



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114150814 B

(45) 授权公告日 2023. 02. 07

(21) 申请号 202111424398.8

E04C 1/39 (2006.01)

(22) 申请日 2021.11.26

E04B 1/343 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

B32B 33/00 (2006.01)

申请公布号 CN 114150814 A

B32B 5/02 (2006.01)

(43) 申请公布日 2022.03.08

(56) 对比文件

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学

CN 205742081 U, 2016.11.30

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西  
大直街92号

CN 101054008 A, 2007.10.17

US 5333970 A, 1994.08.02

CN 214574672 U, 2021.11.02

(72) 发明人 苗常青 史志鑫 刘蕾 周佳  
徐铎东 石景富

审查员 朱良

(74) 专利代理机构 哈尔滨龙科专利代理有限公司  
23206

专利代理师 郭莹莹

(51) Int. Cl.

E04C 1/40 (2006.01)

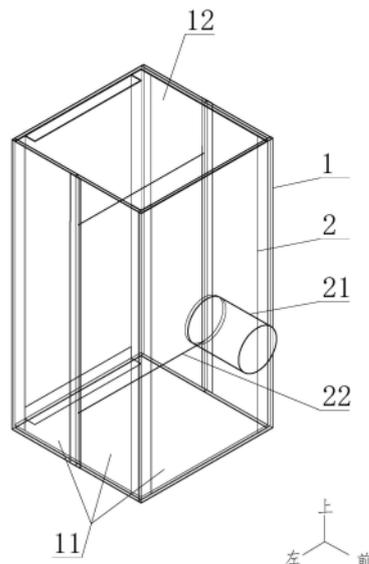
权利要求书1页 说明书3页 附图5页

## (54) 发明名称

一种具有可折叠刚性外壳的充气展开可刚化的月壤填充砖

## (57) 摘要

一种具有可折叠刚性外壳的充气展开可刚化的月壤填充砖,属于航天器结构技术领域。它为可折叠结构,发射体积小,成型后强度高,可以在月球进行月壤砖的原位制造。它包括可折叠的刚性外壳及柔性月壤袋;所述柔性月壤袋设置在刚性外壳内部,刚性外壳及柔性月壤袋可折叠发射,柔性月壤袋上设置有连接管,利用充气泵并通过连接管向柔性月壤袋内充气,实现柔性月壤袋的充气展开,展开后的柔性月壤袋加热刚化,刚化后的柔性月壤袋内部通过充沙泵自动充满月壤。该月壤填充砖质量轻、结构刚度高、稳定性好、承压性能好、辐射防护性能好,可充分利用月壤资源,降低月面建筑材料运输成本。



1. 一种具有可折叠刚性外壳的充气展开可刚化的月壤填充砖,其特征在于:包括可折叠的刚性外壳(1)及柔性月壤袋(2);所述柔性月壤袋(2)设置在刚性外壳(1)内部,刚性外壳(1)及柔性月壤袋(2)可折叠发射,柔性月壤袋(2)上设置有连接管(21),利用充气泵并通过连接管(21)向柔性月壤袋(2)内充气,实现柔性月壤袋(2)的充气展开,展开后的柔性月壤袋(2)加热刚化,刚化后的柔性月壤袋(2)内部通过充沙泵自动充满月壤;

所述刚性外壳(1)包括两块端部盖板(12)、多块周向刚性板(11)、多块刚性挡板(14)及多条柔性连接带(13);每块周向刚性板(11)的两端都固定连接有一块刚性挡板(14),相邻两个周向刚性板(11)之间均通过柔性连接带(13)连接进而形成可折叠的围合壳体,所述围合壳体的两端的一条边分别通过柔性连接带(13)与相应端部盖板(12)的对应边连接,两个端部盖板(12)向围合壳体内折叠,展开时,端部盖板(12)在内部柔性月壤袋(2)的充气压力作用下展开,其自由边受周向刚性板(11)端部设置的刚性挡板(14)约束固定,从而形成封闭的刚性空间;

所述柔性连接带(13)为可刚化连接带,采用可刚化柔性纤维复合材料制成,柔性连接带(13)在刚性外壳(1)整体展开成型后加热刚化。

2. 根据权利要求1所述的一种具有可折叠刚性外壳的充气展开可刚化的月壤填充砖,其特征在于:所述柔性月壤袋(2)内部设有柔性的拉线(22),所述拉线(22)的两端分别与柔性月壤袋(2)的内侧面连接。

