



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106957953 A

(43)申请公布日 2017.07.18

(21)申请号 201710241148.8

(22)申请日 2017.04.13

(71)申请人 宣化钢铁集团有限责任公司

地址 075100 河北省张家口市宣化区牌楼  
东街30号

(72)发明人 卜建军 陈秀英 朱英浩 王新力  
徐曼 高子强 孙利刚 杨俊生  
胡晓宁

(74)专利代理机构 石家庄冀科专利商标事务所  
有限公司 13108

代理人 曹淑敏

(51)Int. Cl.

G22B 1/16(2006.01)

G05D 7/06(2006.01)

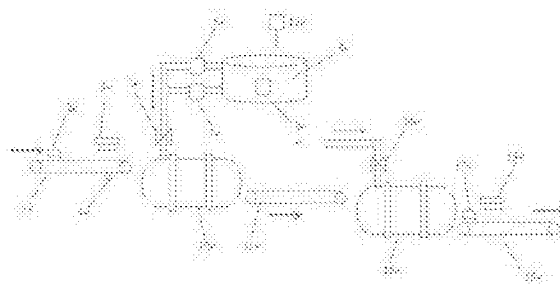
权利要求书2页 说明书9页 附图1页

(54)发明名称

一种烧结混合料中自动配加红泥的系统及  
控制方法

(57)摘要

本发明涉及一种烧结混合料中自动配加红泥的系统及控制方法,属于烧结机混合料水分控制技术领域。技术方案是:一次混合机(10)前的一混前皮带机(1)上方安装整料器(2)和微波水分仪(3),下方安装计量秤(4);红泥管切断阀(5)、红泥主变频加浆泵(6)和红泥备变频加浆泵(7)安装在红泥管道上;搅拌机(9)安装在红泥浆液池(8)中;二次混合机(15)后的二混后皮带机(16)上方安装后整料器(17)和后微波水分仪(13)。本发明可以准确控制配加红泥流量,达到持续稳定混合料干湿程度的目的。同时,由于红泥被有效的利用,不仅减少了部分精铁原料的配比,降低了烧结矿成本,还大大降低了炼钢企业对外部的污染物排放,达到了良好的环保效果。



1. 一种烧结混合料中自动配加红泥的系统,其特征在于:包含一混前皮带机(1)、整料器(2)、微波水分仪(3)、计量秤(4)、红泥管切断阀(5)、红泥主变频加浆泵(6)、红泥备变频加浆泵(7)、红泥浆液池(8)、红泥搅拌机(9)、一次混合机(10)、一混后皮带机(11)、环境测温仪(12)、后微波水分仪(13)、调节阀(14)、二次混合机(15)、二混后皮带机(16)和后整料器(17);一次混合机前的一混前皮带机上方安装整料器和微波水分仪,下方安装计量秤;红泥管切断阀、红泥主变频加浆泵和红泥备变频加浆泵安装在红泥管道上;搅拌机安装在红泥浆液池中;二次混合机后的二混后皮带机上方安装后整料器和后微波水分仪;调节阀安装在加水工艺管道上;环境测温仪安装在红泥浆液池厂房内。

2. 一种烧结混合料中自动配加红泥的控制方法,对权利要求1限定的配加红泥系统进行控制,其特征在于包括如下步骤:

a. 判断配加红泥系统开始工作时间:

该工作时间为起车后配加红泥系统开始运行时间;分为正常空载起车情况和故障重停后起车情况分别记载;

b. 计算混合料需加水流量值:

先用延时料批重量与需加水量之和乘以设定水分值,设定水分值限定在6.0-12.0%;再减去延时料批重量与一次混合机前微波水分仪测得水分值的乘积,再经过计算得出延时料批重量实际所需的加水流量值;

c. 计算一次混合机实际需加水流量:

用b步骤中计算所得加水流量值的80-90%作为一次混合机中混合料需加水流量值,并限定范围在0.0-33.0%,为二次混合机加水量留有足够的调节空间;

d. 一次混合机自动配加红泥;

1) 计算一次混合机实际需加红泥流量:

红泥中的含水比例为1,减去红泥浓度,c步骤中计算所得需加水流量除以红泥含水比例,再乘以温度补偿系数T(1.0-1.15之间),即为需加红泥流量;

2) 自动计算变频加浆泵输出频率:

利用具有并行结构的比例-积分-微分PID 控制器,对变频器输出频率进行比例-积分-微分PID运算调节。

3. 以d.步骤1)计算所得需加红泥流量为设定值SP,以实际红泥管流量反馈取16个扫描周期平均值为反馈值PV,比例系数KP设置0.4,积分系数为KI设置0.14,微分系数为KD设置0,对变频加浆泵的输出频率Y范围为YMAX=50、YMIN=0;将PID控制器的控制输出频率Y进行限定:设定YMAX=物料实际重量/设计生产能力 $\hat{I}$ 50.0、YMIN=0.0,来限定变频器的频率调节区间,以减少频繁调节对加浆泵的损耗;

