



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102799151 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 23

(21) 申请号 201210231635. 3

(22) 申请日 2012. 07. 05

(73) 专利权人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市凌工路 2 号

(72) 发明人 赵珺 张婷婷 盛春阳 王伟

(74) 专利代理机构 大连理工大学专利中心

21200

代理人 梅洪玉

(51) Int. Cl.

G05B 19/418 (2006. 01)

审查员 赵捷峰

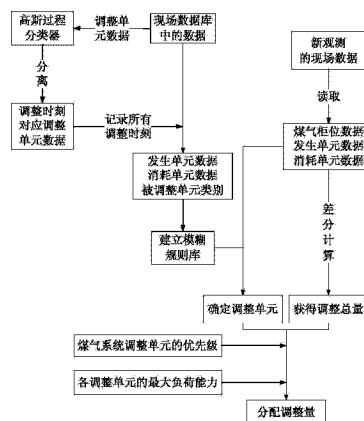
权利要求书3页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于统计分类的冶金煤气系统实时平衡调整方法

(57) 摘要

一种基于统计分类的冶金煤气系统实时平衡调整方法，其特征是先应用高斯过程分类器将调整单元数据对应的时刻分离为调整时刻和非调整时刻，将调整时刻对应的发生单元数据、消耗单元数据以及被调整单元作为模糊规则库的样本，建立调整样本库；然后使用模糊 C 均值聚类算法将样本库中的各个样本转换成 If-Then 的模糊规则，建立完备的模糊规则库；当监测到煤气系统某一时刻即将运行不平衡，将该时刻的煤气发生单元数据和消耗单元数据使用模糊 C 均值聚类算法转换成 If-Then 的模糊规则，与所建立的模糊规则库进行比对，确定出该时刻的可调整单元；然后采用差分计算法获得煤气系统的调整总量；最后根据煤气系统调整单元的优先级和各调整单元的最大负荷能力，将调整总量分配给不同的调整单元，实现冶金煤气系统的实时平衡调整。



1. 一种基于统计分类的冶金煤气系统实时平衡调整方法,其特征包括如下步骤:

(1) 从冶金煤气系统现场实时数据库读取所需的调整单元数据、被调整单元类别、发生单元数据、消耗单元数据、煤气柜位数据;

(2) 建立高斯过程二分类模型

①读取已知的调整单元数据组成一个样本集,计算样本集中的每个样本中的间隔相同的点的斜率,将所得到的所有斜率值作为高斯过程二分类模型的输入样本,输出样本为每个输入样本对应的类别标签,输入样本和输出样本的数据样本集表示为  $D = \{(x_i, y_i) | i = 1, \dots, N\}$ , 其中输入样本  $x_i \in \mathbb{R}^d$ , 输出样本  $y_i \in \{-1, 1\}$ ,  $N$  是输入样本的个数;

②建立基于调整单元数据的高斯过程二分类模型

在给定输入样本  $x_i$  的情况下,计算输出样本  $y_i$ , 则输出样本的联合似然函数可以描述为:

$$p(\mathbf{y} | \mathbf{f}) = \prod_{i=1}^N p(y_i | f_i) = \Phi(\mathbf{y}_i f_i) \quad (1)$$

给定超参数  $\theta$ , 隐函数值  $f$  的后验分布表示为:

$$p(\mathbf{f} | D, \theta) = \frac{p(\mathbf{y} | \mathbf{f}) p(\mathbf{f} | \mathbf{X}, \theta)}{p(D | \theta)} = \frac{\mathcal{N}(\mathbf{f} | \mathbf{0}, \mathbf{K})}{p(D | \theta)} \prod_{i=1}^N \Phi(y_i f_i) \quad (2)$$

给定检测样本  $x_*$ , 对公式 (2) 中的隐函数值  $f$  的后验分布进行边缘化, 那么  $f_*$  的后验分布表述为:

$$p(f_* | D, \theta, x_*) = \int p(f_* | f, X, \theta, x_*) p(f | D, \theta) df \quad (3)$$

将公式 (2) 中的隐函数值  $f$  的后验分布代入公式 (3) 中, 得出近似后验概率

$$q(f_* | D, \theta, x_*) = \mathcal{N}(f_* | \mu_*, \sigma_*^2) \quad (4)$$

均值和方差分别为:

$$\mu_* = \mathbf{k}_*^T \mathbf{K}^{-1} \mathbf{m}, \quad \sigma_*^2 = \mathcal{K}(x_*, x_*) - \mathbf{k}_*^T (\mathbf{K}^{-1} - \mathbf{K}^{-1} \mathbf{A} \mathbf{K}^{-1}) \mathbf{k}_* \quad (5)$$

