



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104801416 A

(43) 申请公布日 2015. 07. 29

(21) 申请号 201510197421. 2

(22) 申请日 2015. 04. 23

(71) 申请人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号

(72) 发明人 门冉 盛昌栋 李晓东

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所 (普通合伙) 32204

代理人 李昊

(51) Int. Cl.

B02C 25/00(2006. 01)

F23K 1/00(2006. 01)

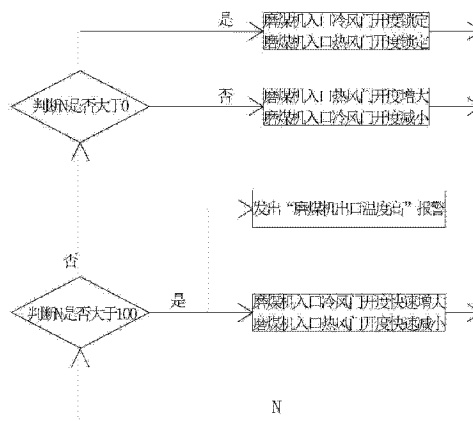
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

新型磨煤机出口温度控制系统及其控制方法

(57) 摘要

本发明公开一种新型磨煤机出口温度控制系统及其控制方法,其中控制系统包括控制器,磨煤机出口温度探测器、磨煤机热风调节门、所述磨煤机出口温度探测器于控制器相互连接,所述控制器连接至所述磨煤机热风调节门。本发明所涉及的控制方法相对于目前的控制方法来说,可以解决目前磨煤机出口温度控制方法中存在的磨煤机出口温度上限值只针对特定煤种来设定,不能适应磨煤机给煤品质频繁变化以及磨煤机出口温度运行值偏低的不足。可以提高磨煤机运行的自动化水平,有效提高磨煤机出口温度,降低磨煤机磨煤电耗,可以降低煤粉燃烧后产物中的含碳量。



1. 一种新型磨煤机出口温度控制系统,其特征在于,包括控制器,磨煤机出口温度探测器、磨煤机热风调节门和报警器,所述磨煤机出口温度探测器于控制器相互连接,所述控制器分别连接至所述磨煤机热风调节门和报警器。

2. 根据权利要求 1 所述的新型磨煤机出口温度控制系统,其特征在于,还包括磨煤机冷风调节门,所述控制器连接至所示磨煤机冷风调节门。

3. 根据权利要求 1 所述的新型磨煤机出口温度控制系统,其特征在于,还包括磨煤机出口一氧化碳探测器、磨煤机出口相对湿度探测器,所述磨煤机出口一氧化碳探测器和磨煤机出口相对湿度探测器分别连接至所述控制器。

4. 根据权利要求 2 所述的新型磨煤机出口温度控制系统,其特征在于,包括磨煤机出口一氧化碳探测器、磨煤机出口相对湿度探测器,所述磨煤机出口一氧化碳探测器和磨煤机出口相对湿度探测器分别连接至所述控制器。

5. 根据权利要求 4 所述的新型磨煤机出口温度控制系统的控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 所述控制器接收磨煤机出口一氧化碳探测器测得的磨煤机出口一氧化碳浓度值;

2) 若所述一氧化碳浓度值为 0PPm,则发送指令开大磨煤机热风调门并关小磨煤机冷风调门,若所述一氧化碳浓度值大于 0PPm,则发送指令锁定磨煤机入口热风调门开度,锁定冷风调门开度;

3) 若磨煤机出口一氧化碳浓度测点一氧化碳浓度大于 100PPm,则控制器发出“磨煤机出口温度高”报警信号,并快速减小磨煤机入口热风调门开度,并快速增大磨煤机入口冷风调门开度;

4) 若磨煤机的给煤机给煤量为 0t/h,则按照磨煤机启动或停止的操作要求控制磨煤机出口温度;

5) 若接收到磨煤机出口一氧化碳探测器错误值,则控制器发出指令,向报警器发出报警信号;否则返回步骤 1)。

6. 根据权利要求 4 所述的新型磨煤机出口温度控制系统的控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 所述控制器接收磨煤机出口相对湿度探测器测得的磨煤机出口相对湿度值;

2) 若所述相对湿度大于 0.52,则控制器发送指令增大磨煤机入口热风调门开度,并发送指令减小磨煤机入口冷风调门开度;

3) 若所述相对湿度小于 0.52,则控制器发送指令减小磨煤机入口热风调门开度,并增大磨煤机入口冷风调门开度,直至磨煤机出口风粉混合物相对湿度达到 0.52;

