



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106006344 B

(45)授权公告日 2018.11.16

(21)申请号 201610542308.8

(22)申请日 2016.07.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106006344 A

(43)申请公布日 2016.10.12

(73)专利权人 苏州长风航空电子有限公司

地址 215151 江苏省苏州市高新区建林路379号

(72)发明人 彭春增 章建文 胡华恩 查鹏

王尊敬 张磊 杨粤涛

(74)专利代理机构 中国航空专利中心 11008

代理人 张毓灵

(51)Int. Cl.

B66B 29/00(2006.01)

B66B 27/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 103359572 A,2013.10.23,

CN 103130095 A,2013.06.05,

CN 203229283 U,2013.10.09,

JP 特开2012-192995 A,2012.10.11,

CN 201406235 Y,2010.02.17,

JP 特开2011-51739 A,2011.03.17,

审查员 王冠

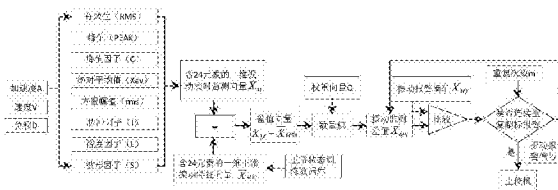
权利要求书3页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

扶梯故障在线预警系统及故障诊断方法

(57)摘要

本发明属于扶梯健康状况管理的技术,具体涉及一种基于振动和温度检测,可以实现实时在线监测的扶梯故障预警系统及故障诊断方法。该系统包括加速度传感器、温度传感器、采集器、上位机及连接电缆。采集器与传感器、上位机之间通过电缆连接。所述采集器用于处理振动、温度传感器输入的信号,并判定其是否异常,若异常则向上位机发送报警信息和故障数据。本发明通过综合运用多个时域参数所构成的、带权重比的特征向量来提高振动故障诊断的全面性和准确率。在智能判别算法上,利用系统训练模式和工作模式下所得信息差异性来判定振动是否异常。通过消除环境温度对检测对象的影响,使温度监测更加合理、准确。上述诊断方法可靠、有效,应用效果良好。



1. 扶梯故障在线预警系统,其特征在于,包括加速度传感器、温度传感器、采集器、上位机及连接电缆,其中,加速度传感器、温度传感器分别与采集器连接,采集器通过连接电缆连接上位机,加速度传感器分别设置在扶梯主驱动轮左右轴承、梯级链涨紧轮左右轴承、电机轴承部位以及电机安装底座上,用于实现振动监测功能,并分别对扶梯的振动信号和温度信号进行监测,在振动信号监测方面,对扶梯轴承、电机安装底座振动信号进行数字滤波、特征提取,以获得加速度、速度、位移的时域参数,并建立特征向量,实现对轴承故障状态、电机振动状态的表征,并依据各时域参数对故障的敏感程度在特征向量中引入权重比,从而提高振动故障诊断精度,温度传感器分别设置在扶梯扶手带、上下机房和抱闸上,用于实现温度监控功能,所述采集器内集成了振动和温度信号处理单元,用于处理振动、温度传感器输入的信号,并经处理后给出是否报警的结论,若报警则向上位机发送报警信息和故障数据。

2. 根据权利要求1所述的扶梯故障在线预警系统,其特征在于,扶梯主驱动轮左右轴承、梯级链涨紧轮左右轴承、电机轴承部位上的加速度传感器用于滚动轴承故障状态的监测,电机安装底座上的加速度传感器用于电机安装状态的监测。

3. 根据权利要求2所述的扶梯故障在线预警系统,其特征在于,用于扶梯扶手带温度检测的传感器为非接触式红外温度传感器。

4. 根据权利要求3所述的扶梯故障在线预警系统,其特征在于,用于抱闸表面温度检测的温度传感器为DS18B20数字式温度传感器,该温度传感器为表贴式,与抱闸表面紧贴后用导热胶固定。

5. 一种基于权利要求1所述扶梯故障在线预警系统的故障诊断方法,其特征在于:分别对扶梯的振动信号和温度信号进行监测,在振动信号监测方面,对扶梯轴承、电机安装底座振动信号进行数字滤波、特征提取,以获得加速度、速度、位移的时域参数,并建立特征向量,实现对轴承故障状态、电机振动状态的表征,并依据各时域参数对故障的敏感程度在特征向量中引入权重比,从而提高振动故障诊断精度;在温度监测方面,将扶手带温度和抱闸温度与机房温度做差值处理来判定是否超温,从而排除环境温度对两者温度监测的影响,实现温度故障精确诊断。

