



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110866558 A

(43)申请公布日 2020.03.06

(21)申请号 201911108015.9

(22)申请日 2019.11.13

(71)申请人 湖南纬拓信息科技有限公司

地址 410205 湖南省长沙市高新开发区桐梓坡西路229号湖南麓谷科技孵化器有限公司A-1栋301号

(72)发明人 廖仲簾 董行健 谭树人 鄢文 贺四维 肖伟 唐晋

(74)专利代理机构 广州凯东知识产权代理有限公司 44259

代理人 梁灵周

(51)Int.Cl.

G06K 9/62(2006.01)

G01D 21/02(2006.01)

G01D 18/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种基于多源数据融合分析的旋转设备状态预警方法

(57)摘要

本发明涉及设备状态的监测,具体说是一种基于多源数据融合分析的旋转设备状态预警方法,其包括建立被监测设备的层次模型;配置被监测设备各状态变量归一化规则;获取被监测设备多个传感器的感应信号,得到多源信号;证实上述多源信号,并剔除无效数据;将上述证实的多源信号按照上述层次模型和状态变量归一化规则进行状态融合量化;将上述状态融合量化的量化值与状态变量归一化规则对比,获得被监测设备的状态。本方法采用相关分析及等效分析方法对多源信号进行证实和无效数据的剔除,能有效的保证数据源的正确性和准确度。



1. 一种基于多源数据融合分析的旋转设备状态预警方法,其特征包括以下步骤:

- (1) 建立被监测设备的层次模型;
- (2) 配置被监测设备各状态变量归一化规则;
- (3) 获取被监测设备多个传感器的感应信号,得到多源信号;
- (4) 证实上述多源信号,并剔除无效数据;
- (5) 将上述证实的多源信号按照上述层次模型和状态变量归一化规则进行状态融合量化;
- (6) 将上述状态融合量化的量化值与状态变量归一化规则对比,获得被监测设备的状态。

2. 根据权利要求1所述基于多源数据融合分析的旋转设备状态预警方法,其特征是,以 $a = (b_1, b_2, b_3)$ 表示上层设备由子设备 $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$ 组成的模型,建立被监测设备的以下层次模型:

$$D = (SD_1, SD_2, SD_3, \dots, SD_m)$$

$$SD_i = (P_1, P_2, P_3, \dots, P_n)$$

$$P_i = (V_1, V_2, V_3, \dots, V_r)$$

其中, $D$ 表示设备, $SD_i$ 表示第 $i$ 个子设备, $P_i$ 表示第 $i$ 个子部件, $V_i$ 表示 $i$ 个传感器。

3. 根据权利要求2所述基于多源数据融合分析的旋转设备状态预警方法,其特征是,对于被监测设备的状态变量 $x$ ,根据标准设置或挖掘的门限值,配置以下归一化基数:

$$x \in \begin{cases} (0, W] \\ (W, A] \\ (A, F] \\ > F \end{cases} \quad S_x \in \begin{cases} [0.9, 1.0) \\ [0.7, 0.9) \\ (0, 0.7) \\ 0 \end{cases} \quad T_x = \begin{cases} \text{正常} \\ \text{预警} \\ \text{报警} \\ \text{故障} \end{cases}$$

并按照归一化方法,计算得到以下各状态变量的量化曲线:

$$1) \text{ 正常区, } y = \frac{-0.1}{W} * x + 1$$

$$2) \text{ 预警区, } y = \left(\frac{0.2}{W-A}\right) * x + \left(0.9 - \frac{0.2}{W-A} * W\right)$$

$$3) \text{ 报警区, } y = \left(\frac{0.7}{A-F}\right) * x - \left(\frac{0.7}{A-F}\right) * F$$

$$4) \text{ 故障区, } y = 0$$

其中, $W$ 为 $x$ 的预警门限, $A$ 为 $x$ 的报警门限, $F$ 为 $x$ 的故障门限, $S_x$ 为 $x$ 的量化指数, $T_x$ 为 $x$ 的量化状态。

