



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 210603692 U

(45)授权公告日 2020.05.22

(21)申请号 201921846967.6

(22)申请日 2019.10.30

(73)专利权人 南京神源生智能科技有限公司

地址 211299 江苏省南京市溧水开发区溧水产业新城云海研发楼

专利权人 南京溧航仿生产业研究院有限公司

(72)发明人 相立峰 李晨 黄肖飞

(74)专利代理机构 南京鼎傲知识产权代理事务所(普通合伙) 32327

代理人 王晶

(51)Int.Cl.

G01L 5/1627(2020.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

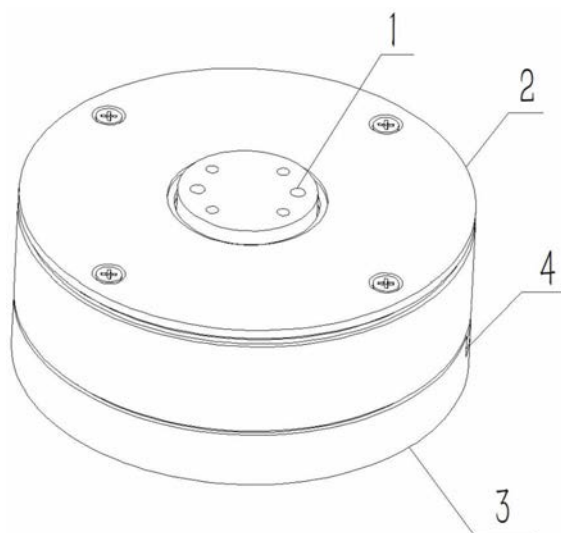
权利要求书2页 说明书12页 附图14页

(54)实用新型名称

一种小量程三维传感器

(57)摘要

本实用新型公开了一种小量程三维传感器,包括弹性体、上盖板、下盖板和电路板,电路板设置在弹性体里面,上盖板和下盖板分别固定在弹性体的上下两侧;弹性体包括受力台、轮箍和四组对称设置的应变梁组,轮箍套设在受力台的外部,四组应变梁组均布设置在受力台和轮箍之间,每组应变梁组的一端与受力台的外表面连接,另一端与轮箍的内表面连接上。本小量程三维传感器弹性体结构简单,易于加工,测量精度高等等的优点。



1. 一种小量程三维传感器,其特征在於:包括弹性体(1)、上盖板(2)、下盖板(3)和电路板(5),电路板(5)设置在弹性体(1)里面,上盖板(2)和下盖板(3)分别固定在弹性体(1)的上下两侧;弹性体(1)包括受力台(6)、轮箍(8)和四组对称设置的应变梁组(7),轮箍(8)套设在受力台(6)的外部,四组应变梁组(7)均布设置在受力台(6)和轮箍(8)之间,每组应变梁组(7)的一端与受力台(6)的外表面连接,另一端与轮箍(8)的内表面连接上,每组应变梁组(7)包括三个应变梁,每组应变梁组(7)整体上呈“T”型;在应变梁上贴应变片;四个应变梁组(7)内的应变片之间连接组成六组惠斯通电桥,六组惠斯通电桥并联,小量程三维传感器的一组电源线和六组信号线焊接到电路板(5),在电路板(5)上焊接16芯线,16芯线从出线口(4)引出弹性体(1),引出弹性体(1)的16芯线焊接航空插头,航空插头接插到数据采集盒。

2. 根据权利要求1所述的小量程三维传感器,其特征在於,在轮箍(8)的内表面上均布设置有四个用于固定电路板(5)的耳座(9)。

3. 根据权利要求1所述的小量程三维传感器,其特征在於,每组应变梁组(7)呈“T”字型,每组应变梁组(7)有三个应变梁组成,则共设有十二个应变梁,分别定义为一号应变梁(7-1)、二号应变梁(7-2)、三号应变梁(7-3)、四号应变梁(7-4)、五号应变梁(7-5)、六号应变梁(7-6)、七号应变梁(7-7)、八号应变梁(7-8)、九号应变梁(7-9)、十号应变梁(7-10)、十一号应变梁(7-11)和十二号应变梁(7-12),一号应变梁(7-1)、四号应变梁(7-4)和九号应变梁(7-9)构成一个应变梁组(7),五号应变梁(7-5)、八号应变梁(7-8)和十二号应变梁(7-12)构成第二个应变梁组(7),二号应变梁(7-2)、三号应变梁(7-3)和十号应变梁(7-10)构成第三个应变梁组(7),六号应变梁(7-6)、七号应变梁(7-7)和十一号应变梁(7-11)构成第四个应变梁组(7);

九号应变梁(7-9)、十号应变梁(7-10)、十一号应变梁(7-11)和十二号应变梁(7-12)一端都与受力台(6)的内表面连接,九号应变梁(7-9)的另一端与一号应变梁(7-1)和四号应变梁(7-4)的汇合点固定,十号应变梁(7-10)的另一端与二号应变梁(7-2)和三号应变梁(7-3)的汇合点固定,十一号应变梁(7-11)的另一端与六号应变梁(7-6)和七号应变梁(7-7)的汇合点固定,十二号应变梁(7-12)的另一端与五号应变梁(7-5)和八号应变梁(7-8)的汇合点固定;

在一号应变梁(7-1)、四号应变梁(7-4)、五号应变梁(7-5)、八号应变梁(7-8)、三号应变梁(7-3)、二号应变梁(7-2)、六号应变梁(7-6)和七号应变梁(7-7)上分别单面粘贴R1应变片、R4应变片、R5应变片、R8应变片、R3应变片、R2应变片、R6应变片和R7应变片;

在九号应变梁(7-9)、十号应变梁(7-10)、十一号应变梁(7-11)和十二号应变梁(7-12)上正反粘贴应变片,应变片的丝栅为 45° 方向的不相连双栅应变片,在九号应变梁(7-9)的一面粘贴R14应变片和R13应变片,在九号应变梁(7-9)的另一面粘贴R9应变片和R10应变片;在十号应变梁(7-10)的一面粘贴R11应变片和R12应变片,在十号应变梁(7-10)的另一面粘贴R15应变片和R16应变片;在十一号应变梁(7-11)的一面粘贴R19应变片和R20应变片,在十一号应变梁(7-11)的另一面粘贴R21应变片和R22应变片;在十二号应变梁(7-12)的一面粘贴R23应变片和R24应变片,在十二号应变梁(7-12)的另一面粘贴R18应变片和R17应变片;

R1应变片、R2应变片、R3应变片和R4应变片构成桥路1,桥路1输出电压为U01,R5应变

片、R6应变片、R7应变片和R8应变片构成桥路2,桥路2输出电压为U02,R9应变片、R10应变片、R11应变片和R12应变片构成桥路3,桥路3输出电压为U03,R13应变片、R14应变片、R15应变片和R16应变片构成桥路4,桥路4输出电压为U04,R17应变片、R18应变片、R19应变片和R20应变片构成桥路5,桥路5输出电压为U05,R21应变片、R22应变片、R23应变片和R24应变片构成桥路6,桥路6输出电压为U06。

一种小量程三维传感器

技术领域

[0001] 本实用新型属于传感器测量领域,涉及一种小量程三维传感器及其测试方法,基于电阻应变式原理,主要用于仿壁虎机器人运动力学测试系统。

背景技术

[0002] 随着科学技术快速发展,传感器已经深入到了工业生产的各个领域,面前典型的有机器人行业、打磨行业、各种各样的摩擦磨损试验机、等等,就传感器原理而言,常见的有电阻应变式原理、光电式原理、电容式原理、电磁式原理、等等,有一维传感器、二维传感器、三维传感器、六维传感器、等等。就三维传感器而言,存在测量精度低,具体表现在维间耦合大,一般达到10%,甚至有点达到30%,尤其在小量程的三维传感器中,这么大的耦合会造成测量误差很大,难以用于工业生产。就仿壁虎运动力学测试系统而言,本身需要的量程较小,再加上测试过程中需要偏心加载,因此耦合大的三维传感器不能使用。

实用新型内容

[0003] 基于上述分析,本实用新型提出了一种新型的小量程三维传感器及测量方法,该三维传感器具有弹性体结构简单、易于加工、特别是理论上维间耦合小,接近于零,测量精度高。如果由于如机加工误差、贴片误差、装配误差等等的误差造成的维间耦合较大,能够通过修四角的工艺来降低维间耦合,使得维间耦合接近于零。

[0004] 具体的技术方案,一种小量程三维传感器,包括弹性体、上盖板、下盖板和电路板,电路板设置在弹性体里面,上盖板和下盖板分别固定在弹性体的上下两侧;弹性体包括受力台、轮箍和四组对称设置的应变梁组,轮箍套设在受力台的外部,四组应变梁组均布设置在受力台和轮箍之间,每组应变梁组的一端与受力台的外表面连接,另一端与轮箍的内表面连接上,每组应变梁组包括三个应变梁,每组应变梁组整体上呈“T”型;在应变梁上贴应变片;四个应变梁组内的应变片之间连接组成六组惠斯通电桥,六组惠斯通电桥并联,小量程三维传感器的一组电源线和六组信号线焊接到电路板,在电路板上焊接16芯线,16芯线从出线口引出弹性体,引出弹性体的16芯线焊接航空插头,航空插头接插到数据采集盒。

[0005] 本实用新型的一种新型小量程的三维传感器,基于电阻应变式原理,其中弹性体为核心部件,其性能指标直接影响着传感器的各项性能指标,尤其应变梁的设计和材料的选择。

[0006] 本实用新型进一步限定的技术方案是:

[0007] 在轮箍的内表面上均布设置有四个用于固定电路板的耳座。

[0008] 每组应变梁组呈“T”字型,每组应变梁组有三个应变梁组成,则共设有十二个应变梁,分别定义为一号应变梁、二号应变梁、三号应变梁、四号应变梁、五号应变梁、六号应变梁、七号应变梁、八号应变梁、九号应变梁、十号应变梁、十一号应变梁和十二号应变梁,一号应变梁、四号应变梁和九号应变梁构成一个应变梁组,五号应变梁、八号应变梁和十二号应变梁构成第二个应变梁组,二号应变梁、三号应变梁和十号应变梁构成第三个应变梁组,

六号应变梁、七号应变梁和十一号应变梁构成第四个应变梁组；

[0009] 九号应变梁、十号应变梁、十一号应变梁和十二号应变梁一端都与受力台的内表面连接，九号应变梁的另一端与一号应变梁和四号应变梁的汇合点固定，十号应变梁的另一端与二号应变梁和三号应变梁的汇合点固定，十一号应变梁的另一端与六号应变梁和七号应变梁的汇合点固定，十二号应变梁的另一端与五号应变梁和八号应变梁的汇合点固定；

[0010] 在一号应变梁、四号应变梁、五号应变梁、八号应变梁、三号应变梁、二号应变梁、六号应变梁和七号应变梁上分别单面粘贴R1应变片、R4应变片、R5应变片、R8应变片、R3应变片、R2应变片、R6应变片和R7应变片；

