水上平台结构水底固定用空心筒墩及其安装施工方法

技术领域

本发明大体上涉及水上平台结构、尤其水上建筑、海上风机座、海上桥梁等海上平台海底固定用空心筒墩及其安装施工方法。根据本发明安装施工的空心筒墩结合了大直径摩擦桩安装施工方法与沉埋海床的沉箱安装施工方法二者的优势，本发明的施工过程与钻孔桩施工类似，但是采用的是大直径预制空心筒墩，然后在用加压混凝土填充所述空心筒墩与作为临时围堰的钢筒之间的空隙，完成施工安装；根据本发明，避免了水下作业，对软土层厚的海床本发明甚具优势，这在海底为厚软土层的施工情况中大大降低了水上平台基础的制造成本；此外，根据本发明，筒墩作为桩基，不设水下承台，而是直接与平台固接，大大降低了海洋平台的制造成本；此外，根据本发明，空心筒墩可分段在陆地预制好，再在水上拼接成整体的空心筒墩，这些空心筒墩分段体积和重量因分散而减小，显著降低了大型钢筋混凝土构件的运输与吊装成本；此外，根据本发明，筒墩的空心结构提供浮力同时降低了对海底土层的负荷要求；此外，根据本发明，空心筒墩内的空间可以充分利用，例如存储雨水供海上平台工作人员饮用，解决了海上平台淡水供应的问题，采用此类海上平台对开发海洋资源很有帮助。此外，本申请文件中的任何涉及海上平台的思路可以拓展到水上平台，同时术语“海底”与“水底”含义共通。

背景技术

在开发水上资源、尤其海洋资源的过程中，需要依托基地构筑水上结构，例如开发海上风能、海洋能或构建海上城市等都需要依托基地。这种基地可以是浮式基地，也可以是固定于水底或海床的基地。浮式基地在近岸浅水区不易锚固，且一旦锚链断裂，基地会无目的地漂浮，对其他海上使用者构成危险。近岸依托基地宜采用固定式基地。

近岸海域多有沉积软土层，厚度不一。本申请人的申请号

201210034805.9 的题为“支撑海上风机，桥梁，海洋建筑物的浮力支撑固定平台”的在先申请以及本申请人的申请号为 201210104898.8 的题为“海上风电，桥梁和海洋建筑物局部浮力海洋平台及施工方法”的在先申请主要针对软土层浅及软土层可以挖走的海域，优选适用于软土层薄而基岩很浅的海域。

地基基础

现有跨海大桥结构地基基础一般分为重力式基础和桩基式基础，大型结构的重力式基础分为沉箱式（封底）基础和沉井式（不封底）基础。沉箱式基础的采用要求持力层接近海床面，其施工过程主要是清淤，下沙石层作为调平层，然后下沉沉箱坐于沙石层上。在沉井式基础中，沉井可以看作是不封底的沉箱，放置在海床上，在沉井内向海底挖淤泥或软土，令沉井下沉至持力层，然后下封底混凝土止水，施工人员下井施工造基础。对于沉井式基础而言，由于封底混凝土不能承受太大的水压，所以持力层也不能太深。

桩基式基础主要有二种，一种为嵌岩桩，一种为摩擦桩。嵌岩桩承载力由两部分组成，即端部承力和嵌入岩段的桩侧面握裹力。摩擦桩是依靠桩侧与沙土的摩擦力作为承载力。摩擦桩的应用是当持力层在很深的位置时使用，一般嵌岩桩是应用于基岩可达的情况。在基岩深不可达时，只能用摩擦桩。

海上平台地基基础与跨海大桥地基基础的差别

上述的各种地基基础，多是由跨海大桥的建设发展而得来。与要求有上部建筑物的对比海上平台相比，桥梁基础的重力荷载比海上平台的重力荷载要小得多。但是，桥梁的基础因侧向荷载（例如风、海浪）对桥墩产生的弯矩则比海上平台的基础大得多。在厚软土层中桥梁的基础因弯矩为主导，桩基式基础则较有效。海上平台因重力荷载为主导，重力沉箱式或沉井式基础较有效，但亦不排除桩基式基础。

地质环境的考虑

在基岩不是太接近海床面及不是太深至桩基不可达的情况下可考虑桩基式基础。

在持力层靠近海床面则可考虑使用前述本申请人的申请号

201210034805.9 和 201210104898.8 的施工方法。

在持力层（不是基岩）不靠近海床面但不是太深的情况下可使用本发明的结构和施工方法。本发明是将水上平台的筒墩作为沉箱植于海床一定埋深的持力层上，它既是摩擦桩又是沉箱，可共同承受荷载，而空心筒墩更可提供浮力抵消部分重力。

