



(21) 申请号 202111449674.6

(22) 申请日 2021.11.30

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114166458 A

(43) 申请公布日 2022.03.11

(73) 专利权人 中国航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 蒋博 李睿劬 文帅 林键

李海燕 纪锋 马雁捷 王丹

肖翔 邵忠杰 屈振乐 刘阳

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心

11009

专利代理师 范晓毅

(51) Int. Cl.

G01M 9/04 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 110793744 A, 2020.02.14

CN 202240111 U, 2012.05.30

CN 209398930 U, 2019.09.17

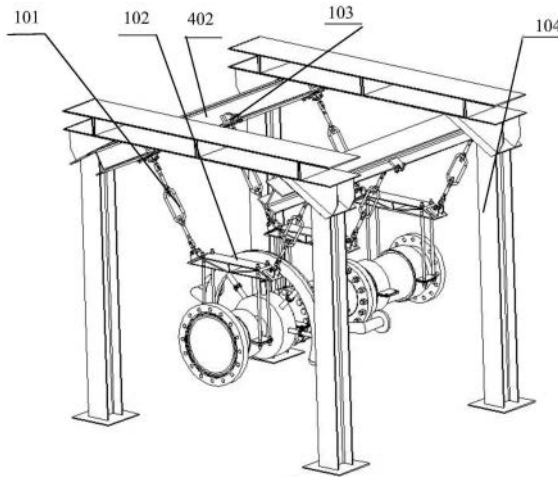
审查员 甄卫萌

(54) 发明名称

一种风洞洞体部件悬挂系统和方法

(57) 摘要

本申请涉及风洞洞体结构的领域,具体公开了一种风洞洞体部件悬挂系统和方法,包括龙门架、悬挂抱箍连接平台、可调节悬挂拉杆、滑动座;龙门架至少设置两个,龙门架之间连接有两个H型轨道,两个H型轨道分设于龙门架内侧的两端位置;悬挂抱箍连接平台连接有分体式抱箍,分体式抱箍连接于风洞洞体部件外部,每个风洞洞体部件连接有两个悬挂抱箍连接平台,每个悬挂抱箍连接平台的两端均通过可调节悬挂拉杆连接于滑动座,滑动座滑动连接于两个H型轨道上,达到了风洞洞体部件安装定位精度较高的要求;部件安装后其中心线相对风洞总体中心轴线同轴度不大于 $\phi 0.01\text{mm}$,两个部件之间阶差不大于 0.02mm ,洞体部件只有X向自由度。



1. 一种风洞洞体部件悬挂系统,其特征在于:包括龙门架(104)、悬挂抱箍连接平台(102)、可调节悬挂拉杆(101)、滑动座(103);

龙门架(104)至少设置两个,龙门架(104)之间连接有两个H型轨道(402),两个H型轨道(402)分设于龙门架(104)内侧的两端位置;

悬挂抱箍连接平台(102)连接有分体式抱箍,分体式抱箍连接于风洞洞体部件外部,每个风洞洞体部件连接有两个悬挂抱箍连接平台(102),每个悬挂抱箍连接平台(102)的两端均通过可调节悬挂拉杆(101)连接于滑动座(103),滑动座(103)滑动连接于两个H型轨道(402)上;

所述悬挂抱箍连接平台(102)包括连接平台(201)和连接于连接平台(201)两端的耳座(203),耳座(203)用于连接可调节悬挂拉杆(101),耳座(203)倾斜设置,位于连接平台(201)两端的两个耳座(203)夹角为120度;

所述连接平台(201)包括上板(61)、下板(62)、侧板(63)、固定板(64)、加强板(65),上板(61)和下板(62)相互平行,侧板(63)连接于上板(61)和下板(62)的端部,耳座(203)固定连接于侧板(63),固定板(64)垂直于上板(61)且连接于上板(61)和下板(62)的中部,加强板(65)倾斜连接于上板(61)和下板(62)之间;

可调节悬挂拉杆(101)包括拉环(303)、粗牙螺纹拉杆(302)、细牙螺纹拉杆(304),粗牙螺纹拉杆(302)和细牙螺纹拉杆(304)分别连接于拉环(303)的两端,粗牙螺纹拉杆(302)和细牙螺纹拉杆(304)穿过拉环(303)的两侧位置均螺纹连接有螺母,细牙螺纹拉杆(304)和粗牙螺纹拉杆(302)的另一端均为球铰耳环(301),细牙螺纹拉杆(304)通过球铰耳环(301)连接于悬挂抱箍连接平台(102),粗牙螺纹拉杆(302)通过球铰耳环(301)与滑动座(103)连接。

2. 根据权利要求1所述的风洞洞体部件悬挂系统,其特征在于:所述分体式抱箍包括被分成上下两半的抱箍,两半抱箍之间连接有抱箍连杆(202),抱箍连杆(202)上设置有将两半抱箍之间锁紧的螺母,抱箍连杆(202)的顶端连接于悬挂抱箍连接平台(102)。

