



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113532870 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 08

(21) 申请号 202110917157.0

G01M 15/00 (2006.01)

(22) 申请日 2021.08.11

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

US 6487899 B1, 2002.12.03

申请公布号 CN 113532870 A

US 4437334 A, 1984.03.20

(43) 申请公布日 2021.10.22

CN 109555600 A, 2019.04.02

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所

审查员 杜娟

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 郭冬妮 连欢

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390

专利代理师 焦海峰

(51) Int. Cl.

G01M 15/14 (2006.01)

G01M 15/02 (2006.01)

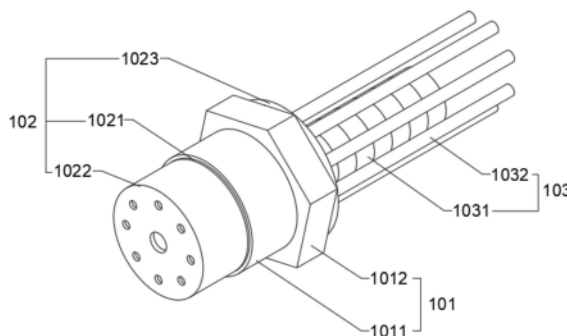
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种发动机工作模态在线辨识系统

(57) 摘要

本发明公开了一种发动机工作模态在线辨识系统,具备:基体,设置在发动机燃烧室的内壁,且所述基体具有位于所述发动机燃烧室内壁一侧的集成端;传感器组,集成设置在所述基体的所述集成端,所述传感器组用于采集所述发动机燃烧室内的实验数据;计算处理模块,与所述传感器组通讯连接,所述计算处理模块用于接收所述传感器组采集的实验数据并进行分析处理;通过提供的发动机工作模态在线辨识系统,通过力传感器模块和光纤传感器模块分别采集燃烧室内的隔离段激波强度,收燃烧室内自发辐射的光信号,将采集的压力和光信号分别转换为对应的电压信号,通过计算处理模块将所述电压信号进行运算处理确定隔离段激波强度、火焰传播速度和火焰状态。



1. 一种发动机工作模态在线辨识系统,其特征在于,具备:

基体(101),设置在发动机燃烧室的内壁,且所述基体(101)具有位于所述发动机燃烧室内壁一侧的集成端(102);

传感器组(103),集成设置在所述基体(101)的所述集成端(102),所述传感器组(103)用于采集所述发动机燃烧室内的实验数据;

计算处理模块(104),与所述传感器组(103)通讯连接,所述计算处理模块(104)用于接收所述传感器组(103)采集的实验数据并进行分析处理;其中,

所述集成端(102)的端面与所述内壁的表面平齐;

所述发动机燃烧室上开设有连通其内壁的基体安装孔,并且所述基体安装孔由外侧的内螺纹段和内侧的通孔段组成;

所述基体(101)包括配合所述基体安装孔内螺纹段连接的螺纹筒(1011),以及与所述螺纹筒(1011)一体成型的正六角连接块(1012),所述正六角连接块(1012)通过连带所述螺纹筒(1011)拧入所述基体安装孔与所述发动机燃烧室连接,所述螺纹筒(1011)和所述正六角连接块(1012)的内部中心位置通过开设有贯通的通孔用于安装所述集成端(102);

所述集成端(102)包括与所述基体(101)内侧通孔转动连接的传感器安装柱(1021)、以及设置在所述传感器安装柱(1021)前后端的内壁平齐柱(1022)和角度调节盘(1023);

所述传感器安装柱(1021)轴向中心轴线上开设用于安装力传感器(1031)的大安装孔,并且所述传感器安装柱(1021)的内部绕所述大安装孔的外周开设有用于安装对应数量光纤传感器(1032)的小安装孔;

所述内壁平齐柱(1022)用于填充所述基体安装孔内侧通孔段并与所述内壁平齐,并且所述内壁平齐柱(1022)内部开设有配合所述传感器安装柱(1021)内大安装孔和多个小安装孔连通的探测孔,所述力传感器(1031)和多个所述光纤传感器(1032)的探测结构穿过所述探测孔检测所述发动机燃烧室的内部;

