



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112593752 B

(45) 授权公告日 2022.05.17

(21) 申请号 202011173785.4

(22) 申请日 2020.10.28

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112593752 A

(43) 申请公布日 2021.04.02

(73) 专利权人 中冶建筑研究总院有限公司  
地址 100088 北京市海淀区西土城路33号  
专利权人 中冶检测认证有限公司

(72) 发明人 杨勇新 李文泉 马建勋 王涛  
赵进阶

(74) 专利代理机构 北京集智东方知识产权代理  
有限公司 11578  
专利代理师 陈亚斌 关兆辉

(51) Int. Cl.  
E04H 9/10 (2006.01)

(56) 对比文件

- JP 2001355673 A, 2001.12.26
- CN 105937272 A, 2016.09.14
- CN 101216272 A, 2008.07.09
- CN 207296066 U, 2018.05.01
- CN 207472525 U, 2018.06.08
- CN 202463043 U, 2012.10.03
- CN 104685137 A, 2015.06.03

审查员 林赛君

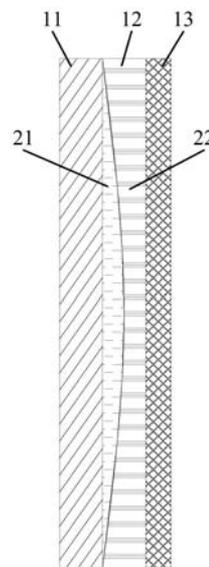
权利要求书1页 说明书5页 附图9页

(54) 发明名称

一种变形适应型抗冲击墙体

(57) 摘要

本发明提供了一种变形适应型抗冲击墙体。该变形适应型抗冲击墙体包括：负刚度板、变形适应夹层和背板；所述变形适应夹层设置在所述负刚度板和所述背板之间；所述变形适应夹层包括：第一刚度层和第二刚度层；所述第一刚度层的刚度小于第二刚度层的刚度；所述第一刚度层的外侧与所述负刚度板连接，所述第二刚度层的外侧与所述背板连接，所述第一刚度层的内侧与所述第二刚度层的内侧连接；所述第一刚度层与所述第二刚度层的连接面为预设的弧形；所述背板包括：两层或多层钢板，每两层钢板之间设置有多个空格。应用本发明可以有效地提高墙体的抗爆抗冲击性能。



1. 一种变形适应型抗冲击墙体,其特征在于,该变形适应型抗冲击墙体包括:负刚度板、变形适应夹层和背板;

所述变形适应夹层设置在所述负刚度板和所述背板之间;

所述变形适应夹层包括:第一刚度层和第二刚度层;所述第一刚度层的刚度小于第二刚度层的刚度;所述第一刚度层的外侧与所述负刚度板连接,所述第二刚度层的外侧与所述背板连接,所述第一刚度层的内侧与所述第二刚度层的内侧连接;所述第一刚度层与所述第二刚度层的连接面为预设的弧形;弧形的连接面与负刚度板内侧的最大水平距离,与所述负刚度板的极限变形相等。

2. 根据权利要求1所述的变形适应型抗冲击墙体,其特征在于:

所述负刚度板的内外两侧均为平面。

3. 根据权利要求1所述的变形适应型抗冲击墙体,其特征在于:

所述负刚度板的外侧为平面,所述负刚度板的内侧为预设形状的凹型弧面;

所述负刚度板和变形适应夹层之间设置有空腔。

4. 根据权利要求1所述的变形适应型抗冲击墙体,其特征在于:

所述负刚度板由大变形材料制成;

所述大变形材料为高韧性纤维增强混凝土、软钢或泡沫铝。

5. 根据权利要求1所述的变形适应型抗冲击墙体,其特征在于:

所述负刚度板的外表面上涂覆有聚脲涂层。

6. 根据权利要求1所述的变形适应型抗冲击墙体,其特征在于,

所述第二刚度层包括:柔性耗能基体层和多根钢芯;

所述多根钢芯埋设于所述柔性耗能基体层中。

7. 根据权利要求6所述的变形适应型抗冲击墙体,其特征在于:

所述柔性耗能基体层由橡胶、泡沫或柔性塑料等柔性耗能材料制成。

8. 根据权利要求6所述的变形适应型抗冲击墙体,其特征在于:

所述多根钢芯的长度不同,且所述不同长度的多根钢芯在所述柔性耗能基体层中排列成预设的曲面。

9. 根据权利要求6所述的变形适应型抗冲击墙体,其特征在于:

所述钢芯的表面设置成螺纹、十字花纹或尖刺的形状。

## 一种变形适应型抗冲击墙体

### 技术领域

[0001] 本申请涉及防爆防冲击技术领域,尤其涉及一种变形适应型抗冲击墙体。

### 背景技术

[0002] 自从热武器被引入军事中,炸药在现代战争中基本上已经占据了主导地位。因此,需要针对一些特定的重要建筑物做特殊的抗爆设计,以增强建筑物的安全性。

[0003] 然而,目前现有技术中的抗爆设计的主要理念是:通过混凝土或钢板完全承担爆炸所带来的冲击。但是,为了完全抵抗爆炸的破坏力,这种刚性墙体的墙体厚度一般都很厚,且抗爆效果不显著。另外,过厚的墙体由于自重过大,容易在连接处形成薄弱面,在爆炸过后,墙体容易发生倒塌造成二次伤害。