6. 权利要求5所述的故障诊断方法,其特征在于,振动信号的时域参数包括加速度、速度、位移三者的有效值、峰值、峰值因子、绝对平均值、方根幅值、脉冲因子、裕度因子、波形因子。

7. 权利要求6所述的故障诊断方法,其特征在于,振动故障诊断方面构建了训练模式和工作模式,当系统开启训练模式时,汇总学习周期内各种工况下的正常轴承/电机和各种故障模式下的故障轴承/电机的振动特征向量,并发送数据库保存;当系统开启工作模式时,实时采集、提取被测扶梯轴承/电机的振动特征向量,结合训练模式下获取的数据,综合运算后与设置阈值进行比较来判断轴承是否故障以及电机安装是否到位。

8. 如权利要求5所述的故障诊断方法,其特征在于,振动故障诊断包括如下步骤:

S1:通过安装在轴承附近/电机底座的加速度传感器获取原始振动信号;

S2:利用小波变换算法、互相关函数对振动信号进行数字滤波、特征提取及运算,以获得加速度、速度、位移的时域参数:有效值 $X_{RMS}$ 、峰值 $X_{PEAK}$ 、峰值因子 $C$ 、绝对平均值 $X_{av}$ 、方根幅值 $X_{rms}$ 、脉冲因子 $I$ 、裕度因子 $L$ 、波形因子 $S$ ;

S3:将上述参数构建成监测向量,得到加速度监测向量: $X_{MA} = [X_{RMS}, X_{PEAK}, C, X_{av}, X_{FRMS}, I, L, S]$ ,同理得到速度监测向量 $X_{MV}$ 和位移监测向量 $X_{MD}$ ,加速度、速度、位移三者的监测向量构成表征整个系统振动监测的复合特征向量: $X_M = [X_{MA}, X_{MV}, X_{MD}]$ ;

S4:将实时监测复合特征向量 $X_M$ 与正常状态平均复合特征向量 $\bar{X}_{M好}$ 作差得到差向量后与权重向量 $Q$ 进行数量积,即 $Q \cdot [X_M - \bar{X}_{M好}]$ ,最后作取模运算得到反应总体振动状况的实时监测参数 $X_{MS}$ ;

S5:将实时监测参数 $X_{MS}$ 与报警阈值 $X_{MY}$ 进行对比,判定 $X_{MS}$ 是否超出报警阈值,若连续超标 $m$ 次,其中 $m$ 为事先设定的次数,则认定轴承故障/电机安装异常,向上位机发出报警信息和故障数据;

S6:发出报警后,系统还将时间、通道标识、故障原始数据及计算后的实时监测复合特征向量 $X_M$ 和参数 $X_{MS}$ 进行存储,其中,进行标识的通道为检测到故障的加速度传感器通道。

9.如权利要求8所述的故障诊断方法,其特征在于,步骤S4所述的正常状态平均复合特征向量 $\bar{X}_{M好}$ 、权重向量 $Q$ 及后续对比判定用的报警阈值 $X_{MY}$ 通过以下阶段得到:

S41:在训练模式下,通过 $N$ 次训练,系统汇总学习周期内各种工况下的正常轴承/电机和各种故障模式下的故障轴承/电机的复合振动特征向量 $X_{M好}$ 和 $X_{M坏}$ ,并发送数据库保存,同时将 $N$ 次训练得到的 $N$ 组 $X_{M好}$ 和 $X_{M坏}$ ,分别取平均得到 $\bar{X}_{M好}$ 和 $\bar{X}_{M坏}$ ;

S42:权重向量 $Q$ 可由下式得到,式中 $C_0$ 为权重向量整体调整常数; $C_1 \sim C_{24}$ 为加速度、速度、位移的某一时域参数的权重比例调整系数,式中 $\bar{X}_{M1好} \dots \bar{X}_{M24好}$ 代表 $\bar{X}_{M好}$  24个元素中的某一元素,即加速度、速度、位移的某一时域参数平均值, $\bar{X}_{M1坏} \dots \bar{X}_{M24坏}$ 同理;

$$Q = C_0 \cdot [C_1 \dots C_{24}] \cdot \left[ \frac{\bar{X}_{M1好}}{\bar{X}_{M24好}} \right]$$

$$= C_0 \cdot [C_1 \dots C_{24}] \cdot \left[ \frac{\bar{X}_{M1好}}{\bar{X}_{M1坏}}, \frac{\bar{X}_{M2好}}{\bar{X}_{M2坏}}, \dots, \frac{\bar{X}_{M24好}}{\bar{X}_{M24坏}} \right]$$