所述角度调节盘(1023)与所述正六角连接块(1012)的端面贴合,所述角度调节盘(1023)的内部设有四个沿其轴向分布的弧形螺栓槽;

所述内壁平齐柱(1022)的前端面与燃烧室内壁的曲率相同,所述角度调节盘(1023)通过所述传感器安装柱(1021)连带所述内壁平齐柱(1022)转动调整曲面朝向。

2. 根据权利要求1所述的一种发动机工作模态在线辨识系统,其特征在于:所述传感器组(103)包括力传感器(1031),以及根据压力采集点特征选择三种分布形式并设置至少两个光纤传感器(1032),所述力传感器(1031)沿所述集成端(102)的轴向中心位置安装,多个所述光纤传感器(1032)绕所述集成端(102)轴向中心呈矩阵式分布。

3. 根据权利要求2所述的一种发动机工作模态在线辨识系统,其特征在于,所述传感器组(103)的三种分布形式包括:

形式一:包括所述力传感器(1031)和两个所述光纤传感器(1032),并且两个所述光纤传感器(1032)关于所述力传感器(1031)中心轴线对称分布;

形式二:包括所述力传感器(1031)和八个所述光纤传感器(1032),并且八个所述光纤传感器(1032)两两对应分为四组分别设置在所述力传感器(1031)的横、纵向中心轴线上;

形式三:包括所述力传感器(1031)和八个所述光纤传感器(1032),并且八个所述光纤传感器(1032)绕所述力传感器(1031)的外周中心对称分布。

4. 根据权利要求3所述的一种发动机工作模态在线辨识系统,其特征在于:所述计算处理模块(104)设置在所述燃烧室的中控装置内,并且所述计算处理模块(104)通过外接数据线分别与所述力传感器(1031)和多个所述光纤传感器(1032)通讯连接;

所述力传感器(1031)用于采集燃烧室内的隔离段激波强度,并将压力信号转换为电压信号传输至所述计算处理模块(104);

多个所述光纤传感器(1032)用于接收燃烧室内自发辐射的光信号,并将光电倍增及模电转换得到光信号,将所述光信号进行波长选择放大处理转换为对应的电压信号并转换为电压信号传输至所述计算处理模块(104)。

5. 根据权利要求1所述的一种发动机工作模态在线辨识系统,其特征在于:所述正六角连接块(1012)的端面靠近六个角的位置皆开设有螺纹孔,六个所述螺纹孔与所述角度调节盘(1023)上的任一个所述弧形螺栓槽重合,并且所述螺纹孔的直径小于所述弧形螺栓槽的宽度。

6. 根据权利要求5所述的一种发动机工作模态在线辨识系统,其特征在于:所述角度调节盘(1023)上所述弧形螺栓槽的两端皆为半圆形结构,并且所述弧形螺栓槽的两端圆心分别与所述正六角连接块(1012)上任意相邻的两个所述螺纹孔重合,所述角度调节盘(1023)在任意角度皆通过四个所述弧形螺栓槽安装至少四个用于拧入所述螺纹孔内部的压合螺栓。

7. 根据权利要求6所述的一种发动机工作模态在线辨识系统,其特征在于:所述角度调节盘(1023)的直径小于所述正六角连接块(1012)任意两条相对边的宽度。

一种发动机工作模态在线辨识系统

技术领域

[0001] 本发明涉及空天发动机燃烧室测量技术领域,具体涉及一种发动机工作模态在线辨识系统。

背景技术

[0002] 空天发动机内火焰传播速度、燃烧状态、隔离段激波强度等与发动机燃烧过程及推力特性直接相关。

[0003] 在型号发动机研制过程中,存在开设测量窗口空间受限、恶劣气动热载荷环境以及高温热密封等问题,且在型号发动机性能试验现场在有限空间内,同步、集成性地开展精密光学和力学实验,以判断发动机隔离段激波强度和火焰燃烧状态、获得多场耦合信息较为困难,以上均增加了发动机同步在线可视化实验与型号发动机研制配合的复杂程度。

[0004] 另外以往在燃烧室内壁单独布置光纤传感器和压力传感器,由于需要对燃烧室壁面单独开孔安装,存在如下问题:

[0005] (1) 当传感器伸入壁面内进行测量,突出的传感器结构会对燃烧室内流场造成影响,不利于准确采集各类数据;

