



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106950438 B

(45) 授权公告日 2023.06.02

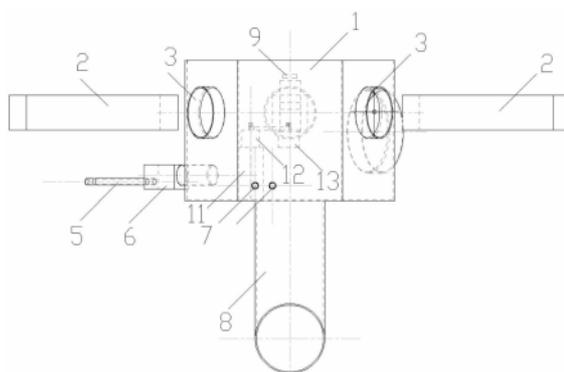
(21) 申请号 201710291756.X	CN 205317863 U, 2016.06.15
(22) 申请日 2017.04.28	CN 101825524 A, 2010.09.08
(65) 同一申请的已公布的文献号	CN 105334483 A, 2016.02.17
申请公布号 CN 106950438 A	CN 105705934 A, 2016.06.22
(43) 申请公布日 2017.07.14	CN 203803654 U, 2014.09.03
(73) 专利权人 中国科学院地球化学研究所	CN 104655536 A, 2015.05.27
地址 550002 贵州省贵阳市南明区观水路	CN 104885327 A, 2015.09.02
46号	CN 103983381 A, 2014.08.13
(72) 发明人 金宏 李雄耀 王世杰 李世杰	CN 104215654 A, 2014.12.17
唐红 李阳 曾献棣	JP H05164676 A, 1993.06.29
(74) 专利代理机构 贵阳中新专利商标事务所	DE 19542413 A1, 1996.05.30
52100	JP 2008298634 A, 2008.12.11
专利代理师 李亮 程新敏	JP 2011202965 A, 2011.10.13
(51) Int. Cl.	US 2015022212 A1, 2015.01.22
G01R 29/24 (2006.01)	JP H04138336 A, 1992.05.12
G01N 15/02 (2006.01)	侯璐景. 射频鞘层中尘埃粒子的运动过程及
(56) 对比文件	尘埃晶格形成机理的研究.《中国优秀博硕士学位论文全文数据库 (博士)基础科学辑》.2005,
CN 206684236 U, 2017.11.28	(第4期), A005-5.
CN 103149461 A, 2013.06.12	审查员 张敏
	权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

非接触式空间粒子带电检测装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种非接触式空间粒子带电检测装置及方法。本发明通过真空设备对腔体内大气抽真空并注入定量填充气体,以达到指定气压;将尘埃样品至于腔体内的样品台或者样品仓中,通过辐照或者摩擦的方式使样品带电;带电尘埃被电场推动或载气流体推动至位于匀强电场的检测区域中,在仅受重力、推力及外加电场的条件下做受迫运动;依靠激光检测器检测带电尘埃颗粒的粒径及运动状态,计算单颗粒的带电量。本发明容易实施,结构简单,使用效果好。



1. 一种非接触式空间粒子带电检测装置,包括腔体(1),其特征在于:腔体(1)的外缘为正六边形结构,在腔体(1)外缘上设有3个对称分布的光学观测窗口(3),在3个光学观测窗口(3)的间隔位置上分别设有检测仓门(4)、带阀门(6)的环境气体进气管道(5)及复合真空计(7),在腔体(1)的底部连接有真空管路(8);在腔体(1)内设有样品台(13),在样品台(13)的上方设有电场板(9);在每个光学观测窗口(3)的对应位置均设有激光检测器(2);所述的样品台(13)为装载尘埃颗粒样品,使其接受电子轰击或紫外辐照并带电。

2. 根据权利要求1所述的非接触式空间粒子带电检测装置,其特征在于:在腔体(1)中设有旋转台(12),在旋转台(12)的顶部连接有位移台(11),在位移台(11)的顶部连接有样品传输杆(10)。

