

热力学原理在压缩风水分控制中的应用

陈晓军

(首钢矿业公司烧结厂)

摘要 压缩风在首钢矿业公司烧结厂生产中起着重要作用,但冬季生产中却暴露了压缩风中水分结冰堵塞设备、管道,严重影响生产的问题。利用工程热力学和流体力学原理查找问题原因。并实施了空压机冷却器改造、干燥机改造和现场设备保温等措施,从而有效解决了冬季压缩风水分超标影响生产问题,保证了生产经济稳定运行。

关键词 压缩风 相对湿度 水分 控制

Application of the principle of thermodynamics on water control in compressed air

Chen Xiaojun

(Sintering Plant Shougang Mining Corporation)

Abstract The compressed air plays an important role in sintering plant of shougang Mining Corporation. But in winter, there exists the problem that ice in compressed air blocks off the pipeline and equipment, which does great harm to production. Engineering thermodynamics and fluid mechanics methods were used to solve the problem. Lots of measures, such as transforming air compressor cooler, drier equipment and field equipment insulation, were taken to improve the present condition effectively. And it ensured stable production and economic operation.

Keywords compressed air relative humidity water content control

2008年二烧车间360m²烧结机投产后,烧结厂大部分工艺、环境除尘器的除尘灰都实现了气力输送。全厂共有气力输送系统24条,此外,一二烧车间料仓打白灰、脱硫料仓打白灰、脱硫系统生产的废灰外排等很多生产环节都需要压缩风,压缩风对保障正常生产起着重要作用。

烧结厂压缩风生产主要由12台空压机负责,该设备为OGD220-250系列空压机,排气量42.8m³/min,额定排气压力0.8MPa,后处理设备采用微热再生干燥机,压力露点≤-20℃。干燥机采用的是物理吸附除水、微热再生处理工艺,干燥剂采用的是活性氧化铝。生产中压缩风

经过干燥机时,其中水分在毛细作用下被吸附在氧化铝自身的孔隙结构中,完成物理吸附过程。运行一定时间后干燥机的2个干燥罐体自动切换,完成吸附的罐体离线再生。再生时加热器的热风进入罐体对氧化铝进行吹扫干燥,系统初始设定倒罐时间30min,加热温度设定为60℃。

在冬季,由于压缩风中水分在气力输灰设备的压力传感器中凝结积水或积冰造成数据错误,系统无法正常运行,严重时压缩风输送管道和储气罐会被积冰冻堵塞影响生产。车间采取保温、储气罐定期放水、气力输灰设备现场加伴热设施等措施维持生产。气候寒冷时储气罐输水阀保持常开排水,但阀门出口经常被积冰堵塞,造成冬季生产维护工作量非常大。而且储气罐输水阀常开导致管网压力低系统无法运行,为了保证

压缩风供应, 冬季被迫多开 1 台空压机。压缩风水分超标问题对现场稳定生产和经济运行造成了严重影响。

1 问题分析

压缩风生产主要经过以下流程: 空气先经过过滤净化, 然后进入空气压缩机压缩排出, 再进行油气分离, 经过冷却器降温后, 进入“后处理”设备进行干燥处理, 最后供现场使用。该文重点分析上述过程气体状态参数变化对空气相对湿度的影响。

过程中由于管道压力损失不大, 忽略空压机站至现场压力变化。空压机为单螺杆式压缩机, 压缩机出口排气压力 0.8MPa、温度 85℃ 左右。压缩风排出后首先进行油气分离, 脱油后的压缩风再次进入冷却器进行冷却降温。经过降温处理后的压缩风进入干燥机等后处理设备干燥和净化处理, 然后进入储气罐供现场生产使用。

