



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112049664 B

(45) 授权公告日 2022.06.17

(21) 申请号 202010896943.2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2020.08.31

E21D 11/15 (2006.01)

E21D 11/04 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112049664 A

审查员 郑桂兰

(43) 申请公布日 2020.12.08

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院

地址 518000 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

(72) 发明人 戴建国 黄博滔 彭凯迪 朱继翔

翁克钜

(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 刘文求 陈专

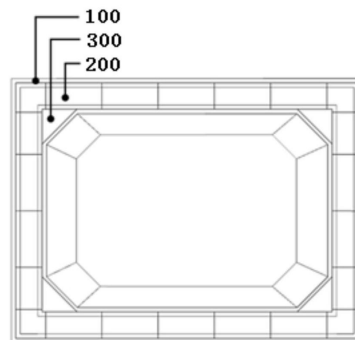
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于带孔钢板的箱体结构及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于带孔钢板的箱体结构及其制备方法,包括:箱体本体,所述箱体本体包括:构成箱体形状的带孔钢板,设置在所述带孔钢板外侧的防护层,设置在所述带孔钢板中、与所述防护层连接的填充层以及设置在所述带孔钢板内侧、与所述填充层连接的防火控裂层。本实施例中的箱体结构通过使用箱体形状的带孔钢板来连接防护层、填充层以及防火控裂层,保证了箱体结构的承载力、整体性,并实现了不同材料层之间的共同工作,从而使得箱体结构具有良好的耐久防护性能,大大提高了箱体结构的使用寿命。



1. 一种基于带孔钢板的箱体结构,其特征在於,包括:箱体本体,所述箱体本体包括:构成箱体形状的带孔钢板,设置在所述带孔钢板外侧的防护层,设置在所述带孔钢板中、与所述防护层连接的填充层以及设置在所述带孔钢板内侧、与所述填充层连接的防火控裂层;所述带孔钢板包括:主要钢板和连接钢板,所述主要钢板包括第一钢板箱,以及位于所述第一钢板箱内侧的第二钢板箱;所述连接钢板包括连接在第一钢板箱和第二钢板箱之间的多个第三钢板,以及位于所述第二钢板箱内,且与所述第二钢板箱连接的多个第四钢板;相邻的所述第三钢板与第一钢板箱和第二钢板箱之间连接形成用于容纳所述填充层的第一容纳腔;单个所述第四钢板分别与所述第二钢板箱的两个侧面连接形成用于容纳所述防火控裂层的第二容纳腔。

2. 根据权利要求1所述的基于带孔钢板的箱体结构,其特征在於,所述第一钢板箱和第二钢板箱均开设有镂空孔,所述防护层穿过第一钢板箱的镂空孔与所述填充层连接,所述填充层穿过所述第二钢板箱的镂空孔与所述防火控裂层连接。

3. 根据权利要求1所述的基于带孔钢板的箱体结构,其特征在於,所述防护层为超高性能混凝土或超高性能韧性混凝土。

4. 根据权利要求3所述的基于带孔钢板的箱体结构,其特征在於,所述防火控裂层为韧性混凝土或超高性能韧性混凝土。

5. 根据权利要求4所述的基于带孔钢板的箱体结构,其特征在於,所述填充层为普通混凝土。

6. 根据权利要求5所述的基于带孔钢板的箱体结构,其特征在於,所述超高性能混凝土的抗压强度 $\geq 100\text{MPa}$ ;所述韧性混凝土的拉伸变形能力 $\geq 1\%$ ;所述超高性能韧性混凝土的抗压强度 $\geq 100\text{MPa}$ ,拉伸变形能力 $\geq 1\%$ 。

7. 一种基于带孔钢板的箱体结构的制备方法,其特征在於,包括:

将箱体形状的带孔钢板固定在模板内部;

在第一容纳腔内固定填充体;

在所述带孔钢板外侧浇筑防护层;

在第二容纳腔内浇筑防火控裂层;

移除所述填充体,并在所述第一容纳腔内浇筑填充层;

