W 形火焰锅炉粉量均匀性优化特性研究

武岳
(中国大唐集团科学技术研究院有限公司西北分公司,西安 710065)

摘 要:研究了指爪挡板对一次风管粉量的调节特性,通过调整指爪挡板,优化粉量均匀性,降低粉量偏差后,炉膛中心温度下降了近 40 ℃,省煤器出口烟道中间区域烟温偏差下降了 10.67 ℃,省煤器出口氧量偏差下降了 1.16%,NO_x 体积浓度下降了 16.79 μL/L。同时,解决了再热器管壁超温问题,所有燃烧器喷嘴能够正常投运。粉量均匀优化后有利于减轻火焰偏斜、炉膛热负荷和汽温偏差,降低高温腐蚀和爆管的可能。炉膛中心温度的降低,以及沿炉膛宽度方向各燃烧器燃烧更加均匀,使得风粉配合更加合理,有利于降低 NO_x 生成,改善了炉内(尤其是炉膛中部)的燃烧状况。

关键词:W 形火焰;锅炉;挡板;粉量分配器;一次风管;粉量均匀性;省煤器;再热器
中图分类号:TM 621 **文献标志码**:A **文章编号**:1674 - 1951(2018)01 - 0005 - 05

0 引言

直吹式制粉系统的风量及煤粉均匀性是影响燃煤机组锅炉燃烧的主要因素之一。由于缺少有效监测和调整风粉流量的手段,单台磨煤机、燃烧器间的一次风量和煤粉量的偏差高达 ±50%,甚至 ±80%。这对采用四角切圆燃烧方式的炉内燃烧工况影响不大,但对采用 W 形火焰燃烧方式的炉内燃烧会产生较大影响。锅炉采用 W 形火焰燃烧方式时,燃烧器喷口布置在前、后墙的拱顶上,要求前、后墙燃烧器喷口的管道风速及携带煤粉量均相同,以形成对称的 V 形火焰,并汇合成 W 形火焰,从而促进煤粉着火、燃尽。各燃烧器风粉偏差较大,在风煤比低的燃烧器内将造成飞灰含碳量升高,并产生还原性气氛,降低锅炉效率,增加发生高温腐蚀和水冷壁结渣现象的可能性,而在风煤比高的燃烧器所对应的炉内局部区域氧浓度过高,生成大量 NO_x。指爪挡板式粉量分配器是 W 形火焰锅炉机组燃烧制粉系统中的关键设备之一,其对粉量的分配效果对火力发电厂安全、经济运行有较大影响[1-3]。

本文研究了指爪挡板式粉量分配器对粉量的调节特性,通过粉量均匀性优化调整,降低了粉量偏差,改善了 W 形火焰锅炉炉内燃烧状况,解决了金属壁温超温问题。

1 设备概况

1.1 锅炉及燃烧制粉系统

某厂锅炉为 F · W 公司设计生产的 350 MW 亚临界、自然循环、W 形火焰煤粉锅炉。在炉膛高度约 1/3 处,前墙和后墙向内形成炉拱,拱上布置有 2 × 12 个双旋风筒煤粉分离式燃烧器,每台磨煤机对应 6 个燃烧器。单个煤粉燃烧器最大出力 1.8 kg/s,煤粉流速 26 m/s,风煤质量比 1.4 ~ 1.6。锅炉燃烧器布置见表 1。

采用钢球磨煤机正压直吹式制粉系统,配置 4 台 F · W 公司制造的 D - 10D 型双进双出钢球磨煤机,煤粉分离器与磨煤机直接连在一起,两端各有 1 台。单台磨煤机最大出力 45.71 t/h,煤粉细度 R_{200} 为 15%,R_{100} 为 3%。

1.2 指爪挡板粉量分配器

指爪挡板位于磨煤机出口两侧粉管母管上,一次风携带煤粉流经指爪挡板后分别进入 3 个一次风管,编号 1,2 和 3 的粉管为一侧,编号 4,5 和 6 的粉管为另一侧。磨煤机出口两侧共 6 套指爪挡板,分别对应 6 个粉管,指爪挡板位于对应粉管的正下方,同侧的 3 套在粉管母管的圆周上均匀分布。

每套指爪挡板由内、中和外 3 层结构不同的挡板组成,可由外面的执行机构分别控制,挡板全开时与水平夹角 103°,全关时与水平夹角 21°,在 82°的范围内可调,将全行程关度定义为 0 ~ 100%,全开

表 1 燃烧器布置

位置	从左至右											
前墙	D1	A1	D2	A2	D3	A3	D4	A4	D5	A5	D6	A6
后墙	C1	B1	C2	B2	C3	B3	C4	B4	C5	B5	C6	B6

