

[变频器]

合康水冷型高压变频器在电动给水泵的应用

文/河南能信热电有限公司 李秀云
北京合康亿盛变频科技股份有限公司 崔光远

河南能信热电厂2×210 MW热电联产机组的1号机组A泵改造应用合康变频提供的高压纯水冷变频调速系统拖动5 500 kW电动机进行变频调速，以满足不同工况下A泵发电机的起动、发电及加速要求。

河南能信热电厂2×210 MW热电联产机组，每台机组给水泵按2×100%额定容量计的辅机设备的电动给水泵为锅炉供水，采用液力偶合器作为调速装置控制。电动给水泵作为生产过程的主要辅机，其耗电量是很大的，直接影响供电煤耗、影响发电本钱、影响能源消耗。因此对电动给水泵的调节方式进行优化，对电动给水泵进行变频改造是十分必要的。

电动给水泵工艺简介及要求

现场电动给水泵组的基本配置为：前置泵+电动机+液力偶合器+主给水泵，由电动机同轴驱动。在整个电动给水泵组中，前置泵、电动机及锅炉给水泵的效率相对稳定，但是液力偶合器存在较大的能耗。

设备参数如表1～3所示。

表1 给水泵参数

给水泵型号 200TSB II-J		
项目	单位	铭牌工况
出口流量	t/h	737
扬程	mH ₂ O	1 850
必需汽蚀余量	m	6
转速	r/min	5 010
轴功率	kW	4 572
厂家	郑州电力机械厂	

表2 电动机参数

给水泵电动机规范			
制造厂	东元电机	型号	YKS710-4 异步电动机
额定功率/kW	5 500	电压/V	6 000
额定电流/A	609	转速/(r/min)	1 492
允许温升/℃	80	环境温度/℃	40
功率因素	0.88		

表3 液力偶合器参数

厂家 上海电力修造总厂		
型号	YOT5I	
项目	单位	数值
输入/输出转速	r/min	1495/5400
传递功率	kW	4700
调速范围	r/min	25%～100%
额定转差	%	(小于3%)
动作时间	s	<25

液力偶合调速电动给水泵是发电厂生产过程的主要辅机之一，因液力偶合器相对于定速泵+调节阀的控制方式有着无级调速的优点，但因其调速转换效率随着转速降低而下降，综合效率相对较低。另外，液力偶合器属于转差损耗型调速装置，在调速的过程中，转差功率以热能的形式

损耗在油中，额外增加了能耗。如图1所示。

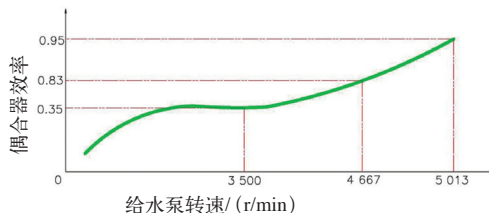


图1 液偶在不同转速时应对的效益

通过观察，可以清楚地看到即便液力偶合给水泵能够利用转速调节方式控制给水量但在变负荷工况下，尤其在低负荷如给水泵转速在69%时能量损耗就达到60%左右。而社会需求电量的方式决定了发电机组绝无可能始终维持在90%MCR以上负荷运行。