$\mathbf{K}$  是隐函数值  $f$  的协方差矩阵,  $\mathbf{k}_*$  是检测样本  $x_*$  和输入样本集  $X$  的协方差,  $\mathbf{k}_* = [\mathcal{K}(x_1, x_*), \dots, \mathcal{K}(x_N, x_*)]^T$ ;  $\mathbf{m}$  和  $\mathbf{A}$  是隐函数值  $f$  服从高斯分布的均值和方差, 根据公式 (4) 和期望计算公式, 给定检测样本  $x_*$ , 则输出样本  $y_*$  属于类别 1 的概率的近似值表示为:

$$q(y_* = 1 | D, \theta, x_*) = \int \Phi(f_*) \mathcal{N}(f_* | \mu_*, \sigma_*^2) df_* = \Phi\left(\frac{\mu_*}{\sqrt{1 + \sigma_*^2}}\right) \quad (6)$$

采用极大似然函数估计法求取超参数  $\theta$ , 即通过求解超参数的似然函数的最大值, 进而寻得最优的超参数, 见公式 (7)

$$p(D | \theta) = \int p(\mathbf{y} | \mathbf{f}) p(\mathbf{f} | X, \theta) df \quad (7)$$

对于二分类的检测样本  $x_*$ , 设定当  $x_*$  属于正类的概率  $q(y_* = 1 | D, \theta, x_*) > 0.5$  时, 则将其划分为正类, 即该时刻为调整时刻; 否则, 将其划分为负类, 即该时刻为非调整时刻;

## (3) 建立模糊规则库

①将步骤 (2) 分类得到的调整时刻对应的发生单元数据和消耗单元数据作为模糊规则库的输入样本, 对应输出样本为调整时刻对应的被调整单元类别;

②将输入样本空间和输出样本空间划分为模糊域, 即通过对输入样本、输出样本分析, 得出煤气系统发生单元数据和消耗单元数据的最佳聚类个数, 使其能够完整反映输入样本的特征;

③使用模糊 C 均值聚类算法对输入样本进行段聚类, 并记录每段数据所属的类别, 产生初始的基于 If-Then 模糊规则的模糊规则库;

④记录每段数据所属每一类别的隶属度;

⑤精简模糊规则库, 剔除相同输入样本, 相同输出样本的模糊规则, 将相同输入样本, 不同输出样本的模糊规则合并为一条模糊规则, 说明当前时刻有多个调整单元对煤气系统平衡调整;

## (4) 实时在线确定调整单元

监测煤气系统运行不平衡的时刻, 将该时刻对应的发生单元数据和消耗单元数据, 使用模糊 C 均值聚类算法化为 If-Then 模糊规则, 与步骤 (3) 所建立的模糊规则库进行比对, 找出与模糊规则库中最相近的模糊规则, 其输出样本就是当前时刻的可调整单元;

## (5) 调整总量的计算

采用差分计算法获得需要调整的煤气总量, 具体流程如下:

在煤气柜位超限的时间段内选择三个柜位超限点  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ; 假设在初始时刻  $t = 0$  的煤气柜位值为  $gh_i$ , 那么在  $t_1$  时刻煤气柜位值描述为:

$$gh_1 = gh_i + \sum_{t=1}^{t_1} dflow_1(t) \quad (8)$$

同理, 求得  $gh_2$  和  $gh_3$ ;

如果将煤气柜位调整到正常水平时的目标值  $gh_o$ , 定义调整后的煤气系统在  $t$  时刻发生单元数据和消耗单元数据的流量差值为  $dflow_o(t)$ , 那么  $gh_o$  表示为:

$$gh_o = gh_i + \sum_{t=0}^{t_1} dflow_o(t) \quad (9)$$

将式 (8) 和 (9) 相减得式 (10), 进一步, 式 (10) 简写成式 (11);

$$gh_1 - gh_o = \sum_{t=0}^{t_1} [dflow_1(t) - dflow_o(t)] \quad (10)$$

$$\Delta gh_1 = t_1 \cdot \Delta dflow_1 \quad (11)$$

以此求得将三个柜位超限点调到目标值时, 流量差值的变化量:

$$\Delta dflow_1 = \Delta gh_1 / t_1,$$

$$\Delta dflow_2 = \Delta gh_2 / t_2,$$

$$\Delta dflow_3 = \Delta gh_3 / t_3;$$

进一步根据式 (12) 获得调整总量:

$$\Delta dflow = \max \{ \Delta dflow_1, \Delta dflow_2, \Delta dflow_3 \} \quad (12)$$

(6) 分配各调整单元的调整量

依据步骤 (4) 中得到的调整单元, 根据现场调整单元的优先级和各调整单元的最大负荷能力, 将步骤 (5) 得到的调整总量分配给不同调整单元。

## 一种基于统计分类的冶金煤气系统实时平衡调整方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于信息技术领域,涉及到高斯过程、模糊规则库和差分计算,是一种基于统计分类的冶金煤气系统实时平衡调整方法。本发明利用冶金企业现场已有的大量数据,首先应用高斯过程分类器将调整单元数据对应的时刻分离为调整时刻和非调整时刻,将调整时刻对应的发生单元数据、消耗单元数据以及被调整单元作为模糊规则库的样本,建立调整样本库;然后使用模糊 C 均值聚类算法将调整样本库中的各个样本转换成 If-Then 的模糊规则,建立完备的模糊规则库;当监测到煤气系统某一时刻即将运行不平衡,将该时刻的煤气发生单元数据和消耗单元数据使用模糊 C 均值聚类算法转换成 If-Then 的模糊规则,与所建立的模糊规则库进行比对,确定出该时刻的可调整单元;然后采用差分计算法获得煤气系统的调整总量;最后根据煤气系统调整单元的优先级和各调整单元的最大负荷能力,将调整总量分配给不同的调整单元,实现冶金煤气系统的实时平衡调整。

