



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117587187 B

(45) 授权公告日 2024. 10. 25

(21) 申请号 202311528023.5

(56) 对比文件

(22) 申请日 2023.11.16

CN 204897959 U, 2015.12.23

CN 206502833 U, 2017.09.19

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 117587187 A

审查员 连速

(43) 申请公布日 2024.02.23

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 李腾 魏小林 王超 王曜

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理

事务所(普通合伙) 11390

专利代理师 席卷

(51) Int. Cl.

G21C 5/46 (2006.01)

G21C 5/28 (2006.01)

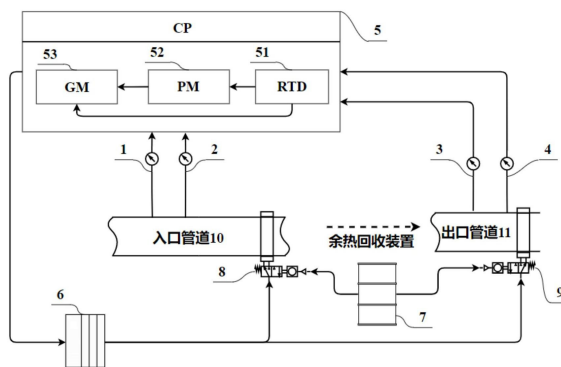
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于气体脉冲的转炉防爆方法

(57) 摘要

本发明实施例公开了一种基于气体脉冲的转炉防爆系统和转炉防爆方法,转炉煤气余热回收装置形成有入口管道和出口管道,转炉防爆系统包括:前置监测单元,与入口管道相连,用于对实时可燃气体参数进行监测;后置监测单元,与出口管道相连,用于对实时可燃气体参数进行监测;预测单元,用于获得预测可燃气体参数;稀释气体提供单元,用于提供稀释气体;控制单元,用于控制稀释气体提供单元提供稀释气体。本发明通过煤气中CO、O<sub>2</sub>浓度实时预测及脉冲喷吹高效混合的方式,实现了精准预测式防爆,采用前置和后置喷吹,提高防爆精度和有效性,且确保了系统压力稳定性,避免了传统喷气抑爆技术盲目、大量喷吹惰性气体造成的效率低、成本高等问题。



1. 一种基于气体脉冲的转炉防爆方法,转炉煤气余热回收装置形成有入口管道(10)和出口管道(11),其特征在于,采用的转炉防爆系统包括:

前置监测单元,与所述入口管道(10)相连,用于对靠近所述入口管道(10)一端的实时可燃气体参数进行监测;

后置监测单元,与所述出口管道(11)相连,用于对靠近所述出口管道(11)一端的实时可燃气体参数进行监测;

预测单元(52),用于根据监测的实时可燃气体参数获得预测可燃气体参数;

稀释气体提供单元,与所述入口管道(10)和/或所述出口管道(11)连通,并用于向所述入口管道(10)和/或所述出口管道(11)提供稀释气体;

控制单元(53),用于根据所述实时可燃气体参数和/或所述预测可燃气体参数,控制所述稀释气体提供单元提供稀释气体;

根据预测单元(52)的预测结果,判断CO和O<sub>2</sub>的浓度水平,并通过控制单元(53)给出喷吹策略并执行;持续监测和预测喷吹稀释气体后的出口管道(11)处的CO和O<sub>2</sub>浓度,控制单元(53)根据喷吹效果再次给出喷吹策略并执行,确保煤气中CO或O<sub>2</sub>始终低于爆炸极限;

所述转炉防爆方法包括:

S100、监测入口管道和出口管道的实时可燃气体参数;

S200、根据入口管道的实时可燃气体参数,对CO和O<sub>2</sub>浓度进行预测,获得预测可燃气体参数;

S300、根据获得的预测可燃气体参数,选择性地向所述入口管道中通入稀释气体;

S400、根据反馈的出口管道的实时可燃气体参数,选择性地向所述出口管道中通入稀释气体;

步骤S300中,根据预测可燃气体参数的数值范围的不同,向所述入口管道中通入的稀释气体的流量不同;

步骤S400中,根据出口管道的实时可燃气体参数的不同,向所述出口管道中通入的稀释气体的流量不同;

预测可燃气体参数的具体过程包括:

设置多个监测时刻 $t$ ,对应获得每个监测时刻的实时可燃气体浓度 $C$ ;

根据上述多组监测时刻与实时可燃气体浓度数据组,以监测时刻作为X轴,实时可燃气体浓度作为Y轴,获得目标直线方程 $\hat{C} = at + b$ ,其中, $b$ 是截距, $a$ 是斜率,拟合后获得:

$$a = \frac{\sum(C_i - \bar{C})(t_i - \bar{t})}{\sum(t - \bar{t})^2}, \quad b = \bar{C} - a\bar{t};$$