[0006] (2) 燃烧室内需要开孔安装传感器,因此会导致燃烧室内壁面不光滑或凹凸或类似原因的影响,对激波等内流场特性产生干扰,尤其在内流场高流速情况下对发动机造成重大影响;

[0007] (3) 目前新型的燃烧室截面为圆形或弧形,壁面会有特定朝向的曲率,力传感器和光纤传感器单独开孔、分别布置无法保证测量的重复性。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供一种发动机工作模态在线辨识系统,以解决现有技术中的问题。

[0009] 为解决上述技术问题,本发明具体提供下述技术方案:

[0010] 一种发动机工作模态在线辨识系统,具备:

[0011] 基体,设置在发动机燃烧室的内壁,且所述基体具有位于所述发动机燃烧室内壁一侧的集成端;

[0012] 传感器组,集成设置在所述基体的所述集成端,所述传感器组用于采集所述发动机燃烧室内的实验数据;

[0013] 计算处理模块,与所述传感器组通讯连接,所述计算处理模块用于接收所述传感器组采集的实验数据并进行分析处理;其中,

[0014] 所述集成端的端面与所述内壁的表面平齐。

[0015] 作为本发明的一种优选方案,所述发动机燃烧室上开设有连通其内壁的基体安装孔,并且所述基体安装孔由外侧的内螺纹段和内侧的通孔段组成;

[0016] 所述基体包括配合所述基体安装孔内螺纹段连接的螺纹筒,以及与所述螺纹筒一

体成型的正六角连接块,所述正六角连接块通过连带所述螺纹筒拧入所述基体安装孔与所述发动机燃烧室连接,所述螺纹筒和所述正六角连接块的内部中心位置通过开设有贯通的通孔用于安装所述集成端。

[0017] 作为本发明的一种优选方案,所述传感器组包括力传感器,以及根据压力采集点特征选择三种分布形式并设置至少两个光纤传感器,所述力传感器沿所述集成端的轴向中心位置安装,多个所述光纤传感器绕所述集成端轴向中心呈矩阵式分布。

[0018] 作为本发明的一种优选方案,所述传感器组的三种分布形式包括:

[0019] 形式一:包括所述力传感器和两个所述光纤传感器,并且两个所述光纤传感器关于所述力传感器中心轴线对称分布;

[0020] 形式二:包括所述力传感器和八个所述光纤传感器,并且八个所述光纤传感器两两对应分为四组分别设置在所述力传感器的横、纵向中心轴线上;

[0021] 形式三:包括所述力传感器和八个所述光纤传感器,并且八个所述光纤传感器绕所述力传感器的外周中心对称分布。

[0022] 作为本发明的一种优选方案,所述计算处理模块设置在所述燃烧室的中控装置内,并且所述计算处理模块通过外接数据线分别与所述力传感器和多个所述光纤传感器通讯连接;

[0023] 所述力传感器用于采集燃烧室内的隔离段激波强度,并将压力信号转换为电压信号传输至所述计算处理模块;

[0024] 多个所述光纤传感器用于接收燃烧室内自发辐射的光信号,并将光电倍增及模电转换得到光信号,将所述光信号进行波长选择放大处理转换为对应的电压信号并转换为电压信号传输至所述计算处理模块。

[0025] 作为本发明的一种优选方案,所述集成端包括与所述基体内侧通孔转动连接的传感器安装柱、以及设置在所述传感器安装柱前后端的内壁平齐柱和角度调节盘;

[0026] 所述传感器安装柱轴向中心轴线上开设用于安装所述力传感器的大安装孔,并且所述传感器安装柱的内部绕所述大安装孔的外周开设有用于安装对应数量所述光纤传感器的小安装孔;

[0027] 所述内壁平齐柱用于填充所述基体安装孔内侧通孔段并与所述内壁平齐,并且所述内壁平齐柱内部开设有配合所述传感器安装柱内大安装孔和多个小安装孔连通的探测孔,所述力传感器和多个所述光纤传感器的探测结构穿过所述探测孔检测所述发动机燃烧室的内部;

