

热电厂煤粉锅炉干气混烧特性试验研究

汤 林 牛万忠

金陵石化热电部 江苏 南京 210033

摘要: 为研究掺烧干气对锅炉效率、还原性气氛以及氮氧化物生成的影响,并提出常用干气配比条件下的运行优化建议,对某公司热电部220t/h煤粉锅炉进行了纯煤粉/50%干气与煤粉混烧/纯干气的燃烧试验。结果表明投用干气能够显著提高锅炉效率,改善还原性气氛,减少氮氧化物的生成。50%干气与煤粉混烧时,高氧运行,主燃烧器区域二次风采用正塔配,有助于控制燃烧区域还原性气氛,降低氮氧化物生成的同时,保持较高的锅炉效率。

关键词: 高温腐蚀;干气混烧;氮氧化物;锅炉效率

前言:干气一般主要来源为原油的二次加工过程,主要成分一般为烷烃及氢气,虽然热值较高,但石化企业一般将其送入瓦斯管道作为燃料气,甚至放入火炬燃烧,造成极大的资源浪费^[1]。由于干气热值高,燃烧污染物相对燃煤污染物较低,通过与燃煤混烧,可将炼油副产物回收利用,成为解决燃煤成本高、环境污染压力大的一种方法。目前,国内外许多学者对混烧锅炉进行了数值模拟和燃烧调整研究,主要方向为对不同煤质混煤、煤粉与高炉煤气、煤粉与生物质、燃油掺烧干气等^[2-3],合理的掺烧比例有助于提高锅炉运行的经济性及安全性,在一定程度上有利于降低大气污染物的排放^[1]。但对热电厂小容量蒸汽锅炉试验调整涉及较少,笔者对某220t/h煤气混烧锅炉在燃用烟煤条件下,进行了干气与煤粉掺烧试验,对比分析掺烧对锅炉效率、还原性气氛、氮氧化物生成等参数的影响,在确保锅炉热效率前提下,调整煤气掺烧比例,调整锅炉运行方式,提高锅炉经济性,以期为该类型锅炉现场掺烧提供参考。

1 研究对象

某公司热电部现有锅炉是由哈尔滨锅炉厂制造的HG220/100-YM10型自然循环煤粉炉。锅炉采用固态排渣、乏气送粉,配置两套钢球磨中间储仓式制粉系统;采用角置直流煤粉燃烧器,喷口布置(由上至下)为:上SOFA分、下SOFA风、上二次风、上一次风(分为淡侧、浓侧两个喷口,上淡下浓)、下一次风(仅一个喷口,但采用浓淡燃烧器,上浓下淡)、下二次风。SOFA风、上二次风及其它喷口入射角度所对应的假想切圆大小分别为 $\Phi 200\text{mm}$ 、 $\Phi 800\text{mm}$ 、 $\Phi 500\text{mm}$,均为逆时针旋转切圆。另外所有一次风喷口均设有周界风。

锅炉现布置有16只干气枪,其中上二次风和下二次风喷口中各布置有一只干气枪,共计8只,可实现的掺烧能力约满足20%左右锅炉额定负荷。另布置有8只干气燃

烧器,两层四角切圆布置,分别置于上二次风上面和下二次风下面,可实现的掺烧能力约满足50%~60%左右锅炉额定负荷。干气枪全投可满足70%~80%左右锅炉额定负荷。干气喷口及煤粉喷口布置如图1、图2所示。

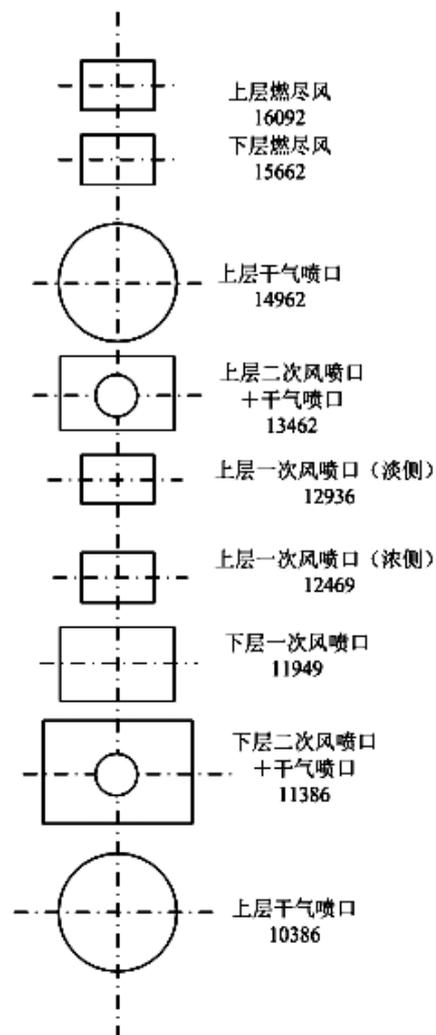


图1 喷口布置正视图

由于干气供给量波动较大，日常运行期间，锅炉运行燃料仍以煤粉为主，投运干气基本以二次风喷口内干气枪为主，干气的锅炉负荷占比基本在20%以下，不能发挥混烧系统的完全功能。因此，通过干气和煤粉混烧的燃烧试验，分析掺烧对锅炉效率、还原性气氛、氮氧化物生成等参数的影响，为锅炉燃烧调整及日常运行提供理论支持是很有必要的。

