

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101334666 B

(45) 授权公告日 2010.10.27

(21) 申请号 200810150346.4

(22) 申请日 2008.07.15

(73) 专利权人 西安艾贝尔科技发展有限公司
地址 710075 陕西省西安市高新区科技二路
58号5-802

(72) 发明人 徐宝平

(74) 专利代理机构 西安西达专利代理有限责任
公司 61202
代理人 刘华

(51) Int. Cl.

G05B 19/418(2006.01)

B02C 25/00(2006.01)

B02C 17/18(2006.01)

(56) 对比文件

WO 2007/124981 A1, 2007.11.08, 全文.

CN 101038277 A, 2007.09.19, 全文.

CN 1836785 A, 2006.09.27, 全文.

CN 1584758 A, 2005.02.23, 全文.

CN 1958166 A, 2007.05.09, 全文.

CN 101183084 A, 2008.05.21, 全文.

CN 101178580 A, 2008.05.14, 全文.

梁春辉,任生友,胡祥勇.《正压直吹式制粉
系统运行优化方式的探讨》.《江西电力》.2003,
第27卷(第5期),26,27,35.

王显利,李瑞扬,黄中民,杨秉琳.《钢球磨煤
机计算机控制系统》.《自动化技术与应用》.2003,
第22卷(第8期),39-41.

审查员 马燕

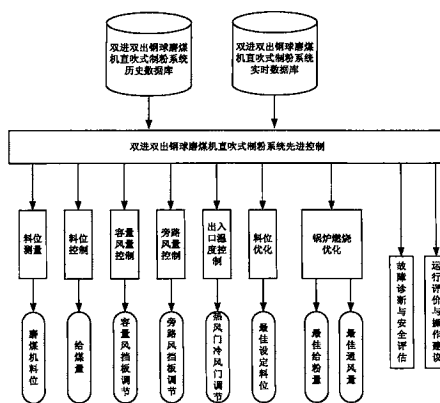
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 7 页

(54) 发明名称

双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控
制方法

(57) 摘要

本发明公开了双进双出钢球磨煤机直吹式制
粉系统优化控制方法,该方法通过采集磨煤机噪
声料位、压差料位、磨煤机电流、一次风量、入口一
次热风门与冷风门开度、入口温度与出口温度进
行软测量处理后得到磨煤机料位;控制包括料位
控制、容量风量控制、旁路风量控制和出入口温度
控制;料位优化在线搜索磨煤机最佳料位,以保
证锅炉燃烧安全和锅炉调负荷时的煤粉供给量。
锅炉燃烧优化根据锅炉工艺、负荷与运行工况优
化各台磨煤机的供粉量和通风量,提高锅炉的燃
烧效率。对系统进行故障诊断、运行评价与分析,
并给出合理建议,保证系统连续、稳定、安全、经济
运行,广泛应用于双进双出钢球磨煤机直吹式制
粉系统或其它行业工艺相似系统。



CN 101334666 B

1. 一种双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控制方法,其特征包括下述步骤:

1)、先进控制模块获取制粉系统历史数据与实时数据;

2)、先进控制模块通过料位测量模块对磨煤机内料位原始参数实时测量;

3)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据,实时将数据信息输给料位控制模块,料位控制模块调节给煤量;

4)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据、实时数据后,将数据信息输给容量风量控制模块,容量风量控制模块调节容量风挡板开度;

5)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据、实时数据后,实时将数据信息输给旁路风量控制模块,旁路风量控制模块调节旁路风挡板开度;

6)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据、实时数据后,实时将数据信息输出口温度控制模块,出口温度控制模块调节热风门开度和冷风门开度;

7)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据、实时数据后,实时将数据信息输给料位优化模块,料位优化模块得到最佳料位设定值;

8)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据、实时数据后,实时将数据信息输给锅炉燃烧优化模块,锅炉燃烧优化模块得到最佳给粉量和最佳通风量设定值;

9) 先进控制模块给出故障诊断与安全评估信息;

10)、先进控制模块给出运行评价与操作建议信息。

2. 根据权利要求 1 所述的双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控制方法,其特征在于所述料位测量模块采集磨煤机噪声料位信号、压差料位信号、入口一次风量信号、入口温度信号、出口温度信号和磨煤机电流信号,采用料位软测量模块得到磨煤机料位;上述噪声信号测点有两个,分别来自磨煤机两端 $1/6-1/4$ 处;噪声料位信号与压差料位信号至少有一个;入口一次风量信号、入口温度信号、出口温度信号和磨煤机电流信号选择其中一个、两个或两个以上信号,或用其替代信号,风量用风门开度代替,磨煤机电流用磨煤机功率代替。

3. 根据权利要求 1 所述的双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控制方法,其特征在于上述料位控制模块为双进双出的各种运行模式,其中包括双进双出、双进单出、单进双出和单进单出运行模式,上述料位控制模块具有自整定功能,根据控制输入与控制性能分析对料位控制器参数进行整定,参数整定能够在线连续整定或间歇整定。

4. 根据权利要求 1 所述的双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控制方法,其特征在于上述出入口温度控制模块存在两种控制方式,一种方式以入口温度为控制目标量,通过调节热一次风量和冷一次风量来实现入口温度的稳定,另一种方式以出口温度为控制目标量,通过调节热一次风量和冷一次风量来实现出口温度的稳定;一般在启动和停止过程中采用入口温度控制方式,在运行过程中采用出口温度控制方式。

5. 根据权利要求 1 所述的双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控制方法,其特征在于所述的料位优化控制模块给出运行的各台磨煤机的最佳料位设定,优化方式在运行初值基础上通过施加扰动,根据结果确定优化方向,再根据最低磨煤机能耗目标函数对最佳运行状态进行搜索,最终得到最佳料位设定值。

6. 根据权利要求 1 所述的双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控制方法,其特征在于所述的锅炉燃烧优化控制模块给出运行的各台磨煤机的给粉分配量,并就每台磨煤机

给出其所对应的最佳给粉量与最佳通风量,控制最佳风粉配比;优化包括静态优化与动态优化两种方式,静态优化方式通过获取构建锅炉燃烧过程优化模型,根据运行工况对各台磨煤机的给粉量与通风量给出优化初值,动态优化方式在运行初值基础上通过施加扰动,根据结果确定优化方向,再根据最佳燃烧效果目标函数对最佳运行状态进行搜索,最终得到最佳给粉量与最佳通风量。

7. 根据权利要求 1 所述的双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控制方法,其特征在于所述先进控制模块给出故障诊断与安全评估信息,其信息一方面对制粉系统故障进行诊断,包括实时故障诊断,其故障诊断包括满煤、空煤、断煤和磨煤机异常;另一方面是根据历史数据对制粉系统实现故障状态检测,在制粉系统故障前给出提示,其提示包括轴瓦磨损严重、制粉系统漏风;根据运行数据对整个制粉系统运行的安全性进行评估,给出安全评价结果。

