



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104343709 A

(43) 申请公布日 2015. 02. 11

(21) 申请号 201310312114. 5

(22) 申请日 2013. 07. 24

(71) 申请人 华北电力大学(保定)

地址 100193 河北省保定市永华北大街 619 号

(72) 发明人 许小刚 吴正人 孙玮 刘锦廉

(51) Int. Cl.

F04D 27/00 (2006. 01)

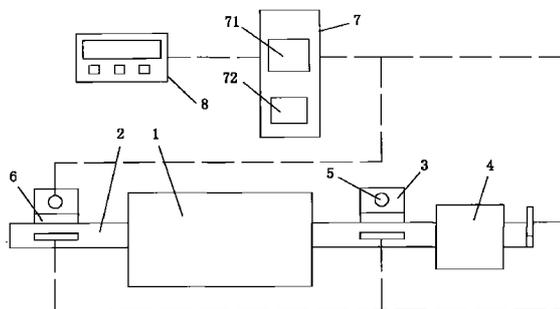
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种检测风机故障的装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种检测风机故障的装置及方法, 结构包括位置调节装置和设置在其上的振动采集架, 振动采集架上设置有与处理主机相连的位移传感器。利用上述装置进行故障检测的方法的步骤包括:A、调整位移传感器的位置;B、模拟风机故障, 采集故障信号;C、得到故障信号的时间序列;D、将时间序列转化为符号序列;E、计算符号序列的信息熵;F、提取特征向量;G、第一次模型训练;H、第二次模型训练;I、得到最终训练模型;J、风机正式运行, 将信号与最终训练模型比对, 得到故障信息。本发明通过合理设计振动采集装置, 并对采集的振动信号进行符号化处理, 得到对比数据库, 降低噪声的影响, 极大地提高了计算速度。



1. 一种检测风机故障的装置, 结构中包括风机本体 (1), 风机本体 (1) 中安装有旋转轴 (2), 旋转轴 (2) 连接有电机 (4), 其特征在于: 所述旋转轴 (2) 的两端分别安装有两个平行于所述旋转轴 (2) 轴线方向的振动采集架 (3), 在同一端的两个振动采集架 (3) 相互垂直, 在所述旋转轴 (2) 连接所述电机 (4) 的一端设置有一个垂直于旋转轴 (2) 轴线方向的振动采集架 (3), 每个振动采集架 (3) 上设置有位移传感器 (5), 振动收集架 (3) 设置在位置调节装置 (6) 上, 位置调节装置 (6) 的结构中包括滑轨 (61), 滑轨 (61) 上设置有滑块 (62), 振动采集架 (3) 固定在滑块 (62) 上, 在滑块 (62) 上设置有丝杠 (63), 丝杠 (63) 的一端设置有千分尺 (64), 丝杠 (63) 上的螺纹设置有聚四氟乙烯保护层 (65); 结构中还包括一个处理主机 (7), 位移传感器 (5) 与处理主机 (7) 进行通讯连接, 处理主机 (7) 还连接有一个人机交互模块 (8), 处理主机 (7) 的结构中包括运算模块 (71) 和数据库模块 (72)。

2. 根据权利要求 1 所述的检测风机故障的装置, 其特征在于: 所述滑轨 (61) 和滑块 (62) 之间设置有弹簧 (9)。

3. 根据权利要求 1 所述的检测风机故障的装置, 其特征在于: 所述位移传感器 (5) 为一体化电涡流传感器。

4. 根据权利要求 1 所述的检测风机故障的装置, 其特征在于: 所述数据库模块 (72) 采用 SQL server2008 管理系统。

5. 利用权利要求 1 所述的检测风机故障的装置进行故障检测的方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

A、安装位移传感器 (5), 使用位置调节装置 (6) 调节位移传感器 (5) 与旋转轴 (2) 之间的测量距离为 30mm ~ 70mm;

B、模拟风机故障, 采集故障信号

逐项模拟已知的风机故障, 通过位移传感器 (5) 获得故障信号, 将故障信号输入处理主机 (7), 形成 error. dat 信号文件;

C、读取上述步骤 A 中的 error. dat 信号文件, 得到其时间序列 X, 在 matlab 软件中输入如下语句:

Load error. dat ;

X = error ;

D、把在步骤 C 中得到的时间序列 X 转化为符号序列

$$s_i(x_i) = \begin{cases} 0 & \mu < x_i \leq (1+\alpha)\mu \\ 1 & (1+\alpha)\mu < x_i < \infty \\ 2 & (1-\alpha)\mu < x_i \leq \mu \\ 3 & x_i \leq (1-\alpha)\mu \end{cases} \quad (1 \leq i \leq N)$$

式中  $\mu$  代表时间序列 X 的均值, 即  $\mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$ ,  $\alpha$  定义为权重, 设定为 0.05, S 即为转化

得到的符号序列;

E、计算符号序列的信息熵

将符号序列 S 分为长度为 3 的子串, 由于 S 有 4 种不同的取值, 所以子串共有 64 中形式, 计算出每个子串的出现概率

$$p(l) = \frac{C(l)}{N-3+1} \quad 1 \leq l \leq 64$$

式中  $C(l)$  为一个子串出现的次数；

对其计算信息熵，

$$H_k = - \sum_{p(l)>0} p(l) \lg p(l) ;$$

F、提取特征向量

将 5 个移传感器 (5) 测量得到的数据经过上述步骤处理后，组成特征向量  $F_k = [H_{k1}, H_{k2}, H_{k3}, H_{k4}, H_{k5}]$ ；

G、第一次模型训练

使用步骤 E 中取得的特征向量 F 通过 matlab 软件训练检测模型，

$Model_1 = svmtrain(L, F)$ ，其中 L 为故障类别， $model_1$  为得到的监测模型；

H、第二次模型训练

令故障类别 L 与特征向量 F 之间的函数关系为  $L = model_2(AF+B)$ ，A 为函数的传递权值，A 的初始值为 10，通过下式进行 A 的修正：

$$\Delta A(n) = \eta \zeta F + \varepsilon \Delta A(n-1)$$

其中  $\eta$  为学习速率，设定为 0.01， $\varepsilon$  为动量因子，设定为 0.9， $\zeta$  为误差率，设定为 1%，n 的范围是 2 ~ 2001，进行 2000 次循环修正；

I、求  $model_1$  和  $model_2$  两个训练模型的交集，并将冲突的检测结果进行人工修正，得到最终的训练模型  $model$ ，存入数据库模块 (72)；

J、风机正式运行，将信号传感器采集的信号再次经过上述步骤 B ~ 步骤 F 的处理，得到特征向量 F，使用 matlab 软件将对比特征向量与上述步骤 I 中得到的最终训练模型  $model$  进行比对，

$$L = svmpredict(F, model),$$

比对出的故障类别 L 通过人机交互模块 (8) 进行故障信息输出。

## 一种检测风机故障的装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及风机故障预警领域,尤其是一种检测风机故障的装置及方法。

### 背景技术

[0002] 在发电厂中,风机的运行状况直接关系到电厂的安全、经济运行,且风机的可靠性、安全性和经济性取决于其高效运行、实时状态跟踪评价、准确的故障诊断和维修,因此研究风机的故障诊断具有重大的意义。常见的风机机械故障有转子不平衡、转子不对中、轴承松动和动静碰磨等,虽然故障诊断方法有很多,但基本上都分为 3 个步骤:诊断信息的获取;故障特征提取;状态识别和故障诊断。

[0003] 传统的信号特征提取方法以信号的平稳性为前提,无法对非平稳信号进行有效地分析处理。由于风机运行中的驱动力、阻尼力和弹性力的非线性及机械系统的非线性,所检测到的振动信号是非平稳信号,传统的信号特征提取方法具有较大的局限性。

### 发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是提供一种检测风机故障的装置及方法,通过合理设计振动采集装置,并对采集的振动信号进行符号化处理,得到对比数据库,大大降低噪声的影响,极大地提高了计算速度。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明所采取的技术方案如下。

