



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110667898 A

(43)申请公布日 2020.01.10

(21)申请号 201910960012.1

(22)申请日 2019.10.10

(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 李文皓 张珩 冯冠华 张琛

杨磊 吕林立

(74)专利代理机构 北京维正专利代理有限公司

11508

代理人 李传亮

(51)Int.Cl.

B64G 99/00(2009.01)

G01M 99/00(2011.01)

B64G 1/24(2006.01)

B64G 1/66(2006.01)

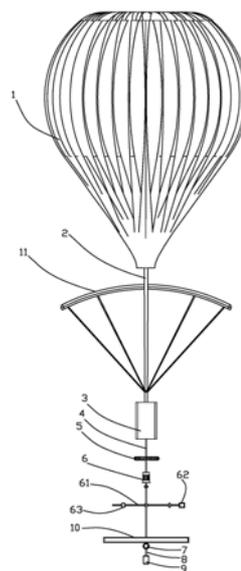
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种地磁蓄能投送的临近空间实验系统

(57)摘要

本发明涉及地磁蓄能在轨投送的技术领域，公开了一种地磁蓄能投送的临近空间实验系统，包括有机电控制箱主体、投送机构，机电控制箱主体的顶部通过吊运缆绳柔性连接有用于吊运至临近空间的高空气球，机电控制箱主体的底部刚性连接有竖向的主连接轴，主连接轴的下端固接有着陆缓冲框架，陆缓冲框架上安装有缆绳收放机构，缆绳收放机构引出的配重缆绳柔性连接有配重物；投送机构安装于主连接轴的中部。本发明可以有效解决在地面进行地磁蓄能投送验证的实验问题。



1. 一种地磁蓄能投送的临近空间实验系统,包括有机电控制箱主体(3)、投送机构,其特征在于,所述机电控制箱主体(3)的顶部通过吊运缆绳(2)柔性连接有用于吊运至临近空间的高空气球(1),机电控制箱主体(3)的底部刚性连接有竖向的主连接轴(4),主连接轴(4)的下端固接有着陆缓冲框架(10),着陆缓冲框架(10)上安装有缆绳收放机构(7),缆绳收放机构(7)引出的配重缆绳(8)柔性连接有配重物(9),且配重缆绳(8)与主连接轴(4)位于同一直线上;所述投送机构安装于主连接轴(4)的中部,所述投送机构包括有固定于主连接轴(4)上的正交强磁矩生成装置(5)、力矩传动机构(6)以及转动设置于主连接轴(4)上的投送连杆(61),投送连杆(61)与主连接轴(4)相垂直,投送连杆(61)沿长度方向上滑动连接有质量块(63),且投送连杆(61)端部设有用于保持模拟投送目标的保持机构(62);所述力矩传动机构(6)包括有固定于主连接轴(4)上的传动支座(65)、用于驱动投送连杆(61)绕主连接轴(4)旋转的单向旋转件(64),单向旋转件(64)转动安装于传动支座(65)上;启动工作的力矩传动机构(6)的传动支座(65)与单向旋转件(64)之间形成相互作用的内力矩,投送连杆(61)处于地磁蓄能旋转投送状态,力矩传动机构(6)的传动支座(65)受到单向旋转件(64)反作用的内力矩与正交强磁矩生成装置(5)受到地磁场的外力矩为方向相反、大小相同。

2. 根据权利要求1所述的地磁蓄能投送的临近空间实验系统,其特征在于:所述力矩传动机构(6)为力矩电机,所述传动支座(65)为力矩电机的定子组件,所述单向旋转件(64)为力矩电机的转子组件。

3. 根据权利要求1或2所述的地磁蓄能投送的临近空间实验系统,其特征在于:所述机电控制箱主体(3)包括能源子系统、蓄电池、飞行与蓄能及传动控制子系统、通讯和测控链路子系统、实验传感子系统及信号采集装置。

4. 根据权利要求3所述的地磁蓄能投送的临近空间实验系统,其特征在于:所述正交强磁矩生成装置(5)、力矩传动机构(6)、缆绳收放机构(7)均与所述蓄电池相电连接,并与所述飞行与蓄能及传动控制子系统相控制连接。

5. 根据权利要求4所述的地磁蓄能投送的临近空间实验系统,其特征在于:所述正交强磁矩生成装置(5)由两个正交配置的螺线圈构成,且两个螺线圈的平面均与所述主连接轴(4)相垂直。

