

循环流化床锅炉装置 优化改造总结

联泓（山东）化学有限公司锅炉装置优化改造——联泓（山东）化学有限公司以煤为原料，经气化装置生产水煤气，通过变换、低温甲醇洗工序制得合格的净化气体，送入甲醇合成系统生产甲醇。气化装置供氧由空分装置提供，采用深冷法全低压生产工艺进行空气分离制取 O_2 、 N_2 气体，其中空分汽轮机带动的一拖二压缩机由锅炉装置提供 9.8 MPa 蒸汽作为动能。

文 / 于伟然 王明兰 满昌龙

我司锅炉装置由 3 台济南锅炉厂生产的 140 t/h 循环流化床锅炉及其辅气系统和脱硫系统（炉内喷钙系统、炉外石灰石—石膏法脱硫系统）、脱硝系统、除尘系统、给水系统、蒸汽管网系统以及炉外脱硫系统等构成。为优化锅炉装置运行，实现节能降耗以及达标排放，近几年我公司实施了炉外脱硫、低氮燃烧、锅炉给水泵以及可燃气掺烧优化改造项目，效果较好。

锅炉炉外脱硫改造

改造背景

我司锅炉装置烟气脱硫原采用炉内喷钙的工艺，按照二氧化硫 $\leq 200 \text{ mg/m}^3$ 指标设计，通过优化控制，可做到二氧化硫外排指标为 $\leq 100 \text{ mg/m}^3$ 。

山东省锅炉大气污染物排放标准（2018）规定：锅炉烟气二氧化硫外排指标为 $\leq 35 \text{ mg/m}^3$ ，粉尘

外排指标 $\leq 10 \text{ mg/m}^3$ ，氮氧化物指标 $\leq 10 \text{ mg/m}^3$ 。按照目前公司锅炉运行状况，需控制入炉煤的硫含量在 0.6% 以下，才能保证外排二氧化硫达标，限制了煤源。并且在锅炉负荷变动、倒炉及入炉煤热值波动时，也需保证达标排放。所以为拓展煤源，保证达标排放，实施炉外脱硫优化改造项目。

改造方案

经考察对比，采用石灰石—石膏脱硫工艺，按 3 炉 2 塔设计，共 2 套烟气脱硫吸收系统。两台锅炉正常运行时脱硫塔 1 开 1 备，3 台锅炉并列运行时，要求 2 套脱硫系统能同时运行。脱硫效率按不小于 98.6% 设计。副产品后处理系统共用一套，设计能力按锅炉最大烟气量时所产的石膏量计。系统由烟气系统、吸收剂储存制备与供应系统、 SO_2 吸收循环系统、旋流系统、脱水系统、副产品贮存系统、工艺水系统以及浆液排出系统与回收系统等设备组成。

脱硫塔上部采用除雾器，2 个脱硫塔出口共用 150 m 烟囱排

放，在 150 m 烟囱检修时可通过塔上临时直排 50 m 烟囱排放，配置一套在线监测装置，两塔共用制浆系统及后处理系统、废水处理系统。

改造后效果

改造实施后，在锅炉燃用煤种的硫含量 $\leq 1\%$ ，脱硫塔设计最大烟气量条件下，脱硫效率 $\geq 98.6\%$ ，脱硫塔出口 $SO_2 \leq 35 \text{ mg/Nm}^3$ 、净烟气粉尘含量 $\leq 5 \text{ mg/Nm}^3$ （标态、干基、6% 氧）。烟气外排二氧化硫、粉尘指标满足超低排放要求，脱硫废水满足废水排放标准。

锅炉低氮燃烧改造项目

改造背景

我司锅炉装置原设计烟气氮氧化物 $\leq 300 \sim 350 \text{ mg/Nm}^3$ ，能满足当时的排放标准。2015 年排放标准要求控制 $\leq 100 \text{ mg/Nm}^3$ ，通过新上 SNCR 脱硝系统，能满足排放标准。2019 年山东省地方标准《火电厂大气污染物排放标准 DB37/ 664—2019》再次提出要求，从 2020 年 1 月 1 日起锅炉烟气外排氮氧化物执

