



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109798537 B

(45)授权公告日 2019.12.10

(21)申请号 201910071463.X

C10L 10/04(2006.01)

(22)申请日 2019.01.25

审查员 陈兢

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109798537 A

(43)申请公布日 2019.05.24

(73)专利权人 西安热工研究院有限公司

地址 710032 陕西省西安市兴庆路136号

(72)发明人 刘家利 姚伟 方顺利

(74)专利代理机构 西安智大知识产权代理事务

所 61215

代理人 何会侠

(51)Int.Cl.

F23N 5/00(2006.01)

G16C 20/10(2019.01)

C10L 9/10(2006.01)

权利要求书2页 说明书7页

(54)发明名称

一种保证准东煤锅炉安全运行的煤质参数控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种保证准东煤锅炉安全运行的煤质参数控制方法,适用于具有良好防结渣和防沾污性能的准东煤锅炉,能够很好地指导准东煤锅炉的燃煤掺配以及高岭土等添加剂的掺配,提高锅炉运行安全性;具体步骤为:1、通过掺烧煤种的灰分含量、灰成分含量以及掺烧质量比例计算得到入炉混煤的灰成分含量,或者按照GB/T1574-2007煤灰成分分析方法测试得到入炉混煤的灰成分含量;2、计算入炉混煤的碱性氧化物含量HB、酸性氧化物含量HA、碱酸比HB/A以及 $HB/A * Na_2O$ 指标;3、根据是否同时满足如下标准确定入炉混煤是否能够保证锅炉的安全运行:1)  $HNa_2O \leq 4\%$ ; 2)  $HFe_2O_3 \leq 10\%$ , 当 $HCaO > 15\%$ 时,  $HFe_2O_3 \leq 8\%$ ; 3)  $HCaO \leq 25\%$ ; 4)  $HB \leq 36\%$ ; 5)  $HB/A \leq 0.8$ ; 6)  $HB/A * Na_2O \leq 2.3\%$ 。

1. 一种保证准东煤锅炉安全运行的煤质参数控制方法,其特征在于:适用于具有优良防结渣和防沾污性能的准东煤锅炉,具体包括如下步骤:

第一步:通过掺烧煤种的灰分含量、灰成分含量以及掺烧质量比例计算得到入炉混煤的灰成分含量,或者按照GB/T1574-2007煤灰成分分析方法测试得到入炉混煤的灰成分含量;所述灰成分包括 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 和 $\text{TiO}_2$ ;

其中入炉混煤不同灰成分含量的计算方法如下:

$$\text{HY} = (\text{R}_1 * \text{Y}_1 * \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 * \text{Y}_2 * \text{A}_{\text{ar}2} + \dots + \text{R}_i * \text{Y}_i * \text{A}_{\text{ar}i}) / (\text{R}_1 * \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 * \text{A}_{\text{ar}2} + \dots + \text{R}_i * \text{A}_{\text{ar}i})$$

其中:HY表示入炉混煤的 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 和 $\text{TiO}_2$ 八项灰成分中的某一灰成分含量,%;即 $\text{HSiO}_2$ 、 $\text{HAl}_2\text{O}_3$ 分别表示入炉混煤的 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量,% ,以此类推;

$\text{R}_i$ 表示掺烧煤种i占总掺烧煤种的质量比例,%

$\text{A}_{\text{ar}i}$ 表示掺烧煤种i的灰分含量,%

$\text{Y}_i$ 表示掺烧煤种i的某一灰成分含量,%

第二步:计算入炉混煤的碱性氧化物含量HB、酸性氧化物含量HA、碱酸比HB/A以及 $\text{HB}/\text{A} * \text{Na}_2\text{O}$ 指标;

其中 $\text{HB} = \text{HFe}_2\text{O}_3 + \text{HCaO} + \text{HMgO} + \text{HNa}_2\text{O} + \text{HK}_2\text{O} \%$

$\text{HA} = \text{HSiO}_2 + \text{HAl}_2\text{O}_3 + \text{HTiO}_2 \%$

$\text{HB}/\text{A} = \text{HB}/\text{HA}$

$\text{HB}/\text{A} * \text{Na}_2\text{O} = \text{HB}/\text{A} * \text{HNa}_2\text{O}$

第三步:根据下列标准确定入炉混煤是否能够保证锅炉的安全运行,需同时满足下面6条规定:

