(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2019 年 11 月 14 日 (14.11.2019)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2019/214367 A1

(51) 国际专利分类号:
G08B 29/18 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/080501

(22) 国际申请日: 2019 年 3 月 29 日 (29.03.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201810427685.6 2018年5月7日 (07.05.2018) CN

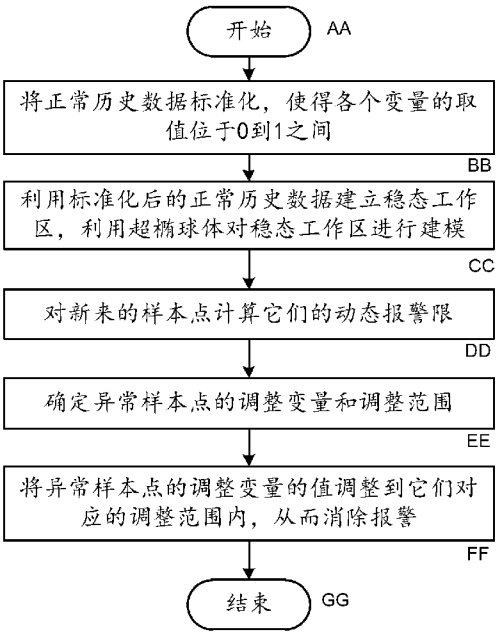
(71) 申请人: 山东科技大学(SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。

(72) 发明人: 王建东(WANG, Jiandong); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路579号, Shandong 266590 (CN)。 余彦(YU, Yan); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路579号, Shandong 266590 (CN)。 杨子江(YANG, Zijiang); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路579号, Shandong 266590 (CN)。 王振(WANG, Zhen); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路579号, Shandong 266590 (CN)。 张超(ZHANG, Chao); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路579号, Shandong 266590 (CN)。 周东华(ZHOU, Donghua); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路579号, Shandong 266590 (CN)。

(74) 代理人: 济南圣达知识产权代理有限公司(JINAN SHENGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY

(54) **Title:** METHOD AND SYSTEM FOR DYNAMIC ALARM THRESHOLD DESIGN AND ALARM CANCELLATION

(54) **发明名称**: 一种动态报警阈值设计和报警消除的方法与系统



AA Start
BB Standardize normal historical data so that the value of each variable is between 0 and 1
CC Create a stable working area using the standardized normal historical data, and model the stable working area using a hyperellipsoid
DD Calculate dynamic alarm limit of new sample points
EE Determine adjustment variables and adjustment ranges of abnormal sample points
FF Adjust the values of the adjustment variables of the abnormal sample points to the corresponding adjustment ranges thereof so as to cancel the alarm
GG End

图 1

(57) **Abstract:** A method and system for dynamic alarm threshold design and alarm cancellation. False alarm and failed alarm in an industrial alarm system can be reduced by setting corresponding alarm thresholds according to different dynamics of sample points and determining adjustment variables of corresponding abnormal points, so that operators are not tangled up in a large number of interference alarms and can find meaningful alarms in time, thereby facilitating the operators to respond to an alarm that has occurred and guiding the operators to cancel the alarm.

(57) **摘要**: 一种动态报警阈值设计和报警消除的方法与系统，通过根据各个样本点的不同动态设置相应的报警阈值，并确定相应异常点的调整变量，能够减少工业报警系统中的误报警和漏报警，使得操作人员不至于淹没于大量的干扰报警中，方便操作人员及时发现真正有用的报警，并且有益于帮助操作人员对已经发生的报警做出反应，指导他们如何消除报警。

WO 2019/214367 A1

[见续页]

CO., LTD.); 中国山东省济南市经十路17703号华特广场B308室, Shandong 250061 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种动态报警阈值设计和报警消除的方法与系统

技术领域

本发明涉及工业报警系统等自动化技术领域，尤其涉及一种动态报警阈值设计和报警消除的方法与系统。

背景技术

报警系统是现代工业系统的重要组成部分，对生产过程的安全高效运行有着至关重要的作用。因此，工业报警系统的研究受到了工业界和学术界越来越广泛的关注。然而由于噪声等外部干扰的影响，以及没有考虑变量之间的相关性，工业报警系统会产生大量的误报警和漏报警，误报警和漏报警会严重影响工业报警系统的性能表现，不仅导致有用的报警信息被淹没，更因“狼来了”效应造成操作人员长期忽视报警信息，不信任甚至关闭工业报警系统。

因此，如何提高报警的准确度和防止报警信息被忽视、被遗漏，是目前急需解决的问题。

发明内容

本发明为了解决上述问题，提出了一种动态报警阈值设计和报警消除的方法与系统。

首先，本发明提供一种动态报警阈值设计和报警消除的方法，该方法可以有效降低工业报警系统的误报率和漏报率，同时指导操作人员做出反应来消除已经发生的报警，以有效提高报警的准确度，并防止报警信息被忽视。

其次，本发明基于上述方法提供一种动态报警阈值设计和报警消除的系统，

以从系统或软件方面提供上述方法的可实现性。

为了实现上述目的，本发明采用如下技术方案：

一种动态报警阈值设计和报警消除的方法，包括：

将正常历史数据标准化，使得各个变量的取值落在 0 到 1 之间；

利用标准化后的正常历史数据建立稳态工作区，稳态工作区之内的点被视为正常点，否则被视为异常点；

为每个新来的样本点，利用沿着其各个坐标轴方向在稳态工作区表面上的投影动态设置报警阈值；

稳态工作区在平行坐标系中被表示为一系列的双曲线，异常点在平行坐标系中被表示为折线，利用折线与双曲线的位置关系来确定异常点的调整变量，利用双曲线的切线来确定调整变量的调整范围；

不断接收调整信息，直至各个异常点的变量调整至对应的调整范围内，消除报警。

进一步的,计算各个变量的最大值和最小值，计算每个变量最大值与最小值之间的差值，将每个样本点的各个变量的取值减去各个变量的最小值，然后除以对应的最大值和最小值的差值，从而将样本点的各个变量的取值标准化到 0 到 1 之间。

进一步的，利用聚类算法从m个正常历史数据中选取r个样本来构建稳态工作区，且正常历史数据与样本的比值根据设定的报警误报率来设置。

进一步的，所述聚类算法包括但不限于 K 均值聚类算法、BIRCH 算法、CURE 算法、MDS_CLUSTER、DBSCAN 算法、OPTICS 算法、DENCLUE 算法等。

