



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105716068 A

(43)申请公布日 2016.06.29

(21)申请号 201610213068.7

(22)申请日 2016.04.07

(71)申请人 红云红河烟草(集团)有限责任公司
地址 650231 云南省昆明市五华区红锦路
367号云烟科技园A区

(72)发明人 张竑斌 高宏宇 黄晓华 戴银波
陈烨 杨欢 郭重耘 沈丁洋

(74)专利代理机构 昆明协立知识产权代理事务
所(普通合伙) 53108

代理人 陈伟

(51)Int.Cl.

F22B 35/00(2006.01)

F23N 5/00(2006.01)

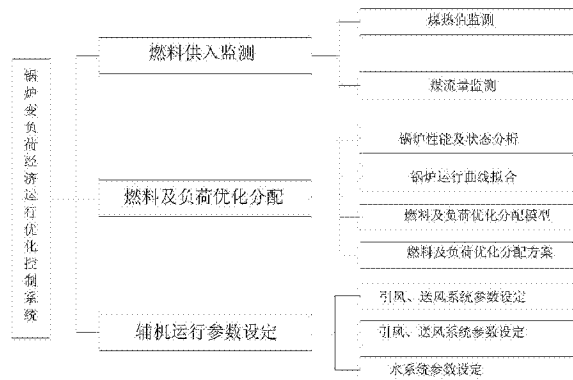
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种锅炉变负荷经济运行的优化控制系统和方法

(57)摘要

本发明公开了一种锅炉变负荷经济运行的优化控制系统和方法,包括燃料供入监测系统、燃料及负荷优化分配系统和辅机运行参数设定系统,所述燃料供入监测系统由煤热值监测模块和煤流量监测模块组成,所述燃料及负荷优化分配系统由锅炉性能及状态分析模块、锅炉运行曲线拟合模块、燃料与负荷优化分配模型模块和燃料与负荷优化分配方案模块组成,所述辅机运行参数设定系统由引风系统参数设定模块、送风系统参数设定模块和水系统参数设定模块组成;该锅炉变负荷经济运行的优化控制系统能够解决目前锅炉实际运行时,大多处于偏离经济负荷区域运行,从而导致锅炉的能耗较高的问题。



1. 一种锅炉变负荷经济运行的优化控制系统,其特征在於:包括燃料供入监测系统、燃料及负荷优化分配系统和辅机运行参数设定系统,所述燃料供入监测系统由煤热值监测模块和煤流量监测模块组成,所述燃料及负荷优化分配系统由锅炉性能及状态分析模块、锅炉运行曲线拟合模块、燃料与负荷优化分配模型模块和燃料与负荷优化分配方案模块组成,所述辅机运行参数设定系统由引风系统参数设定模块、送风系统参数设定模块和水系统参数设定模块组成。

2. 如权利要求1所述的一种锅炉变负荷经济运行的优化控制系统,其特征在於:参照蒸汽需求趋势曲线,根据燃料供入监测子系统的实时数据,结合燃料与负荷优化分配子系统中锅炉性能及状态分析模块和锅炉运行曲线拟合模块的数据分析,在燃料与负荷优化分配模型模块中得到优化模型,然后根据所得到的优化模型,通过燃料与负荷优化分配方案模块形成运行参数及控制优化的分配方案,最后在辅机运行参数设定子系统中进行引风、送风和水的流量参数设定,同时根据优化分配控制方案运用锅炉变负荷经济运行优化控制方法对锅炉进行调控。

3. 一种锅炉变负荷经济运行的优化控制方法,其特征在於:包括顺序控制、时间控制、效率控制或最优控制;

顺序控制即为事先指定一台以上的锅炉按顺序投入运转,并指定锅炉燃烧率达到80%~90%后,仍然没有满足设定负荷时启动下一台锅炉运转;且在超过一台锅炉运行的情况下,倘若几台锅炉的燃烧率都降至50%后,依然超过设定的生产负荷,那么按照事先指定的顺序停止一台锅炉;

时间控制即为运行锅炉的燃烧率达到设定值却仍然没有满足设定负荷时,根据各个锅炉的运行时间确定各个锅炉的启用或停止,每次启动时优先启动运行时间最短的锅炉;且在停止时也优先停止运行时间最长的锅炉;