- (1)  $\text{HNa}_2\text{O} \leq 4\%$
- (2)  $\text{HFe}_2\text{O}_3 \leq 10\%$ , 当 $\text{HCaO} > 15\%$ 时,  $\text{HFe}_2\text{O}_3 \leq 8\%$
- (3)  $\text{HCaO} \leq 25\%$
- (4)  $\text{HB} \leq 36\%$
- (5)  $\text{HB}/\text{A} \leq 0.8$
- (6)  $\text{HB}/\text{A} * \text{Na}_2\text{O} \leq 2.3\%$ 。

2. 根据权利要求1所述的一种保证准东煤锅炉安全运行的煤质参数控制方法,其特征在于:所述的具有优良防结渣和防沾污性能的准东煤锅炉中360MW和660MW容量等级锅炉的基本要求如下表所示:

容量等级 MW	360	660
炉膛截面热负荷 MW/m <sup>2</sup>	≤3.8	≤4.0
燃烧器区炉壁面积热负荷 MW/m <sup>2</sup>	≤1.1	≤1.1
炉膛容积热负荷 kW/m <sup>3</sup>	≤70	≤60
燃烧器上一次风喷口至屏底尺寸 m	≥23.0	≥26.5
最下层燃烧器距离冷灰斗上折点距离 m	非墙式燃烧≥5.0 (墙式 燃烧≥4.5)	≥5.50
炉膛出口温度 °C	≤970	≤970
炉膛短吹 只	≥90	≥96
水平烟道及尾部烟道吹灰器 只	≥50	≥80

## 一种保证准东煤锅炉安全运行的煤质参数控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及煤粉锅炉安全运行的技术领域,具体涉及一种保证准东煤锅炉安全运行的煤质参数控制方法,适用于近期设计和投运的具有良好防渣和防沾污性能的准东煤锅炉,可用于准东煤锅炉的燃煤掺配或者燃煤与高岭土的掺配等。

### 背景技术

[0002] 准东煤极易着火、极易燃尽、且硫含量较低,是一种燃烧性能优良的环保动力用煤。与国内其它严重结渣煤种相比,准东煤煤灰中 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 等碱性氧化物含量高、而 $\text{SiO}_2$ 和 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等酸性氧化物含量低,锅炉燃用准东煤时易出现炉膛严重结渣和对流受热面严重沾污问题,目前大多数机组需通过掺烧低钠煤或者高岭土等添加剂来保证机组的安全运行。但如何通过控制入炉混煤的关键煤质参数确定合适的低钠煤掺烧比例以及如何选取合适的添加剂及比例目前暂没有明确的规定。

[0003] 刘家利等人通过煤灰烧结比例试验得出了B/A和 $\text{Na}_2\text{O}$ 指标共同影响煤灰沾污性能,李君杰等人的研究结果表明准东煤沾污内层有明显的 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 和 $\text{CaSO}_4$ 的富集。曹培庆通过对脱钠准东煤进行实验室的沾污性能测试,得出了较低的 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量可以大大降低准东煤的沾污性能,但煤灰中较高的 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 和 $\text{CaO}$ 等碱金属含量仍不能保证准东煤的100%燃用。

[0004] 常家星等人依据乌鲁木齐周边地区掺烧准东煤的中小容量电站锅炉运行实践得出煤灰中 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量可作为保证锅炉安全运行的监测指标。李宇航等人通过添加剂试验得出保证准东煤机组的安全运行除了需要控制 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量,还需将煤灰中钙和铁等元素质量分数降低到合理水平。曹培庆通过现场准东煤与不同成分的高岭土掺烧后的结渣性能测试,研究结果基本和李宇航在实验室的测试结果一致,提出了还需将 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 控制在一个合理区间。但上述研究均未给出具体的控制值,可操作性较差,且部分研究结果是基于早期的非准东煤锅炉或者防结渣和防沾污措施不足的准东煤锅炉总结得出,已不适应目前最新设计的具有优良防结渣和防沾污性能的准东煤锅炉。

[0005] 目前设计的准东煤锅炉采取了严格的防结渣和防沾污措施,如放大锅炉炉膛也即选用较小的炉膛热负荷参数、足够的吹灰器数量、放大对流受热面管间距等,锅炉对准东煤的适应性得到一定增强。但此类具有优良防渣和防沾污性能的准东煤锅炉是否能够全烧准东煤或者掺烧后的入炉混煤关键煤质指标控制仍没有明确的规定。

### 发明内容

[0006] 为了克服上述现有技术存在的缺点,本发明的目的在于提供一种保证最新设计的具有优良防结渣和防沾污性能的准东煤锅炉安全运行的煤质参数控制方法,协同考虑准东煤结渣和沾污性能对锅炉安全运行的影响,得到了保证准东煤机组安全运行的入炉混煤关键煤质指标控制值。

