

# 汽机凝泵、中继水泵优化运行

范鹰宾

（南京化学工业园热电有限公司，南京化学工业园 II-A-12 210047）

**摘 要：**一期机组利用检修机会进行了凝泵、中继水泵变频改造；检修后，我们进行了一期凝泵、中继水泵自动调试，通过试验确定凝泵、中继水泵运行方式。

**关键词：**汽轮机；凝泵；中继水泵；变频改造；运行方式

2015 年一期机组利用检修机会进行了凝泵、中继水泵变频改造；检修后，我们进行了一期凝泵、中继水泵自动调试，通过试验确定凝泵、中继水泵运行方式。

## 1 概述

化工园热电一期为母管制供热机组，三台 220t/h 锅炉加两台 55MW 汽轮机，机组有两级抽汽供热，供热量时均达到 150-200t/h。每台机组配备有三台 50%容量凝结水泵，两台机公用三台中继水泵，均作为高除水源。凝结水泵、中继水泵参数见表 1、表 2。

表 1 凝结水泵参数

凝结水泵	单位	额定双抽工况	最大连续工况
型号		5LDTNB-7 型	
型式		立式、离心式	
流量	t/h	111	120
扬程	MPa	1.39	1.3
转速	r/min	1480	1480
轴功率	kW	53	55
旋转方向		顺时针	
水泵设计最高温度	℃	120	
数量	台	3	
制造厂家	沈阳水泵股份有限公司		
凝结水泵电机	单位	数据	
型号		YLB-250-2-4 型	
额定功率	kW	75	
转速	r/min	1480	
额定电压	V	380	
额定电流	A	140	
绝缘等级	级	F	
防护等级	级	IP23	
耐热等级		B	
数量	台	3	
制造厂家	上海人民电机厂		

表 2 中继水泵参数

中继水泵	单位	数据
型号		150DG30
流量	t/h	175
出口压力	MPa	0.9
转速	r/min	1495
轴功率	kW	56.4
叶轮直径	mm	Φ305
泵入口压力	MPa	0.22MPa
输送介质温度	℃	104
最小流量	t/h	46.2
型式		单吸、多级节段式离心泵
制造厂家	长沙水泵厂有限公司	
中继水泵电机	单位	数据
型号		Y280S-4
额定功率	kW	75
额定电压	V	380
额定电流	A	139.7
额定转速	r/min	1495
绝缘等级	级	F
耐热等级	级	B
防护等级		IP44
制造厂家	上海电机厂	

## 2 汽机凝泵、中继水泵优化运行

### 2.1 中继水泵自动

#### 2.1.1 中继水泵自动方式

一期中继水泵经过变频改造后，#1 中继水泵为工频泵，#2 中继水泵可变频、工频运行，#3 中继水泵仅能变频运行。修前中继水泵运行方式为：#1 中继水泵备用、#2 中继水泵工频运行（变频器）、#3 中继水泵变频运行。中继水泵自动投用时目标值设定操作在#2 中继水泵控制面板进行，#3 中继水泵设偏置跟踪#2 中继水泵变频指令（#2 中继水泵切为工频时，仍保持此自动投用方式）。

中继水泵变频自动分两种方式：

- 1) 变频自动跟踪选定后高除水位；

2) 变频自动跟踪中继水母管压力。

两种方式由热控切换(需更改参数)。由于跟踪高除水位方式下,选定后高除水位波动大时,变频自动调节,将影响另两台高除水位,造成扰动放大,自动难以调节,因此目前选择第二种自动方式。

中继水至高除调整门自动分别跟踪各台高除水位。

2.1.2 中继水泵自动投用试验

正常运行中,高除压力一般在 0.48-0.51MPa 左右,为保证中继水供水正常,中继水母管压力低联启中继水泵定值为 0.8MPa。因此暂定中继水母管压力设定值为 0.83MPa。

根据现场试验情况: #3 中继水泵变频自动后,设定母管压力 0.88MPa 时, #3 中继水泵电流由 60A 下降至 30A 左右, #2 中继水泵电流由 80A 上升至 100A 左右。总电流下降约 10A 左右。继续降低母管压力设定值时, #3 中继水泵电流下降较多,可能存在 #3 中继水泵不出水的情况,因此将中继水母管压力设定为 0.88MPa。试验数据见表 3、图 1。