所述带孔钢板包括:主要钢板和连接钢板,所述主要钢板包括第一钢板箱,以及位于所述第一钢板箱内侧的第二钢板箱;所述连接钢板包括连接在第一钢板箱和第二钢板箱之间的多个第三钢板,以及位于所述第二钢板箱内,且与所述第二钢板箱连接的多个第四钢板;相邻的所述第三钢板与第一钢板箱和第二钢板箱之间连接形成用于容纳所述填充层的第一容纳腔;单个所述第四钢板分别与所述第二钢板箱的两个侧面连接形成用于容纳所述防火控裂层的第二容纳腔。

8. 根据权利要求7所述的制备方法,其特征在於,所述将箱体形状的带孔钢板固定在模板内部之前还包括:将第一钢板箱和第二钢板箱之间连接多个第三钢板、第二钢板箱内设置多个第四钢板以形成箱体形状的带孔钢板。

## 一种基于带孔钢板的箱体结构及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及混凝土材料技术领域,特别涉及一种基于带孔钢板的箱体结构及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 目前,超大型城市群的建设已伴随着城市化进程逐步进入快车道。在这一进程中,城市地面空间的约束和限制突显,地下空间开发利用已经成为城市群建设和发展中必须重点考虑的环节,而地下基础设施是城市地下空间开发利用的重要载体。以地下综合管廊为例,目前大部分的城市的工程管线都会埋置在地下综合管廊中以节约城市地上空间。目前,跨海大桥、海底沉管隧道、港口码头、海洋风机等海工基础设施的建设也正稳步推进,以海底沉管隧道为例,它是现代跨海交通基础设施的一种重要实现形式。在城市化进程和海洋开发建设过程中,地下管廊和海底沉管等基础设施发挥了关键作用。随着社会的发展,对这些基础设施的服役性能和服役寿命也提出了更高的要求。

[0003] 对于地下和海工结构而言,通常采用钢筋混凝土结构作为主要结构形式。但是,该类结构形式面临诸多方面的技术挑战。例如,在地下和海洋环境中如何确保结构外部的耐久防护性能,以抵抗外部复杂环境(地下水、海水等)的有害物质渗透和腐蚀。

[0004] 对于钢筋混凝土结构而言,目前主要通过增加混凝土保护层厚度、增加配筋量以提升构件刚度、以及采用混凝土和钢筋的涂层保护技术等来应对以上的挑战,但总体而言这些传统技术手段经济性不理想且效果较有限。

[0005] 因而现有技术还有待改进和提高。

### 发明内容

[0006] 鉴于上述现有技术的不足之处,本发明的目的在于提供一种基于带孔钢板的箱体结构及其制备方法,旨在解决现有钢筋混凝土结构在应用到地下和海工方面时使用寿命较短的问题。

[0007] 本发明解决技术问题所采用的技术方案如下:

[0008] 第一方面,本发明实施例提供了一种基于带孔钢板的箱体结构及其制备方法,包括:箱体本体,所述箱体本体包括:构成箱体形状的带孔钢板,设置在所述带孔钢板外侧的防护层,设置在所述带孔钢板中、与所述防护层连接的填充层以及设置在所述带孔钢板内侧、与所述填充层连接的防火控裂层。

[0009] 作为进一步的改进技术方案,所述的基于带孔钢板的箱体结构中,所述带孔钢板包括:主要钢板和连接钢板,所述主要钢板包括第一钢板箱,以及位于所述第一钢板箱内侧的第二钢板箱;所述连接钢板包括连接在第一钢板箱和第二钢板箱之间的多个第三钢板,以及位于所述第二钢板箱内,且与所述第二钢板箱连接的多个第四钢板。

[0010] 作为进一步的改进技术方案,所述的基于带孔钢板的箱体结构中,相邻的所述第三钢板与第一钢板箱和第二钢板箱之间连接形成用于容纳所述填充层的第一容纳腔;单个

