



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102620887 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 08

(21) 申请号 201210015941. 3

CN 101975641 B, 2011. 11. 16, 全文.

(22) 申请日 2012. 01. 18

JP H02300644 A, 1990. 12. 12, 全文.

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学

CN 101398339 A, 2009. 04. 01, 全文.

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

张晓琳等. 复杂形状物体转动惯量测量技术研究. 《制造技术研究》. 2011, (第 1 期), 17-20.

审查员 文海燕

(72) 发明人 张晓琳 徐春华 唐文彦 王军 马强

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109

代理人 徐爱萍

(51) Int. Cl.

G01M 1/12(2006. 01)

G01M 1/10(2006. 01)

G01G 19/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102213633 A, 2011. 10. 12, 全文.

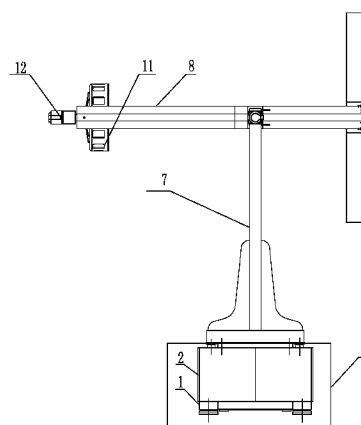
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54) 发明名称

测试零部件质量特性的装置

(57) 摘要

测试零部件质量特性的装置,它涉及一种测试质量特性的装置。解决目前测试零部件质量特性时需要多个设备,测试过程复杂,测试结果精度低的问题。气浮旋转台设在质心测量台内,质心测量台设在框架内,质心测量台上均布设有多个称重传感器,静U形主支架设置在气浮旋转台的上方,静U形主支架的开口处与动U形主支架、内转动环和外转动环三者转动连接,动U形主支架的开口处与外转动环的外壁转动连接,内转动环与外转动环连接,静U形主支架的底部上设有多个传感器压动头,动U形主支架上装有尾部支撑装置,X轴驱动装置设在动U形主支架的外部且与尾部支撑装置传动连接,Y轴驱动装置装在动U型主支架的上面。本发明用于测试零部件质量特性。



1. 一种测试零部件质量特性的装置,其特征在于所述装置包括底台(1)、框架(2)、气浮旋转台(3)、静U形主支架(7)、动U形主支架(8)、内转动环(9)、外转动环(10)、尾部支撑装置(11),X轴驱动装置(12)、质心测量台(13)、两个Y轴驱动装置(14)、多个功能限位导柱(4)、多个螺旋升降装置(5)和多个称重传感器(6),底台(1)上固装有框架(2)、气浮旋转台(3)、多个功能限位导柱(4)和多个螺旋升降装置(5),气浮旋转台(3)设在质心测量台(13)内,质心测量台(13)设在框架(2)内,质心测量台(13)上均布设有多个称重传感器(6),静U形主支架(7)设置在气浮旋转台(3)的上方,质心测量台(13)和静U形主支架(7)通过多个螺旋升降装置(5)上下移动,质心测量台(13)通过多个功能限位导柱(4)限位,静U形主支架(7)的开口处与动U形主支架(8)转动连接,动U形主支架(8)的开口处与外转动环(10)的外壁转动连接,外转动环(10)设在动U形主支架(8)内,内转动环(9)由上半环和下半环连接构成,内转动环(9)与外转动环(10)连接,静U形主支架(7)的底部上设有多个传感器压动头(7-1),动U形主支架(8)内的底部上装有尾部支撑装置(11),X轴驱动装置(12)设在动U形主支架(8)的外部且与尾部支撑装置(11)传动连接,Y轴驱动装置(14)装在动U形主支架(8)的上面。

2. 根据权利要求1所述测试零部件质量特性的装置,其特征在于称重传感器(6)的数量为3个或4个。

## 测试零部件质量特性的装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种测试质量特性的装置。

### 背景技术

[0002] 质量特性是航天、航空及汽车零部件、整机等生产制造、测试及在轨运行过程中的重要参数,随着航空航天及汽车工业的迅速发展,质量特性的测试过程要求既要提高测试精度又能够减少装卡过程,以提高测试效率和安全性。质量特性包括质量、质心、转动惯量和惯性积,测试上述参数时,需要多个设备,测量过程中需要对被测件进行多次装拆和转换设备,测试过程复杂,周期长、效率低,测试过程中精度一致性容易受到多次装卸的影响。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种测试零部件质量特性的装置,以解决目前测试零部件质量特性时需要多个设备,测试过程复杂,测试结果精度低的问题。

