



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107642040 A

(43)申请公布日 2018.01.30

(21)申请号 201710705945.7

(22)申请日 2017.08.17

(71)申请人 华东交通大学

地址 330013 江西省南昌市经济技术开发
区双港东大街808号

申请人 衡水益通管业股份有限公司
湖南路桥建设集团有限责任公司

(72)发明人 胡文韬 上官兴 石柱 徐立成
周杜 刘武 吉普 彭文轩 李东

(74)专利代理机构 北京润平知识产权代理有限
公司 11283

代理人 邹飞艳 张苗

(51) Int. Cl.

E01D 19/14(2006.01)

E01D 21/00(2006.01)

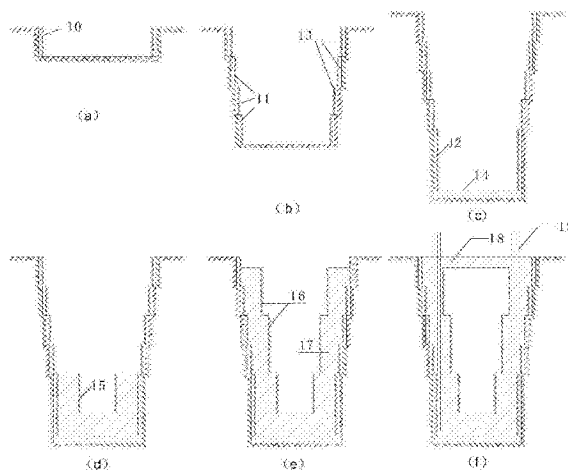
权利要求书1页 说明书10页 附图5页

(54)发明名称

超大直径空心群桩锚碇的施工方法碇

(57)摘要

本发明公开了一种超大直径空心群桩锚碇的施工方法,包括:1)由上而下开挖多个桩孔直至桩底;在开挖各个桩孔的同时在桩孔的内部设置外模,并且在孔壁与内部之间填充填石注浆;2)在外模的内部设置内模,接着将钢筋笼、注浆管设置于内模、外模之间,然后浇筑混凝土;3)通过注浆管对桩底进行二次注浆直至达到承载要求;4)在桩顶预埋承台连接钢筋,并安装封顶内模,对桩体进行封顶;待桩体及桩顶封顶混凝土达到强度后,安装承台模,最后浇筑承台以及锚固系统;其中,桩孔、内模、外模的口径自上而下均呈阶梯型递减。通过该施工方法建造而成的超大直径空心群桩锚碇具有优异的承载能力。



1. 一种超大直径空心群桩锚碇的施工方法,其特征在于,包括:

1) 由上而下开挖多个桩孔直至桩底:在开挖各个桩孔的同时在所述桩孔的内部设置外模,并且在孔壁与内部之间填充填石注浆(13);

2) 在所述外模的内部设置内模,接着将钢筋笼、注浆管(19)设置于所述内模、外模之间,然后浇筑混凝土(17);

3) 通过注浆管(19)对桩底进行二次注浆直至达到承载要求;

4) 在桩顶预埋承台连接钢筋,并安装封顶内模,对桩体进行封顶;待桩体及桩顶封顶混凝土达到强度后,安装承台模,最后浇筑承台(2)以及锚固系统;

其中,所述桩孔、内模、外模的口径自上而下均呈阶梯型递减。

2. 根据权利要求1所述的施工方法,其特征在于,在步骤1)中,所述桩孔的开挖是通过人工完成的。

3. 根据权利要求1所述的施工方法,其特征在于,所述外模、内模均是由波纹钢围堰组成,所述波纹钢围堰是由多块波纹钢通过螺栓(8)错位拼接而成。

4. 根据权利要求1所述的施工方法,其特征在于,在步骤2)中,在设置钢筋笼、注浆管(19)之前,所述施工方法还包括在所述桩孔的底部回填卵石砂石垫层(14)。

5. 根据权利要求1-4中任意一项所述的施工方法,其特征在于,在步骤2)中,在浇筑所述混凝土(17)之前,所述桩底的底部打设有岩石锚杆(20)至下部基岩中。

6. 根据权利要求1-4中任意一项所述的施工方法,其特征在于,所述施工方法还包括:在所述桩体(1)的侧壁上钻孔,然后将根腱式钢管钎通过孔延伸至岩土体(7)中。

7. 根据权利要求1-4中任意一项所述的施工方法,其特征在于,所述施工方法还包括:将砂石设置于所述桩体(1)的内腔中,并且所述砂石位于远离所述主缆(6)一侧。

8. 根据权利要求1-4中任意一项所述的施工方法,其特征在于,在步骤1)中,所述桩孔的开挖过程中,所述桩孔的内壁上还辅以泥浆护壁。

9. 根据权利要求1-4中任意一项所述的施工方法,其特征在于,在步骤1)中,在所有桩孔中,最顶部的桩孔深度不超过4m,其他的桩孔深度为3.9-4.1m;最底端的桩孔的直径为10m。

10. 根据权利要求1-4中任意一项所述的施工方法,其特征在于,在所述步骤1)中,在地下水充沛的区域,所述施工方法还包括进行围堰止水保护,同时在施工过程中坑底进行排水干燥。

超大直径空心群桩锚碇的施工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及悬索桥锚碇,具体地,涉及一种超大直径空心群桩锚碇的施工方法。

背景技术

[0002] 悬索桥的承重构件主要由主缆、桥塔和锚碇三部分组成。其中桥体结构的自重和主要荷载通过主缆传导至桥塔,而主缆两端仅由锚碇结构锚固,其内力通过锚碇传递到地基中,因此锚碇结构的承载能力是决定悬索桥的整体稳定性的关键构件。

[0003] 中国公路悬索桥重力式锚碇基础现状:国内最常用的锚碇承载方案是重力式锚碇,其承载原理是通过锚碇结构的自重来平衡锚索的竖向拉向,通过锚碇底部与地基之间摩擦力来平衡锚索的水平拉力。悬索桥锚碇的施工方案包括地下连续墙、沉井等方案,其特点包括:

[0004] (1) 地下连续墙锚碇施工方案

[0005] 这种方案最为常用,适用于多种地质条件。该方案首先进行地下连续墙围堰施工,在围堰施工完毕后在基坑中下放钢筋网,分层浇注混凝土,最后形成钢筋混凝土锚碇结构。其中地下连续墙的外包范围远大于锚碇结构的受力范围,与其他支护体系一样,其功能仅仅是挡土止水,并不参与分担主缆的荷载,造成了材料的极大浪费。同时地下连续墙施工需要采用铣槽机等专用机械,在地下水较丰富的地层施工时,还需要注意墙幅之间的咬合止水,对施工要求较高,因此造价比较昂贵。

[0006] (2) 沉井锚碇施工方案

[0007] 该方案是通过在大体积井筒内取土,井筒结构在自重作用下同步下沉形成基础结构。这种井筒结构体积巨大,整体性好,其承载能力可达数万吨级。然而受施工方法制约,井筒下沉过程中不可避免地切削了筒周土体,造成过大的相对位移,破坏了筒周土摩阻力,导致沉井基础竖向承载能力损失严重。且在施工过程中,沉井下沉所需自重常超出结构强度限值,在地质不均匀土层中施工容易倾斜,极难纠正。因此近年来沉井方案在悬索桥锚碇施工中的应用不多。