作为一种优选方式，可以选择k均值聚类算法，具体过程包括：

（1）从m个正常历史数据中随机选取r个样本，计算这r个样本的均值μ_r和协方差矩阵W_r。

（2）计算每个样本点$X(t)$到样本中心的马氏距离$d(t)$，其中$d(t)$的计算公式为：

$$d(t)=\sqrt{[X(t)-\mu_r]^T W_r^{-1}[X(t)-\mu_r]}$$

（3）将每个样本点的马氏距离$d(t)$按照从小到大的顺序排列，选出距离较小的r个样本，然后计算这r个样本的均值μ'_r和协方差矩阵W'_r。

（4）如果协方差矩阵W_r的行列式等于协方差矩阵W'_r的行列式，聚类算法就终止。否则将μ'_r和W'_r的值分别赋给μ_r和W_r，聚类算法跳转到步骤（2）。

进一步的，利用超椭球体作为稳态工作区的数学模型，超椭球体的方程为

$$[X(t)-C]^T P[X(t)-C]=1$$

其中，$X(t)$为超椭球体表面上的点，C为超椭球体的中心向量，即各个样本的均值，P为超椭球体的特征矩阵，即各个样本的协方差矩阵。

进一步的，如果新来的样本点在超椭球体内，该样本点就被视为正常的样本点，否则就被视为异常的样本点。

进一步的，对于一个正常的样本点，沿着各个坐标轴方向，在超椭球体稳态工作区表面上的投影被定义为该样本点的动态报警阈值。

进一步的，当正常的样本点的各个变量的取值远离对应的动态报警阈值，该样本点就有较大的调整裕度，生产过程较为安全；否则，如果样本点的某个或者某些变量的取值靠近对应的动态报警阈值，接下来可能会有报警产生。

进一步的，对于异常的样本点，其与稳态工作区的中心的连线与稳态工作区的交点所对应的动态报警阈值被定义为该异常样本点的动态报警阈值。

进一步的，对于异常的样本点，只需要将其调整到所述异常的样本点和稳态工作区的中心的连线与稳态工作区的交点处，就能让该异常点回到稳态工作区内，从而消除报警。

进一步的，利用平行坐标系来确定调整变量的过程中，将所有变量分为两大类，不可操纵变量和可操纵变量，对于一个新来的异常样本点，将它的不可操纵变量的值代入到稳态工作区的数学模型中，得到稳态工作区的降维缩减空间的数学模型；同时将降维缩减空间的数学模型在平行坐标系中表示出来，利用新来的异常样本点在平行坐标系中的表示与降维缩减空间在平行坐标系中表示的相对位置来确定调整变量。

进一步的，如果调整某些变量的值到某个范围内可以使得异常的样本点回到稳态工作区内，这些变量就被称为调整变量，并且这些范围就被称为调整变量对应的调整范围；调整变量通过对应的样本点在平行坐标系中的表示与$n-g$维的超椭球体在平行坐标系中的表示，也就是$n-g-1$对双曲线的相对位置来判断，其中，对于含有n个变量的报警系统，前g个变量是不可操纵变量，后$n-g$个变量是可操纵变量。

本发明还提供一种动态报警阈值设计和报警消除的系统，包括：

数据标准化模块，用于将正常历史数据标准化，使得各个变量的取值位于0到1之间；

稳态工作区构建模块，用于利用标准化后的正常历史数据构建稳态工作区，从而用来判断新来的样本点是否是正常的，以及用来计算动态报警阈值和消除报警；

动态报警阈值计算模块，用于为每个新来的样本点，利用沿着其各个坐标轴方向在稳态工作区表面上的投影动态设置报警阈值；

变量调整模块，用来确定异常点的调整变量和调整变量对应的调整范围，用来指导操作人员做出反应消除报警；

报警消除模块，用于将各个异常点的调整变量的值调整到对应的调整范围内，从而消除报警。

与现有技术相比，本发明的有益效果为：

本发明利用正常的历史数据建立稳态工作区，将稳态工作区之内的点视为正常的样本点，否则视为异常的样本点。对于每个新来的样本点，利用稳态工作区来设计动态报警阈值，动态报警阈值可以反映系统的运行状态并且可以帮助操作人员对发生的报警做出反应。

本发明通过将稳态工作区可视化在平行坐标系中，可以确定调整变量和调整变量对应的调整范围。将调整变量的值调整到他们对应的调整范围内，就可以消除报警。

综上，本发明有益于减少工业报警系统中的误报警和漏报警，使得操作人员不至于淹没于大量的干扰报警中，方便操作人员及时发现真正有用的报警。并且本发明有益于帮助生产操作人员对已经发生的报警做出正确反应，指导他们如采取有效措施消除报警。

附图说明

构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本申请的进一步理解，本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请，并不构成对本申请的不当限定。

图 1 为本发明实施例所述设计动态报警阈值和消除报警的系统流程图；

图 2 为正常点的动态报警阈值的计算示意图；

图 3 为异常点的动态报警阈值的计算示意图；

图 4 为调整变量的确定示意图；

图 5 为调整范围的计算示意图；

图 6 为本发明实施例的过程变量的时间序列图；

图 7 为本发明实施例的动态报警阈值示意图；

图 8 为本发明实施例的变量的调整示意图；

图 9 为本发明实施例所述设计动态报警阈值和消除报警的系统框图。

具体实施方式：

下面结合附图与实施例对本发明作进一步说明。

应该指出，以下详细说明都是例示性的，旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明，本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

在本发明中，术语如“上”、“下”、“左”、“右”、“前”、“后”、

“竖直”、“水平”、“侧”、“底”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，只是为了便于叙述本发明各部件或元件结构关系而确定的关系词，并非特指本发明中任一部件或元件，不能理解为对本发明的限制。

本发明中，术语如“固接”、“相连”、“连接”等应做广义理解，表示可以是固定连接，也可以是一体地连接或可拆卸连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连。对于本领域的相关科研或技术人员，可以根据具体情况确定上述术语在本发明中的具体含义，不能理解为对本发明的限制。

如图 1 所示，本发明的一种典型实施例是：

一种设计动态报警阈值和消除报警的方法，包括以下步骤：

步骤 S1，将正常历史数据标准化，使得各个变量的取值落在 0 到 1 之间；

步骤 S2，利用标准化后的正常历史数据建立稳态工作区，稳态工作区之内的点被视为正常点，否则被视为异常点；

步骤 S3，为每个新来的样本点设计动态报警阈值；

步骤 S4，利用平行坐标系来确定调整变量，利用切线来确定调整变量的调整范围；

步骤 S5，将各个调整变量调整到他们对应的调整范围内，从而消除报警。

步骤 S1 中：计算 n 维的正常历史数据的每一维的最小值 $\min(\tilde{x}_i)$ 和最大值 $\max(\tilde{x}_i)$，其中 $i=1,2,\cdots,n$。对于每一个样本点 $\tilde{X}(t)=[\tilde{x}_1(t),\tilde{x}_2(t),\cdots,\tilde{x}_n(t)]$，利用公式：

$$X(t)=[x_i(t)]_{i=1}^{n}=[\frac{\tilde{x}_i(t)-\min(\tilde{x}_i)}{\max(\tilde{x}_i)-\min(\tilde{x}_i)}]_{i=1}^{n}$$

