

天津翔悦

天津翔悦密封材料有限公司



弗莱希波·泰格
金属波纹管有限公司



温州环球阀门制造有限公司



北新集团建材股份有限公司

电站锅炉炉膛结渣积灰预测及其清除

大唐国际发电股份有限公司张家口发电厂（075133） 张文祥 赵海峰

【摘要】 简述了影响电站锅炉炉膛结渣、积灰的主要因素及其预测和清除方法，着重说明高压水射流是目前清除渣（灰）的最佳方法。

【关键词】 电站锅炉 结渣 积灰 预测

目前，电站锅炉主要以煤作为燃料，煤在燃烧时，燃烧产物中有灰粒、氧化硫等物质，这些物质的数量有时很大，例如一台300MW的锅炉每昼夜的飞灰量可达700~1200t（视煤的含灰量多少而定）。这么多灰要流经锅炉的受热面，其中一部分以各种形式沉积在受热面上，这就增加了传热热阻，甚至使烟气通道堵塞。炉膛结渣、积灰轻则影响锅炉正常运行，降低发电效率，重则导致降负荷甚至非计划停炉，危及锅炉运行安全性和机组可用率，是围绕锅炉运行的难题之一。

1 影响锅炉结渣、积灰的因素

1.1 锅炉结渣

在煤粉炉和燃油炉中，燃烧火焰中心温度在1500~1800℃之间。燃料中的灰在这样高的温度下大多熔化为液态或呈软化状态。由于水冷壁的吸热，从燃烧火焰中心向外，越接近水冷壁温度越低。在正常情况下，随着温度的降低，灰份将从液态变为软化状态进而变成固态。如果灰还保持着软化状态就碰到受热面时，由于受到冷却而粘结在受热面上，形成结渣（俗称结焦）。

结渣的危害很大，炉膛内结渣会增加受热面的传热阻力，使辐射吸热量下降，炉膛出口烟温升高，不仅影响自然水循环，还会使对流受热面因热负荷升高而超温；燃烧器喷口及其附近结渣，会使射流及炉内动力工况改变，直接影响风粉混合及燃烧；炉膛出口受热面结渣，则会影响受热面传热，甚至影响汽温，并会增大通风阻力，严重时因通风不良使燃烧恶化，除渣或渣脱落时，会砸坏水冷壁或冷灰斗，而大块炉渣突然落下，则有可能造成炉膛灭火。

对于锅炉的结渣，国内外学者已做了大量研究，初步揭示了其形成因素与燃料中的灰份性质、锅炉设计及锅炉运行状况有关。

1.2 锅炉的积灰

锅炉受热面上的积灰有粘结性和疏松性积灰两种。粘结性积灰是由于烟气中的硫酸蒸汽凝结在受热面管壁上而粘住灰粒，并与灰粒作用而形成水泥状的堵灰。当锅炉的燃烧不正常时，烟气中带有大量的碳粒子，这些碳粒子可以吸附烟气中的二氧化碳、三氧化硫和水蒸汽。三氧化硫和水蒸汽又化合成亚硫酸（ H_2SO_3 ）。亚硫酸是很强的还原剂，会再次氧化成硫酸（ H_2SO_4 ）；碳粒子吸附的三氧化硫和水蒸汽也会直接化合成硫酸。含有硫酸的碳粒子具有很强的粘性，它沉积在受热面上不仅很牢固，而且硫酸有很强的腐蚀性，它与受热面作用生成硫酸亚铁（ $FeSO_4$ ），更增加的这种灰的牢固性。随着燃料中含硫量的增加，粘结性积灰的可能性也增加。

疏松灰是各种锅炉中最常见的积灰方式，它发生在锅炉的所有受热面上，煤粉炉主要是这一类积灰。当烟气冲刷管束时，管子的背面形成涡流区，大的灰粒因其运动惯性动能大，不容易卷进涡流区；但小的灰粒则容易被卷近旋涡撞在管壁上，并且由于通过引力、静电引力及摩擦阻力等方式粘结在上面形成积灰。