发明内容

本发明的目的之一在于针对软土水域、尤其近海软土海底提出水上或海上平台结构水底或海底固定用空心筒墩、采用这种空心筒墩的水上或海上平台结构及其安装施工方法。由于空心筒墩有颇长一段埋在软土中及其底座截面比一般桩基截面大，所以空心筒墩既是摩擦桩，又是沉箱，可共同承担荷载，可以结合大直径摩擦桩安装施工方法与沉埋海床的沉箱安装施工方法二者的优势。此外，空心筒墩还可利用浮力抵消部分重力荷载，还可利用筒墩内部空间作储存用途。筒墩可采取分段预制现场拼装的方式，显著地降低了运输吊装成本；另外，无需水下作业，减少了水下施工的风险，提高了筒墩的建造质量以及施工安全性。

根据本发明的一个方面，提出了一种水上平台结构、尤其海上平台结构水底固定用空心筒墩安装施工方法，所述方法包括：

a) 在预定水域处将内径大于空心筒墩的钢筒插振打到水底中至少达到持力层确保固定；

b) 挖去钢筒内部的水底沉积物直至钢筒底端；

c) 将底端封闭的第一空心筒墩分段从水面竖直向下朝向所述钢筒吊装，在此过程中，叠加的空心筒墩分段经由在所述空心筒墩分段上预设的剪力键结构经张拉预应力后与前一个空心筒墩分段固定相连，竖直向下先后依次朝向所述钢筒吊装，使得待所述第一空心筒墩分段的封闭底端到达所述钢筒的底端附近后，最后一个吊装的叠加的空心筒墩分段的至少一部分露出水面；

d) 向所述钢筒与所述空心筒墩之间的间隙灌注水下混凝土，直至从所述空心筒墩的底端开始填满所有间隙，所述混凝土固化后位于所

述钢筒内的空心筒墩与其结为一体；以及

e) 在水底附近截断所述钢筒；

其中，上述步骤 e)可以在上述步骤 b)之后且上述步骤 c)之前实施或者上述步骤 e)可以在上述步骤 d)之后实施。

根据本发明的技术方案，有待相连的空心筒墩分段组合都可以设置成能够浮于水上，从而减少了吊装设备的要求，同时相连后的空心筒墩分段可以加压重（例如通过灌水加载的方式加压重），使得相连后的空心筒墩分段下沉。

此外，根据本发明的另一个方面，提出了一种水上平台结构、尤其海上平台结构水底固定用空心筒墩安装施工方法，所述方法包括：

a) 在预定水域处将内径大于空心筒墩的钢筒插振打到水底中至少达到持力层确保固定；

b) 挖去钢筒内部的水底沉积物直至钢筒底端；

c) 将底端封闭的整体空心筒墩从水面竖直向下吊装到所述钢筒中，使得所述空心筒墩的封闭底端到达所述钢筒的底端附近且所述空心筒墩的至少一部分露出水面；

d) 向所述钢筒与所述空心筒墩之间的间隙灌注水下混凝土，直至从所述空心筒墩的底端开始填满所有间隙，所述混凝土固化后位于所述钢筒内的空心筒墩与其结为一体；以及

e) 在水底附近截断所述钢筒；

其中，上述步骤 e)可以在上述步骤 b)之后且上述步骤 c)之前实施或者上述步骤 e)可以在上述步骤 d)之后实施。

采用本发明的上述技术手段，钢筒本身具有充作临时围堰以及固定空心筒墩的作用，施工程序简单、容易操控，提高了施工效率及人员的安全性。另外，根据本发明的空心筒墩可视作一大直径的钢筒摩擦桩。该空心筒墩的底部面积大，可视作沉箱，沉箱坐于深埋的一层有更高承载力的持力层，利用灌注水下混凝土与钢筒结合而成摩擦桩可共同承担重力荷载，比单独的沉箱或单独桩基更高效，同时空心筒墩本身的内部空间大，可储水、储物。再者，采用空心筒墩分段预制现场拼装的方式，适应不同的施工环境。还有重要的是，本发明不需