3. 根据权利要求1所述的风洞洞体部件悬挂系统,其特征在于:所述龙门架(104)两端的内侧固定连接连接有连接斜板(403),H型轨道(402)为H型钢,H型钢的上翼板与连接斜板(403)之间通过螺栓连接。

4. 根据权利要求3所述的风洞洞体部件悬挂系统,其特征在于:所述H型钢与水平面的夹角为30度。

5. 根据权利要求1所述的风洞洞体部件悬挂系统,其特征在于:所述滑动座(103)包括承载滑块(501)、随动滑块(503)、连接板(505),承载滑块(501)位于H型钢的腹板朝向龙门架(104)中心的一侧,随动滑块(503)位于H型钢的腹板背离龙门架(104)中心的一侧,连接板(505)位于H型钢下翼板的下方且连接于承载滑块(501)和随动滑块(503)之间,连接板(505)背离承载滑块(501)和随动滑块(503)的一侧连接有与粗牙螺纹拉杆(302)端部耳环连接耳座(504)。

6. 根据权利要求5所述的风洞洞体部件悬挂系统,其特征在于:所述承载滑块(501)与H型钢的腹板和下翼板抵接的侧面表面均连接有滚动导轨块(502),随动滑块(503)与H型钢的下翼板抵接的侧面表面连接滚动导轨块(502)。

7. 基于权利要求1-6任一所述的一种风洞洞体部件悬挂系统的一种风洞洞体部件悬挂

方法,其特征在于:包括以下步骤:

S1:将连接平台(201)、可调节悬挂拉杆(101)与风洞洞体部件在基准平台上安装为一体,且将其暂放在辅助安装支架,调节连接平台(201)与风洞洞体部件的中心线平行,确保两副连接平台(201)上表面到中心线的距离相等;

S2:在连接平台(201)上表面划线,一条线与风洞洞体部件的中心线平行,一条线与风洞洞体部件的中心线垂直,将可调节悬挂拉杆(101)的端部连接于龙门架(104)的滑动座(103)上;

S3:过风洞洞体中心线的水平面为水平对称基准面、过风洞洞体中心线的竖直面为垂直对称基准面,将水平对称基准面、垂直对称基准面固化到实验室厂房内,激光经纬仪基准调节到风洞洞体水平、垂直对称基准面上,记录读数;

S5:在连接平台(201)上已有刻线为基准放置高度尺,用激光经纬仪分别测量放置在两个悬挂抱箍平台上高度尺位置和读数进行位置标定,并通过调节可调悬挂拉杆系统粗牙螺纹拉杆(302)和细牙螺纹拉杆(304)长度实现对风洞洞体部件的位置调节。

一种风洞洞体部件悬挂系统和方法

技术领域

[0001] 本申请涉及风洞洞体结构的技术领域,特别是一种风洞洞体部件悬挂系统和方法。

背景技术

[0002] 对于常规风洞洞体部件,大部分采用放置于地基上支撑结构,这样支撑结构抗干扰能力较差,安装调节测量只选取部件两端作为测量参考,安装调节操作性较为盲目。

[0003] 对于类似“静风洞”这样对于风洞洞体部件之间安装定位基准要求较高部件,放置于地基上进行支撑上不能满足风洞洞体部件之间安装定位的高精度要求。

发明内容

[0004] 为了满足满足风洞洞体部件安装定位精度较高要求:部件安装后中心线相对风洞总体中心轴线同轴度不大于 $\varphi 0.02\text{mm}$,两个部件之间阶差不大于 0.05mm ,设备就位后只有X向自由度;为解决上述问题,本申请公开了一种风洞洞体部件悬挂系统和方法。

[0005] 具体采用如下的技术方案:

[0006] 一种风洞洞体部件悬挂系统,包括龙门架、悬挂抱箍连接平台、可调节悬挂拉杆、滑动座;龙门架至少设置两个,龙门架之间连接有两个H型轨道,两个H型轨道分设于龙门架内侧的两端位置;悬挂抱箍连接平台连接有分体式抱箍,分体式抱箍连接于风洞洞体部件外部,每个风洞洞体部件连接有两个悬挂抱箍连接平台,每个悬挂抱箍连接平台的两端均通过可调节悬挂拉杆连接于滑动座,滑动座滑动连接于两个H型轨道上。

[0007] 在上述的风洞洞体部件悬挂系统中,所述分体式抱箍包括被分成上下两半的抱箍,两半抱箍之间连接有抱箍连杆,抱箍连杆上设置有将两半抱箍之间锁紧的螺母,抱箍连杆的顶端连接于悬挂抱箍连接平台。

[0008] 在上述的风洞洞体部件悬挂系统中,所述悬挂抱箍连接平台包括连接平台和连接于连接平台两端的耳座,耳座倾斜设置,位于连接平台两端的两个耳座夹角为 120° 。

[0009] 在上述的风洞洞体部件悬挂系统中,所述连接平台包括上板、下板、侧板、固定板、加强板,上板和下板相互平行,侧板连接于上板和下板的端部,耳座固定连接于侧板,固定板垂直于上板且连接于上板和下板的中部,加强板倾斜连接于上板和下板之间。

