

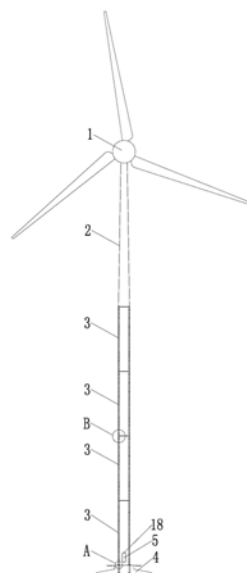


(43)申请公布日 2020.03.06

F03D 13/20(2016.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图4页

本发明提供了一种圆环形钢管混凝土组合风电机组塔架结构,所述塔架结构包括上部钢制塔筒和下部钢管混凝土塔筒,所述钢管混凝土塔筒由多节圆环形钢管混凝土塔筒段连接构成;所述钢管混凝土塔筒段包括内外双层钢筒,内外层钢筒在塔筒段的上下两端连接,在两者中间形成注浆空间,并灌注混凝土填充。本发明满足风电机组高空化、大型化的要求,上部钢制塔筒和下部钢管混凝土塔筒的总高度可达到不低于150m,并且制造、运输和安装方便、可重复利用,且降低成本。



1. 圆环形钢管混凝土组合风电机组塔架结构,其特征在于:所述塔架结构包括上部钢制塔筒和下部钢管混凝土塔筒,所述钢管混凝土塔筒由多节圆环形钢管混凝土塔筒段连接构成;所述钢管混凝土塔筒段包括内外双层钢筒,内外层钢筒在塔筒段的上下两端连接,在两者中间形成注浆空间,并灌注混凝土填充以增加塔筒整体刚度。

2. 根据权利要求1所述的圆环形钢管混凝土组合风电机组塔架结构,其特征在于:在双层钢筒的内壁焊接水平和竖向剪力键以增强混凝土的抗剪能力。

3. 根据权利要求1所述的圆环形钢管混凝土组合风电机组塔架结构,其特征在于:所述钢管混凝土塔筒段的双层钢筒由工厂批量预制而成,其直径不超过4.3m,能满足公路运输要求;内层钢筒对应注浆空间开设若干灌浆孔和出浆孔,各钢管混凝土塔筒段采用在现场灌注混凝土后再吊装的程序逐节连接。

4. 根据权利要求1所述的圆环形钢管混凝土组合风电机组塔架结构,其特征在于:所述混凝土灌浆料添加微膨胀剂,以解决混凝土凝结过程的收缩问题。

5. 根据权利要求1所述的圆环形钢管混凝土组合风电机组塔架结构,其特征在于:所述钢管混凝土塔筒的底段钢管混凝土塔筒段的底部与风机基础相连,顶段钢管混凝土塔筒段的顶部与钢制塔筒连接。

6. 根据权利要求1所述的圆环形钢管混凝土组合风电机组塔架结构,其特征在于:所述钢管混凝土塔筒的底段钢管混凝土塔筒段底部设置T型法兰,通过基础锚栓与风机基础相连;底段钢管混凝土塔筒段开设门洞,门洞内侧设置门框;上下相邻钢管混凝土塔筒段通过L型法兰和螺栓组件相连;顶段钢管混凝土塔筒段的顶部设置L型法兰,并通过螺栓组件与钢制塔筒连接。

7. 根据权利要求1所述的圆环形钢管混凝土组合风电机组塔架结构,其特征在于:钢管混凝土塔筒外径保持一致,内层钢筒和外层钢筒的钢板壁厚根据整体受力特性控制在16mm~20mm之间;内层钢筒的钢板在上部和下部分别焊接上封板和下封板,使内层钢筒逐步过渡至与外层钢筒相交,相交位置距钢管混凝土塔筒的端部还有一段距离,并保证交汇后的整体钢板厚度是内层钢筒和外层钢筒厚度之和,以此在保证塔筒强度要求的前提下预留钢管混凝土塔筒段连接用螺栓组件的安装空间。

