

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2019 年 11 月 21 日 (21.11.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/218115 A1

(51) 国际专利分类号:
B63B 21/26 (2006.01)

辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/086701

(22) 国际申请日: 2018 年 5 月 14 日 (14.05.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 大连理工大学 (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。

(72) 发明人: 刘君 (LIU, Jun); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。 韩聪聪 (HAN, Congcong); 中国

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,

(54) Title: NEW LIGHTWEIGHT DYNAMIC MOUNTING ANCHOR AND MOUNTING METHOD

(54) 发明名称: 一种新型轻质动力安装锚及安装方法

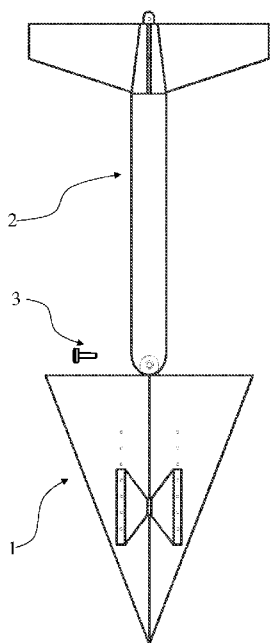


图 9

(57) Abstract: A new lightweight dynamic mounting anchor and a mounting method therefor. Said anchor comprises a wing plate (11), an anchor shank (12) and a connecting rod (14). The wing plate (11) is composed of two triangular flat plates symmetrically spliced together, and the connecting rod (14) is mounted on the tail of the wing plate (11). The anchor shank (12) is an inverted V-shaped structure composed of two trapezoidal flat plates which are symmetrically fixed to the wing plate (11). A propeller (2) may be secured to the tail of the anchor by means of a shear pin (3), forming a combined anchor with the anchor. During mounting, the combined anchor is first launched into seawater, and a mounting anchor chain (4) is released, so that the combined anchor penetrates into the soil, then the mounting anchor chain (4) is tensioned, the shear pin (3) is sheared off, the propeller (2) is pulled out, and the anchor is left in the soil; a working anchor chain (5) is tensioned to adjust the angle of the anchor; and the propeller (2) is taken out for the mounting of the next anchor. The anchor above has the advantages of light weight, high loading efficiency, deep penetration depth in soil, and low cost.

(57) 摘要: 一种新型轻质动力安装锚及其安装方法。该锚包括翼板 (11)、锚柄 (12) 和连接杆 (14)。翼板 (11) 由两块三角形平板对称拼接组成, 连接杆 (14) 安装在翼板 (11) 的尾部。锚柄 (12) 是由两块梯形平板组成的倒 V 型结构, 对称固定在翼板 (11) 上。推进器 (2) 可通过剪切销 (3) 固定在锚的尾部, 与锚形成组合锚。安装时, 先将组合锚释放至海水中, 松开安装锚链 (4), 使组合锚贯入土中, 接着, 张紧安装锚链 (4), 剪切销 (3) 被剪断, 推进器 (2) 被拔出, 锚留在土中; 张紧工作锚链 (5), 以调整锚的角度; 推进器 (2) 取出后用于下一个锚的安装。上述锚具有重量轻、承载效率高、在土中的沉贯深度高、成本低的优点。

AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种新型轻质动力安装锚及安装方法

技术领域

本发明属于海洋工程技术领域，涉及一种新型轻质动力安装锚及安装方法。

背景技术

随着社会经济的高速发展和陆地浅海油气资源的逐渐耗竭，人们逐渐将油气资源开发转向深海。在水深超过 300–500m 的深海环境中，油气勘探、采集及储存设备主要通过锚链系统与作用在海床表面或是嵌入海床中的锚固基础相连。因此，锚固基础是锚泊式系统的根，是上部结构安全运行的前提保障。适用于深海锚泊式系统的锚固基础主要包括吸力式沉箱、拖曳锚、吸力式安装板锚和动力安装锚。吸力式沉箱在安装时需要从沉箱顶部的阀门向外抽水，使沉箱内部形成负压，从而将沉箱压入海床中所需深度。拖曳锚在安装时需要借助拖船，将锚从海床表面拖至海床中一定深度。吸力式安装板锚安装时需要借助吸力式沉箱，安装结束后将沉箱拔出，再张紧锚链使锚转至工作状态需要的角度。动力安装锚在安装时不需要借助外力，依靠锚在水中自由下落获得的动能和自身重力势能贯入土中一定深度，并依靠周围土体的锚固力提供抗拔承载力。因此，相比前三种锚固基础，动力安装锚具有安装时间短、安装费用低的优点，因此在海洋工程中发展前景广阔。

目前应用在实际工程中的动力锚主要为鱼雷锚(美国专利，专利号 6106199)和多向受荷锚(美国专利，专利号 7059263, B1)。鱼雷锚由一个前端为半椭球形或锥形的圆柱形中轴和几片尾翼组成，中轴用于提供锚的重量，使锚能在不借助于外力的情况下贯入土中，尾翼用于提高锚在水中下落时的定向稳定性。然而，由于锚眼位置位于锚中轴的最上端，当受上拔荷载时锚的抗拔承载力主要由锚-土接触面上的摩擦力提供，因此锚的承载效率较低。多项受荷锚由三块互成 120°的平板组成，锚的表面积较大，增加了锚和周围土体的接触面积，且其锚眼位置靠近锚的前端，所以锚在受上拔荷载时会发生旋转，从而增加锚在垂

直于上拔荷载方向的投影面积以增加抗拔承载力。然而，多项受荷锚的重量轻，表面积大，导致锚在土中的沉贯深度有限。海床软黏土一般为正常固结土或轻微超固结土，土强度随深度线性增加，所以锚的安装深度越小，对应的抗拔承载力越小。

本发明吸收了动力锚的优点，提出了一种新型轻质动力安装锚(light-weight deep penetrating plate anchor, L-DPPA)。锚主要由翼板、锚柄和锚眼组成。翼板由两块三角形平板组成，增加了锚-土接触面积，从而提高承载力。为了增加锚在海床中的沉贯深度，锚在安装时需要借助于推进器。推进器主要由圆柱形中轴、尾翼和锚眼组成，可连接在锚的尾部用于提高锚的贯入速度和沉贯深度，在安装结束后可将推进器回收用于下一个锚的安装。通过调整锚的尺寸和推进器的重量，可以使锚适用于各种强度及各种土质(包括黏土和砂土)的海床中。

发明内容

为解决上述问题，本发明提出一种新型轻质动力安装锚及安装方法，包括一种新型轻质动力安装锚(L-DPPA)以及借助于推进器进行锚的安装的动力安装方法。

本发明的技术方案：

一种新型轻质动力安装锚，主要由翼板 11、锚柄 12 和连接杆 14 组成；所述的翼板 11 由两块三角形平板对称拼接组成，二者之间的角度按照工程要求进行调整；翼板 11 的两块三角形平板上对称设有多个开孔 a15；所述的连接杆 14 安装在翼板 11 的尾部，连接杆 14 上设有开孔 b17，通过剪切销 3 使连接杆 14 与推进器 2 固定连接；所述的锚柄 12 是由两块梯形平板组成的倒 V 型结构，锚柄 12 底部设有多个开孔 c18，开孔 c18 与开孔 a15 相互配合，通过螺栓 16 将锚柄 12 对称固定在翼板 11 的两块三角形平板上；锚柄 12 的顶部设有锚眼 13，用于连接工作锚链 5 以提供抗拔承载力；通过调整锚柄 12 的固定位置，锚柄 12 沿着翼板 11 的轴线方向上下移动，从而改变锚眼 13 偏移量，即锚眼 13 到翼板

11 的土体抗力中心的距离在翼板 11 轴线方向的投影，使新型轻质动力安装锚在受上拔荷载时具有下潜的性能，新型轻质动力安装锚嵌入土层中从而获得承载力。

一种新型轻质动力安装锚的安装方法，将安装锚链 4 连接在推进器锚眼 23 上；通过剪切销 3 将连接杆 14 固定在推进器中轴前端开槽 25 中，使新型轻质动力安装锚 1、推进器 2 和剪切销 3 组合安装成为组合锚；工作锚链 5 连接在锚眼 13 上；

