



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103335769 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 02

(21) 申请号 201310275810. 3

(22) 申请日 2013. 07. 03

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 赵凤鸣 高辉 康琦 段俐 申波
李永强

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所 (普通合伙) 11390

代理人 王艺

(51) Int. Cl.

G01L 5/00 (2006. 01)

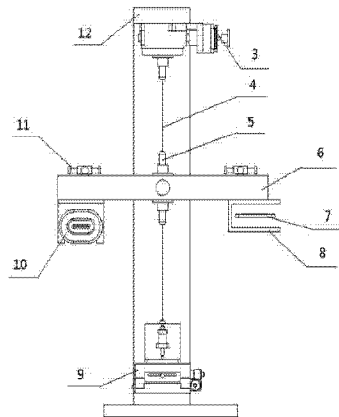
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种电推进器弱力测量装置

(57) 摘要

一种电推进器弱力测量装置,包括,“C”型框,所述“C”型框安放于真空容器内,用于整个测量装置的支撑;扭摆,所述扭摆用于悬挂电推进器、配重和用于产生标准弱力的标定装置;扭丝,所述扭丝用于悬挂扭摆和绝缘夹具,且所述扭丝贯穿于“C”型框之中。本发明的有益效果:本发明的结构为直接测量提供的条件,由于将电推进器直接悬挂于扭摆上,有利于测量电推进器对装置的反作用力,并通过扭转角位移和标准弱力的标定关系式计算得到微推力的大小,比间接测量可信度高。



1. 一种电推进器弱力测量装置,其特征在于,包括,“C”型框,所述“C”型框安放于真空容器内,用于整个测量装置的支撑;扭摆,所述扭摆用于悬挂电推进器、配重和用于产生标准弱力的标定装置;扭丝,所述扭丝用于悬挂扭摆和绝缘夹具,且所述扭丝贯穿于“C”型框之中;绝缘夹具,所述绝缘夹具用于夹紧扭摆;电控旋转位移台,所述电控旋转位移台安装在“C”型框的顶部框架下,用于调节扭摆平衡位置;三维位移台,所述三维位移台设置在“C”型框架的底部框架上,用于扭摆在水平及竖直方向的平衡调节以及扭丝拉力的调节;用于产生标准弱力的标定装置,包括永磁铁、“U”型导体,所述“U”型导体设置在两块永磁铁之间;配重,所述配重设置在扭摆的两端,用于调节扭秤的扭转中心和水平平衡;位移传感器,所述位移传感器置于真空容器外,用于测量扭摆角位移。

2. 根据权利要求1所述的一种电推进器弱力测量装置,其特征在于,所述用于产生标准弱力的标定装置的永磁铁由支架支撑。

一种电推进器弱力测量装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种测力装置设备,具体涉及一种电推进器弱力测量装置。

背景技术

[0002] 随着科学技术的进步与发展,人类对星际探索更加深入,卫星的应用也越来越广泛,多功能,小型化,长寿命已成为其发展方向与此同时,用于卫星姿态控制的推进器也要与之相适应。与化学能火箭相比,电火箭具有比冲高、体积小、重量轻、寿命长、所需工质少以及主要能源来自太阳能等优点。因此,在航天领域中得到广泛的运用。

[0003] 研究电火箭,最关键的技术之一就是电火箭的微小推力测量。微小推力是体现电火箭技术性能和可靠性的关键参数之一。测不出推力,就无法验证电火箭的基本性能——比冲。

[0004] 随着空间科学的发展对卫星及其推进系统的指标要求越来越高,要求电推进器的推力水平在 $0 \sim 150 \mu\text{N}$ 之间,分辨率为 $0.1 \mu\text{N}$ 。因此在推进器的研究发展过程中,推力测量技术起到了一个至关重要的作用,推力测量装置能够最为直接的对推进器的推力大小进行精确的测量,通过测量结果直观的评价推进器的推力性能,并根据测试结果指导推进器的改进方向。气路、电路的连接又对推力的测量产生很大的影响,推进器工作时会产生高温,而整个推进器必须在空间环境下工作,因而给推进器的直接测量带来很大困难。

[0005] 为解决小推力测量的问题,目前有各种解决推力测量的技术途径,如采用小力传感器测力,弹性应变测力,叉簧弹性支承测力,摆秤测力,柔性轴承支承测力及气浮轴承支承测力等等。但这些方法都带来如测量不稳定、精度低、价格高、技术难度大、不耐高温及受环境影响大等一系列问题。

