

火电厂锅炉运行中的节能对策研究

王炯

国能锦界能源有限责任公司

摘要:目前,电力系统的电能供给仍然以燃煤为主,为了节约燃煤对煤炭资源和电能的消耗,提高热能和电能的利用效率,本文以火电厂为主体,重点从火电厂的操作出发,在简要分析了火电厂锅炉高能耗的影响因素的基础上,提出了对磨煤机动态分离器进行改造,对引风机变频器进行改造,强化空气预热器的变频控制,以期为提高火电厂锅炉的节能水平提供一些优化的思路。

关键词:火电厂; 锅炉运行; 节能技术

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.12.045

火电厂是一个典型的资源密集型行业,它是以煤炭这一不可再生能源为主要原材料的。在火力发电厂的生产流程中,锅炉的使用是一个非常关键的步骤,通过节能手段来优化其在操作过程中的使用效果,这对提高锅炉的实际操作效率、降低资源浪费、强化环保等方面都有着十分重要的意义。探讨了火电厂在实际操作过程中采取的节能措施,对进一步深化和完善火力发电厂的可持续发展思想有着重要的指导作用。

一、火电厂锅炉高能耗的影响因素

1. 燃料问题

燃料问题是造成锅炉运行能耗高的一个重要因素。目前,我国大部分的火电厂都是以火力发电为主,而目前的工业窑炉则是以燃煤为主要燃料,在锅炉的型号、尺寸等指标确定的情况下,燃煤的数量以及有没有含有过多的杂质都会对燃烧的效果产生直接的影响。根据火电厂的实际运行状况,在过去的某电厂中,燃料仍然是以燃煤为主。然而,由于原料来源不同,其质量和燃烧度等指标也有较大差别,从而造成了实际燃烧效果的不均衡。

而且,在一些煤质量不高的条件下,由于燃烧状态不佳,锅炉在实际的燃烧中生成的热量也比较少,当煤不能充分燃烧时,锅炉排出的残渣很可能会污染环境。因此,在对火电厂长锅炉进行节能改造的过程中,应注重对其使用的燃料品质进行重视,从而从强化燃料管理的角度来提升其在操作过程中的使用效率。

2. 锅炉运行问题

由于锅炉本身存在的一些问题,造成了大量的能源消耗。目前,我国火电厂可供使用的锅炉仍然是以工业锅炉为主体,存在着运行载率偏低,运行效率不高的问题。上述问题的出现,不但降低了炉内的热量输送效率,而且易导致相关设备的服役寿命缩短。在煤质不均

的条件下,锅炉自身的运行问题将使其熄火、失效等现象更加严重,不仅导致能耗高,还可能对电厂的正常生产造成威胁。

二、火电厂锅炉应用的节能对策

根据目前火电厂易造成能源消耗的根本原因,要从改善和强化电厂的有关管理体制入手,就其本身而言,要减少能源消耗,主要可以从锅炉运行中所涉及的各种设施和设备入手,对其全流程进行优化和调整。因此,本文重点研究了由于锅炉本身的运行问题造成的能源消耗情况,并从改造设备的角度出发,达到了对锅炉操作进行节能管理与控制的需求。

1. 改造磨煤机动态分离器

火电厂的动筛是磨煤机组中的一种重要设备,随着科技的进步和环保的需求,常规的静态离心分离机已很难满足相关的政策与标准。立足于节能减排的目标,从锅炉运行过程中对煤粉流动的影响因素出发,通过对磨煤机分离器结构进行优化,使原有的静止式分离器改造为动态式分离器,使其更好的达到改善煤粉细度的效果。

1) 改造后的磨煤机动态分离器的运行原理

要对磨煤机动力分离器进行改造,必须弄清其工作原理。在电站锅炉的工作中,动力分离器主要起到了分选煤粉的作用,它可以通过调节固定挡板来实现对不同粒径的煤粉通过重力和流速的作用来控制。在此过程中,旋叶倾角对煤粉细度也有一定的影响。

在常规的固定式离心式分选装置中,煤粉在气流的推动下,由磨机送入分离器后,其叶片将沿与入口煤粉气流反向转动。此时,空气可以将细小的煤粉推向不同的方向,使细小的煤粉沿着分离器内的桨叶方向不断地转动;而未被空气推进的粗煤粉,在接触到桨叶后,将继续沿直线运动,并被分离出去。

对离心器的改造，主要是基于锅炉工作的动力学效应，增加了转动转子分离机构，将煤粉气体送入分离器后，由转子直接对其进行预分离，预分离后获得的空气-粉末混合气体，再进入分离区进行正式分离。在风轮驱动下，煤粉在高速旋转时，所形成的加速运动受风轮转速的影响，而当风轮转速高时，煤粉的加速特性也会随之增大。

