

# 湿法脱硫系统 GGH 堵塞问题的判断与相应的处理手段

汪卫华

(苏州工业园区华能太仓发电有限责任公司, 江苏 太仓 215424)

**摘 要:** 本文介绍了湿法脱硫系统中 GGH 堵塞问题的判断及相应的处理方法, 介绍了各类 GGH 清洗手段及适用场合, 结合华能太仓电厂在工程实例中的应用, 重点对各类清洗手段进行说明及论证。

**关键词:** 湿法脱硫; GGH; 清洗

## 0 概述

为避免低温露点腐蚀, 大部分的湿法脱硫系统均均装设了 GGH (烟气换热器) 以提高排烟温度。而装设了 GGH 装置的脱硫系统, 普遍存在因 GGH 堵塞难以提高脱硫投运率甚至导致机组无法正常运行等问题。

目前国家环保部门已要求各电厂逐步取消脱硫旁路挡板, 若再不能有效解决 GGH 堵塞问题, 将对电厂的经济效益和社会效益带来极大的负面影响。为了与同业人员共同提高脱硫系统检修、运行水平, 提高脱硫系统投运率, 避免发生同类问题, 笔者结合华能太仓电厂自脱硫系统投运以来的实际经验, 从如何缓解堵塞问题及对于不同程度的堵塞现象如何处理着手进行分析总结, 以期抛砖引玉, 与同行互相切磋学习。

## 1 GGH 堵塞原因分析

### 1.1 堵塞机理

目前国内电厂脱硫系统投运时间平均约在 4 年左右, 从业者对堵塞的机理均已较为了解, 笔者仅对堵塞机理作简单归纳如下:

1) 吸收塔除雾器除雾效果不理想, 塔内部分石灰石-石膏混合液滴通过除雾器进入 GGH 净烟气仓室, 附着于换热元件表面, 经回转进入 GGH 原烟气仓室后又与原烟气中的锅炉飞灰结合形成聚合物, 受热蒸发水分后, 聚集在换热元件表面结垢。

2) GGH 运行过程中, 在线吹扫的手段对于清除此类结垢的作用不大, 导致结垢量增多, 阻力逐步增大, 直至系统无法正常运行。尤其是部分长期积累, 离线清洗都无法清除的积垢, 降低了换热元件表面的光滑程度, 导致在线吹扫更加困难。当

GGH 阻力增大到一定程度时, 必须停运设备进行清洗。

### 1.2 堵塞发生原因

(1) 脱硫系统设计不合理

1) 吸收塔塔径偏小, 吸收塔烟气流速超出设计值较多, 除雾器对于烟气变化适应能力不足。

2) 最上层喷淋母管中心线与第一级除雾器下端面的距离过近, 导致烟气中夹带的较大的液滴没有了靠重力向下坠落脱离的空间, 烟气流场分布不均的现象也更加严重, 在以上两点的共同作用下造成了除雾器局部失效, 大量雾滴进入 GGH。目前国内从德国引进的逆流喷淋塔这一距离的平均值为 4.1m (最小值为 3.5m)。

3) 受场地及经费制约, 大部分 GGH 均采用了冷端在上的设计, 若采用冷端在下的设计, 则吸收塔出口烟气内携带雾滴还可经过一次受重力作用向下坠落而不进入 GGH 的机会, 从而延缓 GGH 堵塞的周期。

4) 受场地及经费制约, 部分 GGH 未设置底部吹灰器, 导致吹灰效果不够理想。且部分 GGH 设计半径小, 厚度大, 也导致了吹扫更加困难。

(2) 运行维护不当

1) GGH 吹灰系统维护运行情况不佳, GGH 得不到有效吹扫。

2) 吸收塔除雾器冲洗水系统维护运行情况不佳, 发生除雾器堵塞, 进而导致除雾效率下降。

3) 锅炉电除尘系统效率不佳, 进入 FGD 系统含尘量高。

4) 锅炉运行工况不佳、机组排烟温度高或燃煤种类变化, 导致进入 FGD 系统的烟气量偏大, 流速过快; 同时过高的排烟温度会加速 GGH 换热元

件表面结垢过程。

### 1.3 对策

通过以上描述,我们虽然可以通过加强运行维护,部分从源头解决 GGH 堵塞问题,但由于受到多方面条件限制,仍无法从根本上解决堵塞问题,且取消 GGH 这一对策又将面临烟囱腐蚀、电厂周边石膏雨等严重问题,故此,必须从如何有效清理 GGH 堵塞物和延缓 GGH 堵塞周期着手解决这一问题。

