一种单立柱系泊式井口生产作业平台

技术领域

本发明涉及海洋油气开发领域，涉及一种单立柱系泊式井口生产作业平台。

背景技术

在我国浅水海域，已探明出了很多边际油田。所谓边际油田，是指那些探明产量较小（单个油田可采储量大约在 10 万吨到 200 万吨之间）、地理位置分散且离其他大油田的距离较远、采用传统开发模式开发经济效益较差的油田。

一个完整的油田开发需要具备钻（修）- 采 - 储 - 运四个过程。我国现有传统浅水油田的开发模式主要包括以下部分：（1）单个或多个井口平台；（2）生产储卸油轮（FPSO）；（3）系泊 FPSO 的导管架及单点系统；（4）连接井口平台与 FPSO 的海底管道。

其中井口平台一般为导管架形式的平台，井口平台搭载采油树；FPSO 由一个单点系泊系统系泊与一个导管架上；井口平台将原油混合物通过海底管道输送至 FPSO 上进行生产并储存，同时 FPSO 通过电缆给井口平台供电和生活、作业所需液体；穿梭油轮定期来到 FPSO 处将原油运输至陆地。

目前常用的用于系泊 FPSO 的系泊平台，与井口平台是形式完全不同的两种导管架，不能通用，FPSO 系泊于系泊平台，然后又通过海底管道与井口平台连接，为了预留安全距离，就需要埋设造价不菲的海底管道。对于产量大且数目密集的油田，系泊平台与井口平台及对应设置的海底管道的造价可以均摊至多个油田，并且具有很高的稳定性，可以获得理想的经济效益；但针对边际油田，则明显不适宜，原因在于，边际油田的单位产量要低于密集高产油田，针对单一边际油田，则装备投资可能高于获得的收益，或者仅仅能获得很低的收益，受限于此，目前有一些边际油田的开发都被暂时搁置。

处于经济性要求的考量，考虑采用两种操作模式进行边际油田开发：

（1）“三一”开发模式，即对距离已开发油田 20km 以内的边际油气田，利用一座井口平台、一条海底管道、一条海底电缆将其生产的油气田送入该已开发的油田。

（2）“蜜蜂式”开发模式，即对距离已开发油田 20km 以外的，无法依托已开发油田的较小的、孤立的小型边际油气田，采用可移动式的集钻（修）井、生产、动力、储油、外输、生活为一体的小型生产装置进行开发的模式。

目前大部分的边际油田距离已开发油田超过了 20km，并且，即使是长度在 20km 内的海底管道，仍然需要高昂的造价。因此“蜜蜂式”开发模式是解决众多边际油田的主要方案。

该开发模式主要是提供一种可移动平台结构，从而能够将生产、动力、储油、外输、生活等作业功能集成到一个小型生产装置上，该平台结构像蜜蜂一样采完一

个小油田后，可以移到另外一个小油田采油。“蜜蜂式”开发模式，可使边际油田具有一定的经济效益，但是为了实现平台的可移动性，平台形状将受到一定的限制，而难以配置足够的空间进行储油，一般满载储量不能超过 2000 吨，这样使得穿梭油轮来提油的次数过于频繁，从而降低了整个油田开发的经济性。

另一种思路是考虑将储运船与导管架在正常生产状态下连为一体，导管架用来生产，储运船用来储存原油，既具备了生产、动力、储油、外输、生活功能，但该做法，生产状态时储运船受到载荷远大于原有平台配置的储油装置，导致系统整体抵抗风浪的能力较差，尤其是当储运船处于横浪状态时，横向载荷极大，剧烈的横摇运动容易导致导管架或者关联的设备、线路遭到破坏从而造成事故。

故而，存在通过改变现有井口平台结构以适应边际油田开发的经济性要求的需求。

需要说明的是，上述内容属于发明人的技术认知范畴，并不必然构成现有技术。

发明内容

本发明针对背景技术存在的不足，旨在提供一种能够改善边际油田开发的经济性指标的生产作业平台。能够提高采油作业设备布置的紧凑型，减少设施数量、降低投入成本；并且具有良好的安全性和稳定性；还同时支持在一个平台集成修井、生产、动力、储油、外输、生活等功能；支撑扩展足够大的储油空间。

本发明采取的技术方案是：

一种单立柱系泊式井口生产作业平台，包括：

立柱柱体，所述立柱柱体为中空结构；

设置于所述立柱柱体的底部的定位安装组件；

设置于所述立柱柱体的外部的能够绕所述立柱柱体的轴线旋转的转台，所述转台包括系泊连接装置；

设置于所述立柱柱体的顶部的位于所述转台上方的采油作业平台，所述采油作业平台上设置有采油作业组件；

设置于所述立柱柱体的内部的至少一个筒内井槽，所述筒内井槽能够连接至所述采油作业平台。

通过上述技术方案，通过围绕中空的立柱柱体设置：在立柱柱体底部的定位安装组件，将立柱柱体稳固地安放在油田的海域内。在立柱柱体外部的转台，得以支持平台实现系泊功能，例如系泊浮式生产储卸油装置（FPSO），浮式生产储卸油装置在系泊于转台后，可以在遇到风浪时，与转台一同绕立柱柱体转动。在立柱柱体内部设置筒内井槽，可设置多个，例如 3 到六个，能够支持进行采油作业，其中采油作业组件设置在转台顶部的采油作业平台，合理设置立柱柱体结构，系泊与采油作业互相不会影响能够同时进行。实现了将系泊、采油作业集成在了基于同一个立柱柱体的生产作业平台，也就是说，将传统浅水油田开发模式中的井口平台和单点系泊导管架集成为一体，省去了在系泊平台与井口平台之间设置的海底管道，也减

