

第二分册

油气田 开发

石油工业出版社



第十二届
世界石油会议
报告论文集

第十二届世界石油会议 报告论文集

第二分册 油气田开发

张敦恕等 译 王 波等 校

6721/114

石油工业出版社



B 542956

**第十二届世界石油会议
报告论文集**

第二分册 油气田开发

张敦恕等 译 王 波等 校

石油工业出版社出版

(北京安民门外东单里二区一号楼)

北京吴海印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 30³/4印张 757千字 印1—1,200

1988年10月北京第1版 1988年10月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0177-2/TE·175

定价: 7.50元

出版说明

第十二届世界石油会议于1987年4月在美国休斯顿举行,参加这届大会的有来自 71个国家的11723名代表。以中国石油学会理事长侯祥麟为团长的中国石油代表团也前往参加了这次会议。第十二届世界石油会议历时 6 天,会上宣读论文 105 篇。本论文集集中的石油地质、地球物理勘探、油气田开发、钻井、地球物理测井和大会专业报告部分由石油部科学技术情报研究所组织有关同志翻译和编辑加工,石油工业出版社出版;石油炼制和石油化工、综合部分由石油化工科学研究院组织翻译,烃加工出版社出版。

全部论文按专业分五册出版:

第一分册——石油地质和勘探

第二分册——油气田开发

第三分册——石油炼制和石油化工

第四分册——综合

第五分册——大会专业报告

目 录

深海油田开发用的近海生产系统的能力和极限.....	(1)
经济有效的 SKULD 海底系统的可靠性和互换性.....	(9)
为深水生产准备条件：发展深水浮式和水下生产系统.....	(21)
近海技术组件及其对成本效果好的深海生产系统发展的影响.....	(34)
“技术进步对深海油气开采技术可行性和成本的影响”讨论纪要.....	(45)
低成本开发近海小油田.....	(49)
“低成本开发近海小油田”讨论纪要.....	(61)
经济有效地开发 Endicott 北极近海油田.....	(63)
加拿大波弗特海海上油气生产系统的技术评价.....	(73)
北纬 70° 以北巴伦支海的石油开发.....	(87)
北极海域大陆架开发海上油气建造物的设计.....	(100)
“北极油气田开发工程技术评价”讨论纪要.....	(109)
海上建造物的完好状况及可靠程度.....	(116)
表面活性剂驱的技术和经济复杂性.....	(126)
混相气驱在采油中的作用.....	(140)
聚合物驱的经济问题——敏感性研究.....	(149)
石油的热力开采.....	(162)
用于降低提高采收率成本的决策——风险控制.....	(169)
“提高采收率的经济复杂性”讨论纪要.....	(180)
稠重原油、天然沥青油及页岩油的经济前景.....	(185)
重油热采方法中的先进工艺.....	(198)
委内瑞拉重油开采、处理及输送的前景.....	(211)
加拿大油砂露天开采生产技术的进展.....	(227)
特重油、天然沥青和页岩油的未来.....	(237)
未来的钻井设备与技术.....	(250)
最优化钻井——闭环控制.....	(262)
钻井最优化：测量工作和建立模型.....	(276)
装有减振器的钻柱振动的试验和理论研究.....	(290)
钻井模型理论与最优化钻井方法.....	(302)
“优化钻井的新仪器和新方法”讨论纪要.....	(320)
水平钻井：一种新的采油方法.....	(324)
“水平钻井：一种新的采油方法”讨论纪要.....	(341)
研究地壳的超深井钻井.....	(343)
“研究地壳的超深钻井”讨论纪要.....	(354)

地震勘探与岩心、测井分析相结合确定油藏的内部结构.....	(356)
储层勘探和开发阶段的垂直地震剖面(生产地震).....	(371)
应用垂直地震剖面勾绘储层轮廓.....	(382)
监测提高石油采收率过程的地震方法.....	(391)
生产地震的技术优越性和经济效益.....	(403)
“评价油藏特性新技术是否能提高产量?”讨论纪要.....	(414)
各类储层的测井解释.....	(418)
泥质砂岩的复电导率模型.....	(429)
新测井方法——解决复杂地质问题的有效手段.....	(440)
用测井资料估计渗透率.....	(454)
沙特阿拉伯在定量油藏描述和监测方面的进展.....	(467)
“储集层测井定量解释技术进展”讨论纪要.....	(482)

深海油田开发用的近海生产系统的能力和极限

J.F. Wolfe

Exxon Production Research Company, U.S.A.