[0006] 国外意大利的 Centropazio-CPR 中心和国内的华中科技大学测量推进器的微推力所使用的扭秤结构测量系统与本发明的测量系统有相近之处和类似的用途。

[0007] 区别为:1、提出新的测量原理,两步标定测量原理,即设计出电磁装置产生标准弱力,通过对标准弱力和扭秤系统的扭转角位移分别进行标定,得出两者之间的数学关系,以此计算出实际测量推进器的推力大小;2、设计出标准弱力的电磁产生装置,同时给出基于电子天平的标准弱力标定方法;3、提出新的扭转角位移测量方法、差分测量法,使用大量程位移传感器作为测量工具,利用测量扭秤运动过程中两个平行位置的相对位移差,采用差分法计算出扭转前后,扭摆相对于水平位置时的角度值,利用前后两次的角度值的差值计算得到扭转角位移;4、对传统扭秤结构做出优化,使用双丝结构,绝缘夹具等。

发明内容

[0008] 本发明提供一种电推进器弱力测量装置,以解决现有技术中存在的测量精度低的问题。

[0009] 为实现上述目的,采用以下技术方案:

[0010] 一种电推进器弱力测量装置,包括,“C”型框,所述“C”型框安放于真空容器内,

用于整个测量装置的支撑；扭摆，所述扭摆用于悬挂电推进器、配重和用于产生标准弱力的标定装置；扭丝，所述扭丝用于悬挂扭摆，贯穿于“C”型框之中；绝缘夹具，所述绝缘夹具用于夹紧扭摆和传导电力；电控旋转位移台，所述电控旋转位移台安装在“C”型框的顶部框架下，用于调节扭摆平衡位置；三维位移台，所述三维位移台设置在“C”型框架的底部框架上，用于扭摆在水平及竖直方向的平衡调节以及扭丝拉力的调节；用于产生标准弱力的标定装置，包括永磁铁、“U”型导体，所述“U”型导体设置在两块永磁铁之间；配重，所述配重设置在扭摆的两端，用于调节扭秤的扭转中心和水平平衡；位移传感器，所述位移传感器置于真空容器外，用于测量扭摆角位移。

[0011] 作为优选，所述用于产生标准弱力的标定装置的永磁铁由支架支撑。

[0012] 本发明的有益效果：本发明的结构为直接测量提供的条件，由于将电推进器直接悬挂于扭摆上，有利于测量电推进器对装置的反作用力，并通过扭转角位移和标准弱力的标定关系式计算得到微推力的大小，比间接测量可信度高。

附图说明

[0013] 下面根据实施例和附图对本发明作进一步详细说明。

[0014] 图 1 是本发明所述的一种电推进器弱力测量装置的结构示意图；

[0015] 图 2 是本发明所述的一种电推进器弱力测量装置的测量示意图；

[0016] 图 3 是扭转角位移测量原理图；

[0017] 图 4 是标准弱力电磁装置示意图。

[0018] 图中：

[0019] 1、真空容器；2、位移传感器；3、电控旋转位移台；4、扭丝；5、绝缘夹具；6、扭摆；7、“U”型导体；8、永磁铁；9、三维位移台；10、电推进器；11、配重；12、“C”型框架。

具体实施方式

[0020] 本发明所述的一种电推进器弱力测量装置主要应用于解决小型化的微牛顿量级的电推进器推力测量问题，本发明同样适用于其他类型的小体积微牛顿量级推进器。

[0021] 本发明所述的一种电推进器弱力测量装置，包括“C”型框 12，“C”型框 12 安放于真空容器 1 内，用于整个测量装置的支撑，在“C”型框 12 内的上部固定安装有电控旋转位移台 3，在“C”型框 12 内的下部固定安装有三维位移台 9，在电控旋转位移台 3 和三维位移台 9 之间垂直连接有扭丝 4，在扭丝 4 上设置有绝缘夹具 5，绝缘夹具 5 用于夹紧扭丝 4 并连接扭摆 6 和“C”型框 12，使整个扭摆 6 悬挂起来，在扭摆 6 的上两端处安装有配重 11，配重 11 用来调节扭摆 6 的扭转中心和水平平衡。