8. 根据权利要求 1 所述的双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控制方法,其特征在于所述先进控制模块给出运行评价与操作建议信息,运行评价信息是指当前操作运行的稳定、运行效率的高低,操作建议信息是对制粉系统的运行给出建议,其建议是指钢球缺失;根据锅炉负荷状况、机组运行经济性给出最佳组合运行方式;根据锅炉负荷状况建议最佳给煤量与通风量。

双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及自动控制技术领域,具体涉及双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控制方法。

背景技术

[0002] 双进双出钢球磨煤机是火力发电厂直吹式磨煤制粉系统的主体设备,该设备具有连续作业率高、维修方便、粉磨出力和细度稳定、储存能力大、响应迅速、运行灵活性大、较低的风煤比、适用煤种范围广、不受异物影响、无需备用磨煤机等优点、能研磨各种硬度和磨蚀性强的煤种,是火力发电厂锅炉制粉系统设备中除中速直吹式磨煤机,高速风扇式磨煤机之外的又一种性能优越的直吹式磨煤机。

[0003] 双进双出钢球磨煤机制粉系统比较复杂,设备繁多,因而自动控制未能达到期望目标。目前磨煤机料位依据现有测量装置或者借助其他运行相关量来反映,运行操作主要凭借操作人员的手动操作,因而在运行状况(包括负荷、煤质等)发生变化时,难以及时适应其变化,难以达到最佳的调节品质。因为控制关键量磨煤机内料位没有准确有效测量,所以料位控制(或者给煤自动控制)无法实现,因为给煤量的调节品质会直接影响煤粉质量、锅炉燃烧质量和机组的自动调节性能,所以会直接影响 CCS、AGC 的自动投入,影响机组自动投入率及机组的安全经济运行。

[0004] 为了提高机组的安全经济运行,达到降低能耗,降低磨煤机风煤比,提高机组自动化程度的目的,同时保证自动投入率 90% 以上。因而寻求一种能够实现自动调节给煤、自动调节容量风、自动调节旁路风,实现料位稳定,且煤粉细度合格、均匀、能耗低的双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控制成为人们研究的目标。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统,以连续、稳定、安全、经济运行为目标,结构合理,操作、维护方便、运行可靠的一种双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控制方法。

[0006] 为了克服现有技术的缺陷,本发明的技术方案是这样解决的:

[0007] 双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控制方法,其特殊之处包括下述步骤:

[0008] 1)、先进控制模块获取制粉系统历史数据与实时数据;

[0009] 2)、先进控制模块通过料位测量模块对磨煤机内料位原始参数实时测量;

[0010] 3)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据,实时将数据信息输给料位控制模块,料位控制模块调节给煤量;

[0011] 4)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据、实时数据后,将数据信息输给容量风量控制模块,容量风量控制模块调节容量风挡板开度;

[0012] 5)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据、实时数据后,实时将数据信息输给旁路风量控制模块,旁路风量控制模块调节旁路风挡板开度;

[0013] 6)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据、实时数据后,实时将数据信息输出口温度控制模块,出口温度控制模块调节热风门开度和冷风门开度;

[0014] 7)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据、实时数据后,实时将数据信息输料位优化模块,料位优化模块得到最佳料位设定值;

[0015] 8)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据、实时数据后,实时将数据信息输锅炉燃烧优化模块,锅炉燃烧优化模块得到最佳给粉量和最佳通风量设定值;

[0016] 9) 先进控制模块给出故障诊断与安全评估信息;

[0017] 10)、先进控制模块给出运行评价与操作建议信息。

[0018] 所述料位测量模块采集磨煤机噪声料位信号、压差料位信号、入口一次风量信号、入口温度信号、出口温度信号和磨煤机电流信号,磨煤机料位信号;上述噪声信号测点有两个,分别来自磨煤机两端 1/6-1/4 处;噪声料位信号与压差料位信号至少有一个;入口一次风量信号、入口温度信号、出口温度信号和磨煤机电流信号选择其中一个、两个或两个以上信号,或用其替代信号,风量用风门开度代替,磨煤机电流用磨煤机功率代替。

[0019] 上述料位控制模块为双进双出的各种运行模式,其中包括双进双出、双进单出、单进双出和单进单出运行模式,上述料位控制模块具有自整定功能,根据控制输入与控制性能分析对料位控制器参数进行整定,参数整定能够在线连续整定或间歇整定。

[0020] 上述出入口温度控制模块存在两种控制方式,一种方式以入口温度为控制目标量,通过调节热一次风量和冷一次风量来实现入口温度的稳定,另一种方式以出口温度为控制目标量,通过调节热一次风量和冷一次风量来实现出口温度的稳定;一般在启动和停止过程中采用入口温度控制方式,在运行过程中采用出口温度控制方式。

[0021] 所述的料位优化控制模块给出运行的各台磨煤机的最佳料位设定,优化方式在运行初值基础上通过施加扰动,根据结果确定优化方向,再根据最低磨煤机能耗目标函数对最佳运行状态进行搜索,最终得到最佳料位设定值。

[0022] 所述的锅炉燃烧优化控制模块给出运行的各台磨煤机的给粉分配量,并就每台磨煤机给出其所对应的最佳给粉量与最佳通风量,控制最佳风粉配比;优化包括静态优化与动态优化两种方式,静态优化方式通过获取构建锅炉燃烧过程优化模型,根据运行工况对各台磨煤机的给粉量与通风量给出优化初值,动态优化方式在运行初值基础上通过施加扰动,根据结果确定优化方向,再根据最佳燃烧效果目标函数对最佳运行状态进行搜索,最终得到最佳给粉量与最佳通风量。

[0023] 所述先进控制模块给出故障诊断与安全评估信息,其信息一方面对制粉系统故障进行诊断,包括实时故障诊断,其故障诊断包括满煤、空煤、断煤和磨煤机异常;另一方面是根据历史数据对制粉系统实现故障状态检测,在制粉系统故障前给出提示,其提示包括轴瓦磨损严重、制粉系统漏风;根据运行数据对整个制粉系统运行的安全性进行评估,给出安全评价结果。

[0024] 所述先进控制模块给出运行评价与操作建议信息,运行评价信息是指当前操作运行的稳定、运行效率的高低,操作建议信息是对制粉系统的运行给出建议,其建议是指钢球缺失;根据锅炉负荷状况、机组运行经济性给出最佳组合运行方式;根据锅炉负荷状况建议最佳给煤量与通风量。

