

电站锅炉对冲燃烧器高温腐蚀治理措施

周传明

国能蚌埠发电有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v4i8.6208

[摘要] 近年来, 燃煤电站在污染物超低排放控制方面取得了显著的成就, 污染物控制技术得到大幅度提升, 绝大多数电厂实现了污染物超低排放。但高效燃烧与低氮排放的矛盾更为突出, 炉膛局部缺氧严重, 使得炉膛水冷壁近壁区域气氛中 CO 和 H₂S 浓度非常高, 水冷壁高温腐蚀状况急剧恶化。国能蚌埠发电有限公司 1 号机组主燃烧器区域侧墙水冷壁高温腐蚀严重, 局部区域管壁厚度仅有 3.4mm (原始厚度为 7.3mm), 减薄超过一半以上, 已严重影响机组安全运行, 每次检修需进行大面积换管, 每年投入水冷壁检修费用约 300 万元。

煤质变化影响: 由于燃煤供应紧张, 大量火电企业不得不燃用大幅偏离设计煤质的低热、高硫煤, 导致运行氧量偏低、炉膛水冷壁近壁区域气氛中 CO 和 H₂S 浓度进一步升高, 加剧高温腐蚀问题。

高温腐蚀严重时常常发生“爆管”问题, 严重影响电厂安全运行和经济效益。据统计, 我国火电机组由于水冷壁爆管引发的非计划停运小时数约占机组全年非计划停运总时间的 37.8%。

[关键词] 超低排放; 高温腐蚀; 爆管

Control measures of high temperature corrosion of power station boiler hedge burner

Zhou Chuanming

State Energy Bengbu Power Generation Co., LTD. Bengbu City 233000

[Abstract] In recent years, coal-fired power stations have made remarkable achievements in the ultra-low emission control of pollutants, the pollutant control technology has been greatly improved, and the vast majority of power plants have achieved ultra-low emission of pollutants. However, the contradiction between efficient combustion and low nitrogen emission is more prominent. The local hypoxia in the furnace is serious, making the CO and H₂S concentration in the atmosphere near the wall of the furnace very high, and the high temperature corrosion of the water wall deteriorates sharply. Countries to Bengbu power generation co., LTD. Unit 1 main burner area side wall water wall high temperature corrosion serious, local pipe wall thickness is only 3.4mm (original thickness of 7.3mm), thinning more than half, has seriously affected the safe operation of the unit, each overhaul requires large area of pipe, into water wall maintenance cost about 3 million yuan a year.

Impact of coal quality change: Due to the shortage of coal supply, a large number of thermal power enterprises have to burn low heat and high sulfur coal that greatly deviate from the designed coal quality, resulting in low operating oxygen content and further increase of CO and H₂S concentration in the atmosphere of furnace water wall, exacerbating the problem of high temperature corrosion.

When the high temperature corrosion is serious, the problem of "pipe explosion" often occurs, which seriously affects the safe operation and economic benefits of the power plant. According to statistics, the unplanned outage hours caused by water wall pipe burst in China account for about 37.8% of the total unplanned outage time of units.

[Key words] ultra-low emission, high temperature corrosion, pipe burst

在低氮燃烧工况下, 国内电厂大部分高温腐蚀均属于还原氛围下的硫化物型高温腐蚀, 燃烧区域水冷壁附近为缺氧环境, 煤种的硫以气态 H₂S 的形式存在, H₂S 具有强腐蚀性, 可

与 Fe 及其氧化物 FeO、Fe₂O₃、Fe₃O₄ 反应生成 FeS。

水冷壁基体一般在高温下形成 3 层由内向外的 FeO-Fe₃O₄-Fe₂O₃ 氧化膜, 由于 H₂S 和 [S] 的破坏而产生高温腐

蚀, 腐蚀后的管壁外层非常疏松, 很难对水冷壁管起到保护作用。

水冷壁高温腐蚀条件: 水冷壁的附近气体有较强还原性, 且管壁附近区域的温度过高, 煤粉中含有一定量可形成高温腐蚀的物质, 煤粉冲刷墙壁。

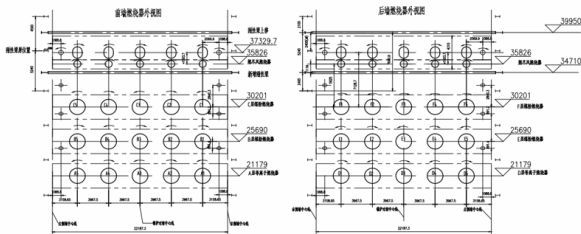
综合治理措施:

1. 水冷壁表面喷涂:

国内外发生高温腐蚀的对冲燃烧锅炉普遍采用水冷壁管表面金属喷涂防护进行被动应对, 能够达到一定的水冷壁防护效果, 但是存在保护周期短、保护效果不理想、需要频繁喷涂、价格高昂等缺点。

2. 贴壁风技术:

贴壁风技术通过在水冷壁安装贴壁风装置, 由风箱引出一定量的一次风或者二次风经过贴壁风装置通入炉膛内, 持续的新鲜气流向还原性气氛区域补充氧气。贴壁风装置引入的空气流在锅炉水冷壁管的表面铺盖一层空气膜, 可以减少煤粉颗粒对水冷壁墙面的冲撞磨损作用, 同时空气流可以带走部分水冷壁的热量降低侧墙附近温度。根据水冷壁高温腐蚀机理可知, 贴壁风技术能够有效减缓高温腐蚀现象。但传统前后墙贴壁风技术刚性不足, 贴壁风不能覆盖炉膛深度方向, 在高温腐蚀最严重的侧墙中间区域不能形成有效保护, 导致应用效果不尽如人意。

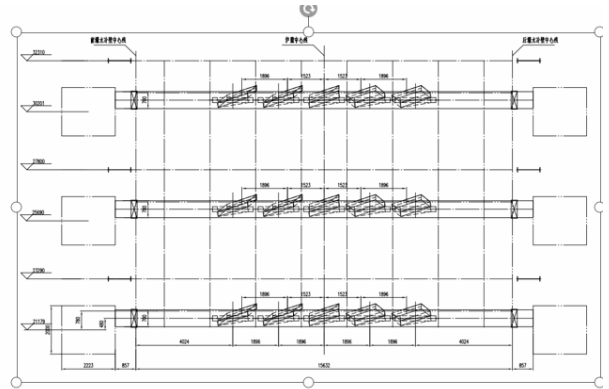


我公司采用新型两侧墙贴壁风技术

侧墙水冷壁贴壁风方案设计: 采取数值模拟技术, 分析贴壁风布置方式、喷口型式、风速对高温腐蚀的影响, 完成侧墙水冷壁贴壁风的设计。初步拟定在炉膛两侧墙上布置三层贴壁风箱, 每层贴壁风箱对应二侧贴壁风, 共设置六层贴壁风喷口, 每层贴壁风在炉膛深度方向布置五个贴壁风喷口, 每个贴壁风风箱及喷口由单独的风门控制, 如图所示。贴壁风具体布置位置需要覆盖侧墙水冷壁高还原性气体浓度区域和实际高温腐蚀严重区域, 贴壁风喷口型式和风速需要根据当前状态下侧墙水冷壁区域速度场和温度场分布确定, 确保贴壁风能够实现对侧墙水冷壁的保护。

在冷态下, 测试贴壁风在不同开度下的风速、风量和风率, 掌握贴壁风风门流量特性; 并燃烧器风门挡板特性试验和冷态空气动力场试验, 为热态运行调整提供指导依据。在热态下, 基于侧墙水冷壁近壁处烟气成分的测量以及省煤器出口截面烟气成分分布的测量, 通过精细化燃烧调整, 对影响侧墙水冷壁高温腐蚀的主要参数进行系统地分析和研究, 探索能够改善

近壁处烟气条件, 以减轻水冷壁高温腐蚀的关键技术措施。主要涉及的参数包括煤粉细度、磨出口温度、一次风煤比、磨出口一次风调平、运行氧量、炉宽方向氧量分布、二次风配风方式以及贴壁风开度。



(1) 贴壁风喷口布置于高温腐蚀区域, 可有效提高近壁区氧气浓度, 降低 CO 和 H₂S 含量;

(2) 侧墙贴壁风系统采取多个喷口结构, 各喷口风量可调, 可精准控制喷口所在区域烟气成分, 减少贴壁风率, 最大限度的降低贴壁风系统对低氮燃烧的影响;

(3) 侧墙贴壁风系统喷口风速较低, 风源取自二次风可满足需求;