对调节过程中产生的系统偏差ERR进行判断,系统偏差值ERR小于等于 $\pm 0.2$ 且持续时间超过10秒,PID控制器的操作模式管脚HALT置1,进入暂停模式,此时控制输出Y=旧值Y,即维持变频器输出频率不变,减少现场环境或干扰信号对调节系统的影响;

e. 计算一次混机出口处混合料的水分值:

根据计算出的一次混机出口处混合料的含水量和混合料经过一次混合机后的总流量,可得一次混机出口处混合料的水分值,输出限定区间为0.0--15.0;

f. 计算二次混合机加水的基准料批重量:

此料批重量分为各设定量之和与各反馈量之和,两者之差小于等于20.0 t/h且持续时间大于等于30秒,则选用各设定量之和作为二次混合机计算补偿加水量的基准料批重量,以保证加水系统的稳定运行,避免调节阀频繁变动;最后同样将此输出值进行输出限定,限定范围为0.0-680.0t/h;

g. 两种二次混合机需加水流量的不同路径可选择算法:

1) 根据上述e步骤和f步骤得出的理论计算数据,计算二次混合需加水流量:用设定水分值减去一混后的基准水分计算值除以100减水份设定值之差,计算出需加水系数,然后用延时基准料批计算重量乘以此系数即为二次混合需加水流量;

2) 根据一次混合机需加水流量计算二次混合需加水流量:将b步骤中计算所得需加水流量总值剩余10-20%流量做为二次混合需加水量,取其16个周期的平均值并做延时处理,且限定在0.0-10.0范围内变化;

h. 计算加水电动调节阀开度:

利用具有并行结构的比例-积分-微分PID 控制器,对二次混合机加水电动调节阀进行比例积分微分调节控制;以计算所得二次混合需加水流量为设定值SP,以加水管流量16个扫描周期的平均值为反馈值PV,调节阀的开度控制输出范围为YMAX=100、YMIN=0;对调节过程中产生的系统偏差ERR进行判断,系统偏差值小于等于0.3且持续时间超过6秒,比例-积分-微分PID控制器的HALT管脚置1进入暂停模式,在暂停模式中,控制输出保持不变,以减少现场环境或干扰信号对调节系统的影响;比例-积分-微分PID控制器其它重要参数分别为:比例系数KP为0.4,积分系数KI为0.14,微分系数KD为0.0;

将比例-积分-微分PID控制器的控制输出进行限定:利用一阶限速器对比例-积分-微分PID控制器的控制输出进行限定控制;通过设定最大速度 RATE,来控制电动调节阀的开度变化速率,此处的RATE值设定为3.0;设定YMAX=物料实际重量/设计生产能力 $\bar{1}$ 90.0、YMIN=0.0,来限定电动调节阀的调节区间;然后再根据以往工人手动加水记录总结规律,利用一阶限速器对调节阀的控制输出再次进行限定;

i. 对二次混合机需加水流量进行反馈修正:

1) 利用水分修正系数进行修正:利用比例-积分PI控制器计算调节反馈水份值偏差的修正系数Y,水份设定值为引用变量SP,水份测定值为受控变量 PV,水份测定值为二次混合机后微波水份仪测量所得的数据取16个扫描周期的平均值且限定在6.2-8.2之间;其它参数设定如下:比例作用系数GAIN为0.1,积分时间常数TI为200秒,YMAX=2.0,YMIN=-2.0,修正系数Y加1再乘以二次混合机加水流量即为修正后的加水流量;最后将偏差ERR的输出范围限定在 $\pm 0.6$ 之间;

2) 利用水分偏差对二次混合需加水流量进行修正:计算水分设定值与最终的水分测定值之间的偏差,将偏差值ERR的十分之一再作为反馈修正值,每300秒取值一次并进行30秒的加减水修正处理。

## 一种烧结混合料中自动配加红泥的系统及控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种烧结混合料中自动配加红泥的系统及控制方法,属于烧结机混合料水分控制技术领域。

### 背景技术

[0002] 随着近年来钢铁产量的逐年增加,炼钢所产生的污染粉尘也大量增加。为达到环保要求,炼钢环节实现了污染粉尘的回收,炼钢环节粉尘回收后呈红色泥浆状态,称之为红泥。但是,如何将回收的红泥再次利用却成为又一难题。因为红泥中铁含量较高,如果将红泥添加到烧结用的混合料中,既可提高混合料的Fe和CaO含量,减少铁粉原料配比又可以起到调节物料水分的作用。但是,已有技术炼钢红泥处理工艺是经过手动操作与混合料简单混匀后直接供烧结利用,多是工人根据红外线水分仪的测量值以及烧结料表面的情况凭借经验决定配加红泥的多少。当加入红泥过量,烧结矿的PH值降低(碱性下降),烧结矿粒度松散,气孔率增多,强度下降,造成烧结矿质量的波动;当加入红泥量少时,混合料的水分又不足,进而影响冶铁质量。或者利用一次混合机加水或红泥的方法控制烧结混合料的水分,且采用现场手动方式控制流量,混合料的水分波动极大而且无法补偿调节,最终将使混合料的粒度效果变差、透气性变差,导致烧结速度减慢,迫使配制煤粉量增加,返矿率升高,烧结矿品质、产量双双下降,更甚者是过干和过湿的混合料使中控系统无法准确控制烧结终点,造成无法估计的恶性事故。现有配混系统中使用的红外线水分仪测量混合料水分,混合料表面状态、颜色、结构都会影响对红外线的反射率,干扰水分的测量,比如烧结混合料中配加红泥,物料颜色及结构与未加红泥时不同,这会影响红外线水分仪采集测量波长的准确性,从而影响测量精度。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种烧结混合料中自动配加红泥的系统及控制方法,准确控制配加红泥流量,随时调节混合料的最终水分,达到持续稳定混合料干湿程度的目的,同时,由于红泥被有效的利用,不仅减少了部分精铁原料的配比,降低了烧结矿成本,还大大降低了炼钢企业对外部的污染物排放,解决背景技术存在的上述问题。