[0004] 国内外有很多学者在研究不同材料的抗爆性能,以替换传统的钢结构和混凝土结构。目前,国内外研究的热点是采用多孔材料或轻质材料将墙体设计为多层复合结构。主要材料有:硬质聚氨酯泡沫塑料、聚丙烯纤维、钢纤维、泡沫铝、橡胶混凝土、高阻抗混凝土等。构造合理的复合结构能够同时发挥两种或几种不同材料的性能,在抗爆墙体的设计中占很大优势。

[0005] 目前,现有技术中常用的抗爆墙体有:钢板-泡沫材料复合结构、箱形钢板、钢筋混凝土组合结构、碳纤维复合材料结构、预应力结构。结构抗冲击研究中主要以阻隔冲击和增加阻尼减小冲击为主。但是,这种构造都在不同程度上增加了结构的刚度,会造成结构的自振频率增大,加速度反应难以控制。

### 发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明提供了一种变形适应型抗冲击墙体,从而可以有效地提高墙体的抗爆抗冲击性能。

[0007] 本发明的技术方案具体是这样实现的:

[0008] 一种变形适应型抗冲击墙体,该变形适应型抗冲击墙体包括:负刚度板、变形适应夹层和背板;

[0009] 所述变形适应夹层设置在所述负刚度板和所述背板之间;

[0010] 所述变形适应夹层包括:第一刚度层和第二刚度层;所述第一刚度层的刚度小于第二刚度层的刚度;所述第一刚度层的外侧与所述负刚度板连接,所述第二刚度层的外侧与所述背板连接,所述第一刚度层的内侧与所述第二刚度层的内侧连接;所述第一刚度层与所述第二刚度层的连接面为预设的弧形;

[0011] 所述背板包括:两层或多层钢板,每两层钢板之间设置有多个空格。

[0012] 较佳的,所述负刚度板的内外两侧均为平面。

[0013] 较佳的,所述负刚度板的外侧为平面,所述负刚度板的内侧为预设形状的凹型弧面;

[0014] 所述负刚度板和变形适应夹层之间设置有空腔。

- [0015] 较佳的,所述负刚度板由大变形材料制成;
- [0016] 所述大变形材料为高韧性纤维增强混凝土、软钢或泡沫铝。
- [0017] 较佳的,所述负刚度板的外表面上涂覆有聚脲涂层。
- [0018] 较佳的,所述弧形连接面与负刚度板内侧的最大水平距离,与所述负刚度板的极限变形相等。
- [0019] 较佳的,所述第二刚度层包括:柔性耗能基体层和多根钢芯;
- [0020] 所述多根钢芯埋设于所述柔性耗能基体层中。
- [0021] 较佳的,所述柔性耗能基体层由橡胶、泡沫或柔性塑料等柔性耗能材料制成。
- [0022] 较佳的,所述多根钢芯的长度不同,且所述不同长度的多根钢芯在所述柔性耗能基体层中排列成预设的曲面。
- [0023] 较佳的,所述钢芯的表面设置成螺纹、十字花纹或尖刺的形状。
- [0024] 如上可见,在本发明中的变形适应型抗冲击墙体中,由于设置了负刚度板、变形适应夹层和背板,因此可以通过负刚度板、变形适应夹层和背板之间的相互协调,使得冲击能量被层层削弱、破碎。所以,使用上述的变形适应型抗冲击墙体,可以有效地提高墙体的抗爆抗冲击性能。

#### 附图说明

- [0025] 图1为本发明一个具体实施例中的变形适应型抗冲击墙体的侧面剖视图。
- [0026] 图2为本发明另一个具体实施例中的变形适应型抗冲击墙体的侧面剖视图。
- [0027] 图3为本发明一个具体实施例中的负刚度板的侧面剖视图。
- [0028] 图4为本发明另一个具体实施例中的负刚度板的侧面剖视图。
- [0029] 图5为本发明一个具体实施例中的负刚度板的变形示意图。
- [0030] 图6为本发明另一个具体实施例中的负刚度板的变形示意图。
- [0031] 图7为本发明一个具体实施例中的负刚度板的耗能示意图一。
- [0032] 图8为本发明一个具体实施例中的负刚度板的耗能示意图二。
- [0033] 图9为本发明一个具体实施例中的变形适应夹层的受力示意图。
- [0034] 图10为本发明一个具体实施例中的变形适应型抗冲击墙体的立体剖视图。