[0022] 在扭摆 6 的下两端处分别安装有电推进器 10 和用于产生标准弱力的标定装置，用于产生标准弱力的标定装置，包括，永磁铁 8、“U”型导体 7，所述“U”型导体 7 设置在两块永磁铁 8 之间，永磁铁 8 由支架支撑，产生标准弱力的标定装置为利用通电导体在匀强磁场中受到安培力的原理制作产生标准弱力的电磁装置，将产生标准弱力的标定装置放置于扭摆 6 上，利用外部电源对装置通电流，穿过扭摆 6 的扭丝 4 作为电推进器 10 的高压供电线路，其它线路使用柔性线路，沿扭丝 4 方向布置。

[0023] 根据扭摆 6 在通电前后的示数变化值，计算得到电磁装置产生的电磁弱力大小，

多次测量,给出电流 I_0 与电磁弱力 F_0 之间的关系。

[0024] 在进行测量工作时,将发明的装置安装于真空容器 1 内,调节三维位移台 9 的水平 X、Y 方向,同时调节扭摆 6 上的配重 11,达到调节扭摆 6 的目的,使扭摆 6 处于水平姿态,再调节三维位移台 9 竖直方向,拉紧扭丝 4。

[0025] 对真空容器 1 抽真空,到达所需真空度后,静置 24 小时,通过电控扭转三维位移台 9 调节扭摆 6 达到所需姿态和位置。

[0026] 搭建角位移测量系统,角位移测量系统位于真空容器 1 外,角位移测量系统上设置有位移传感器 2,通过真空容器 1 外壁的观察窗进行测量,调节位移传感器 2 的位置和距离。

[0027] 使用产生标准弱力的标定装置对扭摆 6 的角位移进行标定,由于永磁铁 8 和“U”型导体 7 在通电之后产生标准弱力,使扭摆 6 发生扭转,产生利于角位移测量所产生的扭转角。多次实验,如 3 和图 4 所示,给出实验电流 I_0 与扭转角位移 $\Delta \theta_0$ 之间的关系。

[0028] 通过上述实验得出实验电流 I_0 与标准弱力 F_0 之间的关系,计算得出标准弱力 F_0 与扭转角位移 $\Delta \theta_0$ 之间的关系式。对于标准弱力的产生及标定:电磁标准力的理论计算公式: $F_0=BI_0L$,其中 B 为磁场强度, I_0 为通入导体内的电流值,L 为导体在磁场内的有效长度。因为理论计算的结果是在理想情况下的状态,因此需要用实验的方法重新进行标定,如图 3 所示,进行标定实验。重新给出 F_0 与 I_0 的关系式: $F_0=aI_0+b$,其中 a 和 b 是实验需要标定的系数,根据不同的实验条件,标定的系数不同。

[0029] 对于使用标准弱力对扭摆的角位移进行标定:根据上述的标定方法,实验得到扭转角位移与电流 I_0 的标定结果: $\Delta \theta_0=cI_0+d$,其中 c 和 d 是需要实验标定的系数。再根据标准弱力的标定结果,将 $\Delta \theta_0=cI_0+d$ 带入 $F_0=BI_0L$,根据计算给出最终的标定结果: $F_0=\alpha \Delta \theta + \beta$,其中 α 和 β 是计算得到的标定系数。根据所处的不同环境和具体的实验条件,相应的标定系数也不一样,以最终的标定结果为准。

[0030] 关闭用于产生标准弱力的标定装置,待扭摆 6 静止后,启动电推进器 11,使用角位移测量装置测量电推进器 11 产生的推力作用下,扭摆 6 产生的扭转角 $\Delta \theta$,根据之前的标定结果计算得出电推进器 11 产生的推力值的大小。