具体步骤如下：

首先将组合锚释放至海水中，使组合锚位于海床表面以上，然后松开安装锚链 4，使组合锚在水中自由下落，并依靠自由下落获得的动能和组合锚自身的重力势能贯入土中，完成安装；安装结束后，张紧推进器 2 尾部的安装锚链 4，当剪切销 3 受到的剪力大于自身的容许剪力时，剪切销 3 被剪断，从而推进器 2 被拔出，而新型轻质动力安装锚 1 留在土中；张紧工作锚链 5，当工作锚链 5 传递到锚眼 13 上的力超过新型轻质动力安装锚 1 的初始抗拔承载力时，新型轻质动力安装锚 1 开始在土中运动，以调整新型轻质动力安装锚 1 的角度；推进器 2 取出后用于下一个新型轻质动力安装锚的安装。

所述的剪切销 3 的容许剪力为新型轻质动力安装锚 1 重量的 1.5–2.0 倍。

所述的推进器 2 的重量根据实际工程需要进行调整，从而使锚能贯入不同强度和土质的海床中。

所述的推进器 2 采用申请号为 201610648708.7 专利中的推进器，主要由推进器中轴 21、推进器尾翼 22 和推进器锚眼 23 组成；所述的推进器中轴 21 的前端设有横向的推进器中轴前端开孔 24 和纵向的推进器中轴前端开槽 25，推进器中轴前端开孔 24 用于放置剪切销 3，推进器中轴前端开槽 25 用于连接新型轻质动力安装锚 1 的连接杆 14；所述的推进器中轴前端开孔 24 与连接杆 14 上的开孔 b17 同轴，相互配合；

所述的推进器尾翼 22 安装在推进器中轴 21 的尾部，推进器中轴 21 尾部中心处设有推进器锚眼 23，用于连接安装锚链 4；推进器尾翼 22 的宽度和个数根据实际需要进行增减，保证整体在水中下落时的定向稳定性。

所述的推进器中轴 21 为中空圆柱体，尾部为逐渐收缩的圆台，前端为半椭圆形或半球形；中空圆柱体的内部填充的材料为水银、铅或混凝土。

所述的推进器尾翼 22 的材料为合金材料、复合材料或塑料，通过减小推进器尾翼 22 的密度来降低重心位置。

本发明有益效果：本发明中提出的新型轻质动力安装锚具有重量轻、承载效率高、在适当的条件下可以下潜的优点。另外，本发明中提出的借助推进器进行锚安装的动力安装方法可以显著提高锚在土中的沉贯深度，以适应不同的土质和土强度。虽然借助于推进器安装本发明的锚在一定程度上增加了安装成本，但单个锚的承载效率得到了显著提高。利用一个推进器完成所有锚的安装，从而节约了生产成本。因此可以降低整个系泊系统需要的锚个数，降低生产、运输、安装费用，从而降低工程总造价。本发明中的锚及安装方法不受水深的影响，适用性广泛，可用于海洋浮式平台、浮式风机等的锚固基础。本发明有助于推进我国在深海锚泊式系统锚固基础方面的发展进程。

附图说明

图 1 是本发明中的新型轻质动力安装锚的三维示意图。

图 2 是本发明中的新型轻质动力安装锚的主视图。

图 3 是本发明中的新型轻质动力安装锚的侧视图。

图 4 是本发明中的新型轻质动力安装锚的俯视图。

图 5 是本发明中推进器的三维示意图。

图 6 是本发明中推进器的主视图。

图 7 是本发明中推进器的侧视图。

图 8 是本发明中推进器的俯视图。

图 9 是新型轻质动力安装锚和推进器连接的示意图。

图 10 是新型轻质动力安装锚借助推进器进行安装的安装流程图。

图 11(a)是新型轻质动力安装锚及组合锚在土中的动力贯入过程预测结果。

图 11(b)是不同的贯入速度时组合锚的速度随深度的变化曲线示意图。

图中：1 新型轻质动力安装锚；2 推进器；3 剪切销；4 安装锚链；5 工作锚链；11 翼板；12 锚柄；13 锚眼；14 连接杆；15 开孔 a；16 螺栓；17 开孔 b；18 开孔 c；21 推进器中轴；22 推进器尾翼；23 推进器锚眼；24 推进器中轴前端开孔；25 推进器中轴前端开槽。

具体实施方式

以下结合附图和技术方案，进一步说明本发明的具体实施方式。

1、新型轻质动力安装锚

图1-4为新型轻质动力安装锚1的示意图，新型轻质动力安装锚1主要由翼板11、锚柄12和连接杆14三部分组成。翼板11由两块三角形平板对称拼接组成，三角形平板的两个直角边尺寸可以根据实际情况进行调整，以适应不同的土强度及土质。两块三角形平板可以通过焊接、铆接、铰接等加工工艺进行连接，形成翼板11。两个三角形平板之间的角度大于 180° ，这是为了平衡锚柄12造成的偏心。两个三角形平板之间的角度要根据翼板11及锚柄12尺寸而定，使锚的重心位置落在锚的轴线X-X上，如图1所示。翼板11的前端形成了一个尖，减小了锚在初始贯入土中所受的土体阻力，有助于使锚得到更深的沉贯深度。另外，根据加工需要或运输需要，可以将翼板11的三个顶点加工成带有一定弧度的形状，减少锚在运输过程中的磨损、屈曲破坏等问题。

锚柄12主要由两块梯形平板组成，锚柄12的顶端开孔，形成锚眼13。工作锚链5自锚眼13中引出，上部荷载通过工作锚链5作用在新型轻质动力安装锚1上。当新型轻质动力安装锚1完成安装时，新型轻质动力安装锚1的初始轴线方向为竖直方向。随后张紧工作锚链5，当工作锚链5传递到锚眼13上的力超过新

型轻质动力安装锚1的初始抗拔承载力时，新型轻质动力安装锚1开始在土中运动。由于上拔荷载的作用点位于锚眼13处而不是翼板11的尾部，所以上拔荷载会对翼板11的土体抗力中心形成一个力矩。土体的抗力中心点指的是当锚切向运动(沿着X-X轴线方向的运动)或法向运动(垂直于翼板11三个顶点组成的平面方向)时，土体阻力对该点的力矩值为零。锚眼13到翼板11轴线的距离可以根据实际工程需要调整，该距离也称为锚眼偏心距。在上拔荷载相对土体抗力中心形成的力矩作用下，锚会在土中旋转。锚尖位置会朝着锚眼初始位置方向旋转，而锚尾会向背离锚眼初始位置方向旋转。随着锚的旋转，翼板11在垂直于上拔荷载方向的投影面积增加，从而增加了法向承载力。所以，相比鱼雷锚而言，本发明的新型轻质动力安装锚1在土中主要受土体的法向力而不是切向力，因此具有较高的承载效率，即锚的抗拔承载力与锚重量的比值较高。锚眼偏心距越大，锚板旋转过程中产生的埋深损失越小。

锚柄12的底部通过螺栓16与翼板11相连。锚柄12的底部设有开孔c18，同时翼板11上也设有相匹配的开孔a15，翼板11和锚柄12通过螺栓16相连，如图1所示。另外，也可用其他方法，例如用铆钉锚固，进行翼板11和锚柄12的固定。本发明中锚柄12位置可以沿着X-X轴线方向进行调节，从而改变锚眼13相对于土体抗力中心的位置。锚眼13至土体抗力中心的距离在X-X轴线方向的投影称为锚眼偏移量。锚眼偏移量是决定锚在受到上拔荷载时是否具有下潜性质的关键因素。在适当的情况下，在受上拔荷载时锚会下潜至更深的土层中，从而获得更高的抗拔承载力。所以，可根据实际工程需要和现场土质及土体强度确定锚柄12的在翼板11上的位置。

