



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107560227 A
(43)申请公布日 2018.01.09

(21)申请号 201710929121.8

(22)申请日 2017.10.09

(71)申请人 中国科学院理化技术研究所
地址 100190 北京市海淀区中关村东路29号

(72)发明人 胡剑英 罗二仓 张丽敏 吴张华 余国瑶

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002
代理人 王文君 王文红

(51)Int.Cl.
F25B 27/00(2006.01)
F02G 1/043(2006.01)
F02G 1/053(2006.01)

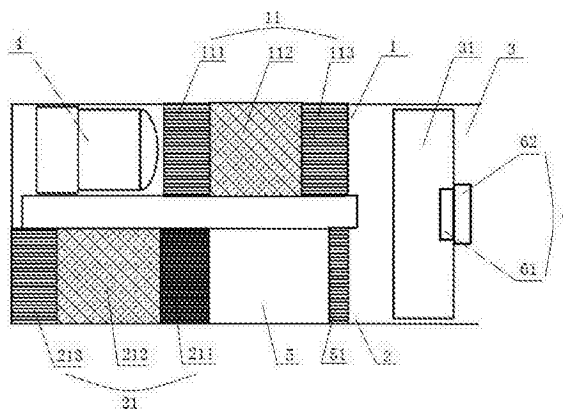
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种热驱动斯特林热泵

(57)摘要

本发明提供一种热驱动斯特林热泵,包括主缸体和次缸体,所述主缸体与次缸体连通形成环路,所述主缸体一侧与次缸体一侧连通形成第一连通腔室,所述主缸体另一侧与次缸体另一侧连通形成第二连通腔室;所述主缸体内设置有第一换热组件,所述次缸体内设置有第二换热组件;还包括气缸,所述气缸与所述第二连通腔室连通,所述气缸内设有谐振子。本发明提供的一种热驱动斯特林热泵,通过将热驱动斯特林热泵内部设计成环路结构,从而减少系统内运动器件,简化系统结构,使谐振子易于调节系统的能量平衡,提高系统的稳定性。



1. 一种热驱动斯特林热泵, 其特征在于: 包括主缸体 (1) 和次缸体 (2), 所述主缸体 (1) 与次缸体 (2) 连通形成环路, 所述主缸体 (1) 一侧与次缸体 (2) 一侧连通形成第一连通腔室, 所述主缸体 (1) 另一侧与次缸体 (2) 另一侧连通形成第二连通腔室; 所述主缸体 (1) 内设置有第一换热组件 (11), 所述次缸体 (2) 内设置有第二换热组件 (21); 还包括气缸 (3), 所述气缸 (3) 与所述第二连通腔室连通, 所述气缸 (3) 内设有谐振子 (31)。

2. 如权利要求1所述的热驱动斯特林热泵, 其特征在于: 所述第一换热组件 (11) 包括沿所述主缸体 (1) 轴向设置的高温换热器 (111)、第一回热器 (112) 和第一中温换热器 (113); 所述第二换热组件 (21) 包括沿所述次缸体 (2) 轴向设置的低温换热器 (211)、第二回热器 (212) 和第二中温换热器 (213)。

3. 如权利要求2所述的热驱动斯特林热泵, 其特征在于: 所述第一连通腔室内设置有排出器 (4), 所述第二连通腔室内设置有热缓冲管 (5)。

4. 如权利要求3所述的热驱动斯特林热泵, 其特征在于: 所述高温换热器 (111) 一侧的腔室与第二中温换热器 (213) 一侧的腔室连通形成第一连通腔室, 所述第一中温换热器 (113) 一侧的腔室与低温换热器 (211) 一侧的腔室连通形成第二连通腔室; 所述第二中温换热器 (213) 一侧的腔室与所述排出器 (4) 一侧的腔室连通形成压缩腔, 所述排出器 (4) 一侧的腔室与所述高温换热器 (111) 一侧的腔室连通形成膨胀腔; 所述热缓冲管 (5) 与低温换热器 (211) 的一端相连。

5. 如权利要求3所述的热驱动斯特林热泵, 其特征在于: 所述第一中温换热器 (113) 一侧的腔室与低温换热器 (211) 一侧的腔室连通形成第一连通腔室, 所述高温换热器 (111) 一侧的腔室与第二中温换热器 (213) 一侧的腔室连通形成第二连通腔室; 所述第一中温换热器 (213) 一侧的腔室与所述排出器 (4) 一侧的腔室连通形成压缩腔, 所述排出器 (4) 一侧的腔室与所述低温换热器 (211) 一侧的腔室连通形成膨胀腔; 所述热缓冲管 (5) 与高温换热器 (111) 的一端相连。

