

干熄焦装置充入氮气降低焦炭烧损率的研究与应用

温巧红 马杰 丁少军 马富军 薛伟

宁夏宝丰能源集团焦化二厂有限公司 宁夏 银川 750000

摘要: 相比湿熄焦而言,干熄焦技术可以有效地降低熄焦过程中的大气污染,充分利用红焦显热,回收能源,且干熄焦技术还可以显著的提高焦炭质量。但是在干熄焦技术的应用中不容忽视的问题就是焦炭的烧损率。整个干熄焦过程伴随着很多种复杂的化学反应,这些化学反应之间又存在着一定的关联性,且有些化学反应还是可逆的。近年以来,有许多干熄焦领域的专家及技术人员也进行了大量的理论及试验研究,一直在探索如何来降低焦炭的烧损率。

关键词: 干熄焦;焦炭烧损率;研究与应用

1 前言

干熄焦是利用惰性气体(主要是氮气)与焦炉产生的温度为950°C-1050°C的红焦在干熄炉中进行逆向换热,达到熄灭红焦的目的。干熄焦的优势在于减轻环保压力、回收部分能源,同时还可以提高焦炭质量。但是干熄焦的过程中,有一个不利的因素便是一直存在着焦炭烧损的情况,根据有关专家的测算,焦炭的烧损率基本在3%~5%。若设备维护不当或人员操作不当时,焦炭的烧损率可能还会更高。所以,如果能够找到一种有效的降低焦炭烧损的方法,可以使干熄焦的运行更加经济^[1]。

2 干熄焦的原理

干熄焦是利用惰性气体(主要是氮气)与焦炉产生温度为950°C-1050°C的红焦在干熄炉中进行逆向换热,达到熄灭红焦的目的。熄灭后的焦炭被冷却至180°C以下,经由排焦装置排出,由带式输送机运送至下一工序。惰性气体换热后温度上升至900-980°C左右进入一次除尘。一次除尘的主要作用是去除掉循环气体中的大颗粒焦粉,循环气体中的大颗粒焦粉被去除后,进入到干熄焦的余热锅炉中,与锅炉内部的介质(一般为除氧水)进行换热,除氧水在经过蒸发器及过热器后,变成公网需要的温度和压力的蒸汽后并入公网。循环气体在经过换热后温度下降到180°C以下,然后继续进入二次除尘将循环气体中的部分粉尘进行去除,除尘后的循环气体进入循环风机,经循环风机增压后送往给水预热器进一步冷却,冷却后的循环气体温度基本在115~130°C,然后进入干熄炉内熄灭红焦,持续循环。

干熄炉内焦炭的流动方向是自上而下流动,而循环气体流动方向则刚好相反,焦炭与循环气体通过对向流动的方式进行换热,从而达到冷却焦炭的目的。因为焦炭的块度大小不一致,在下落的过程中会形成一些较大的空隙,这些空隙有助于气体的逆向流动。循环气体的

流速和温度直接影响到焦炭的冷却速度,同时焦炭的温度及外表形状也会对冷却速度有一定的影响。

干熄焦锅炉的省煤器一般布置在锅炉一层的位置,它的作用是对进入省煤器的循环气体进行降温,同时对进入锅炉的水进行加热。降温后的循环气体温度一般在180°C以下,通过循环风机使循环气体的压力变大后,送往给水预热器,循环气体在进过给水预热器换热后进入干熄炉内熄灭红焦。冷却后的焦炭温度基本都在180°C以下,而与干熄炉内的红焦换热后的循环气体温度可以达到900~980°C,从干熄炉的斜道口进入环形气道汇合后进入一次除尘。

干熄炉内的焦炭主要在干熄炉的冷却段进行冷却,冷却的方式主要是逆流换热。从理论上讲,循环气体的流速越大,焦炭的冷却速度越快,但这意味着需要将循环风机的频率大大提高,会增加循环风机的电耗,影响干熄焦的经济运行。同时大幅度提高风机频率可能还会造成浮焦,影响系统的稳定运行。

进入干熄炉内的焦炭块度大小并不一致。因此,一些大块度的焦炭在冷却的时候速度相对较慢,一些小块度的焦炭在冷却的时候速度相对较快,存在焦炭冷却时间不一致的可能性。但是,焦炭在进入旋转焦罐、装焦过程以及在干熄炉内从上往下流动的过程中会经受一系列机械力的作用,在这些机械力的作用下会使部分焦炭的块度变小,从而使焦炭块度进一步的均匀化。焦炭在干熄炉内向下流动的过程中,可能存在个别块度较大的焦炭会集聚到干熄炉的周边区域,此时可以调整干熄炉内中央风与周边风的进风比例。通过以上几种方式来调整焦炭温度的均匀性,最终使排焦温度趋于一致,便于管理。

