



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103439889 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201310381670. 8

(22) 申请日 2013. 08. 28

(73) 专利权人 山西太钢不锈钢股份有限公司

地址 030003 山西省太原市尖草坪 2 号

(72) 发明人 郝惠敏 李强 郝俊宇 郝永寿

(74) 专利代理机构 北京市浩天知识产权代理事

务所 (普通合伙) 11276

代理人 刘云贵 李郁

(51) Int. Cl.

G05B 13/04(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102540889 A, 2012. 07. 04,

CN 103017530 A, 2013. 04. 03,

JP 特开 2004-86911 A, 2004. 03. 18,

US 6445963 B1, 2002. 09. 03,

审查员 李庆萍

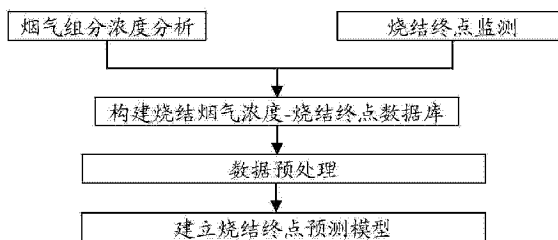
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

基于排放烟气分析的烧结终点预测方法

(57) 摘要

本发明提供了基于排放烟气分析的烧结终点预测方法。该方法采用在线烟气分析仪实时分析烧结过程中 CO 和 CO₂ 的浓度, 根据在线烟气分析仪监测获得的 CO 和 CO₂ 的浓度, 同时监测烧结终点的位置数据, 经过构建数据库、数据预处理及建立烧结终点预测模型最终实现烧结终点的预测。本发明可以准确预测烧结终点, 提高烧结生产过程的控制精度, 极大地减弱烧结生产过程控制的“大滞后性”, 从而实现生产过程的及时、准确调整, 进而达到提高系统效率和过程质量的作用。



1. 基于排放烟气分析的烧结终点预测方法,该方法采用在线烟气分析仪实时分析烧结过程中 CO 和 CO₂的浓度,同时监测烧结终点的位置数据,并将上述监测值传送给计算机,烧结终点预测模型安装在计算机中,根据在线烟气分析仪发送的 CO 和 CO₂的浓度实现烧结终点的预测,其特征在于:基于排放烟气分析的烧结终点预测方法包括如下步骤:

(1) 构建烧结烟气浓度 - 烧结终点数据库

实时监测、采集烧结烟气 CO 和 CO₂的浓度和烧结终点位置,构建烧结烟气 CO 和 CO₂浓度 - 烧结终点数据库;

(2) 数据预处理

对数据库中的数据进行异常数据的剔除;

(3) 建立烧结终点预测模型

根据烧结烟气中 CO 与 CO₂浓度值,采用核偏最小二乘法建立烧结终点预测模型。

2. 根据权利要求 1 所述的基于排放烟气分析的烧结终点预测方法,其特征在于:当烧结过程完成后,将监测、采集的排放烟气 CO 和 CO₂的浓度和烧结终点位置纳入数据库中。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的基于排放烟气分析的烧结终点预测方法,其特征在于:剔除异常数据采用两种方法:1) 对数据库中机速为 <0.9m/min 的数据直接剔除;和 2) 将数据不完整、缺失的数据进行直接剔除。

4. 根据权利要求 1 所述的基于排放烟气分析的烧结终点预测方法,其特征在于:所述核偏最小二乘法建立烧结终点预测模型是将数据库中数据映射到高维特征空间,然后在该高维特征空间中执行偏最小二乘。

基于排放烟气分析的烧结终点预测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种烧结终点预测方法,尤其是一种分析排放烟气成分实现的烧结终点方法。

背景技术

[0002] 烧结是将各种粉状含铁原料,配入适量的燃料和熔剂,加入适量的水,经混合和造球后在烧结设备上使物料发生一系列物理化学变化,将矿粉颗粒黏结成块的过程。在烧结过程中,烧结终点是烧结结束时的位置,是判断烧结过程的重要参数之一。烧结终点预测是一个多变量、非线性、大时滞问题,传统的判断方法为风箱烟气温度判断法、负压法及理论计算法,但都存在不同程度的偏差和不足。