设置预测时刻,代入拟合方程,获得对应时刻下的实时预测值。

2. 根据权利要求1所述的一种转炉防爆方法,其特征在于,可燃气体包括氧气和一氧化碳。

3. 根据权利要求2所述的一种转炉防爆方法,其特征在于,所述前置监测单元包括用于监测靠近所述入口管道(10)一端的一氧化碳的前置CO浓度监测仪(1),以及用于监测靠近所述入口管道(10)一端的氧气的前置O<sub>2</sub>浓度监测仪(2);

所述后置监测单元包括用于监测靠近所述出口管道(11)一端的后置CO浓度监测仪

(3),以及用于监测靠近所述出口管道(11)一端的氧气的后置 $O_2$ 浓度监测仪(4)。

4.根据权利要求1-3中任意一项所述的一种转炉防爆方法,其特征在于,所述预测单元(52)采用最小二乘法对实时可燃气体参数进行线性拟合并估计回归系数,以使得观测值与拟合值之间的残差平方和最小化,从而获得预测方程,并根据获得的预测方程预测可燃气体参数。

5.根据权利要求1-3中任意一项所述的一种转炉防爆方法,其特征在于,所述稀释气体提供单元与所述入口管道(10)和所述出口管道(11)各自连通;且,

所述稀释气体提供单元至少包括稀释气体储存罐(7),连通于所述稀释气体储存罐(7)与所述入口管道(10)之间的前置管道,用于开放或闭合所述前置管道的前置脉冲阀组(8),连通于所述稀释气体储存罐(7)与所述出口管道(11)之间的后置管道,以及用于开放或闭合所述后置管道的后置脉冲阀组(9);

所述控制单元(53)控制所述前置脉冲阀组(8)和所述后置脉冲阀组(9)开放或闭合。

6.根据权利要求5所述的一种转炉防爆方法,其特征在于,所述前置脉冲阀组(8)和/或所述后置脉冲阀组(9)各自包括多个脉冲阀,且多个所述脉冲阀各自能够开放或闭合地设置。

7.根据权利要求6所述的一种转炉防爆方法,其特征在于,当所述入口管道(10)和/或所述出口管道(11)的管体沿竖直方向延伸,多个所述脉冲阀沿周向方向环绕排布;

当所述入口管道(10)和/或所述出口管道(11)的管体沿水平方向延伸,多个所述脉冲阀位于靠近管体上方的一侧。

8.根据权利要求7所述的一种转炉防爆方法,其特征在于,所述控制单元(53)根据预测可燃气体参数的变化,可调节地开放一个或多个所述脉冲阀。

9.根据权利要求1所述的一种转炉防爆方法,其特征在于,步骤S300中,当CO的预测浓度不低于10%时,若:

$O_2$ 的预测浓度小于3%时,则不通入稀释气体;

$O_2$ 的预测浓度不低于3%,且小于4%时,则以第一流量通入稀释气体;

$O_2$ 的预测浓度不低于4%,且小于5%时,则以第二流量通入稀释气体;

$O_2$ 的预测浓度不低于5%,且小于6%时,则以第三流量通入稀释气体;

$O_2$ 的预测浓度不低于6%时,则以第四流量通入稀释气体;且,

所述第一流量、所述第二流量、所述第三流量和所述第四流量顺次增加。

10.根据权利要求1所述的一种转炉防爆方法,其特征在于,步骤S300中,当 $O_2$ 的预测浓度不低于3%时,若:

CO的预测浓度小于10%,则不通入稀释气体;

CO的预测浓度不低于10%,且小于11%时,则以第五流量通入稀释气体;

CO的预测浓度不低于11%,且小于12%时,则以第六流量通入稀释气体;

CO的预测浓度不低于12%,且小于13%时,则以第七流量通入稀释气体;

CO的预测浓度不低于13%时,则以第八流量通入稀释气体;且,

所述第五流量、所述第六流量、所述第七流量和所述第八流量顺次增加。

11.根据权利要求1所述的一种转炉防爆方法,其特征在于,步骤S400中, $O_2$ 的实际浓度不低于3%或CO的实际浓度不低于10%,则通入稀释气体。

## 一种基于气体脉冲的转炉防爆方法

### 技术领域

[0001] 本发明实施例涉及转炉煤气余热安全回收技术领域,具体涉及一种基于气体脉冲的转炉防爆系统和转炉防爆方法。

### 背景技术

[0002] 转炉煤气全干法显热回收工艺是现有转炉OG法和LT法喷水/喷水雾的替代工艺,能够将经汽化冷却烟道后850°C左右的转炉煤气显热资源充分回收。然而,由于转炉煤气(CO质量分数为60%~80%)属于易燃易爆气体,一旦达到爆炸极限,遇到高温点火源即会发生爆燃,造成设备的损坏。静电除尘器是泄爆事故频发设备,因其内部存在电火花,较低浓度(CO浓度10%,O<sub>2</sub>浓度3%)就会引起泄爆,虽然设置了泄爆阀,但泄爆瞬间的高压力仍然有可能造成设备损坏,泄爆冲击对附近人员和物品形成威胁。同时,泄爆或者提前降低电压避免泄爆都会造成除尘效率下降,严重时影响正常生产。转炉煤气全干法显热回收节能系统的防爆解决方法,对确保系统长期安全稳定运行十分重要。

