

配煤燃烧对锅炉安全运行的影响

胡 潮

(中国煤炭科工集团有限公司 南京设计研究院, 江苏 南京 210007)

摘要:目前燃煤电厂入厂煤煤种多变,劣质煤比例变大,导致锅炉实际燃烧煤质和设计煤质差异较大,对锅炉安全稳定运行带来较大影响。为了解决上述问题,保证锅炉安全运行,研究了配煤技术中挥发分、硫分、发热量、灰熔融性4种煤质指标的线性可加性,从配煤的煤质线性可加性对锅炉安全性进行评价。结果表明:配煤技术能满足电厂锅炉安全、经济运行,配煤挥发分、硫分、发热量等指标存在线性可加性,煤质相近的煤混配后配煤的煤质指标与单煤种的煤质指标线性关系较为明显,而灰熔融性不具备线性可加性,可以根据相关煤质指标建立配煤专家系统,实现电厂配煤的效益最大化。

关键词:配煤;燃煤锅炉;燃烧特性;锅炉安全;线性可加性

中图分类号:TQ534;TD849

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2013)04-0073-04

Influence of blending coal combustion on boiler operation

HU Chao

(Nanjing Design and Research Institute, China Coal Technology and Engineering Group Co., Ltd., Nanjing 210007, China)

Abstract: Due to the increasing types of coal supplying to coal-fired power plants and larger portion of low-quality coal, there is a large difference in coal quality between the actual coal and the design coal, which affect the safe and stable operation of boiler. To resolve these problems, investigate the linear additivity of four coal quality indicators such as volatile, sulfur, calorific value and ash fusibility. Evaluate the security and stability of boiler from the coal quality linear additivity of blending coal. The results indicate that the coal blending technology can meet the security demands of boiler in power plants. The indicators such as volatile, sulphur, calorific value of blending coal have linear additive. Blend the coals whose quality is similar, find that there is obvious linear relationship between the blending coal and single coal. The ash fusibility doesn't have linear additive. To maximize the benefits of coal-fired power plants, it's necessary to build coal blending expert system according to relevant indicators of coal quality.

Key words: coal blending; coal-fired boiler; combustion characteristic; boiler safety; linear additive

0 引 言

在中国的一次能源消费中,煤炭占75%左右,其中大部分直接用于电厂锅炉和工业窑炉燃烧^[1]。

随着市场经济的发展,煤炭市场出现重大变化,许多电厂锅炉不能燃烧与设计煤种相符的煤炭,为锅炉运行带来较多安全隐患^[2]。当前中国火力发电厂燃煤供应有2个明显变化趋势:一是煤种多变,由

收稿日期:2013-06-23 责任编辑:宫在芹

作者简介:胡 潮(1979—),男,安徽安庆人,工程师,从事煤化工研究和煤炭检测工作。E-mail: chchchhu@163.com。

引用格式:胡 潮.配煤燃烧对锅炉安全运行的影响[J].洁净煤技术,2013,19(4):73-76.

于煤炭的产、运、销变化及电厂安全运行和经济效益的多重要求,入厂煤有几个煤种,有时甚至是几个煤质差异很大的煤种;二是劣质煤比例变大。随着市场行情的变化和煤炭市场的复杂化,以及电厂采购成本的压力,导致供应电厂的劣质煤逐年增多。电厂锅炉理论用煤是按指定煤种设计的单一煤种或混配煤种,锅炉安全稳定运行要求煤质只能在一定范围内波动。煤炭市场的变化使入厂煤煤质偏离设计值,对锅炉运行的安全性、经济性造成很大影响。配煤燃烧是保证锅炉安全稳定运行的必要选择,动力配煤是适合中国国情的一种洁净煤技术^[3-6]。近年来,动力配煤技术在中国发展较快,通过配煤技术的应用,电厂提高了煤炭热能利用率,降低了燃料费用,节约了成本,提高了电厂的经济

效益。同时,合理利用配煤技术,还可以提高锅炉燃烧稳定性,降低污染物排放,减轻或消除炉内结渣等问题^[7-9]。但电厂在实际生产中由于不合理配煤会影响入炉煤的煤质指标及燃烧特性,从而影响锅炉的安全、经济运行^[10-12]。

1 配煤煤质指标变化对锅炉安全运行的影响

影响锅炉安全的煤质指标主要有挥发分、发热量、硫分、灰熔融性。本文以2种煤掺配后混煤的煤质指标与单种煤的相应煤质指标进行差异比较,研究配煤后煤质指标的变化及对锅炉运行的影响,以更好地指导电厂生产。