#### 具体实施方式

- [0035] 为使本发明的技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及具体实施例,对本发明作进一步详细的说明。
- [0036] 在本发明的技术方案中,提出了一种变形适应型抗冲击墙体。
- [0037] 如图1~图2所示,本发明实施例中的变形适应型抗冲击墙体包括:负刚度板11、变形适应夹层12和背板13;
- [0038] 所述变形适应夹层12设置在所述负刚度板11和所述背板12之间;
- [0039] 所述变形适应夹层12包括:第一刚度层21和第二刚度层22;所述第一刚度层21的刚度小于第二刚度层22的刚度;所述第一刚度层21的外侧与所述负刚度板11连接,所述第二刚度层22的外侧与所述背板13连接,所述第一刚度层21的内侧与所述第二刚度层22的内侧连接;所述第一刚度层21与所述第二刚度层22的连接面为预设的弧形。

[0040] 在上述的变形适应型抗冲击墙体中,所述负刚度板可以是可承受较大的变形的墙面板,因此也可以称之为大变形负刚度板。由于变形适应型抗冲击墙体的前面板为上述负刚度板,因此,当受到爆炸冲击波等冲击力时,在冲击波的作用下,上述负刚度板可以发生较大的变形,从而通过变形来吸收、消耗爆炸冲击波的部分能量。

[0041] 例如,作为示例,在本发明的一个较佳的具体实施例中,所述负刚度板的内外两侧均为平面,如图1和图3所示。

[0042] 当上述的负刚度板受到冲击力时,将会发生负刚度变形,如图5所示。其中, $f$ 为负刚度板的最大允许变形尺寸,即极限变形。

[0043] 再例如,作为示例,在本发明的另一个较佳的具体实施例中,所述负刚度板的外侧为平面,所述负刚度板的内侧为预设形状的凹型弧面,如图2和图4所示,此时的负刚度板相当于具有预设的拱形形状。此时,所述负刚度板和变形适应夹层之间还设置有空腔14。该空腔可以为负刚度板提供足够的变形空间,使其充分发挥变形耗能能力。

[0044] 当上述的负刚度板受到冲击力时,将会发生负刚度变形。整体变形过程可以分为两阶段,如图6、图7和图8所示,在初始阶段( $t_0$ ),负刚度板处于不受外力的状态;第一阶段( $t_1$ )为负刚度板在空腔内的变形,随着变形的增大,负刚度板的刚度也随之增加,耗能效率增加;第二阶段( $t_2$ )为负刚度板在接触变形适应层之后的变形,此时负刚度板的刚度下降,将吸收的能量转移给变形适应层,由于此时负刚度板的刚度为下降阶段,即向外部释放能量的阶段,因此能量的转移效率更高。

[0045] 另外,作为示例,在本发明的另一个较佳的具体实施例中,所述负刚度板由大变形材料制成。

[0046] 例如,作为示例,在本发明的一个较佳的具体实施例中,所述大变形材料可以是:高韧性纤维增强混凝土、软钢或泡沫铝等变形能力较强的材料。

[0047] 再例如,作为示例,在本发明的另一个较佳的具体实施例中,所述负刚度板可以是高韧性纤维混凝土拱形板。

[0048] 再例如,当使用高韧性纤维增强混凝土制作负刚度板时,可以在混凝土中掺加不同尺度的增强材料,以善混凝土的韧性,使得在混凝土在碎裂时能够更好的吸收冲击能量。

[0049] 另外,作为示例,在本发明的另一个较佳的具体实施例中,还可以在负刚度板的外表面上涂覆聚脲涂层,从而可以进一步增加负刚度板的抗冲击性能。

[0050] 在本发明的技术方案中,所述变形适应夹层是一种墙体耗能构件,可以为负刚度板提供负刚度变形空间,接受由负刚度板传递来的能量,并通过挤压变形和摩擦消耗冲击能量。

[0051] 另外,上述变形适应夹层包括两部分区域:小刚度区域(即第一刚度层 21)和大刚度区域(即第二刚度层22)。小刚度区域和大刚度区域的连接面为预设的弧形,该弧形连接面可以适应负刚度板的最终变形。

[0052] 另外,作为示例,在本发明的另一个较佳的具体实施例中,所述弧形连接面与负刚度板内侧的最大水平距离(即弧形连接面的最大深度),可以与所述负刚度板的极限变形 $f$ (即负刚度板的最大允许变形尺寸)相等,从而可以确保当大变形负刚度板在充分变形后,为大变形负刚度板提供全方位的、足够的支撑。

[0053] 另外,作为示例,在本发明的另一个较佳的具体实施例中,所述第一刚度层可以是

空腔,也可以是由软体材料(例如,橡胶、泡沫等材料)制成的墙体。

[0054] 另外,作为示例,在本发明的另一个较佳的具体实施例中,所述第二刚度层可以由纤维增强复合材料(Fiber Reinforced Plastic,FRP)、钢板或钢芯橡胶制成的墙体。

[0055] 由于上述的变形适应层包括两部分区域,且这两部分区域分别由不同刚度的材料制成,因此可以利用材料间刚度的变化提供变形适应面。

[0056] 另外,作为示例,在本发明的另一个较佳的具体实施例中,如图10所示,所述第二刚度层22包括:柔性耗能基体层221和多根钢芯222;所述多根钢芯222埋设于所述柔性耗能基体层221中。