S43:报警阈值 $X_{MY}$ 由下式 $\Delta X_M$ 取模得到,由此计算所得的报警阈值即为带权重运算后的报警阈值,为后续的实时故障诊断提供判断依据,报警阈值作为系统出厂时设置的默认值;

$$\Delta X_M = Q \cdot [\bar{X}_{M坏} - \bar{X}_{M好}] = [\Delta X_{M1}, \Delta X_{M2} \dots \Delta X_{M24}]$$

$$X_{MY} = \sqrt{\sum_{i=1}^{24} \Delta X_{Mi}^2}$$

10.如权利要求5所述的故障诊断方法,其特征在于,温度故障诊断包括以下步骤:

D1:通过安装在上、下机房,左、右扶手带,抱闸表面的温度传感器获取温度信号,分别记录为 $T_s$ 、 $T_x$ 、 $T_z$ 、 $T_y$ 、 $T_b$ ;

D2:将左、右扶手带温度 $T_z$ 、 $T_y$ 与下机房的温度 $T_x$ 作差值计算得到 $T_{z\Delta}$ 、 $T_{y\Delta}$ ;抱闸表面温度 $T_b$ 与上机房的温度 $T_s$ 作差值计算得到温度差值 $T_{b\Delta}$ ,通过将以上 $T_{z\Delta}$ 、 $T_{y\Delta}$ 、 $T_{b\Delta}$ 温度差值与相应的预设阈值对比,判定是否输出报警信号,预设阈值由左、右扶手带及抱闸的安全使用温度决定;

D3:若超标,将向上位机发送报警信息和故障数据,并将时间、通道标识、温度差值 $T_{z\Delta}$ 、

$T_{Y\Delta}$ 、 $T_{B\Delta}$ 进行存储,其中,进行标识的通道为检测到故障的温度传感器通道。

## 扶梯故障在线预警系统及故障诊断方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于扶梯健康状况管理的技术领域,具体涉及一种基于振动和温度检测的,可以实现实时在线监测的扶梯故障预警系统及故障诊断方法。

### 背景技术

[0002] 随着经济发展、科技进步和人民生活水平的日益提高,扶梯的应用日渐广泛,在人流集中的地铁、轻轨、车站、机场、码头、商场以及大厦等公共场所均大量使用扶梯来输送人员。其结构主要由梯级、驱动电机、主驱动轮、梯级链涨紧轮、扶手带、梯级导轨、上下盖板、制动器及电气部分等部件组成。作为连续运行的公共设备,扶梯一旦在上述场所的运营时间段内出现故障,导致停梯,将会造成较大的不良影响和经济损失。因此,对扶梯故障的提前预警并告知故障发生部位,以便维修人员在适当的时间点进行维修,具有重要意义。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是:提供一种实时在线检测的扶梯故障预警系统和高准确率的故障诊断方法,以期能够及早发现扶梯的故障隐患,给维修留出充裕的时间,并提升维修效率,避免重大损失的发生。

[0004] 本发明的技术方案:扶梯故障在线预警系统,其包括加速度传感器、温度传感器、采集器、上位机及连接电缆,其中,加速度传感器、温度传感器分别与采集器连接,采集器通过连接电缆连接上位机,加速度传感器分别设置在扶梯主驱动轮左右轴承、梯级链涨紧轮左右轴承、电机轴承部位以及电机安装底座上,用于实现振动监测功能。温度传感器分别设置在扶梯扶手带、上下机房和抱闸上,用于实现温度监控功能。所述采集器内集成了振动和温度信号处理单元,用于处理振动、温度传感器输入的信号,并经处理后给出是否报警的结论,若报警则向上位机发送报警信息和故障数据。

[0005] 所述的扶梯故障在线预警系统,其扶梯主驱动轮左右轴承、梯级链涨紧轮左右轴承、电机轴承部位上的加速度传感器用于滚动轴承故障状态的监测,电机安装底座上的加速度传感器用于电机安装状态的监测。

[0006] 所述的扶梯故障在线预警系统,其用于扶梯扶手带温度检测的温度传感器为非接触式红外温度传感器。

[0007] 所述的扶梯故障在线预警系统,其用于抱闸表面温度检测的温度传感器为DS18B20数字式温度传感器,该温度传感器为表贴式,与抱闸表面紧贴后用导热胶固定。

[0008] 一种基于所述扶梯故障在线预警系统的故障诊断方法,其特征在于:分别对扶梯的振动信号和温度信号进行监测,在振动信号监测方面,对扶梯轴承、电机安装底座振动信号进行数字滤波、特征提取,以获得加速度、速度、位移的时域参数,并建立特征向量,实现对轴承故障状态、电机振动状态的表征,并依据各时域参数对故障的敏感程度在特征向量中引入权重比,从而提高振动故障诊断精度;在温度监测方面,将扶手带温度和抱闸温度与机房温度做差值处理来判定是否超温,从而排除环境温度对两者温度监测的影响,实现温