[0003] 现有公开号为CN108265154A的防止转炉煤气泄爆的自动控制系统,主要针对湿式静电除尘器,以CO或O<sub>2</sub>浓度上限20%为氮气喷吹条件,只要其中1项浓度超出≤20%的限制则喷吹氮气。如果两种气体浓度同时大于20%,则自动控制系统直接关闭湿电除尘器高压电场,避免泄爆。激光分析仪安装在OG湿式除尘设备出口煤气管道前段,氮气喷吹环安装在OG湿式除尘设备出口煤气管道后段。

[0004] 对于上述系统,任意一项或两项同时浓度超过20%的设定只能避免极少数高浓度、大规模的爆炸。而且,任意一项未达到爆炸极限就没有爆炸风险,任意一项超过20%的设定容易造成氮气浪费。喷氮装置的安装位置对于全干法显热回收工艺来说,也无法保护前置设备。同时,对于转炉煤气管道一般直径较大,较难保证喷吹的氮气与煤气的混合均匀性,上述装置对喷吹效果也并无监测。

### 发明内容

[0005] 为此,本发明实施例提供一种基于气体脉冲的转炉防爆系统和转炉防爆方法,通过对转炉入口管道和出口管道分别进行可燃气体监测,针对性地进行可燃气体参数的预测,并根据预测结果进行相应的可燃气体的稀释,从而解决和减少全干法转炉余热回收系统潜在的泄爆的可能性,降低惰性气源浪费,提高喷吹精度和有效性,保证转炉安全高效生产。

[0006] 为了实现上述目的,本发明的实施方式提供如下技术方案:

[0007] 在本发明实施例的一个方面,提供了一种基于气体脉冲的转炉防爆系统,转炉煤气余热回收装置形成有入口管道和出口管道,所述转炉防爆系统包括:

[0008] 前置监测单元,与所述入口管道相连,用于对靠近所述入口管道一端的实时可燃气体参数进行监测;

[0009] 后置监测单元,与所述出口管道相连,用于对靠近所述出口管道一端的实时可燃

气体参数进行监测；

[0010] 预测单元,用于根据监测的实时可燃气体参数获得预测可燃气体参数；

[0011] 稀释气体提供单元,与所述入口管道和/或所述出口管道连通,并用于向所述入口管道和/或所述出口管道提供稀释气体；

[0012] 控制单元,用于根据所述实时可燃气体参数和/或所述预测可燃气体参数,控制所述稀释气体提供单元提供稀释气体。

[0013] 作为本发明的一种优选方案,可燃气体包括氧气和一氧化碳。

[0014] 作为本发明的一种优选方案,所述前置检测单元包括用于监测靠近所述入口管道一端的一氧化碳的前置CO浓度监测仪,以及用于监测靠近所述入口管道一端的氧气的前置O<sub>2</sub>浓度监测仪；

[0015] 所述后置监测单元包括用于监测靠近所述出口管道一端的后置CO浓度监测仪,以及用于监测靠近所述出口管道一端的氧气的后置O<sub>2</sub>浓度监测仪。

[0016] 作为本发明的一种优选方案,所述预测单元采用最小二乘法对实时可燃气体参数进行线性拟合并估计回归系数,以使得观测值与拟合值之间的残差平方和最小化,从而获得预测方程,并根据获得的预测方程预测可燃气体参数。

[0017] 作为本发明的一种优选方案,所述稀释气体提供单元与所述入口管道和所述出口管道各自连通；且,

[0018] 所述稀释气体提供单元至少包括稀释气体储存罐,连通于所述稀释气体储存罐与所述入口管道之间的前置管道,用于开放或闭合所述前置管道的前置脉冲阀组,连通于所述稀释气体储存罐与所述出口管道之间的后置管道,以及用于开放或闭合所述后置管道的后置脉冲阀组；