表 3 中继水泵自动投用试验数据

序号	中继水母管 压力	#2 中继水泵 电流	#3 中继水泵 电流	中继水泵电流 合计
1	1.034161	81.10721	60.00795	141.1152
2	1.029922	81.6513	60.53454	142.1858
3	1.035348	80.84344	59.18695	140.0304
4	1.0359	80.49174	58.94602	139.4378
5	0.963002	88.84767	47.53262	136.3803
6	0.860133	100.8541	28.46657	129.3207
7	0.908614	96.22463	34.69615	130.9208
8	0.880009	98.64837	33.51831	132.1667
9	0.880156	99.08633	31.84159	130.9279
10	0.880042	99.25029	30.09163	129.3419
11	0.879833	99.51325	31.4268	130.94

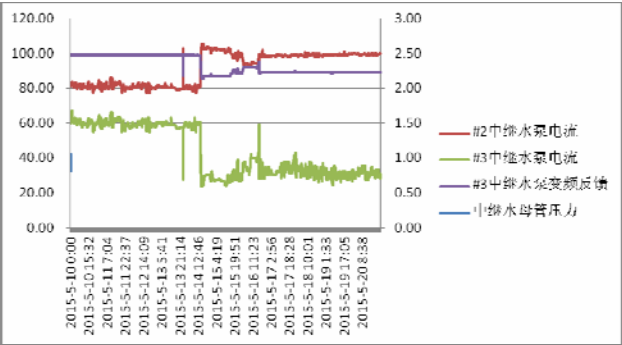


图 1 中继水泵自动投用试验数据图

2.1.3 中继水泵运行方式分析

图 2 是一台变速泵与一台定速泵并联的性能曲线图,图中曲线①是一台泵在额定工况下单独运行

时的特性曲线;曲线②是两台同型号的泵在额定工况下并联运行时的特性曲线;曲线③是管路特性曲线。虚线 n1、n2、n3 分别是变速泵在不同转速下的特性曲线;实线 n1、n2、n3 分别是变速泵在不同的转速下与定速泵并联时的性能曲线。

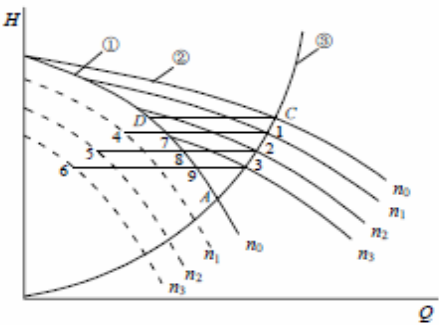


图 2 变速泵与定速泵的并联运行曲线

在额定工况下系统两台泵并联时工作点 C 的流量是 QC,水泵的工况点为 D,流量为 QD,转速为 n0。若定速泵在额定工况下单独工作,工作点为 A,随系统需求的流量增加,定速泵和变速泵并联运行,定速泵正常工作,变速泵转速在可调节范围依次由 n3、n2、n1 进行调节,则并联工作点依次为 3、2、1,流量依次增加,此状况,变速泵的工况点依次为 6、5、4,其流量依次增加,定速泵的工况点依次为 9、8、7,其流量依次减小。

由于变频泵工况点分别为 6、5、4、D,因此需要考虑各工况点的稳定性、效率;定速泵工况点分别为 A、9、8、7、D,不仅要考虑各工况点的效率,也要校核电机的是否过载。另外当变速泵在较低转速工作时,定速泵与变速泵并联,相当于小泵与大泵的并联,有可能会使两台水泵都在低效区运行,还有可能不仅没有起到水泵的并联效果,还额外增加管路阻力。由于存在变速泵扬程下降较多不出水的风险,因此目前一工一变并列运行时,母管压力设定在 0.88-0.9MPa。