[0006] 一种检测风机故障的装置,结构中包括风机本体,风机本体中安装有旋转轴,旋转轴连接有电机,所述旋转轴的两端分别安装有两个平行于所述旋转轴轴线方向的振动采集架,在同一端的两个振动采集架相互垂直,在所述旋转轴连接所述电机的一端设置有一个垂直于旋转轴轴线方向的振动采集架,每个振动采集架上设置有位移传感器,振动收集架设置在位置调节装置上,位置调节装置的结构中包括滑轨,滑轨上设置有滑块,振动采集架固定在滑块上,在滑块上设置有丝杠,丝杠的一端设置有千分尺,丝杠上的螺纹设置有聚四氟乙烯保护层;结构中还包括一个处理主机,位移传感器与处理主机进行通讯连接,处理主机还连接有一个人机交互模块,处理主机的结构中包括运算模块和数据库模块。

[0007] 作为本发明的一种优选技术方案,所述滑轨和滑块之间设置有弹簧。

[0008] 作为本发明的一种优选技术方案,所述位移传感器为一体化电涡流传感器。

[0009] 作为本发明的一种优选技术方案,所述数据库模块采用 SQL server 2008 管理系统。

[0010] 利用上述检测风机故障的装置进行故障检测的方法,包括以下步骤:

[0011] A、安装位移传感器,使用位置调节装置调节位移传感器与旋转轴之间的测量距离为 30mm ~ 70mm;

[0012] B、模拟风机故障,采集故障信号

[0013] 逐项模拟已知的风机故障,通过位移传感器获得故障信号,将故障信号输入处理主机,形成 error.dat 信号文件;

[0014] C、读取上述步骤A中的 error. dat 信号文件,得到其时间序列X,在 matlab 软件中输入如下语句:

[0015] Load error. dat ;

[0016] X = error ;

[0017] D、把在步骤C中得到的时间序列X转化为符号序列

$$[0018] \quad s_i(x_i) = \begin{cases} 0 & \mu < x_i \leq (1+\alpha)\mu \\ 1 & (1+\alpha)\mu < x_i < \infty \\ 2 & (1-\alpha)\mu < x_i \leq \mu \\ 3 & x_i \leq (1-\alpha)\mu \end{cases} \quad (1 \leq i \leq N)$$

[0019] 式中  $\mu$  代表时间序列X的均值,即  $\mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$ ,  $\alpha$  定义为权重,设定为 0.05, S 即为

转化得到的符号序列;

[0020] E、计算符号序列的信息熵

[0021] 将符号序列S分为长度为3的子串,由于S有4种不同的取值,所以子串共有64中形式,计算出每个子串的出现概率

$$[0022] \quad p(l) = \frac{C(l)}{N-3+1} \quad 1 \leq l \leq 64$$

[0023] 式中 C(1) 为一个子串出现的次数;

[0024] 对其计算信息熵,

$$[0025] \quad H_k = - \sum_{p(l)>0} p(l) \lg p(l);$$

[0026] F、提取特征向量

[0027] 将5个移传感器测量得到的数据经过上述步骤处理后,组成特征向量  $F_k = [H_{k1}, H_{k2}, H_{k3}, H_{k4}, H_{k5}]$ ;

[0028] G、第一次模型训练

[0029] 使用步骤F中取得的特征向量F通过 matlab 软件训练检测模型,

[0030]  $Model_1 = svmtrain(L, F)$ , 其中L为故障类别,  $model_1$  为得到的监测模型;

[0031] H、第二次模型训练

[0032] 令故障类别L与特征向量F之间的函数关系为  $L = model_2(AF+B)$ , A为函数的传递权值, A的初始值为10, 通过下式进行A的修正:

$$[0033] \quad \Delta A(n) = \eta \zeta F + \varepsilon \Delta A(n-1)$$

[0034] 其中  $\eta$  为学习速率, 设定为 0.01,  $\varepsilon$  为动量因子, 设定为 0.9,  $\zeta$  为误差率, 设定为 1%, n 的范围是 2 ~ 2001, 进行 2000 次循环修正;

[0035] I、求  $model_1$  和  $model_2$  两个训练模型的交集, 并将冲突的检测结果进行人工修正, 得到最终的训练模型 model, 存入数据库模块;