[0003] 烧结排放烟气是烧结过程中产生的气体和烧结烟气的残留,主要成分为 O_2 、氮氧化物(NO_x)、CO、 CO_2 、硫氧化物(SO_x)以及水汽等。排放烟气的组分浓度可以反映烧结过程情况,根据烧结烟气的浓度变化情况来与烧结终点关联,则有望基于烧结烟气的监测实现烧结终点的预测。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是:提供一种基于排放烟气分析的烧结终点预测方法,对烧结排放烟气进行实时检测,实现烧结终点的准确预测。

[0005] 本发明通过实时检测排放烟气中 CO_x 的浓度,建立烧结过程中烧结终点的预测模型,根据预测结果优化烧结工艺,提高烧结产品质量,降低烧结能耗,控制烟气排放。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明提供的技术方案是,基于排放烟气分析的烧结终点预测方法,该方法采用在线烟气分析仪实时分析烧结过程中 CO 和 CO_2 的浓度,同时监测烧结终点的位置数据,并将上述监测值传送给计算机,烧结终点预测模型安装在计算机中,根据在线烟气分析仪发送的 CO 和 CO_2 的浓度实现烧结终点的预测,基于排放烟气分析的烧结终点预测方法包括如下步骤:

[0007] (1) 构建烧结烟气浓度-烧结终点数据库

[0008] 实时监测、采集烧结烟气 CO 和 CO_2 的浓度和烧结终点位置,构建烧结烟气 CO 和 CO_2 浓度-烧结终点数据库;

[0009] (2) 数据预处理

[0010] 对数据库中的数据进行异常数据的剔除;

[0011] (3) 建立烧结终点预测模型

[0012] 根据烧结烟气中 CO 与 CO_2 浓度值,采用核偏最小二乘法建立烧结终点预测模型。

[0013] 前述的基于排放烟气分析的烧结终点预测方法,当烧结过程完成后,将监测、采集的排放烟气 CO 和 CO_2 的浓度和烧结终点位置纳入数据库中。

[0014] 前述的基于排放烟气分析的烧结终点预测方法,剔除异常数据采用两种方法:1) 对数据库中机速为 $<0.9m/min$ 的数据直接剔除;和 2) 将数据不完整、缺失的数据进行直接

剔除。

[0015] 前述的基于排放烟气分析的烧结终点预测方法,所述核偏最小二乘法建立烧结终点预测模型是将数据库中数据映射到高维特征空间,然后在该高维特征空间中执行偏最小二乘。

[0016] 前述的基于排放烟气分析的烧结终点预测方法,所述核偏最小二乘法建立烧结终点预测模型的步骤包括:

[0017] 步骤 1 求取 X 的潜变量,其中 X 为 CO+CO₂ 的浓度值

$$[0018] \quad KY Y^T t = \lambda t \quad (1)$$

[0019] 其中, K 表示由所有输入数据 $\{\Phi(\mathbf{x}_i)\}_{i=1}^n$ 内积构成的 $n \times n$ 的核矩阵, $K_{ij} = K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j)$, 其中 K 为核函数; Y 为烧结终点, Y^T 为 Y 的转置, t 为 X 的潜变量, λ 为单位矩阵。

[0020] 步骤 2 估计 Y 的潜变量

$$[0021] \quad u = Y Y^T t \quad (2)$$

[0022] 其中, u 为 Y 的潜变量, Y 为烧结终点, Y^T 为 Y 的转置, t 为 X 的潜变量;

[0023] 步骤 3 分解核矩阵 K 和输出矩阵 Y

$$[0024] \quad K = (I_n - t t^T) K (I_n - t t^T) \quad (3)$$

$$[0025] \quad Y = (I_n - t t^T) Y \quad (4)$$

[0026] 其中 I_n 为 n 维的单位矩阵;