张敦恕 译 油 工 校

摘要 刚性平台的使用范围,由于技术的发展,在稳定扩大。海底井所用的柔性结构和浮式生产系统适应水深的能力猛增,超过了刚性平台。这种系统有绷紧腿、柔性腿、张力腿平台、浮式生产系统和海底系统。目前海底和张力腿的方案应能使开发水深达到至少 1500 米,可能达到 3000 米。虽然需要对现有技术进行某些发展,但是不会遇到什么基本的技术障碍。不同的系统往往具有一定的水深范围,但是开发系统的选择将决定于特定的操作要求和将要开发的油田特性。因此,对于一般使用来说,没有一种单一的系统优于它种类型。所有各种系统都应作为补充系统,而每一种系统都在深水开发方案中占有它的位置。实际的开发限制,除技术以外,还决定于其它因素,如经济、勘探效果、商业和政治稳定性、政府条款和规定以及当地的基础结构。

一、引言

深海油气田的开发继续增加了对近海生产系统的需求。探井已经钻达 2100 米水深,但是最大的生产深度在 400 米以内。明显的问题是,“我们是否具有开发已发现的和将要发现的深海油田的生产能力?”虽然一般来说回答似乎是“是”,但是还没有一个简单而绝对的回答。预计没有根本的技术障碍,但是有些技术还必须予以发展。

各种系统部件的复杂性,已由于水深的加大而增加。图 1 所表示的是,在一个新世纪开始的时候,在美国加利福尼亚州 Summerland 工业诞生 100 年近海工业所需要的技术。在石油经营者开始利用木桩栈桥从岸上进入近海时,很少需要革新或新技术。除去木桩以外,Summerland 的情况看来同当时陆上操作的情况很相似。在以后的七十五年里努力避免工业发展方式发生巨大变化。近海操作尽量模仿陆上那样。设计的平台硬性地承受环境力和常规的钻井和采油设备。直到 50 年代后期,工业分析方法变得比较复杂,近海工业的新技术得以发展。

60 年代近海技术已经非常成熟,相信我们对环境、材料和生产过程的认识,分析工具和方法以及施工方法和设备应能适于开发近 300 米水深的储量。在 70 年代初期,迅速要求进行革新和采用新技术,因而在环境恶劣的地区(如北海)和深水地区(如加利福尼亚州的 Santa Barbara Channel)发现了巨大的储量。

在更为恶劣的地区和更深的水中进行勘探取得成功,使工业部门认识到不能只依靠用材料强度承受外界力量。工程师们开始思考尽量减小外界力量或加以顺应。

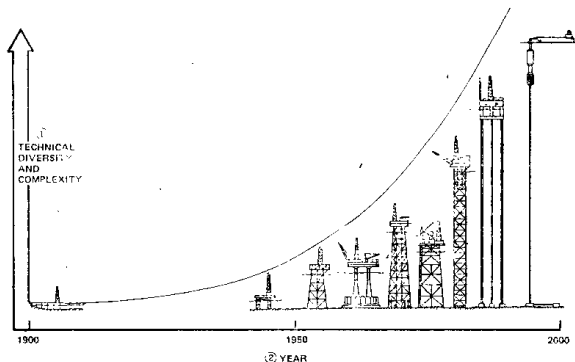


图 1 近海生产系统一百年的进展

①技术的多样化和复杂性；②年

60 年代末期，几个组织开始研究、计划和建造深水海底和柔性系统的模型。对新型系统的兴趣使传统系统的设计和制造人员变得更富有竞争和革新精神。目前常规平台的设计水深接近 500 米。几年以前许多人认为这个水深只有海底或柔性系统才能达到。

这些刚性平台系统在技术上变得更加复杂。建造了其它一些系统如 Lena 绷绳塔、Cormorant 中央水下管汇中心和 Hutton 张力腿平台，以研究和改进近海生产技术，使生产获得经济效益。工业部门从这些先进的设施中充分认识到，利用迅速发展的技术可以发展和使用深海油田所需要的系统。

目前开发深海油田的方案有刚性平台、柔性塔、张力腿平台、浮式生产系统和海底生产系统。各种系统的某些能力和极限，将在下面进行讨论。

二、刚性平台

经营者根据过去经历的趋势准备将刚性钢平台技术应用到较大的深水。运动对工人和设备的影响没有问题。另外，在刚性平台建造、安装和使用方面还有大量的知识和经验。因为操作对气候条件不敏感，同时适应中等和较大甲板负荷，它们比较灵活。过去它们的能力趋于超过它们的极限（很少或没有储存石油，研制到投产的周期长，海上施工周期相当长，不能移动）。