6. 如权利要求2所述的热驱动斯特林热泵, 其特征在于: 所述第一连通腔室内设置有热缓冲管 (5), 所述第二连通腔室内设置有排出器 (4)。

7. 如权利要求6所述的热驱动斯特林热泵, 其特征在于: 所述高温换热器 (111) 一侧的腔室与第二中温换热器 (213) 一侧的腔室连通形成第一连通腔室, 所述第一中温换热器 (113) 一侧的腔室与低温换热器 (211) 一侧的腔室连通形成第二连通腔室; 所述第一中温换热器 (113) 一侧的腔室与所述排出器 (4) 一侧的腔室连通形成压缩腔, 所述排出器 (4) 一侧的腔室与所述低温换热器 (211) 一侧的腔室连通形成膨胀腔, 所述气缸 (3) 与所述压缩腔连通。

8. 如权利要求6所述的热驱动斯特林热泵, 其特征在于: 所述第一中温换热器 (113) 一侧的腔室与低温换热器 (211) 一侧的腔室连通形成第一连通腔室, 所述高温换热器 (111) 一侧的腔室与第二中温换热器 (213) 一侧的腔室连通形成第二连通腔室; 所述第二中温换热器 (213) 一侧的腔室与所述排出器 (4) 一侧的腔室连通形成压缩腔, 所述排出器 (4) 一侧的腔室与所述高温换热器 (111) 一侧的腔室连通形成膨胀腔, 所述气缸 (3) 与所述压缩腔连通。

9. 如权利要求1-8任一项所述的热驱动斯特林热泵, 其特征在于: 所述谐振子 (31) 外侧还连接有电机 (6), 所述电机 (6) 包括动子 (61) 和定子 (62), 所述动子 (61) 带动所述谐振子

(31) 作往复运动。

10. 如权利要求3所述的热驱动斯特林热泵,其特征在于:所述热缓冲管(5)内设有导流层(51)。

一种热驱动斯特林热泵

技术领域

[0001] 本发明涉及斯特林热机技术领域,尤其涉及一种热驱动斯特林热泵。

背景技术

[0002] 斯特林发动机是一种将热能转化为机械能的装置,具有效率高、可靠、结构紧凑的特点;斯特林热泵(制冷机)则是利用机械能进行热量搬运的装置,也具有相同的特点。将斯特林发动机和斯特林热泵组合就构成了一种热驱动的热泵系统。

[0003] 热驱动的热泵具有良好的应用前景,在我国北方采用燃烧天然气供暖,天然气的燃烧温度可以达到上千度,而供暖温度仅为100度以内,中间存在巨大的有用功损失。如果利用天然气燃烧的高温热量驱动斯特林发动机,发动机再驱动热泵从环境吸收热量,那么就可以利用其中的有用功,提高一次能源利用效率,减少天然气的使用量。热驱动的低温制冷机也具有较好的应用前景,我国天然气储量虽然非常丰富,但大部分属于煤层气、页岩气等非常规天然气,通常气源分布散、气量较小、地点偏僻,传统电驱动的大型液化设备无法使用,因此这些天然气的利用受到了很大的限制。采用热驱动斯特林制冷机则可以燃烧部分天然气驱动制冷机液化其余部分气体,再将这部分液化气进行方便的运输。

[0004] 传统的热驱动斯特林热泵如图5所示。左侧为斯特林发动机,右侧为斯特林热泵,中间为耦合发动机和热泵的活塞。该系统作为热泵使用时,中温换热器的温度就为泵热温度,如果作为制冷机使用时,中温换热器的温度就为室温。发动机的高温换热器被加热后,回热器内就会形成一定的温度梯度,系统就会产生自激振荡,将热能转化为声波形式的机械能;声波经过活塞传入热泵内,将低温换热器内的热量搬运到中温换热器内,完成泵热过程。经过研究发现:传统的热驱动斯特林热泵对参数变化非常敏感,比如活塞阻尼、加热温度、充气压力等的微小变化都会对系统工况产生较大影响,使谐振子容易超出其允许使用行程而破坏,该系统至今未得到实验验证和应用。