与干熄炉内的红焦换热后的循环气体温度达到900~980°C,从干熄炉的斜道口进入环形气道汇合后进入

一次除尘,经一次除尘捕捉大颗粒焦粉后进入锅炉。一次除尘及锅炉入口部位均为负压段,当密封不严时,会吸入一些空气进入系统内,当空气中的 O_2 在经过红焦层时就会与焦炭发生化学反应,生成 CO 、 CO_2 等,因干熄炉内上部区域温度较高,此时干熄炉内的 CO_2 又会被 C 还原,生产新的产物 CO ,而且该化学反应会持续不断地进行,所以会造成干熄炉内的 CO 浓度升高,另外焦炭本身在高温状态下也会挥发出 CO 。因此,为了干熄焦系统的安全稳定运行,一定要严格控制循环气体中可燃气体的组分。

3 干熄焦烧损的影响因素

纵观整个干熄焦过程,始终伴随着很多种复杂的化学反应。从各化学反应来看, C 可以和 H_2O 、 CO_2 、 O_2 等物质在一定的条件下发生反应。根据日常的生产实践来看,影响干熄焦烧损率的因素主要有以下几个方面^[2]:

3.1 循环气体中的含水量。当炽热的红焦与水蒸气接触时会发生水煤气反应,生成的产物为氢气和一氧化碳。所以可以判断,循环气体中的水会导致部分焦炭烧损。日常生产过程中,若预存室压力出现大负压时,可能会将装入装置水封槽和一除紧急放散水封槽内的水吸进干熄炉内。当锅炉发生爆管时,尤其是过热器爆管时,也会造成大量的水蒸汽进入整个气体循环系统,造成焦炭烧损。

3.2 气料比。所谓气料比就是干熄焦循环风量与排焦量的比值。正常情况下,为了保证锅炉入口温度及排焦温度的稳定性,需将排焦量与循环风量进行一一对应。当气料比较小时,就意味着循环风量较小,无法与焦炭进行充分换热,此时排焦温度就会升高;当气料比较大时,意味着循环风量增加,使更多的循环气体与红焦的反应,从而导致更多的焦炭被烧损。

3.3 氧气。在干熄焦生产中,干熄炉内会产生大量的可燃气体,此时为了控制这些可燃气体浓度不超标,最主要的方式就是空气导入法,通过导入空气来燃烧可燃气体。但是当空气的导入量偏大时,势必会造成循环气体中氧含量增加,此时氧气在和可燃气体反应的同时也会和焦炭进行反应,从而导致部分焦炭被烧损。从理论上讲,循环气体中氧含量越低越好,但是实际生产中操作起来非常困难。所以,根据实际生产经验来看,将循环气体中的氧含量控制在合理的指标内也可以满足生产需要。循环气体中氧含量超标的因素主要有两个方面:一是气体循环系统密封性不好,尤其是一除、锅炉入口等负压段密封不严时,大量的空气会进入气体循环系统,造成系统内氧含量的异常升高。大量的氧气和水

与红焦发生反应,造成焦炭烧损。二是干熄炉预存室压力控制不当。正常情况下,预存室压力基本稳定在微负压状态,这样做可以减少装焦时干熄炉内的烟尘无组织逸散。若预存室压力出现大负压时,可能会将外部的空气吸入干熄炉内,造成焦炭被烧损。

3.4 可燃性气体。在干熄炉内的化学反应中,因可燃性气体燃点较低,会首先发生燃烧反应。其次是被烧掉的焦粉,最后被烧掉是小块的焦炭。因此,在日常生产中,一氧化碳、氢气等可燃性气体的浓度可控制在合理范围内,并不是越低越好,以此来减少焦炭的烧损。

3.5 二氧化碳。由于干熄炉内上部温度较高,具备二氧化碳与焦炭的反应条件,从而发生碳溶反应,导致焦炭的烧损。

4 降低焦炭烧损率的措施

降低干熄焦焦炭烧损的方法有很多种:(1)控制气料比在合理范围,要求在保证排焦温度和排焦量的情况下,尽可能地降低气料比,以减少循环气体中的氧含量;(2)控制循环气体中可燃气体(氢气、一氧化碳)的含量在工艺要求范围内。根据我厂生产经验,循环气体中的氢气含量一般控制在3%以下,一氧化碳一般控制在8%以下。(3)保证干熄焦各系统的严密性,尤其是负压段(如:一除及锅炉入口膨胀节处)。要求干熄焦岗位操作人员加强设备的点巡检,发现漏点及时处理。若出现循环气体浓度(如氢气、一氧化碳)快速升高的情况,岗位人员要及时上报相关领导,同时要分析原因并妥善处置。(4)保持预存室压力在微负压状态,避免长时间大正压、大负压操作。根据我厂的生产经验,将预存室压力保持在-50Pa左右是比较理想的。