将该样本点标准化，使它的各个变量的取值位于 0 到 1 之间。

步骤 S2 中：从m个正常历史数据中选取r个数据来构建稳态工作区，其中m为样本总数。稳态工作区包含的样本数r根据误报率来选取，如果报警系统的误报率为σ，那么$r=m(1-\sigma)$。

这是因为远离样本中心的样本点分布的很稀疏，如果稳态工作区要包含所有样本的话，稳态工作区就会过大，从而导致大量的漏报警。反之，如果稳态工作区包含的样本很少的话，稳态工作区就会过小，从而导致大量的误报警。

从m个正常历史数据中选取r个样本来构建稳态工作区是通过k均值聚类算法来实现。

进一步的，所述k均值聚类算法包括以下步骤：

（1）从m个正常历史数据中随机选取r个样本，计算这r个样本的均值μ_r和协方差矩阵W_r。

（2）计算每个样本点$X(t)$到样本中心的马氏距离$d(t)$，其中$d(t)$的计算公式为：

$$d(t)=\sqrt{[X(t)-\mu_r]^T W_r^{-1}[X(t)-\mu_r]}$$

（3）将每个样本点的马氏距离$d(t)$按照从小到大的顺序排列，选出距离较小的r个样本，然后计算这r个样本的均值μ'_r和协方差矩阵W'_r。

（4）如果协方差矩阵W_r的行列式等于协方差矩阵W'_r的行列式，聚类算法就终止。否则将μ'_r和W'_r的值分别赋给μ_r和W_r，聚类算法跳转到步骤（2）。

进一步的，所述步骤 S2 中用超椭球体作为稳态工作区的数学模型，超椭球体的方程为：

$$[X(t)-C]^T P[X(t)-C]=1$$

其中，$X(t)$为超椭球体表面上的点，C为超椭球体的中心向量，P为超椭球体的特征矩阵。在实际应用过程中，中心向量C和特征矩阵P用样本均值和协方差矩阵来代替。也就是说，$C=\mu_r$和$P=W_r$。

进一步的，步骤S2中，如果新来的样本点在超椭球体内，该样本点就是正常的，否则就是异常的。也就是说，对于新来的样本点$X(t)$，如果：

$[X(t)-C]^T P[X(t)-C]\leq 1$。样本点$X(t)$就是正常的，否则就是异常的。

S3中：对于一个正常的样本点$X(t)$，它沿着各个坐标轴方向，在稳态工作区表面上的投影被定义为它的动态报警阈值。如图2所示，蓝色的椭圆表示稳态工作区的边界，红色的星号表示一个正常的样本点$X(t)$，红色的圆圈表示样本点在稳态工作区上的投影。那么变量x_1的动态报警阈值为-0.8和0.8，变量x_2的动态报警阈值为-0.56和0.56。

对于正常的样本点$X(t)=[x_1(t),x_2(t),\cdots,x_n(t)]$，它沿着$x_i$轴方向在稳态工作区表面上的投影分别为：

$$\begin{cases} l_i(t)=(-a_2-\sqrt{a_2^2-a_1a_3})/a_1 \\ h_i(t)=(-a_2+\sqrt{a_2^2-a_1a_3})/a_1 \end{cases} \tag{1}$$

其中，

$$\begin{cases} a_1=\overline{P}_{22} \\ a_2=U(t)\overline{P}_{12}+V(t)\overline{P}_{23}^T+\overline{P}_{24}^T \\ a_3=U(t)\overline{P}_{11}U(t)^T+V(t)\overline{P}_{33}V(t)^T+\overline{P}_{44}+2V(t)\overline{P}_{13}^TU(t)^T+2U(t)\overline{P}_{14}+2V(t)\overline{P}_{34} \end{cases} \tag{2}$$

公式（2）中，$U(t)$和$V(t)$的计算公式为：

$$\begin{cases} U(t)=[x_1(t),x_2(t),\cdots,x_{i-1}(t)] \\ V(t)=[x_{i+1}(t),x_{i+2}(t),\cdots,x_n(t)] \end{cases}$$

$\overline{P}_{11}$，$\overline{P}_{12}$，$\overline{P}_{13}$，$\overline{P}_{14}$，$\overline{P}_{22}$，$\overline{P}_{23}$，$\overline{P}_{24}$，$\overline{P}_{33}$，$\overline{P}_{34}$和$\overline{P}_{44}$的计算公式为：

$$\begin{cases} \overline{P}_{11} = \overline{P}(1:i-1,1:i-1) \\ \overline{P}_{12} = \overline{P}(1:i-1,i) \\ \overline{P}_{13} = \overline{P}(1:i-1,i+1:n) \\ \overline{P}_{14} = \overline{P}(1:i-1,n+1) \\ \overline{P}_{22} = \overline{P}(i,i) \\ \overline{P}_{23} = \overline{P}(i,i+1:n) \\ \overline{P}_{24} = \overline{P}(i,n+1) \\ \overline{P}_{33} = \overline{P}(i+1:n,i+1:n) \\ \overline{P}_{34} = \overline{P}(i+1:n,n+1) \\ \overline{P}_{44} = \overline{P}(n+1,n+1) \end{cases} \tag{3}$$

在公式（3）中，$\overline{P}(i_1:i_2,j_1:j_2)$表示由矩阵$\overline{P}$的第$i_1,i_1+1,\cdots,i_2$行，第$j_1,j_1+1,\cdots,j_2$列的元素组成的矩阵。其中矩阵$\overline{P}$的计算公式为：

$$\overline{P} = \begin{bmatrix} P & -PC^T \\ -CP & CPC^T - 1 \end{bmatrix} \tag{4}$$

公式（4）中，C和P分别表示超椭球体的中心向量和特征矩阵。

因此，正常点$X(t)$对应的动态报警阈值为$\{l_i(t),h_i(t)\}_{i=1}^n$，其中$l_i(t)$表示动态低报警阈值，$h_i(t)$表示动态高报警阈值。

对于一个异常的样本点$X(t)$，它和稳态工作区中心的连线与稳态工作区的交点$X'(t)$对应的动态报警阈值被定义为$X(t)$的动态报警阈值。如图3所示，蓝色的椭圆表示稳态工作区的边界，红色的星号表示异常点$X(t)$，绿色的点画线L表示稳态工作区中心和样本点$X(t)$的连线，红色的五角星$X'(t)$表示线段L和稳态工作区的交点。点$X'(t)$的动态报警阈值被定义为异常的样本点$X(t)$的动态报警阈值。点$X'(t)$位于稳态工作区上，它是一个正常的样本点，可以用公式（1）来计算它的动态报警阈值。