少了平台导管架的设置数量。能够大幅度降低边际油田的发开成本，具有非常高的推广价值。

在优选的实现方式中，所述定位安装组件包括若干桩基以及连接所述桩基与立柱柱体的导管。

在优选的实现方式中，所述定位安装组件包括沿立柱柱体底部向下延伸的桩基柱体。

可选的，将所述立柱柱体与所述桩基柱体一体成型，也就是用立柱柱体的底部的一端作为单桩桩基，夯入海底进行固定。定位安装组件的形式可以根据不同的海况进行选择，也可以同时配合多种定位方式。

在优选的实现方式中，所述转台包括转台主体及转台轴承，所述转台轴承的内环与所述立柱主体固接。

转台选用的轴承将优选为滚动轴承，此时所述转台轴承的外环与所述转台主体固接。在某些情况下，也可以选用滑动轴承，此时轴承润滑层将在轴承外表面与所述转台主体形成的轴承位的内表面之间，轴承的内表面将与立柱柱体通过紧配方式固定。

在优选的实现方式中，还包括与所述转台连接的旋转输送组件；包括：

若干旋转输送接头，所述旋转输送接头包括：

与所述立柱柱体固接的内输送环；

跟随所述转台相对所述内输送环转动的外输送环；

所述内输送环与外输送环之间具有能够在转动过程中保持输送的输送结构；

内部输送单元，连接所述输送结构与所述采油作业组件；

外部输送单元，连接所述输送结构。

进一步优选的方式是通过系泊装置固定输送单元。

通过设置旋转输送接头，提供了一种优选消除了生产作业平台上的采油作业与系泊的冲突，转台系泊的浮式生产储卸油装置将被风浪驱动带动转台旋转，此时，外部输送单元例如输水管线、输油管线、电源线等连接至浮式生产储卸油装置要避免缠绕和拉伸，就需要通过旋转输送接头，在转台旋转过程中，保持外部与内部的输送状态的稳定。

在优选的实现方式中，所述输送结构用以输送流体或者电能。

在优选的实现方式中，所述采油作业平台包括井口甲板，所述采油作业组件包括采油树，管汇终端以及生产辅助系统中的至少一个。

生产辅助系统为传统油田发开作业装备包括不限于：供电设施，控制仪器设施，吊装设施，消防设施，安全设施，监测设施。

在优选的实现方式中，所述采油作业平台还包括设置于所述井口甲板上方的修井甲板，用以承载修井装备。

修井装备优选液压修井，也可以配合传统修井机承载相关修井设施，主要提供供钻井（修井）立管深入筒内井槽的功能。

在优选的实现方式中，所述筒内井槽包括与所述采油作业平台或者采油作业组件连接的隔水管；

所述立柱柱体内部设置有支撑所述隔水管的定位隔离结构。

在优选的实现方式中，所述系泊连接装置包括转动关节及设置于所述转动关节的解脱装置，所述解脱装置用以脱除所述转动关节与所述转台的连接，或者所述解脱装置用以脱除所述解脱装置与所述转动关节的连接。

一种油田生产作业系统，其特征在于，包括：

前述的单立柱系泊式井口生产作业平台；

浮式生产储卸油装置；

连接所述浮式生产储卸油装置与所述系泊连接装置的系泊装置。

作为一种单立柱系泊式井口生产作业平台的应用，配合浮式生产储油装置共同实现产油、储油作业。该系统具备了储油能力大、抗风浪能力强等优点，并且做到了，在整体设施大幅精简、投入成本大大减少的前提下，功能上并没有折减，依然同时具备修井、生产、动力、储油、外输、生活所有功能，使得很多孤立的边际油田开发具有经济效益。

本一种单立柱式井口生产作业平台，包括：

立柱柱体，所述立柱柱体为中空结构；

设置于所述立柱柱体的底部的定位安装组件；

设置于所述立柱柱体的顶部的采油作业平台，所述采油作业平台上设置有采油作业组件；

设置于所述立柱柱体的内部的至少一个筒内井槽，所述筒内井槽能够连接至所述采油作业平台。

通过上述技术方案，通过围绕中空的立柱柱体设置：在立柱柱体底部的定位安装组件，将立柱柱体稳固地安放在油田的海域内。在立柱柱体内部设置筒内井槽，可设置多个，例如 3 到六个，能够支持进行采油作业，其中采油作业组件设置在转台顶部的采油作业平台，合理设置立柱柱体结构,实现了将采油作业所需的各功能均集成在基于同一个立柱柱体的生产作业平台，也就是说，针对海底传输的模式，无需配置 FPSO，省去了在单点系泊导管架，以及导管架与井口平台之间设置的海底管道，能够大幅度降低边际油田的发开成本，具有非常高的推广价值。

作为优选的实现方式，所述定位安装组件包括若干桩基以及连接所述桩基与立柱柱体的导管。

作为优选的实现方式，所述定位安装组件包括沿立柱柱体底部向下延伸的桩基柱体。

可选的，将所述立柱柱体与所述桩基柱体一体成型，也就是用立柱柱体的底部的一端作为单桩桩基，夯入海底进行固定。定位安装组件的形式可以根据不同的海况进行选择，也可以同时配合多种定位方式。