要水下作业。

在本发明提出的上述方法中，在步骤 e)于步骤 d)之后实施的情况中，钢筒可以在整个空心筒墩施工完成后并且水下混凝土灌注、固化之后才将水中露出水底的一段截断，这样可以使得空心筒墩在吊装的过程中免受海浪冲击影响。

优选地，所述第一空心筒墩分段或所述整体空心筒墩的封闭底端为锥形，从而提高了灌注水下混凝土时混凝土的流动性。

优选地，在吊装第一空心筒墩前或在吊装整体空心筒墩步骤之前，向所述钢筒底部适量回填砂石层，填补钢筒底部可能出现的大空隙，以免水下混凝土在灌注时大量流失。

优选地，所述各空心筒墩分段的配合端面之间预设有经对接浇筑生成的阴阳剪力键结构及供预应力钢筋、尤其粗钢筋通过的预留管道和供预应力锚具的预留空间，在现场由施工人员在拼接空心筒墩分段时施加预应力，将各空心筒墩分段连接在一起。

优选地，所述各空心筒墩分段的配合端面之间预设有经对接浇筑生成的阴阳定位块，确保各空心筒墩分段之间的同心对正。

优选地，所述各空心筒墩分段的配合端面为对接浇筑生成的阴阳配合面的形式，进一步确保空心筒墩内外的密封性。

优选地，所述第一空心筒墩分段的轴向长度比其它各叠加的空心筒墩分段长。这样，第一空心筒墩分段可以在水中提供足够的浮力，平衡拼接空心筒墩初始段的重量变化。进一步优选地，各所述叠加的空心筒墩分段的长度设置成，在各所述叠加的空心筒墩分段依次叠放就位后达到的浮力大于各所述叠加的空心筒墩分段的总重量。

根据本发明的另一个方面，还提供了一种水上平台结构、尤其海上平台结构安装施工方法，所述水上平台结构或海洋平台结构包括由一个或多个空心筒墩构成的支撑结构以及由梁板系组成的平台部分，所述方法包括：

将在陆地预制好的平台部分经由浮箱运输到预定水域处；

根据前述方法施工建造空心筒墩，其中，在最后一个吊装的叠加的空心筒墩分段或整体的空心筒墩的至少一部分露出水面后，将所述

平台部分与所述最后一个吊装的叠加的空心筒墩分段或所述整体的空心筒墩的露出水面的部分用混凝土浇筑为一体。

优选地，在最后一个吊装的叠加的空心筒墩分段或整体的空心筒墩的顶端预埋有供搭接用的钢筋。

优选地，在所述钢筒的外表面上设有支架，高度可调的支架工装在所述支架与所述平台部分之间可拆卸地安装，用于在所述平台部分未固定到所述空心筒墩时调平所述平台部分。

优选地，在所述空心筒墩或其分段的底端封板与筒壁中预埋有管道，用于使得水下混凝土被加压泵送到筒壁以外。

优选地，在所述钢筒内壁表面焊有均匀分布的钢肋、尤其长三角形齿状钢肋。所述长三角形的锐角向下，以增强现浇水下混凝土与钢筒之间的附着力。应当清楚，所述钢肋设置成不会影响空心筒墩或其分段在钢筒内的顺畅吊入。

根据本发明的另一个方面，还提供了一种水上平台结构、尤其海上平台结构水底固定用空心筒墩，其包括：

插入水底直至持力层的钢筒；

混凝土预制的底端封闭的空心筒墩本体，其以封闭底端向下的方式位于所述钢筒中且至少一部分露出水面；以及

在所述钢筒的内表面与所述空心筒墩本体之间灌注水下混凝土。

优选地，所述空心筒墩本体包括多个混凝土预制的空心筒墩分段，所述各空心筒墩分段之间利用剪力键结构经由张拉预应力固结。

优选地，所述空心筒墩本体的封闭底端为锥形。

采用本发明的技术手段，钢筒在施工时作为临时围堰，在工作阶段作为空心筒墩摩擦桩的一部分。空心筒墩既是桩基，又是平台结构的墩，桩承台就是平台结构。这种紧密的结构形式省去很多重复的中间过渡结构，效率高。而埋深的空心筒墩，其容积也相当大。可利用作储存雨水之用、供应给平台上的人员，能解决大部分供水问题。若不用作储水，可用作储存其他用品。并且无需水下作业，减少了水下施工的风险，提高了筒墩的建造质量以及施工安全性。

