

320t/h高温超高压锅炉燃烧系统技术的改进和革新

廖平

新余钢铁股份有限公司 338001

[摘要]新钢公司原有多座中温中压锅炉及相应的汽轮发电机组和汽轮鼓风机组,其汽轮发电设备单机容量小、发电效率低,公司决定采用高效率、大容量的机组来逐步淘汰高能耗、低效率、老化严重的小型发电机组,充分利用高效低耗的优势,进一步提高资源回收利用率。并以此成为公司的一个重要的效益增长点,目前已建成 $2 \times 320\text{t/h}$ 高温超高压中间再热煤气锅炉+ $2 \times 93\text{MW}$ 中间一次再热凝汽式汽轮机+ $2 \times 100\text{MW}$ 发电机组及配套辅助设施。基于此,本文笔者将对 320t/h 高温超高压锅炉燃烧系统技术的改进进行相关的介绍和概述,并且给出相关的研究成果,供同行参考。

[关键词] 锅炉; 燃烧系统; 技术改进; 革新

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2020.02.1661

一、关于此次锅炉燃烧系统中高温超高压发电技术原理的相关概述

高温超高压技术之所以高效的主要原因在于提高了蒸汽的初参数、增加了一次中间再热系统和六级抽汽系统:中温中压发电技术主要蒸汽参数为 3.82Mpa 、 450°C ;高温高压发电技术主要蒸汽参数为 9.8Mpa 、 540°C ;高温超高压发电技术主要蒸汽参数为 13.7Mpa 、 540°C ,如下为高温超高压机组的工艺流程简图:

(1)保持主蒸汽温度和汽轮机背压不变的情况下,提高主蒸汽压力有利于提高机组的热循环效率。

(2)增加了一次中间再热后,蒸汽从汽轮机中间级抽出后重新加热到初温度,降低了蒸汽的排汽湿度,使得湿度损失减小,提高了汽轮机循环热效率。

(3)抽汽加热系统:六级抽汽回热加热系统,共有两个高压加热器、一个除氧器和三个低压加热器。

高效发电机组相对比老系统机组,煤气综合利用率,因此对锅炉燃烧系统进行改进,提高设备的最大出力,可为新钢公司创造更多的经济效益。

二、锅炉燃烧系统的问题所在——锅炉含氧量不足

1#机、炉试运行期间,锅炉含氧量不足的问题,制约了机组的出力,机组为了维持运行只有保持低负荷,此时循环热效率低、煤气单耗高,锅炉含氧量长期维持在2%左右运行,但由于高炉煤气压力波动大,有时锅炉含氧量会突破安全运行下线(1.5%),此时送风机变频及挡板都为全开位置,已无调节余地,给锅炉的热效率和安全运行带来隐患。

三、优化锅炉燃烧系统技术设计的三个策略

项目攻关组为解决此问题做了大量工作,主要通过以下几个方面进行优化设计:高炉煤气燃烧器结构形式和安装尺寸优化设计;进口消音器结构形式和管道布局优化设计;送风机叶轮的优化设计。

(一) 炉燃烧器的优化设计

1.设计思路:燃烧器是以煤气为热源的加热设施,用来实现煤气燃烧过程的专用装置,主要作用是按一定比例混合将煤气和助燃空气引入烧嘴处燃烧,原燃烧器空气侧流通面积小,阻力大减少了送风流量,并且流速过快,风量调节阀开度大时,火焰喷射太远,超过炉膛中心区,因此需对高炉

气燃烧器进行优化设计。

2.方案实施:

(1)把稳焰器的文丘里结构去除,形成平直稳焰器。文丘里结构有利于空气与燃料的混合,但要求燃气压力和热值高,主要用于天然气,而高炉煤气由于燃气体积量大,燃气压力低,不适合于使用文丘里结构。

