

上海交通大学学术出版基金资助项目

海洋自升式移动平台 设计与研究

孙东昌 潘 斌 编著

上海交通大学出版社

上海交通大学学术出版基金资助项目

海洋自升式移动平台设计与研究

孙东昌 编著
潘 斌

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书概述了海洋自升式移动平台的类型和发展概况,对海洋环境载荷、漂浮稳性、站立稳定性、自升式升降系统等重要设计内容和平台的基本性能进行了深入研究和广泛讨论,并详尽阐述了海洋自升式移动平台的设计原理和设计方法。

本书既可作教学用书,也可作工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

海洋自升式移动平台设计与研究/孙东昌,潘斌编著.
上海:上海交通大学出版社,2008
(上海交通大学学术著作出版基金资助项目)
ISBN 978-7-313-04978-0

I. 海... II. ①孙... ②潘... III. 海上平台:自
升式平台—设计—研究 IV. TE951

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 150702 号

海洋自升式移动平台设计与研究

孙东昌
潘 斌 编著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

常熟市文化印刷有限公司 印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:11.75 插页:4 字数:282 千字

2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

印数:1~2 500

ISBN978-7-313-04978-0/TE·005 定价:58.00 元

版权所有 侵权必究

序

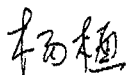
21 世纪以来,随着世界工业的发展,全球对能源的需求日益扩大,海洋石油的开发已经成为世界的焦点之一。

在海洋石油的勘探与开发阶段,海洋移动式平台有着关键作用。在各类平台中,移动自升式平台又占有不可替代的地位,尤其在目前我国所处的海洋石油开发阶段,移动自升式平台更是各类平台中的主力军。移动自升式平台可以作为钻井、修井和生产平台,而且还可以作为整治港口的作业平台,它们一直是船舶与海洋工程界的主要设计及研究对象之一,因此编写《海洋自升式移动平台设计与研究》一书是非常有意义的一项工作。

孙东昌是教授级高工,长期从事海洋移动式平台的研究与设计工作,参加了胜利二号极浅海步行坐底式钻井平台(胜利油田和上海交通大学联合研制,获得 1995 年国家科技发明奖)的研制;主持了埕岛中心一号桩基液压自升固定式采油平台(由胜利油田和上海交通大学合作研制,获 1997 年国家科技进步奖)的研制;主持了国内外第一艘海底管线电缆检测维修装置(胜利油田和上海交通大学合作,获 2006 年国家科技发明二等奖)的研制,共获得了十项省部级科技奖,主持了多条海洋自升式平台设计,并获得了丰硕的研究成果。

潘斌教授多年来从事船舶与海洋工程设计研究和教学工作,曾参加了多项国家海洋工程重大项目的研究,并获得省部级科技奖两项,编写了全国船舶与海洋工程类教材《移动式平台设计》(获 1996 年上海交通大学优秀教材奖)。

孙东昌、潘斌都是我的学生,也和我在胜利二号平台的设计研究中一起工作过。两位教授总结了 20 多年的研究成果和设计经验,广泛收集国内外海洋自升式平台的资料,认真分析学习,相信《海洋自升式移动平台设计与研究》能成为海洋工程界所欢迎的科技专著。



2007 年 3 月 1 日

前 言

海洋石油开发是当今世界的热点,也是关系我国国民经济发展的重要因素之一。海洋自升式移动平台是勘探、开发海洋石油的重要装备,在我国具有广泛的使用前景。

本书概述了海洋自升式移动平台的类型和发展概况,对海洋环境载荷、漂浮稳性、站立稳定性、自升式升降系统等重要设计内容和平台基本性能进行了研究和广泛的讨论,并阐述了海洋自升式移动平台的设计原理和方法。本书还收集了大量的国内外有关海洋自升式移动平台的资料,总结了其中反映作者近三十年的科学研究和教学工作的成果。

孙东昌、潘斌撰写了第一章至第七章,第八章由中国石油总公司海洋工程公司的专家龚闽博士完成。潘斌负责全书的修改和定稿工作。

本书获得了上海交通大学学术著作出版基金的支持。在本书编写过程中得到了中国科学院资深院士、上海交通大学教授杨樵,中国工程院院士、胜利石油管理局钻井工艺研究院总工程师顾心恽的指导,该院海洋所的有关专家及嘉兴南洋职业技术学院的李红俊、饶申、潘怡都做了部分整理工作,在此由衷地表示感谢。

海洋自升式移动平台的研究和设计是一个不断发展的领域,由于作者的水平和时间所限,本书必然存在着一些缺点和不足,恳切希望得到广大读者给予批评和指正。

编著者

2007年9月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 海洋油气勘探与开发	1
第二节 自升式平台的结构型式与操作状况	7
第三节 移动式平台的设计内容和设计任务书	16
第四节 设计的指导原则和设计工作的方法	21
第二章 自升式平台经济性评估及风险分析	24
第一节 概述	24
第二节 现代工程经济分析中采用的经济指标	24
第三节 经济评价中的有关参数	30
第四节 经济风险分析	33
第三章 移动式平台的重量与重心	37
第一节 概述	37
第二节 空平台重量的分析与估算	38
第三节 可变载荷估算	49
第四节 重力与浮力的平衡	49
第五节 重心估算	51
第四章 海洋环境载荷	53
第一节 概述	53
第二节 风及风载荷	54
第三节 波浪与波浪载荷	61
第四节 海流及海流载荷	74
第五节 海冰与冰载荷	76
第六节 地震及地震载荷	79
第五章 平台总体性能	82
第一节 概述	82
第二节 完整稳性	82
第三节 破舱稳性	91
第四节 站立稳性	95
第五节 自升式平台在波浪中的运动	98