收稿日期:2017 - 06 - 21;**修回日期**:2017 - 12 - 18

即为0%,全关即为100%。

内层挡板和中层挡板均由角钢组成,中间有缝隙,而外层挡板由耐磨钢板组成,防止挡板被含煤粉气流冲刷磨损。调整时可由外面的执行机构分别控制,一般保持3层挡板在同一关度,例如A1指爪挡板的关度为60%,表示内层、中层和外层挡板的关度均为60%;亦可使3层挡板在不同关度,例如A2指爪挡板的关度为80%/60%/40%,表示内层、中层和外层挡板的关度分别为80%,60%和40%。指爪挡板实物如图1所示。

a 布置位置　b 一套指爪挡板　c 执行机构

图1　指爪挡板实物

2　试验结果及分析

2.1　制粉系统摸底试验

在进行锅炉粉量均匀性优化调整之前,基于正常运行工况,对制粉系统的粉量、煤粉细度和一次风速进行测试,以便掌握锅炉制粉系统运行情况。

2.1.1　各台磨煤机粉量及偏差

保持磨煤机出力(给煤量35 t/h左右)及通风量(一次风量46 t/h左右)不变,指爪挡板全开(关度为0%)的条件下,利用取样枪在粉管上对煤粉进行等速取样,试验结果见表2~5。可以看出,4台磨煤机各粉管的粉量偏差较大,粉量最低为A6的38.23 g,最高为A5的165.37 g,相差127.14 g,粉量偏差基本在20%以上,最大偏差为A5的97.51%。可见,各粉管粉量均匀性较差。

2.1.2　各台磨煤机一次风速及偏差

保持磨煤机通风量(一次风量46 t/h左右)不变,指爪挡板全开(关度为0%)的条件下,对一次风速进行热态测试,各台磨煤机一次风速平均值分别是25.60,21.27,21.95和26.68 m/s,4台磨煤机各粉管的一次风速较平,除个别粉管外,一次风速偏差基本在8%以内。

2.2　粉量均匀性优化

由摸底试验数据发现,A3和A5粉量偏大,分别为101.87 g和165.37 g,粉量偏差分别为21.67%和97.51%,而A4和A6粉量偏小,分别为49.70 g和38.23 g,粉量偏差分别为-40.64%和-54.35%。A磨煤机指爪挡板的调整应降低A3和A5粉量,适当提高A4和A6粉量。B3和B6粉量偏大,分别为112.73 g和116.57 g,粉量偏差分别为32.61%和37.13%,而B2和B4粉量偏小,分别为57.73 g和42.30 g,粉量偏差分别为-32.08%和-50.24%。B磨煤机指爪挡板的调整应降低B3和B6粉量,适当提高B2和B4粉量。C3和C4粉量偏大,分别为110.85 g和101.33 g,粉量偏差分别为40.11%和28.08%,而C1和C2粉量偏小,分别为56.38 g和60.53 g,粉量偏差分别为-28.74%和-23.50%。同时,由于再热器管壁超温,长期以来

表2　A磨煤机粉量及偏差

粉管	粉量/g	粉量偏差/%	同侧粉管平均粉量/g	同侧粉管粉量偏差/%
A1	61.43	-26.63		-26.00
A2	85.77	2.44	83.02	3.31
A3	101.87	21.67		22.70
A4	49.70	-40.64		-41.14
A5	165.37	97.51	84.43	95.86
A6	38.23	-54.35		-54.73
平均值	83.73	—	—	—

表3　B磨煤机粉量及偏差

粉管	粉量/g	粉量偏差/%	同侧粉管平均粉量/g	同侧粉管粉量偏差/%
B1	89.00	4.70		2.91
B2	57.73	-32.08	86.49	-33.25
B3	112.73	32.61		30.34
B4	42.30	-50.24		-49.35
B5	91.70	7.88	83.52	9.79
B6	116.57	37.13		39.56
平均值	85.00	—	—	—

表 4　C 磨煤机粉量及偏差

粉管	粉量/g	粉量偏差/%	同侧粉管平均粉量/g	同侧粉管粉量偏差/%
C1	56.38	-28.74		-25.74
C2	60.53	-23.50	75.92	-20.28
C3	110.85	40.11		46.01
C4	101.33	28.08		16.56
C5	79.36	0.30	82.32	-2.58
C6	66.27	-16.24		-13.98
平均值	79.12	—	—	—