作为优选的实现方式，所述立柱柱体的中空部分的径向尺寸为 2 米至 6 米。

作为优选的实现方式，所述筒内井槽包括与所述采油作业平台或者采油作业组件连接的隔水管；

所述立柱柱体内部设置有支撑所述隔水管的定位隔离结构。

作为优选的实现方式，所述隔水管数量为多个；

所述定位隔离结构包括：

多个套设在所述隔水管外部的定位环，各定位环依次通过连接筋连接；

与所述定位环和/或连接筋连接的径向支撑；所述径向支撑抵靠或者连接于所述立柱柱体的中空部分的内壁。

通过定位隔离支持多个筒内井槽在立柱柱体内部布置，并且通过定位隔离结构，可以支持多钻井的稳定生产。

作为优选的实现方式，所述隔水管围绕所述立柱柱体的轴线呈环向均布。

作为优选的实现方式，所述采油作业平台包括井口甲板，所述采油作业组件包括采油树，管汇终端以及生产辅助系统中的至少一个。

生产辅助系统为传统油田发开作业装备包括不限于：供电设施，控制仪器设施，吊装设施，消防设施，安全设施，监测设施。

作为优选的实现方式，所述采油作业平台还包括设置于所述井口甲板上方的修井甲板，用以承载修井装备。

修井装备优选液压修井，也可以配合传统修井机承载相关修井设施，主要提供供钻井（修井）立管深入筒内井槽的功能。

作为优选的实现方式，所述采油作业平台还包括：管汇甲板和/或注水甲板和/或登船甲板。

作为一种单立柱式井口生产作业平台的应用，配合临近已开发油田共享部分能源设施，共同实现产油、储油作业，形成油田网络。该系统由于无需系泊 FPSO，故而抗风浪能力很强，并且整体设施大幅精简、投入成本大大减少，而依托于已开发油田，能够同时具备修井、生产、动力、外输、生活所有功能，使得很多与已开发油田临近的边际油田开发具有经济效益。

此外，旨在对生产作业平台的结构进行改进，以期能够改善边际油田开发的经济性指标，能够提高采油作业设备布置的紧凑型，减少设施数量、降低投入成本；并且具有良好的安全性和稳定性；还同时支持在一个平台集成修井、生产、动力、储油、外输、生活等功能；支撑扩展足够大的储油空间。关键之处即在于提供一种应用在井口平台的旋转系泊输送系统，可以在被系泊于井口平台的 FPSO 与采油作业装置之间进行流体和能源的输送。

本发明还提供一种旋转系泊输送系统，包含若干旋转输送接头；

各所述旋转输送接头包括：

内输送环；

能够相对于所述内输送环转动的外输送环；

所述内输送环与外输送环之间具有能够在转动过程中保持输送的输送结构；

内部输送单元，所述内部输送单元连接所述内输送环；

外部输送单元，所述外部输送单元连接所述外输送环；

其中，各所述旋转输送接头的内输送环固定连接。

在边际油田发开采用作业中，一种构思是将井口平台与单点系泊的导管架集成为一体，其中需要解决的问题就是被系泊于井口平台设置的转台的 FPSO 将随风浪摆动和旋转，需要保持系泊过程中井口平台设置的采油作业装置与 FPSO 的输送不中断，也不被影响，并且，也不干涉采用作业平台的正常运作。

通过设置旋转输送接头，提供了消除了生产作业平台上的采油作业与系泊的冲突的解决途径，转台系泊的浮式生产储卸油装置将被风浪驱动带动转台旋转，此时，外部输送单元例如输水管线、输油管线、电源线等连接至浮式生产储卸油装置要避免缠绕和拉伸，就需要通过旋转输送接头，在转台旋转过程中，保持外部与内部的输送状态的稳定。

作为优选的实现方式，若干所述旋转输送接头由上至下依次布置，与位于下方的旋转输送接头的内输送环连接的内部输送单元穿过开设在位于上方的旋转输送接头的内输送环上的内部通道。

作为优选的实现方式，至少一个所述旋转输送接头为流体输送接头。

作为优选的实现方式，所述输送结构为形成于所述内输送环与外输送环之间的环形流体槽，所述内部输送单元包括流体管路，所述流体管路与所述环形流体槽连通。

作为优选的实现方式，所述流体输送接头输送的流体选自水、油、气中的一种或多种。

作为优选的实现方式，所述内输送环与外输送环之间设置有动态密封圈，形成隔绝所述环形流体槽与外部的密封结构。

作为优选的实现方式，至少一个所述旋转输送接头为能源输送接头，所述输送结构为设置于所述内输送环与外输送环之间的电刷，所述内部输送单元包括电连接所述电刷的电源线。或者亦可用于传输数据，采用数据线作为输送单元。

作为优选的实现方式，所述内输送环与外输送环之间设置有动态密封圈，形成隔绝所述环形流体槽与外部的密封结构。

作为优选的实现方式，所述内输送环与外输送环之间设置有轴承。

作为优选的实现方式，还包括转台，所述转台连接各外输送环。

附图说明

此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解，构成本发明的一部分，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。在附图中：