翼板11的尾部设有一个连接杆14，连接杆上有一个开孔b17，如图2所示。连接杆14和开孔b17的作用在推进器部分具体介绍。

2、推进器

图5-8为推进器2的示意图。推进器2主要由推进器中轴21、推进器尾翼22和

推进器锚眼23组成。推进器中轴21为圆柱形结构，前端设计成半椭球形或半球形，可以使水流绕着推进器中轴的前端均匀过渡，以减小推进器在水中下落时受到的拖曳阻力，从而提高贯入速度；推进器中轴21的尾部设计成逐渐收缩的圆台形，可以使水流在推进器的尾部平缓流过，减小旋涡区，从而提高贯入速度。推进器中轴21的外形近似于流线形，这是为了减小推进器2在水中受到的拖曳阻力，从而帮助新型轻质动力安装锚1获得更高的贯入速度和更深的沉贯深度。推进器中轴21的直径和长度可根据现场土质和土强度进行调整。当土强度较高时，建议加长推进器的长度或增大推进器的直径以提高推进器的重量，帮助锚达到设计所需的深度。另外，推进器中轴21可做成中空的，中间填充铅、汞等密度更大的材料，以增大推进器的密度和质量，提高锚在土中的沉贯深度。

推进器尾翼22用于提高组合锚在水中下落时的定向稳定性。图5所示的尾翼22有三片，互成120°。根据实际需要，可以调整尾翼的个数、形状和尺寸，以满足不同工程的需要。当锚在水中下落时，重心越低，即重心位置距离锚尖越近，锚在水中的定向稳定性越好。锚的定向稳定性好指的锚在水中下落时，锚的轴线方向不会偏离竖直方向，即使偏离竖直方向，锚也会在下落过程中逐渐旋转调整，使锚的轴线重新旋转至竖直方向。所以，除了上述通过在推进器中轴21内填充密度更大的材料来降低重心外，还可以通过减小尾翼22的密度来降低重心位置。尾翼22可以选用更轻质的材料，例如高强度合金材料、复合材料、高强塑料等。

所述的推进器中轴21的前端设有纵向的推进器中轴前端开槽25，如图7所示。推进器中轴前端开槽25和连接杆14相匹配，可保证连接杆14恰好插入推进器中轴前端开槽25中。此时，新型轻质动力安装锚1的连接杆14上的开孔b17与推进器中轴前端开孔24同轴。用剪切销3穿过开孔b17和推进器中轴前端开孔24，从而新型轻质动力安装锚1和推进器2，如图9所示。剪切销3的容许剪力应约为锚1重量的1.5–2.0倍，这样既能保证组合锚在水中释放时新型轻质动力安装锚1

不会脱离推进器2，又能保证安装结束后拔出推进器2时剪切销3能被及时剪断而不会拔动新型轻质动力安装锚1。

推进器锚眼23用于系安装锚链4。安装锚链4也用于安装结束后回收推进器。当组合锚安装完成后，张紧安装锚链4，可以将推进器2从土中拔出，只留锚在土中。

3、安装方法

图10所示为利用推进器2进行锚1安装的动力安装过程。首先用剪切销3连接新型轻质动力安装锚1和推进器2，形成组合锚。然后把组合锚从安装船上释放至距离海床表面一定高度处，等待安装。触发安装锚链4上的开关，使组合锚在水中下落获得动能，并依靠组合锚在水中运动获得的动能和自身重力势能贯入土中，完成安装。安装结束后，张紧安装锚链4，待剪切销3被剪断后将推进器2拔出海床，只留新型轻质动力安装锚1在海床中。随后用拖船以一定上拔角度张紧连接在锚眼13处的工作锚链5，使新型轻质动力安装锚1从竖直方向旋转至一定角度，从而提供抗拔承载力。推进器2可用于下一个锚的安装。

4、发明设计验证

为了验证本发明提出的新型动力锚及借助推进器进行锚的安装的动力安装方法的实用性，以下分别从锚在水中下落和在土中动力贯入两个阶段研究锚的工作性能和工作效率。

a.水动力学特性

当组合锚在水中自由下落时，会受到水的拖曳阻力。水对锚的拖曳阻力可用式(1)表示。

$$F_{D,w} = \frac{1}{2} C_{D,w} \rho_w A_F \quad (1)$$

式中， $F_{D,w}$ 为水对锚的拖曳阻力， $C_{D,w}$ 为拖曳阻力系数， ρ_w 为水的密度， A_F 为锚在垂直于轴线方向的投影面积。从式(1)可以看出，拖曳阻力与速度的平方成正比。随着锚下落速度的增加，拖曳阻力迅速增加，当拖曳阻力与锚在水中的

有效重量相等时，锚的加速度减为零。此时对应的速度称为锚的极限速度， v_T 。锚的极限速度的表达式如式(2)所示。

$$v_T = \sqrt{\frac{W_A'}{0.5\rho_w A_F C_{D,w}}} \quad (2)$$

式中， W_A' 为锚在水中的有效重量。

表 1 锚和推进器的主要参数

	物理量	数值
锚	锚的高度, h_A , m	5
	锚的宽度, w_A , m	3.86
	三角形翼板宽度, w_F , m	2.00
	三角形翼板厚度, t_A , m	0.15
	锚柄厚度, s_A , m	0.15
	三角形翼板之间的夹角, θ , °	210
	锚在垂直于轴线 X-X 方向的投影面积, A_{FA} , m ²	1.143
	锚的质量, m_A , t	15.725
推进器	推进器高度, h_B , m	12.85
	推进器中轴直径, D_B , m	1.10
	推进器尾翼宽度, w_F , m	3.00
	推进器尾翼厚度, t_F , m	0.05
	推进器质量, m_B , t	95.215

锚在水中下落过程中的水动力学特性包括锚的拖曳阻力系数、极限速度、定向稳定性等。发明人基于流体动力学软件 FLUENT 17.0 研究了组合锚在水中的水动力学特性。锚和推进器的相关尺寸如表 1 所示。数值计算结果表明，组合锚的定向性很好，一旦锚的轴线方向偏离了竖直方向，锚会逐渐调整，使轴线方向重新回到竖直方向。另外，数值计算结果表明，组合锚在水中自由下落时对应的拖曳阻力系数为 0.71，极限速度为 33.5 m/s。

b. 锚在土中的沉贯深度

以下为利用理论分析方法预测新型动力安装锚在土中的沉贯深度。锚和推进器的主要尺寸如表 1 所示。锚达到土表面的速度称为贯入速度， v_0 。锚在土中动力贯入时作用在锚上的力包括锚在水中的有效重量 W' ，锚受到的上覆土压力 F_b ，端承阻力 F_{bear} ，摩擦阻力 F_{frict} ，及土对锚的拖曳阻力 $F_{D,s}$ 。锚在土中的受力

可以由式(3)表示。

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = W' - F_b - F_{\text{bear}} - F_{\text{frict}} - F_{D,s} \quad (3)$$

式中, z 为锚尖贯入土中的深度, t 为时间。对于新型动力安装锚, $m = m_A$, $W' = W_A'$, 对应组合锚 $m = m_A + m_B$, $W' = W_A' + W_B'$, W_B' 为推进器在水中的有效重量。下面分别介绍各项受力的取值。

(1) 端承阻力 F_{bear} 为锚在垂直于轴线 X-X 方向上受到的土阻力, 如公式(4)所示。

$$F_{\text{bear}} = N_c s_u A_t \quad (4)$$

式中, N_c 为承载力系数, 随埋置深度的变化而变化, N_c 的计算公式如公式(5a-5c)所示, s_u 为土体的不排水抗剪强度, A_t 为锚在垂直于轴线 X-X 方向与土的接触面积。

$$N_c = 5.14 \times \left\{ 1 + 0.189 \frac{B}{L} - 0.108 \left(\frac{B}{L} \right)^2 + c_1 \ln \left(1 + c_2 \left(\frac{z}{B} \right) \right) \right\} \quad (5a)$$

$$c_1 = \begin{cases} 5.599 B/L + 0.337 & B/L \leq 0.064 \\ 0.697 - 0.022 B/L & B/L > 0.064 \end{cases} \quad (5b)$$

$$c_2 = \begin{cases} 0.940 - 8.904 B/L & B/L \leq 0.064 \\ 0.284 + 1.339 B/L & B/L > 0.064 \end{cases} \quad (5c)$$

式中, c_1 、 c_2 为与基础形状相关的参数, B 为基础宽度, L 为基础长度, z 为锚板埋深。对于本发明的新型锚, B 为三角形翼板的厚度 t_A , L 为三角形翼板的宽度 w_F 。对于推进器来说, B 和 L 均取为推进器中轴的直径 D_B 。

