



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105095601 B

(45)授权公告日 2018.07.31

(21)申请号 201510560856.9

(22)申请日 2015.09.02

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105095601 A

(43)申请公布日 2015.11.25

(73)专利权人 广东电网有限责任公司电力科学
研究院

地址 510080 广东省广州市越秀区东风东
路水均岗8号

专利权人 紫光(北京)智控科技有限公司

(72)发明人 陈世和 潘凤萍 罗嘉 朱亚清
黄卫剑 张福宝 叶向前 伍宇忠

(续)

(74)专利代理机构 广州华进联合专利商标代理
有限公司 44224

代理人 黄晓庆

(51)Int.Cl.

G06F 17/50(2006.01)

(续)

(56)对比文件

- CN 1511620 A, 2004.07.14,
- CN 1593726 A, 2005.03.16,
- US 5412756 A, 1995.05.02,
- CN 101152616 A, 2008.04.02,
- CN 1843571 A, 2006.10.11,
- CN 102580513 A, 2012.07.18,

何小可.1000MW火电机组吸收塔脱硫泵设计与理论研究.《中国博士学位论文全文数据库·工程科技I辑》.2014,B027-51.

王俊.火力发电厂石灰石-石膏湿法脱硫系统优化运行研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库·工程科技I辑》.2010,B027-164.

李丹等.应用Matlab仿真烟气脱硫除尘过程.《环境科学与技术》.2004,15-19.

陈耀龙.脱硫系统吸收塔浆液PH值控制与仿真.《应用能源技术》.2011,(第11期),21-25.

(续)

审查员 张敏

权利要求书3页 说明书6页 附图2页

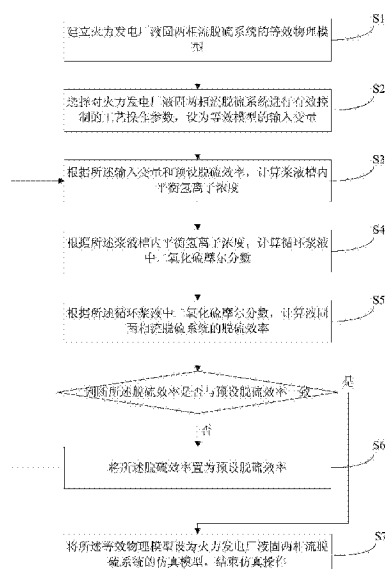
(54)发明名称

火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法

(57)摘要

本发明涉及一种火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法,包括:S1,建立火力发电厂脱硫系统液固两相流的等效物理模型;S2,选择火力发电厂脱硫系统的工艺参数作为等效物理模型的输入变量;S3~S5,根据输入变量和预设脱硫效率,通过计算浆液槽内平衡氢离子浓度和循环浆液中二氧化硫摩尔分数,进一步得到脱硫效率;S6,若脱硫效率和预设脱硫效率不一致,将脱硫效率置为预设脱硫效率,执行S3~S5,直到脱硫效率达到预设脱硫效率,将等效物理模型设为火力发电厂脱硫系统液固两相流的仿真模型;上述方法,能够为技术人员提供无损实验数据,实时准确地反映了火力发电厂脱硫系统的实际运行情况,也为火力发电厂脱硫系统的完善提供

参考依据。



CN 105095601 B

[接上页]

(72)发明人 苏凯 庞志强 李军

(56)对比文件

(51) Int. Cl.

B01D 53/78(2006.01)

B01D 53/50(2006.01)

蒋会杰.论石灰石-石膏湿法烟气脱硫技术.
《山东工业技术》.2014,(第24期),23.

1. 一种火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1,建立火力发电厂脱硫系统液固两相流的等效物理模型;

S2,选择对火力发电厂脱硫系统液固两相流进行有效控制的工艺操作参数,设为等效模型的输入变量;

S3,根据所述输入变量和预设脱硫效率,计算浆液槽内平衡氢离子浓度;

S4,根据所述浆液槽内平衡氢离子浓度,计算循环浆液中二氧化硫摩尔分数;

S5,根据所述循环浆液中二氧化硫摩尔分数,计算火力发电厂脱硫系统液固两相流的脱硫效率;

S6,判断所述脱硫效率是否和预设脱硫效率一致;若是,执行S7;若否,将所述脱硫效率置为预设脱硫效率,重复执行S3~S6的步骤,直到所述脱硫效率达到预设脱硫效率为止,执行S7;

