



(21) 申请号 202210133797.7

E04G 21/14 (2006.01)

(22) 申请日 2022.02.14

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114607096 A

CN 102191748 A, 2011.09.21

CN 102261164 A, 2011.11.30

CN 106760215 A, 2017.05.31

(43) 申请公布日 2022.06.10

CN 111945712 A, 2020.11.17

CN 113623467 A, 2021.11.09

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院

US 2009189366 A1, 2009.07.30

地址 518057 广东省深圳市南山区粤海街

道高新技术产业园南区粤兴一道18号

香港理工大学产学研大楼205室

袁健松.《FRP工字型材 钢筋混凝土组合梁  
受弯性能研究与设计理论》.黄河水利出版社,  
2021,第5-14页.

(72) 发明人 滕锦光 余涛 朱佳明

审查员 王祎啸

(74) 专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事

务所(普通合伙) 44268

专利代理师 朱阳波

(51) Int. Cl.

E04C 3/29 (2006.01)

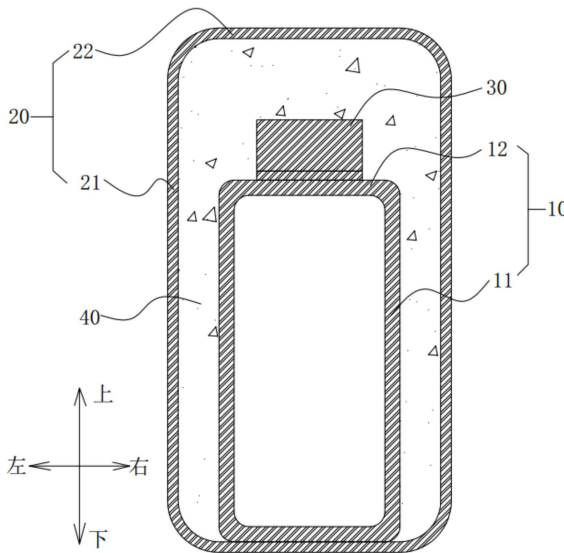
权利要求书2页 说明书9页 附图14页

(54) 发明名称

一种组合梁以及施工方法

(57) 摘要

本发明公开了一种组合梁及其施工方法,该组合梁包括以下部件:复材内管,所述复材内管包括沿所述复材内管延伸方向拉挤设置的纤维;复材外管,所述复材外管包括绕管中轴线缠绕设置的纤维;所述复材外管套置在所述复材内管外,所述复材内管与所述复材外管之间形成填充腔,所述填充腔用于填充混凝土;剪力连接件,所述剪力连接件位于所述填充腔内,并连接在所述复材内管上。所述复材内管可相对于复材外管朝所述组合梁的受拉侧偏心设置。本发明具有良好的耐腐蚀性,且能解决现有技术中的复材型材-混凝土组合梁延性不足,以及由于其中复材型材横向承载力不足而导致的复材型材-混凝土组合梁整体抗剪性能差的问题。



1. 一种组合梁,其特征在于,包括:复材内管,所述复材内管包括沿所述复材内管延伸方向拉挤设置的纤维;

复材外管,所述复材外管包括绕管中轴线缠绕设置的纤维;

所述复材外管套置在所述复材内管外,所述复材内管相对于复材外管朝所述组合梁的受拉侧偏心设置;

所述复材内管与所述复材外管之间形成填充腔,所述填充腔用于填充混凝土;

剪力连接件,所述剪力连接件位于所述填充腔内,并连接在所述复材内管上;

所述复材外管包含接近周向的纤维,接近周向是指纤维方向与外管延伸方向成正负 $60^{\circ}$ 至 $90^{\circ}$ 之间的角度范围,复材外管以及混凝土腹板均具有抗剪承载力,两者和所述复材内管共同分担组合梁所受剪力,从而降低所述复材内管的腹板承受的剪力;所述复材内管沿纵向延伸,并包含沿纵向的纤维且承受拉力,所述复材内管内部为空心;

所述复材外管和所述复材内管的抗拉性能强于其抗压性能,而所述混凝土的抗压性能则强于其抗拉性能,所述复材内管和所述复材外管与混凝土组合而形成组合梁;

所述复材外管和所述复材内管之间设置有结构增强件,所述结构增强件沿所述复材内管的延伸方向设置;

所述结构增强件包括:加强底板,所述加强底板的上表面连接在所述复材内管的底部翼缘板外表面,且下表面连接在所述复材外管的底部翼缘板的内表面;

所述加强底板的左右两侧设置有延伸板,所述延伸板与所述加强底板垂直设置,所述复材内管位于两侧所述延伸板之间;

两侧的所述延伸板被混凝土腹板所包裹并锚固于所述复材内管和所述复材外管的管壁间的混凝土中,所述组合梁结构具有抗弯性能的同时可承载剪力。

2. 根据权利要求1所述的组合梁,其特征在于,所述剪力连接件包括复材波形板,所述复材波形板连接在所述复材内管的顶部翼缘板上;

所述复材波形板为连续剪力件,并沿所述复材内管的中轴线方向呈波浪形延伸设置;或者

所述复材波形板包括多个断开的波浪形剪力件,多个所述波浪形剪力件沿所述内管的中轴线方向连续或间隔设置。

3. 根据权利要求1所述的组合梁,其特征在于,所述复材内管外表面通过树脂粘砂进行糙化处理;或/和

所述复材内管外表面绕管中轴线缠绕纤维条带。

4. 根据权利要求1所述的组合梁,其特征在于,所述加强底板和左右两侧的所述延伸板一体成型并形成槽型部件,所述槽型部件腹板的上表面连接在所述复材内管的底部翼缘板外表面,且下表面连接在所述复材外管的底部翼缘板的内表面,所述复材内管位于所述槽型部件两侧翼缘之间。

5. 根据权利要求1-4任一所述的组合梁,其特征在于,所述结构增强件为碳纤维件,所述混凝土为海水海砂混凝土。

6. 根据权利要求1-4任一所述的组合梁,其特征在于,所述结构增强件为金属件。

7. 一种组合梁的施工方法,其特征在于,用于如权利要求1-6任一所述的组合梁,所述施工方法包括步骤:

采用纤维缠绕工艺进行预制加工获取复材外管,采用复合材料拉挤工艺进行预制加工获取复材内管;

提供预制的剪力连接件,将剪力连接件连接在所述复材内管上;

将复材外管套置在复材内管外,其中,所述复材外管与所述复材内管之间形成填充腔,所述剪力连接件位于填充腔内;

对复材内管的两端进行密封,将自密实混凝土泵入填充腔内。

## 一种组合梁以及施工方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及土木工程领域,特别涉及一种组合梁以及施工方法。

### 背景技术

[0002] 现有的复材型材-混凝土组合梁多包括:由工字型或箱型型材和浇筑于其上的受压混凝土层组合而成的组合梁(图1)、以及复材型材管混凝土梁(图2)。然而现有的组合梁多依赖于拉挤型材腹板来提供抗剪承载力。由于一般的拉挤型材中主要含有纵向纤维,其横向承载力主要由其中的树脂和含随机方向短纤维的薄毡所提供,导致整个拉挤型材的横向承载能力不足,往往不能满足梁的抗剪要求。如图2所示,现有技术中的组合梁在受力过程中经常发生拉挤型材腹板60(左右侧面的板)受剪破坏(屈曲或撕裂)以及拉挤型材腹板60和拉挤型材翼缘板61(上下表面的板)连接处的受剪撕裂,上述破坏模式表现为脆性,应尽量避免发生于实际的土木工程结构中。

[0003] 对于现有的复材型材-混凝土组合梁而言,由于拉挤型材的横向承载力不足,导致组合梁在受力过程中拉挤型材腹板提前屈曲或撕裂,因此拉挤型材的抗拉性能和混凝土的抗压性能在组合梁中得不到有效发挥,组合梁整体的抗剪性能差,且延性不足。

[0004] 因此,现有的技术还有待于改进和发展。

### 发明内容

[0005] 鉴于上述现有技术的不足,本发明的目的在于提供一种组合梁以及施工方法,解决现有技术中的复材型材-混凝土组合梁延性不足,以及由于复材型材横向承载力不足导致整个组合梁的抗剪性能差的问题。

[0006] 本发明的技术方案如下:

[0007] 一种组合梁,包括:复材内管,所述复材内管包括沿所述复材内管延伸方向拉挤设置的纤维;

[0008] 复材外管,所述复材外管包括沿所述复材外管接近周向缠绕设置的纤维;

[0009] 所述复材外管套置在所述复材内管外,所述复材内管与所述复材外管之间形成填充腔,所述填充腔用于填充混凝土;

[0010] 剪力连接件,所述剪力连接件位于所述填充腔内,并连接在所述复材内管上。

[0011] 通过上述方案,复材内管位于所述组合梁下部沿中轴线方向延伸(纵向延伸)主要承受拉力(为方便描述,本专利以梁的受拉区为下部,受压区为上部),当混凝土填充到填充腔内后,在复材内管的上方形成混凝土翼缘板,这样混凝土翼缘板位于所述组合梁上部,主要承受轴向压力,这样的布置方式有利于梁的抗弯刚度和承载力。而在复材内管上套置复材外管而形成的填充腔用于填充混凝土,无需提供临时浇筑模具,使施工更加便捷。同时复材外管为组合梁受压区混凝土提供约束,限制混凝土过早破坏,可提高混凝土破坏时的极限压应变和强度,从而增强组合梁的延性,更好地发挥混凝土的受压性能。采用复材外管以及在复材外管腹板和复材内管腹板之间填充的混凝土能够提高组合梁的抗剪承载力,分担

复材内管腹板所承受的剪力,抑制复材内管腹板过早的受剪破坏,进而充分发挥复材型材的抗拉性能。同时采用剪力连接件传递界面剪力,固定于复材内管上的剪力连接件为混凝土提供更多的附着和锚固的区域,使混凝土和复材内管连接更稳固,从而能提高混凝土和复材内管的组合作用。由拉挤工艺制作的复材内管,其主要包含沿梁纵向(轴向)的纤维,这样的复材拉挤内管具有轴向抗拉能力强的优点。由缠绕工艺制作的复材外管,主要包含接近管横向(外壁周向)的纤维。这样的复材缠绕外管具有抗剪性能强、对内部混凝土约束效果好的优点。两者结合,进一步增强了组合梁的抗弯性能和抗剪性能。复材具有轻质高强、耐腐蚀、可设计性强等优点,已被广泛地应用于土木工程结构中。复材的抗拉性能明显强于其抗压性能,与之相反,传统混凝土材料的抗压性能则显著强于其抗拉性能。因此,复材拉挤内管和复材缠绕外管与混凝土组合而形成的受弯构件能更好地发挥这两种材料的性能。