发明内容

[0005] 本发明为解决现有技术中存在热驱动斯特林热泵中谐振子行程不易控制、系统工作不稳定的问题,提供一种热驱动斯特林热泵。

[0006] 本发明提供了一种热驱动斯特林热泵,包括主缸体和次缸体,所述主缸体与次缸体连通形成环路,所述主缸体一侧与次缸体一侧连通形成第一连通腔室,所述主缸体另一侧与次缸体另一侧连通形成第二连通腔室;所述主缸体内设置有第一换热组件,所述次缸体内设置有第二换热组件;还包括气缸,所述气缸与所述第二连通腔室连通,所述气缸内设有谐振子。

[0007] 优选地,所述第一换热组件包括沿所述主缸体轴向设置的高温换热器、第一回热器和第一中温换热器;所述第二换热组件包括沿所述次缸体轴向设置的低温换热器、第二回热器和第二中温换热器。

[0008] 优选地,所述第一连通腔室内设置有排出器,所述第二连通腔室内设置有热缓冲

管。

[0009] 优选地,所述高温换热器一侧的腔室与第二中温换热器一侧的腔室连通形成第一连通腔室,所述第一中温换热器一侧的腔室与低温换热器一侧的腔室连通形成第二连通腔室;所述第二中温换热器一侧的腔室与所述排出器一侧的腔室连通形成压缩腔,所述排出器一侧的腔室与所述高温换热器一侧的腔室连通形成膨胀腔;所述热缓冲管与低温换热器的一端相连。

[0010] 优选地,所述第一中温换热器一侧的腔室与低温换热器一侧的腔室连通形成第一连通腔室,所述高温换热器一侧的腔室与第二中温换热器一侧的腔室连通形成第二连通腔室;所述第一中温换热器一侧的腔室与所述排出器一侧的腔室连通形成压缩腔,所述排出器一侧的腔室与所述低温换热器一侧的腔室连通形成膨胀腔;所述热缓冲管与高温换热器的一端相连。

[0011] 优选地,所述第一连通腔室内设置有热缓冲管,所述第二连通腔室内设置有排出器。

[0012] 优选地,所述高温换热器一侧的腔室与第二中温换热器一侧的腔室连通形成第一连通腔室,所述第一中温换热器一侧的腔室与低温换热器一侧的腔室连通形成第二连通腔室;所述第一中温换热器一侧的腔室与所述排出器一侧的腔室连通形成压缩腔,所述排出器一侧的腔室与所述低温换热器一侧的腔室连通形成膨胀腔,所述气缸与所述压缩腔连通;所述热缓冲管与高温换热器的一端相连。

[0013] 优选地,所述第一中温换热器一侧的腔室与低温换热器一侧的腔室连通形成第一连通腔室,所述高温换热器一侧的腔室与第二中温换热器一侧的腔室连通形成第二连通腔室;所述第二中温换热器一侧的腔室与所述排出器一侧的腔室连通形成压缩腔,所述排出器一侧的腔室与所述高温换热器一侧的腔室连通形成膨胀腔,所述气缸与所述压缩腔连通;所述热缓冲管与低温换热器的一端相连。

[0014] 优选地,所述谐振子外侧还连接有电机,所述电机包括动子和定子,所述动子带动所述谐振子作往复运动。

[0015] 优选地,所述热缓冲管内设有导流层。

[0016] 本发明提供一种热驱动斯特林热泵,通过将热驱动斯特林热泵内部设计成环路结构,从而减少系统内运动器件,简化系统结构,使谐振子易于调节系统的能量平衡,提高系统的稳定性。

附图说明

[0017] 图1为本发明实施例的一种热驱动斯特林热泵结构图;

[0018] 图2为本发明实施例的另一种热驱动斯特林热泵结构图;

[0019] 图3为本发明实施例的另一种热驱动斯特林热泵结构图;

[0020] 图4为本发明实施例的另一种热驱动斯特林热泵结构图;

[0021] 图5为传统的热驱动斯特林热泵结构图。

[0022] 附图标记说明:

[0023] 1-主缸体; 2-次缸体; 3-气缸;

[0024] 4-排出器; 5-热缓冲管; 6-电机;