对于一个异常点$X(t)$，它对应的$X'(t)$的计算公式为：

$$X'(t)=\theta X(t)+(1-\theta)C, 0\le\theta\le 1 \tag{5}$$

在公式（4）中，θ的计算公式为：

$$\theta=\sqrt{1/[(X(t)-C)P(X(t)-C)^T]}$$

S4 中：将所有的变量分为两大类，不可操纵变量和可操纵变量。对于一个新来的异常样本点$X(t)$，将它的不可操纵变量的值代入到稳态工作区的数学模型中，得到降维缩减空间的数学模型。如果样本点在稳态工作区内，它也应该在降维缩减空间内。因此，将异常的样本点调整到稳态工作区内等价于调整可操纵变量的值将该样本点调整到降维缩减空间内。在本发明中，平行坐标系被用来将异常点调整到它的降维缩减空间内。

进一步的，对于含有n个变量的报警系统，如果它的前g个变量是不可操纵变量，后$n-g$个变量是可操纵变量，对于异常点$X(t)$，它的降维缩减空间的数学模型为：

$$\begin{bmatrix}\bar{X}(t) & 1\end{bmatrix}\bar{Q}\begin{bmatrix}\bar{X}(t)^T\\ 1\end{bmatrix}=0 \tag{6}$$

在公式（6）中，

$$\bar{X}(t)=[x_{g+1}(t),x_{g+2}(t),\cdots,x_n(t)]$$

以及

$$\bar{Q}=\begin{bmatrix}\bar{P}_{22}^{'} & (\bar{P}_{12}^{'})^T W(t)^T+\bar{P}_{23}^{'}\\ W(t)\bar{P}_{12}^{'}+(P_{23}^{'})^T & W(t)\bar{P}_{12}^{'}W(t)^T+2W(t)\bar{P}_{13}^{'}+\bar{P}_{33}^{'}\end{bmatrix} \tag{7}$$

在公式（7）中，

$$\begin{cases} \overline{P}_{11}^{'} = \overline{P}(1:g,1:g) \\ \overline{P}_{12}^{'} = \overline{P}(1:g,g+1:n) \\ \overline{P}_{13}^{'} = \overline{P}(1:g,n+1) \\ \overline{P}_{22}^{'} = \overline{P}(g+1:n,g+1:n) \\ \overline{P}_{23}^{'} = \overline{P}(g+1:n,n+1) \\ \overline{P}_{33}^{'} = \overline{P}(n+1,n+1) \end{cases}$$

以及

$$W(t) = [x_1(t), x_2(t), \cdots, x_g(t)]$$

公式（6）表示一个$n-g$维的超椭球体，我们将其投影到$n-g-1$个二维平面，也就是$x_{g+1}x_{g+2}$平面，$x_{g+2}x_{g+3}$平面，…，$x_{n-1}x_n$平面，得到$n-g-1$个椭圆。然后将这$n-g-1$个椭圆映射到平行坐标系中，得到$n-g-1$对双曲线。将这$n-g-1$对双曲线按照坐标轴顺序依次连接起来，就得到了公式（6）中所示的$n-g$维的超椭球体在平行坐标系中的表示。

进一步的，$n-g$维超椭球体在$x_i x_{i+1}$平面内的投影为椭圆，并且投影得到的椭圆的数学模型为：

$$[x_i(t) \quad x_{i+1}(t) \quad 1] A \begin{bmatrix} x_i(t) \\ x_{i+1}(t) \\ 1 \end{bmatrix} = 0 \tag{8}$$

其中

$$A = \begin{bmatrix} \overline{Q}_{22} - \overline{Q}_{12}^T Q_{11}^{-1} \overline{Q}_{12} & \overline{Q}_{23} - \overline{Q}_{12}^T Q_{11}^{-1} \overline{Q}_{13} \\ (\overline{Q}_{23} - \overline{Q}_{12}^T Q_{11}^{-1} \overline{Q}_{13})^T & \overline{Q}_{33} - \overline{Q}_{13}^T Q_{11}^{-1} \overline{Q}_{13} \end{bmatrix}$$

以及

$$\begin{cases}\bar{Q}_{11}=\bar{Q}([1:i-1\ \ i+2:n-g],[1:i-1\ \ i+2:n-g])\\ \bar{Q}_{12}=\bar{Q}([1:i-1\ \ i+2:n-g],i:i+1)\\ \bar{Q}_{13}=\bar{Q}([1:i-1\ \ i+2:n-g],n-g+1)\\ \bar{Q}_{22}=\bar{Q}(i:i+1,i:i+1)\\ \bar{Q}_{23}=\bar{Q}(i:i+1,n-g+1)\\ \bar{Q}_{33}=\bar{Q}(n-g+1,n-g+1)\end{cases}$$

进一步的，公式（8）中所示的$x_i x_{i+1}$平面内的椭圆对应平行坐标系中的双曲线，该双曲线在xy平面内的数学模型为：

$$f[x(t),y(t)]=[x(t)\quad y(t)\quad 1]\begin{bmatrix}d_1 & d_4 & d_5\\ d_4 & d_2 & d_6\\ d_5 & d_6 & d_3\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x(t)\\ y(t)\\ 1\end{bmatrix}=0 \tag{9}$$

其中

$$\begin{cases}d_1=a_3(a_1+a_2+2a_4)-(a_5+a_6)^2\\ d_2=a_1a_2-a_4^2\\ d_3=a_2a_3-a_6^2\\ d_4=a_6(a_1+a_4)-a_5(a_2+a_4)\\ d_5=a_6^2+a_5a_6-a_3(a_2+a_4)\\ d_6=a_2a_5-a_4a_6\end{cases}$$

以及

$$\begin{cases}a_1=A(1,1)\\ a_2=A(2,2)\\ a_3=A(3,3)\\ a_4=A(1,2)\\ a_5=A(1,3)\\ a_6=A(2,3)\end{cases}$$

进一步的，调整变量通过样本点$X(t)$在平行坐标系中的表示与$n-g$维的超椭球体在平行坐标系中的表示，也就是$n-g-1$对双曲线的相对位置来判断。如图4(a)所示，如果

$$\begin{cases} x_i(t) \notin [y_i^l(t), y_i^h(t)] \\ x_{i+1}(t) \notin [y_{i+1}^l(t), y_{i+1}^h(t)] \end{cases} \tag{10}$$