[0019] 所述控制单元控制所述前置脉冲阀组和所述后置脉冲阀组开放或闭合。

[0020] 作为本发明的一种优选方案,所述前置脉冲阀组和/或所述后置脉冲阀组各自包括多个脉冲阀,且多个所述脉冲阀各自能够开放或闭合地设置。

[0021] 作为本发明的一种优选方案,当所述入口管道和/或所述出口管道的管体沿竖直方向延伸,多个所述脉冲阀沿周向方向环绕排布；

[0022] 当所述入口管道和/或所述出口管道的管体沿水平方向延伸,多个所述脉冲阀位于靠近管体上方的一侧。

[0023] 作为本发明的一种优选方案,所述控制单元根据预测可燃气体参数的变化,可调节地开放一个或多个所述脉冲阀。

[0024] 在本发明实施例的另一个方面,还提供了一种基于气体脉冲的转炉防爆方法,采用根据上述所述的转炉防爆系统,所述转炉防爆方法包括：

[0025] S100、监测入口管道和出口管道的实时可燃气体参数；

[0026] S200、根据入口管道的实时可燃气体参数,对CO和O<sub>2</sub>浓度进行预测,获得预测可燃气体参数；

[0027] S300、根据获得的预测可燃气体参数,选择性地向所述入口管道中通入稀释气体；

[0028] S400、根据反馈的出口管道的实时可燃气体参数,选择性地向所述出口管道中通入稀释气体。

[0029] 作为本发明的一种优选方案,步骤S300中,根据预测可燃气体参数的数值范围的

不同,向所述入口管道中通入的稀释气体的流量不同。

[0030] 作为本发明的一种优选方案,步骤S400中,根据出口管道的实时可燃气体参数的不同,向所述出口管道中通入的稀释气体的流量不同。

[0031] 作为本发明的一种优选方案,步骤S300中,当CO的预测浓度不低于10%时,若:

[0032] O<sub>2</sub>的预测浓度小于3%时,则不通入稀释气体;

[0033] O<sub>2</sub>的预测浓度不低于3%,且小于4%时,则以第一流量通入稀释气体;

[0034] O<sub>2</sub>的预测浓度不低于4%,且小于5%时,则以第二流量通入稀释气体;

[0035] O<sub>2</sub>的预测浓度不低于5%,且小于6%时,则以第三流量通入稀释气体;

[0036] O<sub>2</sub>的预测浓度不低于6%时,则以第四流量通入稀释气体;且,

[0037] 所述第一流量、所述第二流量、所述第三流量和所述第四流量顺次增加。

[0038] 作为本发明的一种优选方案,步骤S300中,当O<sub>2</sub>的预测浓度不低于3%时,若:

[0039] CO的预测浓度小于10%,则不通入稀释气体;

[0040] CO的预测浓度不低于10%,且小于11%时,则以第五流量通入稀释气体;

[0041] CO的预测浓度不低于11%,且小于12%时,则以第六流量通入稀释气体;

[0042] CO的预测浓度不低于12%,且小于13%时,则以第七流量通入稀释气体;

[0043] CO的预测浓度不低于13%时,则以第八流量通入稀释气体;且,所述第五流量、所述第六流量、所述第七流量和所述第八流量顺次增加。

[0044] 作为本发明的一种优选方案,步骤S400中,O<sub>2</sub>的实际浓度不低于3%或CO的实际浓度不低于10%,则通入稀释气体。

[0045] 本发明的实施方式具有如下优点:

[0046] 1、采用前置监测单元配合预测单元对可燃气体参数进行提前预测,进而通过控制单元控制完成可燃气体的针对性稀释,实现对转炉的防爆;在此基础上,进一步结合后置监测单元监督前一步骤中的稀释气体喷吹效果,并防止转炉中的余热回收装置漏风对下游管道及设备形成威胁,具有全面防爆的优点。

[0047] 2、利用实时监控、实时预测、实时控制相结合,精准控制至少一种可燃气体(包括但不限于CO和O<sub>2</sub>)的浓度低于爆炸极限,使得整体具备实际意义上的提前预测和精准防爆特点。

## 附图说明

[0048] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是示例性的,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0049] 本说明书所绘示的结构、比例、大小等,均仅用以配合说明书所揭示的内容,以供熟悉此技术的人士了解与阅读,并非用以限定本发明可实施的限定条件,故不具技术上的实质意义,任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整,在不影响本发明所能产生的功效及所能达成的目的下,均应仍落在本发明所揭示的技术内容得能涵盖的范围内。

[0050] 图1为本发明实施例提供的转炉防爆系统的结构示意图;

[0051] 图2为本发明实施例提供的其中一种前置脉冲阀组或后置脉冲阀组的布置图;

[0052] 图3为本发明实施例提供的另一种前置脉冲阀组或后置脉冲阀组的布置图。

[0053] 图中：

[0054] 1-前置CO浓度监测仪；2-前置O<sub>2</sub>浓度监测仪；3-后置CO浓度监测仪；4-后置O<sub>2</sub>浓度监测仪；5-计算机模块；6-控制柜；7-稀释气体储存罐；8-前置脉冲阀组；9-后置脉冲阀组；10-入口管道；11-出口管道；

[0055] 51-数据存储单元；52-预测单元；53-控制单元；

[0056] 81-第一脉冲阀；82-第二脉冲阀；83-第三脉冲阀；84-第四脉冲阀。

### 具体实施方式

[0057] 以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式，熟悉此技术的人士可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0058] 如图1所示，本发明提供了一种基于气体脉冲的转炉防爆系统，具体地，包括：前置CO浓度监测仪1，前置O<sub>2</sub>浓度监测仪2，后置CO浓度监测仪3，后置O<sub>2</sub>浓度监测仪4，数据处理控制模块（用于对数据进行收集，并根据收集的相关数据针对性进行处理，进一步根据处理后的结果发出控制指令，其可以具体包括计算机模块5和控制柜6，其中，计算机模块5中进一步包括数据存储单元51、预测单元52和控制单元53，其中，控制单元53通过控制柜6具体实现对稀释气体提供单元的控制），稀释气体提供单元（包括稀释气体储存罐7、前置脉冲阀组8和后置脉冲阀组9），以及转炉上的入口管道10和出口管道11。

