

600 MW 超超临界机组降低燃煤成本措施分析

李 瞳

(深能合和电力(河源)有限公司, 广东 河源 517000)

摘要 我国电力市场不断优化,在满足安全、环保要求的条件下降低燃料成本已然成为火力发电厂的必然趋势,低热值煤种、不同煤种燃煤掺烧降低热值作为一种有效手段备受人们关注。本文以降低入炉煤热值为目标,结合低热值煤种单烧及燃煤掺烧等手段,从煤种的稳定性入手,分析其对制粉系统、石子煤、干渣机的影响,以及对 NO_x 、 SO_2 等排放参数的影响,旨在为火电厂燃煤掺烧的实际运行提供理论和案例参考。

关键词 低热值; 火电厂; 燃煤掺烧; 火检强度

中图分类号: TM62

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)06-0064-03

煤炭在我国能源结构中占据至关重要的地位。随着电力体制改革的不断深化,新能源装机大幅增加。广东电力市场的总交易电量及绿电交易电量的持续上升,电力交易成交均价显著下降,根据广东电力交易中心公布的数据2024年交易成交均价较2023年下降15.93%,而电煤价格却维持在一定区间内稳定。各发电厂为了满足发电需要,积极拓展购煤渠道。尽可能地采购符合自身“胃口”的好煤。为了降低燃料成本,稳步降低热值结合掺配烧是必然的选择。如何能够在多样性的煤种间产生较好的“配方”是煤电企业必须面对的课题。

1 设备概况

A厂锅炉为超临界变压运行直流锅炉,单炉膛、垂直内螺纹水冷壁、II型结构,一次中间再热、平衡通风、露天布置、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构,并配低 NO_x 的改进型主煤粉燃烧器,反向墙式切圆燃烧方式,设计燃用煤种为神华、晋北煤、淮南煤、印尼煤。制粉系统选用的是中速磨煤机、一次风正压直吹式制粉系统,每台炉配备6台中速磨煤机。烟气经烟道尾部进入SCR脱硝系统后进入空预器,A厂采用石灰石-石膏湿法脱硫^[1]。

2 燃煤掺烧方式

A厂制粉系统为一次风正压直吹式,因此在燃煤掺配烧的方式选择上采用炉前掺烧的方式,此种掺配方式也可以细分为两种模式:(1)通过两个煤场分别取煤,并在同一条上煤皮带上进行掺混;(2)通过两个煤场分别取煤,并通过两条上煤皮带分别上煤,最后在原煤仓中进行掺混^[2];由于原煤仓较大,且两条上煤皮带的落煤口之间存在较大的距离,因此对比之下第一

种模式相较于第二种模式掺混的效果更好,更加均匀,稳定负荷时带来的煤量波动变化小,稳定性高,但缺点是高负荷时,由于上煤量需求大,单线配煤上煤时间长,单位时间上煤量低(相较于双线配煤),使厂用电率较双线配煤要高。

此外由于A厂的制粉系统配置为5运行1备用,因此在掺配方面可以进一步优化,由底层制粉系统配置单一煤种或掺配热值高不易自燃的优质煤^[3](仅作为备用或高负荷顶峰出力使用),其余上层制粉系统配烧低热值煤种,这样做可以使低负荷大比例大量消耗低热值煤,从而进一步降低成本,同时可以使调峰特别是顶峰出力时启动底层优质煤制粉系统,使出力能够达到电网的要求,保证机组运行安全及避免出现电量偏差产生的考核。

由于A厂磨煤机为中速磨,弹簧加载,因此该种掺配烧方式对磨煤机是一种考验,尤其是掺烧煤种煤质偏差大时可能会出现石子煤量过大的情况,对石子煤排放是一个考验。

3 A厂采用的煤种数据及着火稳定性

3.1 对煤种着火稳定性判别

1. 采用干燥无灰基挥发分 V_{daf} 判别,参考发电用煤国家分类标准对 V_{daf} 的等级界限规定。(见表1)