第六节 最小干舷·····	100
第七节 阻力·····	100
第六章 主要专业设备及临时锚泊系统·····	106
第一节 概述·····	106
第二节 钻井设备的布置·····	106
第三节 海上油气集输工艺流程及其设备·····	109
第四节 修井及修井设备·····	118
第五节 临时锚泊系统的设计·····	121
第六节 锚泊系统静力分析·····	123
第七章 主要尺度、主要要素确定及总布置设计·····	128
第一节 概述·····	128
第二节 自升式平台的设计特点·····	129
第三节 危险区划分·····	135
第四节 舱室及梯道的布置·····	139
第八章 自升式平台站立稳定性·····	143
第一节 概述·····	143
第二节 经典土力学分析的基本方法·····	143
第三节 地基承载能力初步分析·····	148
第四节 入泥分析·····	155
第五节 拔桩能力分析·····	162
第六节 抗滑能力分析·····	167
参考文献·····	176

第一章 绪 论

第一节 海洋油气勘探与开发

海洋资源丰富,随着世界经济和技术的发展,海洋开发已成为全球新技术革命的重要组成部分,而海洋油气开发又是当今海洋开发工程的主要内容之一。海洋移动式平台是海洋油气勘探、开发的主要设备。除了移动式钻井平台以外,还有生活动力平台、修井作业平台、生产储油平台等均可以采用移动平台这一形式。

海洋移动式平台的发展与我国和世界的油气开发形势密切相关。海上油田的勘探与开发的形式也对海洋移动式平台的设计与研究不断提出新的课题。因此,在学习、掌握海洋移动式平台的原理之前,应对这两个方面有所了解。

一、我国海上油气资源及其开发

随着社会的发展和科学技术的进步,人类社会对能源的需求越来越大。陆上油气资源经过长时期大规模的开发之后,油气资源日益贫乏,世界范围的油气勘探与开发转向了资源丰富的、占地球表面 71% 左右的辽阔的海洋。海洋油气资源开发逐渐成了能源工业中投资高、风险大、高新技术密集的新领域。海洋石油开发是海洋资源开发利用的一部分。目前,地球上共有 53 个国家(或地区)从事近海石油开发,22 个国家(或地区)从事近海天然气开发。迄今为止,世界上约有 430 个海上油田,年产油量约占世界原油总产量的 25%。

近年来,随着中国经济的持续高速发展,国内对原油资源的消费需求量将进一步增大。受资源的地理分布条件和开采难度的制约,目前中国原油产量始终徘徊在 1.6 亿吨/年左右,而且东部油田面临开采成本太高的压力和资源枯竭的威胁。本国产量无法满足国内需要。今后新增的石油需求量绝大部分要依靠进口。2003 年,中国进口石油直逼 1 亿吨大关,并超过日本成为全球第二大石油净进口国。到 2020 年前后,中国的石油进口量有可能超过 3 亿吨,成为世界第一大油品进口国。因此,需求量一直在迅速增长,这也对开发海洋石油提出了最直接的要求。

另外,能源安全问题也是一个重要的因素。当前,我国石油进口主要来自中东,由于伊朗核问题一直悬而未决,且有愈演愈烈的可能,伊朗领导人已经扬言,若美国和以色列对伊动武,伊朗将封锁霍尔姆兹海峡,届时中国将面临严峻的挑战。再者,台湾问题也可能引发中美新的对抗,一旦美国封锁中国的油路——马六甲海峡,则对中国石油进口产生严重影响。因此,我国的能源安全问题成为加速开发海洋石油最紧迫的原因。

我国海域辽阔,大陆架面积约有 130 万平方千米,渤海,黄海,东海和南海都有大面积的沉积盆地,其中具有油气勘探价值的面积在 60 万平方千米以上,即一半以上的海域有宝贵的石油。预测的石油储量达 250 亿吨,这是我国海上石油天然气开发的资源基础。而我国海洋石油勘探开发的历程起始于 1957 年。1957 至 1979 年是我国海上石油开采的探索阶段,22 年共