3. 根据权利要求1所述的非接触式空间粒子带电检测装置,其特征在于:所述的样品台(13)为敞口聚四氟乙烯绝缘样品台,在样品台(13)的底部设有通电金属板,在样品台(13)的顶部设有带微孔的盖子。

4. 根据权利要求1所述的非接触式空间粒子带电检测装置,其特征在于:在样品传输杆(10)的前端设有载气推送样品仓,载气推送样品仓的组成包括仓体(15),在仓体(15)的顶部设有喷射管路(17),在仓体(15)与喷射管路(17)之间设有电动阀门(16),在仓体(15)的侧壁设有进料仓口(18),在仓体(15)下部设有进气管路(19)。

5. 根据权利要求4所述的非接触式空间粒子带电检测装置,其特征在于:在喷射管路(17)内部设有螺旋来复线槽。

6. 一种采用如权利要求1所述的检测装置实现非接触式空间粒子带电检测的方法,其特征在于:将腔体内部抽真空后,向腔体内注入定量填充气体,以达到指定气压;再将样品放置在样品台上,通过电子轰击或紫外辐照使尘埃颗粒在样品台上带电,从而使尘埃颗粒向上运动进入检测区,三个光学观测窗口外激光检测器采用每两束同频激光为一组的检测光路射向观测区域,尘埃颗粒在经过检测区域时产生的多普勒效应测算出颗粒在一个方向上的运动速度,经坐标变换后能够同时测出颗粒的空间运动速度矢量,与此同时,使用一个狭缝干涉成像仪检测颗粒经过监测区域时被激光照射产生的散射光束,则得到单颗粒粒径;尘埃颗粒被激光检测器检测得到颗粒的空间运动方向和颗粒粒径选取Z轴方向速度和粒径,再根据颗粒真实密度、载气输入流速、高压电场电压算出单颗粒带电量。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于:在使用载气推送样品仓时,使用空气、氮气或二氧化碳作为推动尘埃颗粒飞行的气体,并调节推送前气体压力来选择不同的尘埃颗粒推送速度;在样品仓一侧装样,内部放置不同材质的摩擦材料用于与运动颗粒进行摩擦产生静电,尘埃颗粒经过喷射管路内部的螺旋来复线槽后,使推送出的尘埃颗粒运动轨迹稳定,最终通过高压气体将尘埃推至检测区。

非接触式空间粒子带电检测装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及检测技术领域,尤其是一种非接触式空间粒子带电检测装置及方法。

背景技术

[0002] 对于动态尘埃颗粒的研究,主要应用于两个方面:空间环境中尘埃离子体和大气环境中的粉尘。尘埃等离子体是指在等离子体中包含了大量带电的固态弥散微粒子。尘埃粒子广泛存在于自然界,尤其是在宇宙空间中,例如星际空间、太阳系、地球电离层以及彗星尾和行星环中都存在着各种尺度和密度的尘埃粒子。粉尘则是指悬浮在空气中的固体微粒,尤其是PM10级别的粉尘,粒径小于10 μm ,它能较长期地在大气中漂浮。

[0003] 由于尘埃粒子具有大的荷电特性,荷电量的可变性,运动特性,电磁特性。环境中不同组分的颗粒在气流作用下,发生摩擦带电,以及受紫外线辐照产生外光电效应带电;或者与等离子体接触后带电,均可能改变颗粒的运动趋势以及吸附特性而产生一系列宏观运动及定向吸附。而在多个行业中,尘埃颗粒不仅会造成空气污染,而且会对生产过程中的质量和安全问题带来很大影响,严重影响产品品质并损害人体健康。并对生产过程、产品质量、经济效益、环境和生态平衡等诸多方面产生不良影响。因此,测量单颗粒的带电性质及带电量对于尘埃的理论研究及规模化解方案有重大意义。