### 背景技术

[0002] 能源是冶金企业生产过程中除人力资源以外的最重要资源,能源系统的运行情况是否稳定、经济、可靠将直接影响到产品的质量和企业的经济效益。因此,如何高效利用生产过程产生的副产煤气使企业低消耗,低排放,低成本,低污染运行成为冶金企业追求的目标 (Jun Zhao, Quanli Liu, Wei Wang, Witold Pedrycz, and Liqun Cong, Hybrid Neural Prediction and Optimized Adjustment for Coke Oven Gas System in Steel Industry[J]. IEEE trans. on neural networks and learning systems., vol. 23, no. 3, pp. 439-450, Mar. 2012)。

[0003] 冶金企业生产过程会产生大量的副产煤气,而此类副产品也是炼焦、加热炉、电厂、热处理等环节可利用的重要二次能源,其有效合理的利用将直接影响到冶金企业的能耗标准和产出成本。副产煤气包括焦炉煤气、高炉煤气和转炉煤气三种。由于钢铁生产的非规律性,煤气系统经常会发生生产消不平衡的情况,生产与消耗的余量过多或过少极易造成柜位超出上限或下限,影响系统安全,因此必须对煤气进行有效地调整。一般情况下,当煤气柜的柜位发生异常时,根据煤气系统产消单元的变化趋势,增加或者减少管网中可调单元的煤气用量可以平衡煤气柜位,最重要的是在保证正常生产和煤气柜安全运行的前提下最大化煤气的利用率,减少副产煤气的放散量,降低生产成本。

[0004] 目前在实际生产过程中,调度人员往往依靠人工经验来实现对整个煤气系统的平衡调整。参照现场的实际情况,调度人员一般根据当前时刻柜位的实际运行情况和系统中各单元的产销量变化来估计是否需要调整,并粗略的计算出调整总量,然后根据人工经验将调整总量分配给不同的调整单元,如果调整后煤气系统的运行状态达到预期的要求则停止调整,否则将不断调整,直到满足要求为止。该方法的不足之处在于调度人员需要完成巨大的工作量,虽然可以给出调整总量,但是不能直接准确的给出具体的调整方案,这种依靠人工经验的调整方式需要不断地调整,这会造成调整手段响应的滞后,无法及时有效的完成煤气系统的平衡调整,还可能导致企业的非正常生产,影响企业的生产效益。

## 发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是冶金煤气系统实时平衡调整问题。为解决上述问题，首先应用高斯过程分类器将调整时刻对应的调整单元数据和非调整时刻对应的调整单元数据进行分离，将调整时刻对应的发生单元数据、消耗单元数据以及被调整单元作为模糊规则库的样本，建立调整样本库，基于该调整样本库建立模糊规则库，用于确定调整单元；然后通过差分计算法获得煤气调整总量；最后根据现场的煤气系统调整单元的优先级和各调整单元的最大负荷能力，将调整总量分配给不同调整单元。利用该发明可以在较短时间内给出较好的调整方案供调度人员参考，实现冶金煤气系统的平衡调整。

[0006] 本发明技术方案的整体实现流程如附图 1 所示，具体步骤如下：

[0007] 1、现场数据的读取：从冶金煤气系统现场实时数据库中读取所需的煤气系统调整单元数据、被调整单元、发生单元数据、消耗单元数据、煤气柜位数据；

[0008] 2、高斯过程二分类模型：采用高斯过程分类器将第 1 步中获得的调整单元数据对应的时刻分离为调整时刻与非调整时刻，并记录调整时刻对应的调整单元数据；

[0009] 3、建立模糊规则库：将第 2 步中得到的调整时刻对应的发生单元数据和消耗单元的数据作为模糊规则库的输入样本，将调整时刻对应的被调整单元作为模糊规则库的输出样本，建立调整样本库，利用模糊 C 均值聚类算法将调整样本库中各样本转换成 If-Then 的模糊规则，建立较为完备的模糊规则库；

[0010] 4、实时在线确定调整单元：监测煤气系统运行不平衡的时刻，将该时刻对应的发生单元数据和消耗单元数据，使用模糊 C 均值聚类算法转换成 If-Then 的模糊规则，与第 3 步所建立的模糊规则库进行比对，找出与模糊规则库中最相近的模糊规则，其输出就是当前时刻的可调整单元；

[0011] 5、调整总量的计算：采用差分计算法获得需要调整的煤气总量；

[0012] 6、分配各调整单元的调整量：依据第 4 步中得到的调整单元，根据现场调整单元的优先级和各调整单元的最大负荷能力，将第 5 步得到的调整总量分配给不同调整单元。

