

永磁调速器在风机节能改造中的应用

陈健, 魏晓明

陕西渭河煤化工集团有限责任公司, 陕西 渭南 714000

摘 要 : 通过增加永磁调速器对风机转速进行调整, 负载的转速降低, 运行电流下降, 达到降速节能的目的; 同时使用永磁调速器替代原有的联轴器, 把原来的硬联接改为非接触性的软联接, 解决安装对中问题, 减少设备振动, 提高电机与负载的可靠性、安全性, 实现了节能降耗与安全运行的双赢。

关 键 词 : 风机调速; 节能降耗; 设备安全

Application of Permanent Magnet Speed Governor in Energy-Saving Transformation of Fan

Chen Jian, Wei Xiaoming

Shaanxi Weihe Coal Chemical Group Co., LTD., Weinan, Shaanxi 714000

Abstract : The speed of the fan is adjusted by adding a permanent magnetic speed governor, the speed of the load is reduced, the running current is reduced, and the speed is reduced to save energy, the original hard connection is changed into non-contact soft connection to solve the problem of installation alignment, reduce equipment vibration, improve the reliability and safety of motor and load, and realize the win-win of energy saving and safe operation.

Keywords : fan speed regulation; energy saving; equipment safety

引言

在工业设计过程中, 一般要考虑建设前, 后长期工艺要求的差异, 使裕量过大。如《火力发电厂设计技术规程》(SDJ1-79) 规定, 燃煤锅炉的鼓风机、引风机的风量裕度分别为5%和5 ~ 10%, 风压裕度为10%和10% ~ 15%^[1]。另外, 设计过程中很难计算管网的阻力, 并考虑长期运行过程中可能发生的各种问题, 通常总把系统的最大风量和风压裕量作为选型的依据, 但风机的系列是有限的, 往往选不到合适的风机型号就往上靠, 大20% ~ 30%的比较常见。在实际工作时, 再采用调流设备来实现实际所需的流量^[2]。

如果采用挡板调节, 即使在机组满负荷运行的工况下, 挡板开度也较小, 而风机的一个特点是负载转矩与转速的平方成正比, 轴功率与转速的立方成正比。如果可以根据所需要的流量调节转速, 就可以获得很好的节电效果^[3]。本文以陕西渭河煤化工集团有限责任公司220t/h CFB锅炉二次风机永磁调速器节能改造为研究对象, 通过改造前后风机运行参数分析和经济性核算, 为同类型CFB锅炉风机节能改造提供了实践参考。

一、锅炉运行情况概述

陕西渭河煤化工集团有限责任公司动力装置3#锅炉是由无锡华光锅炉股份有限公司设计制造, 型号为UG-220/10.8-M 循环流化床锅炉, 锅炉额定负荷为220T/H, 蒸汽压力10.8MPa, 温度525℃^[4]。锅炉用风主要由一台一次风机、一台二次风机供给。一次风主要用于床料流化、给煤系统播煤风、密封风, 燃烧器点火风和冷却风; 二次风经二次风机升压后分两路送至炉膛前后墙上的26个二次风喷嘴进入炉膛, 为分段燃烧提供空气。二次风机设计参数为:

电机			风机		
型号		YKK450-4	型号		
功率	kW	500	额定流量	m ³ /h	113200

电机			风机		
型号		YKK450-4	型号		
额定电压	kV	6	额定扬程	m	11.8
额定电流	A	58			
功率因数		0.86			

表1-1 二次风机设计参数表

2010年进行了变频器改造, 经过近10年运行, 变频器故障较多, 2019年电气停运变频系统, 改为工频运行。工频运行采用入口挡板调节风量, 节流损失造成二次风机的无功功率浪费严重, 风机电耗较大; 改造前进行了风机能效测试, 根据测试结果, 对照风机特性曲线, 该风机运行偏离设计工况, 运行效率为42.7%, 导致功耗较高。同时风道憋压振动, 风机高转速运行轴承振动较大, 对装置安全稳定运行极为不利。