S7,将所述等效物理模型设为火力发电厂脱硫系统液固两相流的仿真模型,结束仿真操作。

2. 根据权利要求1所述的火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法,其特征在于,所述根据所述输入变量和预设脱硫效率,计算浆液槽内平衡氢离子浓度的公式如下:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dC_{H^+}}{dt} = \left(2V_{SO_2} / 22.4 - 2 \frac{W_{CaCO_3}}{M_{CaCO_3}} \right) / (V_c * 1000) / 3600 \\ V_{SO_2} = V \eta_{SO_2} y_{in} \\ W_{CaCO_3} = W_{in} m_{CaCO_3} \\ V_c = \frac{m_c}{\rho_c} \end{array} \right. ;$$

其中, C_{H^+} 表示浆液中平衡氢离子浓度, V_{SO_2} 表示从烟气中脱除的二氧化硫量, W_{CaCO_3} 表示 $CaCO_3$ 的消耗量, M_{CaCO_3} 表示 $CaCO_3$ 的摩尔分数, V_c 浆液槽中浆液体积, V 表示原烟气的总体积, η_{SO_2} 表示脱硫效率, y_{in} 表示进口原烟气进口二氧化硫的体积分数, W_{in} 表示含石灰石浆液量, m_{CaCO_3} 表示含石灰石浆液质量浓度, m_c 浆液槽中浆液质量, ρ_c 浆液槽中浆液密度。

3. 根据权利要求1所述的火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法,其特征在于,所述根据所述浆液槽内平衡氢离子浓度,计算循环浆液中二氧化硫的摩尔分数的公式如下所示:

$$x_{in} = 1/2 \theta V_c C_{H^+} / \left(\frac{m_c}{M_c} \right) / 1000 ;$$

其中, x_{in} 表示循环浆液中二氧化硫的摩尔分数, θ 表示浆液中剩余二氧化硫的摩尔分数与平衡氢离子摩尔分数的平衡系数, V_c 浆液槽中浆液体积, C_{H^+} 表示浆液中平衡氢离子浓度, m_c 浆液槽中浆液质量, M_c 表示浆液的摩尔质量。

4. 根据权利要求1所述的火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法,其特征在于,所述根据所述循环浆液中二氧化硫摩尔分数,计算火力发电厂脱硫系统液固两相流的脱硫效率的步骤包括:

计算火力发电厂脱硫系统的传质单元高度;

根据所述传质单元高度,计算火力发电厂脱硫系统的传质单元数;

利用亨利定律,计算出净烟气二氧化硫的体积分数;

根据进口原烟气进口二氧化硫的体积分数和出口净烟气二氧化硫的体积分数,计算火力发电厂脱硫系统液固两相流的脱硫效率。

5. 根据权利要求4所述的火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法,其特征在于,所述计算火力发电厂脱硫系统的传质单元高度的公式如下所示:

$$H_{OG} = \frac{V}{K_Y a \Omega} / 22.4;$$

其中, H_{OG} 表示传质单元高度, V 表示原烟气的总体积, K_Y 表示总吸收系数, a 表示单位体积塔层提供的有效传质体积系数, Ω 表示吸收塔的截面积。

6. 根据权利要求4所述的火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法,其特征在于,所述根据所述传质单元高度,计算火力发电厂脱硫系统的传质单元数的公式如下所示:

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{OG} = Z / H_{OG} \\ N_{OG} = \frac{1}{1-s} \ln \left((1-s) \frac{y_{in} - y_{eq^2}}{y_{out} - y_{eq^2}} + s \right); \\ s = mV / L \\ m = E / p\beta \end{array} \right.;$$

其中, N_{OG} 表示传质单元数, Z 表示喷淋层的高度, H_{OG} 表示传质单元高度, s 表示脱硫系数, m 表示相平衡系数, V 表示原烟气的总体积, y_{in} 表示进口原烟气进口二氧化硫的体积分数, y_{out} 表示出口净烟气二氧化硫的体积分数, y_{eq^2} 表示溶质在气相的摩尔分数, L 表示浆液的摩尔浓度, E 表示亨利系数, p 表示总压, β 表示修正系数。

7. 根据权利要求4所述的脱硫系统液固两相流仿真建模方法,其特征在于,所述利用亨利定律,计算出净烟气二氧化硫的体积分数的公式如下所示:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_{eq^2} = mx_{in} \\ L(x_{out} - x_{in}) = V\eta_{SO_2} y_{in} \end{array} \right.;$$