表1为单种煤的煤质指标。其中相关指标的测定均按照对应的国标进行^[13-16]。

表1 单种煤的煤质指标

煤质指标	A	B	C	D	E	F	G
$V_{daf}/\%$	38.56	34.27	35.95	36.87	46.28	9.82	28.89
$Q_{gr,d}/(\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1})$	24.29	26.28	24.32	27.35	23.34	25.28	18.96
$\omega(S_{i,d})/\%$	0.51	0.87	1.15	0.39	0.38	2.24	0.46
ST/ $^{\circ}\text{C}$	1500	1380	1290	1120	1170	1430	1460

1.1 配煤挥发分的影响

挥发分是重要的煤质指标,也是判断煤的着火性、燃烧稳定性的重要指标。煤中挥发分含量随着煤的地质年代和煤化程度的不同而有规律的变化。由于挥发分的活化能远低于焦炭活化能,所以挥发分比焦炭容易着火。挥发分越高的煤着火性能越好,燃烧越稳定,燃点也相对较低。如果入炉煤的挥发分与锅炉设计煤种的挥发分差别较大,会造成煤的燃点、着火速度及煤粉燃尽度与锅炉设计值有较大差别,导致锅炉运行不稳定,煤粉燃烧不充分,污染环境,严重时可能会导致锅炉熄火,造成重大生产事故。将选定的7种煤两两按1:1配比后测定混煤的挥发分,与单种煤的挥发分加权平均值比较,运用数理统计方法,测定其线性可加性。表2为配煤挥发分线性可加性验证。

表2 配煤挥发分线性可加性验证

配煤种类	AB	AE	BC	BD	CF	BG
理论值/ $\%$	36.42	42.42	35.11	35.57	22.88	31.58
实测值/ $\%$	35.95	43.87	35.09	35.86	24.26	32.24
差值/ $\%$	0.47	1.45	0.02	0.29	1.38	0.66
差比/ $\%$	1.3	3.4	0.1	0.8	6.0	2.1

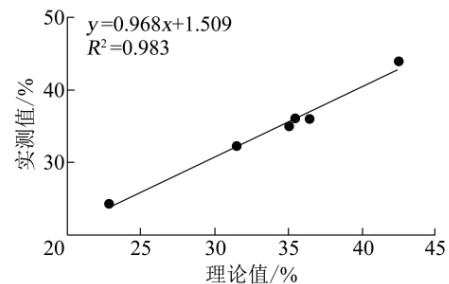


图1 挥发分线性可加性验证

由表2和图1可以看出,配煤挥发分的理论值和实测值相近,通过数理分析 $R^2 = 0.983$, $R = 0.9915 > 0.8340$,置信度大于99%,可以认为配煤的挥发分具有线性可加性。煤质相近的煤混配后,配煤挥发分的理论值和实测值更为接近,二者差比也较小。

1.2 配煤硫分的影响

硫是可燃物质,但含硫过高会引起锅炉腐蚀和堵灰,并造成大气污染。煤中硫分燃烧后生成 SO_2 和 SO_3 ,两者结合成为硫酸蒸汽。烟气中硫酸蒸汽的凝结温度即为酸露点,酸露点远高于水蒸气露点,很容易在锅炉管道内凝结造成堵灰和腐蚀^[17]。所以控制入炉煤硫含量非常重要。将选定的7种煤两两按1:1配比后测定混煤的硫分,与单种煤的硫分加

权平均值比较,运用数理统计方法,测定其线性可加性。表3为硫分的线性可加性验证。

表3 配煤硫分的线性可加性验证

配煤种类	AB	AC	BD	CG	DE	DF
理论值/%	0.69	0.83	0.63	0.82	0.38	1.72
实测值/%	0.67	0.86	0.62	0.88	0.38	1.54
差值/%	0.02	0.03	0.01	0.06	0	0.18
差比/%	2.9	3.6	1.6	7.3	0	10.5

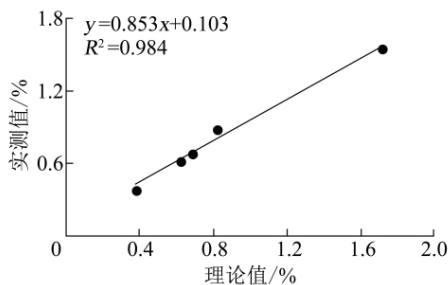


图2 硫分的线性可加性验证

由表3和图2可以看出,配煤硫的理论值和实测值相近,通过数理分析 $R^2 = 0.984$, $R = 0.9920 > 0.8340$,置信度大于99%,可以认为配煤的硫分具有线性可加性。一般煤种硫分都较小,而且很多地方都对高硫煤实行市场禁入,这样电厂入厂煤的硫分通常差异不大,可以根据线性可加性直接预判配煤硫分指导锅炉生产。

