



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103134676 B

(45)授权公告日 2016.10.05

(21)申请号 201110388701.3

审查员 徐欣歌

(22)申请日 2011.11.30

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103134676 A

(43)申请公布日 2013.06.05

(73)专利权人 上海宝钢工业检测公司

地址 201900 上海市宝山区湄浦路335号

(72)发明人 蔡正国

(74)专利代理机构 上海天协和诚知识产权代理

事务所 31216

代理人 张恒康

(51)Int.Cl.

G01M 13/02(2006.01)

G01M 13/04(2006.01)

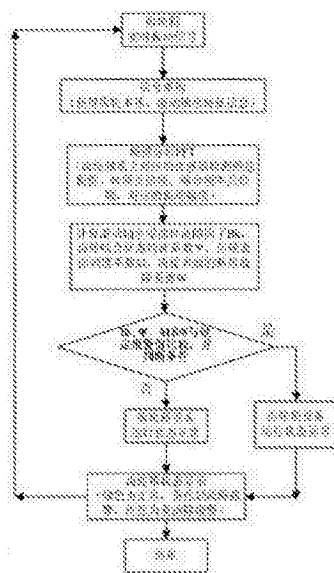
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

齿轮箱运行状态的在线监测预警方法

(57)摘要

本发明一种齿轮箱设备运行状态的在线监测预警方法,包括齿轮箱、滚动轴承和设置于轴承座上用于监测滚动轴承振动信号的振动传感器,所述方法包括:采集振动传感器的信号并进行信号重构;对齿轮轴系上对应的传感器检测的总振值、转频及倍频、啮合频率及倍频、对应的振动幅值进行频谱分析;计算滚动轴承零部件故障因子、齿轮表面剥落系数和齿轮表面的断齿故障系数并分别和预设报警值比较,若超过预设值齿轮箱运行状态异常,若否则不正常,并将结果显示出来供检修人员参考。本发明开发应用多参数特征进行齿轮故障判断和定位的在线监测预警方法,以保证齿轮箱设备的正常运行。



1.一种齿轮箱设备运行状态的在线监测方法,包括齿轮箱、滚动轴承和设置于轴承座上用于监测滚动轴承振动信号的振动传感器,其特征在于,所述方法包括如下步骤:

步骤一、采集所述振动传感器输出信号 Y_i ,对 Y_i 作频谱分析,并通过信号重构获得齿轮本体、滚动轴承特征信息,提取齿轮轴系上对应的传感器检测的总振值、转频及倍频、啮合频率及倍频、对应的振动幅值;

步骤二、所述滚动轴承各部件的冲击速率和振动频谱的关系为:

$$\text{轴承外圈振动频谱: } f_o = n f_r (1 - d \cos \alpha / D) / 2 \quad (1)$$

$$\text{轴承内圈振动频谱: } f_i = n f_r (1 + d \cos \alpha / D) / 2 \quad (2)$$

$$\text{轴承滚动体振动频谱: } f_p = f_r (D/d) \{1 - [d(\cos \alpha) / D]^2\} / 2 \quad (3)$$

$$\text{轴承保持架振动频谱: } f_k = \{f_i [1 - d(\cos \alpha) / D] \pm f_o [1 + d(\cos \alpha) / D]\} / 2 \quad (4)$$

式中: n 为滚动体数、 f_r 为内外圈相对转速频率、 d 为滚动体直径、 D 为节圆直径、 α 为接触角;

步骤三、设定轴承故障因子,轴承内圈故障因子 B_1 、轴承外圈故障因子 B_2 、轴承滚动体故障因子 B_3 、轴承保持架故障因子 B_4 ,则轴承各部件故障因子与振动频谱间的关系为:

$$B_1 = (A_{f_i} + 1 / A_{f_i} + U_{f_i} + 1 / U_{f_i}) / 4 \quad (5)$$

$$B_2 = (A_{f_o} + 1 / A_{f_o} + U_{f_o} + 1 / U_{f_o}) / 4 \quad (6)$$

$$B_3 = (A_{f_p} + 1 / A_{f_p} + U_{f_p} + 1 / U_{f_p}) / 4 \quad (7)$$

$$B_4 = (A_{f_k} + 1 / A_{f_k} + U_{f_k} + 1 / U_{f_k}) / 4 \quad (8)$$

式中 A_{f_i} , U_{f_i} 分别为轴承内圈振动频谱 f_i 处的振动幅值和 f_i 在正负20%范围内振动值的加权平均, A_{f_o} , U_{f_o} 分别为轴承外圈振动频谱 f_o 处的振动幅值和 f_o 在正负20%范围内振动值的加权平均, A_{f_p} , U_{f_p} 为轴承滚动体振动频谱 f_p 处的振动幅值和 f_p 在正负20%范围内振动值的加权平均, A_{f_k} , U_{f_k} 为轴承保持架振动频谱 f_k 处的振动幅值和 f_k 在正负20%范围内振动值的加权平均;