## 2 各类清洗手段简介

当 GGH 堵塞发生后,因堵塞造成的系统阻力超出了增压风机能够提供的动力,将导致 FGD 系统无法稳定运行,此时,必须采用各类 GGH 清洗手段对堵塞物加以处理。目前国内较为常见的冲洗方式根据其原理主要有物理清洗和化学清洗两大类,根据冲洗措施来分又有在线、离线和拆包清洗多个小类。

### 2.1 物理清洗

即采用超高压设备(工作压力一般控制在 60MPa 以内),以水为工作介质,以动能来破坏垢分的附着力,达到去除堵塞物的目的。采用这一方法有着价格低廉(根据 GGH 大小不同一般在 3~6 万元),方法简便快速的优点。但也存在着易破坏换热元件搪瓷涂层,长期采用会导致换热元件寿命降低的缺点。按照具体操作也可细分为离线物理清洗、拆包物理清洗、在线物理清洗。

离线物理清洗:实施最为简便,属于解决堵塞问题最为常见的清洗手段。但对于堵塞较为严重的 DU 波型换热元件,因其波型特点,压力无法达到定位板的短斜波部分,存在吹扫盲区,因而无法取得良好效果。

拆包物理清洗:需将换热元件盒拆开,对换热元件进行逐片清洗,消除了吹扫盲区,可适用于堵塞严重的换热元件,效果良好。但费用较高,工期长,且如无专用的装盒工具,将导致难以将原有全部蓄热片装盒,进而导致换热效率降低,蓄热片压紧力不足,设备使用寿命降低。

在线物理清洗:实施简便,清洗效果良好,费用少,且无需长时间停运脱硫系统,但与离线物理清洗同样存在着无法处理堵塞较为严重的 DU 波型换热元件的缺点。因其无需长时间停运脱硫系统的

优点,以下章节将详细描述。

### 2.2 化学清洗

即采用化学药剂喷淋或浸泡等手段,使换热元件表面结垢发生物理或化学结构的变化,视情况辅以物理清洗手段,达到去除积垢的目的。化学清洗一般均可取得优于物理清洗的效果,但所需费用较高。按其机理来分,主要有转化法和疏松法两类。

转化法的机理为,通过酸、碱(加入部分添加剂)交替的方法,将垢分中不溶于或难溶于水的盐转化为溶于水的盐,进而通过水冲洗去除。这种方法取得的清洗效果最好,除垢率可达 98%以上,可将换热元件清洁程度恢复到接近初始状况,但所需工期较长,费用高,工作量大。

疏松法的机理为,通过化学药剂对换热元件的喷淋,保持垢分的湿润,让垢分蓬松发泡,使垢分的强度和附着力降低,进而采用物理方式去除垢分,这是一种物理与化学相结合的清洗方式。此方法所需工期相对较少,但由于其清洗手段仍主要为物理手段,因此对于投运时间长、堵塞较为严重 DU 波型换热元件的垢分无法取得良好效果。

### 2.3 清洗方式选择规则

通过笔者多年脱硫系统检修经验,总结规则如下:

对于堵塞不是十分严重或堵塞前 GGH 表面较为清洁(新设备或刚进行过较彻底的清洗的 GGH),建议采用在线物理清洗,也可采用离线物理清洗或疏松法化学清洗;对于堵塞较为严重或物理清洗已无法取得理想效果的 GGH,建议采用浸泡转化法化学清洗,如果时间允许,也可采用拆包转化法化学清洗(最彻底的 GGH 清洗方式)。

## 3 GGH 在线物理清洗

### 3.1 GGH 离线冲洗方式在线化创新的构想

在多次 GGH 堵塞问题的攻关活动探讨与论证中,我们认识到:提高 GGH 吹灰器高压水介质的压力对于改善吹扫效果是有效的,但其压力提高范围有限(经与设备制造商豪顿华工程公司讨论的最高压力为 25MPa,否则将会对换热元件的防腐结构造成破坏),对于已经牢固堆积结垢仍无法彻底清除。