[0025] 本发明与现有技术相比,实现了磨煤机料位的准确实时测量,实现了料位自动控

制,实现了容量风、旁路风自动控制,实现了出入口温度自动控制,同时具有料位优化控制和锅炉燃烧优化控制,而且具有故障诊断与安全评估功能和运行评价与操作建议功能。料位准确测量是料位控制的关键,料位控制不仅能够保证所制煤粉的细度、均匀度和研磨效率,防止因磨煤机内存煤量引起的故障或事故(例如爆炸),而且是主汽压力自动、炉机协调控制(CCS)、自动发电控制(AGC)的基础。容量风(亦称制粉风)能够携带出磨煤机内的煤粉,用来调节进入锅炉燃烧的煤粉量;容量风(亦称辅助风)用来保证管道内的风速不低于设计值。出入温度控制是在安全运行的基础上调节制粉、燃烧的煤粉温度。料位优化用来在线搜索磨煤机内的最佳料位设定值,最佳料位能够保证煤粉细度合格与稳定,保证制粉单耗经济,同时使磨煤机内有一定的存煤量,保证了锅炉燃烧的安全和锅炉调负荷时的煤粉供给量。锅炉燃烧优化主要是通过锅炉燃烧工艺、锅炉负荷与运行工况,分配各台磨煤机的负荷量(即供粉量),调整最佳风煤比,得到最佳的通风量,提高锅炉的燃烧效率。具有结构合理,操作方便,节能降耗的优点。一方面能够保证制粉系统的连续、稳定、安全、经济运行;另一方面能够改善供给锅炉燃烧煤粉的质量,提高锅炉燃烧的经济性,同时降低碳氧化物和氮氧化物的排放;本发明的应用还能减轻运行人员劳动强度,减少制粉系统维护量,因而具有显著的经济效益和良好的社会效益。广泛应用于双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统或其他相似工艺过程。

[0026] 本发明具有以下特点:

[0027] 实现磨煤机内料位的准确测量;

[0028] 磨煤机料位控制;

[0029] 磨煤机料位优化控制;

[0030] 磨煤机出口温度自动控制;

[0031] 磨煤机容量风自动控制;

[0032] 磨煤机旁路风自动控制;

[0033] 锅炉燃烧优化控制;

[0034] 保证制粉过程的安全、经济运行;

[0035] 保证制粉系统稳定运行,满足 CCS 协调控制投入后磨煤机料位的自动控制能够指导操作运行。

[0036] 本发明所能达到的技术指标如下:

[0037] 降低钢材损耗 10% -30%;

[0038] 磨煤机节电 $\geq 4\%$;

[0039] 提高锅炉燃烧效率 0.5% -2.0%;

[0040] 自动利用率 $\geq 90\%$;

[0041] 保证磨煤机出口的煤粉细度在合格范围,降低烟气飞灰可燃物;

[0042] 煤位自动满足机组 AGC 运行所要求的响应时间。

附图说明

[0043] 图 1 为双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控制结构框图;

[0044] 图 2 为双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统测点与控制点示意图;

[0045] 图 3 为料位测量模块框图;

- [0046] 图 4 为料位控制结构框图；
[0047] 图 5 为容量风控制框图；
[0048] 图 6 为旁路风控制框图；
[0049] 图 7 为出入口温度控制框图；
[0050] 图 8 为料位优化算法流程图；
[0051] 图 9 为锅炉燃烧优化控制框图。

具体实施方式

- [0052] 附图为本发明的实施例。
- [0053] 下面结合附图对发明内容作进一步说明：
- [0054] 参照图 1 所示，为双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控制结构框图，描述了一种双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控制方法，包括下述步骤：
- [0055] 1)、先进控制模块获取制粉系统历史数据与实时数据；
- [0056] 2)、先进控制模块通过料位测量模块对磨煤机内料位原始参数实时测量；
- [0057] 3)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据，实时将数据信息输给料位控制模块，料位控制模块调节给煤量；
- [0058] 4)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据、实时数据后，将数据信息输给容量风量控制模块，容量风量控制模块调节容量风挡板开度；
- [0059] 5)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据、实时数据后，实时将数据信息输给旁路风量控制模块，旁路风量控制模块调节旁路风挡板开度；
- [0060] 6)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据、实时数据后，实时将数据信息输给出口温度控制模块，出口温度控制模块调节热风门开度和冷风门开度；
- [0061] 7)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据、实时数据后，实时将数据信息输给料位优化模块，料位优化模块得到最佳料位设定值；
- [0062] 8)、先进控制模块通过获取的制粉系统历史数据、实时数据后，实时将数据信息输给锅炉燃烧优化模块，锅炉燃烧优化模块得到最佳给粉量和最佳通风量设定值；
- [0063] 9) 先进控制模块给出故障诊断与安全评估信息；
- [0064] 10)、先进控制模块给出运行评价与操作建议信息。
- [0065] 所述料位测量模块采集磨煤机噪声料位信号、压差料位信号、入口一次风量信号、入口温度信号、出口温度信号和磨煤机电流信号，磨煤机料位信号；上述噪声信号测点有两个，分别来自磨煤机两端 1/6-1/4 处；噪声料位信号与压差料位信号至少有一个；入口一次风量信号、入口温度信号、出口温度信号和磨煤机电流信号选择其中一个、两个或两个以上信号，或用其替代信号，风量用风门开度代替，磨煤机电流用磨煤机功率代替。
- [0066] 上述料位控制模块为双进双出的各种运行模式，其中包括双进双出、双进单出、单进双出和单进单出运行模式，上述料位控制模块具有自整定功能，根据控制输入与控制性能分析对料位控制器参数进行整定，参数整定能够在线连续整定或间歇整定。
- [0067] 上述出入口温度控制模块存在两种控制方式，一种方式以入口温度为控制目标量，通过调节热一次风量和冷一次风量来实现入口温度的稳定，另一种方式以出口温度为控制目标量，通过调节热一次风量和冷一次风量来实现出口温度的稳定；一般在启动和停

止过程中采用入口温度控制方式,在运行过程中采用出口温度控制方式。

[0068] 所述的料位优化控制模块给出运行的各台磨煤机的最佳料位设定,优化方式在运行初值基础上通过施加扰动,根据结果确定优化方向,再根据最低磨煤机能耗目标函数对最佳运行状态进行搜索,最终得到最佳料位设定值。

[0069] 所述的锅炉燃烧优化控制模块给出运行的各台磨煤机的给粉分配量,并就每台磨煤机给出其所对应的最佳给粉量与最佳通风量,控制最佳风粉配比;优化包括静态优化与动态优化两种方式,静态优化方式通过获取构建锅炉燃烧过程优化模型,根据运行工况对各台磨煤机的给粉量与通风量给出优化初值,动态优化方式在运行初值基础上通过施加扰动,根据结果确定优化方向,再根据最佳燃烧效果目标函数对最佳运行状态进行搜索,最终得到最佳给粉量与最佳通风量。

[0070] 所述先进控制模块给出故障诊断与安全评估信息,其信息一方面对制粉系统故障进行诊断,包括实时故障诊断,其故障诊断包括满煤、空煤、断煤和磨煤机异常;另一方面是根据历史数据对制粉系统实现故障状态检测,在制粉系统故障前给出提示,其提示包括轴瓦磨损严重、制粉系统漏风;再根据运行数据对整个制粉系统运行的安全性进行评估,给出安全评价结果。

[0071] 所述先进控制模块给出运行评价与操作建议信息,运行评价信息是指当前操作运行的稳定、运行效率的高低,操作建议信息是对制粉系统的运行给出建议,其建议是指钢球缺失;根据锅炉负荷状况、机组运行经济性给出最佳组合运行方式;再根据锅炉负荷状况建议最佳给煤量与通风量。

