

干熄焦余热利用系统优化

李心宇* 谷 峰

华泰永创(北京)科技股份有限公司 北京 100176

摘 要: 本文重点阐述了干熄焦余热利用技术的现状,并将干熄焦技术与传统湿法熄焦进行对比得出干熄焦技术的优点,并且立足优点提出了干熄焦技术优化与相关措施,最后对干熄焦余热利用系统进行优化总结及技术展望。这对我国独立焦化企业干熄焦项目具有指导意义。

关键词: 干熄焦 湿法熄焦 余热 系统优化

1. 干熄焦余热利用技术现状

节能减排是转变粗放型经济增长方式,缓解资源和环境压力的重要政策之一。钢铁是高能耗、高污染的产业,是国家节能减排的重点行业,面对外部资源、能源和环境压力日益增大的严峻形势,高效回收利用钢铁生产过程中的余热能是未来钢铁工业节能减排的主攻方向和突破口。而干熄焦是回收利用钢铁生产过程中焦炭显热的重要技术。

干熄焦发电技术是以冷惰性气体在干熄炉中与赤热焦炭逆流接触吸收其热量,并终止其燃烧,吸收了红焦热量的惰性气体作为二次能源,在干熄焦余热锅炉中生产高温、高压蒸汽而重新变冷,冷的惰性气体再经过循环风机去冷却红焦的技术,其中蒸汽一般全部用来发电。通常,干熄焦电站凝结水先通过凝结水泵送至除盐水箱,再由除氧器给水泵依次经过给水热交换器、副省煤器送至除氧器,其中给水热交换器的热源来自于经过副省煤器加热后的凝结水,锅炉出来的循环气体经多管旋风二次除尘器除尘后,由循环风机加压,为副省煤器提供热源,循环气体经换热冷却至 130℃ 以下进入干熄炉循环使用。除氧后的水经过锅炉给水泵送至锅炉省煤器,再依次经过水冷壁、鳍片管蒸发器、光管蒸发器、一次过热器、二次过热器,最终产生高温高压蒸汽用于汽轮发电机组生产电力。

目前干熄焦锅炉热力系统虽然较为成熟,但还存在问题,通常采用大气式热力除氧器,余热锅炉给水温度为 104℃ 左右,导致锅炉蒸汽产量无法提高;而余热锅炉后常配置副省煤器,系统复杂,烟气阻力大,工作温度(160~180℃),循环风机功耗高;副省煤器系统需要单独占地,系统布置不紧凑;凝结水在输送过程中二次曝气,使氧含量提高,存在潜在的氧腐蚀。

本文依此提出优化建议,从而为我国的干熄焦技术发展奠定良好基础。

2. 与传统湿法熄焦相比干熄焦技术的优点

经济的增长与社会的进步,都建立在对能源开发和利用的基础上,随着经济的快速发展,我国对于能源的需求量也随之迅速增加,而自然界中的常规能源开始短缺,与此同时,在能源利用的过程中,能源消费不合理、利用效率低、浪费现象严重以及环境污染等问题愈发显著。2012 年以来,国内各大城市频频出现雾霾天气,使人们对能源与环境问题更加重视,面对能源与环境问题的严峻形势,节能减排、保护环境势在必行。

中国是世界焦炭第一生产大国,目前我国年焦炭产量已超过 5 亿吨,到 2011 年底我国规模以上焦化厂已有 798 家,平均产量规模 53.6 万 t。熄焦是焦炭生产过程中的重要环节之一,煤在结束炼焦准备出焦时,温度高达 1000℃ 左右,是较高品位的余热资源,此时焦炭显热约占到焦炉全部能耗的 35%-40%,相当于炼焦使用煤能量的 5%,传统的湿法熄焦是用大量水直接喷洒在炽热焦炭上使其冷却,湿法熄焦过程中红焦热量完全损失,同时会产生大量的粉尘和酚类、氰化物、硫化物等有毒有害气体,严重污染大气及周围环境,并腐蚀设备。

