



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105841956 A

(43)申请公布日 2016.08.10

(21)申请号 201610157435.6

(22)申请日 2016.03.17

(71)申请人 广东工业大学

地址 510006 广东省广州市番禺区广州大学城外环西路100号

(72)发明人 孙友松 程永奇 张鹏 魏良模
章争荣 张璜

(74)专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 林丽明

(51)Int.Cl.

G01M 13/02(2006.01)

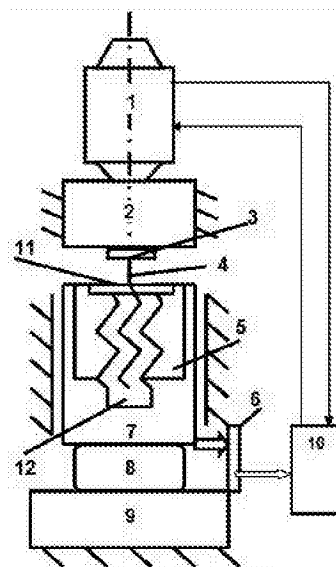
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种重载螺旋副工作性能测试装置及方法

(57)摘要

本发明是一种重载螺旋副工作性能测试装置及方法。包括有交流永磁同步电机、螺杆、螺母、光栅、滑块、负荷计、控制器,交流永磁同步电机的输出轴与螺杆连接,螺母与螺杆组成螺旋传动副,滑块与螺母连接,且滑块的下部和顶部分别装设有上油池和下油池,上油池和下油池通过滑块内部设有的油道连通,且螺杆的下端浸泡在下油池中,工作台装设在滑块的下方,测力计装设在工作台上,光栅检测滑块的位移,光栅的检测信号输入至控制器,控制器的控制信号输出端与交流永磁同步电机连接,控制交流永磁同步电机的运转。本发明重载螺旋副工作性能测试装置结构简单、测试精度高;本发明测试方法操作方便。



1.一种重载螺旋副工作性能测试装置,其特征在于包括有交流永磁同步电机、螺杆、螺母、光栅、滑块、负荷计、控制器,交流永磁同步电机的输出轴与螺杆连接,螺母与螺杆组成螺旋传动副,滑块与螺母连接,且滑块的下部和顶部分别装设有上油池和下油池,上油池和下油池通过滑块内部设有的油道连通,且螺杆的下端浸泡在下油池中,工作台装设在滑块的下方,测力计装设在工作台上,光栅检测滑块的位移,光栅的检测信号输入至控制器,控制器的控制信号输出端与交流永磁同步电机连接,控制交流永磁同步电机的运转。

2.根据权利要求1所述的重载螺旋副工作性能测试装置,其特征在于上述交流永磁同步电机通过行星减速器减速后,经联轴器带动螺杆。

3.根据权利要求1所述的重载螺旋副工作性能测试装置,其特征在于上述负荷计为数显负荷计。

4.根据权利要求1所述的重载螺旋副工作性能测试装置,其特征在于上述油道为垂直设置在滑块内部的纵向油道。

5.根据权利要求1所述的重载螺旋副工作性能测试装置,其特征在于上述控制器为伺服驱动控制器。

6.根据权利要求1所述的重载螺旋副工作性能测试装置,其特征在于上述螺母套装在滑块的内部,且滑块及螺母的端部装设盖板,盖板通过螺钉与滑块连接并压紧螺母。

7.一种根据权利要求1所述的重载螺旋副工作性能测试装置的测试方法,其特征在于包括如下步骤:

1)将测试的螺母安装在滑块内并装好盖板,拧紧螺钉,上油池和下油池中加入润滑油,调试完成后,对设备进行跑合;

2)在控制器的操作面板中设定滑块的下行速度、设定交流永磁同步电机输出的转矩上限,然后按下行键,滑块低速下行,直至交流永磁同步电机达到力矩上限,控制器检测电流值,待电流值及负荷计测试的压力值稳定后,记录此时的电流值I及压力值F;

3)记录电流值I及压力值F后,按停止键使交流永磁同步电机停止工作;

4)按动上行键,使滑块上行到相应的位置停止,完成一次数据的测试;

