

MGGH 泄漏原因分析及对策

朱雪平

(上海华电电力发展有限公司望亭发电厂,江苏 苏州 215155)

摘要:针对火电厂超低排放改造后,因取消烟气换热器(GGH)出现的烟囱防腐和冒“白烟”问题,大多数电厂会考虑增设低低温烟气换热器(MGGH)。但由于设计、制造、安装等方面的原因,MGGH运行中会出现泄漏,造成换热器积灰而阻力增加、电除尘短路、干除灰系统堵塞等,泄漏严重时甚至会影响烟尘达标排放。分析了MGGH泄漏的原因并制定了对策,供处理相关问题时参考。

关键词:超低排放;低低温烟气换热器(MGGH);烟气换热器(GGH);烟囱防腐;泄漏;对策

中图分类号:X 701 **文献标志码:**B **文章编号:**1674-1951(2018)08-0047-03

0 引言

在火电厂超低排放环保改造中,因SO₂排放质量浓度不大于35 mg/m³的限制,脱硫系统必须取消烟气换热器(GGH),取消GGH后面面临烟囱防腐和冒“白烟”的问题。为了解决烟囱腐蚀和冒“白烟”的问题,大多数电厂会考虑增设低低温烟气换热器(MGGH)。MGGH可通过其降温器降低除尘器入口烟温、减少入口烟气量,通过降低烟尘的比电阻来提高粉尘的驱进速度,从而提高除尘器除尘效率;同时,可通过其升温器将烟囱入口烟气温度提高到安全温度(80℃),有效防止烟囱低温腐蚀。

由于超低排放改造的紧迫性,致使不少电厂还没来得及及慎重思考,也没进行充分的调研就进行改造,造成改造后不久(有的甚至投运不到半年)就开始出现MGGH磨损腐蚀严重、泄漏、堵塞等问题,影响MGGH的换热效果和除尘器输灰系统的正常运行。更有甚者,出现烟尘排放超标,被环保考核,给企业带来重大损失。

本文从设计、制造、安装等方面对MGGH泄漏的原因进行分析,并制定对策,以解决低低温设备运行中的一些实际问题。

1 MGGH 泄漏的原因

MGGH系统典型工艺布置如图1所示。

1.1 换热器管材选择不当

MGGH材质选择不当是引起换热器泄漏的主要原因之一。

1.1.1 MGGH 降温段材质选择

根据低温腐蚀机制,影响换热管低温腐蚀的不

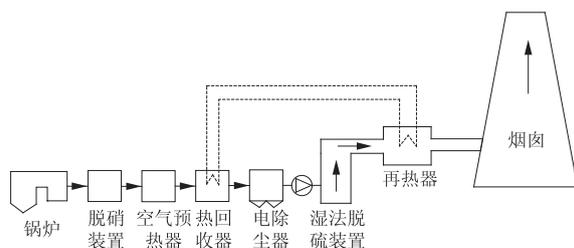


图1 MGGH系统典型工艺布置

是烟气温度而是管壁壁温,当管壁壁温接近或者低于酸露点温度时,在受热面上会发生低温腐蚀,只有管壁壁温高于酸露点温度10℃以上,才能避免发生受热面低温腐蚀。在实际生产中,往往由于换热的需要,需将烟气温度降低到露点温度以下,但有实践证明,在壁温低于酸露点的情况下也能做到有限的低温腐蚀。当换热管壁温在水蒸气露点温度25~105℃范围内时,20G的腐蚀速率不大于0.2 mm/a,而ND钢的腐蚀速率在0.1 mm/a以下,这样的腐蚀速率在工程应用上是可以接受的^[1]。