[0011] 在九号应变梁、十号应变梁、十一号应变梁和十二号应变梁上正反粘贴应变片，应变片的丝栅为45°方向的不相连双栅应变片，在九号应变梁的一面粘贴R14应变片和R13应变片，在九号应变梁的另一面粘贴R9应变片和R10应变片；在十号应变梁的一面粘贴R11应变片和R12应变片，在十号应变梁的另一面粘贴R15应变片和R16应变片；在十一号应变梁的一面粘贴R19应变片和R20应变片，在十一号应变梁的另一面粘贴R21应变片和R22应变片；在十二号应变梁的一面粘贴R23应变片和R24应变片，在十二号应变梁的另一面粘贴R18应变片和R17应变片；

[0012] R1应变片、R2应变片、R3应变片和R4应变片构成桥路1，桥路1输出电压为U01，R5应变片、R6应变片、R7应变片和R8应变片构成桥路2，桥路2输出电压为U02，R9应变片、R10应变片、R11应变片和R12应变片构成桥路3，桥路3输出电压为U03，R13应变片、R14应变片、R15应变片和R16应变片构成桥路4，桥路4输出电压为U04，R17应变片、R18应变片、R19应变片和R20应变片构成桥路5，桥路5输出电压为U05，R21应变片、R22应变片、R23应变片和R24应变片构成桥路6，桥路6输出电压为U06。

[0013] 本实用新型提出的小量程三维传感器的测试方法，包括如下步骤：

[0014] 步骤1) 基于小量程三维传感器的设计参数，在Ansys中进行有限元分析，小量程三维传感器每个方向满量程加载时，各个方向输出电压值为：

[0015] 1.1、Fx满量程正向加载时：

$$U_{Fx} = \frac{K}{4} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3 + \varepsilon_4) U_i$$

[0016]
$$U_{Fy-Fx} = \frac{K}{4} (\varepsilon_5 - \varepsilon_6 - \varepsilon_7 + \varepsilon_8) U_i$$

$$U_{Fz-Fx} = U_{u03} + U_{u04} + U_{u05} + U_{u06}$$

[0017] 其中，下标定义： U_{Fx} 为Fx满量程正向加载时，桥路1(即测量Fx方向的桥路)输出电压； U_{Fy-Fx} 为Fx满量程正向加载时，桥路2(即测量Fy方向的桥路)输出电压； U_{Fz-Fx} 为Fx满量程正向加载时，测量Fz方向的桥路(即桥路3、桥路4、桥路5、桥路6的输出电压之和)输出电压；K为灵敏系数， U_i 为桥路激励电压， ε_1 为R1应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变量， ε_2 为R2应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变量， ε_3 为R3应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变量， ε_4 为R4应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变量， ε_5 为R5应变片覆盖区域丝栅所测量到的

应变量, ε_6 为R6应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变量, ε_7 为R7应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变量, ε_8 为R8应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变量; U_{u03} 为桥路3的输出电压, U_{u04} 为桥路4的输出电压, U_{u05} 为桥路5的输出电压, U_{u06} 为桥路6的输出电压;

[0018] 1.2、 F_y 满量程正向加载时:

$$U_{F_y} = \frac{K}{4} (\varepsilon_5 - \varepsilon_6 - \varepsilon_7 + \varepsilon_8) U_i$$

[0019]
$$U_{F_x-F_y} = \frac{K}{4} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3 + \varepsilon_4) U_i$$

$$U_{F_z-F_y} = U_{u03} + U_{u04} + U_{u05} + U_{u06}$$

[0020] 下标定义: U_{F_y} 为 F_y 满量程正向加载时, 桥路2(即测量 F_y 方向的桥路)输出电压; $U_{F_x-F_y}$ 为 F_y 满量程正向加载时, 桥路1(即测量 F_x 方向的桥路)输出电压; $U_{F_z-F_y}$ 为 F_y 满量程正向加载时, 测量 F_z 方向的桥路(即桥路3、桥路4、桥路5、桥路6的输出电压之和)输出电压;

[0021] 1.3、 F_z 满量程正向加载时:

$$U_{F_z} = U_{u03} + U_{u04} + U_{u05} + U_{u06}$$

[0022]
$$U_{F_x-F_z} = \frac{K}{4} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3 + \varepsilon_4) U_i$$

$$U_{F_y-F_z} = \frac{K}{4} (\varepsilon_5 - \varepsilon_6 - \varepsilon_7 + \varepsilon_8) U_i$$

[0023] 下标定义: U_{F_z} 为 F_z 满量程正向加载时, 测量 F_z 方向的桥路(即桥路3、桥路4、桥路5、桥路6的输出电压之和)输出电压; $U_{F_x-F_z}$ 为 F_z 满量程正向加载时, 桥路1(即测量 F_x 方向的桥路)输出电压; $U_{F_y-F_z}$ 为 F_z 满量程正向加载时, 桥路2(即测量 F_y 方向的桥路)输出电压;

[0024] 步骤2) 维间耦合计算:

[0025] 2.1、 F_x 满量程正向加载时:

[0026] F_y 耦合为:
$$\left| \frac{U_{F_y-F_x}}{U_{F_y}} \right|$$

[0027] F_z 耦合为:
$$\left| \frac{U_{F_z-F_x}}{U_{F_z}} \right|$$

[0028] 2.2、 F_y 满量程正向加载时:

[0029] F_x 耦合为:
$$\left| \frac{U_{F_x-F_y}}{U_{F_x}} \right|$$

[0030] F_z 耦合为:
$$\left| \frac{U_{F_z-F_y}}{U_{F_z}} \right|$$

[0031] 2.3、 F_z 满量程正向加载时:

[0032] F_x 耦合为：
$$\left| \frac{U_{F_x-F_z}}{U_{F_x}} \right|$$

[0033] F_y 耦合为：
$$\left| \frac{U_{F_y-F_z}}{U_{F_y}} \right|。$$

[0034] 本实用新型的测试方法,为了使得维间耦合接近于零,三个方向的测量采用了不同的方法,侧向(F_x 和 F_y)采用弯曲应变测量方法,而法向(F_z)采用剪切应变测量方法,通过Ansys有限元计算,能够达到维间耦合接近于零的目标,即使偏心加载时,维间耦合也接近于零。

[0035] 本实用新型方法的进一步技术方案:

[0036] 给小量程三维传感器的弹性体内受力台加载法向 F_z ,九号应变梁、十号应变梁、十一号应变梁和十二号应变梁的侧面发生剪切变形,组成4个桥路测量 F_z ,组成桥路3、桥路4、桥路5和桥路6,则:

$$U_{uo3} = \frac{K}{4} (\varepsilon_9 - \varepsilon_{10} - \varepsilon_{11} + \varepsilon_{12}) U_i \quad (4)$$

$$U_{uo4} = \frac{K}{4} (\varepsilon_{13} - \varepsilon_{14} - \varepsilon_{15} + \varepsilon_{16}) U_i \quad (5)$$

[0037]

$$U_{uo5} = \frac{K}{4} (\varepsilon_{17} - \varepsilon_{18} - \varepsilon_{19} + \varepsilon_{20}) U_i \quad (6)$$

$$U_{uo6} = \frac{K}{4} (\varepsilon_{21} - \varepsilon_{22} - \varepsilon_{23} + \varepsilon_{24}) U_i \quad (7)$$

[0038] 将桥路3、桥路4、桥路5和桥路6相加,得到法向 F_z 的值,即:

[0039]
$$U_{F_z} = U_{uo3} + U_{uo4} + U_{uo5} + U_{uo6}。$$

[0040] 由于本实用新型三维传感器量程较小,采用剪切应变测量法向(F_z)时,如果设计一个电桥测量时,应变难以达到所需求的分辨率和精度,如果非要达到所需要的应变,应变梁的厚度小于1mm,由于本实用新型弹性体材料为铝,小于1mm的应变梁在机加工过程中势必要变形,一般对铝件的加工要求,应变梁的厚度至少1mm,因此,设计了四个桥路测量法向(F_z),最后将这四个桥路测量结果在软件中相加,得到法向(F_z)力值(或者电压值)。这样通过多个桥路测量具体某一个方向的方法,科学有效地解决了小量程多维力传感器的研制。

[0041] 给小量程三维传感器的弹性体内受力台加载 F_x ,一号应变梁、二号应变梁、三号应变梁和四号应变梁发生弯曲应变,R1应变片和R4应变片受到拉应变,R2应变片和R3应变片受到压应变,组成桥路1,则:

[0042]
$$U_{F_x} = U_{uo1} = \frac{K}{4} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3 + \varepsilon_4) U_i。$$

[0043] 给小量程三维传感器的弹性体内受力台加载 F_y ,五号应变梁、六号应变梁、七号应变梁和八号应变梁发生弯曲应变,R5应变片和R8应变片受到拉应变,R6应变片和R7应变片

受到压应变,组成桥路2,则:

$$[0044] \quad U_{Fy} = U_{U02} = \frac{K}{4} (\varepsilon_5 - \varepsilon_6 - \varepsilon_7 + \varepsilon_8) U_i。$$

[0045] 本测试方法中提出的Ansys为已知技术,是美国ANSYS公司研制的大型通用有限元分析 (FEA) 软件。

[0046] 本实用新型的有益效果是:

[0047] 1、本小量程三维传感器弹性体结构简单,易于加工,测量精度高等等的优点。

[0048] 2、本测试方法,由于本实用新型的三维传感器量程较小,为了达到足够大的分辨率和精度,应变梁很薄,往往小于1mm,难以加工,特别是对弹性体为铝时,稍有不慎应变梁就会变形,为了解决这样的问题,本实用新型采用了多个桥路测量一个方向的测量方法,将各个桥路的测量值在软件里面相加得到这个桥路的力值(或者电压值),这种测量方法科学有效地解决了小量程甚至微小量程传感器的设计方法。

附图说明

[0049] 图1为本实用新型小量程三维传感器的整体结构示意图。

[0050] 图2为图1的剖视图。

[0051] 图3为小量程三维传感器内弹性体的结构示意图。

[0052] 图4为弹性体上应变梁的分布示意图。

[0053] 图5为弹性体的应变梁上粘贴应变片的分布示意图(图中增加了应变梁9、应变梁10、应变梁11和应变梁12上粘贴应变片的示意图)。

[0054] 图6为图5中A-A剖视图。

[0055] 图7为图5中H-H剖视图。

[0056] 图8为图5中D-D剖视图。

[0057] 图9为图5中E-E剖视图。

[0058] 图10为图5中G-G剖视图。

[0059] 图11为图5中B-B剖视图。

[0060] 图12为图5中F-F剖视图。

[0061] 图13为图5中C-C剖视图。

[0062] 图14为R1-R8应变片的示意图。

[0063] 图15为R9-R24应变片的示意图。

[0064] 图16为小量程三维传感器的组桥原理图。

[0065] 图17为弹性体三维模型受加载 F_x 、 F_y 的示意图。

[0066] 图18为弹性体三维模型受加载 F_x 、 F_z 的示意图。

[0067] 图19为举例中小量程三维传感器的弹性体的主视图。

[0068] 图20为举例中小量程三维传感器的组桥原理图。

具体实施方式

[0069] 下面对本实用新型技术方案进行详细说明,但是本实用新型的保护范围不局限于所述实施例。

[0070] 为了使本实用新型的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图1-20及实施例,对本实用新型进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本实用新型,并不用于限定本实用新型。

