



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103671190 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 06

(21) 申请号 201310426466. 3

(22) 申请日 2013. 09. 18

(73) 专利权人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园 100 号

(72) 发明人 付胜 徐斌 高虎 许晓东

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理有限公司 11203

代理人 魏聿珠

(51) Int. Cl.

F04D 27/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101446814 A, 2009. 06. 03,

CN 102663032 A, 2012. 09. 12,

CN 102982400 A, 2013. 03. 20,

CN 101587546 A, 2009. 11. 25,

CN 102663032 A, 2012. 09. 12,

张超, 陈建军, 杨立东, 徐亚兰. 《奇异值熵和支持向量机的齿轮故障诊断》. 《振动、测试与诊断》. 2011,

高彩亮, 廖志伟, 岳苓, 黄少先. 《基于小波奇异值和支持向量机的高压线路故障诊断》. 《电力系统保护与控制》. 2010,

审查员 柳旭

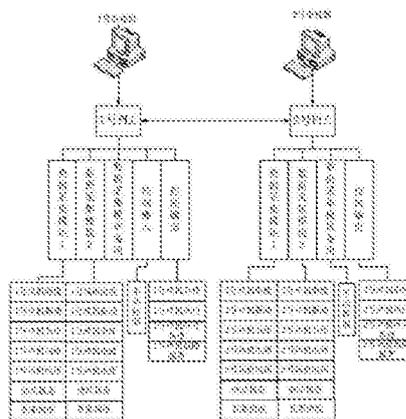
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种智能早期矿用通风机在线故障诊断系统

(57) 摘要

一种智能早期矿用通风机在线故障诊断系统属于设备早期故障诊断领域。针对矿用通风机对煤矿安全的重要性和早期故障诊断的复杂性, 本发明实现了既能对矿用通风机运行状态特征的准确提取, 又能识别矿用通风机运行状态的细微变化。由于目前矿用通风机故障诊断装置只能实现故障预警, 而不能对早期故障做出诊断。本发明利用聚类和奇异值分解的方法对传感器、变送器提取的状态信息做预处理和提取矿用通风机的状态特征, 且不受噪声的干扰。在故障识别与分类方面使用支持向量机模型, 同时利用每次诊断的数据不断丰富与更新支持向量机的训练与学习样本, 使该模型包含更多的信息, 达到矿用通风机早期故障的准确、快速和智能的目的。



1. 一种智能早期矿用通风机在线故障诊断系统,以聚类和奇异值分解作为信号特征的提取方法,利用支持向量机识别和诊断故障,其特征在于:其中的信号特征提取方法包括以下步骤,

S1. 利用聚类的方法处理数据采集模块采集的数据 $x(\theta)(k)$ ($k = 1, 2 \cdots N$), N 采样点, θ 为信号代码,代表温度、振动、负压、一氧化碳浓度、甲烷浓度、电压、电流, $\theta = 1, 2 \cdots s$ s 为信号总数,设定簇数 n ,分析后,包含信号最多的簇为所求信号,其余的簇集中包含的信号作为为异常点,除去信号中的异常点,得到包含数据最多的簇集 $K_i(\theta)(x)$, $K_i(\theta)(x) = [x_{i1}, x_{i2}, \cdots x_{im}]$, i 为所分的簇集的序数, $i = 1, 2 \cdots n$, m 为包含数据最多的簇集的信号点数, $m \leq N$;

S2. 对 S1 中的 $K_i(\theta)(x)$ 构造 Hankel 矩阵 A ,

$$A = \begin{bmatrix} x_{i1} & x_{i2} & \cdots & x_{i(j-1)} \\ x_{i2} & x_{i3} & \cdots & x_{ij} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{i(j-2)} & x_{i(j-1)} & \cdots & x_{i(m-1)} \end{bmatrix};$$

S3. 对 S2 中的矩阵 A 做奇异值分解,取第一个奇异值 $\lambda(\theta)$ 为信号特征;

S4. 以 S3 中的 $\lambda(\theta)$ 构造 $X = \{\lambda(1), \lambda(2) \cdots \lambda(s)\}$ 为支持向量机的输入,输出 $Y = \{y_1, y_2 \cdots y_s\}$,其中 y_0 等于 0 或 θ ,某个位置出现故障,则输出对应的代码 θ ,正常则输出 0,根据代码确定故障的位置;