[0012] 进一步,所述复材内管相对于复材外管朝所述组合梁的受拉侧偏心设置。

[0013] 通过上述方案,将复材内管与所述复材外管进行错位的非同轴设置,可使复材内管和复材外管所形成的填充腔一侧空间大,另一侧空间小,可使受压性能较好的混凝土大部分位于所述组合梁的中性轴的上方,受拉性能较好的复材拉挤内管位于所述组合梁的中性轴的下方,从而进一步增强所述组合梁的抗弯刚度,更好地发挥这两种材料的性能。

[0014] 进一步,所述剪力连接件包括复材波形板,所述复材波形板连接在所述复材内管的顶部翼缘板的外表面上;

[0015] 所述复材波形板为连续剪力件,并沿所述复材内管的中轴线方向呈波浪形延伸设置;或者

[0016] 所述复材波形板包括多个断开的波浪形剪力件,多个所述波浪形剪力件沿所述内管的中轴线方向连续或间隔设置。

[0017] 通过上述方案,采用复材波形板,复材波形板与复材内管相连接并被混凝土翼缘板包裹,当所述组合梁受弯时,复材波形板能传递界面剪力,能提高混凝土与复材内管之间的组合作用。复材波形板在纵向呈波浪状,波浪状的波形板一部分与内管表面进行固定连接,一部分与内管表面形成间隙,使混凝土能容置在间隙中,从而为混凝土提供更多的附着和锚固区域,使混凝土和复材内管连接更稳固,从而能提高混凝土和复材内管的组合作用以及组合梁的承载能力。采用连续剪力件,可使复材波形板整体性更强;而采用非连续断开的波浪形剪力件,可设计性更强,通过采用多个波浪形剪力件在复材内管上可进行多种排列组合,可根据不同的结构形状适应性布置,从而适用范围大。

[0018] 进一步,所述剪力连接件包括多个复材剪力钉,所述复材剪力钉固定设置在所述复材内管的顶部翼缘板上,或/和所述复材剪力钉固定设置在所述复材内管两侧腹板上;

[0019] 所述复材剪力钉的一端位于所述填充腔的混凝土中,另一端延伸至所述复材内管内部。通过上述方案,通过设置复材剪力钉,当所述组合梁受弯时,复材剪力钉能传递界面剪力,能提高混凝土与复材内管之间的组合作用。多个复材剪力钉在纵向排列分布,使填充腔内的混凝土与复材内管之间连接牢固,不易滑移,提高了组合梁的抗弯刚度和承载力。

[0020] 进一步,在所述剪力连接件的基础上,可同时或单独在所述复材内管外表面用树脂粘砂,以增加所述复材内管和所述填充腔混凝土之间的粘结力和摩擦力。

[0021] 进一步,在所述剪力连接件和树脂粘砂的基础上,可同时或单独在所述复材内管外表面缠绕纤维条带;所述纤维条带既增强了所述复材内管的抗剪性能,又增加了所述复

材内管和所述填充腔混凝土的连接作用。

[0022] 进一步,所述复材外管和所述复材内管之间设置结构增强件,所述结构增强件沿所述复材内管的延伸方向设置。

[0023] 通过上述方案,复材内管和复材外管之间设置结构增强件,以增强所述组合梁整体的抗弯刚度和抗弯、抗剪承载力。

[0024] 进一步,所述结构增强件包括:加强底板,所述加强底板的上表面连接在所述复材内管的底部翼缘板外表面,且下表面连接在所述复材外管的底部翼缘板的内表面。

[0025] 通过上述方案,加强底板固定于复材内管的底部翼缘板外表面和所述复材外管的底部翼缘板的内表面,由于加强底板位于组合梁的底部远离中性轴,能够增大组合梁的整体惯性矩,从而能够增强所述组合梁的抗弯刚度,限制所述组合梁的挠度,并且加强底板能增大组合梁受拉区域的受力面积,能有效增强组合梁的承载力。

[0026] 进一步,所述加强底板的左右两侧设置有延伸板,所述延伸板与所述加强底板垂直设置,所述复材内管位于两侧所述延伸板之间。

[0027] 进一步,所述加强底板和左右两侧的所述延伸板一体成型并形成槽型部件,所述槽型部件腹板的上表面连接在所述复材内管的底部翼缘板外表面,且下表面连接在所述复材外管的底部翼缘板的内表面,所述复材内管位于所述槽型部件两侧翼缘之间。

[0028] 通过上述方案,加强底板或槽型部件腹板能增强所述组合梁的抗弯刚度和承载力,两侧的延伸板或槽型部件翼缘板锚固于两管管壁间的混凝土中,除能增强所述组合梁的抗弯性能外,其延伸板或槽型部件翼缘板置于外管的腹板和内管腹板之间可承载剪力,从而能有效增强所述组合梁的抗剪性能。

[0029] 进一步,所述结构增强件为碳纤维件。除普通混凝土外,所述混凝土可采用海水海砂混凝土。

[0030] 进一步,所述结构增强件为金属件,所述混凝土宜采用普通混凝土。

[0031] 通过上述方案,采用金属制作的结构增强件可填充普通混凝土。而采用碳纤维制作结构增强件时,所述组合梁还可以采用海水海砂混凝土;所述组合梁具有优越的耐腐蚀性能,在近海、沿海和海洋工程结构等对结构防腐蚀要求严格的应用中,具有很强的适用性。碳纤维材质同样能保证结构强度及承载性能,特别适用于海洋工程建设。

[0032] 基于同样的构思,本发明还公开一种组合梁的施工方法,包括步骤:

[0033] 采用纤维缠绕工艺进行预制加工获取外管,采用复合材料拉挤工艺进行预制加工获取内管;

[0034] 提供预制的剪力连接件,将剪力连接件连接在所述复材内管上;

[0035] 将复材外管套置在复材内管外,其中,所述复材外管与所述复材内管之间形成填充腔,所述剪力连接件位于填充腔内;

[0036] 对复材内管的两端进行密封,将自密实混凝土泵入填充腔内。

[0037] 采用上述方案,能使用简单的工艺方式制作出本组合梁结构,提高生产效率,节约了资源以及成本。

[0038] 有益效果:与现有技术相比,本发明提出的一种组合梁以及施工方法。通过复材内管位于所述组合梁下部沿中轴线方向延伸(纵向延伸)主要承受拉力,当混凝土填充到填充腔内后,在复材内管的上方形成混凝土翼缘板,这样混凝土翼缘板位于所述组合梁上部,主

要承受轴向压力,有利于组合梁的抗弯刚度和承载力。复材外管为组合梁受压区混凝土提供约束,可提高混凝土破坏时的极限压应变从而增强组合梁的延性。复材外管以及复材外管腹板和复材内管腹板之间填充的混凝土能够提高组合梁的抗剪承载力,分担内管腹板所承受的剪力,能抑制内管腹板过早的受剪破坏,进而充分发挥复材型材优越的抗拉性能。同时采用剪力连接件传递界面剪力,固定于复材内管上的剪力连接件为混凝土提供更多的附着和锚固的区域,使混凝土和复材内管连接更稳固,从而能提高混凝土和复材内管之间的组合作用;由拉挤工艺制作的复材内管,其主要包含沿梁纵向(轴向)的纤维,这样复材拉挤内管具有轴向抗拉能力强的优点。由缠绕工艺制作的复材外管,主要包含接近管横向(外壁周向)的纤维。这样复材缠绕外管具有横向抗剪能力强的优点。两者结合,进一步增强了组合梁的抗弯能力和抗剪能力。复材具有轻质高强、耐腐蚀、可设计性强等优点,已被广泛地应用于土木工程结构中。复材的抗拉性能明显强于其抗压性能,与之相反,混凝土材料的抗压性能则显著强于其抗拉性能。因此,复材拉挤内管和复材缠绕外管与混凝土组合而形成受弯构件能更好地发挥这两种材料的性能,从而也提高了组合梁的混凝土和复材这两种材料的利用率。

### 附图说明

- [0039] 图1为现有技术中一种组合梁的剖视图。
- [0040] 图2为现有技术中另一种组合梁的剖视图。
- [0041] 图3为本发明一种组合梁的实施例一的剖视图。
- [0042] 图4为本发明一种组合梁的实施例一的结构示意图。
- [0043] 图5为本发明一种组合梁的实施例一中内管和剪力连接件的结构示意图。
- [0044] 图6为本发明一种组合梁的实施例二的剖视图。
- [0045] 图7为本发明一种组合梁的实施例二中内管和剪力连接件的结构示意图。
- [0046] 图8为本发明一种组合梁的实施例三的剖视图。
- [0047] 图9为本发明一种组合梁的实施例三的结构示意图。
- [0048] 图10为本发明一种组合梁的实施例四的剖视图。
- [0049] 图11为本发明一种组合梁的实施例四的另一形式的剖视图。
- [0050] 图12为本发明一种组合梁的实施例四中内管、剪力连接件和结构增强件的结构示意图。
- [0051] 图13为本发明一种组合梁的实施例四的结构示意图。
- [0052] 图14为本发明一种组合梁的施工方法的步骤流程图。
- [0053] 图中各标号:10、复材内管;11、内管腹板;12、内管翼缘板;20、复材外管;21、外管腹板;22、外管翼缘板;23、填充腔;30、剪力连接件;31、复材波形板;32、复材剪力钉;40、混凝土;41、混凝土腹板;42、混凝土翼缘板;50、结构增强件;51、加强底板;52、延伸板;60、拉挤型材腹板;61、拉挤型材翼缘板。

### 具体实施方式

[0054] 本发明提供了一种组合梁以及施工方法,为使本发明的目的、技术方案及效果更加清楚、明确,以下参照附图并举实例对本发明进一步详细说明。应当理解,此处所描述的