实施例

[0071] 如图1和2所示,一种小量程三维传感器,包括弹性体1、上盖板2、下盖板3和电路板5,电路板5设置在弹性体1里面,上盖板2和下盖板3分别固定在弹性体1的上下两侧;弹性体1包括受力台6、轮箍8和四组对称设置的应变梁组7,轮箍8套设在受力台6的外部,四组应变梁组7均布设置在受力台6和轮箍8之间,每组应变梁组7的一端与受力台6的外表面连接,另一端与轮箍8的内表面连接上,每组应变梁组7包括三个应变梁,每组应变梁组7整体上呈“T”型;在应变梁上贴应变片;四个应变梁组7内的应变片之间连接组成六组惠斯通电桥,六组惠斯通电桥并联,小量程三维传感器的一组电源线和六组信号线焊接到电路板5,在电路板5上焊接16芯线,16芯线从出线口4引出弹性体1,引出弹性体1的16芯线焊接航空插头,航空插头接插到数据采集盒。

[0072] 本实施例的一种新型小量程的三维传感器,主要用于仿壁虎机器人运动力学测试系统,本发明所涉及的三维传感器基于电阻应变式原理,其中弹性体为核心部件,其性能指标直接影响着传感器的各项性能指标,尤其应变梁的设计和材料的选择。

[0073] 在轮箍8的内表面上均布设置有四个用于固定电路板5的耳座9。

[0074] 如图4所示,每组应变梁组7呈“T”字型,每组应变梁组7有三个应变梁组成,则共设有十二个应变梁,分别定义为一号应变梁7-1、二号应变梁7-2、三号应变梁7-3、四号应变梁7-4、五号应变梁7-5、六号应变梁7-6、七号应变梁7-7、八号应变梁7-8、九号应变梁7-9、十号应变梁7-10、十一号应变梁7-11和十二号应变梁7-12,一号应变梁7-1、四号应变梁7-4和九号应变梁7-9构成一个应变梁组7,五号应变梁7-5、八号应变梁7-8和十二号应变梁7-12构成第二个应变梁组7,二号应变梁7-2、三号应变梁7-3和十号应变梁7-10构成第三个应变梁组7,六号应变梁7-6、七号应变梁7-7和十一号应变梁7-11构成第四个应变梁组7。

[0075] 如图4所示,九号应变梁7-9、十号应变梁7-10、十一号应变梁7-11和十二号应变梁7-12一端都与受力台6的内表面连接,九号应变梁7-9的另一端与一号应变梁7-1和四号应变梁7-4的汇合点固定,十号应变梁7-10的另一端与二号应变梁7-2和三号应变梁7-3的汇合点固定,十一号应变梁7-11的另一端与六号应变梁7-6和七号应变梁7-7的汇合点固定,十二号应变梁7-12的另一端与五号应变梁7-5和八号应变梁7-8的汇合点固定。

[0076] 如图6-13所示,在一号应变梁7-1、四号应变梁7-4、五号应变梁7-5、八号应变梁7-8、三号应变梁7-3、二号应变梁7-2、六号应变梁7-6和七号应变梁7-7上分别单面粘贴R1应变片、R4应变片、R5应变片、R8应变片、R3应变片、R2应变片、R6应变片和R7应变片。

[0077] 如图14所示,本实施例中,R1-R8所选应变片的型号为:BF350-2.2AA(23)T8,敏感栅尺寸:长(L)×宽(W)(mm):2.2×1.8,基底尺寸:长(L)×宽(W)(mm):5.1×2.4。

[0078] 在九号应变梁7-9、十号应变梁7-10、十一号应变梁7-11和十二号应变梁7-12上正反粘贴应变片,应变片为45°方向的双栅不相连应变片,在九号应变梁7-9的一面粘贴R14应变片和R13应变片,在九号应变梁7-9的另一面粘贴R9应变片和R10应变片;在十号应变梁7-10的一面粘贴R11应变片和R12应变片,在十号应变梁7-10的另一面粘贴R15应变片和R16应

变片；在十一号应变梁7-11的一面粘贴R19应变片和R20应变片，在十一号应变梁7-11的另一面粘贴R21应变片和R22应变片；在十二号应变梁7-12的一面粘贴R23应变片和R24应变片，在十二号应变梁7-12的另一面粘贴R18应变片和R17应变片。

[0079] 如图15所示，R9-R24为的丝栅为45°方向的不相连双栅应变片，专门用来测量剪切应变，R9-R24所选应变片的型号为：BF350-2HA-A(23)N4，敏感栅尺寸：长(L)×宽(W)(mm)：2.0×4.4，基底尺寸：长(L)×宽(W)(mm)：9×5.6。

[0080] 如图14和15所示，丝栅定位标b和焊点c图中已经标出，R1-R8以中心线a对称，贴片时注意方向，不能将丝栅与焊点弄反。贴片工艺、加压固化、贴片质量检查等等参照《应变式传感器贴片工艺指导书》。

[0081] 由于传感器在加工生产过程中，各种各样的误差会造成维间耦合较大，典型的误差有机加工误差、贴片误差、装配误差、等等，这些误差的存在会造成维间耦合大于理论值，现有技术中采用通过修四角的工艺来使得维间耦合接近于零。本实施例具体的方法为：在应变较小的梁的背面用锉刀挫，增大贴片区域的应变量，使得维间耦合减小。

[0082] 如图16所示，R1应变片、R2应变片、R3应变片和R4应变片构成桥路1，桥路1输出电压为U01，R5应变片、R6应变片、R7应变片和R8应变片构成桥路2，桥路2输出电压为U02，R9应变片、R10应变片、R11应变片和R12应变片构成桥路3，桥路3输出电压为U03，R13应变片、R14应变片、R15应变片和R16应变片构成桥路4，桥路4输出电压为U04，R17应变片、R18应变片、R19应变片和R20应变片构成桥路5，桥路5输出电压为U05，R21应变片、R22应变片、R23应变片和R24应变片构成桥路6，桥路6输出电压为U06。

[0083] 由于本实用新型三维传感器量程较小，采用剪切应变测量法向(Fz)时，如果设计一个电桥测量时，应变量难以达到所需求的分辨率和精度，如果一定要达到所需要的应变量，应变梁的厚度小于1mm，由于本实用新型弹性体材料为铝，小于1mm的应变梁在机加工过程中势必要变形，一般对铝件的加工要求，应变梁的厚度至少1mm，因此，设计了四个桥路测量法向(Fz)，最后将这四个桥路测量结果在软件中相加，得到法向(Fz)力值(或者电压值)。这样通过多个桥路测量具体某一个方向的方法，科学有效地解决了小量程多维力传感器的研制。

[0084] 小量程三维传感器的测试方法，包括如下步骤：

[0085] 步骤1基于小量程三维传感器的设计参数，在Ansys中进行有限元分析，小量程三维传感器每个方向满量程加载时，各个方向输出电压值为：

[0086] 1.1、Fx满量程正向加载时：

$$U_{Fx} = \frac{K}{4} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3 + \varepsilon_4) U_i$$

[0087]

$$U_{Fy-Fx} = \frac{K}{4} (\varepsilon_5 - \varepsilon_6 - \varepsilon_7 + \varepsilon_8) U_i$$

$$U_{Fz-Fx} = U_{u03} + U_{u04} + U_{u05} + U_{u06}$$

[0088] 其中，下标定义： U_{Fx} 为Fx满量程正向加载时，桥路1即测量Fx方向的桥路输出电压； U_{Fy-Fx} 为Fx满量程正向加载时，桥路2即测量Fy方向的桥路输出电压； U_{Fz-Fx} 为Fx满量程正向

加载时,测量Fz方向的桥路即桥路3、桥路4、桥路5、桥路6的输出电压之和输出电压;K为灵敏系数, U_i 为桥路激励电压, ε_1 为R1应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_2 为R2应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_3 为R3应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_4 为R4应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_5 为R5应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_6 为R6应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_7 为R7应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_8 为R8应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量; U_{u03} 为桥路3的输出电压, U_{u04} 为桥路4的输出电压, U_{u05} 为桥路5的输出电压, U_{u06} 为桥路6的输出电压;

[0089] 1.2、Fy满量程正向加载时:

$$U_{Fy} = \frac{K}{4} (\varepsilon_5 - \varepsilon_6 - \varepsilon_7 + \varepsilon_8) U_i$$

[0090]
$$U_{Fx-Fy} = \frac{K}{4} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3 + \varepsilon_4) U_i$$

$$U_{Fz-Fy} = U_{u03} + U_{u04} + U_{u05} + U_{u06}$$

[0091] 下标定义: U_{Fy} 为Fy满量程正向加载时,桥路2即测量Fy方向的桥路输出电压; U_{Fx-Fy} 为Fy满量程正向加载时,桥路1即测量Fx方向的桥路输出电压; U_{Fz-Fy} 为Fy满量程正向加载时,测量Fz方向的桥路即桥路3、桥路4、桥路5、桥路6的输出电压之和输出电压。

[0092] 1.3、Fz满量程正向加载时:

$$U_{Fz} = U_{u03} + U_{u04} + U_{u05} + U_{u06}$$

[0093]
$$U_{Fx-Fz} = \frac{K}{4} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3 + \varepsilon_4) U_i$$

$$U_{Fy-Fz} = \frac{K}{4} (\varepsilon_5 - \varepsilon_6 - \varepsilon_7 + \varepsilon_8) U_i$$

[0094] 下标定义: U_{Fz} 为Fz满量程正向加载时,测量Fz方向的桥路即桥路3、桥路4、桥路5、桥路6的输出电压之和输出电压; U_{Fx-Fz} 为Fz满量程正向加载时,桥路1即测量Fx方向的桥路输出电压; U_{Fy-Fz} 为Fz满量程正向加载时,桥路2即测量Fy方向的桥路输出电压。

[0095] 步骤2) 维间耦合计算:

[0096] 2.1、Fx满量程正向加载时:

[0097] Fy耦合为:
$$\left| \frac{U_{Fy-Fx}}{U_{Fy}} \right|$$

[0098] Fz耦合为:
$$\left| \frac{U_{Fz-Fx}}{U_{Fz}} \right|$$

[0099] 2.2、Fy满量程正向加载时:

[0100] F_x 耦合为：
$$\left| \frac{U_{F_x-F_y}}{U_{F_x}} \right|$$

[0101] F_z 耦合为：
$$\left| \frac{U_{F_z-F_y}}{U_{F_z}} \right|$$

[0102] 2.3、 F_z 满量程正向加载时：

[0103] F_x 耦合为：
$$\left| \frac{U_{F_x-F_z}}{U_{F_x}} \right|$$

[0104] F_y 耦合为：
$$\left| \frac{U_{F_y-F_z}}{U_{F_y}} \right|。$$

[0105] 在仿壁虎机器人运动力学测试系统中需要偏心加载,如果传感器的维间耦合较大,势必影响着测量精度,本实施例法向(F_z)的测量和侧向(F_x 和 F_y)测量采用不同的方法,理论上能够实现维间耦合接近于零的目标,提高了传感器的测量精度,维间耦合的性能指标远远优于目前市面的三维传感器(目前市面上的三维传感器维间耦合在10%左右,甚至有的大到30%)。