其中, y_{eq^2} 表示溶质在气相的摩尔分数, m 表示相平衡系数, x_{in} 表示循环浆液中的摩尔分数, L 表示浆液的摩尔浓度, x_{out} 表示喷淋层后循环浆液中的摩尔分数, V 表示原烟气的总体积, η_{SO_2} 表示脱硫效率, y_{in} 表示进口原烟气进口二氧化硫的体积分数。

8. 根据权利要求4所述的火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法,其特征在于,根据所述进口原烟气进口二氧化硫的体积分数和出口净烟气二氧化硫的体积分数,计算火力发电厂脱硫系统液固两相流的脱硫效率的公式如下所示:

$$\eta_{SO_2} = \frac{y_{in} - y_{out}}{y_{in}};$$

式中, η_{SO_2} 表示脱硫效率, y_{in} 表示进口原烟气进口二氧化硫的体积分数, y_{out} 表示出口净烟气二氧化硫的体积分数。

9. 根据权利要求1所述的火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法,其特征在于,在所述根据所述输入变量和预设脱硫效率,计算浆液槽内平衡氢离子浓度的步骤之前,还

包括:计算脱硫系统制浆区浆液箱内的石膏密度。

10.根据权利要求9所述的火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法,其特征在于,所述计算脱硫系统制浆区浆液箱内的石膏密度的公式如下所示:

$$R0=KA*KB/(KB-RATIO*(KB-KA));$$

其中,R0表示浆液箱内的石膏密度,RATIO表示浆液箱内的石膏质量浓度,KA表示液相密度,KB表示固相密度。

火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法

技术领域

[0001] 本发明涉及火力发电厂污染物控制技术领域,特别是涉及一种火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法。

背景技术

[0002] 近些年来,随着电力事业的飞速发展,火力发电厂的火电装机总容量也随之增加,这大大增加了火电厂的耗煤量。耗煤量的大量增加,由煤燃烧产生的污染物,像飞灰、氮氧化物和二氧化硫对环境的污染也变得愈来愈严重,因此,严格控制燃煤产生的污染物的排放成为电力事业发展的重要组成部分。

[0003] 火力发电厂锅炉尾部烟气中的二氧化硫排放量控制是治理大气污染物的重要一环,而石灰石-石膏湿法脱硫工艺是当前应用范围最广、工艺技术最成熟的标准脱硫工艺技术。石灰石-石膏湿法脱硫工艺是湿法脱硫的一种,是当前大机组火电厂烟气脱硫的基本工艺,它采用价廉易得的石灰石或石灰作脱硫吸收剂,石灰石经破碎磨细成粉状与水混合搅拌成吸收浆液,当采用石灰为吸收剂时,石灰粉经消化处理后加水制成吸收剂浆液;在吸收塔内,吸收浆液与烟气接触混合,烟气中的二氧化硫与浆液中的碳酸钙以及鼓入的氧化空气进行化学反应被脱除,最终反应产物为石膏;脱硫后的烟气经除雾器除去带出的细小液滴,经换热器加热升温后排入烟囱;脱硫石膏浆经过脱水装置脱水后进行回收。通过上述操作,可以大大降低煤燃烧排放的烟气对环境的污染程度;电站仿真机可以对火力发电厂脱硫系统内部的实际运行情况进行模拟,并获取相应的数据,便于工程技术人员掌握火力发电厂脱硫系统内部的运行情况。

[0004] 现有的电站仿真机对火力发电厂脱硫系统采用的仿真建模方法,现有的电站仿真机采用的仿真建模方法只能获取火力发电厂脱硫系统的静态数据,来对火力发电厂脱硫系统的脱硫效率进行计算,无法实时反映火力发电厂脱硫系统内部的运行情况。

发明内容

[0005] 基于此,有必要针对现有的电站仿真机采用的仿真建模方法只能获取火力发电厂脱硫系统的静态数据,无法实时反映火力发电厂脱硫系统内部的运行情况的技术问题,提供一种火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法。

[0006] 一种火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法,包括如下步骤:

[0007] 步骤S1,建立火力发电厂脱硫系统液固两相流的等效物理模型;

[0008] 在上述步骤的等效物理模型中,火力发电厂脱硫系统包括:吸收塔、浆液泵、浆液箱、搅拌器、控制开关的阀门和连接各个组成部分的管道等;通过建立上述火力发电厂脱硫系统液固两相流的等效物理模型,将火力发电厂脱硫系统液固两相流现场的运行情况实时地反映在所述等效物理模型上,可以实时计算脱硫系统各环节浆液情况和脱硫效果,模拟火力发电厂脱硫系统机组的实际运行情况,并为工程技术人员提供无损实验数据。