具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0055] 本发明提出一种组合梁,其技术方案的基本内容和实施方式如图3、图4所示,其中包括:复材内管10,复材外管20,以及剪力连接件30。所述复材外管20套置在所述复材内管10外,所述复材内管10与所述复材外管20之间形成填充腔23,所述填充腔23内填充混凝土40。为方便结构描述,复材内管10和复材外管20均沿中轴线方向延伸设置,延伸方向也为纵向。图3、图4中的复材内管10和复材外管20均设置为矩形管,矩形管可以为正方形或长方形,中轴线相垂直的面为截面。截面的竖直方向为上下方向,也称为截面竖向;截面内与上下方向相垂直的方向为左右方向也称为截面横向。如图4所示,以复材内管10或复材外管20的上下两侧的板体作为翼缘板,分别为复材内管翼缘板12、复材外管翼缘板22。而左右两侧的板体作为腹板,分别为复材内管腹板11、复材外管腹板21。复材外管20的截面横向宽度大于复材内管10的截面横向宽度,复材外管20的截面竖向高度大于复材内管10的截面竖向高度,两管共同作为浇筑两管壁间混凝土的模具,从而使混凝土40能在填充腔23内成型,如图6所示,成型后的混凝土40的上部分作为混凝土翼缘板42,而左右两侧部分作为混凝土腹板41。复材内管10内部为空心,空心结构在保证组合梁结构的承载能力的同时,能减轻结构重量。所述剪力连接件30位于所述填充腔23内,并连接在所述复材内管10上。

[0056] 通过上述方案,复材内管10位于所述组合梁的下部沿中轴线方向延伸(纵向延伸)主要承受拉力,如图4、图6所示,当混凝土40填充到填充腔23内后,在复材内管10的上方形形成混凝土翼缘板42,以及在复材内管10的左右两侧形成混凝土腹板41;这样混凝土翼缘板42主要承受轴向压力,有利于提高组合梁的抗弯刚度和强度。复材外管20为组合梁受压区混凝土翼缘板42提供约束,可提高混凝土翼缘板42破坏时的极限压应变从而增强组合梁的延性。复材外管20以及混凝土腹板41能够提高组合梁的抗剪承载力,分担内管腹板11承受的剪力,并能抑制内管腹板过早的受剪破坏,进而充分发挥复合材料优越的抗拉性能。同时采用剪力连接件30传递界面剪力,固定于复材内管10上的剪力连接件为混凝土提供更多的附着和锚固的区域,使混凝土和复材内管10连接更稳固,从而能提高混凝土40和复材内管10的组合作用。

[0057] 由于复材型材具有轻质高强、耐腐蚀、可设计性强等优点,已被日益广泛地应用于土木工程结构中。复材型材可与混凝土组合而形成受弯构件以更好地发挥这两种材料的性能。在复材型材和混凝土形成的组合梁中,混凝土翼缘板主要承受压应力,复材型材主要承受拉应力,界面间常通过树脂粘接和螺栓锚固或两者相结合等方式传递剪力。

[0058] 因此本方案的具体结构中,复材内管10和复材外管20都是纤维增强复合材料:所述复材内管10主要包含沿所述复材内管10延伸方向设置的纤维。所述复材外管20主要包含绕管中轴线缠绕设置的纤维,其中纤维的缠绕方向为沿所述复材外管20接近周向的方向。接近周向是指纤维方向与外管延伸方向成正负 $60^{\circ}$ 至 $90^{\circ}$ 之间的角度范围。通过上述方案,由拉挤工艺制作的复材内管10,其主要包含沿纵向(轴向)的纤维,这样复材内管10具有轴向抗拉能力强的优点。由缠绕工艺制作的复材外管20,主要包含接近外壁周向的纤维。这样复材外管20具有抗剪性能强的优点。两者结合,进一步增强了组合梁的抗弯性能和抗剪性能。而且复材内管10和复材外管20具有轻质高强、耐腐蚀、可设计性强等优点,复材的抗拉性能明显强于其抗压性能,与之相反,混凝土材料的抗压性能则显著强于其抗拉性能。因此,复材内管10和复材外管20与混凝土40组合而形成受弯构件能更好地发挥这两种材料的

性能。从而也提高了组合梁的混凝土和复材的利用率。

[0059] 如图3、图4所示,本方案中的所述复材内管10的内腔中轴线与所述复材外管20的内腔中轴线错位设置。即所述复材内管10相对于复材外管20朝所述组合梁的受拉侧偏心设置。具体结构中,复材内管10位于复材外管20中部偏下,即复材内管10和复材外管20在左右方向为对称设置,这样使填充腔23内的左右两侧的空间是均匀的,如图6所示,填充混凝土40后,左右两侧空间中所形成的混凝土腹板41的厚度一致;复材内管10的中轴线位于复材外管20中轴线的正下方,从而使复材内管10的上翼缘板与复材外管20的上翼缘板之间的空间变大,填充混凝土40后形成较厚的混凝土翼缘板42。这样,将复材内管10与所述复材外管20进行错位的非同轴设置,可使复材内管10和复材外管20所形成的填充腔一侧空间大,另一侧空间小,可使受压性能较好的混凝土翼缘板位于所述组合梁的中性轴的上方,受拉性能较好的复材内管位于所述组合梁的中性轴的下方,增大组合梁的整体惯性矩,从而进一步增强所述组合梁的抗弯刚度,更好地发挥混凝土和复材这两种材料的性能。

[0060] 根据剪力连接件30和结构增强件50的不同,本发明在上述技术方案的基本内容和实施方式的基础上,具体包括以下多个优化后的实施例。具体如下:

#### [0061] 实施例一

[0062] 如图4、图5所示,本实施例中的所述剪力连接件30包括复材波形板31,所述复材波形板31连接在所述复材内管10的顶部翼缘板外表面上,必要时也可同时连接在所述复材内管10两侧腹板的外表面上。具体为复材波形板31底面与复材内管10顶部翼缘板12或腹板11外表面用树脂粘接,复材内管10底部翼缘板外表面与复材外管20底部翼缘板内表面用树脂粘接。从而实现复材内管10与复材波形板31连接,复材内管10与复材外管20连接。易于想到,另外的方案中,复材内管10底部翼缘板外表面与复材外管20底部翼缘板内表面之间也可间隔设置,其间隔缝隙内填充混凝土,同样也可实现复材内管10与复材外管20连接。

[0063] 复材波形板31主要包含纵向设置的纤维,而纵向设置的纤维复材波形板31传递界面剪力。所述复材波形板有两种形式,其中一种为:所述复材波形板为连续剪力件并沿所述复材内管的中轴线方向呈波浪形延伸设置。而采用连续剪力件,使复材波形板31整体性更强。另一种所述复材波形板包括多个断开的波浪形剪力件,多个所述波浪形剪力件沿所述复材内管的中轴线方向连续或间隔设置,而采用断开的波浪形剪力件可设计性更强,通过多个波浪形剪力件可进行多种排列组合,根据不同的结构形状可适应性布置,从而适用范围更大。采用复材波形板31,波形板与复材内管10相连接并被混凝土翼缘板42包裹,波浪状的波形板一部分与复材内管表面进行固定连接,一部分与复材内管表面形成间隙,使混凝土能容置在间隙中,从而对混凝土提供更多的附着和锚固区域,使混凝土和内连接更稳固,当组合梁受弯时,复材波形板31能传递界面剪力,能提高混凝土40与复材内管10组合作用。

#### [0064] 实施例二

[0065] 如图6、图7所示,本实施例在实施例一的基础上,改变所述剪力连接件30的结构。本实施例的剪力连接件30包括多个复材剪力钉32,所述复材剪力钉32固定设置在所述复材内管10的顶部翼缘板12或/和所述复材剪力钉32固定于复材内管10的两侧腹板11上。具体的所述复材剪力钉32可以通过树脂粘接固定在复材内管10上,所述复材剪力钉32的一端位于填充腔23的混凝土中,另一端镶嵌于所述复材内管10的顶部翼缘板或两侧腹板11并延伸至所述复材内管内部。另外复材剪力钉32还可以直接通过过盈配合卡紧在复材内管上。多

个所述复材剪力钉32沿所述复材内管10的中轴线排列分布,这样在复材内管的纵向上均分布有复材剪力钉32。通过设置复材剪力钉32,当组合梁受弯时,复材剪力钉32能传递界面剪力,从而提高混凝土40与复材内管10的组合作用。多个复材剪力钉32在纵向排列分布,使填充腔内的混凝土40与复材内管10连接牢固,不易滑移,提高了组合梁的承载能力。必要时可在靠近复材内管内部紧贴顶部翼缘浇筑一层混凝土,使复材剪力钉锚固其中,从而增强复材内管和混凝土的组合作用。

[0066] 剪力连接件30不限于本实施例中复材波形板和复材剪力钉的方式,还可以通过其它方式实现,例如:

[0067] 在复材内管表面用树脂粘砂进行糙化处理,以增加所述复材内管和所述填充腔混凝土之间的粘结力和摩擦力。该方式可单独使用也可以与上述剪力连接件30的结构同时使用。

[0068] 所述复材内管外表面绕管中轴线缠绕纤维条带,用纤维条带缠绕复材内管,既增强了所述复材内管的抗剪性能,又增加了所述复材内管和所述填充腔混凝土的连接作用。

[0069] 如图8所示,另外,在实施例一和实施例二的基础上,所述复材外管20和所述复材内管10之间连接有结构增强件50,所述结构增强件50沿所述复材内管10的延伸方向设置。通过在复材内管10和复材外管20之间设置结构增强件50,能增强组合梁整体的抗弯刚度和承载力。

[0070] 根据结构增强件50的不同,在上述实施例的基础上还包括以下多个优化后的实施例。具体如下:

[0071] 实施例三

[0072] 如图8、图9所示,本实施例的具体结构中,所述结构增强件50包括加强底板51,所述加强底板51沿纵向延伸设置。所述加强底板51的上表面通过树脂粘接在所述复材内管10的底部翼缘板外表面,且下表面通过树脂粘接在所述复材外管20的底部翼缘板的内表面。通过该方案,加强底板51能够增强所述组合梁的抗弯刚度和承载力。

[0073] 所述加强底板51为金属件或碳纤维件。金属件作为加强底板51能够增强所述组合梁的抗弯刚度、承载力和延性。碳纤维件作为加强底板51能够增强所述组合梁的抗弯刚度和承载力。对于不同的使用场景,可以适应性选择。

[0074] 实施例四

[0075] 如图10、图12所示,本实施例的具体结构中,所述加强底板51的左右两侧设置有延伸板52,所述延伸板52与所述加强底板51垂直设置,所述复材内管10位于两侧所述延伸板52之间。如图13所示,具体为,加强底板51的左右两侧分别向上弯折,从而弯折形成所述延伸板52。延伸板52向上延伸设置从而形成槽型结构增强件50。如图10、图11所示,槽型结构增强件50的两侧的延伸板52能锚固于复材外管20和复材内管10两管壁间的混凝土40中,延伸板52的顶端高度可根据实际需求调节,亦可向上延伸突出复材内管上表面,从而伸入混凝土翼缘板42中。另外延伸板52还可以通过焊接形式焊接到加强底板51的两侧。

