

# 海上自升式工程地质勘察平台的设计与应用

宋宝杰

(山东省第三地质矿产勘查院, 山东 烟台 264004)

**摘要:** 漂浮式工作平台受天气、波浪、潮汐等自然因素的影响较大, 需根据天气窗口期进行作业施工, 对工期紧、需较长作业周期、技术要求高的项目并不适用。本文设计的自升式工程地质勘察平台, 既具备了浮式工作平台、改装驳船等施工平台的优点, 又因其具备自升功能, 施工期间甲板离开海平面可以最大程度避免气象、环境因素的影响, 有效延长施工窗口期, 提高工作效率, 同时稳定的海上作业平台, 极大地提高了数据参数获取的准确度。

**关键词:** 海上工程地质勘察; 自升式工程地质勘察平台; 甲板; 液压升降系统; 桩腿

**中图分类号:** P634      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1672—7428(2020)07—0036—05

## Design and application of the marine jack-up platform for geo-investigation

SONG Baojie

(The Third Geological Team of Shandong Bureau of Geology and Mineral, Yantai Shandong 264004, China)

**Abstract:** The floating work platform is greatly affected by weather, wave, tide and other natural factors; thus, construction needs to be done according to the weather window period. It is not suitable for projects with the tight construction period, long operation period and high technical requirements. The jack-up platform designed in this paper not only has the advantages of floating working platforms, refitted barges and other construction platforms, but also has the self-elevation function by which the deck can leave the sea level to avoid the influence of meteorological and environmental factors to the greatest extent, effectively extend the construction window period, and improve work efficiency during the construction period; at the same time, the stable marine work platform greatly improves the accuracy of data parameter acquisition.

**Key words:** marine geo-investigation; self-elevating platform for geo-investigation; deck; hydraulic lifting system; pile legs

## 0 引言

海上工程地质勘察是为海洋工程建设目的而进行的地质勘察, 主要工作范围在浅海域。通过物探、水上钻探、海底取样、原位测试等手段, 对海底地层的物理力学性质、物质组成以及水下滑坡的分布等进行全面的分析, 为建设场地的选择或建筑物的结构设计提供可靠的地质资料, 以确保海洋工程的安全。而这些手段多是通过专业勘察船或者改装船等浮式工作平台来实现, 其优点在于移动灵活、就位方便、应急性能高等, 但受风浪和水流等气象、环境因素影响大。为了保持优点, 弥补存在的缺点及不足,

我们研发了一种水上自升式工程地质勘察平台。此平台既具备勘察船、改装船等浮式工作平台在移动、应急等方面的优点, 又通过自升系统使平台离开水面, 避免了海域气象、环境因素的影响。平台结构简单、组装方便、移动便捷, 并且实现了电控自动化集中控制液压升降系统, 便于操控<sup>[1-4]</sup>。

## 1 整体结构设计

自升式工程地质勘察平台从结构上分为 3 部分: 甲板、液压升降系统和桩腿。甲板的主要功能是承载钻探及相关设备, 提供工作空间; 液压升降系统

**收稿日期:** 2020—01—13; **修回日期:** 2020—06—24      **DOI:** 10.12143/j.tkgc.2020.07.006

**作者简介:** 宋宝杰, 男, 汉族, 1985 年生, 山东省地矿局钻探工程技术研究中心技术骨干, 山东省地矿局深部钻探工程技术创新团队核心成员, 工程师, 资源勘查工程专业, 从事钻探装备及工具的研发制造等相关工作, 山东省烟台市莱山区莱山工业园捷爱斯路 10 号, sbj@sddksd.com。

**引用格式:** 宋宝杰. 海上自升式工程地质勘察平台的设计与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2020, 47(7): 36—40.

SONG Baojie. Design and application of the marine jack-up platform for geo-investigation[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020, 47(7): 36—40.