效率控制即为运行锅炉燃烧率达到设定值却仍然没有满足设定负荷时,根据各个锅炉的热效率情况自动选择启用或停止其中一台锅炉,并在超过一台锅炉运行的情况下自动调整锅炉运行的最佳燃烧状态,且停止一台锅炉也根据锅炉的热效率情况进行;

最优控制即为对末端用汽设备的用汽及其它能源用量的情况进行统计、计算和分析,并提前做出判断,在综合考虑各个锅炉热效率情况和运行时间均衡的前提下,智能选择启用或停止其中一台锅炉。

一种锅炉变负荷经济运行的优化控制系统和方法

技术领域

[0001] 本发明属于锅炉节能技术领域,具体涉及一种锅炉变负荷经济运行的优化控制系统和方法。

背景技术

[0002] 在工业企业中,锅炉以煤为主要燃料生产蒸汽,同时由于工业锅炉数量大、分布广,每年燃煤占全国煤炭总产量的四分之一,且一般工业锅炉房均是多台锅炉同时运行。但由于每台锅炉的容量、效率等特性不同,针对同一台锅炉在不同的负荷条件下工作时,其热效率也是不同的。因此,为了节约能源,如何根据锅炉的不同特性对并列运行的锅炉负荷进行优化分配就显得十分重要,这就要求在满足外界负荷需求的条件下,实现整个锅炉房的煤耗量最低。同时由于每台锅炉都具有独立的控制系统,在单机模式下运行是由自身的控制系统控制,此时各台锅炉之间相互没有联系。对于大型工业企业,生产工艺复杂、负荷波动频繁,因此对锅炉需要采取群控技术,正确合理的群控方法是确保锅炉产出的蒸汽能够保障生产需要并高效运行的关键。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是提供一种锅炉变负荷经济运行的优化控制系统和方法,以解决目前锅炉实际运行时,大多处于偏离经济负荷区域运行,从而导致锅炉的能耗较高的问题。

[0004] 本发明的目的通过下述技术方案予以实现:

[0005] 一种锅炉变负荷经济运行的优化控制系统,包括燃料供入监测系统、燃料及负荷优化分配系统和辅机运行参数设定系统,所述燃料供入监测系统由煤热值监测模块和煤流量监测模块组成,所述燃料及负荷优化分配系统由锅炉性能及状态分析模块、锅炉运行曲线拟合模块、燃料与负荷优化分配模型模块和燃料与负荷优化分配方案模块组成,所述辅机运行参数设定系统由引风系统参数设定模块、送风系统参数设定模块和水系统参数设定模块组成,具体系统结构图如图1所示。

[0006] 进一步的,参照蒸汽需求趋势曲线,根据燃料供入监测子系统的实时数据,结合燃料与负荷优化分配子系统中锅炉性能及状态分析模块和锅炉运行曲线拟合模块的数据分析,在燃料与负荷优化分配模型模块中得到优化模型,然后根据所得到的优化模型,通过燃料与负荷优化分配方案模块形成运行参数及控制优化的分配方案,最后在辅机运行参数设定子系统中进行引风、送风和水的流量量参数设定,同时根据优化分配控制方案运用锅炉变负荷经济运行优化控制方法对锅炉进行调控。

[0007] 模型优化模块基于燃煤锅炉的运行特性,通过预测敏捷制造模式下主生产系统对蒸汽的需求趋势,结合各锅炉运行的效率曲线、成本曲线,应用二次规划和遗传算法,可对各锅炉的燃料供给及负荷进行实时的智能优化分配;通过本系统及方法的应用,能够提出科学、合理的燃料及负荷分配方案,实现煤的经济利用。

[0008] 本发明要解决的另一技术问题为提供一种锅炉变负荷经济运行的优化控制方法,包括顺序控制、时间控制、效率控制或最优控制;

[0009] 顺序控制即为事先指定一台以上的锅炉按顺序投入运转,并指定锅炉燃烧率达到80%~90%后,仍然没有满足设定负荷时启动下一台锅炉运转;且在超过一台锅炉运行的情况下,倘若几台锅炉的燃烧率都降至50%后,依然超过设定的生产负荷,那么按照事先指定的顺序停止一台锅炉;