- [0025] 11-第一换热组件; 21-第二换热组件; 31-谐振子;
[0026] 51-导流层; 61-动子; 62-定子;
[0027] 111-高温换热器; 112-第一回热器; 113-第一中温换热器;
[0028] 211-低温换热器; 212-第二回热器; 213-第二中温换热器。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图和实施例,对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。

[0030] 本发明实施例的一种热驱动斯特林热泵,包括主缸体1和次缸体2,所述主缸体1与次缸体2连通形成环路,所述主缸体1一侧与次缸体2一侧连通形成第一连通腔室,所述主缸体1另一侧与次缸体2另一侧连通形成第二连通腔室;所述主缸体1内设置有第一换热组件11,所述次缸体2内设置有第二换热组件21;还包括气缸3,所述气缸3的一侧与第二连通腔室连通,所述气缸3内设有谐振子31。

[0031] 具体地,所述第一换热组件11包括沿所述主缸体1轴向设置的高温换热器111、第一回热器112和第一中温换热器113;所述第二换热组件21包括沿所述次缸体2轴向设置的低温换热器211、第二回热器212和第二中温换热器213。第一换热组件11由沿主缸体1轴向设置的高温换热器111、第一回热器112和第一中温换热器113组成,构成发动机系统;所述第二换热组件21由沿所述次缸体2轴向设置的低温换热器211、第二回热器212和第二中温换热器213组成,构成热泵系统。

[0032] 本发明的发动机系统由高温端、回热器和中温端构成,热泵系统由中温端、回热器和低温端构成,发动机的中温端与热泵的中温端相连,热泵的低温端与发动机的高温端相连,高温端由高温热源获得高能量,低温端由低温热源获得低能量。

[0033] 发动机系统和热泵系统上下并排设置,谐振子31设置在发动机系统和热泵系统的同侧,起到调节发动机和热泵内声场的作用,谐振子31一般为活塞,活塞可与电机相连,电机6包括动子61和定子62,所述动子61与所述谐振子31固定连接并带动所述谐振子31沿所述定子62做往复运动,构成一种热驱动的热电联供系统。电机6可控制谐振子31在系统内的振幅,当其他参数如活塞阻尼、加热温度、充气压力等参数发生变化时,可及时通过电机6控制谐振子31抵消其他参数变化引起的谐振子位移变化,使谐振子的位移保持恒定,从而提高系统的运行稳定性。

[0034] 基于上述实施例,本实施例中,还包括排出器4和热缓冲管5,排出器4和热缓冲管5分别设置于不同的腔室内。排出器4和热缓冲管5均可起到热缓冲的作用,排出器4还可在工质的膨胀压缩下振动以调节发动机和热泵内部的声场,热缓冲管5还可避免换热器内不同温度的工质混合。为了起到热均衡转换的作用,可在热缓冲管5内设置导流层51。发动机、排出器4、热泵、热缓冲管5构成一个环路,谐振子31在发动机和热泵的一侧控制并调节环路中声场。

[0035] 当排出器4设置于所述第一连通腔室内,热缓冲管5设置于所述第二连通腔室内时,如图1和图2结构所示。

[0036] 参考图1,所述高温换热器111一侧的腔室与第二中温换热器213一侧的腔室连通形成第一连通腔室,所述第一中温换热器113一侧的腔室与低温换热器211一侧的腔室连通

形成第二连通腔室;所述第二中温换热器213一侧的腔室与所述排出器4一侧的腔室连通形成压缩腔,所述排出器4一侧的腔室与所述高温换热器111一侧的腔室连通形成膨胀腔;所述热缓冲管5与低温换热器211的一端相连。

[0037] 参考图2,所述第一中温换热器113一侧的腔室与低温换热器211一侧的腔室连通形成第一连通腔室,所述高温换热器111一侧的腔室与第二中温换热器213一侧的腔室连通形成第二连通腔室;所述第一中温换热器213一侧的腔室与所述排出器4一侧的腔室形成压缩腔,所述排出器4一侧的腔室与所述低温换热器211一侧的腔室之间形成膨胀腔;所述热缓冲管5与高温换热器111的一端相连。

[0038] 当热缓冲管5设置于所述第一连通腔室内,排出器4设置于所述第二连通腔室内时,如图3和图4结构所示。

[0039] 参考图3,所述高温换热器111一侧的腔室与第二中温换热器213一侧的腔室连通形成第一连通腔室,所述第一中温换热器113一侧的腔室与低温换热器211一侧的腔室连通形成第二连通腔室;所述第一中温换热器113一侧的腔室与所述排出器4一侧的腔室连通形成压缩腔,所述排出器4一侧的腔室与所述低温换热器211一侧的腔室连通形成膨胀腔,所述气缸3与所述压缩腔连通。