为了降低干熄焦焦炭的烧损率,在采用了以上方法后,又研究与应用了向干熄炉内充入氮气的方法。

干熄焦充氮点主要有五处,即循环风机前、循环风机后、空导处、旁通处及排焦溜槽处。我厂刚开始的充氮位置主要是循环风机前及循环风机后。因循环风机前充氮点距离循环风流量计较近,影响循环风量的准确性,而循环风机后的充氮点又离循环气体分析仪位置较近,影响循环气体分析仪的准确性。因此,我厂目前的充氮位置主要以旁通处为主。充入氮气的量应循序渐进的增加,不应一步到位(避免氮气量过大,影响预存室压力的稳定),同时根据循环气体浓度来逐步调整空导的开度。

5 干熄焦装置充氮后效果

5.1 空导开度:充氮前平均为67%,充氮后平均为38%,下降了29%。

阶段	空导调节阀开度: %	氮气阀门开度: 扣	氮气量 m ³ /h	T6 (°C)	蒸汽量 t/h	氧气 (%)	氢气 (%)	CO (%)	CO ₂ (%)	工艺除尘灰量: 吨/天	环境除尘灰量: 吨/天	细焦粉占比	烧损
充氮前	67	0	341	954	70	0.2	1.3	7.2	14.1	46	41	3.2%	2.5%
充氮后	38	4	3071	911	60	0.3	1.7	5.8	5.5	51	28	3.1%	1.1%

5.2 氮气阀门开度: 充氮前氮气阀门保持关闭状态, 充氮后平均开度为4扣, 充入氮气量约为3071m³/h。

5.3 T6温度: 充氮前平均为954°C, 充氮后平均为911°C, 下降了43°C。

5.4 蒸汽量: 充氮前平均为70/h, 充氮后平均为60/h, 下降了约10t/h。

5.5 循环气体浓度O₂: 充氮前平均为0.2%, 充氮后平均为0.3%, 变化不明显。

5.6 循环气体浓度H₂: 充氮前平均为1.3%, 充氮后平均为1.7%, 上升了约0.4%, 略有变化。

5.7 循环气体浓度CO: 充氮前平均为7.2%, 充氮后平均为5.8%, 下降了约1.4%。

5.8 循环气体浓度CO₂: 充氮前平均为14.1%, 充氮后平均为5.5%, 下降了约8.6%。

5.9 工艺除尘灰量: 充氮前平均为46吨/天, 充氮后平均为51吨/天, 工艺除尘灰量升高了约5吨/天。

5.10 环境除尘灰量: 充氮前平均为41吨/天, 充氮后平均为28吨/天, 环境除尘灰量下降了约13吨/天。

5.11 细焦粉占比: 充氮前平均为3.2%, 充氮后平均为3.1%, 细焦粉占比下降约0.1%, 无明显变化。

5.12 焦炭烧损^[3]: 充氮前烧损为2.5%, 充氮后烧损为1.1%, 降低1.4%左右。焦炭烧损率的计算方法: (1) 测量煤饼的长、宽、高, 计算出煤饼体积V, 测量煤饼的堆密度ρ, 利用公式 $m = \rho V$ 算出单孔干基装煤量m₁;

(2) 测量入炉煤灰分、入炉煤挥发分, 根据测量数值计算出理论成焦率x; (3) 根据计算的单孔干基装煤量和理论成焦率, 计算得到干基焦炭理论产量 $m_2 = m_1 * x$;

(4) 根据每天的焦炭产量、出焦孔数及细焦粉量测算得到实际的焦炭单孔重量 $m_3 = (\text{焦炭产量} + \text{细焦粉量}) / \text{出焦孔数}$; (5) 根据公式可计算出焦炭烧损率 $= (m_2 - m_3) / m_2 * 100\%$ 。

结束语

随着干熄焦装置充入的氮气量逐步增加, 空导调节阀的开度也逐步降低。以我厂150t/h的干熄炉来看, 空导的开度稳定在30%-40%, 导入的氮气量在3000m³/h左右时, 系统运行相对稳定。空气的导入量减少, 使干熄炉系统内的氧气也同步减少, 从而降低了焦炭的烧损。同时CO₂的浓度也出现的大幅度的降低, 减少了CO₂与焦炭的碳溶反应, 也会降低焦炭的烧损。因此, 通过向干熄焦装置充入氮气的方式来降低焦炭的烧损是可行的。

参考文献

- [1] 宁述芹. 干熄焦焦炭烧损的研究. 燃料与化工, 2021, 52(3):17.
- [2] 李国善, 蔡文佳. 干熄焦烧损率的探讨与管控. 化工管理, 2021, 65(2):65-66.
- [3] 石巧因, 姜士敏, 李存俭, 冯善高, 陈泽文. 干熄焦焦炭烧损率的计算方法及影响因素. 冶金能源, 2023, 263(1):102-103.