

集中供暖变频节能改造技术

一、技术名称

集中供暖变频节能改造技术

二、所属技术类型

终端用能电气化改造技术、智能供电技术

三、技术/产品简述

（一）技术概述

燃煤锅炉集中供热方式为利用电机来带动循环水泵产生循环热水，电机在工频状态下运行，常通过调节管道进出口阀门开度或挡板来调节水流速度，既造成电能的极大浪费，又影响阀门寿命。

集中供暖变频节能改造技术通过利用高压变频器控制循环水泵，对输出频率进行调节，利用变频器的PID功能实现开环闭环控制，对供水压力、回水温度进行恒压恒温调节，达到节约热量、电量的目的；变频器可实现减速停车，从而消除水锤效应对水泵、阀门及管道的冲击，同时可免去频繁操作开关水阀。

替代传统水泵流量控制方法，节约能耗，降低热电站运行成本。通过实现电机的变频驱动，可在保持阀门开度不变的前提下改变水泵转速来调节流量，减少流体动力来节约电能，减少电机

和水泵的发热和磨损,延长使用年限,降低维护难度及人力投入。

可在原电机基础上进行改造,避免重复建设造成资源浪费。该技术既保留了原电动机的结构简单、可靠耐用、维护方便的优点,又能达到节约电能的显著效果,变频调速的特点是效率高,没有因调速带来的附加转差损耗,调速范围大,精度高,容易实现协调控制和闭环控制,特别适合于旧设备的技术改造。

(二) 技术参数

序号	技术参数	技术指标
1	输入额定电压, 频率	三相: 3kV/3.3kV/6kV/6.6kV/10kV/11kV, 50Hz/60Hz
2	输入允许范围	电压波动范围: -20%~+15%,可瞬时-30%; 频率: ±5%
3	输出电压	3相, 0V~输入电压, 误差小于5%
4	输出频率范围	0.00~60.00Hz
5	过载能力	120 额定电流 1 分钟;160%额定电流立即保护。
6	转矩提升	自动转矩提升
7	保护功能	滑差补偿、振荡抑制、失速防止、精确死区补偿、跟踪起动
8	自动稳压	当电网电压在一点范围内变化时,能自动保持输出电压恒定。
9	自动载频调整	根据负载情况,自动优化 V/F 曲线,实现自动节能运行。

10	过程 PID	可 3 段给定、可端子禁止，并提供 PID 修正模式、休眠功能，适用于供水供暖行业。
----	--------	--

四、节能效果

（一）节能减碳效果

由于水泵电耗与水泵转速的三次方成比例变化，改变水泵转速将大大降低运行费用。对于流量调节范围较大的水泵，采用变频调速的方法来代替阀门的调节，是实现节能的有效途径，其耗电量一般平均可减至额定功率的 60%~70%。另外，由于泵类电机长期在低于额定转速的状态下运行，电机轴承不易损坏，电机的发热量减小，而变频起动方式是零阻力起动，对电机等设备在起动时没有大电流的冲击，可以大大延长设备的使用寿命，对于维修和养护的工作量也随之下降，从而节约了大量的维修费用。

（二）测试方法

常规风机水泵类负载，为平方转矩负载，按照流体机械的相似定律，叶片式风机、水泵的流量 Q 、压头(扬程) H 、轴功率 P 与转速 n 之间有如下比例关系（在没有反压头或静扬程的情况下）： $Q1/Q2=n1/n2$; $H1/H2=(n1/n2)^2$; $P1/P2=(n1/n2)^3$

由上述公式可以看出：伴随风机/水泵转速的降低，其能耗将以三次方关系下降。

所以，随着转速的升高，其水泵能耗将快速增高，伴随而来，节电率实际上将随之降低。通过对改造前及改造后实际最大流量为 235m³/h 时进行节能计算，得出数据为最低节电率。

五、同类产品比较

本技术产品是新一代高性能、多功能单元串联高压变频器，具有高功率因数、高可靠性、高效率、低谐波含量、低损耗、易维护、占地少等特点，是高压直接输入，逆变高压直接输出的“高一高”型高压变频器，是供暖站节能改造的理想技术方案。与同类技术产品进行比较具有以下优点：