20G和ND钢是目前应用较多的换热管材质。20G广泛用来制造介质温度<430℃的换热器、过热器、水冷壁、给水、主蒸汽管等,但其抗低温腐蚀性能差。ND钢是一种新型的耐硫酸露点腐蚀用钢,其主要特点是在中温度、中浓度的硫酸中会由于腐蚀而发生钝化,在钢的表面形成一层富Cu, Cr, Sb等元素的薄膜,从而具有高的耐硫酸腐蚀能力,广泛用于制造在高含硫烟气中服役的换热器、空气预热器、热交换器和蒸发器等装置设备,用于抵御含硫烟气结露腐蚀^[1]。

1.1.2 MGGH 升温段材质选择

日本倾向于使用铁素体不锈钢,该钢种由于不含镍,其对氯化物的应力腐蚀断裂具有天生的免疫力,耐氯化物应力腐蚀性能优于其他种类的不锈钢,

推荐低温段材质选择 SUS444^[1]。

国内某集团倾向于使用高品质的奥氏体不锈钢及双相不锈钢。高品质的奥氏体不锈钢是一种含碳量很低的高合金化不锈钢,由于较高的铬、镍、铝和铜含量,尤其在稀硫酸中具有优良的抗腐蚀性能。双相不锈钢是一种铁素体相和奥氏体相共存的不锈钢,与铁素体相比,塑性、韧性更高,无室温脆性;与奥氏体相比,强度高且耐晶间腐蚀和耐氯化物应力腐蚀能力有明显提高,推荐低温段材质选择 2205, S31254 等^[1]。

在升温段布置湿式电除尘器后,经过前段低低温电除尘器、湿法脱硫系统及湿式电除尘器的脱除作用,烟气中大部分的 SO₂ 及 SO₃ 都被去除,受热面的 SO₃ 低温结露腐蚀减弱,但脱硫后的烟气一般还含有氟化氢和氯化物等强腐蚀性物质,是一种腐蚀强度高、渗透性强且较难防范的低湿、高湿、稀酸型腐蚀状况,对于防止 Cl⁻, F⁻ 的腐蚀就显得尤为重要^[1]。

因此,应根据实际烟气环境情况选择合理材质:一般烟气再热低温段材质选择不低于 SUS444(约占总换热面积的 35%),中温段和高温段材质选择不低于 ND 钢(约占总换热面积的 65%)^[1]。

1.2 磨损

磨损主要是由于飞灰颗粒的机械作用,即由于飞灰颗粒的冲击作用和切削作用而引起的。影响飞灰对管子磨损的因素主要有烟气流速、飞灰浓度、灰的物理化学性质、受热面的布置与结构特性和运行工况等。

1.2.1 烟气流速

受热面金属表面的磨损正比于飞灰颗粒的动能和撞击次数。飞灰颗粒的动能和速度的平方成正比,而撞击次数同速度成正比,管子金属面的磨损同烟气速度的三次方成正比。

在选型设计时,需对烟道内部的烟气动力场进行数值计算和优化处理,防止烟气偏流的发生;避免出现烟气走廊、烟气偏流、局部漩涡;针对不同的工况、使用条件选择合适的烟气流速进行设计,以保证烟气进、出口端和受热面烟气流场均匀。其中, MGGH 进口烟气导流板的设计尤为重要,导流板的设计应在考虑烟气均流的同时,控制好其伸入低低温入口的位置,避免导流板伸入位置控制不当造成气流直接冲刷换热器管壁的情况发生。