图 1 绘示了本发明一实施例中油田生产作业系统的整体结构示意图。

图 2 绘示了本发明一实施例中油田生产作业系统的整体结构示意图，并对各部

分进行标记。

图 3 绘示了本发明一实施例中油田生产作业系统的局部结构示意图。

图 4 绘示了本发明一实施例中单立柱系泊式井口平台的上半部分的局部结构示意图，图中省略了转台。

图 5 绘示了本发明一实施例中单立柱系泊式井口平台中立柱柱体的横向剖解示意图。

图 6 绘示了本发明一实施例中单立柱系泊式井口平台的上半部分的局部结构示意图，图中省略了部分立柱柱体。

图 7 绘示了本发明一实施例中单立柱系泊式井口平台中安装旋转输送接头的部分的局部剖面结构示意图。

图 8 绘示了本发明一实施例中单立柱系泊式井口平台中转台及关联结构的示意图。

图 9 绘示了本发明一实施例中单立柱式井口平台的整体结构示意图。

附图标记说明：

1、浮式生产储卸油装置（FPSO）；2、立柱柱体；3、定位安装组件；4、转台；5、井口甲板；6、采油树；7、管汇终端；8、修井甲板；9、液压修井机；10、旋转输送组件件；11、转台轴承；12、系泊支撑架；13、水平配重刚臂；14、配重舱；15、系泊吊臂；16、刚性输送管路；17、柔性跨接管路；18、纵摇轴承；19、横摇轴承；20、万向接头（各吊臂的两端均设置一个）；21、隔水管；22、定位隔离结构；23、输水旋转接头内环（静止环）；24、输水旋转接头外环（旋转环）；25、输水旋转接头密封圈；26、水腔；27、输水轴承外环（与旋转接头的外环相连）；28、输水轴承内环（与旋转接头的内环相连）；29、外输水管道（通往 FPSO）；30、内输水管道（通往管汇终端）；31、输油旋转接头内环（静止环）；32、输油旋转接头外环（旋转环）；33、输油旋转接头密封圈；34、油腔；35、输油轴承外环（与旋转接头的外环相连）36、输油轴承内环（与旋转接头的内环相连）；37、外输油管道（通往 FPSO）；38、内输油管道（通往管汇终端）；39、输电旋转接头内环（静止环）；40、输电旋转接头外环（旋转环）；41、输电旋转接头密封圈；42、电刷；43、输电轴承外环（与旋转接头的外环相连）；44、输电轴承内环（与旋转接头的内环相连）；45、外输电线路（通往 FPSO）；46、内输电线路（通往管汇终端）；47、旋转接头驱动臂；48、驱动臂支撑架；49、转台轴承内环（静止环，与立柱刚性固定）；50、转台轴承外环（旋转环，与转台刚性固定）。

具体实施方式

为了更清楚的阐释本发明的整体构思，下面再结合说明书附图以示例的方式进行详细说明。

需说明，在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明，但是，本发明还可以采用其他不同于在此描述的其他方式来实施，因此，本发明的保护范

围并不受下面公开的具体实施例的限制。

在结合附图描述本发明所提供的可选的实现方式之前，首先对本发明的技术构思进行介绍。

传统的用以实施采油作业的井口平台受限于结构，无法安装单点系泊系统的轴承，需要对井口平台的结构进行改进；同样地，现有的系泊导管架因为无法布置采油树也无法作为井口。而完成采油作业，系泊和井口作业都是不可或缺的，对于产量大且数目密集的油田，同时配置井口平台和单点系泊导管架是可行的，整套系统使用年限长且成本可均摊到多个油田上，单位产量的开发成本可以达到非常低，具有很好的经济效益；但针对边际油田，该开发模式单位产量的成本较高，无法满足经济性要求。

故而本发明旨在实现的技术目的为：针对单个孤立的浅水边际油田，采用一套系统同时具备修井、生产、动力、储油、外输、生活所有功能，同时设施数量尽可能少，投入成本尽可能低；并且正常工作状态下同时可进行修井，不需要停产；还能够支持足够大的储油空间；还需要抵抗恶劣海洋环境能力强，能够抵挡 50 年一遇海况，并且一年一遇海况下不停产；面对 100 年一遇的极端恶劣海况时，可进行快速解脱。

而实现上述技术目的的核心即在于采用中空的立柱式平台结构，在立柱柱体的外部设置与立柱的顶部和内部进行的采油作业不会冲突的系泊转台。

结合图 1 及图 2，描绘了基于单立柱系泊式井口生产作业平台的油田生产作业系统。该系统主要包括浮式生产储卸油装置 1、单立柱系泊式井口生产作业平台和水上软刚臂单点系泊系统。其中，浮式生产储卸油装置的实现方式可以是生产储油轮，可由旧油轮改造而成，根据油田实际需求挑选大小合适的油轮，通过增加必要的生产设施、发电机组、系泊支撑架、外输模块即可。

参考图 3，其中单立柱系泊式井口生产作业平台主要包括立柱 2，定位安装组件 3，转台 4，井口甲板 5，采油树 6，管汇终端 7，修井甲板 8，液压修井机 9，旋转输送组件 10 及转台轴承 11。

其中，立柱柱体的直径大约 2 米至 6 米，可以通过打桩锤打入海床中，并具有一定深度，内部中空可阵列设置筒内井槽以布置钻井立管或生产立管。立柱底部具有 3 个导管呈 120 度分布，每个导管外端通过桩基打桩固定于海底。

井口甲板设置于立柱柱体的顶部，每根立管顶部在井口甲板处设有采油树，每个采油树汇聚到井口甲板上的管汇终端。井口甲板上方设有修井甲板，并布置有液压修井机。井口甲板下方设转台，该转台与立柱柱体通过转台轴承连接，可绕立柱柱体在水平面内旋转，转台上方设置旋转输送组件接头，例如包括分别输送油、电、水的传输旋转接头。通过油管、水管和电缆将管汇和旋转接头静止部分连接。

软刚臂系泊系统包括系泊支撑架 12，水平配重刚臂 13，配重舱 14，吊臂 15，刚性输送管路 16，柔性跨接管路 17（可用以输送流体和能源），纵摇轴承 18，横摇轴承 19 和万向接头 20。

具体而言，软刚臂单点系泊系统由船上支撑架、两根吊臂和一个水平配重刚臂组成，配重刚臂的一端与单立柱平台的转台连接，之间设有可解脱式万向接头，使得配重刚臂相对转台可以任意旋转（即绕水平轴、竖直轴和中心轴转动），并且可快速解脱和回接；配重刚臂另一端设有两个配重舱，内部可添加配重；配重舱上方通过万向头与吊臂连接；吊臂上方通过万向头与船上支撑架连接。

如图 4 所示，位于立柱柱体 2 的中空结构内的是隔水管 21，构成筒内井槽。隔水管 21 的数量和排列可根据管径和油田需求而定，隔水管内可供立管伸入，立管包括生产立管和注水立管，生产立管将海底的原油混合物从海底抽至井口甲板 5 上的采油树 6 处，注水立管则从上方采油树 6 处将水打入海底油井中。井口甲板 5 上的管汇终端 7 用于汇聚所有采油树 6 的线路，除了通向采油树 6 的油、水管道，还有电缆，而这些油、水、电最终都需要联通到 FPSO 上。