[0013] 本发明的效果和益处是：

[0014] 考虑现场调度人员凭借人工经验确定调整单元的盲目性，本发明采用基于高斯过程分类器和模糊规则库相结合的方法实时在线确定调整单元，可以有效的避免系统对人工经验的依赖性，且有效地提高了确定调整单元的速度，解决调整滞后的问题，实现煤气的合理利用与分配，从而实现工业生产的自动化和智能化运行；

[0015] 本发明充分利用冶金企业现场已有的现场数据，实时精准的确定调整单元，并在采用差分计算法获得调整总量后，根据调整单元的优先级和各调整单元的最大负荷能力，将调整总量分配给不同调整单元，满足现场实时性和稳定性要求，从而为煤气系统的调度人员提供完整可行的调整方案。

## 附图说明

[0016] 图 1 为技术方案的整体实现流程图。

[0017] 图 2 为冶金企业煤气系统管网结构图。

[0018] 图 3 为煤气系统的调整总量计算原理图。

## 具体实施方式

[0019] 为了更好地理解本发明的技术方案,以下结合附图 2 对本发明的实施方式作详细描述,附图 2 为某冶金企业煤气系统的管网结构图,高炉、焦炉和转炉是煤气系统的发生单元,其产生的高炉煤气、焦炉煤气和转炉煤气经过加压站加压后,供给石灰窑、烧结厂、连铸、冷轧、热轧、钢管厂、初轧等消耗单元使用,富余的煤气会供给低压锅炉和电厂锅炉产生蒸汽和电力,低压锅炉和电厂锅炉是煤气系统的可调整单元,在煤气系统中是可以保证系统平衡的重要调整手段,此外煤气系统的管网和与煤气管网相连的煤气柜是煤气系统的存储设备。通常情况下,煤气系统会保持在一个产消平衡的状态运行,有时由于工业生产的变更或者工业故障等原因会导致煤气系统的不平衡,供过于求时,煤气柜的柜位可能超过其运行上限,这种情况下要开启放散塔放散多余的煤气,供不应求时,可能会导致工业生产的停滞。所以在监测到异常情况将要发生时,需要及时对煤气系统进行调整,以使煤气系统达到新的平衡。目前现场煤气系统的调度人员通过实时监测煤气系统的运行状态,来判断煤气系统在未来时刻是否需要调整,在需要调整的情况下,粗略计算出调整总量,然后根据人工经验确定调整单元,但是这样不仅工作量很大,且依赖于调度人员的经验,容易导致调整的滞后,所以本发明提出一种基于统计分类的冶金煤气系统实时平衡调整方法,来实现冶金煤气系统自动分析、自动控制和自动调整。按照图 1 所示的方法流程,本发明的具体实施步骤如下:

[0020] 步骤 1:现场数据的读取

[0021] 从冶金企业现场实时数据库读取所需的煤气系统调整单元数据、被调整单元类别、发生单元数据、消耗单元数据、煤气柜位数据。

[0022] 为了叙述方便,先给出调整时刻的含义:在若干分钟内,如果煤气柜位一直处于较高或较低状态时,任意一个调整单元的用量骤然突变,说明该调整单元对煤气系统进行平衡调整,则称此突变点对应的时刻为调整时刻。对于调整时刻的特征,本发明申请人在与上海宝钢能源中心的现场人员沟通后得出煤气系统的调整时刻具备以下特征:

[0023] (1) 煤气柜位在长时间一直处于较高或较低的状态,若不调整,煤气柜位很有可能在未来一段时间内超限,影响系统的安全性。

[0024] (2) 如果此时有一个或若干个调整单元的用量从平稳状态骤然突变,对煤气系统进行平衡调整,使煤气柜位逐渐趋于正常。

[0025] 一般情况下,当煤气柜位处于较高状态,则会突然增加调整单元的用量,当煤气柜位处于较低状态,则会突然减少调整单元的用量,用以对煤气系统进行平衡调整,确保系统正常运行。

[0026] 步骤 2:建立高斯过程二分类模型

[0027] 读取已知的调整单元数据组成一个样本集,计算样本集中的每个样本中的间隔相同的点的斜率,将所得到的所有斜率值作为高斯过程二分类模型的输入样本,输出样本为每个输入样本对应的类别标签,输入样本和输出样本的数据

[0028] 样本集表示为  $D = \{(x_i, y_i) \mid i = 1, \dots, N\}$ , 其中输入样本  $x_i \in \mathbb{R}^d$ , 输出样本  $y_i \in \{-1, 1\}$ ,  $y_i = 1$  表示该样本对应的时刻是调整时刻,  $y_i = -1$  表示该样本对应的时刻是非调整时刻,  $N$  是输入样本的个数。