[0059] 前置CO浓度监测仪1和前置O<sub>2</sub>浓度监测仪2安装在余热回收装置的入口管道10，前置脉冲阀组8也安装在余热回收装置的入口管道10。后置CO浓度监测仪3和后置O<sub>2</sub>浓度监测仪4安装在余热回收装置的出口管道11，后置脉冲阀组9同样安装在余热回收装置的出口管道11。具体地，前置脉冲阀组8和后置脉冲阀组9安装在余热回收装置的烟气入口处，即前置脉冲阀组8位于稀释气体储存罐7和入口管道10之间，后置脉冲阀组9位于稀释气体储存罐7和出口管道11之间。

[0060] 计算机模块5利用数据存储单元51保存监测数据，利用预测单元52调用分析监测数据，利用控制单元53给出前置脉冲阀组8的控制策略指令，控制柜6对前置脉冲阀组8进行电气控制，前置脉冲阀组8执行策略性喷气动作。同时，控制单元53调用数据存储单元51数据，实时监测经过余热回收装置后的煤气成分浓度，控制单元53根据后置CO浓度监测仪3和后置O<sub>2</sub>浓度监测仪4的数据判断是否进行第二次喷吹。

[0061] 稀释气体储存罐7中采用不参与燃烧反应的气体作为稀释气体进行供应，例如，可以为惰性气体，也可以为不参与燃烧反应的氮气、CO<sub>2</sub>等。

[0062] 进一步地，前置脉冲阀组8、后置脉冲阀组9中的多个脉冲阀各自根据前置管道和后置管道的设置方位针对性进行布置。需要说明的是，前置脉冲阀组8对应前置管道，后置脉冲阀组9对应后置管道，即，前置脉冲阀组8根据前置管道的设置方位进行布置，后置脉冲阀组9则只根据后置管道的设置方位进行布置。同时，采用脉冲阀，能够有利于提高高速流动的煤气与稀释气体的混合均匀性，尤其对具有较大直径的转炉管道，具有高效防爆的优点。

[0063] 为了便于阐述,这里将前置管道和后置管道统称为烟道,前置脉冲阀组8和后置脉冲阀组9则统称为阀组。基于此,当烟道为水平管道时,阀组中的多个脉冲阀仅布置在该管道上侧;当烟道为垂直管道时,阀组中的多个脉冲阀在管道上沿环向方向均匀布置。通过这样的布置,避免当烟道为水平方向布置时,脉冲阀被积灰堵塞(主要是布置在下侧的脉冲阀容易出现堵塞问题)。如图2和图3所示,为本发明的两种阀组的具体布置方式,此处每个阀组上的脉冲阀数量为四个(当然,这里是一种具体的实施例,本发明并不局限于四个这一具体的设置数值),图2为垂直布置的烟道上的阀组的布置图;图3为水平布置的烟道上的阀组的布置图。同时,需要进一步说明的是,前置管道和后置管道的布置方位不必须相同,即,前置管道和后置管道可以同时为水平布置,可以同时为垂直布置,也可以其中一个为水平布置,另一个为垂直布置,二者各自独立,互不影响,在此不多作赘述。

[0064] 预测单元52通过对数据存储单元51中的数据进行实时拟合,通过拟合得到的预测模型,对未来的CO、O<sub>2</sub>的浓度进行实时预测,并将预测数据传递给控制单元53。控制单元53根据预测得到的浓度水平,决定前置脉冲阀组8的开启数量;同时,控制单元53获取数据存储单元51中的数据以监测出口管道11中煤气成分浓度变化,从容决定后置脉冲阀组9的开启数量。

[0065] 进一步地,这里的预测单元52的实现方式为:采用一次多项式算法和最小二乘算法拟合预测方程,实时取方差最小的方程进行预测。

[0066] 基于此,本发明的转炉防爆方法具体如下:

[0067] 通过入口管道10处的前置CO浓度监测仪1和前置O<sub>2</sub>浓度监测仪监测获得煤气中的CO和O<sub>2</sub>历史和实时数据,储存在数据存储单元51;预测单元52通过调用数据存储单元51中实时获取的最新(至少为5s内)的不低于5组数据,实时拟合预测方程,对CO和O<sub>2</sub>浓度进行预测;根据预测结果判断CO和O<sub>2</sub>的浓度水平,并通过控制单元53实时给出喷吹策略,通过控制柜6执行喷吹策略,决定前置脉冲阀组8中脉冲阀的数量和顺序;同时,持续监测和预测喷吹惰性气(即稀释气体,如前所述,包括但不限于惰性气体)后的出口管道11处的CO和O<sub>2</sub>浓度,根据喷吹效果决策是否开启后置脉冲阀组9,确保煤气中CO或O<sub>2</sub>始终低于爆炸极限。