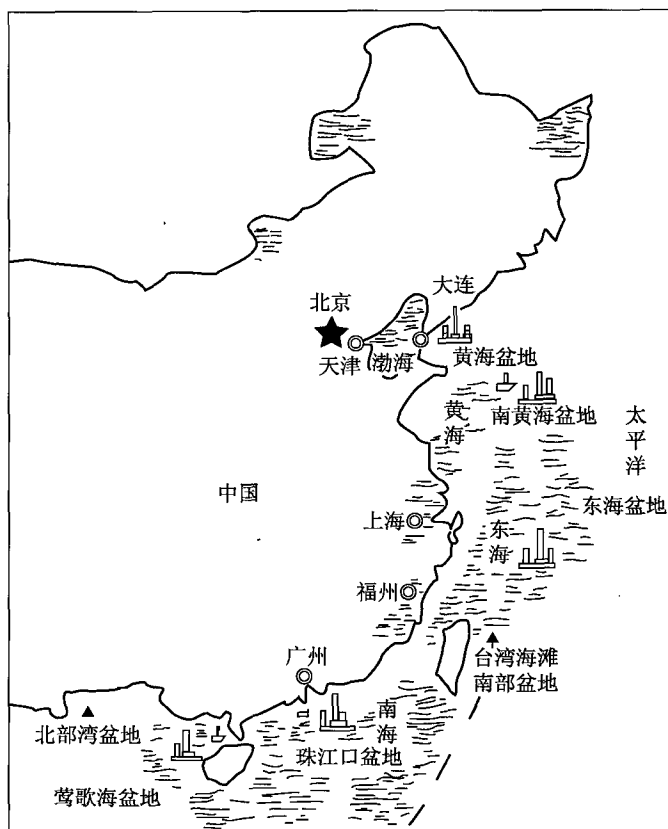


图 1.1 中国近海石油资源示意图

开采原油 96 万吨;从 1979 年海上石油开发实行对外开放以来,我国的海上石油开发进入高速发展期,到 2000 年生产能力已达到 2 000 万吨;2005 年,我国的海上原油生产能力已达到 4 000 万吨。目前,海洋已成为我国重要的原油生产基地。

二、海上油田的开采

海上油田常规开采的模式可分为六个程序。

① 由地球物理勘探船对海底地质进行调查,通常采用的是以地震勘探法为主的各种地球物理勘探方法,用以找出有希望的含油气构造。

② 在该构造上进一步采用移动式钻井平台,按选好的井位钻井取芯,对地层作更详细、更具体的调查。如钻的井有油气发现,而且数量达到一定标准时,就称这口井为发现井。

③ 为了对油气构造进行评价,还要由移动式钻井平台钻若干口评价井与探边井,通过评价井可以进一步掌握该含油构造的油层范围、油气的性质、产量及储藏量方面的材料。

④ 根据上述取得的材料,进行综合性的研究,以确定油田是否开发,进而提出最佳的开采方案,选择合理的开采工艺。

⑤ 钻生产开发井。开发井中包括生产井和注入井(注水或注气),这些多数是定向井。钻生产开发井可用移动式平台,也可用固定式平台。

⑥ 当部分开发井完成后且原油的集中、处理、储存及输送系统完备后,油田即可投产。

从上面所述的勘探与开发程序中,可以看到移动式平台所起的重要作用。除了移动式钻井平台以外,海上油气开发还需要其他用途的移动式平台。例如:生活平台、生产平台、维修供应平台、铺管平台、修井平台等等。这些平台有的是用钻井平台改建的,例如有不少生产平台是用旧的钻井平台改建而成的。由于在移动式平台中钻井平台占绝大多数,而且从平台的设计、制造和使用各方面看,钻井平台是有代表性的,因此,本书着重论述移动式钻井平台设计的有关问题。

需要解释的是,自升式钻井平台、半潜式钻井平台、坐底式钻井平台、钻井船与钻井驳等统称为移动式钻井装置。本书着重讨论的是前三种移动式平台。对于钻井船与钻井驳,由于它们的特点与船舶相类似,所以本书不专门讲述它的设计。

三、海上钻井的主要特点

设计海上移动式钻井装置必须了解海上钻井的一些特殊问题。

就钻井的工艺方法而论,海上与陆上基本相同。但海上移动式钻井装置和海底井口之间可能存在深达上千米的海水,而且这些海水不停地运动着。这样,海上钻井除了要配备钻井设备外,还必须有一套非常重要的水下设备。同时,由于波浪、海流、潮汐与冰等对钻井装备及其设备(包括水下设备)的作用必然引起钻井装置(这里指半潜式钻井平台与钻井船)与海底井口之间的相对运动,因此,钻井装置还必须配备与水下设备相适应的运动补偿装置和张紧装置,以补偿钻具在孔内钻井时免受钻井装置运动的影响。这些就是海上钻井的特殊性,也是海上钻井的困难所在。

对于坐底式平台和自升式平台,因为平台的井口和海底井口是相对固定的,只要将类似于陆上钻井的井口装置中的导管适当加长,把海底井口与平台连接起来,就可形成泥浆返回所需的环形空间,从而解决了隔开海水的问题。防喷器可以装在水面以上的平台甲板上,形成所谓的水上井口装置。这种井口装置与陆上的井口装置差别不大,比较简单。

浮式钻井装置的井口设备则要复杂得多。半潜式钻井平台和钻井船在风,浪,海流等外力的作用下所产生的各种形式的运动中,以纵摇和垂荡(升沉运动)对井口设备及钻井作业的影响为最大。因此,井口设备必须装有能伸缩和弯曲的部件,以适应和补偿平台所产生的这些运动。由于这些部件很难承受关防喷器或进行反循环时形成的高压,所以必须将防喷器布置在这些部件以下,形成所谓的水下井口设备。

浮式钻井装置在进行固井、测井及试油等作业时,同样存在着钻井装置的运动对作业的影响问题,但这些问题在操作中是不难解决的。

最后说明海上钻井装置的完井方法问题。海上钻井的完井井口装置有两种:水面完井装置与水下完井装置。前者将采油树装在水面以上(平台的甲板上),后者是装在水中(海底或水面以下某一深处)。水面完井的优点是技术简单,便于检修和管理,便于进行水下作业,但要建造专门的采油平台以设置井口装置。水下完井法不需要建造采油平台,也不妨碍航运和捕捞,但井口装置复杂,操作、管理、检修都不方便,尤其是修井作业,困难更大一些。尽管如此,由于海上石油的勘探与开发不断向深水发展,故采用水面完井法将越来越不可能,因而水下完井法正处在迅速发展之中。