本文作者供职于联泓（山东）化学有限公司。

行 $\leq 50 \text{ mg/Nm}^3$ 的标准。

基于环保要求,我公司进行了相关试验。入炉煤热值在 $4\,200 \text{ cal/g}$ 以内时,通过SNCR脱硝系统处理,增加氨水投入量,氮氧化物可控制在 50 mg/Nm^3 以内。热值高于 $4\,500 \text{ cal/g}$ 以上时,锅炉床温大幅上升,需提高一二次风送风量进行调节,因空气量的增加造成烟气原始氮氧化物升高,仅靠SNCR脱硝很难控制氮氧化物在 50 mg/Nm^3 以内。而且在入炉煤发热量大于 $4\,500 \text{ cal/g}$,由于锅炉送风量增加,会造成风机电耗和排烟热损失的增加,锅炉能耗升高、效率下降,且锅炉带负荷困难。

因此,为保证锅炉烟气 NO_x 浓度达标排放,尤其是在燃用高热值煤时确保达标排放,同时能够满足带负荷的要求、降低氨水消耗量,实施锅炉低氮燃烧改造。

改造方案

本次改造以调整锅炉燃烧改造为主,降低改造成本,提高改造效果,通过利用循环流化床锅炉燃烧机理本身,降低氮氧化物的生成。

1. 锅炉布风装置改造

本次改造去掉部分风帽,将布风板面积进行优化缩减,用耐火材料砌筑斜面风室。保证流化的基础上,进一步降低一次风量,均衡截面热负荷,提高流化的均匀性。采用合理的一次风份额,保证燃烧过程前期必需的氧量,使燃料在缺氧、富燃料燃烧条件下燃烧,实现还原性的燃烧氛围。在还原性气氛中降低了生成 NO_x 的反应率,减少 NO_x 在这一燃烧过程中的生成量。

2. 分离器改造

(1) 中心筒优化改造

本次改造在不改动原有中心筒位置的基础上在中心筒下部增加缩径偏心组件。在相同入口气

速下,中心筒直径变小,分离器内颗粒切向速度会随着中心筒直径的减小而增大,中心筒入口短路流量减小,有利于分离,且减弱了流场的非轴对称性,旋流的不稳定性降低,分离器的总压降增加,提高分离效率。

(2) 分离器入口优化改造

本次改造将在分离器入口侧墙上用耐热钢筋和可塑料增加向内的切角,缩小分离器入口宽度,提高分离器入口烟速,优化分离器入口角度,达到提高分离器分离效率的效果。由此实现合理的烟气流速和流向,并使烟气和夹带的物料在进入旋风分离器之前就可得到较大的动量,更好地完成气固分离。

(3) 返料器改造

本次改造对返料器的风帽进行更换,按实际需要的风量进行优化设计,保证松动风在流化的前提下风量最小,以防反串影响分离器效率,返料风可调性好,以保证返料通畅。从而从结构上提高料腿的物料高度及返料能力,保证分离器的效率,达到提高料腿的物料高度及返料能力,增加外循环灰量,从而起到控制床温的作用。

改造后效果

作为环保项目,环保达标(氮氧化物指标 $\leq 50 \text{ mg/m}^3$)的前提下实现减少消耗,通过前期改造的运行效果来看,改造效果比较明显,氨水消耗明显下降,同时拓展了煤源,可采购性价比更高的煤种,降低了采购成本,且在燃用 $4\,700\sim 5\,000 \text{ kcal}$ 发热量煤时,锅炉可带满负荷。

高压锅炉给水泵节能改造

改造背景

锅炉装置2DG-9锅炉给水泵运行方式为2台给水泵同时给2台

锅炉供水,锅炉上水调节阀前压力 14.5 MPa 左右,阀后压力 11.0 MPa 左右,流量 130 t/h ,压力 14.5 MPa ,电流 64.4 A ,每小时耗电量 $=1.732 \times 10 \times 64.4 \times 0.87=970 \text{ kW}$ ($1.732 \times \text{电压} \times \text{电流} \times \text{功率因数}$),能耗较高。实际水泵出口压力 12.60 MPa 就能满足锅炉运行要求,为降低水泵电耗,需对水泵进行改造。

改造方案

根据对现实情况和投入的综合考虑,决定拆除2DG-9锅炉给水泵第8级叶轮及导叶,原装配第8级叶轮处改为轴套,按照给水泵大修周期,在大修时间逐台进行改造,每台泵的改造工期用时30天。改造期间选在给水泵进行大修期间,不会对生产造成影响。

改造后效果

给水泵运行方式为2台给水泵同时给2台锅炉供水,通过设备改造,拆除一级叶轮,使给水压力降至 12.94 MPa ,在满足生产运行压力的同时,能耗降低11%。锅炉给水泵配置的是功率为 $1\,250 \text{ kW}$ 的电动机,实际生产运行时每台电动机的功率按 970 kW 计算,改造后的两台给水泵每小时可节电 $970 \times 11\% \times 2=213.4 \text{ kW} \cdot \text{h}$,电价按照 $0.62 \text{ 元/kW} \cdot \text{h}$ 计,每年可节约电费100余万元。改造过程中没有设备和资金的投入,改造过后的经济效益非常好,可以进行改造。