[0008] 从上述两种方案可以看到,重力式锚碇的普遍体积巨大,决定了其开挖量大,混凝土用量多,工期长,造价高的特点。以湖南在建某大型悬索桥为例(图10),其主缆拉力高达 $8.75 \times 10^5 \text{kN}$,一侧锚碇地处于粘性土风化岩地层,采用传统的地下连续墙重力式锚碇基础。该重力式锚碇混凝土用量高达16万方,占全桥混凝土总用量的90%,造价1.37亿,两岸锚碇总造价为全桥总造价的15%,可见其重要性。

[0009] 尽管重力式锚碇结构承载方案应用最广,然而其根本缺陷在于全面抛弃的土抗力和过大的自重。重力式锚碇承载原理是依靠其自身的巨大配重来平衡主缆的竖向分力,通过锚碇基础与基底面产生的摩阻力($f=0.2G$)或嵌固力来平衡主缆的水平分力,其中水平分力是主缆荷载的主要部分。在重力式锚碇方案设计中另一个非常重要的水平承载因素——锚碇受拉面土体的被动抗力被完全忽略了,因此为达到增大基底摩擦力的目的,锚碇体积必须要设计得非常大,不仅材料上造成过大浪费,而且过大的自重对基底持力层土

体的承载能力要求非常高,这一缺陷是导致重力式锚碇结构造价居高不下的最主要原因,阻碍了悬索桥的大范围推广。

[0010] (3) 群桩锚碇方案

[0011] 群桩基础由桩和承台两部分组成,适用于抗剪强度较高的地质条件,可充分发挥桩侧土抗力来抵抗水平荷载,是常用的水平承载方案。其荷载传递路线是上部荷载通过承台分配给各桩,基桩再把荷载传递到深层地基中,这一过程中桩身强度和桩周土抗力是决定水平承载能力的关键因素,桩身直径越大,则桩身强度越强。目前国内大直径桩钻机成孔直径极限为3~5m,不足以抵抗锚碇所受的数万吨主缆水平拉力,因此锚碇采用群桩基础承载方案需要桩径达10米以上的超大直径桩。

[0012] 根据结构力学原理,当承受均布荷载的基桩结构两端采用一端固支一端铰支方案时,桩身最大弯矩约为两端采用固支方案的1.5倍,因此水平承载的群桩基础必须尽量达到两端固支,以减小桩身内力。一般桩底通过嵌入基岩中可达到固支条件,而桩顶只有增大承台刚度才能满足固支条件,然而对于直径达10米以上的超大直径桩而言,满足桩顶固支连接要求的承台高度将达到数十米,这将大大增大承台体积,不利于结构优化。如采用空心桩构造,则满足固支条件的承台厚度可大大减小,空心桩方案不但减小了基础自重,节约了造价,而且相比实心桩而言其抗弯性能并未有较大降低。由此可见,基桩空心构造是锚碇基础超大直径群桩方案的必由之路。

[0013] 超大直径波纹钢围堰挖孔空心基桩方案的提升:锚碇群桩基础超大直径桩的施工方案需要满足两个原则:一是保证成孔过程不漏水不塌孔,二是不能对桩周土产生过大扰动,破坏土抗力。目前我国钻机技术已经发展到可以完成直径4~5m的大直径钻孔桩,但10m以上的超大直径桩目前还无法钻孔完成,施工技术尚不成熟且钻孔桩自重过大(自重达承载力的一半)是限制其发展的主要原因。这种施工方案对超大直径桩成孔过程中很难保证止水不塌孔,不能满足上述原则,不宜采用。

[0014] 安徽省高速公路总公司曾经提出在传统的沉井基础侧壁植入根键形成根式基础的承载方法(如图11所示,参见专利文献:根式基础及施工方法,专利号200610038147.5),这种方法和传统的沉井基础、桩基础不同,结构形式较复杂,与土体相互作用时受力机理尚不明确,沉降变形也难以预测。由于该方法还是基于沉井结构,施工过程中将切削土体,破坏土的侧摩阻力,且在筒壁打入的混凝土钎将对筒周土体产生明显扰动,破坏了土的抗力,因此本方案也不适用于超大直径桩成桩的施工。

发明内容

[0015] 本发明的目的是提供一种超大直径空心群桩锚碇的施工方法,该施工方法建造的超大直径空心群桩锚碇具有优异的承载能力,同时还具有节约钻孔桩体积、缩短工期的特点进而使其具有显著经济效益。

[0016] 为了实现上述目的,本发明提供了一种超大直径空心群桩锚碇,包括超大直径空心群桩、承台以及锚固系统;超大直径空心群桩由多根竖直设置的桩体有机组成,桩体的底端嵌固与岩土体中且上端嵌固于承台的底端的内部;锚固系统设置于承台的顶部以连接主缆;其中,桩体为空心桩体,并且桩体的内径与外径自上而下均呈阶梯型递减。

[0017] 本发明提供了一种超大直径空心群桩锚碇的施工方法,包括:

[0018] 1) 由上而下开挖多个桩孔直至桩底;在开挖各个桩孔的同时在桩孔的内部设置外模,并且在孔壁与内部之间填充填石注浆;

[0019] 2) 在外模的内部设置内模,接着将钢筋笼、注浆管设置于内模、外模之间,然后浇筑混凝土;

[0020] 3) 通过注浆管对桩底进行二次注浆直至达到承载要求;

[0021]) 在桩顶预埋承台连接钢筋,并安装封顶内模,对桩体进行封顶;待桩体及桩顶封顶混凝土达到强度后,安装承台模,最后浇筑承台以及锚固系统;

[0022] 其中,桩孔、内模、外模的口径自上而下均呈阶梯型递减。

[0023] 在上述技术方案中,本发明采用内模人工挖孔方案成功解决了超大直径桩成桩问题;锚碇基础超大直径空心群桩体系包括超大直径桩、承台以及连接主缆的锚固系统(包括上锚块、散索鞍和前支撑等部件)三部分。超大直径空心群桩作为系统的主要抗弯构件,底端嵌固在基岩中,顶端嵌固入承台一定深度。桩外径从上至下呈阶梯型递减,进入微风化岩达到不塌孔条件,桩径便不再变化,桩体内部为空心构造(施工图见图12);其核心技术是在钻孔桩内使用内、外模,外模与孔壁之间填石注浆形成钻埋空心桩;施工过程中可保证侧壁不垮,内、外模与桩结构可整体浇筑。从结构优化角度看,当桩底支于基岩中,可适当缩小底部桩径,形成上大下小的竖向变截面桩型。该型式无论是在钢材还是混凝土的用量上都更为节约,而且受力特征与人工挖孔施工方案完美统一,施工工艺更为成熟。

[0024] 相对于实心群桩,本发明具有以下优点:

[0025] 1) 更满足受力特征的空心构造

[0026] 对于群桩基础而言,为了有效分配上部荷载,充分发挥群桩承载能力,需要保证承台的尺寸必须与基桩的直径相对应,基桩越大则承台尺寸越大。同时为减小桩身最大弯矩,也要求桩端形成固支连接,承台刚度要远大于桩身刚度。超大直径桩外径可达到10米以上,基于以上考虑相对应的承台厚度将达到数十米,如此大体积的承台不但额外增加了锚碇基础的自重,对下部持力层的承载能力提出极大考验,而且浪费混凝土体积,增加了工程造价。为了解决承台过大的问题,基桩必须设置为空心结构,从而大幅减小了基桩尺寸和承台体积,有效解决了超大体积承台带来的不利影响。