[0007] 为达到上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0008] 一种保证准东煤锅炉安全运行的煤质参数控制方法,适用于最新设计的具有优良

防结渣和防沾污性能的准东煤锅炉,具体包括如下步骤:

[0009] 第一步:通过掺烧煤种的灰分含量、灰成分含量以及掺烧质量比例计算得到入炉混煤的灰成分含量,或者按照GB/T1574-2007煤灰成分分析方法测试得到入炉混煤的灰成分含量;所述灰成分包括SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、MgO、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O和TiO<sub>2</sub>;

[0010] 其中入炉混煤不同灰成分含量的计算方法如下:

$$[0011] \quad HY = (R_1 * Y_1 * A_{ar1} + R_2 * Y_2 * A_{ar2} + \dots + R_i * Y_i * A_{ari}) / (R_1 * A_{ar1} + R_2 * A_{ar2} + \dots + R_i * A_{ari})$$

[0012] 其中:HY表示入炉混煤的SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、MgO、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O和TiO<sub>2</sub>八项灰成分中的某一灰成分含量,%;即HSiO<sub>2</sub>、HAL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>分别表示入炉混煤的SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量,% ,以此类推;

[0013] R<sub>i</sub>表示掺烧煤种i占总掺烧煤种的质量比例,%

[0014] A<sub>ari</sub>表示掺烧煤种i的灰分含量,%

[0015] Y<sub>i</sub>表示掺烧煤种i的某一灰成分含量,%。

[0016] 第二步:计算入炉混煤的碱性氧化物含量HB、酸性氧化物含量HA、碱酸比HB/A以及HB/A\*Na<sub>2</sub>O指标;

$$[0017] \quad \text{其中 } HB = HFe_2O_3 + HCaO + HMgO + HNa_2O + HK_2O \%$$

$$[0018] \quad HA = HSiO_2 + HAL_2O_3 + HTiO_2 \%$$

$$[0019] \quad HB/A = HB/HA$$

$$[0020] \quad HB/A * Na_2O = HB/A * HNa_2O$$

[0021] 第三步:根据下列标准确定入炉混煤是否能够保证锅炉的安全运行,需同时满足下面6条规定:

$$[0022] \quad (1) \quad HNa_2O \leq 4 \%$$

$$[0023] \quad (2) \quad HFe_2O_3 \leq 10 \%, \text{ 当 } HCaO > 15 \% \text{ 时, } HFe_2O_3 \leq 8 \%$$

$$[0024] \quad (3) \quad HCaO \leq 25 \%$$

$$[0025] \quad (4) \quad HB \leq 36 \%$$

$$[0026] \quad (5) \quad HB/A \leq 0.8$$

$$[0027] \quad (6) \quad HB/A * Na_2O \leq 2.3 \%$$

[0028] 所述的具有优良防结渣和防沾污性能的准东煤锅炉按照上述要求控制入炉混煤质,下表是360MW和660MW容量等级锅炉的基本要求。

容量等级 MW	360	660
炉膛截面热负荷 MW/m <sup>2</sup>	≤3.8	≤4.0
燃烧器区炉壁面积热负荷 MW/m <sup>2</sup>	≤1.1	≤1.1
炉膛容积热负荷 kW/m <sup>3</sup>	≤70	≤60
燃烧器上一次风喷口至屏底尺寸 m	≥23.0	≥26.5
最下层燃烧器距离冷灰斗上折点距离 m	非墙式燃烧≥5.0 (墙式燃烧≥4.5)	≥5.50
炉膛出口温度 °C	≤970	≤970
炉膛短吹 只	≥90	≥96
水平烟道及尾部烟道吹灰器 只	≥50	≥80

[0030] 和现有技术相比较,本发明具备如下优点:

[0031] 1) 常家星等人依据乌鲁木齐周边地区掺烧准东煤的中小容量电站锅炉运行实践得出煤灰中 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量可作为保证锅炉安全运行的监测指标。该指标过于片面,没有全面考虑其他灰成分对准东煤结渣和沾污性能的影响,且该指标的控制值对对于目前最新设计的具有优良防结渣和防沾污性能的准东煤机组的指导性较差,没有充分考虑机组设计改进对准东煤适应性的提高。总体说来,目前没有相关文献明确规定保证具有优良防结渣和防沾污性能的最新设计的准东煤锅炉安全运行需要控制哪些煤质指标以及相应控制值。本发明全面考虑了不同煤灰成分对准东煤结渣和沾污性能的影响以及目前最新设计的准东煤锅炉对准东煤适应性的提高,提出了多个煤质指标监控及相应的控制范围,可为准东煤机组的安全运行提供科学依据。

