



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112504921 A

(43) 申请公布日 2021.03.16

(21) 申请号 202011542300.4

(22) 申请日 2020.12.24

(71) 申请人 爱德森(厦门)电子有限公司  
地址 361008 福建省厦门市思明区软件园  
望海路23号703室

申请人 空军研究院航空兵研究所

(72) 发明人 林俊明 陈立波 曾志伟 王洪伟  
郭奇

(51) Int. Cl.

G01N 15/00 (2006.01)

G01N 15/06 (2006.01)

G01N 22/00 (2006.01)

G01N 27/02 (2006.01)

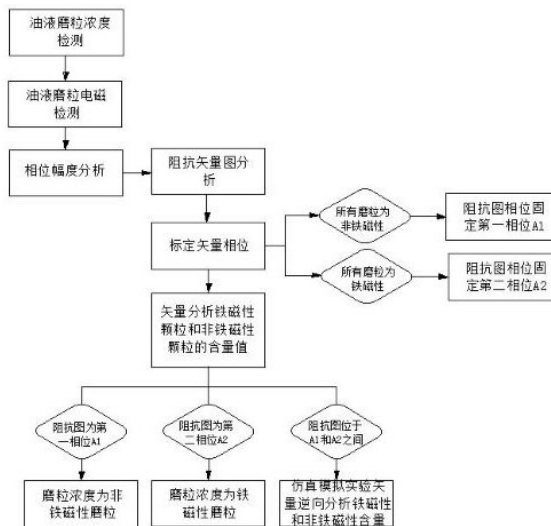
权利要求书2页 说明书4页 附图9页

(54) 发明名称

一种电磁检测油液磨粒的相位幅度分析方法及其检测装置

(57) 摘要

本发明一种电磁检测油液磨粒的相位幅度分析方法及其检测装置,用于液压系统管道(1)内油液金属颗粒(2)的铁磁性和非铁磁性颗粒的区分检测,检索装置(3)包括外穿式电磁检测装置(31),其特征在于检索装置(3)还包括用于检测油液中金属颗粒浓度的磨粒浓度检测装置(32),其中电磁检测装置(31)和磨粒浓度检测装置(32)设置于检测液压系统管道(1)同一位置的外围。通过仿真或实验得出信号相位与铁磁颗粒含量(百分数)的关系曲线,将实际信号相位投射到曲线上,即得铁磁颗粒含量,实现对油液磨粒铁磁性材料和非铁磁材料各成分含量的区分检测。



CN 112504921 A

1. 一种电磁检测油液磨粒的相位幅度分析方法,用于液压系统中管道内油液金属颗粒的铁磁性和非铁磁性颗粒的区分检测,其特征在于油液磨粒检测中还包括用于检测油液中金属颗粒浓度检测装置,具体步骤如下:

a. 油液磨粒浓度检测:使用金属颗粒浓度检测装置对油液管道内的金属磨粒浓度进行检测;

b. 油液磨粒电磁检测:利用外穿式电磁检测线圈检测出管道内油液磨粒的阻抗特性参数;

c. 相位幅度分析:

c1. 阻抗矢量图分析:通过b步骤中的检测分析得出的相应阻抗分析图,对阻抗图中的曲线值进行矢量分析法解析;

c2. 标定矢量相位:在标定油液中,当由a步骤中检测的金属磨粒浓度中所有磨粒完全为非铁磁性材料时,其信号的矢量分析图是为一固定相位的第一相位P1;而设由a步骤中检测的金属磨粒浓度中所有磨粒完全为铁磁性材料时,其信号的矢量分析图是为另一固定相位的第二相位P2;

c3. 矢量分析铁磁性颗粒和非铁磁性颗粒的含量值:当b步骤中检测的阻抗图信号曲线相位在第一相位P1,油液磨粒判定为完全非铁磁性材料;当b步骤中检测的阻抗图信号曲线相位在第二相位P2,油液磨粒判定为完全铁磁性材料;当b步骤中检测的阻抗图信号矢量曲线P0的相位介于第一相位P1和第二相位P2之间时,油液磨粒判定为既有非铁磁颗粒又有铁磁颗粒,通过仿真模拟实验得出信号相位与铁磁颗粒含量的关系曲线,即矢量分解逆向分析法,将实际信号相位投射到曲线上,得出铁磁性颗粒的平均含量值Fe和非铁磁性颗粒的平均含量值。

2. 根据权利要求1所述的一种电磁检测油液磨粒的相位幅度分析方法,其特征在于所述的所述a步骤中油液金属磨粒检测时,使用微波检测装置对油液管道内的金属磨粒浓度进行检测。

3. 根据权利要求2所述的一种电磁检测油液磨粒的相位幅度分析方法,其特征在于还包括使用微波检测装置检测出油液管道内金属磨粒的大小和油液中的水含量、气泡、以及油液粘度等参数值。

4. 根据权利要求3所述的一种电磁检测油液磨粒的相位幅度分析方法,其特征在于所述使用微波检测装置检测出油液管道内金属磨粒的不同参数值时,使用不同的相应频率的微波检测传感器装置。

5. 一种电磁检测油液磨粒的相位幅度分析检测装置,用于液压系统管道(1)内油液金属颗粒(2)的铁磁性和非铁磁性颗粒的区分检测,检索装置(3)包括外穿式电磁检测装置(31),其特征在于检索装置(3)还包括用于检测油液中金属颗粒浓度的磨粒浓度检测装置(32),其中电磁检测装置(31)和磨粒浓度检测装置(32)设置于检测液压系统管道(1)同一位置的外围。

6. 根据权利要求5所述的一种提高油液金属磨粒检测精度的检测装置,其特征在于所述的磨粒浓度检测装置(32)为安装于所述电磁检测装置(31)内部的微波检测芯片(321)。

7. 根据权利要求6所述的一种提高油液金属磨粒检测精度的检测装置,其特征在于所述的微波检测芯片(321)包括若干个频率的发射晶片(3211)和接收晶片(3212)分布于外穿