[0057] 再例如,作为示例,在本发明的另一个较佳的具体实施例中,所述柔性耗能基体层可以由橡胶、泡沫或柔性塑料等柔性耗能材料制成。

[0058] 再例如,作为示例,在本发明的另一个较佳的具体实施例中,所述多根钢芯的长度不同,且所述不同长度的多根钢芯在所述柔性耗能基体层中排列成预设的曲面。通过上述的设置,可以进一步增强第二刚度层的耗能能力。

[0059] 再例如,作为示例,在本发明的另一个较佳的具体实施例中,所述钢芯的表面设置成螺纹、十字花纹或尖刺等形状,从而可以有效地增加钢芯与橡胶的摩擦与粘结,以进一步增强第二刚度层的耗能能力。

[0060] 此外,在本发明的技术方案中,所述背板可以为前部墙体提供支撑力,吸收残余冲击能量,提高墙体整体刚度,方便墙体的安装。

[0061] 另外,作为示例,在本发明的另一个较佳的具体实施例中,所述背板可以由钢材、FRP、混凝土等刚度足够的材料制成的墙体,从而可以为前部墙体提供支撑力,吸收残余冲击能量。

[0062] 例如,作为示例,在本发明的另一个较佳的具体实施例中,所述背板可以包括:两层或多层钢板,每两层钢板之间设置有多个空格31,从而可以在提供足够支撑力的前提下,减轻背板的质量。

[0063] 再例如,作为示例,在本发明的另一个较佳的具体实施例中,所述背板的空格中还可以填充有耗能材料,从而可以进一步提高背板的耗能能力。

[0064] 综上所述,本发明的变形适应型抗冲击墙体的设计理念在于在墙体内部构造不同刚度的分布及合理形状的空腔,旨在当受到冲击下变形适应夹层能够适应前部墙体发生的变形,以及通过前部大变形墙体发生的大变形行为及负刚度行为进行能量耗散。因此,本发明的上述变形适应型抗冲击墙体包括三部分:前部的大变形负刚度板、中间的变形适应夹层和后部的大刚度背板。负刚度板与变形适应夹层之间设置空腔构造,为负刚度板的前半段刚度增加部分提供变形空间。另外,变形适应夹层设置为具有变形曲面的异质墙体,为负刚度板的后半段刚度减小部分提供变形空间。同时,变形过程中的变形适应夹层的材料压缩和摩擦也起到能量耗散作用。大刚度背板则为整个墙体提供支撑,增加墙体的整体刚度。通过上述负刚度板、变形适应夹层和背板之间的相互协调,使得冲击能量被层层削弱、破碎。在冲击力的作用下,最先接触到冲击力的负刚度板最先发生变形,向内凹陷。由于负刚度板和变形适应夹层之间设置有空腔,因此在凹陷过程中,由于大变形负刚度板的拱效应,刚度逐渐增加,负刚度板的吸能效率增加。当负刚度板的变形大于预设的空腔时,负刚度板进入刚度减小阶段。此时,负刚度板与变形适应夹层接触,因此,处于刚度减小阶段的负刚

度板能够更快速高效地将能量传递至变形适应夹层,并通过变形适应夹层的挤压、摩擦继续耗能,最终由大刚度的背板承担残余能量,并为前部墙体提供支撑,为变形适应夹层提供足够支撑刚度,并确保在冲击波的作用下不断裂,从而可以确保在冲击作用下负刚度板和变形适应夹层能够正常工作,并不会穿透后面板,对墙体后面的建筑物或人起到最后的保障。因此,使用上述的变形适应型抗冲击墙体,可以有效地提高墙体的抗爆抗冲击性能。