步骤四、设定轴承内圈、外圈、滚动体和保持架故障因子的报警值分别为 B_{s1} 、 B_{s2} 、 B_{s3} 和 B_{s4} ,监测步骤三中轴承故障因子 B_1 、 B_2 、 B_3 和 B_4 ,当 B_1 、 B_2 、 B_3 和 B_4 分别大于 B_{s1} 、 B_{s2} 、 B_{s3} 和 B_{s4} 时,在线监测系统预报轴承异常;

步骤五、对于经步骤一采集的振动传感器的输出信号 Y_i ,将 Y_i 经振动频谱分析FFT变换分别取得传感器总振动值为 P ,齿轮1倍啮合频率、2倍啮合频率、3倍啮合频率和4倍啮合频率处的振动幅值分量 $X_i(t)$, i 取1、2、3和4,则齿轮啮合状态特征系数 Ψ 为:

$$\Psi = \left(\sum_{k=1}^4 X_i(t) \right) / P \quad (9)$$

当 $30\% < \Psi < 50\%$ 时,在线监测系统预报齿轮啮合状态不良;

步骤六、以齿轮的振动频谱作为依据,频谱总振值、啮合频率处的振动值及其边带、转速频率及倍频作为建立齿轮表面剥落系数的基础;

设 S 为标准样本, T 为待检样本, i 表示样本中的特征参数, T 与 S 的匹配度 $M(S, T)$ 用式

(10)表示,M越小说明T与S越相近,M越大说明T与S差异越明显;

$$M(S,T) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N \left[\frac{S(i)}{T(i)} + \frac{T(i)}{S(i)} \right] - 1 \quad (10)$$

采用多参数指标作为评价齿轮齿面剥落的判据,综合齿轮啮合频率处的振动值、总振动值、以啮合频率为中心一定频段内的谱线参数建立齿轮表面剥落系数M,反映齿轮齿面的剥落情况;

齿轮表面剥落系数M由S(i)和T(i)计算得到,其中标准样本S(1)=1, S(2)=1,S(3)=1,S(4)=1; T(1)、T(2)、T(3)和T(4)待检样本的四个特征参数,分别为齿轮振动信号频谱RMS的总振动值、齿轮啮合频率处的最大值、以及中心频率为啮合频率一定频段宽度内($f_z \pm \varepsilon f_z$)的振动平均值, f_z 为齿轮啮合频率, ε 为频段上下限离啮合频率的百分比宽度;

齿轮表面剥落系数M简化为公式(11),

$$M = \frac{1}{8} \left[\left(\frac{1}{T(1)} + T(1) \right) + \left(\frac{1}{T(2)} + T(2) \right) + \left(\frac{1}{T(3)} + T(3) \right) + \left(\frac{1}{T(4)} + T(4) \right) \right] - 1 \quad (11)$$

M的一级报警值(轻故障报警限)设置为5.0,二级报警值(重故障报警限)设为10.0;

当 $M < 5.0$ 时,在线监测系统预报齿面状态正常;当 $5.0 \leq M < 10.0$ 时,在线监测系统预报齿轮表面出现剥落轻故障;当 $M \geq 10.0$ 时,在线监测系统预报齿轮表面出现剥落重故障;

步骤七、获取齿轮箱轴承的振动频谱,确定齿轮的啮合频率 f_z 、边带频率 f_s 以及对应的振动值,其中 A_{f_z} , A_{f_s} 分别表示齿轮啮合频率对应振动频谱图上 f_z 处的振动幅值和边带频率 f_s 在振动频谱图上的振动值,设齿轮表面的断齿故障系数为W

$$\text{则 } W = A_{f_s} / A_{f_z} \quad (12)$$

当 $w > 50\%$ 时,在线监测系统预报齿轮表面断齿。

齿轮箱运行状态的在线监测预警方法

技术领域

[0001] 本发明涉及齿轮箱,尤其涉及一种齿轮箱运行状态的监测方法。

背景技术

[0002] 齿轮由于设计、制造误差、装配不当或不适当的使用等原因,在齿轮运行过程中会随着时间的推移使得齿轮的运行状态发生变化,在很多情况下齿轮故障是导致设备故障的主要原因,因此齿轮箱设备运行状态的在线监测与诊断具有重要意义。