各调节方式的能耗—流量曲线如图2所示。

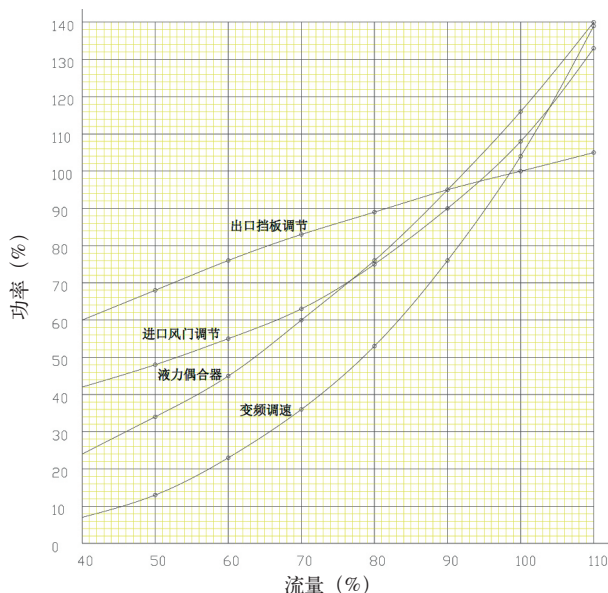


图2 各调节方式的能耗—流量曲线

通过上图可知，在相同负荷下，变频器在电动给水泵调速的能耗远低于液力偶合器能耗。可通过变频器改变电动机转速来实现给水泵节能目的。

高压变频调速技术在电动给水泵上的改造应用

此次改造仅针对河南能信热电厂 2×210 MW热电联产机组的1号机组中常用的A泵（给水泵）进行变频改造，B泵仍保持原有状态不进行改造，即A泵采用高压变频调速方式，B泵工频备用。给水泵变频运行后，原调节方式保留，调速运行时，调节门100%全开，通过改变电动机转速来调节锅炉水位，并保持改造后的给水泵组变频运行润滑油压与工作油压要求与改造前一致。

由于在给水泵上使用变频器驱动后，液力偶合器的输入转子变成了变速运行，将会导致液力偶合器内部油泵转速降低而影响润滑油压力大幅度降低，满足不了工作油压及整个泵组的润滑要求。所以必须对液力偶合器的油回路重新进行设计，增加一油稳压系统，增配恒速驱动电动机，使液力偶合器满足变频运行时的要求，确保改造

后的工作油及润滑油的运行参数与改造前现有的运行参数一致。

改造时液偶可直接进行改造，无需返厂。改造后泵组可实现变频、工频运行，并保证液偶的完整性，提高了机组的运行安全性。

1. 高压变频器选型及性能

根据上述电动机参数，选用HIVERT-Y 06/750YW（6 kV/5 600 kW）高压变频器，额定输出电流为750 A，适配5 600 kW及以下高压异步电动机，且0~50 Hz加速时间不高于原液力偶合器匀管加速时间30 s。

2. 油浸式变压器

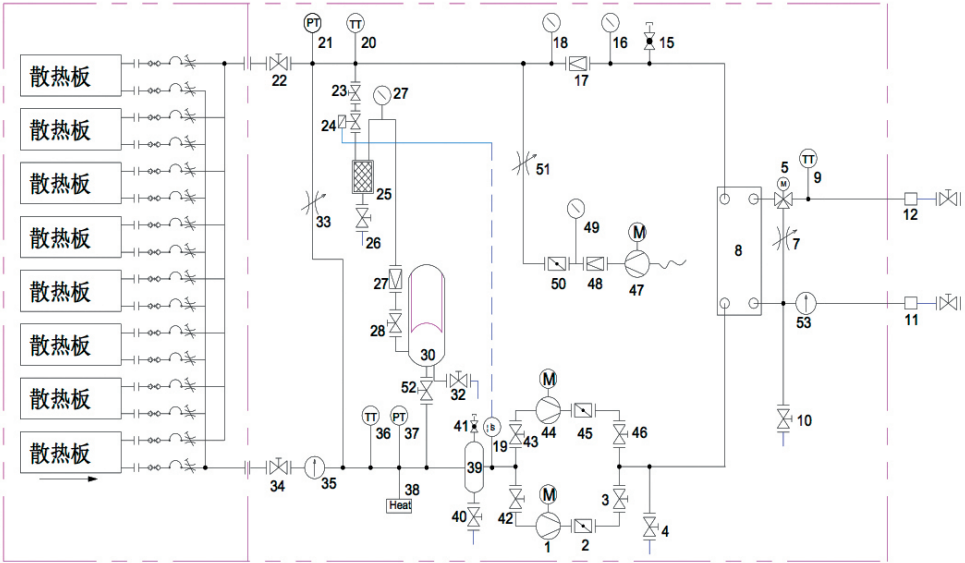
高压水冷变频器采用油浸进线变压器。绝缘等级为H级。额定容量为8 000 kV·A。

3. 单元柜水冷循环系统

水冷系统分为纯水内循环和冷却水外循环，变频器内部功率单元IGBT等大型电子元件产生的热量，由纯水带到板式水—水冷却器（以下简称：板式冷却器），再通过板式冷却器到外循环水冷、热换热，热量由外循环水带走，冷水再次进入单元继续循环。为防止外部环境温度引起变

变频器内部有凝露现象产生,在水冷管道内加入加热装置。变频器外部水温低于25℃时,水冷系统会自动启动加热器,同时将散热外水通过旁路管道直接回流,当水温高于25℃时,自动关闭加热

