



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108398228 B

(45)授权公告日 2020.03.24

(21)申请号 201711445475.1

(22)申请日 2017.12.27

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108398228 A

(43)申请公布日 2018.08.14

(73)专利权人 中国航天空气动力技术研究院  
地址 100074 北京市丰台区云岗西路17号

(72)发明人 陈丁 王苏宁 余奕甫 马洪强

(74)专利代理机构 中国航天科技专利中心  
11009

代理人 庞静

(51)Int.Cl.

G01M 9/06(2006.01)

(56)对比文件

CN 105806586 A,2016.07.27,说明书第  
[0026]-[0027]段,附图5.

CN 105758611 A,2016.07.13,全文.

JP 特开2011252830 A,2011.12.15,说明书  
第[0009]-[0024]段,附图1.

CN 105758611 A,2016.07.13,全文.

KR 10-1250258 B1,2013.04.05,全文.

CN 205748868 U,2016.11.30,全文.

CN 102062630 A,2011.05.18,全文.

审查员 鲍桂清

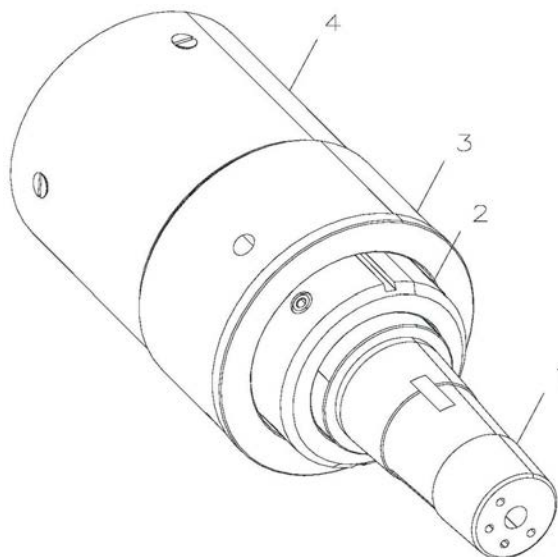
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种气浮式应变天平

(57)摘要

本发明公开了一种气浮式应变天平,该天平为组合式天平,包括芯轴、轴向力组件、五分量组件、保护套,所述芯轴包括锥形连接段和等直段,所述芯轴与轴向力组件配合安装,轴向力组件与五分量组件配合安装,轴向力组件固定端与芯轴固定,其活动端与五分量组件固定端固定,五分量组件活动端与被测模型固定。所述轴、轴向力组件和五分量组件同轴。压缩气体从芯轴固定端充入,通过芯轴前端的气孔使轴向力组件活动端与芯轴之间因充满压缩气体而形成气浮轴承,可使轴向力组件与芯轴之间的摩擦阻力忽略不计,提高了轴向力的测量灵敏度和精度。



1. 一种气浮式应变天平,其特征在于:包括芯轴(1)、用于测量轴向力的轴向力组件(2)和用于测量侧力、法向力、俯仰力矩、滚转力矩、偏航力矩的五分量组件(3),芯轴(1)的一端套在轴向力组件(2)内部,其中部与轴向力组件(2)的端部固定连接,另一端伸出轴向力组件外与测试支架固定连接,所述芯轴(1)内部设有中空通孔,且该中空通孔位于轴向力组件内部的端部堵塞,另一端开口,芯轴(1)侧壁上设有多个气孔与中空通孔相连,压缩气体沿芯轴(1)中空通孔充入,轴向力组件与芯轴(1)之间因充满压缩气体而形成悬浮,轴向力组件用于测量轴向力;轴向力组件(2)套在五分量组件(3)内部,五分量组件(3)套在被测模型内部;五分量组件(3)的一端与被测模型固定连接,另一端与套在其内部的轴向力组件(2)与芯轴(1)固定连接的端部相对的另一端固定连接,压缩气体沿芯轴(1)中空通孔充入后,轴向力组件(2)与五分量组件(3)之间也因充满压缩气体而形成悬浮,五分量组件(3)测量侧力、法向力、俯仰力矩、滚转力矩、偏航力矩时不对轴向力的载荷产生影响。

2. 根据权利要求1所述的一种气浮式应变天平,其特征在于:所述芯轴(1)包括锥形连接段和等直段,等直段靠近锥形连接段部位与轴向力组件(2)固定连接,锥形连接段与测试支架通过锥面配合连接,并用楔子拉紧。