[0068] 进一步地,预测单元52调用数据存储单元51中的数据时,总是添加最新的1个数据,去掉最老的1个数据。预测单元52每次至少采用2个算法进行拟合,比较并使用方差最小的拟合方程进行预测。每次数据更新都给出最新的拟合预测结果,并将结果传递给控制单元53。预测单元52一次预测间隔低于1s。

[0069] 一种更为具体的实施例中,以前置脉冲阀组8和后置脉冲阀组9各自由四个脉冲阀组成为例,控制单元53根据预测的CO和O<sub>2</sub>的浓度分级水平执行,预测浓度较低时开启1个脉冲阀,预测浓度中等时开启任意相对的2个脉冲阀,预测浓度稍高时开启随机3个脉冲阀,预测浓度较高时开启4个脉冲阀。

[0070] 以下结合气体浓度进行进一步的阐述:

[0071] 步骤一、在转炉炼钢前烧期,预测单元52实时预测1-5s后的CO和O<sub>2</sub>的浓度。当CO预测浓度上升至10%时,如果O<sub>2</sub>预测浓度低于3%,控制单元53不做喷吹指令,如果O<sub>2</sub>预测浓度>3%,开启前置脉冲阀组8,直到O<sub>2</sub>实际浓度低于3%或CO实际浓度低于10%。

[0072] 步骤二、后烧期停止吹氧时,预测单元52根据入口管道10的数据实时预测1-5s后的CO和O<sub>2</sub>的浓度。当O<sub>2</sub>浓度水平低于2%,O<sub>2</sub>预测浓度上升至3%时,如果CO预测浓度低于



10%，则控制单元53不做喷吹指令，如果CO预测浓度高于10%，则由控制单元53决定开启前置脉冲阀组，直到O<sub>2</sub>实际浓度低于2%或CO实际浓度低于10%。

[0073] 进一步地，前置脉冲阀组8的开启顺序和数量根据O<sub>2</sub>预测浓度水平，由控制单元53计算决定，喷吹目标是O<sub>2</sub>实际浓度低于2%或CO实际浓度低于10%。

[0074] 进一步地，后置CO浓度监测仪3及后置O<sub>2</sub>浓度监测仪4对前置脉冲阀组8的喷吹目标结果进行监测，当出现未满足目标要求情况出现时，例如余热回收装置漏风等，由控制单元53决定开启后置脉冲阀组9。

[0075] 以下通过具体的实施例对本发明的转炉防爆方法进行详细的阐述。其中，这里的稀释气体选用氮气。

[0076] 稀释气体储存罐7中的氮气压力为0.3MPa，在转炉炼钢前烧期，前置CO浓度监测仪1（可以具体为激光监测仪，以下所有的气体浓度监测仪均可以具体采用激光监测仪）和前置O<sub>2</sub>浓度监测仪2实时监测煤气中CO浓度和O<sub>2</sub>浓度。前烧期CO浓度从0%开始增长，O<sub>2</sub>浓度从约20%开始下降，计算机模块5利用数据存储单元51保存监测数据，利用预测单元52调用分析监测数据，当监测到CO浓度开始增长时，实时预测未来1-5s的CO浓度和O<sub>2</sub>浓度。

[0077] 以下通过具体的预测公式的获得和应用进行进一步的说明。

[0078] 第一步：获取原始数据

[0079] 假设实时监测至t时刻。以获得至少5组数据为例，分别为： $(t-4, C_{t-4})$ 、 $(t-3, C_{t-3})$ 、 $(t-2, C_{t-2})$ 、 $(t-1, C_{t-1})$ 、 $(t, C_t)$ ，其中，t-4、t-3、t-2、t-1和t分别为对应的时刻，而 $C_{t-4}$ 、 $C_{t-3}$ 、 $C_{t-2}$ 、 $C_{t-1}$ 和 $C_t$ 分别为与前述时刻一一对应下的监测的实时可燃气体（即CO或O<sub>2</sub>）浓度。

[0080] 第二步：使用普通最小二乘方法求解最优直线

[0081] 根据上述多组时刻与实时可燃气体浓度数据组，以时刻作为X轴，实时可燃气体浓度作为Y轴，获得目标直线方程。需要说明的是，这里的目标直线方程需要满足所有点（即所有的时刻与实时可燃气体浓度数据组所对应在该平面坐标图上的点）到该目标直线的垂直距离最小，即误差最小。得到的目标直线方程如下所示：

[0082]  $\hat{C} = at + b$ ；其中：b是截距，a是斜率。

[0083] 上述步骤中的每组数据组在平面坐标图上对应的点到该目标直线的误差记为：

$$e_i = \hat{C} - C_i。$$

[0084] 多组数据组的方差之和为： $E = \sum e_i^2 = \sum (at_i + b - C_i)^2$

[0085] 求E的最小值，获得对应的a和b的值，从而确定最优直线方程，令： $\begin{cases} \frac{\partial E}{\partial a} = 0 \\ \frac{\partial E}{\partial b} = 0 \end{cases}$ ，即：

$$\begin{cases} \sum at_i + b - C_i = 0 \\ \sum t_i(at_i + b - C_i) = 0 \end{cases}， \text{求解方程组得：} a = \frac{\sum(C_i - \bar{C})(t_i - \bar{t})}{\sum(t - \bar{t})^2}， b = \bar{C} - a\bar{t}。$$