附图说明

从后述的详细说明并结合下面的附图将能更全面地理解本发明的前述及其它方面。在附图中：

图 1（a）至（c）示意性示出了将钢筒振打入海底持力层、对钢筒内部进行挖砂土或甚至回填砂石等以及截断钢筒的步骤；

图 2 示意性示出了采用浮箱将平台浮于钢筒上方；

图 3 示意性示出了将预制空心筒墩第一分段吊入钢筒内；

图 4 示意性示出了其余空心筒墩分段的吊装；

图 5 示意性示出了各个吊装就位后的空心筒墩的状态；

图 6 示意性示出了空心筒墩分段与钢筒之间的浇注混凝土；

图 7 示意性示出了浮箱移走后施工完毕后的水上平台结构；

图 8 示意性示出了钢筒如何由施工船舶沉放；

图 9 示意性示出了施工船舶现场挖掘被振打到海底后的钢筒内的砂石泥土；

图 10 示意性示出了高出海床的钢筒段截除后的钢筒；

图 11 示意性示出了根据本发明的另一实施例的整体预制的空心筒墩的施工建设；并且

图 12 示意性示出了根据图 11 的空心筒墩与钢筒之间的间隙的混凝土灌注。

具体实施方式

在本申请的各附图中，结构相同或功能相似的特征由相同的附图标记表示。

本说明书以下将示意性但非限制性地说明根据本发明的水上平台结构水底固定用空心筒墩、采用所述空心筒墩的水上平台结构及其安装施工方法，在此所提到的水上平台结构可以是湖泊等水上建筑或者海上风机、海上桥梁等。本发明所讨论的空心筒墩为钢筋混凝土预制空心筒墩，直径约 8 至 10 米左右或者更大，并且本发明的技术方案尤其适合在软土地基的水底中采用。

本发明的以下描述仅仅以近海海域为例进行说明，但是本领域技

术人员清楚相应的技术启示可以同样应用于任何可能的水域。另外，需要指出的本发明中所提及的施工均可以采用本领域现有的任何合适的海洋施工船舶来完成，因此在说明书中将省略对具体相关施工方法和设备的介绍。

如图 1（a）所示，首先，在需要采用空心筒墩的施工海域位置，利用本领域已知的振动设备 105 将钢筒 101 振动插打到海底 2 中。例如，图 8 简易地示出了施工船舶及其如何利用振动设备 105 将钢筒 101 振动插打到海底 2 中。

在以下说明书所参照的附图中，仅仅示意性且非限制性地示出了两个钢筒 101。每个钢筒 101 可以是整体制成或者由多个钢筒分段焊接而成。钢筒内壁表面焊有均匀分布于内表面的且从内表面向外伸出的钢肋。优选地，所述钢肋为长三角形齿状钢肋 104（参见图 1 中的细节放大图），其中长三角形肋的锐角垂直向下，这样可增加现浇水下混凝土与钢筒间的附着力，又不会造成捶打钢筒入海底时太大阻力。优选地，所述钢肋自内表面伸出的程度以不会影响空心筒墩顺畅吊入钢筒 101 为宜。钢筒 101 的内径被制造成大于或稍大于空心筒墩的外径。钢筒 101 竖直地打入海底 2 合适的深度处，例如可以直到合适的持力层 5 处。在振动插打的过程中，如图 8 所示，根据需要可以利用施工船舶同步地挖走钢筒 101 内的泥土和沙石。

如图 1（b）所示，一段钢筒从海面 1 露出。在如图 1（b）所示的状态中，钢筒 101 可以充当临时围堰，采用本技术领域任何熟知的挖掘机械挖掘钢筒 101 内部的砂石、泥土等。图 9 以施工船舶为例，示意性示出了沿钢筒 101 的插打深度方向挖掘钢筒 101 内部的砂石、泥土等。按照钢筒 101 被打压的深度，可以一直挖掘到持力层 5 处附近。进一步根据图 1（b）所示，根据具体海底海床的土质结构，可选地可以适量回填砂石层 102，填补钢筒 101 的底部土层有可能出现的大空隙，以免下一步灌注水下混凝土时混凝土大量流失。

待钢筒 101 内部已经清理干净后，如图 1（c）所示，在钢筒 101 的靠近海底 2 的位置附近，将钢筒 101 截断去除，例如，如图 1（c）所示，将钢筒段 109 截除。例如，图 10 示意性示出了截除钢筒段 109

后的钢筒 101。

然后，浮箱 31 承载着平台 11 浮移到钢筒 101 的上方。应当清楚，浮箱 31 可以是本技术领域熟知的任何合适的浮箱或安装船。平台 11 经由钢架支承结构 32 支承在浮箱 31 的顶表面上方。应当清楚，平台 11 本身可选地可以是安装施工平台。