2. 稳燃判别指数M:气固两相的相互作用包括质量、动量和能量传递,其中质量传递由两相之间的气动阻力产生,可表示为:

$$M=1.34+0.048V_{daf} \quad (1)$$

M值判别界限如表2所示。

从公式(1)计算可得表3。

通过上述两种方法可以判断当随着入炉煤低位发

表 1 V_{daf} 等级界限

V_{daf} (%)	≤ 9	9 ~ 19	19 ~ 27	27 ~ 40	> 40
分类	极难稳定区	难稳定区	中等稳定区	易稳定区	极易稳定区

表 2 M 值判别界限

M	≤ 1.8	1.8 ~ 2.3	2.3 ~ 2.6	2.6 ~ 3.3	> 3.3
分类	极难稳定区	难稳定区	中等稳定区	易稳定区	极易稳定区

热量的降低,着火稳定性呈线下降趋势^[4],但是目前的热值普遍大于 4 400 cal/g,着火稳定性均在中等稳定区以上,不会对锅炉的稳燃产生影响,事实上根据对各台磨煤机出口火检强度的观察看,在 4 400 ~ 5 000 cal/g 之间,随着热值的下降,火检强度基本没有变化。

3.2 煤种对制粉系统的影响

A 厂磨煤机的额定电流为 70 A,从表 4 数据可以看出,不同发热量的煤在同样的煤量下电流偏差不大,在 50 A \pm 1 ~ 2 A 左右,并且距离额定电流较远,有较大的安全裕度,同时磨煤机干燥出力受全水值大小的影响明显,除配烧印尼煤需控制磨温外,其余磨煤机干燥出力可以通过观察磨出口磨温来判断,出口温度随着全水值的增大而逐渐降低,磨煤机的干燥出力最低值为 55 ℃,低于该值易于发生堵磨情况^[5],目前情况看全水高于 20% 会对干燥出力产生较大影响,10% ~ 20% 之间磨煤机干燥出力时有保证的,同时结合磨碗差压,在 2.1 kPa 左右,从以往运行经验来分析,不会发生堵磨情况,因此综述制粉系统安全运行是有保障的。

3.3 煤种对石子煤、干渣机的影响

通过表 5 可以得出这样的结论,在降低入炉煤热值的时候,石子煤的排放量会减少,而渣量会增加,同时单烧低热值煤,石子煤排放相对较小,但渣量较大;而掺烧热值相近的混煤则石子煤排放相对较大,渣量较小,由于煤种较少,这种定性可能存在一定的偏差。同时根据经验,在全水值较高的时候,由于磨煤机入口风温较高,因此会产生石子煤入口插板门不严,使高温热风漏入产生石子煤斗内部自燃结焦,但这是可以通过设备管理避免的情况。

3.4 煤种对 NO_x、SO₂ 的影响

从表 6 得出,当前降低热值至 4 400 cal/g,就当前各煤种来说,虽然 NO_x 的产生没有相关规律,但是总体上排放可控^[6];在硫分总体配比 < 1.03% 的情况下,SO₂ 的排放也有较大的安全裕度,因此阶段性降低入炉煤低位发热量不会对 NO_x、SO₂ 的排放产生重大影响。

然而就目前的电力市场交易情况下,降低燃料成本已然成为火力发电厂的必然趋势,如何合理配烧低热值煤,以匹配负荷需求和交易量,是一个值得深入

表 3 M 值计算表

煤种	挥发分 %	M	低位发热量 cal/g
淮南烟煤 (设计煤种)	40.32	3.27536	5 312
印尼掺烧方式 1	31.5	2.852	5 059
印尼掺烧方式 2	27.64	2.666902857	4 607
煤种 2 掺烧方式	23.945	2.48936	4 440
煤种 2	23.15	2.4512	4 421

表 4 煤种对应的磨煤机参数

煤种	煤量 t/h	电流 A	全水 %	出口温度 ℃	磨碗差压 kPa	低位发热量 cal/g
印尼掺烧方式 1	49	52	13.04	68	2.2	5 059
印尼掺烧方式 2	50	48	17.2	66	2.3	4 607
煤种 2 掺烧方式	50	51	19.615	67	2.4	4 440
煤种 2	50	50	26.7	63	2.1	4 421