目前，世界上最大水深的平台 Cognac 号在 1982 年建在墨西哥湾 321 米水深处。平台重 53500 吨。Bullwinkle 平台正在建造，并将在 1988 年安装在墨西哥湾 411 米水深处。这个平台的底部面积是 122 米×146 米^[6]。

刚性平台的刚性很大，可以抵御环境内，运动有限。因此，刚性平台的自然周期必须短于较高能量海浪的周期（见图 2）。当水深增大以后，刚性平台的自然周期将接近较高能量海浪的周期。这种结构的水动力减振作用小，运动和应力都将增强，从而缩短结构的疲劳寿命。因此，深水刚性平台的底部必须加宽，刚性要加大。由于这种原因，它们需要很大的基础，使平台牢固地固定在海底。

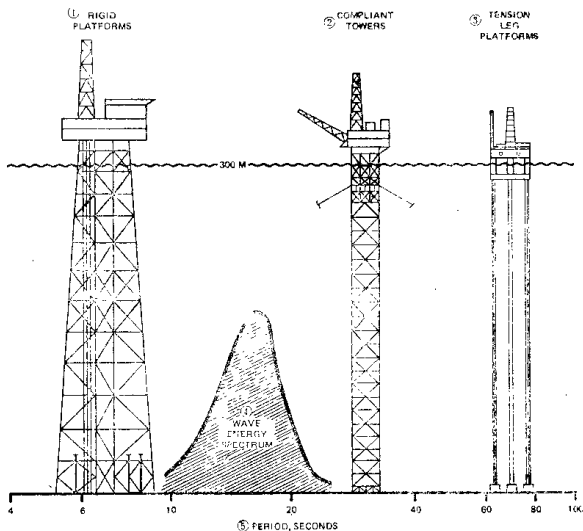


图 2 基本自然周期和海浪能量周期

①刚性平台；②柔性塔；③张力腿平台；④海浪能频谱；⑤周期，秒

将这种钢结构应用于较大深水，由于导管结构以及所需基础的尺寸和重量很大，将受到限制。有两个主要因素影响尺寸的加大。第一，加长结构的悬臂会使环境力对结构底部产生较大的扭矩。第二，提高刚性要求自然周期低于高能海浪的周期。提高刚性还要求使用更多的钢材和更复杂的几何形状，这都将提高成本。所有这些因素最终将使成本随水深的指数增长。研究表明，钢平台对 450 米以上的水深在技术上是可行的。但是这样的结构将更加复杂，建造和安装费用很高。目前 600 米水深是否可行尚不明确。

刚性结构的第二种基本类型是重力基础平台。混凝土重力结构可以支撑北海高产量所需的大甲板负荷，可以容纳海岸附近安装的大型设施，这样可以减少近海吊装和投产的工作量。此外，它们还适于储存大量石油。重力基础结构需要在平静的深水中进行安装，基础下面的土壤要比较坚固，因此它的尺寸和应用范围都受到限制。目前所建造的尺寸对北海附近的海湾是合适的。

至今，重力基础平台的安装水深已接近 200 米，但是对 450 米水深已提出增强型或混合型的设计。

三、柔性塔

柔性塔是一个长而比较细的结构，在大浪中可以轻微摆动或顺应活动。这种柔顺特性可以大大地降低结构承受的动负荷以及它的尺寸和成本。同时，因此柔性塔以底部为基础，所以它适用于大多数常规的钻井和采油作业。

常规的固定平台和柔性塔在概念上的主要区别是，柔性塔的基本自然周期长于高能海浪周期（见图 2）。降低结构的刚度可以得到较长的自然周期。对于相同的水深，降低刚度以后可以使柔性结构的重量比刚性结构减小很多。

柔性结构很大部分海浪负荷由它的惯性承受，而不由结构的剪切和弯曲承受。大部分设计方案用无数不同的方法实现柔顺特性，各种柔性塔方案在负荷承受件的负荷分配方法上有所不同，如桩柱、绷绳、浮力和惯性。例如顶边负荷可以由浮力或基础桩支撑，侧向负荷可以由绷绳、浮力、惯性和桩柱承受。