单立柱系泊式井口生产作业平台与 FPSO 之间的相互作用分两部分：

一部分是单立柱系泊式井口生产作业平台给 FPSO 提供系泊定位，作为 FPSO 的系泊锚点，通过软刚臂系泊传递系泊力，并让 FPSO 在风浪流作用下可绕立柱柱体转动。如图 8 所示，转台轴承内环 49 与立柱柱体 2 相固定，转台轴承外环 50 与转台 4 相固定，而转台 4 与软刚臂的水平配重刚臂 13 相连，因此 FPSO 和软刚臂可带动转台 4 绕立柱 2 旋转。另外，纵摇轴承 18 和横摇轴承 19 能够解除了水平配重刚臂 13 的纵摇和横摇转动，因此水平配重刚臂 13 可在 FPSO 的带动下自由的横摇和纵摇，并对 FPSO 没有约束，由此支持承受较大载荷，从而允许提供大吨位的存储。另一方面，系泊支撑架与 FPSO 刚性固定，吊臂 15 悬挂在系泊支撑架 12 上，连接下放的配重舱 14，当 FPSO 发生纵荡运动时，吊臂 15 会倾斜从而将配重舱 14 提高做功，而配重舱 14 对吊臂 15 的拉力会产生一个水平分量，这个力的分量与船体运动方向相反作为回复力，将 FPSO 拉回平衡位置。此外，可以在万向接头 20 处设有快速解脱装置，当有超过设计的极端恶劣天气到来时（如百年一遇海况），可进行快速解脱。快速解脱装置为领域内常见安全措施，通过载荷变化可自动实现解脱。作为替代的实现方式，快速解脱装置也可以设置在系泊连接处。

另一部分是 FPSO 相对立柱柱体旋转时保持油、水、电的输送。这部分主要依靠旋转输送组件 10 来完成。具体结构详见下文。

此外，输送水、油等流体的内环与外环接触面内有一环形空腔，空腔在两环交接面处设有动态密封圈，可保证旋转时空腔内的流体不发生泄漏；空腔在内外环侧各有一个通道出口；内环与立柱柱体接触面上还有一个凹槽，形成一个自下而上的通道，该通道是让该旋转接头下方的液体或电旋转接头的静止部分出口的管路或电缆穿过，通向井口甲板上的管汇。

当油田正常工作时，FPSO 在软刚臂单点的定位下只能绕平台旋转，和有限的纵荡、纵摇、横摇运动。FPSO 上提供动力和人员生活，电力和水通过旋转接头到达平台管汇，在通过采油树和立管进入油井中；同时，采集到的原油混合物通过采油树和立管进入平台管汇，再通过旋转接头到达 FPSO 上进行生产，并将生产完的原油

储存与 FPSO 中，等待穿梭油轮定期来提油。当需要修井时，不必停止生产，只需要暂停所需修井的采油树，取出生产或注水立管，换成钻井立管，通过修井机 9 进行修井，修井完成后，再换成生产立管进行生产。

此外，作为可以基于前述方案实施的实现方式：

单立柱系泊式井口生产作业平台上方的甲板数量不限于井口甲板和修井甲板，还可增加其他生产作业所需甲板，例如管汇甲板、注水甲板、登船甲板等。

立柱柱体底部的定位安装组件的结构不限于 3 个斜撑呈 120 度角的形式，可根据海底实际情况和结构设计选择其他形式，如框架支撑、单侧斜撑、斜拉锁固定等。支撑腿与海底固定不限于打桩连接，也可使用吸力锚。还可以直接用立柱柱体作为单桩桩基夯入海床。

旋转输送接头数量不限于 3 个，可根据油田实际需要增加通道，种类不限于油、水、电旋转接头，还可以增加气旋转接头、多功能辅助旋转接头等。

修井方式不限于液压修井机，也可在修井甲板上方安装井架，采用传统的修井机。

软刚臂系统的快速解脱装置不限于设置在水平配重刚臂和转台之间的连接处，也可设置在吊臂和配重刚臂之间的连接处。

故而本发明旨在实现的技术目的还包括：采用中空的立柱式平台结构，在立柱柱体的外部设置与立柱的顶部和内部进行的采油作业不会冲突的系泊转台。

结合图 1 及图 2，描绘了基于单立柱系泊式井口生产作业平台的油田生产作业系统。该系统主要包括浮式生产储卸油装置 1、单立柱系泊式井口生产作业平台和水上软刚臂单点系泊系统。其中，浮式生产储卸油装置的实现方式可以是生产储油轮，可由旧油轮改造而成，根据油田实际需求挑选大小合适的油轮，通过增加必要的生产设施、发电机组、系泊支撑架、外输模块即可。

参考图 3，其中单立柱系泊式井口生产作业平台主要包括立柱 2，定位安装组件 3，转台 4，井口甲板 5，采油树 6，管汇终端 7，修井甲板 8，液压修井机 9，旋转系泊输送系统 10 及转台轴承 11。

其中，单立柱系泊式井口生产作业平台与 FPSO 之间的相互作用分两部分：

一部分是单立柱系泊式井口生产作业平台给 FPSO 提供系泊定位，作为 FPSO 的系泊锚点，通过软刚臂系泊传递系泊力，并让 FPSO 在风浪流作用下可绕立柱柱体转动。如图 8 所示，转台轴承内环 49 与立柱柱体 2 相固定，转台轴承外环 50 与转台 4 相固定，而转台 4 与软刚臂的水平配重刚臂 13 相连，因此 FPSO 和软刚臂可带动转台 4 绕立柱 2 旋转。另外，纵摇轴承 18 和横摇轴承 19 能够解除了水平配重刚臂 13 的纵摇和横摇转动，因此水平配重刚臂 13 可在 FPSO 的带动下自由的横摇和纵摇，并对 FPSO 没有约束，由此支持承受较大载荷，从而允许提供大吨位的存储。另一方面，系泊支撑架与 FPSO 刚性固定，吊臂 15 悬挂在系泊支撑架 12 上，连接下放的配重舱 14，当 FPSO 发生纵荡运动时，吊臂 15 会倾斜从而将配重舱 14 提高做功，而配重舱 14 对吊臂 15 的拉力会产生一个水平分量，这个力的分量与船