[0076] 本实施例中所述加强底板可与左右两侧的所述延伸板一体成型并形成槽型部件,这样的槽型部件可直接采用预制成型的方式作为结构增强件50。所述槽型部件的腹板的上表面连接在所述复材内管10的底部翼缘板外表面,且槽型部件的腹板的下表面连接在所述复材外管20的底部翼缘板的内表面,所述复材内管位于所述槽型部件两侧翼缘之间。

[0077] 通过该结构,加强底板51或槽型部件的腹板可增强所述组合梁的抗弯刚度和强度,两侧的延伸板52或槽型部件的翼缘板被混凝土腹板41所包裹并锚固于内、外管管壁间的混凝土40中,除能增强所述组合梁结构的抗弯性能外,其延伸板52或槽型部件的翼缘板置于复材外管20腹板和复材内管10腹板之间可承载剪力,从而能有效增强所述组合梁的抗剪性能。

[0078] 另外,基于实施例三和实施例四的结构基础上,所述结构增强件50为金属件或碳纤维件。采用金属制作的所述结构增强件50宜填充普通混凝土40(非海水海砂混凝土)。而采用碳纤维制作结构增强件50时,所述组合梁还可以采用海水海砂混凝土40。所述组合梁具有优越的耐腐蚀性能,在近海、沿海和海洋工程结构等对结构防腐蚀要求严格的应用中,具有很强的适用性。碳纤维材质同样能保证结构强度及承载性能,特别适用于海洋工程建设。

[0079] 施工方法实施例

[0080] 如图14所示,基于同样的构思,本发明还公开一种组合梁的施工方法,包括步骤:

[0081] 步骤S100、采用纤维缠绕工艺进行预制加工获取复材外管,采用复合材料拉挤工艺进行预制加工获取复材内管。

[0082] 具体过程中,复材外管可利用纤维缠绕工艺进行预制加工,即将纤维沿接近周向进行缠绕而形成所述复材外管,这样形成的复材缠绕外管具有较强的抗剪和约束能力。复材内管可利用复合材料拉挤工艺进行预制加工,得到复材拉挤内管,复材拉挤内管具有较强的轴向抗拉能力。

[0083] 步骤S200、提供预制的剪力连接件,将剪力连接件连接在所述复材内管上。具体可将剪力连接件连接在所述复材内管的顶部翼缘板上,必要时可同时将剪力连接件设置在所述复材内管两侧腹板上。

[0084] 具体为,如采用复材波形板作为剪力连接件,可利用复合材料压模、真空灌浆或手糊法等工艺预制加工复材波形板。然后将复材波形板底面用树脂粘接于复材内管顶部翼缘板的外表面。

[0085] 如采用其他形式的剪力连接件,例如复材剪力钉也可在工厂预制加工。然后将剪力连接件安装固定于复材内管上。

[0086] 另外的结构中,如果在复材外管与复材内管之间设置有结构增强件,还包括步骤S210。

[0087] 步骤S210、将结构增强件连接在复材内管上。

[0088] 具体为:如果结构增强件为加强底板,通过树脂将加强底板的上表面粘接于所述复材内管底部翼缘板的外表面。

[0089] 如果结构增强件为槽型结构增强件,通过树脂将槽型结构增强件的加强底板(腹板)内表面粘接于所述复材内管底部翼缘的外表面。

[0090] 步骤S300、将复材外管套置在复材内管外,其中,所述复材外管与所述复材内管之间形成填充腔,所述剪力连接件位于填充腔内。

[0091] 具体过程中:如果采用复材波形板作为剪力连接件,先把粘有复材波形板的复材内管置于复材外管内,然后将复材外管底部翼缘板的内表面与复材内管底部翼缘板的外表面粘接固定。

[0092] 如果采用复材剪力钉作为剪力连接件,先把装有复材剪力钉的复材内管置于复材

外管内,然后将复材外管底部翼缘板的内表面与复材内管底部翼缘板的外表面粘接固定。

[0093] 另外,如果设置有结构增强件,设置方式具体为:

[0094] 如果结构增强件为加强底板,将加强底板下表面粘接于所述复材外管底部翼缘的内表面。

[0095] 如果结构增强件为槽型部件,通过树脂将槽型部件的加强底板(腹板)下表面粘接于所述外管底部翼缘板的上表面(内表面);槽型部件的翼缘板锚固于两复材管管壁间的混凝土中,亦可向上延伸突出复材内管上表面,从而伸入混凝土翼缘板中。

[0096] 步骤S400、对复材内管的两端进行密封,将自密实混凝土泵入填充腔内。

[0097] 该过程为混凝土浇筑过程,具体为:对复材内管的两端进行密封处理,防止浇筑过程中混凝土流入到复材内管的中空内腔中。通过复材外管纵向两端空间,将自密实混凝土泵送入组合梁构件中。另外,也可在复材外管的受压翼缘板上开洞,并将自密实混凝土从该洞泵送入组合梁构件中。待混凝土硬化后,可对开洞处采用包纤维布的方式加强。

[0098] 采用上述组合梁结构的施工方法,能使用简单的工艺方式制作出本组合梁结构,提高生产效率,节约了资源以及成本。

[0099] 综上所述,本发明提出了一种组合梁以及施工方法。复材内管位于所述组合梁下部沿中轴线方向延伸(纵向延伸)主要承受拉力,当混凝土填充到填充腔内后,在复材内管的上方形成混凝土翼缘板,这样混凝土翼缘板位于所述组合梁上部,主要承受轴向压力,有利于组合梁的抗弯刚度和强度。而在复材内管上套置复材外管而形成的填充腔用于混凝土成型,复材外管为组合梁受压区混凝土提供约束,可提高混凝土破坏时的极限压应变从而增强组合梁的延性。复材外管以及外管腹板和内管腹板之间填充的混凝土能够提高组合梁的抗剪承载力,分担内管腹板所承受的剪切力,并能抑制内管腹板过早的受剪破坏,进而充分发挥复合材料优越的抗拉性能。同时采用剪力连接件传递界面剪力,固定于复材内管上的剪力连接件为混凝土提供更多的附着和锚固区域,使混凝土和复材内管连接更稳固,从而能提高混凝土和复材内管之间的组合作用。所述组合梁不仅具有较强的抗弯承载力,而且抑制了复材型材管过早的受剪破坏,使型材腹板不易屈曲或撕裂,提高了整个组合梁的承载力,能满足工程梁的抗剪要求,提高了混凝土和复材这两种材料的利用率,扩大了组合梁的适用范围。