4. 根据权利要求3所述基于多源数据融合分析的旋转设备状态预警方法,其特征是,证实上述多源信号时,对同类传感器按照以下方法进行互相关分析:

- 1) 对被监测设备通过页面交互方式,配置相关系数门限及选择验证信号归类;
- 2) 根据页面的信号类表单生成数据库验证参数列表;
- 3) 调用验证服务程序依次对参数列表中的某个参数对进行验证。

5. 根据权利要求4所述基于多源数据融合分析的旋转设备状态预警方法,其特征是,

证实上述多源信号时,对于不同类的电流传感器信号和温度传感器信号,采用以下等效能量温升方法对电流信号和温度信号进行验证:

Step1:遍历数据库,对每个电流点进行运行,生成新的等效功率项,计算方式如下:

$$\text{EngCur} = I * I * T / 125000;$$

上式中:变量T为连续的两个数据点的时间间隔(单位:秒);变量I为电流(单位:A);变量EngCur为等效功率;

Step2:对等效功率项进行分块处理,计算每块的平均值、最大值及最小值,计算方式如下:

$$\text{EngBlockAvg} = (\text{EngCur1} + \text{EngCur2} + \text{EngCur3} + \dots + \text{EngCurn}) / n;$$

$$\text{EngBlockMax} = \text{Max} (\text{EngCur1} + \text{EngCur2} + \text{EngCur3} + \dots + \text{EngCurn});$$

$$\text{EngBlockMin} = \text{Min} (\text{EngCur1} + \text{EngCur2} + \text{EngCur3} + \dots + \text{EngCurn});$$

上式中:变量n为每个分块的样本点数(默认为100);EngBlockAvg为块的平均值;EngBlockMax为块的最大值;EngBlockMin为块的最小值;

计算完毕后,将结果EngBlockAvg、EngBlockMax、EngBlockMin存入到新建的数据库表中,并将块的第一个样本的时间戳作为该块的时间戳。

6.根据权利要求5所述基于多源数据融合分析的旋转设备状态预警方法,其特征在于,按照最小化规则依次计算子部件、子设备、设备的状态融合量化值,得到:

$$\text{子部件的状态融合量化值 } S_x(P_i) = \text{Minimum}[S_x(V_1), S_x(V_2), S_x(V_3) \dots S_x(V_n)];$$

$$\text{子设备的状态融合量化值 } S_x(SD_i) = \text{Minimum}[S_x(P_1), S_x(P_2), S_x(P_3) \dots S_x(P_n)];$$

$$\text{设备的状态融合量化值 } S_x(D) = \text{Minimum}[S_x(SD_1), S_x(SD_2), S_x(SD_3) \dots S_x(SD_n)].$$

## 一种基于多源数据融合分析的旋转设备状态预警方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及设备状态的监测,具体说是一种基于多源数据融合分析的旋转设备状态预警方法。

### 背景技术

[0002] 旋转设备常用的状态预警方法有状态特征分析法、概率模型分析法、状态分类法、状态预测法等几种。状态特征分析法一般通过故障机理建模提取状态特征,优点是设备异常判据明确,可准确判断设备状态,状态预警准确率高;缺点是特征建模难度大,尤其是监测设备对象具有强非线性时效果极差。概率模型法是依据设备不同状态下概率分布实现状态预警,优点是无需定义故障预警阈值,缺点是需要通过大量的试验获取异常状态分类特征。状态分类法是利用正常状态分布范围实现故障预警,优点是仅需正常状态历史数据,数据获取容易,缺点是常见分类算法复杂且结果具有一定的随机性。状态预测法是通过预测当前状态或者将来状态实现状态预警,该预警方法预测的效果对数据依赖性强,且计算量大不易于投入实际应用。