[0106] 为了使得维间耦合接近于零,三个方向的测量采用了不同的方法,侧向 F_x 和 F_y 采用弯曲应变测量方法,而法向 F_z 采用剪切应变测量方法,通过Ansys有限元计算,能够达到维间耦合接近于零的目标,即使偏心加载时,维间耦合也接近于零。

[0107] 本实施例测试方法,如图4所示,小量程三维传感器的弹性体的三维模型,中间为受力台(或者加载台),由12根应变梁组成,轮箍用来固定传感器,贴片图如图6-图13所示,组桥原理图如图16所示,具体测量原理为:

[0108] 如图17和18所示,给小量程三维传感器的弹性体1内受力台6加载 F_x ,一号应变梁7-1、二号应变梁7-2、三号应变梁7-3和四号应变梁7-4发生弯曲变形,R1应变片和R4应变片受到拉应变,R2应变片和R3应变片受到压应变,组成桥路1,则:

[0109]
$$U_{F_x} = U_{U01} = \frac{K}{4} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3 + \varepsilon_4) U_i$$

[0110] 其中, U_{u01} 为桥路1的输出电压, K 为灵敏系数, U_i 为桥路激励电压, ε_1 为R1应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_2 为R2应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_3 为R3应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_4 为R4应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量。

[0111] 如图17和18所示,给小量程三维传感器的弹性体1内受力台6加载 F_y ,五号应变梁7-5、六号应变梁7-6、七号应变梁7-7和八号应变梁7-8发生弯曲应变,R5应变片和R8应变片受到拉应变,R6应变片和R7应变片受到压应变,组成桥路2,则:

[0112]
$$U_{F_y} = U_{U02} = \frac{K}{4} (\varepsilon_5 - \varepsilon_6 - \varepsilon_7 + \varepsilon_8) U_i$$

[0113] 其中, U_{u02} 为桥路2的输出电压, K 为灵敏系数, U_i 为桥路激励电压, ε_5 为R5应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_6 为R6应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_7 为R7应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_8 为R8应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量。

[0114] 如图17和18所示,给小量程三维传感器的弹性体1内受力台6加载 F_z ,九号应变梁

7-9、十号应变梁7-10、十一号应变梁7-11和十二号应变梁7-12的侧面发生剪切变形,组成4个桥路测量Fz,组成桥路3、桥路4、桥路5和桥路6,则:

$$U_{uo3} = \frac{K}{4}(\varepsilon_9 - \varepsilon_{10} - \varepsilon_{11} + \varepsilon_{12})U_i \quad (4)$$

$$U_{uo4} = \frac{K}{4}(\varepsilon_{13} - \varepsilon_{14} - \varepsilon_{15} + \varepsilon_{16})U_i \quad (5)$$

[0115]

$$U_{uo5} = \frac{K}{4}(\varepsilon_{17} - \varepsilon_{18} - \varepsilon_{19} + \varepsilon_{20})U_i \quad (6)$$

$$U_{uo6} = \frac{K}{4}(\varepsilon_{21} - \varepsilon_{22} - \varepsilon_{23} + \varepsilon_{24})U_i \quad (7)$$

[0116] 将桥路3、桥路4、桥路5和桥路6相加,得到法向Fz的值,即:

$$[0117] \quad U_{Fz} = U_{uo3} + U_{uo4} + U_{uo5} + U_{uo6}$$

[0118] 其中,U_{uo3}为桥路3的输出电压,U_{uo4}为桥路4的输出电压,U_{uo5}为桥路5的输出电压,U_{uo6}为桥路6的输出电压,K为灵敏系数,U_i为桥路激励电压, ε_9 为R9应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_{10} 为R10应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_{11} 为R11应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_{12} 为R12应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_{13} 为R13应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_{14} 为R14应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_{15} 为R15应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_{16} 为R16应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量; ε_{17} 为R17应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_{18} 为R18应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_{19} 为R19应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_{20} 为R20应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_{21} 为R21应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_{22} 为R22应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_{23} 为R23应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量, ε_{24} 为R24应变片覆盖区域丝栅所测量到的应变变量。

[0119] 由于本实用新型三维传感器量程较小,采用剪切应变测量法向Fz时,如果设计一个电桥测量时,应变变量难以达到所需求的分辨率和精度,如果一定要达到所需要的应变变量,应变梁的厚度小于1mm,由于本实用新型弹性体材料为铝,小于1mm的应变梁在机加工过程中势必要变形,一般对铝件的加工要求,应变梁的厚度至少1mm,因此,设计了四个桥路测量法向Fz,最后将这四个桥路测量结果在软件中相加,得到法向Fz力值或者电压值。这样通过多个桥路测量具体某一个方向的方法,科学有效地解决了小量程多维力传感器的研制。

[0120] 举例1:

[0121] 基于要求设置一个小量程三维传感器,并进行测试,如图19所示,传感器的接线端子R粘贴在受力台的圆柱面上。

[0122] 1.如果传感器不做温度零点补偿,只需要一种接线端子,型号:DTA5-G2;如果做温度零点补偿,还需要DTA3-G1型接线端子,接线端子分布和接线方式如图20所示。

[0123] 2.桥路连接图中的R_{axx}为零点补偿,补偿标准按照《应变式传感器贴片规范及质量要求工艺指导书》执行,建议补偿丝长度不超过1.5cm,补偿丝应铺开,不可团成球状,操作时不能弄破补偿丝防护漆层,否则会影响稳定性。

[0124] 3. 桥路连接图中的 $R_{t_{xx}}$ 为零点温度补偿, 补偿标准按照《应变式传感器贴片规范及质量要求工艺指导书》执行。

[0125] 4. 保护胶层厚度不超过1mm, 补偿丝及胶层总厚度2.0mm。

[0126] 5. 零点补偿、零点温度补偿质量检查等等参照《应变式传感器贴片规范及质量要求工艺指导书》。

[0127] 步骤1) 基于小量程三维传感器的设计参数, 在Ansys中进行有限元计算, 小量程三维传感器每个方向满量程加载时, 各个方向输出电压值为:

[0128] 1.1、 F_x 满量程正向加载时:

$$U_{F_x} = \frac{K}{4}(\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3 + \varepsilon_4)U_i = 2.78(mV)$$

[0129]
$$U_{F_y-F_x} = \frac{K}{4}(\varepsilon_5 - \varepsilon_6 - \varepsilon_7 + \varepsilon_8)U_i = 2.05 \times 10^{-4}(mV)$$

$$U_{F_z-F_x} = U_{u_{o3}} + U_{u_{o4}} + U_{u_{o5}} + U_{u_{o6}} = 2.7425 \times 10^{-3}(mV)$$

[0130] 1.2、 F_y 满量程正向加载时:

$$U_{F_y} = \frac{K}{4}(\varepsilon_5 - \varepsilon_6 - \varepsilon_7 + \varepsilon_8)U_i = 2.78(mV)$$

[0131]
$$U_{F_x-F_y} = \frac{K}{4}(\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3 + \varepsilon_4)U_i = 1.9875 \times 10^{-3}(mV)$$

$$U_{F_z-F_y} = U_{u_{o3}} + U_{u_{o4}} + U_{u_{o5}} + U_{u_{o6}} = -0.45 \times 10^{-4}(mV)$$

[0132] 1.3、 F_z 满量程正向加载时:

$$U_{F_z} = U_{u_{o3}} + U_{u_{o4}} + U_{u_{o5}} + U_{u_{o6}} = 3.16(mV)$$

[0133]
$$U_{F_x-F_z} = \frac{K}{4}(\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3 + \varepsilon_4)U_i = 2.2185 \times 10^{-4}(mV)$$

$$U_{F_y-F_z} = \frac{K}{4}(\varepsilon_5 - \varepsilon_6 - \varepsilon_7 + \varepsilon_8)U_i = 1.78425 \times 10^{-4}(mV)$$

[0134] 步骤2) 维间耦合计算:

[0135] 2.1、 F_x 满量程正向加载时:

$$F_y \text{ 耦合为: } \left| \frac{U_{F_y-F_x}}{U_{F_y}} \right| = \left| \frac{2.05 \times 10^{-4}}{2.786225} \right| = 0.007\%;$$

[0136]

$$F_z \text{ 耦合为: } \left| \frac{U_{F_z-F_x}}{U_{F_z}} \right| = \left| \frac{2.7425 \times 10^{-3}}{3.1552475} \right| = 0.09\%;$$

[0137] 2.2、 F_y 满量程正向加载时:

$$F_x \text{ 耦合为: } \left| \frac{U_{F_x-F_y}}{U_{F_x}} \right| = \left| \frac{1.9875 \times 10^{-3}}{2.77925} \right| = 0.07\%;$$

[0138]

$$F_z \text{ 耦合为: } \left| \frac{U_{F_z-F_y}}{U_{F_z}} \right| = \left| \frac{-0.45 \times 10^{-4}}{3.1552475} \right| = 0.01\%;$$

[0139] 2.3、 F_z 满量程正向加载时:

[0140]
$$\text{Fx 耦合为: } \left| \frac{U_{Fx-Fz}}{U_{Fx}} \right| = \left| \frac{2.2185 \times 10^{-4}}{2.77925} \right| = 0.007\%;$$
$$\text{Fy 耦合为: } \left| \frac{U_{Fy-Fz}}{U_{Fy}} \right| = \left| \frac{1.78425 \times 10^{-4}}{2.786225} \right| = 0.006\%;$$

[0141] 如上举例所述,本例的三维传感器精度高,耦合很小,基本上接近于零。

[0142] 以上实施例仅为说明本实用新型的技术思想,不能以此限定本实用新型的保护范围,凡是按照本实用新型提出的技术思想,在技术方案基础上所做的任何改动,均落入本实用新型保护范围之内。