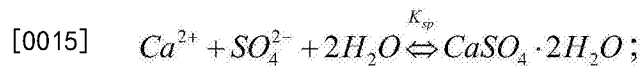
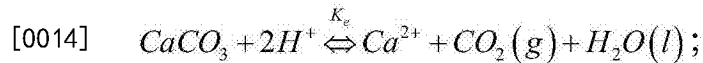
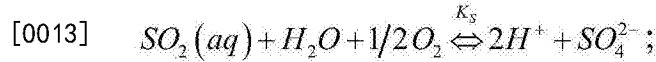
[0009] 步骤S2,选择对火力发电厂脱硫系统液固两相流进行有效控制的工艺操作参数,

设为等效模型的输入变量；

[0010] 在步骤S2中,所述等效模型的输入变量可以是浆液箱内的石膏质量浓度、通过脱硫系统的原烟气总体积等。

[0011] 步骤S3,根据所述输入变量和预设脱硫效率,计算浆液槽内平衡氢离子浓度；

[0012] 在步骤S3中,根据步骤S2的输入变量和预设脱硫效率,计算浆液槽内平衡氢离子浓度。在本步骤中,可以将浆液区看作全混流反应器,浆液槽内的浆液具有均一的浓度和温度分布,二氧化硫在石灰石浆液中吸收反应的反应机理如下所示：



[0016] 上式中的平衡常数分别为： $K_s=4.25\text{E}39$, $K_e=7.69\text{E}9$, $K_{sp}=12692.5$ 。

[0017] 根据上述二氧化硫在石灰石浆液中吸收反应的反应机理,可知,浆液中氢离子浓度的增量等于浆液槽中生成的氢离子浓度减去在反映过程中消耗的氢离子浓度。因此,浆液槽内平衡氢离子浓度可以通过下式进行计算：

$$[0018] \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{dC_{H^+}}{dt} = \left(2V_{\text{SO}_2} / 22.4 - 2 \frac{W_{\text{CaCO}_3}}{M_{\text{CaCO}_3}} \right) / (V_c * 1000) / 3600 \\ V_{\text{SO}_2} = V \eta_{\text{SO}_2} y_{\text{in}} \\ W_{\text{CaCO}_3} = W_{\text{lm}} m_{\text{CaCO}_3} \\ V_c = \frac{m_c}{\rho_c} \end{array} \right. ;$$

[0019] 其中, C_{H^+} 表示浆液中平衡氢离子浓度, V_{SO_2} 表示从烟气中脱除的二氧化硫体积量, W_{CaCO_3} 表示 CaCO_3 的消耗量, M_{CaCO_3} 表示 CaCO_3 的摩尔分数, V_c 浆液槽中浆液体积, V 表示原烟气的总体积, η_{SO_2} 表示脱硫效率, y_{in} 表示进口原烟气进口二氧化硫的体积分数, W_{lm} 表示含石灰石浆液量, m_{lm} 表示含石灰石浆液质量浓度, m_c 表示浆液槽中浆液质量, ρ_c 表示浆液槽中浆液密度。

[0020] 步骤S4,根据所述浆液槽内平衡氢离子浓度,计算循环浆液中二氧化硫摩尔分数；

[0021] 在步骤S4中,根据步骤S3计算得到的浆液槽内平衡氢离子浓度,计算循环浆液中二氧化硫的摩尔分数,可以采用如下公式：

$$[0022] \quad x_{\text{in}} = 1/2 \theta V_c C_{H^+} / \left(\frac{m_c}{M_c} \right) / 1000;$$

[0023] 其中, x_{in} 表示循环浆液中二氧化硫的摩尔分数, θ 表示浆液中剩余二氧化硫的摩尔分数与平衡氢离子摩尔分数的平衡系数, M_c 表示浆液的摩尔质量。

[0024] 步骤S5,根据所述循环浆液中二氧化硫摩尔分数,计算脱硫系统液固两相流的脱硫效率；

[0025] 在步骤S5中,根据步骤S4计算得到的循环浆液中二氧化硫摩尔分数,计算脱硫系统液固两相流的脱硫效率。

[0026] 步骤S6,判断所述脱硫效率是否和预设脱硫效率一致;若是,执行步骤S7;若否,将所述脱硫效率替换预设脱硫效率,重复执行步骤S3~S6,直到所述脱硫效率达到预设脱硫效率为止,执行步骤S7;