近海采油首次应用的柔性塔是 Lena 绷绳塔。它在 1983 年安装在墨西哥湾 305 米水深处⁽²⁾。19000 吨的 Lena 塔的方形截面边长 36.6 米。329 米塔高的大部分塔身截面保持不变。最显著的特点是，20 根 227 毫米直径的钢绷绳连接在 180 吨的铰接钢块上。钢块在正常作业时处于部分悬挂状态，而在大风暴情况下则完全脱离海底。提起钢块可以增加系泊刚性，因此对塔的较大飘移可以提供较大的恢复力。钢块利用锚链同锚桩相连。

因为 Lena 绷绳塔是一座仅有的全尺寸近海柔性塔，所以它的特性从 1983 年就一直连续进行监测。在这一段时间里，它经历了附近的四次飓风、三次比较大的冬季风暴、几次环形涡流和一次同一艘大型货轮的冲撞。Lena 的数据直接同分析方法进行比较，结果肯定了分析方法的精确度。Lena 的工作人员没有感到运动带来不舒适感或遇到操作困难。

绷绳塔只是柔性塔的一种型式。还研究过其它几种类型，如浮力塔、挠性塔、混凝土柔性塔和桩式柔性塔。这几种塔不用绷绳，因此不会花费很多费用安装绷绳，也不会影响附近工作的船只。柔性塔具有许多同刚性塔相同的能力，这是因为它们可以进行常规的钻井和采油作业。虽然柔性塔随海浪而摆动，但是基于 Lena 的经验，这对工作人员或作业没有影响。对许多种柔性塔进行了评价，桩式柔性塔是其中最具有发展前途的一种⁽³⁾。桩式柔性塔在泥线以上很长的桩柱好似大弹簧，用以平衡结构，同时提供柔性。因为桩柱制造和安装都比较便宜，所以非常经济。

柔性塔的使用范围将可达到 900 米，没有大的技术障碍，但是会较早地遇到经济上的限制。如果能改进设计，可能进一步降低用钢量和制造的复杂性。在近海连接柔性塔的各段和在深水中安装长桩柱方面，还可以进一步改进。

四、张力腿平台

张力腿平台基本是一个半潜船身，用垂直的预加张力钢筋系泊在海底。轴向刚性钢筋对平台加以限制，使它不至升降、纵摇和横摇。张力腿平台在水平方向顺应环境力，因而降低所承受的负荷。所有的垂直负荷包括钢筋张力都必须由浮力承受。

平台实际上没有垂直运动，可以把采油树装在甲板上。这样，张力腿平台上的采油作业同刚性平台和柔性塔上的非常相似，不同处是没有导管。张力腿平台有立管，它们同浮式钻井船的立管一样，加以张紧。油井可以在安装张力腿平台以前用浮式钻井设备通过井底盘预先钻好，或从张力腿平台的甲板钻成。

张力腿平台的重量和成本受水深的影响较小。在恶劣环境约 300 米以内水深和中等环境约 700 米水深以内时，它在成本上优于底部基础的结构。张力腿平台可以完全装备好以后浮入海内，避免花费很大费用在近海吊装和投产。如果基础预先已经装好，平台能够在几天内装好。一旦油井枯竭，即可报废，对张力腿平台进行整修，以便在新井位进行安装。

张力腿平台有效负荷的设计范围可以很大，但是有效负荷影响船身尺寸和成本。一般有效负荷增加 1 吨，船身排水量约增加 3 吨^[4]。随着船身排水量的增大，钢块和基础的能力也要加大。

张力腿平台的立管仅在平台和海底的侧面加以支持。它们可以伸长或有张紧器，以适应相对运动。还必须有一些办法以适应角运动。当下立管时，在它同已装好的立管接触时要加以控制。为了避免损坏，井距要比正常的大，同时立管的张力必须小心地加以控制。很幸运，水动力特性往往要求设计有一个大的甲板面积。

只管许多公司都在研究张力腿平台，但是使用的仅有一座。它在 1984 年安装在北海 Hutton 油田 148 米水域中。平台的排水量为 63000 吨，用 16 根管式张力腿加以固定。

不同的公司研究了许多张力腿平台的设计方案。这些方案的水深大于 3000 米，甲板负荷从 3000 吨到 30000 吨以上。由于要求降低成本，所以不断努力寻求效果更好的设计。这些设计可能包括：经改进的具有浮力和低密度材料的钢块，改进水动力设计以降低海浪冲力，降低重量的更好的结构和设施设计，改进钢块和基础的安装技术。