相对于湿法熄焦工艺,干熄焦技术具有重大节能环保意义,干熄焦技术是将 1000℃ 左右的高温焦炭装入密闭的干熄炉内,采用低温惰性循环气体与高温焦炭换热,使焦炭温度降低至 200℃ 左右,升温后的循环气体经余热锅炉进行热交换,产生中压或高压蒸汽,这些蒸汽可用于发电或作为车间用汽或采暖等,被冷却的惰性循环气体由循环风机

***通讯作者:** 李心宇, 1987.04.02 生, 男, 汉族, 辽宁鞍山人, 中级工程师职称, 本科学历, 研究方向: 热力相关, 主要从事: 干熄焦项目的热力设计工作。邮箱: 1025715780@qq.com

鼓入干熄炉继续用于熄焦。

因此干熄焦避免了湿法熄焦时急剧冷却对焦炭结构的不利影响,其机械强度、耐磨性、真比重都有所提高。焦炭 M40 提高 3%-6%, M10 降低 0.3%-0.8%,且焦炭的热反应性均有所改善,进而降低高炉焦比和炼铁成本,提高高炉生产能力,同时也完全节省了熄焦用水。相对于湿法熄焦,干熄焦技术不仅在节能、环保和改善焦炭质量方面有明显优势,其所产生的经济效益、环境效益和社会效益也十分显著,干熄焦技术正被国内外炼焦行业推广使用,成为钢铁联合企业研究的重要课题。

3. 干熄焦技术优化

3.1 循环风量的优化

干熄焦系统余热锅炉的蒸汽发生量主要取决于余热锅炉入口循环气体参数,而入口循环气体参数主要取决于干熄炉内换热效果。干熄炉运行时,焦炭处理量应与循环风量相匹配,循环风量与焦炭处理量的比值称之为风焦比,它是干熄炉运行的一个重要参数,它的大小直接影响到锅炉入口循环气体的参数。当风焦比过大时,虽然焦炭的冷却效果较好,但由于循环风量过大导致余热锅炉入口循环气体的温度偏低,造成锅炉的产生蒸汽参数达不到要求;另一方面,循环风量过大时,焦炭被急剧冷却,影响焦炭的质量,同时,在冷却室下部,由于焦炭和循环气体温差较小,换热过程十分缓慢,这一区域没有充分发挥到冷却作用,影响到干熄炉的效率。当风焦比过小时,排焦温度升高,不能满足焦炭的冷却要求,干熄炉的余热回收率也低;同时,风焦比过小会使锅炉入口循环气体温度升高,对锅炉的安全运行不利。因此,确定合理的风焦比对提高干熄炉效率及机组的安全运行至关重要。

3.2 主蒸汽参数的优化

3.2.1 主汽压力优化

在 EUD 图像焓分析中,得知余热锅炉内火用损最大的部位在蒸发系统内,占余热锅炉内的总换热火用损的 60% 以上,余热锅炉内释放侧(循环气体)的能量品味主要取决于干熄炉内的换热过程,当循环气体的能量品味一定时,提高主蒸汽压力,汽包压力将随之升高,蒸发器段换热火用损将减小,提高主蒸汽压力可以降低余热锅炉内的换热火用损,具体来说,对蒸发器段的换热火用损影响较大,对省煤器和过热器段的换热火用损影响较小。

3.2.2 主汽温度优化

提高主汽温度总能提高机组的发电量和循环热效率,提高主汽温度使排汽干度增大,减少了低压缸排汽湿汽损失,当其他条件不变时,提高主汽温度使其比体积增大,汽轮机高压端的叶片高度加大,相对减少了高压端漏气损失,因而可提高汽轮机的内效率。然而,主汽的温度也不能无限制的升高,主汽温度升高,锅炉内换热温差将减小,使得换热面积增加导致钢材的使用量急剧增加,大大降低的余热电站的经济性;同时主汽温度的提高也受到金属材料的制约,随着主汽温度升高,金属材料的强度极限、屈服点以及蠕变极限都要随之降低,高温下金属也会发生氧化,甚至金相结构变化,导致热力设备零部件强度大为降低,乃至毁坏。因此,适度提高主汽温度对机组的经济运行是有利的。