（一）高节电率

风机水泵等平方转矩负载的变速驱动，可大幅度节省电能。

（二）高效率

逆变效率 $>98.5\%$ ，整机效率 $>97\%$ 。

（三）高功率因数

输入功率因数 >0.95 ，无需功率因数补偿装置。

（四）高可靠、长寿命

设计寿命 20 年，平均无故障工作时间 $MTBF > 100,000$ 小时，平均修复时间 $MTTR < 10$ 分钟。

（五）无需输出滤波器

输出电压谐波 $<3\%$ ，无需输出滤波器，适用于新的或原有的普通高压电机。

（六）电机控制模式

无 PG V/F 控制、有 PG V/F 控制。

缺点：改变水泵设备的流量来替代传统的阀门控制，即对水泵电机进行调速。

表 1 交流电机常用调速方案对比

交流电机调速方案	优点	缺点
变级调速	控制电路简单，易维修	调速范围有限，不能实现无级调速
换向电机调速	结构简单，调速效果好，运行可靠，效率高	过载能力较低，原有电机的容量不能充分发挥
串级调速	调速过程中的转差能量可以回馈使用，效率高	功率因素较低，有谐波干扰，正常运行时无法制动转矩，适用于单象限运行的负载
定子调压调速	线路简单，装置体积小	调速范围较小，功率较低，特性较软
电磁转差离合器调速	结构简单，控制装置容量小，价格便宜，运行可靠，维修容易，无谐波干扰	速度损失大，调速过程中转差功率全部转化为热能形式的损耗，功率低
转子串电阻调速	技术要求较低，设备费用低，无谐波干扰	串铸铁电阻只能进行有级调速，维修、保养要求高，调速中发热严重，效率低，调速范围小
变频调速	效率高，调速范围宽	技术复杂，会产生谐波污染

相较于其他调速方式，变频调速具有效率高，调速范围宽的优势，但也存在技术复杂，会产生谐波污染的缺点。由于其节能

效果优异，正在逐步的替代很多古老的调速方式。

六、典型应用案例

（一）案例名称

武安顶峰热电有限公司 7#给水泵变频和驱动改造项目

（二）案例时间及实施地点

2020年9月开工建设，2020年11月正式投运；河北省武安市南环路589号武安顶峰热电有限公司。

（三）用能人数及建筑面积

约10万人，12m²。

（四）改造情况

1. 案例基本情况：武安顶峰热电有限公司位于河北省邯郸市武安市南环路589号，承担着武安市集中供热。本次改造项目为该公司168MW调峰热水7#锅炉给水泵，通过新增高压变频调速装置，对给水泵实现变频调速运行。

2. 改造前情况：锅炉给水泵采用调节阀门调节热水输出流量，存在较多弊端：

（1）调门电动执行机构进行调节，存在死区、容易卡塞，调节特性差等问题；导致系统自动化投入率低，操作量大、系统稳定性差。

（2）调门调节开度低，阻力损失严重，造成大量能源浪费、系统效率低。

（3）发电机系统处于长期波动状态，系统协调控制水平低，

导致系统工艺参数持续扰动，严重时危及机组生产安全。

(4) 给水泵长期处于低效工作区，特性差、设备磨损严重、维护量大。

(5) 厂用电系统功率因数低，系统线损严重，造成大量电能浪费。

3. 改造过程：采用高压变频器进行变频调速节能改造，现场给水泵为沈阳电机集团实业电机有限公司产品，高压三相异步电机，适配森兰 SBH-100-800 型高压变频器。现场改造时间 2 个月，于 2020 年 11 月份完成并投运，实现了 7#给水泵变频调速运行。改造后变频器运行频率通常在 35~40Hz，最高为 42Hz 左右，平均节电率超过了 20%，节能效果显著。

表 2 改造后节能效果对比

电机参数		给水泵参数	
型号	YPTKK500-2	型号	DG280-106*6
功率	800KW	额定转速	2950r/min
额定电压	10KV	额定流量	280m ³ /h
额定电流	53A	额定扬程	624 米
额定转速	2985r/min	厂家	沈阳工业泵
功率因数	0.88		
厂家	沈阳电机集团		
改造后数据			