[0029] 在给定输入样本  $x_i$  的情况下,为计算输出样本  $y_i$ ,引入隐函数  $f$ ,令  $f_i = f(x_i)$ ,则将隐函数的所有隐函数值记为  $\mathbf{f} = [f_1, f_2, \dots, f_N]^T$ 。已知输出样本  $y_i$  与每个隐函数值  $f_i$  之间存在如下依赖关系  $p(y_i | f_i) = \Phi(y_i f_i)$ ,且各输出样本  $y_i$  相互独立,那么输出样本的联合似然函数可以描述为:

$$[0030] \quad p(\mathbf{y} | \mathbf{f}) = \prod_{i=1}^N p(y_i | f_i) = \prod_{i=1}^N \Phi(y_i f_i) \quad (1)$$

[0031] 给定超参数  $\theta$ ,依据贝叶斯准则,隐函数值  $f$  的后验分布表示为:

[0032]

$$p(\mathbf{f} | D, \theta) = \frac{p(\mathbf{y} | \mathbf{f})p(\mathbf{f} | \mathbf{X}, \theta)}{p(D | \theta)} = \frac{N(\mathbf{f} | \mathbf{0}, \mathbf{K})}{p(D | \theta)} \prod_{i=1}^N \Phi(y_i f_i) \quad (2)$$

[0033] 其中,  $X$  是输入样本集,记为  $X = [x_1, \dots, x_N]$ ;假设每个隐函数值  $f_i$  的先验分布为零均值高斯分布,那么给定输入样本集  $X$ ,隐函数值的联合分布应服从多元高斯分布,即  $p(\mathbf{f} | X, \theta) = N(\mathbf{f} | \mathbf{0}, \mathbf{K})$ ;  $\mathbf{K}$  是隐函数值  $f$  的协方差矩阵,  $\mathbf{K}$  中的每个元素定义为  $K_{ij} = K(x_i, x_j, \theta)$ ,  $K$  是正定的协方差函数。给定检测样本  $x_*$ ,欲求其隐函数值  $f_*$  的后验概率分布,可以对公式 (2) 中的隐函数值  $f$  的后验分布进行边缘化,那么  $f_*$  的后验分布可以表述为:

$$[0034] \quad p(f_* | D, \theta, x_*) = \int p(f_* | \mathbf{f}, X, \theta, x_*) p(\mathbf{f} | D, \theta) d\mathbf{f} \quad (3)$$

[0035] 将公式 (2) 中的隐函数值  $f$  的后验分布代入公式 (3) 中,得出近似后验概率

$$[0036] \quad q(f_* | D, \theta, x_*) = N(f_* | \mu_*, \sigma_*^2) \quad (4)$$

[0037] 均值和方差分别为:

[0038]

$$\mu_* = \mathbf{k}_*^T \mathbf{K}^{-1} \mathbf{m}, \quad \sigma_*^2 = K(x_*, x_*) - \mathbf{k}_*^T (\mathbf{K}^{-1} - \mathbf{K}^{-1} \mathbf{A} \mathbf{K}^{-1}) \mathbf{k}_* \quad (5)$$

[0039] 这里  $\mathbf{k}_*$  是检测样本  $x_*$  和输入样本集  $X$  的协方差,  $\mathbf{k}_* = [K(x_1, x_*), \dots, K(x_N, x_*)]^T$ ;  $\mathbf{m}$  和  $\mathbf{A}$  是隐函数值  $f$  服从高斯分布的均值和方差,用  $q(\mathbf{f} | D, \theta)$  表示数据样本集  $D$  时隐函数值  $f$  所服从的近似分布,满足  $q(\mathbf{f} | D, \theta) = N(\mathbf{f} | \mathbf{m}, \mathbf{A})$ 。根据公式 (4) 和期望计算公式,给定检测样本  $x_*$ ,则输出样本  $y_*$  属于类别 1 的概率的近似值可表示为:

[0040]

$$q(y_* = 1 | D, \theta, x_*) = \int \Phi(f_*) N(f_* | \mu_*, \sigma_*^2) df_* = \Phi\left(\frac{\mu_*}{\sqrt{1 + \sigma_*^2}}\right) \quad (6)$$

[0041]  $\theta$  是模型的超参数,对概率估计的影响较大,因此在模型构建时,需要提前确定超参数  $\theta$ ,本发明采用极大似然函数估计法求取超参数  $\theta$ ,极大似然估计法是通过求解超参数的似然函数的最大值,进而寻得最优的超参数,如公式 (7)

$$[0042] \quad p(D | \theta) = \int p(\mathbf{y} | \mathbf{f}) p(\mathbf{f} | X, \theta) d\mathbf{f} \quad (7)$$

[0043] 对于二分类的检测样本  $x_*$ ,可以设定当  $x_*$  属于正类的概率  $q(y_* = 1 | D, \theta, x_*) > 0.5$  时,则将其划分为正类,即该时刻为调整时刻;否则,将其划分为负类,即该时刻为非调整时刻。不同方法的分类精度比较如表 1 所示:

[0044] 表 1 Laplace 法、期望传播法和支撑向量机法分类精度比较



调整单元	分类方法	分类精度
[0045] 电厂	Laplace估计法	95.00%
	期望传播法	96.67%
	支持向量机法	95.00%
低压锅炉	Laplace估计法	95.00%
	期望传播法	96.67%
	支持向量机法	95.00%