式电磁检测装置(31)的线圈(311)内部。

## 一种电磁检测油液磨粒的相位幅度分析方法及其检测装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电磁无损检测技术领域,具体涉及一种油液中金属磨粒的区分检测,特别是涉及一种电磁检测油液磨粒的相位幅度分析方法及其检测装置。

### 背景技术

[0002] 液压系统应用广泛,现代工业、航空航天、船舶等等,都会应用到精密的液压系统。液压系统的在役保养维护,也是保证其安全工作的非常重要的部分。油液的检测和监测是评价各类机器状况和预测各种故障的常用手段,油液中的磨粒检测已是现代工业维修活动中必不可少的方法,是保证液压系统长期有效、稳定运行的常规检测方法,可以降低事故发生率,提高工作效率。通常采用光学或电磁检测法,均需要分别出大、小磨粒的级别档量和个数,以供分析判断液压系统的工作状态,但是对铁磁性和非铁磁性的区分并不容易。

[0003] 如大连海事大学的中国发明专利CN201610255463.1基于微流控芯片的颗粒在线检测装置及其检测方法,通过安装于管道外的磁性部件的磁场引吸来区分铁磁性颗粒,又如其他一些直接在溶液中用磁性装置萃取铁磁性粒子的方法,其装置都相对比较复杂。而且,常规的电磁在线检测法要区分微小磨粒的个数,通常能分检出几微米以上的颗粒,对于纳米级的微小磨粒,这种磨粒又是均匀分布在油液里,且铁磁和非铁磁两种金属成份混杂,依靠安装在管道外的磁吸装置,或者其它磁吸萃取,都会相对精度不高或者比较复杂。

[0004] 针对以上缺点问题,本发明采用如下技术方案进行改善。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的提供一种电磁检测油液磨粒的相位幅度分析方法及其检测装置,公开的技术方案如下:

一种电磁检测油液磨粒的相位幅度分析方法,用于液压系统中管道内油液金属颗粒的铁磁性和非铁磁性颗粒的区分检测,其特征在于油液磨粒检测中还包括用于检测油液中金属颗粒浓度检测装置,具体步骤如下:

a. 油液磨粒浓度检测:使用金属颗粒浓度检测装置对油液管道内的金属磨粒浓度进行检测;

b. 油液磨粒电磁检测:利用外穿式电磁检测线圈检测出管道内油液磨粒的阻抗特性参数;

c. 相位幅度分析:

c1. 阻抗矢量图分析:通过b步骤中的检测分析得出的相应阻抗分析图,对阻抗图中的曲线值进行矢量分析法解析;

c2. 标定矢量相位:在标定油液中,当由a步骤中检测的金属磨粒浓度中所有磨粒完全为非铁磁性材料(如铝Al)时,其信号的矢量分析图是为一固定相位的第一相位P1;而设由a步骤中检测的金属磨粒浓度中所有磨粒完全为铁磁性材料时,其信号的矢量分析图是为另一固定相位的第二相位P2;

c3. 矢量分析铁磁性颗粒和非铁磁性颗粒的含量值:当b步骤中检测的阻抗图信号曲线相位在第一相位P1,油液磨粒判定为完全非铁磁性材料;当b步骤中检测的阻抗图信号曲线相位在第二相位P2,油液磨粒判定为完全铁磁性材料;当b步骤中检测的阻抗图信号矢量曲线P0的相位介于第一相位P1和第二相位P2之间时,油液磨粒判定为既有非铁磁颗粒又有铁磁颗粒,通过仿真模拟实验得出信号相位与铁磁颗粒含量的关系曲线,即矢量分解逆向分析法,将实际信号相位投射到曲线上,得出铁磁性颗粒的平均含量值Fe和非铁磁性颗粒的平均含量值如铝A1。

[0006] 其中,所述a步骤中油液金属磨粒检测时,使用微波检测装置对油液管道内的金属磨粒浓度进行检测。

[0007] 以及,包括使用微波检测装置检测出油液管道内金属磨粒的大小和油液中的水含量、气泡、以及油液粘度等参数值。使用微波检测装置检测出油液管道内金属磨粒的不同参数值时,使用不同的相应频率的微波检测传感器装置。

[0008] 本发明还公开一种电磁检测油液磨粒的相位幅度分析检测装置,用于液压系统管道(1)内油液金属颗粒(2)的铁磁性和非铁磁性颗粒的区分检测,检索装置(3)包括外穿式电磁检测装置(31),其特征在于检索装置(3)还包括用于检测油液中金属颗粒浓度的磨粒浓度检测装置(32),其中电磁检测装置(31)和磨粒浓度检测装置(32)设置于检测液压系统管道(1)同一位置的外围。

[0009] 其中,所述的磨粒浓度检测装置(32)为安装于所述电磁检测装置(31)内部的微波检测芯片(321)。

[0010] 以及,所述的微波检测芯片(321)包括若干个频率的发射晶片(3211)和接收晶片(3212)分布于外穿式电磁检测装置(31)的线圈(311)内部。

[0011] 据以上技术方案,本发明具有以下有益效果:一、本发明通过对检测的油液磨粒阻抗图进行相位幅度分析的方法,利用矢量图相位幅度的分解方法,磨粒完全为非铁磁材料时,信号有一固定相位P1;磨粒完全为铁磁材料时,信号有另一固定相位P2。若信号相位介于P1和P2之间,说明磨粒中既有非铁磁颗粒又有铁磁颗粒,通过仿真或实验得出信号相位与铁磁颗粒含量(百分数)的关系曲线,将实际信号相位投射到曲线上,即得铁磁颗粒含量,实现对油液磨粒铁磁性材料和非铁磁材料各成分含量的区分检测;二、本发明还利用微波传感器检测装置与电磁检测装置相结合,更精确的检测了油液金属磨粒的浓度大小,还因微波传感器检测装置特性,利用不同频率进行检测油液其它参数的监控检测。