1.2.2 飞灰物理特性

在磨损中起主要作用的是飞灰中那些大的颗粒;其次,具有足够硬度和锐利棱角的颗粒要比球形颗粒磨损更严重些。灰粒磨损性能主要取决于灰中

SiO₂ 的质量分数,当其质量分数超过 60% 时,磨损显著加重。

(1) 换热管的布置与结构。H 型翅片管换热器采用顺列布置,翅片把空间分成若干小的区域,对气流有均流作用,可大大减小磨损,提高使用寿命。

(2) 影响磨损的其他因素。除上述因素外,燃料灰分、炉型、燃烧方式、烟道形状、局部飞灰浓度、管径等对磨损均有影响。

锅炉运行时,随着锅炉负荷的增加,烟气流速相应增加,飞灰磨损加快。对于负压燃烧的锅炉,烟道漏风量增大时,流速因烟气容积增大相应增高,磨损也将加快。锅炉燃烧时,因燃烧不良而使飞灰含碳量升高时,由于焦炭颗粒的硬度比飞灰的硬度高,磨损亦会增大。此外,当 MGGH 受热面发生局部烟道堵塞时,未堵塞侧烟速提高,造成单侧局部磨损;而当 MGGH 前省煤器灰斗、选择性催化还原法脱硝(SCR)灰斗输灰不畅时,会增加进入 MGGH 烟气的含灰浓度和粗灰颗粒含量,造成 MGGH 降温器磨损加剧。

1.2.3 安装问题引起的换热器管道磨损

因 MGGH 模块安装不到位,造成运行中换热器管束与隔仓板摩擦,导致换热器管束磨损。

1.3 腐蚀

1.3.1 换热器出口烟温与入口水温选择不合理

当烟温或受热面壁温降低到酸露点以下时,锅炉烟气中的 SO₃ 开始凝结生成硫酸,硫酸引起腐蚀,其腐蚀速率取决于酸冷凝沉积率,最大腐蚀速率发生在酸露点温度以下 15~30℃ 和水露点温度以下。换热器出口烟温选择过低,换热器壁温会落到腐蚀速率高的区域,会加重酸的凝露与沉积,加快腐蚀速度。通常认为,出口烟温低于酸露点 15℃ 时换热器壁温位于酸沉积率最低点,换热器工作在低腐蚀速率区域内,到达换热器表面的酸量会大幅减少。而在工程设计中,设计值往往与最佳温度区域有一定差值,因此造成换热器腐蚀。

1.3.2 升温段换热面积裕量太小

由于 MGGH 升温段换热面积裕量太小,造成 MGGH 升温段出口温度达不到预定值,引起 MGGH 升温段出现低温腐蚀。

1.3.3 将降温段不同烟道按统一参数设计

MGGH 降温段布置在除尘器入口时,不同烟道内均需装有换热器,而每个烟道内烟气流量和烟温往往是不一样的,设计时如将不同烟道按照统一参数设计成同规格的换热器,则会造成 MGGH 升温段出口烟温达不到预定值,引起 MGGH 升温段出现低温腐蚀。

1.3.4 升温器壳体泄漏引起升温器温度下降

由于 MGGH 的升温器受热面烟气外漏或者空气内漏引起 MGGH 升温器温度下降,引起升温器发生低温腐蚀。

另外,除盐水水质如果存在问题,则会引起 MGGH 管件内部化学腐蚀。

1.4 积灰

1.4.1 机组低负荷运行时飞灰沉积

当机组运行负荷低时,烟气中飞灰容易沉积在鳍片管间隙内形成积灰,积灰会降低低低温烟气换热器的换热效果,同时使烟气流速不均,加快换热器的局部磨损。

1.4.2 管子磨损泄漏引起积灰

当 MGGH 出现管子磨穿漏水时,换热器表面很快就积灰,造成局部堵塞,在增加系统烟气阻力的同时,会使烟气流速不均,造成换热器其他部位的管子磨损加快。

2 防止 MGGH 泄漏的对策

2.1 选择合适的换热器管型、管材和管壁厚度

MGGH 的管束选用 H 型或双 H 型翅片管;降温段的高温段选用 20 G、低温段选用 ND 钢;升温段的高、中温段材质选择不低于 ND 钢,低温段材质不低于 SUS444;管壁厚度选择在 4 ~ 5 mm 之间。