[0046] 步骤 3 :建立模糊规则库

[0047] 建立基于 If-Then 模糊规则的模糊规则库,具体流程如下 :

[0048] ①将步骤 2 分类得到的调整时刻对应的发生单元数据和消耗单元数据作为模糊规则库的输入样本,对应输出样本为调整时刻对应的被调整单元类别 ;

[0049] ②将输入样本空间和输出样本空间划分为模糊域,即通过对输入样本、输出样本分析,得出煤气系统发生单元数据和消耗单元数据的最佳聚类个数,使其能够完整反映输入样本的特征 ;

[0050] ③使用模糊 C 均值聚类算法对输入样本进行段聚类,并记录每段数据所属的类别,产生初始的基于 If-Then 模糊规则的模糊规则库 ;

[0051] ③④记录每段数据所属每一类别的隶属度 ;

[0052] ⑤精简模糊规则库,剔除相同输入样本,相同输出样本的模糊规则,将相同输入样本,不同输出样本的模糊规则合并为一条模糊规则,说明当前时刻有多个调整单元对煤气系统平衡调整。

[0053] 步骤 4 :实时在线确定调整单元

[0054] 监测煤气系统运行不平衡的时刻,将该时刻对应的发生单元数据和消耗单元数据,使用模糊 C 均值聚类算法化为 If-Then 模糊规则,与步骤 3 所建立的模糊规则库进行对比,找出与模糊规则库中最相近的模糊规则,其输出样本就是当前时刻的可调整单元。

[0055] 从现场数据库中取出一些需要调整的数据点进行验证实验,实验数据的误差统计表如表 2 所示 :

[0056] 表 2 误差统计表

[0057]

数据段	被调整单元类别	准确率
2009.8.29 11:26 ~ 2009.8.29 12:03	B	100%
2009.8.29 13:43 ~ 2009.8.29 14:19	B,C	100%
2009.8.29 16:04 ~ 2009.8.29 16:40	A	100%

[0058]

2009.8.29 17:22 ~ 2009.8.29 17:58	A,C	100%
2009.8.29 19:03 ~ 2009.8.29 19:39	C	96.67%
2009.9.1 08:55 ~ 2009.9.1 09:30	C,D	83.33%

[0059] 本发明中煤气系统的被调整单元类别由字母表示,具体表示为:A- 电厂一号锅炉、B- 电厂二号锅炉、C- 四号发电机、D- 低压锅炉。

[0060] 步骤5:调整总量的计算

[0061] 采用差分计算法获得煤气系统的调整总量,结合附图3具体流程如下:

[0062] 在煤气柜位超限的时间段内选择三个柜位超限点  $t_1, t_2, t_3$ ;假设在初始时

[0063] 刻的煤气柜位值为  $gh_i$ ,那么在  $t_1$  时刻煤气柜位值可以描述为:

$$[0064] \quad gh_1 = gh_i + \sum_{t=1}^{t_1} dflow_1(t) \quad (8)$$

[0065] 其中  $dflow_1(t)$  为  $t$  时刻煤气系统的发生单元数据和消耗单元数据的流量差值,同理也可以求得  $gh_2$  和  $gh_3$ ;如果将煤气柜位调整到正常水平时的目标值  $gh_o$ ,定义调整后的煤气系统在  $t$  时刻发生单元数据和消耗单元数据的流量差值为  $dflow_o(t)$ ,那么  $gh_o$  可以表示为:

$$[0066] \quad gh_o = gh_i + \sum_{t=0}^{t_1} dflow_o(t) \quad (9)$$

[0067] 将式(8)和(9)相减得式(10),进一步,式(10)可以简写成式(11);

$$[0068] \quad gh_1 - gh_o = \sum_{t=0}^{t_1} [dflow_1(t) - dflow_o(t)] \quad (10)$$

$$[0069] \quad \Delta gh_1 = t_1 \cdot \Delta dflow_1 \quad (11)$$

[0070] 这样就可以求得将三个柜位超限点调到目标值时,流量差值的变化量: $\Delta dflow_1 = \Delta gh_1/t_1$ ,  $\Delta dflow_2 = \Delta gh_2/t_2$ ,  $\Delta dflow_3 = \Delta gh_3/t_3$ 。

[0071] 进一步根据式(12)获得调整总量。

$$[0072] \quad \Delta dflow = \max\{\Delta dflow_1, \Delta dflow_2, \Delta dflow_3\} \quad (12)$$