[0028] 所述角度调节盘与所述正六角连接块的端面贴合,所述角度调节盘的内部设有四个沿其轴向分布的弧形螺栓槽。

[0029] 作为本发明的一种优选方案,所述内壁平齐柱的前端面与燃烧室内壁的曲率相同,所述角度调节盘通过所述传感器安装柱连带所述内壁平齐柱转动调整曲面朝向。

[0030] 作为本发明的一种优选方案,所述内壁平齐柱的端面靠近六个角的位置皆开设有螺纹孔,六个所述螺纹孔与所述角度调节盘上的任一个所述弧形螺栓槽重合,并且所述螺纹孔的直径小于所述弧形螺栓槽的宽度。

[0031] 作为本发明的一种优选方案,所述角度调节盘上所述弧形螺栓槽的两端皆为半圆形结构,并且所述弧形螺栓槽的两端圆心分别与所述正六角连接块上任意相邻的两个所述

螺纹孔重合,所述角度调节盘角度调节盘在任意角度皆通过四个所述弧形螺栓槽安装至少四个用于拧入所述螺纹孔内部的压合螺栓。

[0032] 作为本发明的一种优选方案,所述角度调节盘的直径小于所述正六角连接块任意两条相对边的宽度。

[0033] 本发明与现有技术相比较具有如下有益效果:

[0034] (1) 本发明通过提供的发动机工作模态在线辨识系统,通过力传感器模块和光纤传感器模块分别采集燃烧室内的隔离段激波强度,接收燃烧室内自发辐射的光信号,将采集的压力和光信号分别转换为对应的电压信号,通过计算处理模块将所述电压信号进行运算处理确定隔离段激波强度、火焰传播速度和火焰状态;

[0035] (2) 本发明通过将力传感器和多个光纤传感器集成安装在基体上形成结构紧凑的一体式结构,减少了对于燃烧室壁面的干扰与破坏和对激波等内流场特性产生的干扰,并降低了在内流场高流速情况下对发动机造成的影响;

[0036] (3) 本发明通过将集成设置传感器组的内壁平齐柱设计为与燃烧室内壁平齐,并将内壁平齐柱的端面设为与燃烧室内壁曲率相同的结构,当基体安装完毕后可通过调节集成端角度使得内壁平齐柱的端面与燃烧室内壁曲率一致,进一步减小了燃烧室内壁开设安装孔对试验结果造成的影响。

附图说明

[0037] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是示例性的,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0038] 图1为本发明实施例提供整体的结构示意图。

[0039] 图2为本发明实施例提供传感器组的分布形式示意图。

[0040] 图3为本发明实施例提供集成端的结构示意图。

[0041] 图4为本发明实施例提供角度调节盘的结构示意图。

[0042] 图5为本发明实施例提供正六角连接块的端面结构示意图。

[0043] 图中的标号分别表示如下:

[0044] 101-基体;102-集成端;103-传感器组;104-计算处理模块;

[0045] 1011-螺纹筒;1012-正六角连接块;1021-传感器安装柱;1022-内壁平齐柱;1023-角度调节盘;

[0046] 1031-力传感器;1032-光纤传感器。

具体实施方式

[0047] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0048] 如图1至图5所示,本发明提供了一种发动机工作模态在线辨识系统,具备:

[0049] 基体101,设置在发动机燃烧室的内壁,且基体101具有位于发动机燃烧室内壁一侧的集成端102;

[0050] 传感器组103,集成设置在基体101的集成端102,传感器组103用于采集发动机燃烧室内的实验数据;

[0051] 计算处理模块104,与传感器组103通讯连接,计算处理模块104用于接收传感器组103采集的实验数据并进行分析处理;其中,

[0052] 集成端102的端面与内壁的表面平齐。

[0053] 其中,发动机燃烧室上开设有连通其内壁的基体安装孔,并且基体安装孔由外侧的内螺纹段和内侧的通孔段组成;

[0054] 基体101包括配合基体安装孔内螺纹段连接的螺纹筒1011,以及与螺纹筒1011一体成型的正六角连接块1012,正六角连接块1012通过连带螺纹筒1011拧入基体安装孔与发动机燃烧室连接,螺纹筒1011和正六角连接块1012的内部中心位置通过开设有贯通的通孔用于安装集成端102。