2.2 选择合理的烟气流速

烟气流速正常控制在 9.5 ~ 10.0 m/s。

2.3 优化设备的设计结构和布置方式

合理设计换热器结构,在保证流场均匀的前提下,使烟气流对换热面保持适度的冲刷,可实现一定的自清洁;采用划小区域多点布置方式,设置吹灰器;停机时彻底清理。

2.4 优化锅炉燃烧,选择合适煤种,加强设备检修和维护

优化锅炉燃烧,选择合适煤种。

加强烟风道系统的检修和维护,避免因烟道漏风过大、流速增高而加剧 MGGH 管束的磨损。

加强对省煤器仓泵和 SCR 仓泵的检修和维护,保证省煤器仓泵和 SCR 仓泵输灰正常,减少粗颗粒灰粒进入 MGGH 而加剧换热器管束的磨损。

2.5 优化换热器换热管排的制造工艺,控制好换热器安装质量

把换热管排两端的弯头设置在烟道外侧,内侧换热管束设为定长并整根制作,保证中间无对接焊缝,这样可以减少因制作问题而带来的管束泄漏隐患。

严格按照 MGGH 安装工艺进行安装和验收,避

免因安装质量问题而导致换热器磨损泄漏。

2.6 对酸露点的计算尽可能准确,合理选择 MGGH 出口烟温

对酸露点的计算尽可能准确;MGGH 的降温段出口烟温尽可能控制在 90 ~ 95 °C,最高不超过 100 °C,升温段出口烟温控制在 80 °C 以上。

2.7 设计时换热器留有足够的换热裕量

设计时出口烟温保证值按照出口烟温设定值上下浮动 8 ~ 10 °C 来界定。换热器留有足够的换热裕量,保证在运行工况改变时换热器出口烟温仍能达到设定值。

2.8 按实测数据确定各烟道换热器大小

根据各烟道实测烟气流量和烟温来确定降温段各烟道换热器的大小,避免个别烟道换热器出口烟温达不到设计值。

2.9 防止因漏风引起的低温腐蚀

设计、安装时将集箱处的穿墙管、弯头穿出烟道等部位均采用密封满焊方式,并在弯头外侧位置设计有密封盒子,充分保证烟道的密封性,避免烟道漏风造成低温腐蚀。

2.10 加强 MGGH 的运行调整

低负荷运行时加强对 MGGH 的吹扫,防止过多灰尘沉积于换热器上。

2.11 加强低低温设备的检查和维护

加强低低温设备的检查和维护,发现问题及时处理;运行中如若出现换热器泄漏,及时隔断相关管组(或模块)。

2.12 烟气换热器最前端防磨

烟气换热器最前端加装两排假管,并做防磨处理;或在第 1 排换热管入口加装防磨罩,以减轻前端换热管排的磨损。

2.13 低温天气设备停运后及时排放积水

在寒冷天气,设备停运后及时开启低低温各管组的集箱和母集箱、供水管道的排污阀进行排水,以防因积水而造成换热管冻坏。

2.14 其他措施

换热器分组设计,当出现泄漏时可实现在线隔离,不影响其他小区正常换热;设置受热面泄漏监控报警装置。在 MGGH 升温段和降温段的每个分模块小区底部设置独立的汇水导槽,并设置疏水管,以便换热器泄漏时积水能及时排出。安装高温烟气湿度仪,当有换热管泄漏时,高温烟气湿度仪的检测触点发出短路报警信号,以便能及时发现问题。

需要特别提醒的是:MGGH 设计时必须先做烟气流场数字模拟试验,必要时加做烟气流场物理模拟试验,优化烟气流场,确保烟气流(下转第 51 页)

表 1 轴承座圈支撑面水平度检查测量结果

位置	0°	22.5°	45°	67.5°	90°	112.5°	135°	157.5°
平行底梁测量值	7.49	6.67	8.07	7.25	7.44	7.19	6.84	6.49
垂直底梁测量值	9.63	9.82	8.91	9.04	8.06	8.12	8.92	9.52

表 1 测量结果表明轴承箱发生了轻微变形。

2.2 检查、打磨支撑轴承与凳板接触面

对支撑轴承凳板表面进行打磨清理,用框式水平仪对凳板的水平度进行检查,在凳板表面涂红丹粉,将轴承箱推回之后检查凳板与轴承箱周边的接触情况,发现存在接触不良的地方,部分边缘处间隙超过 0.50 mm。