表5 煤种对应石子煤、煤渣的排放表

煤种	低位发热量 cal/g	总负荷 万 kW·h	当天总煤量 t	石子煤量 t	石子煤/总煤量 %	石子煤/总负荷 t/kW·h	渣量 t	渣量/总煤量 %	渣量/总负荷 t/kW·h
印尼掺烧方式1	5 059	749.7	3 161.457	46.92	1.48%	6.26%	-	-	-
印尼掺烧方式2	4 606	638.1	3 068.568	0	0.00%	0	56.15	1.83%	8.80%
煤种2掺烧方式	4 440	1 040.7	4 453.716	26.82	0.60%	2.58%	191.61	4.30%	18.41%
煤种2	4 421	964.7	4 191.191	12.99	0.31%	1.35%	260	6.20%	26.95%

表6 煤种对 NOx、SO₂ 的影响

煤种	低位发热量 cal/g	当天总煤量 t	总负荷 万 kW·h	原烟气 NOx mg/m ³	NOx/小时平均煤量	NOx/当天平均功率	净烟气 NO xmg/m ³	原烟气 SO ₂ mg/m ³	SO ₂ /煤量均值	SO ₂ /当天平均功率	净烟气 SO ₂ mg/m ³	
印尼掺烧方式1	5 059	3 161.457	749.7	448.175	3.4	14.35	32.96	0.802	1 707.36	12.96	54.66	17.77
印尼掺烧方式2	4 606	3 068.568	638.1	431.285	3.37	16.22	31.61	0.7	895.6	7	33.69	21.25
煤种2掺烧方式	4 440	4 453.716	1 040.7	354.12	1.91	8.17	38.48	0.935	1 995.48	10.75	46.02	21.35
煤种2	4 421	4 191.191	964.7	406.12	2.33	10.1	37.73	1.03	2314	13.25	57.57	25.57

研究和讨论的方向，而对新煤种的掺烧的评价，上述4个方面是值得关注的地方，对于保证机组从安全、环保、负荷响应迅速方面是有一定的参考价值的，随着后续煤种的试烧数据的积累，笔者相信相关方面的趋势会更加明显，更能起到一定的借鉴作用，并能让火力发电厂在新形势下的电力市场深挖降本潜力。

4 结论

入炉煤低位发热量从设计煤种的 5 312 cal/g 降至 4 421 cal/g，降幅达到 16.77%；从上述4个方面来看，煤种的着火稳定性较好，石子煤量下降，渣量上升，SO₂ 随着入炉煤硫份成正相关变化，NOx 虽然没有呈现相关的规律，但是 SO₂、NOx 的达标排放总体来还是有一定的裕度；但这其中也存在一定的风险，就是随着热值的降低，顶峰出力时（即负荷大幅度上涨至额定 600 MW）燃煤总量由于前馈量较大，会达到较高煤量，从经验来看 4 421 cal/g 较 5 000 cal/g 未修正煤量峰值大 40 t/h 左右，额定 600 MW 负荷稳定阶段大 20 t/h 左右，同时，加负荷至 600 MW 的定压

阶段，由于热值偏低，主汽压力上升较慢，会影响负荷相应速率，在容量电价文件出台的 2024 年，需要加以关注。

参考文献：

- [1] 王斌.660MW 二次再热超超临界机组燃煤掺烧技术分析 [J]. 内蒙古煤炭经济,2022(18):43-45.
- [2] 钟艳斌. 叠加配煤法在火电厂燃煤掺烧中的应用分析 [J]. 中国设备工程,2023(14):21-24.
- [3] 王沧海. 火电厂燃煤掺烧技术的实际应用研究 [J]. 中国新技术新产品,2019(24):62-63.
- [4] 钟艳斌. 新形势下火电厂燃煤掺烧调度研究 [J]. 应用能源技术,2021(07):43-45.
- [5] 杜晓光.《电力用燃料标准汇编》(第2版)出版 [J]. 热力发电,2003(11):9.
- [6] 龙立义. 大型燃煤电厂燃煤掺烧综述 [J]. 价值工程,2011,30(32):35-36.