那么变量x_i和变量x_{i+1}都是调整变量；如图4(*b*)所示，如果

$$\begin{cases} x_i(t) \notin [y_i^l(t), y_i^h(t)] \\ x_{i+1}(t) \in [y_{i+1}^l(t), y_{i+1}^h(t)] \end{cases} \tag{11}$$

那么变量x_i是调整变量。如图4(*c*)所示，如果

$$\begin{cases} x_i(t) \in [y_i^l(t), y_i^h(t)] \\ x_{i+1}(t) \notin [y_{i+1}^l(t), y_{i+1}^h(t)] \end{cases} \tag{12}$$

那么变量x_{i+1}是调整变量。如图4(*d*)所示，如果

$$\begin{cases} x_i(t) \in [y_i^l(t), y_i^h(t)] \\ x_{i+1}(t) \in [y_{i+1}^l(t), y_{i+1}^h(t)] \\ f[x_i(t), x_{i+1}(t)] > 0 \end{cases} \tag{13}$$

那么要么变量x_i是调整变量，要么变量x_{i+1}是调整变量，具体哪一个变量是调整变量由操作人员来确定。在公式（10），（11），（12）和（13）中

$$\begin{cases} y_i^l(t) = (-d_6 - \sqrt{d_6^2 - d_2 d_3}) / d_2 \\ y_i^h(t) = (-d_6 + \sqrt{d_6^2 - d_2 d_3}) / d_2 \\ y_{i+1}^l(t) = [-(d_4 + d_6) - \sqrt{(d_4 + d_6)^2 - d_2(d_1 + d_3 + 2d_5)}] / d_2 \\ y_{i+1}^h(t) = [-(d_4 + d_6) + \sqrt{(d_4 + d_6)^2 - d_2(d_1 + d_3 + 2d_5)}] / d_2 \end{cases}$$

进一步的，调整变量的调整范围可以通过双曲线的切线来判断。如图5所示，如果变量x_{i+1}是调整变量，并且变量x_i不是调整变量，那么调整变量x_{i+1}的调整范围为$[r_{i+1}^l(t), r_{i+1}^h(t)]$，其中：

$$\begin{cases} r_{i+1}^l(t) = k_1 + x_i(t) \\ r_{i+1}^h(t) = k_2 + x_i(t) \end{cases} \tag{14}$$

在公式（14）中

$$\begin{cases} k_1 = (-\psi_2 - \sqrt{\psi_2^2 - \psi_1\psi_3}) / \psi_1 \\ k_2 = (-\psi_2 + \sqrt{\psi_2^2 - \psi_1\psi_3}) / \psi_1 \end{cases}$$

以及

$$\begin{cases} \psi_1 = d_6^2 - d_2 d_3 \\ \psi_2 = d_2 d_5 x_i(t) + d_5 d_6 - d_4 d_6 x_i(t) - d_3 d_4 \\ \psi_3 = d_4^2 x_i(t)^2 + 2 d_4 d_5 x_i(t) + d_5^2 - d_1 d_2 x_i(t)^2 - 2 d_1 d_6 x_i(t) - d_1 d_3 \end{cases}$$

如果变量x_{i+1}是调整变量，并且变量x_i也是调整变量，那么调整变量x_{i+1}的调整范围为$[r_{i+1}^l(t), r_{i+1}^h(t)]$，其中：

$$\begin{cases} r_{i+1}^l(t) = k_1 + x'_i(t) \\ r_{i+1}^h(t) = k_2 + x'_i(t) \end{cases} \quad (15)$$

在公式（15）中，$x'_i(t) = [r_i^l(t) + r_i^h(t)] / 2$，其中$r_i^l(t)$和$r_i^h(t)$分别为调整变量$x_i$的调整范围的上下限。

S5 中： 利用公式（10），（11），（12）和（13）来确定调整变量，然后利用公式（14）和（15）计算各个调整变量的调整范围，将各个调整变量的值调整到他们对应的调整范围内，就可以将异常的样本点调整到稳态工作区内，从而消除报警。

如图 9 所示：本发明的再一实施例是一种设计动态报警阈值和消除报警的系统，包括：

数据标准化模块，用于将正常历史数据标准化，使得各个变量的取值位于 0 到 1 之间；

稳态工作区构建模块，用于利用标准化后的正常历史数据构建稳态工作区，从而用来判断新来的样本点是否是正常的，以及用来计算动态报警阈值和消除报警；

动态报警阈值计算模块，用于计算新来的样本点的动态报警阈值；

变量调整模块，用来确定调整变量和调整变量对应的调整范围，有益于指导操作人员做出反应消除报警；

报警消除模块，用于将各个调整变量的值调整到他们对应的调整范围内，从而消除报警。

一个实例被用来具体说明如何设计动态报警阈值和消除报警。报警系统包含 6 个过程变量，分别是机组实际负荷 x_1，主蒸汽压力 x_2，主蒸汽流量 x_3，主给水流量 x_4，总风量 x_5 和总给煤量 x_6。图 6 是这 6 个过程变量的时间序列图。对于一个新来的样本点 $X(t)=[0.60, 0.30, 0.27, 0.72, 0.90, 0.40]$，它的动态报警阈值如图 7 所示，它是一个异常点。如图 8 所示，变量 x_4，x_5 和 x_6 是调整变量，它们的调整范围分别是 $[0.58, 0.66]$，$[0.45, 0.85]$ 和 $[0.50, 0.90]$。

消除报警时，默认将调整变量的值调整到它们的调整范围的中间值。将调整变量 x_4，x_5 和 x_6 的值调整到 0.62，0.65 和 0.70，可以使异常点 $X(t)$ 回到稳态工作区内，从而消除报警。

以上所述仅为本申请的优选实施例而已，并不用于限制本申请，对于本领域的技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述，但并非对本发明保护范围的限制，所属领域技术人员应该明白，在本发明的技术方案的基础上，

本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

权利要求书

1、一种动态报警阈值设计和报警消除的方法，其特征是：包括：

将正常历史数据标准化，使得各个变量的取值落在 0 到 1 之间；

利用标准化后的正常历史数据建立稳态工作区，稳态工作区之内的点被视为正常点，否则被视为异常点；

为每个新来的样本点，利用沿着其各个坐标轴方向在稳态工作区表面上的投影动态设置报警阈值；

稳态工作区在平行坐标系中被表示为一系列的双曲线，异常点在平行坐标系中被表示为折线，利用折线与双曲线的位置关系来确定异常点的调整变量，利用双曲线的切线来确定调整变量的调整范围；

不断接收调整信息，直至各个异常点的变量调整至对应的调整范围内，消除报警。

2、如权利要求 1 所述的一种动态报警阈值设计和报警消除的方法，其特征是：计算各个变量的最大值和最小值，计算每个变量最大值与最小值之间的差值，将每个样本点的各个变量的取值减去各个变量的最小值，然后除以对应的最大值和最小值的差值,从而将样本点的各个变量的取值标准化到 0 到 1 之间。