作者简介: 陈健(1990年-), 男, 陕西渭南, 职称及研究方向: 热能与动力工程中级工程师。

二、电动机调速技术分析

以前绝大部分风机都采用风门挡板调节流量,造成大量的节流损耗,直到上世纪七十年代,都采用机械调速或滑差电机调速,但这属于低效调速方式,仍有较大的能量损耗,并且驱动功率受到限制;到上世纪八十年代,开始采用液力耦合器调速,并且突破了驱动功率的限制,向大功率方向发展,但它与滑差电机调速一样,属于低效调速方式仍有较大的能量损耗^[5]。直到上世纪九十年代,随着电力电子技术和计算机控制技术的发展,变频器很快占领电动机调速市场。近年来,随着国内对稀土永磁材料的研究逐渐增多,利用稀土永磁材料的性能特点,多种不同的永磁设备开始出现并被投入使用 其中永磁调速器是一种典型的具有调速节能性能的永磁设备。永磁调速技术是近年来国际上开发的一项突破性新技术是专门针对风机、泵类离心负载调速节能的适用技术^[6]。

目前,大功率高压异步电动机的主要调速方式有以下几种:液力耦合器调速、变频调速和永磁传动与调速器调速等。其调速特点分析如下:

液力耦合器调速:调速范围有限,高速丢转约 5% ~ 10%,低速转差损耗大,最高可达额定功率的30%以上,精度低、线性度差、响应较慢,启动电流大,装置大,不适合改造;容易漏液、维护复杂、费用大,不能满足提高装置整体自动化水平的需要。

高压变频器调速:是目前应用比较普遍和相对先进的技术,采用电力电子技术来实现对电机的速度进行调节,可以有效根据实际工况来自动控制,可以实现较高效率的节能效果,但是工作时产生谐波,电子组件多且老化快,对环境要求高、而且高压环境下故障率高,安全性差,需要专业人员维护,维护费用高,设备使用年限短。

永磁传动与调速器:永磁驱动技术是近年来国际上开发的一项突破性新技术,是专门针对风机、泵类离心负载调速节能的适用技术。具有调节范围广、响应速度快、设备结构简单,故障率低,后期维护成本低、可靠性高使用寿命长,可在-10℃~+50℃环境温度条件下长期使用等优点^[7]。

经过各方面的综合考虑,最后选用了当前最先进可靠的永磁传动与调速器调速方式。

三、永磁调速技术简介

(一) 永磁调速原理

永磁驱动技术是近年来国际上开发的一项突破性新技术,采用磁力非接触传递扭矩,它具有高效节能、高可靠性、无刚性连接传递扭矩、可在恶劣环境下应用、极大减少整体系统振动、减少系统维护和延长系统使用寿命等特点^[8]。

永磁调速器结构由四部分组成:1.是与永磁体做相对运动的导磁体;2.是将导磁体与负载连接的驱动轴;3.是调节机构,通过执行器调节导磁体与永磁体之间气隙大小,来控制输出扭矩和负载转速大小。4.是带有稀土材质的永磁体,当连接导磁体的电机旋转时,与连接在负载侧的永磁体产生感应磁场,实现隔空传递能量;永磁调速器

是通过调节扭矩来实现速度控制,电机输出到永磁调速器的扭矩和永磁调速器输出到负载的扭矩是相等的。这样,我们可以根据负载实际运行过程中扭矩的大小来调整电机输出端扭矩(永磁调速器输入端的扭矩)^[9]。负载要求扭矩小,电机输出扭矩小,相应输出功率也小。当永磁调速器接到一个控制信号后,如压力,水流量,液面高度等信号传到永磁调速器的接线箱,接线箱对信号进行识别和转换后,产生一个机械操作指令,来调节导磁体与永磁体之间的间隙大小,从而根据适时的负载输入扭矩的要求,调节永磁调速器输出端的扭矩大小,来最终改变电机输出功率大小,实现电机节能和提高电机工作效率。适用于需要实现负载过程控制;替代变频器进行节能改造;以及不控制电机,直接对负载进行控制的场合。

