



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103085992 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201210484568. 6

(22) 申请日 2012. 11. 23

(73) 专利权人 北京理工大学

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街 5  
号

(72) 发明人 李辉 李洪杰 黄强 蒋志宏

(51) Int. Cl.

B64G 7/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102145755 A, 2011. 08. 10,

CN 200978009 Y, 2007. 11. 21,

CN 201843961 U, 2011. 05. 25,

CN 201955939 U, 2011. 08. 31,

US 3270441 A, 1966. 09. 06,

US 3281964 A, 1966. 11. 01,

US 5370349 A, 1994. 12. 06,

审查员 马维忠

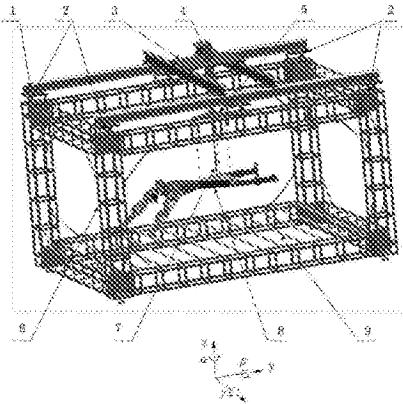
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

空间微重力模拟实验系统

(57) 摘要

本发明公开了一种空间微重力模拟实验系统，主要包括 6 个部分：外围框架、调平系统、水平面内被动调节机构、Z 方向主动重力补偿系统、回转被动调整机构以及俯仰偏转主动调整系统。本发明能够很好地模拟太空微重力环境，复现零重力状态，安全可靠、可重复利用且结构简单、成本低、方便可行便于广泛推广，同时为航天员或空间站机器人在太空舱外移动提供一个平台，模拟舱外的扶手布置。



1. 一种空间微重力模拟实验系统,包括:

外围框架,包括上层平台(1)、下层平台(9)和四个支柱(6);所述上层平台(1)用来放置水平面内被动调节机构(3),所述下层平台上布置了12根扶手,以模拟空间站舱外扶手的尺寸和排列方式;四个支柱用于连接上下层平台,同时支撑上层平台,上下层平台和四个支柱均为角钢焊接而成,能够为平台提供足够刚度;

调平系统,其包括粗调平机构和精调平机构两个部分;所述精调平机构包括球形垫片(10)、精调顶板(11)、微调螺母(12)、微调螺钉(13)、精调底板(14)、精调螺母(15)、精调螺钉(16);所述粗调平机构包括所述下层平台(9)的垫铁,用于调整高度,补偿地面的平面度误差,克服地面的不平度;所述精调平机构用于补偿机构的加工、安装误差;

水平面内被动调节机构,其包括X方向被动调节机构、Y方向被动调节机构和支撑板;X、Y方向被动调节机构分别由2条直线导轨和4个滚珠滑块组成;X方向导轨(18)安装在Y方向滑块(17)上,支撑板(21)安装在X方向滑块(19)上,因此支撑板(21)能在X和Y方向顺畅地被动滑行;

Z方向主动重力补偿系统,其包括电机、减速器、力矩测试仪、丝杠、导轨、滚珠滑块和滑轨;

回转被动调整机构,其能够保证实验对象在受到回转力作用时跟随力矩转动;吊杆(32)和上支撑板(27)之间采用止推轴承连接,止推轴承保证实验对象在受到回转力矩时,实验对象跟随该力矩转动;

俯仰偏转主动调整系统,其包括上支撑板(27)、三个绳驱动装置(31)、中心固定杆(28)、三条吊绳(30)和下支撑板(29),下支撑板(29)与实验对象连接;中心固定杆(28)与下支撑板(29)之间通过球关节连接,因此中心固定杆(28)不会影响实验对象在外力矩下姿态的变化;中心固定杆(28)将实验对象受到的水平方向力,传到水平面内被动调节机构(3),保证水平面内被动调节机构(3)正常工作;将实验对象受到的Z方向的力,传导到Z方向主动重力补偿系统(4),保证Z方向主动重力补偿系统(4)运行,同时保证俯仰偏转主动调整系统(7)不受X、Y和Z方向上外力的干扰;俯仰偏转主动调整系统(7)的上支撑板(27)上安装有三套绳驱动装置(31),通过绳驱动装置调整吊绳(30)的长度,主动改变实验对象的姿态;三套绳驱动装置(31)中都装有拉力传感器,用于测量吊绳的张力;实验对象上装有陀螺仪和关节位置控制器。