[0027] 步骤S7,将所述等效物理模型设为火力发电厂脱硫系统液固两相流的仿真模型,结束仿真操作。

[0028] 上述火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法,根据进入吸收塔的烟气中的二氧化硫与加入吸收塔内的石灰石在石灰石浆液中吸收反应的反应机理,计算浆液槽内平衡氢离子浓度;然后,根据浆液槽内平衡氢离子浓度和预设脱硫效率,计算得到循环浆液中二氧化硫摩尔分数;最后,根据进口原烟气进口二氧化硫的体积分数和出口净烟气二氧化硫的体积分数,计算出脱硫系统液固两相流的脱硫效率;若所述脱硫效率和预设脱硫效率不一致,则将所述脱硫效率替换预设脱硫效率,重复计算脱硫系统的脱硫效率的步骤,直到所述脱硫效率与预设脱硫效率一致为止,然后将所述等效物理模型设为火力发电厂脱硫系统液固两相流的仿真模型,结束仿真操作;所述火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法,通过对火力发电厂脱硫系统中浆液槽内平衡氢离子浓度、循环浆液中二氧化硫摩尔分数以及脱硫效率的数据进行实时计算,使得工程技术人员能够得到无损实验数据,便于掌握火力发电厂脱硫系统内部的实时运行情况,也为提高脱硫系统的脱硫效率提供参考依据。

附图说明

[0029] 图1为本发明的其中一个实施例的火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法流程图;

[0030] 图2为本发明的另一个实施例的计算火力发电厂脱硫系统脱硫效率的方法流程图;

[0031] 图3为应用本发明的其中一个实施例的火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法对火力发电厂脱硫系统进行实时控制的方法流程图。

具体实施方式

[0032] 为了更进一步阐述本发明所采取的技术手段及取得的效果,下面结合附图及较佳实施例,对本发明的技术方案,进行清楚和完整的描述。

[0033] 如图1所示,图1为本发明的其中一个实施例的火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法流程图;

[0034] 一种火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法,包括如下步骤:

[0035] 步骤S1,建立火力发电厂脱硫系统液固两相流的等效物理模型;

[0036] 步骤S2,选择对火力发电厂脱硫系统液固两相流进行有效控制的工艺操作参数,设为等效模型的输入变量;

[0037] 步骤S3,根据所述输入变量和预设脱硫效率,计算浆液槽内平衡氢离子浓度;

[0038] 步骤S4,根据所述浆液槽内平衡氢离子浓度,计算循环浆液中二氧化硫摩尔分数;

[0039] 步骤S5,根据所述循环浆液中二氧化硫摩尔分数,计算脱硫系统液固两相流的脱硫效率;

[0040] 步骤S6,判断所述脱硫效率是否和预设脱硫效率一致;若是,执行步骤S7;若否,将所述脱硫效率置为预设脱硫效率,重复步骤S3~S6,直到所述脱硫效率达到预设脱硫效率为止,执行步骤S7;

[0041] 步骤S7,将所述等效物理模型设为火力发电厂脱硫系统液固两相流的仿真模型,结束仿真操作。

[0042] 通过上述步骤,本发明的火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法,通过为工程技术人员提供无损实验数据,准确地反映火力发电厂脱硫系统的实时运行情况,更为火力发电厂脱硫系统的完善提供参考依据。

[0043] 在其中一个实施例中,本发明的脱硫系统液固两相流仿真建模方法,所述根据所述输入变量和预设脱硫效率,计算浆液槽内平衡氢离子浓度,可以采用如下的公式进行计算:

$$[0044] \left\{ \begin{array}{l} \frac{dC_{H^+}}{dt} = \left(2V_{SO_2} / 22.4 - 2 \frac{W_{CaCO_3}}{M_{CaCO_3}} \right) / (V_c * 1000) / 3600 \\ V_{SO_2} = V \eta_{SO_2} y_{in} \\ W_{CaCO_3} = W_{lm} m_{CaCO_3} \\ V_c = \frac{m_c}{\rho_c} \end{array} \right. ;$$