[0003] 然而,从设备模型上分析,一个设备的状态可以由其子设备的状态表征;一个子设备的状态则可以由其子部件的状态表征;而一个子部件的状态则可以由安装在该部件上的各类传感器状态表征;因此,一个设备的状态可以由该设备所有部件上安装的传感器状态来表征。从这点上分析,采用多数据源(传感器)对设备进行状态评价和预警有效可行。从工业应用角度出发,设备模型简易化、运算量小、预警结果切合实际设备运行工况是设备状态预警的终极目标,而设备状态数据源头来自各类传感器,因此如何保障传感器的数据正确性是状态预警的前提。

### 发明内容

[0004] 针对上述技术问题,本发明提供一种适用的、可信的设备状态量化模型和多源数据融合分析的旋转设备状态预警方法,对设备实施状态预警,以提高设备状态报警的准确性、保障设备的运行安全性。

[0005] 本发明采用的技术方案是:一种基于多源数据融合分析的旋转设备状态预警方法,其包括以下步骤:

[0006] (1) 建立被监测设备的层次模型;

[0007] (2) 配置被监测设备各状态变量归一化规则;

[0008] (3) 获取被监测设备多个传感器的感应信号,得到多源信号;

[0009] (4) 证实上述多源信号,并剔除无效数据;

[0010] (5) 将上述证实的多源信号按照上述层次模型和状态变量归一化规则进行状态融合量化;

[0011] (6) 将上述状态融合量化的量化值与状态变量归一化规则对比,获得被监测设备的状态。

[0012] 作为优选,以 $a=(b_1, b_2, b_3)$ 表示上层设备由子设备 $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$ 组成的模型,建立被监测设备的以下层次模型:

[0013]  $D=(SD_1, SD_2, SD_3, \dots, SD_m)$

[0014]  $SD_i=(P_1, P_2, P_3, \dots, P_n)$

[0015]  $P_i=(V_1, V_2, V_3, \dots, V_r)$

[0016] 其中, $D$ 表示设备, $SD_i$ 表示第 $i$ 个子设备, $P_i$ 表示第 $i$ 个子部件, $V_i$ 表示 $i$ 个传感器。

[0017] 作为优选,对于被监测设备的状态变量 $x$ ,根据标准设置或挖掘的门限值,配置以下归一化基数:

$$[0018] \quad x \in \begin{cases} (0, W] \\ (W, A] \\ (A, F] \\ > F \end{cases} \quad Sx \in \begin{cases} [0.9, 1.0) \\ [0.7, 0.9) \\ (0, 0.7) \\ 0 \end{cases} \quad Tx = \begin{cases} \text{正常} \\ \text{预警} \\ \text{报警} \\ \text{故障} \end{cases}$$

[0019] 并按照归一化方法,计算得到以下各状态变量的量化曲线:

[0020] 1) 正常区,  $y = \frac{-0.1}{W} * x + 1$

[0021] 2) 预警区,  $y = \left(\frac{0.2}{W-A}\right) * x + \left(0.9 - \frac{0.2}{W-A} * W\right)$

[0022] 3) 报警区,  $y = \left(\frac{0.7}{A-F}\right) * x - \left(\frac{0.7}{A-F}\right) * F$

[0023] 4) 故障区,  $y = 0$

[0024] 其中, $W$ 为 $x$ 的预警门限, $A$ 为 $x$ 的报警门限, $F$ 为 $x$ 的故障门限, $Sx$ 为 $x$ 的量化指数, $Tx$ 为 $x$ 的量化状态。

[0025] 作为优选,证实上述多源信号时,对同类传感器按照以下方法进行互相关分析:

[0026] 1) 对被监测设备通过页面交互方式,配置相关系数门限及选择验证信号归类;

[0027] 2) 根据页面的信号类表单生成数据库验证参数列表;