器,根据温度的高低,自动调节外水通过散热板的流量,让外循环水带走内循环水的热量。水冷循环原理图如图3所示,水冷系统管道示意图如图4所示。



S120 - LCU160/65 - W/W循环原理图

- | | | | | | | | |
|----------|----------|--------|--------|--------|----------|----------|-----------|
| 1、循环泵 | 2、单向阀 | 3、球阀 | 4、排水阀 | 5、三通阀 | 7、调节阀 | 8、换热器 | 9、温度变送器 |
| 10、排水阀 | 11、出水口 | 12、进水口 | 15、排气阀 | 16、压力表 | 17、水过滤器 | 18、压力表 | 19、电导率变送器 |
| 20、温度变送器 | 21、压力变送器 | 22、球阀 | 23、调节阀 | 24、电磁阀 | 25、交换树脂 | 26、排水阀 | 27、过滤器 |
| 28、球阀 | 30、膨胀罐 | 32、排水阀 | 33、调节阀 | 34、球阀 | 35、流量传感器 | 36、温度变送器 | 37、压力变送器 |
| 38、电加热器 | 39、脱气器 | 40、排水阀 | 41、排气阀 | 42、球阀 | 43、球阀 | 44、冗余泵 | 45、单向阀 |
| 46、球阀 | 47、补水泵 | 48、过滤器 | 49、压力表 | 50、单向阀 | 51、调节阀 | 52、球阀 | 53、流量计 |

图3 水冷循环原理图

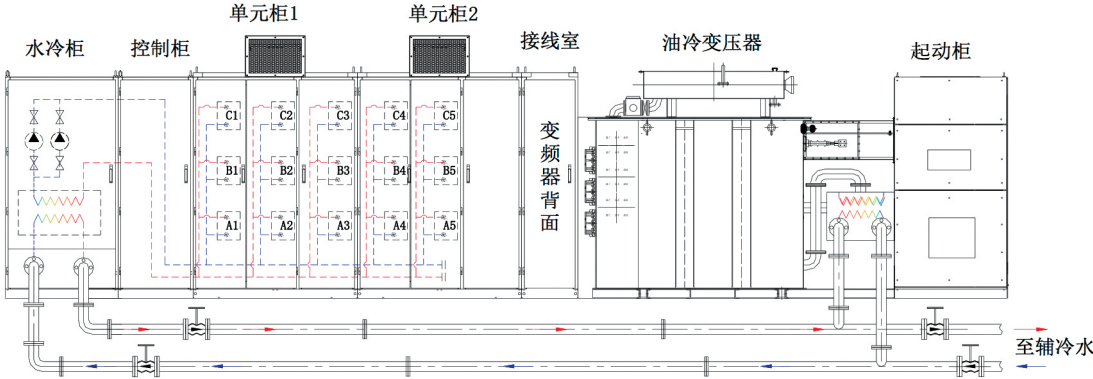


图4 水冷系统管道示意图

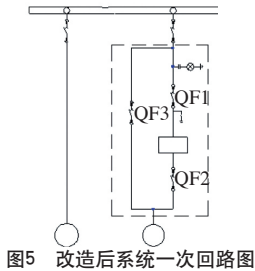
管径—DN65 流量—>76 t/h 水压—>0.25 MPa 进水温度—<40℃

4. 冷却方式

据现场实际情况、投资、运营、可靠性及维护成本变频器单元采用水-水冷却方式,变压器采用油浸式油-水冷却方式。水源采用现场辅冷水或循环水。

5. 变频运行控制方式

变频改造后一次系统如图5所示。



通过上图可知,该系统主要由QF1、QF2、QF3共3台高压开关柜组成,变频运行时,QF3断开,QF1和QF2闭合。高压电动机由变频装置驱动,实现调速控制。变频器出现重故障时,自动断开QF2、QF1,合闸QF3,系统自动投入到工频旁路运行。

工频运行状态下,系统可在线恢复变频方式。断开QF3,合闸QF1、QF2,在负载旋转过程中投入变频运行。QF2、QF3高压开关之间具有互为闭锁逻辑,确保系统安全可靠。

6. 液力偶合器改造

变频改造时,液力偶合器内部不做改动,电动给水泵组变频运行时勺管开度100%,增加一套外置油稳压系统,同时补充电动给水泵组低速运行时的的工作油和润滑油压。变频器故障时,液偶可恢复原调速状态;此改造方式满足电动给水泵工频、变频两种模式运行。油稳压系统拓扑图如图6所示。