[0073] 步骤6:分配各调整单元的调整量

[0074] 依据步骤4中得到的调整单元,根据现场调整单元的优先级和各调整单元的最大负荷能力,将步骤5得到的调整总量分配给不同调整单元。

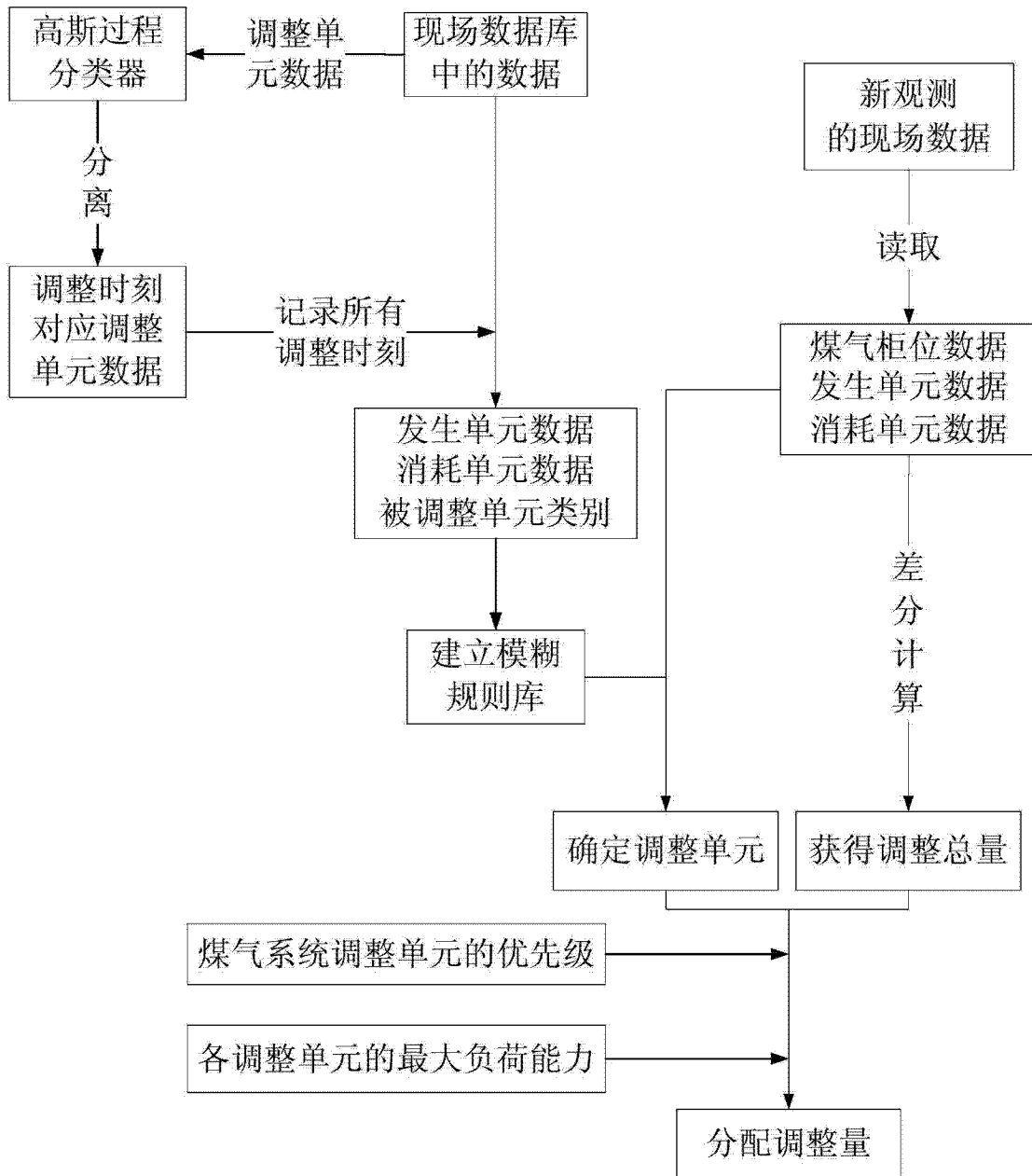