6. 根据权利要求5所述的地磁蓄能投送的临近空间实验系统,其特征在于:所述正交强磁矩生成装置(5)还包括有低温系统,且两个正交配置的螺线圈均采用超导体材料制成。

7. 根据权利要求1或2所述的地磁蓄能投送的临近空间实验系统,其特征在于:所述配重物(9)为充气气垫或者着陆缓冲框架(10)。

8. 根据权利要求1或2所述的地磁蓄能投送的临近空间实验系统,其特征在于:所述投送连杆(61)的上半段、下半段上均滑动连接有一个质量块(63),且滑动质量块(63)的位置可调节投送连杆(61)的质心通过所述主连接轴(4)。

9. 根据权利要求1或2所述的地磁蓄能投送的临近空间实验系统,其特征在于:所述高空气球(1)与所述机电控制箱主体(3)之间连接的吊运缆绳(2)上连接有预张开的降落伞(11),吊运缆绳(2)穿过降落伞(11)的伞面中心并与降落伞(11)的伞绳相固接。

## 一种地磁蓄能投送的临近空间实验系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及地磁蓄能在轨投送的技术领域,尤其是涉及一种地磁蓄能投送的临近空间实验系统。

### 背景技术

[0002] 航天器使用地磁蓄能在轨投送方法在进行空间轨道飞行任务前,必须先进行充分实验进行验证。在轨投送的相对投送速度需达到100m/s-300m/s以上的速度才能够有效使用。如果在海平面附近进行实验,当相对投送速度达到上述量级时,空气的阻力效应急剧增加,以至于使用地磁蓄能远远无法提供足够大的磁力矩去克服该空气阻力,而在轨道中气动阻力基本不存在的。

[0003] 另外,投送旋动的离心加速度与转动半径成反比关系,对于上述量级的投送速度,若要控制离心加速度在100g的量级以内,则转动半径应为10m-100m的量级。由此,如果在地面建造符合要求的真空设施,同时还要保证不受地磁场分布等因素的影响,该地面建造的真空设施投入必将耗费巨大。

[0004] 目前,现有技术中尚未公开关于地磁蓄能在轨投送的实验系统,因此,亟需研发设计一种适用的实验系统用于地磁蓄能投送验证。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种地磁蓄能投送的临近空间实验系统,可以有效解决在地面进行地磁蓄能投送验证的实验问题。

[0006] 本发明的上述发明目的是通过以下技术方案得以实现的:

一种地磁蓄能投送的临近空间实验系统,包括有机电控制箱主体、投送机构,所述机电控制箱主体的顶部通过吊运缆绳柔性连接有用于吊运至临近空间的高空气球,机电控制箱主体的底部刚性连接有竖向的主连接轴,主连接轴的下端固接有着陆缓冲框架,着陆缓冲框架上安装有缆绳收放机构,缆绳收放机构引出的配重缆绳柔性连接有配重物,且配重缆绳与主连接轴位于同一直线上;所述投送机构安装于主连接轴的中部,所述投送机构包括有固定于主连接轴上的正交强磁矩生成装置、力矩传动机构以及转动设置于主连接轴上的投送连杆,投送连杆与主连接轴相垂直,投送连杆沿长度方向上滑动连接有质量块,且投送连杆端部设有用于保持模拟投送目标的保持机构;所述力矩传动机构包括有固定于主连接轴上的传动支座、用于驱动投送连杆绕主连接轴旋转的单向旋转件,单向旋转件转动安装于传动支座上;启动工作的力矩传动机构的传动支座与单向旋转件之间形成相互作用的内力矩,投送连杆处于地磁蓄能旋转投送状态,力矩传动机构的传动支座受到单向旋转件反作用的内力矩与正交强磁矩生成装置受到地磁场的外力矩为方向相反、大小相同。

[0007] 通过采用上述技术方案,本实验系统整体通过高空气球吊运至临近空间进行实验验证,缆绳收放机构引出的配重缆绳柔性连接有配重物,通过收放控制配重缆绳的长度以调节配重物的位置,从而调整该实验系统的质心位置通过主连接轴,其次,滑动投送连杆上

滑动连接的质量块位置,可调节自身质心通过主连接轴;当投送连杆处于地磁蓄能旋转投送状态,力矩传动机构的传动支座受到单向旋转件反作用的内力矩与正交强磁矩生成装置受到地磁场的外力矩为方向相反、大小相同,由此,该实验系统在地磁场的外力矩与反作用传动的内力矩的双重作用下保持平衡,不会发生旋转章动现象,从而完成地磁蓄能投送的临近空间实验。