度故障精确诊断。

[0009] 所述的故障诊断方法,其特征在于,振动信号的时域参数包括加速度、速度、位移三者的有效值、峰值、峰值因子、绝对平均值、方根幅值、脉冲因子、裕度因子、波形因子。

[0010] 所述的故障诊断方法,其特征在于,振动故障诊断方面构建了训练模式和工作模式,当系统开启训练模式时,汇总学习周期内各种工况下的正常轴承/电机和各种故障模式下的故障轴承/电机的振动特征向量,并发送数据库保存;当系统开启工作模式时,实时采集、提取被测扶梯轴承/电机的振动特征向量,结合训练模式下获取的数据,综合运算后与设置阈值进行比较来判断轴承是否故障以及电机安装是否到位。

[0011] 所述的故障诊断方法,其振动故障诊断包括如下步骤:

[0012] S1:通过安装在轴承附近/电机底座的加速度传感器获取原始振动信号;

[0013] S2:利用小波变换算法、互相关函数对振动信号进行数字滤波、特征提取及运算,以获得加速度、速度、位移的时域参数:有效值 $X_{RMS}$ 、峰值 $X_{PEAK}$ 、峰值因子 $C$ 、绝对平均值 $X_{av}$ 、方根幅值 $X_{rms}$ 、脉冲因子 $I$ 、裕度因子 $L$ 、波形因子 $S$ ;

[0014] S3:将上述参数构建成监测向量,例如可得到加速度监测向量: $X_{MA} = [X_{RMS}, X_{PEAK}, C, X_{av}, X_{rms}, I, L, S]$ ,同理可得到速度监测向量 $X_{MV}$ 和位移监测向量 $X_{MD}$ ,加速度、速度、位移三者的监测向量构成表征整个系统振动监测的复合特征向量: $X_M = [X_{MA}, X_{MV}, X_{MD}]$ ;

[0015] S4:将实时监测复合特征向量 $X_M$ 与正常状态平均复合特征向量 $\bar{X}_{M好}$ 作差得到差向量后与权重向量 $Q$ 进行数量积,即 $Q \cdot [X_M - \bar{X}_{M好}]$ ,最后作取模运算得到反应总体振动状况的实时监测参数 $X_{MS}$ ;

[0016] S5:将实时监测参数 $X_{MS}$ 与报警阈值 $X_{MY}$ 进行对比,判定 $X_{MS}$ 是否超出报警阈值,若连续超标 $m$ 次,则认定轴承故障/电机安装异常,向上位机发出报警信息和故障数据;

[0017] S6:发出报警后,系统还将时间、通道标识、故障原始数据及计算后的实时监测复合特征向量 $X_M$ 和参数 $X_{MS}$ 进行存储。其中,进行标识的通道为检测到故障的加速度传感器通道。

[0018] 所述的故障诊断方法,其步骤S4所述的正常状态平均复合特征向量 $\bar{X}_{M好}$ 、权重向量 $Q$ 及后续对比判定用的报警阈值 $X_{MY}$ 通过以下阶段得到:

[0019] S41:在训练模式下,通过 $N$ 次训练,系统汇总学习周期内各种工况下的正常轴承/电机和各种故障模式下的故障轴承/电机的复合振动特征向量 $X_{M好}$ 和 $X_{M坏}$ ,并发送数据库保存,同时将 $N$ 次训练得到的 $N$ 组 $X_{M好}$ 和 $X_{M坏}$ ,分别取平均得到 $\bar{X}_{M好}$ 和 $\bar{X}_{M坏}$ ;

[0020] S42:权重向量 $Q$ 可由下式得到,式中 $C_0$ 为权重向量整体调整常数; $C_1 \sim C_{24}$ 为加速度、速度、位移的某一时域参数的权重比例调整系数,式中 $\bar{X}_{M1坏} \dots \bar{X}_{M24坏}$ 代表 $\bar{X}_{M坏}$  24个元素中的某一元素,即加速度、速度、位移的某一时域参数平均值, $\bar{X}_{M1好} \dots \bar{X}_{M24好}$ 同理;

$$\begin{aligned}
 Q &= C_0 \cdot [C_1 \dots C_{24}] \cdot \left[ \frac{\bar{X}_{M好}}{\bar{X}_{M坏}} \right] \\
 &= C_0 \cdot [C_1 \dots C_{24}] \cdot \left[ \frac{\bar{X}_{M1好}}{\bar{X}_{M1坏}} \frac{\bar{X}_{M2好}}{\bar{X}_{M2坏}} \dots \frac{\bar{X}_{M24好}}{\bar{X}_{M24坏}} \right]
 \end{aligned}$$