1.3 配煤发热量的影响

发热量是煤质的另一个重要指标,作为动力燃料,发热量越高,经济价值越高。煤的发热量受煤的水分、灰分、挥发分及其他因素影响,不是一个单独变量。电厂进厂煤对发热量要求主要是考虑其经济指标,对配煤的发热量指标就是考虑经济指标和技术指标两方面因素。发热量越低,输煤和磨煤成本越高,发电成本越高,发热量也直接影响炉膛温度和锅炉出力,并影响锅炉的安全运行。所以必须将入炉煤的发热量控制在锅炉设计煤种的发热量允许范围内。将选定的7种煤两两按1:1配比后测定混煤的发热量,与单种煤的发热量加权平均值比较,运用数理统计方法,测定其线性可加性。表4为配煤发热量线性可加性验证。

表4 配煤发热量线性可加性验证

配煤种类	AD	BE	BG	CD	CF	DG
理论值/%	25.82	24.81	22.62	25.84	24.80	23.16
实测值/%	25.98	24.43	22.04	25.59	24.28	22.67
差值/%	0.16	0.38	0.58	0.25	0.52	0.49
差比/%	0.6	1.5	2.6	1.0	2.1	2.1

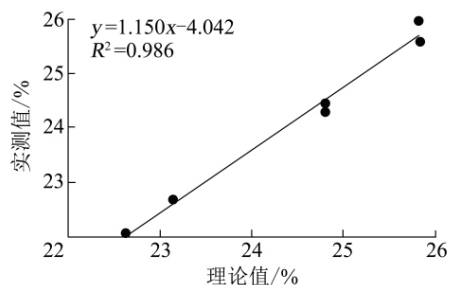


图3 发热量线性可加性的验证

由表4和图3可以看出,配煤发热量的理论值和实测值相近,通过数理分析 $R^2 = 0.986$, $R = 0.9930 > 0.8340$,置信度大于99%,可以认为配煤的发热量具有线性可加性。由表4和图3还可以发现,煤种差异较大的煤两两混配后,发热量的理论值和实测值虽在线性可加性范围内,但比相近煤种混配后发热量的差值大,为了确保生产安全,应尽可能采用相近煤种混配。

1.4 配煤灰熔融性的影响

煤灰熔融性对锅炉运行影响很大,固态排渣炉在燃烧灰熔融性低的煤时会产生结渣,液态排渣炉在燃烧灰熔融性高的煤时又不能顺利排渣,这两种情况都直接影响锅炉安全运行,甚至会产生严重的安全事故。目前国内大多数电厂使用的锅炉都采用固态排渣形式,为了使炉渣不结渣,需要控制炉膛出口烟气温度低于灰分的变形温度(DT) 100℃左右,当煤灰的软化温度(ST)高于1350℃时,炉膛结渣可能性大大降低。将选定的7种煤两两按1:1配比后测定混煤的煤灰软化温度,与单种煤的煤灰软化温度平均加权值比较,运用数理统计方法,测定其线性可加性。表5为灰熔融性线性可加性验证。

表5 灰熔融性线性可加性验证

配煤种类	AD	AE	BD	CG	DG	EG
理论值/%	1310	1335	1250	1375	1300	1315
实测值/%	1180	1190	1150	1300	1200	1260
差值/%	130	145	100	75	100	55
差比/%	9.9	10.9	8	5.5	7.7	4.2

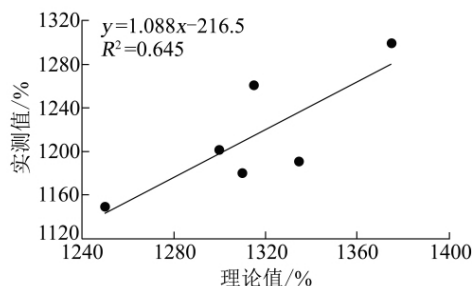


图4 灰熔融性线性可加性验证

由表 5 和图 4 可以看出,配煤灰熔融性的理论值和实测值差异较大,通过数理分析, $R^2 = 0.645$ $R=0.8031 < 0.8340$,置信度小于 99%,可以认为配煤的灰熔融性不具有线性可加性。从上述数据可以看出,配煤的灰熔融性实测值普遍比理论值低,这是因为在高温下配煤燃烧后煤灰中各矿物之间相互反应,形成低温共熔物,使得灰熔融性降低^[18]。

2 结 语

配煤技术是能较好满足电厂需求的一种洁净煤技术,它能保障电厂锅炉安全、稳定、经济运行。配煤的挥发分、硫分、发热量等指标存在线性相关性,可直接利用线性可加性判断配煤的煤质指标,且煤种相近的煤混配后线性关系更为明显,应尽量采用煤质相近的煤种混配以更好地满足生产需要。配煤的灰熔融性不具备线性可加性,可以根据煤灰共融原理研究开发配煤灰熔融性的非线性公式。可以根据锅炉煤质指标的相关约束函数和电厂的经济需求建立配煤专家系统,实现配煤的效益最大化。

参考文献:

- [1] 禹立坚,黄镇宇.配煤燃烧过程中煤灰熔融性研究[J].燃料化学学报,2009,37(2):29-32.
- [2] 邢诚.动力配煤在火力发电厂中的应用[D].北京:华北电力大学,2006.