主要功能是确保桩腿能够克服海底泥土、砂石等带来的阻力和平台自身的重力,实现桩腿插入(拔离)海床以及升降整个平台;桩腿主要功能是配合液压升降系统实现桩腿的插(拔)动作及支撑整个平台。

平台甲板总长 12 m,型宽 8 m,型深 0.75 m,甲板平面面积 96 m<sup>2</sup>,由 2 个密闭钢结构箱体通过 3 支钢管连接组成。液压升降系统作为核心部分,主要是实现平台的升降功能,由升降装置及控制终端组成。升降装置分别位于甲板四角,由控制终端发出指令,与 4 根桩腿协调配合执行指令动作,实现平台升降。桩腿由钢管加工而成,最底端连接桩靴,使平台更具灵活性,升降、移动平台过程更简单,更高效<sup>[5]</sup>。自升式工程地质勘察平台主要技术参数见表 1,结构组成见图 1。

表 1 自升式工程地质勘察平台主要技术参数  
Table 1 Main technical parameters of the jack-up  
geo-investigation platform

序号	名 称	参 数
1	总长	12 m
2	型宽	8 m
3	型深	0.75 m
4	桩腿	4 个
5	桩靴	1.2 m×1.2 m
6	桩腿长度	20 m
7	桩腿类型	圆筒型
8	桩腿间距	9 m×7 m
9	设计吃水深度	0.5 m
10	自重	30 t
11	设计平台最大承载力	100 kN
12	最大起升力	800 kN
13	适用水深	<15 m
14	作业工况风速等级	<6 级
15	自存工况风速等级	<8 级

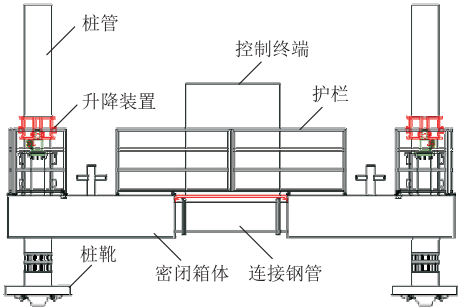


图 1 自升式工程地质勘察平台示意

Fig.1 The jack-up geo-investigation platform

2 甲板设计

平台甲板的主要功能是为施工提供工作面、承

载相关设备及配套工器具等。工程地质勘察一般配套的物探、钻探、测试等设备体积不大,相关配套设施、工器具等也较小型化、简单化,甲板面积不需要很大。在甲板的设计时,面积大小更多的是出于对平台的稳定性及安全性的考虑。在满足空间使用及安全的情况下,还要具备便于组装、机动灵活等特点。

自升式工程地质勘察平台的甲板由 2 个密闭箱体及 3 支两端带有法兰盘的连接钢管组成,单个密闭箱体长 12 m,宽 3 m;连接钢管长 2 m,外径 530 mm。2 个密闭箱体与连接钢管两端法兰连接,由 12.9 级高强螺栓固定,连接钢管顶部由钢制盖板覆盖,使平台甲板形成整体平面。此结构,在具备足够浮力及结构强度的情况下,降低了平台自重,平台甲板结构布局如图 2 所示<sup>[6-7]</sup>。

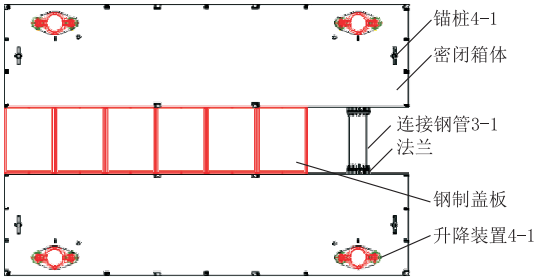


图 2 平台甲板结构布局示意

Fig.2 The platform deck structure layout

3 液压升降系统

液压升降系统是实现平台升降功能的核心组成部分,要分别完成平台的提升和下降 2 种操作。对该部分的设计主要考虑 3 点:首先,操作简单,能满足平台提升和降落的功能要求;第二,布局合理,尽量不占用或少占用甲板空间;第三,结构强度满足要求。自升式工程地质勘察平台的液压升降系统采用油缸手动插销式,节省成本,提高灵活性;控制终端的集成设计,实现了一机多控<sup>[8-10]</sup>。

液压升降系统主要由一套由液压泵和液压控制开关组成的控制终端和 4 组动作执行机构即升降装置组成。升降装置由移动梁及升降桶组成,升降桶由油缸导管和桩腿导管组合焊接而成。主油缸安放于油缸导管内,通过高强螺栓与油缸导管连接;主油缸一端与移动梁连接,桩腿贯穿于移动梁及桩腿导管。升降桶采取贯穿的结构方式与平台甲板组合为一整体,4 套升降装置分别位于平台四角位置。升降桶与甲板的组合形式,使升降装置结构简化,占用