[0004] 本发明为解决上述技术问题采取的技术方案是:所述装置包括底台、框架、气浮旋转台、静U形主支架、动U形主支架、内转动环、外转动环、尾部支撑装置,X轴驱动装置、质心测量台、两个Y轴驱动装置、多个功能限位导柱、多个螺旋升降装置和多个称重传感器,底台上固装有框架、气浮旋转台、多个功能限位导柱和多个螺旋升降装置,气浮旋转台设在质心测量台内,质心测量台设在框架内,质心测量台上均布设有多个称重传感器,静U形主支架设置在气浮旋转台的上方,质心测量台和静U形主支架通过多个螺旋升降装置上下移动,质心测量台通过多个功能限位导柱限位,静U形主支架的开口处与动U形主支架、内转动环和外转动环三者转动连接,动U形主支架的开口处与外转动环的外壁转动连接,外转动环设在动U形主支架内,内转动环由上半环和下半环连接构成,内转动环与外转动环连接,静U形主支架的底部上设有多个传感器压动头,动U形主支架内的底部上装有尾部支撑装置,X轴驱动装置设在动U形主支架的外部且与尾部支撑装置传动连接,Y轴驱动装置装在动U形主支架的上面。

[0005] 本发明具有以下有益效果:1、测量精度高,本发明采用气浮旋转台,实现无摩擦的自由扭摆;质量质心测量时采用动态测量方式,多组数据,优化模型,相关检测;2、本发明具有测量质量、质心、转动惯量、惯性积的多种功能;即可实现静态质心测量,又可实现动态质心测量;可以实现任意轴的转动惯量测量;旋转方式灵活,六种姿态任意选取;3、整个测试过程只需对零部件进行一次装卡,使用安全限位装置和螺旋升降装置巧妙实现功能切换,在质量质心和转动惯量测量功能的转换上,不需要二次装卡;内转动环采用上下半环方式,以中心线分割的两体结构方式便于被测件的吊装;静U型支架的设计保证产品支撑安全可靠;4、本发明结构设计巧妙,便于组装、运输、存贮各个轴方向的转动均与质心为原点,不需要配平;内转动环中的各个滚动轴采用偏置结构形式,可消除内外环间间隙。

### 附图说明

[0006] 图 1 是本发明的整体结构主视图,图 2 是图 1 的侧视图,图 3 是图 1 的俯视图,图 4 是图 1 中 A 处的立体图,图 5 是静 U 形主支架 7 的立体图,图 6 是动 U 形主支架 8、内转动环 9 和外转动环 10 三者整体结构的立体图,图 7 是转轴公式角度示意图。

### 具体实施方式

[0007] 具体实施方式一:结合图 1-图 6 说明,本实施方式的所述装置包括底台 1、框架 2、气浮旋转台 3、静 U 形主支架 7、动 U 形主支架 8、内转动环 9、外转动环 10、尾部支撑装置 11、X 轴驱动装置 12、质心测量台 13、两个 Y 轴驱动装置 14、多个功能限位导柱 4、多个螺旋升降装置 5 和多个称重传感器 6,底台 1 上固装有框架 2、气浮旋转台 3、多个功能限位导柱 4 和多个螺旋升降装置 5,气浮旋转台 3 设在质心测量台 13 内,质心测量台 13 设在框架 2 内,质心测量台 13 上均布设有多个称重传感器 6,静 U 形主支架 7 设置在气浮旋转台 3 的上方,质心测量台 13 和静 U 形主支架 7 通过多个螺旋升降装置 5 上下移动,质心测量台 13 通过多个功能限位导柱 4 限位,静 U 形主支架 7 的开口处与动 U 形主支架 8、内转动环 9 和外转动环 10 三者转动连接,动 U 形主支架 8 的开口处与外转动环 10 的外壁转动连接,外转动环 10 设在动 U 形主支架 8 内,内转动环 9 由上半环和下半环连接构成,内转动环 9 与外转动环 10 连接,静 U 形主支架 7 的底部上设有多个传感器压动头 7-1,动 U 形主支架 8 内的底部上装有尾部支撑装置 11,X 轴驱动装置 12 设在动 U 形主支架 8 的外部且与尾部支撑装置 11 传动连接,Y 轴驱动装置 14 装在动 U 形主支架 8 的上面。

[0008] 所有转轴的驱动均采用伺服电机驱动,各转角重复精度可达到 2" ;