4) 若磨煤机出口风粉混合物相对湿度测点测得磨煤机出口风粉混合物相对湿度小于 0.5,则控制器发出报警信号,并快速减小磨煤机入口热风调门开度,并增大磨煤机入口冷风调门开度,直至磨煤机出口相对湿度大于 0.5;

5) 若磨煤机的给煤机给煤量为 0t/h,则按照磨煤机启动或停止的操作要求控制磨煤机出口温度;

6) 若接受到磨煤机出口风粉混合物相对湿度错误值,则控制器向报警器发出报警信号。

7. 根据权利要求 4 所述的新型磨煤机出口温度控制系统的控制方法,其特征在于,包

括以下步骤：

1) 将磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得的磨煤机出口一氧化碳浓度值和磨煤机出口风粉混合物相对湿度测点测得的磨煤机出口风粉相对湿度值同时接入磨煤机出口温度控制系统,作为控制磨煤机出口温度的参数；

2) 若磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得磨煤机出口一氧化碳浓度为 0PPm,且磨煤机出口风粉混合物相对湿度大于 0.52,则控制器发出指令,增大磨煤机入口热风调门开度,减小磨煤机入口冷风调门开度,直至磨煤机出口相对湿度值达到 0.52 或磨煤机出口一氧化碳浓度值大于 0PPm；

3) 若磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得磨煤机出口一氧化碳浓度为 0PPm,且磨煤机出口风粉混合物相对湿度小于 0.52,则控制器发出指令,减小磨煤机入口热风调门开度,增大磨煤机入口冷风调门开度,直至磨煤机出口相对湿度达到 0.52；

4) 若磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得磨煤机出口一氧化碳浓度值大于 0PPm 且小于 100PPm,则控制器发出指令,锁定磨煤机入口热风调门开度,锁定磨煤机入口冷风调门开度,并向报警器发出报警信号；

5) 若磨煤机出口一氧化碳浓度大于 100PPm 或磨煤机出口风粉混合物相对湿度小于 0.5,则控制器向报警器发出报警信号,并快速减小磨煤机入口热风调门开度,并快速增大磨煤机入口冷风调门开度,直至磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得一氧化碳浓度为 0PPm 且磨煤机出口相对湿度大于 0.5；

6) 若磨煤机的给煤机给煤量为 0t/h,则按照磨煤机启动或停止的操作要求控制磨煤机出口温度；

7) 若磨煤机出口一氧化碳浓度测点或风粉混合物相对湿度测点损坏,则磨煤机出口温度自动控制退出运行,由运行操作人员手动控制磨煤机出口温度。

## 新型磨煤机出口温度控制系统及其控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种新型磨煤机出口温度控制系统及其控制方法,针对使用煤作为原料的发电机组和其它工业生产中将煤块磨制成煤粉的磨煤机,属于到磨煤机节能和自动控制的技术领域。

### 背景技术

[0002] 对于采用煤作为原料的发电机组和其它工业生产过程来说,磨煤机出口温度的控制对于锅炉运行效率和相关设备运行经济性有重要影响。有试验表明,300MW燃煤发电机组的磨煤机出口温度提高 20℃,机组锅炉效率可提高 0.3%以上,磨煤机磨制煤粉的电耗显著下降。目前,以煤作为原料的火电机组或其它工业生产过程中使用的磨煤机的出口温度都有设计允许的上限值和下限值,在磨煤机运行中,运行操作人员控制磨煤机出口温度在上限值和下限值之间运行,磨煤机出口温度的控制是通过控制磨煤机入口热风调门和冷风调门开度来实现的。

[0003] 在我国,磨煤机出口最高温度由磨煤机给煤煤质和磨煤机型式来确定,具体磨煤机出口温度设定按照《火力发电厂制粉系统设计计算技术规定》和《磨制及燃烧粉状燃料的设备防爆规程》等确定。目前,大多数以煤为燃料的火电机组和其它工业生产过程的燃煤品质和磨煤机选型确定后,磨煤机出口温度上限值和下限值随之确定,在磨煤机运行规程中,规定运行操作人员将磨煤机出口温度控制在上限值和下限值之间,即使煤质发生变化,磨煤机出口温度的上限值和下限值仍保持不变。目前,为提高磨煤机运行经济性,有通过实验对磨煤机出口温度上限值和下限值进行重新设定的做法,但磨煤机给煤品质频繁变化时,频繁改变磨煤机出口温度的上限值和下限值会使得实验工作量和运行操作人员工作量增大,也不易在磨煤机出口温度控制过程中实现,因此,不会频繁设定磨煤机出口温度的上限值和下限值。现有磨煤机出口温度的控制方法不合理,磨煤机出口温度限值不能根据磨煤机给煤品质的变化而动态控制,磨煤机出口温度上限值设定过于保守,磨煤机运行经济性和自动化水平不高。通过大多数磨煤机运行调研可知,现运行磨煤机出口温度比允许高限值低 10-20℃,与磨煤机出口温度可达到最高温度低更多,磨煤机出口温度提高空间较大。综上所述,现有磨煤机出口温度控制方式存在的不足是,磨煤机出口温度的上限值和下限值固定,不能根据磨煤机给煤煤质变化而动态控制;现运行磨煤机出口温度偏低,磨煤机长时间在偏离经济工况下运行。