2. 根据权利要求1所述的空间微重力模拟实验系统,其特征在于,所述Z方向主动重力补偿系统根据力矩测试仪测得的力矩T,计算得到当前滚珠丝杠系统所受拉力,当通过测量和计算得到的拉力与事先测量的实验对象的重力不同时,Z方向主动重力补偿系统通过电机转动来补偿实验对象所受外力。

3. 根据权利要求1所述的空间微重力模拟实验系统,其特征在于,所述绳驱动装置根据理论张力与测量到的实际张力的差值,调节各个吊绳的长度。

## 空间微重力模拟实验系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种空间微重力模拟实验系统，适用于在地面上模拟太空环境。

### 背景技术

[0002] 众所周知，太空环境具有微重力的特点，处在太空中的宇航员以及宇航设备均失去重力作用，所以在将宇航员、宇航设备发射到太空中前，需要对宇航员进行技能训练、对宇航设备进行无重力模拟实验；由于地面环境不同于太空环境，如何在地面上模拟太空环境、复现零重力状态，成为一项迫切需要解决的技术难题。

[0003] 目前世界各国模拟太空环境普遍采用的方法有：水浮法、气浮法、自由落体运动和吊丝重力补偿法。采用水浮法进行实验时，需要将实验对象全部浸泡在水中，利用水产生的浮力，同时精确地调整漂浮器的浮力和配重的大小，来抵消实验对象产生的重力，所以实验易受水的阻力和紊流影响，而且维护费用高、需保证系统的密封性；气浮法的原理是利用气体压力，由气膜浮起物体，使物体可以在一定的空间自由移动，利用这种方法进行太空失重模拟实验时，模型较为简便，但是费用高，过程比较复杂，只能完成平面的实验等。当物体进行自由落体运动时，物体处于完全失重，故采用自由落体运动的方法可以很好地模拟太空环境、复现零重力状态，但是自由落体法代价高，实验时间短，所以这种方法难以得到推广；吊丝配重补偿法的原理是通过滑轮组利用配重物的重量来补偿实验对象的重力影响，吊丝配重系统的优点是可以进行三维空间的重力补偿，实验时间不受限制，但是采用这种方法存在重力补偿精度不够高，难以辨识悬吊系统的动摩擦力并在其控制系统中准确补偿等缺点。

### 发明内容

[0004] 有鉴于现有技术的上述缺陷，本发明实施例提供一种安全可靠、可重复利用且结构简单、成本低、方便可行的空间微重力模拟实验系统，以解决现有技术的问题。

[0005] 一种空间微重力模拟实验系统，包括：

[0006] 外围框架，其包括上层平台、下层平台和支柱；

[0007] 调平系统，其包括粗调平机构和精调平机构两个部分；

[0008] 水平面内被动调节机构，其包括X方向被动调节机构、Y方向被动调节机构和支撑板；

[0009] Z方向主动重力补偿系统，其包括电机、减速器、力矩测试仪、丝杠、导轨、滚珠滑块和滑轨；

[0010] 回转被动调整系统，其能够保证实验对象在受到回转力作用时跟随力矩转动；

[0011] 俯仰偏转主动调整系统，其包括上支撑板、绳驱动装置、中心固定杆、吊绳和下支撑板。

[0012] 优选地，所述上层平台用来放置所述水平面内被动调节机构，所述下层平台上布置了扶手，以模拟空间站舱外扶手的尺寸和排列方式；所述支柱用于连接上下层平台，同时

支撑所述上层平台。

[0013] 优选地，所述粗调平机构用于补偿地面的平面度误差，克服地面的不平度；所述精调平机构用于补偿机构的加工、安装误差。

[0014] 优选地，所述X、Y方向被动调节机构分别由直线导轨和滚珠滑块组成；X方向导轨安装在Y方向滑块上，所述支撑板安装在X方向滑块上，因此支撑板可以在X和Y方向被动滑行。

[0015] 优选地，所述Z方向主动重力补偿系统根据力矩测试仪测得的力矩T，计算得到当前滚珠丝杠系统所受拉力，当通过测量和计算得到的拉力与事先测量的实验对象的重力不同时，Z方向主动重力补偿系统通过电机转动来补偿实验对象所受外力。