[0045] 其中, C_{H^+} 表示浆液中平衡氢离子浓度, V_{SO_2} 表示从烟气中脱除的二氧化硫体积量, W_{CaCO_3} 表示 $CaCO_3$ 的消耗量, M_{CaCO_3} 表示 $CaCO_3$ 的摩尔分数, V_c 浆液槽中浆液体积, V 表示原烟气的总体积, η_{SO_2} 表示脱硫效率, y_{in} 表示进口原烟气进口二氧化硫的体积分数, W_{lm} 表示含石灰石浆液量, m_{lm} 表示含石灰石浆液质量浓度, m_c 表示浆液槽中浆液质量, ρ_c 表示浆液槽中浆液密度。

[0046] 在其中一个实施例中,本发明的脱硫系统液固两相流仿真建模方法,所述根据所述浆液槽内平衡氢离子浓度,计算循环浆液中二氧化硫的摩尔分数,可以采用如下的公式进行计算:

$$[0047] x_{in} = \frac{1}{2} \theta V_c C_{H^+} / \left(\frac{m_c}{M_c} \right) / 1000 ;$$

[0048] 其中, x_{in} 表示循环浆液中二氧化硫的摩尔分数, θ 表示浆液中剩余二氧化硫的摩尔分数与平衡氢离子摩尔分数的平衡系数, M_c 表示浆液的摩尔质量。

[0049] 图2为本发明的另一个实施例的计算火力发电厂脱硫系统脱硫效率的方法流程图,由于气体吸收过程是传质控制过程,因此,气体吸收过程的脱硫效率的计算可以从上层到下层进行。

[0050] 在其中一个实施例中,本发明的脱硫系统液固两相流仿真建模方法,所述根据所述循环浆液中二氧化硫摩尔分数,计算脱硫系统液固两相流的脱硫效率的步骤包括:

[0051] S501:计算火力发电厂脱硫系统的传质单元高度;

[0052] S502:根据所述传质单元高度,计算火力发电厂脱硫系统的传质单元数;

[0053] S503:利用亨利定律,计算出口净烟气二氧化硫的体积分数;

[0054] S504:根据进口原烟气进口二氧化硫的体积分数和出口净烟气二氧化硫的体积分

数,计算脱硫系统液固两相流的脱硫效率。

[0055] 在其中一个实施例中,本发明的脱硫系统液固两相流仿真建模方法,所述计算火力发电厂脱硫系统的传质单元高度,可以采用如下的公式进行计算:

$$[0056] \quad H_{OG} = \frac{V}{K_Y a \Omega} / 22.4;$$

[0057] 其中, H_{OG} 表示传质单元高度, K_Y 表示总吸收系数, a 表示单位体积塔层提供的有效传质体积系数, Ω 表示吸收塔的截面积。

[0058] 在其中一个实施例中,本发明的脱硫系统液固两相流仿真建模方法,所述根据所述传质单元高度,计算火力发电厂脱硫系统的传质单元数,可以采用如下的公式进行计算:

$$[0059] \quad \begin{cases} N_{OG} = Z / H_{OG} \\ N_{OG} = \frac{1}{1-s} \ln \left((1-s) \frac{y_{in} - y_{eq^2}}{y_{out} - y_{eq^2}} + s \right); \\ s = mV / L \\ m = E / p\beta \end{cases};$$

[0060] 其中, N_{OG} 表示传质单元数, Z 表示喷淋层的高度, H_{OG} 表示传质单元高度, s 表示脱硫系数, m 表示相平衡系数, V 表示原烟气的总体积, y_{in}^i 表示进口原烟气进口二氧化硫的体积分数, y_{out} 表示出口净烟气二氧化硫的体积分数, E 表示亨利系数, p 表示总压, β 表示修正系数。

[0061] 在其中一个实施例中,本发明的脱硫系统液固两相流仿真建模方法,所述利用亨利定律,计算出出口净烟气二氧化硫的体积分数,可以采用如下的公式进行计算:

$$[0062] \quad \begin{cases} y_{eq^2} = mx_{in} \\ L(x_{out} - x_{in}) = V\eta_{SO_2}y_{in} \end{cases}$$

[0063] 其中, y_{eq^2} 表示溶质在气相的摩尔分数, m 表示相平衡系数, x_{in} 表示循环浆液中的摩尔分数, L 表示浆液的摩尔浓度, x_{out} 表示喷淋层后循环浆液中的摩尔分数, V 表示原烟气的总体积, η_{SO_2} 表示脱硫效率, y_{in} 表示进口原烟气进口二氧化硫的体积分数。