[0027] 步骤 4 在特征空间中对核变换数据进行中心化处理

$$[0028] \quad \mathbf{K} = \left(\mathbf{I}_n - \frac{1}{n} \mathbf{1}_n \mathbf{1}_n^T \right) \mathbf{K} \left(\mathbf{I}_n - \frac{1}{n} \mathbf{1}_n \mathbf{1}_n^T \right) \quad (5)$$

[0029] 其中 $\mathbf{1}_n$ 代表各元素为 1 的 n 维向量;

[0030] 步骤 5 循环执行式(1)到式(5)各步,直到最佳数量的潜变量 t 被完全提取;由最佳数量潜变量构成的潜变量矩阵为 T,核偏最小二乘法的回归系数矩阵 B 为

$$[0031] \quad B = \Phi^T U (T^T K U)^{-1} T^T Y \quad (6)$$

[0032] 其中, Φ^T 为高维特征空间中的输入矩阵, T 和 U 分别为从输入气体浓度矩阵 X 和输出烧结终点矩阵 Y 中提取得到的潜变量矩阵, K 为核矩阵;

[0033] 步骤 6 对检验集样本数据回归

$$[0034] \quad \hat{\mathbf{Y}}_t = \Phi_t \mathbf{B} = \mathbf{K}_t \mathbf{U} (\mathbf{T}^T \mathbf{K} \mathbf{U})^{-1} \mathbf{T}^T \mathbf{Y} = \mathbf{T}_t \mathbf{T}^T \mathbf{Y} \quad (7)$$

[0035] 其中, Φ_t 为高维空间中的检验集样本数据矩阵, \mathbf{K}_t 为检验集样本数据构造的核矩阵, \mathbf{T}_t 为从检验集样本数据中提取出的潜变量;

[0036] 其中,高斯核函数的宽度 L 和核偏最小二乘法提取的最佳潜变量个数 t 采用交叉证实法确定。该交叉证实法为现有常规方法。

[0037] 采用本发明的技术方案,可以准确预测烧结终点,提高烧结生产过程的控制精度,极大地减弱烧结生产过程控制的“大滞后性”,从而实现生产过程的及时、准确调整,进而达到提高系统效率和过程质量的作用。

附图说明

[0038] 图 1 为本发明基于排放烟气分析的烧结终点预测方法流程图;

[0039] 图 2 为本发明烧结终点预测值与实际值对比；

[0040] 图 3 为本发明烧结终点预测的绝对误差。

具体实施方式

[0041] 为充分了解本发明之目的、特征及功效，借由下述具体的实施方式，对本发明做详细说明。

[0042] 烧结矿在烧结机上进心烧结的过程中排放烟气的主要成分是 O_2 、氮氧化物 (NO_x)、 CO 、 CO_2 、硫氧化物 (SO_x) 以及水汽等。这些成分的变化能够反映烧结过程的变化情况及其变化特点。本发明通过实时检测烧结过程排放烟气中 CO_x 的浓度，建立烧结过程中烧结终点的预测模型，根据预测结果优化烧结工艺，提高烧结产品质量，降低烧结能耗，控制烟气排放。

[0043] 如图 1 所示的流程图，一种基于排放烟气分析的烧结终点预测方法，该方法包括如下步骤：

[0044] (1) 构建烧结烟气浓度 - 烧结终点数据库

[0045] 实时监测、采集烧结烟气组分 CO 、 CO_2 浓度和烧结终点位置，构建烧结烟气 CO 和 CO_2 浓度 - 烧结终点数据库。

[0046] 烧结烟气 CO 和 CO_2 浓度的监测和采集可以采用现有常规技术完成，例如由烟气分析仪完成实时监测，由网络通讯方式实现采用光纤进行数据传输。

[0047] 在获得烧结烟气 CO 和 CO_2 浓度后，基于各组分浓度和与其对应的各烧结终点位置构建实时数据库，该数据库的构建可以采用 Oracle10g (企业版) 进行。

[0048] (2) 数据预处理

[0049] 在参数采集过程中，将异常数据剔除。剔除异常数据采用两种方法：1) 对数据库中机速为 $<0.9m/min$ 的数据直接剔除；和 2) 将数据不完整、缺失的数据进行直接剔除。

