

循环电机的节能改造

张志明

华能太仓电厂

DOI:10.12238/pe.v2i6.10383

[摘要] 随着季节和负荷的变化,火电厂凝汽器的真空需要通过循环水的水量改变来维持其在最佳真空附近。但是水量的变化只能通过循泵运行台数和循出开度实现调节,而单台循泵出力大,在低负荷、低气温等情况下容易出现不在经济工况点运行的情况,而循出开度改变增加了循环水节流损失。为了节能降耗,在电厂建设初期通过多种方案对比,循泵电机节能采用双速电机。

[关键词] 循泵电机; 节能改造; 双速电机

中图分类号: TE08 **文献标识码:** A

Energy-saving Transformation of Circulating Pump Motor

Zhiming Zhang

Huaneng Taicang power plant

[Abstract] With the change of seasons and loads, the vacuum of condenser in thermal power plant needs to be maintained near the optimal vacuum through the change of the amount of circulating water. However, the change of water volume can only be adjusted by the number of circulating pumps and the circulation opening, while a single circulating pump with large output is prone to not operating at the economic operating point under low load, low temperature, etc., and the change of opening of circulating pump increases the throttling loss of circulating water. In order to save energy and reduce consumption, in the early stage of power plant construction, through the comparison of various schemes, the pump-circulating motor adopts two-speed motor to save energy.

[Key words] Circulating pump motor; Energy-saving transformation; Two-speed motor

为满足中国经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,能源的需求日益增加,其中电力是满足能源需求最快捷、方便的方式之一,火力发电占据全国全口径发电量的58.4%^[1]。其中循泵是火力发电厂辅机运行功率较大之一,降低循泵电耗是电厂节能降耗的重要手段。在实际的机组运行中不同的负荷和不同循环水进口温度下,冷却塔冷却的凝汽器供水量大,多数只能依靠循泵运行台数来调节。春、秋和冬季的某些负荷会出现两台定速循泵冷却水量过大,一台循泵供水偏小的情况。因此,循泵电机的节能改造来实现降低循泵电耗有重大意义。

1 概述

华能太仓2×100万机组扩建项目循环水泵采用长沙水泵厂有限公司生产的YJG64左-45、YJG64-45型金属蜗壳混流泵,数量为6台,其中左旋三台,右旋三台,配套电机为湘潭电机厂生产,型号为YKSL2800-16/1660-1W。电动机型式暂定为:定速电动机,数量为6台。

布置方式:立式并列布置,其中三台出口位于循环水泵左侧

(右旋),三台出口位于循环水泵右侧(左旋)。

2 循泵电机改造的可行性

由流体动力学原理,流体流量与水泵的转速一次方成正比:

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{n}{n_0} \Rightarrow Q = \left(\frac{n}{n_0}\right) \cdot Q_0 \quad (1)$$

式中:Q、n分别表示流量和转速。水泵或风机的转矩与转速二次方成正比,而其功率则与转速三次方成正比,即:

$$\frac{P}{P_0} = \left(\frac{n}{n_0}\right)^3 \Rightarrow P = \left(\frac{n}{n_0}\right)^3 \cdot P_0 \quad (2)$$

上述各式中,脚标“0”表示额定工况参数。

当转速减小时,电机的能耗将以其三次方的速率下降,如对于水泵而言,水量要求为原来的90%时,则其消耗的功率仅为原功率的 $(90\%)^3=72.9\%$,节电量非常可观,因此对于变工况而言,调速的节电效果是非常显著的。

根据长沙水泵厂提供的泵性能曲线,我们知道当循泵电机的转速变化较小时,循泵效率可以近似认为不发生变化。因此异

步电机的改造较为常用的办法有变频改造和双速改造。变频改造是采用增加高压变频器改变电机电源频率实现循环电机转速变化。双速改造是通过电机绕组不同接线改变电机极对数实现循环电机转速的变化。

3 循环电机改造方案对比

下表是我厂周边电厂2×100万千瓦机组循环水泵配置、电机型式及运行方式

表1 周边电厂循环水泵情况汇总表

电厂名称	循环水泵配置	电机型式	运行方式
射阳港电厂 ^[2]	一机三泵	一台双速	夏季两台机组配6台循环泵运行；春秋季两台机组配4台或者6台循环泵；冬季两台机组配4台循环泵。
句容电厂 ^[3]	一机三泵	两台双速	夏季两台机组配6台循环泵；春秋季两台机组配4台或者6台循环泵；冬天两机3泵或者4泵
华能秦煤瑞金电厂 ^[4]	一机三泵	三台双速	夏季每台机组配3台循环泵；春秋季每台机组配2台或者3台运行；冬季每台机组配2台循环泵运行

华能太仓扩建项目循环电机可以改造为16/18极双速电机，高速电极为16极，转速371rpm；低速电机采用18极，转速为330rpm，根据式(2)可知18极电机功率在1970KW。石涛、孙永平、朱朝阳^[5]等在“母管制双速循环水泵冷端系统的运行优化”中分析认为，在100%负荷工况下，循环水进口温度21摄氏度以上应该定转速运行，没有节能的效果。而在75%负荷下，除了循环水进口温度29摄氏度以上的高温环境外，变速调节均能体现出节能效果。