[0086] 第三步：预测

[0087] 由于预测运算时间远低于1s，可以向后预测至少3s，即t+3，代入拟合方程，得到：

$$C_{t+3} = \frac{\sum(C_i - \bar{C})(t_i - \bar{t})}{\sum(t - \bar{t})^2} (t+3) + \bar{C} - a\bar{t}$$

求得 $C_{t+3}$ ,即为CO或O<sub>2</sub>在t+3时刻的实时预测值。同

样地,只要将需要预测的具体时刻代入上述拟合方程,即可获得对应时刻下的实时预测值。

[0088] 当CO预测浓度上升至10%时,如果O<sub>2</sub>预测浓度低于3%,控制单元53不做喷吹指令,如果O<sub>2</sub>预测浓度大于3%,开启前置脉冲阀组8,具体策略为:如果O<sub>2</sub>预测浓度在3%到4%之间,则仅开启第一脉冲阀81;如果O<sub>2</sub>预测浓度在4%到5%之间,则开启第一脉冲阀81、第二脉冲阀82;如果O<sub>2</sub>预测浓度在5%到6%之间,则开启第一脉冲阀81、第二脉冲阀82、第三脉冲阀83;如果O<sub>2</sub>预测浓度大于6%,则开启第一脉冲阀81、第二脉冲阀82、第三脉冲阀83、第四脉冲阀84;

[0089] 后置CO浓度监测仪3和后置O<sub>2</sub>浓度监测仪4对喷吹结果进行监督反馈,判断O<sub>2</sub>实际浓度低于3%或CO实际浓度低于10%,只要其中任意一项不满足,则根据前置脉冲阀组8的开启策略开启后置脉冲阀组9,进行补吹。这里所说的根据前置脉冲阀组8的开启策略,指的是参照前述前置脉冲阀组8开启时气体浓度与开启的脉冲阀数量的对应关系,本领域技术人员能够根据实际情况进行相应的采用和调整,在此不多作赘述。

[0090] 即,在转炉炼钢前烧期,前置脉冲阀组8的开启是基于采集的入口管道10处的煤气参数,根据预测浓度进行开启;而后置脉冲阀组9是根据出口管道11处采集的煤气参数进行针对性的开启。

[0091] 在转炉炼钢后烧期停止吹氧时,CO浓度大约从50%开始下降,O<sub>2</sub>浓度从低于2%的水平开始上升。当监测到O<sub>2</sub>浓度开始上升时,取实时3组数据开始预测3s后CO浓度是否低于10%,O<sub>2</sub>浓度是否低于3%。O<sub>2</sub>预测浓度大于3%时,如果CO预测浓度低于10%,则控制单元53不做喷吹指令;如果CO预测浓度高于10%,则由控制单元53决定开启前置脉冲阀组8,直到O<sub>2</sub>实际浓度低于2%或CO实际浓度低于10%。具体策略为:如果CO预测浓度在10%到11%之间,则开启第一脉冲阀81;如果CO预测浓度在11%到12%之间,则开启第一脉冲阀81、第二脉冲阀82;如果CO预测浓度在12%到13%之间,则开启第一脉冲阀81、第二脉冲阀82、第三脉冲阀83;如果CO预测浓度大于13%,则开启第一脉冲阀81、第二脉冲阀82、第三脉冲阀83、第四脉冲阀84;

[0092] 进一步地,前置脉冲阀组8的开启顺序和数量根据O<sub>2</sub>预测浓度水平,由控制单元53计算决定,喷吹目标是O<sub>2</sub>实际浓度低于2%或CO实际浓度低于10%。

[0093] 与前烧期相似,后置CO浓度监测仪3和后置O<sub>2</sub>浓度监测仪4对喷吹结果进行监督反馈,判断O<sub>2</sub>实际浓度低于3%或CO实际浓度低于10%,只要其中1项不满足,则根据前置脉冲阀组8的开启策略开启后置脉冲阀组9,进行补吹。

[0094] 同样地,在转炉炼钢后烧期,前置脉冲阀组8的开启是基于采集的入口管道10处的煤气参数,根据预测浓度进行开启;而后置脉冲阀组9是根据出口管道11处采集的煤气参数进行针对性的开启。

[0095] 虽然,上文中已经用一般性说明及具体实施例对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的范畴。