完井方法的采用主要取决于钻井装置的形式和工作水深。浮式钻井多采用水下完井方法。如果浮式钻井装置是为固定式生产平台钻生产井,则这些井自然是水面完井。坐底式平台的工作水深较浅,一般采用水面完井。自升式平台钻的井采用哪一种方法完井,视具体情况而定。

四、海洋自升式平台在我国海上油气开发中的应用和发展

世界上第一艘自升式钻井平台产生于 20 世纪 50 年代。我国第一艘自升式钻井平台“渤海”1 号于 1967 年由七〇八所完成设计,1972 年在大连造船厂建成交付使用。全部设备均为国产。在当时条件下,完全靠自力更生。该平台总长 60.4m,总宽 32.5m,型深 5m,井槽尺寸 10.5m×10.8m,作业水深 30m,最大钻井深度 4000m,满载排水量 5700t,吃水 3.3m,四根圆柱形桩腿,每根直径 2.5m,长度 73m,为摩擦支承桩。该平台设计了液压油缸升降横梁插销式升降机构,每桩举升力为 1600t。甲板可变载荷 1400t,自持能力 30 天,定员 90 人,投入使用后,在渤海打了几十口井,期间经历过 1976 年 8 月唐山大地震严峻考验。实践证明,该平台基本上是成功的,开创了我国自升式钻井平台的先例。

此后,渤海石油公司在“渤海”1 号的基础上,设计了 40m 自升式钻进平台。1983 年大连造船厂建成了“渤海”5 号和“渤海”7 号两艘自升式钻井平台。两平台总长均为 76m,总宽 46.6m,型深 5.5m,井槽尺寸 11m×8.4m,作业水深 5.5~40m,满载排水量 6400t,吃水 3.5m。钻井装置(包括动力设备和起重设备)从国外进口,最大钻进深度 6000m,平台一次定位可以打九口井。四根圆柱形桩腿,每根直径 3.0m,长度 78m,为摩擦支承桩,采用液压插销式升降机构,每桩举升能力为 1800t,甲板可变载荷 1950t(包括大钩载荷 450t),自持力 20 天,定员 86 人,设有 17.2m×21m 的直升机平台,具有中国和挪威船级社双重船级,是渤海石油公司的主力平台,成功地打了多口井。值得一提的是,该平台升降机构作了重大改进,设计了双移动环梁插销式升降机构,解决了“渤海”1 号液压升降机构的不同步问题。

20 世纪 70 年代后期成立了中国海洋石油总公司,负责 5m 以上水深海域的油气勘探开发,下设渤海、东海、南海几大石油公司,先后引进了几型自升式钻井平台,数量较大的是由美国 ETA 公司设计,分别由新加坡和日本建造的罗布雷(Robinloh)-300 型(图 1.2),计有“南海”1、3、4 号、“渤海”4 号以及原地矿部海洋地质调查局的“勘探”2 号共五艘。该平台采用三根桁架式桩腿(带桩靴),长度 127.1m,桩靴直径 16.45m,高度 4.9m,每根桩腿重 800t。平台主体呈三角形,总长 81.5m,总宽 64.92m,型深 8.24m。作业水深 10~90m,井槽尺寸 15.84m×15m,最大钻井深度

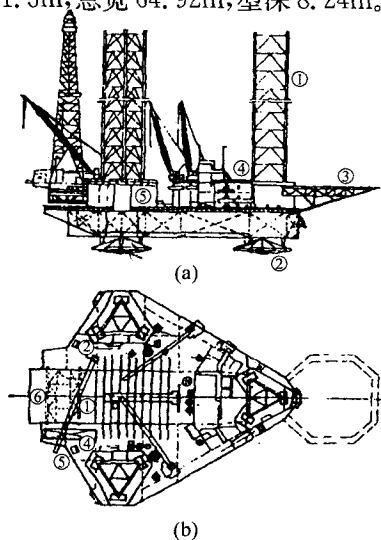


图 1.2 Robinloh-300 型自升式钻井平台

6000m,甲板可变载荷 2000t(包括大钩载荷 450t),最大排水量 12000t,最大吃水 9.9m,设有 23m×23m 的直升机平台,升降机构为电动齿轮齿条式,齿条共 12 根,驱动齿轮 36 个,驱动电机 36 台,每台电机功率 20 马力,1800r/min,三相交流 460V,60Hz,运动速度 0.3m/min。这几艘自升式钻井平台在渤海、南黄海、东海、南海打了许多口井。

21 世纪初,对“渤海”4 号、“南海”1、4 号进行了改造,封掉井口槽,增加悬臂梁,增强了钻井作业能力,便于在导管架平台上打生产井组。另外,中国海洋石油总公司还引进了“渤海”8、10 号两艘自升式钻井平台,由美国设计、日本建造,作业水深 76m,也是采用三条桁架式桩腿,电动齿轮齿条升降机构,部分桩靴可以收进船体内,以减小吃水。这两艘平台于

1986~1987 年在上海船厂进行改造,增加悬臂梁,加强桩腿。

中国石化集团胜利油田海洋钻井公司拥有“胜利”5、6、7、8、9 号五艘自升式钻井平台,都是二手平台。它们的共同之处是都有圆柱形桩腿并带桩靴,都采用齿轮齿条升降机构。“胜利”5、6 号是四根桩腿;“胜利”7、8、9 号是三根桩腿;“胜利”8、9 号还设有悬臂梁。这几艘平台最大作业水深为 20~30m,一直在渤海湾作业。在 20 世纪末和 21 世纪初都先后进行了改造,主要是更换部分设备和改善生活设施。