[0008] 本发明进一步设置为:所述力矩传动机构为力矩电机,所述传动支座为力矩电机的定子组件,所述单向旋转件为力矩电机的转子组件。

[0009] 通过采用上述技术方案,力矩传动机构采用力矩电机,使用力矩电机更加方便、准确地控制投送连杆的蓄能加速、消能卸载。

[0010] 本发明进一步设置为:所述机电控制箱主体包括能源子系统、蓄电池、飞行与蓄能及传动控制子系统、通讯和测控链路子系统、实验传感子系统及信号采集装置。

[0011] 通过采用上述技术方案,机电控制箱主体模拟航天器主体系统的相同功能,包括提供能源、自动控制、信号采集、与地面通讯等功能。

[0012] 本发明进一步设置为:所述正交强磁矩生成装置、力矩传动机构、缆绳收放机构均与所述蓄电池相电连接,并与所述飞行与蓄能及传动控制子系统相控制连接。

[0013] 通过采用上述技术方案,蓄电池为正交强磁矩生成装置、力矩传动机构、缆绳收放机构提供动力能源,并通过飞行与蓄能及传动控制子系统控制力矩传动机构、缆绳收放机构的工作。

[0014] 本发明进一步设置为:所述正交强磁矩生成装置由两个正交配置的螺线圈构成,且两个螺线圈的平面均与所述主连接轴相垂直。

[0015] 通过采用上述技术方案,在地磁蓄能旋转投送状态,正交强磁矩生成装置受到地磁场的外力矩与力矩传动机构的传动支座受到单向旋转件反作用的内力矩的双重作用下平衡,不会发生该实验系统姿态的加速转动的情况。当进入卸载停转状态,强磁矩生成装置产生的磁力矩与地磁蓄能旋转投送状态的方向相反,将持续旋转的投送连杆的转动惯量进行消能卸载。

[0016] 本发明进一步设置为:所述正交强磁矩生成装置还包括有低温系统,且两个正交配置的螺线圈均采用超导体材料制成。

[0017] 通过采用上述技术方案,正交强磁矩生成装置的螺旋圈采用超导体材料制成,且配置以低温系统,从而生成足够大的强磁矩。

[0018] 本发明进一步设置为:所述配重物为充气气垫或者着陆缓冲框架。

[0019] 通过采用上述技术方案,当该实验系统降落到地面时,作为配重物的充气气垫或者着陆缓冲框架首先着地,从而起到缓冲该实验系统下降冲量的作用。

[0020] 本发明进一步设置为:所述投送连杆的上半段、下半段上均滑动连接有一个质量块,且滑动质量块的位置可调节投送连杆的质心通过所述主连接轴。

[0021] 通过采用上述技术方案,投送连杆的上半段、下半段上均滑动连接有一个质量块,当投送模拟投送目标的瞬时,该实验系统的质量和质心会发生变化,从而通过滑动质量块的位置调节投送连杆的质心通过主连接轴。

[0022] 本发明进一步设置为:所述高空气球与所述机电控制箱主体之间连接的吊运缆绳上连接有预张开的降落伞,吊运缆绳穿过降落伞的伞面中心并与降落伞的伞绳相固接。

[0023] 通过采用上述技术方案,当该实验系统降落到地面时,由于整个实验系统受到地球重力的作用,接近地面时其下降的冲量很大,预张开的降落伞启动打开后可缓冲该实验系统下降速度的冲量。

[0024] 综上所述,本发明的有益技术效果为:

1. 本发明的实验系统整体通过高空气球吊运至临近空间进行实验验证,缆绳收放机构引出的配重缆绳柔性连接有配重物,通过收放控制配重缆绳的长度以调节配重物的位置,从而调整该实验系统的质心位置通过主连接轴,其次,滑动投送连杆上滑动连接的质量块位置,可调节自身质心通过主连接轴;当投送连杆处于地磁蓄能旋转投送状态,力矩传动机构的传动支座受到单向旋转件反作用的内力矩与正交强磁矩生成装置受到地磁场的外力矩为方向相反、大小相同,由此,该实验系统在地磁场的外力矩与反作用传动的内力矩的双重作用下保持平衡,不会发生旋转章动现象,从而完成地磁蓄能投送的临近空间实验;

2. 本发明在地磁蓄能旋转投送状态,正交强磁矩生成装置受到地磁场的外力矩与力矩传动机构的传动支座受到单向旋转件反作用的内力矩的双重作用下平衡,不会发生该实验系统姿态的加速转动的情况。当进入卸载停转状态,强磁矩生成装置产生的磁力矩与地磁蓄能旋转投送状态的方向相反,将持续旋转的投送机构的投送连杆进行消能卸载;