(二) 永磁调速的优点

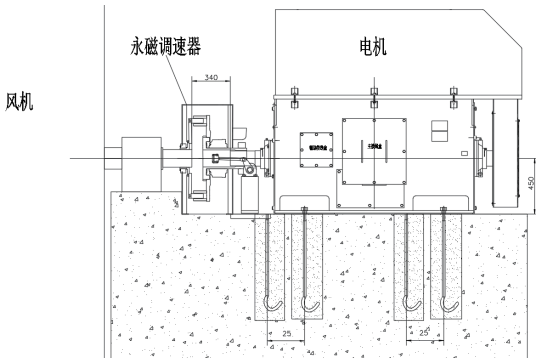
永磁调速器按照结构型式分为分为双筒型结构、盘式结构、绕组式结构、单筒式结构等几种结构形式。相对于使用挡板调节,永磁调速器有以下优势:

- (1) 环境适应性强,可在潮湿、粉尘、易燃易爆、谐波严重、电网波动大等恶劣环境正常工作。
- (2) 绿色环保,无谐波、无电磁波干扰,对电网无污染。
- (3) 设计使用寿命25年,维护成本低,基本免维护。
- (4) 高效节能,节能率为25%以上,性价比极高。
- (5) 无级调速,调速范围0% ~ 97%,在运行过程中可任意调节。
- (6) 相对无机械连接,隔离振动,延长传动电机、风机或水泵的使用寿命。
- (7) 可实现电机空载启动,大幅度降低电机的启动电流,减小系统冲击。

四、二次风机改造方案

(一) 改造施工方案

本次改造拆除二次风机原蛇簧联轴器,在电机和风机之间安装永磁调速器,电机根据调速器尺寸向后平移,在相对应的位置重新水钻4个地脚螺栓孔 $\Phi 150\text{mm}$,深500mm,用来固定后移的电机底座。



> 图3-1 永磁调速器安装示意图

(二) 永磁设备参数

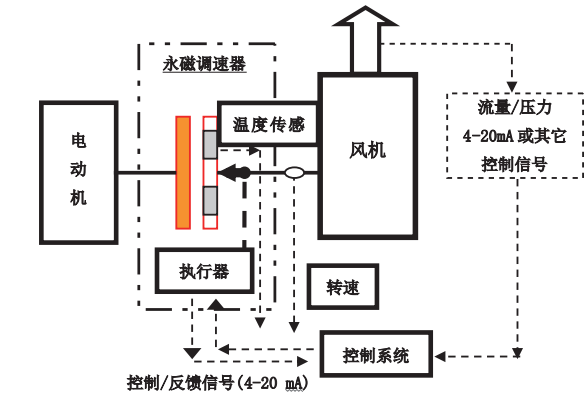
根据二次风机运行参数,本次改造采用 YTF-750 型盘式永磁调速器,设备参数如下:

表4-1 永磁调速器性能及参数

YTF-750性能及参数		
适配功率 (kW)	500	
适配转速 (rpm)	1500	
额定扭矩 (N·m)	3300	
线性峰值扭矩 (N·m)	4200	
气隙调整范围 (mm)	4.4 ~ 41	
效率	96%	
调节精度	≤ 1%	
响应时间	≤ 1s	接到动作指令
环境温度 (℃)	-40℃ ~ 65℃	
噪音 (dB)	< 90dB	
结构方式	盘式结构 (ABBA)	
冷却方式	自然风冷	
规格 mm 直径 × 轴端距	φ930 × 830	
估重 (Kg)	950	

(三) 自动控制方案

永磁调速器的气隙调整通过电动执行器来完成。根据工艺要求从负载上取出流量、压力或液位等控制信号，送到 PLC 系统进行 PID 调节计算，发出 4 ~ 20mA 信号送到执行器，执行器产生机械控制指令控制永磁调速器的执行机构，改变永磁盘和导体盘之间气隙的大小，从而改变负载的速度，实现负载速度的变化。重复上述过程即可实现闭环控制^[10]。整个控制系统可以实现全自动控制或手动控制，当自动系统故障时，可通过执行器手动调节气隙。