[0036] J、风机正式运行, 将信号传感器采集的信号再次经过上述步骤B~步骤F的处理, 得到特征向量F, 使用 matlab 软件将对比特征向量与上述步骤I中得到的最终训练模型 model 进行比对,

[0037]  $L = svmpredict(F, model)$ ,

[0038] 比对出的故障类别 L 通过人机交互模块进行故障信息输出。

[0039] 采用上述技术方案所带来的有益效果在于：使用位移传感器间接测量的方式，不影响风机的正常运行。旋转丝杠可以使滑块在滑轨上移动，聚四氟乙烯保护层可以避免丝杠上的螺纹在长时间户外暴露的情况下生锈，弹簧在滑块和滑轨之间施加了一个紧固力，防止由于螺纹之间咬合的松动导致位置偏移。通过对采集的信号进行符号化处理，并利用通过不同方式得到两个训练模型进行综合，降低噪声的影响，提高了计算速度和判断准确率。经过在同一风机上进行相同实验比对，由传统的信号特征提取方法得到的故障诊断准确率为 77.4%，由本发明提供的信号特征提取方法得到的故障诊断准确率为 99.23%。

### 附图说明

[0040] 图 1 是本发明一个具体实施方式中故障预警装置的示意图。

[0041] 图 2 是本发明一个具体实施方式中位置调节装置的示意图。

[0042] 图 3 是本发明一个具体实施方式中故障信号处理的原理图。

[0043] 图 4 是故障实际类别和使用本发明进行诊断后得出的故障预测类别的对比图。

[0044] 图中：1、风机本体；2、旋转轴；3、振动采集架；4、电机；5、位移传感器；6、位置调节装置；7、处理主机；8、人机交互模块；9、弹簧；61、滑轨；62、滑块；63、丝杠；64、千分尺；65、聚四氟乙烯保护层；71、运算模块；72、数据库模块。

### 具体实施方式

[0045] 参看附图 1-3，一种检测风机故障的装置，结构中包括风机本体 1，风机本体 1 中安装有旋转轴 2，旋转轴 2 连接有电机 4，所述旋转轴 2 的两端分别安装有两个平行于所述旋转轴 2 轴线方向的振动采集架 3，在同一端的两个振动采集架 3 相互垂直，在所述旋转轴 2 连接所述电机 4 的一端设置有一个垂直于旋转轴 2 轴线方向的振动采集架 3，每个振动采集架 3 上设置有位移传感器 5，振动收集架 3 设置在位置调节装置 6 上，位置调节装置 6 的结构中包括滑轨 61，滑轨 61 上设置有滑块 62，振动采集架 3 固定在滑块 62 上，在滑块 62 上设置有丝杠 63，丝杠 63 的一端设置有千分尺 64，丝杠 63 上的螺纹设置有聚四氟乙烯保护层 65；结构中还包括一个处理主机 7，位移传感器 5 与处理主机 7 进行通讯连接，处理主机 7 还连接有一个人机交互模块 8，处理主机 7 的结构中包括运算模块 71 和数据库模块 72。所述滑轨 61 和滑块 62 之间设置有弹簧 9。所述位移传感器 5 为一体化电涡流传感器。所述数据库模块 72 采用 SQL server2008 管理系统。

[0046] 利用上述检测风机故障的装置进行故障检测的方法，包括以下步骤：

[0047] A、安装位移传感器 (5)，使用位置调节装置 (6) 调节位移传感器 (5) 与旋转轴 (2) 之间的测量距离为 45mm；

[0048] B、模拟风机故障，采集故障信号

[0049] 逐项模拟已知的风机故障，通过位移传感器 (5) 获得故障信号，将故障信号输入处理主机 (7)，形成 error. dat 信号文件；

[0050] 其中一个位移传感器 6 采集到的部分信号如下所示，单位是 V：

[0051] [3. 8374, 1. 2832, -0. 9849, -1. 4434, 2. 1835]

[0052] C、读取上述步骤 A 中的 error. dat 信号文件，得到其时间序列 X，在 matlab 软件中

输入如下语句：

[0053] Load error.dat ;

[0054] X = error ;