[0064] 在其中一个实施例中,本发明的脱硫系统液固两相流仿真建模方法,所述进口原烟气进口二氧化硫的体积分数和出口净烟气二氧化硫的体积分数,计算脱硫系统液固两相流的脱硫效率,可以采用如下的公式进行计算:

$$[0065] \quad \eta_{SO_2} = \frac{y_{in} - y_{out}}{y_{in}};$$

[0066] 式中, η_{SO_2} 表示脱硫效率, y_{in} 表示进口原烟气进口二氧化硫的体积分数, y_{out} 表示出口净烟气二氧化硫的体积分数。

[0067] 在其中一个实施例中,本发明的脱硫系统液固两相流仿真建模方法,在所述根据所述输入变量和预设脱硫效率,计算浆液槽内平衡氢离子浓度的步骤之前,还可以包括:计算脱硫系统制浆区浆液箱内的石膏密度。

[0068] 在其中一个实施例中,本发明的脱硫系统液固两相流仿真建模方法,所述计算脱硫系统制浆区浆液箱内的石膏密度,可以采用如下公式进行计算:

[0069] $RO=KA*KB/(KB-RATIO*(KB-KA))$;

[0070] 其中,RO表示浆液箱内的石膏密度,RATIO表示浆液箱内的石膏质量浓度,KA表示液相密度,KB表示固相密度。

[0071] 如图3所示,图3为应用本发明的其中一个实施例的火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法对火力发电厂脱硫系统进行实时控制的方法流程图。本实施例的火力发电厂脱硫系统液固两相流仿真建模方法中对脱硫系统的模拟包括脱硫工艺的三种状态:运行状态、暂停状态和终止状态,而控制这三种状态之间的转换可以通过如下几种按钮:启动按钮、停止按钮、暂停按钮和继续按钮。

[0072] 因此,这三种状态的转换关系如下所示:

[0073] 1) 终止状态——(启动)——运行状态;

[0074] 2) 暂停状态——(继续)——运行状态;

[0075] 3) 运行状态——(暂停)——暂停状态;

[0076] 4) 运行状态——(停止)——终止状态;

[0077] 5) 暂停状态——(停止)——终止状态。

[0078] 通过上述状态之间的转换,可以模拟火力发电厂脱硫系统液固两相流的实时运行状况,能够为工程技术人员提供无损实验数据,准确地反映火力发电厂脱硫系统的实时运行情况,更为火力发电厂脱硫系统的改进提供参考依据。只有实时掌控火力发电厂脱硫系统内部的运行情况,才能有效控制火力发电厂脱硫系统的脱硫效率,才能有效地降低煤燃烧排放的烟气对环境的污染。

[0079] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0080] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明的保护范围应以所附权利要求为准。