在平台 11 上设有多个开口 61，在附图 2 中为两个开口 61，且开口 61 的内径稍大于待安装的空心筒墩（分段）的外径。

进一步，如图 3 所示，在平台 11 上的每个开口 61 的周围安装围挡结构 62，以便提供额外的约束，使得在拼装时浮于水上的空心筒墩分段只能在所述开口内上下移动。在该图中，第一空心筒墩分段 1A 经由合适的驳船被运到浮箱 31 并吊装于平台 11 上的开口 61 中。通过钢筒 101 与浮箱 31 上安装的监控设备，确保浮箱 31 在钢筒 101 上方时浮箱 31 的开口和安装施工平台 11 的开口 61 均与钢筒 101 的开口对正。然后，经由一吊机（未示出）将空心筒墩分段 1A 竖直地吊向钢筒 101 的开口。

具体地，如图 4 所示，当经过上述吊装操作将第一空心筒墩分段 1A 在平台 11 的开口 61 内浮于水上后，将第二空心筒墩分段 2A 运到浮箱 31 上并经过围挡结构 62 置于第一空心筒墩分段 1A 上。

在陆地工厂预制时，第一空心筒墩分段 1A 与第二空心筒墩分段 2A 的两个配合端面为本领域技术人员熟知的经对接浇筑后生成的阴阳配合面，从而确保密封性。即一个空心筒墩分段的端面上为凹面，另一个空心筒墩分段的配合端面上与恰好互补的凸面，这样二者接触后可以良好地实现空心筒墩内外的密封隔离。应当清楚，本领域技术人员可以想到的任何其它合适的密封配合结构也可以应用到本发明的两个相互配合的空心筒墩分段的端部上。另外，第一空心筒墩分段 1A 与第二空心筒墩分段 2A 的壁配合端面上均匀分布有多个本技术领域熟知的剪力键结构、例如阴阳剪力键及供预应力粗钢筋通过的预留孔道和供安装预应力锚具的预留空间，用于在现场由施工人员施加预应力后使得这两个空心筒墩分段牢固连接在一起。此外，为了确保两个空心筒墩分段之间按照预定的设计彼此对正，二者的匹配端面上分别

还可以设有经对接浇筑后生成的阴阳定位块。

这样，在第一空心筒墩分段 1A 在平台 11 的开口 61 内浮于水上的情况下，第二空心筒墩分段 2A 被放置在第一空心筒墩分段 1A 上，并由施工人员对这两个空心筒墩分段之间涂上一层防水层，例如环氧树脂等的防水层，并在二者之间施加预应力，使得二者牢固连接在一起。接着，以如上所述相同的方式并利用空心筒墩浮力的增减继续竖直向下拼装组合其他同样预制好的空心筒墩分段 3A、4A、5A、6A、7A、8A、…nA。

然后，在如图 5 的状态中，将导管（未示出）通到钢筒 101 的底部灌注水下混凝土 107（见图 6），可采用混凝土泵加压。在压力的作用下，混凝土从下而上将空心筒墩分段 1A 至 6A 与钢筒 101 之间的缝隙填满。应当清楚，也可以在各筒墩分段内预埋管道，将混凝土加压灌注填满所有空间。待混凝土溢出钢筒 101 后，停止灌注混凝土。待水下混凝土固化后，位于钢筒 101 内的各空心筒墩分段与钢筒 101 成为一体。然后，如图 6 所示，安装支承钢杆 112、千斤顶 113 来调平平台 11 的水平位置，处理最后的空心筒墩分段（在本实施例中为 8A）搭接钢筋的起点水平位置。如果该空心筒墩分段 8A 高于平台 11 的底部的话，则将高出的部分打掉。然后，将预埋于平台 11 的开口 61 的钢筋套管接上搭接钢筋，现浇混凝土于平台开口 61 内，从而将空心筒墩与平台 11 相连。待混凝土固化且达到一定强度后，拆卸支承钢杆 112、千斤顶 113 以及围挡结构 62 等相关部件，将浮箱 31 移走。至此，如图 7 所示，完成根据本发明的海上平台的施工建设。