表 5　D 磨煤机粉量及偏差

粉管	粉量/g	粉量偏差/%	同侧粉管平均粉量/g	同侧粉管粉量偏差/%
D1	75.97	-3.85		-12.01
D2	89.67	13.49	86.33	3.86
D3	93.37	18.17		8.15
D4	102.55	29.80		43.06
D5	71.10	-10.01	71.68	-0.81
D6	41.40	-47.60		-42.25
平均值	79.01	—	—	—

C4 和 D3 燃烧器喷嘴处于关闭状态。C 磨煤机指爪挡板的调整应降低 C3 和 C4 粉量,适当提高 C1 和 C2 粉量。D4 粉量偏大,为 102.55 g,与同侧粉管粉量偏差43.06%,而 D6 粉量偏小,为41.40 g,与同侧粉管粉量偏差 -42.25%。D 磨煤机指爪挡板的调整应降低 D3 和 D4 粉量,适当提高 D6 粉量。

通过探究指爪挡板的协同调节特性,最终调整各指爪挡板的关度和粉量分别见表 6 ~9。

可以看出,A 磨煤机各粉管粉量最大偏差由 A5 的 97.51% 下降到 A6 的 -32.78%,同侧粉管粉量最大偏差由 A5 的 95.86% 下降到 A6 的 32.3%。B 磨煤机各粉管粉量最大偏差由 B4 的 -50.24% 下降到 B4 的 -29.46%,同侧粉管粉量最大偏差由 B4 的 -49.35% 下降到 B4 的 -25.16%。C 磨煤机各粉管粉量最大偏差由 C3 的 40.11% 下降到 C6 的 18.44%,同侧粉管粉量最大偏差由 C3 的 46.01% 下降到 C3 的 15.91%。D 磨煤机各粉管粉量最大偏差由 D6 的 -47.60% 下降到 D2 的 25.42%,同侧粉管粉量最大偏差由 D4 的 43.06% 下降到 D6 的 15.59%。粉量均匀性得到优化。

2.3　前后墙粉量及偏差对比

表 10 和表 11 分别是优化前后的前后墙粉量,可以看出,优化前粉量最低为 A6 的 38.23 g,最高为 A5 的 165.37 g,优化后粉量最低为 B4 的 52.15 g,最

表 6　A 磨煤机优化后粉量及偏差

粉管	指爪挡板/%	粉量/g	粉量偏差/%	同侧粉管平均粉量/g	同侧粉管粉量偏差/%
A1	0	87.45	-5.18		-5.85
A2	0	99.00	7.34	92.88	6.59
A3	60	92.20	-0.03		-0.74
A4	0	105.23	14.10		14.91
A5	0	107.50	16.56	91.58	17.39
A6	0	62.00	-32.78		-32.30

表 7　B 磨煤机优化后粉量及偏差

粉管	指爪挡板/%	粉量/g	粉量偏差/%	同侧粉管平均粉量/g	同侧粉管粉量偏差/%
B1	0	67.08	-9.27		-14.20
B2	0	85.00	14.98	78.18	8.73
B3	80	82.45	11.53		5.47
B4	0	52.15	-29.46		-25.16
B5	80	78.74	6.51	69.68	13.00
B6	80	78.15	5.71		12.16

表8　C磨煤机优化后粉量及偏差

粉管	指爪挡板/%	粉量/g	粉量偏差/%	同侧粉管平均粉量/g	同侧粉管粉量偏差/%
C1	0	83.44	-13.78		-7.78
C2	0	83.13	-14.11	90.48	-8.13
C3	80	104.88	8.37		15.91
C4	60/60/40	107.38	10.96		4.18
C5	80	87.23	-9.87	103.08	-15.38
C6	0	114.62	18.44		11.20

表9　D磨煤机优化后粉量及偏差

粉管	指爪挡板/%	粉量/g	粉量偏差/%	同侧粉管平均粉量/g	同侧粉管粉量偏差/%
D1	0	69.35	-9.86		-18.09
D2	60/60/0	96.50	25.42	84.67	13.98
D3	60/60/50	88.15	14.57		4.11
D4	80	65.73	-14.56		-5.02
D5	0	61.90	-19.55	69.21	-10.56
D6	60	80.00	3.98		15.59

表10　优化前前后墙粉量　g

后墙	粉管	D1	A1	D2	A2	D3	A3	D4	A4	D5	A5	D6	A6
	粉量	75.97	61.43	89.67	85.77	93.37	101.87	102.55	49.70	71.10	165.37	41.40	38.23
前墙	粉管	C1	B1	C2	B2	C3	B3	C4	B4	C5	B5	C6	B6
	粉量	56.38	89.00	60.53	57.73	110.85	112.73	101.33	42.30	79.36	91.70	66.27	116.57