[0055] 传感器组103包括力传感器1031,以及根据压力采集点特征选择三种分布形式并设置至少两个光纤传感器1032,力传感器1031沿集成端102的轴向中心位置安装,多个光纤传感器1032绕集成端102轴向中心呈矩阵式分布。

[0056] 传感器组103的三种分布形式包括:

[0057] 形式一:包括力传感器1031和两个光纤传感器1032,并且两个光纤传感器1032关于力传感器1031中心轴线对称分布;

[0058] 形式二:包括力传感器1031和八个光纤传感器1032,并且八个光纤传感器1032两两对应分为四组分别设置在力传感器1031的横、纵向中心轴线上;

[0059] 形式三:包括力传感器1031和八个光纤传感器1032,并且八个光纤传感器1032绕力传感器1031的外周中心对称分布。

[0060] 计算处理模块104设置在燃烧室的中控装置内,并且计算处理模块104通过外接数据线分别与力传感器1031和多个光纤传感器1032通讯连接;

[0061] 力传感器1031用于采集燃烧室内的隔离段激波强度,并将压力信号转换为电压信号传输至计算处理模块104;

[0062] 多个光纤传感器1032用于接收燃烧室内自发辐射的光信号,并将光电倍增及模电转换得到光信号,将光信号进行波长选择放大处理转换为对应的电压信号并转换为电压信号传输至计算处理模块104。

[0063] 本发明通过提供的发动机工作模态在线辨识系统,通过力传感器模块和光纤传感器模块分别采集燃烧室内的隔离段激波强度,接收燃烧室内自发辐射的光信号,将采集的压力和光信号分别转换为对应的电压信号,通过计算处理模块将所述电压信号进行运算处理确定隔离段激波强度、火焰传播速度和火焰状态;

[0064] 从而可以实现在有限空间内对燃烧室内的隔离段激波强度、火焰传播速度、火焰燃烧状态(当量比单分布、火焰前锋位置、释热率变化等)多物理量耦合实时在线测量;

[0065] 其中,集成端102包括与基体101内侧通孔转动连接的传感器安装柱1021、以及设置在传感器安装柱1021前后端的内壁平齐柱1022和角度调节盘1023;

[0066] 传感器安装柱1021轴向中心轴线上开设用于安装力传感器1031的大安装孔,并且

传感器安装柱1021的内部绕大安装孔的外周开设有用于安装对应数量光纤传感器1032的小安装孔；

[0067] 内壁平齐柱1022用于填充基体安装孔内侧通孔段并与内壁平齐，并且内壁平齐柱1022内部开设有配合传感器安装柱1021内大安装孔和多个小安装孔连通的探测孔，力传感器1031和多个光纤传感器1032的探测结构穿过探测孔检测发动机燃烧室的内部；

[0068] 角度调节盘1023与正六角连接块1012的端面贴合，角度调节盘1023的内部设有四个沿其轴向分布的弧形螺栓槽。

[0069] 内壁平齐柱1022的前端面与燃烧室内壁的曲率相同，角度调节盘1023通过传感器安装柱1021连带内壁平齐柱1022转动调整曲面朝向。

[0070] 内壁平齐柱1022的端面靠近六个角的位置皆开设有螺纹孔，六个螺纹孔与角度调节盘1023上的任一个弧形螺栓槽重合，并且螺纹孔的直径小于弧形螺栓槽的宽度。

[0071] 角度调节盘1023上弧形螺栓槽的两端皆为半圆形结构，并且弧形螺栓槽的两端圆心分别与正六角连接块1012上任意相邻的两个螺纹孔重合，角度调节盘1023在任意角度皆通过四个弧形螺栓槽安装至少四个用于拧入螺纹孔内部的压合螺栓。

[0072] 角度调节盘1023的直径小于正六角连接块1012任意两条相对边的宽度。

[0073] 通过将力传感器和多个光纤传感器集成安装在基体上形成结构紧凑的一体式结构，减少了对于燃烧室壁面的干扰与破坏和对激波等内流场特性产生的干扰，尤其是在内流场高流速情况下对发动机造成的重大影响，也避免了对于新型燃烧室壁面有特定朝向曲率，力传感器和光纤传感器单独开孔、分别布置无法保证测量重复性问题。