[0028] 3) 调用验证服务程序依次对参数列表中的某个参数对进行验证。

[0029] 作为优选,证实上述多源信号时,对于不同类的电流传感器信号和温度传感器信号,采用以下等效能量温升方法对电流信号和温度信号进行验证:

[0030] Step1:遍历数据库,对每个电流点进行运行,生成新的等效功率项,计算方式如下:

[0031]  $EngCur = I * I * T / 125000;$

[0032] 上式中:变量 $T$ 为连续的两个数据点的时间间隔(单位:秒);变量 $I$ 为电流(单位:A);变量 $EngCur$ 为等效功率;

[0033] Step2:对等效功率项进行分块处理,计算每块的平均值、最大值及最小值,计算方式如下:

[0034]  $EngBlockAvg = (EngCur1 + EngCur2 + EngCur3 + \dots + EngCurn) / n;$

[0035]  $EngBlockMax = \text{Max}(EngCur1 + EngCur2 + EngCur3 + \dots + EngCurn);$

[0036]  $EngBlockMin = \text{Min}(EngCur1 + EngCur2 + EngCur3 + \dots + EngCurn);$

[0037] 上式中:变量n为每个分块的样本点数(默认为100);EngBlockAvg为块的平均值;EngBlockMax为块的最大值;EngBlockMin为块的最小值。

[0038] 计算完毕后,将结果EngBlockAvg、EngBlockMax、EngBlockMin存入到新建的数据库表中,并将块的第一个样本的时间戳作为该块的时间戳。

[0039] 作为优选,按照最小化规则依次计算子部件、子设备、设备的状态融合量化值,得到:

[0040] 子部件的状态融合量化值 $S_x(P_i) = \text{Minimum}[S_x(V1), S_x(V2), S_x(V3) \cdots S_x(Vn)]$ ;

[0041] 子设备的状态融合量化值 $S_x(SD_i) = \text{Minimum}[S_x(P1), S_x(P2), S_x(P3) \cdots S_x(Pn)]$ ;

[0042] 设备的状态融合量化值 $S_x(D) = \text{Minimum}[S_x(SD1), S_x(SD2), S_x(SD3) \cdots S_x(SDn)]$ 。

[0043] 本发明的技术效果是:

[0044] 1) 本方法基于设备层次模型基础,而每个设备均由不同的部件、传感器组成,因此,本方法适用于各类机电设备。

[0045] 2) 本方法采用相关分析及等效分析方法对多源信号进行证实和无效数据的剔除,能有效的保证数据源的正确性和准确度。

[0046] 3) 本方法对于任何状态变量均将其归一量化,归一化后的状态参数特征之间可相互比较、运算、统计、融合,十分方便设备的状态评估和预警。

[0047] 4) 本方法将任何一个设备状态简化为四种状态:正常状态、预警状态、报警状态、故障状态,对与设备状态的监测、预警、诊断更加简易、直观。

## 附图说明

[0048] 图1为旋转设备层次模型图。

[0049] 图2为同类传感器的证实流程图。

[0050] 图3为电流与温升数据的证实流程图。

[0051] 图4为异常数据与正常数据示意图。

[0052] 图5为无效数据剔除流程图。

[0053] 图6为状态变量归一化量化曲线图。

[0054] 图7为状态变量量化方法流程图。

## 具体实施方式

[0055] 下面结合图1-图7详细介绍本发明,在此本发明的示意性实施例以及说明用来解释本发明,但并不作为对本发明的限定。

[0056] 本发明提供一种基于多源数据融合分析的旋转设备状态预警方法,其包括以下步骤:

[0057] 首先,建立被监测设备的层次模型,如图1,以电机旋转类设备为例,一个设备的状态可以由其子设备的状态表征;一个子设备的状态则可以由其子部件的状态表征;而一个子部件的状态则可以由安装在该部件上的传感器状态表征;则一个设备的状态可以由该设备所有部件上安装的传感器状态来表征。因此,可按照此层次关系为被监测设备建立一个简易状态分析模型;