自行设计建造加上从国外引进,我国已经拥有多型自升式钻井平台可以在水深 5~90m 的海域打井。但是介于陆地和大陆架之间的潮间带(低潮位线至高潮位线之间或称为滩海地区)和极浅海区域的油气勘探开发仍是个难题。渤海海岸线长约 1 100 千米,沿岸有辽河、冀东、大港、胜利等油田,滩海和极浅海区域面积广阔,具有滩涂宽阔平坦,地表承载力低,回淤严重,潮差大,风暴潮频繁,冬季冰情严重等特点,采用修筑海堤和建造人工岛,虽能解决部分地区的钻探问题,但投资高,风险大,且不能甩开勘探。常规自升式钻井平台因吃水深,无法进入该区域。

1991 年初,七〇八所在国务院重大项目“海滩和极浅海油气资源勘探开发装备技术研究”课题成果的基础上,与大港油田共同提出研制适合于滩海和海图水深 0~2.5m 极浅海区域的自升式钻井平台。该项目被列为国家“八五”重大技术装备攻关项目。1996 年,根据当时大港油田油气勘探开发形势,经中国石油天然气总公司批准,报请国家经贸委同意,立即设计建造一条超浅吃水自升式钻井平台——“港海”1 号,由七〇八所设计、大连造船新厂建造,1998 年 3 月建成。该平台吃水仅 1.5m。同年 11 月,“港海”1 号自升式钻井平台在渤西极浅海区域打成第一口工业井,完成拖航、定位、插桩、预压、举升平台、钻井、完井、拔桩等全部作业,同时对平台的强度、振动、噪声进行测试,结果表明,主要性能均达到设计指标,满足船东的要求。

“港海”1 号为单甲板、单底、箱形、全焊接钢质非自航自升式钻井平台。平台长度 66m,宽度 36m,型深 4m,作业水深 0~2.5m(海图水深),最大钻井深度 4 500m,井槽尺寸 13.5m×4m,一次定位可以打三口井(纵向排列),最大升船高度(离海底泥面)11.3m,最大升船载荷 3 327t,最大甲板可变载荷 830t(不包括大钩载荷 320t)。四根圆柱形桩腿,每根直径 2.1m,长度 43.5m,为摩擦支承桩,设计最大插桩深度 22m(海底泥面以下)。自主创新设计新型液压驱动单工作环梁插销式升桩机构,采用 PLC 控制,额定起升载荷 950t,预压载荷 1 200t。平台自持力 10 天,定员 76 人。

进入 21 世纪,国际油价飞涨,我国已成为世界第二大石油进口大国,年进口量达到 1.4 亿吨。在此严峻的形势下,海洋油气资源的勘探开发更加迫切。中国石油集团于 2004 年 11 月成立海洋工程有限公司,但目前仅有一艘“中海油”1 号平台。所以公司一成立,就立即部署打造新的钻井平台,于 2006 年 8 月开工建造作业水深 4.5~40m 的自升式钻井平台“中海油”5 号、6 号平台两艘,由胜利油田钻井工艺研究院和七〇八所联合设计,青岛北海船厂建造,计划于 2007 年建成。该平台总长 75m,总宽 48.8m,型深 5.2m,满载排水量 6 800t,吃水 3.2m,有直升机平台。平台采用三根圆柱形桩腿,每根桩腿直径 3.2m,长度 75m,桩靴呈正八边形,对边尺寸 9.2m,高度 1.8m,选用国民油井公司 BLM 电动齿轮齿条升降机构。平台设有长 40m,高 4.7m,间距 15m 的悬臂梁,配有国产 7 000m 钻机,甲板可变载荷 1 600t,自持能力 20 天,定员 90 人。

另外,中国石油集团海洋工程公司购买美国 Friede&Goldman(F&G)公司 L-780 型自升式钻井平台基本设计图纸,准备由国内船厂建造“中油海”2 号、7 号平台两艘,计划于 2007 年开工,2008 年建成。L-780 型平台是 F&G 公司的成熟设计成果,据说已建造过 30 多艘。平

台总长 54.86m,型宽 53.34m,型深 7.62m,排水量 6075t,结构吃水 4.47m,最大作业水深 76m,采用三根桁架式桩腿,总长 107m,桩靴直径 12.14m,高度 4.42m,选用国民油井公司 BLM 电动齿轮齿条升降机构。平台设有长 30m,高 6.1m,间距 15.24m 的悬臂梁,配置国产 7000m 钻机,甲板可变载荷 2300t,定员 94 人,有直升机平台。

中国海洋石油总公司的“海洋石油 941”自升式钻井平台于 2005 年 3 月在大连新船重工公司开工建造,2006 年 5 月 31 日交付使用,是目前国内规模最大、自动化程度最高、作业水深最深、具有当代国际先进水平的自升式钻井平台。由美国 Friede & Goldman(F&G)公司设计的 JU2000 型,平台长 70.4m,型宽 76m,型深 9.45m,钻井深度 9000m,最大作业水深 122m(400 英尺),一次定位最多能钻 30 多口井。三根桁架式桩腿,总长 167m,桩靴直径 18m,高 5.5m,选用国民油井公司 BLM 电动齿轮齿条升降机构,平台设有长 49m,高 7.5m,间距 18m 的悬臂梁,井口中心外伸距离可达约 23m,定员 120 人,有 24m×24m 的直升平台。