[0027] 此外基桩作为抗弯的主要部件,其抗弯性能与抗弯截面惯性矩 I 直接相关。基桩空心构造的优势在于,虽然环形截面的净面积相比实心桩的圆形截面而言小了得多,但是截面惯性矩 I 的损失值非常微弱(例如桩内径取外径的一半,惯性矩仅损失了7%)。此外桩截面在受弯条件下,最大弯矩位于桩截面的外侧,为了充分发挥钢筋的抗拉性能,将受力主筋布置于截面上弯矩最大处,因此空心环形截面更有利用受力主筋的布置。

[0028] 2) 桩底二次压浆的实现

[0029] 过预埋的注浆孔对桩底高压压入混凝土浆,使得桩体产生微量上抬,相当于桩底施加了预应力。这一工艺不但对桩底土层进行了加固处理,大幅降低了桩身的工后沉降量。而且当持力层为硬实土层时,二次注浆反抬桩体相当于进行了一次空心桩的承载力试验,根据注浆压力 σ 和空心桩的上抬量 Δ 的对应关系可以反算得到桩体的容许承载力,用以验算单桩的设计承载力。而传统实心桩构造受过大自重和混凝土实体的巨大压力限制,混凝土浆液无法通过注浆管注入。二次压浆的实现是空心桩构造独有的一大优势。

[0030] 3) 受力特点与施工工艺相统一的阶梯形变截面构造

[0031] 当超大直径空心桩下端嵌固在基岩中,上端嵌固入承台底部一定深度后,桩身弯矩分布呈现上下两端大,中间小的特征。由于下端嵌入基岩,抗弯刚度较大,因此可对桩底截面进行优化,桩底直径可适当减小,以达到节约材料的目的。而桩顶直径较大,通过嵌入承台也能达成较大抗弯刚度。综上所述,将基桩直径由上至下设置为阶梯型递减方案,可充分发挥桩身的抗弯能力。从施工角度考虑,阶梯型变截面桩径不但有利于施工设备的吊装,而且更大程度保证上下相邻两环之间浇筑的紧密性,施工工艺更为简便。

[0032] 4) 波纹钢护壁人工挖孔施工

[0033] 超大直径桩的开挖施工,采用波纹钢围堰护壁加人工挖孔成孔方案。相比传统沉井基础而言,人工成孔方式对桩周土体的扰动最小,能最大限度地保留了桩周土的摩擦力,而且波纹钢围堰与周围土壁之间空隙浇筑混凝土后,桩周摩阻力可增大数倍。而传统钻机开挖成孔法不但受桩径的限制,在开挖过程中还需辅以泥浆护壁,泥浆将会削弱孔周土壁的摩阻力。相同地质条件下,沉井施工的侧摩阻力约为钻孔施工方案的0.3~0.5倍,而波纹钢护壁人工挖孔施工的侧摩阻力约为钻孔施工方案的1.3倍。因此,采用本方案成孔,桩周摩阻力发挥最充分,施工工艺也最为简便。

[0034] 具体应用过程中,在吉安市超大直径波纹钢围堰挖孔空心桩成功应用的基础上,把单桩施工技术引入到锚碇群桩基础中,根据锚碇结构的承载特性提出一种悬索桥超大直径空心群桩锚碇结构方案及施工方法。这一结构形式不但能充分调动桩周土体的被动抗力、桩底土摩擦力和刚性承台受拉侧的土抗力,而且空心构造在不损失承载能力的前提下减轻了30%左右的自重,形成了一套安全合理,经济有效的新型悬索桥锚碇基础设计方案。

[0035] 本发明的其他特征和优点将在随后的具体实施方式部分予以详细说明。

附图说明

[0036] 附图是用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与下面的具体实施方式一起用于解释本发明,但并不构成对本发明的限制。在附图中:

[0037] 图1是本发明提供的超大直径空心群桩锚碇的优选实施方式的结构示意图;

[0038] 图2是本发明提供的超大直径空心群桩锚碇的水平承载示意图;

[0039] 图3是本发明提供的超大直径空心群桩锚碇的平面示意图;

[0040] 图4是图3中A部分的剖视放大图;

[0041] 图5是图1中超大直径空心群桩的平面示意图;

[0042] 图6是本发明提供的波纹钢以及螺栓的组装结构示意图;

[0043] 图7是本发明提供的波纹钢围堰的平面示意图;

[0044] 图8是本发明提供的波纹钢围堰的立体结构图;

[0045] 图9是本发明提供的超大直径空心群桩锚碇的施工流程示意图;

[0046] 图10是现有技术中悬索桥重力式锚碇构的结构示意图;

[0047] 图11是现有技术中根式基础的结构示意图;

[0048] 图12是本发明提供的超大直径空心群桩锚碇的施工现场图。

[0049] 附图标记说明

[0050] 1、桩体 2、承台

[0051] 3、上锚块 4、散索鞍

[0052]	5、前支撑块	6、主缆
[0053]	7、岩土体	8、螺栓
[0054]	10、首层波纹钢围堰	11、中层波纹钢围堰
[0055]	12、底层波纹钢围堰	13、填石注浆
[0056]	14、卵石砂石垫层	15、底段波纹钢内模
[0057]	16、中间段波纹钢内模	17、混凝土
[0058]	18、封顶混凝土	19、注浆管
[0059]	20、岩石锚杆	

具体实施方式

[0060] 以下结合附图对本发明的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是，此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本发明，并不用于限制本发明。

[0061] 在本发明中，在未作相反说明的情况下，“内、外、上、下包含在术语中的方位词仅代表该术语在常规使用状态下的方位，或为本领域技术人员理解的俗称，而不应视为对该术语的限制。

[0062] 本发明提供了一种超大直径空心群桩锚碇，如图1-5以及图9所示包括超大直径空心群桩、承台2以及锚固系统；超大直径空心群桩由多根竖直设置的桩体1有机组成，桩体1的底端嵌固与岩土体7中且上端嵌固于承台2的底端的内部；锚固系统设置于承台2的顶部以连接主缆6；其中，桩体1为空心桩体，并且桩体1的内径与外径自上而下均呈阶梯型递减。

[0063] 在上述超大直径空心群桩锚碇，通过将桩体1上而下均呈阶梯型递减的设置，对于群桩基础而言，为了有效分配上部荷载，充分发挥群桩承载能力，需要保证承台的尺寸必须与基桩的直径相对应，基桩越大则承台尺寸越大。同时为减小桩身最大弯矩，也要求桩端形成固支连接，承台刚度要远大于桩身刚度。超大直径桩外径可达到10米以上，基于以上考虑相对应的承台厚度将达到数十米，如此大体积的承台不但额外增加了锚碇基础的自重，对下部持力层的承载能力提出极大考验，而且浪费混凝土体积，增加了工程造价。为了解决承台过大的问题，基桩必须设置为空心结构，从而大幅减小了基桩尺寸和承台体积，有效解决了超大体积承台带来的不利影响。

[0064] 此外基桩作为抗弯的主要部件，其抗弯性能与抗弯截面惯性矩I直接相关。基桩空心构造的优势在于，虽然环形截面的净面积相比实心桩的圆形截面而言小了得多，但是截面惯性矩I的损失值非常微弱（例如桩内径取外径的一半，惯性矩仅损失了7%）。此外桩截面在受弯条件下，最大弯矩位于桩截面的外侧，为了充分发挥钢筋的抗拉性能，将受力主筋布置于截面上弯矩最大处，因此空心环形截面更有利用受力主筋的布置。