[0065] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明保护的范围之内。

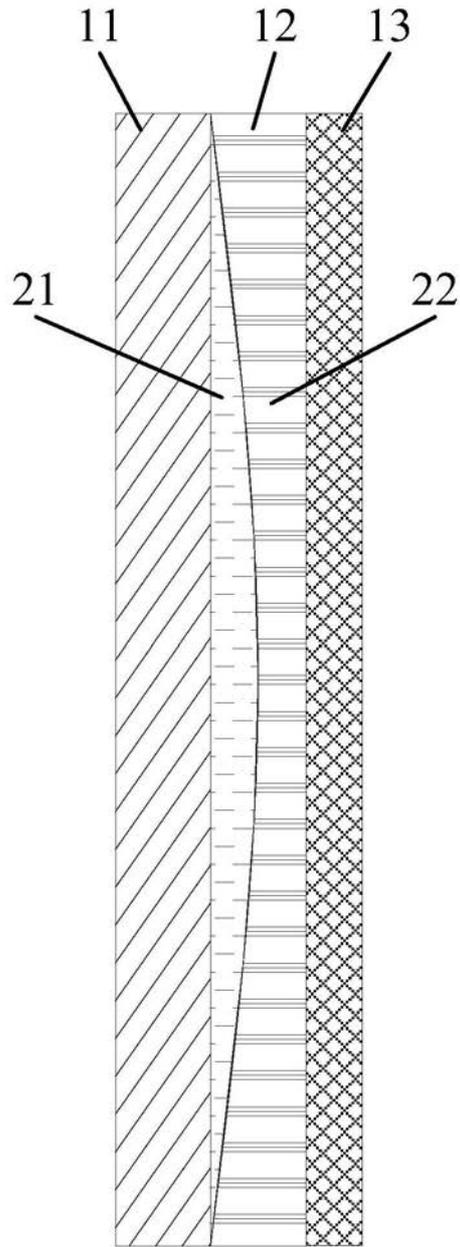


图1