S5. 以表格的形式记录支持向量机模型的训练输入和输出,表格的横行表示支持向量机的输出,竖行表示样本的序号,支持向量机训练完成后的的的诊断输出都要与该表格进行对比,若输出与表格相同,则矿用通风机的状态与样本相同;

实现该系统的硬件设施包括上位机、下位机、信号采集模块、温度传感器、振动传感器、负压传感器、甲烷传感器、一氧化碳传感器,ACR 系列网络多功能电力仪表;同一被测点的两个传感器通过屏蔽线连接到模数转换模块 SM331,SM331 把模拟量转化为数字量,输入到 CPU314 中;矿用通风机电机的电压和电流通过 ACR 系列网络多功能电力仪表测量,通过 RS485 输入到 CPU314 中;每台矿用通风机早期故障诊断系统的硬件为两套,互为冗余;CPU314 将所测量信号输入到上位机,上位机计算同一被测点的两个传感器的平均值作为该测点的信号;两台 PLC 相互监视,工作风机的 PLC 周期性地向另一台 PLC 发送指令,复位定时器,若不能复位,则发出故障报警;矿用通风机发生异常或故障根据风机的状态做出相应的控制策略,控制风机的启停、自动倒机、风门开闭;上位机利用 WinCC 作为组态软件,完成人机交互,既可显示风机的状态参数,显示温度、电机的电压电流、振动、负压、风量、一氧化碳含量、甲烷含量、矿用通风机的性能曲线、风门状态和油站状态,又能实现控制输入,输入温度、振动、负压、风量、甲烷含量、一氧化碳含量的报警阈值;通过键盘在上位机 WinCC 上输入控制指令,控制风门的开闭、风机的启停;温度传感器 Pt100 分别安装在轴承座的两侧和电机的定子线圈旁边,所有轴承座都在水平和垂直方向上安装一体式振动变送器;CPU314 输出点连接继电器,继电器控制风门电机、通风机电机和油站电机电源开关;将故障诊断算法集成在 WinCC 中,仅一个组态软件即可完成矿用通风机的故障诊断和控制。

一种智能早期矿用通风机在线故障诊断系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种智能早期矿用通风机在线故障诊断系统,属于设备故障诊断领域,通过分析和运算矿用通风机的状态信号来诊断和识别矿用通风机的状态及状态变化,特别是用于恶劣环境中的矿用通风机的故障诊断,属于矿用通风机早期故障诊断领域。

背景技术

[0002] 矿用通风机是向矿井不断输送新鲜空气、稀释粉尘、有毒有害气体的重要设备,矿用通风机的正常工作是煤矿安全的前提,矿用通风机的故障将造成巨大的经济损失,甚至严重的人员伤亡。为了保证矿用通风机安全、可靠和平稳地运行,需要对矿用通风机进行早期故障诊断。

[0003] 由于矿用通风机工作环境恶劣,长时间运行,极易发生故障,故障类型多,特征信号微弱且背景噪声强,为了准确、尽早地诊断出矿用通风机的故障类型和故障位置,需要选择合适的故障诊断方法和硬件平台。传统的矿用通风机的监测系统只能发现矿用通风机的中晚期故障,而不能诊断出早期故障,且误诊断率高,可靠性差。故障发现的越早,对矿用通风机的维护代价越小。矿用通风机需要准确客观的故障诊断系统,实现对矿用通风机可靠地早期故障诊断,确保矿用通风机安全。目前国内还没有成熟的矿用通风机早期故障诊断系统,因此研究开发一种智能早期矿用通风机在线故障诊断系统具有重要的现实意义。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于:针对目前矿用通风机的监测系统只能发现矿用通风机的中晚期故障,而不能诊断出矿用通风机矿用通风机的早期故障的不足,研发了一种智能早期矿用通风机在线故障诊断系统,该系统用于矿用通风机的早期故障诊断。通过传感器测量矿用通风机的状态信号,设备的状态信号由下位机 PLC 传输到上位机中,通过聚类算法对状态信号做预处理,剔除噪声信号,利用奇异值分解提取矿用通风机的状态特征,将信号特征输入到支持向量机模型中,识别和诊断矿用通风机的早期故障。

[0005] 一种智能早期矿用通风机在线故障诊断系统,以聚类和奇异值分解作为信号特征的提取方法,利用支持向量机识别和诊断故障,其中的信号特征提取方法包括以下步骤:

[0006] S1. 利用聚类的方法处理数据采集模块(已知的)采集的数据 $x(\theta)(k)$ ($k=1, 2\cdots N$), N 采样点, θ 为信号代码,代表温度、振动、负压、一氧化碳浓度、甲烷浓度、电压、电流, $\theta=1, 2\cdots ss$ 为信号总数,设定簇数 n , 分析后,包含信号最多的簇为所求信号,其余的簇集中包含的信号作为为异常点,除去信号中的异常点,得到包含数据最多的簇集 $K_i(\theta)(x)$, $K_i(\theta)(x)=[x_{i1}, x_{i2}, \cdots x_{im}]$, i 为所分的簇集的序数, $i=1, 2\cdots n$, m 为包含数据最多的簇集的信号点数, $m \leq N$;

[0007] S2. 对 S1 中的 $K_i(\theta)(x)$ 构造 Hankel 矩阵 A ,

$$[0008] \quad A = \begin{bmatrix} x_{i1} & x_{i2} & \cdots & x_{i(j-1)} \\ x_{i2} & x_{i3} & \cdots & x_{ij} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{i(l-2)} & x_{i(l-1)} & \cdots & x_{i(m-1)} \end{bmatrix};$$

[0009] S3. 对 S2 中的矩阵 A 做奇异值分解, 取第一个奇异值 $\lambda(\theta)$ 为信号特征;

[0010] S4. 以 S3 中的 $\lambda(\theta)$ 构造 $X = \{\lambda(1), \lambda(2) \cdots \lambda(s)\}$ 为支持向量机的输入, 输出 $Y = \{y_1, y_2 \cdots y_s\}$, 其中 y_θ 等于 0 或 θ , 某个位置出现故障, 则输出对应的代码 θ , 正常则输出 0, 根据代码确定故障的位置。

[0011] S5. 以表格的形式记录支持向量机模型的训练输入和输出, 表格的横行表示支持向量机的输出, 竖行表示样本的序号, 支持向量机训练完成后的诊断输出都要与该表格进行比对, 若输出与表格相同, 则矿用通风机的状态与样本相同;

[0012] 一种智能早期矿用通风机在线故障诊断系统, 包括上位机、下位机、信号采集模块、温度传感器、振动传感器、负压传感器、甲烷传感器、一氧化碳传感器, ACR 系列网络多功能电力仪表; 同一被测点的两个传感器通过屏蔽线连接到模数转换模块 SM331, SM331 把模拟量转化为数字量, 输入到 CPU314 中; 矿用通风机电机的电压和电流通过 ACR 系列网络多功能电力仪表测量, 通过 RS485 输入到 CPU314 中; 每台矿用通风机早期故障诊断系统的硬件为两套, 互为冗余; CPU314 将所测量信号输入到上位机, 上位机计算同一被测点的两个传感器的平均值作为该测点的信号; 两台 PLC 相互监视, 工作风机的 PLC 周期性地向另一台 PLC 发送指令, 复位定时器, 若不能复位, 则发出故障报警; 矿用通风机发生异常或故障根据风机的状态做出相应的控制策略, 控制风机的启停、自动倒机、风门开闭; 上位机利用 WinCC 作为组态软件, 完成人机交互, 既可显示风机的状态参数, 显示温度、电机的电压电流、振动、负压、风量、一氧化碳含量、甲烷含量、矿用通风机的性能曲线、风门状态和油站状态, 又能实现控制输入, 输入温度、振动、负压、风量、甲烷含量、一氧化碳含量的报警阈值; 可通过键盘在上位机 WinCC 上输入控制指令, 控制风门的开闭、风机的启停; 温度传感器 Pt100 分别安装在轴承座的两侧和电机的定子线圈旁边, 所有轴承座都在水平和垂直方向上安装一体式振动变送器; CPU314 输出点连接继电器, 继电器控制风门电机、通风机电机和油站电机电源开关。

[0013] 本系统将故障诊断算法集成在 WinCC 中, 仅一个组态软件即可完成矿用通风机的故障诊断和控制。

[0014] 本发明提出的智能早期矿用通风机故障在线诊断系统, 其优点是:

[0015] 1、实现了在线实时智能化的矿用通风机早期故障诊断, 能准确提取矿用通风机的状态特征, 可尽早地诊断出矿用通风机是否存在故障以及故障的类型和故障位置。