[0065] 在本发明中，桩体1的内部结构可以在宽的范围选择，但是为了使得超大直径空心群桩锚碇具有更优异的力学性能，优选地，桩体1包括外模、内模；外模设置于桩周土以及内模之间；外模、桩周土之间设置有填石注浆13，外模、内模之间设置有钢筋笼并浇筑有混凝土17；更优选地，如6-8所示，外模、内模均是由波纹钢围堰组成，波纹钢围堰是由多块波纹钢通过螺栓8错位拼接而成。

[0066] 波纹钢围堰与周围土壁之间空隙浇筑混凝土后，桩周摩阻力可增大数倍。而传统

钻机开挖成孔法不但受桩径的限制,相同地质条件下,沉井施工的侧摩阻力约为钻孔施工方案的0.3~0.5倍,而波纹钢护壁人工挖孔施工的侧摩阻力约为钻孔施工方案的1.3倍。因此,采用本方案成孔,桩周摩阻力发挥最充分,施工工艺也最简便。

[0067] 在上述实施方式中,为了进一步提高超大直径空心群桩锚碇的性能,优选地,外模、内模之间内预设有注浆管19;注浆管19的一端能够延伸至桩体1的外部,另一端延伸至设置于桩壁的底部以使得混凝土浆能够通过注浆管19对桩体1进行二次注浆。

[0068] 过预埋的注浆孔对桩底高压压入混凝土浆,使得桩体产生微量上抬,相当于桩底施加了预应力。这一工艺不但对桩底土层进行了加固处理,大幅降低了桩身的工后沉降量。而且当持力层为硬实土层时,二次注浆反抬桩体相当于进行了一次空心桩的承载力试验,根据注浆压力 σ 和空心桩的上抬量 Δ 的对应关系可以反算得到桩体的容许承载力,用以验算单桩的设计承载力。而传统实心桩构造受过大自重和混凝土实体的巨大压力限制,混凝土浆液无法通过注浆管注入。二次压浆的实现是空心桩构造独有的一大优势。

[0069] 在上述实施方式中,为了进一步提高超大直径空心群桩锚碇的性能,优选地,注浆管19延伸至承台2内部。当超大直径空心桩下端嵌固在基岩中,上端嵌固入承台底部一定深度后,桩身弯矩分布呈现上下两端大,中间小的特征。由于下端嵌入基岩,抗弯刚度较大,因此可对桩底截面进行优化,桩底直径可适当减小,以达到节约材料的目的。而桩顶直径较大,通过嵌入承台也能达成较大抗弯刚度。由此可见,将基桩直径由上至下设置为阶梯型递减方案,可充分发挥桩身的抗弯能力。从施工角度考虑,阶梯型变截面桩径不但有利于施工设备的吊装,而且更大程度保证上下相邻两环之间浇筑的紧密性,施工工艺更为简便。

[0070] 在本发明中,为了进一步提高超大直径空心群桩锚碇的性能,优选地,桩体1的底部的混凝土的底部回填有卵石砂石垫层14。卵石砂石垫层14的设置能够更加便于桩体1的底部的混凝土的浇筑;在桩底遇到岩层无法继续开挖时,可采用爆破开挖。

[0071] 同时,在本发明中,为了进一步提高超大直径空心群桩锚碇的抗拔效果,优选地,桩体1的底部的混凝土内设置有岩石锚杆20,并且岩石锚杆20延伸至下部基岩中。当基础位于深埋基岩上,桩底无法嵌入基岩中形成固结端。为了使桩底受力稳定,可在承受上拔力的基桩桩底开孔,打设岩石锚杆20贯入下部基岩中,再分层浇筑成桩,锚杆提供拉力抵抗主缆拉力引起的过大弯矩。空心桩构造便于锚杆施工,在一定程度上可以形成有效的抗拔体系。

[0072] 此外,为了进一步提高基桩承载力,优选地,桩体1的侧壁上钻设有钻孔,钻孔内设置有根腱式钢管钎且根腱式钢管钎延伸出桩体1的外部以形成根腱式基础。当基桩承载力不足时,可在空心桩内壁钻孔,用千斤顶向孔外顶出根腱式钢管钎,形成根腱式群桩基础,用以补救基桩承载力不足的缺陷。

[0073] 进一步地,为了进一步提高超大直径空心群桩锚碇的弯矩抵抗力,优选地,在远离主缆6的桩体1的内腔中填充有砂石。当主缆的拉力过大,且锚碇群桩基础依靠自重产生的抵抗弯矩无法抗衡主缆施加的弯矩时,可在受拉侧(远离主缆端)空心基桩中填充砂石,通过增大这一部分基桩的自重来提高锚碇基础的弯矩抵抗力。这一方案中砂石填充物的作用仅仅是增加桩体的配重,不参与基桩的抗弯作用,因此不会影响承台的荷载分配,同样也不会导致过大的承台尺寸。

[0074] 在上述超大直径空心群桩锚碇中,锚固系统的具体结构可以在宽的范围内选择,

但是为了进一步提高超大直径空心群桩锚碇锚固效果,优选地,锚固系统包括上锚块3、散索鞍4和前支撑块5,上锚块3、前支撑块5间隔设置于承台2的顶部,散索鞍4位于上锚块3、前支撑块5的顶部且位于上锚块3、前支撑块5之间,散索鞍4的顶部与主缆6相连接。这样,上锚块3、散索鞍4和前支撑块5三者之间的配合形成的导力体系便可有效将上部主缆6的拉力传导至承台2,进而提高锚碇的承载能力。

[0075] 同时,在本发明中,空心群桩中各桩体1的组合形式多变,但是为了便于施工,优选地,如图5所示,多根桩体1的分布形式为:横向与纵向垂直交错分布。超大直径空心群桩成规则矩形阵列布置,不仅能够使得桩间距的设置满足群桩效应的要求,同时也达到了不影响相邻桩体的开挖施工的目的。

[0076] 在本发明为了进一步提高超大直径空心群桩锚碇的效果,优选地,桩周土的内壁上敷设有泥浆。在开挖过程中还需辅以泥浆护壁,泥浆将会削弱孔周土壁的摩阻力,进而使得桩周摩阻力发挥最充分,施工工艺也最为简便。

[0077] 本发明还提供了一种超大直径空心群桩锚碇的施工方法,如图9所示,包括:

[0078] 1) 由上而下开挖多个桩孔直至桩底:在开挖各个桩孔的同时在桩孔的内部设置外模,并且在孔壁与内部之间填充填石注浆13;机械成孔的速度取决于取土速度,为高效取土,可在桩顶两侧设置龙门吊抓斗代替挖掘机取土。开挖首段桩孔并拼首层波纹钢围堰10作为内衬围堰,首段开挖深度一般不超过4m无支护安全深度。及时往首层波纹钢围堰10与孔壁之间填石注浆13,同时开挖第二节段缩颈基坑。完成第二节段波纹钢拼装成中层波纹钢围堰后,在其周边填石压浆13,再开挖第三段缩颈基坑,重复第一、二节段桩孔开挖步骤,直至孔底拼装底层波纹钢围堰12并填石压浆13。土方开挖与波纹钢的拼装需保持同步进行,两部分的施工工序和速度要合理安排。在地下水充沛的地区还需做好围堰止水防护,施工过程中坑底及时排水干燥。