[0004] 在我国,大部分燃煤火电机组和工业生产过程中的磨煤机给煤品质变化频繁,磨煤机在偏离设计给煤品质下的运行时间较长,磨煤机出口温度设定统一的定值会导致磨煤机出口温度不能根据煤质变化而变化,不利于磨煤机变煤质工况下运行的经济性。因此,需要对磨煤机出口温度的控制实现动态控制,使得磨煤机出口温度的上限值和下限值能够根据煤质的变化进行动态控制。一般来说,为了防止磨煤机出口管路堵粉,磨煤机出口温度应控制在风粉混合物露点温度以上,为提高制粉设备运行经济性,应在保证磨煤机运行安全性的前提下尽可能提高磨煤机出口温度。本发明所涉及的新型磨煤机出口温度控制方法不

改变原有磨煤机运行温度的下限值,在保证磨煤机运行安全的前提下,动态控制磨煤机出口温度上限值,实现磨煤机在出口温度在允许的高限值下运行。

[0005] 有研究表明,燃料煤在受热析出可燃性挥发分气体的过程中,随着煤受热温度的升高一氧化碳最先析出,也即在燃料煤的各种可燃性挥发分中,一氧化碳的析出温度最低,只要无一氧化碳析出,就不会有其它可燃性挥发分析出。因此,只要磨煤机出口一氧化碳测点测得一氧化碳浓度为 0PPm,则此时磨煤机出口温度值是合理的,并不会影响磨煤机安全运行。德国 Ciba-Geigy 公司经试验确定,当气粉混合物相对湿度大于 50%时,无爆炸危险性,也即磨煤机出口风粉混合物的相对湿度大于 50%,则磨煤机出口风粉混合物即使遇到明火也不会发生爆炸,因此只要磨煤机出口风粉混合物相对湿度大于 50%,则磨煤机不存在爆炸可能,此时磨煤机出口温度值是合理的,不影响磨煤机的安全运行。因此,本发明所涉及的磨煤机出口温度控制方法中,将磨煤机出口一氧化碳浓度测量值和风粉混合物相对湿度测量值作为控制磨煤机出口温度控制的参数,并按照磨煤机的安全运行要求来设定一氧化碳浓度和风粉混合物相对湿度上限值,在限值内控制磨煤机出口温度上限值,使得磨煤机出口温度能够在安全运行范围内达到最大值,实现一种新的磨煤机出口温度上限值的动态控制。

## 发明内容

[0006] 发明目的:本发明的目的在于采用新的磨煤机出口温度的控制方法,实现磨煤机出口温度上限值可以根据给煤品质的变化而动态控制,并在保证磨煤机安全运行的情况下,最大限度地提高磨煤机出口温度,提高磨煤机运行经济性,提高运行自动化水平,并提高磨煤机相关系统运行经济性,解决目前磨煤机出口温度控制方法中存在的磨煤机出口温度上限值只针对特定煤种来设定,不能适应磨煤机给煤品质的频繁变化以及磨煤机出口温度运行值偏低的不足。

[0007] 技术方案:本发明所述的新型磨煤机出口温度控制系统,包括控制器,磨煤机出口温度探测器、磨煤机热风调节门和报警器,所述磨煤机出口温度探测器于控制器相互连接,所述控制器分别连接至所述磨煤机热风调节门和报警器。

[0008] 进一步地,还包括磨煤机冷风调节门,所述控制器连接至所示磨煤机冷风调节门。

[0009] 进一步地,还包括磨煤机出口一氧化碳探测器、磨煤机出口相对湿度探测器,所述磨煤机出口一氧化碳探测器和磨煤机出口相对湿度探测器分别连接至所述控制器。

[0010] 进一步地,还包括磨煤机出口一氧化碳探测器、磨煤机出口相对湿度探测器,所述磨煤机出口一氧化碳探测器和磨煤机出口相对湿度探测器分别连接至所述控制器。

[0011] 本发明还包括新型磨煤机出口温度控制系统的控制方法,包括以下步骤:

[0012] 1) 所述控制器接收磨煤机出口一氧化碳探测器测得的磨煤机出口一氧化碳浓度值;