[0072] 图 2 所示为双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统测点与控制点示意图,包括原煤仓、给煤机、磨煤机和分离器,另外还包括热一次风门、冷一次风门、旁路风门、容量风门。测点布置有:给煤量、一次风速、出口温度、旁路风流量、入口温度、容量风流量、一次总风量、压差料位、噪声料位、磨煤机电流。控制点包括:给煤量控制点、旁路风控制点、容量风控制点、热风控制点和冷风控制点。

[0073] 图 3 所示为料位测量模块框图,噪声料位信号、压差料位信号、入口一次风量信号、入口温度信号、出口温度信号和磨煤机电流信号引入料位软测量模块,料位软测量模块对引入信号进行数据处理,输出能够准确反映磨煤机内实际存煤量的料位信号。噪声料位信号与压差料位信号至少有一个;入口一次风量信号、入口温度信号、出口温度信号和磨煤机电流信号可以选择其中一个、两个或两个以上信号,或用其替代信号,风量用风门开度代替,磨煤机电流用磨煤机功率代替。

[0074] 磨煤机内钢球和衬板相互碰撞产生噪声,磨煤机噪声随着磨煤机料位的变化而变化。在磨煤机料位较低时,钢球、衬板碰撞的几率大、能量大,产生的噪声大;在磨煤机料位升高时,因为煤的不断填充,钢球、衬板碰撞的几率减小、能量变小,产生的噪声也减小。因而,用噪声传感器就可以检测到磨煤机料位的变化和大小。

[0075] 压差料位通过两端的压差管测量,低位传压管和基准压力管接入低位压差变送器,两者的压差叫做低位压差;同理,高位传压管和基准压力管接入高位压差变送器,两者的压差叫做高位压差。高位压差信号和低位压差信号都在煤位显示表上显示。当磨煤机刚开始加煤时,基准压力管和煤位传压管都反映大罐压力,此时煤位压差信号应该是零。磨至数分钟后,细煤粉逐渐增多,并淹没低位传压管探头,低位压差信号在煤位显示表上开始显

示。继续增加给煤,高位压差信号也将有显示,测得磨煤机内的料位。

[0076] 在实际运行过程中,因为煤质的变化会对噪声产生影响,导致噪声检测到的信号发生漂移;压差料位测量存在磨煤机料位测量管道的堵塞及泄露问题。由于测量管深入到煤粉内部,难免会有煤粉进入在测量管以至于将测量管堵塞。为了弥补这些因素的变化引入入磨一次风量、出口温度、入口温度、磨煤机电流对基于噪声测得的料位信号进行修正,保证料位测量的准确和及时。

[0077] 图 4 所示为料位控制结构框图,以磨煤机驱动端和非驱动端两侧的料位为参考依据,通过计算得到磨煤机平均料位。根据磨煤机平均料位,利用增量式 PID 函数,进行给煤的自动控制计算,并将结果分别传送至磨煤机驱动端和非驱动端两侧的给煤机,从而实现给煤自动控制。

[0078] 当锅炉负荷处于稳态运行时,由于锅炉负荷的变化对磨煤机的出力影响不大,所以可将给煤自动视为单纯的磨煤机料位自动控制。在此状态下,给煤自动需要考虑磨煤机驱动端和非驱动端两侧给煤量的差别,并根据其差别分别对两侧给煤量进行输出平衡。

[0079] 当锅炉负荷处于调整状态时,由于锅炉负荷的变化对磨煤机两侧的送粉量发生改变,所以为了达到快速稳定磨煤机料位,并满足锅炉送粉要求,需要根据入磨一次总风量、锅炉负荷、热风门开度和冷风门开度对磨煤机驱动端和非驱动端两侧给煤量进行前馈控制以提高控制响应速度。

[0080] 图 5 所示为容量风控制框图,通过锅炉给粉量计算容量风给定值,容量风量给定值与反馈的容量风量测量值做差得到偏差,偏差进入控制器,控制器输出为容量风门控制量,用来调节容量风门,改变容量风量的大小。容量风主要用来携带煤粉进入炉膛,其大小的改变直接影响给粉量。

[0081] 图 6 所示为旁路风控制框图,旁路风量给定由一次总风量与容量风量获得,随着容量风量的变化而变化,保证管道的最低设计风速,调节最佳的风粉配比。旁路风量给定值与反馈的旁路风量测量值做差得到偏差,偏差进入控制器,控制器输出为旁路风门控制量,用来调节旁路风门,改变旁路风量的大小。

[0082] 图 7 所示为出入口温度控制框图,出入口温度控制有两种控制方式,一种方式以入口温度为控制目标量,通过调节热一次风量和冷一次风量来实现入口温度的稳定,另一种方式以出口温度为控制目标量,通过调节热一次风量和冷一次风量来实现出口温度的稳定;一般在启动和停止过程中采用入口温度控制方式,在运行过程中采用出口温度控制方式。选择出口温度控制时,将出口温度偏差送入控制器,选择入口温度控制时,将入口温度偏差送入控制器,控制器输出调节热一次风门和冷一次风门,在不改变通风量的条件下,改变出口或入口温度。考虑到入口温度回路和出口温度回路参数的不同,存在两套控制器参数,以保证控制性能。出入口温度控制是在安全运行的基础上调节制粉、燃烧的煤粉温度

[0083] 图 8 所示为料位优化算法流程图,在料位动态优化开始时,记录此时的优化目标值,可以选择台时产量最大或单耗最小,修改料位设定值,根据新的料位设定值进行自动控制,判断料位是否达到稳定,在料位达到稳定后,得到此料位下的优化目标值,比较此状态下的优化目标值与本轮优化前的优化目标值,如果偏差大于设定偏差,进入下一轮优化,如果偏差小于设定偏差优化结束,记录此时的料位,即为最佳料位设定值。

[0084] 图 9 所示为锅炉燃烧优化控制框图,根据锅炉制粉工艺、锅炉负荷、运行工况,通

过锅炉燃烧优化初始值计算得到各台运行磨煤机的给粉量和通风量初值,在给粉量和通风量初值的基础上通过局部动态优化得到最佳给粉量和最佳通风量。因为运行工况、系统的模型的变化,所以锅炉燃烧优化初始值计算的给粉量和通风量并不能保证为最佳值,但是可以确定最佳值在初始值附近,再通过局部动态优化,一方面能够保证系统最优,另一方面能够提高搜索速度,缩短优化时间。

[0085] 实施例

[0086] 某发电厂 4# 机组成装机容量 300MW,制粉系统为 4 台瑞典 SVEDALA 公司生产的 14' -0' ×18' -0' 型号双进双出钢球磨煤机,三台运行,一台备用。每台磨煤机配备两台计量式电子皮带秤,系统控制采用上海 FOXBORO 集散控制系统。锅炉为 SC-1025/18.3-M 型控制循环汽包炉,四角切圆燃烧,六层煤粉燃烧器,制粉系统为双进双出钢球磨正压冷一次风直吹式系统,每台磨带二层煤粉燃烧器(两个出粉端各带一层)。14' -0' ×18' -0' 型号钢球磨煤机磨煤机筒体转速:16.77rpm,磨煤机设计最大出力 40t/h,最大钢球装载量:99.9t。