如图 6 所示，可选地，可以事先在钢筒 101 的外表面上合适位置处焊接有多个支架 111。在本发明的示意性实施例中，钢筒 101 的支架 111 恰好稍微低于海底 2 的位置。多个支承钢杆 112 可以支承在平台 11 上。例如，在每个支承钢杆 112 与平台 11 之间装有高度可调的支架工装、例如千斤顶 113，用于在上述施工过程中实现平台 11 的调平。

从图 4 至 6 可以看出，利用浮力降低筒墩分段吊装设备的要求，第一空心筒墩分段 1A 制造成显著长于其它空心筒墩分段 2A 至 8A。在本发明的技术方案中，这是经过计算后第一空心筒墩分段 1A 采用最

小容许长度时各其它空心筒墩分段 2A 至 8A 具有最大容许长度的情况，只有这样才能令各空心筒墩分段在安装过程中具有足够的浮力支撑而无需从上向下吊。

本领域技术人员应当清楚，在仅仅为了施工建设空心筒墩的情况下，如图 5 所示与平台 11 相连的步骤可以省却，待混凝土凝固后撤走相关部件，完成根据本发明的海上平台固定用空心筒墩的施工建设。然后，再以本领域技术人员所知的其它手段实现构成海上平台的组成部分的由梁板系组成的平台部分在所述空心筒墩上的安装。

此外，在施工现场，也可以不像如图 2 所示那样将钢筒 101 截断成仅仅一小部分伸出海底 2，而可以使得钢筒 101 伸出海底 2 的部分不即时截取。这样，提供了对向下吊装的各空心筒墩分段的良好引导，同时避免了在施工过程中海浪对空心筒墩分段的影响。当各空心筒墩分段吊装到合适的位置后，然后如上所述地灌注混凝土，再进一步在海底 2 附近截断钢筒 101。

因此，根据说明书的上述内容，提供了一种水上平台结构、尤其海上平台结构水底固定用空心筒墩安装施工方法，所述方法包括：

a) 在预定水域处将内径大于空心筒墩的钢筒插振打到水底中至少达到持力层确保固定；

b) 挖去钢筒内部的水底沉积物直至钢筒底端；

c) 将底端封闭的第一空心筒墩分段从水面竖直向下朝向所述钢筒吊装，在此过程中，叠加的空心筒墩分段经由在所述空心筒墩分段上预设的剪力键结构经张拉预应力后与前一个空心筒墩分段固定相连，竖直向下先后依次朝向所述钢筒吊装，使得待所述第一空心筒墩分段的封闭底端到达所述钢筒的底端附近后，最后一个吊装的叠加的空心筒墩分段的至少一部分露出水面；

d) 向所述钢筒与所述空心筒墩之间的间隙灌注水下混凝土，直至从所述空心筒墩的底端开始填满所有间隙，所述混凝土固化后位于所述钢筒内的空心筒墩与其结为一体；以及

e) 在水底附近截断所述钢筒；

其中，上述步骤 e)可以在上述步骤 b)之后且上述步骤 c)之前实施

或者上述步骤 e)可以在上述步骤 d)之后实施。

采用本发明的技术手段，至少可以获得以下有益的技术效果。首先，本发明的空心筒墩既是大直径摩擦桩，又是沉箱，拥有双重承载力，可设计成共同承担负荷或个别独立承担负荷，形成双重保险，无需现有技术中的临时围堰与承台的施工步骤，降低了空心筒墩、尤其海上平台的施工人员工作强度以及制造成本。再者，空心筒墩内部空间增大，有利于将来在其中容纳更多的工作与生活必备物资。再者，根据本发明的空心筒墩采取陆上分段预制、海上现场拼装的作业方式，显著地降低了陆上及海上运输空心筒墩的成本。最后，根据本发明无需水下作业，减少了水下施工的风险，提高了筒墩的建造质量以及施工安全性。

另外，虽然在已经描述过的实施例中提到空心筒墩是以各个空心筒墩分段在陆地工厂预制好后、现场拼装的方式实现，但是替代的实施例中，本领域技术人员应当清楚一端封闭的空心筒墩可以事先在陆地工厂一体制成，然后在如图 1（c）所示的钢筒 101 施工好后，如图 11 所示，将事先整体预制的空心筒墩 21 封闭端部向下地直接插入到钢筒 101 中，后续灌注水下混凝土的步骤可以与如上所述的例如参照图 6 和 7 的步骤相同。例如，图 12 示出了整体预制的空心筒墩 21 的筒壁内预埋有多个管道 22，所述管道集中在筒墩 21 的底部。通过采用混凝土泵加压，在压力的作用下，水下混凝土 107 被灌注到空心筒墩 21 与钢筒 101 之间的间隙。以这样的方式，可以缩短现场外加接驳管道的时间，加快现场施工建设速度。