[0100] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

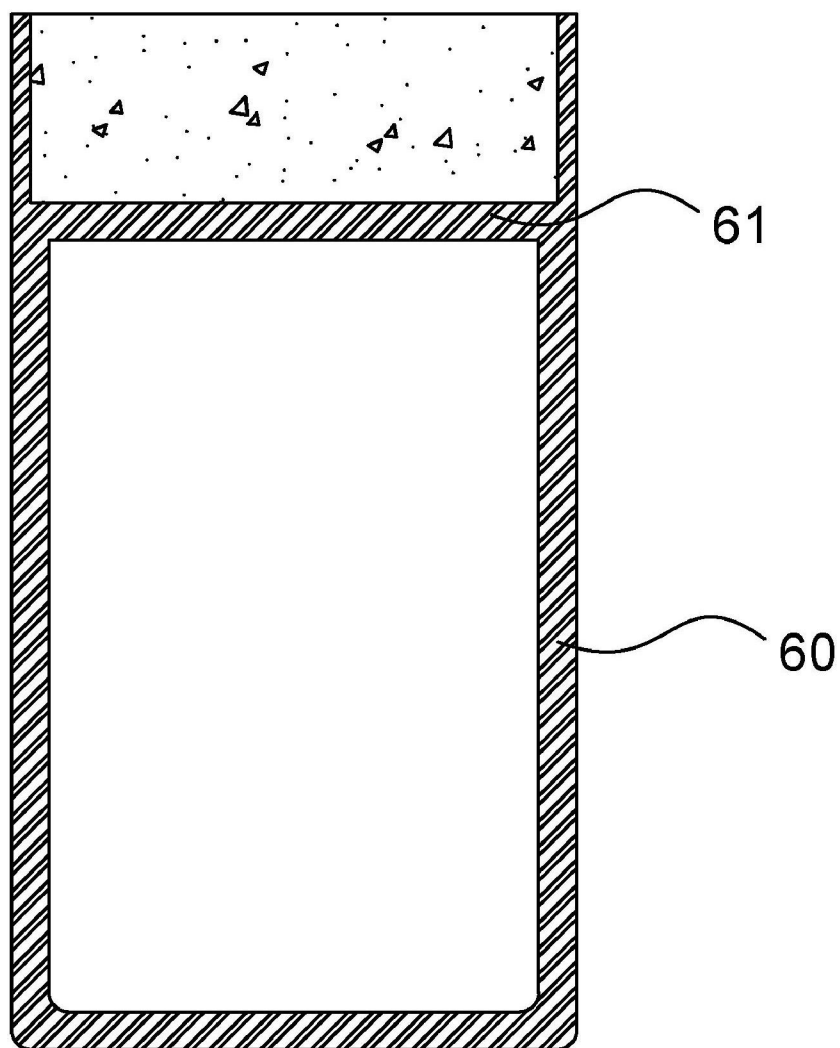


图1

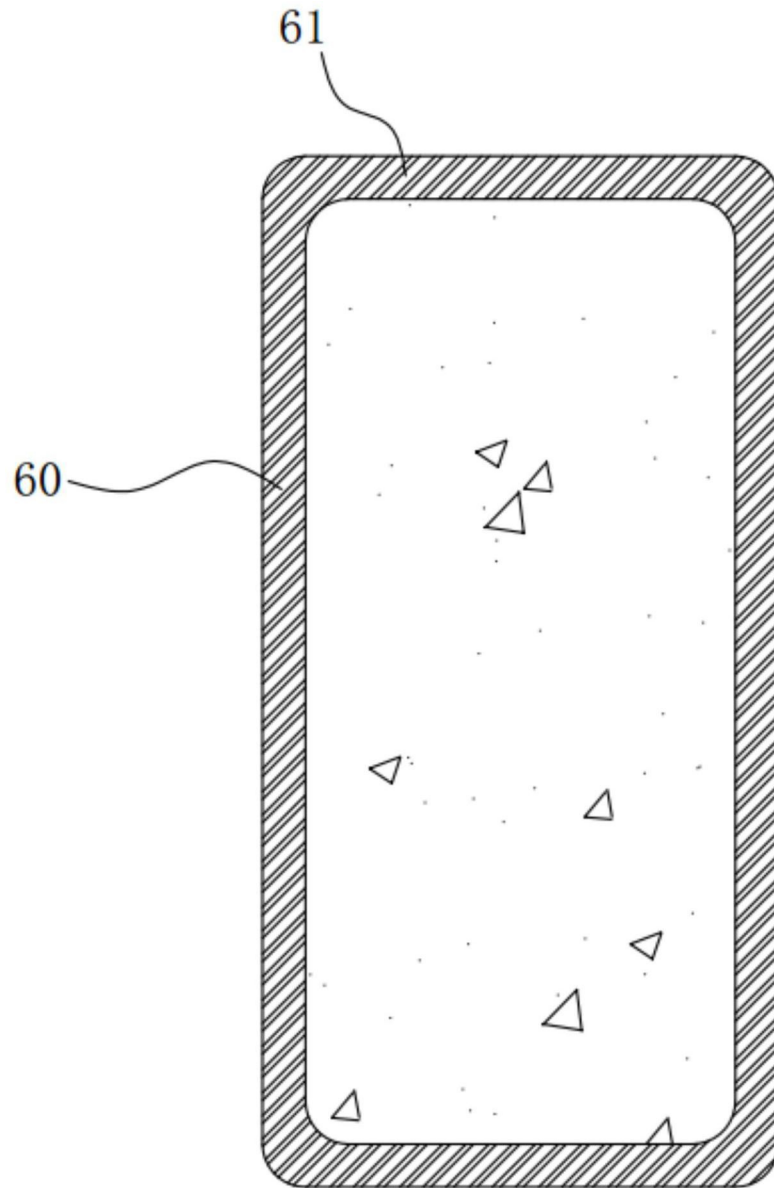


图2

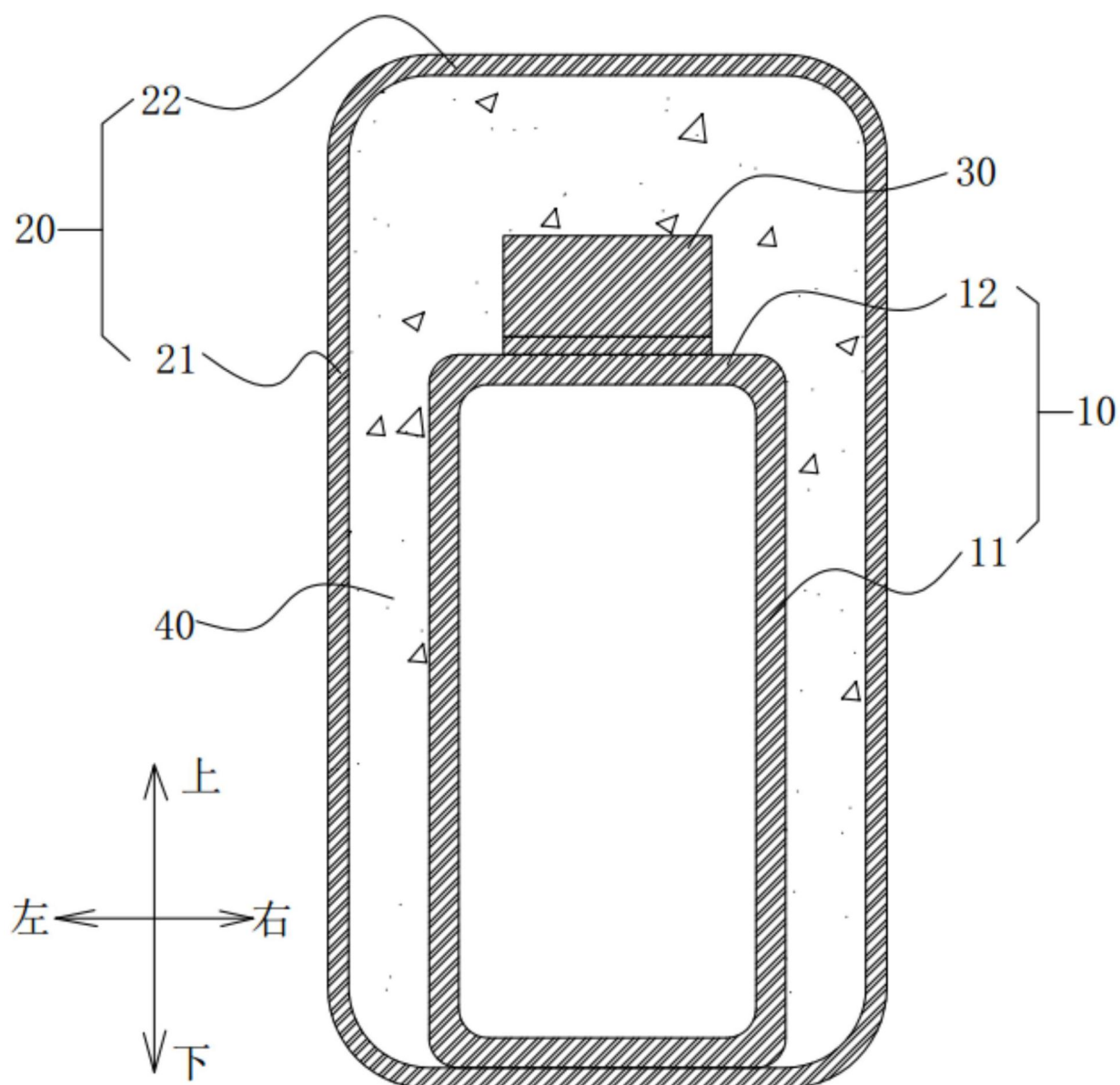
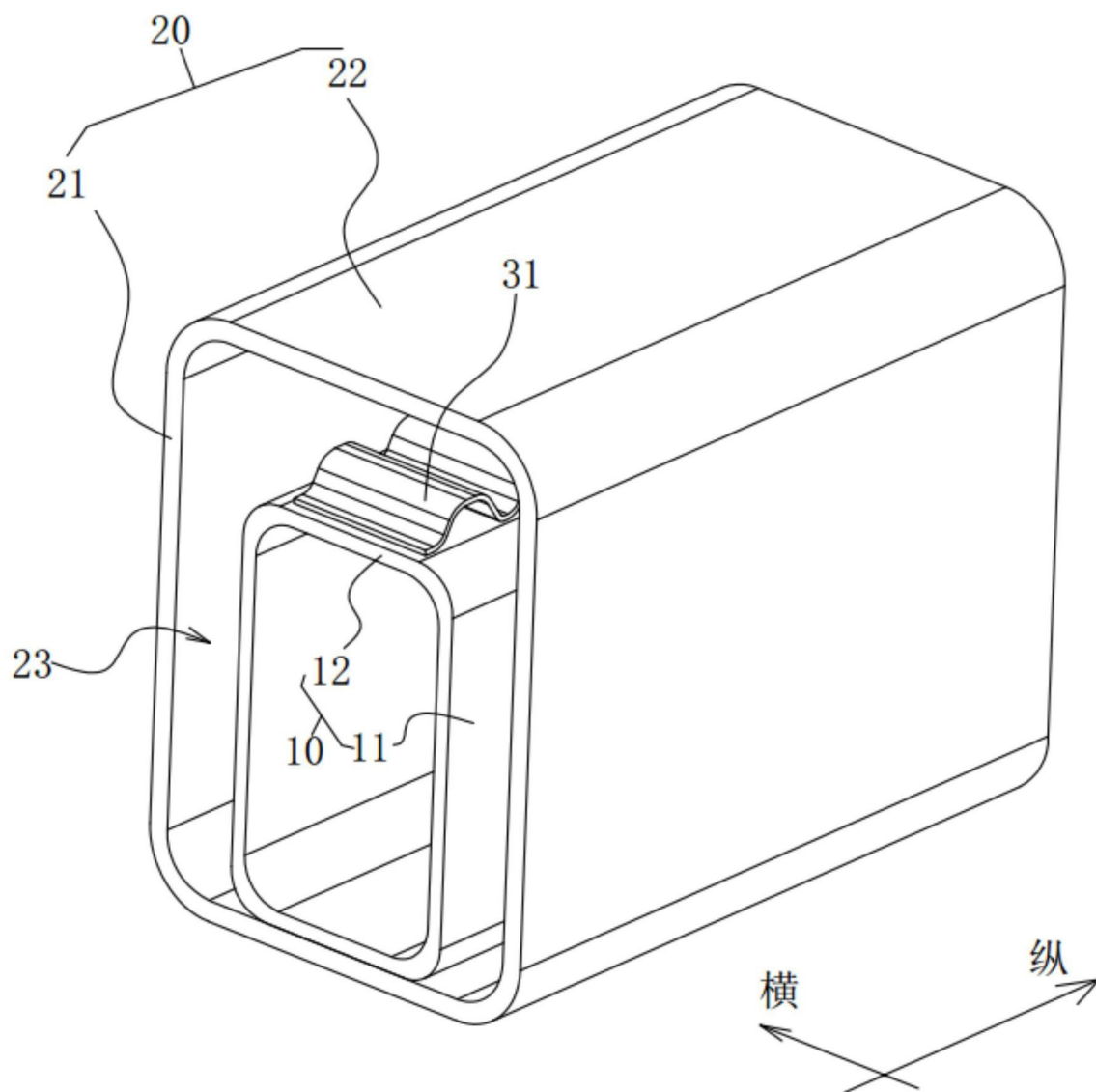