[0016] 2、针对矿用通风机的的工作环境恶劣和对可靠性要求高, 故障诊断系统所有的硬件都采用双冗余措施, 确保矿用通风机的早期故障诊断系统可靠、准确运行。

[0017] 3、所有的故障诊断算法集成在上位机组态软件 WinCC 中, 一个软件完成矿用通风机故障的诊断和控制, 增加了系统的可靠性。

附图说明

[0018] 图 1 本系统硬件示意图;

[0019] 图 2 本系统故障诊断流程图；

具体实施方式

[0020] 下面结合附图和实例对本发明进行详细说明：

[0021] 该系统的硬件结构如图 1 所示，主要由上位机、下位机、数据采集模块、控制输入模块、控制输出模块和传感器组成，所有的硬件都是两套，相互之间无交叉使用，互为冗余。上位机与下位机之间、下位机和下位机之间采用 Profibus 协议连接。

[0022] 该系统故障诊断流程如图 2 所示，设置聚类分类簇集数 n ，设置奇异值的窗口长度 l ，数据采集模块采集的信号输入到下位机 PLC 中，然后再传输到上位机中，同一节点的两个信号的平均值作为该测点的信号，通过聚类除去异常点，利用奇异值分解提取信号的状态特征，将奇异值分解的结果作为支持向量机模型的训练和诊断输入，输出矿用通风机的状态，如有故障，则报警并自动采取相应的控制。以一台矿用通风机为例，其基本过程如下：

[0023] 1. 分别对 1 号、2 号 PLC 设定地址为 1、2，1 号上位机、2 号上位机的通讯地址设为 3、4；

[0024] 2. 在矿用通风机的每个轴承和电机定子上安装两个 Pt100 温度传感器，分别在每个轴承座的水平方向和垂直方向上分别安装二个一体化振动变送器作为振动传感器，在出风口安装两个一氧化碳传感器和两个甲烷传感器，分别在风机的进风口和出风口安装两个 B0300 型工业级微压变送器作为负压传感器，在矿用通风机的 PT 配电柜上安装两块 ACR 系列网络多功能电力仪表测量矿用通风机的电压和电流；

[0025] 3. 除两块 ACR 系列网络多功能电力仪表外，所有的传感器通过屏蔽线连接到西门子的模数装换模块 SM331，设定两块 ACR 系列网络多功能电力仪表的地址分别为 10、11，通过 RS485 通讯协议输入到西门子 CPU314 的 P0 口；

[0026] 4. 通过 DP 线连接 1 号 PLC 和 1 号上位机、2 号 PLC 和 2 号上位机、1 号 PLC 和 2 号 PLC；

[0027] 5. 在上位机上，通过键盘输入矿用通风机温度、振动、负压、风量、一氧化碳含量、甲烷含量、电机电压和电机电流的阈值到 WinCC 中，超出阈值立即报警；

[0028] 6. 设定划分类数为 3，采集到的信号为 $x(\theta)(k)$ ， θ 为信号代码，轴承 1 温度的 θ 为 1、电机定子温度的 θ 为 2、轴承 3 温度的 θ 为 3、轴承 4 温度的 θ 为 4、轴承 5 温度的 θ 为 5、轴承 1 的水平和垂直振动的 θ 为 6 和 7、轴承 2 的水平和垂直振动的 θ 为 8 和 9、轴承 3 的水平和垂直振动的 θ 为 10 和 11、轴承 3 的水平和垂直振动的 θ 为 12 和 13、轴承 4 的水平和垂直振动的 θ 为 14 和 15、入风口负压和出风口负压 θ 分别为 16 和 17、一氧化碳浓度的 θ 为 18、甲烷浓度的 θ 为 19、电压的 θ 为 20、电流的 θ 为 21，，采样点数 $k=1, 2 \dots 512$ ，利用聚类分析 $x(\theta)(k)$ ，得到簇集 K_i ， $K_i=[x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}]$ ， $i=1, 2, 3, m \leq N$ ；

[0029] 7. 利用 SVD 分析包含数据最多的簇集 K_i ，构造簇集 K_i 的 Hankel 矩阵 A ：

$$[0030] \quad A = \begin{bmatrix} x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{i(l-1)} \\ x_{i2} & x_{i3} & \dots & x_{il} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{i(l-2)} & x_{i(l-1)} & \dots & x_{i(m-1)} \end{bmatrix}$$