空间小,结构强度高。每套升降装置有 2 支主油缸,单支油缸提升力为 100 kN,每套升降装置提供 200 kN 提升力,平台总提升力为 800 kN,单次行程 1 m,提升速度 12 m/h,升降装置如图 3 所示。

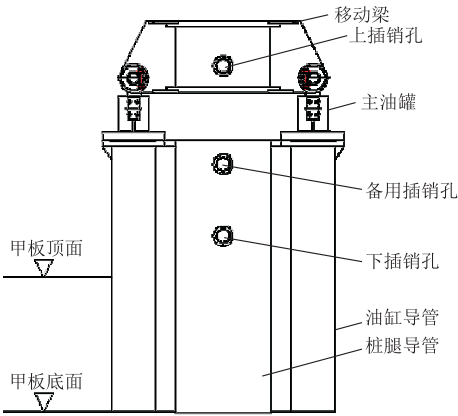


图 3 升降装置示意  
Fig.3 The lifting device

控制终端是长 1.5 m,宽 1.2 m,高 1.7 m 的箱式结构,上半部分是电控按钮箱及液压油箱,下半部分是电磁阀、液压阀块以及液压动力装置等。一个控制终端同时控制 4 支桩腿的升降动作,实现联动同步,操作简单,安全高效,同时又节省了甲板使用空间,控制终端见图 4。



图 4 控制终端  
Fig.4 Physical chart of the control terminal

3.1 放桩(升平台)

平台拖运至施工水域抛锚定位,平台处于漂浮状态,主油缸处于完全收缩状态,上下插销均插入插销孔,下插销为负载插销,上插销不受力。拔出上插销轴,操作控制终端电控按钮,4 个升降装置同时执行推出主油缸动作,将移动梁上移 1 m,微调主油缸,上插销孔与桩腿插销孔同心,插入上插销;点动

推出主油缸将下插销卸载,使桩腿重力转移至上插销轴,抽出下插销轴;再操作电控按钮,收回主油缸即桩腿下放,行程 1 m;至下插销孔与桩腿插销孔同心时,停止主油缸回收,插入下插销轴,点动继续回收主油缸进行上插销轴卸载;抽出上插销轴,继续操作使 4 个升降桶同时执行推出主油缸动作,重复以上过程,直至桩腿放至海底。桩靴坐到海底后,继续前面的操作,就可以将平台提升起来。由于放桩和提升平台桩腿的受力方向相反,因此在上下插销轴卸载时,点动微调主油缸的动作是相反的。

3.2 收桩(降平台)

初始状态为主油缸处于完全收缩状态,上下插销均插入插销孔,下插销为负载插销上插销不受力。点动回收主油缸,使下插销卸载,将平台自重转移至上插销轴;拔出下插销轴,操作控制终端电控按钮,4 个升降装置同时执行推出主油缸动作,平台下降,行程为 1 m,微调主油缸,使下插销孔与桩腿插销孔同心,插入下插销轴;点动推出主油缸将上插销卸载,使平台重力转移至下插销轴,抽出上插销轴;操作电控按钮,收回主油缸即移动梁下移,行程 1 m;至上插销孔与桩腿插销孔同心时,停止主油缸回收,插入上插销轴,点动微调继续回收主油缸进行下插销轴卸载;抽出下插销轴,继续操作使 4 个升降装置同时执行推出主油缸动作,重复以上过程,直至平台放至海平面。为方便平台移动,还要将桩腿收回,操作与降平台相同只是在上下插销轴卸载时,点动微调主油缸的动作是相反的<sup>[11]</sup>。

4 桩腿的设计

平台桩腿包括 2 部分:桩管和桩靴。每支桩腿有 2 支桩管,分别长为 13 m 和 6 m,既满足水深要求,又便于加工和运输。桩管与桩管之间、桩管与桩靴之间通过法兰连接,便于安装。每支桩管由钢管、插销导管、法兰、导向芯管组合焊接而成,桩腿结构如图 5 所示。桩靴长 1.2 m,宽 1.2 m,其作用一是保护桩腿;二是增大桩腿下端面面积,增加承载力,避免在强大的基础荷载下破坏持力层而发生沉降;三是便于平台固定、拔桩,最终达到快速移动的目的,使平台具备机动灵活的特性<sup>[11-12]</sup>。