(2) 摩擦阻力 F_{frict} 为锚的侧面受到的土阻力, 如公式(6)所示。式中, α 为锚-土界面间的摩擦系数, A_s 为锚侧面与土接触的面积。

$$F_{\text{frict}} = \alpha s_u A_s \quad (6)$$

(3) 上覆土压力 F_b 为锚排开土的有效重量。

(4) 土体对锚的拖曳阻力 $F_{D,s}$ 可由公式(7)计算得到。

$$F_{D,s} = \frac{1}{2} C_{D,s} \rho_s A_F v^2 \quad (7)$$

式中, $C_{D,s}$ 为土对锚的拖曳阻力系数, ρ_s 为土的饱和密度, v 为锚在任一时刻的速度。

另外, 当锚高速贯入海床时, 锚周围的土体发生高剪应变率。土在高剪应变率时会表现率效应, 即土强度随着剪应变率的提高而增加。所以考虑土体率效应的不排水抗剪强度可表示为式(8)。

$$s_u = R_f s_{u,ref} = (1 + \lambda \log_{10}(\dot{\gamma}/\dot{\gamma}_{ref})) s_{u,ref} \quad (8)$$

式中, R_f 为率效应系数, $s_{u,ref}$ 为参考剪应变率 $\dot{\gamma}_{ref}$ 下得到的土体不排水抗剪强度, 称为参考土强度, λ 为率效应参数, $\dot{\gamma}$ 为剪应变率, 可用式(9)表示。

$$\dot{\gamma} = v/d \quad (9)$$

式中, d 为参考长度。在现场测试中, 主要用锥形 (Cone)、T 形(T-bar)及球形贯入仪(Ball penetrometer)测量土体的不排水抗剪强度, 可认为此强度为参考土强度。此时参考剪应变率取为贯入速度与贯入仪直径的比值。对于锚来说, d 取为翼板的厚度; 对于推进器中轴来说, d 取为推进器中轴的直径。

假设锚土界面摩擦系数 $\alpha = 0.33$, 率效应参数 $\lambda = 0.14$, 参考土强度 $s_{u,ref} = 2.4+3z$ kPa, 锚及推进器的参数如表 1 所示, 根据式(3)就可以确定锚或者组合锚在土中动力贯入时速度随深度的变化关系。根据式(2)可计算出锚和组合锚的极限速度, 分别为 18.3 和 33.5 m/s。所以对于锚来说, 取两个不同的贯入速度, 分别为 17 和 18 m/s。对于组合锚来说, 取五个不同的速度, 分别为 17, 18, 20, 25 和 30 m/s。锚及组合锚的速度随深度的变化关系如图 11 所示。

从图 11 (a) 中可以看出, 当贯入速度为 17 m/s 时, 锚的贯入深度为 7.56 m; 增加推进器后, 锚的贯入深度为 18.56 m。图 11 (b) 为不同的贯入速度时组合锚的速度随深度的变化曲线。如前所述, 借助于推进器, 锚在水中的贯入速度也有所提高。当贯入速度为 30 m/s 时, 组合锚的最终沉贯深度为 24.88 m。这表明推进器可以从两个方面提高锚的贯入深度: 一是增加了整体的重量, 从而提高了整体的重力势能以增加锚的沉贯深度增加; 二是增加了整体在水中的贯入

速度，从而提高了整体的动能，这也可以增加锚在土中的沉贯深度。锚的深度越大，对应的承载效率越高。所以，尽管用借助于推进器安装本发明的锚在一定程度上增加了安装成本，但单个锚的承载效率得到了显著提高。因此可以降低整个系泊系统需要的锚个数，降低生产、运输、安装费用，从而降低工程造价。

权 利 要 求 书

1.一种新型轻质动力安装锚，其特征在于，该新型轻质动力安装锚主要由翼板（11）、锚柄（12）和连接杆（14）组成；所述的翼板（11）由两块三角形平板对称拼接组成，二者之间的角度按照工程要求进行调整；翼板（11）的两块三角形平板上对称设有多个开孔 a（15）；所述的连接杆（14）安装在翼板（11）的尾部，连接杆（14）上设有开孔 b（17），通过剪切销（3）使连接杆（14）与推进器（2）固定连接；所述的锚柄（12）是由两块梯形平板组成的倒 V 型结构，锚柄（12）底部设有多个开孔 c（18），开孔 c（18）与开孔 a（15）相互配合，通过螺栓（16）将锚柄（12）对称固定在翼板（11）的两块三角形平板上；锚柄（12）的顶部设有锚眼（13），用于连接工作锚链（5）以提供抗拔承载力；通过调整锚柄（12）的固定位置，锚柄（12）沿着翼板（11）的轴线方向上下移动，从而改变锚眼（13）偏移量，即锚眼（13）到翼板（11）的土体抗力中心的距离在翼板（11）轴线方向的投影，使新型轻质动力安装锚在受上拔荷载时具有下潜的性能，新型轻质动力安装锚嵌入土层中从而获得承载力。

2.一种新型轻质动力安装锚的安装方法，其特征在于，将安装锚链（4）连接在推进器锚眼（23）上；通过剪切销（3）将连接杆（14）固定在推进器中轴前端开槽（25）中，使新型轻质动力安装锚（1）、推进器（2）和剪切销（3）组合安装成为组合锚；工作锚链（5）连接在锚眼（13）上；

具体步骤如下：

首先将组合锚释放至海水中，使组合锚位于海床表面以上，然后松开安装锚链（4），使组合锚在水中自由下落，并依靠自由下落获得的动能和组合锚自身的重力势能贯入土中，完成安装；安装结束后，张紧推进器（2）尾部的安装锚链（4），当剪切销（3）受到的剪力大于自身的容许剪力时，剪切销（3）被剪断，从而推进器（2）被拔出，而新型轻质动力安装锚（1）留在土中；张紧

工作锚链（5），当工作锚链（5）传递到锚眼（13）上的力超过新型轻质动力安装锚（1）的初始抗拔承载力时，新型轻质动力安装锚（1）开始在土中运动，以调整新型轻质动力安装锚（1）的角度；推进器（2）取出后用于下一个新型轻质动力安装锚的安装。

3.根据权利要求2所述的一种新型轻质动力安装锚的安装方法，其特征在于，所述的剪切销（3）的容许剪力为新型轻质动力安装锚（1）重量的1.5–2.0倍。

4.根据权利要求2或3所述的一种新型轻质动力安装锚的安装方法，其特征在于，所述的推进器（2）的重量根据实际工程需要进行调整，从而使锚能贯入不同强度和土质的海床中。

5.根据权利要求2或3所述的一种新型轻质动力安装锚的安装方法，其特征在于，

所述的推进器（2），主要由推进器中轴（21）、推进器尾翼（22）和推进器锚眼（23）组成；所述的推进器中轴（21）的前端设有横向的推进器中轴前端开孔（24）和纵向的推进器中轴前端开槽（25），推进器中轴前端开孔（24）用于放置剪切销（3），推进器中轴前端开槽（25）用于连接新型轻质动力安装锚（1）的连接杆（14）；所述的推进器中轴前端开孔（24）与连接杆（14）上的开孔b（17）同轴，相互配合；

所述的推进器尾翼（22）安装在推进器中轴（21）的尾部，推进器中轴（21）尾部中心处设有推进器锚眼（23），用于连接安装锚链（4）；推进器尾翼（22）的宽度和个数根据实际需要进行增减，保证整体在水中下落时的定向稳定性。

6.根据权利要求4所述的一种新型轻质动力安装锚的安装方法，其特征在于，

所述的推进器（2），主要由推进器中轴（21）、推进器尾翼（22）和推进器锚眼（23）组成；所述的推进器中轴（21）的前端设有横向的推进器中轴前端开孔（24）和纵向的推进器中轴前端开槽（25），推进器中轴前端开孔（24）用

于放置剪切销（3），推进器中轴前端开槽（25）用于连接新型轻质动力安装锚（1）的连接杆（14）；所述的推进器中轴前端开孔（24）与连接杆（14）上的开孔 b（17）同轴，相互配合；

