生物质直燃锅炉水冷壁腐蚀分析及对策探讨

陈新军

(江苏国信如东生物质发电有限公司，江苏如东226400)

摘要：本文主要针对生物质直燃锅炉普遍存在运行过程中出现的锅炉水冷壁腐蚀减薄的问题，以江苏国信如东生物质发电有限公司的锅炉运行实例，分析其腐蚀主要产生的机理、原因，及采取的对策，为生物质锅炉的工作者提供参考。

稻麦秸秆、农林废弃物、稻壳、工业加工的边角木料以及蔗渣等生物质能是人类自古以来生火做饭的燃料，作为一种清洁而又可再生的原料，是可代替石油、煤炭等矿石能源，以及为化工行业提供碳元素。生物质直燃发电项目是生物质能大规模运用的模式之一，是可再生能源发电一类重要方式。生物质电厂锅炉受热面腐蚀是广泛存在的，特别是高温高压及以上参数，尤其是采用了稻草、麦草、油菜杆等秸秆类，对生物质发电厂的安全生产工作和经济效益都是很大的威胁。

在生物质燃料中，碱金属含量比例比较高，其燃烧过程中，锅炉受热面的高温腐蚀与生物质燃料中含有的氯、钾、硫和镁等元素密切相关，其固、液、气的状态变化以及燃烧过程中的化合物的转换，直接影响锅炉受热面的积灰腐蚀以及锅炉的灰渣成分情况。从相关资料可知，稻麦草秸秆、树枝、竹片等生物质的钾含量比较高。

生物质燃烧过程中，还有氯的影响。氯是一种常见的元素，人类的生存离不开它，广泛存在于自然界，是农林生物质生长必须的元素，许多种类的农林生物质氯的含量都很高，并且以游离离子态存在，转移流动性很强，表1列出了常见生物质的情况。通常，公司所在的如东县，地处南黄海之滨。该区域生长的植物，氯的含量普遍更高。

表 1 水冷壁腐蚀层积灰垢样元素成分(Wt.%)

Na	Mg	Al	Si	P	S	Ca	K	Cr	V	Ti	Cl	Fe	Mn
0.00	0.00	0.00	1.54	0.33	5.64	1.44	18.97	0.0144	0.0071	0.0435	18.58	53.11	0.323

1腐蚀状况分析

公司所使用的生物质发电锅炉，为无锡华光锅炉股份有限公司自主开发设计的第一台高温高压水冷振动炉排锅炉。锅炉为自然循环形式，单锅筒、湿出渣，主要设计参数为：额定蒸发量110t/h，额定主汽压力9.8MPa，额定主汽温度540°C，给水温度210°C。设计燃料为稻草、麦草、棉花秆、废木材、树皮等农林废弃物。

公司机组于2008年7月投产，投产初期机组利用小时数非常低。随着国家政策支持以及燃料拓展，目前发电机组年利用小时数在7500小时左右。锅炉在2012年开始发现炉膛水冷壁严重腐蚀，主要出现在后墙拱下，2014年水冷壁再次泄漏后，检查发现炉膛拱的位置上下5米之间，炉膛水冷壁环周四面均腐蚀严重，减薄明显，水冷壁管排更换工作量非常大。为查明锅炉水冷壁减薄的缘由以及寻找缓解对应的解决措施，电厂邀请多方面的专家到现场进行调查和分析。

对更换下来的水冷壁管排的管壁管外腐蚀灰垢刮管取样，同时，请东南大学相关专家对腐蚀层积灰垢样进行了元素成分分析(具体数据见表1)，腐蚀层积灰垢样中铁含量为53.11%，钾18.97%，氯18.58%，由此说明水冷壁管腐蚀层积灰垢样的主要成分为氧化铁和氯化钾。水冷壁管材中的铁经过化学反应从水冷壁管子外表面往腐蚀积灰垢层输送，腐蚀层积灰垢样中氯化钾是由烟气中夹带的碱金属氯化物灰粒接触到水冷壁冷凝沉积下来，并在水冷壁上不断积聚而成，腐蚀层积灰(内含大量的碱金属氯化物)对管子造成严重的腐蚀。