3. 根据权利要求1所述的一种具有可折叠刚性外壳的充气展开可刚化的月壤填充砖,其特征在于:各所述周向刚性板(11)、刚性挡板(14)及端部盖板(12)均采用刚性的金属板或碳纤维板。

4. 根据权利要求1或2所述的一种具有可折叠刚性外壳的充气展开可刚化的月壤填充砖,其特征在于:所述柔性月壤袋(2)由多层可刚化柔性复合材料制成,由内至外依次为气密层、电热层、刚化层。

5. 根据权利要求4所述的一种具有可折叠刚性外壳的充气展开可刚化的月壤填充砖,其特征在于:所述柔性月壤袋(2)的气密层采用气体阻隔薄膜材料制成,所述柔性月壤袋(2)的电热层采用电热丝制成,用于对刚化层进行加热,使其刚化;所述柔性月壤袋(2)的刚化层采用可刚化柔性纤维复合材料制成,可在充气展开成型后加热刚化。

## 一种具有可折叠刚性外壳的充气展开可刚化的月壤填充砖

### 技术领域

[0001] 本发明属于航天器结构技术领域,特别是涉及一种具有可折叠刚性外壳的充气展开可刚化的月壤填充砖。

### 背景技术

[0002] 月球基地是探月宇航员驻月工作、生活的主要场所,为降低月面建筑材料的运输成本,原位资源建造技术(ISRU)将成为主要的建造方案。月壤是月面最主要的原位资源,用于建筑表面覆盖可用于建筑物的保温、辐射防护及微流星体撞击防护。

[0003] 目前,基于月壤的月壤砖建造技术主要包括月壤混凝土3D打印技术、月壤烧结技术、月壤粘接技术、月壤袋约束技术等。其中,月壤混凝土3D打印技术的主要难点为混凝土月面水化问题;月壤烧结技术的难点包括难度大、耗能高、强度低;月壤粘接技术的难点包括胶结剂用量较大、建造成本高、速度慢、易板结、难以大规模建造等;而月壤袋约束技术具有建造耗能低、发射质量轻等优势,但尚存在抗压强度低、且难以自动化制造等缺点。

### 发明内容

[0004] 为了解决上述背景技术中存在的当前月壤砖耗能高、强度低、制造流程复杂、建造速度慢、难以大规模建造等问题,本发明提出一种具有可折叠刚性外壳的充气展开可刚化的月壤填充砖,其刚性外壳能够折叠展开,发射体积小,成型后的月壤砖强度高,可以在月球进行月壤砖的原位制造。

[0005] 本发明解决其技术问题采取的技术方案是:一种具有可折叠刚性外壳的充气展开可刚化的月壤填充砖,包括可折叠的刚性外壳及柔性月壤袋;所述柔性月壤袋设置在刚性外壳内部,刚性外壳及柔性月壤袋可折叠发射,柔性月壤袋上设置有连接管,利用充气泵并通过连接管向柔性月壤袋内充气,实现柔性月壤袋的充气展开,展开后的柔性月壤袋加热刚化,刚化后的柔性月壤袋内部通过充沙泵自动充满月壤。

[0006] 所述刚性外壳包括两块端部盖板、多块周向刚性板、多块刚性挡板及多条柔性连接带;每块周向刚性板的两端都固定连接有一块刚性挡板,相邻两个周向刚性板之间均通过柔性连接带连接进而形成可折叠的围合壳体,所述围合壳体的两端的一条边分别通过柔性连接带与相应端部盖板的对应边连接,两个端部盖板向围合壳体内折叠,展开时,端部盖板在内部柔性月壤袋的充气压力作用下展开,其自由边受周向刚性板端部设置的刚性挡板约束固定,从而形成封闭的刚性空间。

[0007] 所述柔性连接带为可刚化连接带,采用可刚化柔性纤维复合材料制成,柔性连接带在刚性外壳整体展开成型后加热刚化。

[0008] 所述柔性月壤袋内部设有柔性的拉线,所述拉线的两端分别与柔性月壤袋的内侧面连接。

[0009] 各所述周向刚性板、刚性挡板、与端部盖板均采用刚性的金属板或碳纤维板。

[0010] 所述柔性月壤袋由多层可刚化柔性复合材料制成,由内至外依次为气密层、电热

层、刚化层。

[0011] 所述柔性月壤袋的气密层采用气体阻隔薄膜材料制成；所述柔性月壤袋的电热层采用电热丝制成，用于对刚化层进行加热，使其刚化；所述柔性月壤袋的刚化层采用可刚化柔性纤维复合材料制成，可在充气展开成型后加热刚化。