因此，根据说明书的上述内容，还提供了一种水上平台结构、尤其海上平台结构水底固定用空心筒墩安装施工方法，所述方法包括：

a) 在预定水域处将内径大于空心筒墩的钢筒插振打到水底中至少达到持力层确保固定；

b) 挖去钢筒内部的水底沉积物直至钢筒底端；

c) 将底端封闭的整体空心筒墩从水面竖直向下吊装到所述钢筒中，使得所述空心筒墩的封闭底端到达所述钢筒的底端附近且所述空心筒墩的至少一部分露出水面；

d) 向所述钢筒与所述空心筒墩之间的间隙灌注水下混凝土，直至从所述空心筒墩的底端开始填满所有间隙，所述混凝土固化后位于所述钢筒内的空心筒墩与其结为一体；以及

e) 在水底附近截断所述钢筒；

其中，上述步骤 e)可以在上述步骤 b)之后且上述步骤 c)之前实施或者上述步骤 e)可以在上述步骤 d)之后实施。

尽管这里详细描述了本发明的特定实施方式，但它们仅仅是为了解释的目的而给出的，而不应认为它们对本发明的范围构成限制。在不脱离本发明精神和范围的前提下，各种替换、变更和改造可被构想出来。

权利要求书

1．一种水上平台结构、尤其海上平台结构水底固定用空心筒墩安装施工方法，所述方法包括：

a) 在预定水域处将内径大于空心筒墩的钢筒插振打到水底中至少达到持力层确保固定；

b) 挖去钢筒内部的水底沉积物直至钢筒底端；

c) 将底端封闭的第一空心筒墩分段从水面竖直向下朝向所述钢筒吊装，在此过程中，叠加的空心筒墩分段经由在所述空心筒墩分段上预设的剪力键结构经张拉预应力后与前一个空心筒墩分段固定相连，竖直向下先后依次朝向所述钢筒吊装，使得待所述第一空心筒墩分段的封闭底端到达所述钢筒的底端附近后，最后一个吊装的叠加的空心筒墩分段的至少一部分露出水面；

d) 向所述钢筒与所述空心筒墩之间的间隙灌注水下混凝土，直至从所述空心筒墩的底端开始填满所有间隙，所述混凝土固化后位于所述钢筒内的空心筒墩与其结为一体；以及

e) 在水底附近截断所述钢筒；

其中，上述步骤 e)在上述步骤 b)之后且上述步骤 c)之前实施或者上述步骤 e)在上述步骤 d)之后实施。

2．一种水上平台结构、尤其海上平台结构水底固定用空心筒墩安装施工方法，所述方法包括：

a) 在预定水域处将内径大于空心筒墩的钢筒插振打到水底中至少达到持力层确保固定；

b) 挖去钢筒内部的水底沉积物直至钢筒底端；

c) 将底端封闭的整体空心筒墩从水面竖直向下吊装到所述钢筒中，使得所述空心筒墩的封闭底端到达所述钢筒的底端附近且所述空心筒墩的至少一部分露出水面；

d) 向所述钢筒与所述空心筒墩之间的间隙灌注水下混凝土，直至

从所述空心筒墩的底端开始填满所有间隙，所述混凝土固化后位于所述钢筒内的空心筒墩与其结为一体；以及

e) 在水底附近截断所述钢筒；

其中，上述步骤 e)在上述步骤 b)之后且上述步骤 c)之前实施或者上述步骤 e)在上述步骤 d)之后实施。

3．根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述第一空心筒墩分段或所述整体空心筒墩的封闭底端为锥形。

4．根据前述权利要求任一所述的方法，其特征在于，在步骤 c)之前，向所述钢筒底部适量回填砂石层。

5．根据权利要求 1 或 3 或 4 所述的方法，其特征在于，所述各空心筒墩分段的配合端面之间预设有经对接浇筑生成的阴阳剪力键结构及供预应力钢筋通过的预留管道和供预应力锚具的预留空间。