[0021]

[0022] S43:报警阈值 $X_{MY}$ 由下式 $\Delta X_M$ 取模得到,由此计算所得的报警阈值即为带权重运算后的报警阈值,为后续的实时故障诊断提供判断依据,报警阈值作为系统出厂时设置的默

认值；

$$[0023] \quad \Delta X_M = Q \cdot [\bar{X}_{M\text{坏}} - \bar{X}_{M\text{好}}] = [\Delta X_{M1}, \Delta X_{M2}, \dots, \Delta X_{M24}]$$

$$[0024] \quad X_{MY} = \sqrt{\sum_{i=1}^{24} \Delta X_{Mi}^2}$$

[0025] 所述的故障诊断方法,其特征在于,温度故障诊断包括以下步骤:

[0026] D1:通过安装在上、下机房,左、右扶手带,抱闸表面的温度传感器获取温度信号,分别记录为 $T_S$ 、 $T_X$ 、 $T_Z$ 、 $T_Y$ 、 $T_B$ ;

[0027] D2:将左、右扶手带温度 $T_Z$ 、 $T_Y$ 与下机房的温度 $T_X$ 作差值计算得到 $T_{Z\Delta}$ 、 $T_{Y\Delta}$ ;抱闸表面温度 $T_B$ 与上机房的温度 $T_S$ 作差值计算得到温度差值 $T_{B\Delta}$ ,通过将以上 $T_{Z\Delta}$ 、 $T_{Y\Delta}$ 、 $T_{B\Delta}$ 温度差值与相应的预设阈值对比,判定是否输出报警信号,预设阈值由左、右扶手带及抱闸的安全使用温度决定;

[0028] D3:若超标,将向上位机发送报警信息和故障数据,并将时间、通道标识、温度差值 $T_{Z\Delta}$ 、 $T_{Y\Delta}$ 、 $T_{B\Delta}$ 进行存储,其中,进行标识的通道为检测到故障的温度传感器通道。

[0029] 本发明的技术效果:扶梯故障在线预警系统实时性强,对故障诊断准确、可靠,能够及早发现扶梯的故障隐患,给维修留出充裕的时间,并提升维修效率,避免重大损失的发生,具有良好的工程应用价值。该系统在振动故障检测方面,通过综合运用多个时域参数所构成的、带权重比的特征向量来提升诊断的全面性,实现了诊断精度的突破。在智能判别算法上,利用系统训练模式和工作模式下所得到的信息差异性来判定轴承/电机安装的状态属性,相比于目前大量使用BP神经网络分析,降低了算法复杂度,有利于编程实现。在温度检测方面,通过消除环境温度对扶手带、抱闸温度检测的影响,使监测更加合理、准确。

## 附图说明

[0030] 图1是本发明扶梯故障在线预警系统的结构示意图;

[0031] 图2是本发明振动故障诊断逻辑示意图;

[0032] 图3是本发明振动监测训练逻辑示意图;

[0033] 图4是本发明温度故障诊断逻辑示意图。

## 具体实施方式

[0034] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明作进一步地详细描述。显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0035] 本发明实施例提供了一种扶梯故障预警装置,该装置由加速度传感器、红外温度传感器、DS18B20数字式温度传感器、采集器和连接电缆等组成,其系统交联关系如图1所示,加速度传感器、温度传感器分别与采集器连接,采集器通过连接电缆连接上位机。所有振动、温度传感器采集的原始信号进入采集器进行处理分析后给出是否报警的结论。若报警,则采集器通过通讯接口和连接电缆直接向上位机发送报警信息和故障数据。

[0036] 六支电压输出型压电式加速度传感器分别用于扶梯主驱动轮左右轴承、梯级链涨

紧轮左右轴承、电机轴承部位的故障状态以及电机底座安装状态的监测。加速度传感器的灵敏度为100mV/g,测量频率范围为1Hz~10kHz。

[0037] 由于左、右扶手带始终处于运动状态,因此采用非接触式红外温度传感器进行测量。考虑扶手带背面与摩擦轮接触摩擦后温度要高于正面,因此将红外温度传感器探头正对扶手带背面设置。上、下机房温度低于50℃,抱闸表面温度低于120℃,所以采用DS18B20数字式温度传感器进行监测。其中用于抱闸表面温度检测的温度传感器封装形式为表贴式,与抱闸表面紧贴后用导热胶固定,以提高温度传感器的敏感性和准确性。