[0009] 具体实施方式二:本实施方式的称重传感器 6 的数量为 3 个或 4 个。其它组成及连接关系与具体实施方式一相同。

[0010] 工作原理:该设备用于完成某型号异形大尺寸飞行器质量特性的测量。测试项目主要包括:1、产品质量,2、产品 X 向、Y 向、Z 向质心坐标,3、产品 X 向、Y 向、Z 向转动惯量,4、产品惯性积  $J_{xy}$ 、 $J_{yz}$ 、 $J_{xz}$ 。

[0011] 待测工件的尾部与尾部支撑装置 11 连接,待测工件的前装在内转动环 9 内。

[0012] 质量测量:先将本发明空载,将 3 个称重传感器的读数  $P_{11} \sim P_{31}$  求和,得到其工装质量  $M_g$ ,即: $P_1 = P_{11} + P_{21} + P_{31}$ ,然后加载待测产品,再次将 3 个称重传感器的读数  $P_{12} \sim P_{32}$  求和,得到其工装和产品的总质量  $M'$ ,即: $P_2 = P_{12} + P_{22} + P_{32}$ ;所以,产品的质量  $M_c$  为: $P = P_2 - P_1$ ;

[0013] 质量质心测量:采用经典的三点法(或四点法)。多个螺旋升降装置 5 上升,带动质心测量台 13 和静 U 型主支架 7 一同升起,使静 U 型主支架 7 脱离气浮旋转台 3,此时静 U 型主支架 7 并不与多个称重传感器 6 接触。随后,多个螺旋升降装置 5 下降,通过多个功能限位导柱 4 维持称重传感器 6 位置不变,这样就使得称重传感器 6 与静 U 型主支架 7 接触,而脱离了气浮旋转台 3,完成了功能转换。整个过程不需要重复装卡。为提高测量精度,采用动态测量方法。

[0014] 横向质心坐标测量:将待测产品垂直放置在工装上,其中  $P_1 \sim P_3$  为测量台下面的 3 个称重传感器,故质心  $y$ 、 $z$  坐标可表示为:

$$[0015] \quad y = \frac{P_1' y_1 + P_2' y_2 + P_3' y_3}{P}$$

$$[0016] \quad z = \frac{P_1' z_1 + P_2' z_2 + P_3' z_3}{P}$$

[0017] 纵向质心坐标测量:测量纵向坐标时,需要将产品环绕轴旋转一定角度  $\theta$ ,质心沿  $y$  轴正方向产生一定的偏移,根据一些几何关系,推导出最后  $x$  的坐标为:

$$[0018] \quad x = \cot \theta (L - y) - \frac{L - y^1}{\sin \theta} - h$$

$$[0019] \quad P = P_2 - P_1$$

[0020] 通过自由旋转环和 X 旋转轴实现待测产品绕 X 轴匀速旋转一周,旋转过程中,称重传感器 6 持续采样,经过数据处理得到产品质量和 X、Y、Z 三个方向的质心坐标。

[0021] 本方案为提高测试精度,采用动态测量,通过自由旋转环和 X 旋转轴实现待测产品绕 X 轴匀速旋转一周,旋转过程中,称重传感器持续采样,经过数据处理得到产品质量和 X、Y、Z 三个方向的质心坐标。

[0022] 测量转动惯量时,采用成熟的扭摆法原理,待测产品在高精度的气浮旋转台上实现无摩擦的自由扭摆。通过自由旋转环和 X、Y 向旋转轴完成待测产品的空间位置变换(共六个姿态),联立六个方程,求解出产品 X 向、Y 向、Z 向转动惯量和惯性积  $J_{xy}$ 、 $J_{yz}$ 、 $J_{xz}$ 。

[0023] 测量转动惯量采用扭摆法。

[0024] 被测物体安放在由轴承支撑的扭摆台(即气浮旋转台)上,扭摆台由弹性扭杆与机壳连接。当有外接激励后,被测物体随扭摆台自由摆动,根据摆动曲线可以计算出转动惯量。

[0025] 扭摆台工作的理论模型为:

[0026] 设扭杆摆动角为  $\theta$ ,扭摆台与物体的转动惯量为  $J$ ,扭杆刚度系数  $K$ ,阻尼力矩系数为  $C$ ,在摆角很小时认为是扭杆刚度系数为常数。假设空气阻尼产生的阻尼力矩与扭摆台的角速度成正比,则系统运动方程为

$$[0027] \quad J \frac{d^2 \theta}{dt^2} + C \frac{d\theta}{dt} + K\theta = 0 \quad (1)$$