变频器型号	SBH-100-800		
运行频率	35-42Hz	实际电流	25-30A
给水泵流量	160~235m ³ /h		

4. 改造后情况（含节能效果）

通过应用本技术，给水系统具有如下优点：

（1）速度控制范围宽可在 1%~100%之间进行调节，更适合锅炉生产。

（2）机组调节精度大幅提高，变频调节精度可达到 0.01Hz。

（3）效率高，达 96%以上，功率因数达到 0.95 以上。

（4）具有工业网络及通讯接口，便于实现闭环自动控制。

且保护功能完善使用寿命长，故障率低，维护量小。

（5）节电率高，可达 20%以上。

（6）降低了机械调节引发的操作不便及设备维护工作量。

（7）软启动、软停止，可延长电机使用寿命。

（8）操作更为简单，完全实现自动控制。

改造后设备情况如下图：



图 1 高压变频器设备外观



图 2 高压变频器设备外观



图3 负载给水泵外观

(五) 节能效果

通过选取给水泵实际最大流量为 $235\text{m}^3/\text{h}$ 时进行节能计算，对比给水泵在调门调节和变频调节两种运行方式下所消耗的单位小时能耗，得出最低节电率。具体计算过程如下：

在调门调节情况下，实际需要给水流量为 $235\text{m}^3/\text{h}$ 时，根据风机水泵类负载挡板节流调节功率和流量计算关系式计算：

$$P_L = \left[0.45 + 0.55 \left(\frac{Q}{Q_N} \right)^2 \right] P_e (\text{kW})$$

式中： P_e —额定流量时电机输入功率 KW

Q_N —额定流量

将数据带入式中，其运行能耗为：

$$PL=[0.45+0.55*(0.84)^2]Pe=0.838*800=670.5KW$$

即，如采用调门进行调节时，在给水量需求为 $235m^3/h$ 时，给水泵单位小时能耗为 670.5KW。

变频调节情况下，在 $235m^3/h$ 流量需求时，依据调速比例关系 $Q1/Q2=n1/n2$ ； $H1/H2=(n1/n2)^2$ ； $P1/P2=(n1/n2)^3$ 可知，运行能耗为：

$$Pb=(235/280)^3*Pe=496KW；$$

因此，改造后给水泵节电率为：

$$K=210/830=25.3\%$$

考虑到实际数据采集重以及使用中可能存在一定偏差，加上锅炉负荷处于实时变动的工况，故节电率按保守值 20% 计算。那么给水泵改造完成后，小时节约电量为：132KW；

每年供暖季按 5 个月计算，则每年供暖季节节约电能为：475200KW。

按平均电价 0.5 元/KW 计算，年度节约成本为 23.7 万元。

（六）经济效益及社会效益

1. 经济效益

投资额：58.44 万元

资金来源：用户自筹

投资回收期：2.46 年

本项目采用高压变频器对锅炉给水泵进行调速节能改造，具

有显著的节能收益，按照变频器常规 20 年使用寿命计算，使用高压变频器将使客户最少获得 414.75 万元直接经济收益。间接经济收益包括维护成本降低、机组调节精度提升引起的机组能效提高等未计入。

2. 社会效益：一是对锅炉给水泵进行变频调速节能改造，是当前推进热电厂等节能降耗的重要技术手段，通过减少电能、人力的投入，降低供暖企业的运行成本，从而降低整体供暖成本；二是“双碳”目标背景下，该技术可减少传统耗能大户—电机系统的能源消耗，节能效益显著，对推动我国供暖行业绿色低碳转型具有积极意义。

（七）主要经验

1. 高压变频调速技术，有利于锅炉提高效率，实现智能化、自动化控制，同时存在较大的节能空间，宜广泛推广。

2. 对于供暖机组辅机进行变频改造利于社会，但更要为民生负责，因此，设备的可靠性要求非常高，选择高可靠性的产品更利于节能工作的推进和项目收益保障。

3. 对于供暖机组，在供暖季节来临前，应提前对变频设备进行全面维护和检查，以利于供暖季稳定运行。