[0010] 在上述的风洞洞体部件悬挂系统中,所述可调节悬挂拉杆包括拉环、粗牙螺纹拉杆、细牙螺纹拉杆,粗牙螺纹拉杆和细牙螺纹拉杆分别连接于拉环的两端,粗牙螺纹拉杆和细牙螺纹拉杆穿过拉环的两侧位置均螺纹连接有螺母,细牙螺纹拉杆和球铰耳环的另一端均为球铰耳环,细牙螺纹拉杆通过球铰耳环连接于悬挂抱箍连接平台,粗牙螺纹拉杆通过球铰耳环与滑动座连接。

[0011] 在上述的风洞洞体部件悬挂系统中,所述龙门架两端的内侧固定连接有连接斜板,H型轨道为H型钢,H型钢的上翼板与连接斜板之间通过螺栓连接。

[0012] 在上述的风洞洞体部件悬挂系统中,所述H型钢与水平面的夹角为 30° 。

[0013] 在上述的风洞洞体部件悬挂系统中,所述滑动座包括承载滑块、随动滑块、连接板,承载滑块位于H型钢的腹板朝向龙门架中心的一侧,随动滑块位于H型钢的腹板背离龙门架中心的一侧,连接板位于H型钢下翼板的下方且连接于承载滑块和随动滑块之间,连接板背离承载滑块和随动滑块的一侧连接有与粗牙螺纹拉杆端部耳环连接的耳座。

[0014] 在上述的风洞洞体部件悬挂系统中,所述承载滑块与H型钢的腹板和下翼板抵接的侧面表面均连接有滚动导轨块,随动滑块与H型钢的下翼板抵接的侧面表面连接滚动导轨块。

[0015] 一种风洞洞体部件悬挂方法,包括以下步骤:

[0016] S1:将连接平台、可调节悬挂拉杆与风洞洞体部件在基准平台上安装为一体,且将其暂放在辅助安装支架,调节连接平台与风洞洞体部件的中心线平行,确保两副连接平台上表面到确保两副连接平台上表面到中心线距离相等中心线的距离相等;

[0017] S2:在连接平台上表面划线,一条线与风洞洞体部件的中心线平行,一条线与风洞洞体部件的中心线垂直,将可调节悬挂拉杆的端部连接于龙门架的滑动座上;

[0018] S3:过风洞洞体中心线的水平面为水平对称基准面、过风洞洞体中心线的竖直面为垂直对称基准面,将水平对称基准面、垂直对称基准面固化到实验室厂房内,激光经纬仪基准调节到风洞洞体水平、垂直对称基准面上,记录读数;

[0019] S4:在连接平台上已有刻线为基准放置高度尺,用激光经纬仪分别测量放置在两个悬挂抱箍平台上高度尺位置和读数进行位置标定,并通过调节可调悬挂拉杆系统粗牙螺纹拉杆和细牙螺纹拉杆长度实现对风洞洞体部件的位置调节。

[0020] 综上所述,本申请至少包括以下有益技术效果:

[0021] 1.本申请的悬挂抱箍连接平台,将部件固定同时将部件水平中心对称面实体化,便于安装调试测量;

[0022] 2.本申请的可调节悬挂拉杆,分别调节通过粗牙螺杆和细牙螺杆调节部件安装位置。确保到位后部件处于平衡状态;

[0023] 3.本申请的滑动座和龙门支架,利用龙门架搭建轨道,以滚动导轨块作为运动件设计滑动座解决了承载和运动问题。

附图说明

[0024] 图1为本申请具体实施方式中风洞部件悬挂系统的立体结构示意图;

[0025] 图2为风洞部件悬挂系统总装图;

[0026] 图3为悬挂抱箍连接平台的结构示意图;

[0027] 图4为可调节悬挂拉杆的结构示意图;

[0028] 图5为龙门架和H型轨道的结构示意图;

[0029] 图6为滑动座的结构示意图。

[0030] 附图说明:101、可调节悬挂拉杆;102、悬挂抱箍连接平台;103、滑动座;104、龙门架;

[0031] 201、连接平台;202、抱箍连杆;203、耳座;

[0032] 301、球铰耳环;302、粗牙螺纹拉杆;303、拉环;304、细牙螺纹拉杆;

[0033] 402、H型轨道;403、连接斜板;

[0034] 501、承载滑块;502、滚动导轨块;503、随动滑块;504、连接耳座;505、连接板;
[0035] 61、上板;62、下板;63、侧板;64、固定板;65、加强板。

具体实施方式

[0036] 下面结合附图1-6和具体实施例对本申请作进一步详细的描述:

[0037] 为了达到风洞洞体部件安装定位精度较高要求:部件安装后其中心线相对风洞洞体中心轴线同轴度不大于 $\phi 0.01\text{mm}$,两个部件阶差不大于 0.02mm ,部件就位后只有X向自由度,本申请实施例公开一种风洞洞体部件悬挂系统和方法。