[0013] 2) 若所述一氧化碳浓度值为 0PPm,则发送指令开大磨煤机热风调门并关小磨煤机冷风调门,若所述一氧化碳浓度值大于 0PPm,则发送指令锁定磨煤机入口热风调门开度,锁定冷风调门开度;

[0014] 3) 若磨煤机出口一氧化碳浓度测点一氧化碳浓度大于 100PPm,则控制器发出“磨煤机出口温度高”报警信号,并快速减小磨煤机入口热风调门开度,并快速增大磨煤机入口

冷风调门开度；

[0015] 4) 若磨煤机的给煤机给煤量为 0t/h, 则按照磨煤机启动或停止的操作要求控制磨煤机出口温度；

[0016] 5) 若接收到磨煤机出口一氧化碳探测器错误值, 则控制器发出指令, 向报警器发出报警信号; 否则返回步骤 1)。

[0017] 本发明还包括新型磨煤机出口温度控制系统的控制方法, 包括以下步骤:

[0018] 1) 所述控制器接收磨煤机出口相对湿度探测器测得的磨煤机出口相对湿度值;

[0019] 2) 若所述相对湿度大于 0.52, 则控制器发送指令增大磨煤机入口热风调门开度, 并发送指令减小磨煤机入口冷风调门开度;

[0020] 3) 若所述相对湿度小于 0.52, 则控制器发送指令减小磨煤机入口热风调门开度, 并增大磨煤机入口冷风调门开度, 直至磨煤机出口风粉混合物相对湿度达到 0.52;

[0021] 4) 若磨煤机出口风粉混合物相对湿度测点测得磨煤机出口风粉混合物相对湿度小于 0.5, 则控制器发出报警信号, 并快速减小磨煤机入口热风调门开度, 并增大磨煤机入口冷风调门开度, 直至磨煤机出口相对湿度大于 0.5;

[0022] 5) 若磨煤机的给煤机给煤量为 0t/h, 则按照磨煤机启动或停止的操作要求控制磨煤机出口温度;

[0023] 6) 若接受到磨煤机出口风粉混合物相对湿度错误值, 则控制器向报警器发出报警信号。

[0024] 本发明还包括新型磨煤机出口温度控制系统的控制方法, 包括以下步骤:

[0025] 1) 将磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得的磨煤机出口一氧化碳浓度值和磨煤机出口风粉混合物相对湿度测点测得的磨煤机出口风粉相对湿度值同时接入磨煤机出口温度控制系统, 作为控制磨煤机出口温度的参数;

[0026] 2) 若磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得磨煤机出口一氧化碳浓度为 0PPm, 且磨煤机出口风粉混合物相对湿度大于 0.52, 则控制器发出指令, 增大磨煤机入口热风调门开度, 减小磨煤机入口冷风调门开度, 直至磨煤机出口相对湿度值达到 0.52 或磨煤机出口一氧化碳浓度值大于 0PPm;

[0027] 3) 若磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得磨煤机出口一氧化碳浓度为 0PPm, 且磨煤机出口风粉混合物相对湿度小于 0.52, 则控制器发出指令, 减小磨煤机入口热风调门开度, 增大磨煤机入口冷风调门开度, 直至磨煤机出口相对湿度达到 0.52;

[0028] 4) 若磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得磨煤机出口一氧化碳浓度值大于 0PPm 且小于 100PPm, 则控制器发出指令, 锁定磨煤机入口热风调门开度, 锁定磨煤机入口冷风调门开度, 并向报警器发出报警信号;

[0029] 5) 若磨煤机出口一氧化碳浓度大于 100PPm 或磨煤机出口风粉混合物相对湿度小于 0.5, 则控制器向报警器发出报警信号, 并快速减小磨煤机入口热风调门开度, 并快速增大磨煤机入口冷风调门开度, 直至磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得一氧化碳浓度为 0PPm 且磨煤机出口相对湿度大于 0.5;

[0030] 6) 若磨煤机的给煤机给煤量为 0t/h, 则按照磨煤机启动或停止的操作要求控制磨煤机出口温度;

[0031] 7) 若磨煤机出口一氧化碳浓度测点或风粉混合物相对湿度测点损坏, 则磨煤机出

口温度自动控制退出运行,由运行操作人员手动控制磨煤机出口温度。

[0032] 本发明与现有技术相比,其有益效果是:本发明所涉及的控制方法相对于目前的控制方法来说,可以解决目前磨煤机出口温度控制方法中存在的磨煤机出口温度上限值只针对特定煤种来设定,不能适应磨煤机给煤品质频繁变化以及磨煤机出口温度运行值偏低的不足。可以提高磨煤机运行的自动化水平,有效提高磨煤机出口温度,降低磨煤机磨煤电耗,可以降低煤粉燃烧后产物中的含碳量,减小煤粉不完全燃烧热损失,提高的煤利用率,可以解决煤粉输送过程中堵粉问题。对于燃煤火电机组来说可以稳定锅炉燃烧,可以降低锅炉排烟温度,提高锅炉效率,降低煤粉燃烧后炉渣和飞灰的含碳量,减少不完全燃烧热损失。