所述第四钢板分别与所述第二钢板箱的两个侧面连接形成用于容纳所述防火控裂层的第二容纳腔。

[0011] 作为进一步的改进技术方案,所述的基于带孔钢板的箱体结构中,所述第一钢板箱和第二钢板箱均开设有镂空孔,所述防护层穿过第一钢板箱的镂空孔与所述填充层连接,所述填充层穿过所述第二钢板箱的镂空孔与所述防火控裂层连接。

[0012] 作为进一步的改进技术方案,所述的基于带孔钢板的箱体结构中,所述防护层为超高性能混凝土或超高性能韧性混凝土。

[0013] 作为进一步的改进技术方案,所述的基于带孔钢板的箱体结构中,所述防火控裂层为韧性混凝土或超高性能韧性混凝土。

[0014] 作为进一步的改进技术方案,所述的基于带孔钢板的箱体结构中,所述填充层为普通混凝土。

[0015] 作为进一步的改进技术方案,所述的基于带孔钢板的箱体结构中,所述超高性能混凝土的抗压强度 $\geq 100\text{MPa}$ ;所述韧性混凝土的拉伸变形能力 $\geq 1\%$ ;所述超高性能韧性混凝土的抗压强度 $\geq 100\text{MPa}$ ,拉伸变形能力 $\geq 1\%$ 。

[0016] 第二方面,本发明实施例提供了一种基于带孔钢板的箱体结构的制备方法,其中,包括:

[0017] 将箱体形状的带孔钢板固定在模板内部;

[0018] 在第一容纳腔内固定填充体;

[0019] 在所述带孔钢板外侧浇筑防护层;

[0020] 在第二容纳腔内浇筑防火控裂层;

[0021] 移除所述填充体,并在所述第一容纳腔内浇筑填充层。

[0022] 作为进一步的改进技术方案,所述的制备方法中,所述将箱型带孔钢板固定在模板内部之前还包括:

[0023] 将第一钢板箱和第二钢板箱之间连接多个第三钢板、第二钢板箱内设置多个第四钢板以形成箱体形状的带孔钢板。

[0024] 与现有技术相比,本发明实施例具有以下优点:

[0025] 本发明实施方式提供的基于带孔钢板的箱体结构,包括:箱体本体,所述箱体本体包括:构成箱体形状的带孔钢板,设置在所述带孔钢板外侧的防护层,设置在所述带孔钢板中、与所述防护层连接的填充层以及设置在所述带孔钢板内侧、与所述填充层连接的防火控裂层。本实施例中的箱体结构通过使用箱体形状的带孔钢板来连接防护层、填充层以及防火控裂层,保证了箱体结构的承载力、整体性,并实现了不同材料层之间的共同工作,从而使得箱体结构具有良好的耐久防护性能,大大提高了箱体结构的使用寿命。

## 附图说明

[0026] 图1为本发明提供的一种基于带孔钢板的箱体结构的结构示意图;

[0027] 图2为本发明提供的一种基于带孔钢板的箱体结构中的带孔钢板的结构示意图;

[0028] 图3为本发明提供的一种基于带孔钢板的箱体结构的制备方法的较佳实施例流程图;

[0029] 图4为本发明中的带孔钢板位于模板中的结构示意图;

- [0030] 图5为本发明中的带孔钢板中包含填充体的结构示意图；
- [0031] 图6为本发明中的带孔钢板中浇筑防护层和防火控裂层后的结构示意图；
- [0032] 图7为本发明中的带孔钢板中移除填充体后的结构示意图；
- [0033] 图8为本发明中的带孔钢板中包含填充层后的结构示意图。
- [0034] 图中：100、防护层；200、填充层；300、防火控裂层；400、第一钢板箱；500、第二钢板箱；600、第三钢板；700、第四钢板；210、第一容纳腔；310、第二容纳腔；10、模板；20、填充体。

### 具体实施方式

[0035] 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施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用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0036] 在实施方式和申请专利范围中，除非文中对于冠词有特别限定，否则“一”与“所述”可泛指单一个或复数个。