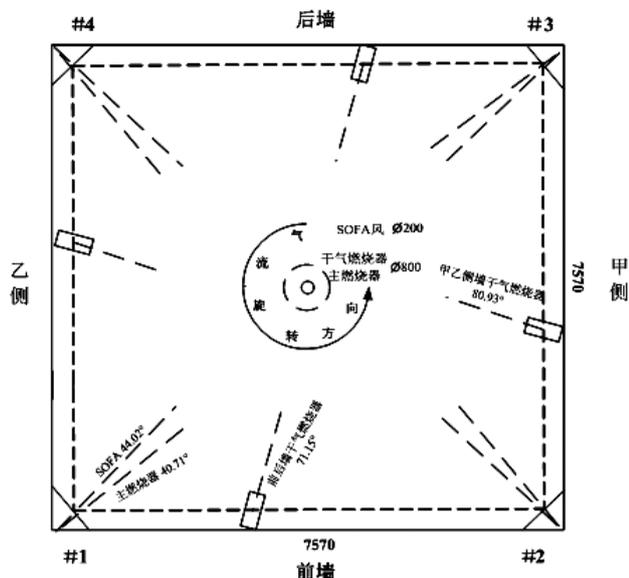


图2 喷口布置俯视图

2 调整策略

2.1 燃料特性

试验期间保持燃料来源稳定，运行煤质工业及元素分析值见表1，干气的主要成分组成见表2。

表1 试验期间煤质参数

序号	参数名	符号	单位	数值
1	碳	C _{ar}	%	50.8
2	氢	H _{ar}	%	3.2
3	氧	O _{ar}	%	7.9
4	氮	N _{ar}	%	0.7
5	全硫	S _{ar}	%	0.41
6	全水	M _{ar}	%	8.5
7	灰分	A _{ar}	%	28.5
8	挥发分	V _{ar}	%	24.2
9	固定碳	FC _{ar}	%	38.8
10	低位发热量	Q _{gr,d}	kJ/kg	19296
11	高位发热量	Q _{net,ar}	kJ/kg	20237

表2 试验期间干气主要成分

序号	参数名	单位	数值
1	空气	%	19.01
2	甲烷	%	27.31

续表：

序号	参数名	单位	数值
3	乙烯	%	8.52
4	乙烷	%	10.15
5	硫化氢	mg/m ³	6.85
6	氢	%	33.95

2.2 试验工况

干气掺烧试验在现有煤质，170t/h负荷条件下进行，采用单因素变量控制法进行调整试验。主要验证不同变量调整对锅炉效率、还原性气氛、氮氧化物生成等参数的影响，主要变量调整如下：

1) 燃料调整。保持配风、运行氧量不变时，调整纯煤、纯干气、50%煤/50%干气运行对炉效等主要参数的影响。

2) 氧量调整。在50%煤/50%干气混烧的基础上，保持配风方式不变，调整运行氧量按2.5%、3.0%、3.5%阶梯型变化对炉效等主要参数的影响。

3) 配风调整。在50%煤/50%干气混烧的基础上，保持运行氧量3.0%，通过调整SOFA风门开度、二次风门开度变化对炉效等主要参数的影响。

3 调整结果分析

调整试验主要通过一起实测烟气的氮氧化物以及CO的变化分析变量调整对还原性气氛、氮氧化物生成的影响，利用反平衡法计算^[4]排烟损失、化学不完全燃烧损失、机械不完全燃烧损失，综合评价锅炉效率的变化趋势。

3.1 不同燃料对锅炉运行的影响

试验工况主要对比纯煤运行，50%煤50%干气运行、纯干气运行三个工况，运气期间，保持运行氧量基本稳定，配风方式不作调整，对比结果如图3所示。

相同负荷、相同运行氧量条件下，随着入炉干气量的提升，锅炉效率呈上升趋势，主要表现为排烟损失下降，机械不完全燃烧损失下降，气体燃料相比煤粉具有易燃烧，着火提前等特点，所以投用干气，有助于提高燃烧区域的热强度，降低火焰中心，有助于降低排烟温度；同时干气量增大，理论烟气体量降低，两个因素影响下，排烟损失同步降低。由于部分干气布置在二次风喷口内部，满足燃料与助燃气的配比，该部分气体燃烧后的烟气温度较高，而且急剧膨胀，有助于主燃烧器区域的烟气混合，进一步提高煤粉的燃烧，提高煤粉的燃尽。

对比全煤工况，掺烧干气及全干气工况的SCR进口氮氧化物具有明显下降，特别是纯干气工况。主要是由于干气中含有大量的氢气、碳氢化合物等还原性气体，有助于抑制氮氧化物的生成。