我国海洋油气勘探开发从 20 世纪 60 年代起步于渤海湾,逐步走向南黄海、东海、南海。在这些海域,自升式钻井平台得到了广泛应用,范围从滩海到大陆架,水深从 0 到 100 多米。但是,数量实在太少(国内现有的自升式钻井平台见附表)。

我国三大石油集团正在使用的自升式钻井平台仅 18 艘,其中 15 艘的船龄已超过 20 年,“勘探”2 号和“南海”1 号甚至已到达 30 年。虽然很多平台做了改造,但只限于更换部分设备和改善生活设施,性能上没有大的改变。即使加上正在建造或近期打算开工建造的“中油海”2、5、6、7 号平台,也只有四艘,还远远满足不了要求。再者,自行设计建造的只有三种型号,即“渤海”5、7、9 号 40m 平台、“港海”1 号超浅吃水平台以及正在建造的“中油海”5、6 号 40m 平台,至今还没有自己设计的深水桁架腿平台。所以在自升式钻井平台领域急需发展和创新。

我国《船舶工业中长期发展规划》要求大力开展技术创新,提高自主研发能力。为我国海洋油气勘探开发提供新型、经济、实用的装备是海洋工程和造船界面临的新的机遇和新的挑战。

附表 国内现有自升式钻井平台

公司名称		钻井平台名称	桩腿类型	最大作业水深/m	最大钻井深度/m	制造年份	改造年份	备注
中国石油集团海洋工程公司		“港海”1 号	四根圆柱形桩腿	极浅海海图水深 2.5	4 500	1998	2004	国产
中国石化集团	上海海洋石油局	“勘探”2 号	三根桁架式桩腿带桩靴	90	6 000	1976		进口
	胜利油田海洋钻井公司	“胜利”5 号	四根圆柱形桩腿带桩靴	25	6 000	1981	2000	进口
		“胜利”6 号	四根圆柱形桩腿带桩靴	30	7 000	1982	2002	进口
		“胜利”7 号	三根圆柱形桩腿带桩靴	30	4 000	1982	2002	进口
		“胜利”8 号	三根圆柱形桩腿带桩靴	20	5 000	1981	2001	进口
		“胜利”9 号	三根圆柱形桩腿带桩靴	30	6 000	1978	1996	进口

(续表)

公司名称	钻井平台名称	桩腿类型	最大作业水深/m	最大钻井深度/m	制造年份	改造年份	备注
中国海洋石油总公司 油田服务公司	“渤海” 4号	三根桁架式桩腿带桩靴	90	6 000	1977	2001	进口
	“渤海” 5号	四根圆柱形桩腿	40	6 000	1983	2002	国产
	“渤海” 7号	四根圆柱形桩腿	40	6 000	1983	2001 加桩靴	国产
	“渤海” 9号	四根圆柱形桩腿	40	6 000	1984	1997	国产
	“渤海” 8号	三根桁架式桩腿带桩靴	75	6 000	1980	1987	进口
	“渤海” 10号	三根桁架式桩腿带桩靴	75	6 000	1980	1987	进口
	“渤海” 12号	三根桁架式桩腿带桩靴	55	6 000	1978	1998	进口
	“南海” 1号	三根桁架式桩腿带桩靴	90	6 000	1976	2000	进口
	“南海” 4号	三根桁架式桩腿带桩靴	90	6 000	1978	2002	进口
	中国海洋 931	三根桁架式桩腿带桩靴	90	6 000	1993		进口
	中国海洋 941	三根桁架式桩腿带桩靴	122	9 000	2006		国产

第二节 自升式平台的结构型式与操作状况

一、结构型式

自升式平台的用途有多种,但以钻井平台最为典型,数量也最多。自升式由一个平台主体(漂浮于水面时为浮体)和若干桩腿所组成,见图 1.3。通过升降装置的动作,平台主体或桩腿可垂直升降。平台拖航到达井位后,先放桩腿下降至海底,再进一步提升主体,使之沿桩腿上升到离开海面一定的高度,以避免波浪对平台主体底部的冲击。钻完井后平台离开井位时,先将主体下降到水面,利用水的浮力对主体的支持把桩腿从海底拔出、升起,然后移航到新的井位。升降装置采用电动机或液压马达驱动齿轮、齿条,或由销子、销孔及顶升油缸组成液压装置。在小型的自升式钻井平台上也有采用气动系统或链条系统的升降装置。