[0004] 但受现有技术手段的限制,我们无法对动态单颗粒进行直接检测其带电性质和带电量,而只能先通过光散乱法(白光、激光)、显微镜法、称重法、DMA法(粒径分析仪)、惯性法、扩散法、凝聚核法(CNC)等方法来测试尘埃的粒径,再通过检测环境中大量颗粒的综合性质来推断其带电性质及带电量,这样对后期研究——诸如推测颗粒运动轨迹、颗粒的定性吸附与脱附收集等造成了比较大的困难;在微观层面,也不能精确的定量检测单颗粒尘埃的带电特性。

[0005] 美国科学家通过使用高精度法拉第杯来检测尘埃粒子的带电量。但由于法拉第杯的使用条件非常苛刻,只能在无外界电磁场干扰的真空环境中检测单独的尘埃颗粒的带电量,极大的限制了该方法的应用领域。

发明内容

[0006] 本发明的目的:提供一种非接触式空间粒子带电检测装置及方法,它能对动态单颗粒进行直接检测其带电性质和带电量。

[0007] 本发明是这样实现的:非接触式空间粒子带电检测装置,包括腔体,腔体的外缘为正六边形结构,在腔体外缘上设有3个对称分布的光学观测窗口,在3个光学观测窗口的间隔位置上分别设有检测仓门、带阀门的环境气体进气管道及复合真空计,在腔体的底部连接有真空管路;在腔体内设有样品台,在样品台的上方设有电场板;在每个光学观测窗口的对应位置均设有激光检测器;所述的样品台为通过电子轰击或紫外辐照使尘埃颗粒在样品台。

[0008] 在腔体中设有旋转台,在旋转台的顶部连接有位移台,在位移台的顶部连接有样

品传输杆。

[0009] 所述的样品台为敞口聚四氟乙烯绝缘样品台,在样品台的底部设有通电金属板,在样品台的顶部设有带微孔的盖子。

[0010] 在样品传输杆的前端设有载气推送样品仓,载气推送样品仓的组成包括仓体,在仓体的顶部设有喷射管路,在仓体与喷射管路之间设有电动阀门,在仓体的侧壁设有进料仓口,在仓体下部设有进气管路。

[0011] 在喷射管路内部设有螺旋来复线槽。

[0012] 非接触式空间粒子带电检测方法,将腔体内部抽真空后,向腔体内注入定量填充气体,以达到指定气压;再将样品放置在样品台上,通过电子轰击或紫外辐照使尘埃颗粒在样品台上带电,从而使尘埃颗粒向上运动进入检测区,三个光学观测窗口外激光检测器采用每两束同频激光为一组的检测光路射向观测区域,尘埃颗粒在经过检测区域时会产生多普勒效应测算出颗粒在一个方向上的运动速度,经坐标变换后能够同时测出颗粒的空间运动速度矢量,与此同时,使用一个狭缝干涉成像仪检测颗粒经过监测区域时被激光照射产生的散射光束,则得到单颗粒粒径。

[0013] 在使用载气推送样品仓使,使用空气、氮气或二氧化碳作为推动尘埃颗粒飞行的气体,并调节推送前气体压力来选择不同的尘埃颗粒推送速度;在样品仓一侧装样,内部放置不同材质的摩擦材料用于与运动颗粒进行摩擦产生静电,尘埃颗粒经过喷射管路内部的螺旋来复线槽后,使推送出的尘埃颗粒运动轨迹稳定,最终通过高压气体将尘埃推至检测区。

[0014] 由于采用了上述技术方案,与现有技术相比,本发明通过真空设备对腔体内大气抽真空并注入定量填充气体,以达到指定气压;将尘埃样品至于腔体内的样品台或者样品仓中,通过辐照或者摩擦的方式使样品带电;带电尘埃被电场推动或载气流体推动至位于匀强电场的检测区域中,在仅受重力、推力及外加电场力的条件下做受迫运动;依靠激光检测器检测带电尘埃颗粒的粒径及运动状态,计算单颗粒的带电量。本发明容易实施,结构简单,使用效果好。