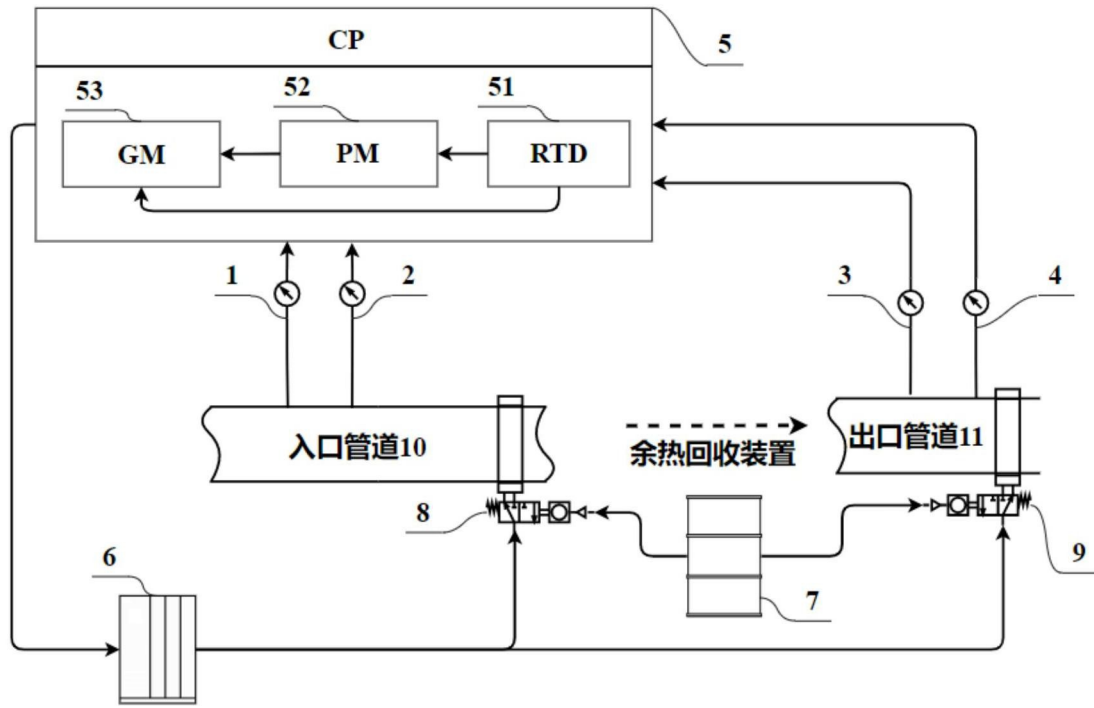


图1

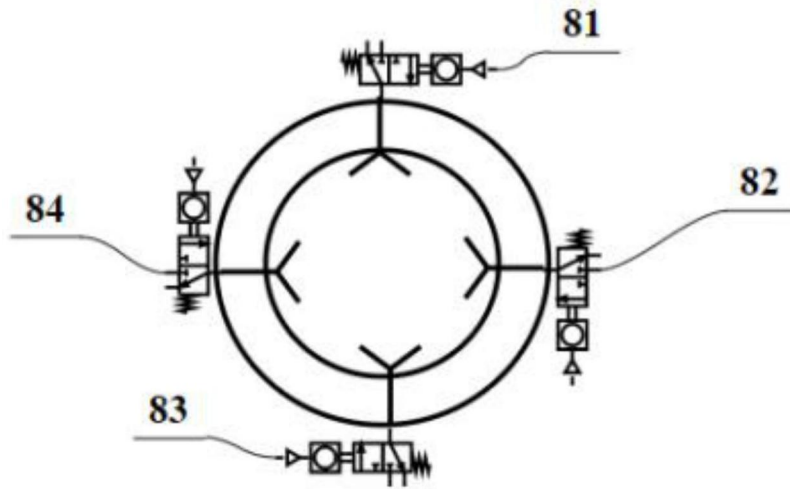


图2

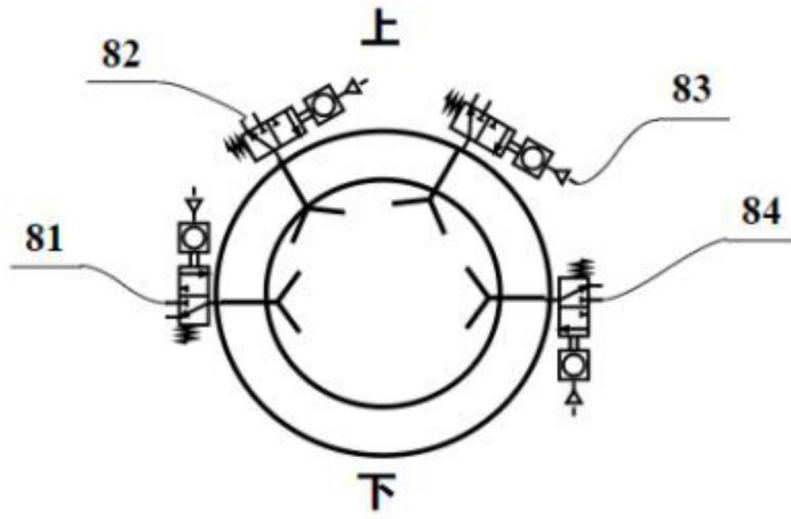


图3