滑块向下运动时,定义为螺旋传动副的正向传动,螺母移动方向与载荷方向相反,其阻力矩T为

$$T = \frac{Fd \tan(\lambda + \rho)}{2} \quad (1)$$

式中F-轴向压力;d-螺纹中径; λ -螺旋升角; ρ -摩擦角,交流永磁同步电机1输出的转矩 T_m 与电流I成正比,即

$$T_m = k_e I \quad (2)$$

式中: T_m -电机输出扭矩,I--检测电流, k_e --电机力矩系数,若 M_n 和 I_n 分别为电机额定扭矩和额定电流,则:

$$k_e = \frac{T_n}{I_n} \quad (3)$$

根据产品样本,查得各传动环节的机械效率:减速器为 η_1 ,联轴器为 η_2 ,螺杆上的圆锥滚子轴承为 η_3 ,推力滚子轴承为 η_4 ,忽略滑块与导轨间的摩擦,则除螺旋副之外的机械传动效率为

$$\eta = \prod_{i=1}^{n-4} \eta_i \quad (4)$$

螺杆的驱动力矩 T_s 为

$$T_s = i\eta T_m = i\eta k_e I \quad (5)$$

式中： i —减速器的减速比

对螺旋传动副而言，当理想状态无摩擦时，其阻力矩为 $T_0 = \frac{Fd \tan \lambda}{2}$ 则理论输出力为 F_0

$$F_0 = \frac{2i\eta k_e I}{d \tan \lambda} \quad (6)$$

螺牙表面摩擦系数为 μ ，设 μ_v 为当量摩擦系数，有：

$$\mu = \mu_v \cos \beta \quad (7)$$

式中： β —牙形斜角

当量摩擦系数为

$$\mu_v = \tan \left(\arctan \frac{2i\eta T_m}{Fd} - \lambda \right) \quad (8)$$

对螺距为 p 、线数为 n 的多线螺纹，当螺杆旋转一圈时，输入功为 $W_{in} = 2\pi T_s$ ，输出功为 $W_{out} = Fpn$ ，螺旋副的传动效率为

$$\eta_s = \frac{W_{out}}{W_{in}} = \frac{Fpn}{2\pi i\eta k_e I} \quad (9)$$

式中： p —螺距， n —线数

根据所测得的输入电流 I 可按照式(6)计算出无摩擦时滑块6的理论输出压力 F_0 ；根据电流 I 和对应的输出力 F 即可按照式(8)和(9)分别计算出螺旋副的当量摩擦系数 μ_v 和传动效率 η_s 。

8. 根据权利要求7所述的重载螺旋副工作性能测试装置的测试方法，其特征在于上述螺母与螺杆组成螺旋传动副采用梯形、矩形、矩齿的螺纹。

9. 根据权利要求8所述的重载螺旋副工作性能测试装置的测试方法，其特征在于上述螺母与螺杆组成螺旋传动副为梯形螺纹。

10. 根据权利要求7所述的重载螺旋副工作性能测试装置的测试方法，其特征在于上述螺母5与螺杆4组成螺旋传动副为其它形式螺纹，仅需在式(7)中，代入相应的牙形斜角即可，对矩形螺纹而言， $\beta = 0$ 。

一种重载螺旋副工作性能测试装置及方法

技术领域

[0001] 本发明是一种重载螺旋副工作性能测试装置及方法,属于重载螺旋副工作性能测试装置及方法的创新技术。

背景技术

[0002] 螺旋副具有结构简单、力增益恒定等许多优点,是机械装备中的基础部件。螺旋副工作性能的测试一直是机械传动中的一个热门问题,已有不少研究成果。对于轻载螺旋副而言,人们开发了不同的测试装置,可以比较精确地测量螺旋副的传动效率和摩擦系数。然而对重载螺旋副而言,却缺乏有效可靠的测量手段。螺旋压力机采用重载螺旋副作为其工作机构,长期以来,采用“镟粗法”进行测试。用工件(铜)的变形能与飞轮能耗之比来计算效率。这种方法精度不高,且只能求得整个工作行程的平均值。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于考虑上述问题而提供一种结构简单、测试精度高的重载螺旋副工作性能测试装置。