8. 根据权利要求1所述的圆环形钢管混凝土组合风电机组塔架结构,其特征在于:所述上部钢制塔筒和下部钢管混凝土塔筒的总高度可达到不低于150m。

9. 根据权利要求1所述的圆环形钢管混凝土组合风电机组塔架结构,其特征在于:所述下部钢管混凝土塔筒的高度大于上部钢制塔筒。

圆环形钢管混凝土组合风电机组塔架结构

技术领域

[0001] 本发明属于低风速区风电机组高塔筒技术领域。

背景技术

[0002] 目前,我国传统风电机组支撑结构绝大多数采用钢制圆锥形塔筒,但随着我国风力发电行业的快速发展,风电机组单机容量越来越大,为了有效利用低风速区的风能资源,风电机组逐步向大型化高空化发展,与之匹配的轮毂高度和刚度要求不断增加。当轮毂高度超过100m时,传统圆锥形钢塔筒底段直径将超出常规公路运输的尺寸限制,且随着钢筒高度的增加,其整体刚度下降会诱发风电机组的不良振动特性,从而限制高塔筒风电机组技术的发展。现阶段,预应力钢混塔筒和柔性塔筒,由于两者能满足大型风电机组轮毂高度和刚度的要求,在高塔筒风电技术领域得到了一定的关注和推广应用。但预应力钢混塔筒结构施工周期长、预应力钢绞线成本高、张拉运维工序复杂等因素制约着钢混塔筒的发展。柔性塔筒随轮毂高度的增加,塔筒整体柔性变大,导致塔顶位移过大,疲劳损伤问题凸显,严重影响风机正常运行;另外,柔塔一阶自振频率较低,已进入叶轮转动频率范围之内,因此会在叶轮的某一转速下产生共振,虽可通过调整控制策略使风机快速跳过这一转速,但会损失3%~5%左右的发电量。由此可见,现有高塔筒技术方案仍存在较明显的局限性。

发明内容

[0003] 本发明的目的是针对上述存在的问题,提供一种圆环形钢管混凝土组合风电机组塔架结构,满足风电机组高空化、大型化的要求,并且制造、运输和安装方便、可重复利用,且降低成本。为此,本发明采用以下技术方案:

圆环形钢管混凝土组合风电机组塔架结构,其特征在于:所述塔架结构包括上部钢制塔筒和下部钢管混凝土塔筒,所述钢管混凝土塔筒由多节圆环形钢管混凝土塔筒段连接构成;所述钢管混凝土塔筒段包括内外双层钢筒,内外层钢筒在塔筒段的上下两端连接,在两者中间形成注浆空间,并灌注混凝土填充。

[0004] 本发明的上部钢制塔筒和下部钢管混凝土塔筒的总高度可达到不低于150m。

[0005] 在采用上述技术方案的基础上,本发明还可采用以下进一步的技术方案或对这些进一步的技术方案组合使用:

在双层钢筒的内壁焊接水平和竖向剪力键以增强混凝土的抗剪能力。

[0006] 所述钢管混凝土塔筒段的双层钢筒由工厂批量预制而成,其直径不超过4.3m,能满足公路运输要求;内层钢筒对应注浆空间开设若干灌浆孔和出浆孔,各钢管混凝土塔筒段采用在现场灌注混凝土后再吊装的程序逐节连接。

[0007] 所述混凝土灌浆料添加微膨胀剂,以解决混凝土凝结过程的收缩问题。

[0008] 所述钢管混凝土塔筒的底段钢管混凝土塔筒段的底部与风机基础相连,顶段钢管混凝土塔筒段的顶部与钢制塔筒连接。

[0009] 所述钢管混凝土塔筒的底段钢管混凝土塔筒段底部设置T型法兰,通过基础锚栓

与风机基础相连；底段钢管混凝土塔筒段开设门洞，门洞内侧设置门框；上下相邻钢管混凝土塔筒段通过L型法兰和螺栓组件相连；顶段钢管混凝土塔筒段的顶部设置L型法兰，并通过螺栓组件与钢制塔筒连接。

[0010] 钢管混凝土塔筒外径保持一致，内层钢筒和外层钢筒的钢板壁厚根据整体受力特性控制在16mm~20mm之间；内层钢筒的钢板在上部和下部分别焊接上封板和下封板，使内层钢筒逐步过渡至与外层钢筒相交，相交位置距钢管混凝土塔筒的端部还有一段距离，并保证交汇后的整体钢板厚度是内层钢筒和外层钢筒厚度之和，以此在保证塔筒强度要求的前提下预留钢管混凝土塔筒段连接用螺栓组件的安装空间。