五、浮式生产系统

浮式生产系统有多种方案，但是所有这些系统都有船体和生产设施。生产设施通过生产立管从海底油井中进行生产。浮式生产系统应用广泛，在数量上仅次于刚性平台。第一个这样的系统在 1975 年于英国 Argyll 油田投产。最早使用的浮式生产设施已经换掉，但是 Argyll 系统仍然使用原来用锚固定经改装的半潜船。它位于 79 米水深处，通过悬链锚腿系泊系统将原油输往穿梭油轮。浮式生产系统技术已经过检验，适用于各种环境和水深。

浮式生产系统至今得以采用的原因是，它能够使现金较早周转，开发寿命尚不明确的经济边际油田。现在这种系统也被考虑用于深水开发。对于深水，浮式系统比其它方案需要的

投资较少，同时水深对成本的影响也较小。但是作业成本较其它方案要短。它可运移和重复使用，适用于采油寿命短的小油田。因为这种系统的自容性较好，所以它很容易用于没有现成基础设施的地区。

浮式生产系统有两种主要类型：油轮系统和半潜船系统。油轮系统的船身可以储存石油和放置采油设施。半潜船系统可以储存一些石油；但是在大多数情况下用另外一艘永久系泊的船储存石油，或用穿梭油轮临时储存石油。一套海底系统可以和油轮或半潜船系统同时使用。它包括海底钻井底盘、丛式海底井和单独的卫星井。

油轮系统能够储存大量石油，这就大大地提高了它的作业效率。储油量可以超过 15 万立方米。把油轮改为采油设施，一般用不到一年的时间，而且花费比较少。油轮也可以承受大的设施负荷，同时甲板空间也大。穿梭油轮可以在井排或前后排列位置加油。

油轮系统对气候的反应较大，在设计时应当尽量减小恶劣海浪的影响。为了减小这种影响，油轮必须在各种地区都能够始终处于向风位置。要具有向风能力，必须使用旋转接头。旋转接头会限制立管的数量、流量和控制的工作压力。目前正在研制一种液体旋转接头。它有 8 个流道，工作压力达 400 巴。因为没有井槽和转盘，在船上无法进行钻井和大部分修井作业。

半潜船系统的运动特性比油轮好。它可以系泊，不需要向风能力。这样就不需要旋转接头，可以增加允许工作压力和控制的立管数目。已经完成了用于 25 口井的详细设计。半潜船的另一个优点是，它还适于船下油井的钻井和修井作业，可以节省很多费用。半潜船系统只能储存少量石油，同时在大多数情况下甲板负荷能力和甲板空间有限。有些比较新的特殊设计摆脱了这些限制。

浮式生产系统的水深记录是 244 米。正建的一个系统的水深为 500 米。目前正在研究的一种系统方案设计的作业水深是 1500 米。预料不会遇到大的障碍。但是在高压旋转接头、立管、系泊设备、船身和采油设施的最优化以及快速拆卸机构方面还存在技术挑战。

六、海底生产系统

海底系统是单独的一种生产系统，这是因为它能够独立地将产出的原油输往岸上或现有的底部基础。但是目前它主要同其它系统联合使用。海底生产设备可以同前面讨论的各种生产系统一起使用，同时它是浮式生产系统必需的一个部分。

海底系统有许多用途和各种设备。主要可供选用的有湿式或干式系统，卫星或底盘井，单独的油井出油管或海底管汇，钢丝绳或通过出油管的井下维修，单层或双层完井。

第一套水下完井设备于 1943 年装在 Lake-Erie 25 米水深处。它们基本是由潜水员安装的陆上用的采油树。在巴西水域不需潜水员安装了卫星采油树，水深记录变化速度，很快接近 500 米。一般来说，海底技术能力已经超过系统的应用范围，这是因为深水油田发现的少和经济的刺激作用小。

1974 年有一套三井沉浸式生产系统安装在墨西哥湾 57 米水深处，这是一套试验装置，它表明，系统的能力达到 600 米水深^[8]。它的设备有海底底盘、生产立管和出油管。它成功地模拟了深水开发所需要的所有主要钻井、采油和维修作业。这套试验装置所发展和肯定的许多技术都适合并已应用于英国北海 Cormorant 油田开发用的水下管汇中心。这项