所述的推进器尾翼（22）安装在推进器中轴（21）的尾部，推进器中轴（21）尾部中心处设有推进器锚眼（23），用于连接安装锚链（4）；推进器尾翼（22）的宽度和个数根据实际需要进行增减，保证整体在水中下落时的定向稳定性。

7.根据权利要求 2、3 或 6 所述的一种新型轻质动力安装锚的安装方法，其特征在于，所述的推进器中轴（21）为中空圆柱体，尾部为逐渐收缩的圆台，前端为半椭球形或半球形；中空圆柱体的内部填充的材料为水银、铅或混凝土。

8.根据权利要求 4 所述的一种新型轻质动力安装锚的安装方法，其特征在于，所述的推进器中轴（21）为中空圆柱体，尾部为逐渐收缩的圆台，前端为半椭球形或半球形；中空圆柱体的内部填充的材料为水银、铅或混凝土。

9.根据权利要求 5 所述的一种新型轻质动力安装锚的安装方法，其特征在于，所述的推进器中轴（21）为中空圆柱体，尾部为逐渐收缩的圆台，前端为半椭球形或半球形；中空圆柱体的内部填充的材料为水银、铅或混凝土。

10.根据权利要求 2、3、6、8 或 9 所述的一种新型轻质动力安装锚的安装方法，其特征在于，所述的推进器尾翼（22）的材料为合金材料、复合材料或塑料，通过减小推进器尾翼（22）的密度来降低重心位置。