[0079] 多桩可同步进行开挖,开挖工序宜平面错位开挖,以免开挖间距过小影响相邻桩侧土稳定性,导致塌孔。开挖首段桩孔并拼装第一节段围堰(图9中a部分),无地下水影响的区域可直接采用波纹钢作为首段的围堰10。在第一节段围堰完工后,应立即在围堰与桩周土之间区域填石注浆13,同时开挖第二节段缩颈基坑,第二节段桩孔缩颈直径为1m,无支护开挖深度宜为4m左右。完成第二节段波纹钢围堰拼装后,在其周边填石压浆,再开挖其余节段缩颈基坑,拼装中间段围堰11(图9中b部分)。重复第一、二节段围堰施工,缩颈到10m后不再继续缩颈,直至完成最底段波纹钢围堰12(图9中c部分)。

[0080] 2) 在外模的内部设置内模,接着将钢筋笼、注浆管19设置于内模、外模之间,然后浇筑混凝土17;待孔底混凝土强度达标后,吊放相应管节的波纹钢内模,注浆管19和内模(由上而下包括底段波纹钢内模15、中间段波纹钢内模16)共同捆扎,同步沉放。注浆管在平面上放置于桩壁中心,即内外纵向钢筋之间,埋入不取出,可作为主筋使用。在内模与孔壁之间下放钢筋笼并通过注浆管浇筑混凝土17,形成空心桩实体部分。重复安装空心内模、下放钢筋笼并浇筑混凝土的步骤,直至完成整个空心桩体的浇筑。

[0081] 开挖到空心桩底端后,浇筑素封底混凝土垫层,并绑扎钢筋,钢筋上绑扎注浆管,浇筑底部混凝土。待混凝土有一定强度以后,安装底端空心桩内模15,下放钢筋笼并浇筑混凝土17(图9中d部分)。重复安装中间段波纹钢空心内模16,下放钢筋笼并浇筑混凝土的步骤,直至完成整个桩体壁的浇筑(图9中e部分)。

[0082] 3) 通过注浆管19对桩底进行二次注浆直至达到承载要求;在桩侧压浆 60天后,可以通过桩底压浆孔对桩底填石层进行二次压浆,压浆过程中检测并记录水泥浆的压力数据以及空心桩的上抬量,用以核算空心桩的承载能力。通过控制浆液压力和注浆量,能使桩端一定范围的强度和刚度得到充分提高,不但增大端承载力,还同时提高桩侧摩阻力。

[0083] 4) 在桩顶预埋承台连接钢筋,并安装封顶内模,对桩体进行封顶;待桩体及桩顶封顶混凝土达到强度后,安装承台模,最后浇筑承台2以及锚固系统;其中,桩孔、内模、外模的口径自上而下均呈阶梯型递减。在桩顶预埋承台的连接钢筋,然后安装封顶内模,对桩体进行封顶得到封顶混凝土18。群桩施工完毕后,待桩体及桩顶封顶混凝土达到一定强度后,安装承台模,浇筑承台。在桩顶预埋承台的连接钢筋,然后安装封顶内模,对桩体进行封顶(图9中f部分)。待桩体及桩基封顶混凝土达到一定强度后,安装承台模,浇筑承台2、上锚块3、散索鞍4及前支撑5。

[0084] 在本施工方法中,为了进一步减小对桩周土体的扰动,优选地,在步骤 1) 中,桩孔的开挖是通过人工完成的。相比传统沉井基础而言,人工成孔方式对桩周土体的扰动最小,能最大限度地保留了桩周土的摩擦力。

[0085] 在本发明中,桩体1的内部结构可以在宽的范围内选择,但是为了使得超大直径空心群桩锚碇具有更优异的力学性能,优选地,外模、内模均是由波纹钢围堰组成,波纹钢围堰是由多块波纹钢通过螺栓8错位拼接而成。

[0086] 在上述施工方法中,为了进一步便于桩体1的底部的混凝土的浇筑,优选地,在步骤2) 中,在设置钢筋笼、注浆管19之前,施工方法还包括在桩孔的底部回填卵石砂石垫层14。在开挖至坑底后,回填卵石砂石垫层至孔底标高,绑扎桩底钢筋网,浇筑底层混凝土。在桩底遇到岩层无法继续开挖时,可采用爆破开挖。

[0087] 同时,在本发明中,为了进一步提高超大直径空心群桩锚碇的抗拔效果,优选地,在步骤2) 中,在浇筑混凝土17之前,桩底的底部打设有岩石锚杆 20至下部基岩中。当基础位于深埋基岩上,桩底无法嵌入基岩中形成固结端。为了使桩底受力稳定,可在承受上拔力的基桩桩底开孔,打设岩石锚杆20 贯入下部基岩中,再分层浇筑成桩,锚杆提供拉力抵抗主缆拉力引起的过大弯矩。空心桩构造便于锚杆施工,在一定程度上可以形成有效的抗拔体系。

[0088] 此外,为了进一步提高基桩承载力,优选地,该施工方法还包括:在桩体1的侧壁上钻孔,然后将根腱式钢管钎通过孔延伸至岩土体7中。当基桩承载力不足时,可在空心桩内壁钻孔,用千斤顶向孔外顶出根腱式钢管钎,形成根腱式群桩基础,用以补救基桩承载力不足的缺陷。

[0089] 进一步地,为了进一步提高超大直径空心群桩锚碇的弯矩抵抗力,优选地,该施工方法还包括:将砂石设置于桩体1的内腔中,并且砂石位于远离主缆6一侧。当主缆的拉力过大,且锚碇群桩基础依靠自重产生的抵抗弯矩无法抗衡主缆施加的弯矩时,可在受拉侧(远离主缆端)空心基桩中填充砂石,通过增大这一部分基桩的自重来提高锚碇基础的弯矩抵抗力。这一方案中砂石填充物的作用仅仅是增加桩体的配重,不参与基桩的抗弯作用,因此不会影响承台的荷载分配,同样也不会导致过大的承台尺寸。

[0090] 在上述施工方法中,为了进一步保证周土壁的摩阻力,优选地,在步骤 1) 中,桩孔的开挖过程中,桩孔的内壁上还辅以泥浆护壁。在开挖过程中还需辅以泥浆护壁,泥浆将会

削弱孔周土壁的摩阻力。

[0091] 同时,为了在施工过程中的挖孔安全,优选地,在步骤1)中,在所有桩孔中,最顶部的桩孔深度不超过4m,其他的桩孔深度为3.9-4.1m;最底端的桩孔的直径为10m。

[0092] 最后,在上述施工方法中,为了进一步地保证桩孔的安全,优选地,在步骤1中,在地下水充沛的区域,施工方法还包括进行围堰止水保护,同时在施工过程中坑底进行排水干燥。

[0093] 以下通过实施例进一步对本发明进行阐述,具体如下:

[0094] 以湖南省某在建主跨1480m悬索桥工程为例,具有以下特点:

[0095] 1) 创新技术含量高,经济效益好。六大特点,七大工艺,属世界首创

[0096] 与原方案重力式锚碇(地下连续墙围堰)相比,超大直径空心桩锚碇砼体积节省近4万立方米,锚碇岩石土体挖方量减少2/3,工期可缩短一半。总概算费用约低20%,其经济效益十分显著。超大直径空心桩锚碇基础有更大的水平承载能力,承载过程中充分利用了桩周土抗力,通过大直径桩体和承台两部分与土体的相互作用来抵抗锚索水平拉力。此外,采用空心构造不但有效利用了桩身抗弯强度,减轻了自重,而且大量节约了混凝土材料和工程造价,具体见表1。

[0097] 表1

[0098]