图3



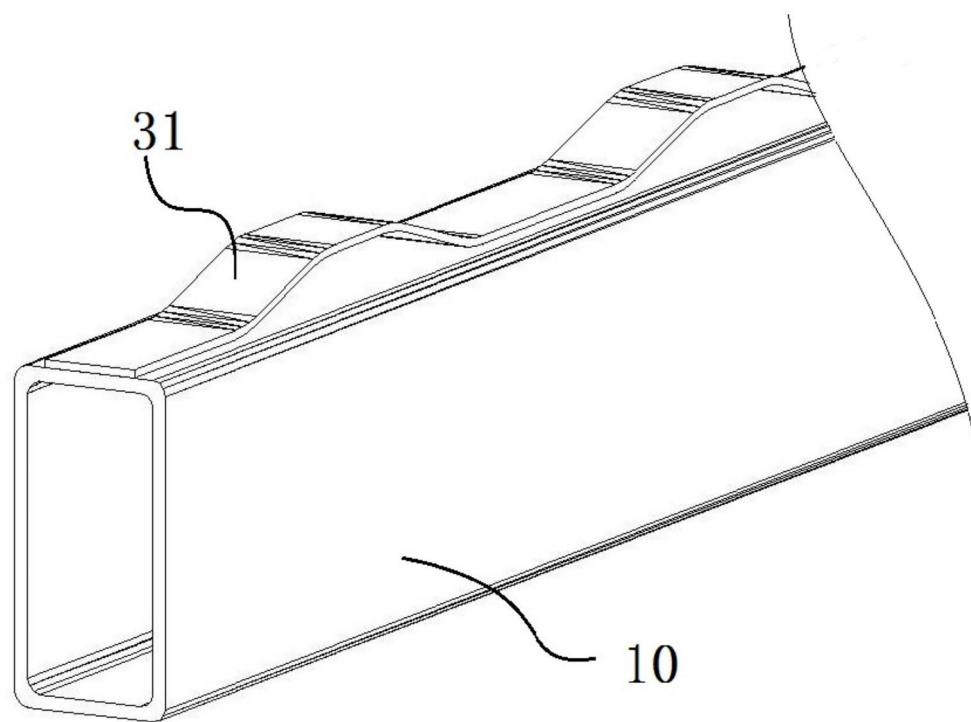


图5

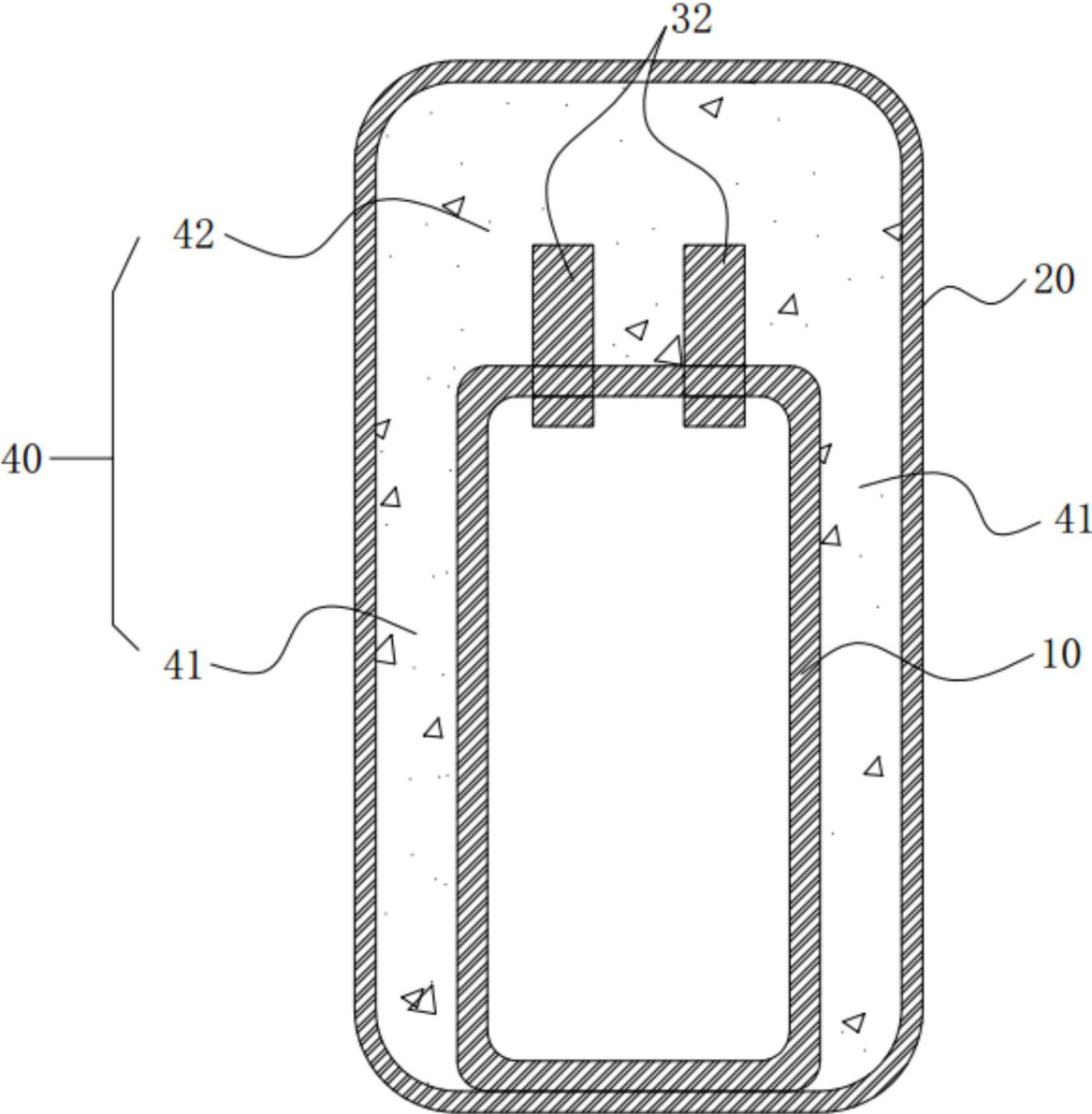


图6

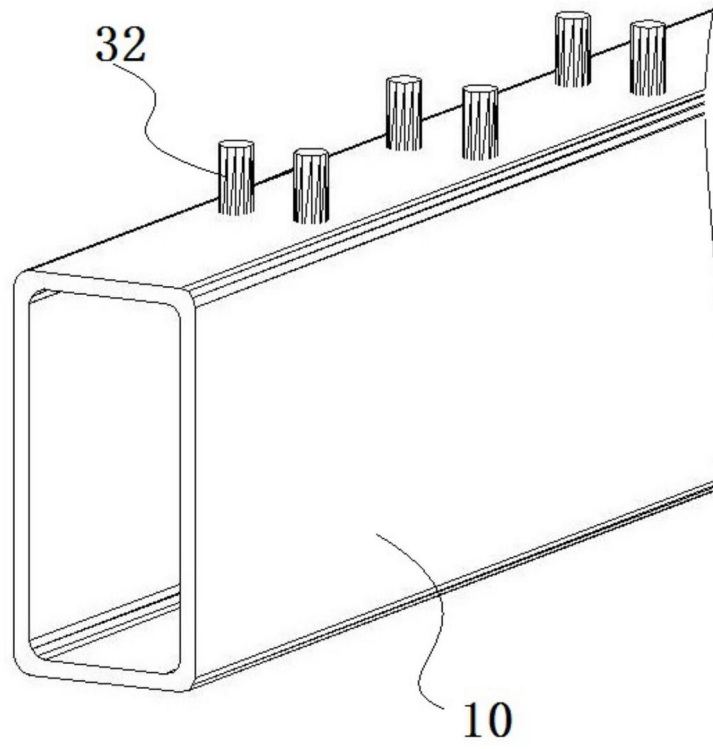


图7