我厂多次进行的离线人工物理清洗时的冲洗水压力为 60MPa 左右,这一压力能够清除大部分换热

元件表面的结垢,但也会对换热元件表面搪瓷涂层造成一定的破坏。

结合以上两点,我们考虑是否可以自行制作临时吹灰器,将离线清洗设备安装于临时吹灰器上,进行 GGH 在线超高压(60MPa)清洗,变离线清洗为在线清洗。

### 3.2 GGH 离线冲洗方式在线化创新的试验与实施

2010 年 1 月 26 日,因 GGH 吹灰器故障(吹灰器内外喷嘴错位,导致高压水射流无法喷射到换热元件表面),GGH4 压差迅速提高,虽然故障及时排除,但系统阻力已提高到一个较高水平,导致 FGD4 难以维持稳定运行。这种情况给予了实施 GGH 离线冲洗方式在线化创新的试验机会。

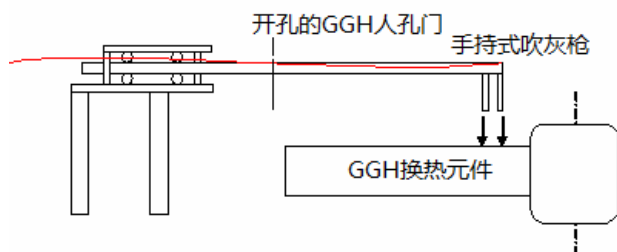
具体实施方案如下:

#### (1) 吹灰材料、工具准备

10#槽钢 24m、 $\Phi 89 \times 250$  平托辊 8 只、超高压冲洗设备 1 套、手持式吹灰枪 2 只、8mm 钢板 0.3 平方、耐酸橡胶若干。

#### (2) 现场安装

按图 1 所示组装临时吹灰器。安装位置为 GGH 净烟气侧上仓室。吹灰方向为顺流方向。此仓室内烟气温度最低(约 50℃左右),可防止高压水软管在吹灰过程中损坏,烟气压力也比较低(约 1.3kPa 左右),且顺流的吹灰方式有利于强化吹扫效果。



红色线条代表高压水软管

图 1 制作的临时吹灰器示意图

临时吹灰器制作完成后,还需制作一块临时人孔门(8mm 钢板),中间开孔,用于枪体进出。开孔处布置耐酸橡胶,用于遮挡及减少烟气及雾滴外泄。

#### (3) 吹扫设置

根据实际位置,确定临时吹灰枪头部喷嘴(即手持式吹灰枪)的实际位置,垂直高度约高于 GGH 换热元件密封片 1cm 左右为宜,两个喷嘴间水平距离应尽量接近,以射流扩散角度可重叠为宜。喷嘴

需有效固定,连接软管也应采取可靠固定。喷嘴位置示意图见图 2。

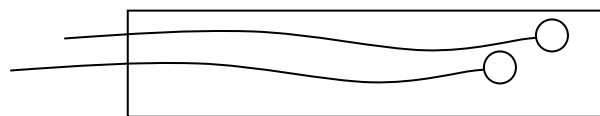


图 2 吹灰枪喷嘴布置示意图

安措:安装喷嘴及临时人孔门时,所用工具必须用绳子系好,一段固定于仓室外,防止工具掉落在 GGH 内部。

由于安装临时人孔门和吹灰枪头部喷嘴需要打开原有 GGH 净烟气侧人孔门,故此时需打开 FGD 旁路挡板门,降低增压风机动叶角度至 5° 以下,确认此处烟道内为负压后,方可进行工作。

全部部件安装后,进行试运行,在 GGH 回转至少一周、枪体步进一个循环后,通过目测,确定临时吹灰枪行程,在枪体上做好刻度,并设置前后机械限位。

#### (4) 吹灰操作

1) 临时吹灰枪吹扫采用先进到 GGH 最里端,然后步退吹扫。步退采用人工牵引方式,每次步退距离为 10mm。

2) 0~1m 行程中,吹灰枪每次步退的停留时间为 4min; 1~3m 行程中,吹灰枪每次步退的停留时间为 6min; 3~5m 行程中,吹灰枪每次步退的停留时间为 8min。

3) 吹扫开始后,原则上 GGH 需采用低速档运行(0.5 rpm)。若排烟温度降低过多,低于 78℃时,则恢复正常转速运行。

因第一次进行此项工作,缺乏必要的经验,且冲洗设备压力高,系统仍在运行,安全风险大。故制订了相关的安全措施,简略说明如下:

1) 在试验期间,现场安排检修人员 24h 待命处理突发故障。

2) 考虑到 GGH 的端差温差较小,将原有的 GGH 跳停 FGD 连跳保护取消,改为 GGH 跳停后 FGD 延时 30min 跳停,给检修人员处理临时突发事件的时间。

3) 每日安排一次对于临时吹灰枪的检查,打开人孔门,确认吹灰枪喷嘴位置和吹灰枪枪体的刚度。见图 3。



图 3 现场实际进行吹扫的图片

(5) 试验效果评估

本次在线清洗试验自 2010 年 1 月 26 日中班开始到 1 月 30 日中班结束, 历时 4 天, 共进行了两次循环。

自本次清洗以来, FGD4 系统阻力逐步减小, 增压风机 4 出口压力逐步降低, 机组较高负荷下, 系统阻力降低约 1.1 kPa, 试验初步获得成功。以下采用数据列表说明, 见表 1。

表 1 试验数据

日期	FGD4 风量/(km <sup>3</sup> /h)	增压风机 4 出口压力/kPa
1.26	1652	3.774
1.27	1600	2.727
1.28	1507	2.639
1.29	1442	2.502
1.30	1432	2.041
2.5	1600	2.6
2009.12.27	1600	2.42

备注: 1、数据选取原则为, 尽量选取同等风量(1600)情况下的增压风机出口压力进行比对。2、表中, 风量未选取 1600 的, 均因当天系统风量未达到过该数值。

结合 GGH4 上一次离线人工清洗后(2009 年 12 月 27 日)的数据比对, 在线超高压清洗的效果已接近离线物理清洗。

3.3 GGH 在线物理清洗的价值及意义

(1) 该方法简便易行, 仅需在 GGH 定期检修时完成临时吹灰器的设置工作即可, 实施所需费用低廉, 等同于离线物理清洗。

(2) 与其他各种清洗方式相比较, 在准备工作充分的前提下, 在线物理清洗过程中可不停运 FGD 系统, 为发电企业提高脱硫投运率、减少脱硫扣款、挽回社会形象提供了帮助。

(3) 尽管在线物理清洗方式拥有诸多优点, 但需清醒的认识到: 这种清洗方式是基于射流的物理作用, 无法达到彻底清除污垢的作用, 必须在 FGD

系统有长时间停运机会时辅以化学清洗方式; 对于多次堵塞、表面结垢较硬的 GGH, 以及仍使用 HS8e 这类老式 DU 波型的 GGH, 由于其内部流道的不封闭性, 在线清洗时可能造成部分处于吹扫盲区的湿垢在换热元件蓄热片表面烧结, 采用在线物理清洗可能不能取得理想效果或给下一次的清洗工作增加难度。建议有条件的企业尽快实施 GGH 换热元件波型改造。

4 针对 GGH 堵塞问题的处理意见及建议

(1) 建立专门的 GGH 堵塞情况跟踪台账, 对于 GGH 的堵塞严重程度进行动态评估, 便于实施清洗前合理的选择清洗方式。具体选择规则可参考本文 3.3 章节内容。

(2) 对于采用了较早的 DU 波型的 GGH 换热元件, 由于其内部通道为不封闭结构, 吹扫介质能量衰减较快, 在 GGH 堵塞较为严重时, 采用疏松法化学清洗无法取得理想效果, 不推荐采用。

(3) 对于采用了新型(HC 或 L 型)换热元件的 GGH, 建议可采用在线物理清洗方式实施 GGH 清洗。建议有条件的企业尽快实施 GGH 换热元件波型改造。

(4) 对于处于定期检修过程中的 GGH, 建议采用转化法的化学清洗方式进行 GGH 清洗, 彻底清除换热元件表面污垢, 利于 GGH 长周期运行。

(5) 为节约清洗时间, 快速处理 GGH 堵塞问题, 建议有条件的企业自行准备一套换热元件, 进行轮换清洗。

参考文献:

[1] 编委会.湿法烟气脱硫工艺技术全程控制指导手册[M]. 北京:中国电力出版社,2009.

作者简介:

汪卫华(1976—), 男, 工程师, 主要从事脱硫机务检修工作。