体运动方向相反作为回复力，将 FPSO 拉回平衡位置。此外，可以在万向接头 20 处设有快速解脱装置，当有超过设计的极端恶劣天气到来时（如百年一遇海况），可进行快速解脱。快速解脱装置为领域内常见安全措施，通过载荷变化可自动实现解脱。作为替代的实现方式，快速解脱装置也可以设置在系泊连接处。

另一部分是 FPSO 相对立柱柱体旋转时保持油、水、电的输送。这部分主要依靠旋转系泊输送系统 10 来完成。为了让旋转输送与采油作业互相不干扰，将旋转系泊输送系统中的各旋转输送接头设置为中空形式，并将旋转系泊输送系统的位置设置在井口甲板下方。如图 6 和 7 所示的实现方式中，旋转系泊输送系统从上到下依次是输水接头 S1、输油接头 S2 和输电接头 S3。旋转接头内外环（23、24、31、32、39、40）分别与轴承内外环（27、28、35、36、43、44）相连。当转台 4 转动时，在轴承（27、28、35、36、43、44）的帮助下，连接在转台上的驱动臂支架 48 和驱动臂 47 带动旋转接头外环 24（水）、32（油）、40（电）一起旋转，而旋转接头内环 23（水 、31（油）、39（电）与立柱柱体刚性连接，保持静止。旋转接头外环 24（水）、32（油）与旋转接头内环 23（水）、31（油）中间分别形成了一个环形空腔 26、34，空腔 26、34 一端连接通往 FPSO 的管线 29、37，另一端连接通往平台管汇的管线 30、38。空腔 26、34 的边缘在内外环接触面上分别设有动态密封圈 25、33，该密封圈选用具有抗腐蚀、耐高温、耐磨损、高弹性等特性的橡胶材料制作而成，例如硅橡胶、氟橡胶、乙丙橡胶、丙烯酸酯橡胶，在腔内 26、34 压力较大时可保证旋转接头内外环接触面旋转摩擦却能保证密封。输电旋转接头内环 39 与外环 40 分别连有电刷 42，电刷为一圈环形，旋转接头转动时，电刷两头始终接触，保证电路连通。输电旋转接头内环 39 与外环 40 之间的接触面同样有密封圈 41。

作为扩展的可选实现方式，也可以采用与输电接头类似结构的信号传输接头，线路和电刷用于传输电信号。

此外，输送水、油等流体的内环与外环接触面内有一环形空腔，空腔在两环交接面处设有动态密封圈，可保证旋转时空腔内的流体不发生泄漏；空腔在内外环侧各有一个通道出口；内环与立柱柱体接触面上还有一个凹槽，形成一个自下而上的通道，该通道是让该旋转接头下方的液体或电旋转接头的静止部分出口的管路或电缆穿过，通向井口甲板上的管汇。

当油田正常工作时，FPSO 在软刚臂单点的定位下只能绕平台旋转，和有限的纵荡、纵摇、横摇运动。FPSO 上提供动力和人员生活，电力和水通过旋转接头到达平台管汇，在通过采油树和立管进入油井中；同时，采集到的原油混合物通过采油树和立管进入平台管汇，再通过旋转接头到达 FPSO 上进行生产，并将生产完的原油储存与 FPSO 中，等待穿梭油轮定期来提油。当需要修井时，不必停止生产，只需要暂停所需修井的采油树，取出生产或注水立管，换成钻井立管，通过修井机 9 进行修井，修井完成后，再换成生产立管进行生产。

此外，作为配合的设置，立柱柱体的直径大约 2 米至 6 米，可以通过打桩锤打入海床中，并具有一定深度，内部中空可阵列设置筒内井槽以布置钻井立管或生产

立管。立柱底部具有 3 个导管呈 120 度分布，每个导管外端通过桩基打桩固定于海底。

井口甲板设置于立柱柱体的顶部，每根立管顶部在井口甲板处设有采油树，每个采油树汇聚到井口甲板上的管汇终端。井口甲板上方设有修井甲板，并布置有液压修井机。井口甲板下方设转台，该转台与立柱柱体通过转台轴承连接，可绕立柱柱体在水平面内旋转，转台上方设置旋转系泊输送系统接头，例如包括分别输送油、电、水的传输旋转接头。通过油管、水管和电缆将管汇和旋转接头静止部分连接。

软刚臂系泊系统包括系泊支撑架 12，水平配重刚臂 13，配重舱 14，吊臂 15，刚性输送管路 16，柔性跨接管路 17（可用以输送流体和能源），纵摇轴承 18，横摇轴承 19 和万向接头 20。

具体而言，软刚臂单点系泊系统由船上支撑架、两根吊臂和一个水平配重刚臂组成，配重刚臂的一端与单立柱平台的转台连接，之间设有可解脱式万向接头，使得配重刚臂相对转台可以任意旋转（即绕水平轴、竖直轴和中心轴转动），并且可快速解脱和回接；配重刚臂另一端设有两个配重舱，内部可添加配重；配重舱上方通过万向头与吊臂连接；吊臂上方通过万向头与船上支撑架连接。

如图 4 所示，位于立柱柱体 2 的中空结构内的是隔水管 21，构成筒内井槽。隔水管 21 的数量和排列可根据管径和油田需求而定，隔水管内可供立管伸入，立管包括生产立管和注水立管，生产立管将海底的原油混合物从海底抽至井口甲板 5 上的采油树 6 处，注水立管则从上方采油树 6 处将水打入海底油井中。井口甲板 5 上的管汇终端 7 用于汇聚所有采油树 6 的线路，除了通向采油树 6 的油、水管道，还有电缆，而这些油、水、电最终都需要联通到 FPSO 上。