[0004] 本发明的技术方案是:

一种烧结混合料中自动配加红泥的系统,包含一混前皮带机、整料器、微波水分仪、计量秤、红泥管切断阀、红泥主变频加浆泵、红泥备变频加浆泵、红泥浆液池、红泥搅拌机、一次混合机、一混后皮带机、环境测温仪、后微波水分仪、调节阀、二次混合机、二混后皮带机、后整料器;一次混合机前的一混前皮带机上方安装整料器和微波水分仪,下方安装计量秤;红泥管切断阀、红泥主变频加浆泵和红泥备变频加浆泵安装在红泥管道上;搅拌机安装在红泥浆液池中;二次混合机后的二混后皮带机上方安装后整料器和后微波水分仪;调节阀安装在加水工艺管道上;环境测温仪安装在红泥浆液池厂房内。

[0005] 一种烧结混合料中自动配加红泥的控制方法,对上述配加红泥系统进行控制,包括

如下步骤:

a. 判断配加红泥系统开始工作时间:

该工作时间为起车后配加红泥系统开始运行时间;分为正常空载起车情况和故障重停后起车情况分别记载;

b. 计算混合料需加水流量值:

先用延时料批重量与需加水量之和乘以设定水分值,设定水分值限定在6.0-12.0%;再减去延时料批重量与一次混合机前微波水分仪测得水分值(该值介于3.2-4.2%之间)的乘积,再经过计算得出延时料批重量实际所需的加水流量值;

c. 计算一次混合机实际需加水流量:

用b步骤中计算所得加水流量值的80-90%作为一次混合机中混合料需加水流量值,并限定范围在0.0-33.0%,为二次混合机加水量留有足够的调节空间;

d. 一次混合机自动配加红泥:

1) 计算一次混合机实际需加红泥流量:

红泥中的含水比例为1,减去红泥浓度,c步骤中计算所得需加水流量除以红泥含水比例,再乘以温度补偿系数T(1.0-1.15之间),即为需加红泥流量;

2) 自动计算变频加浆泵输出频率:

利用具有并行结构的比例-积分-微分PID 控制器,对变频器输出频率进行比例-积分-微分PID运算调节。以d.步骤1)计算所得需加红泥流量为设定值SP,以实际红泥管流量反馈取16个扫描周期平均值为反馈值PV,比例系数KP设置0.4,积分系数为KI设置0.14,微分系数为KD设置0,对变频加浆泵的输出频率Y范围为YMAX=50、YMIN=0;将PID控制器的控制输出频率Y进行限定:设定YMAX=物料实际重量/设计生产能力 $\bar{I}$ 50.0、YMIN=0.0,来限定变频器的频率调节区间,以减少频繁调节对加浆泵的损耗;

对调节过程中产生的系统偏差ERR进行判断,系统偏差值ERR小于等于 $\pm 0.2$ 且持续时间超过10秒,PID控制器的操作模式管脚HALT置1,进入暂停模式,此时控制输出Y=旧值Y,即维持变频器输出频率不变,减少现场环境或干扰信号对调节系统的影响;

3) 根据不同批次红泥物料浓度调节红泥搅拌机的转速,保持同批次红泥浆液的浓度稳定;

e. 计算一次混机出口处混合料的水分值:

根据计算出的一次混机出口处混合料的含水量和混合料经过一次混合机后的总流量,可得一次混机出口处混合料的水分值,输出限定区间为0.0-15.0;

f. 计算二次混合机加水的基准料批重量:

此料批重量分为各设定量之和与各反馈量之和,两者之差小于等于20.0 t/h且持续时间大于等于30秒,则选用各设定量之和作为二次混合机计算补偿加水量的基准料批重量,以保证加水系统的稳定运行,避免调节阀频繁变动;最后同样将此输出值进行输出限定,限定范围为0.0-680.0t/h,防止误操作、干扰信号等对系统的影响;

g. 两种二次混合机需加水流量的不同路径可选择算法:

1) 根据上述e步骤和f步骤得出的理论计算数据,计算二次混合需加水流量:用设定水分值减去一混后的基准水分计算值除以100减水份设定值之差,计算出需加水系数,然后用延时基准料批计算重量乘以此系数即为二次混合需加水流量;

2) 根据一次混合机需加水流量计算二次混合需加水流量:将b步骤中计算所得需加水流量总值剩余10-20%流量做为二次混合需加水量,取其16个周期的平均值并做延时处理,且限定在0.0-10.0范围内变化;

上述两种算法所得二次混合需加水流量做二选一功能,保证了加水效果;

h. 计算加水电动调节阀开度:

利用具有并行结构的比例-积分-微分PID 控制器,对二次混合机加水电动调节阀进行比例积分微分调节控制;以计算所得二次混合需加水流量为设定值SP,以加水管流量16个扫描周期的平均值为反馈值PV,调节阀的开度控制输出范围为YMAX=100、YMIN=0;对调节过程中产生的系统偏差ERR进行判断,系统偏差值小于等于0.3且持续时间超过6秒,比例-积分-微分PID控制器的HALT管脚置1进入暂停模式,在暂停模式中,控制输出保持不变,以减少现场环境或干扰信号对调节系统的影响;比例-积分-微分PID控制器其它重要参数分别为:比例系数KP为0.4,积分系数KI为0.14,微分系数KD为0.0;

将比例-积分-微分PID控制器的控制输出进行限定:利用一阶限速器对比例-积分-微分PID控制器的控制输出进行限定控制;通过设定最大速度 RATE,来控制电动调节阀的开度变化速率,此处的RATE值设定为3.0;设定YMAX=物料实际重量/设计生产能力 $\hat{1}$ 90.0、YMIN=0.0,来限定电动调节阀的调节区间;然后再根据以往工人手动加水记录总结规律,利用一阶限速器对调节阀的控制输出再次进行限定;

i. 对二次混合机需加水流量进行反馈修正:

1) 利用水分修正系数进行修正:利用比例-积分PI控制器计算调节反馈水份值偏差的修正系数Y,水份设定值为引用变量SP,水份测定值为受控变量 PV,水份测定值为二次混合机后微波水份仪测量所得的数据取16个扫描周期的平均值且限定在6.2-8.2之间;其它参数设定如下:比例作用系数GAIN为0.1,积分时间常数TI为200秒,YMAX=2.0,YMIN=-2.0,修正系数Y加1再乘以二次混合机加水流量即为修正后的加水流量;最后将偏差ERR的输出范围限定在 $\pm 0.6$ 之间;

2) 利用水分偏差对二次混合需加水流量进行修正:计算水分设定值与最终的水分测定值之间的偏差,将偏差值ERR的十分之一再作为反馈修正值,每300秒取值一次并进行30秒的加减水修正处理。

[0006] 本发明的有益之处在于:本发明的通过更换现场仪器仪表及增加和优化系统辅助设备、计算配加红泥等待时间、计算配加红泥流量、计算红泥变频加浆泵输出变频、计算二次混合机开始加水时间、计算加水流量、计算加水泵阀门开度、在系统末端加水环节修正水分终值等步骤实现了自动配加红泥的控制方法。本发明实现了在烧结机混合料中精确自动配加红泥的控制方法,解决了过去十多年一直未能实现的功能。本发明最重要特点是:实现了灵活操作烧结混合料配加红泥时的等待时间,保证了设备不带料起车或重停重负荷起车时加水时机的精准性;根据生产区域环境温度特点在计算红泥流量时加入温度补偿系数T;根据不同批次红泥浆液浓度值控制红泥搅拌机转速保证浆液浓度稳定;在二次混合机环节加入两种可选择的负反馈调节,实现快速补偿水分;根据炼钢红泥的物质构成特性使用准确性更高的微波水份仪替换原有红外水份仪。本发明中应用的所有数据及程序编译的逻辑思路均为发明人结合大量的实践维护工作和反复调试设备过程中获取的第一手资料,程序、数据和设备的配合具有极好的唯一性、排他性、精准度和匹配度,是本行业其他技术人

员难以想象的。配加红泥时加入温度补偿系数以及根据红泥浓度控制搅拌机转速保证不同批次红泥浆液浓度属于本发明创新点之一。

[0007] 本发明的有益效果：可以准确控制配加红泥流量，在经过水分反馈后的一系列计算随时调节混合料的最终水分，达到持续稳定混合料干湿程度的目的。同时，由于红泥被有效的利用，不仅减少了部分精铁原料的配比，降低了烧结矿成本，还大大降低了炼钢企业对外部的污染物排放，达到了良好的环保效果。

## 附图说明

[0008] 图1是本发明的实施例结构简图；

图中：一混前皮带机1、整料器2、微波水分仪3、计量秤4、红泥管切断阀5、红泥主变频加浆泵6、红泥备变频加浆泵7、红泥浆液池8、红泥搅拌机9、一次混合机10、一混后皮带机11、环境测温仪12、后微波水分仪13、调节阀14、二次混合机15、二混后皮带机16、后整料器17。