[0011] 进一步地，所述下部钢管混凝土塔筒的高度大于上部钢制塔筒。

[0012] 本发明的有益效果是：

(1) 本发明提出的圆环形钢管混凝土组合风电机组塔架结构，设计合理、结构可靠、连接牢固、运输方便、可批量流程化施工建造、模块化安装且在后风电时代可回收重复利用，可大幅缩减现场施工周期，具有显著的经济和环保效益。

[0013] (2) 下部采用若干钢管混凝土塔筒结构，上部连接传统钢制塔筒，在保证风电机组安全稳定运行的基础上，可大幅提高风电机组轮毂高度，可达到150m以上，能满足风电机组大型化、高空化的发展要求，可有效利用低风速区的风资源；同时，塔筒的直径能减小至满足公路运输需要，而无需像以往的混凝土塔筒那样必须分片预制和运输，现场拼接养护，能大大方便运输，降低现场的施工难度，并能大幅缩减施工周期，降低成本。

[0014] (3) 采用双层钢管内灌注高强混凝土使塔筒整体刚度增强，振幅缩减，一方面可有效避免塔筒周期性大幅摆动引起的结构疲劳问题，另一方面塔筒固有频率增大，可有效避开风机叶轮的转动频率以免发生共振。

[0015] (4) 可从根本上改变预应力钢混塔筒施工周期长、预应力钢绞线成本昂贵以及柔塔刚度小、振幅大、疲劳损伤问题严峻、频率穿越等局限性，可突破现有高塔筒方案的瓶颈，为将来低风速区超高塔筒方案提供一种新型式。

附图说明

[0016] 图1是本发明圆环形钢管混凝土组合风电机组塔架结构实施例整体立面图。

[0017] 图2是本发明实施例中圆环形钢管混凝土塔筒节段立面图。

[0018] 图3是本发明实施例中底段圆环形钢管混凝土塔筒与基础连接局部示意图。

[0019] 图4是本发明实施例中圆环形钢管混凝土塔筒节段之间连接局部示意图。

[0020] 图5是本发明实施例中圆环形钢管混凝土塔筒水平剖面图。

具体实施方式

[0021] 本实施例为一座轮毂高度为150m的超高塔筒，其中上部为50m传统钢制塔筒2，下部由4段均为25m高的圆环形钢管混凝土塔筒段3组成的钢管混凝土塔筒，下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0022] 如图1~图5所示，本实施例中圆环形钢管混凝土组合风电机组塔架结构包括4段各25m高圆环形钢管混凝土塔筒段3组成。该超高塔筒风电机组由上至下依次为风机机头1、钢制塔筒2、钢管混凝土塔筒节段3以及风机基础4。

[0023] 所述钢制塔筒2由多节钢塔筒段连接构成。

[0024] 所述钢管混凝土塔筒段3设置内外双层钢管6、7,内外双层钢管壁厚均为18mm;在双层钢管的内壁焊接直径25mm的钢筋充当水平剪力键19和竖向剪力键20以增强混凝土的抗剪能力。钢管混凝土塔筒结构的双层钢管部分由工厂批量预制而成,塔筒外径4.3m,可满足公路运输要求;钢管混凝土塔筒段3的主体壁厚300mm,在内层钢管和外层钢管之间形成注浆空间;对应注浆空间,在各段钢管内侧钢板的靠近底部和中部位置处各开设2个灌浆孔12,在内侧钢板的靠近顶部位置处开设2个出浆孔13,双层钢管内的注浆空间采用高压灌浆方式灌注高强混凝土8以增加塔筒整体刚度。

[0025] 所述高强混凝土灌浆料同时兼具微膨胀性、自密实性、低气泡和高流动性,以解决混凝土凝结过程的收缩问题并能保证混凝土灌浆料在不加振捣的情况下自密达到设计要求。