### 附图说明

[0033] 图1为本发明实施例1所述的新型磨煤机出口温度控制系统结构框图;

[0034] 图2为本发明实施例2所述的新型磨煤机出口温度控制系统结构框图;

[0035] 图3为本发明实施例3所述的新型磨煤机出口温度控制系统结构框图;

[0036] 图4为本发明实施例1所述的新型磨煤机出口温度控制系统的控制方法算法流程图;

[0037] 图5为本发明实施例2所述的新型磨煤机出口温度控制系统的控制方法算法流程图;

[0038] 图6为本发明实施例3所述的新型磨煤机出口温度控制系统的控制方法算法流程图。

### 具体实施方式

[0039] 下面对本发明技术方案进行详细说明,但是本发明的保护范围不局限于所述实施例。

[0040] 实施例1:

[0041] 本实施例的控制系统结构如图1所示,算法流程图如图4所示,具体如下:

[0042] 1) 将磨煤机出口一氧化碳浓度测量信号接入磨煤机出口温度控制系统,作为控制磨煤机出口温度的参数;

[0043] 2) 若磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得磨煤机出口一氧化碳浓度平均值为0PPm,则控制器发出指令,增大磨煤机入口热风调门开度并减小磨煤机入口冷风调门开度,当磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得磨煤机出口一氧化碳浓度值大于0PPm时,立即锁定磨煤机入口热风调门开度,锁定冷风调门开度;

[0044] 3) 若磨煤机出口一氧化碳浓度测点中任一测点测得磨煤机出口一氧化碳浓度值大于100PPm,则控制器发出指令发出“磨煤机出口温度高”报警信号,并快速减小磨煤机入口热风调门,并快速增大磨煤机入口冷风调门,直至磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得磨煤机出口一氧化碳浓度为0PPm;

[0045] 4) 若磨煤机给煤量为0t/h,则按照磨煤机启动或停止的操作要求控制磨煤机出口温度;

[0046] 5) 若磨煤机出口一氧化碳测点损坏,则控制器发出指令,磨煤机出口温度自动控

制退出运行,由运行操作人员手动控制磨煤机出口温度。

[0047] 实施例 2:

[0048] 本实施例的控制系统结构如图 2 所示,算法流程图如图 5 所示,具体如下:

[0049] 1) 将磨煤机出口风粉混合物相对湿度测量信号接入磨煤机出口温度控制系统,作为控制磨煤机出口温度的参数;

[0050] 2) 若磨煤机出口风粉混合物相对湿度测点测得磨煤机出口风粉混合物相对湿度大于 0.52,则控制器发出指令,增大磨煤机入口热风调门开度,并减小冷风调门开度,直至磨煤机出口风粉混合物相对湿度为 0.52;

[0051] 3) 若磨煤机出口风粉混合物相对湿度测点测得磨煤机出口风粉混合物相对湿度小于 0.52,则减小磨煤机入口热风调门开度,增大磨煤机入口冷风调门开度,直至磨煤机出口风粉混合物相对湿度为 0.52;

[0052] 4) 若磨煤机出口风粉混合物相对湿度测点测得磨煤机出口风粉混合物相对湿度小于 0.5,则控制器发出“磨煤机出口温度高”的报警信号,并快速减小磨煤机入口热风调门开度,快速增大磨煤机入口冷风调门开度至全开,直至磨煤机出口风粉混合物相对湿度大于 0.5;

[0053] 5) 若磨煤机给煤量为 0t/h,则按照磨煤机启动或停止的操作要求控制磨煤机出口温度;

[0054] 6) 若磨煤机出口风粉混合物相对湿度测点损坏,则控制器发出指令,磨煤机出口温度自动控制退出运行,由运行操作人员手动控制磨煤机出口温度。

[0055] 实施例 3:

[0056] 本实施例的控制系统结构如图 3 所示,算法流程图如图 6 所示,具体如下:

[0057] 1) 将磨煤机出口一氧化碳浓度测量信号和磨煤机出口风粉混合物相对湿度测量信号接入磨煤机出口温度控制系统,作为控制磨煤机出口温度的参数;

[0058] 2) 若磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得磨煤机出口一氧化碳浓度为 0PPm,且磨煤机出口风粉混合物相对湿度大于 0.52,则增大磨煤机入口热风调门开度,减小磨煤机入口冷风调门开度,直至磨煤机出口相对湿度为 0.52 或磨煤机出口一氧化碳浓度值大于 0PPm;