工人对支撑轴承支撑凳板进行了打磨处理,对偏差较大的部位进行粗磨,耗时 1 周;后期通过反复牵拉轴承箱,涂红丹粉检查接触面和接触部位,对支撑凳板与轴承箱周边的间隙进行跟踪检查,利用角磨机对高点进行细致打磨抛光;经反复打磨后,凳板与轴承箱周边结合面间隙均小于 0.10 mm,接触面积达总面积的 75% 以上。

2.3 加固支撑凳板下方结构

由于该锅炉仅设计、安装了单台空气预热器,转子的重量和体积庞大,底部凳板承受约 1 200 t 的重量,底部结构容易变形。为此,在中心 3 根横梁之间增加焊接加强肋板,共用了 16 块 20 mm 厚的 Q235 钢板对中心支撑梁进行结构加强。

3 处理效果

现场工人完成了对空气预热器各处支撑钢梁焊缝、底部中心支撑钢梁结构加强肋板的焊接、两侧主梁加强筋板的焊接、轴承箱和支撑凳板的接触情况的检查,并完成了轴承本身和尼龙垫片检查、轴承箱底面与支撑凳板接触配合面的反复研磨、支撑轴承

(上接第 49 页)场均匀。有的单位因未进行烟气流场试验而导致 MGGH 安装后短时间内出现泄漏,善后处理非常麻烦。另外,MGGH 系统各模块进口门、出口门、旁路门等阀门的检修必须重视,如若 MGGH 模块发生泄漏而发电机组又无法及时停运时,需要通过隔绝相关模块来隔断水源,而此时如果阀门隔不断,则漏在低低温内的水会流入后续设备(除尘器烟道及灰斗)内,引起除尘器短路和干除灰系统瘫痪,最终导致机组烟尘排放超标。

3 结束语

在目前新的环保形势下,火电厂进行超低排放改造势在必行,但如何避免改造后出现 MGGH 的泄漏问题是每个业主在改造前应该考虑的问题,也是

回装等多项工作。

空气预热器再次启动后,电流无大的波动,轴承温度正常,运行稳定,经过长时间观察,异响基本消除,从而消除了重大设备隐患,为机组顺利完成点火吹管、168 h 满负荷试运工作奠定了坚实的基础。

4 结论

四分仓回转式空气预热器支撑轴承在调试期产生异响,经多次检测表明异响是由支撑轴承箱与凳板的接触面发生了变形,产生不平整间隙直接引起的。主要是转子的重量与设计强度和刚度相对薄弱的底梁支撑结构不匹配。异响的消除主要是通过对底梁支撑结构的补强而实现的。随着经验的积累和设计制造技术的改进,大型回转式空气预热器的安装质量会更可靠。

参考文献:

- [1] 寿兵. 华能福州电厂二期空气预热器特点及安装、调试问题的解决[J]. 热力发电, 2001, 3: 30-32.
- [2] 邵长暖, 孙维菊. 1 000 MW 超超临界机组空气预热器下轴承损坏原因探析[J]. 华电技术, 2015(7): 27-28.
- [3] 王宏, 周忠喜. 空气预热器底部轴承异响及更换[J]. 电力建设, 2007, 28(10): 78-79.

(本文责编:陆华)

作者简介:

陈建飞(1981—),男,宁夏银川人,工程师,从事电厂锅炉检修维护工作(E-mail:287760774@qq.com)。

已经改造完的业主必须解决的问题,希望本文能给相关业主提供借鉴,以避免或减少 MGGH 泄漏。

参考文献:

- [1] 华电电力科学研究院有限公司. 望亭电厂 3、4 号机组除尘器改造可研报告[Z]. 2014.

(本文责编:白银雷)

作者简介:

朱雪平(1966—),女,江苏启东人,工程师,从事火电厂脱硫脱硝设备检修管理方面的工作(E-mail:chdwdzxp@163.com)。