[0026] 作为优选方案,本实施例中采用C50混凝土灌浆料。考虑到每段钢管混凝土塔筒段3高25m,一级泵送方案从塔筒段底部开始直接将混凝土输送顶升至顶部,连续灌注难度较大,混凝土的密实性难以保证;综合考虑采用二级泵送注浆,具体灌注方案如下:(1)灌注混凝土之前,先泵一次清水使双层钢管6、7的注浆空间内壁,保持干净湿润以减少泵送阻力的作用,灌浆前1h清除积水;(2)将一级泵和二级泵分别安置在钢管混凝土塔筒段3靠近底部和中部的灌浆孔12附近;(3)保持中部2个灌浆孔12和顶部2个出浆孔13打开状态,采用一级泵通过靠近底部的2个灌浆孔12同步灌注高强混凝土灌浆料,直至中部2个灌浆孔均出现冒浆;(4)封闭靠近底部的2个灌浆孔12,保持靠近顶部的2个出浆孔13打开状态,采用二级泵通过中部2个灌浆孔同步灌注,直至顶部2个出浆孔13均出现冒浆;(5)混凝土在顶升过程中无须振捣,只依靠泵送压力和混凝土的免振自密性达到密实;泵送过程可通过锤击法确定混凝土顶升高度,并通过控制泵送压力和流量确保同一塔筒高程处的混凝土泵送进度差不超过1m;(6)钢管内混凝土灌注应连续进行;(7)待出浆孔冒浆后,采用插入式振捣棒振捣若干次,管内混凝土不再下沉和冒气泡后,即可停止泵送灌浆,并对灌浆孔12和出浆孔13进行封闭处理。在现场施工机具和场地允许的情况下,各节段钢管混凝土塔筒段3的灌浆可同步或连续进行。

[0027] 所述钢管混凝土塔筒段3采用由下及上逐段吊装的方式安装,各节段钢管混凝土塔筒段3灌浆完成并等待混凝土8凝结至设计强度后方可进行吊装。

[0028] 如图3所示,底段钢管混凝土塔筒段3底部设置T型底法兰16,法兰厚度100mm,T型法兰16两侧通过基础锚栓17与风机基础4相连。

[0029] 如图1所示,底段钢管混凝土塔筒段3开设门洞5,门洞中心位于基础上表面3m处,门洞5内侧安装椭圆形门框18,门框厚度40mm,由2块半椭圆形钢板焊接而成。

[0030] 所述各段钢管混凝土塔筒段3通过L型法兰9和螺栓组件15相连,如图4所示,法兰厚度100mm。为了预留钢管混凝土塔筒节段之间的螺栓组件15安装空间,钢管混凝土塔筒内侧钢板7在距上下法兰1m处分别焊接上封板11和下封板10,使内层钢管7逐步过渡至与外层钢管6相交,交汇后的钢板14厚度36mm为内外层钢管厚度之和,以此保证塔筒整体强度和刚度要求。

[0031] 所述顶段钢管混凝土塔筒段3顶部设置L型法兰9,法兰厚度100mm,并通过螺栓组件15与上部常规钢制塔筒2连接。

[0032] 进一步地, 实施例中的所有焊缝需经打磨处理以消除残余应力, 所有螺栓组件15和基础锚栓17需进行防腐处理, 各节段塔筒连接处需涂抹防水密封胶。

[0033] 以上实施例仅为本发明的一种较优技术方案, 本领域的技术人员应当理解, 在不脱离本发明的原理和本质情况下可以对实施例中的技术方案或参数进行修改或者替换, 都应涵盖在本发明的保护范围之内。