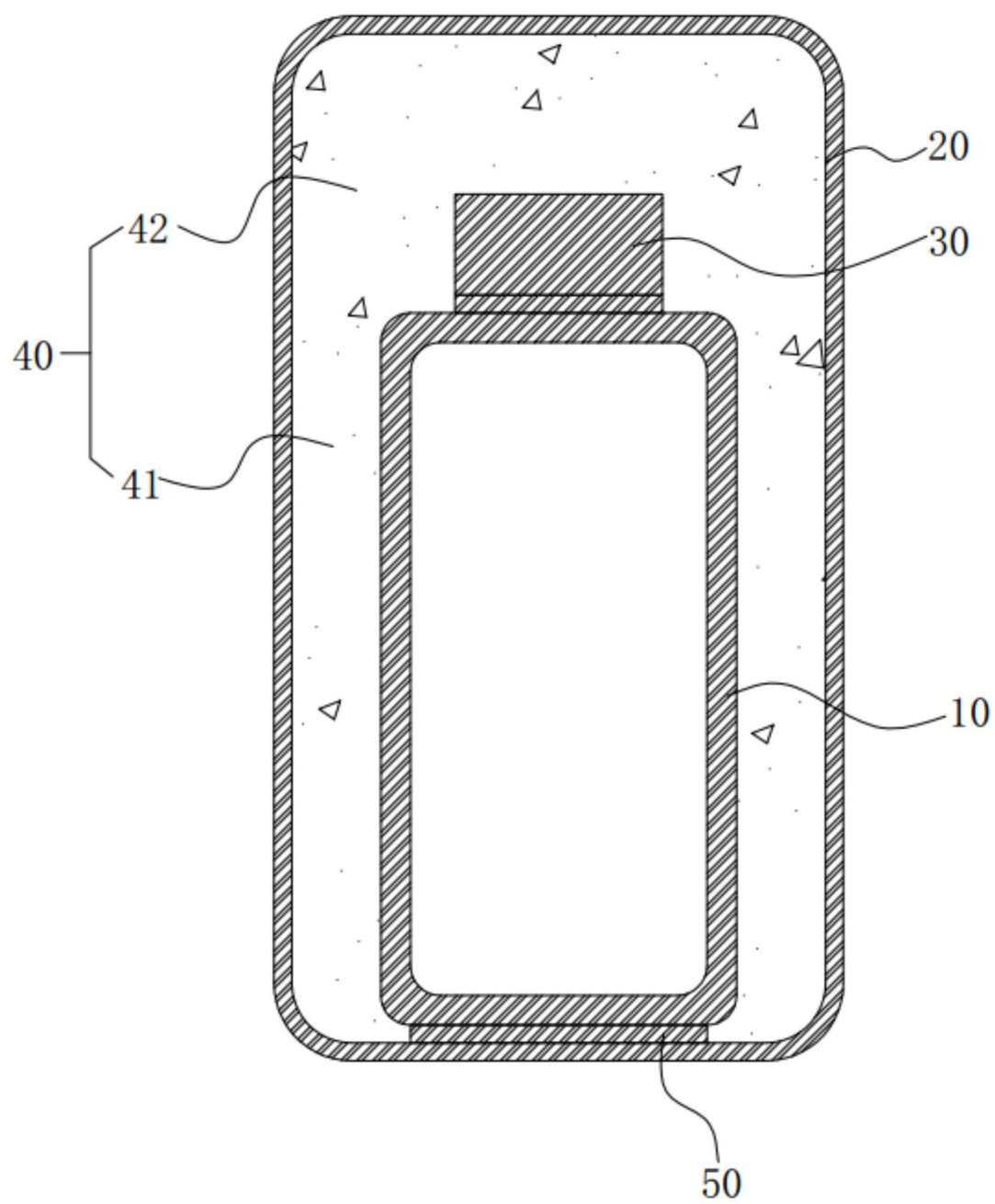


图8

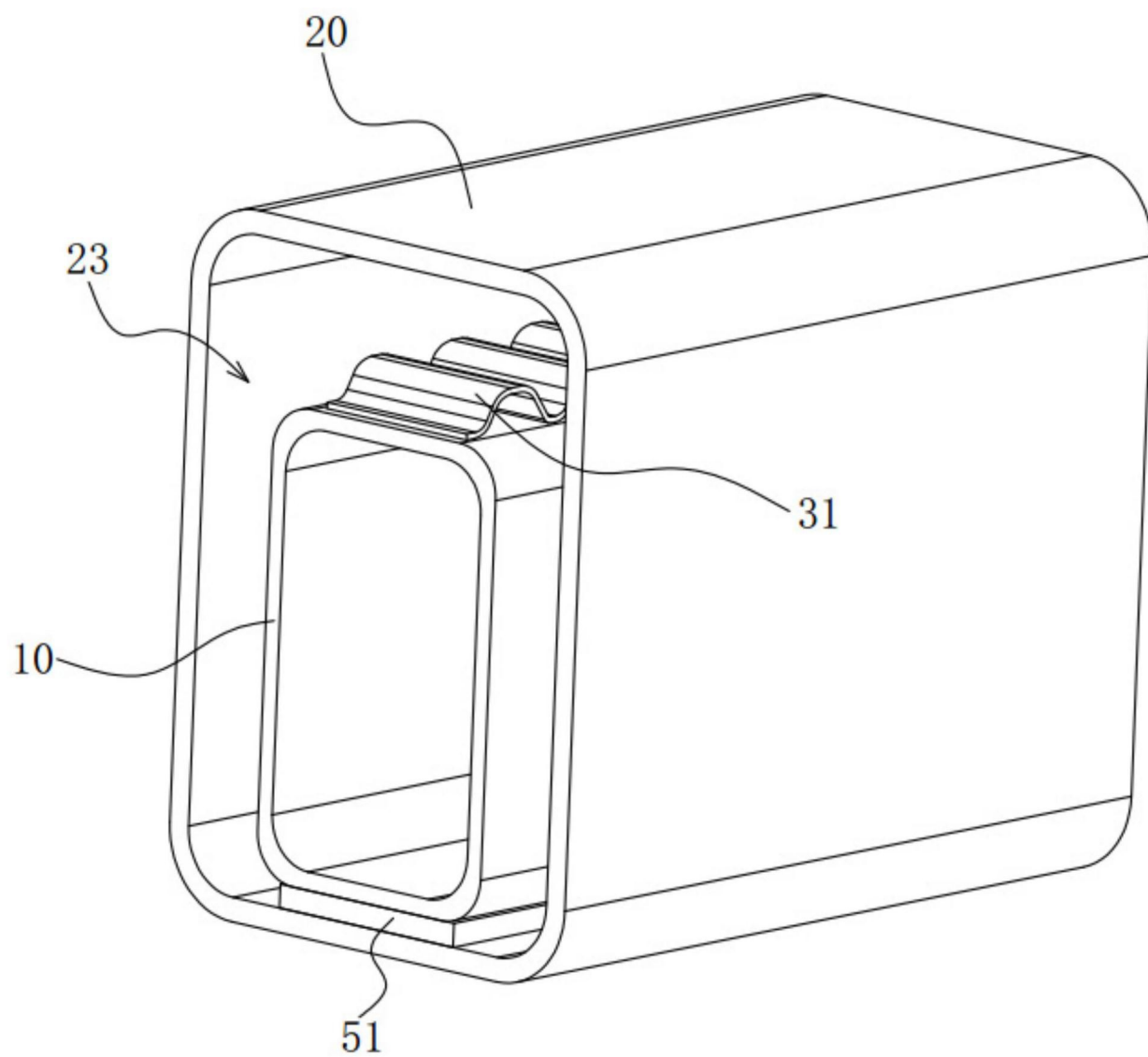


图9

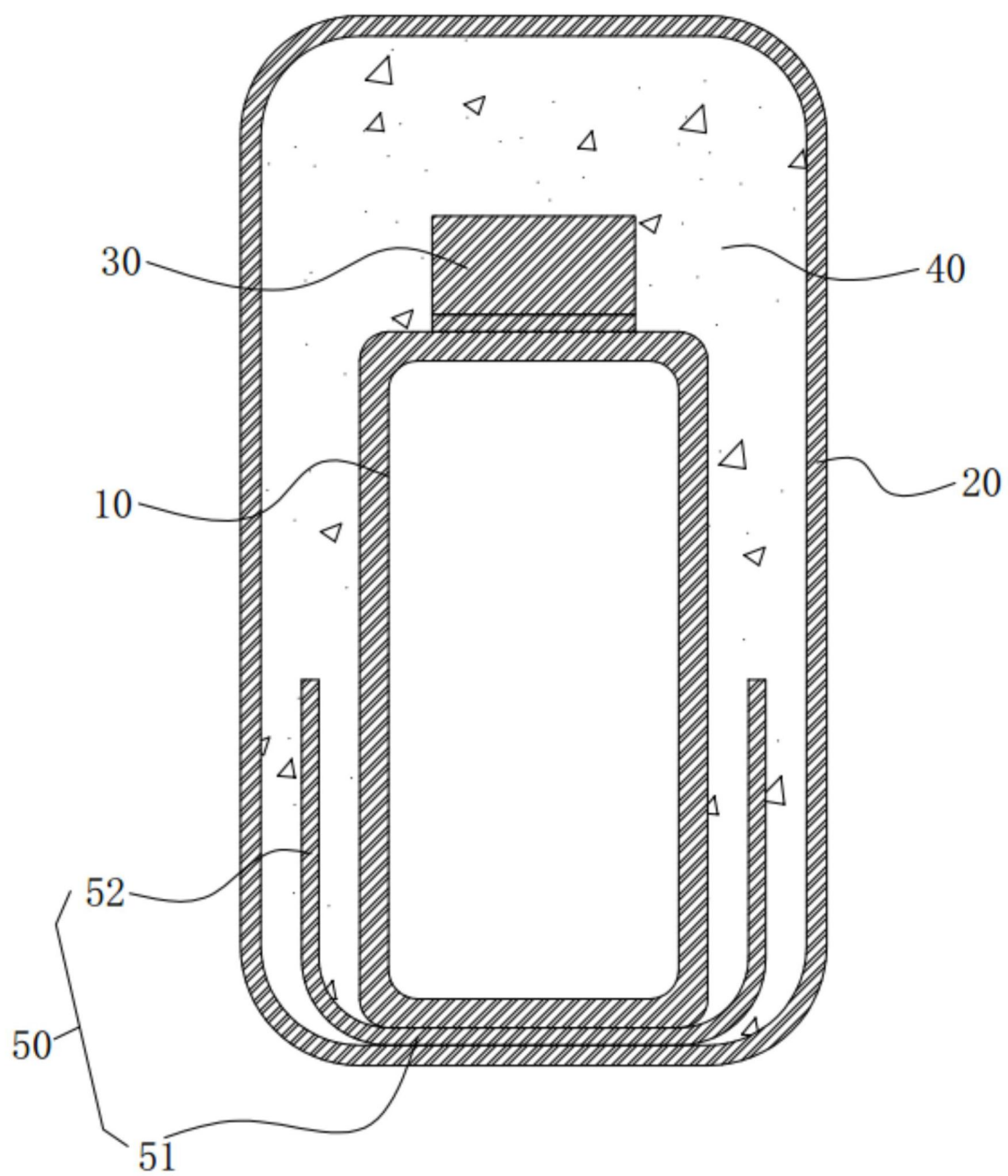


图10

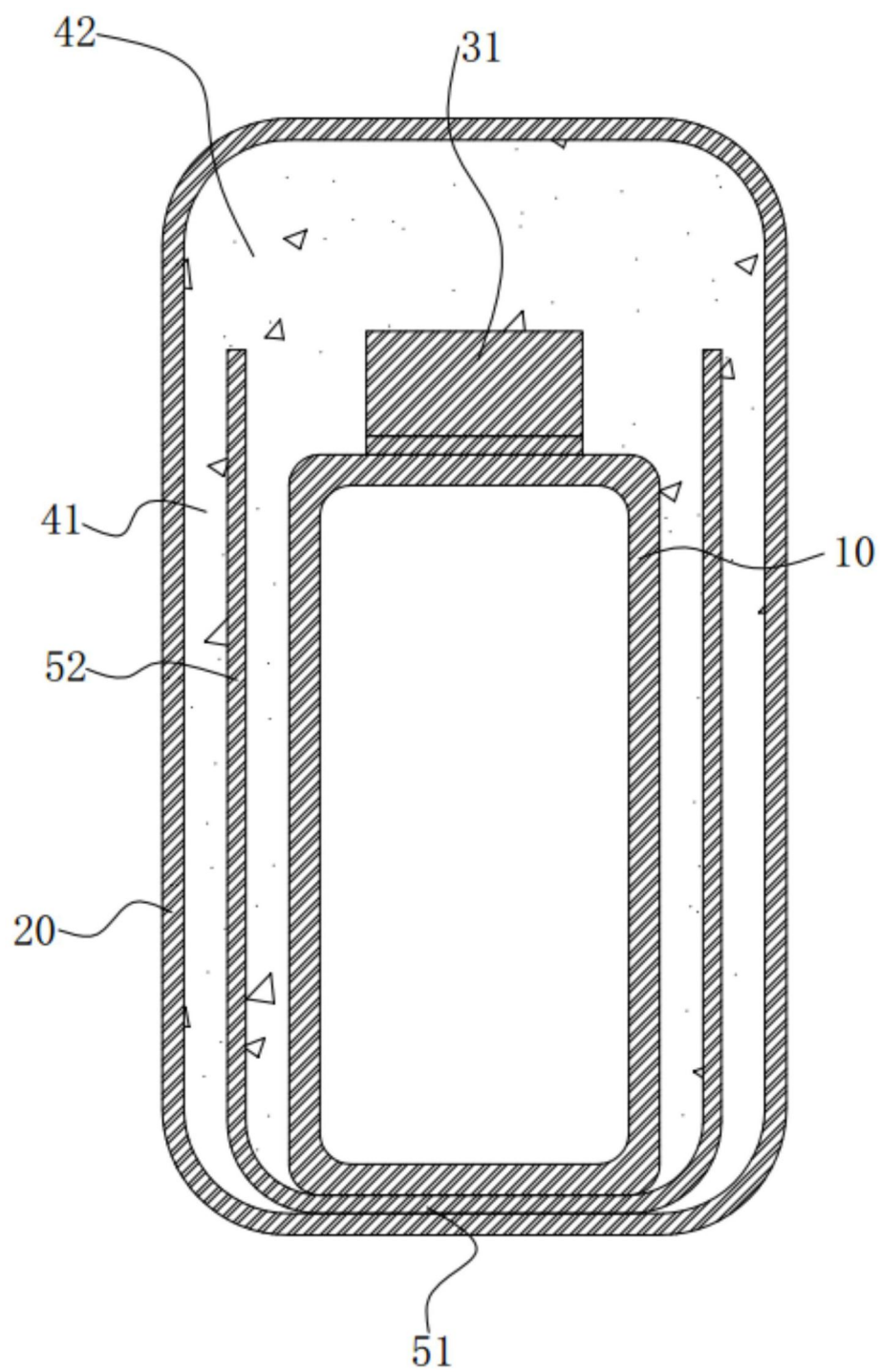