(上接第 63 页)

参考文献:

- [1] 杨兰和.煤炭地下气化“三带”特征及影响变量的研究[J].南京理工大学学报,2001,25(5):534-537.
- [2] 刘大久.关于煤炭地下气化技术应用的探讨[J].洁净煤技术,2002,8(4):53-55.
- [3] 柴华彬,邵友峰,郭文兵.村庄下倾斜煤层条带开采方法研究[J].中国安全科学学报,2008,18(10):172-176.
- [4] 朱劫,阚士凯.煤炭地下气化的发展前景[J].山西焦煤科技,2010(7):54-55.
- [5] 高聚中.煤气化技术的应用与发展[J].洁净煤技术,2013,19(1):65-71.
- [6] 张祖培.煤炭地下气化技术[J].探矿工程,2000(1):6-9.
- [7] 徐春霞,徐振刚,步学朋等.煤焦与 CO₂ 及水蒸气气化特性研究进展[J].洁净煤技术,2007,13(6):49-52.

- [3] 陈怀珍,陈文敏.动力配煤综合效益评述[J].煤炭加工与综合利用,1999(4):1-3.
- [4] 钟辉,张军,撒应禄.配煤是稳定发电煤质的方法之一[J].锅炉技术,2001,32(12):11-15.
- [5] 陈有根.优化动力配煤是符合中国燃烧特点的洁净煤技术[J].洁净煤技术,1997,3(1):20-22.
- [6] 杨文生.动力用煤的洗选加工[J].洁净煤技术,2011,17(4):13-15.
- [7] 段学龙,朱光明.电厂锅炉混煤掺烧技术研究与实践[J].中国电力,2008,41(6):51-54.
- [8] 解继刚.350MW 燃煤机组掺烧褐煤的配煤分析与运行特性研究[D].大连:大连理工大学,2009.
- [9] 曹欣玉,阮伟,周俊虎等.电厂优化配煤专家系统的研究与开发[J].电站系统工程,2000,16(1):4-6.
- [10] 王雅勤.煤质变化对锅炉运行安全性与经济性影响的分析[J].华北电力学院学报,1991(3):72-81.
- [11] 刘泽常,高洪阁,陈怀珍等.动力配煤主要煤质指标可加性的统计验证[J].煤炭加工与综合利用,1999(5):1-4.
- [12] 陈晓玲.配煤线性规划模型的研究[J].煤炭加工与综合利用,2003(2):34-38.
- [13] GB/T 212—2001 煤的工业分析方法[S].
- [14] GB/T 213—2004 煤的发热量测定方法[S].
- [15] GB/T 214—2007 煤中全硫的测定方法[S].
- [16] GB/T 219—1996 煤灰熔融性的测定方法[S].
- [17] 岑可法,周昊,池作和.大型电站锅炉安全及优化运行技术[M].北京:中国电力出版社,2002.
- [18] 焦发存,李慧.配煤对煤灰熔融特性影响的实验研究[J].煤炭转化,2006,29(1):11-14.

- [8] 周毅,段钰峰,陈晓平,等.半焦孔隙结构的影响因素[J].锅炉技术,2006,36(4):34-38.
- [9] 王蓉.对煤粉燃烧与热解的试验研究[D].杭州:浙江大学,2005.
- [10] 丁华,姜英,李文华.升温速率及水蒸气分压改变对神华煤焦及显微组分焦气化反应性的影响[J].洁净煤技术,2009,15(6):64-67.
- [11] 王鹏,文芳,步学朋等.煤焦与 CO₂ 及水蒸气气化反应的研究[J].煤气与热力,2005,25(3):1-6.
- [12] 向银花,房倚天,张守玉等.煤焦部分气化及燃烧集成热重研究[J].燃料化学学报,2000,28(5):435-438.
- [13] S Kasaoka, Y Sakata, S Kayano. Kinetic evaluation of reactivity of various coal chars for gasification with carbon dioxide in comparison with steam [J]. International Chemical Engineering, 1984, 25(1): 160-175.