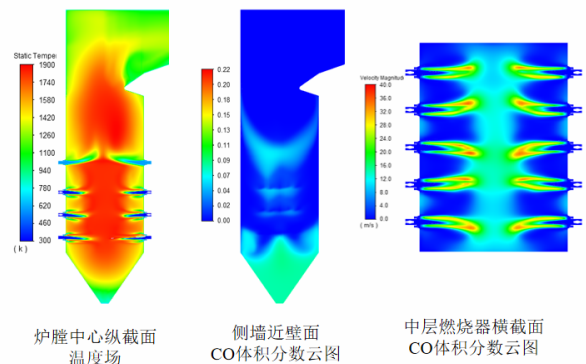
(4) 侧墙贴壁风采用多个喷口结构, 布置方式灵活, 覆盖度广。

改造后数值模拟结果表明:

(1) 炉膛火焰充满度良好, 折焰角出口烟温 1367℃, 屏过出口烟温 952℃, 与现有工况相比, 分别上升了 10℃和 5℃, 变化较小;

(2) 燃烧器至燃尽风高度侧墙近壁区域 CO 浓度大幅降低, 左侧/右侧平均值分别为 22649 μL/L 和 24321 μL/L, 与现有燃烧系统相比降低了 55%, 并且侧墙中间区域 CO 浓度高值从 70000 μL/L~90000 μL/L 之间降低至 40000 μL/L~60000 μL/L 之间, 侧墙区域还原性气氛大幅改善。

(3) 在燃烧器横截面, 原炉膛中间区域向侧墙偏斜的 CO 气体浓度明显改善。



改造后数值实测结果表明:

改造后侧墙区域还原性气氛测试结果

项目	上腔侧墙						中腔侧墙						下腔侧墙								
	A侧		B侧		C侧		A侧		B侧		C侧		A侧		B侧		C侧				
O ₂ , %	点1	0.96	4.99	0.86	4.51	0.92	1.29	点1	3.51	N/A	2.69	1.08	0.87	N/A	点1	3.57	0.87	1.32	N/A	2.72	4.06
	点2	1.29	4.74	0.76	4.49	0.86	1.73	点2	3.99	N/A	2.71	1.06	0.96	N/A	点2	3.48	0.98	0.84	N/A	2.97	5.02
	点3	1.15	4.85	0.85	4.66	0.78	1.55	点3	3.85	N/A	2.85	0.96	1.24	N/A	点3	3.38	0.81	0.96	N/A	2.51	4.55
	平均值	2.25			2.31		平均值	3.27			1.03			平均值	1.8					1.94	
CO, μL/L	点1	10113	377	86216	664	55337	3455	点1	469	N/A	6523	38195	38131	N/A	点1	1346	41327	15657	N/A	3305	911
	点2	11182	385	53611	676	55119	2833	点2	614	N/A	6706	55101	54993	N/A	点2	1559	46655	14602	N/A	2659	802
	点3	10045	356	42141	631	33167	2075	点3	555	N/A	6514	41411	32147	N/A	点3	1384	35514	23751	N/A	2414	712
	平均值	16081			12593		平均值	5380			56664			平均值	19454					1867	
H ₂ S, μL/L	点1	157	127	175	157	185	137	点1	158	N/A	151	181	188	N/A	点1	157	154	167	N/A	127	157
	点2	167	151	165	165	172	139	点2	149	N/A	160	176	175	N/A	点2	159	163	164	N/A	151	169
	点3	158	139	171	154	181	147	点3	131	N/A	175	171	181	N/A	点3	154	165	171	N/A	144	168
	平均值	156			160		平均值	151			175			平均值	161					153	

(1)改造后锅炉水冷壁侧墙区域 O₂ 浓度平均值为 2.38%，比改造前提高了 2.24%；CO 浓度平均值为 15040 μL/L，比改造前降低了 86%；H₂S 浓度平均值为 159 μL/L，比改造前降低了 40%。

- (2) 主、再热汽温运行平均值达到额定值 566℃。
- (3) 高负荷下锅炉热效率比摸底工况高 0.77%。
- (4) 屏过、末过、末再壁温情况较好，距报警值 14℃以上，距超温值 24℃以上。
- (5) 改造后炉膛未出现明显结焦情况。

改造前后还原性气氛测试结果汇总

项目	CO (μL/L)	H ₂ S (μL/L)	O ₂ (%)
改造后	15040	159	2.38
摸底数据	105496	263	0.14
降幅 (增量)	-86%	-40%	2.24%