3. 根据权利要求1所述的一种气浮式应变天平,其特征在于:所述轴向力组件(2)通过轴向力测量元件测量轴向力,所述轴向力测量元件安装在轴向力组件的侧壁上的竖直梁式结构上,轴向力测量元件所在平面垂直于所述轴向力组件(2)的轴线。

4. 根据权利要求1所述的一种气浮式应变天平,其特征在于:所述芯轴(1)、轴向力组件(2)和五分量组件(3)同轴放置。

5. 根据权利要求1所述的一种气浮式应变天平,其特征在于:所述五分量组件(3)与被测模型通过销钉固定;所述五分量组件(3)与轴向力组件(2)通过销钉固定;所述轴向力组件(2)与芯轴(1)通过销钉固定。

6. 根据权利要求1所述的一种气浮式应变天平,其特征在于:所述五分量组件(3)通过侧力测量元件测量侧力,通过法向力测量元件测量法向力,通过俯仰力矩测量元件测量俯仰力矩,通过滚转力矩测量元件测量滚转力矩,通过偏航力矩测量元件测量偏航力矩;侧力测量元件、法向力测量元件、俯仰力矩测量元件、滚转力矩测量元件和偏航力矩测量元件安装在多个矩形梁上,安装面平行于五分量组件(3)轴线;

所述俯仰力矩测量元件、法向力测量元件和滚转力矩测量元件的安装面位于经过五分量组件轴线且与五分量组件横截面垂直的平面上,俯仰力矩测量元件、法向力测量元件和滚转力矩测量元件均为1对,每对俯仰力矩测量元件、法向力测量元件和滚转力矩测量元件均相对于五分量组件轴线对称布置;偏航力矩测量元件、侧力测量元件布置于与俯仰力矩测量元件、法向力测量元件和滚转力矩测量元件相垂直的平面上,偏航力矩测量元件、侧力测量元件均为1对,每对偏航力矩测量元件、侧力测量元件,相对于五分量组件轴线对称布置。

7. 根据权利要求6所述的一种气浮式应变天平,其特征在于:所述芯轴(1)内部平行于轴线并避开气孔和中空通孔的位置布有多个出线孔,用于轴向力测量元件、侧力测量元件、法向力测量元件、俯仰力矩测量元件、滚转力矩测量元件和偏航力矩测量元件出线。

8. 根据权利要求1~7任一项所述的一种气浮式应变天平,其特征在于:还包括保护套(4),保护套(4)与五分量组件(3)固定端固定,罩住所有测量元件,其外表面与五分量组件

(3) 外表面平行。

## 一种气浮式应变天平

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种气浮式应变天平,属于航空航天测力试验气动力测量领域,特别适用于亚、跨、超音速高精度阻力测量风洞试验。

### 背景技术

[0002] 风洞试验是飞行飞行器外形设计中关键的研究手段,要在风洞试验过程中取得高精度的气动力数据必须要有高精度的气动力测量天平,对于一般飞行器测量天平来说,轴向力(X分量)相对于其他方向上的力是一个小量,是气动力测量中最难测量的一个量,要测量飞行器外形的变化对应于轴向力的变化量更是难上加难。传统应变天平六个分量在一个测量元件上,测量时轴向力满量程应变小,其他气动力分量对轴向力的干扰变形大于轴向力组件的主应变,天平静校时其他分量对轴向力的干扰系数也大,造成天平轴向力测量精度很难提高。

### 发明内容

[0003] 本发明的技术解决问题为:克服现有技术的不足,提供了一种气浮式应变天平,可使侧力、法向力、俯仰力矩、滚转力矩、偏航力矩的载荷直接传递到芯轴上,而不对轴向力的载荷产生影响,提高了轴向力测量的信噪比和灵敏度,实现轴向力的高精度测量。

[0004] 本发明的技术解决方案是:一种气浮式应变天平,该天平包括芯轴和用于测量轴向力的轴向力组件,芯轴的一端套在轴向力组件内部,其中部与轴向力组件的端部固定连接,另一端伸出轴向力外与测试支架固定连接,所述芯轴内部设有中空通孔,且该中空通孔位于轴向力组件内部的端部堵塞,另一端开口,芯轴侧壁上设有多个气孔与中空通孔相连,压缩气体沿芯轴中空通孔充入,轴向力组件与芯轴之间因充满压缩气体而形成悬浮,轴向力组件用于测量轴向力。