[0031] 本发明的优点:(1)本系统为直接测量方案,将电推进器直接悬挂于扭摆上,测量电推进器对装置的反作用力,通过扭转角位移和标准弱力的标定关系式计算得到微推力的大小,比间接测量可信度高;(2)通过两步标定法,即对标准弱力和扭转角位移分别进行标定,得出两者之间的数学关系,以此计算得到测量推进器推力值的大小,避免传统扭秤系统测量时,扭丝的滞弹性等因素对测量的影响,把扭丝单纯作为提供扭转的工具,选择合适直径和长度的扭丝,能够提供相应的扭转角度即可,避免了相应的误差对测量的影响,测量结果可信度高;(3)使用差分角位移测量法,使用高精度大量程位移传感器作为测量工具,利用测量扭秤运动过程中两个位置的位移差,采用差分法计算得出扭转角位移,相对于传统的光杠杆的测量方法,该方案的测量范围更大,同时没有复杂的光路,外部因素的影响和扭摆的单摆效应都可以有效地抑制,使得测量更加准确,测量时对扭摆的平衡位置要求不高,可处于随遇位置测量;(4)使用扭丝结构的扭摆,使扭秤系统在受到外力矩的作用时,以水平扭转为主要运动方式,可以有效的抑制扭摆在测量扭转角时的单摆效应,同时扭丝结构可以作为推进器供电线路的选择,形成供电回路。

