

干熄焦余热锅炉热平衡及回收蒸汽量计算

庄鑫

(华泰永创(北京)科技股份有限公司,辽宁鞍山 114000)

摘要:本文简述了干熄交余热锅炉副产蒸汽的生产过程,并结合某焦化厂的情况,设计了配套的干熄焦系统,分析引入干熄焦系统后能节约的煤,证明干熄焦余热锅炉的节能效果较高,有极高的推广价值。

关键词:干熄焦余热锅炉热平衡;回收蒸汽量

[DOI]10.12231/j.issn.1000-8772.2021.13.299

1 干熄焦系统简介和热工计算范围

(1)干熄焦系统介绍。干熄焦是相对于湿法熄焦的概念,使用惰性气体熄灭炽热焦炭,以回收利用焦炭的显热,能提升焦炭的质量,降低环境污染。目前的干熄焦系统都采用计算机系统控制系统运行,能满足国家节能减排要求。干熄焦的工艺流程为:红焦从干熄炉的顶部落入干熄炉,同时循环风机送入惰性气体吸收红焦热量,之后惰性气体成为热载体,温度达到 800℃以上,然后进入余热锅炉中继续热交换,并将温度降低到 200℃,惰性气体会通过出口烟道回到干熄炉的冷却室中;多次循环后,可以将红焦的温度冷却到 250℃以下,之后冷却后的焦炭会从干熄炉的下部排出装置排出。惰性气体传导的热量能够将水汽化,产生具有较高温度和压力的蒸汽,之后蒸汽可以推动汽轮机进行发电工作。在现代化干熄焦工艺中,余热锅炉是极为重要的工艺设备,也是节能环保的关键。工作过程中,循环气体会吸收焦炭的热量,被加热到 800~1000℃进入到干熄焦余热锅炉中,并在余热锅炉中释放热量,经过其他附加受热面进一步降低烟气温度,烟气在经过出产之后被输送回干熄焦设备中继续使用。利用释放的热量,可以获得高温高压的高品质蒸汽,通过管道供给发电机使用。

(2)干熄炉体系余热锅炉体系热工计算。干熄焦系统的组成包括干熄炉体系、干熄焦余热锅炉、发电机组、除尘体系和除氧脱盐系统。根据实际生产中情况,可以对热工计算进行一定程度的简化,由于干熄炉到余热锅炉管道的过程比较短,而且管道为负压,并且管道有专门的保温措施,所以 $Q_9 \approx 0$;由于漏入、外泄的表面热量比较少,因此 Q_5 和 Q_6 也可以视为 0;最终可以获得热平衡表达式: $Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 = Q_7 + Q_8$ 。

2 干熄焦系统主要参数分析

(1)单套干熄炉设备主要参数。干熄炉的红焦处理能力为每小时 150 吨,焦炭进入干熄炉的温度为 950℃到 1050℃;经过干熄炉释放热量后,焦炭的温度下降到 200℃。在此过程中,焦炭有 1%以下的损失率。进入干熄炉的氮气温度为 130℃,出干熄炉的氮气在吸收热量之后温度达到 960℃。干熄炉保持 24 小时持续运行,每个运行周期为 340 天。

(2)单套余热锅炉设备主要参数。单套余热锅炉设备的额定蒸发量为 75t/h,额定工作压力为 4.0MPa,额定工作温度为 450℃。锅炉人口位置的循环气体温度为 960℃,锅炉出口位置的循环气体温度为 170℃,锅炉给水温度为 105℃,锅炉的设计热效率在 80%以上。

3 干熄炉热量收支计算方法

(1)干熄炉体系。

(2)热量收入计算。热量收入包括红焦显热 Q_1 和焦粉燃烧热 Q_2 。红焦显热为红焦进入干熄炉后和惰性气体热交换获得的热量,计算方法为:

$$Q_1 = 294.25 \text{ t/h} \times [1.465 \text{ kJ/kg} \cdot \text{°C} \times 1050 \text{ K} - 0.995 \text{ kJ/kg} \cdot \text{°C} \times 200 \text{ K}] = 394074 \text{ MJ/h}$$

在放热过程中,一些胶粉会由于高温燃烧放热,根据每次循环焦粉的热损失量为 1%,焦粉的放热量为:

$$Q_2 = 294.25 \times 1000 \text{ kg/h} \times 1\% \times 28893 \text{ kJ/kg} = 85018 \text{ MJ/h}$$

通过将 Q_1 和 Q_2 相加,获得热收入量为 479092MJ/h。

(3)热支出计算。惰性气体显热吸收计算,假定循环过程中循环气体的体积为 $X \text{ Nm}^3/\text{h}$,那么可以计算惰性气体在干熄炉中的系热量为: $Q_3 = 1.074X \text{ MJ/h}$ 。计算损失热量时,认为锅炉在运行过程中的热量损失为 5%,所以损失热量 $Q_4 = (Q_1 + Q_2) \times 5\% = 23955 \text{ MJ/h}$ 。由此得到热量的合计支出为 $1.074X + 23955 \text{ MJ/h}$ 。

(4)热量平衡。在理想状态下,干熄炉的热量是平衡,收入热量等于支出热量,所以有 $479092 = 1.074X + 23955$,所以能够计算出氮气的使用量为 $423777 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 。

4 余热锅炉的热工计算

(1)余热锅炉的参数。表 1 为余热锅炉的热工参数。

表 1 余热锅炉热工参数

名称	流量	温度(°C)	比热
热氮气	423776Nm ³ /h	960	
锅炉热水	需现场计算	103	436jk/kg
过热蒸汽	q	450	3332kj/kg
冷氮气	与氮气基本一致	170	1.294kj/Nm ³ ·°C

(2)余热锅炉热量收入。对余热锅炉热量收入计算中,氮气的热量根据 Q_3 的计算结果 455137 MJ/h 获得,由此计算出锅炉的如水量为 $1.03q \text{ t/h}$ 。则可以计算入水热量为 $436 \text{ kJ/kg} \times 1.03 = 449.08$ 。

(3)余热锅炉热量支出计算。余热锅炉的设计效率为 80%以上,本热工设计中取 80%,所以锅炉的蒸汽吸热为 $Q_{\text{蒸汽}} = q \times 3332 \text{ kJ/kg}$ 。

(4)余热锅炉热平衡。结合上述计算结果,由于余热锅炉收入量中,有 80%都应用在副产蒸汽中,所以热平衡方程为: $Q_{\text{蒸汽}} = (455137 + 449.08) \times 0.8 = q \times 3332$,计算结果为 $q \approx 122 \text{ t/h}$ 。所以余热锅炉中每小时能够产生的中压蒸汽为 122 吨。

(5)全年蒸汽量的计算。干熄焦操作系统采用 24 小时连续运转的制度,以保最大化发挥干熄焦系统的工作效率,每年工作的 340 天,因此干熄焦系统的全年蒸汽产生量为 995520 吨。吨焦的蒸汽产量为 419kg。

5 结束语

结合上述计算工作,使用余热锅炉每年能获得 995520 吨的蒸汽,相当于消耗 113183 吨的标准煤。因此,理论上干熄焦余热锅炉对能量有非常好的节约效果,可以满足节能降耗的要求,并且在发电过程中不会排出过多的废气,因此在保护环境中有比较大的优势。企业节约对煤投入的同时,也有效控制了生产成本,提升了生产的经济效益。基于余热锅炉的优势,应大力推广加强对余热锅炉的推广,提升社会的整体经济效益。