## 附图说明

[0012] 图1为本发明最佳实施例的方法流程的示意图;

图2为本发明最佳实施例的铁磁性磨粒的阻抗相位的示意图;

图3为本发明最佳实施例的非铁磁性磨粒的阻抗相位的示意图;

图4为本发明最佳实施例的阻抗图矢量相位幅度分解的示意图;

图5为本发明最佳实施例的检测装置的剖面示意图;

图6为本发明最佳实施例的另一实施方式检测装置的剖面示意图;

图7为本发明最佳实施例的检测装置外部结构的示意图;

图8为本发明最佳实施例的计算原理的示意图;

图9为本发明最佳实施例的计算原理的示意图；  
图10为本发明最佳实施例的计算原理的示意图；  
图11为本发明最佳实施例的计算原理的示意图。

### 具体实施方式

[0013] 下面结合附图和具体实施方式,对本发明做进一步说明。

[0014] 如图1至4所示,一种电磁检测油液磨粒的相位幅度分析方法,用于液压系统中管道内油液金属颗粒的铁磁性和非铁磁性颗粒的区分检测,其特征在于油液磨粒检测中还包用于检测油液中金属颗粒浓度检测装置,具体步骤如下:

a. 油液磨粒浓度检测:使用金属颗粒浓度检测装置对油液管道内的金属磨粒浓度进行检测;

b. 油液磨粒电磁检测:利用外穿式电磁检测线圈检测出管道内油液磨粒的阻抗特性参数;

c. 相位幅度分析:

c1. 阻抗矢量图分析:通过b步骤中的检测分析得出的相应阻抗分析图,对阻抗图中的曲线值进行矢量分析法解析;

c2. 标定矢量相位:在标定油液中,当由a步骤中检测的金属磨粒浓度中所有磨粒完全为非铁磁性材料时,其信号的矢量分析图是为一固定相位的第一相位P1;而设由a步骤中检测的金属磨粒浓度中所有磨粒完全为铁磁性材料时,其信号的矢量分析图是为另一固定相位的第二相位P2;

c3. 矢量分析铁磁性颗粒和非铁磁性颗粒的含量值:当b步骤中检测的阻抗图信号曲线相位在第一相位P1,油液磨粒判定为完全非铁磁性材料;当b步骤中检测的阻抗图信号曲线相位在第二相位P2,油液磨粒判定为完全铁磁性材料;当b步骤中检测的阻抗图信号矢量曲线P0的相位介于第一相位P1和第二相位P2之间时,油液磨粒判定为既有非铁磁颗粒又有铁磁颗粒,通过仿真模拟实验得出信号相位与铁磁颗粒含量的关系曲线,即矢量分解逆向分析法,将实际信号相位投射到曲线上,得出铁磁性颗粒的平均含量值Fe和非铁磁性颗粒的平均含量值(如铝Al)。

[0015] 其中,所述a步骤中油液金属磨粒检测时,使用微波检测装置对油液管道内的金属磨粒浓度进行检测。

[0016] 以及,包括使用微波检测装置检测出油液管道内金属磨粒的大小和油液中的水含量、气泡、以及油液粘度等参数值。使用微波检测装置检测出油液管道内金属磨粒的不同参数值时,使用不同的相应频率的微波检测传感器装置。

[0017] 如图5所示,本发明还公开一种电磁检测油液磨粒的相位幅度分析检测装置,用于液压系统管道1内油液金属颗粒2的铁磁性和非铁磁性颗粒的区分检测,检索装置3包括外穿式电磁检测装置31,其特征在于检索装置3还包括用于检测油液中金属颗粒浓度的磨粒浓度检测装置32,其中电磁检测装置31和磨粒浓度检测装置32设置于检测液压系统管道1同一位置的外围。

[0018] 其中,如图6所示,所述的磨粒浓度检测装置32为安装于所述电磁检测装置31内部的微波检测芯片321。

[0019] 以及,如图7所示,所述的微波检测芯片321包括若干个频率的发射晶片3211和接收晶片3212分布于外穿式电磁检测装置31的线圈311内部。

[0020] 本发明计算原理过程如下:

如图8所示,当有铁磁性或非铁磁性磨粒通过线圈时,线圈阻抗的实部(电阻)和虚部(电抗)都发生变化。磨粒中的涡流损耗使得线圈电阻增大。线圈电抗的变化取决于磨粒的性质。非铁磁性磨粒中感应出的涡流产生的二次磁场抵抗穿过线圈的磁通的变化,使线圈电抗减小。铁磁性磨粒中感应出的涡流也有使线圈电抗减小的作用,但这是铁磁性磨粒的次要作用。铁磁性磨粒的主要作用是在被磁化后产生附加磁场,附加磁场的方向与激励电流产生的磁场方向相同,使线圈电感增大。简言之,非铁磁性磨粒通过线圈时,线圈电阻增大,电抗减小;铁磁性磨粒通过线圈时,线圈电阻增大,电抗也增大。

[0021] 如图9所示,使用两个外穿式线圈,其中一个是检测线圈,另一个是参考线圈,两者构成差动线圈。检测线圈检测实际的发动机管道,其中可能有油液磨粒通过;参考线圈套在参考管道之外,无磨粒通过。两线圈阻抗之差称为差分阻抗。铁磁性磨粒引起的差分阻抗相位为正;非铁磁性磨粒引起的差分阻抗相位为负。因此,可通过差分阻抗相位判断磨粒性质。

[0022] 如图10所示,若油液中同时有铁磁性磨粒和非铁磁性磨粒通过检测线圈,则此时的差分阻抗相位介于纯铁磁性磨粒引起的差分阻抗相位和纯非铁磁性磨粒引起的差分阻抗相位。