[0028] 为了计算方便,  $\omega_n$  定义为无阻尼自振频率,  $\omega_n = \sqrt{\frac{K}{J}}$ ;  $\zeta$  定义为系统阻尼比,

$\zeta = \frac{C}{2\sqrt{KJ}}$ ; 则式(1)变形为

$$[0029] \quad \frac{d^2 \theta}{dt^2} + 2\zeta \omega_n \frac{d\theta}{dt} + \omega_n^2 \theta = 0 \quad (2)$$

[0030] 当  $\zeta < 1$  时,扭摆台做欠阻尼运动,(2)式的解如下。

$$[0031] \quad \theta(t) = \frac{\theta_0}{\sqrt{1-\zeta^2}} \exp(-\zeta \omega_n t) \cos(\omega_n t \sqrt{1-\zeta^2}) \quad (3)$$

[0032]  $T_d$ 、 $T_n$  分别为有阻尼振动周期、无阻尼振动周期,  $T_n = \sqrt{1-\zeta^2} T_d$ 。  $\omega_d$  为有阻尼振动频率,  $\omega_d = \sqrt{1-\zeta^2} \omega_n$ 。由此可得到转动惯量的计算公式

$$[0033] \quad J = \frac{K}{\omega_n^2} = \frac{K}{(2\pi)^2} T_n^2 = \frac{K}{(2\pi)^2} (1 - \zeta^2) T_d^2 \quad (4)$$

[0034] K 的值可以通过测量标定砝码获得,  $T_d$  可以实际测出;此外,还需要知道阻尼比  $\zeta$  的值。在测量精确度要求不高的场合,可以忽略阻尼,认为  $\zeta = 0$ ,只需要测量扭摆周期,就可以计算出转动惯量。对于本设备,在阻尼不能忽略的情况下,需要测量出扭摆台摆角随时间变化的曲线,根据曲线振幅的衰减规律计算出阻尼比和周期,经过空气阻尼补偿后再由式(4)计算出转动惯量。

[0035] 首先阐述一下转动惯量的转轴公式:

[0036] 设物体对于直角坐标系坐标轴  $x, y, z$  的转动惯量和惯性积为  $J_x, J_y, J_z$  和  $J_{xy}, J_{yz}, J_{xz}$ ;则物体对于通过坐标轴原点并与  $x, y, z$  轴成  $\alpha, \beta, \gamma$  角的轴 A (如图 7 所示)的转动惯量为:

$$[0037] \quad J_A = J_x \cos^2 \alpha + J_y \cos^2 \beta + J_z \cos^2 \gamma - 2J_{yz} \cos \beta \cos \gamma - 2J_{xz} \cos \alpha \cos \gamma - 2J_{xy} \cos \alpha \cos \beta$$

[0038] 如图 7 所示,如果上式中  $J_A$  和轴 A 与三个坐标轴的夹角  $\alpha, \beta, \gamma$  是已知的,通过六个方程联立,可求出所有的六个未知量  $J_x, J_y, J_z, J_{xy}, J_{yz}, J_{xz}$ 。

$$[0039] \quad J_x \cos^2 \alpha_1 + J_y \cos^2 \beta_1 + J_z \cos^2 \gamma_1 - 2J_{xy} \cos \alpha_1 \cos \beta_1 - 2J_{yz} \cos \beta_1 \cos \gamma_1 - 2J_{xz} \cos \alpha_1 \cos \gamma_1 = J_1$$

$$[0040] \quad J_x \cos^2 \alpha_2 + J_y \cos^2 \beta_2 + J_z \cos^2 \gamma_2 - 2J_{xy} \cos \alpha_2 \cos \beta_2 - 2J_{yz} \cos \beta_2 \cos \gamma_2 - 2J_{xz} \cos \alpha_2 \cos \gamma_2 = J_2$$

$$[0041] \quad J_x \cos^2 \alpha_3 + J_y \cos^2 \beta_3 + J_z \cos^2 \gamma_3 - 2J_{xy} \cos \alpha_3 \cos \beta_3 - 2J_{yz} \cos \beta_3 \cos \gamma_3 - 2J_{xz} \cos \alpha_3 \cos \gamma_3 = J_3$$

$$[0042] \quad J_x \cos^2 \alpha_4 + J_y \cos^2 \beta_4 + J_z \cos^2 \gamma_4 - 2J_{xy} \cos \alpha_4 \cos \beta_4 - 2J_{yz} \cos \beta_4 \cos \gamma_4 - 2J_{xz} \cos \alpha_4 \cos \gamma_4 = J_4$$