[0032] 2) 已有的研究结果表明 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{B/A}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{B/A}*\text{Na}_2\text{O}$ 等均对准东煤的安全运行起到了重要作用,但没有明确规定其控制范围。本发明创新性地提出了控制入炉煤种的 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、碱金属氧化物含量 $\text{B}$ 、碱酸比 $\text{B/A}$ 、 $\text{B/A}*\text{Na}_2\text{O}$ 等多个指标共同保证准东煤机组的安全运行。

[0033] 3) 本发明全面考虑了最新设计的具有优良防结渣和防沾污性能的准东煤锅炉对准东煤适应性的提高,因此提出将煤灰中的 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量提高到4%。

[0034] 4) 已有资料表明煤灰碱酸比 $\text{B/A}$ 和 $\text{B/A}*\text{Na}_2\text{O}$ 对准东煤的结渣和沾污性能影响较大,但此指标仅简单地将煤灰成分归类为酸性氧化物和碱性氧化物,并未细致考虑不同酸性氧化物或者不同碱性氧化物指标之间对准东煤结渣和沾污性能影响的差异。本发明保留了此类组合灰成分指标对准东煤机组安全运行的影响,并给出了明确的控制值;同时考虑了不同碱性灰成分对准东煤锅炉结渣和沾污性能的影响,专利提出了还需将 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 和 $\text{CaO}$ 等小指标控制在相应的范围。

[0035] 5) 本发明通过单一小指标和组合指标控制共同保证了准东煤机组的安全运行。

### 具体实施方式

[0036] 下面结合具体实施方式对本发明作更详细说明。

[0037] 实施例1:100%天池能源煤是否能够在360MW和660MW容量等级最新设计的准东煤锅炉上全烧

[0038] 第一步:通过掺烧煤种的灰分含量、灰成分含量以及掺烧质量比例计算得到入炉混煤的灰成分含量,或者按照GB/T1574-2007煤灰成分分析方法测试得到入炉混煤的灰成分含量。所述灰成分具体包括 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 和 $\text{TiO}_2$ 。

[0039] 本实施例按照GB/T1574-2007煤灰成分分析方法测试得到入炉混煤的灰成分指标,具体包括( $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{TiO}_2$ );

[0040] 本实施例入炉煤为天池能源煤单一煤种,其灰成分测试结果如下:

[0041]  $\text{SiO}_{21}=13.54\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_{31}=14.79\%$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_{31}=5.68\%$ 、 $\text{CaO}_1=32.74\%$ 、 $\text{MgO}_1=3.59\%$ 、 $\text{Na}_2\text{O}_1=4.63\%$ 、 $\text{K}_2\text{O}_1=0.70\%$ 、 $\text{TiO}_{21}=1.13\%$

[0042] 第二步:计算入炉混煤的碱性氧化物含量 $\text{HB}$ 、酸性氧化物含量 $\text{HA}$ 、碱酸比 $\text{HB/A}$ 以及 $\text{HB/A}*\text{Na}_2\text{O}$ 指标;

[0043] 其中 $\text{HB}=\text{HFe}_2\text{O}_3+\text{HCaO}+\text{HMgO}+\text{HNa}_2\text{O}+\text{HK}_2\text{O}\%$

[0044]  $HA = HSiO_2 + HAl_2O_3 + HTiO_2\%$

[0045]  $HB/A = HB/HA$

[0046]  $HB/A * Na_2O = HB/A \times HNa_2O$

[0047] 由于本次入炉煤为单一煤种,因此

[0048]  $HSiO_2 = SiO_{21} = 13.54\%$ 、 $HAl_2O_3 = Al_2O_{31} = 14.79\%$ 、 $HFe_2O_3 = Fe_2O_{31} = 5.68\%$ 、 $HCaO = CaO_1 = 32.74\%$ 、 $HMgO = MgO_1 = 3.59\%$ 、 $HNa_2O = Na_2O_1 = 4.63\%$ 、 $HK_2O = K_2O_1 = 0.70\%$ 、 $HTiO_2 = TiO_{21} = 1.13\%$