附图说明

[0015] 附图1为本发明的结构示意图;

[0016] 附图2为本发明的俯视图;

[0017] 附图3为本发明的剖面图;

[0018] 附图4为本发明样品仓示意图和俯视图。

具体实施方式

[0019] 下面结合附图对本发明作进一步的详细说明,但不作为对本发明的任何限制

[0020] 本发明的实施例:非接触式空间粒子带电检测装置,包括腔体1,腔体1的外缘为正六边形结构,在腔体1外缘上设有3个对称分布的光学观测窗口3,在3个光学观测窗口3的间隔位置上分别设有检测仓门4、带阀门6的环境气体进气管道5及复合真空计7,在腔体1的底部连接有真空管路8;在腔体1内设有样品台13,在样品台13的上方设有电场板9;在每个光学观测窗口3的对应位置均设有激光检测器2;所述的样品台13为通过电子轰击或紫外辐照

使尘埃颗粒在样品台；在腔体1中设有旋转台12，在旋转台12的顶部连接有位移台11，在位移台11的顶部连接有样品传输杆10；所述的样品台13为敞口聚四氟乙烯绝缘样品台，在样品台13的底部设有通电金属板，在样品台13的顶部设有带微孔的盖子；在样品传输杆10的前端设有载气推送样品仓，载气推送样品仓的组成包括仓体15，在仓体15的顶部设有喷射管路17，在仓体15与喷射管路17之间设有电动阀门16，在仓体15的侧壁设有进料仓口18，在仓体15下部设有进气管路19；在喷射管路17内部设有螺旋来复线槽。

[0021] 非接触式空间粒子带电检测方法，将腔体内部抽真空后，向腔体1内注入定量填充气体，以达到指定气压；再将样品放置在样品台13上，通过电子轰击或紫外辐照使尘埃颗粒在样品台13上带电，从而使尘埃颗粒向上运动进入检测区，三个光学观测窗口3外激光检测器2采用每两束同频激光为一组的检测光路射向观测区域，尘埃颗粒在经过检测区域时会产生多普勒效应测算出颗粒在一个方向上的运动速度，经坐标变换后能够同时测出颗粒的空间运动速度矢量，与此同时，使用一个狭缝干涉成像仪检测颗粒经过监测区域时被激光照射产生的散射光束，则得到单颗粒粒径；在使用载气推送样品仓使，使用空气、氮气或二氧化碳作为推动尘埃颗粒飞行的气体，并调节推送前气体压力来选择不同的尘埃颗粒推送速度；在样品仓一侧装样，内部放置不同材质的摩擦材料用于与运动颗粒进行摩擦产生静电，尘埃颗粒经过喷射管路内部的螺旋来复线槽后，使推送出的尘埃颗粒运动轨迹稳定，最终通过高压气体将尘埃推至检测区。尘埃颗粒被激光检测器2检测得到颗粒的空间运动方向和颗粒粒径选取Z轴方向速度和粒径，再根据颗粒真实密度、载气输入流速、高压电场电压即可算出单颗粒带电量。

[0022] 设备使用前的准备：通过检测仓仓门4给载气推送样品仓15装入样品，并置于样品台旋转支撑杆10上，并转至样品台13上方。通过真空管路8连接的真空设备对检测腔体1抽真空后，从环境气体进气管道5向气体定量阀6注入环境气体，利用复合真空计7检测腔体内气体压强。调节激光检测器2的激光光路焦点至载气推送样品仓的喷射管路17的喷嘴正上方，打开激光检测器2配套控制软件。给电极板9持续施加正电压，给样品台13施加负电压。开启载气推送样品仓15上的电动阀门16，从载气管道19通入恒定流速载气，尘埃颗粒经过喷射管路17吹至检测区域内。