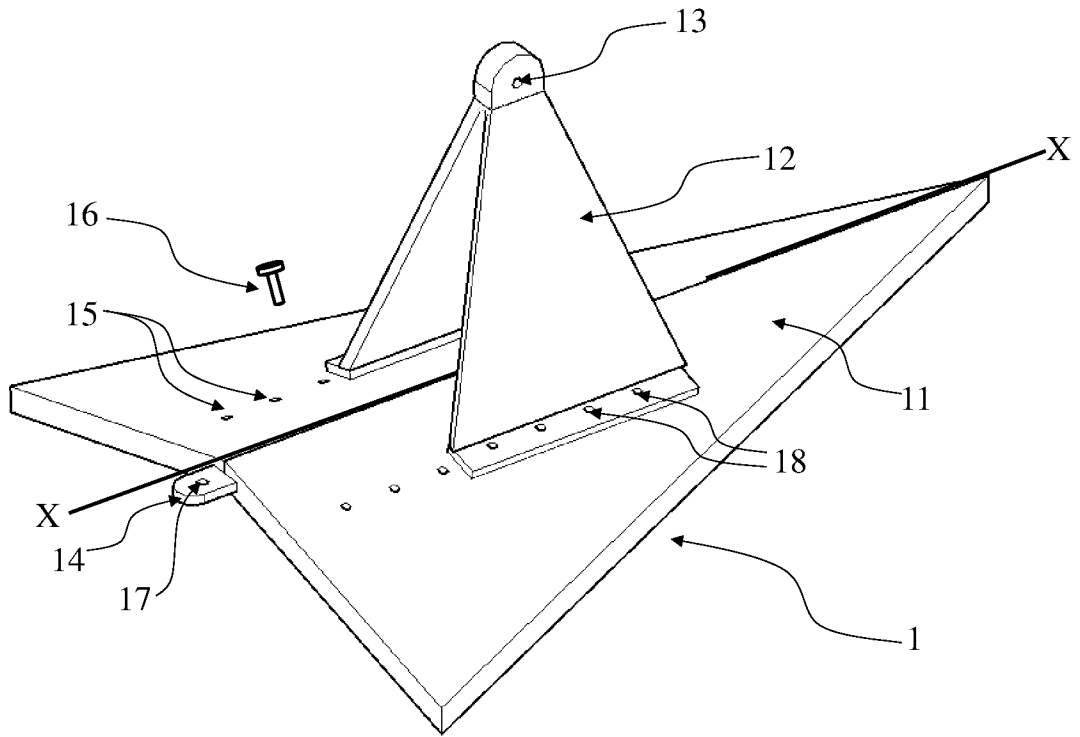


图 1

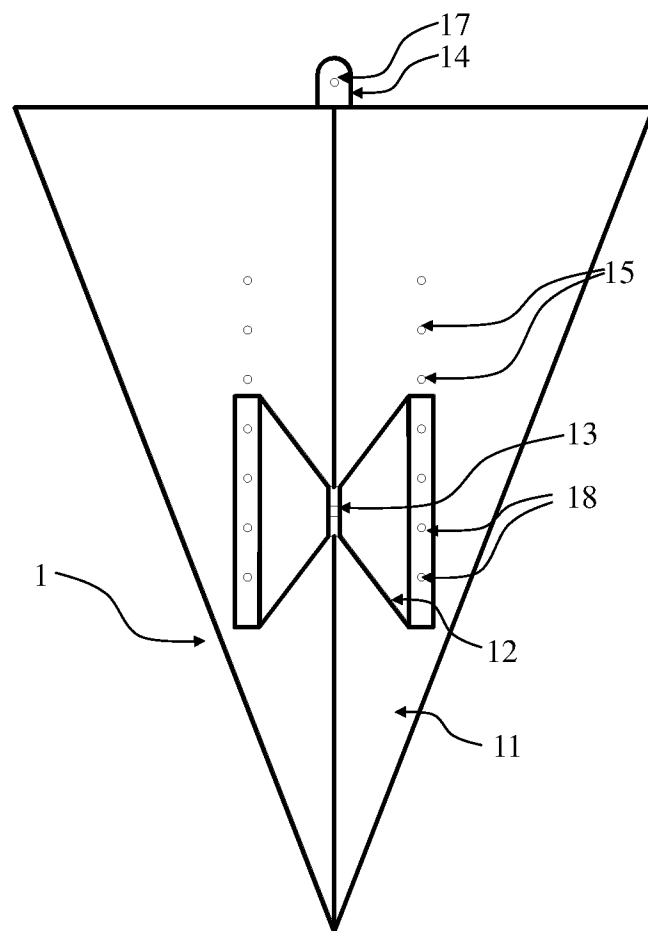


图 2

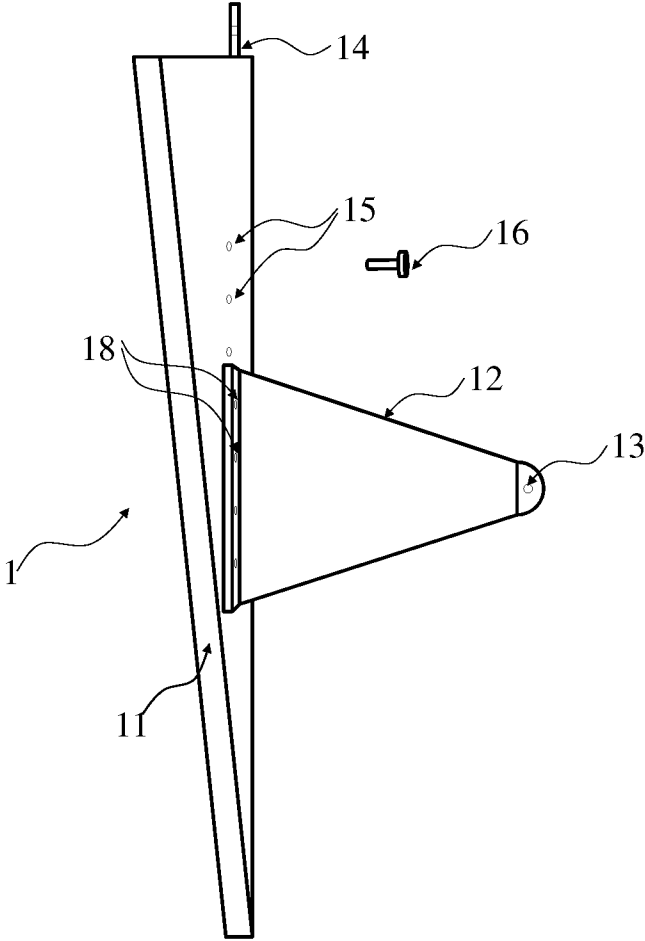


图 3

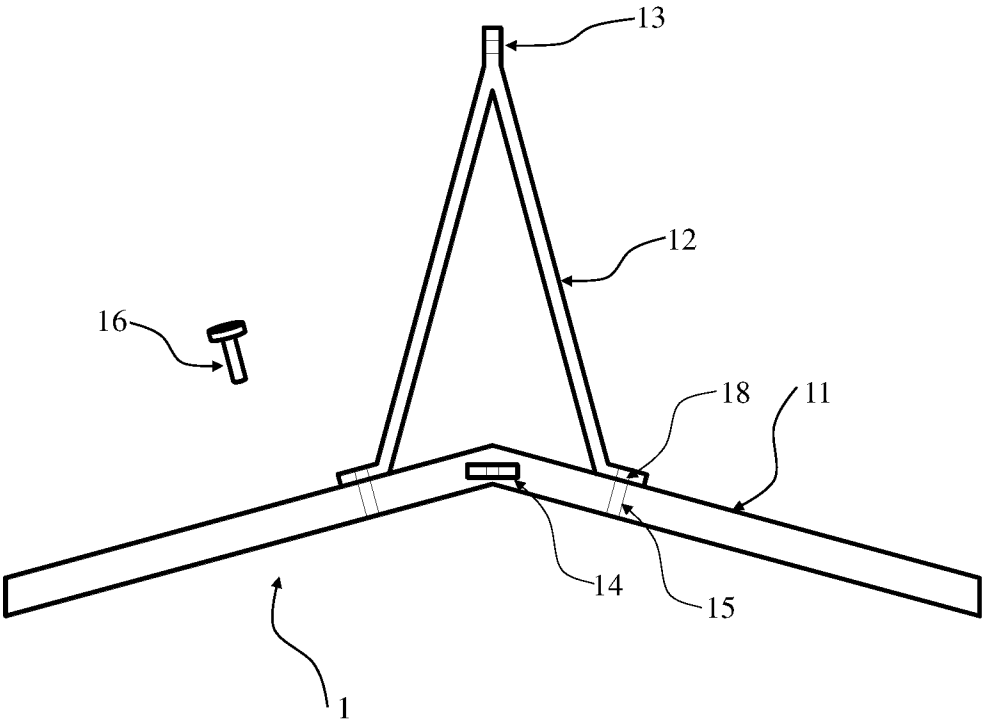


图 4

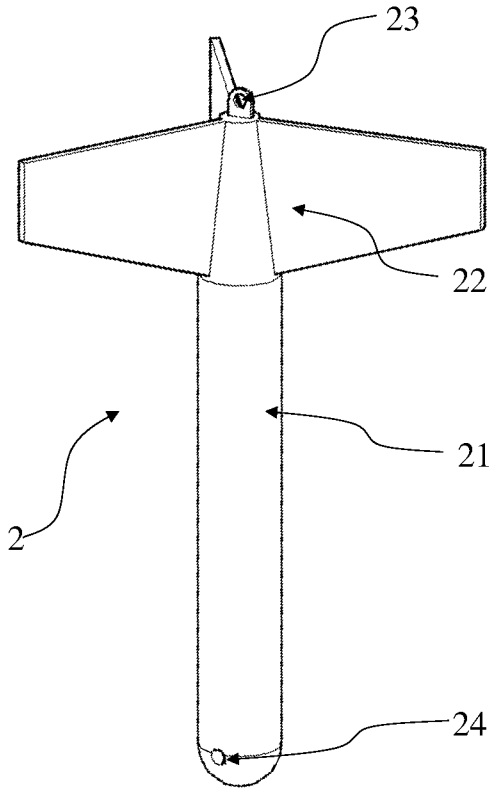


图 5

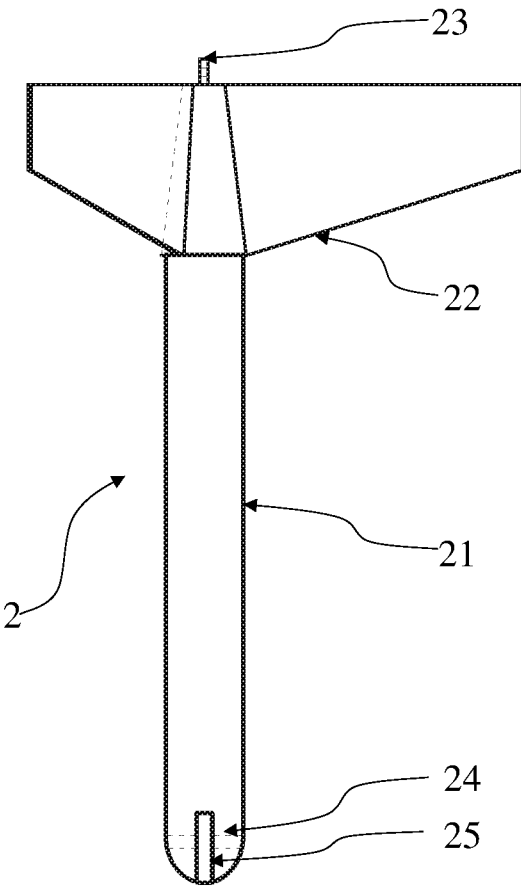


图 6

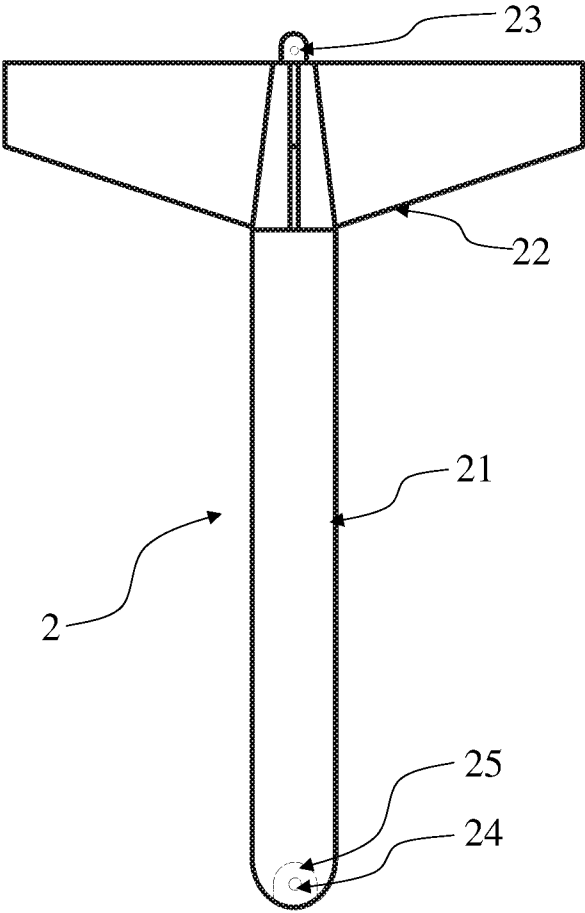


图 7

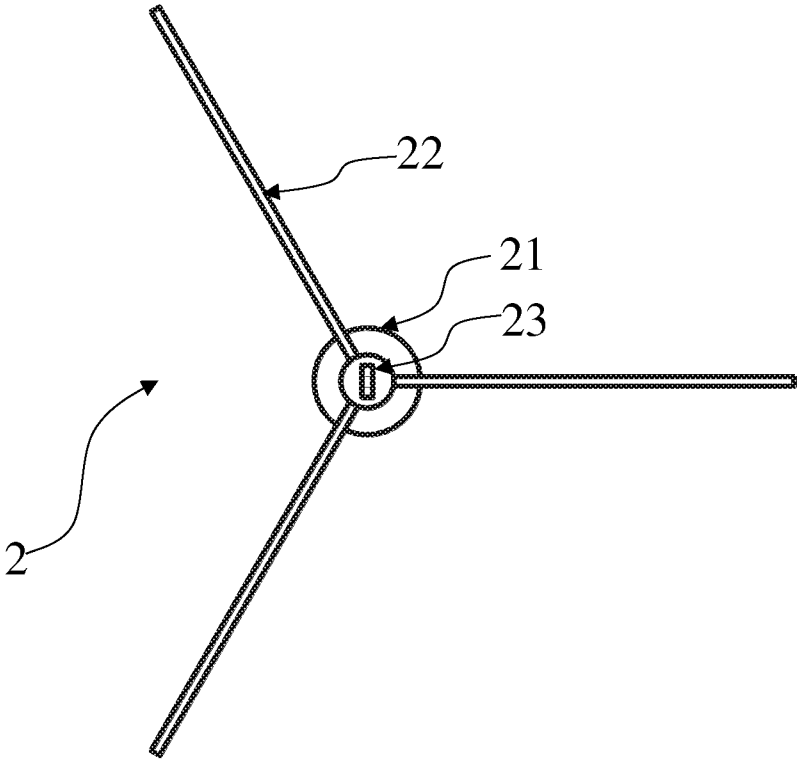


图 8

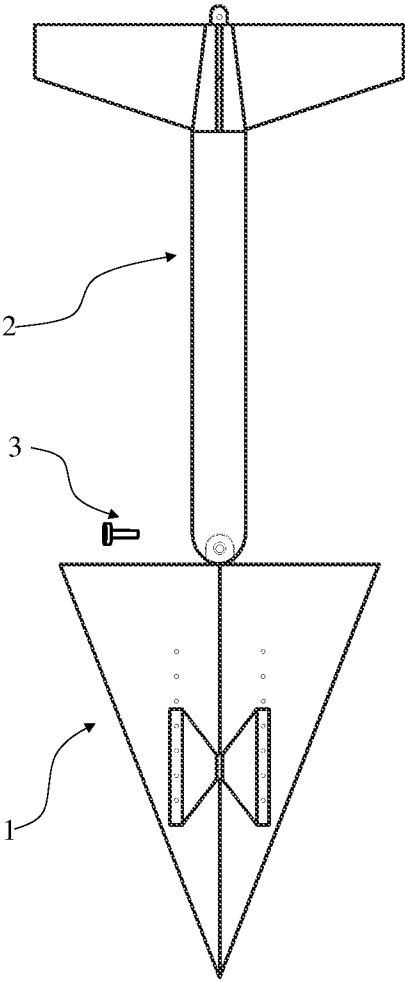


图 9

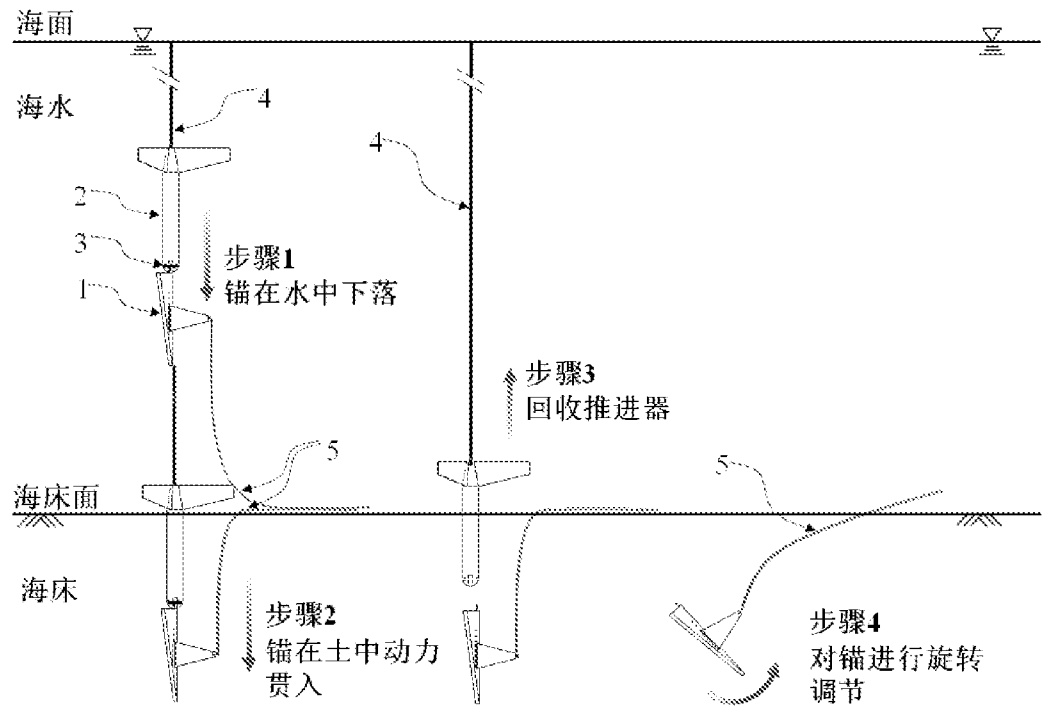