[0049] 本实施例天池能源煤的计算结果如下

[0050]  $HB = HFe_2O_3 + HCaO + HMgO + HNa_2O + HK_2O = 5.68\% + 32.74\% + 3.59\% + 4.63\% + 0.70\% = 47.34\%$

[0051]  $HA = HSiO_2 + HAl_2O_3 + HTiO_2 = 13.54\% + 14.79\% + 1.13\% = 29.46\%$

[0052]  $HB/A = HB/HA = 47.34\% / 29.46\% = 1.61$

[0053]  $HB/A * Na_2O = HB/A \times HNa_2O = 1.61 \times 4.63\% = 7.45\%$ 。

[0054] 第三步;根据下列标准确定入炉混煤是否能够保证锅炉的安全运行,需同时满足下面6条规定。

[0055] (1)  $HNa_2O \leq 4\%$

[0056] (2)  $HFe_2O_3 \leq 10\%$ , 当  $HCaO > 15\%$  时,  $HFe_2O_3 \leq 8\%$

[0057] (3)  $HCaO \leq 25\%$

[0058] (4)  $HB \leq 36\%$

[0059] (5)  $HB/A \leq 0.8$

[0060] (6)  $HB/A * Na_2O \leq 2.3\%$ 。

[0061] 对于本次天池能源煤,不满足条件的有(1)、(3)、(4)、(5)和(6)共五条,因此不能满足安全燃用要求。

[0062] 实施例2:90%天池能源煤+10%碱沟煤是否能够在360MW和660MW容量等级最新设计的准东煤锅炉上全烧

[0063] 第一步:通过掺烧煤种的灰分含量、灰成分含量以及掺烧质量比例计算得到入炉混煤的灰成分含量,或者按照GB/T1574-2007煤灰成分分析方法测试得到入炉混煤的灰成分含量。所述的灰成分具体包括 $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $Fe_2O_3$ 、 $CaO$ 、 $MgO$ 、 $Na_2O$ 、 $K_2O$ 和 $TiO_2$ 。

[0064] 其中入炉混煤不同灰成分含量的计算方法如下:

[0065]  $HY = (R_1 * Y_1 * A_{ar1} + R_2 * Y_2 * A_{ar2} + \dots + R_i * Y_i * A_{ari}) / (R_1 * A_{ar1} + R_2 * A_{ar2} + \dots + R_i * A_{ari})$

[0066] 其中:HY表示混煤的 $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $Fe_2O_3$ 、 $CaO$ 、 $MgO$ 、 $Na_2O$ 、 $K_2O$ 和 $TiO_2$ 八项灰成分中的某一灰成分含量,%。如 $HSiO_2$ 、 $HAl_2O_3$ 分别表示入炉混煤的 $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 的含量,% ,以此类推;

[0067]  $R_i$ 表示掺烧煤种i占总掺烧煤种的质量比例,%

[0068]  $A_{ari}$ 表示掺烧煤种i的灰分含量,%

[0069]  $Y_i$ 表示掺烧煤种i的某一灰成分含量,%。

[0070] 本次入炉混煤由90%质量比的掺烧煤种1天池能源煤和10%质量比的掺烧煤种2碱沟煤构成,则 $R_1 = 0.9$ ,  $R_2 = 0.1$ ;

[0071] 本实施例掺烧煤种1天池能源煤的灰成分测试结果如下:

[0072]  $SiO_{21} = 13.54\%$ 、 $Al_2O_{31} = 14.79\%$ 、 $Fe_2O_{31} = 5.68\%$ 、 $CaO_1 = 32.74\%$ 、 $MgO_1 =$

3.59%、 $\text{Na}_2\text{O}_1=4.63\%$ 、 $\text{K}_2\text{O}_1=0.70\%$ 、 $\text{TiO}_{21}=1.13\%$

[0073] 本实施例掺烧煤种2碱沟煤的灰成分测试结果如下：

[0074]  $\text{SiO}_{22}=57.00\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_{32}=22.70\%$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_{32}=5.78\%$ 、 $\text{CaO}_2=4.14\%$ 、 $\text{MgO}_2=2.19\%$ 、 $\text{Na}_2\text{O}_2=0.58\%$ 、 $\text{K}_2\text{O}_2=1.54\%$ 、 $\text{TiO}_{22}=1.02\%$

[0075] 本实施例天池能源煤和碱沟煤的灰分含量分别为3.28%和17.26%

[0076] 根据入炉混煤灰成分的计算方法得到入炉混煤的灰成分数据，具体计算结果如下：

[0077]  $\text{HSiO}_2 = (\text{R}_1 \times \text{SiO}_{21} \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{SiO}_{22} \times \text{A}_{\text{ar}2}) / (\text{R}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) = (0.9 \times 13.54 \times 3.28 + 0.1 \times 57.00 \times 17.26) / (0.9 \times 3.28 + 0.1 \times 17.26) = 29.58\%$