[0004] 本发明的另一目的在于提供一种操作方便的重载螺旋副工作性能测试装置的测试方法。

[0005] 本发明的技术方案是:本发明的重载螺旋副工作性能测试装置,包括有交流永磁同步电机、螺杆、螺母、光栅、滑块、负荷计、控制器,交流永磁同步电机1的输出轴与螺杆连接,螺母与螺杆组成螺旋传动副,滑块与螺母连接,且滑块的下部和顶部分别装设有上油池和下油池,上油池和下油池通过滑块内部设有的油道连通,且螺杆的下端浸泡在下油池中,工作台装设在滑块的下方,测力计装设在工作台上,光栅检测滑块的位移,光栅的检测信号输入至控制器,控制器的控制信号输出端与交流永磁同步电机连接,控制交流永磁同步电机的运转。

[0006] 本发明重载螺旋副工作性能测试装置的测试方法,包括如下步骤:

[0007] 1)将测试的螺母安装在滑块内并装好盖板,拧紧螺钉,上油池和下油池中加入润滑油,调试完成后,对设备进行跑合;

[0008] 2)在控制器的操作面板中设定滑块的下行速度、设定交流永磁同步电机输出的转矩上限,然后按下行键,滑块低速下行,直至交流永磁同步电机达到力矩上限,控制器检测电流值,待电流值及负荷计测试的压力值稳定后,记录此时的电流值I及压力值F;

[0009] 3)记录电流值I及压力值F后,按停止键使交流永磁同步电机停止工作;

[0010] 4)按动上行键,使滑块上行到相应的位置停止,完成一次数据的测试;

[0011] 滑块向下运动时,定义为螺旋传动副的正向传动,螺母移动方向与载荷方向相反,其阻力矩T为

$$[0012] \quad T = \frac{Fd \tan(\lambda + \rho)}{2} \quad (1)$$

[0013] 式中 F -轴向压力; d -螺纹中径; λ -螺旋升角; ρ -摩擦角,

[0014] 交流永磁同步电机1输出的转矩 T_m 与电流 I 成正比,即

$$[0015] \quad T_m = k_e I \quad (2)$$

[0016] 式中: T_m -电机输出扭矩, I -检测电流, k_e -电机力矩系数,若 M_n 和 I_n 分别为电机额定扭矩和额定电流,则:

$$[0017] \quad k_e = \frac{T_m}{I_n} \quad (3)$$

[0018] 根据产品样本,查得各传动环节的机械效率:减速器为 η_1 ,联轴器为 η_2 ,螺杆上的圆锥滚子轴承为 η_3 ,推力滚子轴承为 η_4 ,忽略滑块与导轨间的摩擦,则除螺旋副之外的机械传动效率为

$$[0019] \quad \eta = \prod_{i=1}^{n=4} \eta_i \quad (4)$$

[0020] 螺杆的驱动力矩 T_s 为

$$[0021] \quad T_s = i \eta T_m = i \eta k_e I \quad (5)$$

[0022] 式中: i -减速器的减速比

[0023] 对螺旋传动副而言,当理想状态无摩擦时,其阻力矩为 $T_0 = \frac{Fd \tan \lambda}{2}$ 则理论输出力为 F_0

$$[0024] \quad F_0 = \frac{2i\eta k_e I}{d \tan \lambda} \quad (6)$$

[0025] 螺杆表面摩擦系数为 μ ,设 μ_v 为当量摩擦系数,有:

$$[0026] \quad \mu = \mu_v \cos \beta \quad (7)$$

[0027] 式中: β -牙形斜角

[0028] 当量摩擦系数为

$$[0029] \quad \mu_v = \tan \left(\arctan \frac{2i\eta T_m}{Fd} - \lambda \right) \quad (8)$$

[0030] 对螺距为 p 、线数为 n 的多线螺纹,当螺杆旋转一圈时,输入功为 $W_{in} = 2\pi T_s$,输出功为 $W_{out} = Fpn$,螺旋副的传动效率为

$$[0031] \quad \eta_s = \frac{W_{out}}{W_{in}} = \frac{Fpn}{2\pi i \eta k_e I} \quad (9)$$

[0032] 式中: p -螺距, n -线数

[0033] 根据所测得的输入电流 I 可按照式(6)计算出无摩擦时滑块6的理论输出压力 F_0 ;根据电流 I 和对应的输出力 F 即可按照式(8)和(9)分别计算出螺旋副的当量摩擦系数 μ_v 和传动效率 η_s 。