方案		比较	砼体积(万 m ³)	钢结构重量(吨)	含筋率	概算(亿元)
A	挖孔空心群 桩锚碇	挖孔桩	3.29	钢筋 1530、波纹钢 围堰 1150	0.58%	1.10 (80%)
		承台	4.48	1792		
		小计	7.77(66%)	4472(101%)		
B	地下连续墙围堰重力 式锚碇基础		11.74(100%)	4432(100%)	0.38%	1.37 (100%)

[0099] 本发明选用刚度大、薄壁的波纹钢作为超大直径桩基的内模,同比平钢板用量减少一半,同时波纹钢围堰与土壁通过混凝土粘结,产生的巨大摩擦力比一般卵石土层摩阻力还要大1.5倍以上。

[0100] 2) 施工工艺简便

[0101] 相对于沉井和地下连续墙等大体积围堰施工方案,超大直径群桩基础的桩基数量少,可多桩同时开工,施工速度更快。基坑可直接采用挖机施工,成孔简单,施工速度快,工艺简便。波纹钢围堰施工无需专用施工设备,费用低。在施工进度、节能环保、质量控制、工程造价等方面,本发明具有独特的优势。

[0102] 3) 灵活的工后补救方案

[0103] 空心桩的另一大优势在于工后补救。成桩承载力如未能达到设计要求,可以在空心桩内壁钻孔,用千斤顶向孔外顶出根键式钢管钎,形成根键式基础,用以补救桩体承载力不足的缺陷,这与实体桩成桩后缺陷无药可救形成鲜明对比。此外,为平衡弯矩,群桩可部分相对于实心构造而言,空心构造的补强方案灵活多变,适应于多种工况。

[0104] 综上所述,超大直径空心桩锚碇基础成孔设备简单、针对不同地质具有较强的适用性,工艺简便,经济效益好。波纹钢围堰相比传统钢筋砼沉井和双壁钢围堰质量轻、耗材

少、所需吊装设备简易。在施工进度、节能环保、质量控制、造价等方面兼具优势。

[0105] 以上结合附图详细描述了本发明的优选实施方式,但是,本发明并不限于上述实施方式中的具体细节,在本发明的技术构思范围内,可以对本发明的技术方案进行多种简单变型,这些简单变型均属于本发明的保护范围。

[0106] 另外需要说明的是,在上述具体实施方式中所描述的各个具体技术特征,在不矛盾的情况下,可以通过任何合适的方式进行组合,为了避免不必要的重复,本发明对各种可能的组合方式不再另行说明。