[0037] 另外，若本发明实施例中有涉及“第一”、“第二”等的描述，则该“第一”、“第二”等的描述仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示其相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。另外，各个实施例之间的技术方案可以相互结合，但是必须是以本领域普通技术人员能够实现为基础，当技术方案的结合出现相互矛盾或无法实现时应当认为这种技术方案的结合不存在，也不在本发明要求的保护范围之内。

[0038] 实施例一：

[0039] 本发明公开了一种基于带孔钢板的箱体结构，请一并参阅图1和图2。所述基于带孔钢板的箱体结构(以下简称箱体结构)包括：箱体本体，所述箱体本体包括：构成箱体形状的带孔钢板，设置在所述带孔钢板外侧的防护层100，设置在所述带孔钢板中、与所述防护层100连接的填充层200以及设置在所述带孔钢板内侧、与所述填充层200连接的防火控裂层300。

[0040] 在本发明实施例中，所述箱体本体可为四边形箱体，或者是多边形箱体，应理解的是，本发明对此不作限定。其中，应理解的是，对于所述带孔钢板的具体材料应根据实际需求进行调整，本发明对此不作限定。在地下或海工应用场景中，为便于铺设管路，对管路进行有效的保护，可将钢材组成箱体形状的带孔钢板，在带孔钢板的外侧设置防护层100，带孔钢板中设置填充层200，在带孔钢板内侧设置防火控裂层300。得益于带孔钢板的特殊结构，使得防护层100与填充层200相连接，填充层200与防火控裂层300相连接；具体的，所述防护层100作为箱体结构的耐久防护，抵抗外部环境有害物质的渗透和腐蚀，从而有效延长了箱体结构的使用寿命；更具体的，通过所述防火控裂层300有效保障箱体结构内部的防火性能，以及应对可能发生的火灾等安全事故(高温或严寒)引起的开裂现象；另外，通过所述填充层200可稳定所述箱体结构，连接所述防护层100和防火控裂层300，从而稳定箱体结构。相比较传统的钢筋混凝土结构，带孔钢板保证箱体结构的承载力、整体性和各层材料间的共同工作，有效抵抗各种因素导致的箱体结构失效，大大延长了箱体结构的使用寿命。

[0041] 作为进一步地方案，所述带孔钢板包括：主要钢板和连接钢板，所述主要钢板包括

第一钢板箱400,以及位于所述第一钢板箱400内侧的第二钢板箱500;所述连接钢板包括连接在第一钢板箱400和第二钢板箱500之间的多个第三钢板600,以及位于所述第二钢板箱500内,且与所述第二钢板箱500连接的多个第四钢板700。

[0042] 在本发明实施例中,所述第一钢板箱400和第二钢板箱500为四边形箱体,第三钢板600的一端连接在所述第一钢板箱400的内侧面,第三钢板600的另一端连接在第二钢板箱500的外侧面,从而将一网格箱和第二钢板箱500稳定的连接在一起。进一步地,为稳定第二钢板箱500的结构,在所述第二钢板箱500的四个内角上分别连接有第四钢板700,单个第四钢板700的两侧面分别连接在第二钢板箱500的两个相互垂直面上。

[0043] 作为更进一步地方案,相邻的所述第三钢板600与第一钢板箱400和第二钢板箱500之间连接形成用于容纳所述填充层200的第一容纳腔210;单个所述第四钢板700分别与所述第二钢板箱500的两个侧面连接形成用于容纳所述防火控裂层300的第二容纳腔310。具体的,在设置防护层100时,将所述防护层100设置在所述第一钢板箱400侧外侧面,对第一钢板箱400的外侧起到紧固定位;同时,为了防止第二钢板箱500内凹变形,在各个第二容纳腔310内均设置防火控裂层300,为第二钢板箱500内部提供有效的支撑力;进一步地,通过将所述填充层200填充在各个第一容纳腔210内,从而有效连接了防护层100和防火控裂层300,保证了箱体结构的整体性。