[0087] 原煤由电子皮带秤经磨煤机驱动端和非驱动端输送至磨煤机内进行研磨。热风母管的热风与冷风混合后的一次风,由磨煤机两侧分别送入磨内,该一次风具有原煤干燥和输送煤粉的作用。同时,磨煤机在正压条件下运行时,为避免出现漏粉或冒粉的现象,磨煤机两侧设置了密封风。原煤在磨煤机内经过研磨后,通过磨煤机两侧入口一次风将煤粉分别携带出磨煤机两侧。经过分离器进行粗细粉的分离,由磨煤机两侧回粉管将粗粉分别输送磨煤机内部进行再次研磨,细粉直接进入炉膛进行燃烧。磨煤机出口两端均布置 1 台粗粉分离器,引出 4 根送粉管道对应炉膛同一层四角燃烧器。锅炉采用四角切圆燃烧,每台锅炉共布置 6 层 24 只煤粉燃烧器,3 层 12 只轻油燃烧器。由于进入磨内的容量风量与负荷成正比,为保证低负荷下煤粉管道流速不低于最小值(19m/s),以防止煤粉管道积粉爆燃,双进双出钢球磨还设有旁路风系统:一次风经中空管前分出一支作为旁路风从原煤混料箱加入落煤管并经分离器直接进入煤粉管道,旁路风同时对原煤起到预干燥作用。

[0088] 首先先进控制模块获取双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优化控制历史数据与实时数据,包括:给煤量(1-50t/h)、磨煤机电流(0-120A)、噪声料位(0-100%)、压差料位(0-1000Pa),旁路风、容量风、总风量(0-30Kg/s)、出口温度(0-180℃)、入口温度(0-250℃)、出入口压差(0-2000Pa)、一次风速(0-30m/s);热风门开度、冷风门开度、容量风门开度、旁路风门开度(0-100%)。

[0089] 测量料位,选择输入信号:噪声料位、压差料位、一次风量、出口温度、入口温度和磨煤机电流信号,经过软测量处理后输出磨机料位(0-100%)。

[0090] 锅炉为满负荷运行即 300MW,通过锅炉燃烧优化后得出最佳运行值,A 磨(上层):给粉量 32T/h,最佳通风量 16Kg/s;B 磨(中层):给粉量 48T/h,最佳通风量 21Kg/s;C 磨(下层):给粉量 40T/h,最佳通风量 18Kg/s。经过优化运行后各台磨的运行情况为:A 磨,最佳料位 66%,出口温度 145℃,入口温度 225℃,出入口压差 1.7KPa,给煤量 32T/h,总风量 16Kg/s,一次热风门开度 70%,一次冷风门 35%,容量风门开度 60%,旁路风门开度 40%,磨煤机电流 101A;B 磨,最佳料位 86%,出口温度 145℃,入口温度 225℃,出入口压差 2.3KPa,给煤量 48T/h,总风量 21Kg/s,一次热风门开度 70%,一次冷风门 35%,容量风门开度 80%,旁路风门开度 20%,磨煤机电流 110A;C 磨,最佳料位 75%,出口温度 145℃,入口

温度 225℃, 出入口压差 1.9KPa, 给煤量 40T/h, 总风量 18Kg/s, 一次热风门开度 70%, 一次冷风门 35%, 容量风门开度 75%, 旁路风门开度 25%, 磨煤机电流 107A。

[0091] 系统运行后, 实现了磨煤机内料位的准确测量, 实现了料位自动控制、容量风自动控制、旁路风自动控制和出入温度自动控制, 实现了料位优化与锅炉燃烧优化, 保证了制粉系统稳定运行, 满足了 CCS 协调控制的要求, 达到了机组 AGC 运行所要求的响应时间要求, 保证磨煤机出口的煤粉细度在合格范围, 降低烟气飞灰可燃物。制粉单耗从原来 19.2Kwh/T 降低到 18.3Kwh/T, 磨煤机节电达到 4.7%; 月均每吨煤耗钢量由原来的 125 克下降到 97 克, 节钢达到 22%; 锅炉燃烧效率由原来 91% 提高到 92.1%, 提高 1.3%; 自动投入率达到 96%。对锅炉负荷响应速度由原来的 15 分钟缩短到 12 分钟, 而且调整过程稳定, 保证了满足机组 AGC 运行所要求的响应时间, 同时磨煤机出口的煤粉细度在合格范围, 降低烟气飞灰可燃物。一方面能够保证制粉系统的连续、稳定、安全、经济运行; 另一方面能够改善供给锅炉燃烧煤粉的质量, 提高锅炉燃烧的经济性, 同时降低碳氧化物和氮氧化物的排放; 本发明的应用还能减轻运行人员劳动强度, 减少制粉系统维护量, 具有显著的经济效益和良好的社会效益。

[0092] 综上所述, 因为双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统优的控制方式有计算 PLC 控制方式和 DCS 控制方式, 针对具体控制方式选择控制算法的实现方式, 针对 PLC 控制方式, 基本控制在 PLC 控制器上实现, 先进控制在上位机上实现; 针对 DCS 控制方式, 控制算法借助 DCS 控制平台实现, 先进控制部分也可以通过通信方式在独立优化站上实现。

[0093] 对于其他与双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统相似粉磨过程本发明同样有效。

[0094] 最后, 还需注意的是, 以上列举的仅是本发明的一个具体实施例。显然, 本发明不限于以上实施例, 还可以有许多变形。本领域的普通技术人员能从本发明公开的内容直接导出或联想到的所有变形, 均认为是本发明的保护范围。