[0005] 所述芯轴包括锥形连接段和等直段,等直段靠近锥段部位与轴向力组件固定连接,锥形连接段与测试支架通过锥面配合连接,并用楔子拉紧。

[0006] 所述轴向力组件通过轴向力测量元件测量轴向力,所述轴向力测量元件安装在轴向力组件的侧壁上的竖直梁式结构上,轴向力测量元件所在平面垂直于所述轴向力组件的轴线。

[0007] 上述气浮式应变天平还包括用于测量侧力、法向力、俯仰力矩、滚转力矩、偏航力矩的五分量组件,轴向力组件套在五分量组件内部,五分量组件套在被测模型内部;五分量组件的一端与被测模型固定连接,另一端与套在其内部的轴向力组件与芯轴固定连接的端部相对的另一端固定连接,压缩气体沿芯轴中空通孔充入后,轴向力组件与五分量组件之间也因充满压缩气体而形成悬浮,五分量组件测量侧力、法向力、俯仰力矩、滚转力矩、偏航力矩时不对轴向力的载荷产生影响。

[0008] 所述芯轴、轴向力组件和五分量组件同轴放置。

[0009] 所述五分量组件与被测模型通过销钉固定;所述五分量组件与轴向力组件通过销

钉固定;所述轴向力组件与芯轴通过销钉固定。

[0010] 所述五分量组件通过侧力测量元件、法向力测量元件、俯仰力矩测量元件、滚转力矩测量元件和偏航力矩测量元件分别测量侧力、法向力、俯仰力矩、滚转力矩、偏航力矩,侧力测量元件、法向力测量元件、俯仰力矩测量元件、滚转力矩测量元件和偏航力矩测量元件安装在多个矩形梁上,安装面平行于五分量组件轴线。

[0011] 所述俯仰力矩、法向力和滚转力矩测量元件的安装面位于经过五分量组件轴线且与五分量组件横截面垂直的平面上,俯仰力矩测量元件、法向力测量元件和滚转力矩测量元件均为1对,每对俯仰力矩测量元件、法向力测量元件和滚转力矩测量元件均相对于五分量轴线对称布置;偏航力矩元件、侧力测量元件布置于与俯仰力矩、法向力和滚转力矩测量元件相垂直的平面上,偏航力矩测量元件、法向力测量元件均为1对,每对偏航力矩测量元件、法向力测量元件,相对于五分量轴线对称布置。

[0012] 所述芯轴内部平行于轴线并避开气孔和通孔的位置布有多个出线孔,用于轴向力测量元件、侧力测量元件、法向力测量元件、俯仰力矩测量元件、滚转力矩测量元件和偏航力矩测量元件出线。

[0013] 上述气浮式应变天平还包括保护套,保护套与五分量组件固定端固定,罩住所有测量元件,其外表面与五分量组件外表面平行。

[0014] 本发明与现有技术相比具有如下优点:

[0015] (1)、本发明采用通过压缩气体在天平装置内部形成气浮的原理,将应变天平设计成组合式套管结构,轴向力测量元件与其他力(侧力、法向力、俯仰力、滚转力、偏航力)布置在两个不同套管上,压缩气体从芯轴固定端充入,泄压的气孔很小,保证轴向力组件固定端与芯轴之间、五分量组件与轴向力组件之间因充满压缩气体而产生悬浮,这种结构可使轴向力组件五分量组件在风洞试验时不承担除其测量以外其他方向上力的载荷,可使其他四个分量上的载荷直接传递到芯轴上,而不对轴向力的载荷产生影响,提高了轴向力测量的信噪比和灵敏度,实现轴向力的高精度测量。

## 附图说明

[0016] 图1为本发明实施例的一种气浮式应变天平装配示意图;

[0017] 图2为本发明实施例的一种气浮式应变天平装配剖面图;

[0018] 图3(a)为本发明实施例芯轴的结构示意图;

[0019] 图3(b)为本发明实施例芯轴的结构剖面图;

[0020] 图4为本发明实施例轴向力组件的结构示意图;

[0021] 图5为本发明实施例五分量组件的结构示意图;

[0022] 图6为本发明中保护套的结构示意图;

[0023] 图中:1、芯轴;2、轴向力组件;3、五分量组件;4、保护套;5、轴向力测量元件;6、俯仰力矩测量元件;7、法向力测量元件;8、滚转力矩测量元件;9、偏航力矩测量元件;10、侧向力测量元件。