此外，作为可以基于前述方案实施的实现方式：

单立柱系泊式井口生产作业平台上方的甲板数量不限于井口甲板和修井甲板，还可增加其他生产作业所需甲板，例如管汇甲板、注水甲板、登船甲板等。

立柱柱体底部的定位安装组件的结构不限于 3 个斜撑呈 120 度角的形式，可根据海底实际情况和结构设计选择其他形式，如框架支撑、单侧斜撑、斜拉锁固定等。支撑腿与海底固定不限于打桩连接，也可使用吸力锚。还可以直接用立柱柱体作为单桩桩基夯入海床。

旋转输送接头数量不限于 3 个，可根据油田实际需要增加通道，种类不限于油、水、电旋转接头，还可以增加气旋转接头、多功能辅助旋转接头等。

修井方式不限于液压修井机，也可在修井甲板上方安装井架，采用传统的修井机。

软刚臂系统的快速解脱装置不限于设置在水平配重刚臂和转台之间的连接处，也可设置在吊臂和配重刚臂之间的连接处。

本发明旨在实现的技术目的还包括：针对单个孤立的浅水边际油田，采用一套系统同时具备修井、生产、动力、外输、生活所有功能，同时设施数量尽可能少，投入成本尽可能低；并且正常工作状态下同时可进行修井，不需要停产；还无需顾

虑恶劣海洋环境影响。

而实现上述技术目的的核心即在于采用中空的立柱式平台结构，在立柱柱体的中空的内部布置至少一个，优选多个筒内井槽，并通过定位隔离措施，让多个钻井都独立工作而不互相干涉。并且输送管线通过海底管道和海底电缆对接到临近已开发油田，可以无需进行 FPSO 的系泊，以避免因 FPSO 受海浪海风冲击载荷，故而能够抵受极端恶劣的海况。

结合图 9 及图 2、图 3 所示，描绘了单立柱式井口生产作业平台的结构构成。

单立柱系泊式井口生产作业平台主要包括立柱 2，定位安装组件 3，井口甲板 5，采油树 6，管汇终端 7，修井甲板 8 及液压修井机 9。

其中，立柱柱体的直径大约 2 米至 6 米，可以通过打桩锤打入海床中，并具有一定深度，内部中空可阵列设置筒内井槽以布置钻井立管或生产立管。立柱底部具有 3 个导管呈 120 度分布，每个导管外端通过桩基打桩固定于海底。

井口甲板设置于立柱柱体的顶部，每根立管顶部在井口甲板处设有采油树，每个采油树汇聚到井口甲板上的管汇终端。井口甲板上方设有修井甲板，并布置有液压修井机。管汇终端将连接海底管道及电缆，用于在平台与邻近已开发油田之间输送能源和已开采的原油。

如图 3 所示，位于立柱柱体 2 的中空结构内的是隔水管 21，构成筒内井槽。隔水管 21 的数量和排列可根据管径和油田需求而定，隔水管内可供立管伸入，立管包括生产立管和注水立管，生产立管将海底的原油混合物从海底抽至井口甲板 5 上的采油树 6 处，注水立管则从上方采油树 6 处将水打入海底油井中。井口甲板 5 上的管汇终端 7 用于汇聚所有采油树 6 的线路，除了通向采油树 6 的油、水管道，还有电缆，而这些油、水、电最终都需要连接到邻近的已开发油田。

当需要修井时，不必停止生产，只需要暂停所需修井的采油树，取出生产或注水立管，换成钻井立管，通过修井机 9 进行修井，修井完成后，再换成生产立管进行生产。

此外，作为可以基于前述方案实施的实现方式：

单立柱系泊式井口生产作业平台上方的甲板数量不限于井口甲板和修井甲板，还可增加其他生产作业所需甲板，例如管汇甲板、注水甲板、登船甲板等。

立柱柱体底部的定位安装组件的结构不限于 3 个斜撑呈 120 度角的形式，可根据海底实际情况和结构设计选择其他形式，如框架支撑、单侧斜撑、斜拉锁固定等。支撑腿与海底固定不限于打桩连接，也可使用吸力锚。还可以直接用立柱柱体作为单桩桩基夯入海床。

修井方式不限于液压修井机，也可在修井甲板上方安装井架，采用传统的修井机。

此外，虽然本发明的方案是针对边际油田开发提出，但本发明并不限定方案的应用环境，在符合经济性和装备安全稳定的条件下，本发明的方案也可以实施在非边际油田中，以多平台方式，构成“平台网络”。

权利要求书

1.一种单立柱系泊式井口生产作业平台，其特征在于，包括：

立柱柱体，所述立柱柱体为中空结构；

设置于所述立柱柱体的底部的定位安装组件；

设置于所述立柱柱体的外部的能够绕所述立柱柱体的轴线旋转的转台，所述转台包括系泊连接装置；

设置于所述立柱柱体的顶部的位于所述转台上方的采油作业平台，所述采油作业平台上设置有采油作业组件；

设置于所述立柱柱体的内部的至少一个筒内井槽，所述筒内井槽能够连接至所述采油作业平台。

2.如权利要求 1 所述的单立柱系泊式井口生产作业平台，其特征在于，所述定位安装组件包括若干桩基以及连接所述桩基与立柱柱体的导管。

3.如权利要求 1 所述的单立柱系泊式井口生产作业平台，其特征在于，所述定位安装组件包括沿立柱柱体底部向下延伸的桩基柱体。

4.如权利要求 1 所述的单立柱系泊式井口生产作业平台，其特征在于，所述转台包括转台主体及转台轴承，所述转台轴承的内环与所述立柱主体固接。

5.如权利要求 1 所述的单立柱系泊式井口生产作业平台，其特征在于，还包括与所述转台连接的旋转输送组件；包括：

若干旋转输送接头，所述旋转输送接头包括：

与所述立柱柱体固接的内输送环；

跟随所述转台相对所述内输送环转动的外输送环；

所述内输送环与外输送环之间具有能够在转动过程中保持输送的输送结构；

内部输送单元，连接所述输送结构与所述采油作业组件；

外部输送单元，连接所述输送结构。

6.如权利要求 1 所述的单立柱系泊式井口生产作业平台，其特征在于，所述采油作业平台包括井口甲板，所述采油作业组件包括采油树，管汇终端以及生产辅助系统中的至少一个。

