

# 循环水泵电机变频技术改造节能分析

范煜晟，蔡光德，魏明业

（太仓港协鑫发电有限公司，江苏 太仓 215433）

**摘 要：**根据循环水泵双速节能技术改造运行情况，发现当春夏交替、夏秋交替时循环水流量还存在盈余，双速泵运行方式还有节能空间，提出对循环水泵泵进行变频改造，通过调节转速实现凝汽器最佳真空，提高了电厂经济运行水平。

**关键词：**循环水泵；变频器；节能改造

## 0 概述

太仓港协鑫发电有限公司处于长江下游地区，设计为开式循环水系统，2 台 300MW 机组设计夏季工况满负荷运行，4 台泵运行。但在实际运行中发现，在气温比较低的时候，特别是在冬季，由于长江水温度较低，2 台泵运行即可满足要求，并且循环水流量超出系统需求，因此 2007 年对 300MW 机组循环水泵电机进行双速改造，在冬季长江水温较低时采用低速循泵运行，经过三年的运行后发现在春、秋季节循环水流量还有盈余，还有节能改造空间，为此其中一台循环水泵进行变频节能改造，依照长江水温的变化，来调整循环水泵组合方式，达到最佳的节能效果。

循环水泵和电机基本参数见表 1、2、3。

表 1 变频器规范

项目	参数
型式	PH6-6-1600
额定功率/kW	1600
额定电压/kV	6
额定电流/A	210
功率因数	0.95
绝缘等级	H 级（变压器）
生产厂家	西门子罗宾康

表 2 循环水泵电机规范

项目	参数
型式	YL1400-14
额定功率/kW	1400
额定电压/kV	6
额定电流/A	194
额定转速/rpm	425
功率因数	0.74
绝缘等级	F 级
接线方式	Y
生产厂家	上海电机有限公司

表 3 循环水泵规范

项目	参数
型式	混流泵
型号	64LKXA-14.5
扬程/m	18
流量/(m <sup>3</sup> /h)	21600
转速/rpm	425
生产厂家	长沙水泵厂

## 1 变频改造

我公司采用的是西门子罗宾康生产的变频器，采用二次绕组相位偏移技术实现 18 脉冲整流、多电平 PWM 控制技术、电机控制为无传感器矢量控制。另外还采用了电源电压瞬时降低的“瞬停不停”控制功能即：变频器检测到电压瞬间降低至 75%额定电压以下，变频器不跳闸继续保持运行，但是输出电流为零，在 300ms 以后（最大 2s），如果电源电压恢复正常，电机重新加速运行，直至转速恢复正常，的优点。在电机变频改造中，电气接线方式有“一拖一”和“一拖二”两种最基本的方式，一是考虑到工程造价和投资回报问题，二是考虑到变频器“一拖二”的接线方式，运行人员进行工频与变频运行方式切换以及两台泵之间的变频切换时，操作过于繁琐极易造成误操作事故，事实上个别发电厂已经有过案例。因此我公司最终决定采用图 1 接线方式。

### 1.1 变频调速装置高压变频系统图

变频调速装置高压变频系统图见图 1。

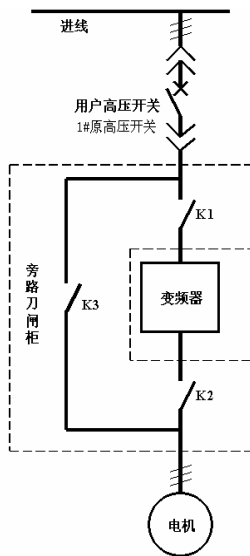


图 1 频调速装置高压变频系统图

高压开关与刀闸操作闭锁关系:

(1) 开关 K 合闸、分断操作正常, 防误闭锁可靠。

(2) 刀闸间的机械互锁 (K2、K3 互锁) 检查, 机械闭锁正常。

注: 开关与刀闸在此方案中定义为通用号, 即 K 与 K1、K2、K3。调试时对应为开关、刀闸的实际编号。

开关与刀闸之间的闭锁逻辑如下:

(1) 刀闸 K1、K2、K3 都不闭合时, 开关 K 不能合闸。

(2) 仅有刀闸 K1、K3 闭合时, 开关 K 不能合闸。

(3) 仅有刀闸 K2 闭合时, 开关 K 不能合闸。

(4) 仅有刀闸 K1、K2 闭合时, 开关 K 可以合闸。

(5) 仅有刀闸 K3 闭合时, 开关 K 可以合闸。

## 1.2 循环水泵出口蝶阀控制逻辑

(1) 工频运行方式时, 顺启循环泵逻辑步序为: 开蝶阀—开到 15° 信号发讯—蝶阀保持—启循环泵—蝶阀继续开到全开, 变频运行后, 顺启应改为: 启动变频器—开到 15° 信号发讯—电机以试验最低转速启动运行—开蝶阀至全开。

(2) 工频运行时, 顺停循环泵逻辑步序为: 关蝶阀—关到 75° 信号发讯—停循环泵, 变频运行后, 顺停步序可以不作改动。

(3) 变频泵故障跳闸时, 联锁的备用泵 (工频) 启动—蝶阀开到全开。

## 2 变频改造后运行方式及运行调整规定

### 2.1 循环水泵变频试转参数

循环水泵变频试转参数见表 4。

表 4 循环水泵变频试转参数

转速 /rpm	母管压力 /kPa	出口压力 /kPa	变频电流 /A	电机电流 /A	振动 /mm
0	67.2	2.1	0	0	0
423	132	120	121	162	0.043
400	124.6	114.2	150.2	105	0.038
380	118	101.6	138.6	91	0.03
360	109	98.3	130	78.5	0.03
340	101	101.6	120	67	0.023
320	97	82	112	56	0.025
300	90	77	105	46	0.02
280	84.06	71.9	100	39	0.017
260	75	69	94	34	0.015