## 具体实施方式

[0024] 下面就结合附图对本发明做进一步介绍。

[0025] 如图1、图2所示,本发明提供了一种气浮式应变天平为组合式天平,包括保护套4、芯轴1、用于测量侧力、法向力、俯仰力矩、滚转力矩、偏航力矩的五分量组件3,用于测量轴向力的轴向力组件2,五分量组件3套在被测模型内部,轴向力组件2套在五分量组件3内部,芯轴1的一端套在轴向力组件2内部,另一端伸出轴向力组件2外部。五分量组件3的一端与被测模型固定连接,另一端与套在其内部的轴向力组件2与一端固定连接,轴向力组件2的另一端与芯轴1中部固定连接,芯轴1伸出轴向力组件2外部的端部与测试支架固定连接,所述芯轴1、轴向力组件2和五分量组件3同轴放置。

[0026] 如图3(a)和图3(b)所示,所述芯轴1包括锥形连接段和等直段,锥形连接段与测试固定端通过锥面配合,并用楔子拉紧,等直段固定端通过销钉与轴向力组件2相连;所述芯轴1内部设有中空通孔,且该中空通孔位于轴向力组件2内部的端部用顶丝封堵,另一端开口,芯轴1侧壁上设有多个气孔与中空通孔相连,压缩气体从锥形连接段尾部通入,通过等直段前端的气孔将气体送入整个装置内部,轴向力组件2与芯轴1之间和轴向力组件2与五分量组件3之间均因充满压缩气体而形成悬浮。上述气浮轴承结构可使轴向力组件2与芯轴1之间的摩擦阻力忽略不计,五分量组件3测量侧力、法向力、俯仰力矩、滚转力矩、偏航力矩时不对轴向力的载荷产生影响,相比于一般应变天平来说,可使其他四个分量上的载荷直接传递到芯轴上,而不对轴向力的载荷产生影响,提高了轴向力测量的信噪比和灵敏度,实现轴向力的高精度测量。

[0027] 此外,所述芯轴1内部平行于轴线并避开气孔和通孔的位置布有多个出线孔,用于轴向力测量元件、侧力测量元件、法向力测量元件、俯仰力矩测量元件、滚转力矩测量元件和偏航力矩测量元件出线。

[0028] 所述轴向力组件2通过轴向力测量元件测量轴向力。图4是轴向力组件2的结构示意图,如图4所示,所述轴向力组件2为中空圆柱状,所述轴向力测量元件5安装在轴向力组件2的侧壁上的竖直梁式结构上,轴向力测量元件5所在平面垂直于所述轴向力组件2的轴线,通过平行四边形结构传力测量轴向力。

[0029] 所述五分量组件3与被测模型通过销钉固定;所述五分量组件3与轴向力组件2通过销钉固定;所述轴向力组件2与芯轴1通过销钉固定。

[0030] 所述五分量组件3通过侧力测量元件、法向力测量元件、俯仰力矩测量元件、滚转力矩测量元件和偏航力矩测量元件分别测量侧力、法向力、俯仰力矩、滚转力矩、偏航力矩,侧力测量元件、法向力测量元件、俯仰力矩测量元件、滚转力矩测量元件和偏航力矩测量元件安装在多个矩形梁上,安装面平行于五分量组件3轴线。

[0031] 所述俯仰力矩、法向力和滚转力矩测量元件的安装面位于经过五分量组件3轴线且与五分量组件3横截面垂直的平面上,俯仰力矩测量元件、法向力测量元件和滚转力矩测量元件均为1对,每对俯仰力矩测量元件、法向力测量元件和滚转力矩测量元件均相对于五分量组件3轴线对称布置;偏航力矩、法向力测量元件布置于与俯仰力矩、法向力和滚转力矩测量元件相垂直的平面上,偏航力矩测量元件、法向力测量元件均为1对,每对偏航力矩测量元件、法向力测量元件,相对于五分量组件3轴线对称布置。

[0032] 图5是五分量组件3的结构示意图。如图5所示,所述五分量组件3为中空圆柱状,侧力测量元件、法向力测量元件、俯仰力矩测量元件、滚转力矩测量元件和偏航力矩测量元件沿与五分量组件3轴线平行的方向分布于五分量组件3侧壁上。所述五分量组件3上下各布有单片

矩形梁,单片矩形梁截面宽边延长线与经过五分量组件轴线垂直,宽边与五分量组件轴线垂直,单片矩形梁宽边所在平面放置俯仰力矩测量元件6、法向力测量元件7用于测量俯仰力矩、法向力,窄边所在平面放置滚装力矩测量元件8,用于测量滚转力矩。左右布有三片式矩形梁,在中间梁上沿五分量组件外侧放置偏航力矩9和侧力测量元件10,用于测量偏航力矩和侧力。