[0058] 其次,采用相关分析对同一监测点的多源同类信号进行相关分析以保证传感器信

号的正确性,如图2;采用等效温升能效法对电流信号与温度信号进行关联分析以保证温度信号的正确性,如图3。同时应剔除无效数据,如图4、图5。

[0059] 再次,从监测的状态参量类型出发,每个状态变量均有各自的数值范围、工程单位。不同类型参量之间无法直接进行对比、运算。然而,对于设备的任何一个状态变量而言,均可以将其状态划分为四种状态区域,包括1)正常状态2)预警状态3)报警状态4)故障状态;实际上,设备状态变化历程遵从正常→预警→报警→故障的服役过程。对于任一状态变量,将其状态值量化至[0-1]区间。因此,所有状态变量对应的特征可以由其量化值([01.0]之间)和特征指标值表征,按照此规则对多源信号进行状态归一化处理。如图6、图7。

[0060] 最后,结合设备层次模型,采用最值原则,对设备、子设备、子部件的状态量化指标值以树形结构并按照下列状态融合规则进行多元数据状态融合分析。

[0061] 部件状态量化值=Minimum(传感器i的状态量化值)

[0062] 子设备状态量化值=Minimum(部件i的状态量化值)

[0063] 设备状态量化值=Minimum(子设备i的状态量化值)

[0064] 本方法可作为一种预报警服务形式运行与云平台上,能够快速准确地进行设备状态预报警及状态追溯。具体步骤如下:

[0065] 步骤1:建立设备层次模型

[0066] 对于每个被监测的设备,在监测系统和平台运行之前,对设备进行建模,在配置页面或功能中明确设备、子设备、子部件、传感器之间组成关系,假设 $a = (b_1, b_2, b_3)$ 表示上层设备由子设备 $b_1, b_2, b_3$ 组成,则一个设备的模型看可以由如下方式构建:

[0067]  $D = (SD_1, SD_2, SD_3, \dots, SD_m)$

[0068]  $SD_i = (P_1, P_2, P_3, \dots, P_n)$

[0069]  $P_i = (V_1, V_2, V_3, \dots, V_r)$

[0070] 上式中: $D$ 表示设备, $SD_i$ 表示第 $i$ 个子设备, $P_i$ 表示第 $i$ 个子部件, $V_i$ 表示 $i$ 个传感器。

[0071] 步骤2:配置状态变量归一化规则

[0072] 对于某状态变量 $x$ ,根据标准设置或挖掘的门限值,将其设为归一化基数,并按照归一化方法,计算各状态变量的量化曲线,如图2所示。

$$[0073] \quad x \in \begin{cases} (0, W) \\ (W, A) \\ (A, F) \\ > F \end{cases} \quad Sx \in \begin{cases} [0.9, 1.0) \\ [0.7, 0.9) \\ (0, 0.7) \\ 0 \end{cases} \quad Tx = \begin{cases} \text{正常} \\ \text{预警} \\ \text{报警} \\ \text{故障} \end{cases}$$

[0074] 四个状态区间的量化曲线关系如下:

$$[0075] \quad 1) \text{ 正常区, } y = \frac{-0.1}{W} * x + 1$$

$$[0076] \quad 2) \text{ 预警区, } y = \left(\frac{0.2}{W-A}\right) * x + \left(0.9 - \frac{0.2}{W-A} * W\right)$$

$$[0077] \quad 3) \text{ 报警区, } y = \left(\frac{0.7}{A-F}\right) * x - \left(\frac{0.7}{A-F}\right) * F$$