[0010] 时间控制即为运行锅炉的燃烧率达到设定值却仍然没有满足设定负荷时,根据各个锅炉的运行时间确定各个锅炉的启用或停止,每次启动时优先启动运行时间最短的锅炉;且在停止时也优先停止运行时间最长的锅炉;

[0011] 效率控制即为运行锅炉燃烧率达到设定值却仍然没有满足设定负荷时,根据各个锅炉的热效率情况自动选择启用或停止其中一台锅炉,并在超过一台锅炉运行的情况下自动调整锅炉运行的最佳燃烧状态,且停止一台锅炉也根据锅炉的热效率情况进行;

[0012] 最优控制即为对末端用汽设备的用汽及其它能源用量的情况进行统计、计算和分析,并提前做出判断,在综合考虑各个锅炉热效率情况和运行时间均衡的前提下,智能选择启用或停止其中一台锅炉。

[0013] 本发明的有益效果是:锅炉变负荷经济运行优化控制系统由燃料供入监测、燃料及负荷优化分配和辅机运行参数设定三个子系统;该系统首先通过燃料供入监测子系统中煤热值模块和煤流量模块进行数据采集,然后基于所采集的数据通过燃料及负荷优化分配子系统进行处理,应用该子系统中锅炉性能及状态分析模块对数据进行分析,构建锅炉负荷与煤耗的关联模型,同时应用锅炉运行曲线拟合模块对锅炉负荷与煤耗的关系进行拟合,获得拟合曲线,进一步运用燃料及负荷优化分配模型模块进行建模,建立锅炉优化运行模型,再进一步采用二次规划和遗传算法,以燃料和负荷为最经济化为目标,对锅炉优化运行模型进行优化迭代,得到最优化分配方案,最后运用燃料及负荷优化分配方案模块采用锅炉变负荷经济运行优化控制方法对各锅炉的燃料供给及负荷进行实时的智能优化分配;同时,所采用的锅炉变负荷经济运行优化控制方法,是以锅炉调整前的运行特征为依据,分别运用顺序控制、时间控制、效率控制和最优控制的群控制方法对不同类型的运行方案进行调控,以实现科学、合理的燃料及负荷分配,达到煤最优经济利用的目的。

附图说明

[0014] 图1为本发明的锅炉变负荷经济运行的优化控制系统结构图。

[0015] 图2为本发明的锅炉负荷与单耗关系图。

具体实施方式

[0016] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及具体实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0017] 实施例1

[0018] 针对锅炉实际运行偏离经济负荷区域运行,导致能耗较高的问题,提出一种锅炉变负荷经济运行优化控制系统和方法,具体实施方式如下:

[0019] 步骤1:通过燃料供入监控子系统对锅炉燃料的供给情况进行监控,包括煤热值和煤流量的监测,同时对监测数据进行采集。

[0020] 步骤2:基于步骤1所采集的数据,通过燃料及负荷优化分配子系统进行处理,首先通过锅炉性能及状态分析模块进行分析,以一台额定负荷为35t/h、锅炉热效率为85%、经济运行负荷为101.9t/h的锅炉为例,其具体分析过程如下:通过燃料供入监测系统数据进行数据采集,该锅炉的煤耗为126kgce/t。同时进一步基于该锅炉2个月的运行数据进行数据挖掘,获得了锅炉负荷与煤耗的关联模型如下式:

$$[0021] \quad y = 0.009x^2 - 1.834x + 219.5 (R^2 = 0.440) \quad (1)$$

[0022] 由于任何锅炉均存在一个经济负荷,是指锅炉生产1t一定压力蒸汽的煤耗最低时所对应的锅炉负荷,这一负荷一般是额定负荷的85%~90%。

[0023] 然后应用锅炉运行曲线拟合模块对锅炉负荷与煤耗的关系进行拟合,具体如图2所示。

[0024] 由图2可知:一方面,锅炉运行存在一个经济负荷点或经济负荷区域;另一方面,在锅炉实际运行中,多数运行方式处于偏离经济负荷区域运行,这样必然导致锅炉的能耗较高。尤其是当多台锅炉联合生产时,由于各台锅炉的性能不同,就必然存在燃料与负荷如何分配才能使能耗最低的优化问题。