5 平台的组装和海上移动

5.1 组装下水

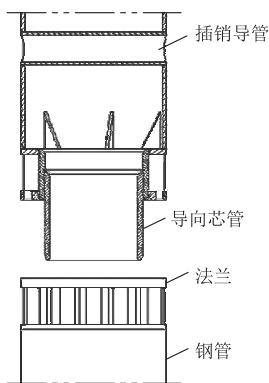


图 5 桩腿结构示意图

Fig.5 Pile leg structure

平台以分体结构形式经过陆路运输至施工海域附近的码头,进行组装工作。

组装流程:(1)将安装场地预置 8 支高度 1 m 的承重台(可为钢管也可为水泥柱),每 4 支一组,分别置于密闭箱体四角位置。(2)由吊车将密闭箱体吊放至承重台,然后由吊车辅助将两密闭箱体之间的连接钢管进行连接安装。(3)由叉车辅助将桩靴放置于平台底部(桩靴中心正对升降装置中心),然后将 4 支 6 m 长桩管分别吊放至平台四角位置,穿过升降装置,并与底部预置的桩靴连接。(4)将控制终端放至平台预定位置,并进行油管、电路等的连接。连接完毕,启动液压升降系统,将平台升起 1 m,撤掉平台底部 8 支承重台,将平台落下。(5)吊装剩余桩腿及护栏、踏步等零部件。所有部件组装完毕后,由吊车将平台吊入水中(见图 6)。(由于平台吨位小,可由吊车直接吊入水中,如平台吨位较大,可利用滑轨、气囊等方式下水。)平台下水后,由吊车将配套钻探设备设施、工器具等一一吊放至平台甲板面预定位置<sup>[13]</sup>。

## 5.2 拖航

由于平台规模较小,吨位轻,且施工海域距离岸边较近,由一艘小型渔船即可将平台拖航至施工水域。拖航过程见图 7。

## 6 应用

平台施工海域位于山东省莱州市北约 28 km 沿岸浅海区。钻探施工及质量标准执行《地质岩心钻探规程》(DZ/T 0227—2010),设计孔深 1100 m,终孔孔径 $\phi 75$  mm。

海上钻探施工采用 XY-6 型钻机,小口径金刚石钻进,绳索取心工艺。采用三级套管:第一级施工



图 6 吊车将平台吊入水中

Fig.6 Crane hoisting the platform into the water



图 7 平台拖航过程

Fig.7 Towing the platform

套管下至 20 m;第二级施工套管下至 110 m;第三级施工套管下至 180 m。本次利用平台开展的机械岩心钻探工作,岩(矿)心采取率 95%~100%,能够顺利开展孔深校正、钻孔弯曲度测量、简易水文观测及封孔等工作。

此次施工,从平台出厂到项目终孔,历时 3 个月,施工期间平台没有出现因气象、环境等因素而停工的情况。对于施工周期长的项目,不受天气窗口期限限制,连续作业,效率提升明显。终孔验收后,平台撤场,仅用 1 h 就将平台降至海平面并顺利拔桩,进行返航。充分验证了平台操作简单,机动灵活,移动方便快捷的优点。平台施工现场见图 8<sup>[14-15]</sup>。

## 7 结语

通过实际应用,自升式工程地质勘察平台在应用范围、适应能力、稳定性方面表现突出,实用性强。平台的成功应用,不但丰富了海上工程地质勘察项目实施载体,更为后续海上工程地质勘察平台的设



图8 平台施工现场

Fig.8 Platform construction site

计研发提供了参考。目前,海上平台以石油平台为主,用于工程地质勘察、地质岩心钻探的海上平台较少。随着海洋强国战略的持续推进,国家对海洋经济开发愈发重视,海洋工程地质勘察工作需求不断增多,技术要求越来越高,施工难度逐渐加大,对平台类载体需求增大,要求提高。所以,要加大研究推广力度,立足国内需求,发展具有自主知识产权的新型平台,为国家海上项目提供高标准的技术服务。