[0033] 保护套4与五分量组件3固定端固定,罩住所有侧力元件,其外表面与五分量组件3外表面平行。图6是保护套结构示意图,所述保护套与五分量组件3用螺钉紧固,用于保护测量元件。

[0034] 工作原理:所述气浮式高精度轴向力应变天平芯轴1、轴向力组件2、五分量组件3、保护套4同轴配合安装,芯轴1固定端固定在测试支架上,五分量组件活动端与被测模型固连,这样被测模型承受的气动力传递给五分量组件3,五分量组件3再将气动力传递给轴向力组件2,轴向力组件2通过与芯轴1固定将气动力传递到支架上;通过对将芯轴1固定端充入压缩气体,可使芯轴1、轴向力组件2、五分量组件3、被测模型之间因充满压缩气体而形成悬浮,不产生相互影响,在此装配结构下,整套天平可实现对作用在模型上的空气动力载荷6个分量的精确测量,特别是对轴向力能够有较高的测量精度。

[0035] 轴向力组件2的测量元件为轴向力测量元件5,轴向力组件2侧壁上,结构采用竖直梁式,通过平行四边形结构传力测量轴向力;五分量组件3的测量元件包括俯仰力矩6、法向力7、滚转力矩8、偏航力矩9和侧力10测量元件,均位于五分量组件3侧壁上,其中俯仰力矩6、法向力7和滚转力矩8测量元件为两组单片矩形梁,上下对称布置;偏航力矩9和侧力10为两组三片式矩形梁,左右对称布置。通过测量六个不同测量元件的应变大小测量被测模型所受到的六个方向上的力和力矩。

[0036] 本发明未详细说明部分属本领域技术人员公知常识。

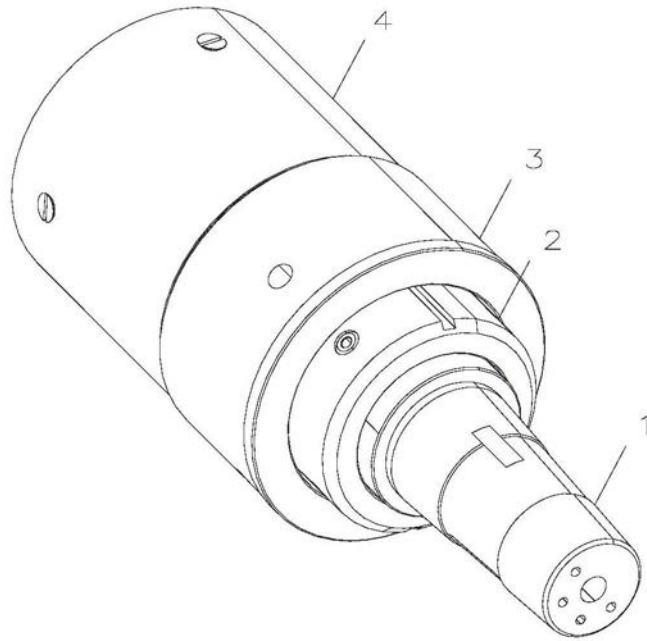


图1

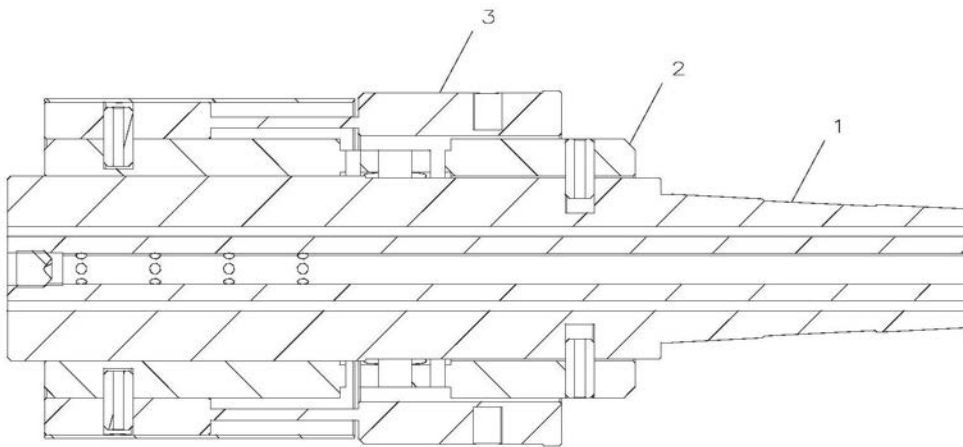


图2



图3(a)