由于太仓地区多年最热月平均最高气温是34.9摄氏度，多年平均最高气温是21.7摄氏度，多年平均最低气温是10.8摄氏度。结合周边电厂循环运行方式，我们设定采用双速循环泵时，循环泵在夏季运行时，每台机组配3台高速循环泵运行，春秋冬季每台机组按照2台低速循环泵或者1台高速循环泵和1台低速循环泵的运行方式。

表2 机组运行负荷与时间的表格

负荷	每年运行小时数
100%	2000
75%	3000
50%及以下	3000

根据往年运行经验，以下是各季节负荷运行时间

表3 循环水泵各季节的运行时间

负荷	100%	75%	50%
冬季	150	600	1050
夏季	1200	600	300
春秋	650	1800	1650

综合表2、表3可以计算出循环泵采用两台双速循环泵、一台双速循环泵和不采用双速循环泵的三种方案的运行费用(电价按照0.411元/度计算)。

表4 不同方案循环泵运行费用对比表

	不采用双速泵	一台双速泵	两台双速泵
夏季电量(万度)	1764	1764	1764
春秋(万度)	2296	2084.35	1677
冬季(万度)	1008	858.6	709.2
电量总和(万度)	5068	4706.95	4150.2
节约电费(万元)	基准	-148.4	-377.2

现阶段经与相关企业了解得知单台循环水泵电机改双速费用概算如下：

表5 单台循环泵电机改造费用

名称	电机本体改造	手动切换装置	自动切换装置
循环电机	30万	5万	12万

由于汽轮机真空与气温的关系较大，气温在一段时间内变化波动相对较小。自动切换装置需要停电切换且需要检修人员对保护定值进行重新设定，与手动切换装置并没有巨大的优势。因此从设备可靠性和经济性角度考虑，我们推荐手动切换装置的方案，那么单台循环水泵电机改造为双速费用约为35万元。

因此，我们采用改造1台循环泵方案第一年可节约113.4万元，采用改造两台循环泵方案第一年可以节约307.2万元。根据它厂循环泵运行方式，春、秋以及冬季基本采用两台循环泵运行的方式，因此三台循环泵全部改造为双速泵与两台循环泵改造为双速泵的优势很小，因此我们不建议采用三台循环泵全部改造。

我们与多家电厂调研,全部电厂均采用了双速改造,没有采用变频方式。他们主要考虑到变频改造增加了电气控制节点,大大增大了循泵故障的可能性,而循泵运行的可靠性直接关系到机组安全运行。同时同等容量的变频器的费用大致在200万元,远远超过双速改造的费用,因此我们不推荐变频改造。

双速电机的水泵运行可增加机组循环水量的灵活性,满足不同季节下的凝汽器冷却水量的需求,提高了水泵的运行效率。双速循环水泵优点有以下几点:

电机换速措施简单方便。机组在夏天的时候循环水量需求大,可以采用高速泵;相反冬天则使用低速泵,那么一年对电机改变2次极。操作的时候只需要将电机的连接片换接即可,简单易操作从而达到电机变速的目的。

简单且成本低。双速电机纵然更换全部定子绕组成本也是变频调速设备的十分之一,也不需要附加设备和控制设备。

运行中有较高的可靠性。相较其他变频调速、串级调速等节能电机系统相比,双速电机不需要更多控制器,从而提高了设备的可靠性。

当然相较于变频调速、串级调速而言,双速电机缺少了更多的灵活性,需要通过电机的切换运行来满足机组节能需求,多次启停对电机、泵的损伤比较大。

我厂是新建机组,如果循泵电机出厂后再改造电机线圈需重新抽头绕线,一台电动机线圈改造成本比在生产时改造成本高20%。电机投产后改造需找检修单位对电动机进行外委检修、

返厂试验、单体调试等,预估单台电机需12万左右,两台需增加24万。

投产后设备改造对电机外壳重新开孔、电机引线重新制作等工序,电机性能及完整性会有明显改变,质量控制难度高。投产后改造涉及重新招标采购,如原生产厂家未能中标后续质保存在难点。综合考虑建议现阶段(出厂前)进行双极改造。

4 结论

综上所述,我们推荐我厂在设备招标时应尽量要求两台循泵电机采取可以手动切换的双速的节能泵,如果项目费用相对紧张,也可以改造一台循泵。

[参考文献]

- [1]中电联规划发展部.中国电力行业年度发展报告,2023.
- [2]顾玉田.1000MW火电机组水泵节能策略[D].中国矿业大学,2021.
- [3]崔国岭.循环水泵节能改造[J].河南科技,2013,(18):112+122.
- [4]刘海青.循环泵电机双速节能改造分析[J].机电信息,2011,(18):91-92
- [5]石涛,孙永平,朱朝阳,等.母管制双速循环水泵冷端系统的运行优化[J].动力工程学报,2011,31(04):285-289+311.

作者简介:

张志明(1993--),男,汉族,山西省孝义市人,本科,助理工程师,研究方向:热能与动力工程。