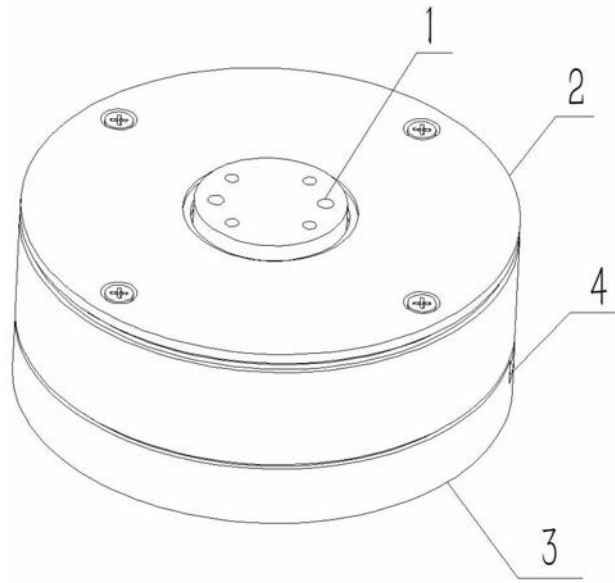


图1

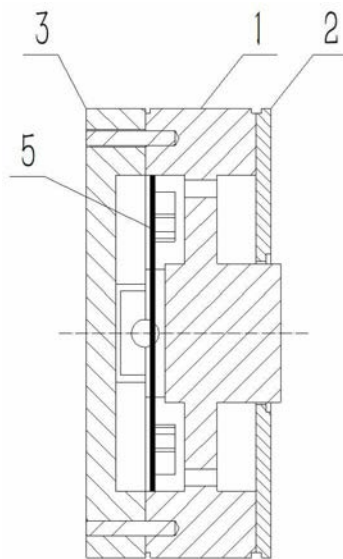


图2

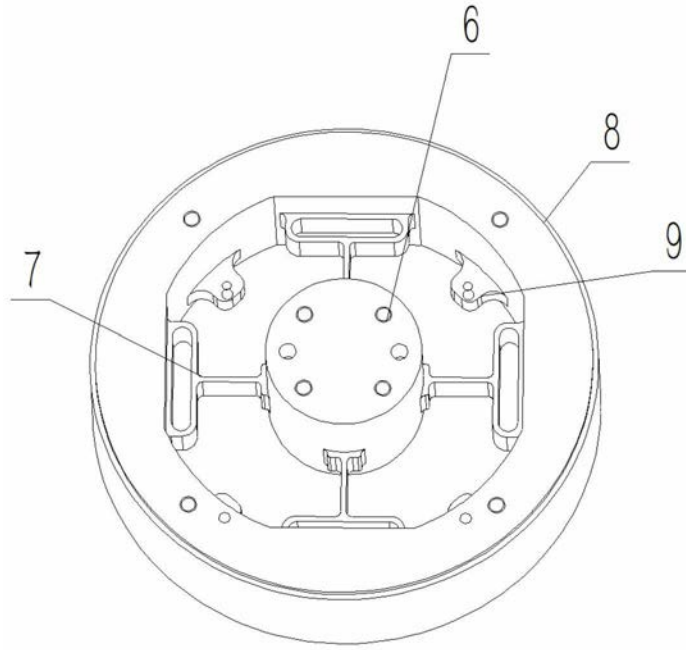


图3

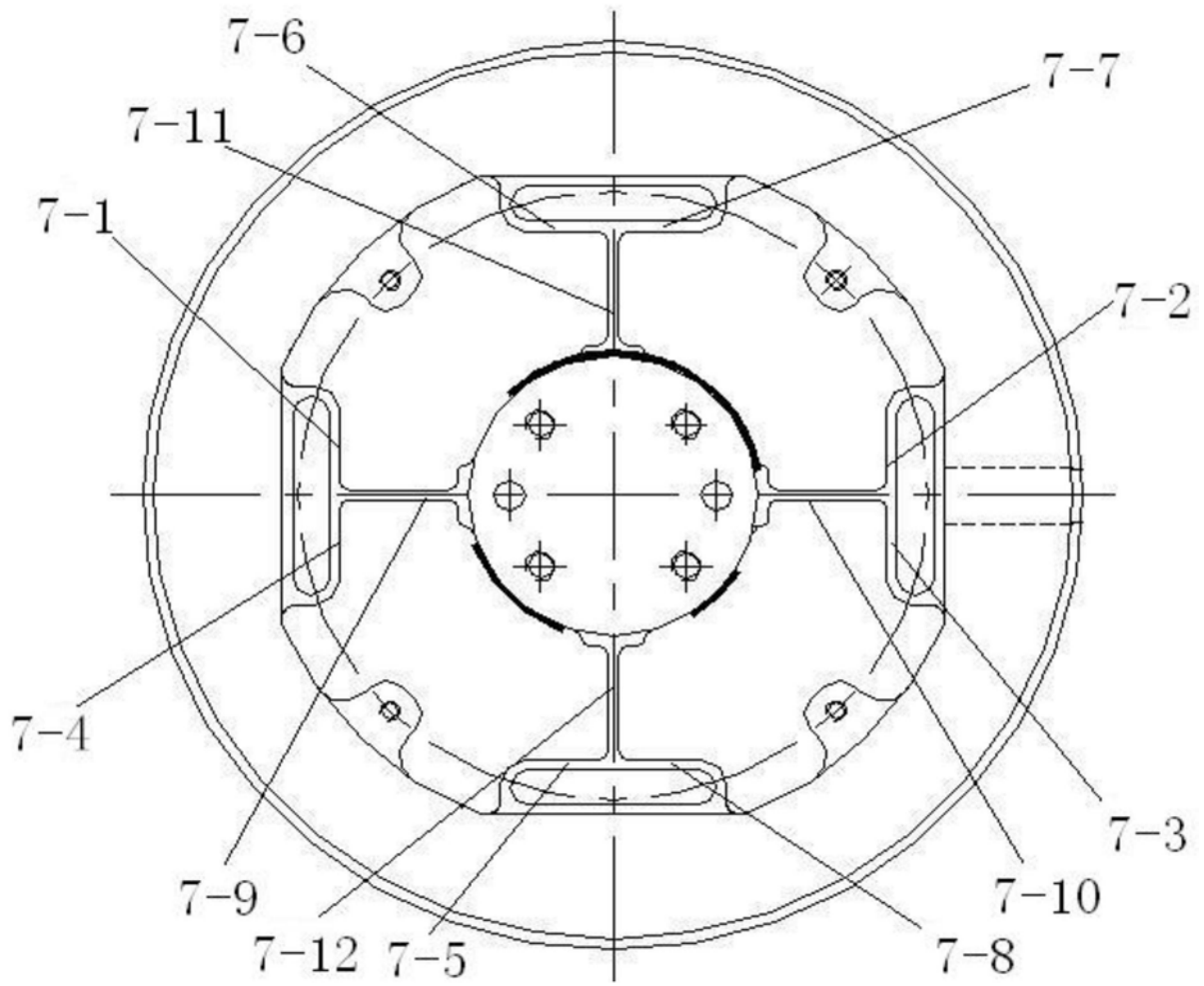


图4

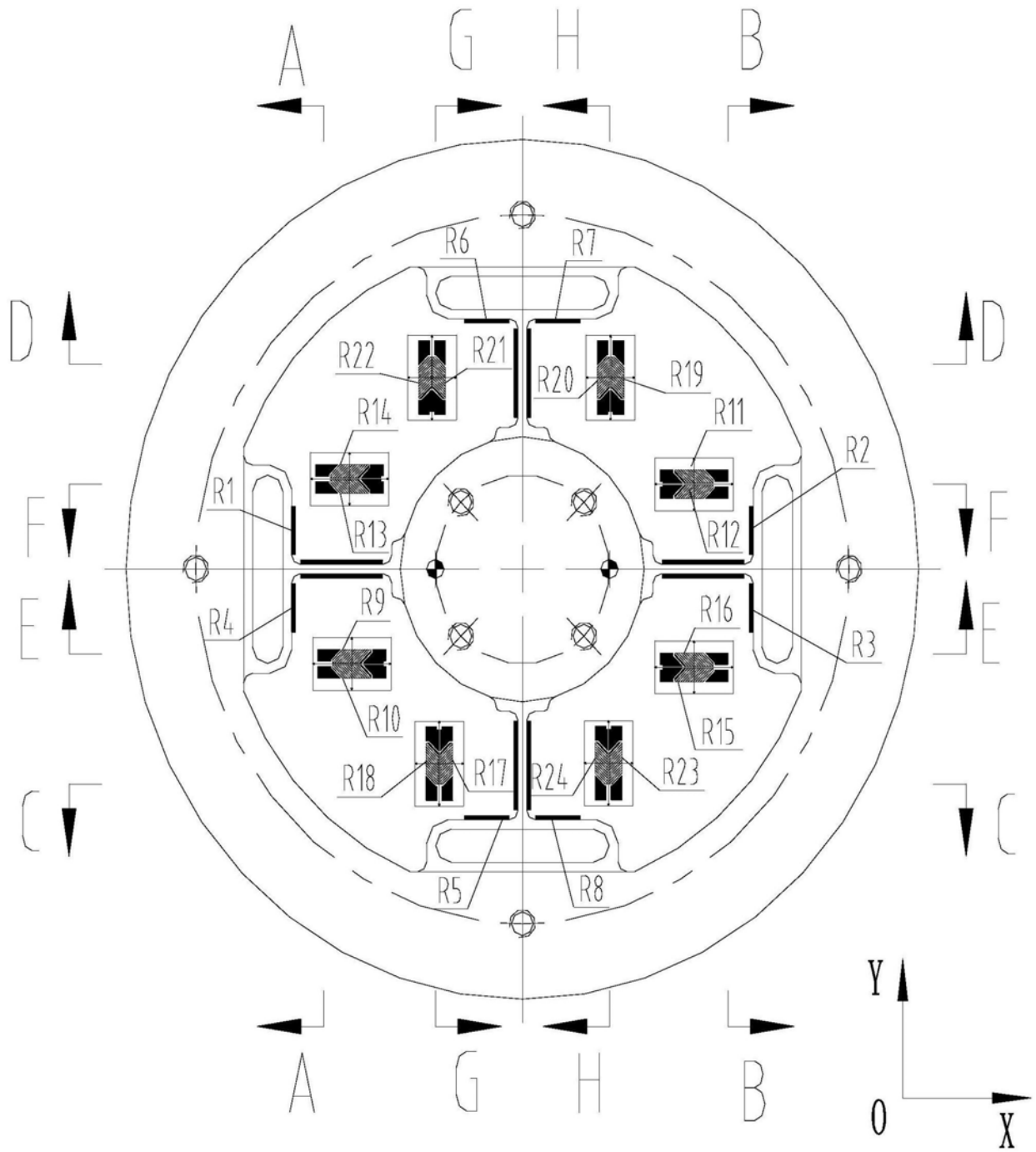


图5