[0040] 参考图4,所述第一中温换热器113一侧的腔室与低温换热器211一侧的腔室连通形成第一连通腔室,所述高温换热器111一侧的腔室与第二中温换热器213一侧的腔室连通形成第二连通腔室;所述第二中温换热器213一侧的腔室与所述排出器4一侧的腔室连通形成压缩腔,所述排出器4一侧的腔室与所述高温换热器111一侧的腔室连通形成膨胀腔,所述气缸3与所述压缩腔连通。

[0041] 工作原理如下:当本发明作为热泵使用时,高温换热器被外部高温热源(如聚焦太阳能、燃烧热、工业高温余热)加热,在第一回热器112轴向方向形成一定的温度梯度后,系统内部工质(一般为氦气或氢气)将产生自激的往复振荡,将热能转化为声波形式的机械能,部分声功反馈给另一缸体中的第二回热器中,将热量从低温换热器经过回热器泵送到中温换热器进行泵热,声波流出热泵后,部分能量用来推动谐振子31运动,剩余部分能量通过排出器4重新回到发动机内,发动机将热能转化为机械能,将声波的能量增大。

[0042] 当本发明为发动机使用时,高温换热器被外部高温热源(如聚焦太阳能、燃烧热、工业高温余热)加热,在第一回热器轴向方向形成一定的温度梯度后,系统内部工质(一般为氦气或氢气)将产生自激的往复振荡,将热能转化为声波形式的机械能,一部分声功反馈给另一缸体中的第二回热器,剩余部分推动谐振子31进行往复运动,谐振子31带动电机6的定子61切割磁力线,将机械能转换为电能输出。

[0043] 本发明提供的一种热驱动斯特林热泵,与图5所示的传统热驱动斯特林热机相比,系统内运动器件减少,系统结构得到简化,谐振子31易于调节系统中的能量平衡,提高了系统的稳定性。

[0044] 最后,本发明的方法仅为较佳的实施方案,并非用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