[0025] 然后运用燃料及负荷优化分配模型模块进行建模,具体为:设工业企业有n台锅炉,建立锅炉优化运行模型,当燃料量一定时,优化分配燃料后使各台锅炉的总负荷最大,其目标函数及其约束条件可表示如下:

[0026]

$$\max M^* = \sum_{i=j+1}^n x_i + \lambda \left(\sum_{i=1}^n y_i - y \right) + \sum_{i=1}^n [\lambda_{1i} (x_{i\min} - x_{i\max} + \xi_{1i}) + \lambda_{2i} (-x_{i\min} + x_{i\max} + \xi_{2i})] \quad (j=0,1,\dots,n-1) \quad (2)$$

$$[0027] \quad s.t. \quad M^* = \sum_{i=j+1}^n x_i + \lambda \left(\sum_{i=1}^n y_i - y \right) \quad (3)$$

$$[0028] \quad \begin{cases} \frac{\partial M^*}{\partial x_i} = 0, i=1,2,\dots,n \\ \frac{\partial M^*}{\partial \lambda} = 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$[0029] \quad y_i = ax_i^2 + bx_i + c \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (5)$$

$$[0030] \quad \sum_{i=1}^n y_i x_i = y \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (6)$$

$$[0031] \quad \max \sum_{i=1}^n x_i \geq \max \sum_{i=j+1}^n x_i \quad (j=0,1,\dots,n \text{ 为停炉数}) \quad (7)$$

$$[0032] \quad \max \sum_{i=1}^n x_i \leq \max \sum_{i=j+1}^n x_i \quad (j=0,1,\dots,n \text{ 为停炉数}) \quad (8)$$

$$[0033] \quad x_{i\min} < x_i < x_{i\max} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad y_{\min} \leq y \leq y_{\max} \quad (9)$$

[0034] $\lambda_{1i} \geq 0, \lambda_{2i} \geq 0 (i=1, 2 \cdots n) (i=1, 2 \cdots n)$ (10)

[0035] 式中： y_i 为每台锅炉的单位负荷煤耗量； y 为剩余燃料总量； $x_{i \min}$ 为第*i*台锅炉运行的最低负荷值， $x_{i \max}$ 为*i*台锅炉运行的最高负荷值， y_{\min} 为燃料最低量， y_{\max} 为燃料最高量， λ 、 λ_{1i} 、 λ_{2i} 为拉格朗日乘子， ζ_{1i} 、 ζ_{2i} 为引入的松弛变量。

[0036] 最后应用二次规划和遗传算法，以燃料和负荷为最经济化为目标，对锅炉优化运行模型进行优化迭代，最后根据模型得到的最优化分配方案，运用燃料及负荷优化分配方案模块对各锅炉的燃料供给及负荷进行实时的智能优化分配。

[0037] 若基于步骤2所得到的智能优化分配方案，其调整前特征为当指定锅炉燃烧率达到设定值(通常80%~90%)后，仍然没有满足设定负荷时，或在超过一台锅炉运行的情况下，倘若几台锅炉的燃烧率都降至设定值(通常50%)后，依然超过设定的生产负荷时，则跳转步骤3；

[0038] 若基于步骤2所得到的智能优化分配方案，其调整前特征为运行锅炉的燃烧率达到设定值却仍然没有满足设定负荷，且多台锅炉的运行时间不同时，则跳转步骤4；

[0039] 若基于步骤2所得到的智能优化分配方案，其调整前特征为在运行锅炉燃烧率达到设定值却仍然没有满足设定负荷，且多台锅炉的运行效率不同时，则跳转步骤5；

[0040] 若基于步骤2所得到的智能优化分配方案，当可以对末端用汽设备的用汽及其它能源用量的情况进行统计、计算和分析，并能提前做出判断时，则跳转步骤6；

[0041] 步骤3：基于步骤2智能优化分配方案基础上运用顺序控制的方法进行调节，此时按照指事先指定多台锅炉按一定的顺序投入运转，比如： $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow n$ 或 $n \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$ (数字代表锅炉的编号， n 代表台数)，并指定锅炉燃烧率达到设定值(通常80%~90%)后，仍然没有满足设定负荷时启动下一台锅炉运转，确保生产负荷的需求。同理，在超过一台锅炉运行的情况下，倘若几台锅炉的燃烧率都降至设定值(通常50%)后，依然超过设定的生产负荷，那么按照事先指定的顺序停止一台锅炉。