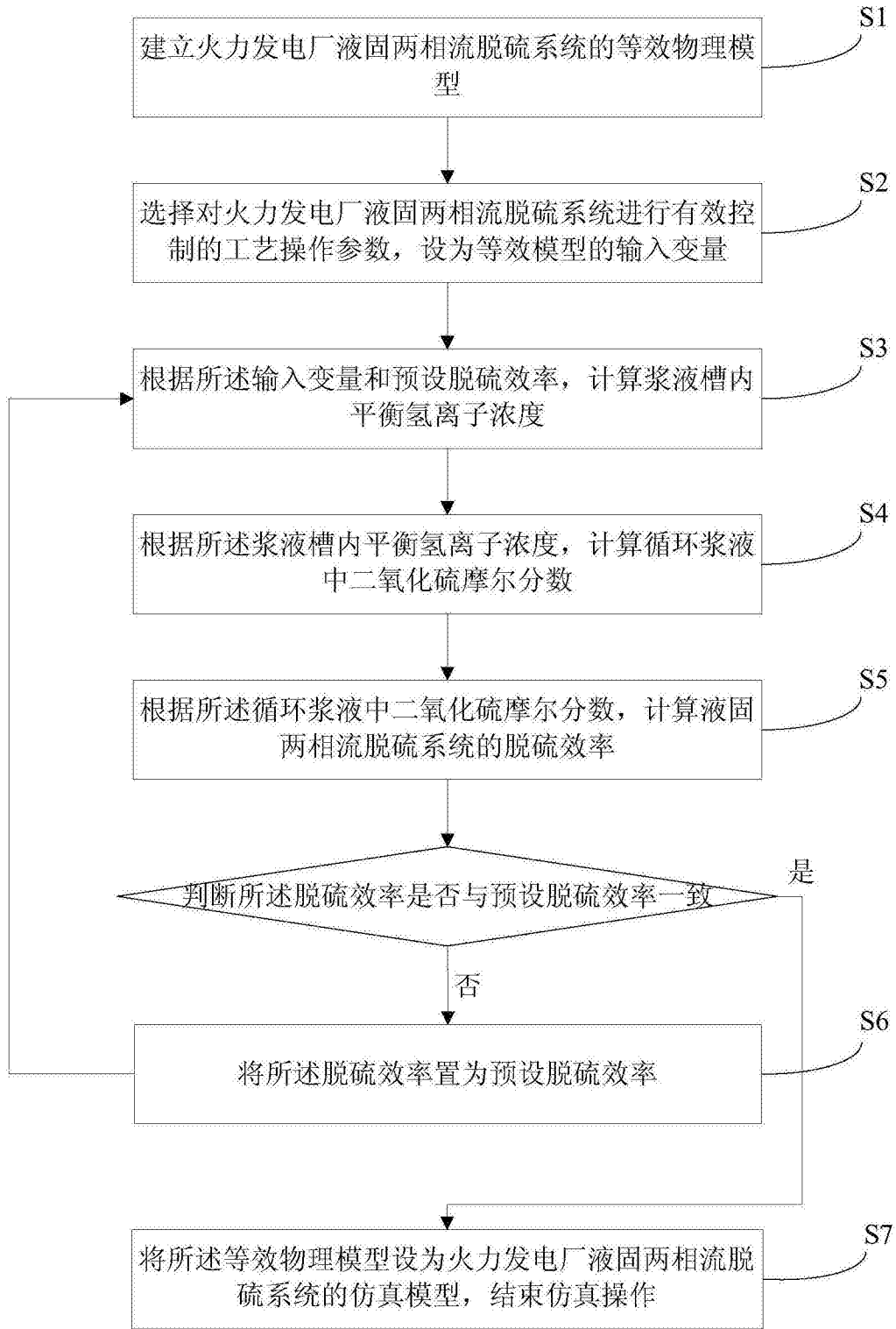


图1

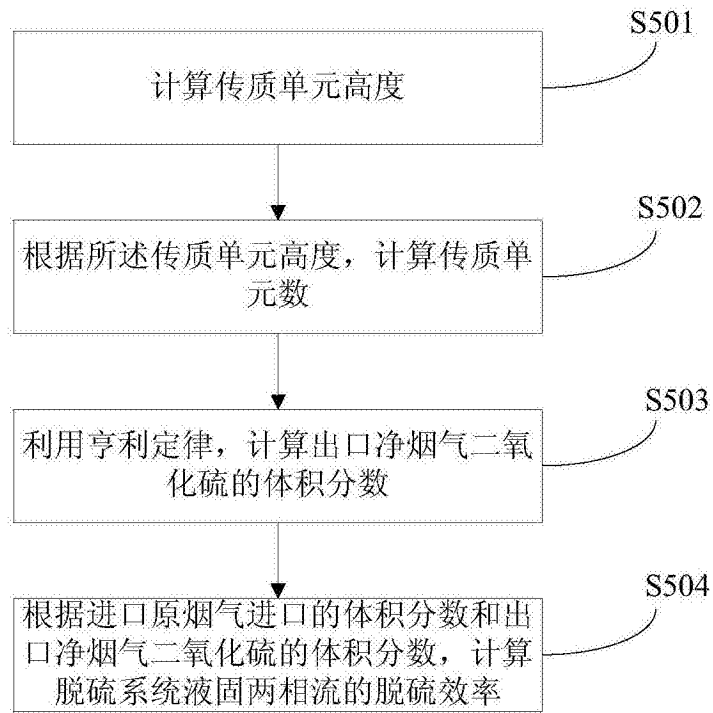


图2

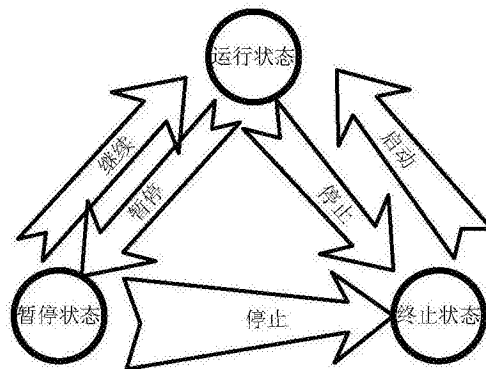


图3