经现场观察，以及对水冷壁管子外部腐蚀层的积灰垢样成分进行化学分析，基本可以确认为碱金属氯化物的熔融腐蚀。水冷壁腐蚀照片中可直接看出氧化膜脱落开裂。腐蚀层灰垢中的碱金属、硫酸根离子和氯离子是造成水冷壁管排管壁严重腐蚀的重要起因。水冷壁管排管壁的减薄主要为灰垢中碱金属氯化物的高温腐蚀，而且氯元素在腐蚀的化学反应过程中没有被去除，而是起到催化和媒介的循环作用，因而造成炉膛的大面积腐蚀减薄。

2腐蚀机理分析

2.1腐蚀过程

锅炉炉膛内，生物质的燃烧过程中，其所携带的氯、硫元素与其碱金属钾、镁、钠等元素以气态的形态进入到锅炉烟气中，会通过燃烧化学反应形成极细颗粒(纳米级或者微米级)的氯化钠、氯化钾等碱金属氯化物，凝结和沉积在管壁温度约在350°C的炉膛水冷壁管子管壁上。沉积和凝结在水冷壁管迎火侧外表面的氯化钾和氯化钠，再与管壁表层的氧化膜(Fe_2O_3
层)发生氧化还原反应，由于氯化铁的气化温度约为315°C左右，所以在水冷壁管子外表温度高于315°C时，氯化铁由固态转向气态，
向锅炉烟气中扩散，导致水冷壁
表面的氧化膜脱落，暴露出来的管壁铁Fe和烟气中O_2
进行氧化反应，生成新的氧化膜Fe_2O_3。上述反应过程循环发生，使得炉膛水冷壁管子的壁厚持续减少。

另一方面，炉膛水冷壁管
温度在310至420°C，锅炉烟气中不可避免有少量二氧化
硫(SO_2
)气体，能显著加速炉膛水冷壁管壁的腐蚀过程。水冷壁迎火面管排外表的氯化钾和氯化钠，与烟气中的二氧化硫发生化学反应，通过反应生成气态氯。由于氯是
气态的，也就是氯气(Cl_2
)，能够轻松地穿越腐蚀积灰层，通
过与管壁的铁(Fe)进行反应，生成氯化铁($FeCl_3$
)。在
水冷壁管壁
腐蚀积灰层迎火侧，由
于燃烧所需空气中氧的存在，氯化铁将与氧发
生反应，生成氧化铁(Fe_2O_3
)和氯。氯能够与水冷壁再次发生反应。氯经过一个循环几乎没有耗费，氯元素起到了催化媒介作用，并且不断地腐蚀水冷壁迎火侧。

此外，炉膛水冷壁一般为20G或者15CrMo，水冷壁管子中的其他成分，如铬(Cr)，其物理化学反应过程与上述铁的过程相同。

2.2腐蚀特点

2.2.1普遍存在并持续

以上对腐蚀过程的探讨发现，在炉膛水冷壁的腐蚀过程中，生物质燃料中的氯起到了催化和媒介的作用，将奥氏体不锈钢水冷壁中从水冷壁迎火面上连续不断地反应出来，造成了水冷壁管的腐蚀。生物质燃料中天然存在的氯元素和碱金属元素，只要在炉膛水冷壁迎火烟气侧的管壁温度达到310～420°C时，将必然与发生化学腐蚀反应，其含量多少和温度的高低，只能影响腐蚀反应的速率，不会杜绝腐蚀反应。同时，只要化学反应一旦开始，则将持续不断进行腐蚀。