[0023] 本发明的实施例的部分检测数据

	Time (sec)	Velocity (m/sec)	Diameter (um)
	16.5792	-3.0366	1.0479
	16.5793	-2.5792	6.8584
	16.5793	-2.5748	5.1928
	16.5794	-2.4741	1.7397
	16.5794	-2.3808	0.3045
	17.0067	-1.7072	1.7549
	17.0067	-1.5681	1.6334
	17.0226	-1.4407	2.0128
[0024]	17.0228	-1.3638	3.9631
	17.0228	-1.3593	9.5221
	17.3252	-1.1535	1.0926
	17.3252	-1.1417	6.2792
	17.3255	-0.8234	7.6951
	17.4137	-0.776	0.5991
	17.415	-0.6961	51.2183
	17.415	-0.6754	11.995
	17.5724	-0.6576	20.7892
	34.0219	-0.4844	13.0924
	41.6774	-0.4563	18.1489

	41.6774	-0.4518	12.632
	41.6777	-0.4444	22.3605
	41.6777	-0.4089	119.0132
	41.6778	-0.4044	28.4952
	41.8826	-0.3911	23.3357
	41.9366	-0.36	23.3357
[0025]	42.13	-0.3452	34.2034
	42.13	-0.3423	13.9932
	54.0166	-0.2845	18.8144
	77.1002	-0.2549	0.431
	77.2887	-0.1972	24.6497
	77.5182	-0.1794	21.3928
	94.2444	-0.0269	22.6729

[0026] 使用有效检测数据计算尘埃颗粒带电量 q 、质荷比为：

	V1	D	q	m/q
	-3.0366	1.0479	1.50E+04	1.22E-19
	-2.5792	6.8584	3.00E+06	1.69E-19
	-2.5748	5.1928	1.30E+06	1.69E-19
	-2.4741	1.7397	4.50E+04	1.83E-19
	-0.4563	18.1489	2.40E+06	3.96E-18
[0027]	-0.4518	12.632	7.90E+05	4.02E-18
	-0.4444	22.3605	4.30E+06	4.12E-18
	-0.4089	119.0132	5.70E+08	4.63E-18
	-0.4044	28.4952	7.70E+06	4.70E-18
	-0.3911	23.3357	4.10E+06	4.91E-18
	-0.36	23.3357	3.70E+06	5.46E-18
	-0.3452	34.2034	1.10E+07	5.75E-18
	-0.3423	13.9932	7.40E+05	5.81E-18

	-0.2549	0.431	1.60E+01	7.92E-18
	-0.1972	24.6497	2.40E+06	9.68E-18
	-0.1794	21.3928	1.50E+06	1.03E-17
[0028]	-0.0269	22.6729	1.30E+06	1.44E-17
	0.0427	4.6838	1.10E+04	1.42E-17
	0.0959	12.3556	2.30E+05	1.30E-17
	0.3461	3.4792	1.20E+04	5.73E-18