锅炉可燃气休掺烧项目

改造背景

可燃气放空至火炬燃烧,其中的有效成分损失浪费。如果可燃气回收利用,将会大大提高经济效益,这对于节约能源,降低消耗是行之有效的办法。

(下转第32页)

头安装在油冷却器侧,如图5所示。
3) 增加管线支撑,改造后工作油冷却位置及工作油管线变径位置如图6所示。

第三次试运

再次进行试运时,按照运行经验在临界转速以下运行 30 min,充分考察低转速下耦合器油路的运行状态,越过临界转速后压缩机及耦合器运行正常,逐步将转速提升额定转速,压缩机运行正常,耦合器油管路轻微振动,满足运行要求。

带料运行

压缩机更换正式密封后,对机组进行带料试运,运行过程中压缩机及耦合器运行良好,耦合器油管线振动满足使用要求。由于耦合器的工作油特性,当输出转速 $n=0.63N$ (N : 额定转速, n : 实际运行转速) 时,工作油产生的温度最高,当压缩机转速在 3 050 rpm 时工作油温度到 115℃,现场快速提升压缩机转速,工作油温度逐渐下降最终稳定在 70 ~ 80℃。



图5 改造后耦合器工作油进出口管线,管径为 DN100

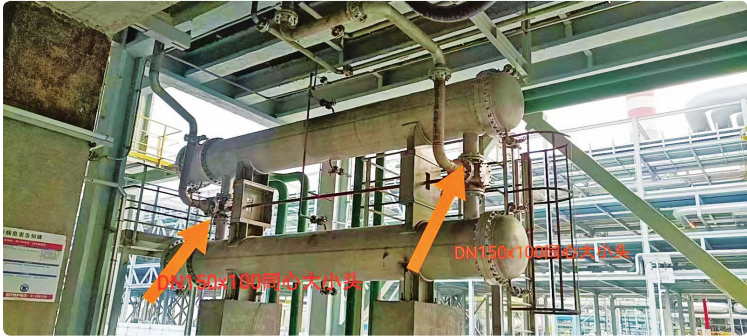


图6 改造后工作油冷却位置及工作油管线变径位置

结论

通过对耦合器工作油的管线振动的原因分析、逐步排查、试运,查找到根本原因,然后针对具体问题加以整改,最终解决了耦合器工作油管线振动问题,保证设备的正常运行,同时也给同类型设备提供

了参考,在设计时避免出现相同的问题。耦合器油冷器在设计时要优选下位布置方式;冷却器的布置要靠近设备,避免油路管线过长,造气油路波动;同时可以考虑采用板式换热器,可以减少油管路的存油量。

(上接第 29 页)

1. 合成工段弛放气放空部分并入锅炉燃烧,达到节煤效果。

2. 膨胀气放空部分并入硫回收燃烧炉和焚烧炉进行回收利用。用于副产中、低压蒸汽,避免了进入火炬燃烧造成的浪费。

3. 精馏工段不凝气压力 0.03 ~ 0.04 MPa,并入锅炉燃烧,达到节煤效果。

改造方案

连接燃料气管网与酸性气管网,可燃气体引入酸性气管线,

1. 氢回收弛放气

成分组成	H ₂	CO	N ₂	CH ₄
含量 %	40	10	45	5

2. 甲醇膨胀气

成分组成	H ₂	CO	CH ₄	CO ₂	O ₂ +Ar	N ₂
含量 %	0.4	6	10	40.8	6.4	36.4

3. 精馏不凝气

组分	CO	H ₂	CO ₂	N ₂	H ₂ O	二甲醚	甲醇	CH ₄	甲酯	其他
含量 %	0.64	0.042	73.80	2.07	9.25	6.04	0.74	0.69	3.02	3.71

入锅炉掺烧,合理利用热能。

改造后效果

可燃气体原设计送完火炬,浪费了可燃气的热能,送锅炉掺烧后,年节约 4 000 kcal 动力煤约 1.5 万 t。

结语

锅炉装置作为重要能源的消耗

装置,且动力煤燃烧产生的部分反应物作为环保管控指标,需进行排放控制,近几年随着环保要求越来越严,原锅炉装置需通过优化改造满足排放指标,同时根据实际运行情况,优化装置运行实现节能降耗。我司近几年实施的优化改造较为成功,值得推广。