3、如权利要求 1 所述的一种动态报警阈值设计和报警消除的方法，其特征是：利用聚类算法从m个正常历史数据中选取r个样本来构建稳态工作区，且正常历史数据与样本的比值根据设定的报警误报率来设置。

4、如权利要求 1 所述的一种动态报警阈值设计和报警消除的方法，其特征是：利用超椭球体作为稳态工作区的数学模型，超椭球体的方程为：

$$[X(t)-C]^T P[X(t)-C]=1$$

其中，$X(t)$为超椭球体表面上的点，C为超椭球体的中心向量，即各个样本的均值，P为超椭球体的特征矩阵，即各个样本的协方差矩阵；

如果新来的样本点在超椭球体内，该样本点就被视为正常的样本点，否则就被视为异常的样本点。

5、如权利要求 1 所述的一种动态报警阈值设计和报警消除的方法，其特征是：对于一个正常的样本点，沿着各个坐标轴方向，在超椭球体稳态工作区表面上的投影被定义为该样本点的动态报警阈值。

6、如权利要求 1 所述的一种动态报警阈值设计和报警消除的方法，其特征是：对于异常的样本点，其与稳态工作区的中心的连线与稳态工作区的交点所对应的动态报警阈值被定义为该异常样本点的动态报警阈值。

7、如权利要求 1 所述的一种动态报警阈值设计和报警消除的方法，其特征是：对于异常的样本点，只需要将其调整到所述异常的样本点和稳态工作区的中心的连线与稳态工作区的交点处，就能让该异常点回到稳态工作区内，从而消除报警。

8、如权利要求 1 或 7 所述的一种动态报警阈值设计和报警消除的方法，其特征是：利用平行坐标系来确定调整变量的过程中，将所有变量分为两大类，不可操纵变量和可操纵变量，对于一个新来的异常样本点，将它的不可操纵变量的值代入到稳态工作区的数学模型中，得到稳态工作区的降维缩减空间的数学模型；同时将降维缩减空间的数学模型在平行坐标系中表示出来，利用新来的异常样本点在平行坐标系中的表示与降维缩减空间在平行坐标系中表示的相对位置来确定调整变量。

9、如权利要求 1 或 7 所述的一种动态报警阈值设计和报警消除的方法，其特征是：如果调整某些变量的值到某个范围内可以使得异常的样本点回到稳态工作区内，这些变量就被称为调整变量，并且这些范围就被称为调整变量对应的调整范围；调整变量通过对应的样本点在平行坐标系中的表示与$n-g$维的超椭球体在平行坐标系中的表示，也就是$n-g-1$对双曲线的相对位置来判断，其中，对于含有n个变量的报警系统，前g个变量是不可操纵变量，后$n-g$个变量是可操纵变量。

10、一种动态报警阈值设计和报警消除的系统，其特征是：包括：

数据标准化模块，用于将正常历史数据标准化，使得各个变量的取值位于 0 到 1 之间；

稳态工作区构建模块，用于利用标准化后的正常历史数据构建稳态工作区，从而用来判断新来的样本点是否是正常的，以及用来计算动态报警阈值和消除报警；

动态报警阈值计算模块，用于对每个新来的样本点，利用沿着其各个坐标轴方向在稳态工作区表面上的投影动态设置报警阈值；

变量调整模块，用来确定调整变量和调整变量对应的调整范围，用来指导操作人员做出反应消除报警；

报警消除模块，用于将各个异常点的调整变量的值调整到对应的调整范围内，从而消除报警。

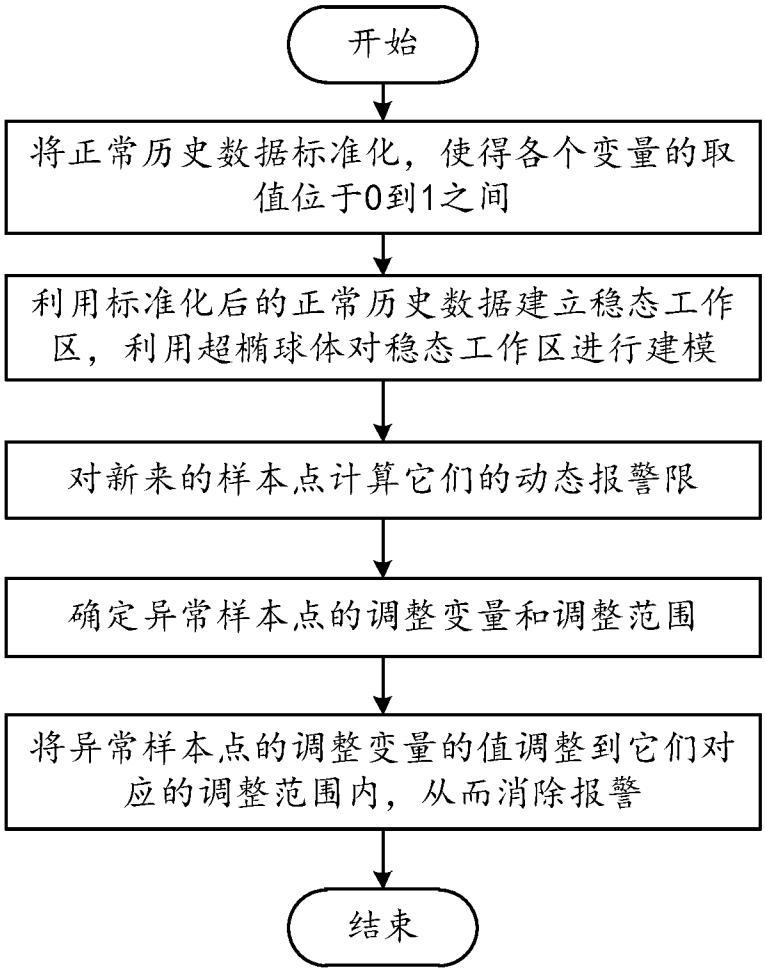

开始
将正常历史数据标准化，使得各个变量的取值位于0到1之间
利用标准化后的正常历史数据建立稳态工作区，利用超椭球体对稳态工作区进行建模
对新来的样本点计算它们的动态报警限
确定异常样本点的调整变量和调整范围
将异常样本点的调整变量的值调整到它们对应的调整范围内，从而消除报警
结束