[0055] D、把在步骤 C 中得到的时间序列 X 转化为符号序列

$$[0056] \quad s_i(x_i) = \begin{cases} 0 & \mu < x_i \leq (1+\alpha)\mu \\ 1 & (1+\alpha)\mu < x_i < \infty \\ 2 & (1-\alpha)\mu < x_i \leq \mu \\ 3 & x_i \leq (1-\alpha)\mu \end{cases} \quad (1 \leq i \leq N)$$

[0057] 式中  $\mu$  代表时间序列 X 的均值, 即  $\mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$ ,  $\alpha$  定义为权重, 设定为 0.05, S 即为

转化得到的符号序列；

[0058] E、计算符号序列的信息熵

[0059] 将符号序列 S 分为长度为 3 的子串, 由于 S 有 4 种不同的取值, 所以子串共有 64 中形式, 计算出每个子串的出现概率

$$[0060] \quad p(l) = \frac{C(l)}{N-3+1} \quad 1 \leq l \leq 64$$

[0061] 式中 C(l) 为一个子串出现的次数；

[0062] 对其计算信息熵,

$$[0063] \quad H_k = - \sum_{p(l)>0} p(l) \lg p(l) ;$$

[0064] F、提取特征向量

[0065] 将 5 个移传感器 (5) 测量得到的数据经过上述步骤处理后, 组成特征向量  $F_k = [H_{k1}, H_{k2}, H_{k3}, H_{k4}, H_{k5}]$ ; 部分信号的特征向量如下表所示：

类 别	各特征向量值				
	测点 1	测点 2	测点 3	测点 4	测点 5
[0066] F <sub>1</sub>	H <sub>11</sub> =0.673	H <sub>12</sub> =0.659	H <sub>13</sub> =0.729	H <sub>14</sub> =1.010	H <sub>15</sub> =1.134
F <sub>2</sub>	H <sub>21</sub> =0.789	H <sub>22</sub> =0.636	H <sub>23</sub> =0.759	H <sub>124</sub> =0.518	H <sub>25</sub> =0.908
F <sub>3</sub>	H <sub>31</sub> =1.090	H <sub>32</sub> =1.077	H <sub>33</sub> =0.878	H <sub>34</sub> =0.974	H <sub>35</sub> =1.079
F <sub>4</sub>	H <sub>41</sub> =0.988	H <sub>42</sub> =0.918	H <sub>43</sub> =0.851	H <sub>44</sub> =0.689	H <sub>45</sub> =1.005
F <sub>5</sub>	H <sub>51</sub> =0.967	H <sub>52</sub> =1.019	H <sub>53</sub> =0.746	H <sub>54</sub> =0.666	H <sub>45</sub> =1.216

[0067]	F <sub>6</sub>	H <sub>61</sub> =0.870	H <sub>62</sub> =0.824	H <sub>63</sub> =0.937	H <sub>64</sub> =0.860	H <sub>65</sub> =0.806
	F <sub>7</sub>	H <sub>71</sub> =0.786	H <sub>72</sub> =0.802	H <sub>73</sub> =1.029	H <sub>74</sub> =0.979	H <sub>75</sub> =0.912
	F <sub>8</sub>	H <sub>81</sub> =0.917	H <sub>82</sub> =0.760	H <sub>83</sub> =0.963	H <sub>84</sub> =0.883	H <sub>85</sub> =0.928
	F <sub>9</sub>	H <sub>91</sub> =1.209	H <sub>92</sub> =1.095	H <sub>93</sub> =0.887	H <sub>94</sub> =0.990	H <sub>95</sub> =1.115
	F <sub>10</sub>	H <sub>101</sub> =1.263	H <sub>102</sub> =1.143	H <sub>103</sub> =0.926	H <sub>104</sub> =1.067	H <sub>105</sub> =1.054
	F <sub>11</sub>	H <sub>111</sub> =1.215	H <sub>112</sub> =1.131	H <sub>113</sub> =0.684	H <sub>114</sub> =0.975	H <sub>115</sub> =1.090
	F <sub>12</sub>	H <sub>121</sub> =1.153	H <sub>122</sub> =1.183	H <sub>123</sub> =0.923	H <sub>124</sub> =0.711	H <sub>125</sub> =1.010
	F <sub>13</sub>	H <sub>131</sub> =1.125	H <sub>132</sub> =1.193	H <sub>133</sub> =0.968	H <sub>134</sub> =1.008	H <sub>135</sub> =1.349