3. 投送连杆的上半段、下半段上均滑动连接有一个质量块,可调节投送连杆的质心通过主连接轴,或者当投送模拟投送目标的瞬时,该实验系统的质量和质心会发生变化,通过滑动质量块的位置调节投送连杆的质心通过主连接轴。

[0025] 4. 本发明的实验系统通过高空气球吊运至临近空间进行实验验证,满足地磁蓄能在轨投送方法的实验要求,避免了在地面建造的真空设施。

## 附图说明

[0026] 图1是本发明的整体结构示意图。

[0027] 图2是本发明的投送机构结构示意图。

[0028] 图中附图标记为:1、高空气球;2、吊运缆绳;3、机电控制箱主体;4、主连接轴;5、正交强磁矩生成装置;6、力矩传动机构;61、投送连杆;62、保持机构;63、质量块;64、单向旋转件;65、传动支座;7、缆绳收放机构;8、配重缆绳;9、配重物;10、着陆缓冲框架;11、降落伞。

## 具体实施方式

[0029] 以下结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0030] 参照图1、图2,为本发明公开的一种地磁蓄能投送的临近空间实验系统,包括有机电控制箱主体3、投送机构,机电控制箱主体3的顶部通过吊运缆绳2柔性连接有用于吊运至临近空间的高空气球1,高空气球1与机电控制箱主体3之间连接的吊运缆绳2上连接有预张开的降落伞11,吊运缆绳2穿过降落伞11的伞面中心并与降落伞11的伞绳相固接,机电控制箱主体3的底部刚性连接有竖向的主连接轴4,主连接轴4的下端固接有着陆缓冲框架10,着陆缓冲框架10上安装有缆绳收放机构7,缆绳收放机构7引出的配重缆绳8柔性连接有配重物9,且配重缆绳8与主连接轴4位于同一直线上,配重物9为充气气垫或者着陆缓冲框架;

投送机构安装于主连接轴4的中部,投送机构包括有固定于主连接轴4上的正交强磁矩生成装置5、力矩传动机构6以及转动设置于主连接轴4上的投送连杆61,投送连杆61与主连

接轴4相垂直,投送连杆61沿长度方向上滑动连接有质量块63,投送连杆61的上半段、下半段上均滑动连接有一个质量块63,且滑动质量块63的位置可调节投送连杆61的质心通过主连接轴4,且投送连杆61端部设有用于保持模拟投送目标的保持机构62;力矩传动机构6包括有固定于主连接轴4上的传动支座65、用于驱动投送连杆61绕主连接轴4旋转的单向旋转件64,单向旋转件64转动安装于传动支座65上,力矩传动机构6为力矩电机,传动支座65为力矩电机的定子组件,单向旋转件64为力矩电机的转子组件;启动工作的力矩传动机构6的传动支座65与单向旋转件64之间形成相互作用的内力矩,投送连杆61处于地磁蓄能旋转投送状态,力矩传动机构6的传动支座65受到单向旋转件64反作用的内力矩与正交强磁矩生成装置5受到地磁场的外力矩为方向相反、大小相同。

[0031] 机电控制箱主体3包括能源子系统、蓄电池、飞行与蓄能及传动控制子系统、通讯和测控链路子系统、实验传感子系统及信号采集装置;正交强磁矩生成装置5、力矩传动机构6、缆绳收放机构7均与蓄电池相电连接,并与飞行与蓄能及传动控制子系统相控制连接。正交强磁矩生成装置5由两个正交配置的螺线圈构成,且两个螺线圈的平面均与主连接轴4相垂直,正交强磁矩生成装置5还包括有低温系统,且两个正交配置的螺线圈均采用超导体材料制成。

[0032] 本实施例的实施原理为:

正交强磁矩生成装置5与蓄电池相电连接,并与飞行与蓄能及传动控制子系统相控制连接,正交强磁矩生成装置5还包括有低温系统,且两个正交配置的螺线圈均采用超导体材料制成。正交强磁矩生成装置5通电工作后,受到地磁场的作用产生对该实验系统的外力矩;力矩传动机构6的单向旋转件驱动投送连杆61绕主连接轴4旋转,当投送连杆61处于单向旋转投送状态,力矩传动机构6的传动支座受到单向旋转件反作用的内力矩与正交强磁矩生成装置5受到地磁场的外力矩为方向相反、大小相同,由此,该实验系统在地磁场的外力矩与反作用于传动支座的内力矩的双重作用下保持平衡,不会发生旋转章动现象。当完成投送后,投送连杆61是持续转动的,此时进入卸载停转过程,该过程为地磁蓄能加速的逆过程,即强磁矩生成装置5产生的外力矩与地磁蓄能加速过程方向相反,将力矩传动机构6驱动投送连杆61的转动惯量进行消能卸载。