[0074] 在安装时，先将基体101拧入燃烧室上开设的基体安装孔，并使用扳手配合基体101的正六角连接块1012连带拧紧螺纹筒1011，此时观测集成端102的内壁平齐1022前端面曲率与内壁的曲率是否朝向一致平齐，若朝向不一致则会导致在燃烧室内壁上产生凹凸结构，影响试验进度。

[0075] 此时，通过转动基体101背面的角度调节盘1023，通过角度调节盘1023连带传感器安装柱1021和内壁平齐柱1022同步转动，直至内壁平齐柱1022的前端面曲率与内壁的曲率朝向一致且平齐，此时可以固定角度调节盘1023的位置，通过使用螺栓穿过角度调节盘1023上的弧形槽拧入正六角连接块1012背面设置的螺纹孔内，由于正六角连接块1012背面设置的六个螺纹孔之间的夹角为 60° ，且角度调节盘1023上的弧形槽长度刚好覆盖两个相邻的螺纹孔，因此角度调节盘1023的背面至少可以拧入四个螺栓，以此将角度调节盘1023固定压合在正六角连接块1012的背面，连带固定内壁平齐柱1022端面的朝向。

[0076] 以上实施例仅为本申请的示例性实施例，不用于限制本申请，本申请的保护范围由权利要求书限定。本领域技术人员可以在本申请的实质和保护范围内，对本申请做出各种修改或等同替换，这种修改或等同替换也应视为落在本申请的保护范围内。