[0042] 步骤4：基于步骤2智能优化分配方案基础上运用时间控制的方法进行调节，此时根据多台锅炉的运行时间确定多台锅炉的启用或停止，每次启动时优先启动运行时间最短的锅炉。同理，停止时也优先停止运行时间最长的锅炉，保证多台锅炉的运行时间均衡。

[0043] 步骤5：基于步骤2智能优化分配方案基础上运用效率控制的方法进行调节，此时根据多台锅炉的热效率情况自动选择启用或停止哪一台锅炉，并在超过一台锅炉运行的情况下自动调整锅炉运行的最佳燃烧状态(最佳燃烧状态参数由锅炉厂家提供)。同理，停止一台锅炉也根据锅炉的热效率情况进行。

[0044] 步骤6：基于步骤2智能优化分配方案基础上运用最优控制的方法进行调节，此时在综合考虑多台锅炉热效率情况和运行时间均衡的前提下，智能选择启用或停止其中一台锅炉，以达到最佳供汽、节能的目的。

[0045] 本发明的有益效果是：锅炉变负荷经济运行优化控制系统由燃料供入监测、燃料及负荷优化分配和辅机运行参数设定三个子系统；该系统首先通过燃料供入监测子系统中煤热值模块和煤流量模块进行数据采集，然后基于所采集的数据通过燃料及负荷优化分配子系统进行处理，应用该子系统中锅炉性能及状态分析模块对数据进行分析，构建锅炉负荷与煤耗的关联模型，同时应用锅炉运行曲线拟合模块对锅炉负荷与煤耗的关系进行拟合，获得拟合曲线，进一步运用燃料及负荷优化分配模型模块进行建模，建立锅炉优化运行

模型,再进一步采用二次规划和遗传算法,以燃料和负荷为最经济化为目标,对锅炉优化运行模型进行优化迭代,得到最优化分配方案,最后运用燃料及负荷优化分配方案模块采用锅炉变负荷经济运行优化控制方法对各锅炉的燃料供给及负荷进行实时的智能优化分配;同时,所采用的锅炉变负荷经济运行优化控制方法,是以锅炉调整前的运行特征为依据,分别运用顺序控制、时间控制、效率控制和最优控制的群控制方法对不同类型的运行方案进行调控,以实现科学、合理的燃料及负荷分配,达到煤最优经济利用的目的。

[0046] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何不经过创造性劳动想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围内。