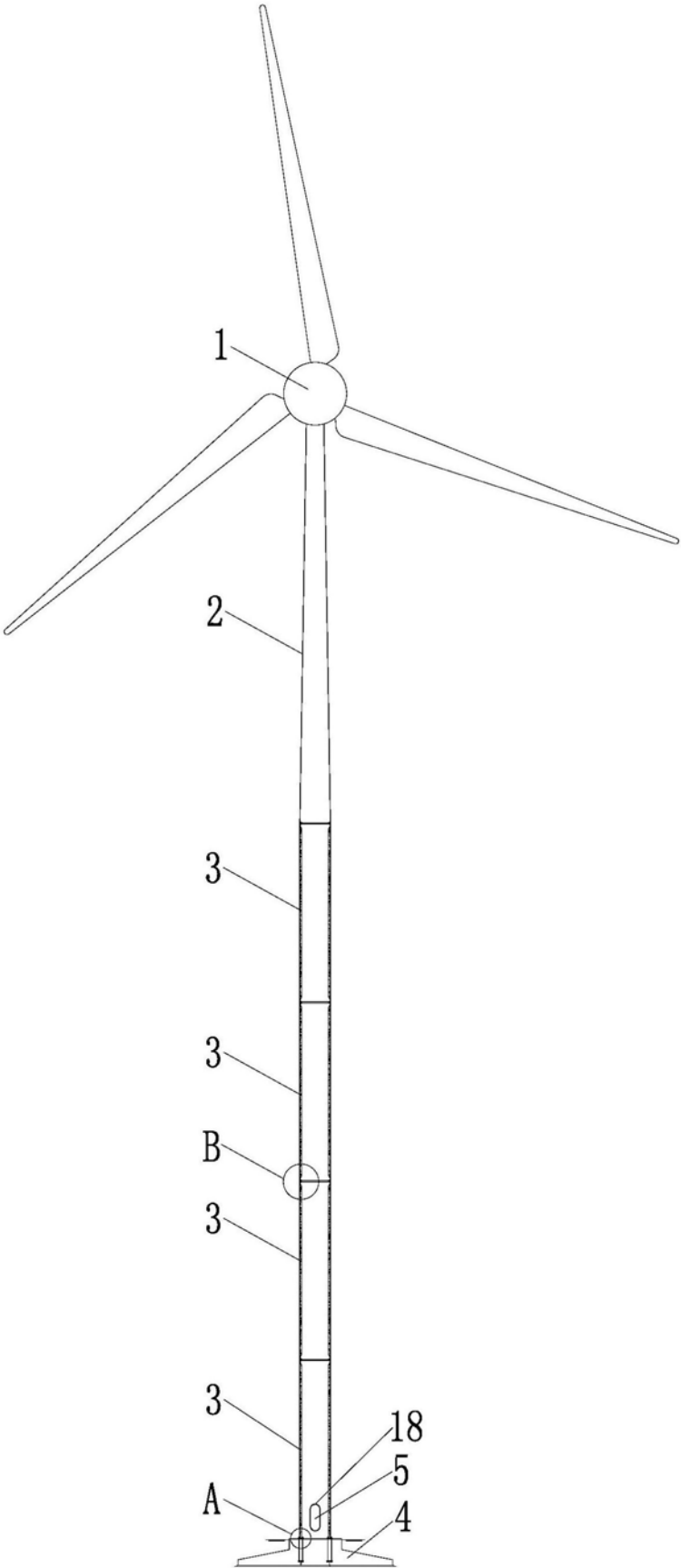


图1

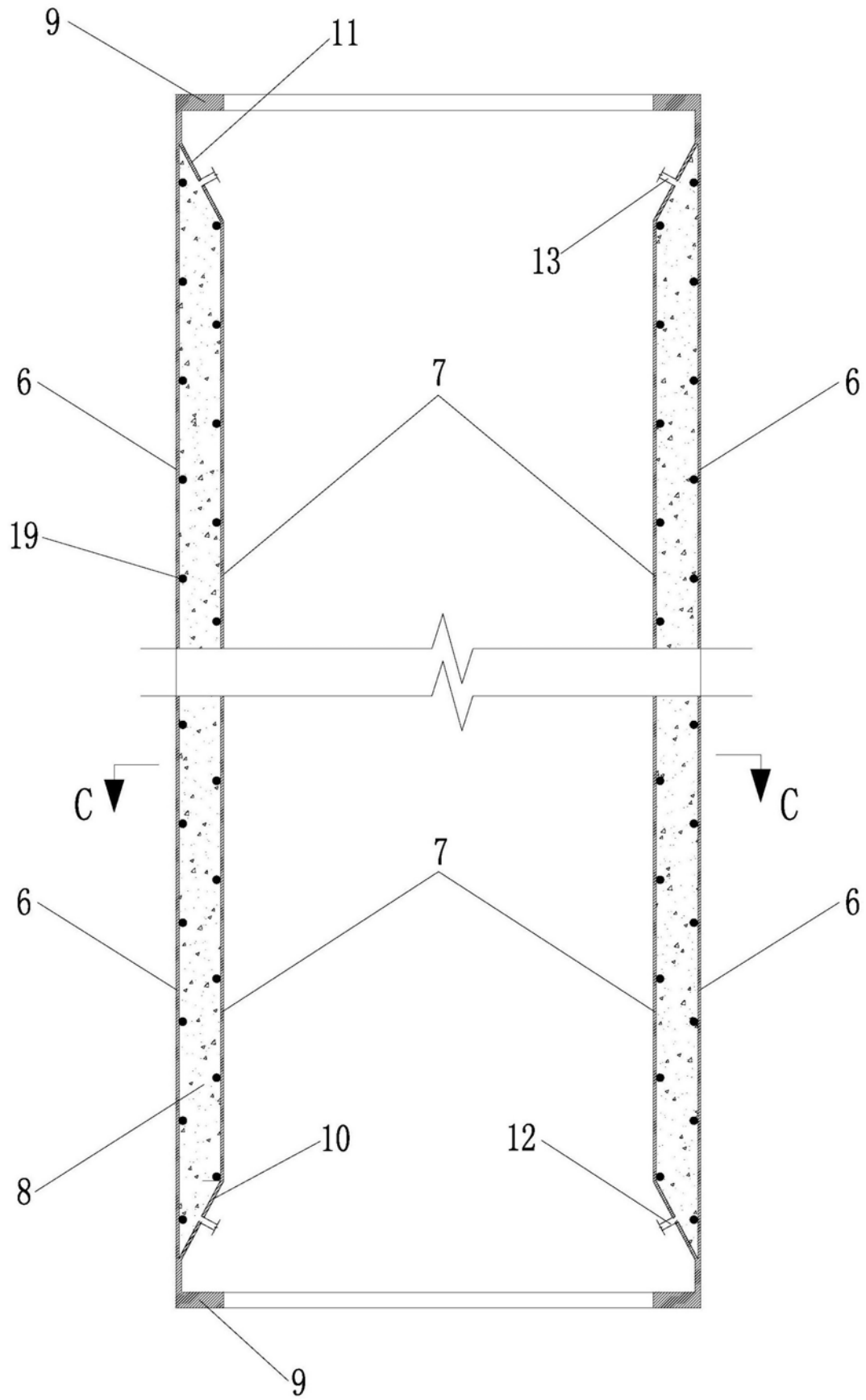