4. 技术优化措施

首先,在轴封冷却器及副省煤器之间增加低压加热器,把在汽轮机内做了部分功的蒸汽,抽至低压加热器提升给水温度,减少汽轮机送往凝汽器的蒸汽量,降低排汽损失,提升机组热效率;加热器的受热面采用黄铜管或者无缝钢管构成的直管束或 U 形管束,被加热的水从上部进水管进入分隔开的水室一侧,再流入 U 形管束中,U 形管在加热器的蒸汽空间吸收加热蒸汽的热量,由管壁传递给管内,被加热的水经过加热器出口水室流出。通过增加低压加热器,可使送往副省煤器的给水温度由 39.5℃ 提高到 80℃,提高了低温受热面的金属壁面温度,最大限度避免了潜在的低温腐蚀。

其次,现有的系统中,副省煤器采用外置配置,循环风机的工作温度是 160℃~180℃,循环风机作为干熄炉等主体设备冷却气体循环的动力,要求该设备具备很高的操作安全可靠,能够高负荷连续稳定运转。因此优化的系统通过副省煤器锅炉内置配置,可以改善循环风机的工作条件,不仅降低了循环系统的阻力,减少了副省煤器占地面积,而且避免了凝结水因二次曝气增加氧含量,能有效降低氧腐蚀,延长低温受热面的寿命。

再次,现有的系统中采用大气式除氧器,工作压力通常为 0.02 MPa (表压),因此除氧器给水出口温度仅为 104 ℃;优化后的系统采用压力式除氧器,除氧器工作压力为 0.49 MPa。采用压力式除氧器后,汽轮机相应抽汽口位置随压力提高向前推移,可将除氧器给水出口温度提升至约 151 ℃,使进入余热锅炉的给水温度得到很大提高,避免除氧器的自生沸腾现象;提高压力也提高了相应的饱和水温度,使气体在水中的溶解度降低,对提高除氧效果更有利,进而减少干熄焦余热锅炉高压省煤器的受热面积,降低锅炉设备造价。

最后,用新型的压力式旋膜除氧器,将传统的喷射冷凝扩散管取消,仅利用喷嘴的射流改为飞行冷凝,不仅具有强大的吸热功能,还具有较大的解析能力。将自然降膜改为强力降膜,增加液膜的更新度,造成液膜沿管壁强力旋转卷吸大量蒸汽,增强传热、传质功能。该除氧器除氧效率高,压力式除氧器给水含氧量 $\leq 7 \mu\text{g/L}$,运行稳定,可适用于负压启动、滑压运行,减少了启动和运行中繁杂的人工调节操作,除氧器对水质和水温的适应性也较好,可短期超过 50%出力运行。

5. 干熄焦余热利用系统优化总结及技术展望

该技术通过对现有的干熄焦热力系统及设备配置进行优化。通过增设低压加热器,实现锅炉给水温度的提升,减少了排汽损失,提高了机组热经济性及热效率;通过压力式除氧器替代大气式除氧器,进一步提升了锅炉高压给水温度,为提升锅炉蒸汽产量提供了条件;通过内置副省煤器,降低了循环系统阻力,减少电耗,改善了循环风机工作条件,减少了系统占地,让设备更加紧凑,并避免了凝结水的二次曝气。

虽然干熄焦热力系统及设备选型较为成熟,但是局部的优化仍能显著提高余热利用效率。例如,在低温受热面采用复合相变换热技术,可以大幅度降低锅炉排烟温度,技术表明,每降低排烟温度 15 ℃,可提高锅炉效率 1%。同时,可保证受热面金属壁面最低温度处于可调可控状态,维持较高温度水平,远离酸露点腐蚀区域。因此,从工艺布置到设备选型方面,对于干熄焦余热利用效率均有影响。

参考文献

- [1]王利军.干熄焦余热利用系统优化[J].山西冶金,2015,38(02):92-94.DOI:10.16525/j.cnki.cn14-1167/tf.2015.02.32.
- [2]杨玖林.干熄焦余热发电系统分析与运行优化研究[D].华北电力大学,2015.