[0034] 本发明充分利用数控精压机参数可控、可测的优势,建立了一种效率和摩擦系数的“电流-压力”测试方法,即通过测量电机输入电流和滑块的相应压力,推算出螺旋副的传动效率和摩擦系数。本发明的测试方法具有简单、精度高、操作方便的特点,还可测试不同材质组合的螺母,以进行比较。

附图说明

[0035] 图1为本发明重载螺旋副工作性能测试装置的结构示意图；

[0036] 图2为本发明螺母-滑块安装结构示意图；

[0037] 图3为本发明螺旋受力分析示意图；

[0038] 图4为本发明螺旋副 $F-\mu_v$ 关系。

具体实施方式

[0039] 实施例：

[0040] 本发明的结构示意图如图1、2所示，本发明的重载螺旋副工作性能测试装置，包括有交流永磁同步电机1、减速机2、联轴器3、螺杆4、螺母5、光栅6、滑块7、测力计8、控制器10，交流永磁同步电机1的输出轴通过减速机2及联轴器3与螺杆4连接，螺母5与螺杆4组成螺旋传动副，其中螺杆4靠圆锥滚子轴承及推力滚子轴承支撑于机身。滑块7与螺母5连接，且滑块7的下部和顶部分别设有上油池11和下油池12，上油池11和下油池12通过滑块7内部设有的油道13连通，且螺杆4的下端浸泡在下油池12中，工作台9装设在滑块7的下方，测力计8装设在工作台9上，光栅8检测滑块7的位移，光栅8的检测信号输入至控制器10，控制器10的控制信号输出端与交流永磁同步电机1连接，控制交流永磁同步电机1的运转。

[0041] 工作时，交流永磁同步电机1通过行星减速器2减速后，经联轴器3带动螺杆4运动，通过螺旋传动副将螺杆4的旋转运动转换为滑块7的直线运动，使滑块7直线下行。工作结束后，交流永磁同步电机1反转，滑块7上行到指定位置。上述螺杆4的下端浸泡在下油池12的油中，以保证良好的润滑。光栅6检测滑块7的位移，控制器10采集滑块7的位移信号并控制交流永磁同步电机1的运转。

[0042] 本实施例中，上述交流永磁同步电机1通过行星减速器2减速后，经联轴器3带动螺杆4。

[0043] 本实施例中，上述测力计8为数显测力计。

[0044] 本实施例中，上述油道13为垂直设置在滑块7内部的纵向油道。

[0045] 本实施例中，上述控制器10为伺服驱动控制器。

[0046] 本实施例中，上述螺母5套装在滑块7内，且滑块7及螺母5的端部装设盖板14，盖板14通过螺钉15与滑块7及螺母5连接。

[0047] 本发明重载螺旋副工作性能测试装置的测试方法，包括如下步骤：

[0048] 1)将测试的螺母5安装在滑块7上，上油池11和下油池12中加入润滑油，调试完成后，对设备进行跑合；

[0049] 2)在控制器10的操作面板中设定滑块7的下行速度、调整交流永磁同步电机1输出的转矩上限，然后按下行键，滑块7低速下行，直至交流永磁同步电机1达到力矩上限，待控制器测得的电流值及测力计8测试的压力值稳定后，记录此时的电流值 I 及压力值 F ；

[0050] 3)记录电流值 I 及压力值 F 后，按停止键使交流永磁同步电机1停止工作；

[0051] 4)按动上行键，使滑块7上行到相应的位置停止，完成一次数据的测试；

[0052] 滑块7向下运动时，定义为螺旋传动副的正向传动，螺母5移动方向与载荷方向相反，其阻力矩 T 为

$$[0053] \quad T = \frac{Fd \tan(\lambda + \rho)}{2} \quad (1)$$

[0054] 式中F-轴向压力;d-螺纹中径; λ -螺旋升角; ρ -摩擦角。

[0055] 交流永磁同步电机1输出的转矩 T_m 与电流I成正比,即

$$[0056] \quad T_m = k_e I \quad (2)$$

[0057] 式中: T_m -电机输出扭矩,I-检测电流, k_e -电机力矩系数。若 M_n 和 I_n 分别为电机额定扭矩和额定电流,则:

$$[0058] \quad k_e = \frac{T_n}{I_n} \quad (3)$$

[0059] 根据产品样本,查得各传动环节的机械效率:减速器为 η_1 ,联轴器为 η_2 ,圆锥滚子轴承为 η_3 ,推力滚子轴承为 η_4 ,忽略滑块与导轨间的摩擦,则除螺旋副之外的机械传动效率为

$$[0060] \quad \eta = \prod_{i=1}^{n-4} \eta_i \quad (4)$$

[0061] 螺杆的驱动力矩 T_s 为

$$[0062] \quad T_s = i \eta T_m = i \eta k_e I \quad (5)$$

[0063] 式中:i-减速器的减速比

[0064] 对螺旋传动副而言,当理想状态无摩擦时,其阻力矩为 $T_0 = \frac{Fd \tan \lambda}{2}$ 则理论输出力为 F_0

$$[0065] \quad F_0 = \frac{2i\eta k_e I}{d \tan \lambda} \quad (6)$$

[0066] 螺牙表面摩擦系数为 μ ,设 μ_v 为当量摩擦系数,有:

$$[0067] \quad \mu = \mu_v \cos \beta \quad (7)$$

[0068] 式中: β -牙形斜角

[0069] 当量摩擦系数为

$$[0070] \quad \mu_v = \tan \left(\arctan \frac{2i\eta T_m}{Fd} - \lambda \right) \quad (8)$$

[0071] 对螺距为p、线数为n的多线螺纹,当螺杆4旋转一圈时,输入功为 $W_{in} = 2\pi T_s$,输出功为 $W_{out} = Fpn$,螺旋副的传动效率为

$$[0072] \quad \eta_s = \frac{W_{out}}{W_{in}} = \frac{Fpn}{2\pi i \eta k_e I} \quad (9)$$

[0073] 式中:p-螺距,n-线数

[0074] 根据所测得的输入电流I可按照式(6)计算出无摩擦时滑块6的理论输出压力 F_0 ;根据电流I和对应的输出力F即可按照式(8)和(9)分别计算出螺旋副的当量摩擦系数 μ_v 和传动效率 η_s 。

[0075] 上述螺母4与螺杆3组成螺旋传动副采用梯形、矩形、矩齿螺纹。本实施例中,上述螺母4与螺杆3组成螺旋传动副为梯形螺纹。

[0076] 如果上述螺母4与螺杆3组成螺旋传动副为其它形式螺纹,仅需在式(7)中,代入相应的牙形斜角即可,对矩形螺纹而言, $\beta = 0$ 。

[0077] 本实施例中,根据电流I和对应的输出力F即可分别计算出螺旋副的当量摩擦系数 μ_v 和传动效率 η_s 。滑块的运动速度和位移能够精确地控制。

[0078] 上述螺母可以方便地拆换,以检测不同材料和结构的螺母。此时仅需卸下螺钉15和盖板14,即可取出螺母并进行更换。此外,可以改变测力计的高度以测量螺旋副在不同压力机行程位置时的工作性能。

[0079] 如下是一个具体实施例:交流永磁电机1的型号为SMM2526220-4FRBB1-H,行星齿轮减速机的型号为PX330,减速比1:20,级数2;梅花联轴器(MI11),弹性元件为MT11。螺旋副为Tr110×60(P20)-7H梯形螺纹,公称直径110mm,导程60mm,3线。两种不同材料螺母,螺母1为CF/EP复合材料,螺母2为ZCuSn10Pb1青铜。

[0080] 两种螺母的测试数据如表1和表2所示。表中的理论输出压力 F_0 为假设无摩擦损失时的计算值;当量摩擦系数 μ_v 是按照式(8)计算的值;传动效率 η_s 按式(9)计算。图3为两种螺母的压力-当量摩擦系数的关系。

[0081] 表1螺母1(复合材料)的测试数据

[0082] Tab.1 The test data of composite lining nut

	电流 I_1/A	滑块输出力 F/kN	理论输出力 F_0/kN	当量摩擦数 μ_v	传动效率 $\eta_s/\%$
[0083]	11.7	38.0	49.7	0.0560	76.5
	49.9	143.7	212.0	0.0862	67.8
	86.5	234.7	367.4	0.1022	63.9
	124.5	331.3	528.8	0.1076	62.7
	162.2	412.0	688.8	0.1209	59.8