表11　优化后前后墙粉量　g

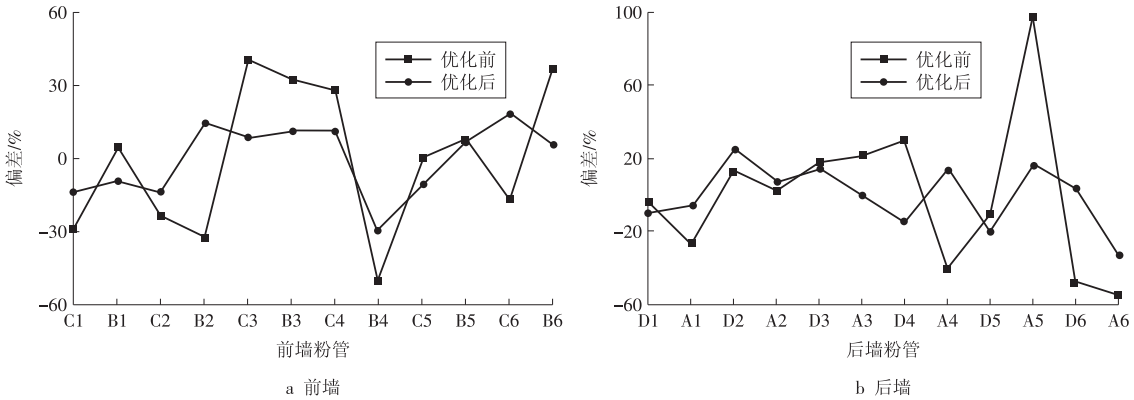
后墙	粉管	D1	A1	D2	A2	D3	A3	D4	A4	D5	A5	D6	A6
	粉量	69.35	87.45	96.50	99.00	88.15	92.20	65.73	105.23	61.90	107.50	80.00	62.00
前墙	粉管	C1	B1	C2	B2	C3	B3	C4	B4	C5	B5	C6	B6
	粉量	83.44	67.08	83.13	85.00	104.88	82.45	107.38	52.15	87.23	78.74	114.62	78.15

高为C6的114.62 g,粉量最高和最低的差值由127.14 g下降到62.47 g,下降了64.67 g。

优化前后粉量偏差如图2所示,由图2可知,前墙粉量最大偏差由B4的50.24%下降到29.46%,下降了20.78百分点;后墙粉量最大偏差由A5的97.51%下降到A6的32.78%,下降了64.73百分点。

2.4　温度场

优化前后炉膛温度场如图3所示,省煤器出口温度场如图4所示。可以看出,粉量均匀性优化调整后,炉膛中心温度下降了近40 ℃,省煤器出口温度场比原来分布均匀,烟道中间区域烟温偏差由23.53 ℃下降到12.86 ℃,下降了10.67 ℃。炉膛中心温度的降低有利于降低NO_x生成,烟温偏差的降



a 前墙　　b 后墙

图2　优化前后粉量偏差

低表明粉量均匀优化后有利于减轻火焰偏斜、炉膛热负荷和汽温偏差,降低高温腐蚀和爆管的可能。

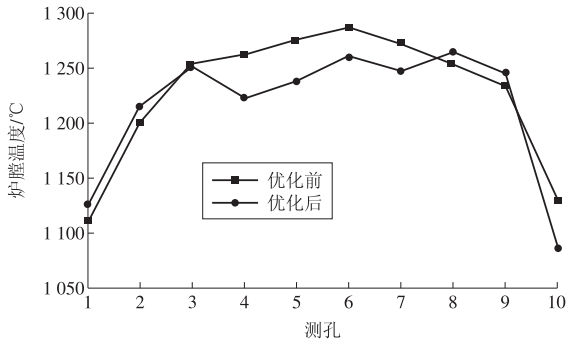


图 3　优化前后炉膛温度场

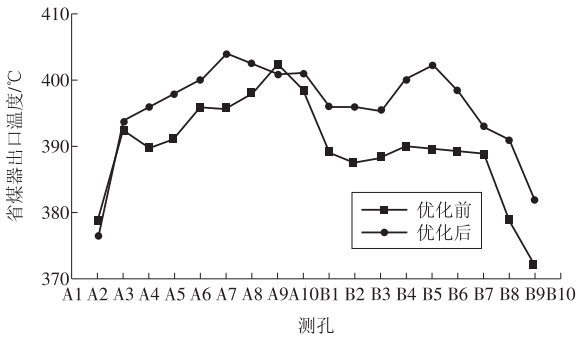


图 4　优化前后省煤器出口温度场

2.5　省煤器出口氧量场和 NO_x 场

优化前后省煤器出口氧量场如图 5 所示,粉量均匀性优化调整后,省煤器出口氧量偏差由 4.76% 下降到 3.60%,下降了 1.16 百分点。优化前后省煤器出口 NO_x 场如图 6 所示,省煤器出口 NO_x 体积浓度由 368.74 μL/L 下降到 351.95 μL/L,下降了 16.79 μL/L。研究发现在燃料过浓的区域易生成 NO_x,粉量均匀性优化调整后,沿炉膛宽度方向各燃烧器燃烧更加均匀,风粉配合更加合理,有利于降低 NO_x 生成。