[0068] G、第一次模型训练

[0069] 使用步骤 F 中取得的特征向量 F 通过 matlab 软件训练检测模型，

[0070]  $Model_1 = svmtrain(L, F)$ ，其中 L 为故障类别， $model_1$  为得到的监测模型；

[0071] H、第二次模型训练

[0072] 令故障类别 L 与特征向量 F 之间的函数关系为  $L = model_2(AF+B)$ ，A 为函数的传递权值，A 的初始值为 10，通过下式进行 A 的修正：

$$[0073] \quad \Delta A(n) = \eta \zeta F + \varepsilon \Delta A(n-1)$$

[0074] 其中  $\eta$  为学习速率，设定为 0.01， $\varepsilon$  为动量因子，设定为 0.9， $\zeta$  为误差率，设定为 1%，n 的范围是 2 ~ 2001，进行 2000 次循环修正；

[0075] I、求  $model_1$  和  $model_2$  两个训练模型的交集，并将冲突的检测结果进行人工修正，得到最终的训练模型 model，存入数据库模块 (72)；

[0076] J、风机正式运行，将信号传感器采集的信号再次经过上述步骤 B ~ 步骤 F 的处理，得到特征向量 F，使用 matlab 软件将对比特征向量与上述步骤 I 中得到的最终训练模型 model 进行比对，

$$[0077] \quad L = svmpredict(F, model),$$

[0078] 比对出的故障类别 L 通过人机交互模块 (8) 进行故障信息输出。

[0079] 参看附图 4，故障实际类别和故障预测类别的吻合度达到了 99.23%。

[0080] 本发明的工作原理在于：使用位移传感器间接测量的方式，不影响风机的正常运行。旋转丝杠可以使滑块在滑轨上移动，聚四氟乙烯保护层可以避免丝杠上的螺纹在长时间户外暴露的情况下生锈，弹簧在滑块和滑轨之间施加了一个紧固力，防止由于螺纹之间咬合的松动导致位置偏移。通过对采集的信号进行符号化处理，并利用通过不同方式得到两个训练模型进行综合，降低噪声的影响，提高了计算速度和判断准确率。