主要分析空压机及其后处理设备, 局部范围内管道、管件等相关设备设施压力损失相对较小, 忽略不计。从热力学角度考虑, 压缩风经过冷却器冷却降温过程可视为等压冷却过程。压缩空气自空压机排出后温度 t_1 较高, 相对湿度 δ_1 较低, 假定为图 1 中状态点 1。查湿空气 $h-d$ 图可知, 压缩空气从压缩机进入冷却器后, 温度降低相对湿度增加, 当温度降低至相应压力 (0.8MPa) 下露点温度时, 湿空气达到饱和状态 $\delta=100\%$, 完成状态点由 1 到 2 的移动过程。温度继续降低, 压缩风开始有水分析出, 含湿量降低, 相对湿度保持 100%, 直至冷却器出口温度 t_2 状态, 即状态点 3 位置。完成状态点由 2 到 3 的移动过程, 即恒压冷却脱水过程。

经冷却后压缩风进入干燥机开始物理吸附干燥过程, 过程中压缩风温度 (t_2) 压力不变。状态点由 3 移动到 4 位置 (d_4, δ_4), 干燥机吸收水分量 $\Delta d = d_2 - d_4$, 水蒸气相对湿度变化量 $\Delta \delta = 100\% - \delta_4$ 。4 点即为压缩风完成后处理开始向现场供风的状态点。

冬季生产由于室外温度很低, 压缩风输送管道和设备暴露在室外, 压缩风温度会明显降低, 再次经历降温过程。压缩风中水蒸气相对湿度由状态点 4 垂直向下移动, 当达到 $\delta=100\%$ 曲线

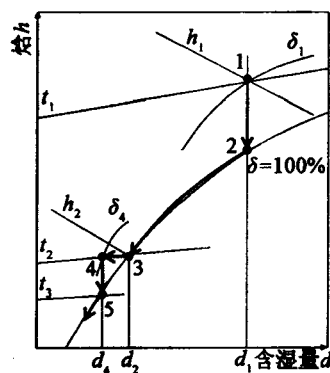


图 1 压缩风去湿过程^[1]

位置后, 温度继续降低就会有水分析出。影响这一过程的主要因素是 $\Delta \delta = 100\% - \delta_4$ 和 $\Delta t = t_2 - t_3$, 解决问题应从增大 $\Delta \delta$ 和减小 Δt 入手。

2 改进措施

(1) 改善冷却器冷却效果, 使状态点 3 ($d_2, \delta=100\%, t_2$) 尽可能沿 δ 曲线向下移动。使 d_2 和 t_2 获得较低值, 由于相对湿度 δ 曲线在左下方呈收缩趋势, 所以在干燥机处理能力不变的情况下, d_2 越低处理后形成的 $\Delta \delta$ 值越大。同样 t_2 越低 Δt 越小。空压机原设计冷却器为水冷、串联方式布置, 第一级冷却器排水作为第二级冷却器进水。对冷却水管道进行了改造, 实施对两个冷却器并联供水, 从而改善冷却效果。改造前冬季空压机冷却器出口压缩风温度平均 35℃, 改造后温度与往年同期比较平均降低了 5℃。

(2) 提高干燥机处理能力和效率。干燥机是核心问题, 压缩风气流连续通过干燥机。气流速度不变时, 提高干燥剂吸附速度和吸附能力能够增大 $\Delta \delta$ 。实践中对干燥机进行了系统的改造完善。干燥剂原来使用的是活性氧化铝 (静态吸附容量 (RH%) 18), 为了改善吸附效果, 对其进行了部分更换, 填充了 30% 吸附能力更强的 5A 分子筛 (静态水吸附 (25℃, RH50%) $\geq 21\%$ wt)。同时为了保证干燥剂再生效果, 对干燥机加热设备线路和开关进行了扩容, 将干燥机再生加热温度由 60℃ 提高到 100℃, 且延长了加热时间, 保证干燥剂再生脱水彻底。

(下转第 64 页)