对比不同燃料配比工况，结论如下：

提高入炉燃料中的干气占比，有助于提高锅炉效

率，同时降低氮氧化物生成。

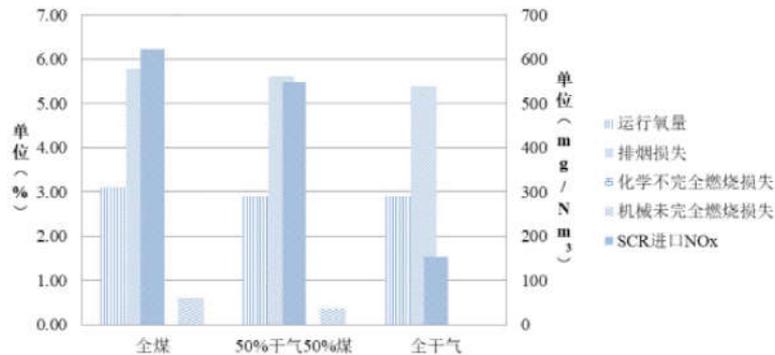


图3 不同燃料工况的主要参数对比

3.2 不同运行氧量对锅炉运行的影响

在保持燃料配比50%煤粉/50%干气，单下层磨运行，锅炉负荷170t/h左右的条件下，按2.5%、3.0%、3.5%阶梯型调整运行氧量，进一步分析氧量对炉效、还原性气氛、氮氧化物生成的影响。不同运行氧量对飞灰含碳量、CO生成的影响很小，但当氧量降低至一定程度时，炉渣含碳量明显上升，这是由于干气燃烧相比煤粉燃烧耗氧量高，同时着火提前，在一定程度上对煤粉燃烧造成抢风影响，所以低氧运行易造成下层煤粉燃烧不充分。运行氧量在一定范围内降低，能使炉膛出口CO生成不明显升高，并使排烟温度适当降低，但过度降低运行氧量，会提高氮氧化物生成，同时易造成主燃烧区域燃料不完全燃烧，还原性气体增加。

对比不同运行氧量工况，结论如下：

当进行干气混烧时，应在全煤粉运行的基础上适当降低运行氧量，但过度降低会导致氮氧化物生成，同时主燃烧器区域燃料不完全燃烧形成还原性气氛亦会加剧水冷壁管的高温腐蚀，建议少量投运干气时，运行氧量控制在3.0%以下，当干气占比提高至50%以上时，运行氧量可降低至2.5%左右。

3.3 不同二次风比对锅炉运行的影响

在保持燃料配比50%煤粉/50%干气，单下层磨运行，锅炉负荷170t/h左右、运行氧量3.0%的条件下，进行上下二次风门开度的调整以及SOFA风门开度的调整，炉效相关参数如表3所示。

对于化学不完全燃烧损失，不同配风方式对炉膛出口CO影响有限，这与目前运行氧量偏高也有一定关系；对于机械不完全燃烧损失，不同配风方式对飞灰与炉渣含碳量的影响较大，综合而言，主燃烧器区域采用均等配风能降低飞灰含碳量的同时，不明显增大炉渣含碳

量；对于排烟损失，由于干气的易燃特性，火焰中心基本随送风量的配比变化而变化，所以当SOFA风门开大时，火焰中心上移，排烟温度升高；由于干气还有大量的还原性气体，延长烟气行程，有助于降低氮氧化物生成，及降低还原性气氛，所以采用下层二次风量大于上层二次风量的配风方式，有助于降低氮氧化物生成，降低燃烧区域还原性气氛。

表3 变配风工况炉效主要参数汇总

主要参数对比	飞灰含碳量	炉渣含碳量	炉膛出口CO	排烟温度	氮氧化物
单位	%	%	ppm	℃	mg/Nm ³
下80%/上30%	2.18	3.45	21	142	549
下55%/上55%	1.22	4.27	19	144	628
下30%/上80%	2.23	5.07	16	144	563
SOFA10%-30%	2.29	1.56	22	146	611

结语：煤粉炉进行干气混烧有助于提高炉效，降低氮氧化物生成；相比全煤粉运行，混烧干气时，应适当降低运行氧量，一般控制在3.0%以下，随着干气混烧量的提高，不应低于2.5%。煤粉干气混烧时，主燃烧器区域二次风采用均等配风，同时SOFA风关小，有利于提高炉效；主燃烧器区域二次风采用正塔配风，同时SOFA风关小，有利于降低氮氧化物生成，改善燃烧区域还原性气氛。

参考文献

- [1]王永飞. 炼厂干气的综合利用研究[J]. 现代化工, 2008.
- [2]王爽奇. 330 MW煤粉锅炉掺烧生物质气化气对锅炉性能的影响分析[J]. 电力学报, 2021, 36(5): 397-403
- [3]黄良进. 炼化企业燃油锅炉掺烧干气改造分析与研究[D]. 广州, 华南理工大学, 2017: 49-52
- [4]胡荫平. 电站锅炉手册[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.