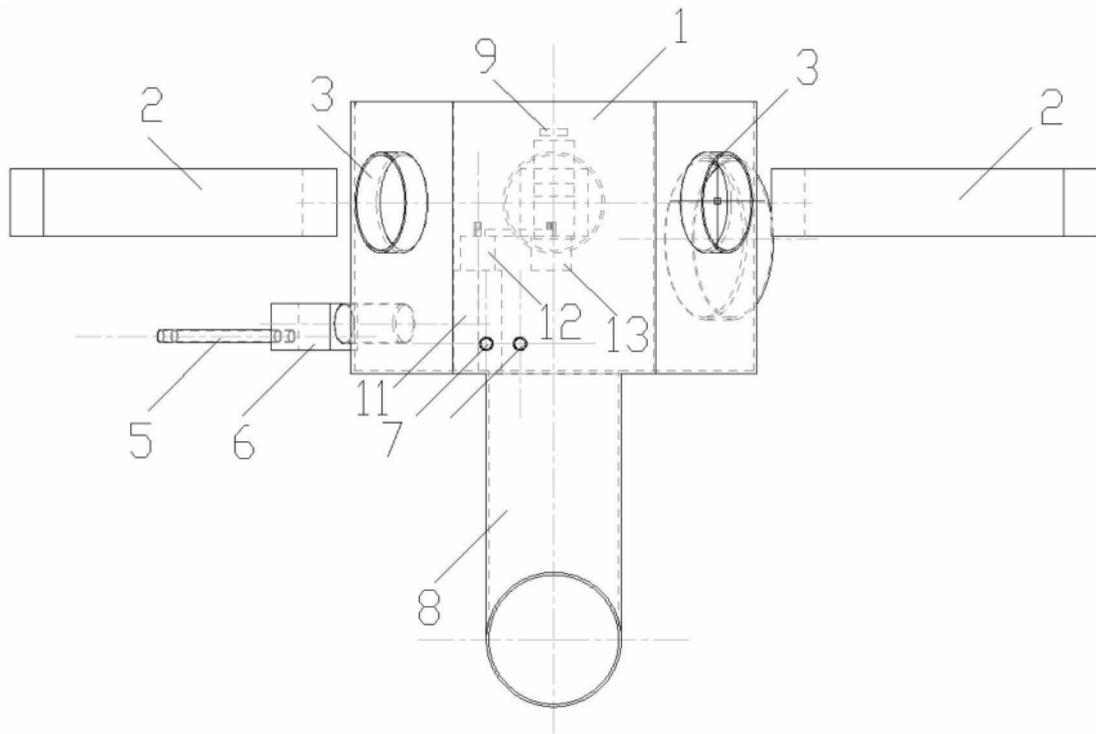


图1

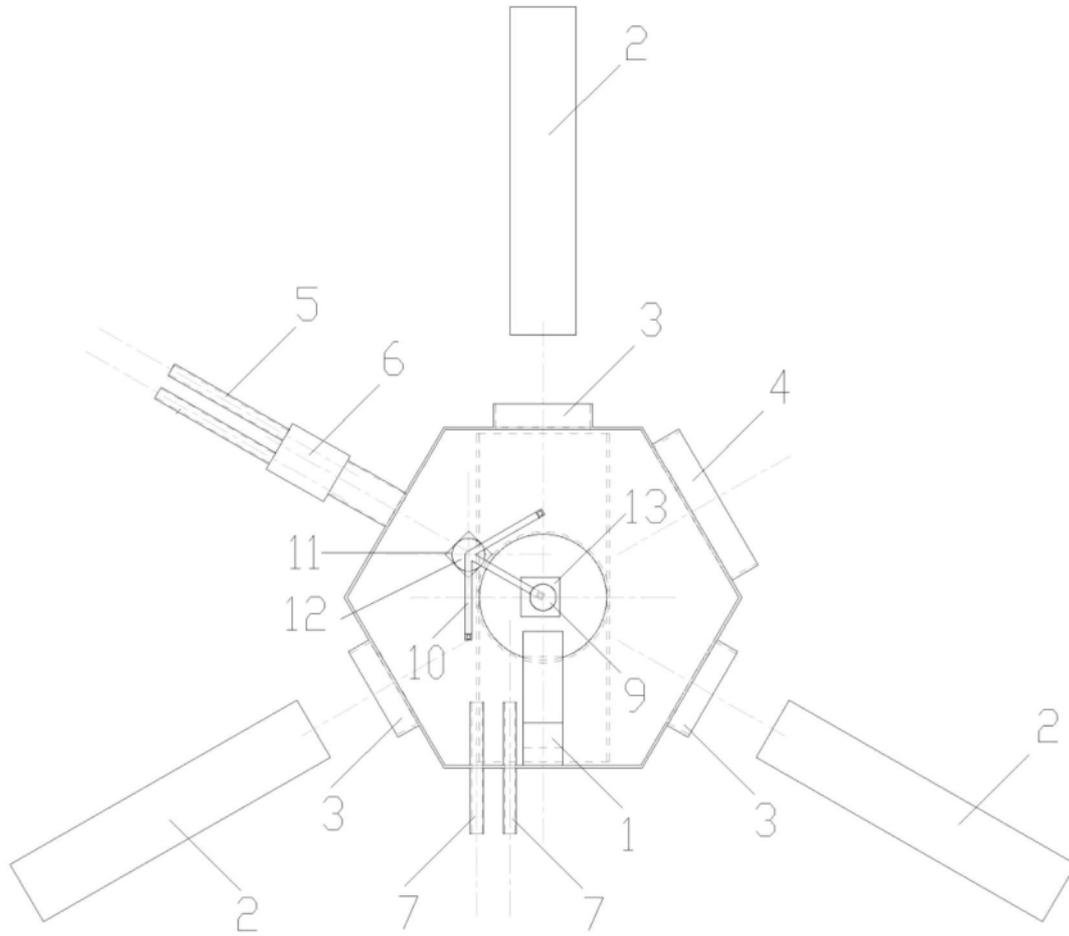


图2