[0038] 以喷管段为例子阐述风洞洞体设备悬挂系统,参照图1和图2,一种风洞洞体部件悬挂系统,包括龙门架104、悬挂抱箍连接平台102、可调节悬挂拉杆101、滑动座103;悬挂抱箍连接平台102通过可调节悬挂拉杆101和滑动座103将风洞洞体部件悬挂于龙门架104上。

[0039] 参照图1和图2,风洞洞体部件的两端各布置一套一套龙门架104,本实施例中龙门架104设置两个,每套龙门架104用型钢焊接而成,龙门架104底部固定安装在风洞地基上,为保证龙门架104承载能力,龙门架104焊接结构需要保证足够强度和刚度;两套龙门架104之间安装两条H型轨道402,两个H型轨道402分设于龙门架104内侧的两端位置,轨道由加工后H型钢构成。具体的,龙门架104两端的内侧固定连接连接有连接斜板403,H型钢的上翼板与连接斜板403之间通过螺栓连接,得到的与水平面成 30° 的H型钢作为H型轨道402。

[0040] 参照图5和图6,滑动座103沿着H型轨道402的长度方向滑动连接于H型轨道402上,滑动座103包括承载滑块501、随动滑块503、连接板505,承载滑块501位于H型钢的腹板朝向龙门架104中心的一侧,承载滑块501朝向H型钢腹板的侧面与承载滑块501朝向H型钢下翼板的侧面相互垂直,随动滑块503位于H型钢的腹板背离龙门架104中心的一侧,连接板505位于H型钢下翼板的下方且连接于承载滑块501和随动滑块503之间,连接板505背离承载滑块501和随动滑块503的一侧连接有与粗牙螺纹拉杆302端部耳环连接的连接耳座504,连接耳座504上设置柱销与可调节悬挂拉杆101连接。承载滑块501与H型钢的腹板和下翼板抵接的侧面表面均连接有滚动导轨块502,随动滑块503与H型钢的下翼板抵接的侧面表面连接滚动导轨块502。这样结构布置使得承载滑块501即具有较好承载能力同时具备导向功能,承载滑块501、随动滑块503的设置保证风洞部件在X向运动更加顺畅稳定。

[0041] 参照图3,每个悬挂抱箍连接平台102连接有一个分体式抱箍,分体式抱箍连接于风洞洞体部件外部,分体式抱箍采用预置弧形钢板与肋板焊接而成,焊后热处理整体63加工。风洞洞体部件的两端各连接一个分体式抱箍,即风洞洞体部件的两端各连接一个悬挂抱箍连接平台102,分体式抱箍包括被分成上下两半的抱箍,两半抱箍之间连接有抱箍连杆202,抱箍连杆202两端都加工螺纹,抱箍连杆202上设置有将两半抱箍之间锁紧的螺母,每幅分体式抱箍用4根抱箍连杆202、以及抱箍连杆202上的螺母螺母锁紧,使得分体式抱箍将风洞洞体部件夹紧,保证抱箍与洞体部件接触良好稳固。抱箍连杆202的顶端连接于悬挂抱箍连接平台102,每个悬挂抱箍连接平台102的两端均通过可调节悬挂拉杆101连接于滑动座103,即每副悬挂抱箍平台需安装两套可调悬挂拉杆,且两套可调悬挂拉杆以风洞洞体总体轴线为中心呈 120° 布置。

[0042] 参照图3和图4,悬挂抱箍连接平台102包括连接平台201和连接于连接平台201两端的耳座203,4根抱箍连杆202的顶端连接于连接平台201,连接平台201包括上板61、下板

62、侧板63、固定板64、加强板65,上板61和下板62相互平行,侧板63连接于上板61和下板62的端部,耳座203固定连接于侧板63外表面,耳座203倾斜设置,以风洞洞体部件中心轴线为基准,位于连接平台201两端的两个耳座203夹角为120度,固定板64垂直于上板61且连接于上板61和下板62的中部,加强板65倾斜连接于上板61和下板62之间。连接平台201上表面精加工,保证足够平面度和粗糙度。连接平台201上表面调节成与风洞洞体总体中心轴线平行,并到风洞洞体中心轴线距离相同,连接平台201上表面作为安装调整的测量基准。

[0043] 可调节悬挂拉杆101包括拉环303、粗牙螺纹拉杆302、细牙螺纹拉杆304,粗牙螺纹拉杆302和细牙螺纹拉杆304分别连接于拉环303的两端,粗牙螺纹拉杆302和细牙螺纹拉杆304穿过拉环303的两侧位置均螺纹连接有螺母,细牙螺纹拉杆304和球铰耳环301的另一端均为球铰耳环301,通过柱销将细牙螺纹拉杆304的球铰耳环301安装到连接平台201耳座203上,通过柱销将粗牙螺纹拉杆302的球铰耳环301安装到滑动座103耳座203上。通过对粗牙螺纹拉杆302和细牙螺纹拉杆304长度调整,实现悬挂抱箍连接平台102上夹紧的风洞洞体部件安装位置调整。以满足风洞洞体部件之间安装技术要求。