(6) 运行成本低。能耗、管理、维修费用低。

(7) 现场要求低。压力 - 0.4 ~ 0.8MPa、流量 1.2 ~ 2.4m³/min 的压缩空气 (单台巡回), 品质为非净化风, 允许含油和水, 不含固体杂物。

(8) 运行方式简单。间歇式巡回投用, 初始可设置为每工班一次, 每次每组 (或每台) 5min。也可以并入 DCS 系统, 可以自成单元实现全自动化, 也可以人工操作。

2.2 应用布置

针对前述存在的问题, 2012 年对 1、4 号锅炉的吹灰器进行了改造, 用 DSK-5 声波吹灰器代替原有的旋转式压缩空气吹灰器。根据锅炉尾部烟道的受热面, 每台安装 8 套。布置点: 在每台锅炉的一二级过热器之间、一级过热器与旗式受热面之间、旗式受热面下部、省煤器、空预器处共布置 8 只 DSK-5 型吹灰器。每台锅炉配一个现场控制的 PLC 控制箱, 实现自动化控制。

2.3 效果及分析

针对尾部烟道受热面布置的声波吹灰器, 较好的解决了以前吹灰器吹灰范围小, 存在吹灰死角以及管束间间歇无法吹灰的问题, 使尾部烟道所有的受热面置于声波吹灰器的工作范围内, 锅炉运行期间每 4 小时自动吹灰一处, 无需人工干预, 运行至今, 锅炉同工况排烟温度大幅下降。

(1) 吹灰器实施后, 1 号锅炉空预器后的排烟温度平均降低了 42.2℃, 4 号锅炉的平均降低了 33.41℃。

(2) 2012 年实际运行, 安装声波吹灰器前, 1、4 号锅炉吨蒸汽耗毛煤 0.1634t/t。

安装声波吹灰器后为 0.1491t/t, 总产汽量 220434t, 节约煤 = 220434 × (0.1634 - 0.1491) = 3152.2t。

(3) 采用声波吹灰每天吹 6 次, 增加压缩空气用量为 377m³/h, 每天用 4h, 消耗压缩空气 1508 m³。安装吹灰器后总消耗 369460 m³。成本 369460 × 0.317 元/m³ ÷ 10000 = 11.7119 万元。

(4) DSK-5 几乎是免维护设备, 维护工作量大大降低, 目前运行没有发生任何故障。

(5) 成本降低: 节约煤成本 - 压缩空气成本 3152.2 × 1000 ÷ 10000 - 11.7119 = 303.5081 万元。

3 结束语

通过声波吹灰器在昆纤公司 35t 角管式锅炉上的应用, 使得锅炉排烟温度大幅下降, 锅炉的吨蒸汽煤耗也同步大幅下降, 同时能耗极低, 仅使用压缩空气, 基本免维护, 取得了较好的经济效益。

思 涌 编辑

(上接第 62 页)

(3) 采取系列现场保温措施, 减小 Δt 。现场影响生产的主要是气力输送设备, 积冰影响压力传感器检测, 导致系统无法运行。将所有除尘器的气力输灰平台进行了彩瓦封闭, 然后安装暖气改变了设备暴露在室外的状态, 从而提高用风设备的环境温度, 防止析出水分和积水结冰。对各点位的储气罐和输水阀也进行了保温, 输水阀更换为电子排水器, 设定周期自动定时排水, 避免输水阀常开。对疏水管安装电热带伴热, 保证析出的水分能够及时、顺利排出, 从而避免了压缩风浪费和泄压, 解决了冬季需要多开一台空压机才能保证供风压力的问题, 实现了空压机经济

运行。

3 改造效果

热力学原理分析有效指导了生产操作行为, 采取有力措施对现场设备进行了改造完善, 保障了生产正常运行。降低了运行和维护成本, 为企业创造了价值, 也为今后工作总结了经验。

参 考 文 献

- [1] 沈维道, 郑佩芝, 蒋淡安. 工程热力学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1983.

万 雪 编辑