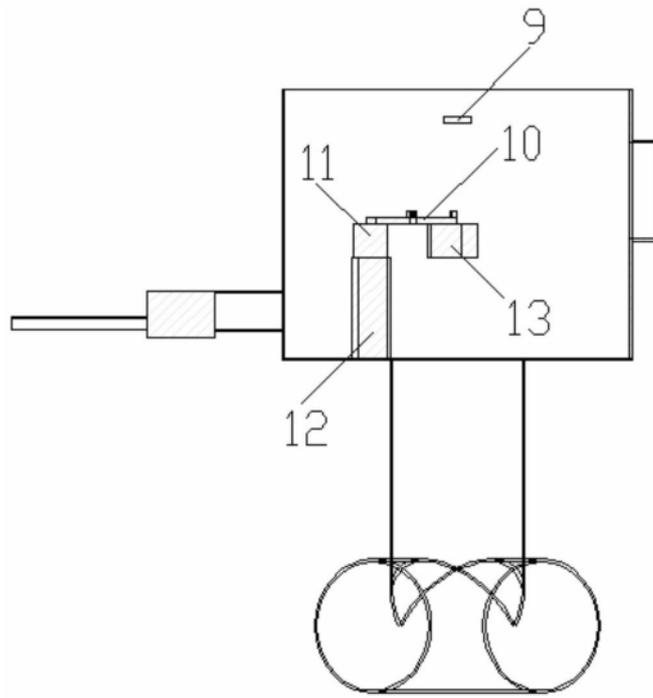


图3

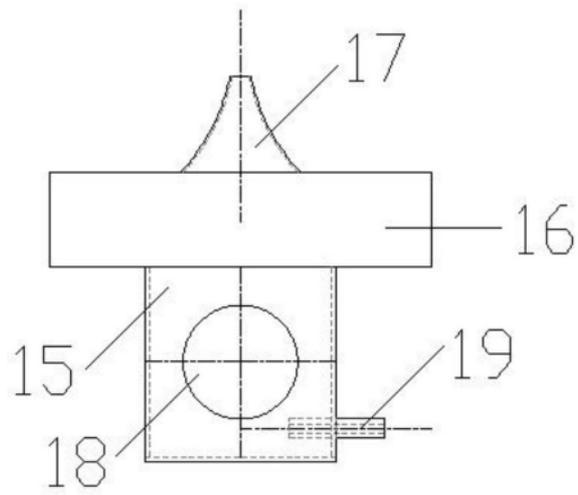


图4