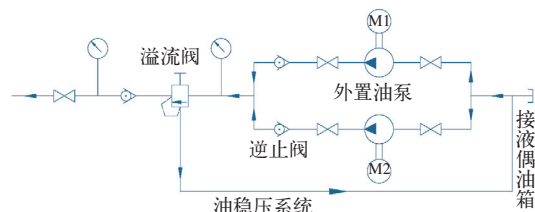


图6 油稳压系统拓扑图

将增设的稳压系统就近安装在给水泵组的旁侧。稳压系统一般配置一用一备两台流量、压力满足要求(依实际工况计算)的油泵,和溢流阀、逆止阀、手动阀以及压力表等零部件组成一个系统。

外部油泵的油量供给可以从液偶的底部油箱供给,如果电动机转速高不需要补压的时候,该

供给油通过溢油阀再回流至液偶的底部油箱中,需在箱体油箱底部打两个孔,一个是入口,给稳压系统提供油,该孔位位置较出口偏低一些。另一个是溢油回流至油箱中。

起机前提前将该稳压系统启动,正常运行无故障后方能启动电泵其他辅助设备。机组启动前,同样是先启动辅助油泵,变频启动后如果压力建立则停掉辅助油泵做备用,此时润滑油的油压由液偶内部机械油泵和外部稳压系统一起供给。机组停机时,同样先启动辅助油泵,然后停变频器,停高压柜等电泵辅助设备,等电泵完全停转后停止辅助油泵,最后停止稳压系统电源即可。