[0044] 可调悬挂拉杆系统为刚性结构,其提供拉力和风洞洞体部件重力相互成 120° 。设风洞洞体部件的中心轴线方向为X方向,竖直方向为Y方向,垂直于X方向和Y方向的为Z方向,Y-X方向为俯仰 α 、X-Z方向为偏航 β 、绕X方向的旋转为滚转 γ 。通过静力学分析,风洞洞体部件在Y向、Z向处于受力平衡状态,Y向、Z向无自由度,每个洞体部件布置的两套悬挂抱箍连接平台102和4套可调悬挂拉杆系统组合锁紧后,洞体部件无俯仰 α 、偏航 β 、滚转 γ 自由度。洞体部件只有X向自由度。

[0045] 本实施例还公开了一种风洞洞体部件悬挂方法,包括以下步骤:

[0046] 在风洞洞体部件地基设置安装龙门架104地脚螺栓,将焊接后整体加工龙门架104吊装到洞体地基预留的地脚螺栓处安装。过风洞洞体轴线的水平面为风洞洞体水平对称面,过风洞洞体轴线的竖直面为风洞洞体垂直对称面。以风洞洞体水平对称面和垂直对称面为基准,调整两套龙门架104安装位置,调整后龙门架104测量基准面与水平对称面平行度误差0.1mm,与垂直基准面垂直度误差0.1mm;待龙门架104安装到位后,将H型轨道402通过螺栓安装于龙门架104上,安装两条轨道前应在地面清洗处理轨道上的滑动表面,安装后确保两条轨道面与风洞洞体水平对称面成 $30^\circ \pm 3^\circ$ 。

[0047] 预先将滚动导轨块502安装到承载滑块501和随动滑块503安装面内,安装后确保承载滑块501和随动滑块503在基准平台上能够滑动顺畅无卡滞现象;按照滑动座103结构将承载滑块501和随动滑块503安装到轨道上,并将承载滑块501和随动滑块503用连接板505固连,组装后滑动座103须在轨道上试滑动,保证滑动顺畅同时确保只有安装在滑动座103上滚动导轨块502与轨道面接触,其余部分不接触;每个悬挂抱箍系统对应安装两副滑动座103。

[0048] 将悬挂抱箍连接平台102与风洞洞体部件在基准平台上安装成一体,以基准平台作为测量基准,调节连接平台201与部件中心线平行,同时确保两副连接平台201上表面到中心线距离相等,调整完成后将所有部件相互锁紧,同时在连接平台201上表面刻线,一条线与风洞洞体部件轴线平行,另一条与风洞洞体部件轴线垂直,为下一步安装提供测量基准;由此风洞洞体部件中心轴线被实体化到悬挂抱箍系统的连接平台201上。

[0049] 将风洞洞体部件与悬挂抱箍平台安装成一体的结构件暂时放置在可移动地面辅

助安装支撑上,由辅助安装支撑运送到部件安装位置附近,用辅助安装支架将部件位置初步调整。

[0050] 之前龙门架104轨道上滑动座103安装就位,此时滑动座103上的耳座203位置就已确定,按照风洞洞体部件理论位置,连接平台201上耳座203柱销孔和滑动座103连接板505上耳座203柱销孔之间距离可以通过初步几何计算获得;此时按照计算结果将悬挂拉杆系统长度初步调整到两个耳座203之间的计算值,再通过柱销将悬挂拉杆系统两端耳环安装到耳座203上,悬挂拉杆系统实际长度可以通过调节细牙、粗牙螺纹拉杆302长度来实现。

[0051] 此时,通过悬挂抱箍平台、可调悬挂拉杆系统、滑动座103和龙门架104将风洞洞体部件初步安装到位,辅助安装支架与风洞洞体部件脱离,只是作为安全保护作用。

[0052] 将激光经纬仪基准调节到风洞洞体水平、垂直对称基准面上,风洞洞体水平和垂直对称面已经固化到试验室厂房内,记录此时经纬仪读数,以连接平台201上已有刻线为基准放置高度尺,因为连接平台201到洞体部件中心轴线的距离和平行度已经在基准平台上调节完成并固定,高度尺固定读数加连接平台201到零部件中心读数即为经纬仪观测高度尺读数,分别调节可调悬挂拉杆系统粗牙螺纹拉杆302和细牙螺纹拉杆304长度实现对零部件位置调节,将零件中心线调节到与风洞洞体中心轴线一致。

[0053] 用激光经纬仪分别测量放置在两个悬挂抱箍平台上高度尺位置和读数,实现对风洞洞体部件相对于风洞洞体中心轴线Y向,Z向,偏航 β ,俯仰 α 和滚转 γ 方向调节,以达到部件中心轴线与风洞洞体中心轴线同轴度要求。