7.如权利要求 6 所述的单立柱系泊式井口生产作业平台，其特征在于，所述采油作业平台还包括设置于所述井口甲板上方的修井甲板，用以承载修井装备。

8.如权利要求 1 所述的单立柱系泊式井口生产作业平台，其特征在于，所述筒内井槽包括与所述采油作业平台或者采油作业组件连接的隔水管；

所述立柱柱体内部设置有支撑所述隔水管的定位隔离结构。

9.如权利要求 1 所述的单立柱系泊式井口生产作业平台，其特征在于，所述系泊连接装置包括转动关节及设置于所述转动关节的解脱装置，所述解脱装置用以脱

除所述转动关节与所述转台的连接，或者所述解脱装置用以脱除所述解脱装置与所述转动关节的连接。

10.一种油田生产作业系统，其特征在于，包括：

权利要求 1 至 9 中任一项所述的单立柱系泊式井口生产作业平台；

浮式生产储卸油装置；

连接所述浮式生产储卸油装置与所述系泊连接装置的系泊装置。

11.一种单立柱式井口生产作业平台，其特征在于，包括：

立柱柱体，所述立柱柱体为中空结构；

设置于所述立柱柱体的底部的定位安装组件；

设置于所述立柱柱体的顶部的采油作业平台，所述采油作业平台上设置有采油作业组件；

设置于所述立柱柱体的内部的至少一个筒内井槽，所述筒内井槽能够连接至所述采油作业平台。

12.如权利要求 11 所述的单立柱式井口生产作业平台，其特征在于，所述定位安装组件包括若干桩基以及连接所述桩基与立柱柱体的导管。

13.如权利要求 11 所述的单立柱式井口生产作业平台，其特征在于，所述定位安装组件包括沿立柱柱体底部向下延伸的桩基柱体。

14.如权利要求 11 所述的单立柱式井口生产作业平台，其特征在于，所述立柱柱体的中空部分的径向尺寸为 2 米至 6 米。

15.如权利要求 11 所述的单立柱式井口生产作业平台，其特征在于，所述筒内井槽包括与所述采油作业平台或者采油作业组件连接的隔水管；

所述立柱柱体内部设置有支撑所述隔水管的定位隔离结构。

16.如权利要求 15 所述的单立柱式井口生产作业平台，其特征在于，所述隔水管数量为多个；

所述定位隔离结构包括：

多个套设在所述隔水管外部的定位环，各定位环依次通过连接筋连接；

与所述定位环和/或连接筋连接的径向支撑；所述径向支撑抵靠或者连接于所述立柱柱体的中空部分的内壁。

17.如权利要求 16 所述的单立柱式井口生产作业平台，其特征在于，所述隔水管围绕所述立柱柱体的轴线呈环向均布。

18.如权利要求 11 所述的单立柱式井口生产作业平台，其特征在于，所述采油作业平台包括井口甲板，所述采油作业组件包括采油树，管汇终端以及生产辅助系统中的至少一个。

19.如权利要求 18 所述的单立柱式井口生产作业平台，其特征在于，所述采油作业平台还包括设置于所述井口甲板上方的修井甲板，用以承载修井装备。

20.如权利要求 18 或 19 所述的单立柱式井口生产作业平台，其特征在于，所述采油作业平台还包括：管汇甲板和/或注水甲板和/或登船甲板。

21.一种旋转系泊输送系统，其特征在于，包含若干旋转输送接头；

各所述旋转输送接头包括：

内输送环；

能够相对于所述内输送环转动的外输送环；

所述内输送环与外输送环之间具有能够在转动过程中保持输送的输送结构；

内部输送单元，所述内部输送单元连接所述内输送环；

外部输送单元，所述外部输送单元连接所述外输送环；

其中，各所述旋转输送接头的内输送环固定连接。

22.如权利要求 21 所述的旋转系泊输送系统，其特征在于，若干所述旋转输送接头由上至下依次布置，与位于下方的旋转输送接头的内输送环连接的内部输送单元穿过开设在位于上方的旋转输送接头的内输送环上的内部通道。

23.如权利要求 21 或 22 所述的旋转系泊输送系统，其特征在于，至少一个所述旋转输送接头为流体输送接头。

24.如权利要求 23 所述的旋转系泊输送系统，其特征在于，所述输送结构为形成于所述内输送环与外输送环之间的环形流体槽，所述内部输送单元包括流体管路，所述流体管路与所述环形流体槽连通。

25.如权利要求 23 所述的旋转系泊输送系统，其特征在于，所述流体输送接头输送的流体选自水、油、气中的一种或多种。

26.如权利要求 24 或 25 所述的旋转系泊输送系统，其特征在于，所述内输送环与外输送环之间设置有动态密封圈，形成隔绝所述环形流体槽与外部的密封结构。

27.如权利要求 21 所述的旋转系泊输送系统，其特征在于，至少一个所述旋转输送接头为能源输送接头，所述输送结构为设置于所述内输送环与外输送环之间的电刷，所述内部输送单元包括电连接所述电刷的电源线，或者

至少一个所述旋转输送接头为数据输送接头，所述输送结构为设置于所述内输送环与外输送环之间的电刷，所述内部输送单元包括电连接所述电刷的数据线。

28.如权利要求 26 所述的旋转系泊输送系统，其特征在于，所述内输送环与外输送环之间设置有动态密封圈，形成隔绝所述环形流体槽与外部的密封结构。

29.如权利要求 21 所述的旋转系泊输送系统，其特征在于，所述内输送环与外输送环之间设置有轴承。

30. 如权利要求 21 所述的旋转系泊输送系统，其特征在于，还包括转台，所述转台连接各外输送环。