## 具体实施方式

[0009] 以下结合附图，通过实施例对本发明做进一步说明。

[0010] 一种烧结混合料中自动配加红泥的系统，包含一混前皮带机1、整料器2、微波水分仪3、计量秤4、红泥管切断阀5、红泥主变频加浆泵6、红泥备变频加浆泵7、红泥浆液池8、红泥搅拌机9、一次混合机10、一混后皮带机11、环境测温仪12、后微波水分仪13、调节阀14、二次混合机15、二混后皮带机16、后整料器17；一次混合机10前的一混前皮带机1上方安装整料器2和微波水分仪3，下方安装计量秤4；红泥管切断阀5、红泥主变频加浆泵6和红泥备变频加浆泵7安装在红泥管道上；搅拌机9安装在红泥浆液池8中；二次混合机15后的二混后皮带机16上方安装后整料器17和后微波水分仪13；调节阀14安装在加水工艺管道上；环境测温仪12安装在红泥浆液池厂房内。

[0011] 红泥主变频加浆泵6和红泥备变频加浆泵7并联布置。

[0012] 一混前皮带机1上的烧结料通过整料器2进行整料、微波水分仪3测量水分、计量秤4进行计量后与红泥浆液池8中输送来的红泥在一次混合机10中混合，红泥浆液池8中的搅拌机9对池中红泥进行搅拌，红泥管道上的红泥主变频加浆泵6将红泥打入一次混合机10，红泥管道上的红泥管切断阀5控制红泥流量。混合后物料通过一混后皮带机11送入二次混合机15，通过调节阀14调节水分，然后通过二混后皮带机16送往烧结机，后整料器17进行整料，后微波水分仪13检测物料水分。

[0013] 本发明通过施耐德UNITY 3.0编制控制程序、改进或增加设备和现场检测方式等一系列手段有效的解决了烧结混合料配加红泥过程中可能导致的烧结矿PH值降低，烧结矿粒度松散，气孔率增多，强度下降等问题，同时通过灵活的控制有效地避开干料和泥浆料的产生。通过实际生产应用后反馈的情况表明：在实施上述设备和方法后，一次混合机不再出现粘料停机现象，料头料尾水分也可达标，最终是混合料水分值持续稳定在合格范围内，保证了烧结矿生产的高品质。

[0014] 本发明实施例中自动配加红泥系统的控制方法，按照以下步骤进行：

a. 自动配加红泥系统开始工作时间：为起车后自动配加红泥系统开始运行时间。分为正常空载起车情况和故障重停后起车情况。

[0015] 1.输入自动配加红泥系统开始工作时间:正常空载起车时自动加红泥系统开始工作时间是配料系统起车且设备运行后从设定料批重量开始至混合料进入一次混和机前的时间260秒,该时间为现场反复跟踪测得;故障重停起车(混前皮带混合料流量反馈大于等于50t/h时设备停机定为故障重停)时,由于一次混合机前皮带机为软启动皮带有一定时间延时,故该时间为2秒。设备重停后起车260秒后会有260秒的空料期,若此时仍保持加红泥将导致一次混合机粘料而再次故障停机。此时计算计量称测得的混前皮带计量秤测得料批重量反馈值在小于50t/h时暂停一次混合机加红泥水,此信号延时210秒后二次混合机暂停加水。混前皮带混合料流量大于等于50t/h时触发配加红泥再次开始。

[0016] b.计算混合料需加水流量总值:先用延时料批重量与需加水量之和乘以设定水分值再减去延时料批重量与一次混合机前微波水分仪测得水分值的乘积,再经过计算得出延时料批重量实际所需的加水流量。微波水分仪数值取16个扫描周期平均值且介于3.2—4.2%之间,并且将水分设定值的输入区间限定在6.0—12.0%,以防止岗位误操作导致物料水分不合格。

[0017] 输入水分设定值:将水分设定值的输入区间限定在6.0—12.0%,以防止岗位误操作导致物料水分不合格。

[0018] 自动计算混合料需加水流量总值:利用unity3.0软件编写程序,先用延时料批重量与需加水量之和乘以设定水分值再减去延时料批重量与一次混合机前微波水分仪测得水分值的乘积,再经过计算得出延时料批重量实际所需的加水流量。

[0019] c.计算一次混合机实际需加水流量:用b中计算所得数值的80—90%作为一次混合机中混合料需加水流量值,为二次混合机加水量留有足够的调节空间。同时将加水流量限定在0.0—33.0%,并取16个扫描周期的平均值以防止干扰信号对自动加水系统的影响。

[0020] 自动计算一次混合机实际需加水流量:在unity3.0软件中编写程序段,用3中计算所得数值的80—90%作为一次混合机中混合料需加水流量值并限定在0.0—33.0m<sup>3</sup>/h。

