

第 9 章 尾部受热面运行问题

惊人数字：

92年有关资料统计，每年全世界电站锅炉和工业锅炉，因磨损而切削掉的金属、因腐蚀变成其他物质而脱落的金属、因积灰、结垢而浪费的金属达几百万吨，相当于吃掉1/2 - 1/3个鞍山钢铁公司。

参考资料：浙大芩可法著，“锅炉受热面的积灰、腐蚀和磨损”

第一节 尾部受热面积灰

第二节 尾部受热面磨损

第三节 空气预热器低温腐蚀与堵灰

第一节 尾部受热面积灰

一、基本概念

二、影响积灰的主要因素

三、防止或减轻积灰的主要措施

一、基本概念

- **低温受热面**：布置在锅炉尾部竖井中的再热器、省煤器和空气预热器。烟气温度比较低，一般在600℃以下，亦称为低温受热面。细小的颗粒(小于30 μm)沉积在受热面而上形成松软的积灰。
- **积灰部位**：在背风侧 (图9 - 1)；积灰形状：楔形。
- **积灰的平衡**：当积灰达到一定程度后，由于气流速度和灰层重力作用，积灰可自行剥离，灰层不再加厚，这一状态称为积灰的平衡状态。

积灰部位图

二、影响积灰的主要因素

- 粒 径：粒径小易积灰，粒径大不易积灰。
- 管 径：管径大易积灰，管径小不易积灰。
- 烟 速：烟速小易积灰(3m/s)，烟速大不易积灰(大于8 m/s)
- 粗糙度：粗糙面易积灰，光滑面不易积灰。
- 烟 温：烟温高易积灰，烟温低不易积灰。
- 管排列方式：顺列易积灰，错列不易积灰。
- 纵向节距：顺列S2小易积灰，错列S2小不易积灰。

三、防止或减轻积灰的主要措施：

- 选择合理的烟气流速。
- 尽量采用小管径、错列布置。
- 设置良好的吹灰装置并定期及时吹扫。

第二节 尾部受热面磨损

一、基本概念

二、磨损厚度的计算

三、影响磨损的主要因素

四、尾部热面的防磨措施

五、管式空气预热器的磨损及防磨措施

一、基本概念

- 磨损定义：低温下灰粒较硬(450 以下)，含灰气流冲刷到受热面管子上，在灰粒撞击和切削的作用下，使金属颗粒脱离母体而造成管子减薄的现象，称为磨损。
- 省煤器和空气预热器是锅炉中最易磨损的部件。
- 磨损区域一般在管子的迎风面90°的扇区内，特别是与来流方向夹角为45°的地方。

二、磨损厚度的计算

三、影响磨损的主要因素

- 烟速：3次方成正比。即： $W_y \propto v^3$ ；
- 管子排列方式： ms 错列 $>$ ms 顺列；
- 冲刷方式〔管外〕： ms 横向 $>$ ms 纵向；
- 飞灰粒径： d 粒 磨损

【注】当 d 粒大到一定程度，其磨损量增加缓慢(图9 - 5)。

- 磨损角度：图9 - 4，磨损最严重 $40 \sim 45^\circ$ 。
- 飞灰浓度： μ 磨损
- 管壁硬度：硬度 H ， ms ，即合金钢比碳钢耐磨；
- 管壁温度：

随壁温升高，氧化膜硬度增大，磨损减轻；

壁温再升高，由于氧化膜与金属膨胀系数不同，使氧化膜脱落，磨损又加重。图9 - 6。

四、尾部受热面的防磨措施

- 选择合理的**烟气流速**。

注：烟速过低传热系数小、易积灰。

- 减少烟气走廊，避免**烟气分布不均**。

注：设计时严格控制边关或弯与于炉内墙间距（画图说明）。

- **控制飞灰浓度不均**：竖井转弯处加导流板（画图说明）

- **加装防磨措施**。

例如：防磨角钢、防磨盖板、防磨钢筋、护瓦、护帘等，

见图9 - 9、9 - 10、9 - 11。

- 局部受热面和易磨部件选用**厚壁管**。
例如：再热器、省煤器的前几排管；流化床锅炉的埋管。
- 采用**较大的横向管节距** S_1 。
- **减少过量空气系数**及漏风系数。
- **减少灰粒直径**、**减少煤粉细度**。
- 可能的话，采用**烟气自下而上**的流动。
- **防磨新技术介绍**：
 - 膜式省煤器管；
 - 鳍片管省煤器；