[0054] 第一个风洞洞体部件位置满足要求后,将悬挂系统所有可调节零件锁紧,此时这个风洞洞体部件可以作为下一个与其连接的风洞洞体部件的位置基准,重复上述测量调节方式确保风洞洞体部件自身位置精度和两个相邻的风洞洞体部件之间阶差。

[0055] 风洞洞体设备悬挂系统的应用,能够提升洞体部件安装精度和运行稳定状态。

[0056] 以上均为本申请的较佳实施例,并非依此限制本申请的保护范围,故:凡依本申请的结构、形状、原理所做的等效变化,均应涵盖于本申请的保护范围之内。

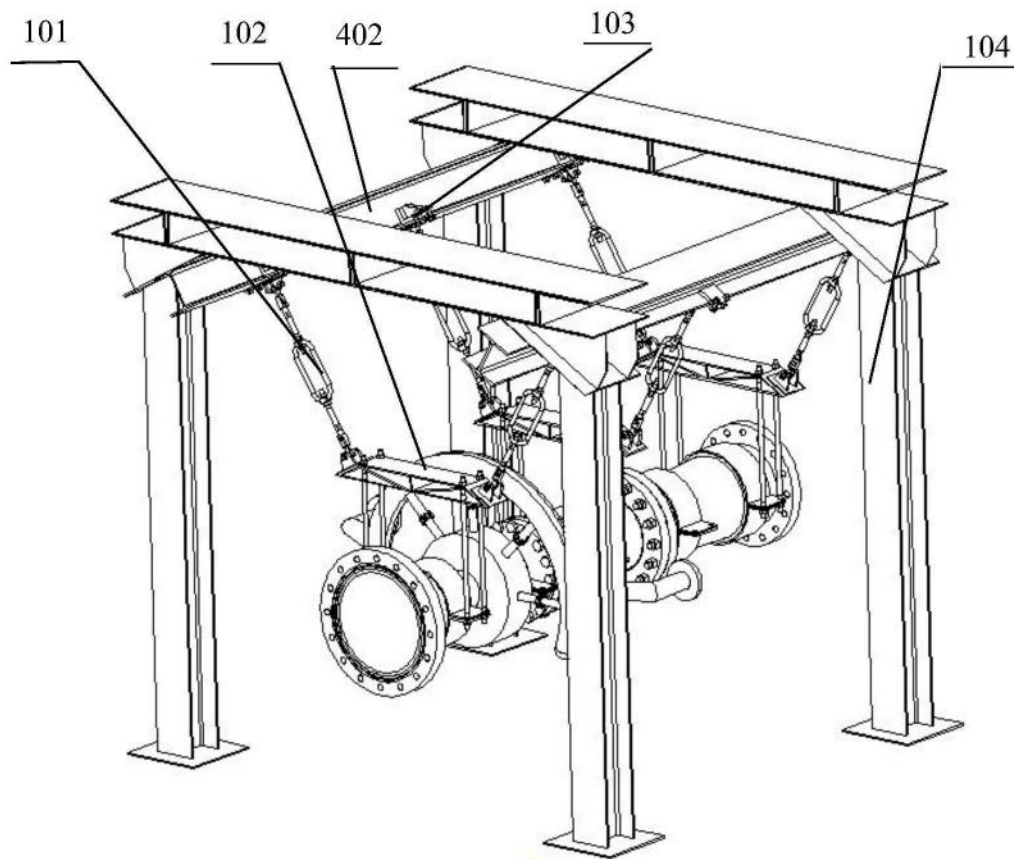


图1

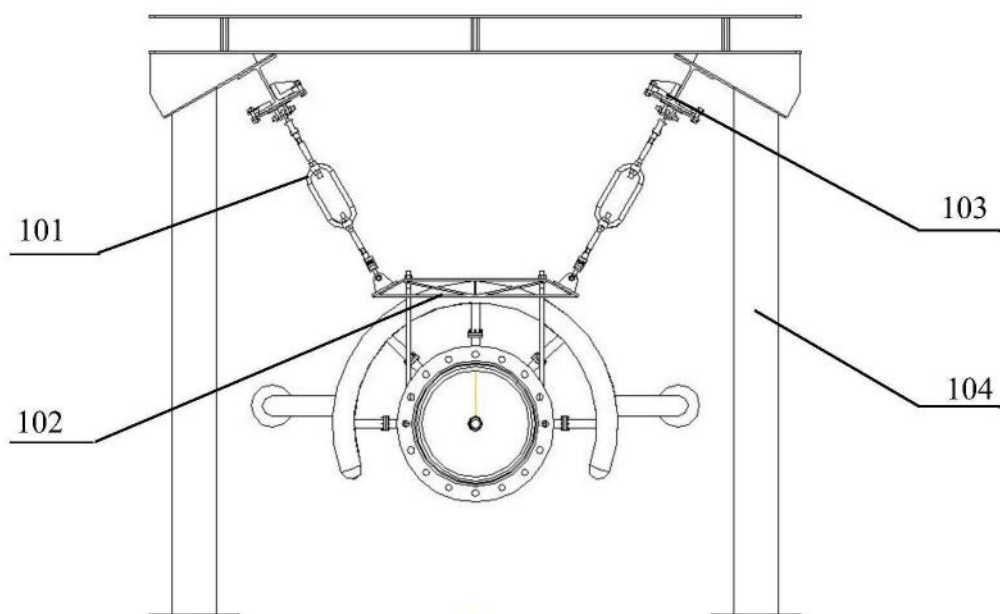


图2