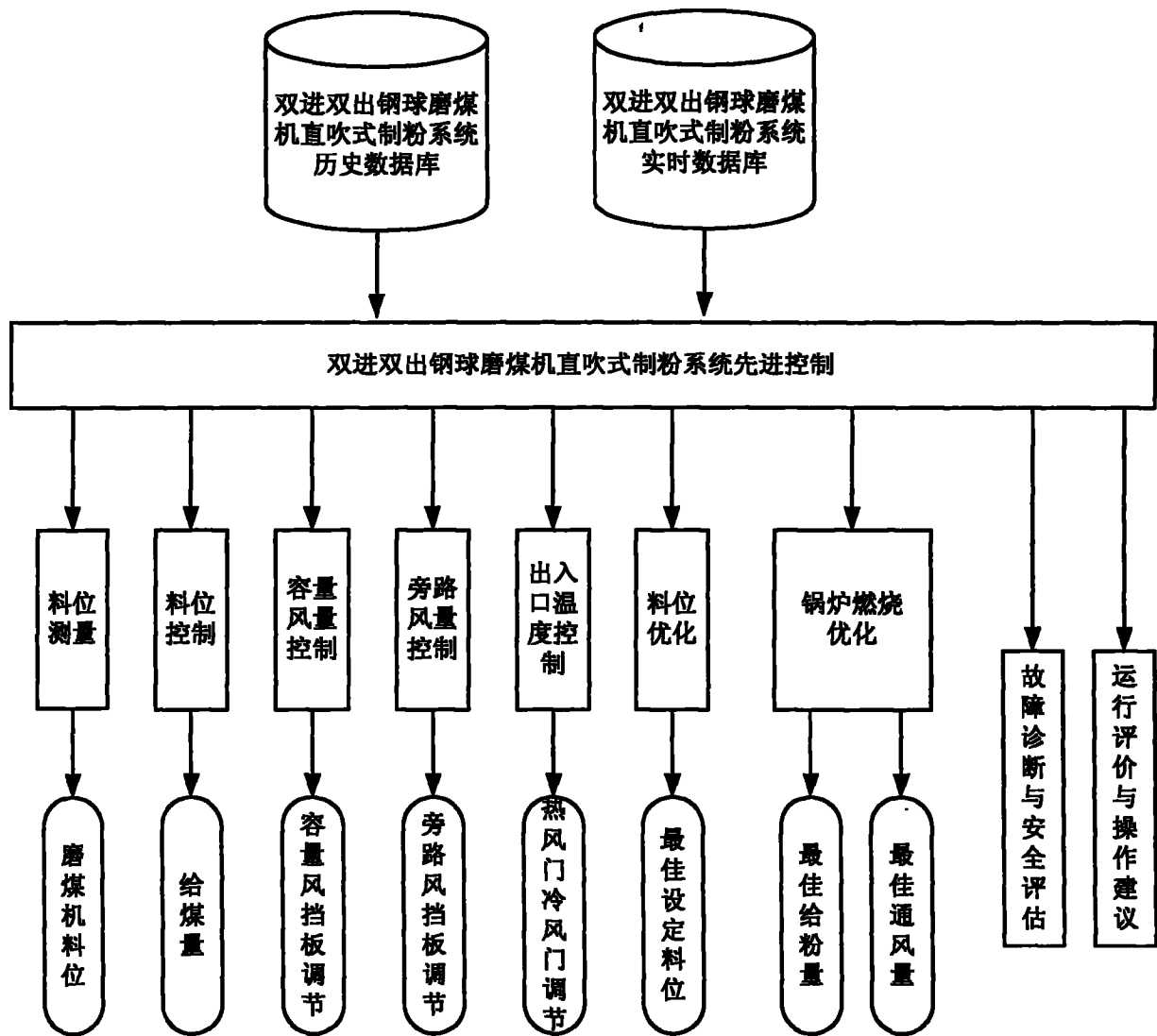


图 1

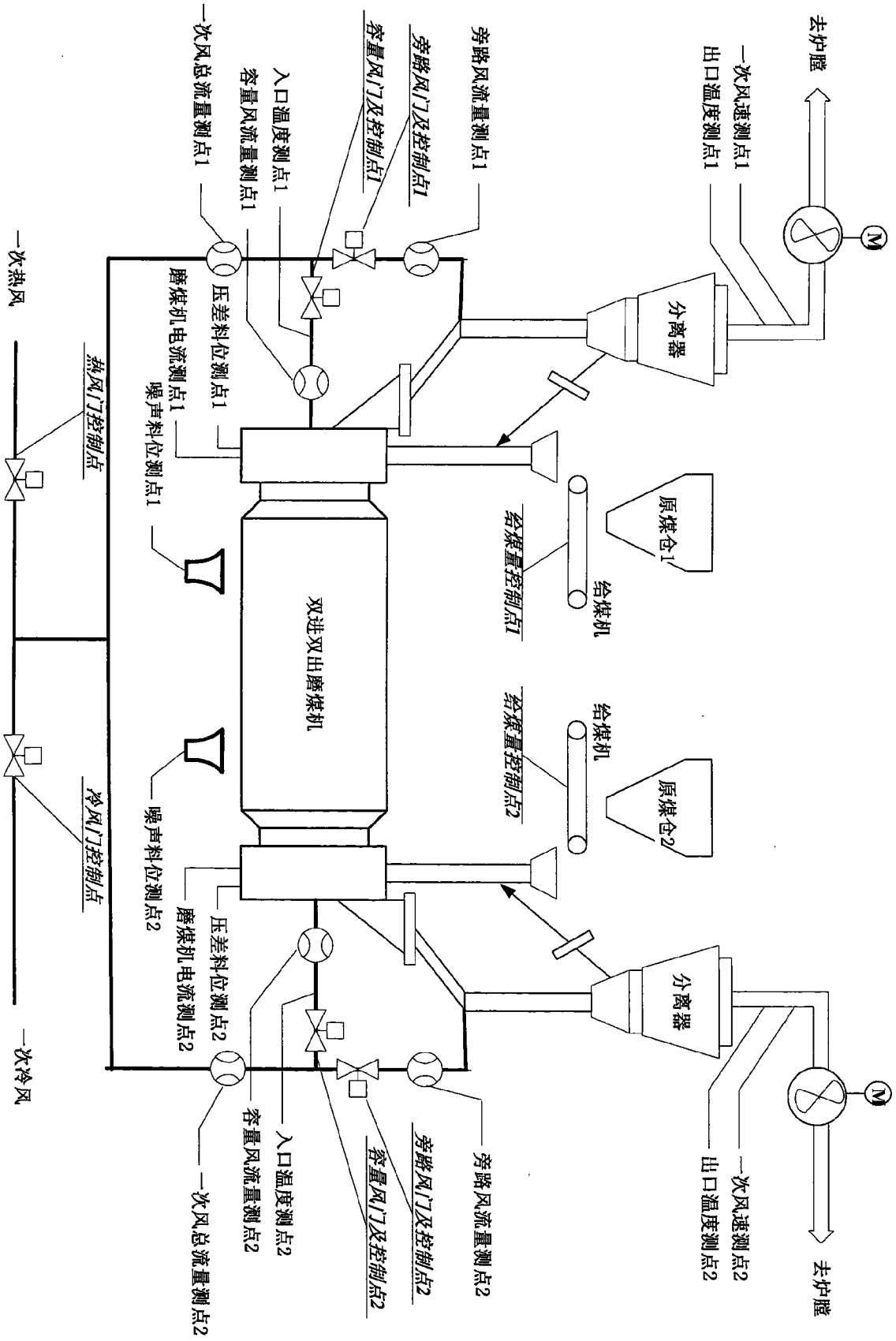


图 2

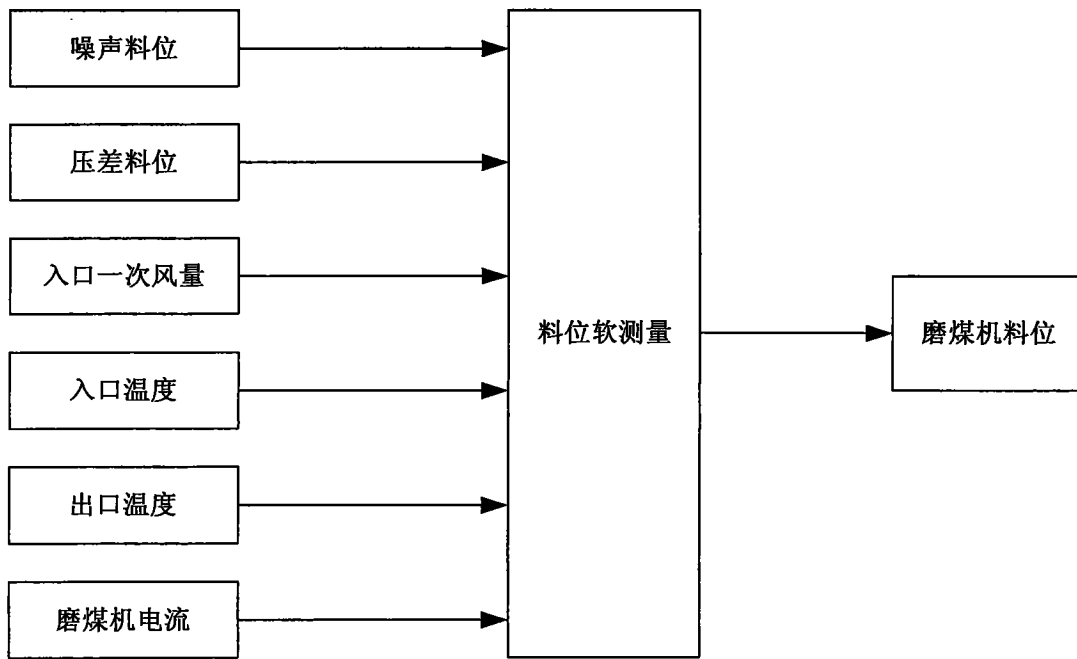


图 3