图 1

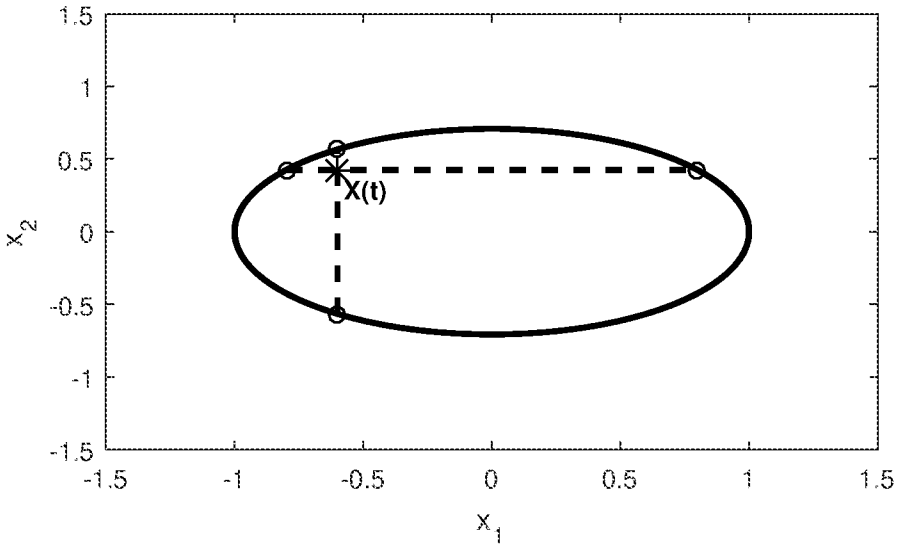

1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
X(t)
x2
-1.5
-1
-0.5
0
0.5
1
1.5
x1