[0023] 设纯铁磁性磨粒和纯非铁磁性磨粒引起的差分阻抗相位分别为 $\theta_1$ 和 $\theta_2$ ,铁磁性和非铁磁性金属混合磨粒引起的差分阻抗相位为 $\theta$  ( $\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2$ ),铁磁性和非铁磁性金属混合磨粒中铁磁性磨粒占比为 $\alpha$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )。由于磨粒颗粒很小,磨粒引起的阻抗变化与磨粒大小成正比, $\theta_1$ 和 $\theta_2$ 为固定值,如图11所示。因此, $\theta$ 仅是 $\alpha$ 的函数,即,该函数为非线性单调递增函数。

[0024] 通过数值模拟,建立 $\theta$ 与 $\alpha$ 的关系曲线,再通过实验,修正此关系曲线。当测得差分阻抗相位时,根据 $\theta$ - $\alpha$ 关系曲线,即得到铁磁性和非铁磁性金属混合磨粒中铁磁性磨粒的占比。

[0025] 以上为本发明的其中一种实施方式。此外,需要说明的是,凡依本专利构思所述的构造、特征及原理所做的等效或简单变化,均包括于本专利的保护范围内。

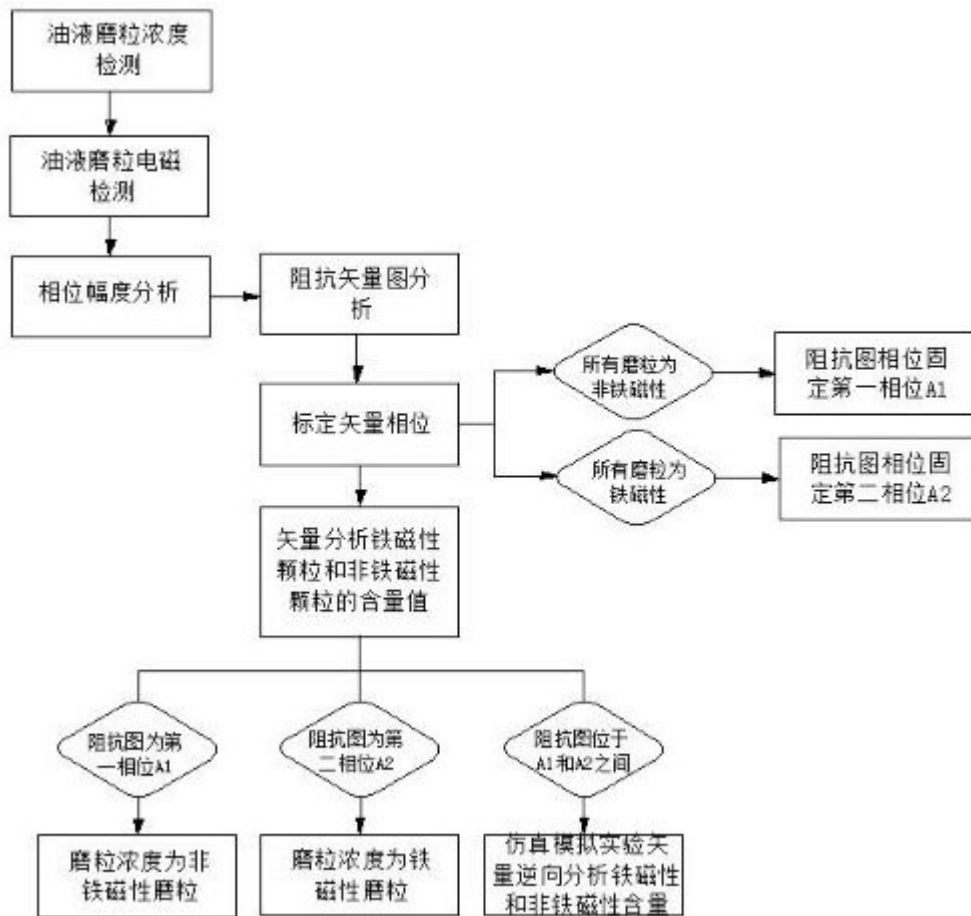


图1



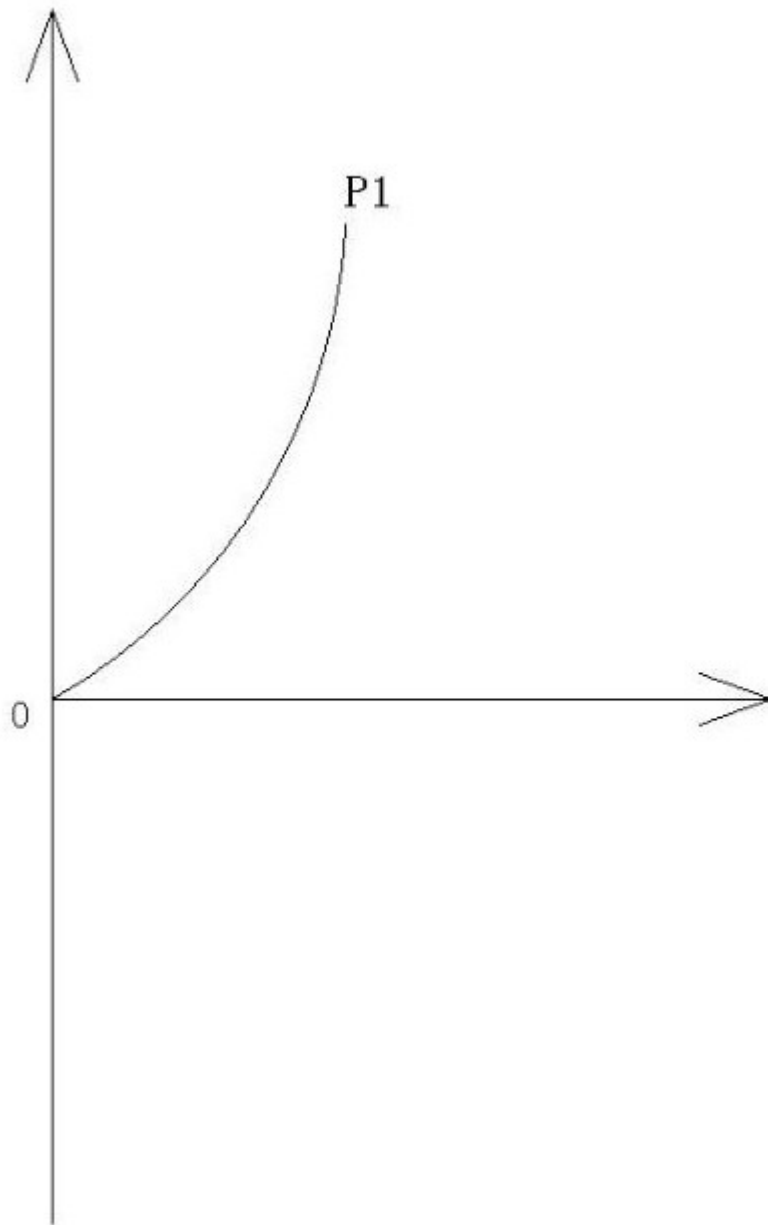