1.3 结渣、积灰与煤灰的化学成份、灰渣的物理性质的关系

受热面的结渣和积灰，主要是煤粉燃烧时煤中矿物成份发生作用的结果，煤粉燃烧时，在高温受热面上形成污染和结渣的基本过程可分为两个阶段。开始在管子上形成第一层灰（原生层），但是随着其厚度的增加，其外表面温度不断升高，逐渐接近于当地的烟气温度，若此烟气温度高到使灰处于熔化状态，则在第一层灰上面形成增长速度很快的梳状沉积物（第二层灰），也就是开始了结渣或成。形成第二层灰渣后，因渣层中发生物理化学变化致使灰层的强度增加。

开始形成的第一层灰和灰的组成有关，即和黄铁矿分解的产物、碱性化合物、钙的化合物、磷的化合物等有关，第一层灰中也有 SiO_2 ，它在炉膛高温条件下也能升华。此外，所有能促进形成疏松灰的因素也能影响第一层灰的形成。高度弥散粒子的表面活性也能使非常细的灰粒沉积在管子表面而形成第一层灰层。

1.4 锅炉设计因素

美国电力研究协会（EPRI）曾对燃用各种不同煤种的锅炉作了调查，结论是结渣和积灰不仅与煤灰性质有关，而且同锅炉设计密切相关，主要是炉膛热强度（包括炉膛容积热强度和端面热强度）、煤粉在炉膛内逗留的时间、燃烧器结构形式以及受热面的布置等。同一煤种，在某台锅炉上会严重结渣，而在另一台设计不同的锅炉上可能根本不结渣。

1.5 锅炉运行因素

(1) 锅炉结渣、积灰随锅炉负荷及烟气温度的增加而增加。

(2) 煤粉细度对炉膛结渣也有影响，但是煤粉细度应视煤种与具体的锅炉的结构而定，应通过试验来确定。煤粉过细、过粗均可能引起结渣。

(3) 较大的燃烧过剩空气能减少结渣与积灰。

2 锅炉受热面结渣、积灰的预测方法

2.1 根据煤灰物理特性对受热面结渣、积灰进行预测

(1) 根据煤灰熔点温度进行预测

可根据煤灰的开始变形温度、软化温度、熔点结渣指数、灰渣电阻突变时的温度和熔点温差法预测；

(2) 根据灰渣的粘度范围、粘度型结渣指数和粘温特性面积预测；

(3) 根据热显微镜的测定结果预测；

(4) 根据煤灰的烧结强度预测；

(5) 用重力分离法产生的偏析预测；

(6) 根据渣形特征预测。

2.2 根据煤灰成份特性对受热面积灰、结渣的预报

(1) 根据灰渣单一成份含量预测积灰，根据灰中碱金属氧化物含量、弱酸过滤法判别活性的化合物含量、煤炭中的铁含量和煤灰中的氯含量预测。

(2) 根据煤灰成份综合比值进行预测,用硅比G、硅/铝比($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$)、铁/钙比($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{CaO}$)、碱/酸比(B/A)或硫份结渣指数 R_s 进行预测。

(3) 用煤灰三元相图来评价煤的结渣倾向。

2.3 根据锅炉运行特性的变化对受热面积灰、结渣进行预测

(1) 根据运行特性对炉内结渣、积灰的预测,根据炉内结渣、积灰的各种参数,如炉膛出口烟温、水冷壁吸热量、炉内积灰层平均厚度等数值的变化对结渣和积灰进行预测。也可根据炉膛出口温度、炉内综合系数、炉内温度场及炉膛出口烟温变化及炉膛出口温度及水冷壁热有效系数 ψ 的变化预测。