热态调试后主要燃烧参数测试结果

优化调整后，580MW、450MW 和 310MW 负荷下主要参数统计如表所示，壁温情况如表所示。

优化工况主要参数

工况说明	单位	580MW	450MW	310MW	
		负荷优化工况	负荷优化工况	负荷优化工况	
负荷	MW	575.6	446.2	313.3	
表盘参数	过热汽温 A	℃	567.7	567.2	567.4
	过热汽温 B	℃	567.4	568.4	568.5
	过热汽温平均值	℃	567.6	567.8	568.0
	再热汽温 A	℃	569.4	569.7	567.2
	再热汽温 B	℃	568.7	568.8	570.6
	再热汽温平均值	℃	569.1	569.3	568.9
	再热器减温水流量	t/h	4.1	6.9	0.0
实测数据	飞灰可燃物含量 A	%	0.52	0.77	0.99
	飞灰可燃物含量 B	%	0.52	0.58	0.42
	炉渣可燃物含量	%	0.94	1.27	1.20
	运行氧量 A	%	2.94	3.08	6.25
	运行氧量 B	%	2.94	3.22	6.38
	NO _x (6%O ₂)	mg/m ³	364	238	251
	CO 含量	μL/L	77	39	1
锅炉效率	排烟温度	℃	133.8	122.1	113.0
	修正后的排烟温度	℃	140.3	129.3	121.5
	修正后的锅炉热效率	%	93.72	94.04	93.43

优化工况壁温情况

工况说明	单位	580MW 负荷	450MW 负荷	310MW 负荷
		优化工况	优化工况	优化工况
屏过 A 侧壁温高选值	℃	568.6	572.2	562.8
屏过 B 侧壁温高选值	℃	559.1	575.2	565.5
过热器 A 侧壁温高选值	℃	574.3	574.8	573.9
过热器 B 侧壁温高选值	℃	575.9	574.9	569.3
再热器壁温 A 侧高选值	℃	578.3	575.3	567.7
再热器壁温 B 侧高选值	℃	581.5	578.0	570.7

从 580MW、450MW 和 310MW 三个负荷下优化试验结果可以看出，

三个负荷下，A/B 侧主蒸汽温度分别为 567.7℃/567.4℃、567.2℃/568.4℃和 567.4℃/568.5℃；A/B 侧再热汽温分别为 569.4℃/568.7℃、569.7℃/568.8℃和 568.2℃/570.6℃，各负荷下两侧汽温良好。再热减温水流量分别为 4.1t/h、6.9t/h 和 0t/h。满足“50%~100%负荷下，主、再热汽温运行平均值达到额定值 566℃。两侧主汽温偏差小于 3℃；两侧再热汽温偏差小于 5℃”性能指标要求。

三个负荷工况下，修正后的锅炉热效率分别为 93.72%、94.04%和 93.43%。高负荷下锅炉热效率比摸底工况高 0.77%，达到了“锅炉热效率较改造前提高 0.3%”性能指标要求。

优化试验工况下，屏过、末过、末再壁温情况较好，距报警值 14℃以上，距超温值 24℃以上。改造后锅炉各受热面壁温未出现超温现象或局部受热面壁温明显升高接近超限值。

改造后炉膛未出现明显结焦情况，较改造前未增加。

贴壁风改造后，机组正常运行参数不受影响，50~100%BRL 范围内运行时锅炉各项指标优于改造前。

3. 结束语

锅炉燃烧器及贴壁风布置一直是设计的核心重点，低氮排放的矛盾更为突出，炉膛局部缺氧严重，使得炉膛水冷壁近壁区域气氛中 CO 和 H₂S 浓度非常高，水冷壁高温腐蚀状况急剧恶化，但机组运行必须满足国家环保要求。通过系列改造和综合治理机组运行更为可靠，水冷壁高温腐蚀泄露风险大大降低，机组满发时间延长，事故限负荷时间减少，保守折算为平均年减少事故天数 1 天，按日平均负荷为 45 万 kW，每 kW.h 电量发电利润 0.05 元计，因可靠性提高的经济效益为 54 万元。项目实施后，水冷壁高温腐蚀速率明显降低，年节约换管费用约 100 万元。实施后，机组锅炉热效率提高 0.1%~0.2%，整体煤耗降低 0.4g/kWh，折算后满负荷利用小时数约为 4500h，标煤 1000 元/吨，年节约燃料成本 108 万元

[参考文献]

- [1]国能蚌埠发电有限公司锅炉强度计算书
- [2]国能蚌埠发电有限公司运行规程
- [3]国能蚌埠发电有限公司检修规程
- [4]DL/T 869《火力发电厂焊接技术规程》