[0016] 优选地，所述回转被动调整机构具有用于连接吊杆和上支撑板的止推轴承。

[0017] 优选地，所述下支撑板与实验对象连接，所述中心固定杆与所述下支撑板之间通过球关节连接；

[0018] 所述中心固定杆将实验对象受到的水平方向力传到所述水平面内被动调节机构，保证水平面内被动调节机构正常工作；并且，将实验对象受到的Z方向的力，传导到Z方向主动重力补偿系统，保证Z方向主动重力补偿系统运行，同时保证俯仰偏转主动调整系统不受X、Y和Z方向上外力的干扰；

[0019] 所述俯仰偏转主动调整系统的绳驱动装置安装在所述上支撑板上，通过所述绳驱动装置调整吊绳的长度；所述绳驱动装置中装有拉力传感器，用于测量吊绳的张力；所述实验对象上装有陀螺仪和关节位置控制器，所述绳驱动装置根据理论张力与测量到的实际张力的差值，调节各个吊绳的长度。

[0020] 通过以上技术方案，本发明能够很好地模拟太空微重力环境，复现零重力状态，安全可靠、可重复利用且结构简单、成本低、方便可行便于广泛推广，同时为航天员或空间站机器人在太空舱外移动提供一个平台，模拟舱外的扶手布置。

## 附图说明

[0021] 图1 空间微重力模拟实验系统

[0022] 图2 调平系统结构图

[0023] 图3 调平系统局部剖视图

[0024] 图4 水平面内被动调节机构

[0025] 图5 Z方向主动重力补偿、回转被动调整机构和俯仰偏转主动调整系统结构图

[0026] 图中标号如下：

[0027] 1 上层平台 2 调平系统

[0028] 3 水平面内被动调节机构 4 Z方向主动重力补偿系统

[0029] 5 回转被动调整机构 6 支柱

[0030] 7 俯仰偏转主动调整系统 8 机器人或宇航员

[0031] 9 下层平台 10 球形垫片

[0032] 11 精调顶板 12 微调螺母

[0033] 13 微调螺钉 14 精调底板

[0034] 15 精调螺母 16 精调螺钉

[0035]	17Y 方向滑块	18X 方向导轨
[0036]	19X 方向滑块	20Y 方向导轨
[0037]	21 支撑板	22 减速器
[0038]	23 电机	24 力矩测试仪
[0039]	25 滑轨	26 滚珠滑块
[0040]	27 上支撑板	28 中心固定杆
[0041]	29 下支撑板	30 吊绳
[0042]	31 绳驱动装置	32 吊杆
[0043]	33 丝杠	

### 具体实施方式

[0044] 下面结合附图详细描述本发明的实施例。

[0045] 在图 1 中,空间微重力模拟实验系统由外围框架、调平系统 2、水平面内被动调节机构 3、Z 方向主动重力补偿系统 4、回转被动调整机构 5 以及俯仰偏转主动调整系统 7 等组成。

[0046] 外围框架包括上层平台 1、下层平台 9 和四个支柱 6。上层平台 1 用来放置水平面内被动调节机构 3,下层平台上布置了 12 根扶手,以模拟空间站舱外扶手的尺寸和排列方式;四个支柱用于连接上下层平台,同时支撑上层平台,上下层平台和四个立柱均为角钢焊接而成,能够为平台提供足够刚度。

[0047] 调平系统 2 由粗调平机构和精调平机构两部分组成。在图 2、3 中,精调平机构包括球形垫片 10、精调顶板 11、微调螺母 12、微调螺钉 13、精调底板 14、精调螺母 15、精调螺钉 16;粗调平机构是以实验系统下层平台 9 的垫铁作为主要部件,可以调整高度,补偿地面的平面度误差,克服地面的不平度。精调平机构用于补偿机构的加工、安装误差。

[0048] 在图 4 中,水平面内被动调节机构 3 包括 Y 方向滑块 17、X 方向导轨 18、X 方向滑块 19、Y 方向导轨 20、支撑板 21。水平面内被动调节机构 3 由 X 方向被动调节机构和 Y 方向被动调节机构组成,而 X、Y 方向被动调节机构分别由 2 条直线导轨和 4 个滚珠滑块组成。导轨与滑块间的摩擦系数很小,定位精度高,重现性好。X 方向导轨 18 安装在 Y 方向滑块 17 上,支撑板 21 安装在 X 方向滑块 19 上,因此支撑板 21 可以在 X 和 Y 方向顺畅地被动滑行。