[0050] (3) 建立烧结终点预测模型

[0051] 根据烧结烟气中 CO 与 CO_2 浓度值，采用核偏最小二乘法建立烧结终点预测模型，当核偏最小二乘法模型出现最小值时，对应的最佳数量的潜变量 t 和高斯核函数的宽度 L 为最终优化结果。

[0052] 具体的，所述核偏最小二乘法建立烧结终点预测模型是将数据库中数据映射到高维特征空间，然后在该高维特征空间中执行偏最小二乘。

[0053] 所述核偏最小二乘法建立烧结终点预测模型的步骤包括：

[0054] 步骤 1 求取 X 的潜变量，其中 X 为 $CO+CO_2$ 的浓度值

$$[0055] \quad KY Y^T t = \lambda t \quad (1)$$

[0056] 其中， K 表示由所有输入数据 $\{\Phi(x_i)\}_{i=1}^n$ 内积构成的 $n \times n$ 的核矩阵， $K_{ij} = K(x_i, x_j)$ ，其中 K 为核函数； Y 为烧结终点， Y^T 为 Y 的转置， t 为 X 的潜变量， λ 为单位矩阵；

[0057] 步骤 2 估计 Y 的潜变量

$$[0058] \quad u = Y Y^T t \quad (2)$$

[0059] 其中， u 为 Y 的潜变量， Y 为烧结终点， Y^T 为 Y 的转置， t 为 X 的潜变量；

[0060] 步骤 3 分解核矩阵 K 和输出矩阵 Y

$$[0061] \quad K = (I_n - t t^T) K (I_n - t t^T) \quad (3)$$

[0062] $Y=(I_n-tt^T)Y$ (4)

[0063] 其中 I_n 为 n 维的单位矩阵；

[0064] 步骤 4 在特征空间中对核变换数据进行中心化处理

[0065]
$$\mathbf{K}=\left(\mathbf{I}_n-\frac{1}{n}\mathbf{1}_n\mathbf{1}_n^T\right)\mathbf{K}\left(\mathbf{I}_n-\frac{1}{n}\mathbf{1}_n\mathbf{1}_n^T\right)$$
 (5)

[0066] 其中 $\mathbf{1}_n$ 代表各元素为 1 的 n 维向量；

[0067] 步骤 5 循环执行式(1)到式(5)各步,直到最佳数量的潜变量 t 被完全提取;由最佳数量潜变量构成的潜变量矩阵为 T ,核偏最小二乘法(KPLS)的回归系数矩阵 B 为

[0068] $B=\Phi^T U(T^T K U)^{-1} T^T Y$ (6)

[0069] 其中, Φ^T 为高维特征空间中的输入矩阵, T 和 U 分别为从输入气体浓度矩阵 X 和输出烧结终点矩阵 Y 中提取得到的潜变量矩阵, K 为核矩阵;

[0070] 步骤 6 对检验集样本数据回归

[0071] $\hat{Y}_t = \Phi_t B = K_t U (T^T K U)^{-1} T^T Y = T_t T^T Y$ (7)

[0072] 其中, Φ_t 为高维空间中的检验集样本数据矩阵, K_t 为检验集样本数据构造的核矩阵, T_t 为从检验集样本数据中提取出的潜变量;

[0073] 其中, 高斯核函数的宽度 L 和核偏最小二乘法提取的最佳潜变量个数 t 采用现有交叉证实法确定。

[0074] 下面通过具体的实施例来阐述本发明,本领域技术人员应当理解的是,这不应被理解为对本发明权利要求范围的限制。

[0075] 实施例

[0076] 烧结机:450m²烧结机,总吨位 14700 吨;

[0077] 烧结原料:自产精矿:58%,巴西粉:26%,澳洲矿粉:11%,杂料:5%;

[0078] 自产精矿配比:磁铁矿:20-30%,赤铁矿:20-30%,铁酸钙:30-35%,硅酸二钙:3-5%,钙铁橄榄石:5-10%,玻璃质:3-5%。

[0079] 采用西克麦哈克公司产的烟气分析仪采集烧结烟气组分浓度,从烧结控制系统中采集其对应的烧结终点值,采用 Oracle10g (企业版)进行构建数据库。按照如下方法剔除异常数据:1)对数据库中机速为 <0.9m/min 的数据直接剔除;和 2)将数据不完整、缺失的数据进行直接剔除。