工程有一 9 口井用的底盘。它在 1982 年安装在 150 米水深处。这套系统的性能极好，停产时间很短。继续研究的结果表明，工业生产的沉没式生产系统能够用于 1500 米水深，同时这种方案应当适用于 3000 米水深。

750 米水深钻井、完井、连接和卫星生产井所用的设备目前都已生产。一些湿式系统能够承受 70 巴的工作压力，还可以进行通过出油管或钢丝绳的维修工作。海底系统具有最大水深的能力，但是目前它们必须将原油输往底部基础、张力腿平台或浮式生产系统。

海底系统长距离输油的能力有限。考虑到所有因素，特别是输送量、水化物的形成、遥控和整个系统的操作性能，现有海底技术的最长实际输送距离约为 20 公里。最近几个单位研制多相泵将对提高输送距离的能力起到主要作用。

现有的两种修井方法都受到一些限制。钢丝绳方法要求垂直重入井内。这种井在过去需要装备齐全的浮式钻井设备。最近有一些用较小的、费用较小的船进行修井的成功实例，但是至今它们的应用有限，它们的费用还难于使它们用于日常作业。通过出油管的方法可以用于日常工作，并且在现场得到检验，但是出油管的内径要同油管的一样，同时还需要一个进行循环的第二个环路。通过出油管的方法还需要其它支撑件，这就增加了费用和复杂程度。

七、管 线

虽然管线和出油管不是一个生产系统，但是它们却是深水生产系统的一个关键和费用昂贵的部分。深水管线的设计和安装提出了重大的挑战。已经遇到其中一些挑战。在西西里和突尼斯之间最大水深 594 米处铺设了三条 509 毫米直径的输气管。横跨挪威海沟 297 米水深处铺设了输气管，直径从 711 毫米到 762 毫米。这些管道是用先进的半潜式铺管船铺设的。铺管船在接近它们的能力极限进行工作。这些管道都不同深水结构相连。

发展和改进管道的主要方面是：多相流动预测和控制、端部连接、管段快速连接和管道修理。目前，管道修理工作可以在水深约 500 米处进行。联合工业研究和发展规划正在研究把水深能力增加到 2500 米。铺管船和它们的定位能力也必须向深水发展，不过这些发展不会有任何重大技术障碍。一般铺管船的方案有水面、中深和水底拖管、卷轴式铺管船和 J 形铺管方法。拖管法使用成功，并且应当应用到极深的水中。卷轴式铺管船也用得成功，但是可能在经济上局限于中等和小直径管道。J 形铺管方法对于在深水铺设大直径管道具有最大的灵活性。

如果需要的话，管道铺设能力将继续满足深水生产系统的需要。目前的进展迅速，没有出现明显的主要限制。

八、结 论

近海工业利用现有的技术和设备能够开发 750 米水深的油藏。如果要开发比 750 米深得多的油藏，就需要发展现有的技术。目前的浮式生产系统和张力腿平台系统应当可以用于比这一范围更大的水深，至少在 1500 米水深还未预见到技术可行性的限制。另外，这些方案应当适用于 3000 米水深。

这些开发方法可以看作是彼此竞争的系统，一种方法最终将战胜其它方法。而且它们又应当看作为互为补充的系统，每一种方法都在深水开发方案中占有一定的地位。实际开发的限制，除技术外将决定于经济、勘探效果、商业和政治稳定性、政府条款和规定以及现场基础。

参 考 文 献

1. World's Tallest Platform Sited for Gulf of Mexico, Ocean Industry, July 1986, pp. 24-25.
2. Finn, L.D. and Maus, L.D. Lessons Learned from the Lean Guyed Tower, SPE Paper 12977, Presented at 1984 European Petroleum Conference, London, Oct. 23-28, 1984.
3. Maus, L. D., Finn, L.D. and Danaczko, M. A. Exxon Study Shows Compliant Piled Tower Cost Benefits, Ocean Industry, March 1986, pp 20-25.
4. Schamaun, P. and Sannum, H. Tension Leg Platforms—a State of the Art Review, The Naval Architect, April 1985, pp. E166-E168.
5. Burkhardt, J.A. Exxon's Submerged Production System, Petroleum Engineer International, September 1978, pp 34-42.

经济有效的 SKULD 海底系统的可靠性和互换性

Robert Dufond

ExPloRation and Production Research, France.