[0049] 在图 5 中,Z 方向主动重力补偿系统 4 由电机 23、减速器 22、力矩测试仪 24、丝杠 33、吊杆 32、滚珠滑块 26 和滑轨 25 组成;根据力矩测试仪 24 测得的力矩 T,可以计算得到当前滚珠丝杠系统所受拉力 F,由于实验对象的重力 G 是可以事先测量的,当通过测量和计算得到的 F 与实验对象的重力 G 不同时,说明实验对象必然受到外力作用,Z 方向主动重力补偿系统通过电机转动来补偿实验对象所受外力。当 F > G 时,电机驱动滑块向下运动;当 G > F 时,电机驱动滑块向上运动,始终保证 F = G。

[0050] 对于回转被动调整机构 5,吊杆和上支撑板之间采用止推轴承连接,止推轴承可以保证实验对象在受到回转力矩时,实验对象跟随该力矩转动

[0051] 俯仰偏转主动调整系统 7 由上支撑板 27、三个绳驱动装置 31、中心固定杆 28、三条吊绳 30 和下支撑板 29 组成。下支撑板 29 与实验对象连接。中心固定杆 28 与下支撑板 29

之间通过球关节连接,因此中心固定杆 28 不会影响实验对象在外力矩下姿态的变化。中心固定杆 28 将实验对象受到的水平方向力,传到水平面内被动调节机构 3,保证水平面内被动调节机构 3 正常工作;将实验对象受到的 Z 方向的力,传导到 Z 方向主动重力补偿系统 4,保证 Z 方向主动重力补偿系统 4 运行,同时保证俯仰偏转主动调整系统 7 不受 X、Y 和 Z 方向上外力的干扰。俯仰偏转主动调整系统 7 的上支撑板 27 上安装有三套绳驱动转置 31,通过绳驱动装置调整吊绳 30 的长度,可以主动改变实验对象的姿态。三套绳驱动装置 31 中都装有拉力传感器,用于测量吊绳的张力。实验对象上装有陀螺仪和关节位置控制器。因此根据实验对象的位置,吊绳 30 每个时刻的理论张力都可以计算得到。当实验对象受到俯仰和偏转方向的外力矩时,吊绳 30 每个时刻的理论张力与实际值张力不符,绳驱动装置 31 根据理论张力与实际值张力的差值,调节各个吊绳 30 的长度,从而保证实验对象姿态的变化。

[0052] 以上所述仅为本发明的几种具体实施例,以上实施例仅用于对本发明的技术方案和发明构思做说明而非限制本发明的权利要求范围。凡本技术领域中技术人员在本专利的发明构思基础上结合现有技术,通过逻辑分析、推理或有限实验可以得到的其他技术方案,也应该被认为落在本发明的权利要求保护范围之内。