[0080] 采用核偏最小二乘法建立烧结终点预测模型,

[0081] 步骤 1 求取 X 的潜变量

[0082] $KYY^T t = \lambda t$ (1)

[0083] 其中, K 表示由所有输入数据 $\{\Phi(\mathbf{x}_i)\}_{i=1}^n$ 内积构成的 $n \times n$ 的核矩阵, $K_{ij}=K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j)$,

其中,核函数 K 为高斯核函数;

[0084] 步骤 2 估计 Y 的潜变量

[0085] $u=YY^T t$ (2)

[0086] 步骤 3 分解核矩阵 K 和输出矩阵 Y

[0087] $K=(I_n-tt^T)K(I_n-tt^T)$ (3)

[0088] $Y=(I_n-tt^T)Y$ (4)

[0089] 其中 I_n 为 n 维的单位矩阵；

[0090] 步骤 4 在特征空间中对核变换数据进行中心化处理

$$[0091] \quad \mathbf{K} = \left(\mathbf{I}_n - \frac{1}{n} \mathbf{1}_n \mathbf{1}_n^T \right) \mathbf{K} \left(\mathbf{I}_n - \frac{1}{n} \mathbf{1}_n \mathbf{1}_n^T \right) \quad (5)$$

[0092] 其中 $\mathbf{1}_n$ 代表各元素为 1 的 n 维向量；

[0093] 步骤 5 循环执行式(1)到式(5)各步,直到最佳数量的潜变量 t 被完全提取;由最佳数量潜变量构成的潜变量矩阵为 T ,核偏最小二乘法的回归系数矩阵 B 为

$$[0094] \quad B = \Phi^T U (T^T K U)^{-1} T^T Y \quad (6)$$

[0095] 其中, Φ^T 为高维特征空间中的输入矩阵, T 和 U 分别为从输入气体浓度矩阵 X 和输出烧结终点矩阵 Y 中提取得到的潜变量矩阵, K 为核矩阵;

[0096] 步骤 6 对检验集样本数据回归

$$[0097] \quad \hat{Y}_t = \Phi_t B = K_t U (T^T K U)^{-1} T^T Y = T_t T^T Y \quad (7)$$

[0098] 其中, Φ_t 为高维空间中的检验集样本数据矩阵, K_t 为检验集样本数据构造的核矩阵, T_t 为从检验集样本数据中提取出的潜变量;

[0099] 其中, 高斯核函数的宽度 L 和核偏最小二乘法提取的最佳潜变量个数 t 采用分段交叉证实法确定。

[0100] 图 2 所示为烧结终点预测与实际值的对比图,其绝对误差如图 3 所示。根据本发明所述方法预测所得烧结终点与实际烧结终点的平均绝对误差小于 0.13m。