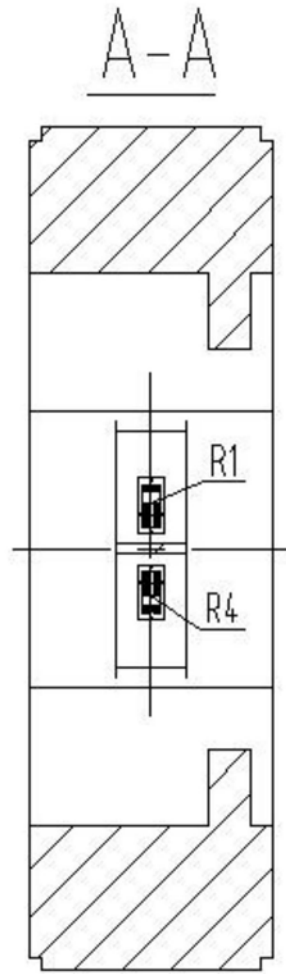


图6

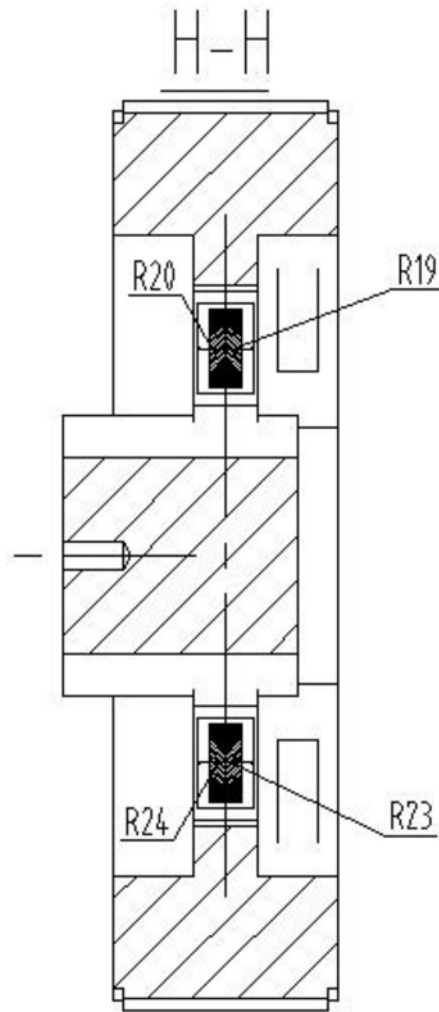


图7

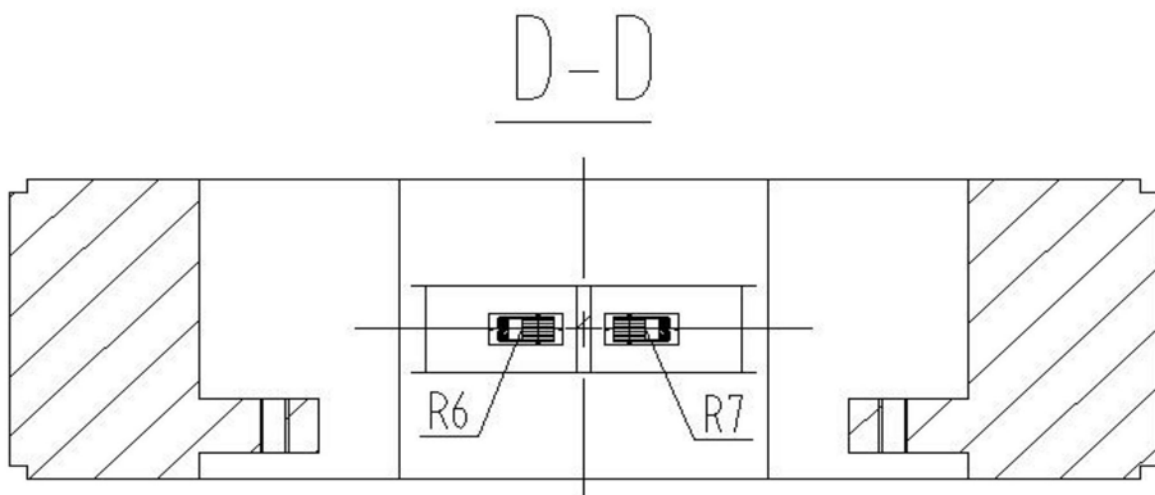


图8

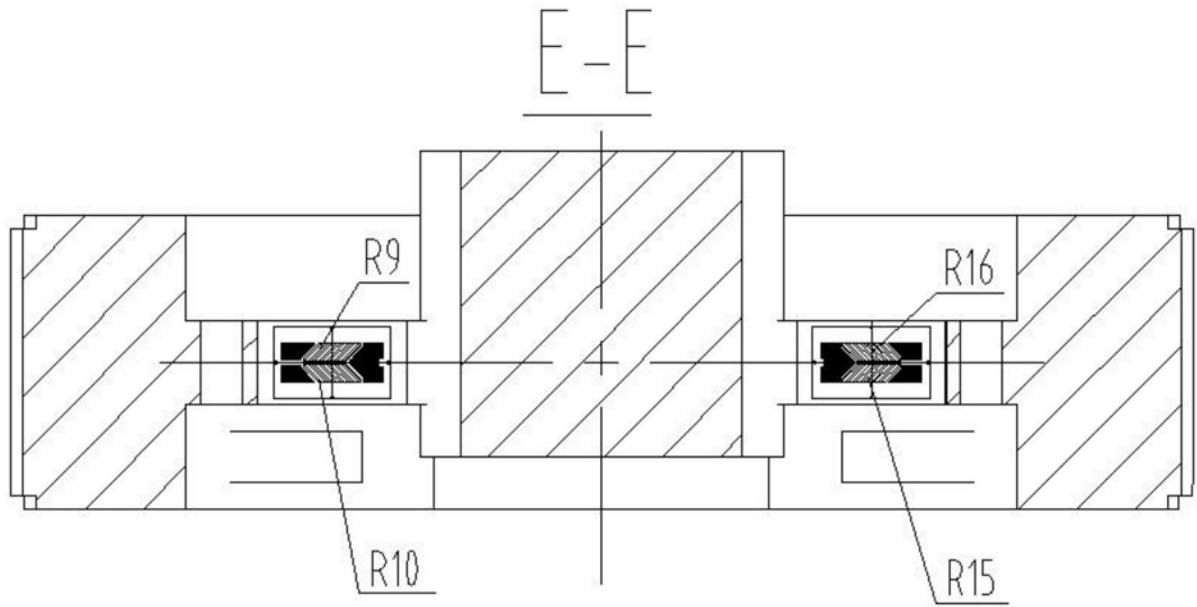


图9

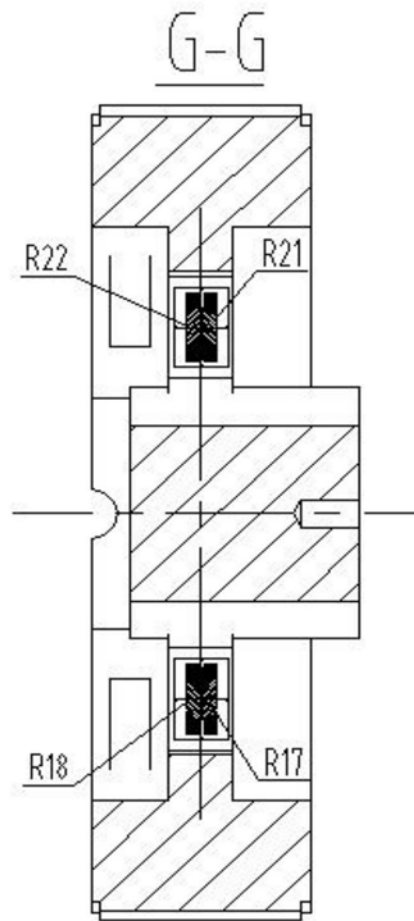


图10