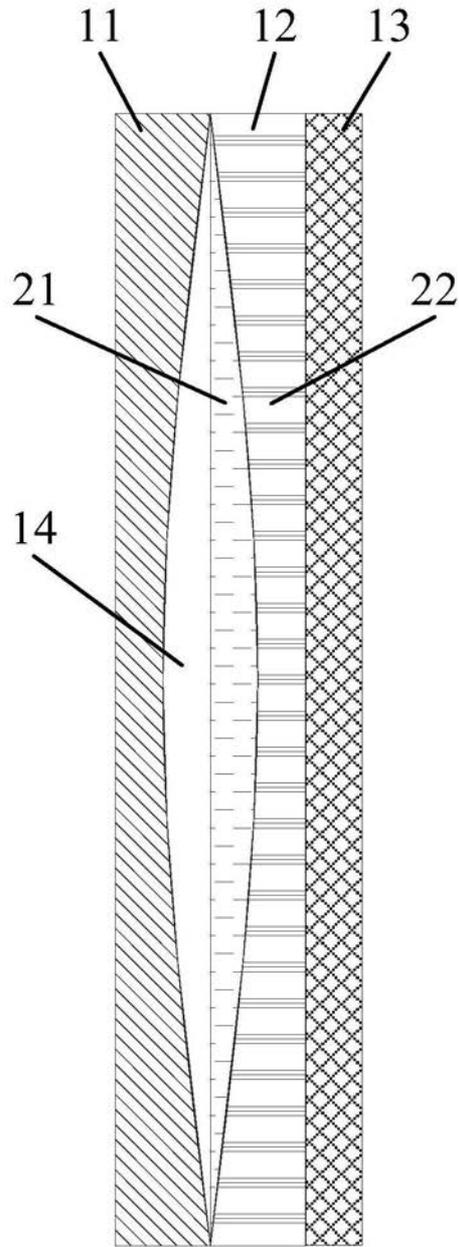


图2

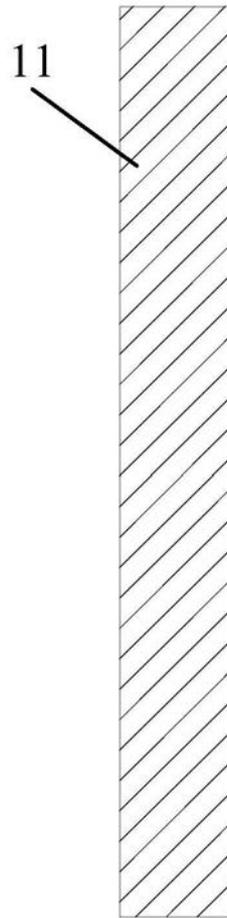


图3

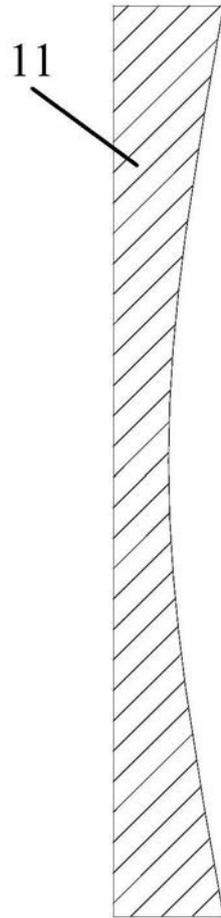


图4