[0081] 上述描述仅作为本发明可实施的技术方案提出，不作为对其技术方案本身的单一限制条件。

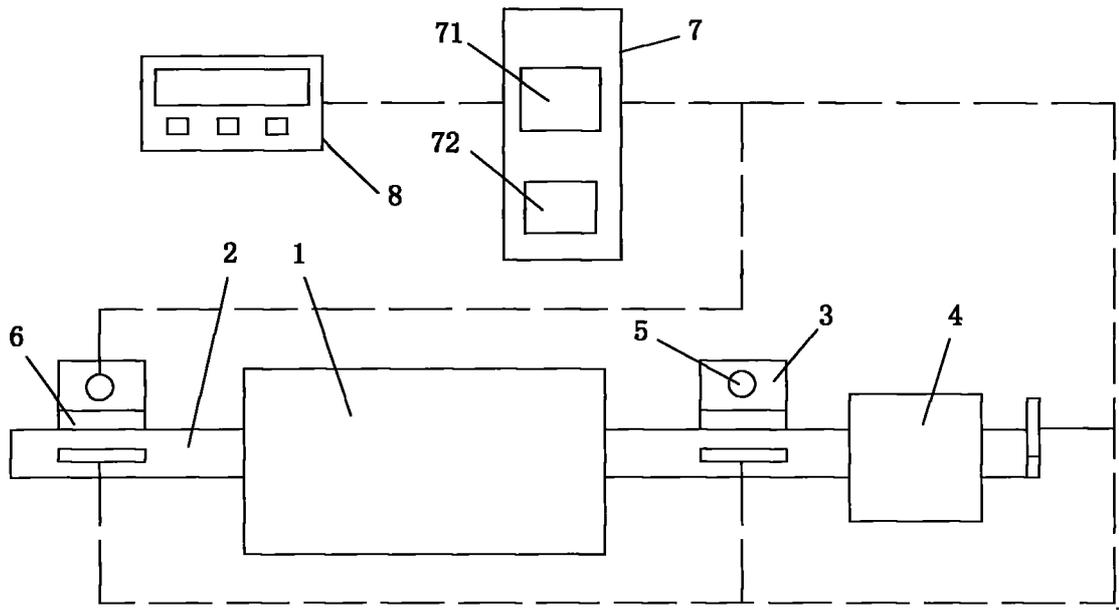


图 1

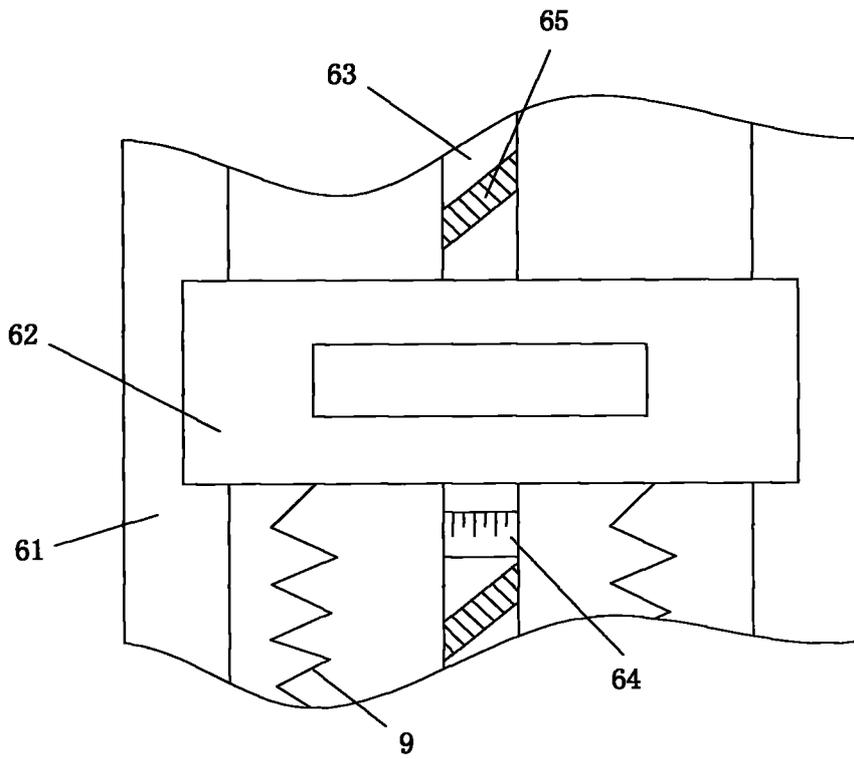