[0031] 其中, l 为窗口长度, 且 $1 < l < m$, 矩阵 A 的阶数 ($k=N-l+1$)。得到轨迹矩阵 A 以后, 需要求 A 的奇异值。 $X=AA^T$, 则 X 为 $l \times l$ 矩阵, 求得 X 的特征值为: $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \cdots \lambda_d$, 取其平方根 $\lambda(\theta) = \sqrt{\lambda}$ 即为轨迹矩阵 A 的奇异值 ($i \leq d$), 作为信号特征。如果矩阵 X 的特征值都不为零, 则 $d=l$ 。

[0032] 8. 将第一个奇异值 $\lambda(\theta)_1$ 作为支持向量机模型的训练输入, 输入向量为 $X=\{\lambda(1)_1, \lambda(2)_1, \cdots \lambda(21)_1\}$, 某个位置出现故障, 则输出对应的信号代码, 正常则输出 0 建立支持向量机模型;

[0033] 9. 以表格的形式记录支持向量机的输入和输出, 在诊断时, 将输出结果与该表格进行比对, 确保诊断结果的可靠性。表格的纵坐标为训练样本编号, 横坐标为支持向量机模型的输出。对于支持向量机只有一个不为 0 的输出, 则确定故障。若是出现两个或两个以上不为 0 的输出, 与表格对比, 以表格中相同输出的样本表示的状态为矿用通风机的状态。测试输出的 10040000000000000000 与表格中轴承 4 故障的输出 10040000000000000000 相同, 则确定为轴承 4 故障;