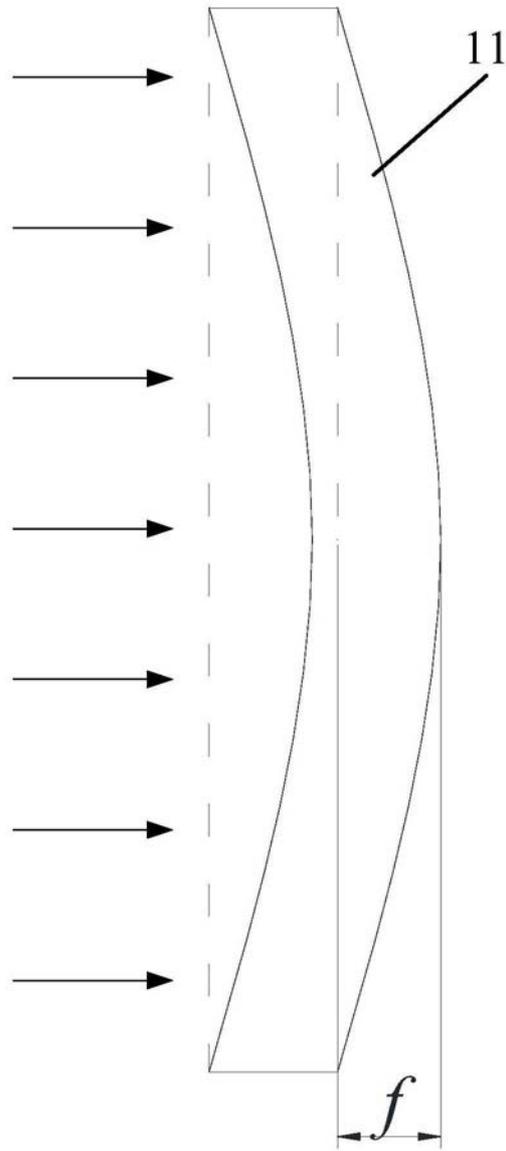


图5

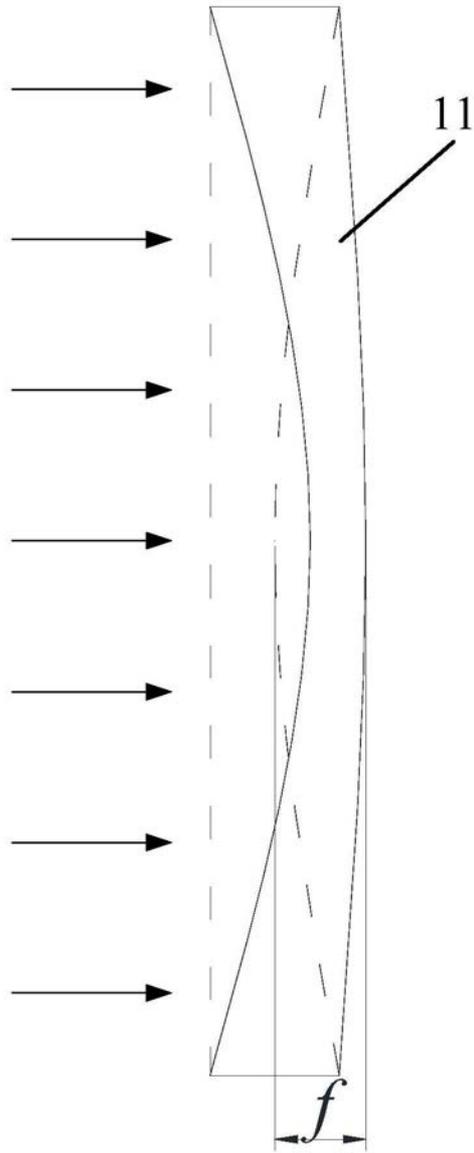


图6

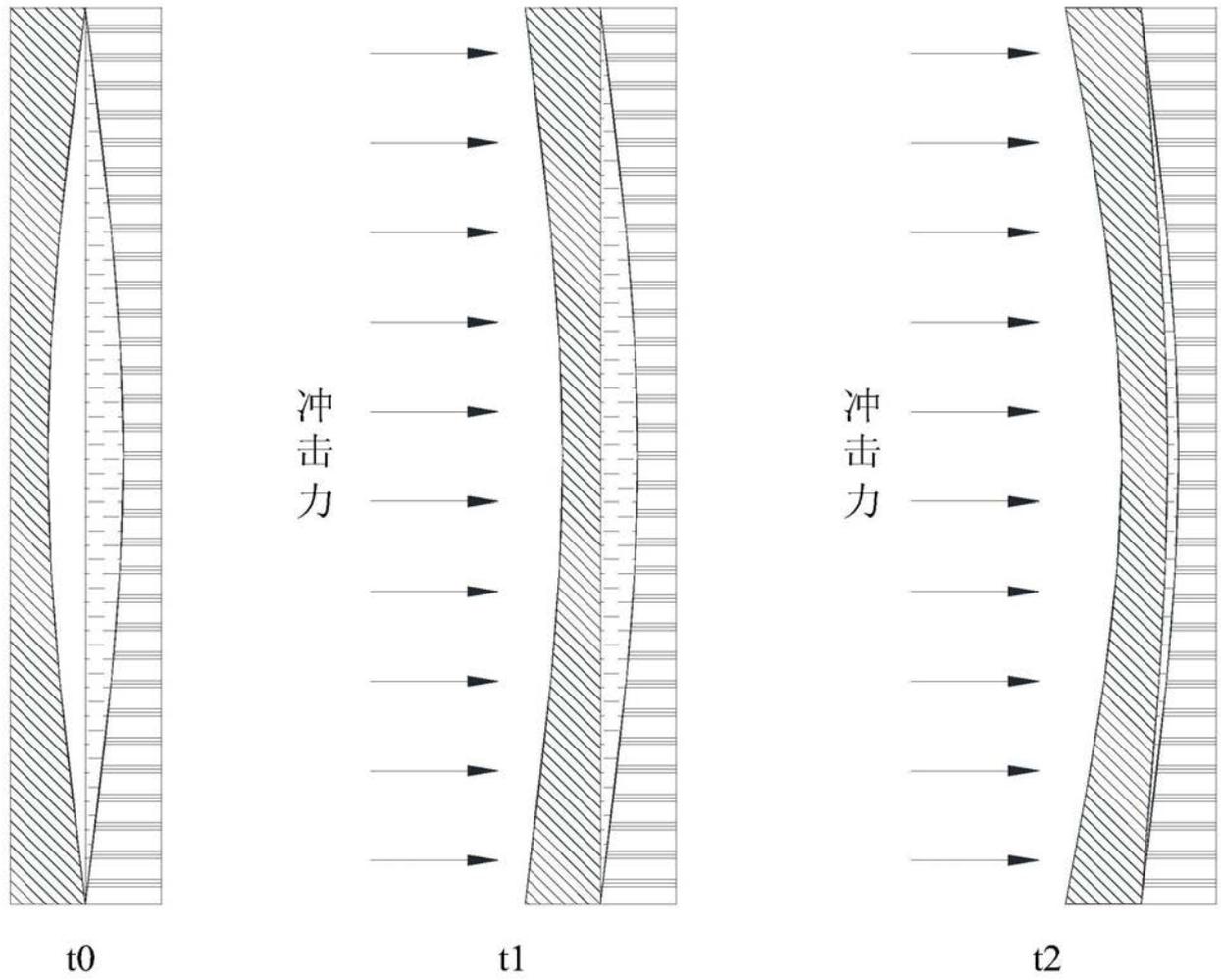


图7