五、管式空气预热器的磨损及防磨措施

磨损机理（图9 - 12）

说明：管式空气预热器烟气纵向冲刷管内壁，比省煤器横向冲刷的情况要轻得多。但，在进口处气流产生收缩，一般在进口截面约 $0.4dn$ 的位置收缩至最小流束，流速直径约 $0.8dn$ ，这样在进口段管壁处产生一个负压涡流区，由于气流节流之后再扩张，携带灰粒的烟气以一定角度高速冲刷管壁，切屑管内壁，从而产生冲击性磨损。

防磨措施：

防磨套管：本教材图9 - 13。

防磨环：本教材图9 - 14。

第三节 空气预热器低温腐蚀与堵灰

一、基本概念

二、烟气露点和低温腐蚀的机理

三、影响低温腐蚀的主要原因

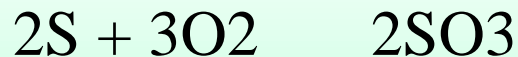
四、减轻或防止低温腐蚀的措施

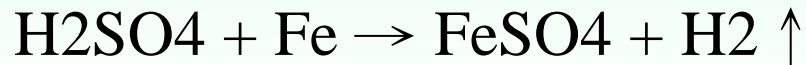
一、基本概念

- 空气预热器是电站锅炉温度最低的受热面，特别是低温段空气预热器。因此除了积灰和磨损之外，还存在着低温腐蚀和堵灰的问题，必须给以足够的重视。
- 当管壁温度接近或低于烟气露点时，烟气中的硫酸蒸汽将被凝结对管壁产生腐蚀，这种现象称为低温腐蚀。
- 烟气侧的硫酸溶液极易粘结灰粒而沉积在管子上，形成积灰，严重情况堵塞管子形成堵灰。金属氧化物与硫酸液体发生反应形成坚硬的灰垢，不易去除。
- 管壁积灰后又可吸附硫酸溶液，使腐蚀加剧。因此结露、积灰、腐蚀三者是恶性循环的关系。

二、烟气露点和低温腐蚀的机理

- 烟气侧的SO₃在低温下与水蒸气结合生成硫酸蒸汽，硫酸蒸汽凝结时的温度称为**酸露点**，即**烟气露点**。
- **烟气露点(酸露点)要比水露点高得多**，当烟气中的水蒸气含量为10%，烟气中硫酸蒸汽的含量为5 - 50PPm，烟气露点约为129 - 149C。当受热面管壁温度低于烟气露点时，硫酸蒸汽就会凝结从而发生低温腐蚀。即：





- 计算露点的经验公式：

(9-4)、(9-6)、(9-7)、(9-8)、(9-10)、
(9-11) 六个公式。

【注】 近似计算，不必记公式，能用来分析影响露点的主要因素。

三、影响低温腐蚀的主要原因

1. 烟气中的水蒸气含量： H_2O t_{sl} t_{ld} FS
2. 燃料特性：
 S_{ar} S_{O3} t_{ld} FS
 M_{ar} H_2O t_{sl} t_{ld} FS
 A_{ar} a_{fh} 吸附 S_{O3} 即 S_{O3} t_{ld}
FS粉 < FS沸 < FS层 < FS油
3. 积灰或堵灰：积灰 吸附FS H_2SO_4 溶液 FS 恶性循环
4. 过量空气系数： O_2 t_{ld} FS
5. 炉膛出口温度： I'' S_{O3} t_{ld} FS

四、减轻或防止低温腐蚀的措施

1. 低温段采用回转式空气预热器；
2. 提高排烟温度： $t_{py} > t_{ld}$ ；
3. 提高空气预热器入口温度：
 - 热风再循环；
 - 再循环风机；
 - 配置暖风器；
 - 前置式空气预热器（玻璃管、热管）；
4. 空气预热器分段布置：
 - 易腐蚀的部分单独作为一级，更换方便；

5. 采用耐腐蚀材料：

玻璃钢、玻璃管、搪瓷、陶瓷等材料；

6. 采用低氧燃烧技术：

降低过量空气系数、减少SO₃含量；

7. 控制炉膛温度减少SO₃含量：

采用烟气再循环；

8. 减少漏风；

9. 燃料预脱硫或烟气脱硫：

脱硫剂 石灰石、白云石；

10 定期清洗空气预热器。