图2

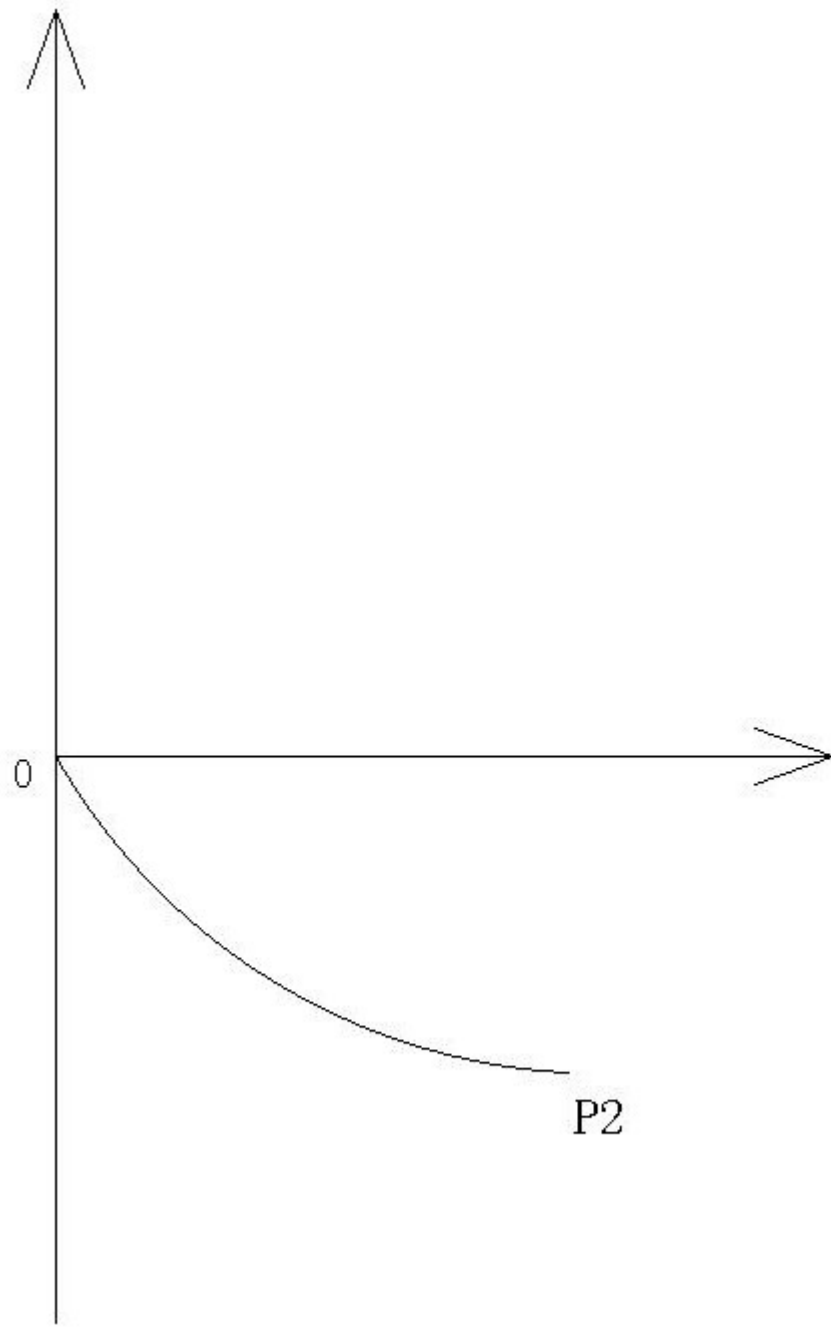


图3

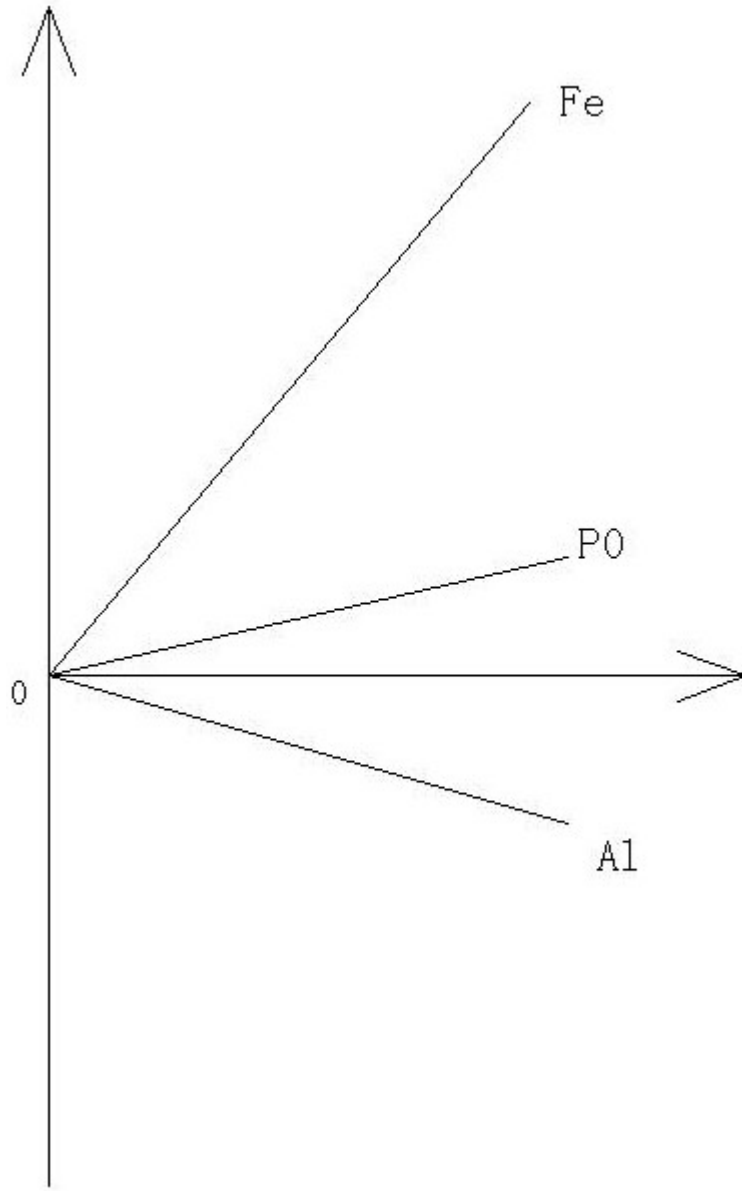


图4

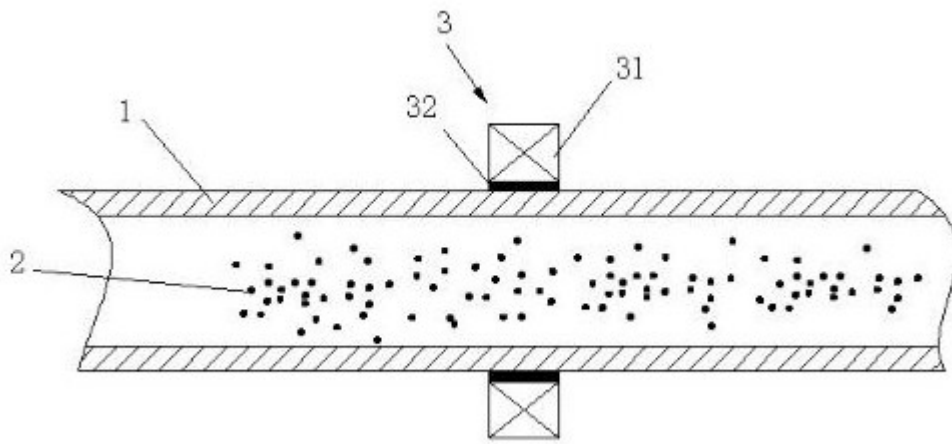


图5

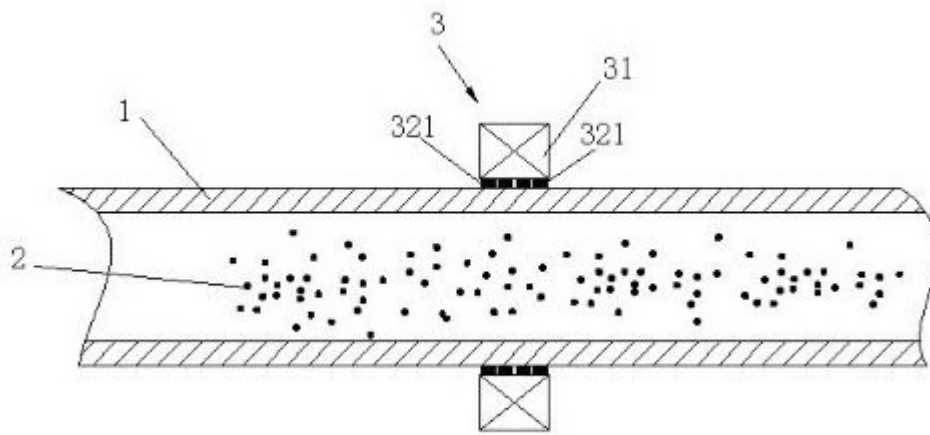


图6