受此关系的影响，当磨机运转时，当磨机内的煤粉因旋转而形成的离心力大于气流的重力时，可实现煤粉的分选。

在此过程中，随着煤粉粒径的减小，分选过程中所承受的离心力增大。因此，火电厂对煤粉细度要求愈低，与之对应的是，当煤粉进入分离器后，转子的速度不受扰动因素的影响，其数值也就大了。分选后的煤粉继续随风旋转，在转子旋转力的作用下，细小的煤粉通过分离器的出口进入分离器，进一步分离出了更多的合格细粉，实现了提高煤粉细度、降低能耗的目标。

2) 加强磨煤机动态分离器控制的措施

为了使动力离心机达到较好的节能效果，必须充分利用变频调速装置对转子的转速进行调整和控制。在分流器工作时，变频器的主要作用是由一个减速器来减速，然后带动转子的转动。此时，转子的速度在0-740 r/min之间，并且可以通过无级调整来实现对动态分离器的控制。在此过程中，转子的速度控制信号主要来自给煤机的供煤量，一般来说，给煤量的信号是4-20 mA的电流信号，基于此信号的变频器的输出频率，经过测量，其范围为0-50 Hz。根据此原理，可使给煤机在工作过程中始终与磨煤机的转速保持一致。

结合改进后的磨煤机动力分离器工作原理，在减少煤粉细度的同时，还能减少锅炉工作过程中飞灰中的碳含量，降低发电煤耗，达到节能降耗的目的。比如，一种型号的球磨机，在输出功率52吨/小时，其粉细度为42.9%，采用改进后的动力离心法，其粉细度可降低25.1%，达到17.8%。通过对该模型的分析，提出了采用变频调速技术对动力分离器进行变频调速，使磨煤机达到了稳定运转的目的。随着煤粉细度的下降，飞灰含碳量也将下降25%，发电煤耗将下降2.5克/度，在此基础上，一年可节省上万吨标准煤。

2. 改造引风机变频器

水泵、风机是锅炉最大的耗能装置，由于其长期工作，直接关系到整个机组的安全生产。对锅炉工作中的风机进行变频控制，既可以有效地控制电动机的速度，

又可以降低风机在工作中的能量和资源的浪费。

1) 变频降速原理

在电站锅炉运行过程中，引风机变频调速技术的改进有多种。首先，可以采用变频调速的方法，以控制风机的能量消耗为主，以调整风机转速为主。风机的转速受风量和风压等诸多因素的影响。根据实际操作经验，可以清楚地认识到各物性参数对釜式加热炉操作性能的影响及其相互关系。并将此关系用于指导风机的能耗控制。更详细地说，风机速度、空气流量和风压的关系主要由下面的公式表示：

$$Q_1/Q_2=n_1/n_2$$

$$H_1/H_2=(n_1/n_2)^2$$

$$p_1/p_2=(n_1/n_2)^3$$

由此公式可知，当风机速度降至原速度的二分之一时，所需的能量也只有原来的1/8。因此，在对引风机变频器进行改造的过程中，可以采用合适的方法，通过对环境条件的控制和工作行为的规范，最大限度地防止了风机的转速突变，降低了过量的功率输出。

2) 改变功率因素原理

其次，在电站锅炉运行过程中，对引风机变频调速系统进行改造，也可以采用调整功率因数的方法。交流电路中，电压和电流间有相位差 ϕ ，根据相位差的概念，将其表示为相位差余弦函数。根据该理论，可以求出在电动机工作时表观、有功、无功与功率因数的关系：

$$Q=S \times \sin \phi$$

$$P=S \times \cos \phi$$

由该公式可知，当电机表观功率不变时，其输出功率和有功输出成正比。由于风机在工作时，由于风机内磁场的形成，其有功功率的大小将直接影响到风机的整体性能。在对引风机变频调速系统进行改造时，要充分考虑变频调速系统对机组运行状态的影响，以最大限度地降低无功。

在对引风机变频调速装置进行改造时，可以通过增设变频调速装置及手动旁路装置，来实现对风机装置运行时当前运行信号的变化进行控制。在三台高电压断路器间采用了机械连锁的方法，保证了三台高电压断路器不能同时合闸。

当三个开关被打开，并且第一个和第二个开关被关闭时，DCS系统的逻辑将风机设置为频率转换模式，但是当第一个和第二个开关被打开并且三个开关被关闭时，DCS的系统逻辑将会把这个分解为一个工频模式。