[0021] d.一次混合机自动配加红泥系统

1)计算一次混合机实际需加红泥流量:红泥中的含水比例为1减去红泥浓度,c中计算所得需加水流量除以红泥含水比例再乘以温度补偿系数T,即为需加红泥流量。

[0022] 采用温度补偿系数T来调节配加红泥流量,将环境温度值转换为电信号应用到程序中调节系数T,保证了一年四季中不同温度下混合料水分的持续稳定。温度补偿系数T的调节范围:

温度区间	-25℃至 -5℃	-5℃至 0℃	0℃至25℃	25℃至 30℃	30℃至 35℃
温度补偿系数 T	1.15	1.10	1.0	1.05	1.10

2)自动计算变频加浆泵输出频率:利用具有并行结构的比例-积分-微分PID 控制器对变频器输出频率进行比例-积分-微分PID运算调节。以1)计算所得需加红泥流量为设定值SP,以实际红泥管流量反馈取16个扫描周期平均值为反馈值PV,比例系数KP设置0.4,积分系数为KI设置0.14,微分系数为KD设置0,对变频加浆泵的频率输出Y范围为YMAX=50、YMIN=0。

[0023] 应用公式为:
$$Y = KP + I + PD,$$

其中：

$$Y_P = K_P \times ERR,$$

$$Y_{I(new)} = Y_{I(old)} + K_I \times dt \times \frac{ERR_{(new)} + ERR_{(old)}}{2},$$

$$Y_D = 0 \quad (\text{因为} KD=0),$$

对调节过程中产生的系统偏差ERR进行判断,系统偏差值ERR小于等于±0.2且持续时间超过10秒,PID控制器的操作模式管脚HALT置1,进入暂停模式,此时控制输出Y=Y(旧值),即维持变频器输出频率不变,减少现场环境或干扰信号对调节系统的影响。

[0024] 将PID控制器的控制输出Y进行限定:利用一阶限速器LIMV对比例积分微分PID控制器的控制输出Y进行限定控制。通过设定最大速度 RATE及输出量的界限值 YMAX 和 YMIN 来控制变频器输出频率的变化速率。此处最大速度 RATE设定为1.5;设定YMAX=物料实际重量/设计生产能力\*50.0、YMIN=0.0,来限定变频器的频率调节区间,以减少频繁调节对加浆泵的损耗。

[0025] 3) 根据不同批次红泥物料浓度调节红泥搅拌机的转速,保持同批次红泥浆液的浓度稳定。

[0026] 根据电机转速调节原理:于对同一台电机,其转速仅由电源频率决定。利用调节频率(0-50Hz)来控制红泥浆液搅拌机电机的转速是最有效最快速的方案。浆液浓度较大时,通过提高电机频率,使电机转速加快来对抗重力作用导致的红泥溶质下沉现象,不同红泥浆液浓度对应不同的频率,保证浆液池中同批次红泥物料浓度持续稳定。

[0027] 应用的公式为: $n=60f/p$ ,

其中n为电机转速(单位n/min),f为频率(我国工频为50Hz),p为电机极对数。

红泥浓度区间%	0至5	5至10	10至15	15至20	大于20
搅拌机输入频率Hz	25	30	40	45	50
电机转速 r/min	750	900	1200	1350	1500

[0028]

由于红泥的构成情况比水复杂多变,所以配加红泥系统出现故障的频率比单纯加水系统要多一些,为了保证烧结矿不因此质量下降,在配加红泥系统中需要在二次混合机环节增加一套小流量自动加水设备及控制算法进行精确的水分补偿。以下说明步骤为二次混合机环节的小流量自动加水的算法。

[0029] e. 一次混机出口处混合料的基准水分计算值

1) 计算一次混机出口处混合料的含水量:将一次混合机前计量秤实测的料批重量和同一时间混合料水分值相乘与经一次混合机的实际加水量或加红泥含水量相加后利用延时功能块DELAY处理即得,延时时间为同段混合料通过一次混合机的时间180秒。

[0030] 2) 计算混合料经过一次混合机后的总流量:各实测流量之和等于一次混合机前的混合料批重量实测值与一次混合机加红泥流量实测值之和。

[0031] 3) 1) 中值与2) 中值的比值可得一次混机出口处混合料料的水分值,限定区间为0.0-15.0%。

## [0032] f. 二次混合机加水的基准料批计算重量

此料批重量分为各设定量之和与各反馈量之和。各设定量之和为料批重量设定值加步骤d中计算需加红泥流量；实测量之和在步骤e.2)中已得，两者之差小于等于20.0 t/h且持续时间大于等于30秒，则选用各设定量之和作为二次混合机计算补偿加水量的基准料批重量，以保证加水系统的稳定运行，避免调节阀频繁变动。最后同样将此输出值进行输出限定，限定范围为0.0-680.0t/h，防止误操作、干扰信号等对系统的影响。

## [0033] g. 两种二次混合机需加水流量的不同路径可选择算法：

3) 根据上述步骤中e和f得出的理论计算数据计算二次混合需加水流量：对二次混合机前(即一混后)的基准水分计算值取16个周期的平均值，并将数值输出重新限定在5.0-7.8%之间，避免测量误差对加水系统造成不可补救的影响。用设定水分值减去一混后的基准水分计算值除以100减水份设定值之差，计算出需加水系数，然后用延时基准料批计算重量乘以此系数即为二次混合需加水流量。