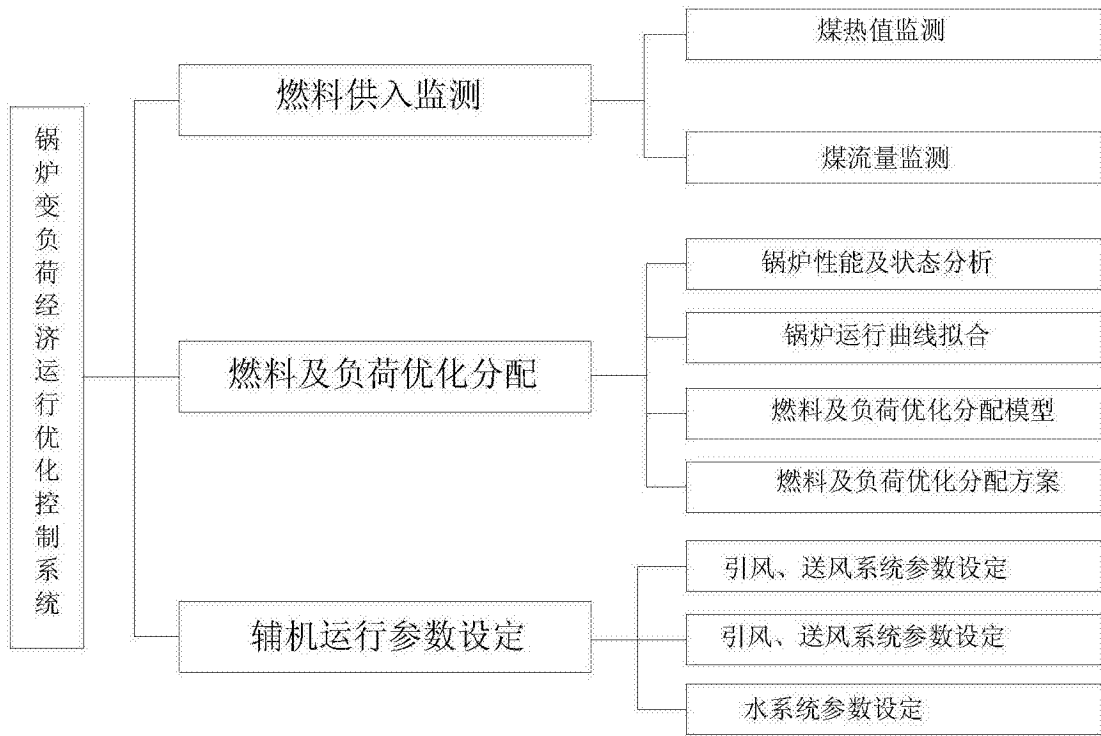


图1

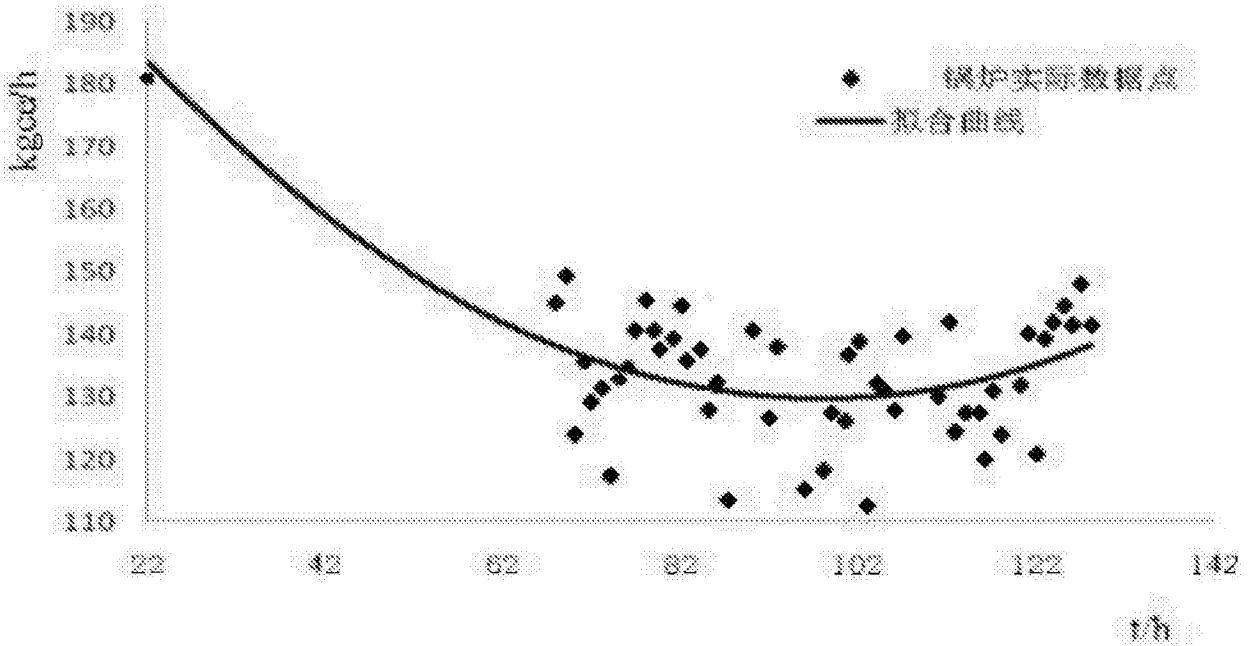


图2