[0012] 本发明的有益效果：

[0013] 本发明提出的一种具有可折叠刚性外壳的充气展开可刚化的月壤填充砖，主要包括可折叠的刚性外壳和柔性月壤袋。

[0014] 1、该月壤填充砖外壳为采用柔性连接带连接的刚性外壳，具有足够的结构刚度和强度，可在内部充满月壤的情况下，形成具有足够承压能力的刚性月壤砖。

[0015] 2、该月壤填充砖的刚性外壳内部设置有柔性月壤袋，装满月壤后，柔性月壤袋可电加热刚化，刚化后的柔性月壤袋形成月壤填充砖的内层刚性壳，从而进一步提高月壤砖的结构刚度、强度和承压能力。

[0016] 3、该月壤填充砖结构简单，月壤装填方便快捷，利用充沙泵，可自动向柔性月壤袋内部填充月壤，可实现月壤砖的模块化、流程化、大规模建造。

[0017] 4、该月壤填充砖的刚性外壳可折叠、发射体积小，展开后的刚性外壳可提高月壤填充砖的结构刚度，在柔性月壤袋刚化过程中，展开后的刚性外壳能够限定并维持月壤袋的刚化形状。

[0018] 5、该月壤填充砖利用月面现有资源进行建造，就地取材，减小了发射及运输成本。

[0019] 6、该月壤填充砖可设置为多种形状，其形状可根据实际需要进行设计，适用于多种形式的建筑。

[0020] 7、与现有月壤袋相比，该月壤填充砖结构刚度和稳定性得到了显著提高。

## 附图说明

[0021] 在附图中：

[0022] 图1是本发明整体结构示意图；

[0023] 图2是本发明柔性月壤袋展开刚化后结构示意图；

[0024] 图3是本发明非工作状态内部结构示意图；

[0025] 图4是本发明端部盖板折叠方向示意图；

[0026] 图5是本发明刚性外壳折叠效果示意图；

[0027] 图中：

[0028] 1、刚性外壳；2、柔性月壤袋；11、周向刚性板；12、端部盖板；13、柔性连接带；14、刚性挡板；21、连接管；22、拉线。

## 具体实施方式

[0029] 现结合附图对本发明作进一步详细的说明。附图均为简化的示意图，仅以示意方式说明本发明的基本结构，因此其仅显示与本发明有关的构成。

[0030] 一种具有可折叠刚性外壳的充气展开可刚化的月壤填充砖，包括可折叠的刚性外壳1及柔性月壤袋2；所述柔性月壤袋2设置在刚性外壳1内部，刚性外壳1及柔性月壤袋2可折叠发射，柔性月壤袋2上设置有连接管21，利用充气泵并通过连接管21向柔性月壤袋2内

充气,实现柔性月壤袋2的充气展开,展开后的柔性月壤袋2加热刚化,刚化后的柔性月壤袋2内部通过充沙泵自动充满月壤,最终形成具有很高的刚度、承压性能及辐射防护性能的月壤填充砖。

[0031] 所述刚性外壳1包括两块端部盖板12、多块周向刚性板11、多块刚性挡板14及多条柔性连接带13;每块周向刚性板11的两端都固定连接有一块刚性挡板14,相邻两个周向刚性板11之间均通过柔性连接带13连接进而形成可折叠的围合壳体,所述围合壳体的两端的一条边分别通过柔性连接带13与相应端部盖板12的对应边连接,两个端部盖板12向围合壳体内折叠,展开时,端部盖板12在内部柔性月壤袋2的充气压力作用下展开,其自由边受周向刚性板11端部设置的刚性挡板14约束固定,从而形成封闭的刚性空间。

[0032] 所述柔性连接带13为可刚化连接带,采用可刚化柔性纤维复合材料制成,柔性连接带13在刚性外壳1整体展开成型后加热刚化,刚化后的柔性连接带13可提高整体结构的稳定性。

