

合理提高冷冻水出水温度可以节能降耗

王剑壁

(江苏南热发电有限公司,江苏 南京 210035)

摘 要:江苏南热发电有限公司主厂房制冷系统采用模块化风冷冷水机组向主厂房内的空调系统和降温通风系统提供冷冻水,系统设计出水 7℃,回水 12℃。实际运行中,针对空调系统和冷水机组大多数时间处于部分负荷下的特点和性能参数的选型余量,通过实际测试,提高 3℃冷冻水出水温度,有效提高了风冷冷水机组的制冷能效比,且起到很好的节能降耗效果。

关键词:风冷冷水机组;冷冻水出水温度;能效比;节能降耗

中图分类号:TU831.3

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2015)04-0022-02

提高冷水机组冷冻水的出水温度是提升制冷系统整体节能效果的一个有力措施。根据工程经验和冷水机组厂家提供的数据,在其他参数不变的条件下,每当提高 1℃的出水温度,冷水机组的制冷量将提高 3%~4%,而功耗约增加 1%。随着出水温度的提升,制冷量和用电功率都在增加,但制冷量的增幅更大。且可以利用更少的电力消耗提供更多的制冷量。同时,由于冷冻水温度的提高,冷冻水管路传输的损耗也大大降低,有效地避免了系统和末端设备结露现象。另外,冷冻水温度的提高,又能使机组运行负载减轻,设备的健康状况得以改善,延长修理周期,大大降低了设备维护和配件更换的费用。

1 节能措施及原理

冷冻水经过风冷冷水机组制冷以后,通过管路输送到中央空调末端,由空调末端进行汽水热交换,冷冻水再经过回程管路回到风冷冷水机组,形成循环。在这个过程中,风冷冷水机组出水温度越低,风冷冷水机组蒸发器铜管两侧的温差越小,就越是难以传热,那么换热过程中所需功耗也就越大。同时,冷冻水输送管路上是有冷量损失的,输送管路内外的温差越大,冷冻水冷量的损失也就越大。传热系数 K 方程式为:

$$K = q \div \Delta t \quad (1)$$

式(1)其意义为换热操作过程的热量通量 q 与传热推动力(温度差 Δt)的比例系数,它在数值上等于在单位温度差推动下于单位时间内经单位传热面所传递的热量^[1]。从式(1)可看出,当 Q 一定时,温差 Δt 和传热系数 K 是比例关系,当传热过程的传热系数一定时,温度差 Δt 越大,则冷冻水输送管道和风冷冷水机组蒸发器的传热速率越高。对于输送冷冻水的管道来说,管道内侧的水温和管道外则的空气温度差越大,意味着传输过程中的冷量损耗越大。而对于制冷机组的蒸发器来说,如果冷冻水的出水温度越低,蒸发器铜管两侧

制冷剂的蒸发温度和冷冻水的温度差 Δt 越小,制冷过程中所需功耗也就越大。

通过分析看出,提高风冷冷水机组的冷冻水出水温度,既增加风冷冷水机组蒸发器两侧制冷剂 and 冷冻水之间的温度差 Δt ,又减小冷冻水输送管路内外两侧的温差,是提升制冷系统整体节能效果的一个有力措施。

2 实施节能措施的案例

江苏南热发电公司主厂房制冷系统的集中制冷加热站设在集控楼内,采用模块化风冷冷水机组(MSRA290C-1.0)向主厂房内的组合式空调系统和降温通风系统提供冷冻水,系统设计冷冻水出水 7℃,回水 12℃。组合式空调系统和降温通风系统为集控室、电子设备间及其他生产区域提供适宜的温度。制冷系统共配置 8 个风冷模块单元,分 2 组集中布置。集控室和各电子设备间共配置 14 台组合空调机组,22 台整体式空调机组。在室外温度 35℃,设定室内温度为 25℃环境下,调整风冷冷水机组出水温度,使用情况如表 1 所示。

表 1 调整风冷冷水机组出水温度过程中
输出制冷量和输入电功率的关系

序号	出水温度 /℃	制冷量 /kW	消耗电功率 /kW	制冷能效比	室内温度 /℃
1	7.2	351	120.6	2.91	25.4
2	8.0	342	111.0	3.08	25.4
3	10.1	325	98.8	3.29	25.4
4	12.5	295	82.4	3.58	25.6
5	15.3	236	62.3	3.79	26.2

表 1 中的室内温度用采样平均法统计;电功率由电度表计量;出水温度由冷水机组出水温度传感器计量;制冷量根据温度差流量法算出^[2],则:

$$Q = C_p \times r \times V_s \times \Delta t \quad (2)$$

式(2)中: Q 为制冷量; C_p 为冷冻水定压比热; r 为冷冻水比重; V_s 为冷冻水流量; Δt 为冷冻水的出水进水温差。

从表 1 可看出,当风冷冷水机组的出水温度 7.2℃提高到 10.1℃时,其制冷能效比从 2.91 提高 3.29,而室

内温度基本没有什么变化。当出水温度提高到 $12.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上时,室内温度才略有升高。其原因则是因为实际需要的制冷负荷是随室外温湿度和实际的需要而变化的,另外设备性能参数在选型时都有较大的余量,所以组合式空调系统和降温通风系统的表冷器进水量是 PID 调节的,在制冷负荷不足时并不需要输入 100% 的冷冻水水量,还有较多的冷冻水没参与热交换就直接从旁通管回到冷水机组中去了,在循环过程中大量地损耗在管路传输过程中。当水温上升到 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上时,虽然能效比高达 3.79,但已经不能满足组合式空调系统和降温通风系统的制冷要求,导致室内温度明显升高。