(2)燃烧器空气侧叶片角度由原来的 30° 改为 20° ,叶片数量由原来的75片改为50片。高炉气量大热值低,所需空气比例量小,因此高炉煤气需要较大的旋流角度,使高炉煤气能够旋入周围的空气中,而空气则不需较大的旋流角度即可,这样也可较低燃烧器空气侧的阻力,减少送风机的压头,达到节能的目的。空气侧叶片角度 30° 一般用在焦炉煤气燃烧器居多,而 20° 一般用于高炉、转炉煤气燃烧器居多。还有相同的圆截面,如布置较多的叶片,叶片必能较密,同样为了覆盖投影面积,叶片会较短;如布置较少的叶片,叶片必能较疏,燃烧器阻力自能减少。

(3)燃烧器的空气通道扩大,由原来的DN860加大为DN1000。空气通道在DN860时空气速度(热态)达到 42m/s ,达到空气通道的设计最高值,此时的空气通道阻力达到约 400Pa ,同时由于空气入口比较靠近旋流叶片,此时高速空气需要迅速转变方向,局部阻力也非常大,现场实测燃烧器前阻力可高达 3400Pa ,远高于设计值。通过分析,考虑现场安装尺寸把空气通道直径扩大至DN1000,流速降低至原来的 $2/3$,阻力也随之降低。

(4) 燃烧器的空气进口由原来的DN630增加到DN720

空气进口原设计值高达 44m/s ,一是管道阻力加大,二是在空气通道进口处形成一个局部涡流阻力很大 90° 直角转弯。阻力与速度成平方关系,降低速度可较迅速地解决问题,考虑现场安装位置把空气进口扩大至DN720后,速度降至 33.5m/s ,此处助力也就减少了。

(二) 进口消音器和管道的优化设计

1.设计思路:原送风机进口消音器为圆形结构,进口横截面积与风机蜗壳入口面积等同,消声片采用扇形折板式,消声片厚度为 150mm ,内填多孔型吸声材料,外用不锈钢网固定,空气经过消声片后进入送风机入口,因此送风有效面积大大减少,而且由于阻力大风机入口噪音大。还有原进口风

管道安装位置低,刮风下雨时经常有水雾吸入,这样造成孔型吸声材料吸灰堵塞,因此需对其进行重新优化设计。

2. 方案的实施:

(1) 消音器外形改变,由圆形改为矩形结构,并且扩大进行横截面积;消声片结构形式改变,由扇形折板式改为错列排布片式消音器。

首先,优化前原消音器 $R=800\text{mm}$,横截面积 2.0m^2 ,现改为 $L=2200\text{mm}$, $H=1600\text{mm}$,横截面积 3.5m^2 ,共增加了 1.5m^2 。其次,消声片由扇形折板式改为错列排布片式。折板式可增加声波在消音器处的反射次数,即增加声波与消音材料接触机会,但是此类消声片阻力损失大,而错列排布片式消音器将进风口分成多个通道,每个通道分担的消音量少,结构尺寸一般偏大,最大的优点在于阻力系数小,从表-3可以看到原消音器阻力偏差较大,因此选择片式消音器。

(2) 送风管道的优化,送风机进口调节挡板与送风机蜗壳处不动,在其后面增加一个圆变方的短接,再提高入口的高度,使入口面离地面约 3.5米 高,而后重新安装新的消音器。

(三) 送风机叶轮优化设计方案

1. 设计思路:原送风机出力小,锅炉冷态对送风机进行风压和风量试验,送风机最大运行频率 50Hz 进行了测试,其出口风压: 5.11kpa 风量约为: $14500\text{m}^3/\text{h}$,低于送风机设计值,此时送风机的电机却还有功率富余,但由于风机蜗壳、安装基础和电机已经固定,如需重新购买风机,还需对安装基础破除及重新浇灌,不仅浪费钱而且改造周期长,因此我们考虑在不改变其他条件的情况下,只对风机叶轮进行优化设计,而使风量、风压得到提高。

2. 方案的实施:

(1) 查风机性能表:G4-73Ne14D,转速 1450rpm ,风机流量 $86586-166100\text{m}^3/\text{h}$,配套功率为 $280-315\text{KW}$,现高效发电配套的送风机电机为YVF355-4,额定功率为 355KW ,可以适当增加叶轮直径来提高风量和风压。