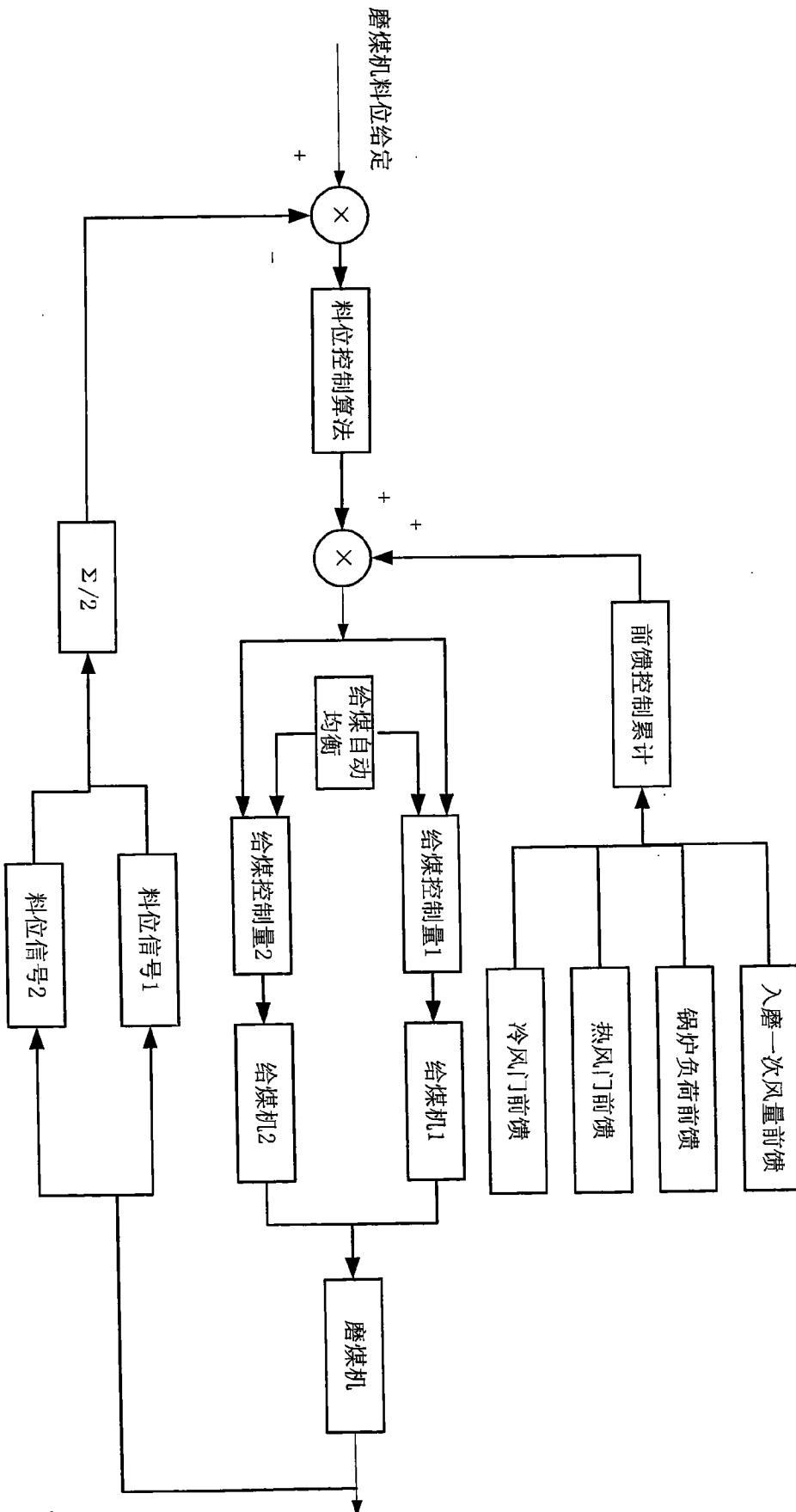


图 4

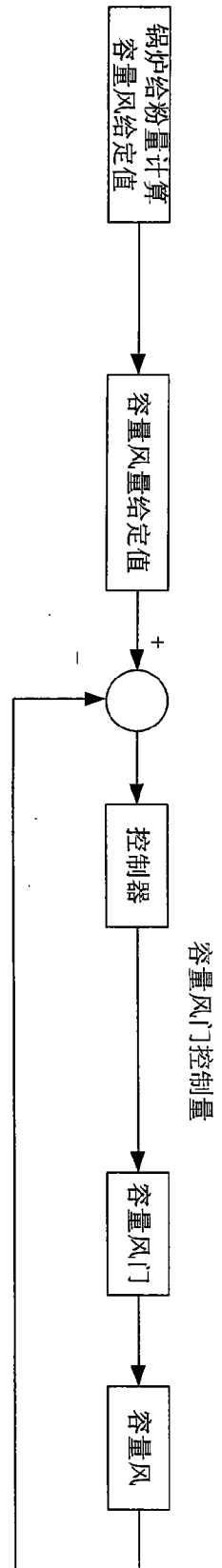


图 5

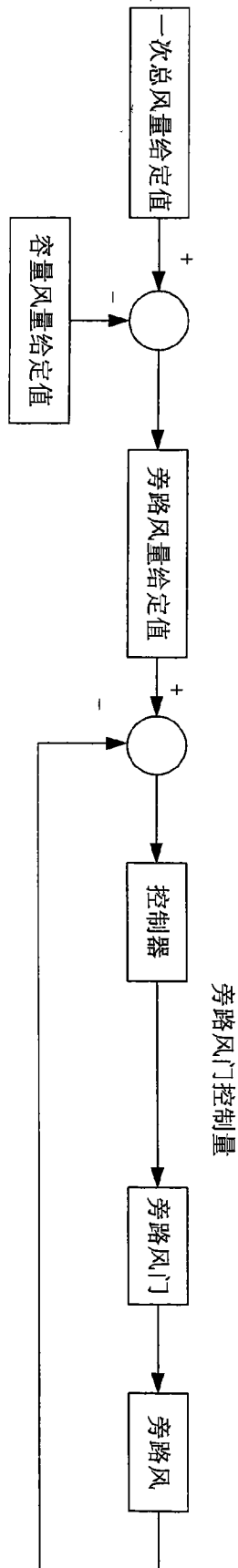


图 6