$$[0043] \quad J_x \cos^2 \alpha_5 + J_y \cos^2 \beta_5 + J_z \cos^2 \gamma_5 - 2J_{xy} \cos \alpha_5 \cos \beta_5 - 2J_{yz} \cos \beta_5 \cos \gamma_5 - 2J_{xz} \cos \alpha_5 \cos \gamma_5 = J_5$$

$$[0044] \quad J_x \cos^2 \alpha_6 + J_y \cos^2 \beta_6 + J_z \cos^2 \gamma_6 - 2J_{xy} \cos \alpha_6 \cos \beta_6 - 2J_{yz} \cos \beta_6 \cos \gamma_6 - 2J_{xz} \cos \alpha_6 \cos \gamma_6 = J_6$$

[0045] 因此,改变物体状态,分别测出物体绕六个轴的摆动周期,进而通过方程组联立,便可求出对于定义坐标系的三个轴的转动惯量和惯性积数值。

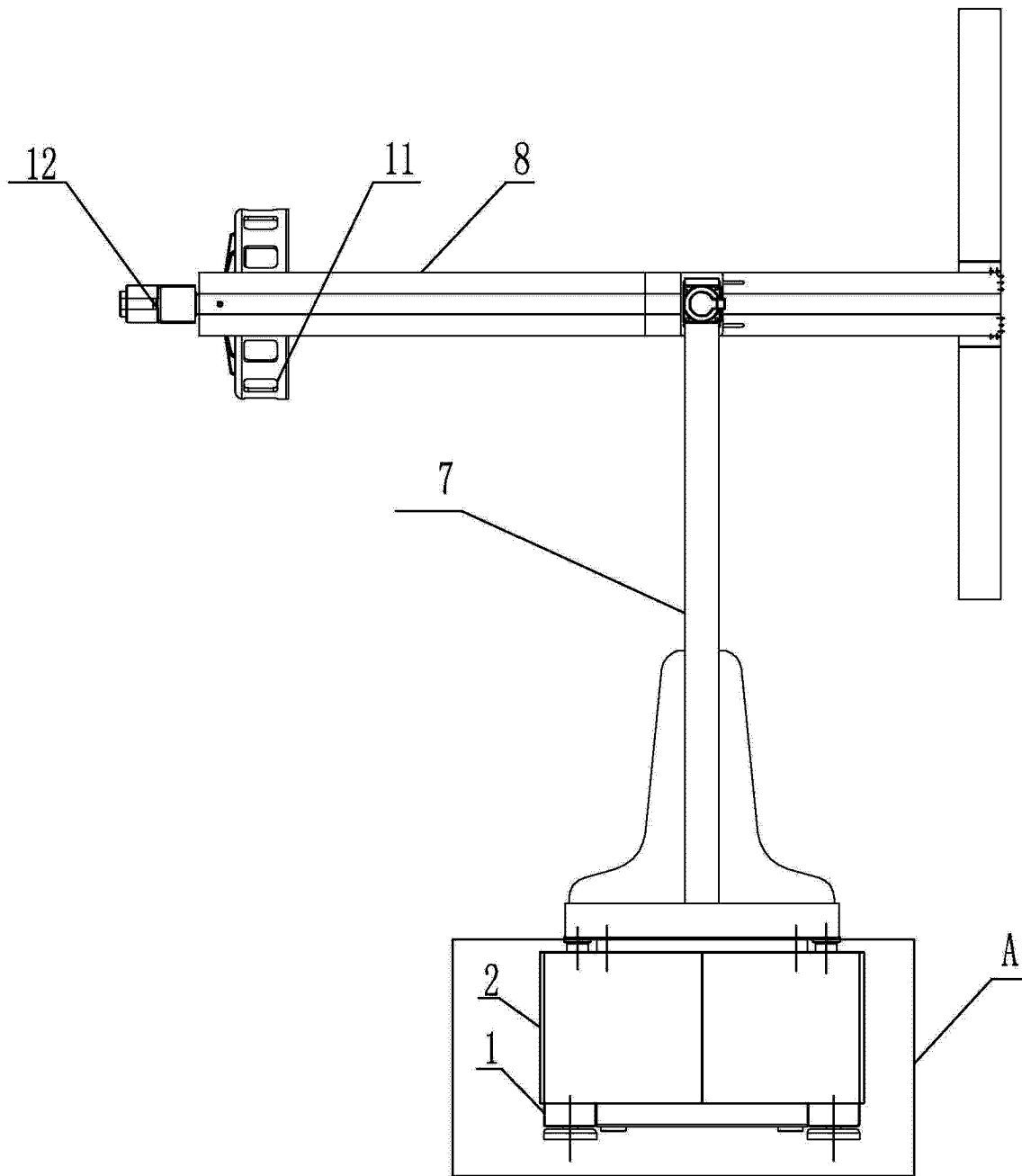


图 1

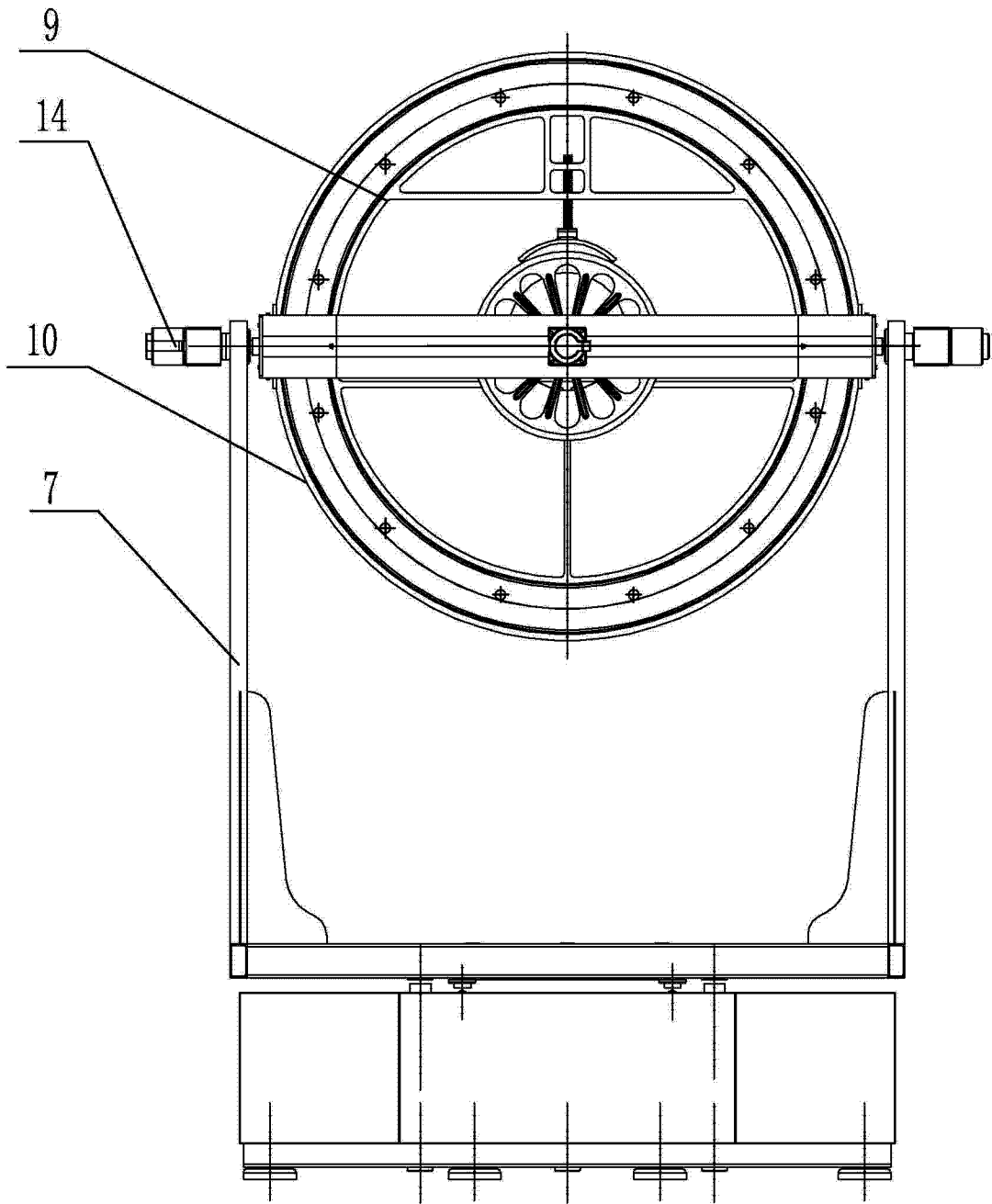


图 2



