热,直到将整个水箱内水温加热到设定的水温。

2.1 水侧温差与水流量

水侧换热量 $Q=cq \Delta t$

式中: c 为平均温度下水比容热 ($J/(kg \text{ } ^\circ C)$), q 为水质量流量 (kg/s), Δt 为水侧换热器水进出口温差 ($^\circ C$),一次性加热式热泵水侧进出口温差 $55^\circ C -15^\circ C =40^\circ C$,循环式热泵水侧进出口温差 $5-6^\circ C$,而 c 变化不大,所以当实现同样换热量 Q 时,水流量差距很大,循环式热泵水流量是一次加热式热泵的 7 倍左右。

2.2 冷凝温度

冷凝温度是决定机组性能的重要参数在同样工况条件下,循环式热泵冷凝温度比一次加热式热泵的冷凝温度高 $10^\circ C$ 。

2.3 蒸发温度

主要由环境温度决定,其设定要考虑实际制热量的需求和系统的安全性,一次加热式热泵的蒸发温度低于循环式热泵,循环式热泵在过负荷时蒸发温度超出压缩机使用范围。

2.4 过冷度

主要取决于两侧换热介质的温差、过冷段的大小。由于一次加热式热泵的冷凝温度及水侧有较大温差,适合利用冷凝后的制冷剂与低温进水进行热交换,最大限度的利用制冷剂显热,提升机组制热量和制热能效比;循环式热泵由于冷凝器进出口水温差较小,难以获得较大的过冷度。

2.5 过热度

由于热水机水温与环境温度差很大,均不用毛细管作节流装置,现两种热水机均采用热力膨胀阀或电子膨胀阀控制过热度,在空中上也相同。

2.6 运行、除霜方式

一次加热式热泵控制出水温度、冷凝温度及排气温度恒定,开机或经短时间调整即进入稳定状态运行,而循环式热泵在运行过程中冷凝温度、排气温度在不断变化即变参量运行。

通过对比,一次加热式热泵与循环式热泵各有优劣,

因此对热泵热水机性能充分了解,针对热水需求选择热泵热水机非常关键,否则热水质量差(温度不稳定、供水不足)、设备故障频发、能耗较高。

一般来说,一次加热式热泵供水在需求热水温度之上,但热水流量较小,不能满足用户负荷要求,盲目增加机组(或加装电辅)弥补,投资较大且能耗上升,经济上也不合算;循环式热泵虽然供水量较大,但其循环水箱容量较小(根据热泵荷载确定),当用户用水量较大时,循环水箱水位下降较快,大量冷水进入循环水箱导致水箱水温度下降,不能满足用户对热水水温的需求;在此工况下,热泵机组超负荷运行,而无热水消耗或很少是,热泵机组停机,机组启停频繁导致故障增多,造成对热泵热水机诟病不少,该技术的推广应用难的局面。

3 改进和效果

要解决上述问题,笔者在工作实践中发现关键是从两方面入手,即:由热源、水加热器和热媒管网组成的第一循环系统;由热水配水管网和回水管网组成的第二循环系统。藉此建立高效能稳定的空气源热泵制备热水系统。

首先,第一循环系统的关键即热泵机组,热泵机组的运行性能系数 COP:在额定工况下,热泵机组的制热量与其输入量之比。

提高相同环境下的 COP 即提高了制热效率。根据某空气源机组 COP 与变工况曲线图, COP 与环境温度几乎呈线性递增,环境温度高,空气焓值大, COP 值高,热交换效率高,容易满足热水需求,但冬季时环境温度低,空气焓值小, COP 值低,热交换效率低,不能满足热水需求。现按冬季环境温度其 COP 值较低,且热水负荷大的模型论述,按环境温度为 5℃ 时,机组 COP=3.5 左右。

在热泵机组长期运行中发现,热泵机能效与水媒温度有较大关系。经观察,水媒在 40℃ 以下时效能较高,但 40℃ 以上高温区工作能效衰减严重,这与热泵压缩机、冷凝器、蒸发器工作性能有关,用户无法对机组进行改进,可采取的措施是避开或者大幅度的减少了主机在低效区的工作时间,最大限度地让其在高效区工作。如循环水箱制备热水直接供用,又回到单独循环式热泵模式,因此当热水温度达标时需将循环水箱热水放尽,再进冷水重复上述运行模式,但这样用户无法连续使用热水,因此需对热水配水管网和回水管网组成的第二循环系统进行优化配置。

其次,在绝大多数情况下,供热系统的热负荷在时间上不会总是均衡稳定的,事实上热负荷随时间波动相当大,即负荷峰值、谷值之差很大。为平衡热负荷,热水蓄热器不仅可以作为热源和供热蓄备热容量的补充,而且可作为瞬时应变供热的可靠设施。

热水经管网送至各个热水用水点,当热水系统不用水

或少量用水时,管网中的热水均会产生较大温降,用户一般会放空该部分水,待出水水温达到要求时才使用,这样造成浪费,经计算浪费水量 5%~10%。为保证各用水点随时都有合格的热水,需设置回水管网,使一定的热水经过循环水泵流回加热器以补充管网损失的热量。为保持热水系统管网的水温,一般采用电伴热方式,使热水即开即用,在工程中视情况可采用全部热水供水管用伴热,也可采用局部管道电伴热,但如此能耗较高,维修难度大且费用高。在工程实践中,利用配电房余热,将原降温空调改成空气源热泵,系统回水进入空气源热泵(循环加热式热泵),达到设定水温后流回蓄热水箱内,这样既利用了余热,对配电房降温,又加热回流水,保证了供水品质,提高能源利用率。

热泵机组在运行中会发生各种故障,使热泵不能正常工作或停机,影响系统供品质,这也是导致用户对热泵热水机诟病不少,在发展中国家使用率不高的原因。因此,需在热泵单机制热负荷与用户最大负荷/天找到合理比例。在实际工作中,采用单机热泵制热负荷小,多机组配置的方式,一般热泵单机制热负荷为 0.08 用户最大负荷/小时(即配置 12 台热机),如此即使 2~3 台故障停机对供热不产生影响(蓄热器调峰),从投资和效益来看可获得较好的费效比。

4 结语

(1) 通过对比,空气源热泵既节能环保又高效安全,是各种热水装置中最节能的。

(2) 热泵在发达国家使用率较高,而在发展中国家(包括中国)使用率在 10% 以下,原因在于热泵使用效能较低。

(3) 热水机分一次加热式和循环加热式两种,通过分析两种机组性能,结合各自优点进行改进,可大幅度提高热泵 COP 值,提高热泵效能。

(4) 改进热水系统制备循环模式,制备达到要求的热水进入热水蓄热器供负荷使用,同时增加回水热泵热水制备循环系统,防止回水温降,确保供水品质,进一步提高热泵效能。

(5) 采用变频技术、蓄热器、热泵多机组配置等方式,保证系统节能及运行稳定性。

参考文献:

- [1] 王宇,由世俊,孙颖楷,李志强.空气源热泵热水器性能测试及运行评价研究[J].流体机械,2017(10).
- [2] 刘彦佐,孙金栋,刘建鹏,丁海涛.家用太阳能热水系统热性能及能效等级探讨[J].安徽建筑,2020(10).
- [3] 姜昆,刘颖,王芳,王祥,姜莎.空气源热泵热水器全年综合能效(ACE)分析与实验[J].制冷技术,2012(01).
- [4] 朱冬生,徐婷,蒋翔,黄银盛,漆小玲.太阳能集热器研究进展[J].电源技术,2012(10).