图2

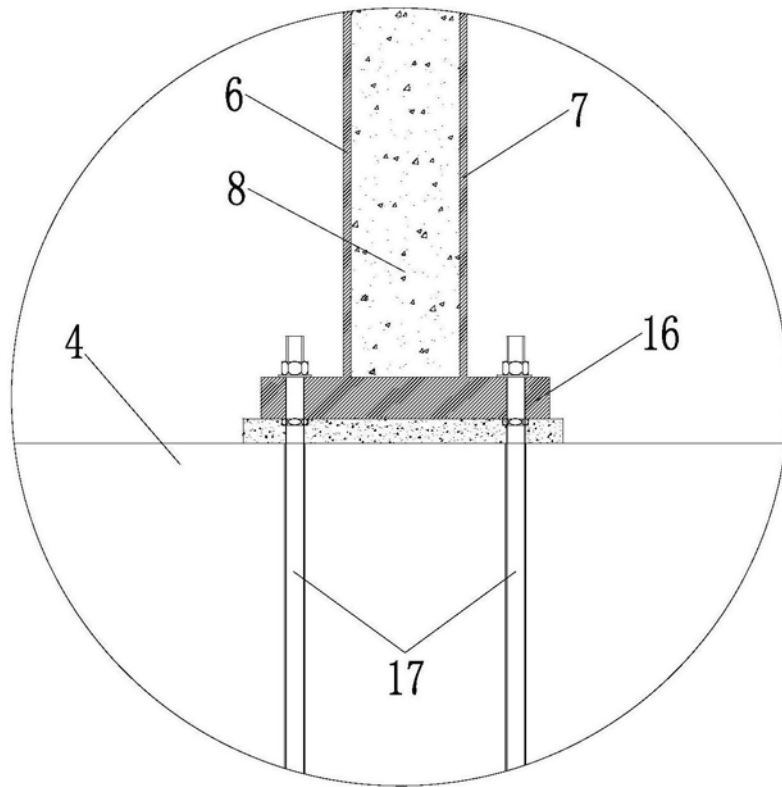


图3