[0033] 本实施例的实验系统具体实施步骤为:

1、在地面进行各种参数精确标定,确定该实验系统的质心、模拟投送目标的质量以及与质量块的相对平衡位置关系,以及地磁蓄能旋动投送加速、卸载减速的最优位置等参数;

2、高空气球携带该实验系统进入临近空间的预设高度后,由于实际的风场天气、大气密度等情况,高空气球为了调整、平衡其高度,除了该实验系统以外部分的质量可能发生变化(比如压仓配重增减),通过操作缆绳收放机构收放配重缆绳长度以调整配重物的位置,达到调整该实验系统的质心,并通过记录该实验系统以外部分的质量变化以及调整配重物的位置进行平衡;

3、使用地磁蓄能进行旋转投送方法,依次进行地磁蓄能-投送-章动稳定-卸载的操作过程。由于在地面已经精确标定了各种参数,因此省去了在轨的各种参数测量及在轨标定的步骤。

[0034] 本具体实施方式的实施例均为本发明的较佳实施例,并非依此限制本发明的保护范围,故:凡依本发明的结构、形状、原理所做的等效变化,均应涵盖于本发明的保护范围之内。

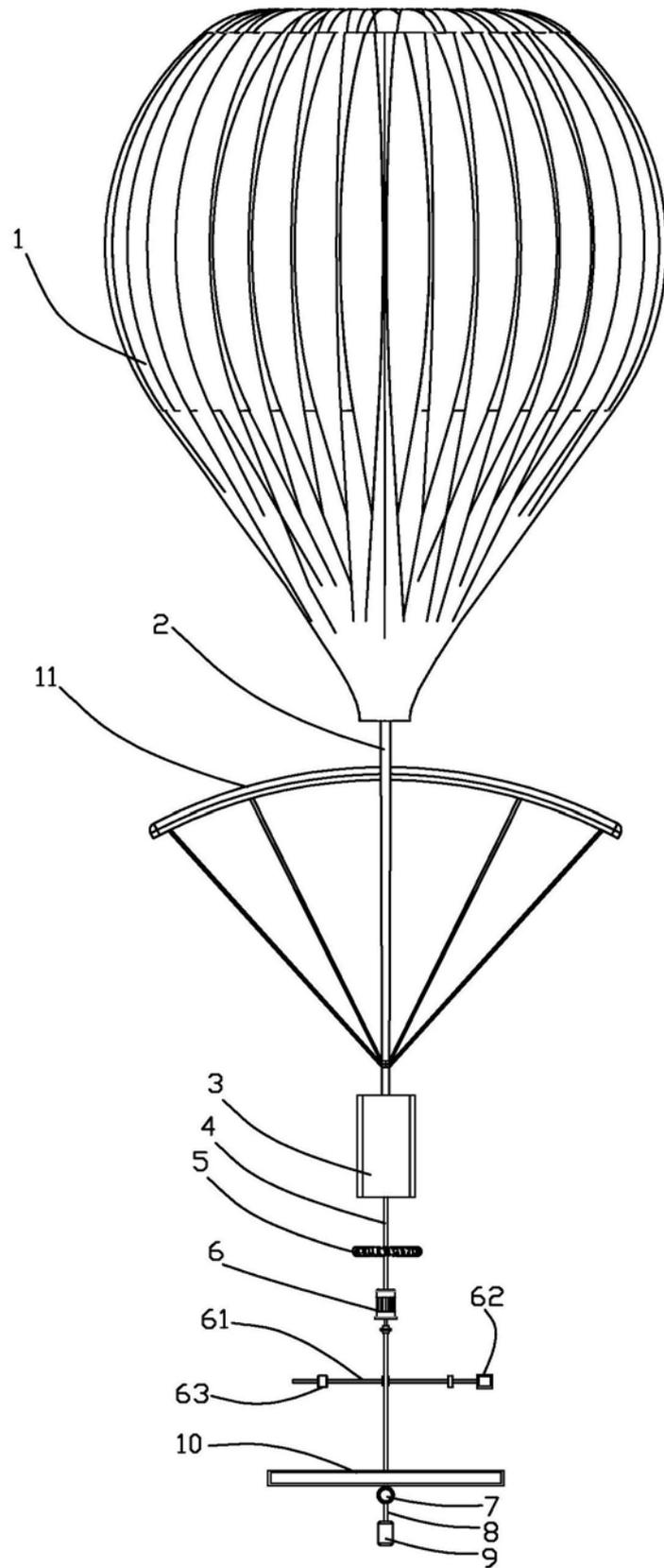


图1

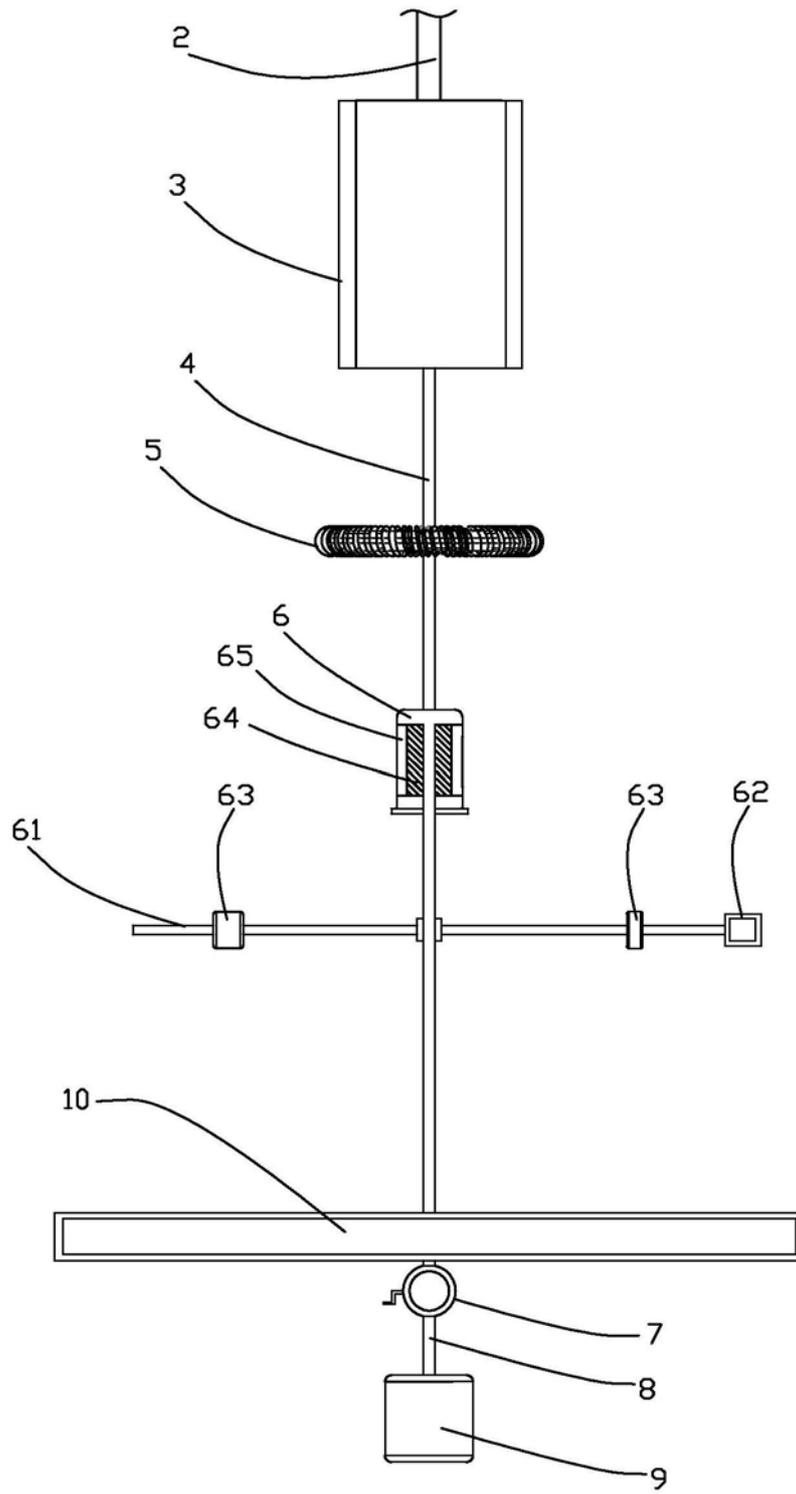


图2