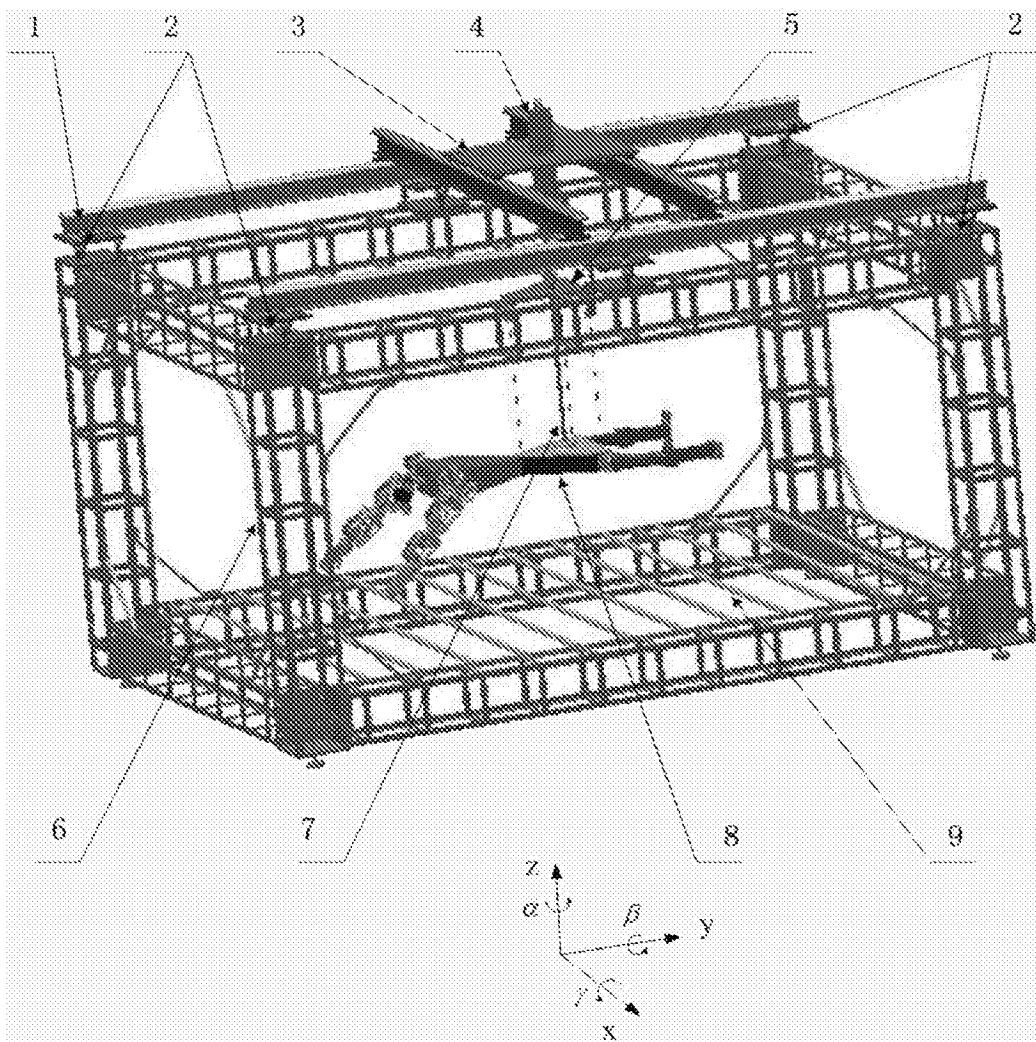


图 1

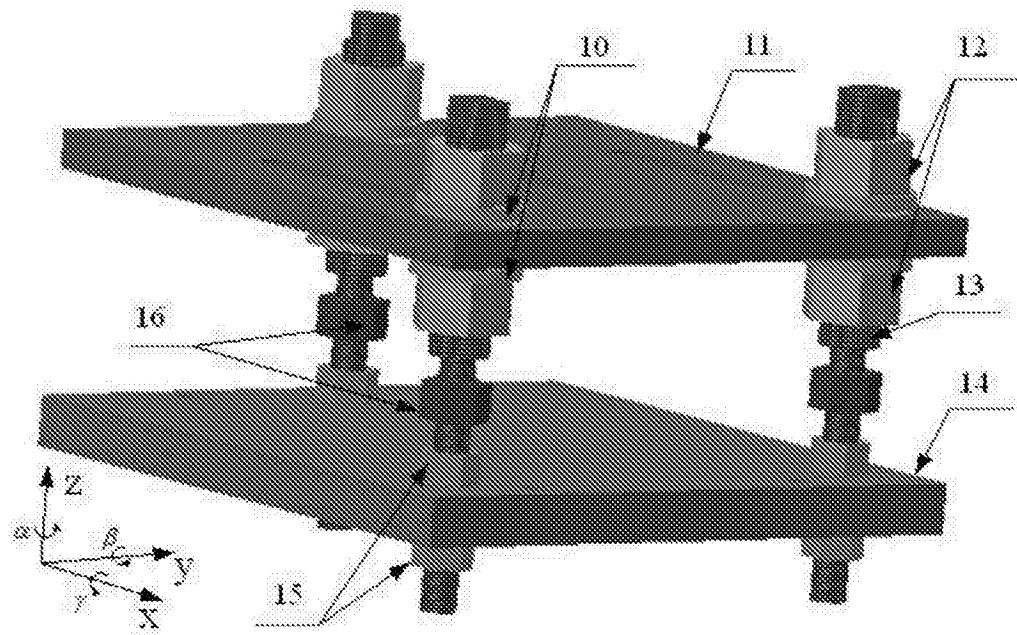


图 2

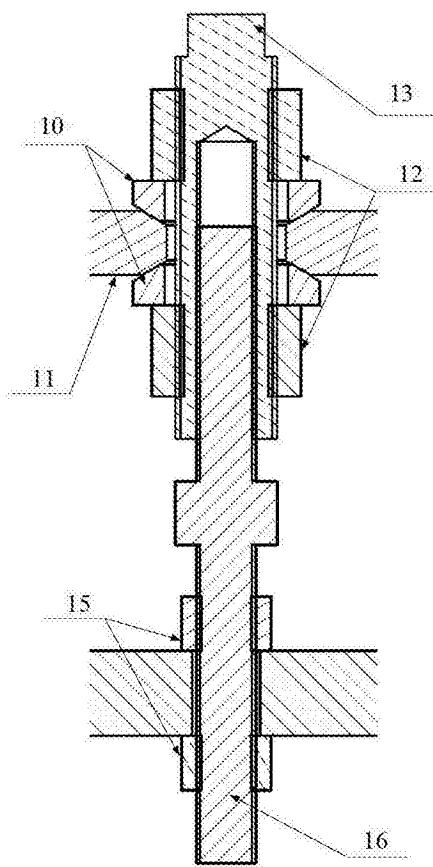