[0003] 目前,对齿轮状态的把握主要采用离线诊断和在线诊断,离线诊断一般在现场完成信息采集,数据处理和分析诊断工作可带会办公室或实验室进行。离线诊断对设备责任方来讲,得到的信息及时性不能保证,采用上述方法无法及时准确地监测齿轮箱的运行状态。齿轮的振动诊断以频谱作为依据,频谱总振值、啮合频率处的振动值及其边带、转速频率及倍频等是精密诊断必须研判的内容,其中单一参数只能表征某个方面的实际意义。

发明内容

[0004] 本发明旨在解决上述缺陷,提供一种齿轮箱运行状态的在线监测预警方法。本发明开发应用多参数特征进行齿轮故障判断和定位的在线监测预警方法,以保证齿轮箱设备的正常运行。

[0005] 为解决上述问题,本发明一种齿轮箱设备运行状态的在线监测方法,包括齿轮箱、滚动轴承和设置于轴承座上用于监测滚动轴承振动信号的振动传感器,所述方法包括如下步骤:

[0006] 步骤一、采集所述振动传感器输出信号 Y_i ,对 Y_i 作频谱分析,并通过信号重构获得齿轮本体、滚动轴承特征信息,提取齿轮轴系上对应的传感器检测的总振值、转频及倍频、啮合频率及倍频、对应的振动幅值;

[0007] 步骤二、所述滚动轴承各部件的冲击速率和振动频谱的关系为:

$$[0008] \text{ 轴承外圈振动频谱: } f_0 = n f_r (1 - d \cos \alpha / D) / 2 \quad (1)$$

$$[0009] \text{ 轴承内圈振动频谱: } f_i = n f_r (1 + d \cos \alpha / D) / 2 \quad (2)$$

$$[0010] \text{ 轴承滚动体振动频谱: } f_p = f_r (D/d) \{1 - [d(\cos \alpha) / D]^2\} / 2 \quad (3)$$

$$[0011] \text{ 轴承保持架振动频谱: } f_h = \{f_i [1 - d(\cos \alpha) / D] \pm f_0 [1 + d(\cos \alpha) / D]\} / 2 \quad (4)$$

[0012] 式中: n 为滚动体数、 f_r 为内外圈相对转速频率、 d 为滚动体直径、 D 为节圆直径、 α 为接触角;

[0013] 步骤三、设定轴承故障因子,轴承内圈故障因子 B_1 、轴承外圈故障因子 B_2 、轴承滚动体故障因子 B_3 、轴承保持架故障因子 B_4 ,则轴承各部件故障因子与振动频谱间的关系为:

$$[0014] B_1 = (A_{f_i} + 1 / A_{f_i} + U_{f_i} + 1 / U_{f_i}) / 4 \quad (5)$$

$$[0015] B_2 = (A_{f_0} + 1 / A_{f_0} + U_{f_0} + 1 / U_{f_0}) / 4 \quad (6)$$

$$[0016] B_3 = (A_{f_p} + 1 / A_{f_p} + U_{f_p} + 1 / U_{f_p}) / 4 \quad (7)$$

$$[0017] B_4 = (A_{f_h} + 1 / A_{f_h} + U_{f_h} + 1 / U_{f_h}) / 4 \quad (8)$$

[0018] 式中 A_{fi} , U_{fi} 分别为轴承内圈振动频谱 f_i 处的振动幅值和 f_i 在正负20%范围内振动值的加权平均, A_{fo} , U_{fo} 分别为轴承外圈振动频谱 f_o 处的振动幅值和 f_o 在正负20%范围内振动值的加权平均, A_{fp} , U_{fp} 为轴承滚动体振动频谱 f_p 处的振动幅值和 f_p 在正负20%范围内振动值的加权平均, A_{fh} , U_{fh} 为轴承保持架振动频谱 f_h 处的振动幅值和 f_h 在正负20%范围内振动值的加权平均;