[0038] 采集器内部集成了振动和温度信号采集、处理单元,对信号的采集、处理、计算、存储能力强。其中对振动原始信号的采样频率高达40kHz,完全满足对振动信号进行时域处理时的采样要求;配置的32M闪存能够满足采集器在两年时间内对实时检测处理结果和故障原始数据的存储要求。

[0039] 基于上述装置及设置,本发明所述的扶梯故障预警方法,包括振动故障诊断方法和温度故障诊断方法。

[0040] 振动故障诊断方法包括以下步骤,其逻辑如图2所示:

[0041] S1:通过安装在轴承附近/电机底座的加速度传感器获取原始振动信号。

[0042] S2:采集器内振动信号处理单元利用小波变换算法、互相关函数对振动信号进行数字滤波、特征提取及运算,以获得加速度、速度、位移的时域参数:有效值 $X_{RMS}$ 、峰值 $X_{PEAK}$ 、峰值因子 $C$ 、绝对平均值 $X_{av}$ 、方根幅值 $X_{rms}$ 、脉冲因子 $I$ 、裕度因子 $L$ 、波形因子 $S$ 。

[0043] S3:将上述参数构建成监测向量,例如可得到加速度监测向量: $X_{MA} = [X_{RMS}, X_{PEAK}, C, X_{av}, X_{rms}, I, L, S]$ ,同理可得到速度监测向量 $X_{MV}$ 和位移监测向量 $X_{MD}$ 。加速度、速度、位移三者的监测向量又可构成表征整个系统振动监测的复合特征向量: $X_M = [X_{MA}, X_{MV}, X_{MD}]$ ,该向量为含有24个元素的一维向量。

[0044] 复合特征向量包含的振动状态信息丰富,较为全面地刻画了振动信号的微弱变化在时域幅值上的差异。

[0045] 若复合特征向量 $X_M$ 是在系统开启工作模式下得到的,则为实时监测复合特征向量;若是在系统开启训练模式,且训练对象为正常轴承/电机安装状态良好时得到的,则为正常状态复合特征向量 $X_{M好}$ ;若是在系统开启训练模式,且训练对象为故障轴承/电机安装螺母松动时得到的,则为故障状态复合特征向量 $X_{M坏}$ 。

[0046] S4:将实时监测复合特征向量 $X_M$ 与正常状态平均复合特征向量 $\bar{X}_{M好}$ 作差得到差向量后与权重向量 $Q$ 进行数量积,即 $Q \cdot [X_M - \bar{X}_{M好}]$ ,最后作取模运算得到反应总体振动状况的实时监测参数 $X_{MS}$ 。

[0047] 本步骤所述的正常状态平均复合特征向量 $\bar{X}_{M好}$ 、权重向量 $Q$ 及后续对比判定用的报警阈值 $X_{MY}$ 通过以下阶段得到:

[0048] S41:在训练模式下,通过 $N$ 次训练,系统可以汇总学习周期内各种工况下(如)的正常轴承和各种故障模式下(如)的故障轴承的复合特征向量 $X_{M好}$ 和 $X_{M坏}$ ,并发送数据库保存。同时将 $N$ 次训练得到的 $N$ 组 $X_{M好}$ 和 $X_{M坏}$ ,分别取平均得到 $\bar{X}_{M好}$ 和 $\bar{X}_{M坏}$ 。

[0049] 通过训练模式得到上述 $\bar{X}_{M好}$ 和 $\bar{X}_{M坏}$ 后,还可利用其进行进一步的分析计算以获取权重向量 $Q$ 和报警阈值,整个训练逻辑如图3所示。权重向量 $Q$ 主要用于体现时域特征参数对



故障的敏感性,前述八个时域参数对故障的敏感程度各不相同。引入权重向量Q可以突出脉冲因子I、裕度因子L等主要敏感参数对系统故障判断决策的贡献,同时避免次敏感因素如峰值等削弱复合特征向量对振动状态的表征性。报警阈值主要为后续的实时故障诊断提供判断依据,可作为系统出厂时设置的默认值。当然后续用户也可自行对其设置,本系统为用户提供了修改窗口。