[0033] 所述柔性月壤袋2内部设有柔性的拉线22,所述拉线22的两端分别与柔性月壤袋2的内侧面连接,在填充月壤后可减小月壤对刚性外壳1的压力。

[0034] 各所述周向刚性板11、刚性挡板14、与端部盖板12均采用刚性的金属板或碳纤维板,在保证轻质量的同时确保较高的结构刚度。

[0035] 所述柔性月壤袋2由多层可刚化柔性复合材料制成,由内至外依次为气密层、电热层、刚化层,刚化后的柔性月壤袋2与刚性外壳1紧密贴合连接。

[0036] 所述柔性月壤袋2的气密层采用气体阻隔薄膜材料制成;所述柔性月壤袋2的电热层采用电热丝制成,用于对刚化层进行加热,使其刚化;所述柔性月壤袋2的刚化层采用可刚化柔性纤维复合材料制成,可在充气展开成型后加热刚化,具有很高的强度和刚度。

[0037] 可以理解,本发明是通过一些实施例进行描述的,本领域技术人员知悉的,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以对这些特征和实施例进行各种改变或等效替换。另外,在本发明的教导下,可以对这些特征和实施例进行修改以适应具体的情况及材料而不会脱离本发明的精神和范围。因此,本发明不受此处所公开的具体实施例的限制,所有落入本申请的权利要求范围内的实施例都属于本发明所保护的范围内。