图 2

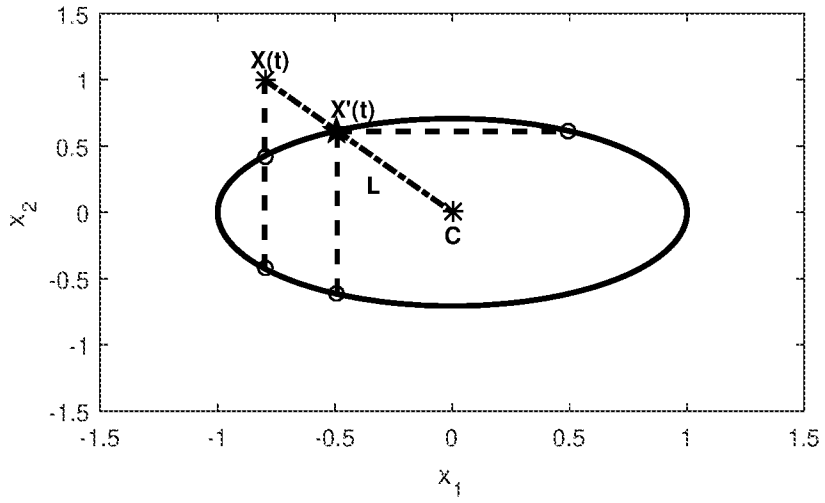


图 3

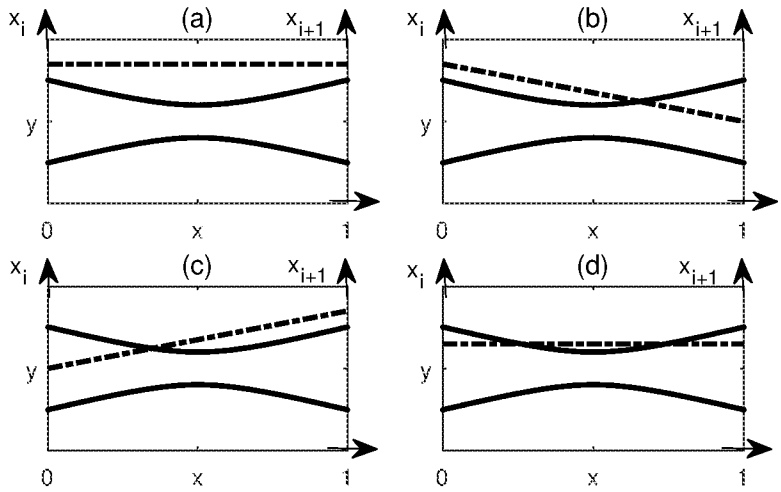


图 4

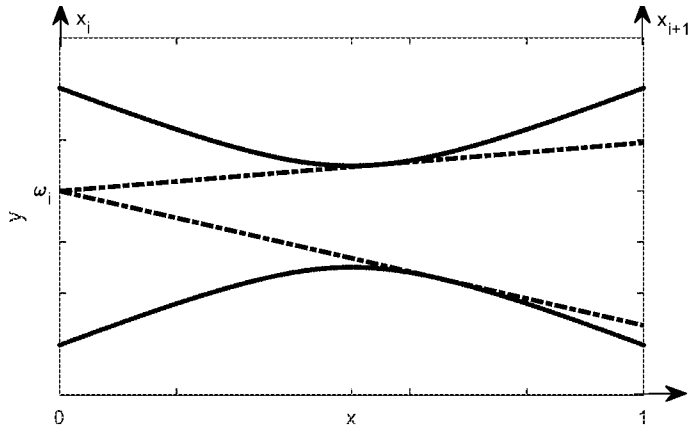


图 5

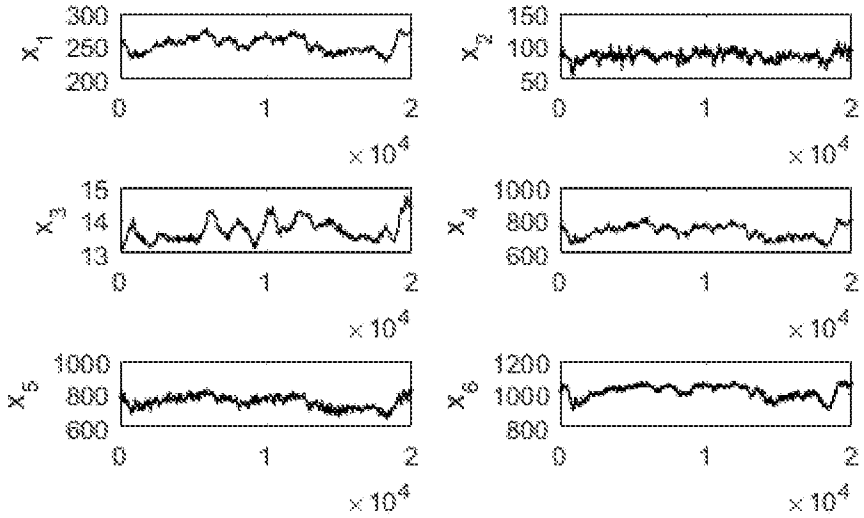

x1
300
250
200
0
1
2
×10^4
x2
150
100
50
x3
15
14
13
x4
1000
800
600
x5
x6
1200

图 6


1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
x1
x2
x3
x4
x5
x6

图 7

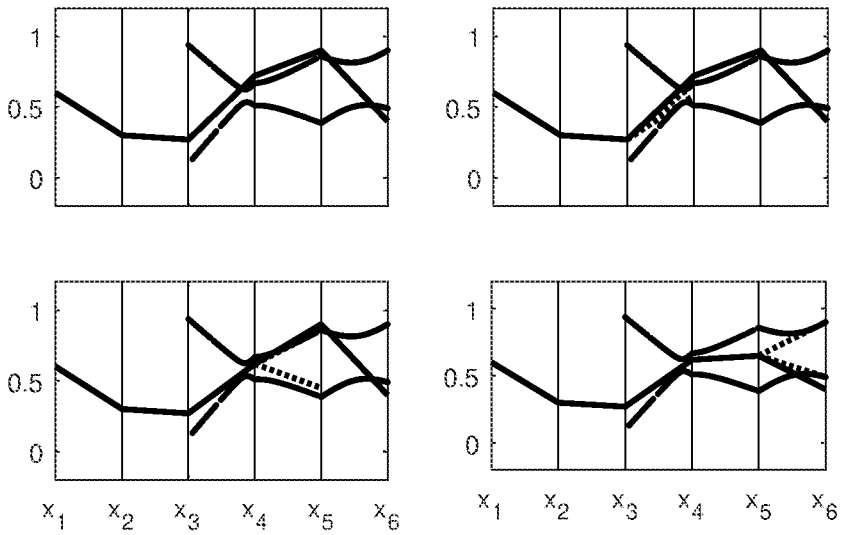

1
0.5
0
1
0.5
0
1
0.5
0
1
0.5
0
x1 x2 x3 x4 x5 x6
x1 x2 x3 x4 x5 x6

图 8

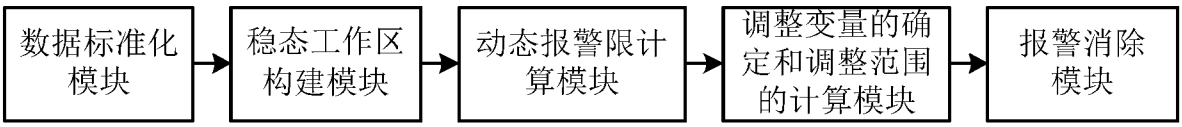

数据标准化模块
稳态工作区构建模块
动态报警限计算模块
调整变量的确定和调整范围的计算模块
报警消除模块

图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2019/080501

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G08B 29/18(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G08B; G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI: 动态, 报警, 阈值, 消除, 历史, 数据, 标准化, 归一化, 稳态, 正常, 异常, 投影, 双曲线, 折线, 切线, 调整, dynamic, alarm+, threshold, eliminat+, history, data, standardizing, steady, state, normal, abnormal, projection, hyperbola, polyline, tangent, adjust+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 108615340 A (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 02 October 2018 (2018-10-02) claims 1-10	1-10
A	CN 105718754 A (CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM-BEIJING) 29 June 2016 (2016-06-29) description, paragraphs [0094]-[0103] and [0140]-[0153]	1-10
A	CN 106778053 A (STATE GRID SHANDONG ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE ET AL.) 31 May 2017 (2017-05-31) entire document	1-10
A	CN 106407082 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA ET AL.) 15 February 2017 (2017-02-15) entire document	1-10
A	CN 106368813 A (BEIJING COLLABORATIVE INNOVATION SMART GRID TECHNOLOGY CO., LTD.) 01 February 2017 (2017-02-01) entire document	1-10

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
04 June 2019	**28 June 2019**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
State Intellectual Property Office of the P. R. China **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088** **China**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 107784799 A (BEIJING COLLABORATIVE INNOVATION SMART GRID TECHNOLOGY CO., LTD.) 09 March 2018 (2018-03-09) entire document	1-10
A	US 2016116343 A1 (GOOGLE INC.) 28 April 2016 (2016-04-28) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2019/080501

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 108615340 A	02 October 2018	CN 108615340 B	02 April 2019
CN 105718754 A	29 June 2016	CN 105718754 B	13 March 2018
CN 106778053 A	31 May 2017	CN 106778053 B	09 April 2019
CN 106407082 A	15 February 2017	None	
CN 106368813 A	01 February 2017	CN 106368813 B	25 September 2018
CN 107784799 A	09 March 2018	None	
US 2016116343 A1	28 April 2016	WO 2016064562 A2	28 April 2016

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2019/080501

A. 主题的分类

G08B 29/18(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G08B; G06F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI: 动态，报警，阈值，消除，历史，数据，标准化，归一化，稳态，正常，异常，投影，双曲线，折线，切线，调整，dynamic, alarm+, threshold, eliminat+, history, data, standardizing, steady, state, normal, abnormal, projection, hyperbola, polyline, tangent, adjust+

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 108615340 A (山东科技大学) 2018年 10月 2日 (2018-10-02) 权利要求1-10	1-10
A	CN 105718754 A (中国石油大学北京) 2016年 6月 29日 (2016-06-29) 说明书第[0094]-[0103]，[0140]-[0153]段	1-10
A	CN 106778053 A (国网山东省电力公司电力科学研究院 等) 2017年 5月 31日 (2017-05-31) 全文	1-10
A	CN 106407082 A (国家电网公司 等) 2017年 2月 15日 (2017-02-15) 全文	1-10
A	CN 106368813 A (北京协同创新智能电网技术有限公司) 2017年 2月 1日 (2017-02-01) 全文	1-10
A	CN 107784799 A (北京协同创新智能电网技术有限公司) 2018年 3月 9日 (2018-03-09) 全文	1-10

☑ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2019年 6月 4日	2019年 6月 28日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	受权官员 朱晓琳 电话号码 86-(10)-53962507

表 PCT/ISA/210 (第2页) (2015年1月)

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2019/080501

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	US 2016116343 A1 (GOOGLE INC.) 2016年 4月 28日 (2016-04-28) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2019/080501

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	108615340	A	2018年 10月 2日	CN	108615340	B	2019年 4月 2日
CN	105718754	A	2016年 6月 29日	CN	105718754	B	2018年 3月 13日
CN	106778053	A	2017年 5月 31日	CN	106778053	B	2019年 4月 9日
CN	106407082	A	2017年 2月 15日		无		
CN	106368813	A	2017年 2月 1日	CN	106368813	B	2018年 9月 25日
CN	107784799	A	2018年 3月 9日		无		
US	2016116343	A1	2016年 4月 28日	WO	2016064562	A2	2016年 4月 28日