(2) 根据运行特性对对流受热面的结渣进行预测,根据影响对流受热面结渣、粘灰的各种参数及灰污系数预测。

(3) 根据运行数据来评价锅炉屏式过热器和省煤器的积灰程度。

3 锅炉炉膛结渣、积灰的清除

锅炉结渣、积灰给锅炉安全、经济运行所带来的危害是显而易见的。因此,锅炉结渣、积灰应以预防为主,很多专家学者在这方面作了大量的工作并取得了显著的效果。

但是,无论采取怎样的预防措施,锅炉在实际运行中由于各种不定因素很多并最终导致锅炉结渣、积灰。对于锅炉炉膛结渣、积灰的清除方法有很多种。总的来看,可分为运行时清除和停炉时清除两大类,以运行时清除为主。

3.1 锅炉运行时清除渣(灰)的方法

(1) 水力除渣

水力除渣是用较高压力的水(最高可达1.5Mpa)射向渣体,由于渣块温度很高,遇水急冷而破碎,从受热面或炉墙上掉下来。水力除渣时,应严格按照操作规程进行。不要把水直接喷射到受热面上,以免损坏管子。当锅炉低负荷运行时(<75%额定负荷),不宜对水冷壁管进行水力除渣,防止其破坏水循环。水力除渣要勤要快,每次除渣时间不要超过2~3min。

(2) 蒸汽吹灰

吹灰是防止积灰加剧的常用方法。吹灰的介质一般采用蒸汽,但对于硬焦,用蒸汽往往吹不掉,而采用水力吹灰就很有效。

(3) 水、汽联合吹灰

据有些电厂经验,联合使用水、汽吹灰效果更佳,即水吹灰后接着再用蒸汽吹。

(4) 钢珠除灰

在锅炉运行时,钢珠除灰装置应当经常、持续地投入使用,切不可等受热面积灰已经很严重,甚至发生堵灰以后再使用。该法对粘性积灰的清除效果较好。

(5) 加添加剂

加添加剂是防止锅炉水冷壁结渣、积灰的有效方法之一。添加剂的作用是通过化学的方法使炉膛内形成的焦渣达到吹灰能够去除的程度。美国一家研究机构曾试验了19种添加剂,最能降低焦渣强度的添加剂是碳酸钙和氧化镁。另外,美国还有一项防止结渣的专利是向膛内喷入少量廉价粉粒状物质,如矾土、碳化硅、氧化铝等,效果显著。添加量为每吨煤1.8kg,每隔6.5h添加一次,每次添加时间约2h。

锅炉运行时的吹灰必须做到定期定时,使受热面保持光滑,避免结渣、积灰的加剧。

3.2 停炉时清渣(灰)的主要方法

(1) 人工刮铲

有的电厂锅炉结渣、积灰很严重，又没有别的更好的办法去除，在停炉检修期间就动员职工轮番到炉膛里进行刮铲。人工刮铲，劳动效率很低、周期长、清除不彻底且由于人员多、杂，安全得不到保证。近来，人工刮铲除渣（灰）的方法基本不再采用，只是在炉膛内结渣（灰）轻微时进行人工刮铲还可行。

(2) 碱性水冲洗

对于粘性积灰，由于其形成是烟气中的硫酸蒸汽凝结在受热面管壁上而粘住灰粒，并与灰粒作用而致。粘性积灰的液体呈酸性，故有些电厂采用碱性冲洗，取得了良好的效果。该方法的缺点是对大块结渣无明显效果，清除不彻底。

(3) 高压水射流清洗

高压水射流清洗是最近几年才在我国兴起的。其原理是高压水泵产生高压水经喷头射出一股或多股不同方向的高速水射流，对清洗对象进行冲蚀、剥层、切除、打击以达到清洗目的。利用高压水射流清洗结渣、积灰时，一般取操作压力40~60Mpa。高压水射流清洗炉膛结渣、积灰，其特点是劳动效率高（单枪清洗速度可达15m²/h），清洗彻底。在停炉期间，高压水射流是目前清除锅炉渣（灰）的最有效、最彻底的方法。