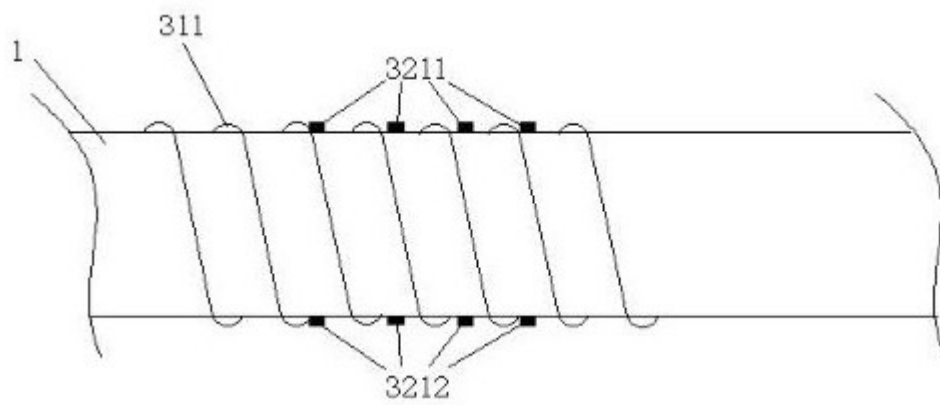


图7

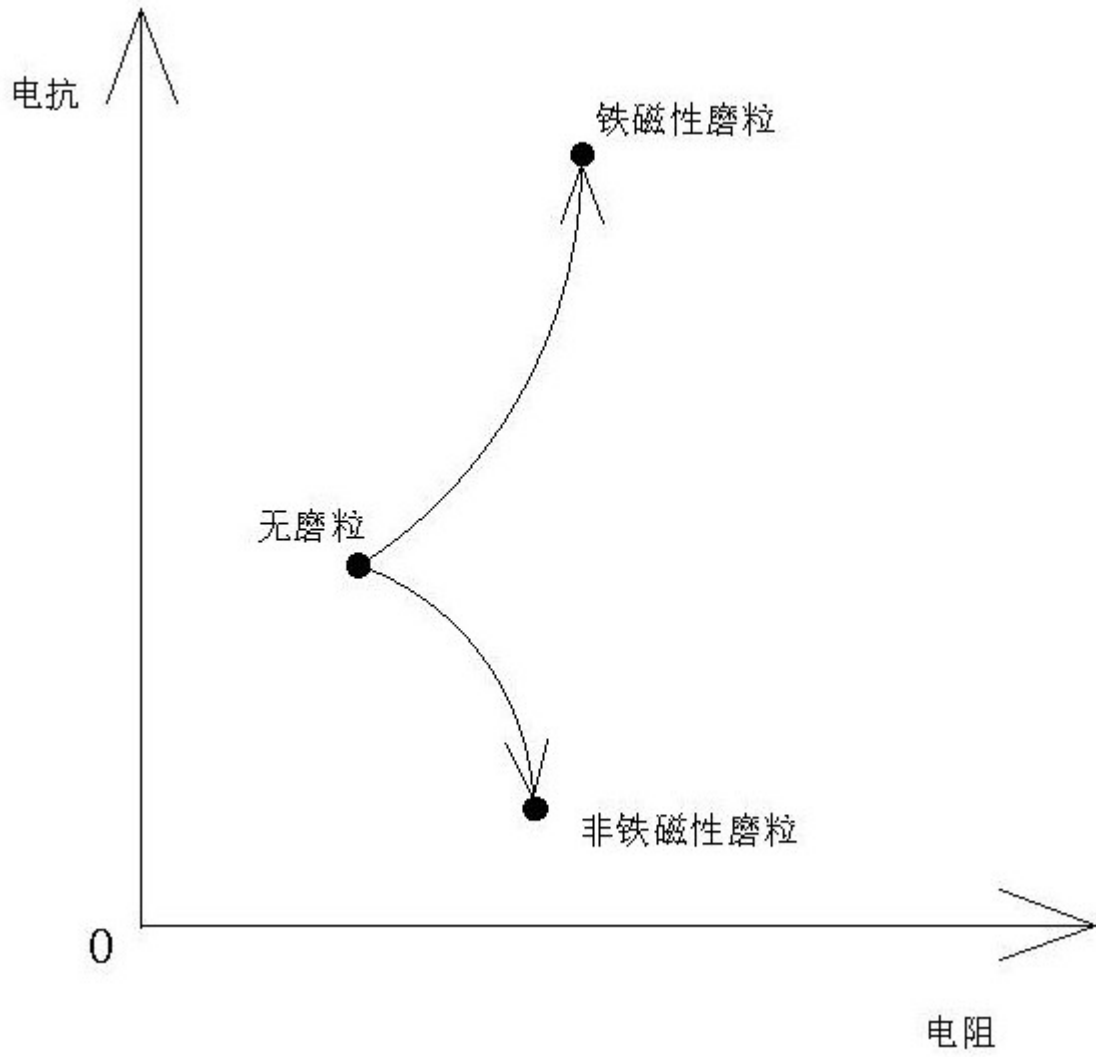


图8

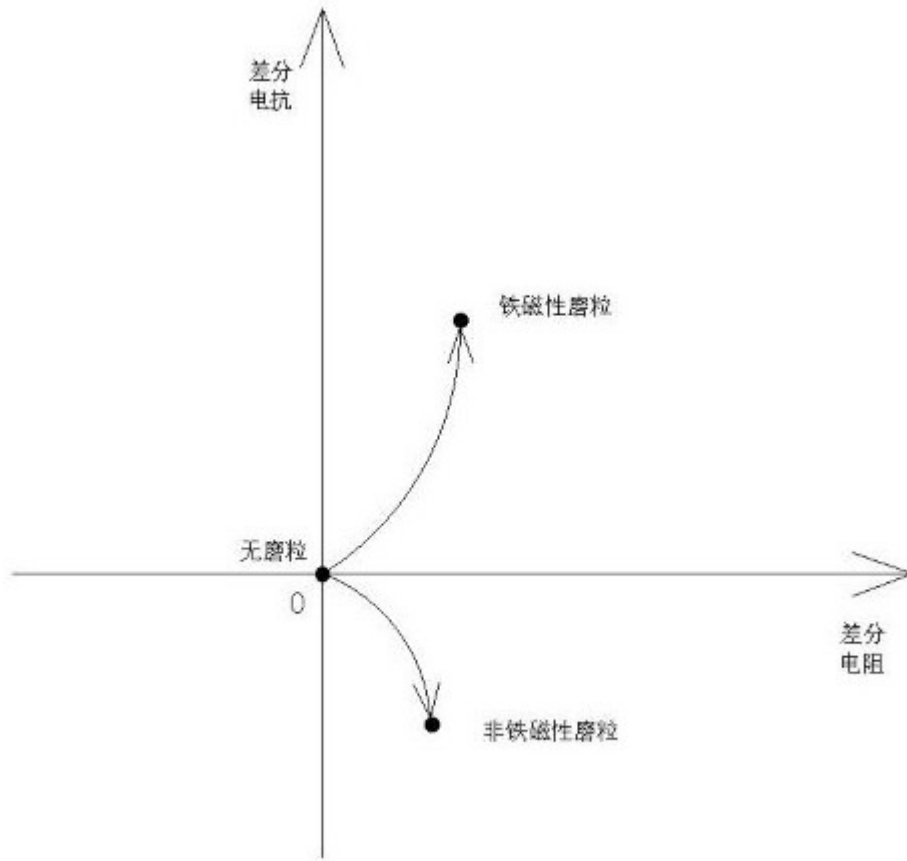


图9

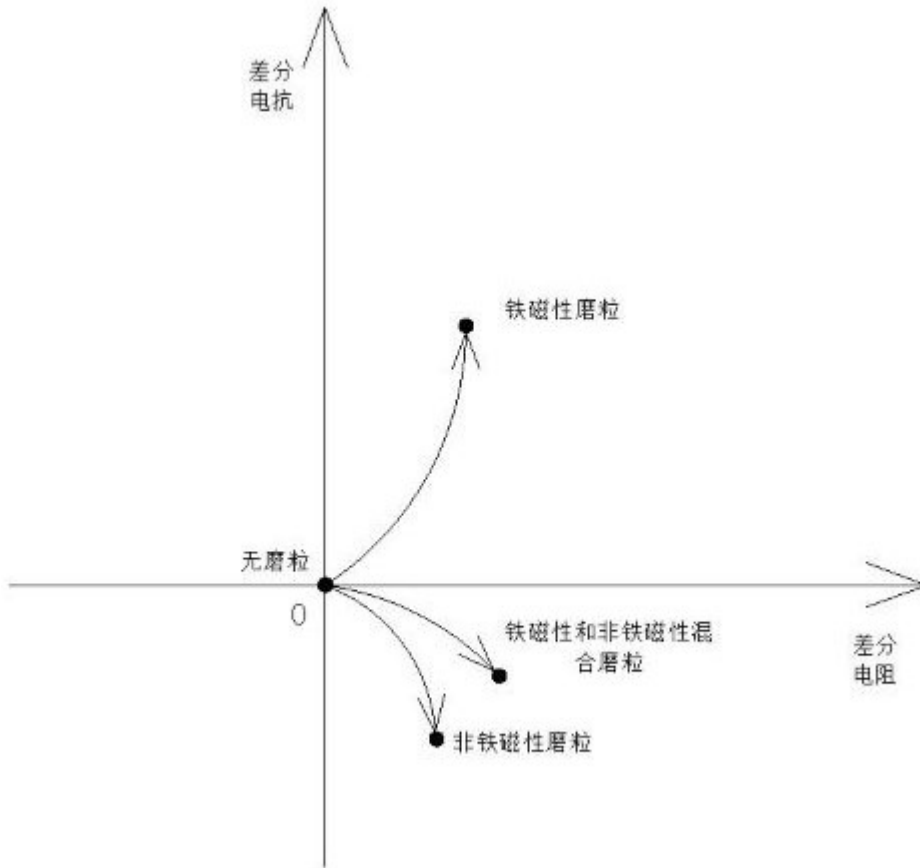


图10

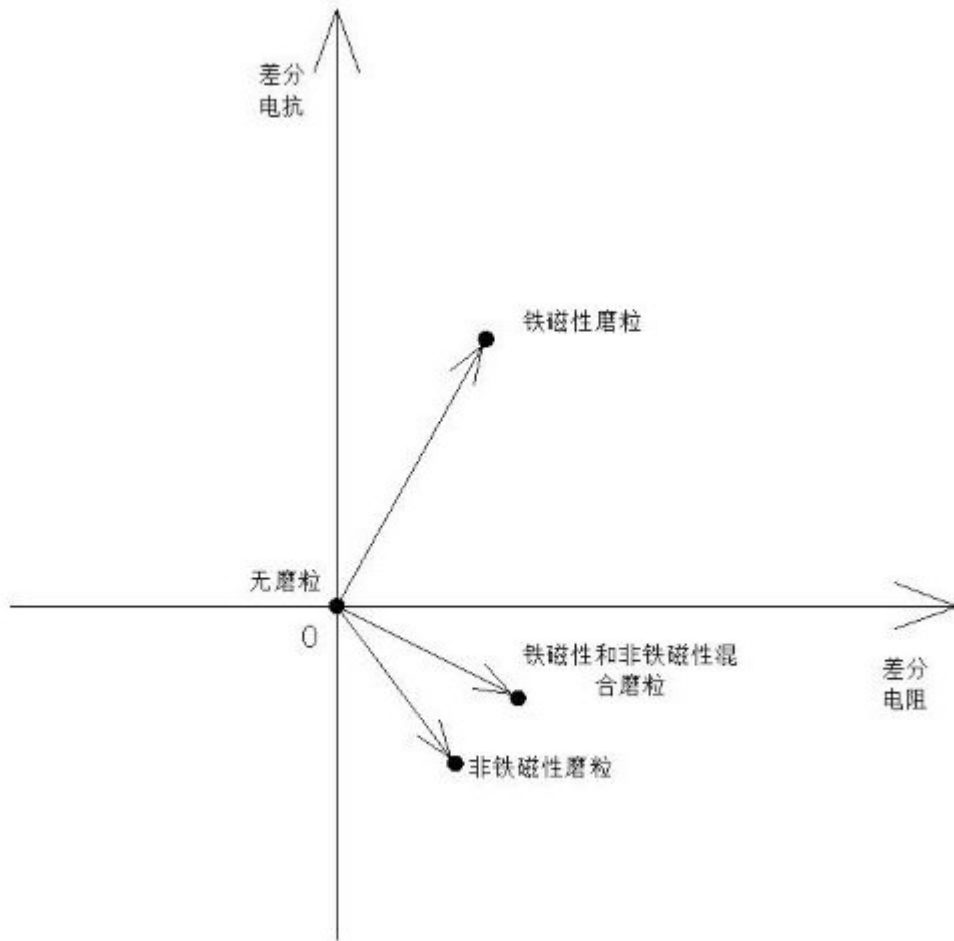


图11