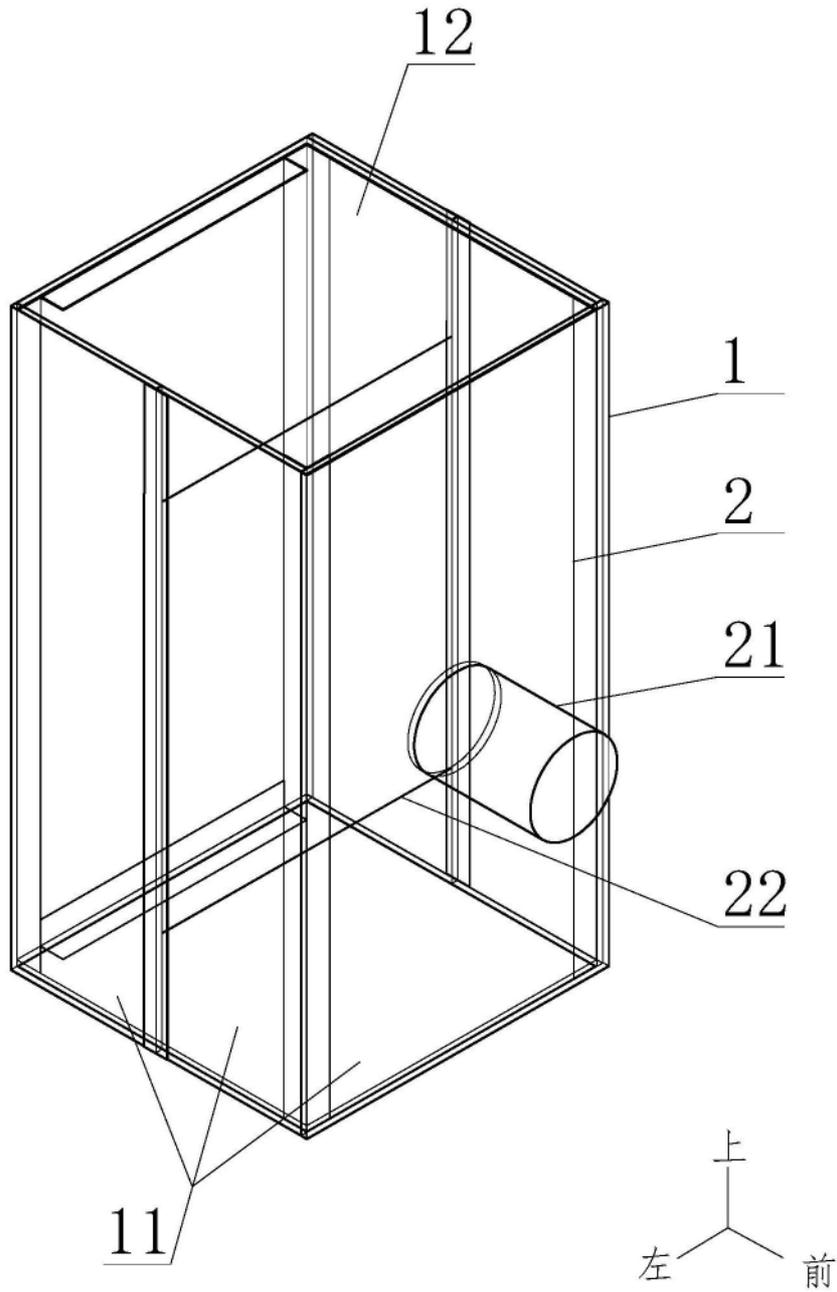


图1

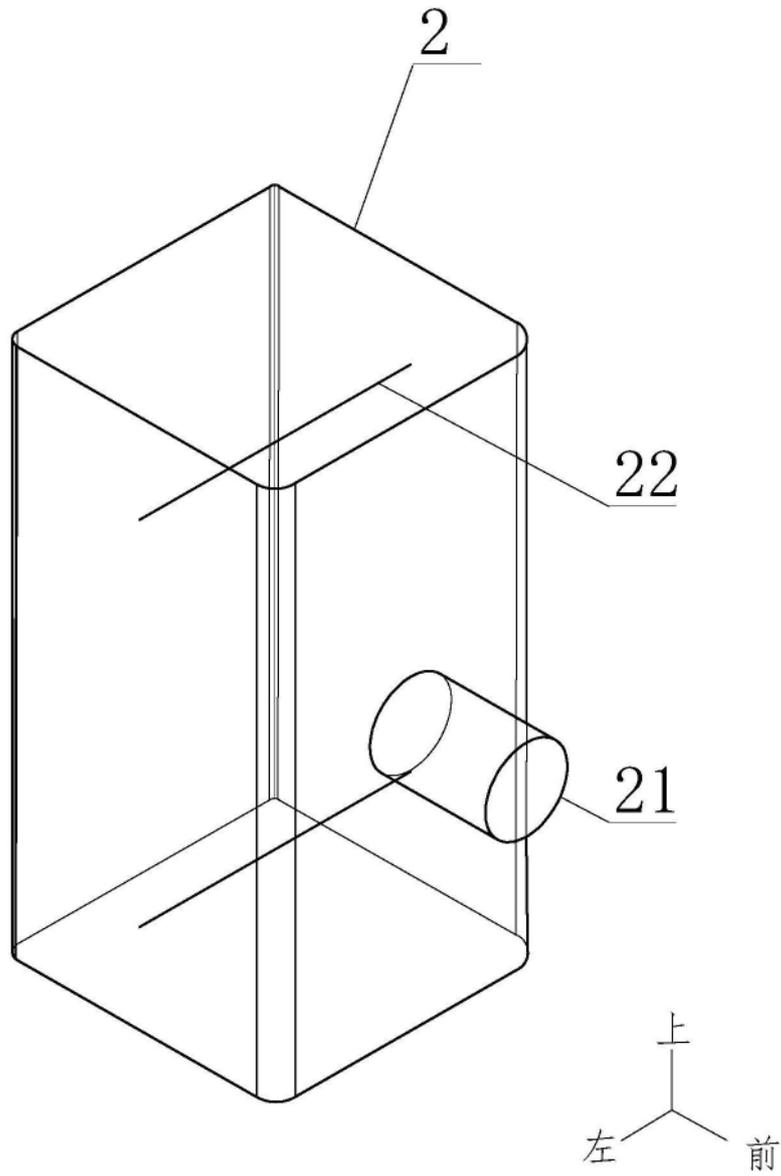


图2

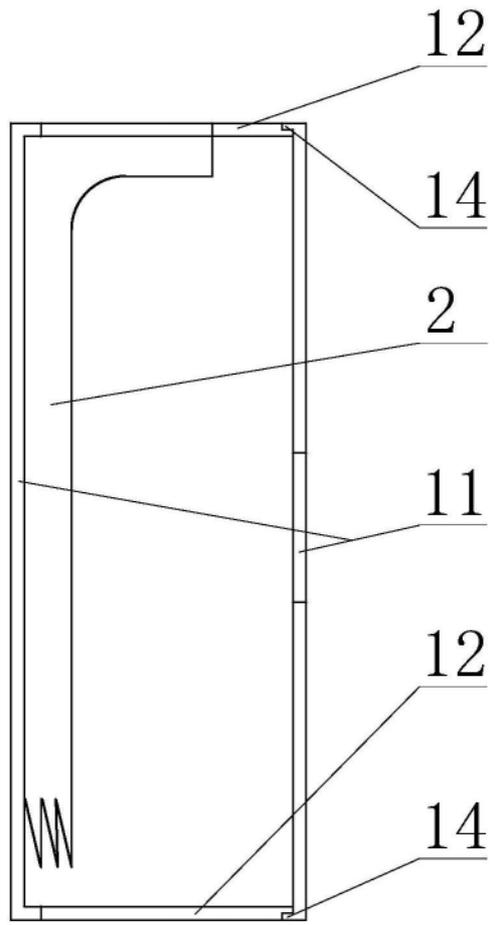