(2) 利用送风管道优化的时候,此时风机入口已经拆除,可直接对蜗壳切割叶轮进行更换,减少了安装工程量,送风机原叶轮直径为 1400mm ,通过在fluent流体模拟软件进行计算,叶轮直径在 1440mm ,可实现所需的风量和风压。

四、项目改进的运行效果及效益分析

(一) 运行效果

通过对以上三个方面的优化改造,运行效果较好,通过技术攻关和改造后,锅炉含氧量得到了增加,机组出力得到了提高,为新钢公司节能增效做出了巨大贡献。

优化前锅炉在保证最低含氧量 1.5% 时,机组最多可以带 83MW 左右的负荷,优化改造后机组在 98MW 负荷情况下,送风机变频还有 5Hz 的富余值,锅炉的含氧量仍有 3.0% ,调节线性强,因此在煤气有富余情况下,机组可以连续出力达到 93MW ,效果如下:

1. 通过高炉煤气烧嘴的优化,使烧嘴处的阻力降低了 750pa ,热风通道更加畅通,燃烧器火焰也在炉膛中心位置。

2. 优化前、后消音器的阻力降低了约 390pa ,并且吸入口抬高了约 2.5米 ,确保了设备的安全运行。

3. 在不改变其他条件下,通过改造送风机的叶轮,使送风机的风量、风压达到额定工况所需。

(二) 经济效益

新钢公司一期2台汽轮发电机组已正常并网发电,现机组的出力可以达到 93MW ,最高可达到 100MW ,通过此技术攻关,使锅炉含氧量有效地得到了解决,由攻关前机组负荷最大出力为 83MW ,提高到了 93MW 以上,在煤气富余的情况下,我们可以调节分配新、老系统煤气量,匀出的煤气给高效发电。高温超高压机组煤气单耗约为 $2.95\text{m}^3/\text{kwh}-3.05\text{m}^3/\text{kwh}$ (与发电机负荷高低有关),而中温中压发电机组煤气单耗大约为 $5.0\text{m}^3/\text{kwh}$,因此在高负荷运行时高效发电每万 Nm^3 高炉煤气比中温中压发电增加发电量 1390kWh ,考虑到煤气压力和供应量的影响,一年按150天满负荷生产计算:

2台机组增发电量: $2\text{台} \times (93-83)\text{MW} \times 24\text{小时} \times 300\text{天} = 72000\text{MWh}$

按 $0.6\text{元}/\text{kwh}$ 计算: $0.6\text{元}/\text{kwh} \times 72000\text{MWh} = 4320\text{万元}$

同样的煤气老区机组发电负荷: 42480MWh

按 $0.6\text{元}/\text{kwh}$ 计算: $0.6\text{元}/\text{kwh} \times 42480\text{MWh} = 2549\text{万元}$

可增经济效益: $4320-2549=1771\text{万元}$

(三) 社会效益

随着国家节能环保政策的加强,企业的节能环保压力非常大,钢铁企业作为高能耗高排放的企业,尤为明显,因此新钢公司一期2台高效发电机组负荷的提高,为新钢节约了大量的煤气且增发了更多的电,新钢公司自发电量步步高攀,并且对节约能源、降低排放以及保护当地环境起到了巨大的作用。

结语

综上,此项目的技术改进与创新不仅对新钢公司的经济、社会效益取得了一定的成就,而且为新钢公司即将开工的二期提供了宝贵的经验,同时也为江锅首次制造并投产的 320t/h 高温超高压锅炉燃烧系统提供了改造成功的范例。

参考文献

[1] 张珊. 湘钢EPC总承包项目超高压高温煤气锅炉及燃烧系统设计[C]//中国电力规划设计协会. 中国电力规划设计协会, 2015.

[2] 穆素琴, 樊凯华. 320t/h 高温高压煤粉锅炉安装工艺总结[J]. 化工管理, 2015(27): 2.

[3] 胡鹏. 480t/h 超高压循环流化床锅炉燃烧系统模糊控制应用研究[D]. 华中科技大学.

[4] 汪伟. 某热电厂 440t/h 循环流化床锅炉超低排放技术研究及工程应用[D]. 华北电力大学; 华北电力大学(北京), 2017.