[0050] S42:权重向量Q可由下式得到,式中 $C_0$ 为权重向量整体调整常数; $C_1 \sim C_{24}$ 为加速度、速度、位移的某一时域参数的权重比例调整系数。以上常数可根据工程经验或参考相关的国内外设备振动状况评价标准进行微调,最终获得科学、合理的权重向量。式中 $\bar{X}_{M1坏} \dots \bar{X}_{M24坏}$ 代表 $\bar{X}_{M坏}$  24个元素中的某一元素,即加速度、速度、位移的某一时域参数平均值, $\bar{X}_{M1好} \dots \bar{X}_{M24好}$ 同理。两者的比值可以反应出某一时域参数对故障的敏感性,比值越大,敏感性越高。

$$[0051] \quad Q = C_0 \cdot [C_1 \dots C_{24}] \cdot \left[ \frac{\bar{X}_{M坏}}{\bar{X}_{M好}} \right]$$

$$= C_0 \cdot [C_1 \dots C_{24}] \cdot \left[ \frac{\bar{X}_{M1坏}}{\bar{X}_{M1好}}, \frac{\bar{X}_{M2坏}}{\bar{X}_{M2好}}, \dots, \frac{\bar{X}_{M24坏}}{\bar{X}_{M24好}} \right]$$

[0052] S43:报警阈值 $X_{MY}$ 可由下式 $\Delta X_M$ 取模得到,由此计算所得的报警阈值即为带权重运算后的报警阈值,可以为后续的实时故障诊断提供判断依据。

$$[0053] \quad \Delta X_M = Q \cdot [\bar{X}_{M坏} - \bar{X}_{M好}] = [\Delta X_{M1}, \Delta X_{M2}, \dots, \Delta X_{M24}]$$

$$[0054] \quad X_{MY} = \sqrt{\sum_{i=1}^{24} \Delta X_{Mi}^2}$$

[0055] S5:将实时监测参数 $X_{MS}$ 与报警阈值 $X_{MY}$ 进行对比,判定 $X_{MS}$ 是否超出报警阈值,若连续超标m次,则可排除突发性的振动异常状况,从而认定轴承故障/电机安装异常,向上位机发出报警信息和故障数据,提高了诊断准确率,尽量避免系统误报。

[0056] S6:发出报警后,系统还将时间、通道标识(检测到故障的振动传感器通道)、故障原始数据及计算后的实时监测复合特征向量 $X_M$ 、实时监测参数 $X_{MS}$ 进行存储。

[0057] 温度故障诊断方法包括以下步骤,其逻辑如图4所示:

[0058] D1:通过安装在上、下机房,左、右扶手带,抱闸表面的温度传感器获取温度信号,分别记录为 $T_S$ 、 $T_X$ 、 $T_Z$ 、 $T_Y$ 、 $T_B$ 。

[0059] D2:将左、右扶手带温度 $T_Z$ 、 $T_Y$ 与下机房的温度 $T_X$ 作差值计算得到 $T_{Z\Delta}$ 、 $T_{Y\Delta}$ ;抱闸表面温度 $T_B$ 与上机房的温度 $T_S$ 作差值计算得到温度差值 $T_{B\Delta}$ 。通过将以上差值与相应的预设阈值对比,判定是否输出报警信号。预设阈值由左、右扶手带及抱闸的安全使用温度决定。

[0060] D3:若超标,将向上位机发送报警信息和故障数据,并将时间、通道标识(检测到故障的温度传感器通道)、温度差值 $T_{Z\Delta}$ 、 $T_{Y\Delta}$ 、 $T_{B\Delta}$ 进行存储。

[0061] 因此,在温度检测方面,不仅仅单纯地采集扶手带温度和抱闸温度,而是将两者的温度与机房温度做差值处理来判定是否超温,从而排除环境温度对两者温度监测的影响,提高了温度故障诊断的精度。