7. DCS软件系统改造

(1) 增设给水泵变频器各信号与原给水泵系统的兼容等软件功能(包括画面、操作及联锁保护等等)。

(2) 增设液偶外部稳压系统各信号与原系统的兼容等软件功能(包括画面、操作及联锁保护等等)。

(3) 增设的液偶外置稳压系统的起停控制、与变频器的联动控制、变频器故障或停机状态下的联锁控制等。

(4) 增设电泵变频器运行频率自动跟踪母管压力的逻辑组态。

(5) 给水泵系统变频改造后的总体联锁控制的改造。

4 改造前后系统对比

改造前的系统图如图7所示,改造后的系统图如图8所示。

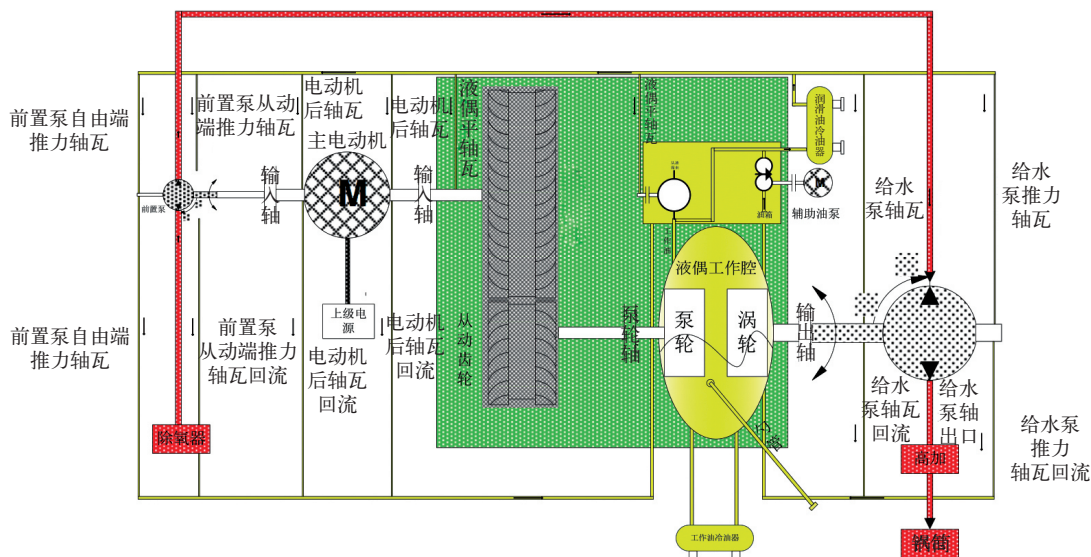


图7 改造前系统图

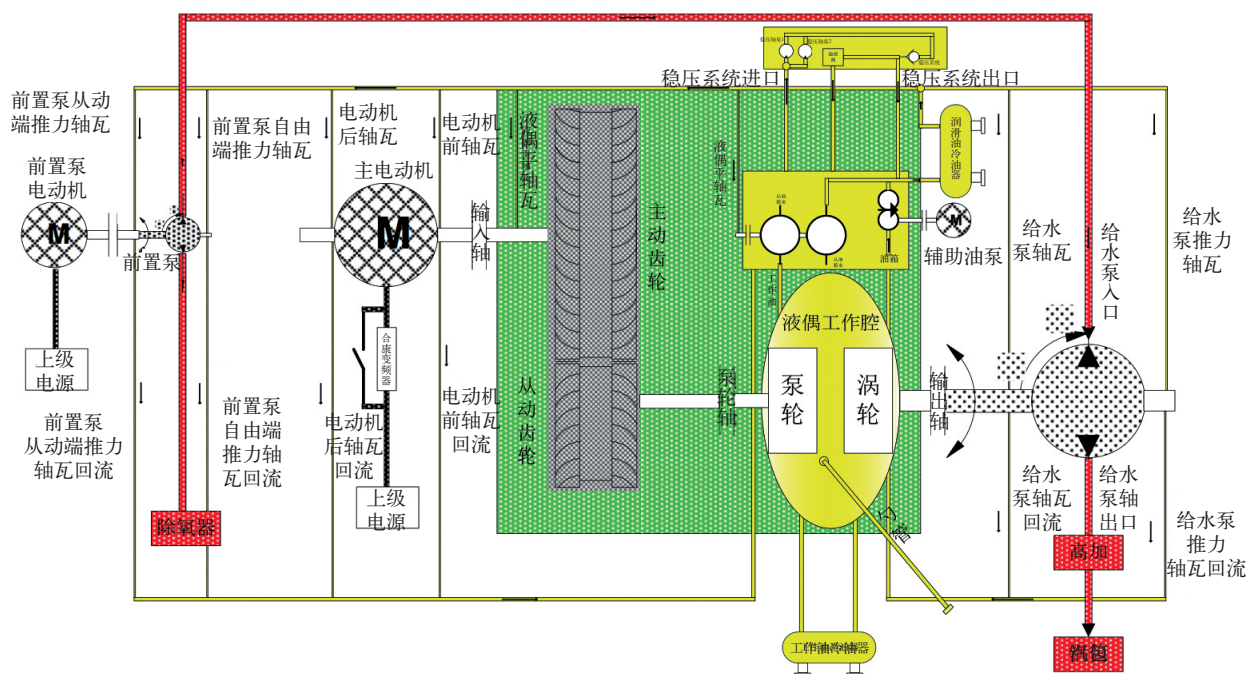


图8 改造后系统图

电动给水泵变频改造效果分析

(1) 降低了给水泵单耗，节约厂用电量。变频改造后相比改造前可节电10%~20%。

(2) 电动给水泵调速更加精确：变频器调节频率精度为0.01 Hz，对电动给水泵可实现更精确的转速控制，可实现1 r/min以内的精准控制。

(3) 提高自动化水平，同时也提高电厂发电工艺。

(4) 减少电动机起动时的电流冲击，延长了设备的使用寿命。电动机为软起动，对电动机机械部分以及线包无冲击，可实现频繁起动。起动冲击少，只有额定电流0.5倍左右（工频起动电流是额定电流的6~7倍），对电网零冲击。

(5) 减少了阀门助力损失，提高了系统的效率。给水泵变频改造后，锅炉给水调节处于全开状态，减少了阀门处阻力损失，提高系统效率。

(6) 降低噪声。给水泵改用变频后，降低了水泵转速，噪声也大幅度地降低。

设备优势

(1) 由于单元水冷板代替原来散热器，使得单元外形尺寸减小，变频器整机外形尺寸减小，节省空间。

(2) 解决原来强制风冷散热受风机风压的限制不能远距离放置变频器风道，水管道可以不受

传输距离限制且体积小。

(3) 水冷变频器能将系统温度降至室温以下，不受室温的限制。

(4) 水冷变频器不受环境限制，可以在粉尘及飘浮物的环境中正常运行。

节能优势

120~160 MW 负荷期间节电率为：15.71%~28.79%，每小时节电量为：578~825 kW·h。节能效果远比预测的要好。

电泵占厂用电比例由原来的：2.25%~2.35%（工频），下降到1.75%~1.85%（变频），下降了0.5%。

电泵影响电厂煤耗量由原来的：8.1~8.46 g（工频），下降到6.3~6.66 g（变频），下降了1.8 g。

结束语

河南能信热电厂2×210 MW热电联产机组1#机组实施高压变频调速技术改造后，改善了电动给水泵调节系统的性能，解决了过去给水泵系统运行中的常见问题，达到节能降耗目的，对提高企业竞争力具有积极意义。EA

（收稿日期：2016.07.18）

（编辑：白文亭）