[0107] 此外,本发明的各种不同的实施方式之间也可以进行任意组合,只要其不违背本发明的思想,其同样应当视为本发明所公开的内容。

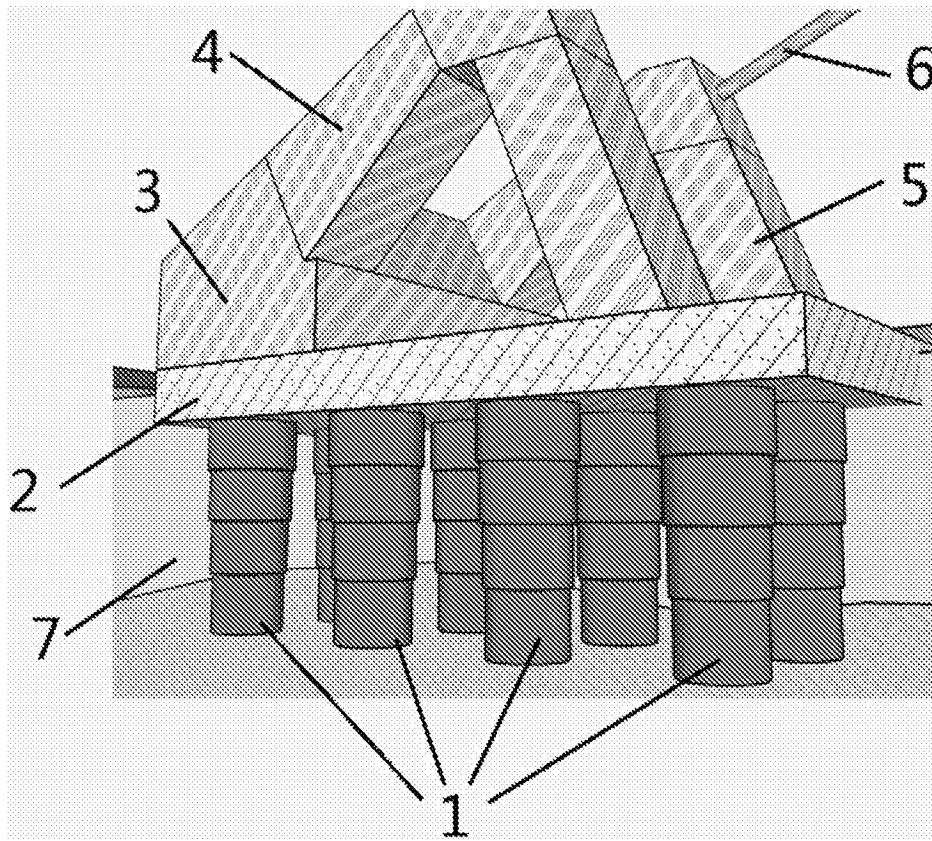


图1

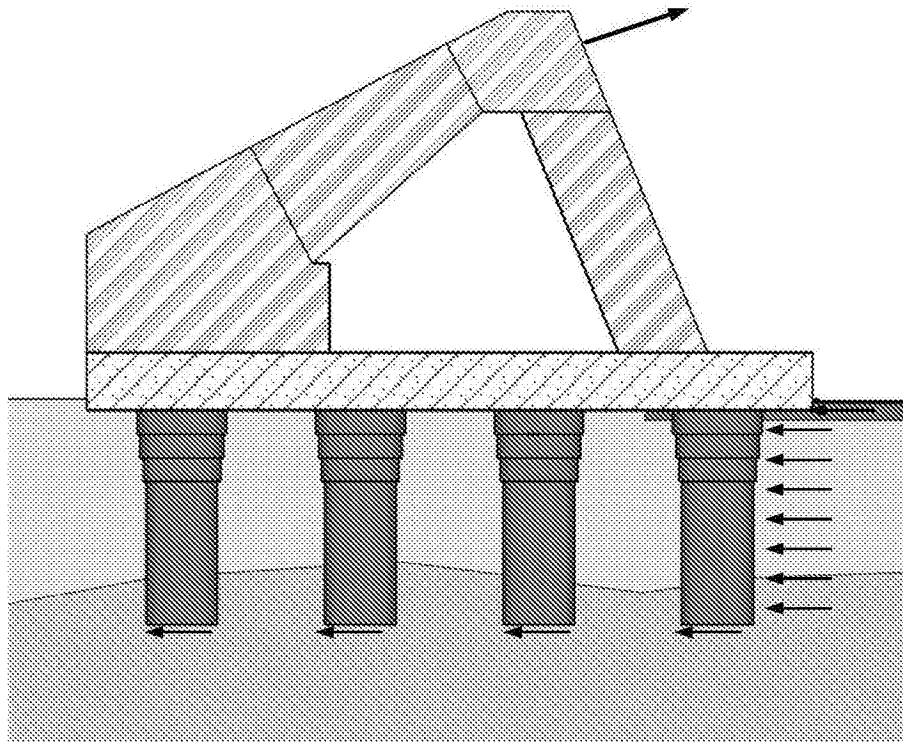


图2

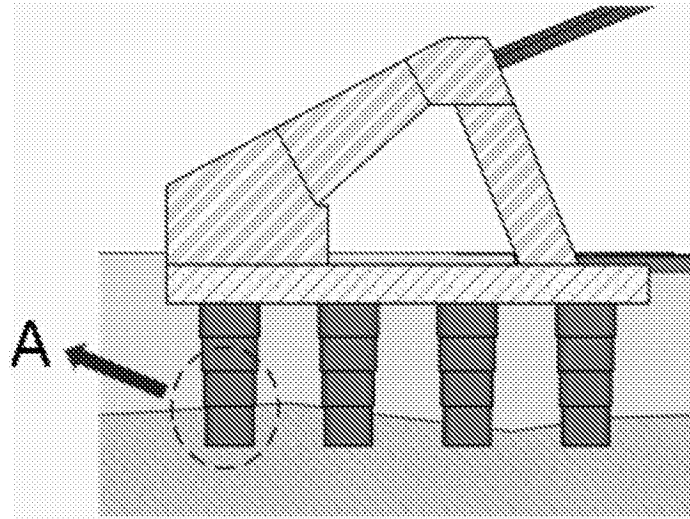


图3

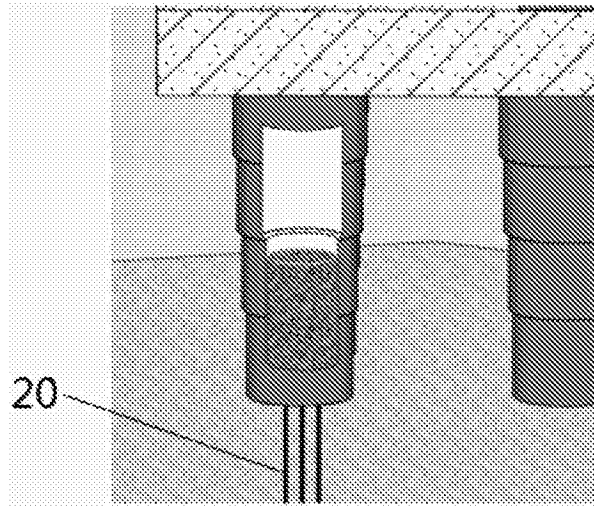


图4

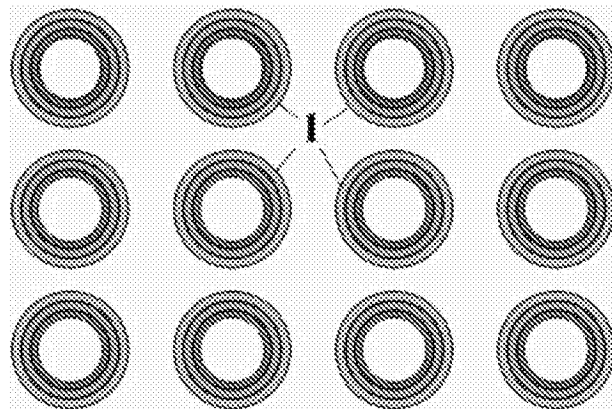


图5