自升式平台的结构式样是各种各样的,可以按平台主体的形状、桩腿的数目及型式、升降

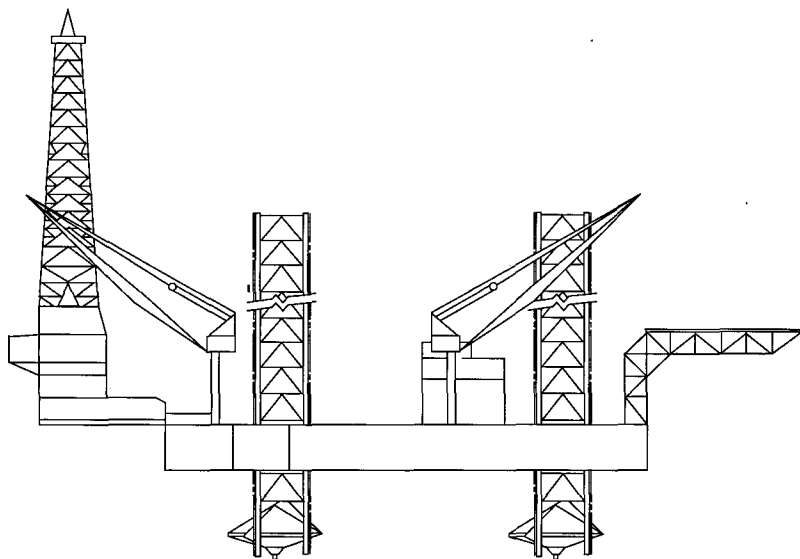


图 1.3 自升式钻井平台

装置的类型等进行区分,这些将在下面分项说明。这里首先需要提出的是,自升式钻井平台可以分为井口槽式平台和悬臂梁式平台。前者在平台主体的尾端开有槽口,钻台及井架位于井口槽的上面,钻台上的钻杆向下通过井口槽到达海底。悬臂梁式平台不在主体结构上开槽,而在甲板上设有两道相互平行的钢梁,钻台及井架安置在钢梁上,钢梁可在滑轨上移动并连同钻台及井架一起伸向平台尾端舷外,成为悬臂式结构,见图 1.3。悬臂式钻井平台不仅可以钻勘探井,而且由于其悬臂(连同钻台及井架)可以伸到小型导管架式生产平台的上面,因此还可以钻生产井,也可进行修井作业。相比之下,井口槽式平台很难在导管架式生产平台的上面进行钻生产井、修井等作业。不过,悬臂梁的载荷将受到强度的限制。

顺便提一下,不论是悬臂式平台还是井口槽式平台,如果井架底座可以在前后及左右方向移动的话(驱动方式有液压式及电动式),那么就可以钻丛式井而不必移动整个平台的位置。

1. 平台主体

自升式平台的主体通常是一个具有单底或双层底的单甲板箱形结构。甲板以下布置柴油发电机舱等动力舱室、泥浆泵舱等钻井工程用舱室和其他工作舱室,以及燃油舱、淡水舱、压载水舱等液体舱(如设双层底,则燃油及淡水布置在双层底内)。甲板上布置钻台、井架、钻杆、隔水管堆场、管架,起重机、生活舱室、升降装置室、直升机平台等。主体的平面形状和桩腿的数目密切相关,一般有三角形(三腿)、矩形(四腿)和五角形(五腿)等,如图 1.4 所示。

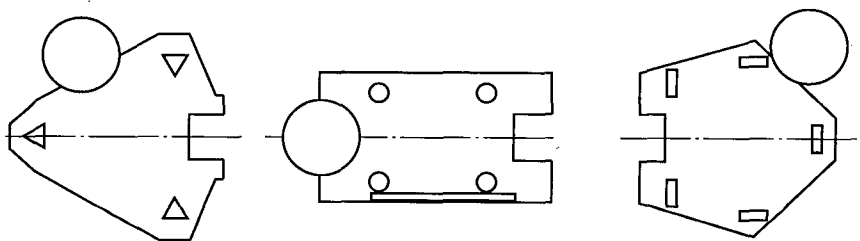


图 1.4 平台主体的平面形状

2. 桩腿

自升式平台的主体依靠桩腿的支撑才得以升离水面,使平台处于钻井作业状态。桩腿的作用除了支承平台的全部重量外,还要经受住各种环境外力的作用。桩腿的型式可分为壳体和桁架式两种,如图 1.5 和图 1.6 所示。壳体式是钢板焊制的封闭式结构,其截面形状有圆形和方形。为了与升降装置相配合,在桩腿上沿轴线方向附设有几根长齿条或设有几列销孔。桁架式桩腿的截面形状多为三角形或四方形。三角形的桁架腿由三根弦杆及把弦杆连接起来的水平杆和斜杆、水平撑等所组成。四方形的则由四根弦杆以及水平杆、斜杆和撑杆等组成。一般地说,壳体式桩腿的制造比较简单,结构也坚固。而桁架式桩腿由于杆件的节点多,故制造比较复杂,但因其结构特点可减小作用在桩腿上的波浪力。壳体式桩腿的适用水深范围不超过 60~70m,水深更大时都采用桁架式。桁架式桩腿常与齿轮齿条式升降装置相配合。