$$[0078] \quad 4) \text{ 故障区, } y = 0$$

[0079] 其中:W为x的预警门限,A为x的报警门限,F为x的故障门限, $S_x$ 为x的量化指数, $T_x$ 为x的量化状态。

[0080] 步骤3:获取多源信号并证实,剔除无效传感器数据

[0081] 传感器数据的正确性是通过不同的传感器传感器数据进行相关分析与特征对照进行传感器通道是否正常的验证。

[0082] 对于同一监测点上的同类传感器( $V_1, V_2$ ), $V_1$ 与 $V_2$ 的信号幅度可能不同,但它们的频率分布会相同,对 $V_1$ 和 $V_2$ 进行互相关分析,通过判断其相关系数的大小进行信号的正确性判别。如某设备有A,B,C,D,E共5个传感器,其中A,B,C位于同一测点,D,E位于同一测点,根据规则,只对同一测点的传感器进行校正,则形成验证信号对如下:AB、BC、AC、DE。周期性地对上述信号进行相关分析以确保多传感器源信号的准确性。

[0083] 对于不同类传感器,如电流传感器和绕组温度传感器,电流负荷增大的时候,温度则上升,电流负荷降低的时候,绕组温度则下降,因此负荷参数(电流)与温度参数存在相同的变化趋势,单温度参数与负荷参数无法直接进行数值比较和分析,在本方法中,采用一种等效能量温升方法对电流信号和温度信号进行验证。

[0084] 传感器数据有效性指的是通过设定合理的过滤规则以滤掉无效的数据,比如:数据中可能出现速度分量非常高,但振动速度分量却接近0的数据;又如速度为0但电流很高的数据,均不符合实际物理现象,可以认定为非真实的数据,该方法可以用于数据处理过程中的数据过滤模块,如图5。

[0085] 步骤4:多源信号状态数据融合

[0086] 自下向上,从传感器层->部件层->子设备层->设备层,按照最小化规则依次计算传感器、部件、子设备、设备的状态融合量化值。

[0087] 部件的状态融合量化值 $S_x(P_i) = \text{Minimum}[S_x(V_1), S_x(V_2), S_x(V_3) \cdots S_x(V_n)]$

[0088] 子设备的状态融合量化值 $S_x(SD_i) = \text{Minimum}[S_x(P_1), S_x(P_2), S_x(P_3) \cdots S_x(P_n)]$

[0089] 设备的状态融合量化值 $S_x(D) = \text{Minimum}[S_x(SD_1), S_x(SD_2), S_x(SD_3) \cdots S_x(SD_n)]$

[0090] 步骤5:融合状态预报警

[0091] 通过步骤4中的实时融合量化,按照下式对应规则:

$$[0092] \quad S_x \in \begin{cases} [0.9, 1.0) \\ [0.7, 0.9) \\ (0, 0.7) \\ 0 \end{cases} \quad T_x = \begin{cases} \text{正常} \\ \text{预警} \\ \text{报警} \\ \text{故障} \end{cases}$$