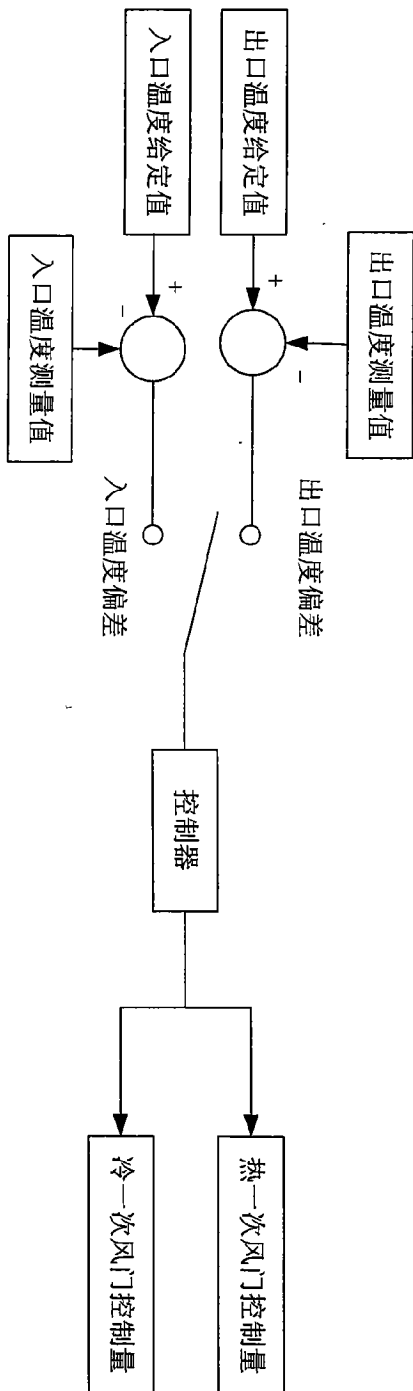


图 7

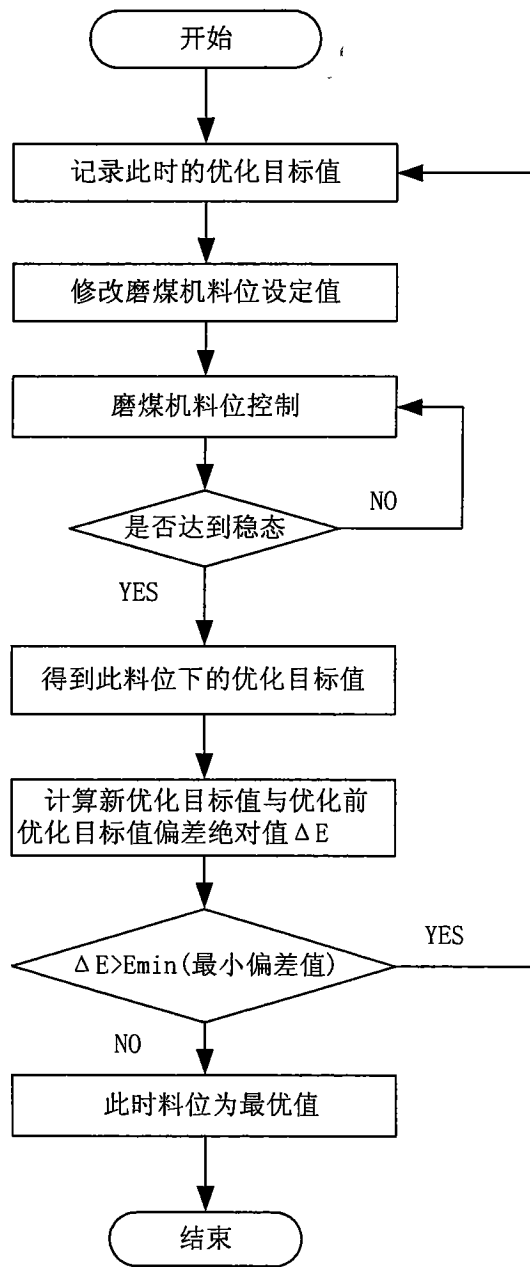


图 8

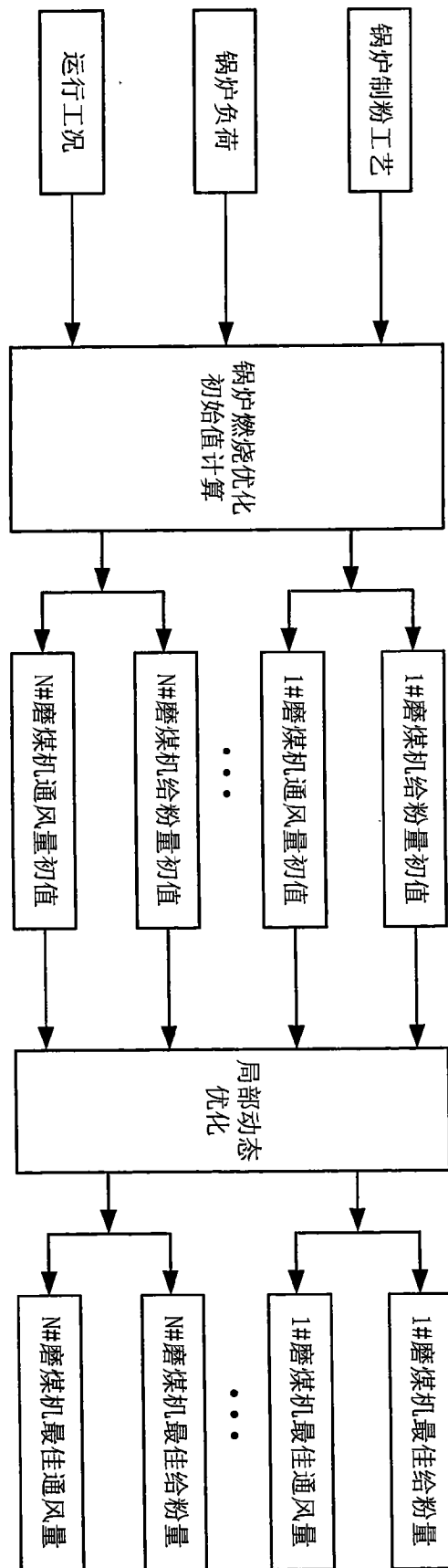


图 9