## 参考文献(References):

- [1] 宋世杰,张英传,田志超,等.三层管底喷取心钻具在海相第四系和新近系中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(3):10-13.  
SONG Shijie, ZHANG Yingchuan, TIAN Zhichao, et al. Application of sampling drilling tools of three layer pipes in the Marine Quaternary System[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(3):10-13.
- [2] 陈师逊,朱金凤.龙口海上煤田钻探施工平台的设计与应用[J].地质调查与研究,2008,31(3):256-259.  
CHEN Shixun, ZHU Jinfeng. Design and application of coal mine drill platform on the sea in Longkou, Shandong Province[J]. Geological Survey and Research, 2008,31(3):256-259.
- [3] 陈师逊,宋世杰.中国东部海区科学钻探施工技术探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(12):1-5.  
CHEN Shixun, SONG Shijie. Discussion of scientific drilling construction technology in eastern sea area of China[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(12):1-5.
- [4] 宋世杰,李晓东,陈师逊.南黄海大陆架科钻 CSDP-02 井第四系、新近系地层海水冲洗液研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(4):10-13.  
SONG Shijie, LI Xiaodong, CHEN Shixun. Study on seawater flushing fluid and its application in Quaternary and Neogene Strata for CSDP-02[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(4):10-13.
- [5] 宋宝杰,栾东平,杨芳,等.“探海1号”大陆架科学钻探平台的设计与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(9):9-13.  
SONG Baojie, LUAN Dongping, YANG Fang, et al. Design

- and application of “Tanhai No. 1” Platform for the Continental Shelf Scientific Drilling[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(9):9-13.
- [6] 栾东平,张英传,宋宝杰,等.浅海勘探平台的液压升降机构:ZL201520109167.1[P]. 2015-08-19.  
LUAN Dongping, ZHANG Yingchuan, SONG Baojie, et al. Hydraulic lifting device of shallow sea exploration platform: ZL201520109167.1[P]. 2015-08-19.
  - [7] 张英传,宋宝杰,栾东平,等.浅海自升式勘探平台:ZL201520108965.2[P]. 2015-08-05.  
ZHANG Yingchuan, SONG Baojie, LUAN Dongping, et al. Shallow sea jack-up exploration platform: ZL201520108965.2 [P]. 2015-08-05.
  - [8] 陈建民,姜敏,王天霖.海洋石油平台设计[M].北京:石油工业出版社,2012:76-319.  
CHEN Jianmin, LOU Min, WANG Tianlin. Design of off-shore oil platform[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2012:76-319.
  - [9] 聂武,孙丽萍,李治彬,等.海洋工程钢结构设计[M].哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2007:11-38.  
NIE Wu, SUN Liping, LI Zhibin, et al. Design of steel structure for ocean engineering[M]. Harbin: Harbin Engineering University Press, 2007:11-38.
  - [10] 杨永祥,尹群,谢祥水.船舶与海洋平台结构[M].北京:国防工业出版社,2013:139.  
YANG Yongxiang, YIN Qun, XIE Zuoshui. Ship and off-shore platform structure[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2013:139.
  - [11] 宋宝杰,王鲁朝,栾东平,等.多功能地质勘察平台关键结构设计与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(11):46-49,59.  
SONG Baojie, WANG Luzhao, LUAN Dongping, et al. Design and application of the key structures of multi-function geological survey platform[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(11):46-49,59.
  - [12] 宋宝杰.拼装式浅海勘探平台实用性分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(5):58-64.  
SONG Baojie. Applicability of modular shallow sea drilling platform[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(5):58-64.
  - [13] 刘治,孙宏晶.三山岛北部海域金矿海上钻探施工管理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(4):85-92.  
LIU Zhi, SUN Hongjing. Offshore drilling construction management of gold deposit in the northern sea area of Sanshan Islands[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(4):85-92.
  - [14] 陈师逊,杨芳.海上工程平台的设计与应用分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(4):46-50.  
CHEN Shixun, YANG Fang. Design and application of the offshore engineering platform[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(4):46-50.
  - [15] 张辉.日照黄海海域冷水团勘察工程施工工艺探究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(5):52-57.  
ZHANG Hui. Site investigation process at Rizhao Yellow Sea Cold Water Mass[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(5):52-57.

(编辑 王建华)