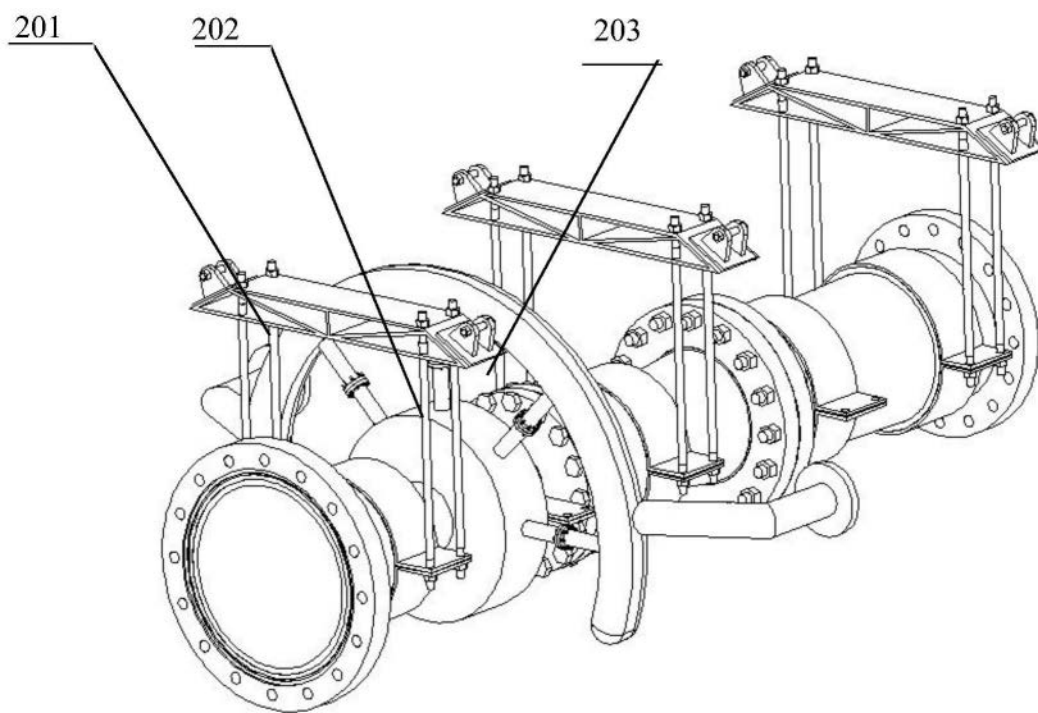


图3

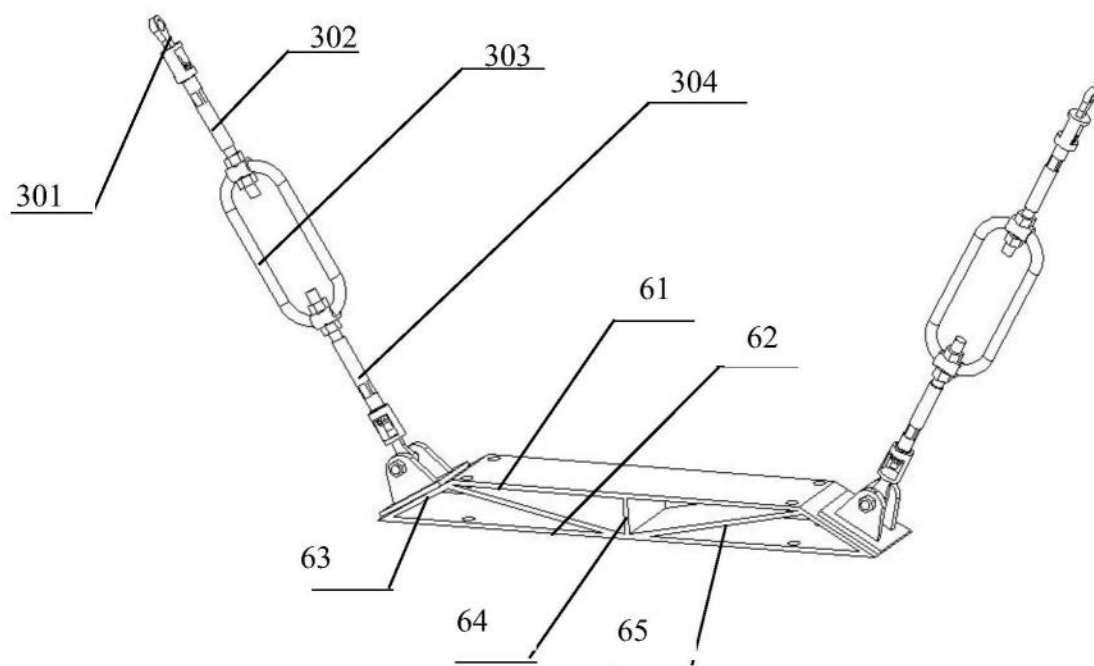


图4

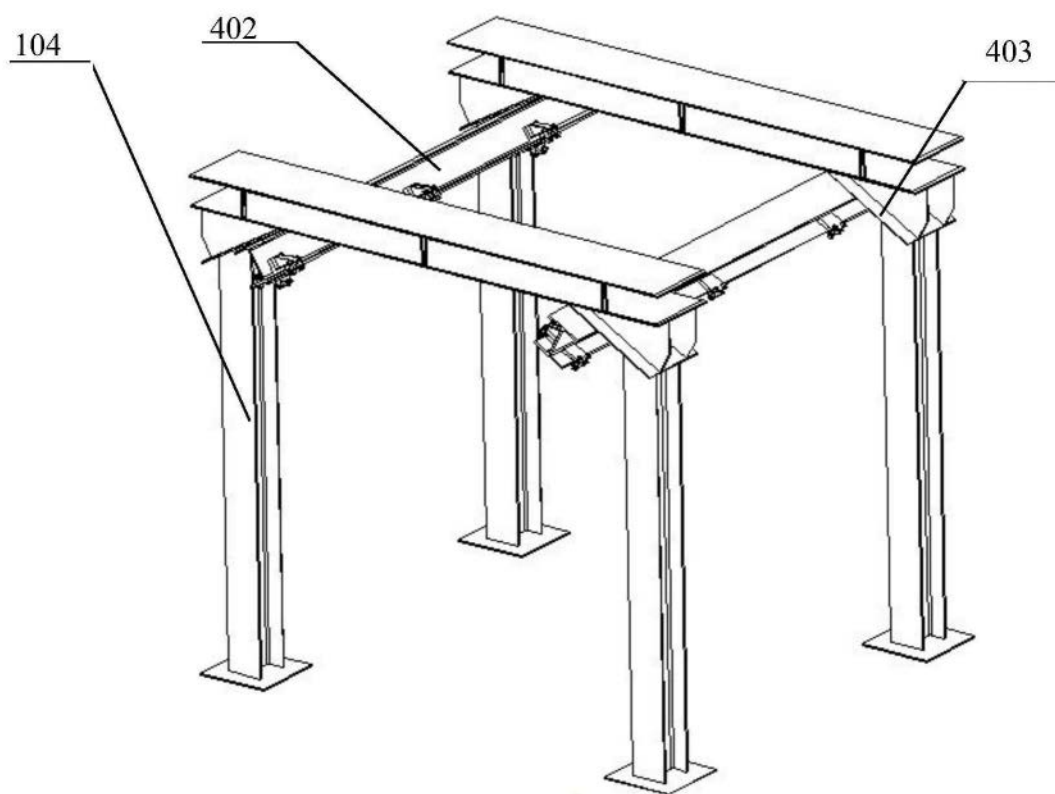


图5

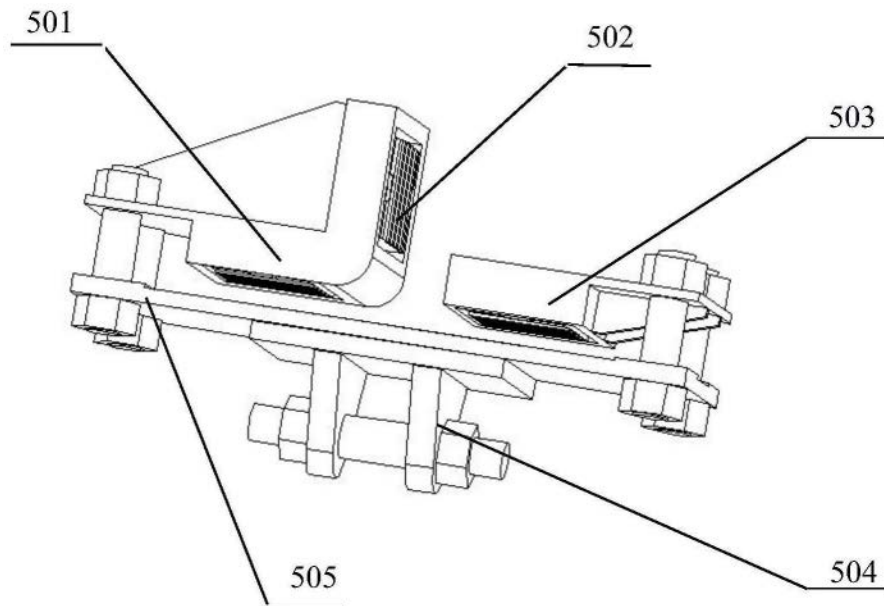


图6