[0044] 其中,所述第一钢板箱400和第二钢板箱500均开设有镂空孔,所述防护层100穿过第一钢板箱400的镂空孔与所述填充层200连接,所述填充层200穿过所述第二钢板箱500的镂空孔与所述防火控裂层300连接;所述第三钢板600和第四钢板700上均开设有镂空孔。具体的,通过所述镂空孔可使各层材料之间更好的连接在一起,连接更为紧固,各层之间不容易开裂,具有良好的裂缝控制能力。

[0045] 需要说明的是,本发明对于所述镂空孔的形状不做限定。

[0046] 作为更进一步地方案,所述防护层100为超高性能混凝土(Ultra-High Performance Concrete,UHPC)或超高性能韧性混凝土(Ultra-High Performance Engineered Cementitious Composite,UHP-ECC);所述防火控裂层300为韧性混凝土(Engineered Cementitious Composite,ECC)或超高性能韧性混凝土;所述填充层200为普通混凝土。

[0047] 在本发明实施例中,所述防护层100作为整个箱体结构中面向外部环境的一侧,通过使用UHPC或UHP-ECC,在作为整个箱体结构防护层100的基础上,材料自身的高强度、高弹模可以提升结箱体结构的抗弯刚度。所述防火控裂层300作为面向内部环境一侧,通过使用ECC或UHP-ECC,在作为整个箱体结构防火控裂层300的基础上,材料自身优异的拉伸性能可以提升整个箱体结构的抗弯承载力和刚度;而所述填充层200因为仅作为防护层100和防火控裂层300的中间部分,因此其只需受力即可,无需承担外部环境的有害物质侵蚀或者是内部环境的安全因素,因此,从实际生产的角度,为保证较低成本选择普通混凝土作为受力的填充层200即可。

[0048] 其中,所述超高性能混凝土的抗压强度 $\geq 100\text{MPa}$ ;所述韧性混凝土的拉伸变形能力 $\geq 1\%$ ;所述超高性能韧性混凝土的抗压强度 $\geq 100\text{MPa}$ ,拉伸变形能力 $\geq 1\%$ 。

[0049] 具体的,所述带孔钢板作为三层材料的增强材料和连接材料,具有提高箱体结构承载力的增强作用和确保整个箱体结构的整体性的连接作用;位于带孔钢板外侧、中间和

内侧的各个层会穿过带孔钢板上的镂空孔,形成剪力栓效应以确保带孔钢板与各项材料之间的协同工作性能,同时带孔钢板周围的各层可以防止带孔钢板在受力过程中发生屈曲;位于带孔钢板中的连接钢板(第三钢板600和第四钢板700)在发挥连接和增强作用的基础上,还作为三层材料(防护层100、填充层200和防火控裂层300)之间的界面抗剪层,避免界面滑移脱粘。

[0050] 更具体的,通过UHPC、ECC和UHP-ECC可作为带孔钢板体系的高温防护层100,对带孔钢板起到较好的高温防护作用。与传统钢筋混凝土材料相比,本发明通过将FRP与UHPC、ECC和UHP-ECC结合具有更好的协同工作性能。

[0051] 进一步地,在结构制造方面,本发明所提出的箱体结构可以通过工业化预制来进行标准化制造,制造简单,从而保证质量和提升效率。

[0052] 更进一步地,在结构设计方面,本发明所提供的箱体结构在各个构件设计过程中,无需进行裂缝宽度验算,因为UHPC、ECC和UHP-ECC具有裂缝的自控制能力。以传统地下管廊结构为例,其满足裂缝宽度要求所需的增强材料配置率往往高于承载力所需的增强材料配置率,因而在承载力设计后往往需要进行裂缝宽度的校核和再设计。因此本发明所提出的箱体结构具有更简单的设计过程,并可以减少钢材用量。

[0053] 本发明提供的箱体结构,第一方面,在地下和海洋环境中确保了箱体结构外部的耐久防护性能,以抵抗外部复杂环境(地下水、海水等)的有害物质渗透和腐蚀,从而实现箱体结构的长寿命;第二方面是,保障了箱体结构内部的防火性能,以应对可能发生的火灾等安全事故,从而实现箱体结构的安全服役;第三方面,有效提升箱体结构的裂缝控制能力,以充分满足结构长期服役性能的需求,从而实现结构整体的高性能化。