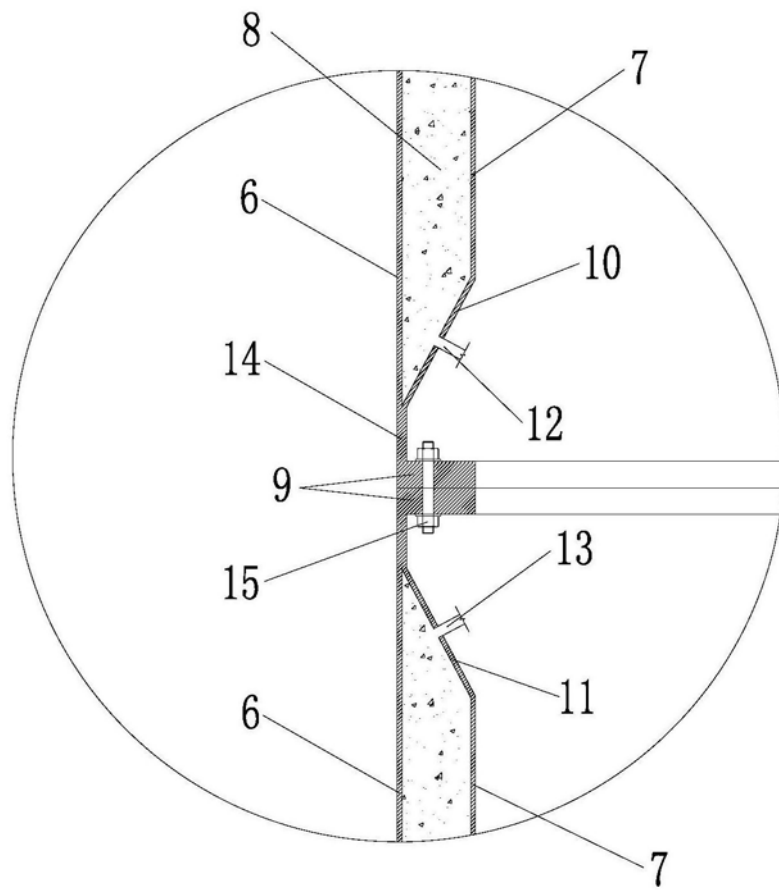


图4

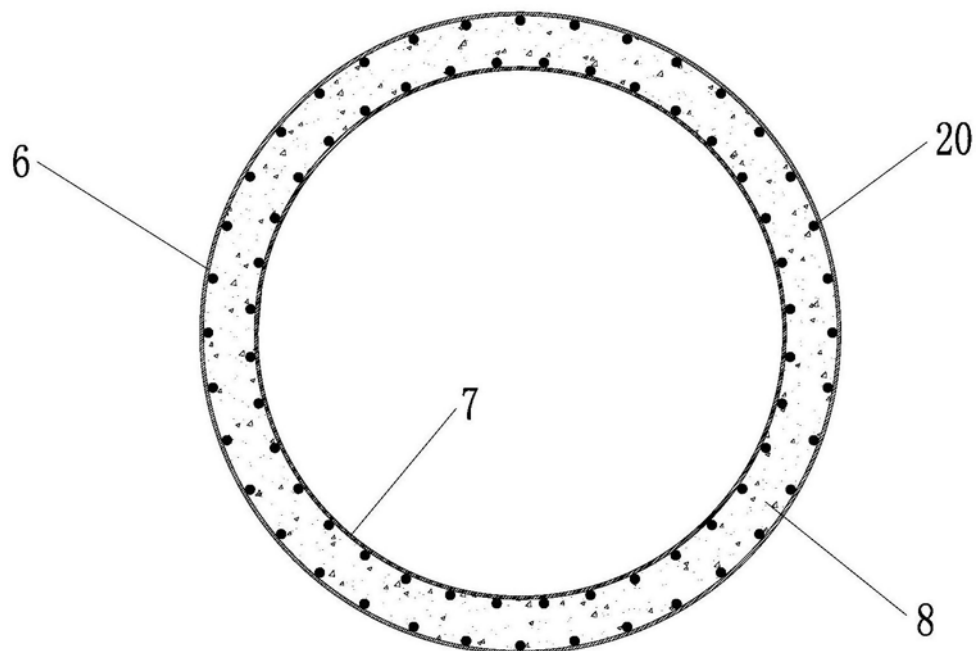


图5