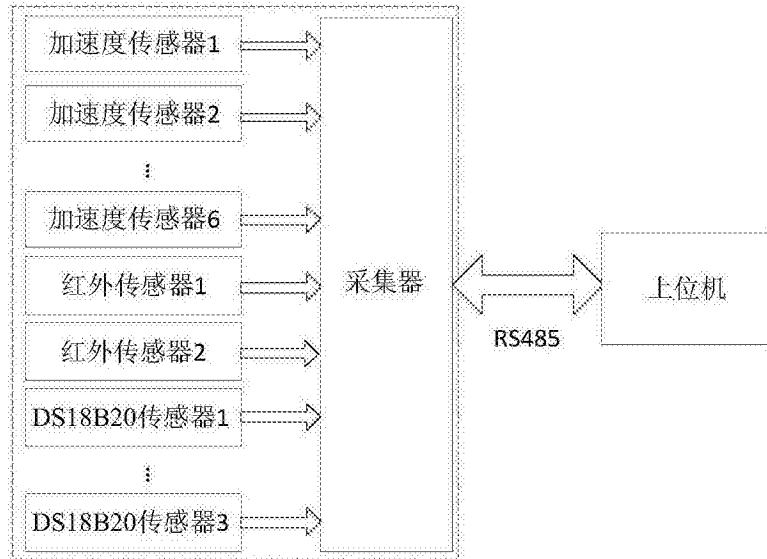


图1

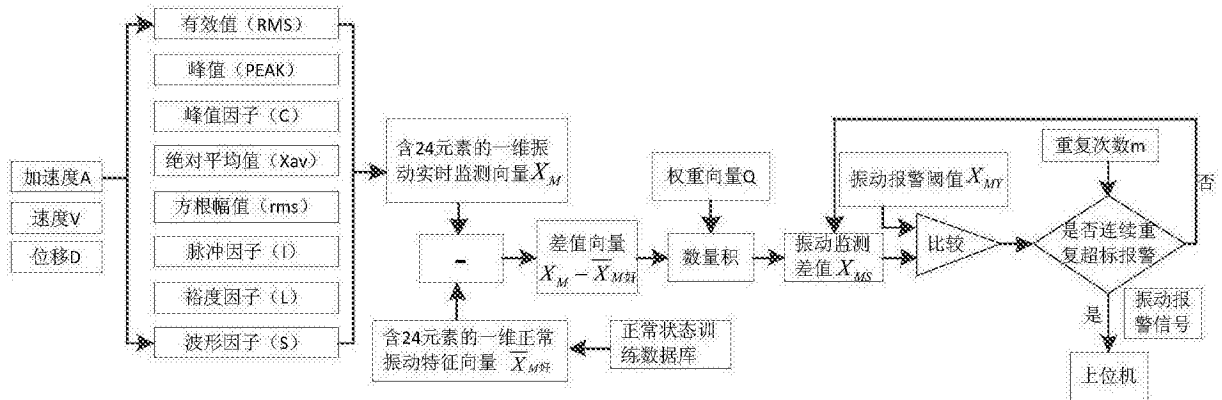


图2

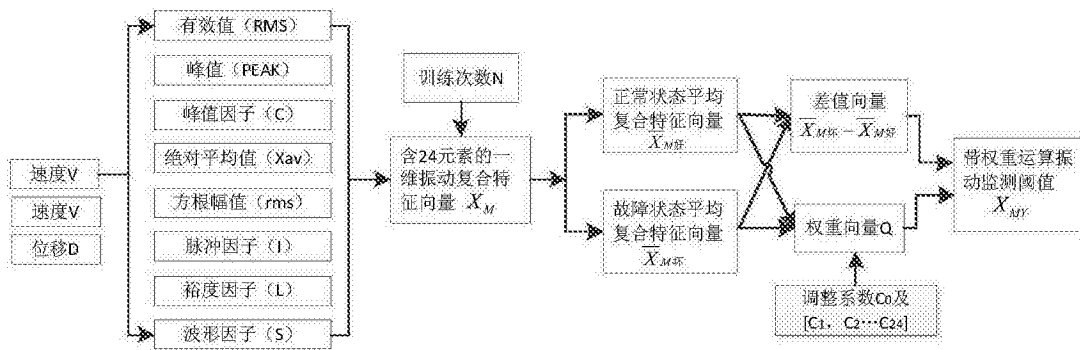


图3

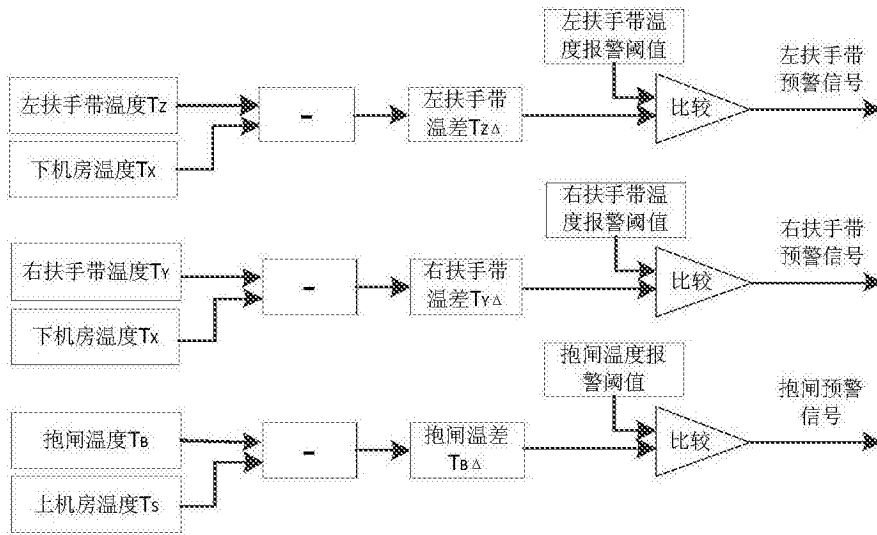


图4