[0054] 实施例二:

[0055] 本发明在上述基于带孔钢板的箱体结构的基础上,还公开了一种基于带孔钢板的箱体结构的制备方法,具体的,请参阅图3,所述制备方法包括:

[0056] S100、将箱体形状的带孔钢板固定在模板10内部;

[0057] S200、在第一容纳腔210内固定填充体20;

[0058] S300、在所述带孔钢板外侧浇筑防护层100;

[0059] S400、在第二容纳腔310内浇筑防火控裂层300;

[0060] S500、移除所述填充体20,并在所述第一容纳腔210内浇筑填充层200;

[0061] 在本发明实施例中,请一并参阅图4至图8。在所述箱体结构的制造过程之前,首先将第一钢板箱400和第二钢板箱500之间连接多个第三钢板600、所述第二钢板箱500内设置多个第四钢板700以形成箱体形状的带孔钢板。相邻的第三钢板600与第一钢板箱400和第二钢板箱500之间连接形成用于容纳填充层200的第一容纳腔210;单个第四钢板700分别与第二钢板箱500的两个侧面连接形成用于容纳所述防火控裂层300的第二容纳腔310。

[0062] 在所述箱体结构的制造过程中,首先,将带孔钢板固定在模板10内部,通过模板10对带孔钢板的实际形状进行固定;其次,在预备浇筑普通混凝土的多个第一容纳腔210内固定填充体20,其中,所述填充体20仅起到固定和支撑作用,对于其具体结构不做限定;再次,在带孔钢板的外侧浇筑防护层100(UHPC或 UHP-ECC),以及在多个第二容纳腔310内浇筑防火控裂层300(ECC或UHP-ECC);然后,待防护层100和防火控裂层300硬化并养护后,移除所有第一容纳腔210内的填充体20;最后,在所有第一容纳腔210内浇筑普通混凝土,成型后拆

模养护。

[0063] 具体的,所述箱体结构中的防火控裂层300的平均受拉应变 $\varepsilon_t$ 为0.1%,所述箱体结构中的防火控裂层300的平均受拉应力 $\sigma_t(\varepsilon_t)$ 为4MPa,所述箱体结构中的防火控裂层300的厚度 $m$ 为40mm,所述箱体结构中的防护层100的弹性模量 $E$ 为40GPa,所述箱体结构的截面高度和宽度 $h$ 和 $w$ 分别200mm和300mm,所述箱体结构的构件抗弯承载力 $M$ 可计算如下:

$$[0064] \quad M = \frac{\lambda}{4} \sigma_w \varepsilon_t \left( 2h \cdot m + \frac{\lambda}{3} \left( \alpha \cdot \sqrt{a^2 + 2m(2h \cdot m)} \right) \right), \quad \alpha = \frac{2m \sigma_t(\varepsilon_t)}{E \varepsilon_t}$$

[0065] 可得所述的抗弯承载力 $M$ 为8.1kN·m。

[0066] 综上所述,本发明提供的基于带孔钢板的箱体结构包括:箱体本体,所述箱体本体包括:构成箱体形状的带孔钢板,设置在所述带孔钢板外侧的防护层,设置在所述带孔钢板中、与所述防护层连接的填充层以及设置在所述带孔钢板内侧、与所述填充层连接的防火控裂层。本实施例中的箱体结构通过使用箱体形状的带孔钢板来连接防护层、填充层以及防火控裂层,保证了箱体结构的承载力、整体性,并实现了不同材料层之间的共同工作,从而使得箱体结构具有良好的耐久防护性能,大大提高了箱体结构的使用寿命。

[0067] 本领域技术人员在考虑说明书及实践这里公开的发明后,将容易想到本发明的其它实施方案。本发明旨在涵盖本发明的任何变型、用途或者适应性变化,这些变型、用途或者适应性变化遵循本发明的一般性原理并包括本公开未公开的本技术领域中的公知常识或惯用技术手段。说明书和实施例仅被视为示例性的,本发明的真正范围和精神由权利要求所指出。