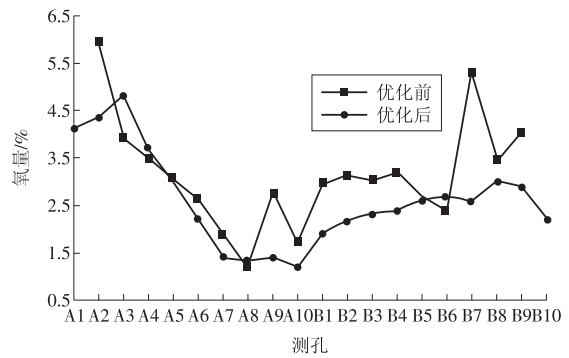


图 5　优化前后省煤器出口氧量场

2.6　解决金属管壁超温问题

粉量均匀性:优化调整前,因再热器管壁超温,C4 和 D3 燃烧器喷嘴长期处于关闭状态,导致炉内燃烧工况组织不均衡,易造成火焰偏斜、炉膛热负荷和烟温汽温偏差;优化调整后,所有燃烧器喷嘴正常投运,

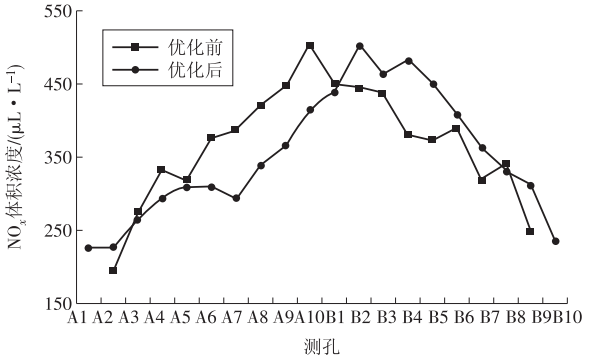


图 6　优化前后省煤器出口 NO_x 场

极大地改善了炉内(尤其是炉膛中部)燃烧状况。

3　结论

(1)研究了指爪挡板对一次风管粉量的调节特性:当指爪挡板关度在 0 ~ 40% 时,对粉量调节效果不明显,甚至出现关度增加粉量也增加的趋势;当关度在 40% ~ 80% 时,能较好地提高粉量均匀性。

(2)通过调整指爪挡板,优化了粉量均匀性,磨煤机出口粉量偏差基本在 15% 以下,粉量最大偏差由 97.51% 下降到 32.78%。

(3)粉量均匀性优化调整后,炉膛中心温度下降了近 40 ℃,省煤器出口烟道中间区域烟温偏差下降了 10.67 ℃,省煤器出口氧量偏差下降了 1.16%,NO_x 体积浓度下降了 16.79 μL/L。研究发现,在燃料过浓的区域易生成 NO_x,烟温偏差的降低表明粉量均匀优化后有利于减轻火焰偏斜、炉膛热负荷和汽温偏差,降低高温腐蚀和爆管的可能。炉膛中心温度的降低,以及沿炉膛宽度方向各燃烧器燃烧更加均匀,使得风粉配合更加合理,有利于降低 NO_x 生成。

(4)解决了再热器管壁超温问题,所有燃烧器喷嘴能够正常投运,极大地改善了炉内(尤其是炉膛中部)的燃烧状况。

参考文献:

[1]岳溪,李乃钊,罗萌,等. W 形火焰锅炉的风量和煤粉均匀特性对燃烧的影响[J]. 广东电力,2002,15(3):16 - 18,37.

[2]蔡小舒,潘咏志,欧阳新,等. 电厂煤粉管道中煤粉运行状况诊断研究[J]. 中国电机工程学报,2001,21(7):83 - 86.

[3]靳菲,阎维平,苏宏亮,等. W 形火焰锅炉一次风粉参数测量及调平试验研究[J]. 热力发电,2013,42(11):54 - 59.

(本文责编:白银雷)

作者简介:

武岳(1989—),男,陕西西安人,工程师,工学硕士,从事锅炉燃烧及制粉系统优化方面的工作(E-mail:datang-wuyue@126.com)。