[0059] 3) 若磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得磨煤机出口一氧化碳浓度为 0PPm,且磨煤机出口风粉混合物相对湿度小于 0.52,则控制器发出指令,减小磨煤机入口热风调门,增大磨煤机入口冷风调门,直至磨煤机出口相对湿度为 0.52;

[0060] 4) 若磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得磨煤机出口一氧化碳浓度为大于 0PPm 且小于 100PPm,则发出“磨煤机出口一氧化碳浓度大于 0”的信号,并锁定磨煤机入口热风调门开度,并锁定磨煤机入口冷风调门开度;

[0061] 5) 若磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得磨煤机出口一氧化碳浓度大于 100PPm 或磨煤机出口风粉混合物相对湿度小于 0.5,则控制器发出“磨煤机出口温度高”报警信号,并快速减小磨煤机入口热风调门开度,并快速增大磨煤机入口冷风调门开度,直至磨煤机出口一氧化碳浓度测点测得磨煤机出口一氧化碳浓度为 0PPm 或磨煤机出口相对湿度测点测得磨煤机出口风粉混合物相对湿度大于 0.5;

[0062] 6) 若磨煤机给煤量为 0t/h,则按照磨煤机启动或停止的操作要求控制磨煤机出



口温度；

[0063] 7) 若磨煤机出口一氧化碳浓度测点或磨煤机出口风粉混合物相对湿度测点损坏，则控制器发出指令，磨煤机出口温度自动控制退出运行，由运行操作人员手动控制磨煤机出口温度。

[0064] 如上所述，尽管参照特定的优选实施例已经表示和表述了本发明，但其不得解释为对本发明自身的限制。在不脱离所附权利要求定义的本发明的精神和范围前提下，可对其在形式上和细节上作出各种变化。