[0078]  $\text{HAl}_2\text{O}_3 = (\text{R}_1 \times \text{Al}_2\text{O}_{31} \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{Al}_2\text{O}_{32} \times \text{A}_{\text{ar}2}) / (\text{R}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) = (0.9 \times 14.79 \times 3.28 + 0.1 \times 22.70 \times 17.26) / (0.9 \times 3.28 + 0.1 \times 17.26) = 17.71\%$

[0079]  $\text{HFe}_2\text{O}_3 = (\text{R}_1 \times \text{Fe}_2\text{O}_{31} \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{Fe}_2\text{O}_{32} \times \text{A}_{\text{ar}2}) / (\text{R}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) = (0.9 \times 5.68 \times 3.28 + 0.1 \times 5.78 \times 17.26) / (0.9 \times 3.28 + 0.1 \times 17.26) = 5.72\%$

[0080]  $\text{HCaO} = (\text{R}_1 \times \text{CaO}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{CaO}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) / (\text{R}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) = (0.9 \times 32.74 \times 3.28 + 0.1 \times 4.14 \times 17.26) / (0.9 \times 3.28 + 0.1 \times 17.26) = 22.19\%$

[0081]  $\text{HMgO} = (\text{R}_1 \times \text{MgO}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{MgO}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) / (\text{R}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) = (0.9 \times 3.59 \times 3.28 + 0.1 \times 2.19 \times 17.26) / (0.9 \times 3.28 + 0.1 \times 17.26) = 3.07\%$

[0082]  $\text{HNa}_2\text{O} = (\text{R}_1 \times \text{Na}_2\text{O}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{Na}_2\text{O}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) / (\text{R}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) = (0.9 \times 4.63 \times 3.28 + 0.1 \times 0.58 \times 17.26) / (0.9 \times 3.28 + 0.1 \times 17.26) = 3.14\%$

[0083]  $\text{HK}_2\text{O} = (\text{R}_1 \times \text{K}_2\text{O}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{K}_2\text{O}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) / (\text{R}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) = (0.9 \times 0.70 \times 3.28 + 0.1 \times 1.54 \times 17.26) / (0.9 \times 3.28 + 0.1 \times 17.26) = 1.01\%$

[0084]  $\text{HTiO}_2 = (\text{R}_1 \times \text{TiO}_{21} \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{TiO}_{22} \times \text{A}_{\text{ar}2}) / (\text{R}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) = (0.9 \times 1.13 \times 3.28 + 0.1 \times 1.02 \times 17.26) / (0.9 \times 3.28 + 0.1 \times 17.26) = 1.09\%$

[0085] 第二步；计算入炉混煤的碱性氧化物含量HB、酸性氧化物含量HA、碱酸比HB/A以及HB/A\*Na<sub>2</sub>O指标；

[0086] 其中 $\text{HB} = \text{HFe}_2\text{O}_3 + \text{HCaO} + \text{HMgO} + \text{HNa}_2\text{O} + \text{HK}_2\text{O}\%$

[0087]  $\text{HA} = \text{HSiO}_2 + \text{HAl}_2\text{O}_3 + \text{HTiO}_2\%$

[0088]  $\text{HB/A} = \text{HB/HA}$

[0089]  $\text{HB/A*Na}_2\text{O} = \text{HB/A} \times \text{HNa}_2\text{O}\%$

[0090] 本实施例90%质量比的天池能源煤+10%质量比的碱沟煤的入炉混煤的计算结果如下：

[0091]  $\text{HB} = \text{HFe}_2\text{O}_3 + \text{HCaO} + \text{HMgO} + \text{HNa}_2\text{O} + \text{HK}_2\text{O} = 5.72\% + 22.19\% + 3.07\% + 3.14\% + 1.01\% = 35.13\%$

[0092]  $\text{HA} = \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 = 29.58\% + 17.71\% + 1.09\% = 48.38\%$

[0093]  $\text{HB/A} = 35.13\% / 48.38\% = 0.73$

[0094]  $\text{HB/A*Na}_2\text{O} = \text{B/A} \times \text{Na}_2\text{O} = 0.73 \times 3.14\% = 2.29\%$

[0095] 第三步；根据下列标准确定入炉混煤是否能够保证锅炉的安全运行，同时满足下面6条规定要求即可。

[0096] (1)  $\text{HNa}_2\text{O} \leq 4\%$



[0097] (2)  $\text{HFe}_2\text{O}_3 \leq 10\%$ , 当  $\text{HCaO} > 15\%$  时,  $\text{HFe}_2\text{O}_3 \leq 8\%$