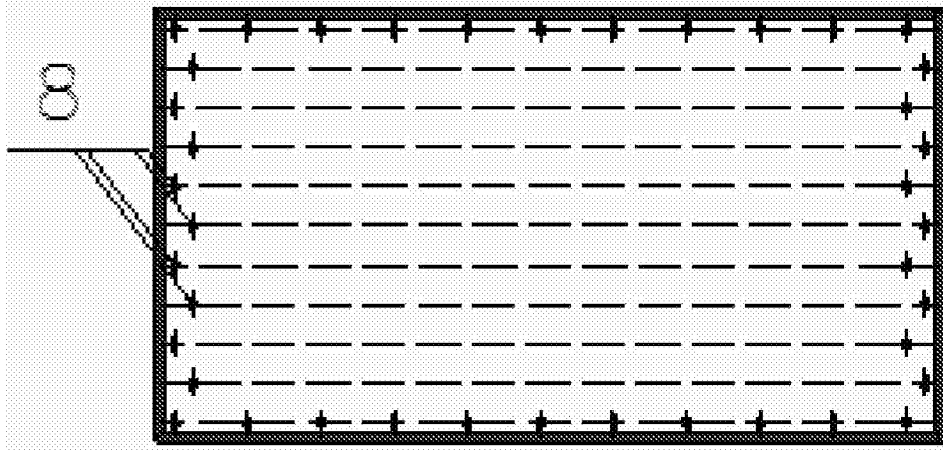


图6

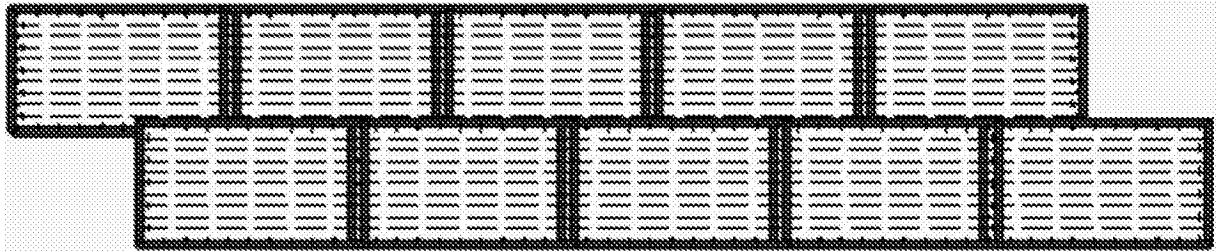


图7

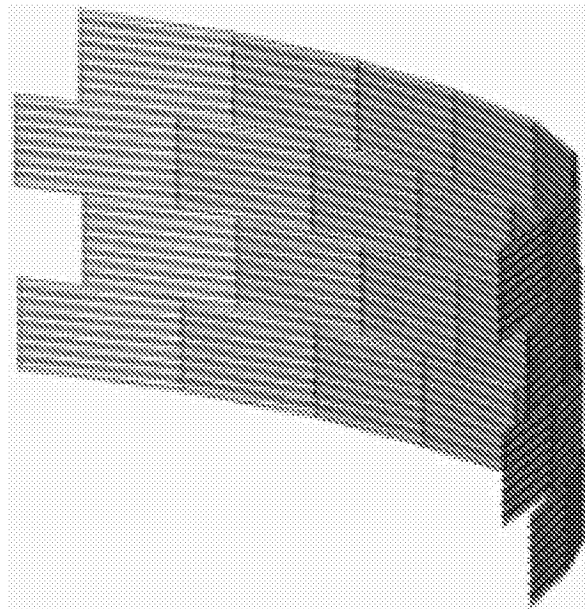


图8

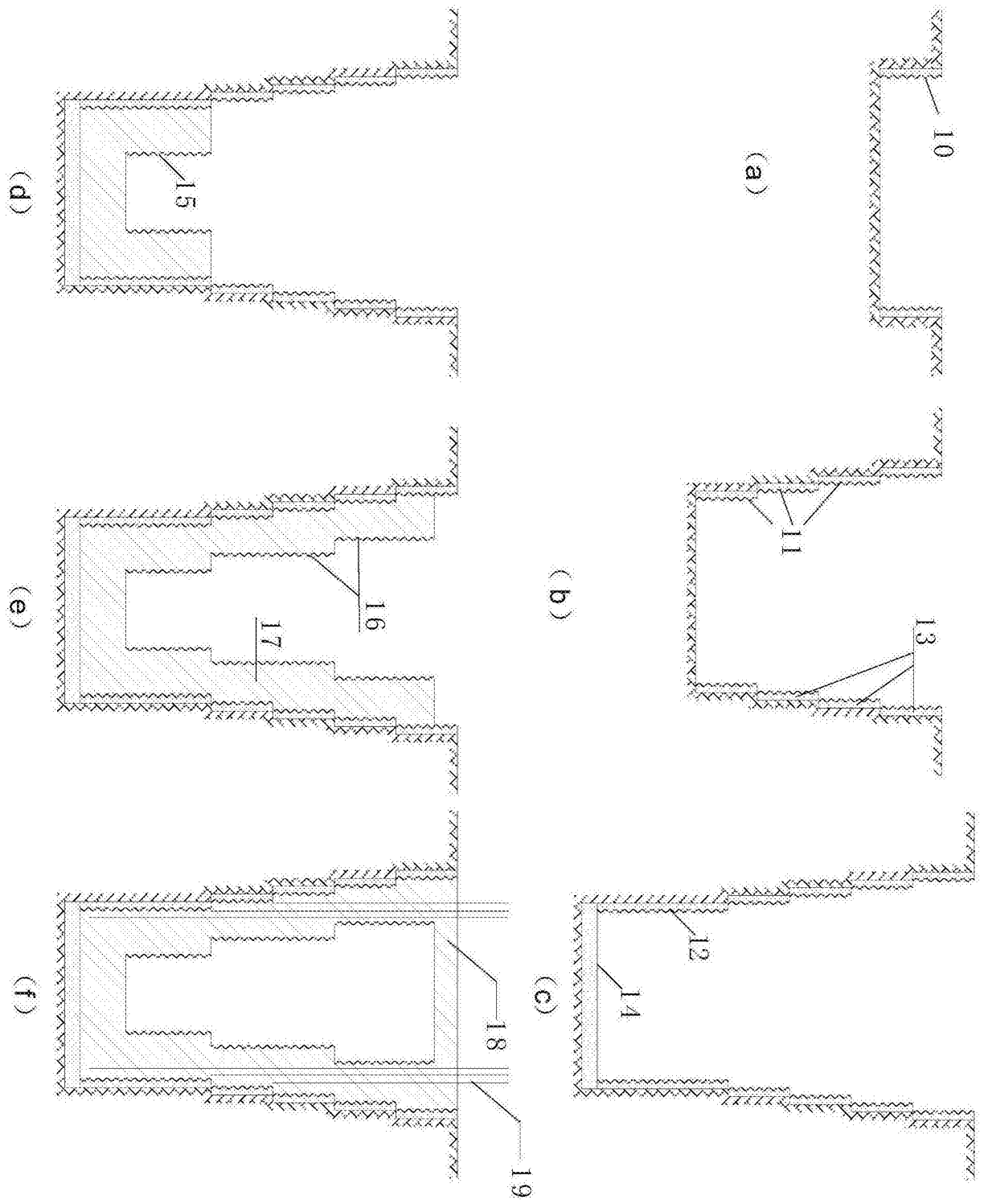


图9

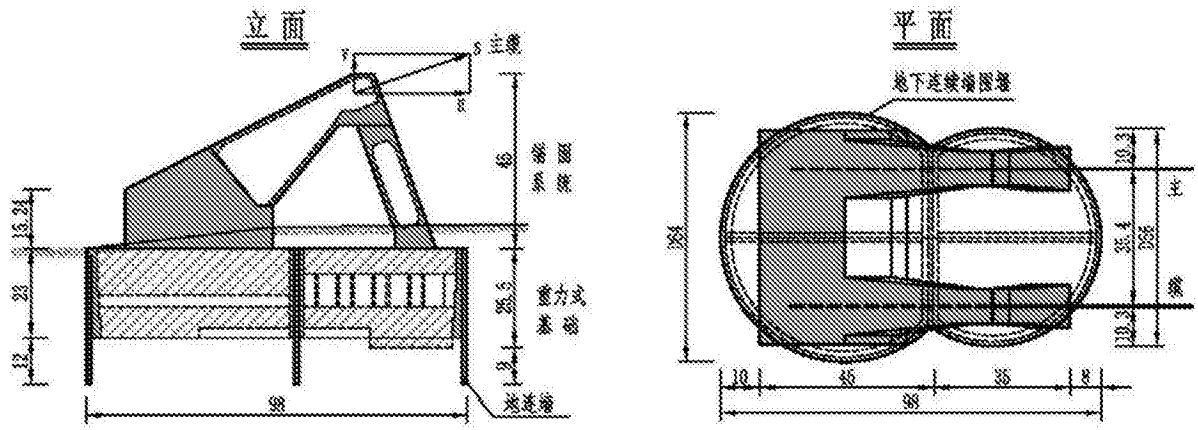


图10

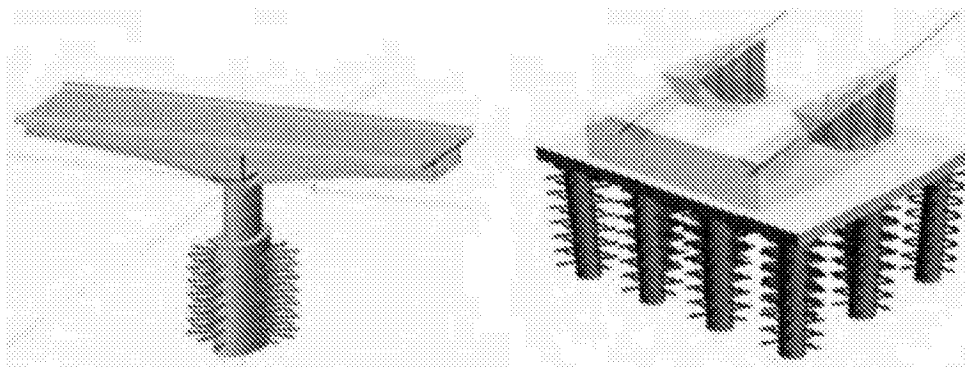


图11

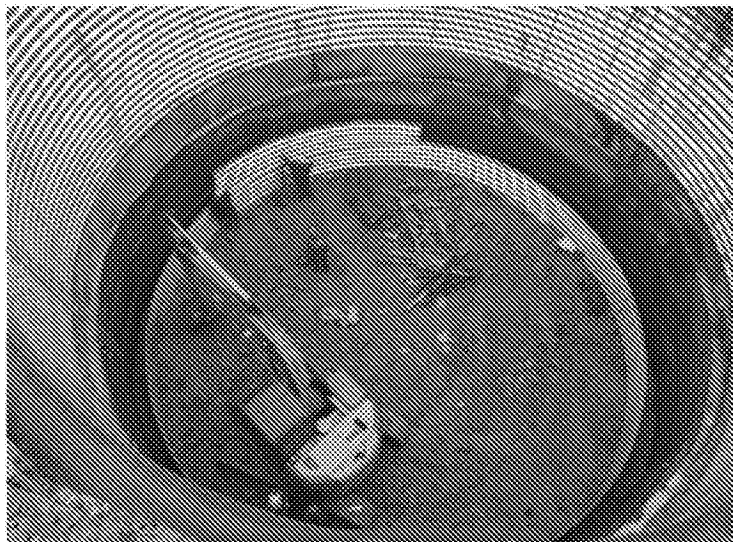


图12