根据上面的分析结合工程经验得出,在其他参数不变的条件下,冷冻水的温度在 $7\sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}$,每当提高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的出水温度,相同功耗的情况下,风冷冷水机组的制冷量约提高 3%。随着出水温度的提升,可以利用更少的电力消耗提供更多的制冷量。这显然是一项有效提升制冷系统能效的措施。值得注意的是,风冷冷水机组的出水温度也不可不受限制地提高,对于末端空调设备而言,当来自冷水机组的冷冻水供水温度提升时,其制冷量将随之下降。为避免此情况发生,就需要结合末端空调设备在满足降温区域降温要求的同时尽可能提高冷水机组的出水温度。根据测试结果,江苏南热发电有限公司风冷模块冷水机组的出水温度一般设定在 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

3 节能效果分析

江苏南热发电有限公司风冷冷水机组制冷设备名义工况总制冷量 2176 kW ,按 80% 的负载,85% 出率核计,得出冷冻水出水温度提高 $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 制冷主机所节减冷量为 $2176\times 0.8\times 0.85\times (400-350)/400\times 3=555\text{ kW}$ 。

冷冻水出水温度提高除了制冷主机节减冷量外,另一方面冷冻水管路传输损耗的降低也不容忽视,江苏南热发电公司主厂房制冷系统冷冻水管路总长 4000 m ,按照冷冻水温度每提高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$,每 100 m 减少传输损耗 0.5 kW 计,得出管路系统总计节能为 $4000/100\times 0.5\times 3=$

60 kW 。则主厂房制冷系统总计节能量为主机节能量与冷冻水管路节能量之和为 $555+60=615\text{ kW}$ 。 615 kW 的制冷量,相当于主机额定负荷的 1/4,节能效果相当可观。主厂房风冷冷水机组(MSRA290C-1.0)每单元制冷机组的名义工况制冷量 272 kW 对应消耗名义工况制冷总功率为 93.8 kW ,机组以每年实际运行 165 天计,电价每度 0.43 元,则折合成电量费用为 $615\times 93.8/272\times 24\times 165\times 0.43=361\text{ }137$ 元。再加上冷冻水出水温度的提高,使得机组运行负载减轻,设备的健康状况改善,同时也延长修理周期,大大降低了维护和配件更换费用,与同期同类型电厂相比每年约节省费用 30 万元左右。

综上所述,江苏南热发电公司主厂房制冷系统通过提高风冷冷水机组冷冻水出水温度,每年约节省费用 $36+30=66$ 万元。

4 结束语

根据空调系统和冷水机组多数处于非满负荷状况下运行的特点,充分利用设备选型余量,结合实际工况,适当提高风冷冷水机组的出水温度,可以有效地节能降耗。而依靠调整冷水机组参数设置,自主提高冷冻水的出水温度还不是最佳选择。在原有设备基础上,通过增加自动化监控设备,随着负荷的变化随时自动调整冷冻水的出水温度,正是当前研究的课题和进一步努力的方向。目前南热发电有限公司通过提高制冷机组冷冻水出水温度节能创效的举措已经推广应用到华润电力系统的常熟、板桥、化工园电厂以及国电谏壁、当涂电厂、大唐下关等电厂,都取得了不错的节能效果和经济效益。

参考文献:

- [1] 刘金平,周登锦. 空调系统变冷水温度的节能分析[J]. 暖通空调,2004,34(5):90-91.
- [2] 张雅锐,袁东立. 建筑空调冷水系统变水温调节的节能分析[J]. 暖通空调,1991,21(5):12-15.

作者简介:

王剑壁(1969),男,江苏镇江人,工程师,从事电厂暖通消防工作。

Achieving Energy-saving and Cost-reducing Through Reasonably Improving Outlet Temperature of Chilled Water

WANG Jianbi

(Jiangsu Nanre Power Generation Co. Ltd., Nanjing 210035, China)

Abstract: The refrigerating system of the main machine hall employs the modular air-cooled chiller unit to provide chilled water for the air conditioning system and the cooling-ventilation system. The designed outlet water temperature is $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, while the backwater is expected to be $12\text{ }^{\circ}\text{C}$. However, in practical operation, to meet the actual condition that the refrigerating system is always operating under partial load condition, the outlet water temperature is intentionally improved by $3\text{ }^{\circ}\text{C}$. This significantly benefits the energy efficiency ratio of the refrigerating system, and can achieve desired effect of energy-saving and cost-reducing.

Key words: air-cooled water chilling unit; outlet temperature of chilled water; energy efficiency ratio; energy-saving and cost-reducing