6．根据权利要求 1、3、4 或 5 任一所述的方法，其特征在于，所述各空心筒墩分段的配合端面之间预设有经对接浇筑生成的阴阳定位块。

7．根据权利要求 1、3、4、5 或 6 任一所述的方法，其特征在于，所述各空心筒墩分段的配合端面为经对接浇筑生成的阴阳配合面的形式。

8．根据权利要求 1、3、4、5、6 或 7 任一所述的方法，其特征在于，所述第一空心筒墩分段的轴向长度比其它叠加的空心筒墩分段长。

9．根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，各所述叠加的空心筒墩分段的长度设置成，在各所述叠加的空心筒墩分段依次叠放就位后达到的浮力大于各所述叠加的空心筒墩分段的总重量。

10．根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，在步骤 c)之前，向所述钢筒底部适量回填砂石层。

11．根据前述权利要求任一所述的方法，其特征在于，所述钢筒内表面焊有均匀布置的钢肋，所述钢肋尤其为长三角形齿状锐角向下的钢肋。

12．一种水上平台结构、尤其海上平台结构安装施工方法，所述水上平台结构或海上平台结构包括由一个或多个空心筒墩构成的支撑结构以及由梁板系组成的平台部分，所述方法包括：

将在陆地预制好的平台部分经由浮箱运输到预定水域处；

根据前述权利要求任一所述的方法施工建造空心筒墩，其中，在最后一个吊装的叠加的空心筒墩分段或整体的空心筒墩的至少一部分露出水面后，将所述平台部分与所述最后一个吊装的叠加的空心筒墩分段或所述整体的空心筒墩的露出水面的部分用混凝土浇筑为一体。

13．根据前述权利要求任一所述的方法，其特征在于，在最后一个吊装的叠加的空心筒墩分段或整体的空心筒墩的顶端预埋有供搭接用的钢筋。

14．根据权利要求 12 或 13 所述的方法，其特征在于，在所述钢筒的外表面上设有支架，高度可调的支架工装在所述支架与所述平台部分之间可拆卸地安装，用于在所述平台部分未固定到所述空心筒墩时调平所述平台部分。

15．根据前述权利要求任一所述的方法，其特征在于，在所述空心筒墩或其分段的底端封板与筒壁中预埋有管道，用于使得水下混凝土被加压泵送到筒壁以外。

16. 根据权利要求 12 至 15 任一所述的方法，其特征在于，所述钢筒内表面焊有均匀布置的钢肋，所述钢肋尤其为长三角形齿状锐角向下的钢肋。

17. 一种根据权利要求 1 至 11 任一所述的方法制成的水上平台结构、尤其海上平台结构水底固定用空心筒墩，其包括：

插入水底直至持力层的钢筒；

混凝土预制的底端封闭的空心筒墩本体，其以封闭底端向下的方式位于所述钢筒中且至少一部分露出水面；以及

在所述钢筒的内表面与所述空心筒墩本体之间灌注水下混凝土。

18. 根据权利要求 17 所述的空心筒墩，其特征在于，所述空心筒墩本体包括多个混凝土预制的空心筒墩分段，所述各空心筒墩分段之间利用剪力键结构固结。

19. 根据权利要求 17 或 18 所述的空心筒墩，其特征在于，所述钢筒内表面焊有均匀布置的钢肋，所述钢肋尤其为长三角形齿状锐角向下的钢肋。

20. 根据权利要求 18 所述的方法，其特征在于，在最后一个吊装的叠加的空心筒墩分段或整体的空心筒墩的顶端预埋有供搭接用的钢筋。

21. 根据权利要求 17 至 20 任一所述的平台结构，其特征在于，在所述空心筒墩或其分段的底端封板与筒壁中预埋有管道，用于使得水下混凝土被加压泵送到筒壁以外。

22. 一种根据权利要求 12 至 16 的方法安装施工而成的水上平台结构、尤其海上平台结构，所述平台结构包括：

由一个或多个根据权利要求 17 至 21 任一所述的空心筒墩构成的

支撑结构；以及

由梁板系组成的平台部分。

23．根据权利要求 22 所述的平台结构，其特征在于，在最后一个吊装的叠加的空心筒墩分段或整体的空心筒墩的顶端预埋有供搭接用的钢筋。

24．根据权利要求 22 或 23 所述的平台结构，其特征在于，在所述钢筒的外表面上设有支架，高度可调的支架工装在所述支架与所述平台部分之间可拆卸地安装，用于在所述平台部分未固定到所述空心筒墩时调平所述平台部分。

25．根据权利要求 22 至 24 任一所述的平台结构，其特征在于，在所述空心筒墩或其分段的底端封板与筒壁中预埋有管道，用于使得水下混凝土被加压泵送到筒壁以外。