图 2

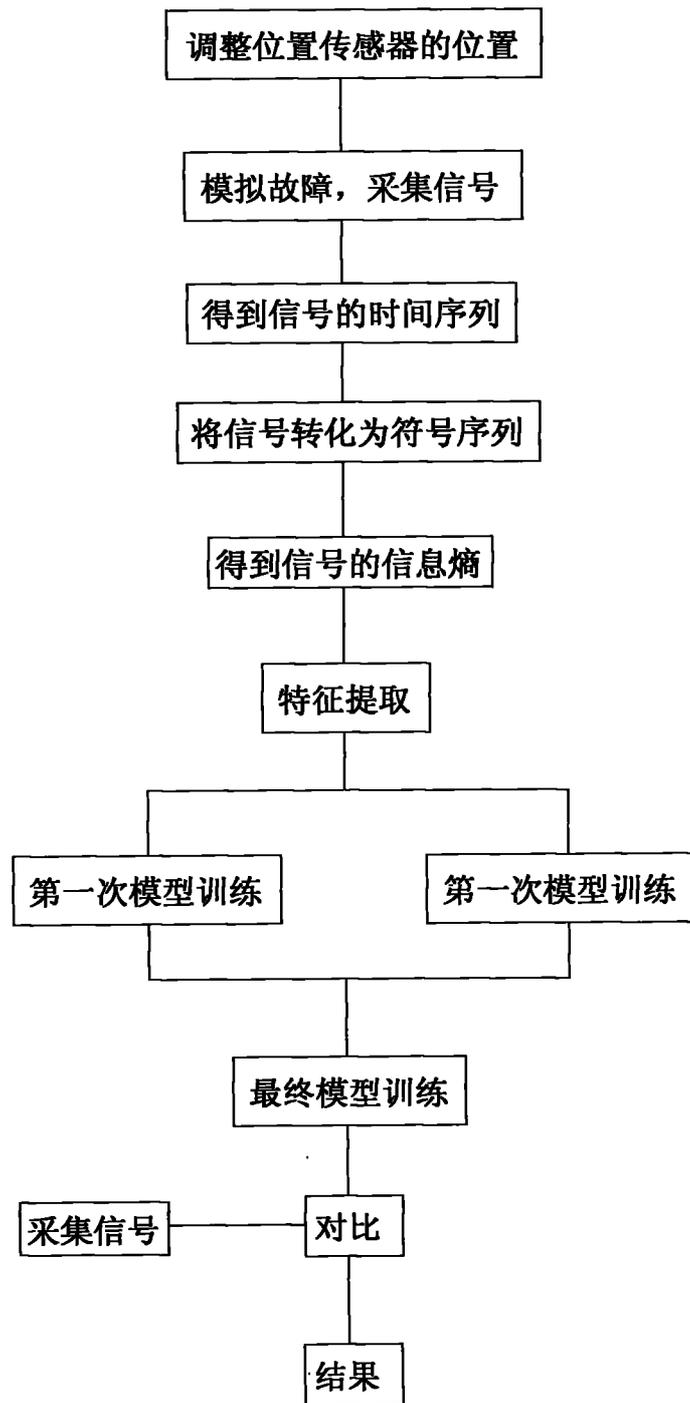


图 3

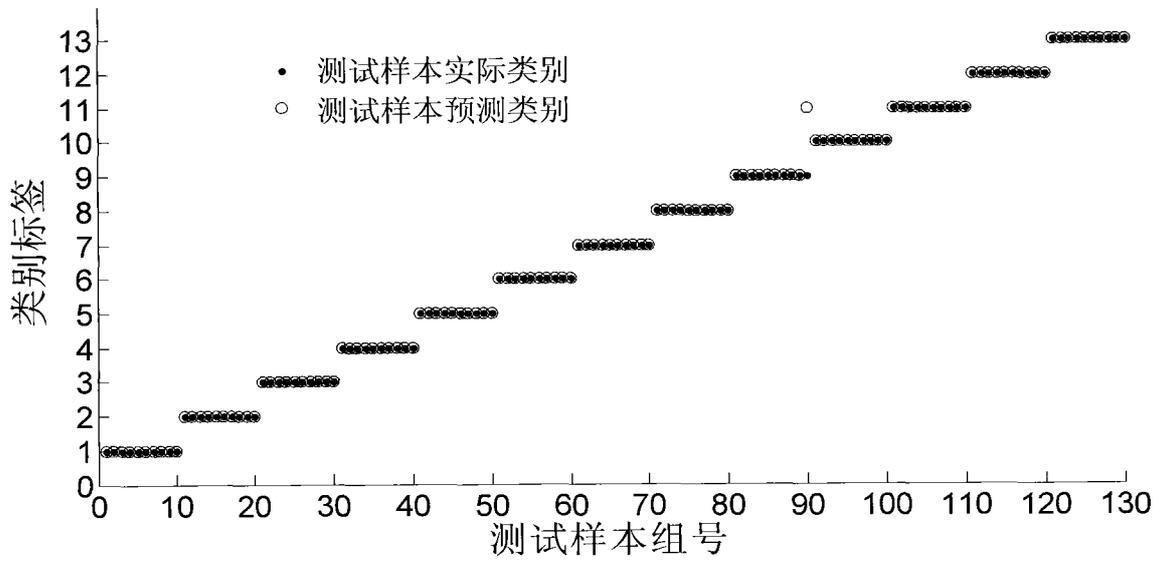


图 4