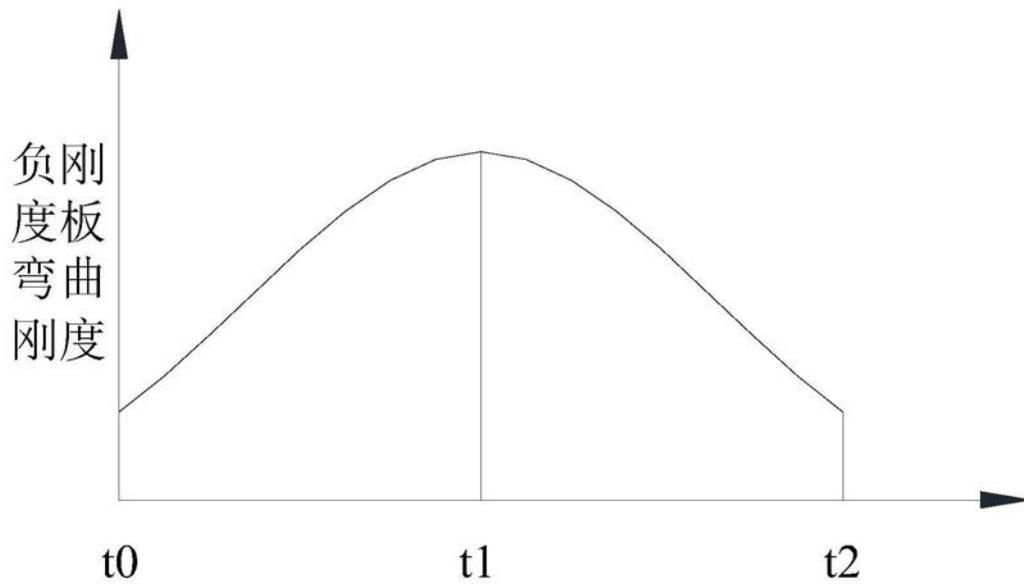


图8

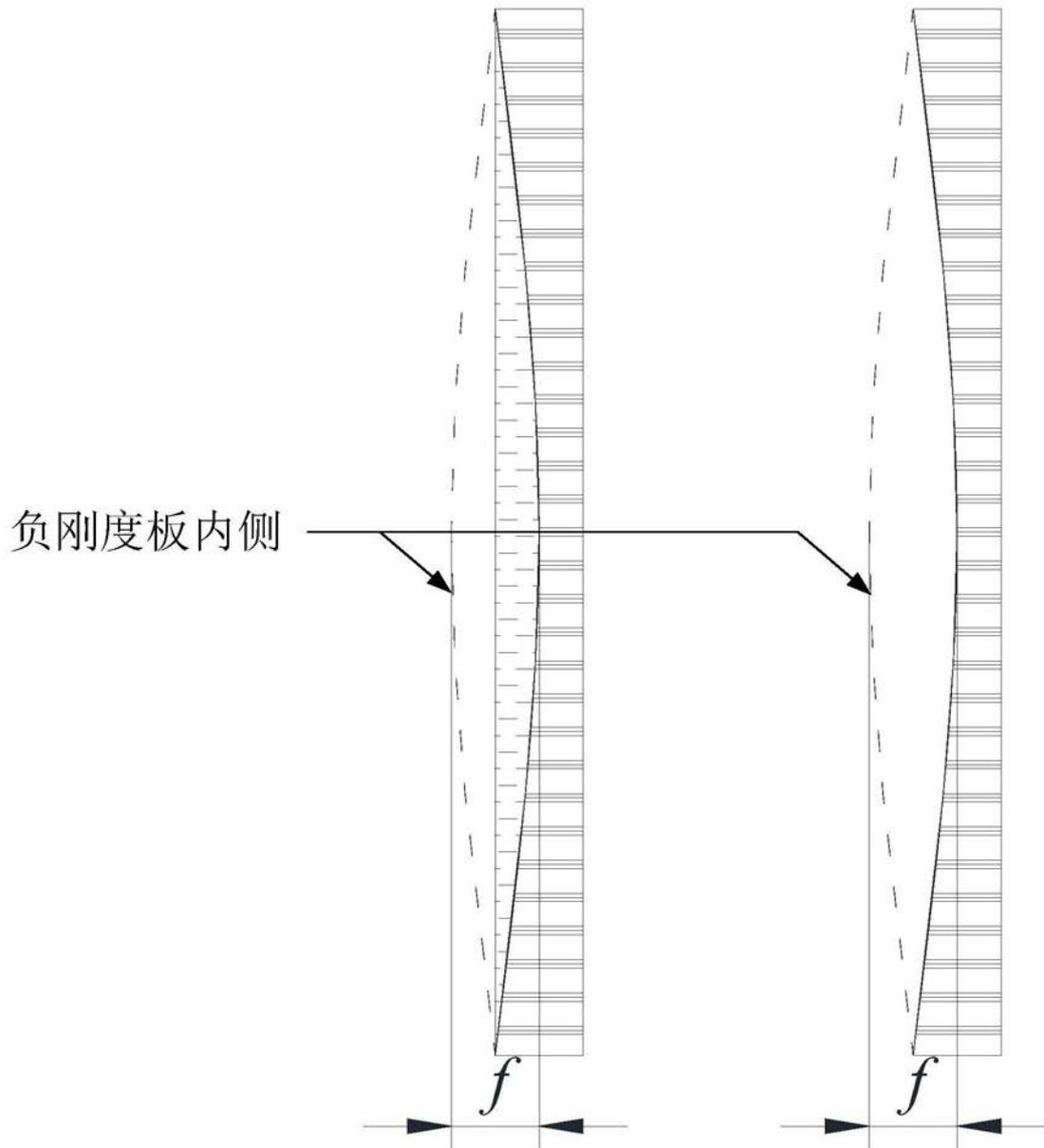


图9

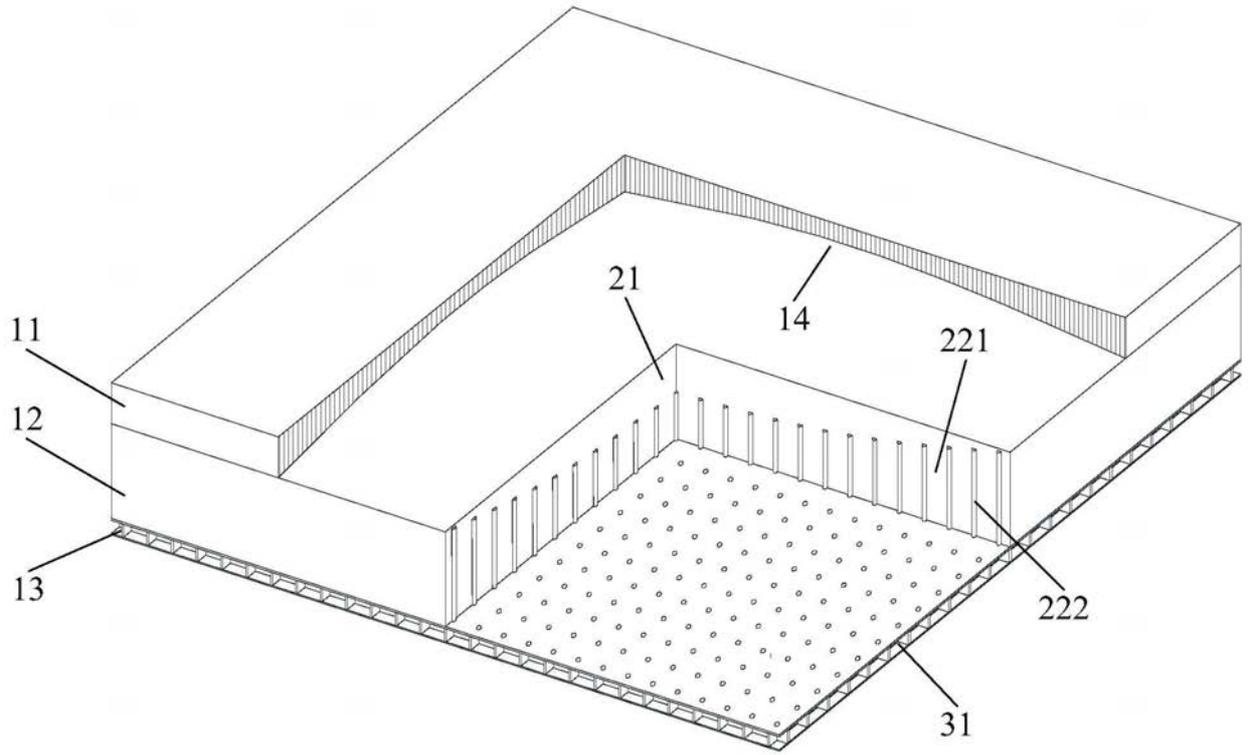


图10