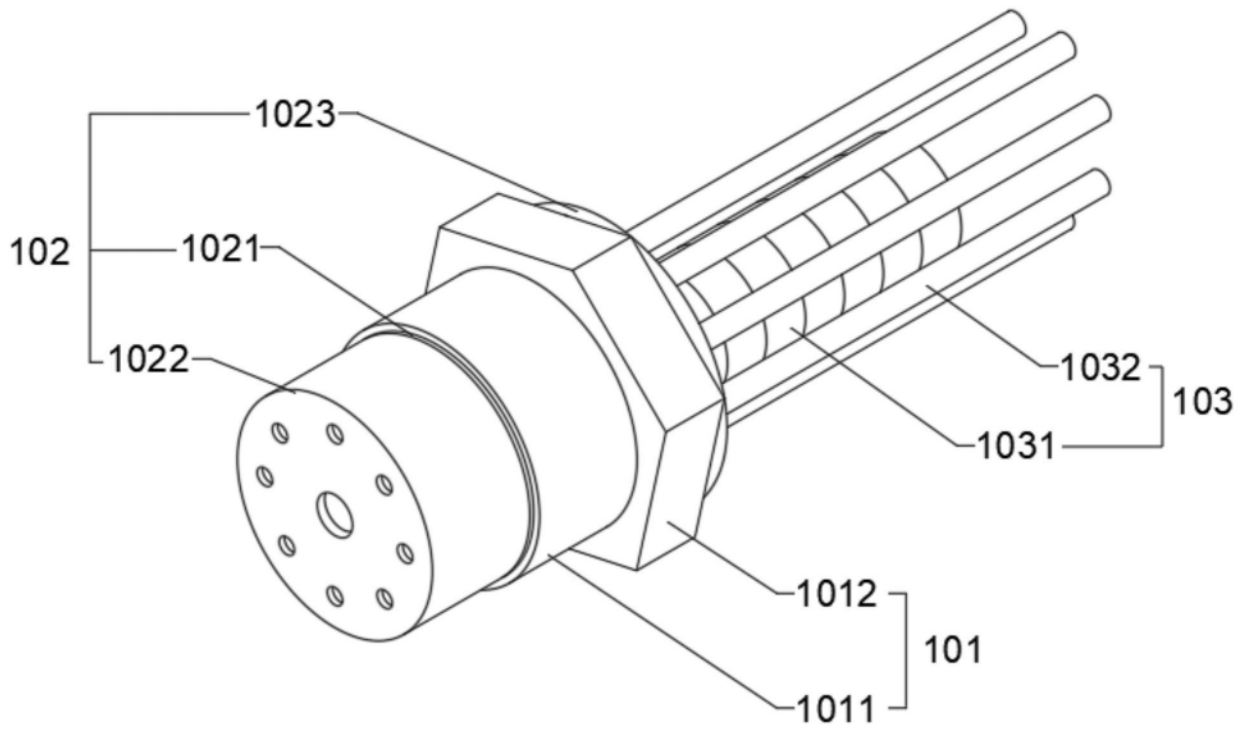


图1

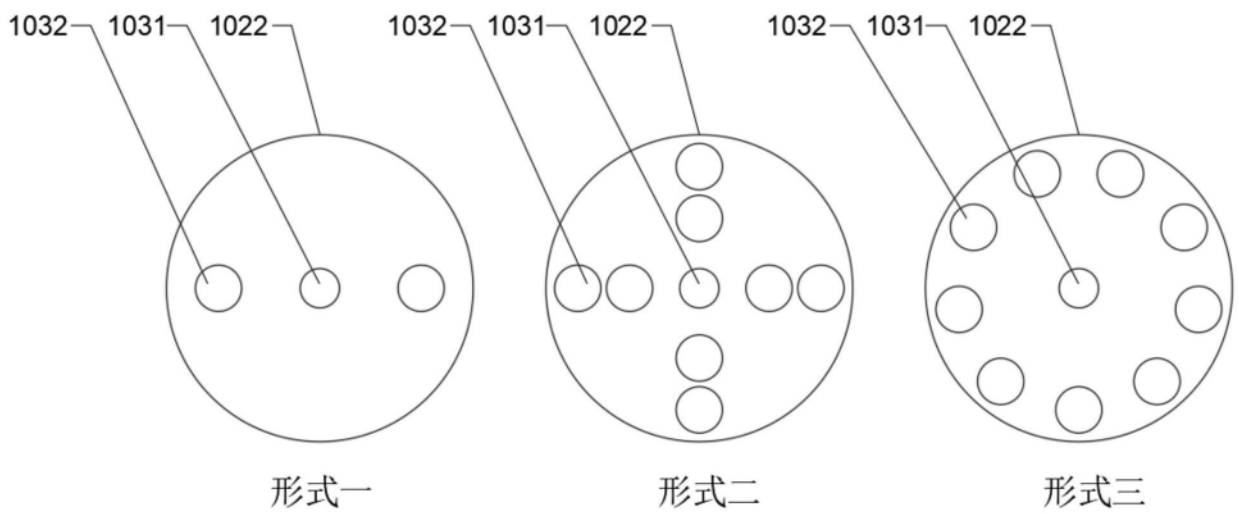


图2

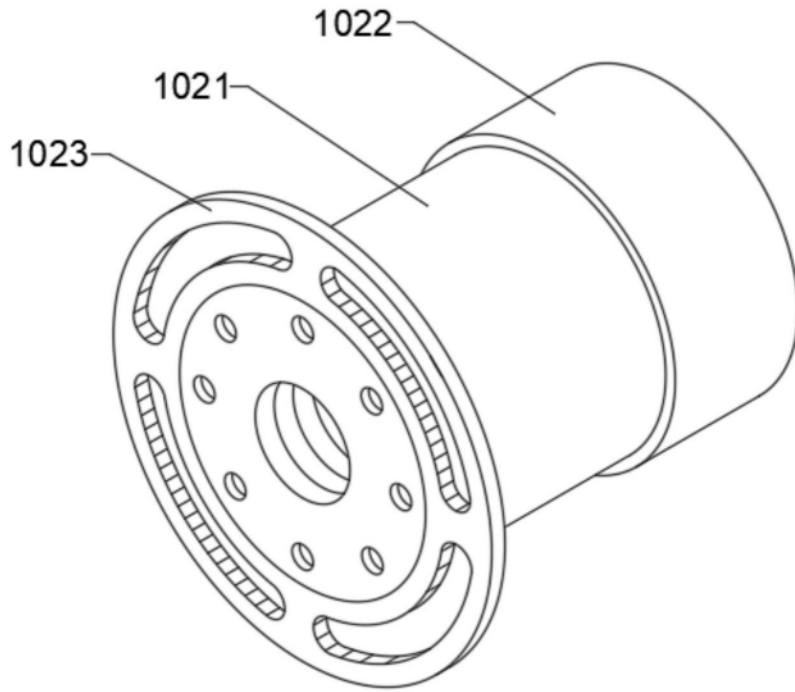