[0093] 对设备总体状态进行评价、劣化趋势分析和报警触发。





图1

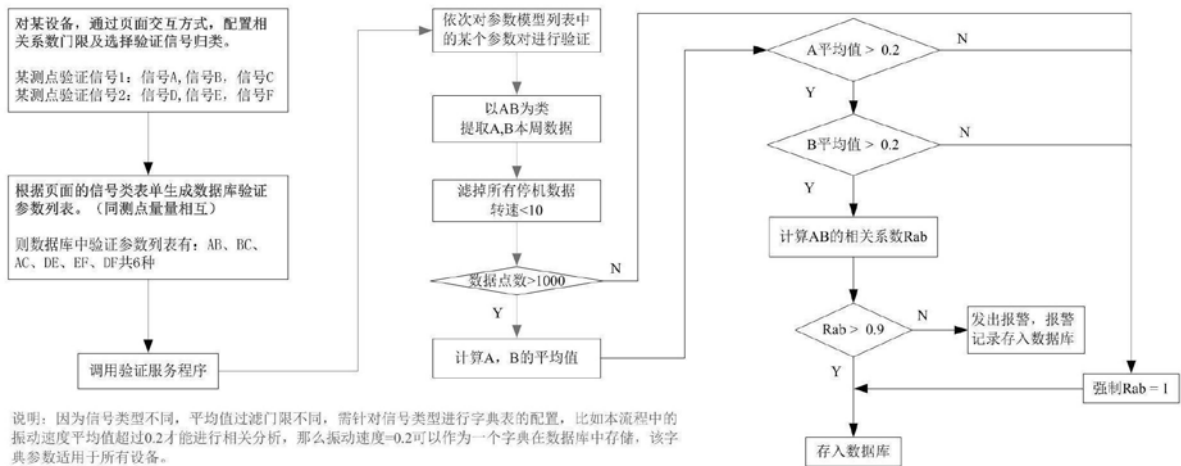


图2



图3

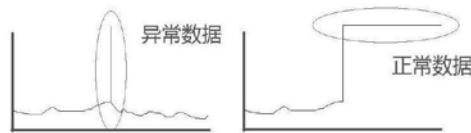


图4