图 10

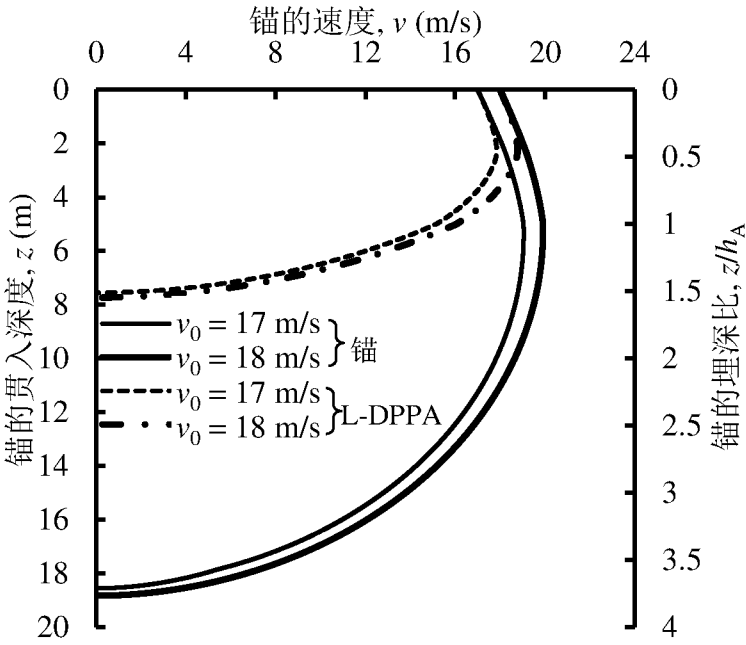


图 11 (a)

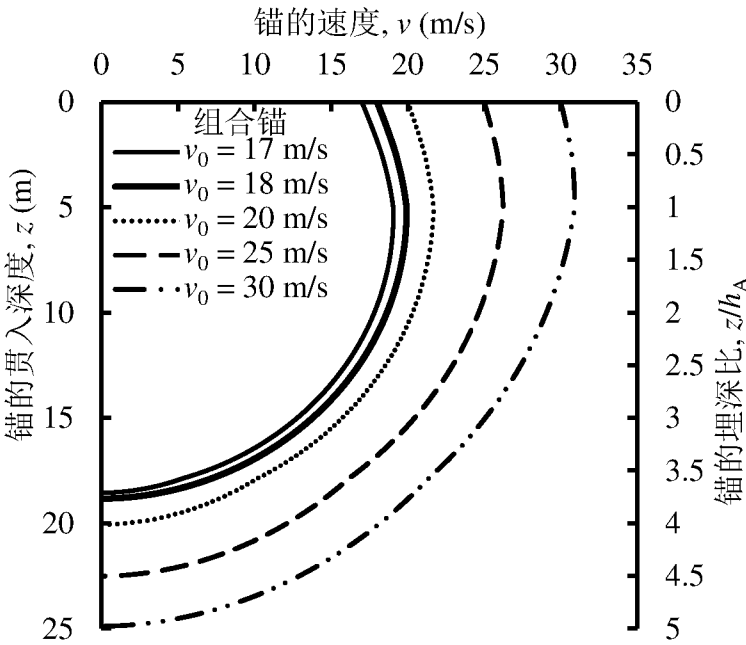


图 11 (b)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/086701

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B63B 21/26(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B63B21

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CPRSABS; SIPOABS; VEN; CNTXT: 锚, 动力, 贯入, 插入, 跟随, 推进, 驱动, 送桩, anchor, Dynamic, enter, insert +, push+, follower