桩腿下端的结构型式具有重要的意义,因为这部分结构是直接与海底相接触的,是支承

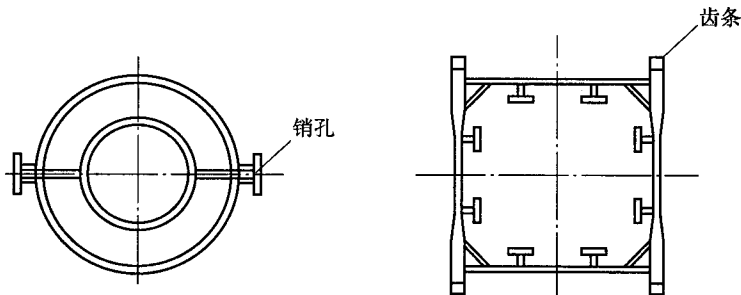


图 1.5 壳体式桩腿

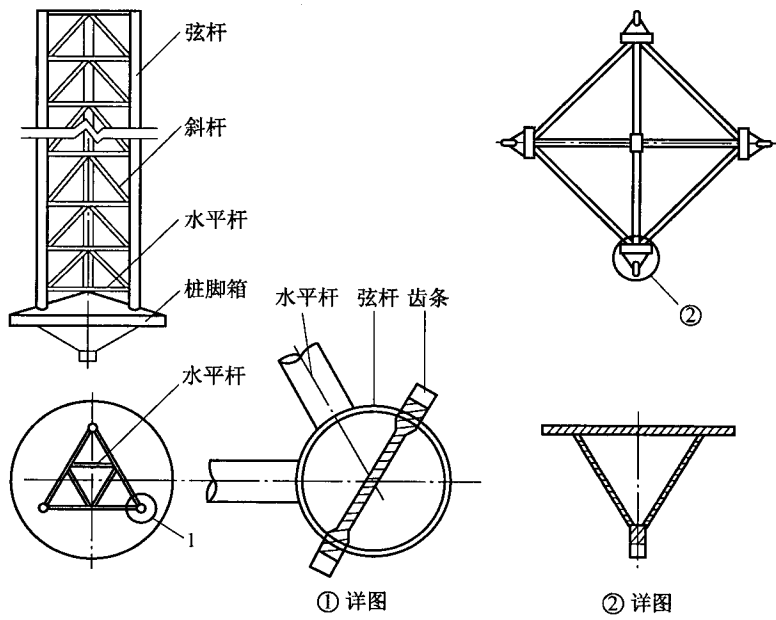


图 1.6 桁架式桩腿(三角形、正方形)

面,是基础。按海底地貌和土质的不同,设计者可采用插桩型、箱型、沉垫型等,如图 1.7 所示。插桩型的桩腿下端具有较小的支承面,甚至略带锥形,以适应较硬的海底。这种型式不适宜于软土地区。此种桩端型式的具体设计可参阅有关文献。例如,《近海》杂志 1982 年第 4 期上所刊登的文章(第 101 页)。桩腿下端的结构形式用得最多的是箱型,它在每一根桩腿的下端附装一桩脚箱,亦称桩靴,这样可以增大海底支承面积从而减小桩腿插入海底的深度。减小插入深度的意义不仅在于减小桩腿长度,更重要的是提高了插桩和拔桩作业的安全性,尤其在软性地基土上作业。桩脚箱的平面形状有圆形、方形、多角形等。图 1.8 所示的两个桩脚箱分别是圆形和十二边形。在三种结构型式中,箱型是插桩型和沉垫型的中间型式,客观上具有兼顾在软、硬地基上作业,这种情况可以从桩腿箱的具体结构中看出来。由图可见,最底下设一个桩钉,这种型式对于硬地基是最合适的。新近的设计可以使桩钉缩进到桩脚箱内并达到与箱底齐平,以适应各种地基的具体要求。由于拔桩时需要冲桩,桩脚箱设有冲桩用的喷射系统。

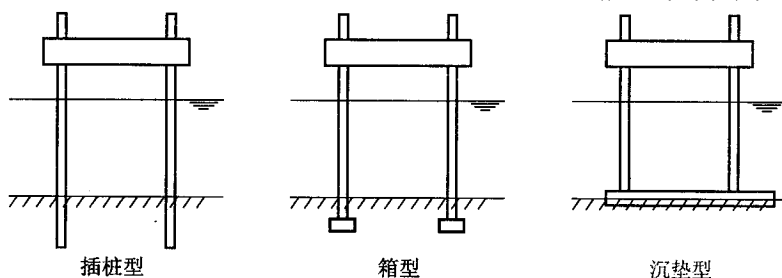


图 1.7 桩腿下端的结构型式

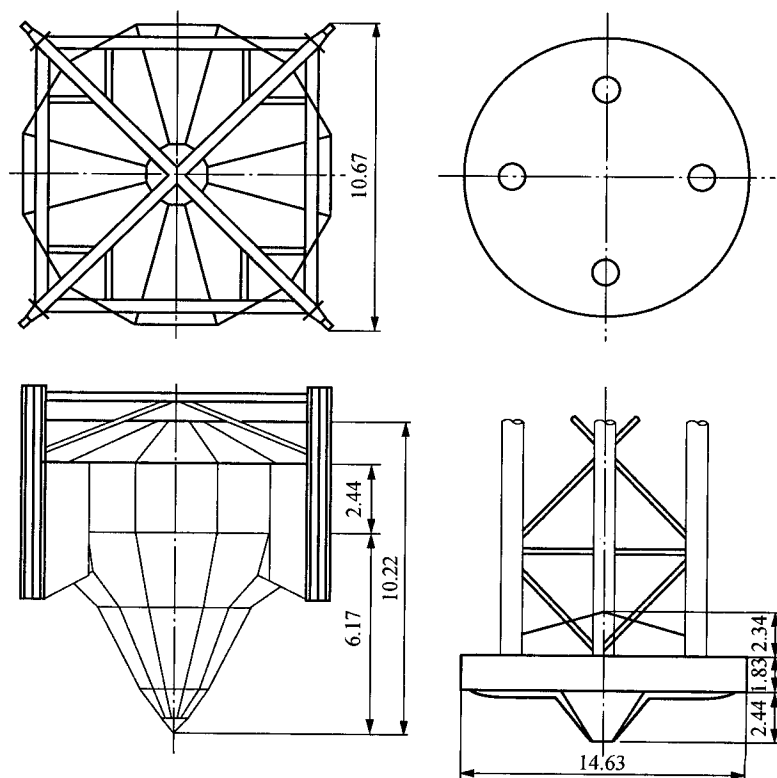


图 1.8 桩脚箱(多边形、圆形,尺寸单位:m)