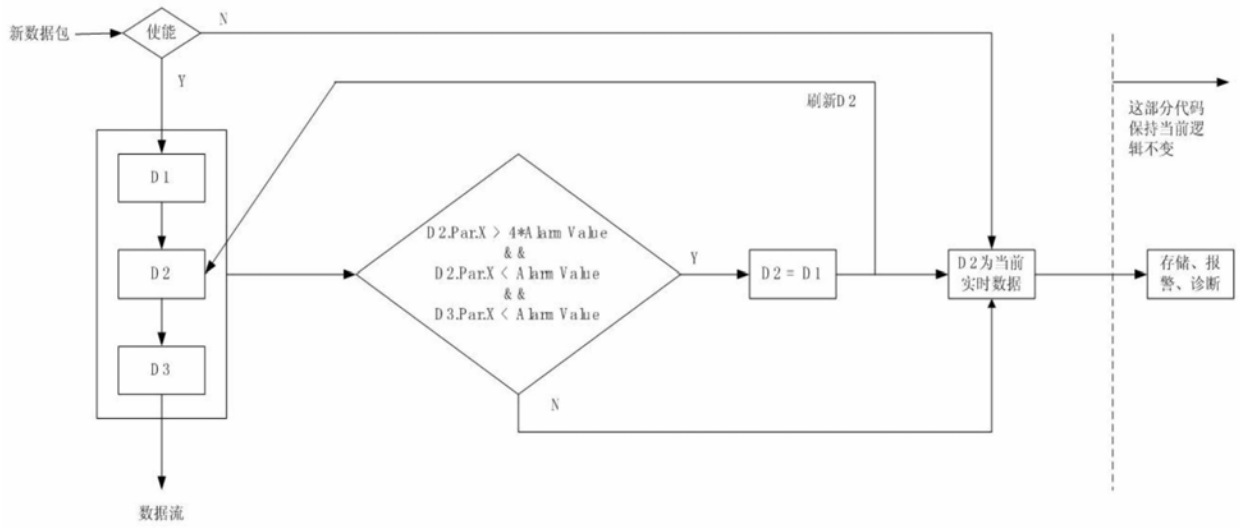


图5

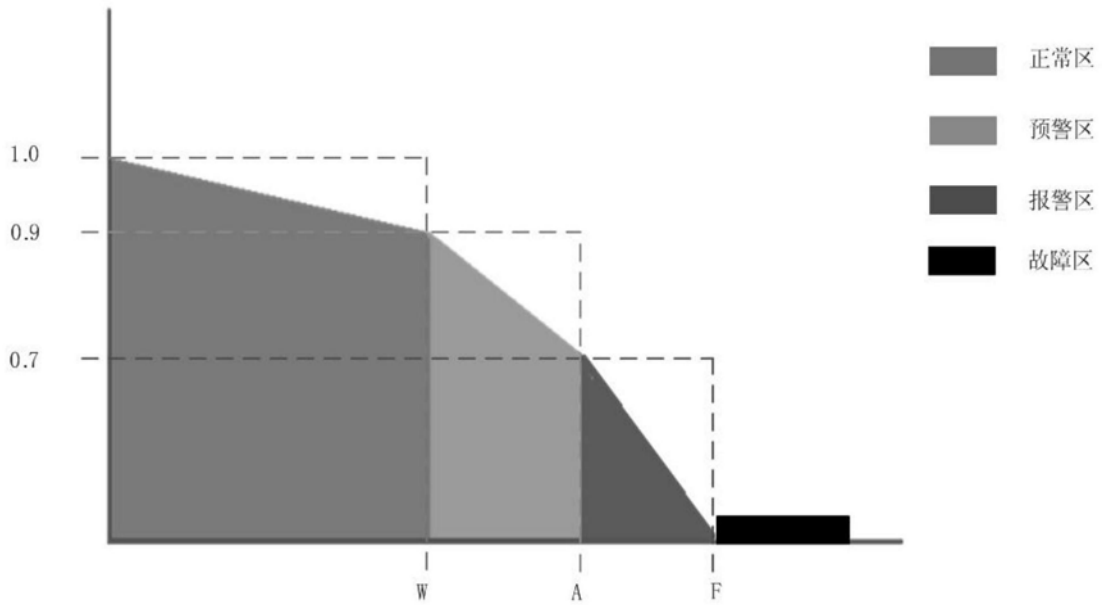


图6

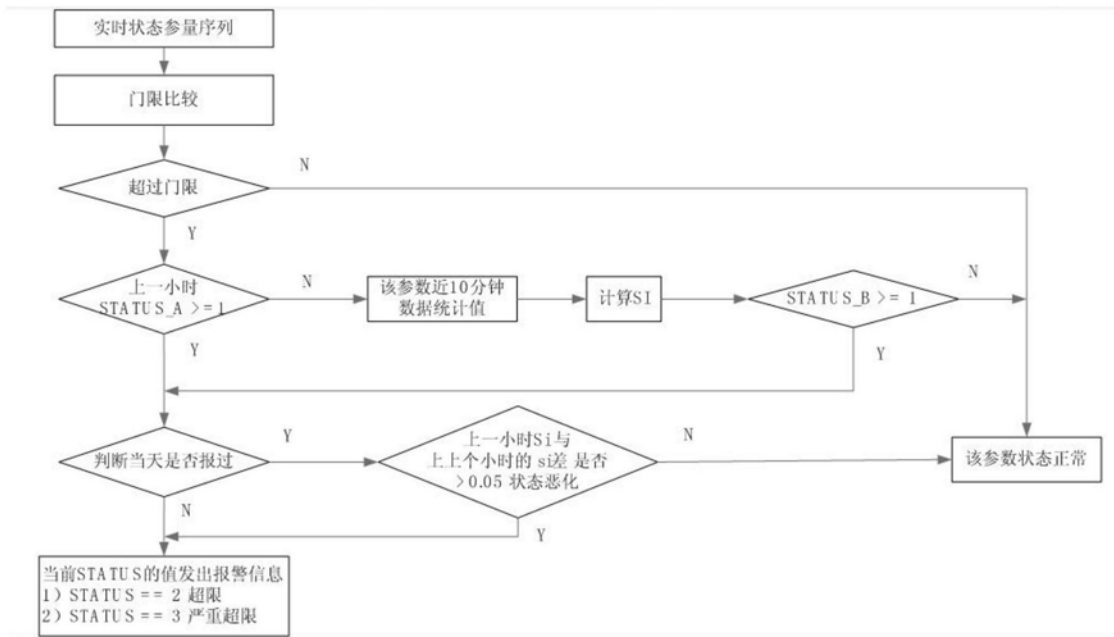


图7