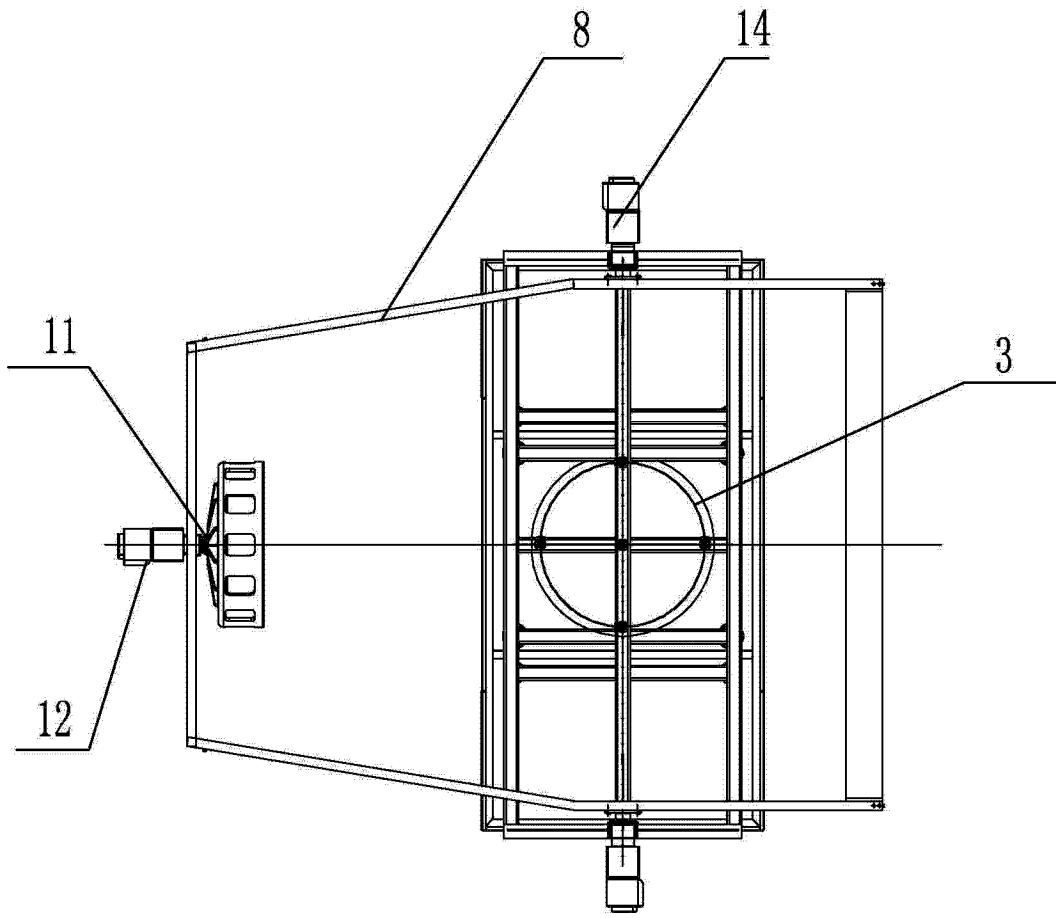


图 3

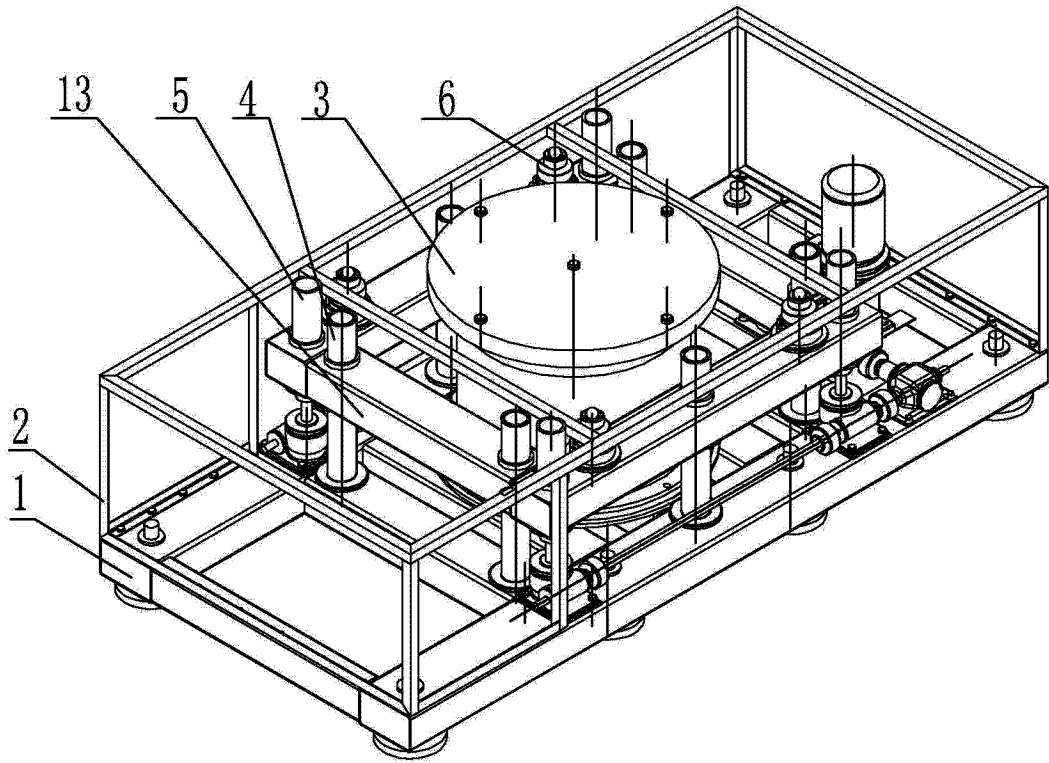


图 4

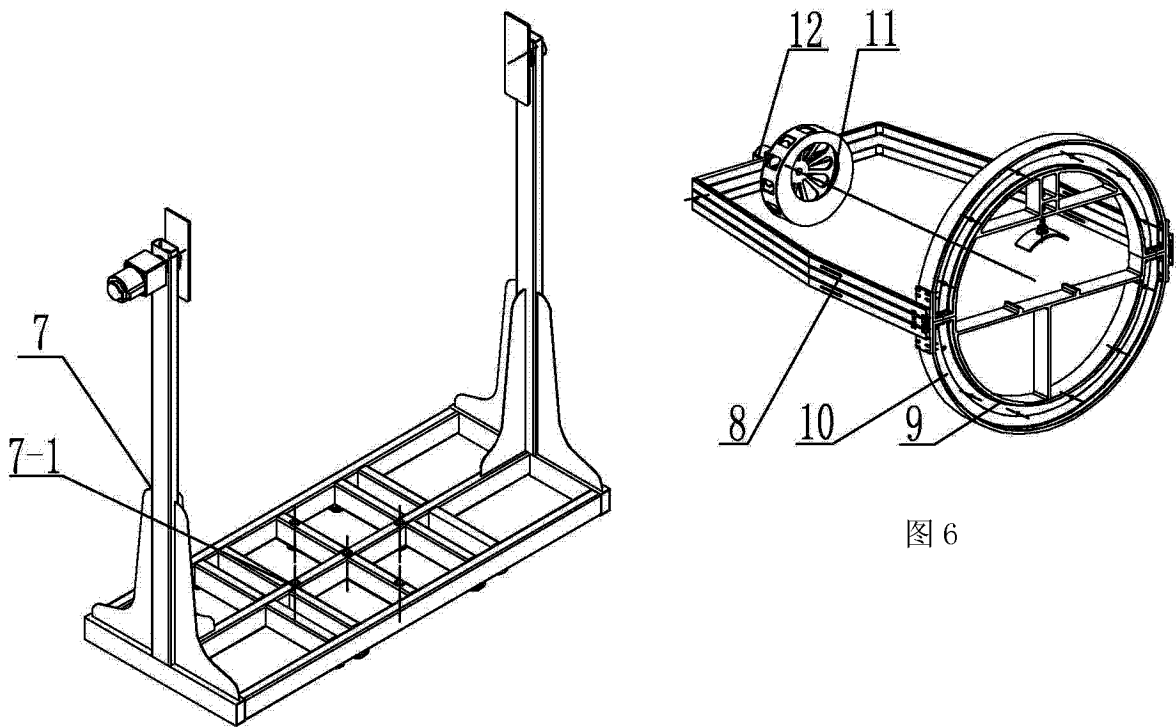


图 6

图 5

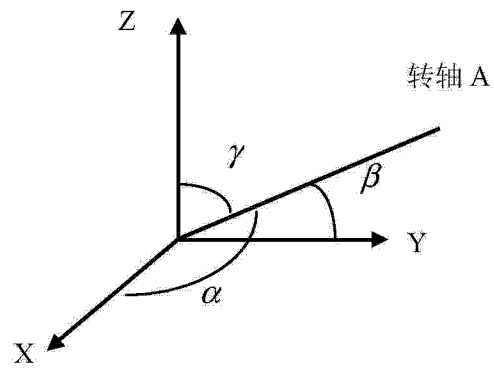


图 7