4 采用高压水射流对1025t/h燃煤锅炉炉膛渣（灰）的清除

张家口发电厂目前有8台1025t/h同种型号的燃煤锅炉，锅炉在设计、制造时所采用的煤种与锅炉运行后的煤种发生了变化；且锅炉炉膛热负荷增大，炉膛结构不能适应现烧的煤种，导致这8台锅炉炉膛不同程度的存在结渣、积灰现象，每次大修（有时是小修）都不得不对炉膛进行彻底地清渣（灰），以保证锅炉安全经济运行。

4.1 锅炉结渣、积灰状况

该电厂锅炉炉膛截面呈正方形，四角布置直流燃烧器，水冷壁为扁钢焊接膜式水冷壁。停炉检修时发现在接触或靠近燃烧器喷出火焰的受热面上有大块结渣；由于燃烧器四角布置，火焰贴壁，水冷壁面上及水冷壁之间的扁钢均有不同程度的结渣、积灰；前屏、后屏积灰严重，并有大块形成。更为严重的是燃烧器周围的焦渣与焦油混合结成，使得该处的结渣很硬、很大，且韧性也很大。由于对流过热器正好在折焰角的上方，每次清灰极不方便，故该处的堵灰严重，厚度可达500mm以上。

4.2 高压水射流清除焦渣（灰）

针对炉膛内结渣、积灰各部位不相同的情况，选用的操作压力在40~60Mpa之间；对燃烧器周围的顽固焦渣及大块的焦渣、堵灰我们选用圆柱形喷嘴（射出圆柱形射流），对结渣、积灰程度轻的地方（如大面积的水冷壁、大屏等）选用扁喷嘴（射出扇形射流）；喷嘴与清洗面的距离为200~400mm；清洗顺序从上往下清洗。

在清洗时，喷射枪上下往复移动，幅度在1m左右，此时的清洗效率最高，效果最佳。对于顽固、坚硬的焦渣，要寻找其空隙使射流契入并促其脱落；没有空隙的，就要选定以合适的角度进行喷射。燃烧器周围由于渣、油混合，使得该处的焦渣十分坚硬且韧性很大，提高操作压力（最高达65Mpa），并配合人工修理也取得了满意的效果。

5 结 论

(1) 电站锅炉炉膛结渣、积灰与煤灰性质、锅炉设计及锅炉运行状况等因素有关。

(2) 锅炉结渣、积灰有多种预测方式。

(3) 锅炉结渣、积灰应以预防为主。锅炉运行时，一旦发现有结渣、积灰就应及时清除；定期定时清除渣（灰），力争保持水冷壁管受热面的光滑。

(4) 在停炉高压水射流清渣（灰）时，水冷壁易出现二次浮锈的问题，可在高压水射流清洗过后紧接着用小型清洗机喷射钝化处理。

(5) 高压水射流对燃烧器周围渣、油混合物清除效果不理想，因为操作压力不能升得过高，以免损伤金属。若能使高压水射流清洗与化学清洗相结合清洗该焦渣则会更好。

(6) 采用高压水射流清洗锅炉结渣、积灰，效率高，清洗彻底，是目前清洗停炉锅炉结渣、积灰的最有效的方法。

6 参考文献

[1] 岑可法，樊建人等．锅炉和热交换器的积灰、结渣、磨损和腐蚀的防止原理与计算．科学出版社．1994．

[2] 张庆．锅炉结渣的原因分析及防止对策．华东电力．1997．

[3] 范宗良．电站锅炉炉膛结渣积灰及清除．锅炉压力容器安全技术．1997．

[4] 立彦林．煤粉锅炉结渣的研究现状及进展．电力安全技术．2000．

文章作者： 张文祥

发表时间： 2005-07-18 00:00:00

[\[关闭窗口\]](#) [\[打印文章\]](#) [\[回到顶端\]](#)