[0098] (3)  $\text{HCaO} \leq 25\%$

[0099] (4)  $\text{HB} \leq 36\%$

[0100] (5)  $\text{HB}/\text{A} \leq 0.8$

[0101] (6)  $\text{HB}/\text{A} * \text{Na}_2\text{O} \leq 2.3$ 。

[0102] 对于本实施例90%质量比天池能源煤+10%质量比碱沟煤的入炉混煤的灰成分及相关指标满足前述(1)(2)(3)(4)(5)(6)所有六条,因此满足安全燃用要求。

[0103] 实施例3:90%天池能源煤+10%高岭土是否能够在360MW和660MW容量等级最新设计的准东煤锅炉上全烧

[0104] 第一步:通过掺烧煤种的灰分含量、灰成分含量以及掺烧质量比例计算得到入炉混煤的灰成分含量,或者按照GB/T1574-2007煤灰成分分析方法测试得到入炉混煤的灰成分含量。所述的灰成分具体包括 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 和 $\text{TiO}_2$ 。

[0105] 本实施例入炉混煤不同灰成分含量的计算方法如下:

[0106]  $\text{HY} = (\text{R}_1 * \text{Y}_1 * \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 * \text{Y}_2 * \text{A}_{\text{ar}2} + \dots + \text{R}_i * \text{Y}_i * \text{A}_{\text{ar}i}) / (\text{R}_1 * \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 * \text{A}_{\text{ar}2} + \dots + \text{R}_i * \text{A}_{\text{ar}i})$

[0107] 其中:HY表示混煤的 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 和 $\text{TiO}_2$ 八项灰成分中的某一灰成分含量,%。如 $\text{HSiO}_2$ 、 $\text{HAl}_2\text{O}_3$ 分别表示入炉混煤的 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量,% ,以此类推;

[0108]  $\text{R}_i$ 表示掺烧煤种i占总掺烧煤种的质量比例,%

[0109]  $\text{A}_{\text{ar}i}$ 表示掺烧煤种i的灰分含量,%

[0110]  $\text{Y}_i$ 表示掺烧煤种i的某一灰成分含量,%。

[0111] 本实施例入炉混煤由90%质量比的掺烧煤种1天池能源煤和10%质量比的掺烧煤种2高岭土构成,则 $\text{R}_1 = 0.9$ ,  $\text{R}_2 = 0.1$ ;

[0112] 本实施例掺烧煤种1天池能源煤的灰成分测试结果如下:

[0113]  $\text{SiO}_{21} = 13.54\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_{31} = 14.79\%$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_{31} = 5.68\%$ 、 $\text{CaO}_1 = 32.74\%$ 、 $\text{MgO}_1 = 3.59\%$ 、 $\text{Na}_2\text{O}_1 = 4.63\%$ 、 $\text{K}_2\text{O}_1 = 0.70\%$ 、 $\text{TiO}_{21} = 1.13\%$

[0114] 本实施例掺烧煤种2高岭土煤的灰成分测试结果如下:

[0115]  $\text{SiO}_{22} = 53.36\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_{32} = 41.74\%$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_{32} = 1.20\%$ 、 $\text{CaO}_2 = 1.26\%$ 、 $\text{MgO}_2 = 0.1\%$ 、 $\text{Na}_2\text{O}_2 = 0.25\%$ 、 $\text{K}_2\text{O}_2 = 0.48\%$ 、 $\text{TiO}_{22} = 0.69\%$

[0116] 本实施例天池能源煤和高岭土的灰分含量分别为3.28%和100%。

[0117] 根据入炉混煤灰成分的计算方法得到入炉混煤的灰成分数据

[0118]  $\text{HSiO}_2 = (\text{R}_1 \times \text{SiO}_{21} \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{SiO}_{22} \times \text{A}_{\text{ar}2}) / (\text{R}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) = (0.9 \times 13.54 \times 3.28 + 0.1 \times 53.36 \times 100) / (0.9 \times 3.28 + 0.1 \times 100) = 44.28\%$

[0119]  $\text{HAl}_2\text{O}_3 = (\text{R}_1 \times \text{Al}_2\text{O}_{31} \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{Al}_2\text{O}_{32} \times \text{A}_{\text{ar}2}) / (\text{R}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) = (0.9 \times 14.79 \times 3.28 + 0.1 \times 41.74 \times 100) / (0.9 \times 3.28 + 0.1 \times 100) = 35.60\%$

[0120]  $\text{HFe}_2\text{O}_3 = (\text{R}_1 \times \text{Fe}_2\text{O}_{31} \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{Fe}_2\text{O}_{32} \times \text{A}_{\text{ar}2}) / (\text{R}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) = (0.9 \times 5.68 \times 3.28 + 0.1 \times 1.20 \times 100) / (0.9 \times 3.28 + 0.1 \times 100) = 2.22\%$