[0032] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

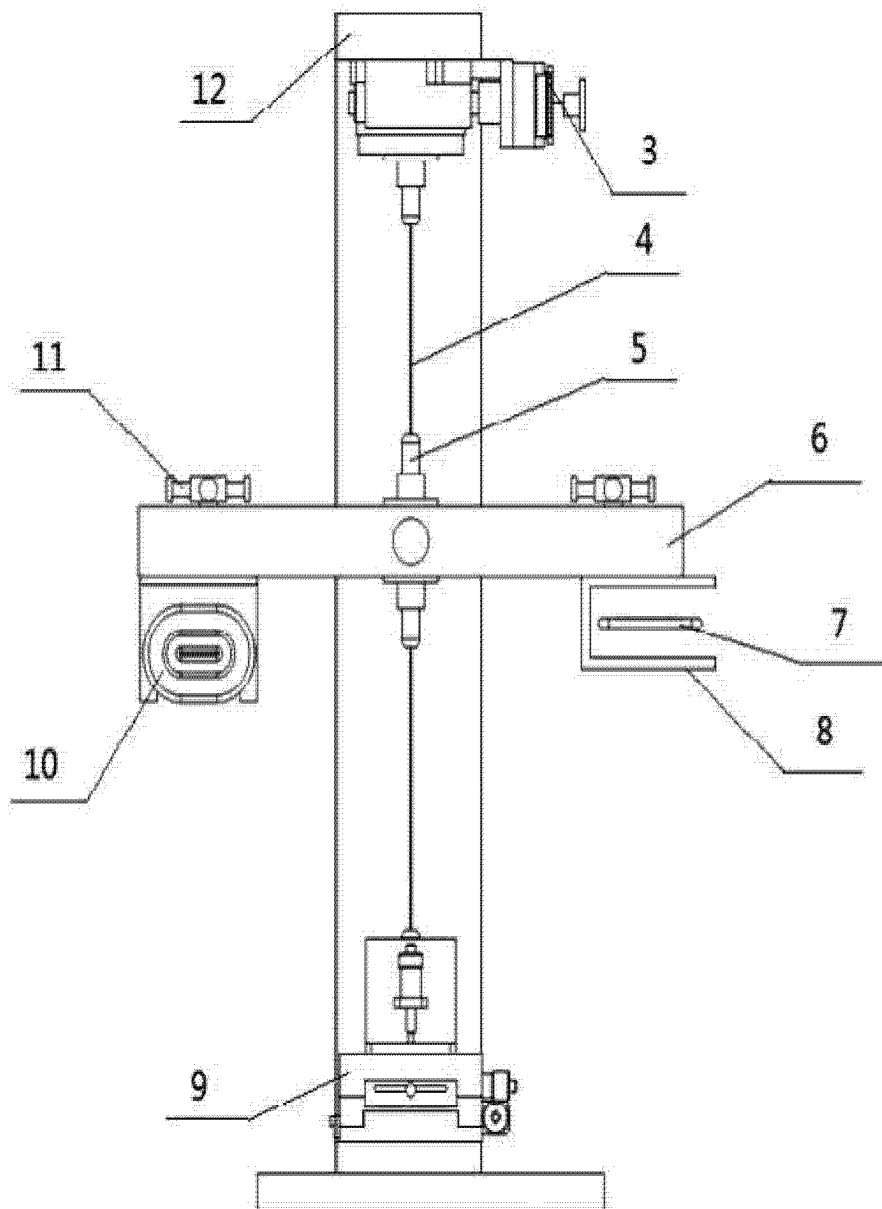


图 1