[0019] 步骤四、设定轴承内圈、外圈、滚动体和保持架故障因子的报警值分别为 B_{s1} 、 B_{s2} 、 B_{s3} 和 B_{s4} , 监测步骤三中轴承故障因子 B_1 、 B_2 、 B_3 和 B_4 , 当 B_1 、 B_2 、 B_3 和 B_4 分别大于 B_{s1} 、 B_{s2} 、 B_{s3} 和 B_{s4} 时, 在线监测系统预报轴承异常;

[0020] 步骤五、对于经步骤一采集的振动传感器的输出信号 Y_i , 将 Y_i 经振动频谱分析FFT变换分别取得传感器总振动值为 P , 齿轮1倍啮合频率、2倍啮合频率、3倍啮合频率和4倍啮合频率处的振动幅值分量 $X_i(t)$, i 取1、2、3和4, 则齿轮啮合状态特征系数 Ψ 为:

$$[0021] \quad \Psi = \left(\sum_{k=1}^4 X_i(t) \right) / P \quad (9)$$

[0022] 当 $30\% < \Psi < 50\%$ 时, 在线监测系统预报齿轮啮合状态不良;

[0023] 步骤六、以齿轮的振动频谱作为依据, 频谱总振值、啮合频率处的振动值及其边带、转速频率及倍频作为建立齿轮表面剥落系数的基础;

[0024] 设 S 为标准样本, T 为待检样本, i 表示样本中的特征参数, T 与 S 的匹配度 $M(S, T)$ 用式(10)表示, M 越小说明 T 与 S 越相近, M 越大说明 T 与 S 差异越明显。

$$[0025] \quad M(S, T) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N \left[\frac{S(i)}{T(i)} + \frac{T(i)}{S(i)} \right] - 1 \quad (10)$$

[0026] 采用多参数指标作为评价齿轮齿面剥落的判据, 综合齿轮啮合频率处的振动值、总振动值、以啮合频率为中心一定频段内的谱线参数建立齿轮表面剥落系数 M , 反映齿轮齿面的剥落情况;

[0027] 齿轮表面剥落系数 M 由 $S(i)$ 和 $T(i)$ 计算得到, 其中标准样本 $S(1)=1$, $S(2)=1$, $S(3)=1$, $S(4)=1$; $T(1)$ 、 $T(2)$ 、 $T(3)$ 和 $T(4)$ 待检样本的四个特征参数, 分别为齿轮振动信号频谱RMS的总振动值、齿轮啮合频率处的最大值、以及中心频率为啮合频率一定频段宽度内($f_z \pm \varepsilon f_z$)的振动平均值, f_z 为齿轮啮合频率, ε 为频段上下限离啮合频率的百分比宽度;

[0028] 齿轮表面剥落系数 M 简化为公式(11),

$$[0029] \quad M = \frac{1}{8} \left[\left(\frac{1}{T(1)} + T(1) \right) + \left(\frac{1}{T(2)} + T(2) \right) + \left(\frac{1}{T(3)} + T(3) \right) + \left(\frac{1}{T(4)} + T(4) \right) \right] - 1 \quad (11)$$

[0030] M 的一级报警值(轻故障报警限)设置为5.0, 二级报警值(重故障报警限)设为10.0;

[0031] 当 $M < 5.0$ 时, 在线监测系统预报齿面状态正常; 当 $5.0 \leq M < 10.0$ 时, 在线监测系统预报齿轮表面出现剥落轻故障; 当 $M \geq 10.0$ 时, 在线监测系统预报齿轮表面出现剥落重故障;

[0032] 步骤七、获取齿轮箱轴承的振动频谱, 确定齿轮的啮合频率 f_z 、边带频率 f_s 以及对应的振动值, 其中 A_{fz} , A_{fs} 分别表示齿轮啮合频率对应振动频谱图上 f_z 处的振动幅值和边带频率 f_s 在振动频谱图上的振动值, 设齿轮表面的断齿故障系数为 w

$$[0033] \quad \text{则 } w = A_{fs} / A_{fz} \quad (12)$$

[0034] 当 $w > 50\%$ 时, 在线监测系统预报齿轮表面断齿。

[0035] 本发明的核心在于提出了一种齿轮箱设备运行状态的方法,通过振动传感器采集齿轮箱滚动轴承的振动信号,并对振动信息进行信号重构以获取齿轮本体和轴承振动的故障特征,采用分类指标监视齿轮和滚动轴承运行状态的劣化趋势,指导操作和设备管理人员采取应对措施,避免因轴承和齿轮本体故障导致的设备非计划停机,支撑设备的正常生产。齿轮箱的失效形式主要表现为滚动轴承故障、齿轮齿面啮合不良、齿轮齿面剥落、齿轮表面的断齿故障等。