> 图3-2 控制部分结构示意图

(四) 冷态调试数据

风机启动后逐渐全开风机入口挡板，通过调整永磁调速器执行器开度调整风机转速，每次增加10%，记录一次风机主要运行参数，具体调试数据如下：

表4-2 二次风机永磁调速器冷态试验数据表

永磁执行器开度	电流 A	转速 rpm	风压 kPa	风量 km3/h	轴承温度 ℃	导体温度 ℃	轴承振动 mm/s
0%	23.7	440	0.75	41	25.3	35.8	0.5
10%	24	530	0.82	48	27.8	46.4	0.5
20%	24.7	656	1.23	59	28.4	51.2	0.6
30%	27.5	802	1.79	70	29.5	56.7	0.8
40%	31.6	964	2.35	81	30.6	60	0.9
50%	37	1104	3.78	90	30.6	61	0.9

五、改造效果分析

为了验证二次风机节能改造效果，进行了72小时性能考核，对风机主要运行参数进行了对比，改造前后风机运行参数对比如下：

表5-1 二次风机运行数据统计

挡板开度 %	电流 A	转速 rpm	风压 kPa	风量 km3/h	轴承振动 mm/s	备注
50	49.5	1485	6.23	71.5	3.4	改造前
49	49.3	1485	6.09	71	3.3	
50	51.2	1485	6.37	75	3.3	
100	35	1120	5.51	73	1.0	改造后
100	35.9	1136	5.71	75	1.1	
100	36.2	1126	5.65	75	1.1	

通过数据对比分析在相同工况下，二次风机改造后运行电流从51A降至36A，以全年运行7000小时、每度电0.5元计算，全年节约电费：1.732×6×15×7000×0.5=54.558万元节能效果明显。

六、结论

(1) 永磁调速器的有效应用能够切实明显地节约电能。在相同工况下，3#锅炉二次风机改造后运行电流从51A降至36A，节能率29.41%。

(2) 永磁调速器能够很好的处理掉系统负载当中的软启动、过载保护以及减震等诸多问题。风机转速降低，风压及风机振动值下降，风机运行中风道憋压振动情况明显改善，风机运行安全得到了极大的提升。

(3) 永磁调速器在我公司3#锅炉二次风机节能改造项目的应用，实现了风机节能降耗与安全运行的双赢，可以在同类型风机节能改造中推广应用。

参考文献

[1] 循环流化床锅炉优化改造技术（黄中编著，中国电力出版社2019.3）。
[2] 泵与风机节能技术（魏新利 化学工业出版社2011年）。
[3] 李亨. 永磁调速器在锅炉风机上的节能改造分析与应用[J]. 中国设备工程, 2023,(12):147-149.
[4] 无锡华光锅炉股份有限公司设计制造的型号为UG-220/10.8-M 循环流化床锅炉说明。
[5] 李伟, 林晓斌. 燃煤电厂脱硫浆液循环泵节能改造及效果分析[J]. 节能与环保, 2022,(12):77-79.
[6] 李旭, 董达, 陈学兵, 等. 电厂锅炉送风机节能改造方案分析[J]. 黑龙江电力, 2022,44(03):267-270.DOI:10.13625/j.cnki.hljep.2022.03.015.
[7] 姚杰. 永磁调速技术节能分析[J]. 电气时代, 2021,(06):58-60.
[8] 郑志强. 电厂泵与风机节能技术探讨[J]. 才智, 2011,(18):86.
[9] 薛宏伟, 王-宁. 永磁调速器的原理及节能分析[J]. 节能, 2017,36(2):65-67. DOI:103969/j.issn.1004-7948.2017.02.018.
[10] 渭化集团二次风机永磁调速节能改造可行性论证报告。