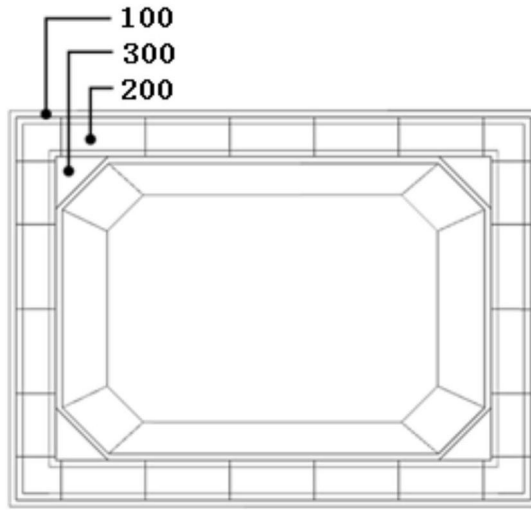


图1

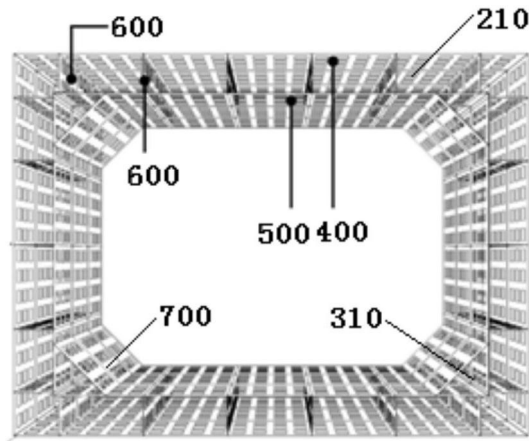


图2

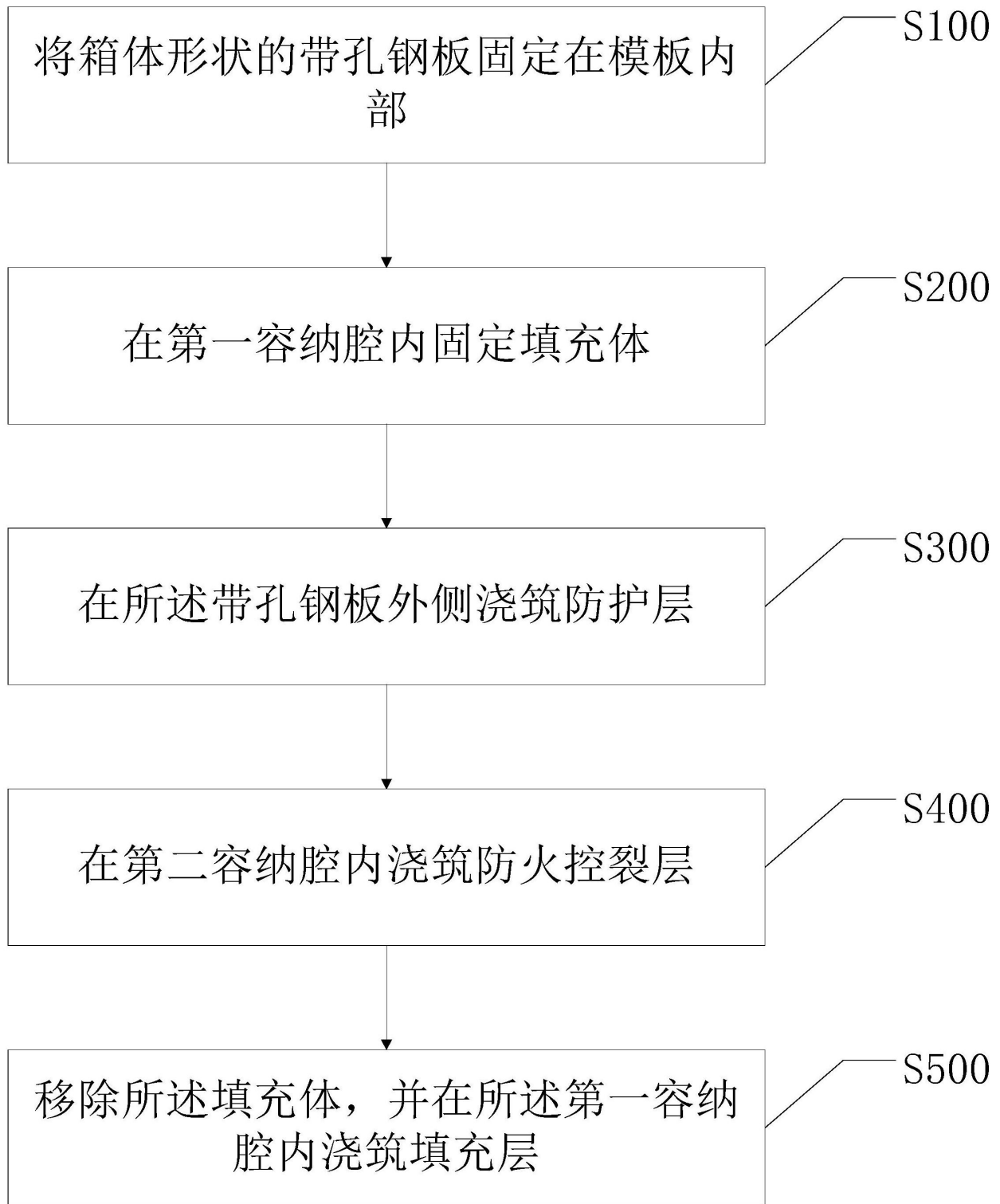
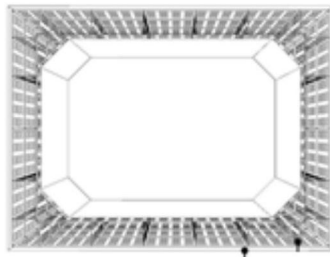
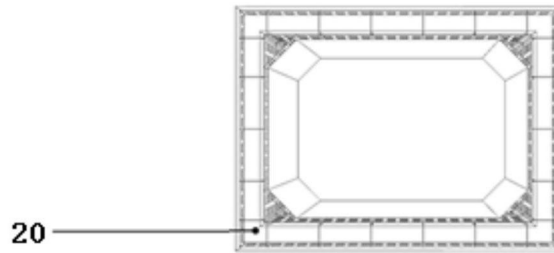