[0121]  $\text{HCaO} = (\text{R}_1 \times \text{CaO}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{CaO}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) / (\text{R}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) = (0.9 \times 32.74 \times 3.28 + 0.1 \times 1.26 \times 100) / (0.9 \times 3.28 + 0.1 \times 100) = 8.43\%$

[0122]  $\text{HMgO} = (\text{R}_1 \times \text{MgO}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{MgO}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) / (\text{R}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) = (0.9 \times 3.59 \times 3.28 + 0.1 \times 0.1 \times 100) / (0.9 \times 3.28 + 0.1 \times 100) = 0.90\%$

$$[0123] \quad \text{HNa}_2\text{O} = (\text{R}_1 \times \text{Na}_2\text{O}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{Na}_2\text{O}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) / (\text{R}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) = (0.9 \times 4.63 \times 3.28 + 0.1 \times 0.25 \times 100) / (0.9 \times 3.28 + 0.1 \times 100) = 1.25\%$$

$$[0124] \quad \text{HK}_2\text{O} = (\text{R}_1 \times \text{K}_2\text{O}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{K}_2\text{O}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) / (\text{R}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) = (0.9 \times 0.70 \times 3.28 + 0.1 \times 0.48 \times 100) / (0.9 \times 3.28 + 0.1 \times 100) = 0.53\%$$

$$[0125] \quad \text{HTiO}_2 = (\text{R}_1 \times \text{TiO}_{21} \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{TiO}_{22} \times \text{A}_{\text{ar}2}) / (\text{R}_1 \times \text{A}_{\text{ar}1} + \text{R}_2 \times \text{A}_{\text{ar}2}) = (0.9 \times 1.13 \times 3.28 + 0.1 \times 0.69 \times 100) / (0.9 \times 3.28 + 0.1 \times 100) = 0.79\%$$

[0126] 第二步;计算入炉混煤的碱性氧化物含量HB、酸性氧化物含量HA、碱酸比HB/A以及HB/A\*Na<sub>2</sub>O指标;

$$[0127] \quad \text{其中HB} = \text{HFe}_2\text{O}_3 + \text{HCaO} + \text{HMgO} + \text{HNa}_2\text{O} + \text{HK}_2\text{O}\%$$

$$[0128] \quad \text{HA} = \text{HSiO}_2 + \text{HAl}_2\text{O}_3 + \text{HTiO}_2\%$$

$$[0129] \quad \text{HB/A} = \text{HB/HA}$$

$$[0130] \quad \text{HB/A*Na}_2\text{O} = \text{HB/A} \times \text{HNa}_2\text{O}\%$$

[0131] 本实施例90%质量比的天池能源煤+10%质量比的高岭土的入炉混煤的计算结果如下

$$[0132] \quad \text{HB} = \text{HFe}_2\text{O}_3 + \text{HCaO} + \text{HMgO} + \text{HNa}_2\text{O} + \text{HK}_2\text{O} = 2.22\% + 8.43\% + 0.90\% + 1.25\% + 0.53\% = 13.33\%$$

$$[0133] \quad \text{HA} = \text{HSiO}_2 + \text{HAl}_2\text{O}_3 + \text{HTiO}_2 = 44.28\% + 35.60\% + 0.79\% = 80.67\%$$

$$[0134] \quad \text{HB/A} = \text{HB/HA} = 13.33\% / 80.67\% = 0.17$$

$$[0135] \quad \text{HB/A*Na}_2\text{O} = \text{HB/A} \times \text{HNa}_2\text{O} = 0.17 \times 1.25\% = 0.21\%$$

[0136] 第三步;根据下列标准确定入炉混煤是否能够保证锅炉的安全运行,同时满足下面6条规定要求即可。

$$[0137] \quad (1) \text{HNa}_2\text{O} \leq 4\%$$

$$[0138] \quad (2) \text{HFe}_2\text{O}_3 \leq 10\%, \text{当HCaO} > 15\% \text{时, HFe}_2\text{O}_3 \leq 8\%$$

$$[0139] \quad (3) \text{HCaO} \leq 25\%$$

$$[0140] \quad (4) \text{HB} \leq 36\%$$

$$[0141] \quad (5) \text{HB/A} \leq 0.8$$

$$[0142] \quad (6) \text{HB/A*Na}_2\text{O} \leq 2.3\%。$$

[0143] 对于本实施例90%质量比的天池能源煤+10%质量比的高岭土的入炉混煤的灰成分及相关指标满足前述(1)(2)(3)(4)(5)(6)所有六条,因此满足安全燃用要求。