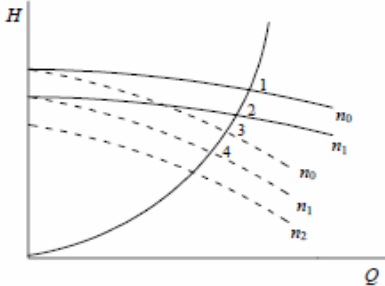


图 3 两台同型号泵同时变频的并联运行

图3是两台同型号水泵同步变速运行的特性曲线。并联水泵同步变速运行，不仅满足流量的变化，而且保持水泵在高效率工况下工作，消除以阀门节流来调节流量的缺点，合理的利用了能量。

综上所述，不建议中继水泵一工一变并列运行，如实际工况需要，母管压力设定为0.88-0.9MPa运行。

## 2.2 凝结水泵自动

### 2.2.1 凝结水泵自动方式

凝结水泵自动跟踪凝结水母管压力，自动投用时目标值设定操作在A凝结水泵控制面板进行，B凝结水泵设偏置跟踪A凝结水泵变频指令（A凝结水泵切为工频时，仍保持此自动投用方式）。

### 2.2.2 凝结水泵自动投用试验

变频投用、母管压力降低后，中继水泵电流下降约10A，凝泵电流下降约25A，总电流降低约35A。见表4。

表4 凝结水泵自动投用试验数据

1A凝泵 电流	1B凝泵 电流	#1机凝 水压力	2A凝泵 电流	2B凝泵 电流	#2机凝 水压力	凝泵电流 合计	凝泵、中 继泵电 流合计
69.13	79.90	1.06	92.97	78.80	1.06	320.81	462
69.35	78.67	1.05	90.59	76.68	1.05	315.29	457
69.51	80.24	1.06	93.34	78.51	1.06	321.61	461
67.71	82.54	1.08	93.54	78.42	1.06	322.21	461
66.90	73.40	0.97	90.18	78.51	1.02	309.00	445
61.95	74.21	0.94	86.64	75.54	0.98	298.33	427
62.14	76.66	0.97	85.11	74.36	0.93	298.27	429
63.98	73.63	0.95	80.49	75.46	0.95	293.56	425
63.18	72.61	0.93	79.99	71.27	0.93	287.05	417
61.14	70.42	0.92	74.87	71.42	0.94	277.86	407
62.38	73.42	0.99	80.64	74.11	0.95	290.55	421
59.27	73.52	1.01	87.75	75.72	0.94	296.26	426
59.88	74.05	1.01	85.86	72.58	0.92	292.38	422

### 2.2.3 凝结水泵运行方式分析

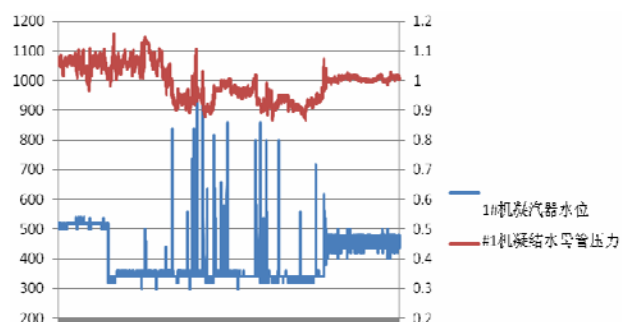


图4 #1机凝汽器水位与凝水母管压力曲线

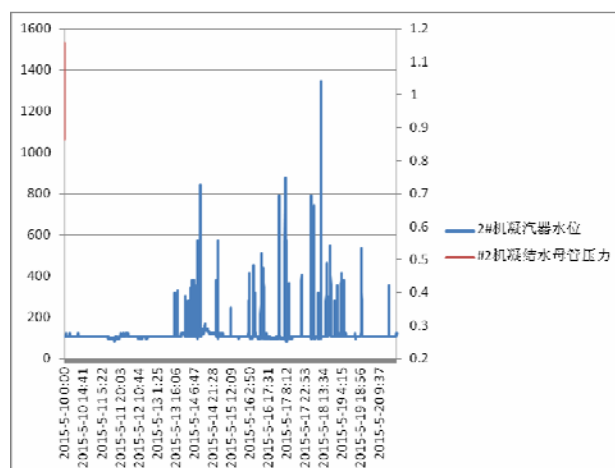


图5 #2机凝汽器水位与凝水母管压力曲线

图4、图5为#1、2凝汽器水位与凝水母管压力曲线，凝水母管压力设定值低于0.94MPa时，多次发生凝汽器水位异常上升。因此将凝泵变频自动设定值定为0.95MPa。