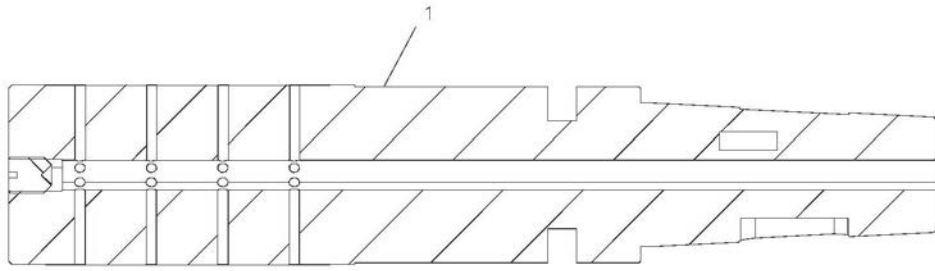


图3 (b)

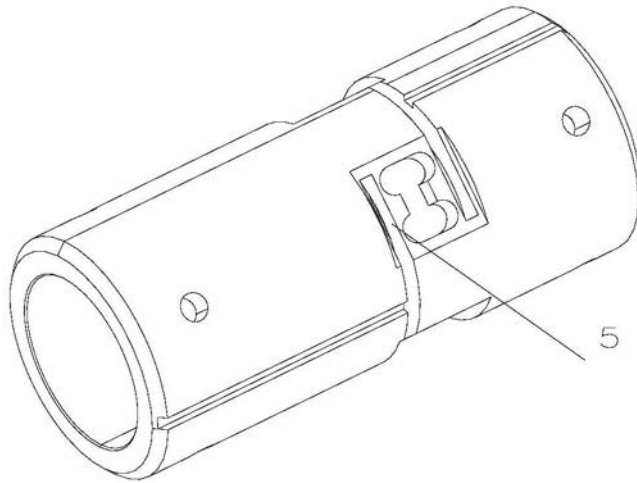


图4

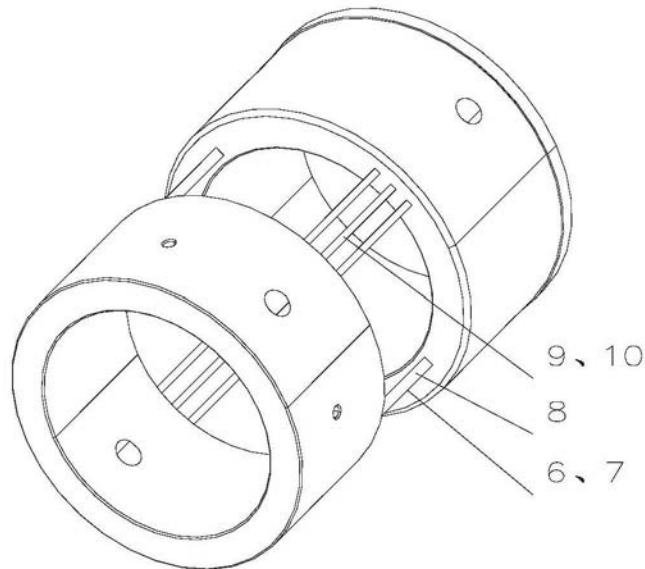


图5

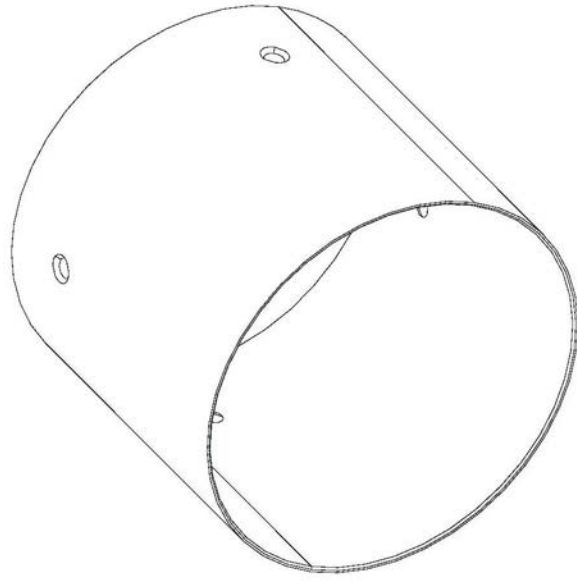


图6