

水泵变频分析及改造

连晓锋

健研检测集团有限公司

摘要: 针对中央空调运行状态, 通过管网特性曲线与水泵性能曲线理论分析, 提出水泵变频对节能的影响, 并通过水泵改造实例证明水泵变频带来的经济效益。

关键词: 中央空调; 水泵; 变频; 改造

前言

在这个能源日益紧张的时代, 建设能源友好型社会已迫在眉睫, 暖通空调占在耗能中占比大, 而水泵又占据1/4, 对水泵分析改造, 具有很好的效果。确定水泵参数通常会留有富余量, 实际运行中, 通常为部分负荷运行, 大功率带动小功率, 造成能源的耗费。低负荷时若通过变频调节减少水量, 可降低功耗。

据流体力学相似定律有流量与转速、扬程与转速平方、耗功率与转速的三次方成正比。转速与功率呈立方级减少, 节能效果可观。实际系统运行中, 还与管路的阻力有关。

$$H=H_0+SG^2 \quad (1)$$

$$P=GH/1000 \eta \quad (2)$$

式中: H—水泵扬程; H₀—静压头 S—体积 G—流量 P水泵功率 η 水泵电机装置的总效率

由式1和2得

$$P = \frac{GH}{\eta} = \frac{G(H_0 + SG^2)}{\eta}$$

由泵的相似定律可得到冷冻水泵变频运行时的耗功率为

$$P_1 = \Gamma^3 P_d \quad (3)$$

式中: P_d—冷冻水泵额定功率; P₁—一部分负荷时冷冻泵功率; Γ—冷水机组负荷率。

$$\frac{P_2}{P_q} = \frac{G_1(H_0 + SG_1^2)}{G(H_0 + SG^2)} = \Gamma \left(\frac{H_0}{H} + \frac{SG_1^2}{H_0 + SG^2} \right) \quad (4)$$

式中: P_q—冷却水泵额定功率; P₂—一部分负荷时冷却泵功率; G₁—冷却水的流量。其中, H₀可忽略, 故可简化为

$$\frac{P_2}{P_q} = \Gamma \left(\frac{H_0}{H} + \frac{SG_1^2}{SG^2} \right) = \Gamma^3 + \Gamma \frac{H_0}{H} \quad (5)$$

部分负荷变频运行时, 冷却水泵节电量为

$$\Delta P_2 = P_q - P_2 = P_q \left(1 - \frac{H_0}{H} \times \Gamma - \Gamma^3 \right) \quad (6)$$

与冷冻水系统相比, 冷却水由于存在静压差, 变频节能效果差, 在冷却水系统上多耗的功为

$$P_q \times \Gamma \times \frac{H_0}{H} \quad (7)$$

文献[1-2]分别给出冷却水流量不变冷冻水流量变化时, 冷冻水流量每下降10%, 相应冷水机组COP值下降1.6%; 冷冻水量不变冷却水量变化时, 冷却水流量每下降10%, 相应冷水机组COP值下降1.4%。

$$\Delta COP_1 = 0.16(1 - \Gamma) \quad (8)$$

$$\Delta COP_2 = 0.14(1 - \Gamma) \quad (9)$$

$$\Delta COP = \Delta COP_1 + \Delta COP_2 = 0.3 - 0.3\Gamma \quad (10)$$

冷水机组由于性能系数降低而多消耗的功率为

$$\Delta P = \frac{Q\Gamma}{COP(0.7 + 0.3\Gamma)} - \frac{Q\Gamma}{COP} = \quad (11)$$

$$\frac{Q\Gamma}{COP} \times \frac{0.3 - 0.3\Gamma}{0.7 + 0.3\Gamma} \times \Gamma$$

式中: Q—冷水机组瞬时制冷量。设定冷水机组功率P_j, 令 P_j=QΓCOP, 则式

(11) 简化为

$$\Delta P_3 = P_j \times \frac{0.3 - 0.3\Gamma}{0.7 + 0.3\Gamma} \times \Gamma \quad (12)$$

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 - \Delta P_3 =$$

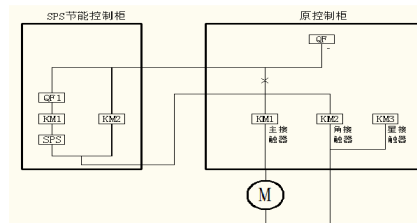
$$P_d(1 - \Gamma^3) + P_q \left(1 - \frac{H_0}{H} \times \Gamma - \Gamma^3 \right) -$$

$$P_j \times \frac{0.3 - 0.3\Gamma}{0.7 + 0.3\Gamma} \times \Gamma \quad (13)$$

上式为总节电量计算式, 下面就某办公楼改造实测, 仅涉及冷冻水泵。

办公楼采用3台15kW冷冻水泵, 将变频器与温度传感器连接, 设定变频器启动关联温度T₁, 检测到温度低于T₁, 变频器降频运行。考虑系统安全可靠影响, 增加旁通线路, 出现故障可切换到原启动方式, 原理图所示:

1. 拆除空气隔离开关QF与主接触器KM1之间的电缆;
2. 将拆除后空气开关的电缆连接至节能控制柜的空气开关QF1上部和旁路接触器KM2上部(图中KM1和KM2始终保持互锁);
3. 把主接触器KM1上部与节能控制柜内设备输出端和KM2下部连接; 正常情况下, 由SSP节能控制柜给电机供电, 此时KM1闭合, 特殊情况, 可将节能控制柜上旋转开关打到“旁路”模式, KM2闭合, 由原控制方式供电。



项目投入使用后, 设备能正常运行, 不影响到生产指标参数。测量电流及功率数据如下: 改造前水泵1~3测得电流分别为22.79A、22.78A、22.78A, 改造后测得电流分别为13.67A、13.66A、13.67A。由P=UICOSψ, 电压、功率因数假设不变, 功率与电流成正比, 水泵节能率为(22.79-13.67)/22.79=0.4, 节能率约为40%。

节能改造后费用降低了40%, 还有其他隐性的作用, 比如变频器的启动实时调节管网流量, 降低了机器的负荷, 延长了机器的寿命。空调水系统的运行更加稳定, 避免出现了温差过大的情况。

结论

(1) 水泵变频的节能除与转速有关, 还与管网的阻力有关。不能单单考虑单一因素。

(2) 根据实测得出水泵节能率为40%左右, 节能效果可观。

参考文献

- [1] 孟彬彬, 朱颖心, 林波荣. 部分负荷下一次泵水系统变流量性能研究[J]. 暖通空调, 2002, 32(6): 108-110.
- [2] 封小梅, 简弃非, 左政. 冷却水系统变流量的全年工况节能分析建筑科学[J]. 建筑科学, 2010, 26(4): 80-84.
- [3] 林建忠, 阮晓东, 陈邦国, 王建平, 周洁, 任安禄. 流体力学清华大学出版社2013-07-01.
- [4] 周希章《节电技术与方法》机械工业出版社第1版2004.9.
- [5] 郑滨辉. 模糊控制在中央空调变频节能及其末端房间的应用研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.