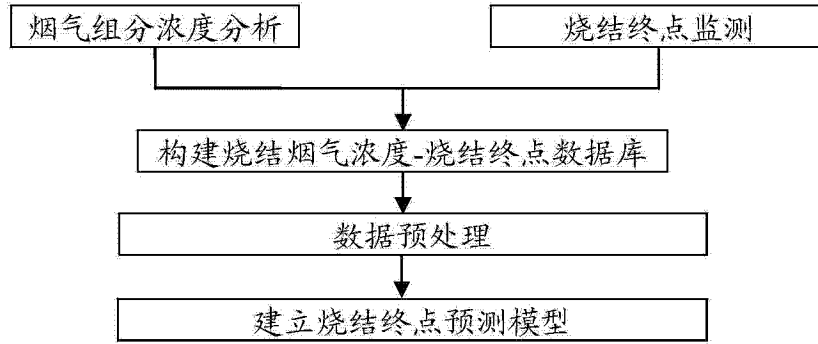


图 1

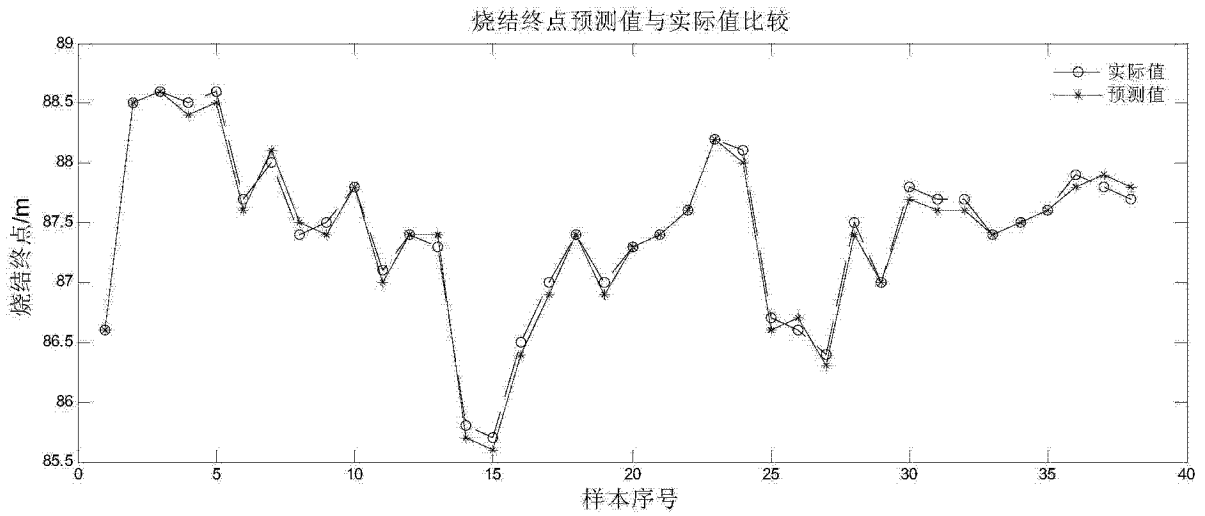


图 2

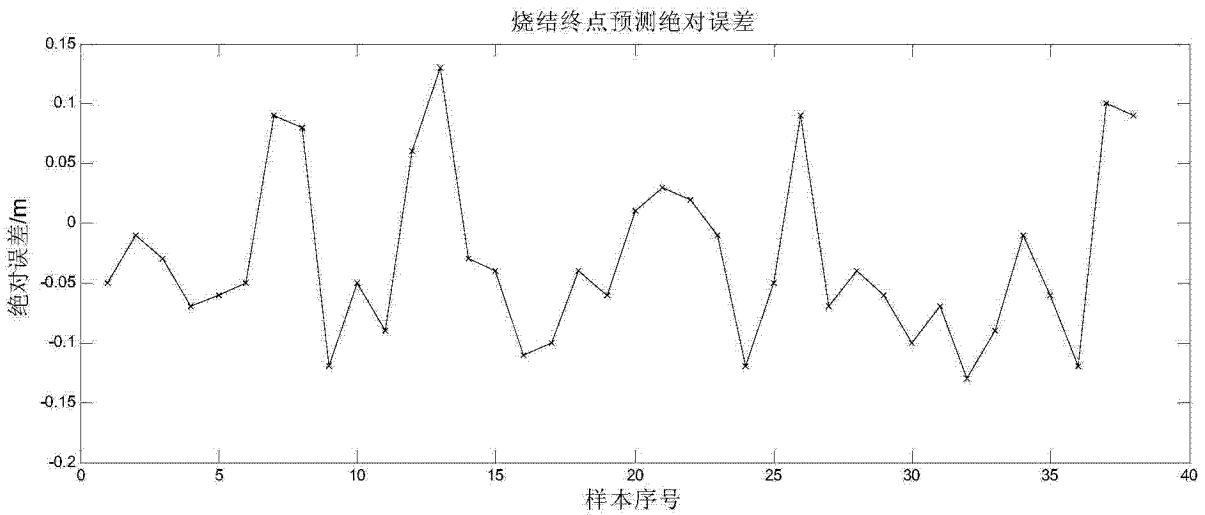


图 3