图3

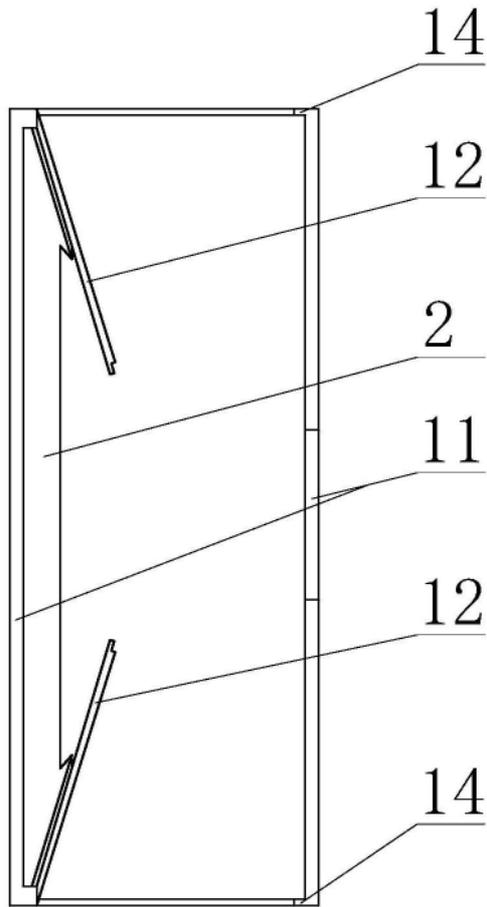


图4

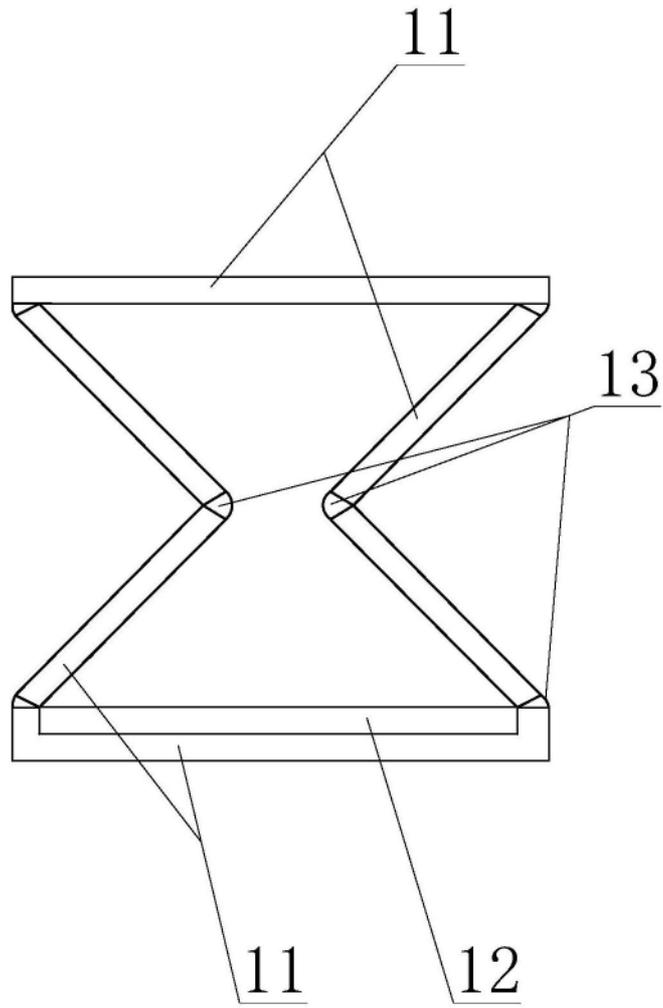


图5