[0034] 10. 根据诊断的结果在上位机上显示矿用通风机的状态, 如有状态异常或故障, 立即报警和采取控制措施。

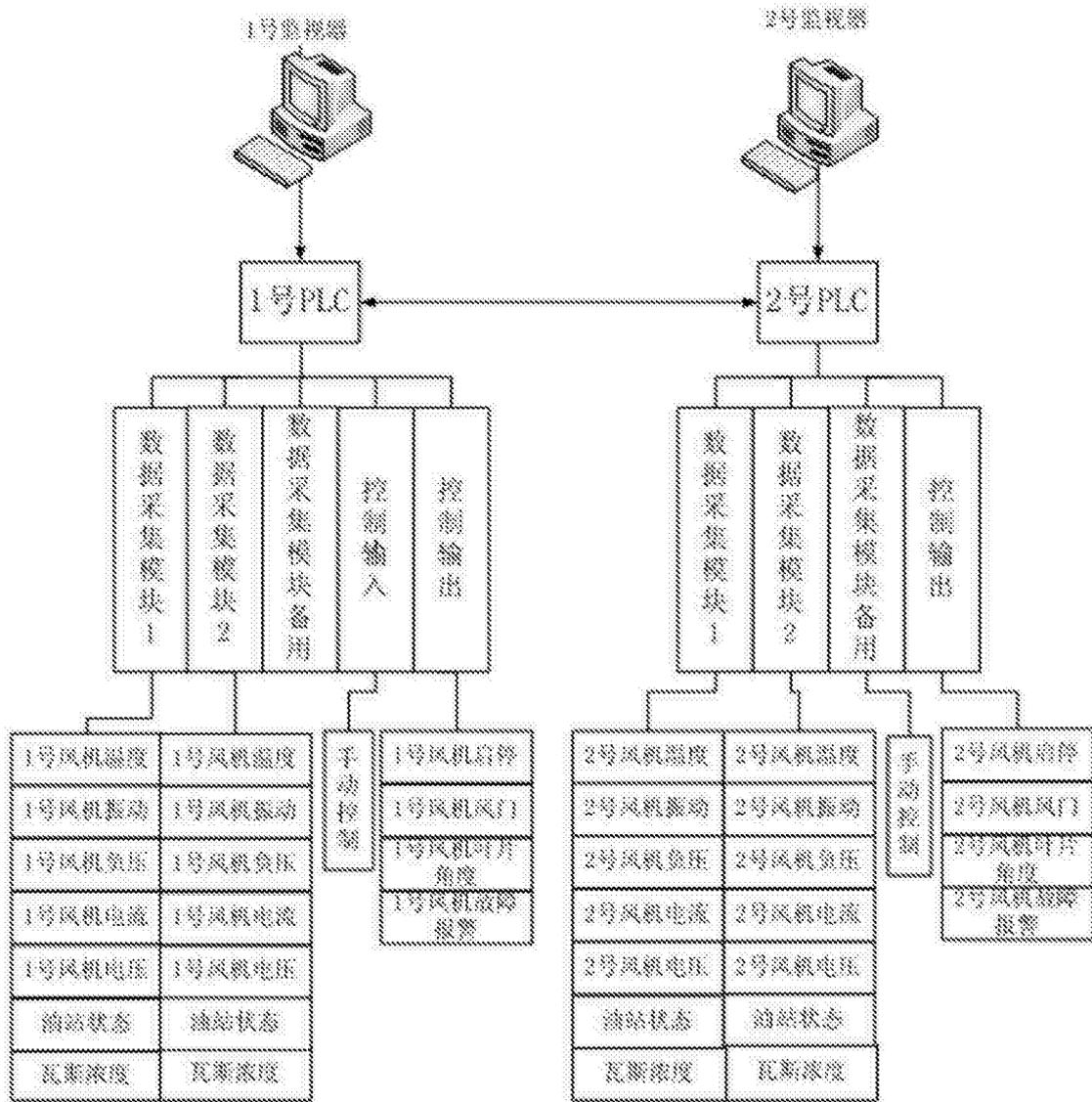


图 1

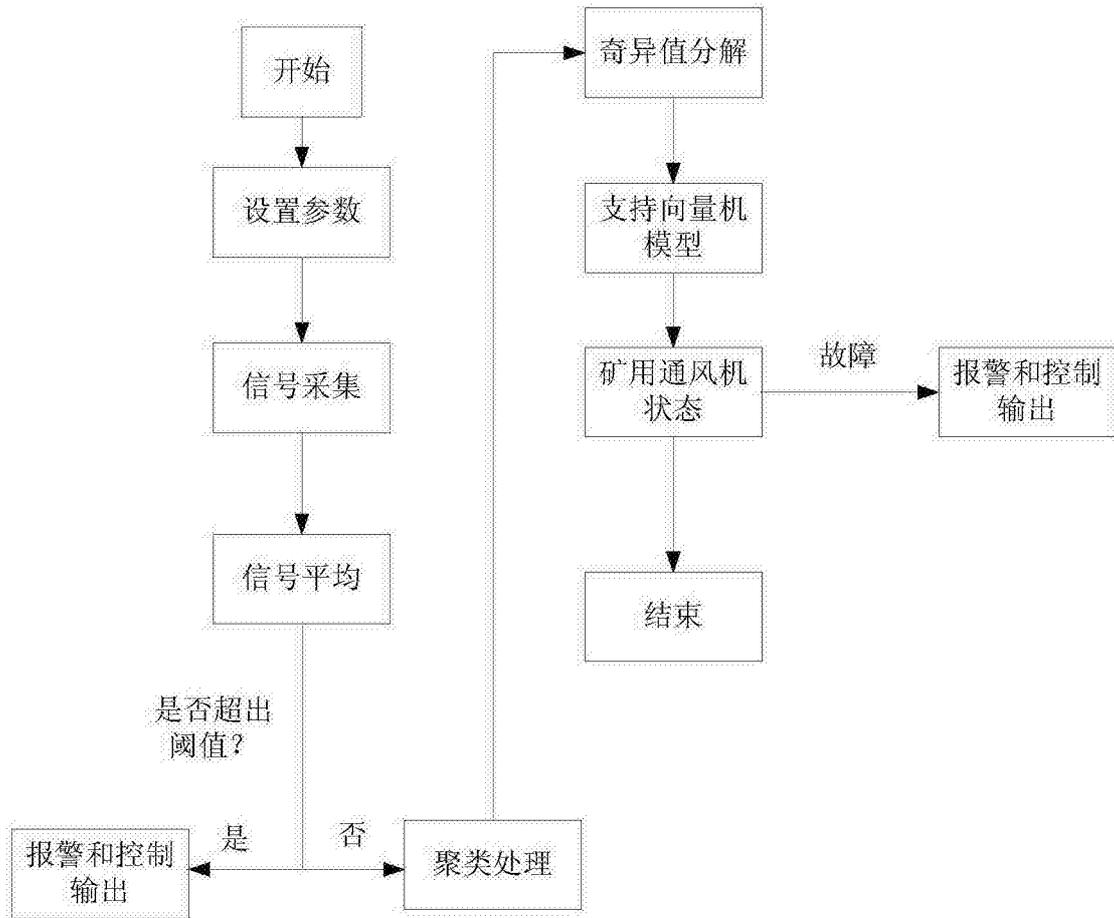


图 2