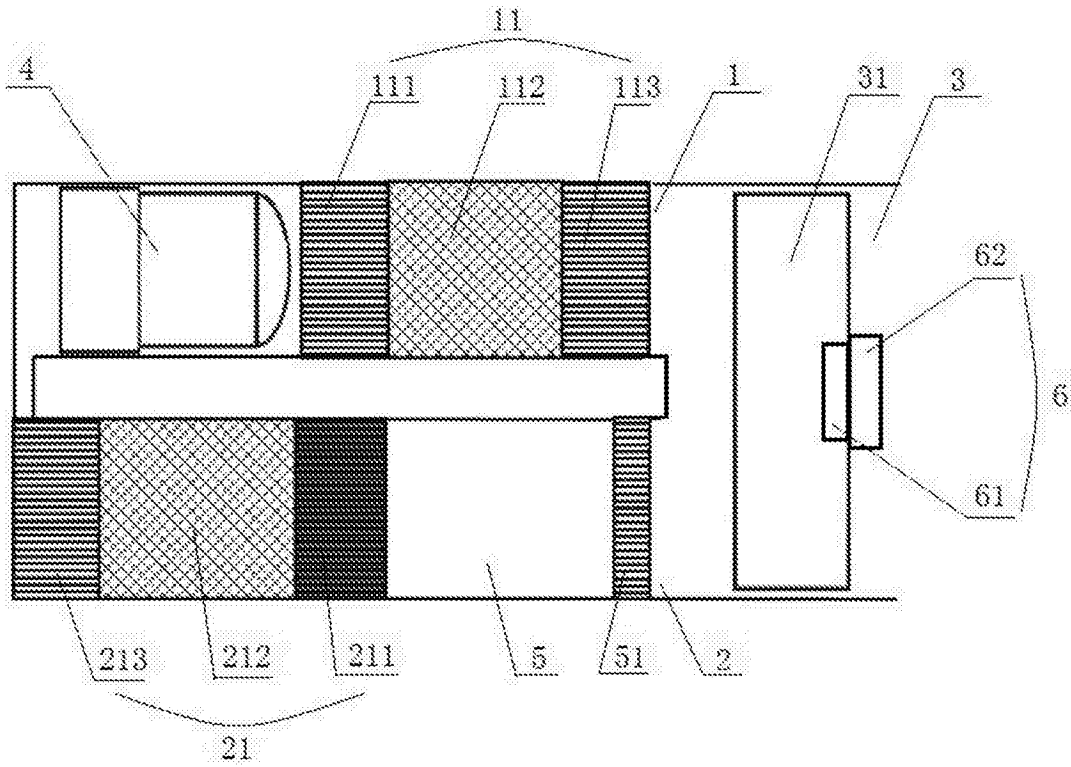


图1

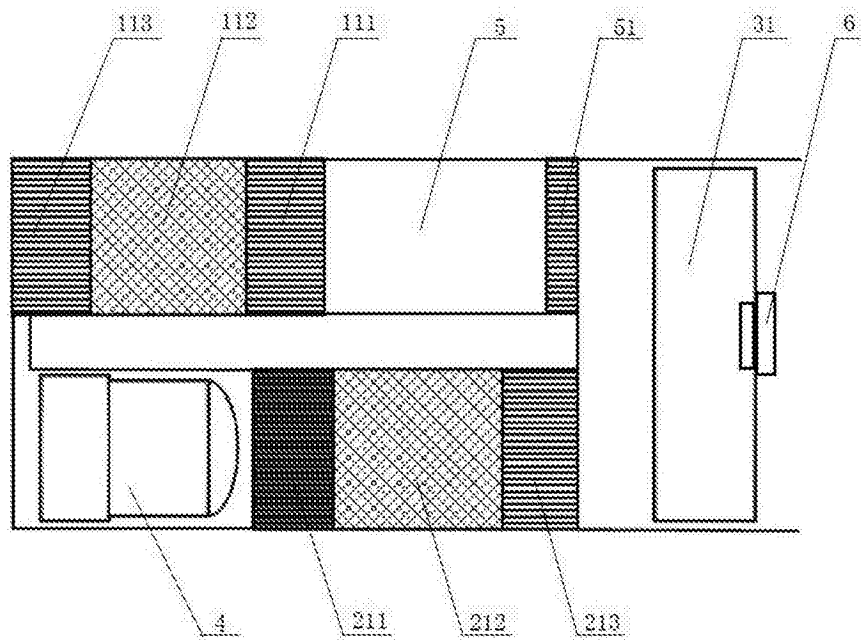


图2

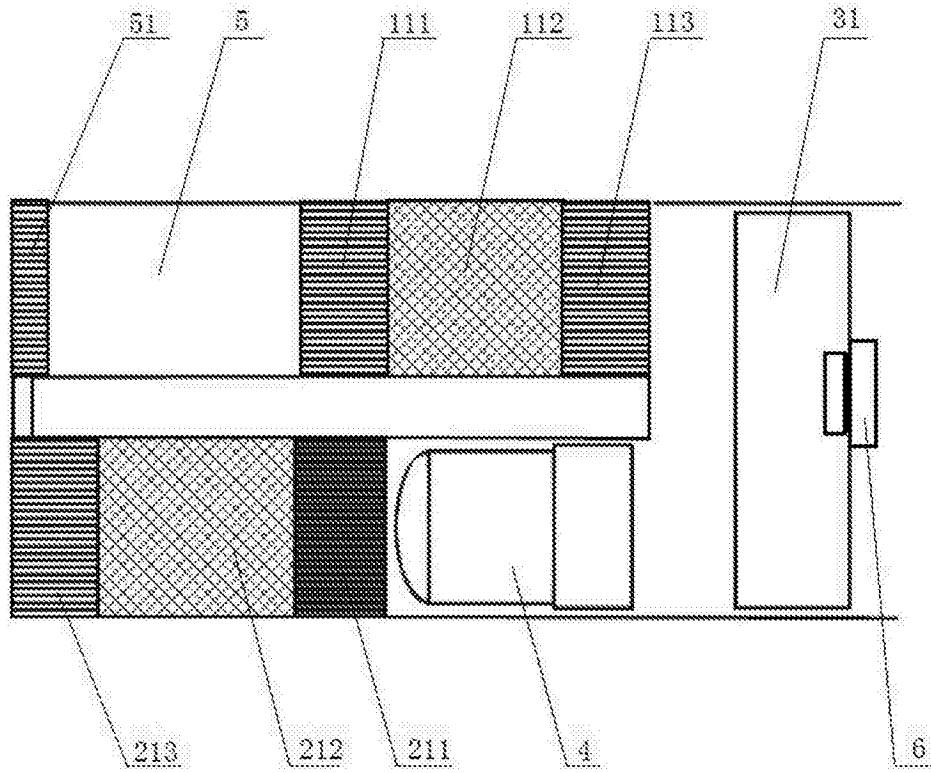