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	CN 208149556 U (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 27 November 2018 (2018-11-27) description, paragraphs [0032]-[0078], and figures 1-11	1-10
E	CN 108423125 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 21 August 2018 (2018-08-21) claims 1-10, and figures 1-11	1-10
X	CN 106240748 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 21 December 2016 (2016-12-21) description, paragraphs [0035]-[0092], and figures 1-8	1-10
X	CN 1495094 A (BRUPAT LTD.) 12 May 2004 (2004-05-12) description, embodiment section 1, and figures 1-10	1-10
A	WO 2006055963 A2 (DELMAR SYSTEMS, INC. ET AL.) 09 April 2009 (2009-04-09) entire document	1-10
A	US 631168 A (FREDERICK B. LANGSTON) 15 August 1899 (1899-08-15) entire document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

01 February 2019

Date of mailing of the international search report

18 February 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

National Intellectual Property Administration, PRC (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Authorized officer

Facsimile No. (86-10)62019451

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/086701

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	208149556	U	27 November 2018	None			
CN	108423125	A	21 August 2018	None			
CN	106240748	A	21 December 2016	AU	2017309535	A1	07 June 2018
				US	2018346074	A1	06 December 2018
				WO	2018028228	A1	15 February 2018
				WO	2018028235	A1	15 February 2018
				CN	106240748	B	23 January 2018
CN	1495094	A	12 May 2004	EP	1462356	A3	16 March 2005
				IS	5926	A	24 April 2001
				WO	0026081	A3	03 August 2000
				AU	761296	B2	05 June 2003
				ES	2305655	T3	01 November 2008
				AT	363428	T	15 June 2007
				WO	0026081	A2	11 May 2000
				PT	1321356	E	06 September 2007
				SG	110039	A1	28 April 2005
				AT	391666	T	15 April 2008
				CN	1264722	C	19 July 2006
				EP	1321356	B1	30 May 2007
				NZ	511324	A	29 August 2003
				CA	2348078	C	22 April 2008
				DE	69938515	D1	21 May 2008
				NO	20011949	A	02 July 2001
				JP	2003516890	A	20 May 2003
				AU	1054600	A	22 May 2000
				EP	1462356	B1	09 April 2008
				DE	69936231	T2	24 January 2008
				CA	2348078	A1	11 May 2000
				WO	0026081	A9	22 March 2001
				NO	20011949	D0	19 April 2001
				ID	28960	A	19 July 2001
				HK	1056709	A1	21 December 2007
				OA	11794	A	10 August 2005
				CN	1325352	A	05 December 2001
				BR	9915202	A	07 August 2001
				AP	200102126	A0	30 June 2001
				US	6598555	B1	29 July 2003
				PT	1462356	E	02 September 2008
				AR	021046	A1	12 June 2002
				AP	1415	A	13 June 2005
				EP	1321356	A2	25 June 2003
				NO	333123	B1	11 March 2013
				CU	23114	A3	27 February 2006
				CN	1137833	C	11 February 2004
				DK	176066	B1	06 March 2006
				DK	200100676	A	27 June 2001
				JP	2010089782	A	22 April 2010
				EP	1124718	A2	22 August 2001
				EP	1321356	A3	12 November 2003
				DE	69936231	D1	12 July 2007

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/086701

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
				AP	200102126	D0	30 June 2001
				EP	1462356	A2	29 September 2004
				JP	5095710	B2	12 December 2012
				ES	2288206	T3	01 January 2008
WO	2006055963	A2	09 April 2009	WO	2006055963	A3	09 April 2009
				US	2006107886	A1	25 May 2006
				US	2006150886	A1	13 July 2006
				US	7059263	B1	13 June 2006
US	631168	A	15 August 1899	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/086701

A. 主题的分类

B63B 21/26 (2006.01) i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

B63B21

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS; CPRSABS; SIPOABS; VEN; CNTXT: 锚, 动力, 贯入, 插入, 跟随, 推进, 驱动, 送桩, anchor, Dynamic, enter, insert+, push+, follower

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
E	CN 208149556 U (大连理工大学) 2018年 11月 27日 (2018 - 11 - 27) 说明书第[0032]-[0078]段、附图1-11	1-10
E	CN 108423125 A (大连理工大学) 2018年 8月 21日 (2018 - 08 - 21) 权利要求1-10、附图1-11	1-10
X	CN 106240748 A (大连理工大学) 2016年 12月 21日 (2016 - 12 - 21) 说明书第[0035]-[0092]段、附图1-8	1-10
X	CN 1495094 A (布鲁帕特有限公司) 2004年 5月 12日 (2004 - 05 - 12) 说明书第1实施例部分, 附图1-10	1-10
A	WO 2006055963 A2 (DELMAR SYSTEMS INC等) 2009年 4月 9日 (2009 - 04 - 09) 全文	1-10
A	US 631168 A (LANGSTON FREDERICK B) 1899年 8月 15日 (1899 - 08 - 15) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 2月 1日

国际检索报告邮寄日期

2019年 2月 18日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

李秀芳

电话号码 86-010-62085885

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/086701

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	208149556	U	2018年 11月 27日	无			
CN	108423125	A	2018年 8月 21日	无			
CN	106240748	A	2016年 12月 21日	AU	2017309535	A1	2018年 6月 7日
				US	2018346074	A1	2018年 12月 6日
				WO	2018028228	A1	2018年 2月 15日
				WO	2018028235	A1	2018年 2月 15日
				CN	106240748	B	2018年 1月 23日
CN	1495094	A	2004年 5月 12日	EP	1462356	A3	2005年 3月 16日
				IS	5926	A	2001年 4月 24日
				WO	0026081	A3	2000年 8月 3日
				AU	761296	B2	2003年 6月 5日
				ES	2305655	T3	2008年 11月 1日
				AT	363428	T	2007年 6月 15日
				WO	0026081	A2	2000年 5月 11日
				PT	1321356	E	2007年 9月 6日
				SG	110039	A1	2005年 4月 28日
				AT	391666	T	2008年 4月 15日
				CN	1264722	C	2006年 7月 19日
				EP	1321356	B1	2007年 5月 30日
				NZ	511324	A	2003年 8月 29日
				CA	2348078	C	2008年 4月 22日
				DE	69938515	D1	2008年 5月 21日
				NO	20011949	A	2001年 7月 2日
				JP	2003516890	A	2003年 5月 20日
				AU	1054600	A	2000年 5月 22日
				EP	1462356	B1	2008年 4月 9日
				DE	69936231	T2	2008年 1月 24日
				CA	2348078	A1	2000年 5月 11日
				WO	0026081	A9	2001年 3月 22日
				NO	20011949	D0	2001年 4月 19日
				ID	28960	A	2001年 7月 19日
				HK	1056709	A1	2007年 12月 21日
				OA	11794	A	2005年 8月 10日
				CN	1325352	A	2001年 12月 5日
				BR	9915202	A	2001年 8月 7日
				AP	200102126	A0	2001年 6月 30日
				US	6598555	B1	2003年 7月 29日
				PT	1462356	E	2008年 9月 2日
				AR	021046	A1	2002年 6月 12日
				AP	1415	A	2005年 6月 13日
				EP	1321356	A2	2003年 6月 25日
				NO	333123	B1	2013年 3月 11日
				CU	23114	A3	2006年 2月 27日
				CN	1137833	C	2004年 2月 11日
				DK	176066	B1	2006年 3月 6日
				DK	200100676	A	2001年 6月 27日
				JP	2010089782	A	2010年 4月 22日
				EP	1124718	A2	2001年 8月 22日
				EP	1321356	A3	2003年 11月 12日
				DE	69936231	D1	2007年 7月 12日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/086701

检索报告引用的专利文件				公布日 (年/月/日)		同族专利		公布日 (年/月/日)	
						AP	200102126	D0	2001年 6月 30日
						EP	1462356	A2	2004年 9月 29日
						JP	5095710	B2	2012年 12月 12日
						ES	2288206	T3	2008年 1月 1日
W0	2006055963	A2	2009年 4月 9日			W0	2006055963	A3	2009年 4月 9日
						US	2006107886	A1	2006年 5月 25日
						US	2006150886	A1	2006年 7月 13日
						US	7059263	B1	2006年 6月 13日
US	631168	A	1899年 8月 15日			无			