[0036] 滚动轴承故障表现为在不寻常振动级值时常常有冲击,冲击速率和轴承各被损部件参数间存有一定的关系;

[0037] 针对齿轮本体的齿面啮合状态不良、齿面剥落、齿轮表面的断齿等故障形式,在振动频谱图上对应于啮合频率级啮合频率倍频处对应的振动幅值成份突出。齿轮啮合状态不良表现为齿轮啮合频率及啮合频率倍频处的振动幅值与总振值存在一定关系;齿轮表面剥落表现为啮合频率及啮合频率倍频一定范围内的振动累加与啮合频率对应的振动值存在相关性;齿轮断齿故障在频谱图上表现为啮合频率中心频率的振动幅值与啮合频率的边带频率对应的振动幅值存在比例关系。

[0038] 由于采用了上述技术方案,即利用振动传感器采集齿轮箱滚动轴承的振动信号,并对该振动信号作信号重构以获取齿轮本体和轴承振动的特征信号,包括滚动轴承各部件的振动频谱、齿轮啮合频率(1倍啮合频率、2倍啮合频率、3倍啮合频率及4倍啮合频率)以及齿轮轴系的转动频率;计算轴承各部件的故障因子并与设定值比较,以此判断轴承故障;计算齿轮传动轴的总振动值并与该轴系上齿轮啮合频率1倍频、2倍啮合频率至4倍频处转动频率的振动幅值分量比较,以此判断齿轮啮合状态异常;对原始振动信号构建振动波形集合,得到齿轮表面剥落系数,该值大于报警值时,得出齿轮表面剥落的结论;通过啮合频率边带频率处的振动幅值与啮合频率处的振动值的比较,判断齿轮表面的断齿故障;本方法可实时监测齿轮箱本体和轴承的运行状态,及时发现典型故障,保证了齿轮箱设备的正常运行。

附图说明

[0039] 下面结合附图和实施方式对本发明作进一步的详细说明:

[0040] 图1为本发明齿轮箱设备运行状态在线监测方法的框图。

具体实施方式

[0041] 本发明齿轮箱设备运行状态的在线监测方法,包括齿轮箱、滚动轴承和设置于轴承座上用于监测滚动轴承振动信号的振动传感器,如图1所示,所述方法包括如下步骤:

[0042] 步骤一、采集所述振动传感器输出信号 Y_i ,对 Y_i 作频谱分析,并通过信号重构获得齿轮本体、滚动轴承特征信息,提取齿轮轴系上对应的传感器检测的总振值、转频及倍频、啮合频率及倍频、对应的振动幅值;

[0043] 步骤二、所述滚动轴承各部件的冲击速率和振动频谱的关系为:

[0044] 轴承外圈振动频谱: $f_0 = n f_r (1 - d \cos \alpha / D) / 2$ (1)

[0045] 轴承内圈振动频谱: $f_i = n f_r (1 + d \cos \alpha / D) / 2$ (2)

[0046] 轴承滚动体振动频谱: $f_p = f_r (D / d) \{1 - [d (\cos \alpha) / D]^2\} / 2$ (3)

[0047] 轴承保持架振动频谱： $f_h = \{f_i[1-d(\cos\alpha)/D] \pm f_o[1+d(\cos\alpha)/D]\}/2$ (4)

[0048] 式中： n 为滚动体数、 f_r 为内外圈相对转速频率、 d 为滚动体直径、 D 为节圆直径、 α 为接触角；

[0049] 步骤三、设定轴承故障因子，轴承内圈故障因子 B_1 、轴承外圈故障因子 B_2 、轴承滚动体故障因子 B_3 、轴承保持架故障因子 B_4 ，则轴承各部件故障因子与振动频谱间的关系为：