图3

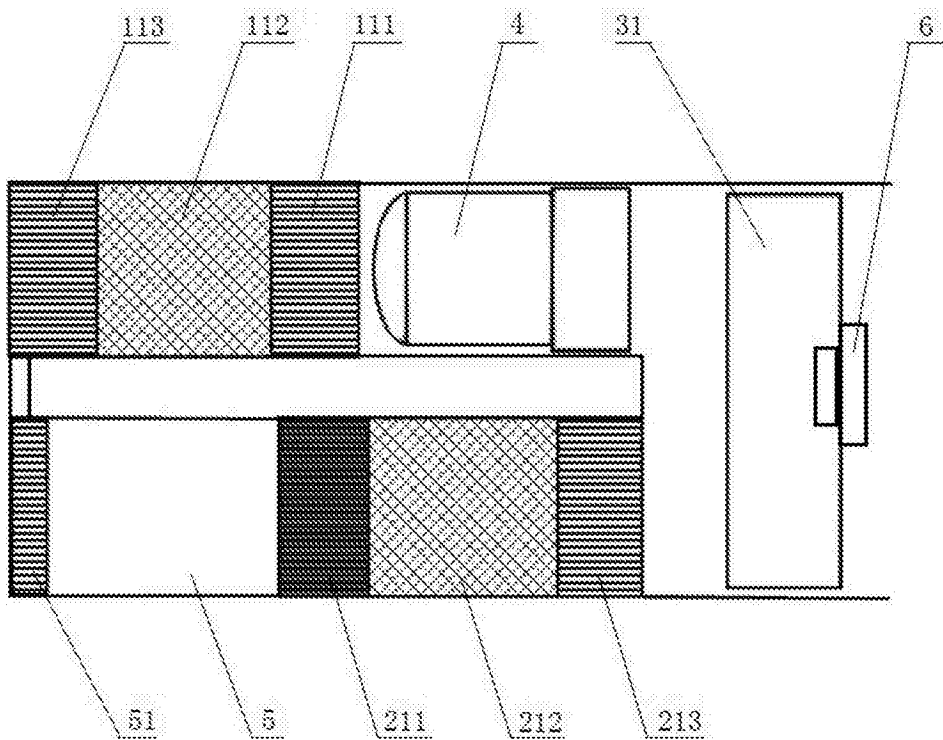


图4

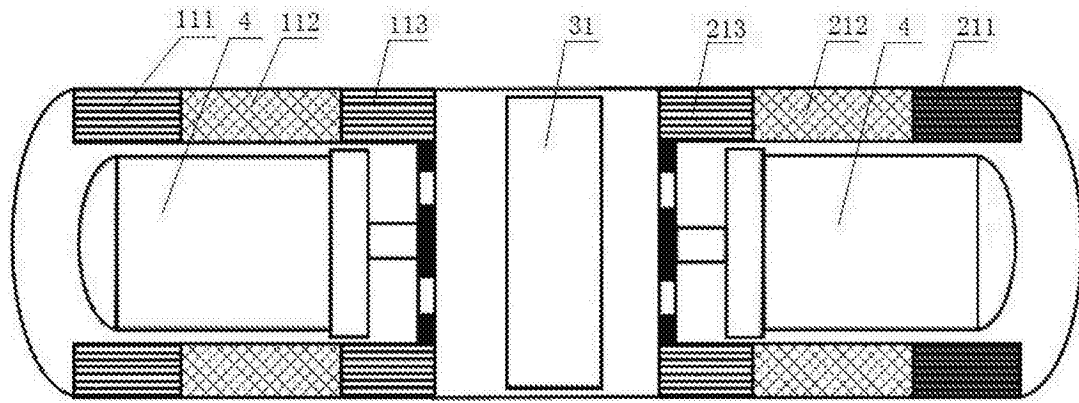


图5