由于#1机凝水供#1高除、#2机凝水供#2、3高除，凝水母管压力定为0.95MPa时，#1高除凝水调整门开度由50%左右开至70%左右，#2、3高除凝水调整门开度由40%左右开至55%左右，凝泵总电流下降25A左右。

## 2.3 凝泵、中继水泵运行方式分析

### 2.3.1 变频泵特性

流量与转速成一次方关系： $Q_1/Q_2 = n_1/n_2$ ；

扬程与转速成二次方关系： $H_1/H_2 = (n_1/n_2)^2$ ；

电机轴功率与转速成三次方关系： $P_1/P_2 = (n_1/n_2)^3$ 。

当流量降低时，泵扬程成平方比下降，因此在凝结水流量低时，凝结水至高除调整门需节流以保证凝结水母管压力，这样就产生较大的节流损失。

### 2.3.2 试验

由于一期长期工况较稳定，蒸发量在620~650t/h，供热量超过120t/h，凝汽器不补水情况下，凝水流量在170~190t/h左右，针对此工况进行试验，将凝汽器补水20~30t/h，开大凝水至除氧器调整门，停一台中继水泵运行。试验结果见表5。

根据表5试验数据，工况6之后停用#2中继水泵，增大凝汽器补水量，#1高除凝水调整门开至90%，#2、3高除凝水调整门开至75-80%，凝泵、中继水泵总电流下降15-20A。

表 5 凝泵、中继水泵运行方式试验数据

工况	#1 机凝泵 电流	#1 机凝水 母管压力	#1 机凝结 水流量	#2 机凝泵 电流	#2 机凝水 母管压力	#2 机凝结 水流量	凝泵电流 合计	中继水泵 电流合计	电流合计	总蒸发量
1	128.5	0.94	174.8	157.9	0.94	174.4	286.5	129.0	415.6	640.2
2	130.3	0.90	173.5	158.5	0.94	173.5	288.9	128.1	417.0	632.1
3	133.8	0.93	174.0	159.3	0.94	175.1	293.2	132.2	425.4	644.2
4	130.9	0.92	170.6	156.6	0.94	172.8	287.5	133.7	421.3	646.5
5	132.3	0.92	179.4	158.6	0.92	179.1	291.0	125.3	416.4	628.5
6	149.6	0.96	196.0	179.9	0.96	205.9	329.5	71.97	401.5	631.7
7	149.5	0.97	195.7	175.2	0.93	200.2	324.8	73.48	398.3	624.1
8	144.2	0.93	192.5	171.5	0.93	194.8	315.7	81.52	397.2	635.2

2.3.3 凝泵、中继水泵运行方式确定

停用#2 中继水泵后，增加凝汽器补水量 20-30t/h，#1 高除凝水调整门开至 90%，#2、3 高除凝水调整门开至 75-80%，减少了调整门的节流损失。

根据锅炉蒸发量、供热量变化，调整凝汽器补水量；在蒸发量、供热量较低时，凝汽器补水量较低，凝水流量较低，凝泵变频自动增至 50Hz 仍不能维持凝结水母管压力时，手动调整凝水至高除调整门，维持凝水母管压力不低于 0.9MPa，确保凝汽器水位稳定。

#3 中继水泵变频自动，设定母管压力在 0.83MPa，中继水至高除调整门自动跟踪各台高除水位。

3 结论

根据试验数据，此运行方式下，凝泵、中继水泵总电流较变频自动投用前降低约 50-60A，按每年此工况运行 7000 h 算，节约厂用电 20.6 万 kWh。

参考文献：

[1] 许淑惠,严颖,王哲斌,等.水泵并联选型及节能运行相关问题探讨[J].北京建筑工程学院学报,2008,24(02):1-4.

作者简介：

范鹰宾，南京化学工业园热电有限公司发电部汽机主任工程师，E-mail：邮箱：24381168@qq.com。