2.2.2温度区间

炉膛水冷壁腐蚀现象的发生和反应速率与水冷壁的管壁温度有直接联系。通过对多台高温高压参数的生物质锅炉受热面腐蚀情况进行了解和分析，各台锅炉发生的腐蚀的位置不一定一致，但是均是水冷壁管壁外表温度在310至420°C区间，在这个温度区间内，腐蚀反应的速率随温度的升高而加快。据如东公司统计，一般腐蚀速率大概在1～1.5mm/年，局部高点的腐蚀速度可到2.0mm/年。

3防止腐蚀的措施

锅炉炉膛内的环境以及生物质燃料中的成分共同组成水冷壁腐蚀反应发生的条件，水冷壁管子迎火面腐蚀发生的主要原因是生物质燃烧后的积灰以及迎火面烟气环境中较高的氯含量。再加上振动水冷炉排锅炉的特点，定期炉膛振动，容易使水冷壁表面的腐蚀积灰层产生裂纹，且烟气中的氯离子能够加速裂纹的生成和发展，生物质锅炉炉膛的温度波动常常无规律，为水冷壁腐蚀破坏作用创造了条件。

同时，锅炉燃烧着火不稳导致的烟气O_2
浓度波动、炉膛烟温波动以及水冷壁壁

温波动，生物质颗粒度不一、烟气中O_2
浓度偏低以及拱下二次风偏大引起的燃料颗粒拱下停留时间短、上部燃烧强导致烟温偏高，同时炉膛结焦、燃料磨损行强以及给水欠焓偏低，都对磨损及高温腐蚀减薄起到促进作用。为了防止和延缓锅炉水冷壁及过热器高温腐蚀问题，需要从入炉生物质的品质、锅炉受热面的设计和日常运行参数调整等方面进行一体化控制，具体如下：

(1)在机组选型过程时，要统筹考虑全厂能耗效率和锅炉受热面高温腐蚀的问题，尽量使汽包内的饱和温度、水冷壁表面温度避开腐蚀温度区间；在锅炉管材的选用过程中，考虑采用耐腐蚀好的管材，如20G、TP347H等材质，或在部分水冷壁管壁外进行喷涂。

(2)严把入炉生物质燃料的品质关。加强生物质燃料的混合掺配工作，综合考虑各品种的热值、灰分、水分、易燃性等方面，确保入炉生物质品质的连续性和稳定性。同时，控制或杜绝氯、硫等含量高的生物质品种入炉燃烧；另外对稻麦草类秸秆进行干燥处理，降低其水分，减轻燃料卡堵的现象，进而稳定燃烧。

(3)加强燃烧调整，配合锅炉炉排的振动频率和幅度，以及间隔时间，合理调整分配锅炉一、二次风。特别是，当采用颗粒度小、高水分的木屑、稻壳等燃料时，要加大二次风量，提高其穿透性，防止密相区转移，防止在炉膛以外的区域发生二次再燃。

(4)采用机械方式或者高压水冲洗对锅炉水冷壁、过热器表面进行清焦清灰时，应尽量避免破坏受热面管壁的保护性垢层；要不就将管壁表面进行彻底清理干净。

(5)对存在磨损的区域可采对水冷壁迎火面进行防磨防腐喷涂等防磨措施，减缓磨损减薄，并在更换过程中提高材质。另外，定点跟踪检查，注意腐蚀减薄的发展。

(6)锅炉运行过程中，尽量提高锅炉蒸汽参数，从而提高锅炉汽包给水的饱和温度，增大省煤器出口给水的欠焓，确保水冷壁水动力稳定。

4结语

由于生物质直燃锅炉高温受热面腐蚀，特别是屏式过热器、高温段的水冷壁等，是一个错综复杂的技术问题，影响的环节和因素很多，要想解决好这些问题，还需要做大量的科学实践论证，进一步探讨其腐蚀机理，研究其防治措施，达到生物质直燃锅炉锅炉长期安全稳定运行的目的，进而提高生物质发电行业设备可靠性和健康水平。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/140642.html