图3



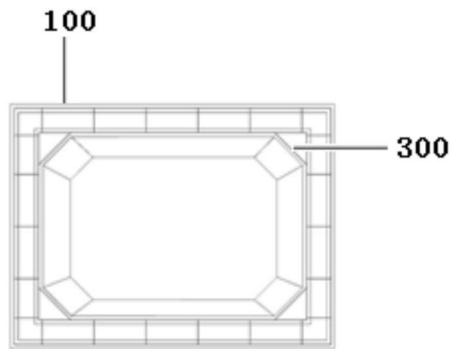
10

图4



20

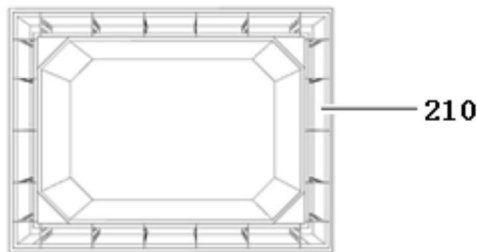
图5



100

300

图6



210

图7

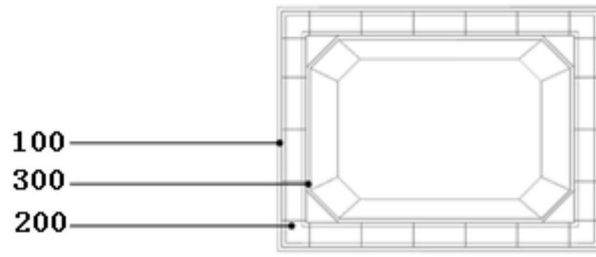


图8