[0084] 表2螺母2(青铜)测试数据

[0085] Tab.2 The test data of bronze nut

	电流 I_1/A	滑块输力 F/kN	理论输出力 F_0/kN	当量摩擦系数 μ_v	传动效率 $\eta_s/\%$
[0086]	12.6	38.7	53.6	0.0701	72.2
	49.5	136.0	210.2	0.0986	64.7
	87.5	223.7	371.5	0.1190	60.2
	124.4	304.7	528.1	0.1316	57.7
	159.4	373.3	676.8	0.1457	55.2

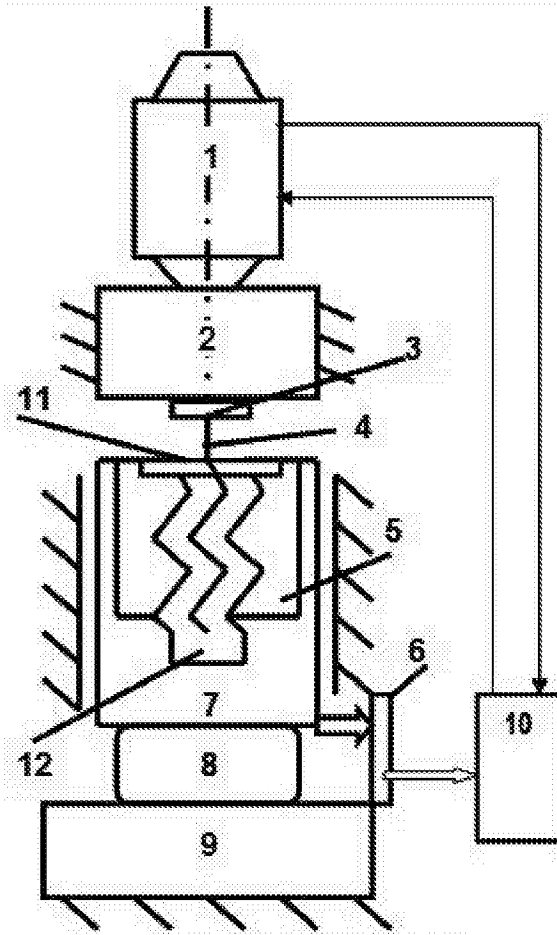


图1

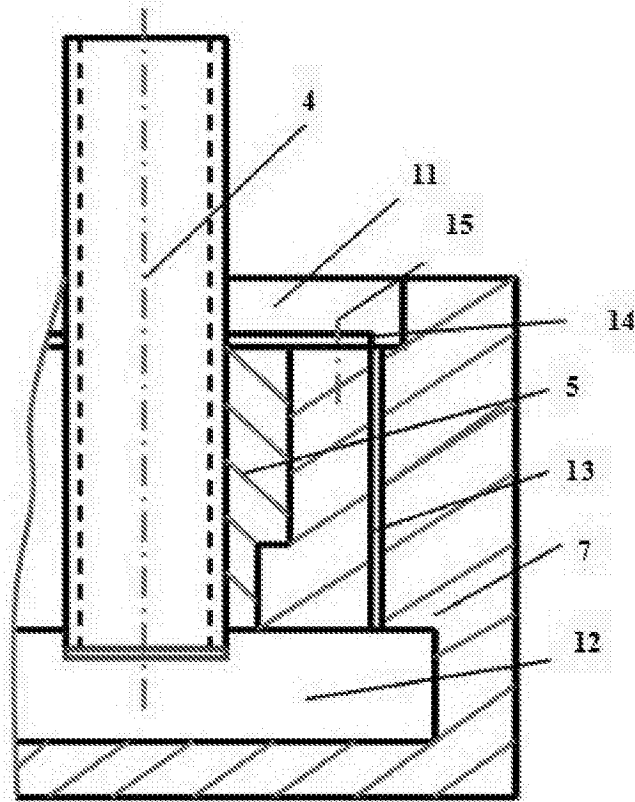


图2

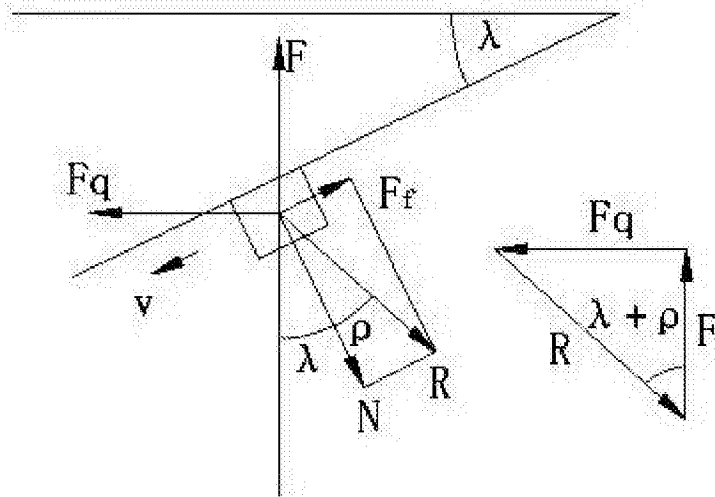


图3

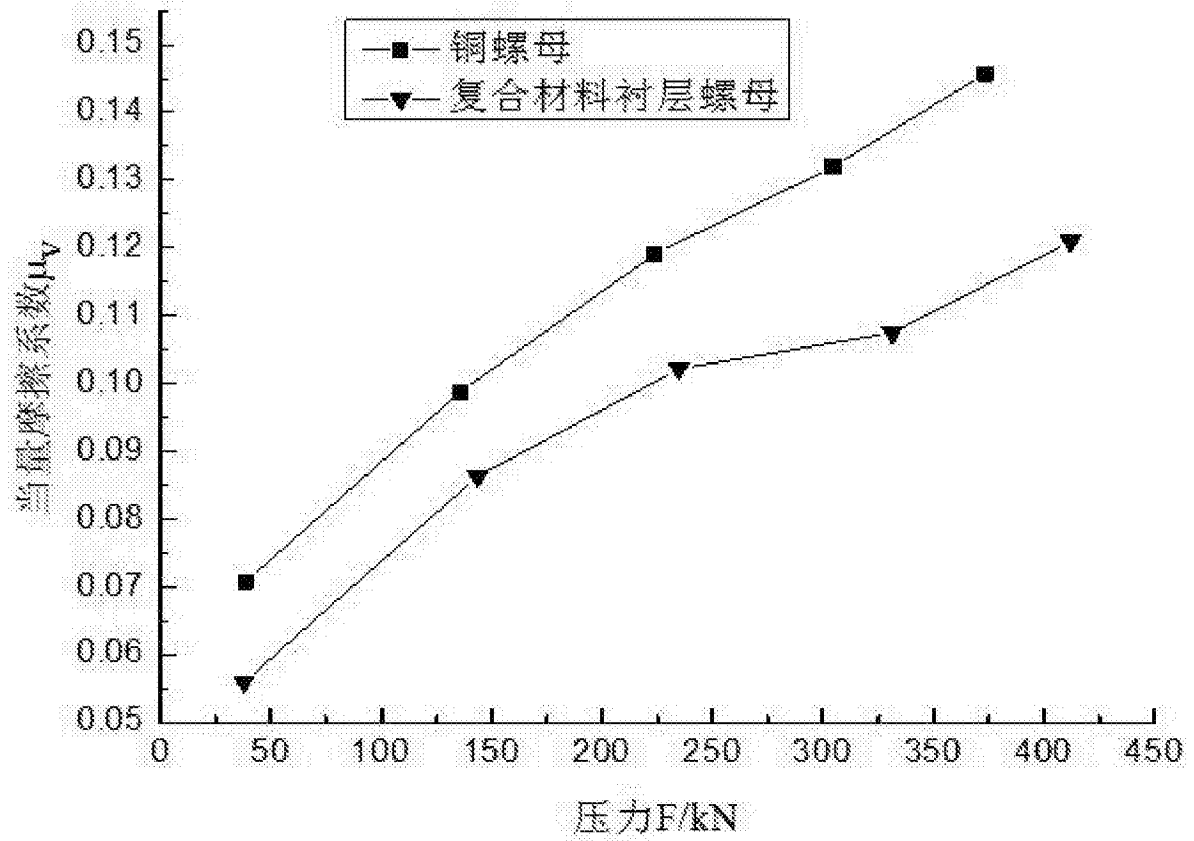


图4