在实际工作中,可将此控制原则直观地展现在风机系统屏幕上,并对各切换状态进行显示。

在改造了引风机变频器的内部结构及控制系统后,省去了引风机进口挡板,可用于调整锅炉工作时的炉膛压力。但是,在实际操作中,进口折流板与变频器的的工作有矛盾之处,为了防止其出现故障,必须确保进口折流板是一种后备结构,因此,必须对进口折流板进行周期性的可移动实验,以使其能够在变频器正常工作的前提下,达到适用于进口折流板的目的。在测试过程中,有关工作人员应着重对炉压变频自动方式进行检测。在测试结束之后,进气阀应该保持在完全打开的状态。

3) 调整炉膛压力

同时,针对引风机变频调速系统的改造,提出了炉压对其使用效果的影响。为了达到火力发电厂锅炉的节能要求,在对引风式变频调速系统进行改造时,还需对其炉压进行调节。要对炉内压力进行调节,一方面要由有关人员进行实时监测和管理,对进口挡板控制调节器进行人工切换,另一方面,还可以根据引风机变频运行模式、锅炉运行状况、锅炉负荷等资料,在将炉膛负压控制系统调整到85%以后,利用变频调速PID的方法进行自动调整。

当机组运行时,若发生单机机组事故跳闸,则需根据故障状况,在系统中间设置操作或工作模式,对系统运行过程中出现的故障做出快速反应,使其能够充分利用机组的负压自调节功能,实现对单个机组的PID控制参数的自动调节,从而提升单机的响应速率。从而确保了锅炉在变负荷工况下的使用效果,同时也为进一步推广节能措施打下了良好的基础。

应当指出,在对炉压进行调节时,必须在炉内设置一些设备,以避免出现内爆现象,从而影响到整个电厂的运行。为了保证电站锅炉的安全运行,可以采用与送风器命令成正比的前馈信号,通过指令回路,使“前馈”信号可以直接加入到对引风机速度的调整过程中。在该系统操作过程中,当锅炉出现主燃油跳脱时,该比例信号可在控制回路投入操作时被调整。

这个信号使得可以有效地控制引风机的速度。提出了一种新的调速方法,该方法可以使比例信号在一定的时间内自动减至零,从而使引风机的速度信号逐渐恢复。根据此原则,既能有效地提高炉压调整系统本身的安全性,又能确保整个锅炉的安全运行。从电厂的实际生产需求出发,在对锅炉相关设备进行改造以达到节能

目标的前提下,还必须确保锅炉的安全,使其在电厂的生产运作中更好地发挥其功能。

提出了一种改进的引风机变频调速系统,使风机在工作时的节流损失大为减少。改造后的变频调速装置还可以解决无挡板调节时产生的死区问题。通过对引风机变频调速装置进行改造,可以有效地提高火电机组的整体调节性能,既可以减少资源的浪费,又可以减少实际的发电费用,提高电厂的经济效益。

3. 加强空气预热器的变频控制

在锅炉运行过程中,空气预热器是实现燃油净化的重要装置。通过强化变频控制的方法,对空气预冷加热进行了改造,主要是根据交流电机的工作情况和它在运转过程中所涉及的电机转速、定子供电频率等参数的变化规律。有关的计算公式有:

$$N=60 f/p$$

其中, n 表示AC电动机转子的速度; f 表示该AC马达定子的电源频率; p 表示交流电动机的极对数。由该公式可知,当电动机定子供电频率变化时,其转子速度也将随之改变。

特别是,要对空气预热器变频调速进行改造,必须结合电厂的实际工况,采用仿真的方法,以定子电源的频率为主要被控量进行调节试验。由于交流电动机在锅炉工作时具有很大的功率因数和较高的运转率,因此采用这种方式可以有效地节约能源。

三、结论

总之,对电厂锅炉在使用过程中的一些设施和设备进行了改造,可以使锅炉在运行中实现节能减排的目标,从而使燃煤机组向更节能、更环保的方向发展。针对目前我国火电厂存在的能源消耗大的问题,从机组改造过程中所涉及的设施、设备等方面进行分析,可以提高机组在运行中的节能效率。在电厂今后的运营发展过程中,还需进一步完善设备的优化与操作流程和管理体制的相互联系,推动节能技术与电厂生产运作的有效结合。

参考文献

- [1] 杨凯. 火电厂锅炉汽轮机系统节能环保的问题及措施[J]. 资源节约与环保, 2019, 34(8): 45-45.
- [2] 史慧平. 火电厂机组节能环保技术改造的策略研究[J]. 化工管理, 2019(17): 61-62.
- [3] 秦岩. 火电厂锅炉汽轮机系统节能环保的问题及措施探索[J]. 科技视界, 2018(16): 221-222.