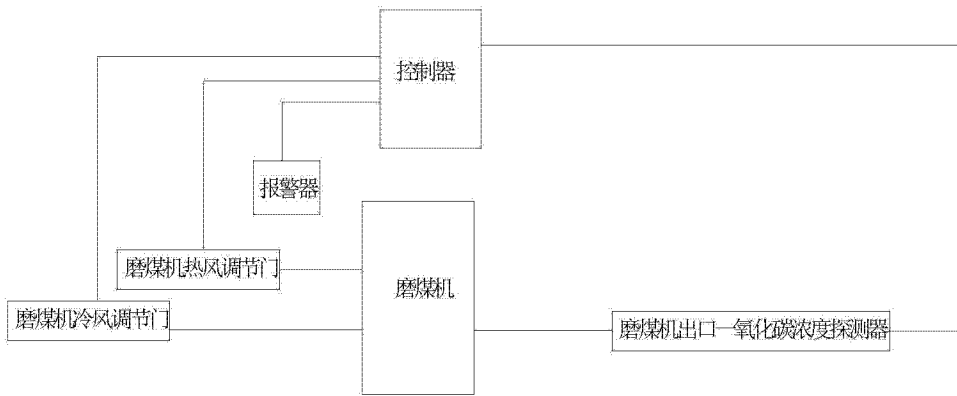


图 1

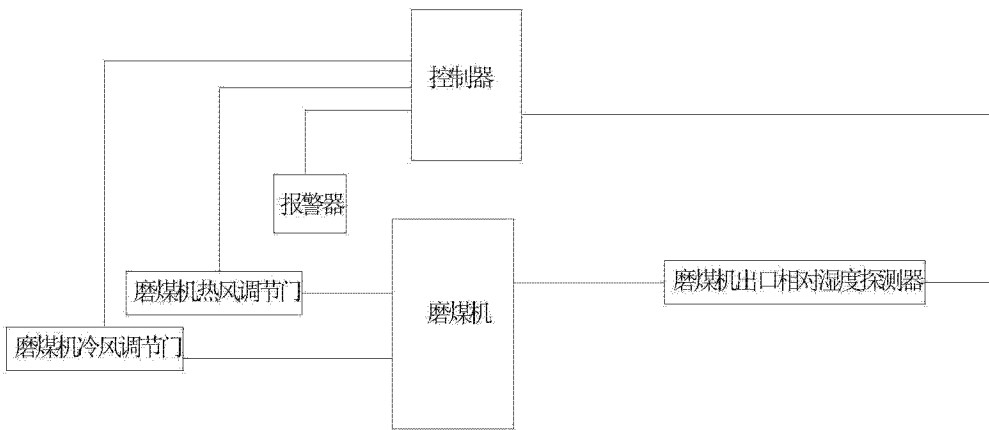


图 2

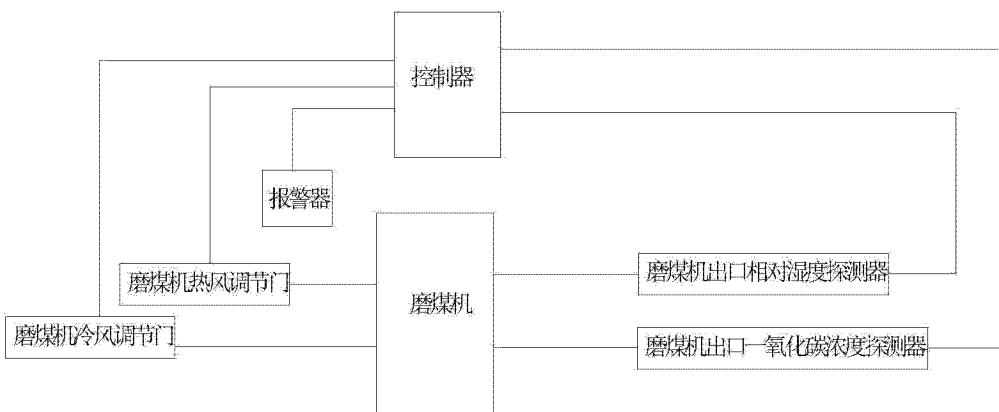


图 3