图 3

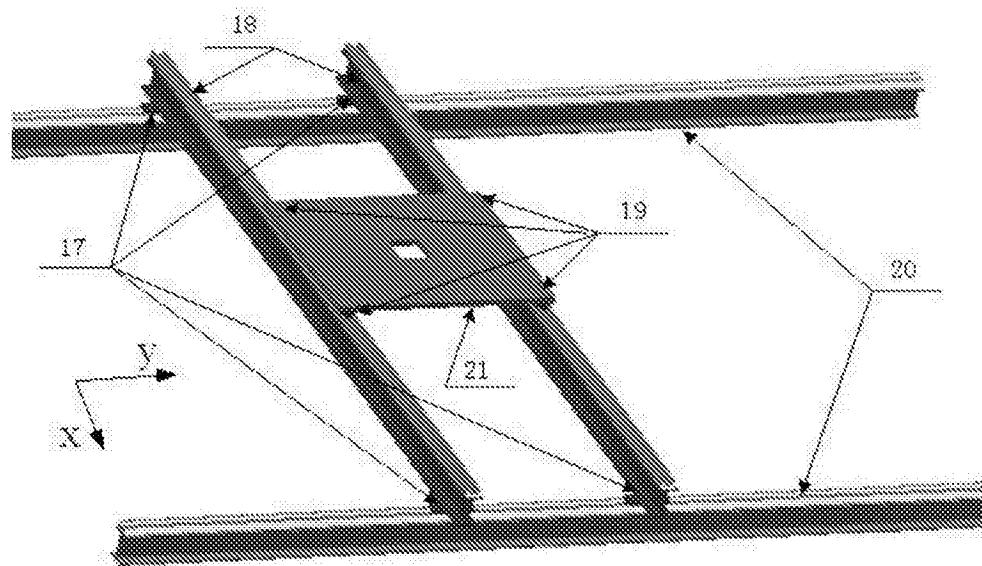


图 4

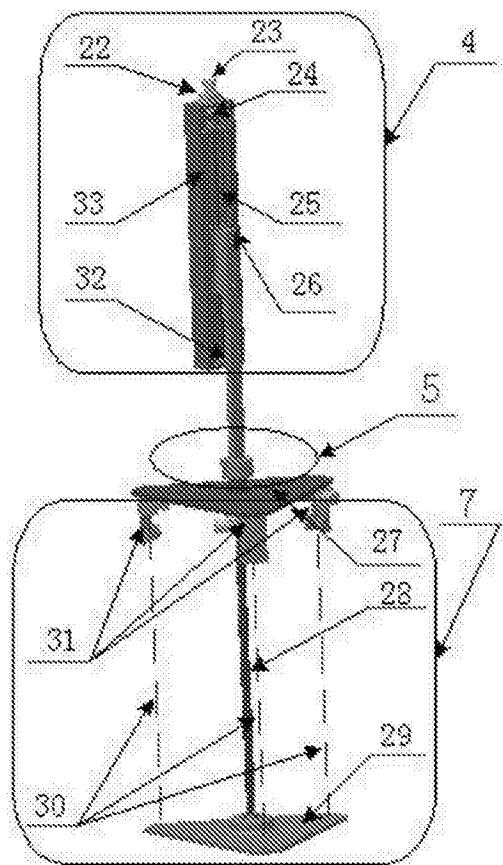


图 5