$$[0050] \quad B_1 = (A_{fi}+1/A_{fi}+U_{fi}+1/U_{fi})/4 \quad (5)$$

$$[0051] \quad B_2 = (A_{fo}+1/A_{fo}+U_{fo}+1/U_{fo})/4 \quad (6)$$

$$[0052] \quad B_3 = (A_{fp}+1/A_{fp}+U_{fp}+1/U_{fp})/4 \quad (7)$$

$$[0053] \quad B_4 = (A_{fh}+1/A_{fh}+U_{fh}+1/U_{fh})/4 \quad (8)$$

[0054] 式中 A_{fi} 、 U_{fi} 分别为轴承内圈振动频谱 f_i 处的振动幅值和 f_i 在正负20%范围内振动值的加权平均， A_{fo} 、 U_{fo} 分别为轴承外圈振动频谱 f_o 处的振动幅值和 f_o 在正负20%范围内振动值的加权平均， A_{fp} 、 U_{fp} 为轴承滚动体振动频谱 f_p 处的振动幅值和 f_p 在正负20%范围内振动值的加权平均， A_{fh} 、 U_{fh} 为轴承保持架振动频谱 f_h 处的振动幅值和 f_h 在正负20%范围内振动值的加权平均；

[0055] 步骤四、设定轴承内圈、外圈、滚动体和保持架故障因子的报警值分别为 B_{s1} 、 B_{s2} 、 B_{s3} 和 B_{s4} ，监测步骤三中轴承故障因子 B_1 、 B_2 、 B_3 和 B_4 ，当 B_1 、 B_2 、 B_3 和 B_4 分别大于 B_{s1} 、 B_{s2} 、 B_{s3} 和 B_{s4} 时，在线监测系统预报轴承异常；

[0056] 步骤五、对于经步骤一采集的振动传感器的输出信号 Y_i ，将 Y_i 经振动频谱分析FFT变换分别取得传感器总振动值为 P ，齿轮1倍啮合频率、2倍啮合频率、3倍啮合频率和4倍啮合频率处的振动幅值分量 $X_i(t)$ ， i 取1、2、3和4，则齿轮啮合状态特征系数 Ψ 为：

$$[0057] \quad \Psi = \left(\sum_{k=1}^4 X_k(t) \right) / P \quad (9)$$

[0058] 当 $30\% < \Psi < 50\%$ 时，在线监测系统预报齿轮啮合状态不良；

[0059] 步骤六、以齿轮的振动频谱作为依据，频谱总振值、啮合频率处的振动值及其边带频率、转速频率及倍频作为建立齿轮表面剥落系数的基础。

[0060] 设 S 为标准样本， T 为待检样本， i 表示样本中的特征参数， T 与 S 的匹配度 $M(S, T)$ 用式(10)表示， M 越小说明 T 与 S 越相近， M 越大说明 T 与 S 差异越明显。

$$[0061] \quad M(S, T) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N \left[\frac{S(i)}{T(i)} + \frac{T(i)}{S(i)} \right] - 1 \quad (10)$$

[0062] 采用多参数指标作为评价齿轮齿面剥落的判据，综合齿轮啮合频率处的振动值、总振动值、以啮合频率为中心一定频段内的谱线(频谱幅值)参数建立齿轮表面剥落系数 M ，反映齿轮齿面的剥落情况。

[0063] 齿轮表面剥落系数 M 由 $S(i)$ 和 $T(i)$ 计算得到，其中标准样本 $S(1)=1$ ， $S(2)=1$ ， $S(3)=1$ ， $S(4)=1$ ； $T(1)$ 、 $T(2)$ 、 $T(3)$ 和 $T(4)$ 待检样本的四个特征参数，分别为齿轮振动信号频谱RMS的总振动值、齿轮啮合频率处的最大值、以及中心频率为啮合频率一定频段宽度内($f_z \pm \epsilon f_z$)的振动平均值， f_z 为齿轮啮合频率， ϵ 为频段上下限离啮合频率的百分比宽度；

[0064] 齿轮表面剥落系数 M 简化为公式(11)，

$$[0065] \quad M = \frac{1}{8} \left[\left(\frac{1}{T(1)} + T(1) \right) + \left(\frac{1}{T(2)} + T(2) \right) + \left(\frac{1}{T(3)} + T(3) \right) + \left(\frac{1}{T(4)} + T(4) \right) \right] - 1 \quad (11)$$