4) 根据一次混合机需加水流量计算二次混合需加水流量：将b中混合料需加水流量总值的剩余10-20%流量做为二次混合需加水量，取其16个周期的平均值并做延时处理，且限定在0.0-10.0%范围内变化。

## [0035] h. 计算加水电动调节阀开度：

利用具有并行结构的比例-积分-微分PID 控制器对二次混合机加水电动调节阀进行比例积分微分调节控制。以计算所得二次混合需加水流量为设定值SP，以加水管流量16个扫描周期的平均值为反馈值PV，调节阀的开度控制输出范围为YMAX=100、YMIN=0。对调节过程中产生的系统偏差ERR进行判断，系统偏差值小于等于0.2且持续时间超过10秒，比例-积分-微分PID控制器的HALT管脚置1进入暂停模式，在暂停模式中，控制输出保持不变，以减少现场环境或干扰信号对调节系统的影响。比例-积分-微分PID控制器其它重要参数分别为：比例系数KP为0.4，积分系数KI为0.14，)微分系数KD为0.0。

将比例-积分-微分PID控制器的控制输出进行限定：利用一阶限速器对比例-积分-微分PID控制器的控制输出进行限定控制。通过设定最大速度 RATE，来控制电动调节阀的开度变化速率，此处的RATE值设定为3.0；设定YMAX=物料实际重量/设计生产能力×90.0、YMIN=0.0，来限定电动调节阀的调节区间。然后再根据以往工人手动加水记录总结规律，利用一价限速器对调节阀的控制输出再次进行限定保证加水流量始终处于安全范围。

## [0037] 上述限定范围为：

延时料重 (t/h)	<50.0	400.0-500.0	500.0-550.0	550.0-600.0	600.0-650.0	>650.0
调节阀开度区 间(%)	0.0	0.0-45.0	0.0-47.0	0.0-52.0	0.0-55.	0.0-60.0

在施耐德UNITY 3.0软件中编写程序对调节过程中产生的系统偏差ERR进行判断，系统偏差值小于等于0.2且持续时间超过10秒，PID控制器进入暂停模式，控制输出保持不变，以

减少现场环境或干扰信号对调节系统的影响。

[0038] i. 对二次混合机需加水流量进行反馈修正

1) 利用水分修正系数进行修正: 利用比例-积分PI控制器计算调节反馈水份值偏差的修正系数Y, 水份设定值为引用变量SP, 水份测定值为受控变量 PV, 水份测定值为二次混合机后微波水份仪测量所得的数据取16个扫描周期的平均值且限定在6.2-8.2之间。其它参数设定如下: 比例作用系数GAIN为0.1, 积分时间常数TI为200秒, YMAX=2.0, YMIN=-2.0, 最后将偏差ERR的输出范围限定在±0.6之间。

[0039] 应用公式:

$$Y = YP + PI$$

其中:

$$YP = GAIN \times ERR$$

$$PI_{(new)} = PI_{(old)} + GAIN \times \frac{dt}{TI} \times \frac{ERR_{(new)} + ERR_{(old)}}{2}$$

修正系数Y加1再乘以二次混合机加水流量即为修正后的加水流量。

[0040] 3) 利用水分偏差对二次混合需加水流量进行修正: 计算水分设定值与最终的水分测定值之间的偏差, 将偏差值ERR的十分之一再作为反馈修正值, 每300秒取值一次并进行30秒的加减水修正处理。

[0041] 4) 上述两种方法是修正最终水分值最快速最有效的方法, 可根据加水实际情况自由选择, 以便达到最好的加水效果。

[0042] 以上所述步骤a中的正常空载起车时自动加红泥系统开始工作时间是配料系统起车后从设定料批重量开始至混合料进入一混机前的时间, 该时间为现场反复跟踪测得; 故障重停起车时, 皮带上混合料, 操作人员可以灵活设置该时间延时, 以随时掌控自动加水时间。

[0043] 以上所述步骤b中延时料批重量是利用延迟时间功能块DELAY将料批重量设定值进行步骤a中所述时间的做延时处理, 再用采样功能取16个扫描周期平均值, 即延时料批重量。以使加红泥时机与需加红泥的混合料进入一次混合机内的时间达到一致。

[0044] 以上所述步骤中所有料批重量均是指每小时混合料的重量, 即混合料流量, 单位t/h。

[0045] 以上所述步骤d.1) 中温度补偿系数T: 加红泥时温度过低时易结冰, 即使在搅拌机的作用下不会结成较大冰凌或冰块, 也会存在较小的冰粒, 由于水的冷胀热缩特性, 红泥浆液在结冰过程体积会增大。这将导致同样流量情况下红泥浆液重量减少, 浆液中的含水量降低。采用温度补偿系数T来调节配加红泥流量, 保证了一年四季中不同温度下混合料水分的持续稳定。温度补偿系数T的调节范围在1.0-1.15之间。