图11

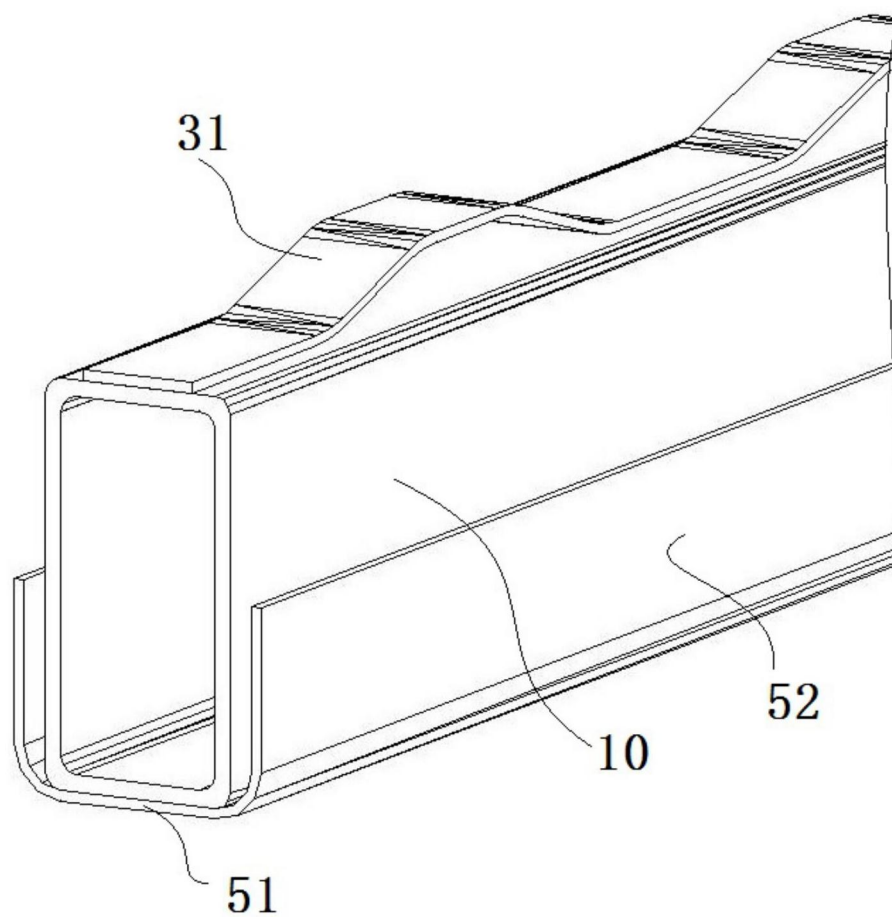


图12

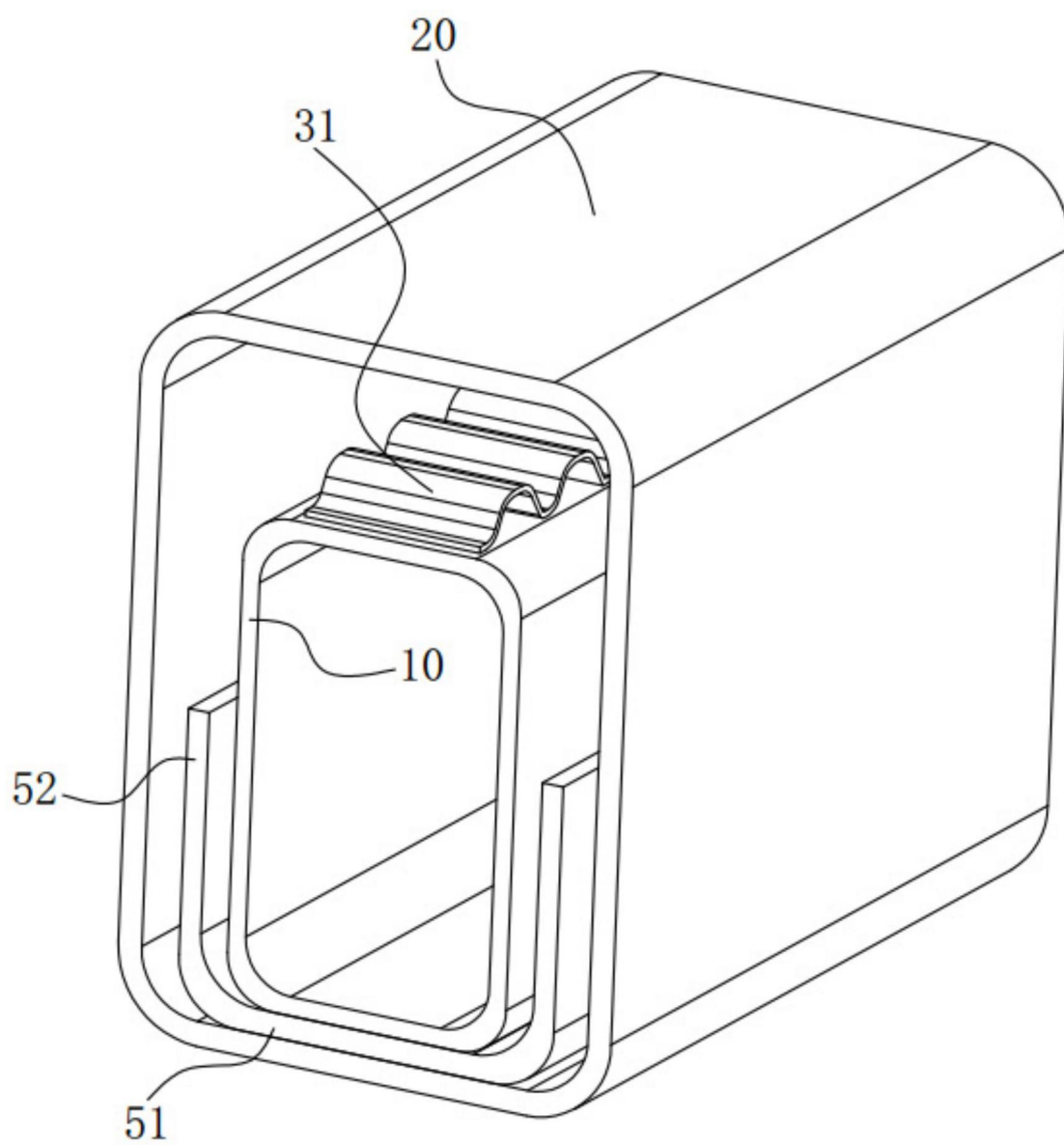


图13

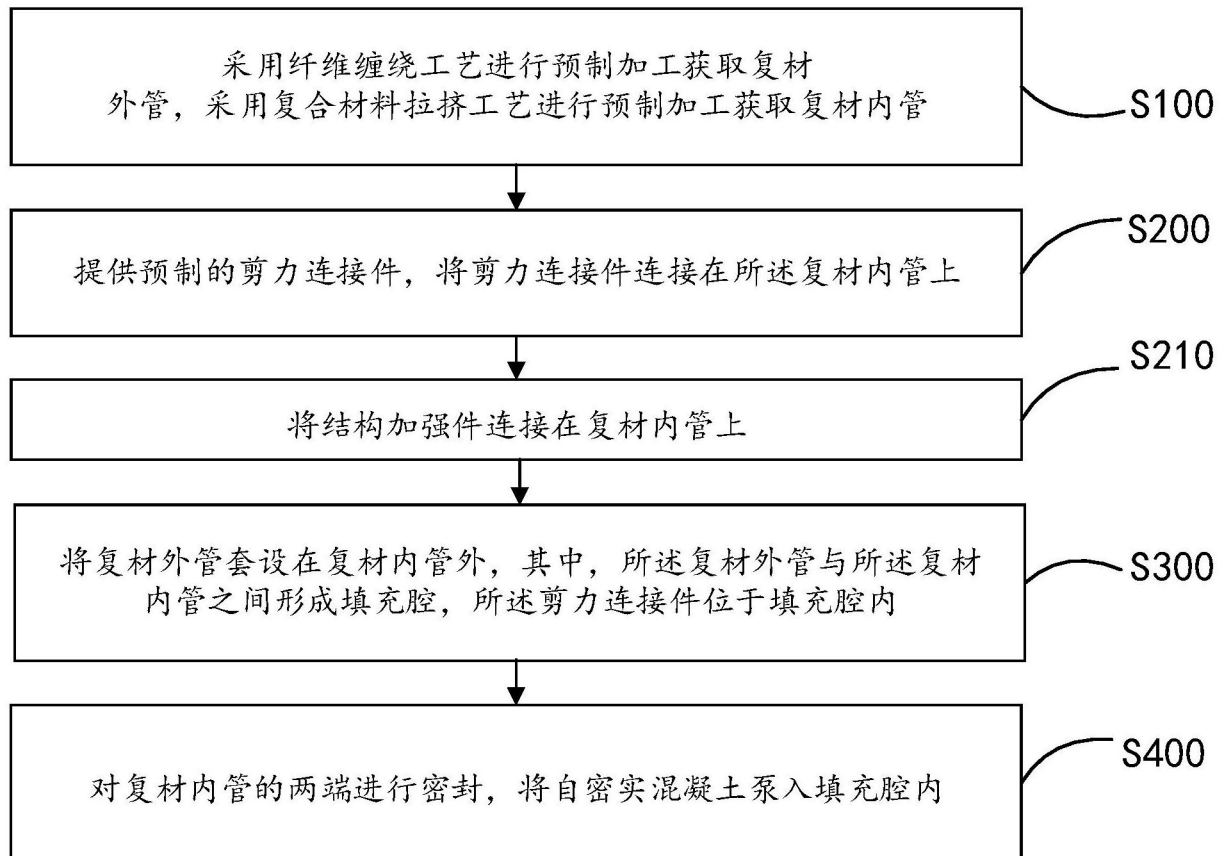


图14