张敦恕译 油 工 校

摘要 生产成本(美元/桶)决定于资本支出和作业成本。海底生产系统特别是在深水中可以降低原始投资。对于附近没有支援船的遥控系统,投资还可以进一步降低。维护和修理必须减少到最低限度,这就需要有便于互换的可靠部件。

Elf Aquitaine 集团设计和发展了 SKULD 海底生产系统。它是一个组件方案。它可以在 20~30 公里距离外进行遥控。组件的连接、拆卸和更换不需要潜水员进行。遥控系统的可靠性很高。

在挪威卑尔根附近约 100 米水深建造和安装了一座全尺寸海底实验站。从 1984 年 5 月到 1985 年 6 月成功地模拟了 20 年的操作,检验了这个新方案的可靠性。SKULD 将首次用于主 Frigg 气田东面 18 公里的两个小天然气卫星构造,并将于 1988 年底投产。

在 300 米水深开闢海域将进行另外一项试验,即 SUPERSKULD 系统。这是向经济有效的海底系统发展的另外一步。

一、引言

已经有一系列文章介绍了 SKULD 海底系统和它取得成功的一些情况(见参考文献)。因此,本文只简单介绍 SKULD 系统的任务、主要特点和概况。

海底系统的成本效果不仅决定于建造和安装成本,而且取决于作业成本,在恶劣的深水 and 离地面设施很远的水域更是如此。SKULD 就是解决北海这类典型问题的一个方案。

可靠性、互换性、无潜水员作业和使用非专用服务船是深水海底开发成功的关键。SKULD 的试验证明,这些目标都可以实现,而且预期的生产效率是 90~94%。

Elf Aquitaine 决定首次使用 SKULD 海底系统。主 Frigg 气田以东 18 公里 的两个小卫星天然气构造将采用这种新的海底方案开发。气田开发已在进行,并将在 1988 年底投产。从 SKULD 试验中学到的经验和教训将是这个开发方案的基础。

东 Frigg 构造位于 100 米水深。SKULD 实验站约在同一深度进行试验。为了在 300~400 米水深作业,正在进行另一个项目: SUPERSKULD。它的目的是在现场这一水深在没有潜水员的情况下使用一艘普通动力定位船检验 SKULD 方案的可行性。预期这一深水试验将取得成功,并将证实 SKULD 方案的成本效果。

二、系统综述

今天, SKULD 海底系统已为人们所熟知。因此, 本文将简单介绍这个海底生产系统的作用和一般特性。



图 1 SKULD 项目

① SKULD 项目

为了检验这个新的海底方案的可行性和可靠性，在 1980 年年底，Elf Aquitaine 提出了 SKULD 项目（图 1）。这个项目是专门针对北海天然气开采而制定的，认为那里有一些潜在天然气卫星构造。

SKULD 项目的主要目的是证实：

（1）安装和使用无潜水员海底生产系统的可行性。它用于 100 米到 300~400 米水深，并完全在 30 公里以外的地面设施上进行遥控。

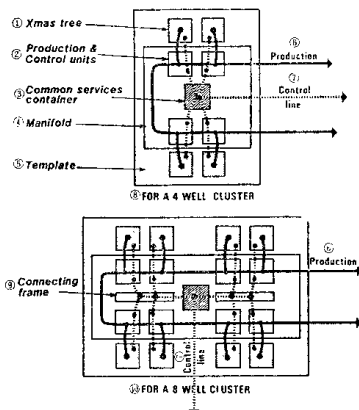


图 2 SKULD 设备布置图

①采油树；②生产和控制设备；③普通服务轮；④管汇；⑤底
盘；⑥生产；⑦控制管线；⑧4井井组；⑨连接架；⑩8井井组

（2）这个海底系统，特别是遥控系统主要部件的可靠性。其目的是获得高的生产效率 and 降低高作业成本。在许多情况下，作业成本高是海底生产系统的一个缺点。

经初步研究提出了模块方案。每一个模块都可以同备件互换，这样就不再进行海底干预、维护和修理，个别情况例外。结果这个海底系统完全不需要潜水员或由潜水员进行有限的工作，这要根据维修工作所选方案的性质（遥控潜水器或潜水员）而定。取消潜水员进行安装和日常作业是降低原始投资成本和作业成本的一个重要因素。

SKULD 系统的主要特点如下：

（1）不需潜水员的模块方案。

（2）电力液压多路遥控系统。它可以在 30 公里以外进行控制，可靠性高（事故间隔时间的目标是 5 年）。