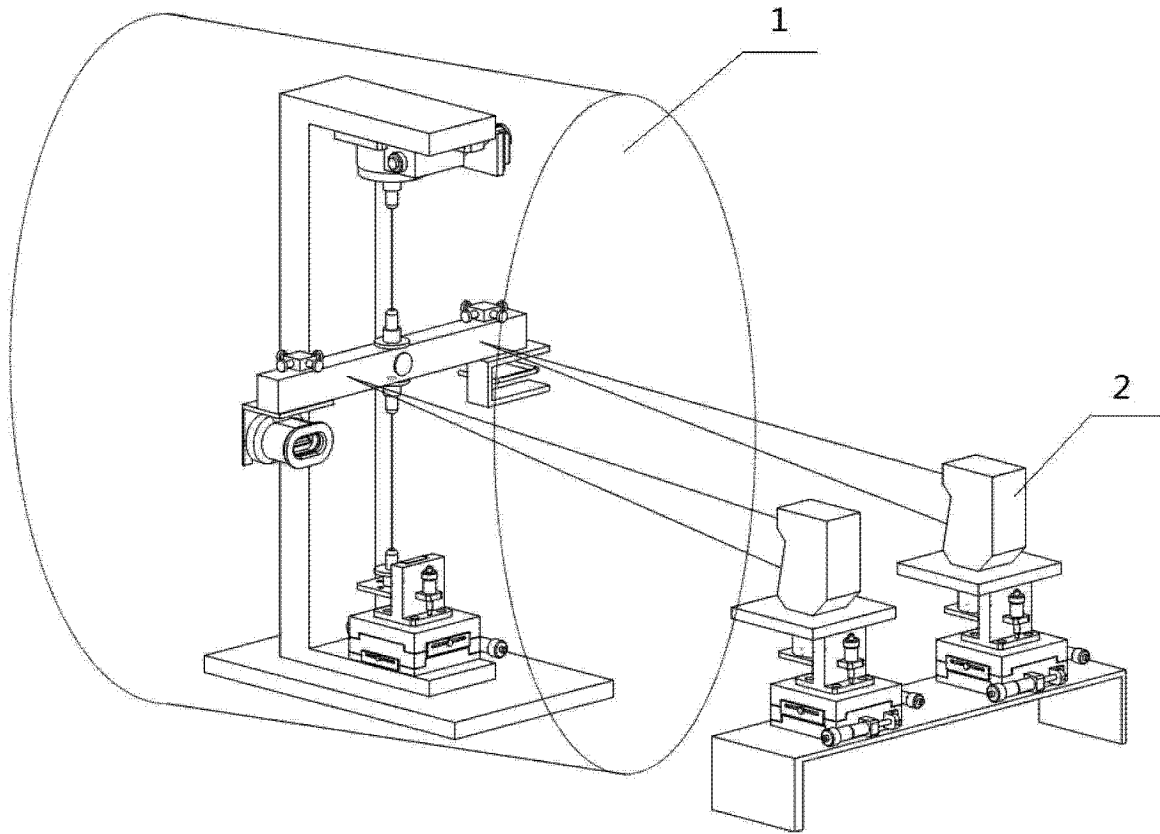


图 2

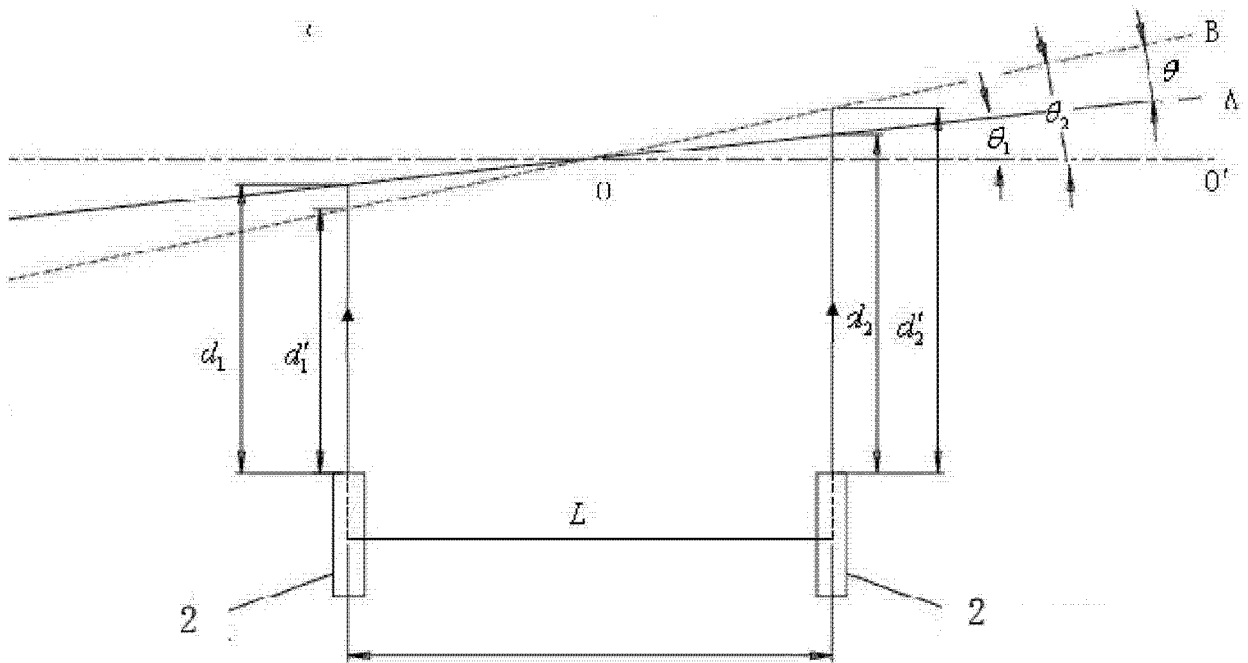


图 3

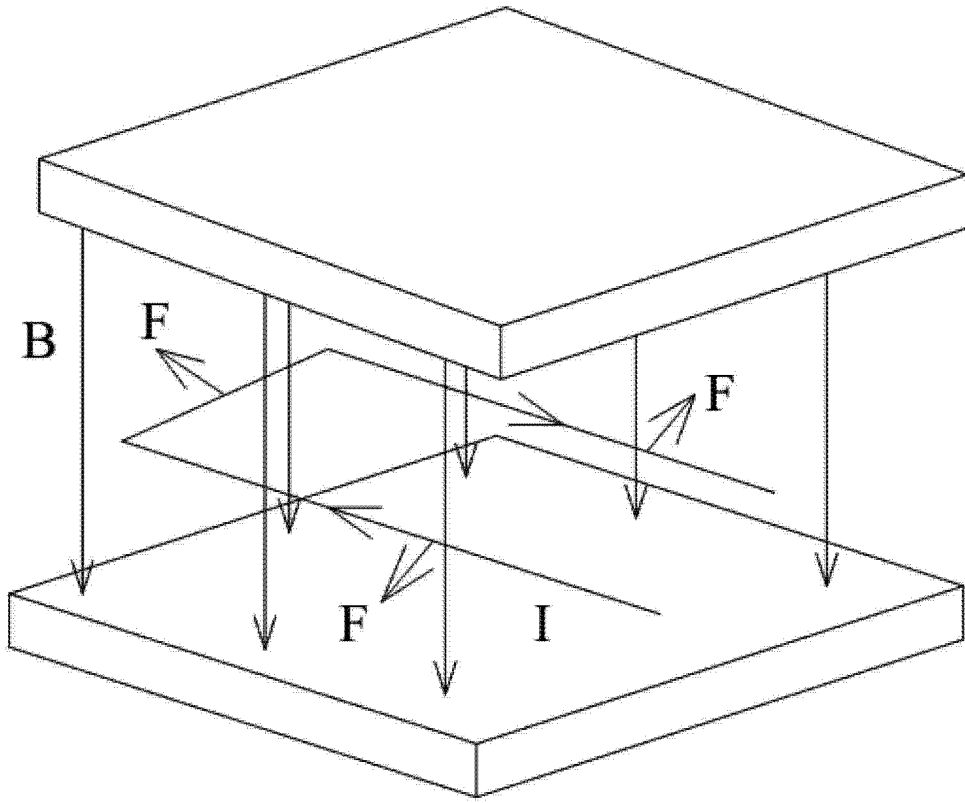


图 4