[0066] M的一级报警值(轻故障报警限)设置为5.0,二级报警值(重故障报警限)设为10.0。

[0067] 当 $M < 5.0$ 时,在线监测系统预报齿面状态正常;当 $5.0 \leq M < 10.0$ 时,在线监测系统预报齿轮表面出现剥落轻故障;当 $M \geq 10.0$ 时,在线监测系统预报齿轮表面出现剥落重故障;

[0068] 步骤七、获取齿轮箱轴承的振动频谱,确定齿轮的啮合频率 f_z 、边带频率 f_s 以及对应的振动值,其中 A_{f_z} , A_{f_s} 分别表示齿轮啮合频率对应振动频谱图上 f_z 处的振动幅值和边带频率 f_s 在振动频谱图上的振动值,设齿轮表面的断齿故障系数为 W

[0069] 则 $W = A_{f_s} / A_{f_z}$ (12)

[0070] 当 $w > 50\%$ 时,在线监测系统预报齿轮表面断齿。

[0071] 本发明齿轮箱设备运行状态的在线监测方法利用振动传感器采集齿轮箱滚动轴承的振动信号,并对该振动信号作信号重构以获取齿轮本体和轴承振动的特征信号,包括滚动轴承各部件的振动频谱、齿轮啮合频率(1倍啮合频率、2倍啮合频率、3倍啮合频率及4倍啮合频率)以及齿轮轴系的转动频率;计算轴承各部件的故障因子并与设定值比较,以此判断轴承故障;计算齿轮传动轴的总振动值并与该轴系上齿轮啮合频率1倍频、2倍啮合频率至4倍频处转动频率的振动幅值分量比较,以此判断齿轮啮合状态异常;对传感器输出信号构建振动波形集合,得到齿轮表面剥落系数,该值大于报警值时,得出齿轮表面剥落的结论;通过啮合频率边带频率处的振动幅值与啮合频率处的振动值的比较,判断齿轮表面的断齿故障;本方法可实时监测齿轮箱本体和轴承的运行状态,及时发现典型故障,保证了齿轮箱设备的正常运行。

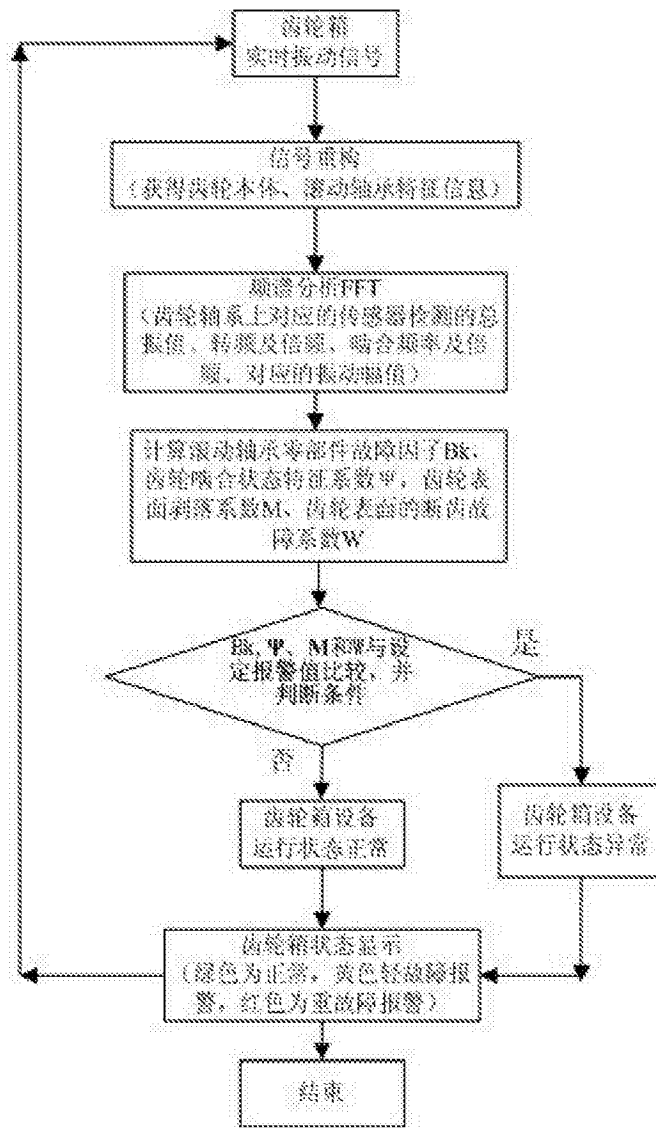


图1