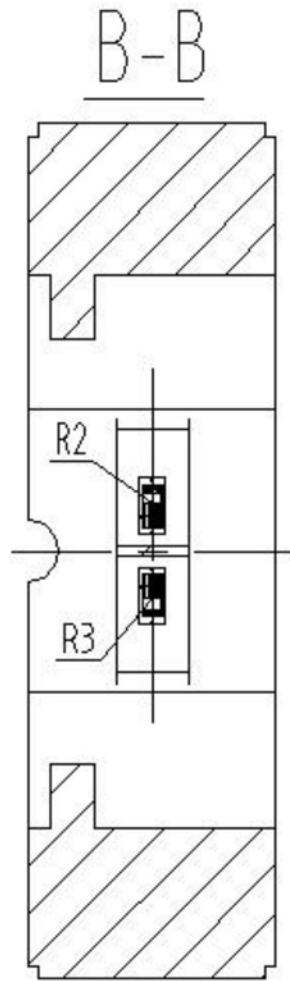


图11

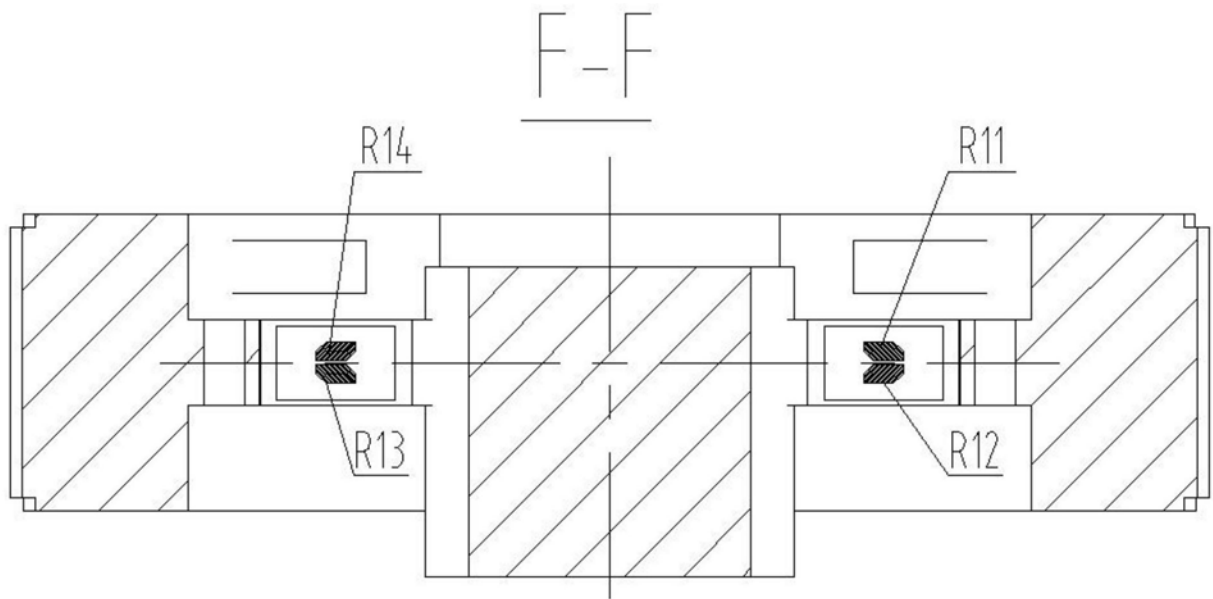


图12

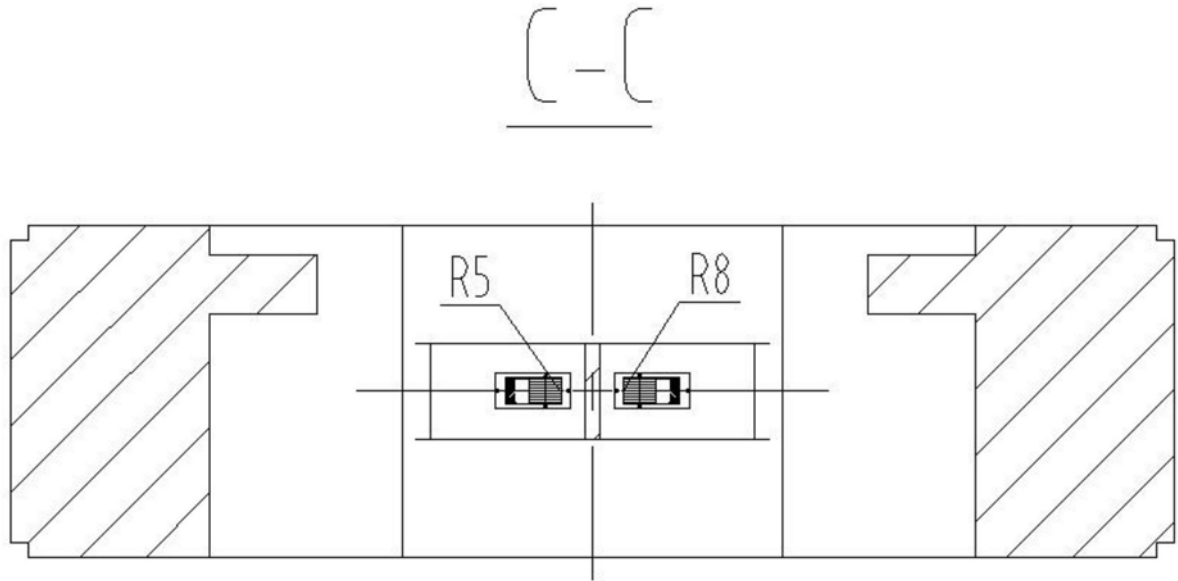


图13

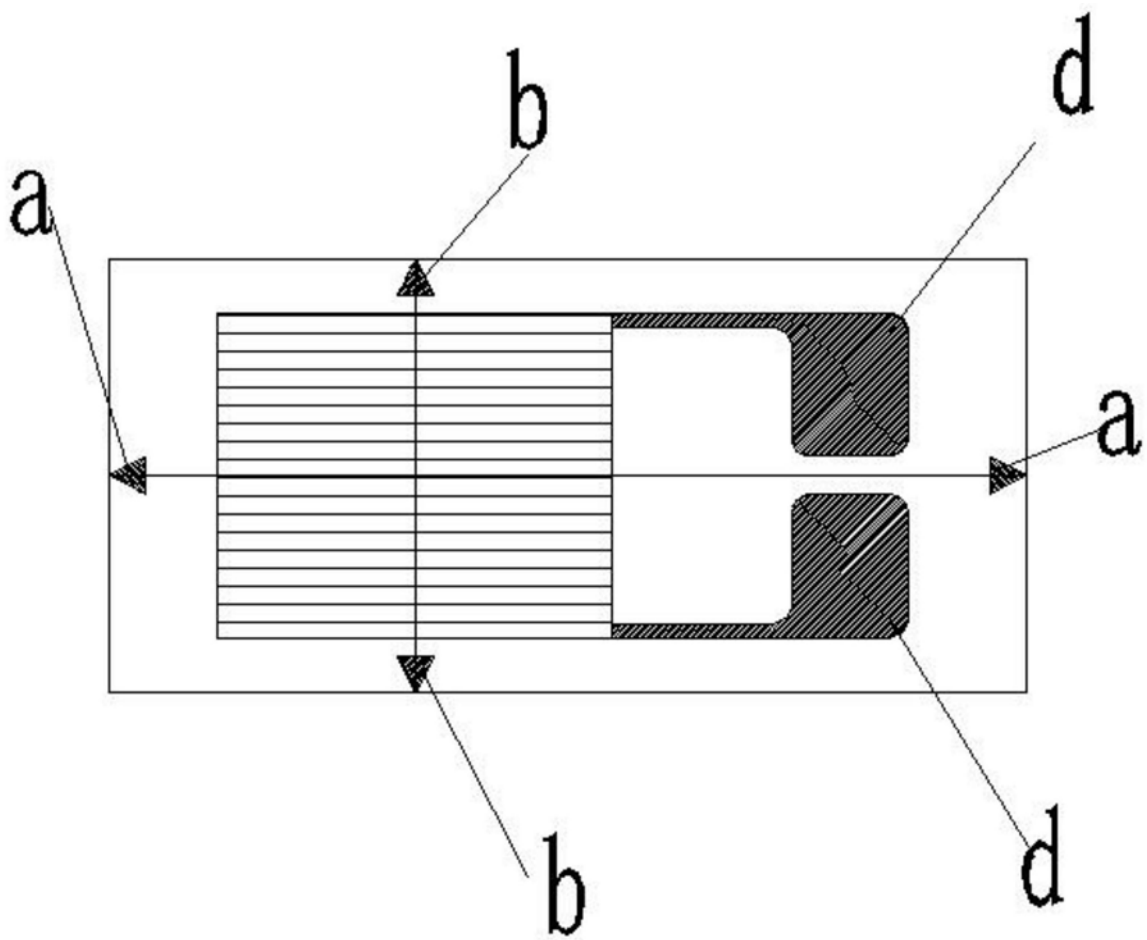


图14

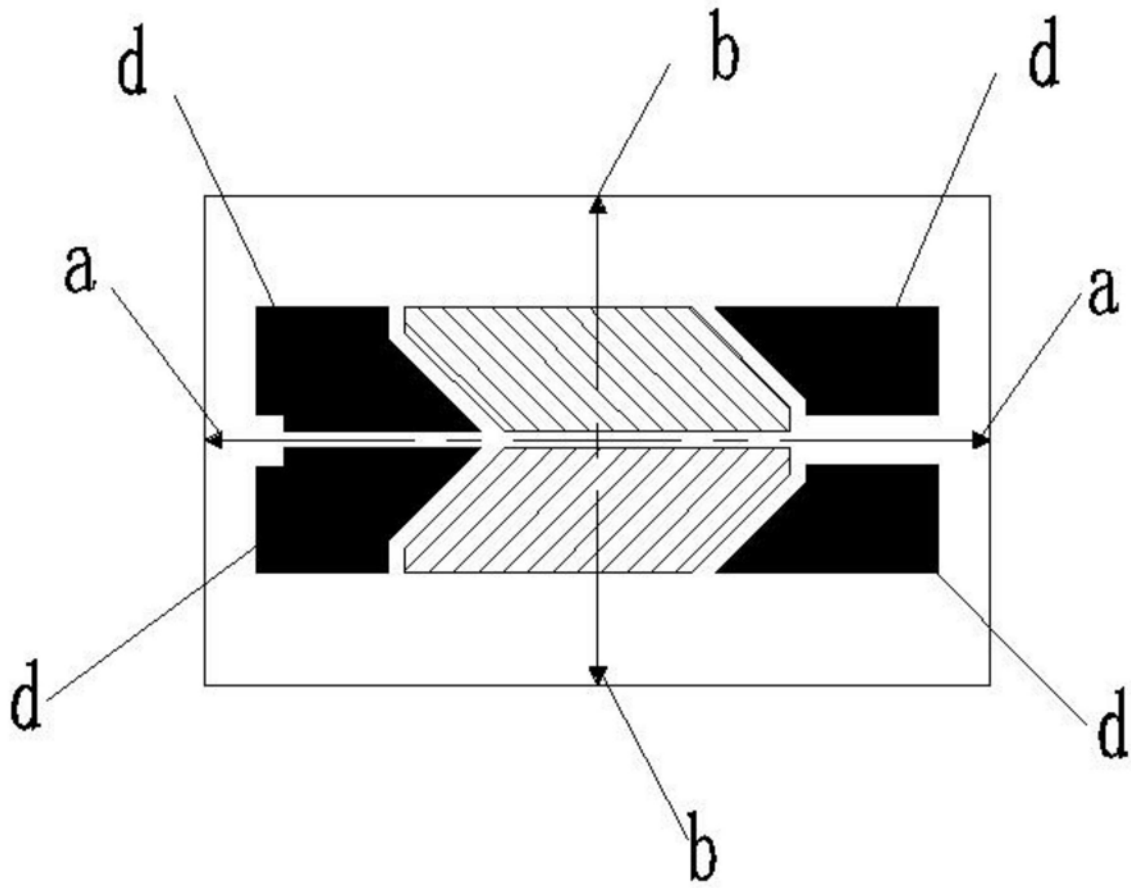


图15