我公司通过试验发现循环水泵变频后, 随着转速的降低电流、振动值逐渐减小, 且运行稳定, 没有出现共振区域, 在转速 260 rpm 时, 水泵出口压力已经接近母管压力, 因此设定 260 rpm 为循环泵最低运行转速。

因变频器启动时需关门启动, 且考虑到变频器即使低压控制电源等各项条件均在热备用状态下, 从高压侧电源开关合闸后工控机要自检、频率上升也需要时间, 需要 1 min 以上的时间, 因此在事故情况下变频器联动备用启动后无法满足现场的实际需要, 所以正常情况下循环水泵在变频器方式下不能处于联动备用状态, 只能在工频状态下联动备用。

2.2 针对变频装置的安装, 对相应的运行方式也相应进行了规定:

(1) 冬季一台循环水泵长期处于变频方式运行, 工频循环水泵处于联动备用方式, 定期轮换工作改为定期启动工频循环水泵正常后再停止备用。

(2) 循环水泵因变频方式下联动备用无法满足热机工艺要求, 因此只能在工频方式下才能处于联动备用方式。

(3) 当夏季气温较高时循环水泵均采用工频运行方式。

(4) 当春夏交替、夏秋交替时, 根据环境温度变化采用一台工频、一台变频的方式运行。

(5) 循环泵运行方式, 见表 5。

表 5 循环泵运行方式（T=循环水进水温度）

负荷 (MW)	T≤10℃	10~15℃	15~ 20℃	20~ 23℃	23~25℃	T≥25 ℃
≥300MW	2 变 转速 360rpm	2 变 1 变全速	1 高+2 变 1 变全速	2 高+1 变	3 高+1 变	3 高+1 变 1 变 410 rpm
270~ 300MW			1 高+2 变 1 变全速	2 高+1 变	3 高+1 变	3 高+1 变 1 变 410 rpm
240~ 270MW			2 变全速	2 高+1 变	2 高+1 变	3 高+1 变 1 变 360rpm
210~ 240MW		2 变 转速均 360rpm	2 变 1 变全速	2 高+1 变 1 变 320	2 高+1 变	3 高+1 变 1 变 转速
180~210 MW	2 变 转速均 360rpm		2 变 1 变全速	1 高+1 变	2 高+1 变 1 变 340 rpm	均 320rpm

3 节能效果分析

（1）在机组启动初期由于汽轮机的排汽量以及各种疏水的量很少时，循环水泵可以保持在最低频率 38Hz 运行，功率在 900kW 左右，节电最大效能在 50%左右，节电非常显著。但是随着机组并网带负荷，循环水泵的功率自然要相应的增加，节电效能随之下降。

（2）在循环泵双速改造基础上进行变频改造还有明显节能效果，两台循环泵改造一年统计见表 6。

表 6 循环泵改造后的节能数据统计

序号	时间	发电量 /（万 kWh）	同期发电量 /（万 kWh）	循环泵耗 电率/%	同期 /%	同比 /%
1	2011.6	21597.72	33139.02	0.736	0.796	-0.06
2	2011.7	35586.15	34322.5	0.845	0.819	0.026
3	2011.8	34568.03	37919.7	0.897	0.973	-0.076
4	2011.9	36564.61	33656.46	0.672	0.747	-0.075
5	2011.10	37382.51	34648.44	0.631	0.587	0.044
6	2011.11	36132.78	33100.98	0.437	0.442	-0.006
7	2011.12	34623.49	34257.78	0.356	0.37	-0.014
8	2012.01	35156.07	35882.64	0.33	0.303	0.027
9	2012.02	36124.74	31951.02	0.291	0.319	-0.028
10	2012.03	38395.46	37173.84	0.274	0.304	-0.03

序号	时间	发电量 /（万 kWh）	同期发电量 /（万 kWh）	循环泵耗 电率/%	同期 /%	同比 /%
11	2012.04	35808.77	24358.84	0.473	0.393	0.08
合计	--	381940.33	370411.22	0.54018	0.55027	-0.01018

以上统计 11 月 发电量为：381940.33，循环泵电耗率降低：0.0001018 总节电：38.88 万 kWh。则全年节省电量为：38.88/11\*12 = 42.42 万 kWh。

（3）经测算，一台机组经循环泵双速改造节能全年节能空间在 25%左右，全年节能量约 98 万 kWh。如果直接进行变频改造，那节能空间在 32%左右，全年节能量约 120 万 kWh，效果非常显著。

4 结论

循环水泵双速、变频改造都有很大节能空间，但比对分析，循环泵变频改造后运行方式更为灵活，调节手段更为多样，因此节能空间明显优化双速改造。

参考文献：

[1] 西门子上海电气传动设备有限公司.高压变频器说明书[Z].  
[2] 长沙水泵厂.64LKXA—14.5 型水泵安装及使用说明书[Z].

作者简介：

范煜晟（1980-），男，江苏太仓人，工程师，从事汽轮机检修管理工作；  
蔡光德（1965-），男，江苏太仓人，高级工程师，从事电气专业检修管理工作；  
魏明业（1973-），男，江苏太仓人，工程师，从事汽轮机运行管理工作。