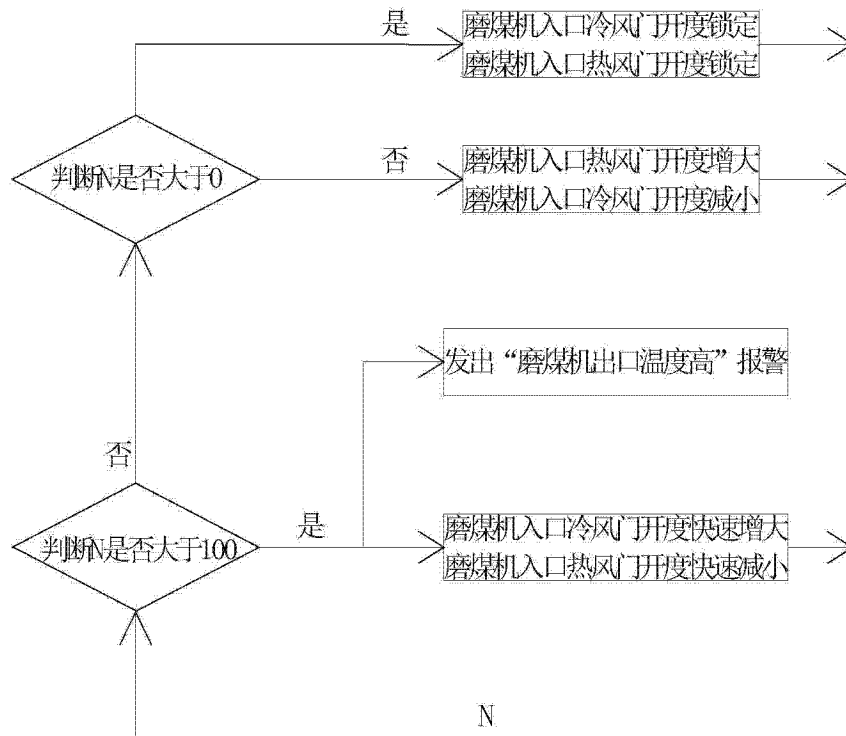


图 4

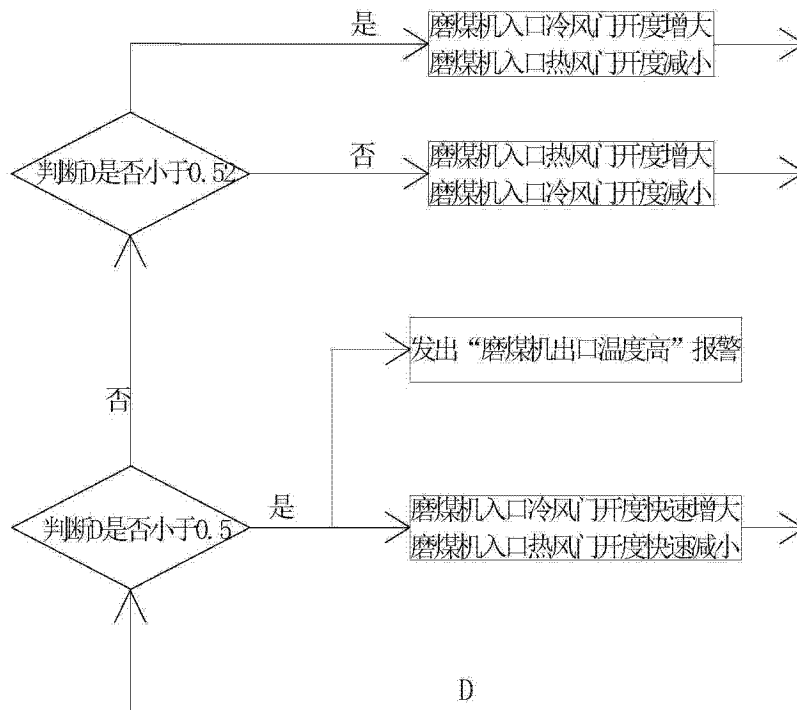


图 5

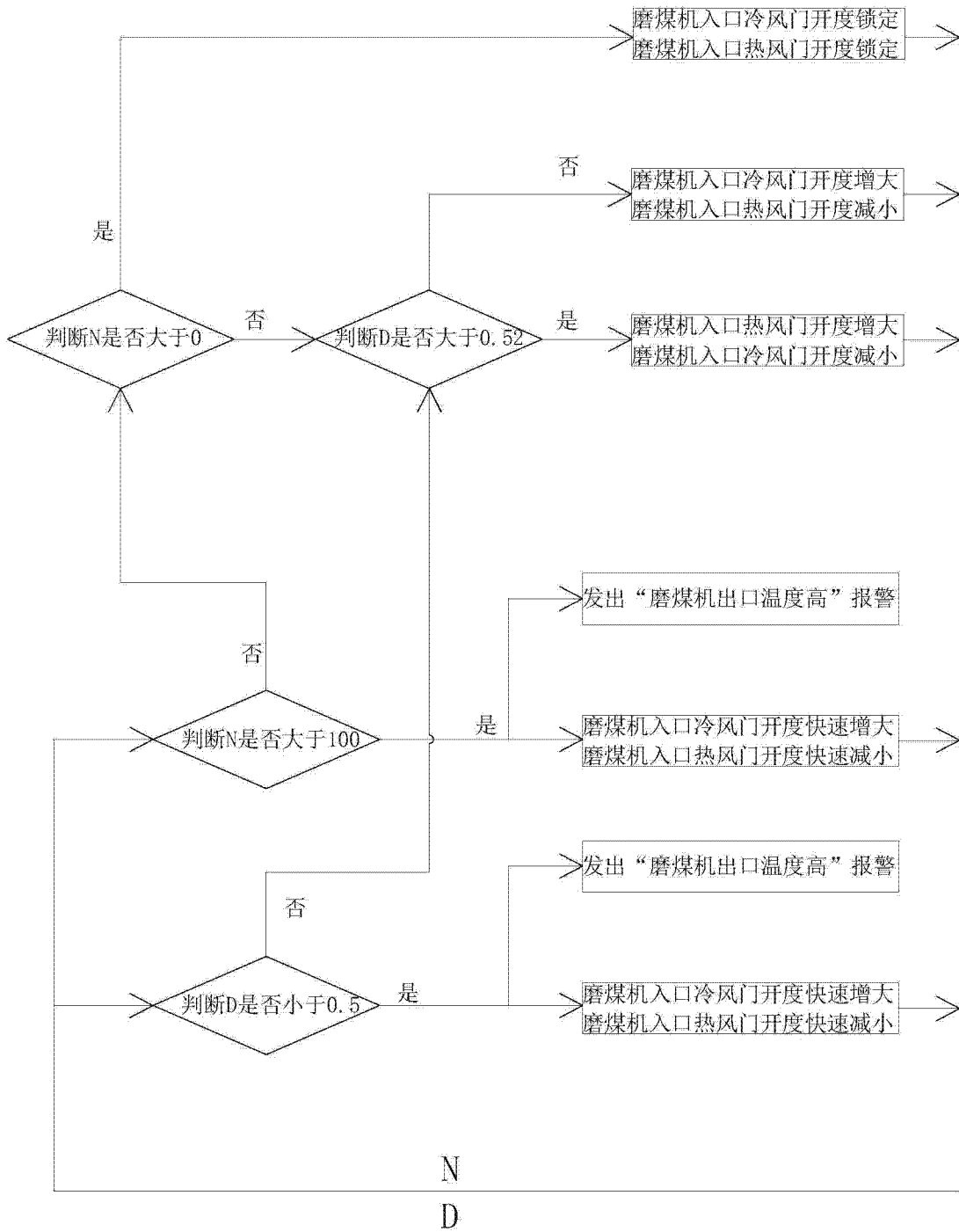


图 6