图3

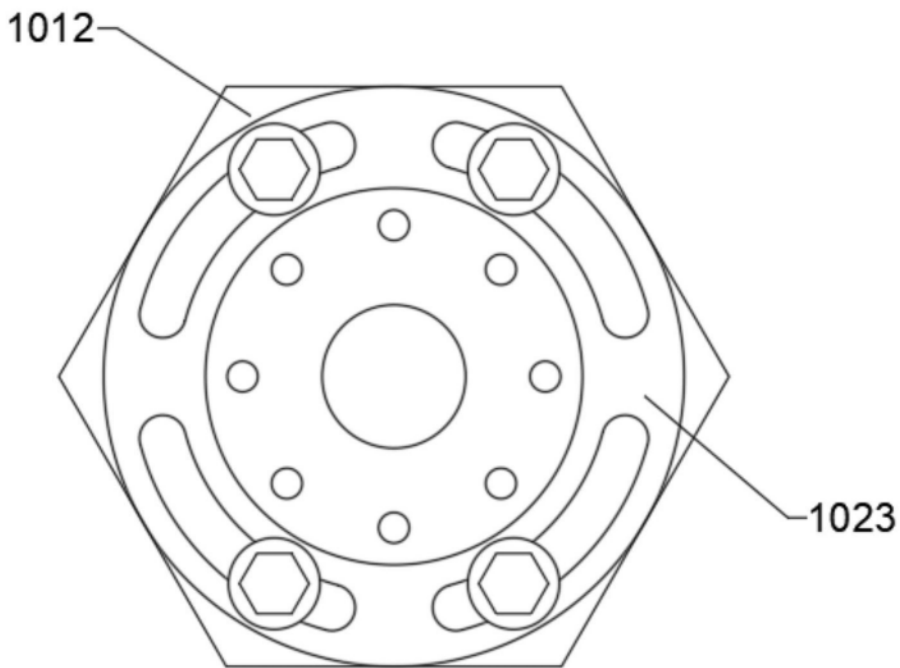


图4

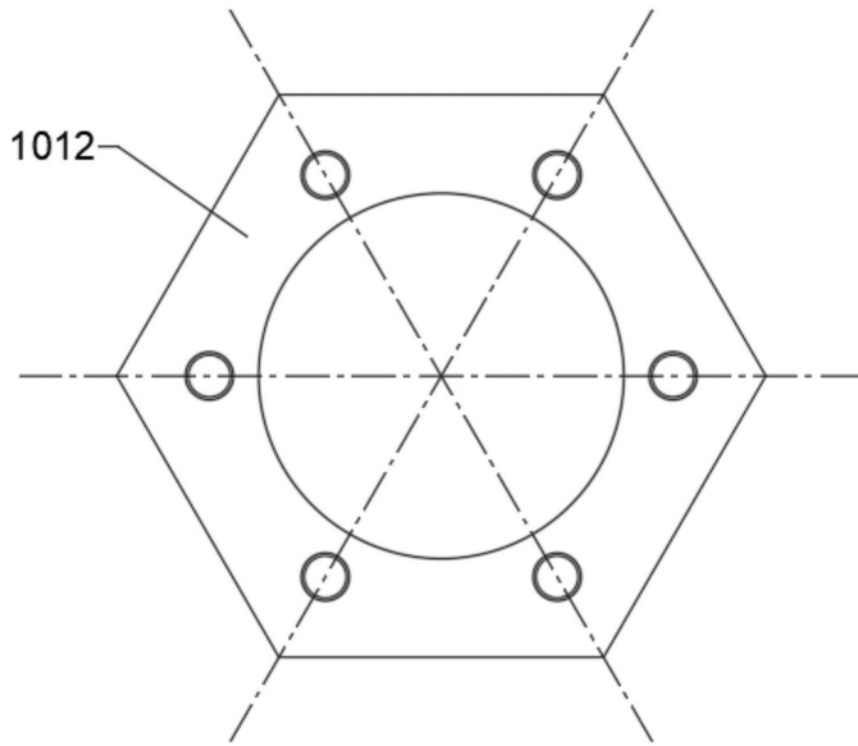


图5