[0046] 以上所述步骤d.3) 中的转速: 由于红泥在配加前是存放在浆液池中, 重力作用下红泥浆液会出现分层现象, 会导致混合料中配加浆液浓度不均匀; 不同批次的红泥浆液浓度不一致, 需要搅拌的力度不同, 因此根据红泥浆液浓度值来控制变频器输出进而改变搅拌机的电源频率最终达到调节搅拌机转速的目的, 保证红泥池中浆液浓度稳定一致。调节后搅拌机转速范围300-1500r/min。

[0047] 以上所述步骤g.1) 中的延时时间为混合料在一次混合机之后并进二次混合机之

前的时间,经现场实际测得为210秒。将f中计算的基准料批重量,做取样平均值和延时块处理,即g.2)中的延时基准料批重量。二次混合机料批重量和需加水流量开始延时的触发时间是一次混合机需加红泥流量大于 $10\text{m}^3/\text{h}$ 时,避免干扰信号的影响,保证二次混合机内混合料与加水流量相匹配。

[0048] 在实际的加水过程中,不确定因素非常多,操作工人可以根据现场情况选择上述步骤g中的两种方法计算方法所得的补加水量中更准确的水分值,这在一定程度上保证了加水效果,稳定了烧结矿的质量。

[0049] 以上所述步骤i中取样时间300秒是调整水流量变化周期,混合料进出二次混合机加水到测水点的时间,取其中30秒进行加水量的修正时间,在最后环节即二次混合机中利用两种不同点方法完成整个加红泥系统的水分反馈修正工作,是最快最有效且安全的水分修正方法,解决了之前混合料水分调整严重滞后的问题。

[0050] 本发明设置了多项系统报警。一次混合机阶段设置了加红泥流量设定值与反馈值偏差超限报警,红泥变频加浆泵故障状态报警;二次混合机阶段设置了二次混合机前微波水分与计算水分差值超限报警,两种二次混合机需加水流量差值超限报警,加水流量值设定与反馈值偏差超限报警,二次混合机出口微波水份检测值与设定值偏差超限报警,二次混合机出口水分值高低限报警。

[0051] 本发明特点是:①配加红泥时使用灵活的开始时间;②实现了烧结混合料中配加炼钢红泥流量的自动计算;③根据生产区域气温特点在计算红泥流量时加入温度补偿系数T;④根据不同批次红泥浆液浓度值控制搅拌机转速保证浆液浓度稳定;⑤在二次混合机环节加入两种可选择的负反馈调节,实现水分补偿的快速准确;⑥根据炼钢红泥的物质构成特性使用准确性更高的微波水分仪替换原有红外水分仪。本发明中应用的所有数据及程序编译的逻辑思路均为发明人结合大量的实践维护工作和反复调试设备过程中获取的第一手资料,程序、数据和设备的配合具有极好的唯一性、排他性、精准度和匹配度,是本行业其他技术人员难以想象的。

[0052] 本发明配加红泥时加入温度补偿系数、根据不同批次红泥浆液浓度控制搅拌机转速保证红泥浆液浓度以及在二次混合机环节加入两种可选择的负反馈调节,实现水分补偿的快速准确。

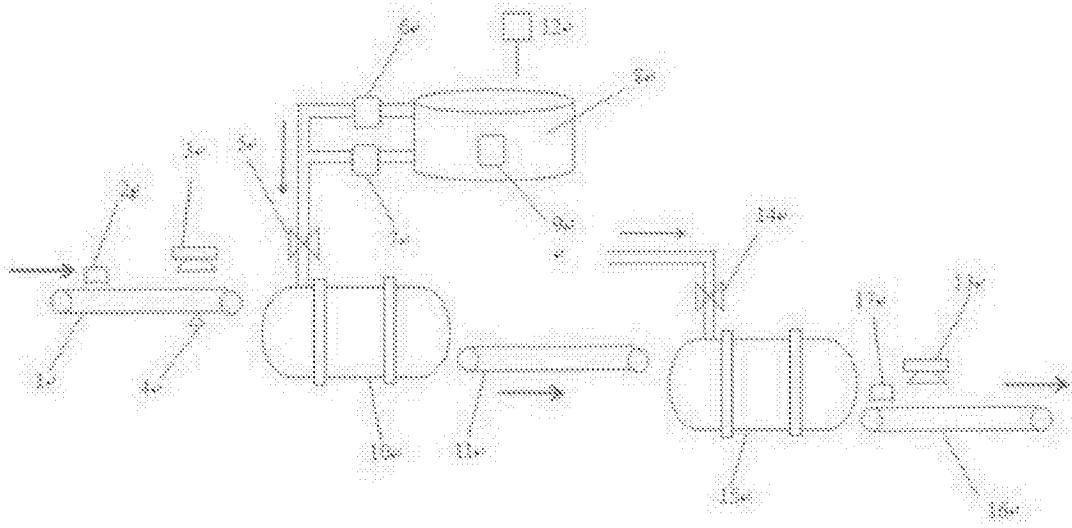


图1