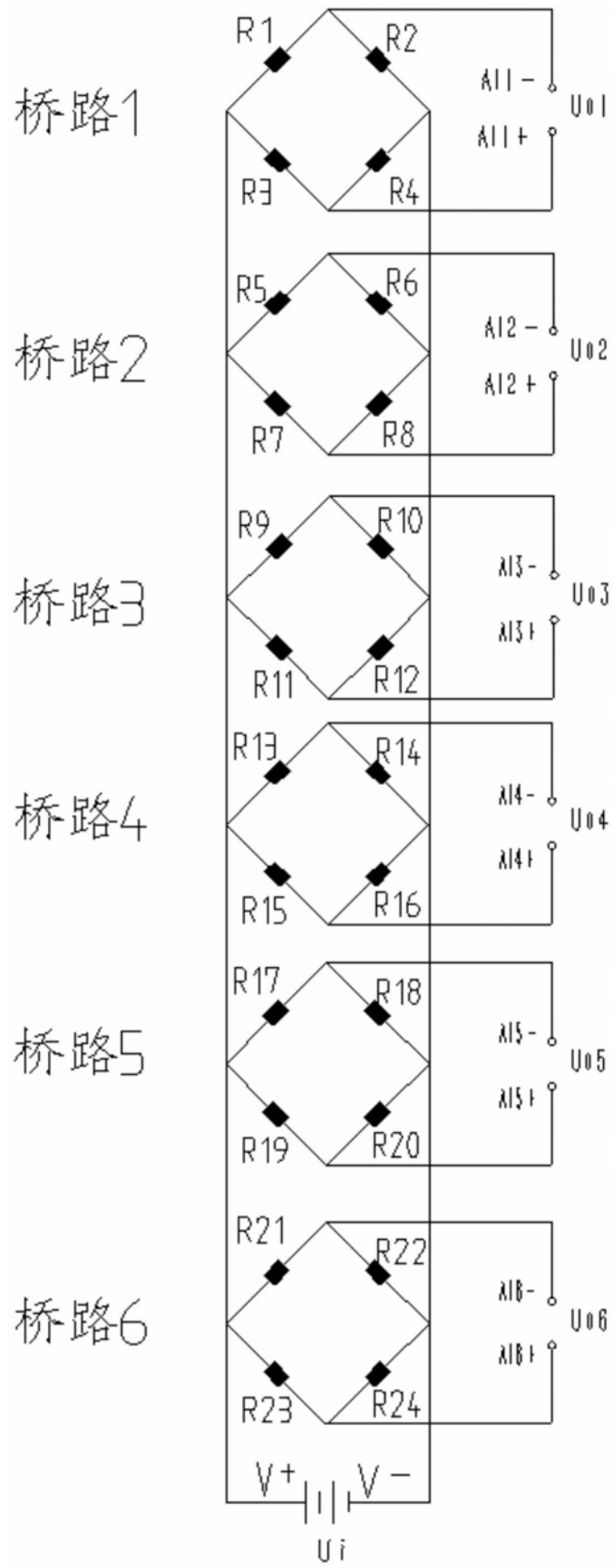


图16

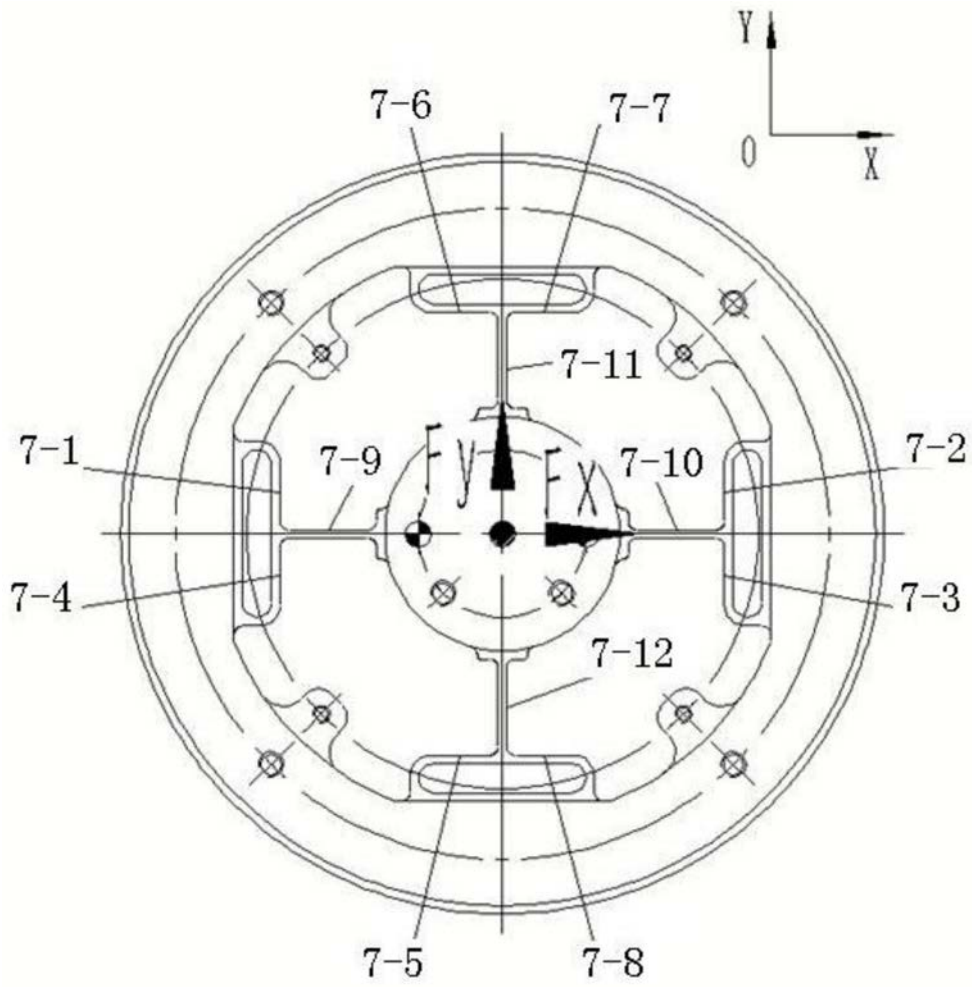


图17

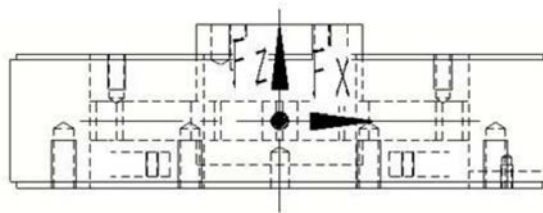


图18

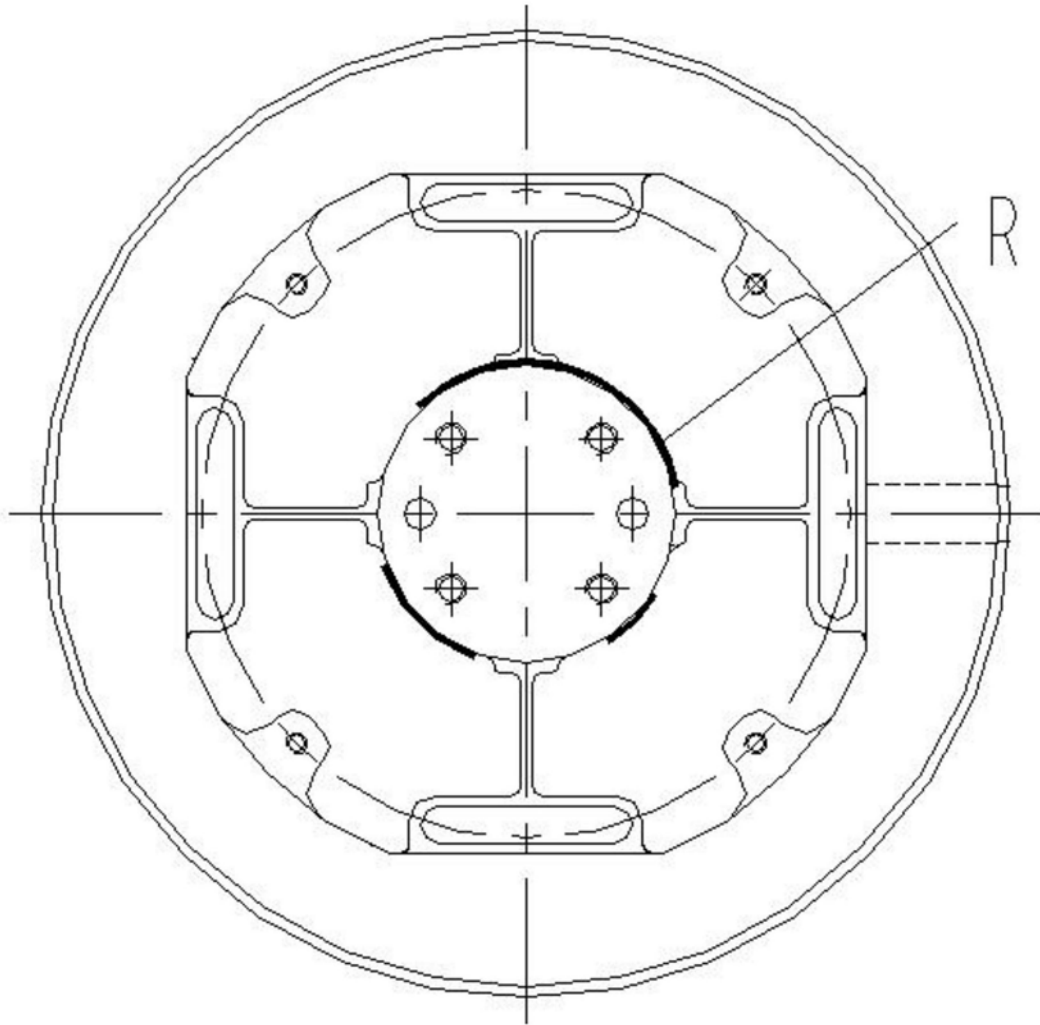


图19

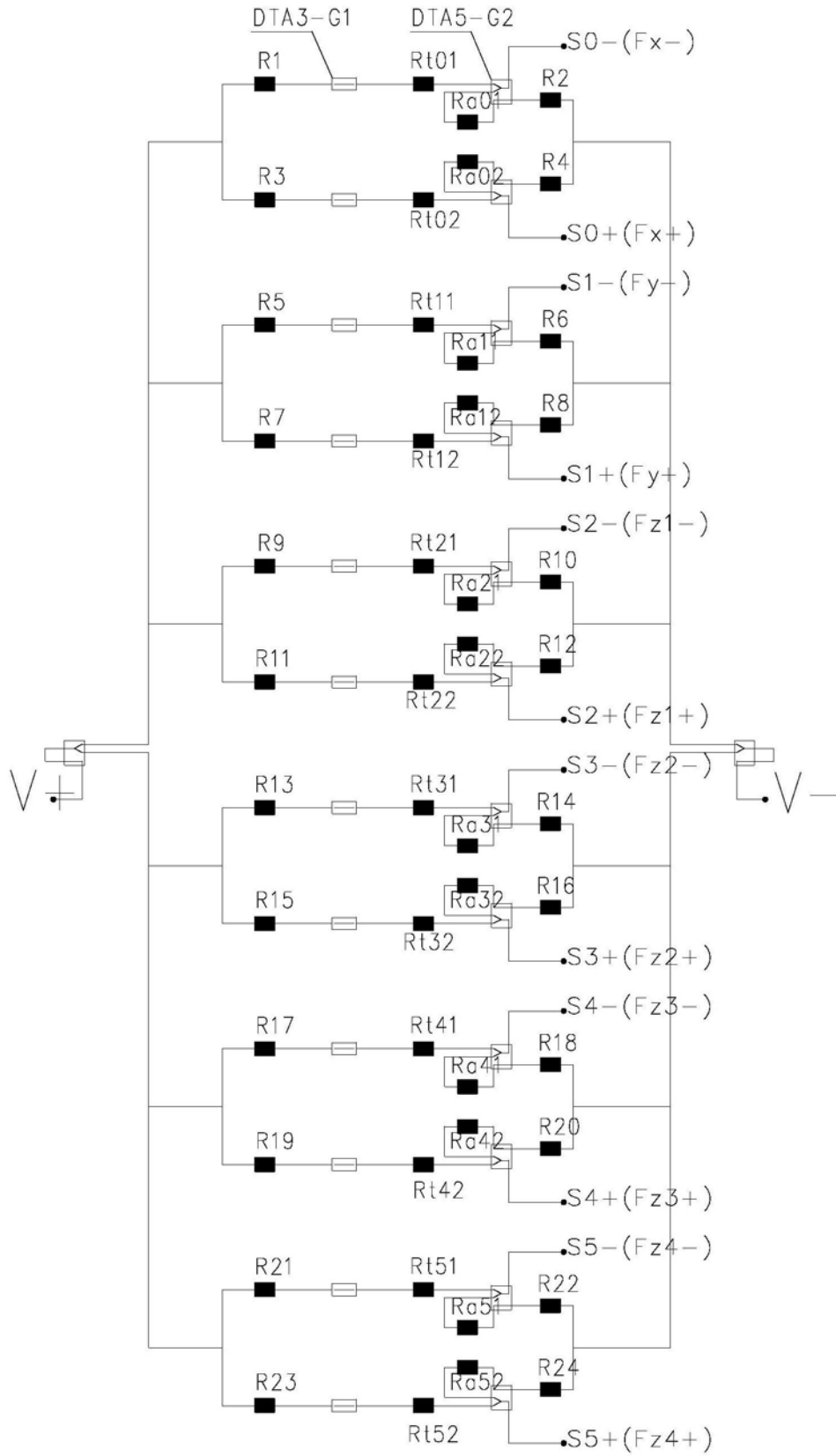


图20