图 1

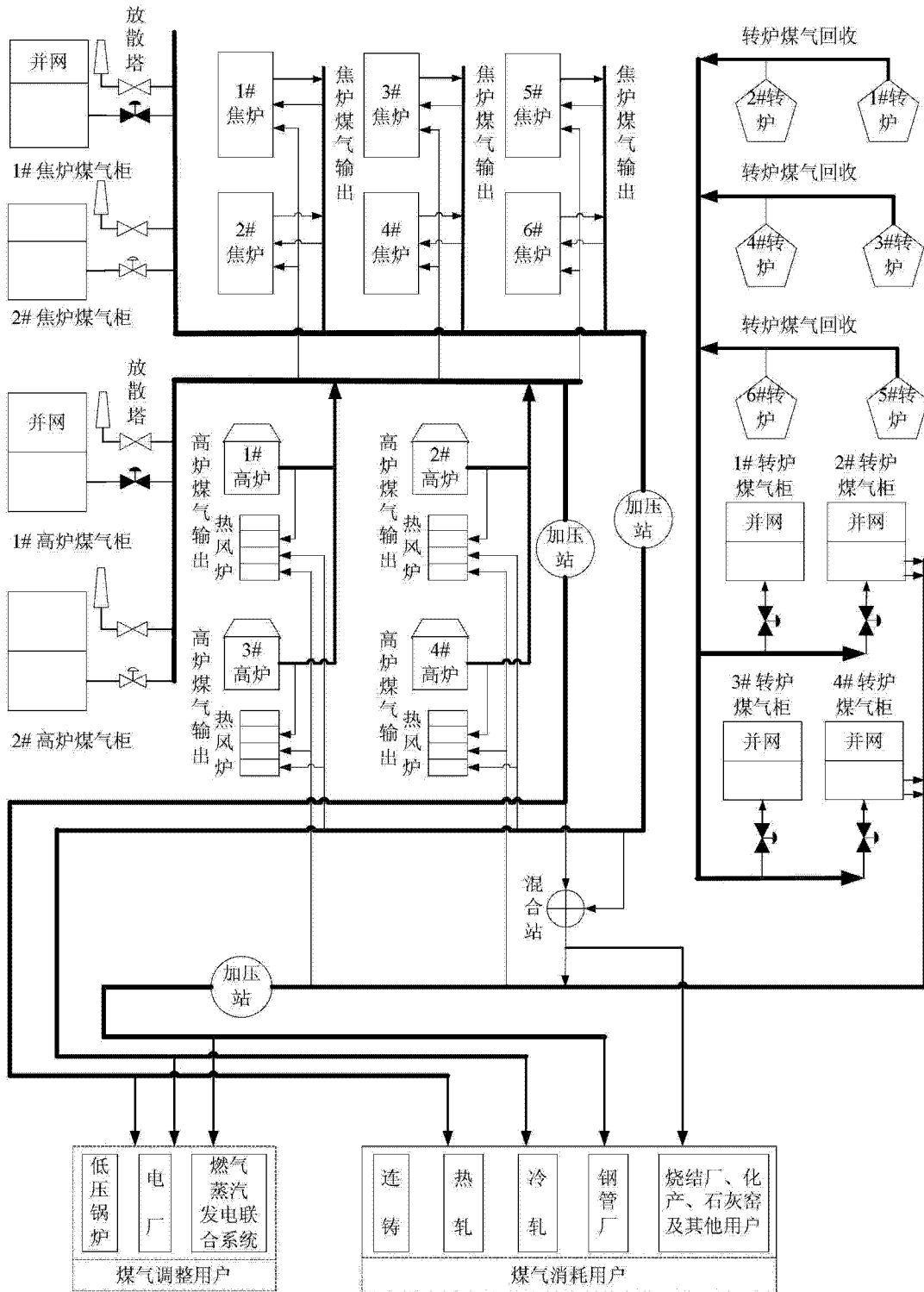


图 2

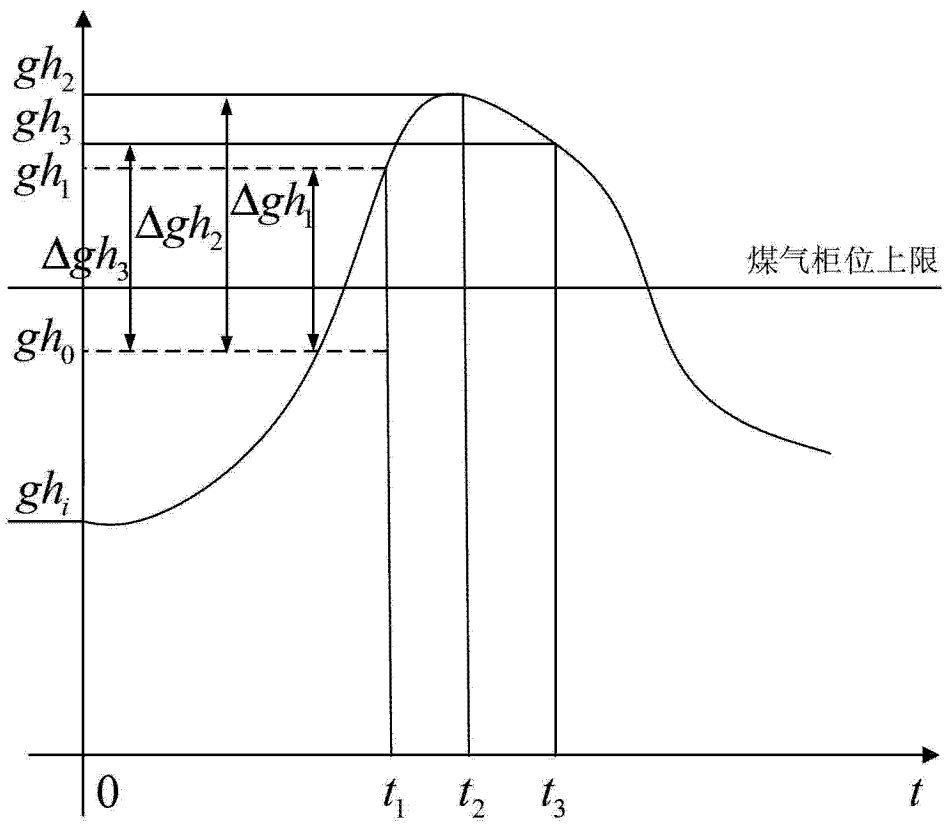


图 3