

◀专题综述▶

海洋油气开发中的水下生产系统 (二)
——海底处理技术

陈家庆

(北京石油化工学院机械工程学院)

摘要 对油气井产出物进行海底处理是研制开发水下生产系统的核心问题,而海底多相流的增压泵送和分离则是海底处理技术中的基石。螺旋-轴流式和双螺杆式多相泵是 2 种最主要的海底多相流泵,目前至少有 3 家公司的产品达到了商业化运行阶段。与海底处理技术密切相关的气-液分离技术主要包括 G—Sep™ 紧凑型旋流脱气器、垂直环空分离和泵送系统、超音速气-液分离器等,液-液分离技术则在常规重力沉降分离的基础上出现了静电聚结强化型重力沉降分离和管式分离器。我国应尽快围绕海底油-水分离技术所涉及的一些实质性问题开展相关研究。

关键词 海上油气田 水下生产系统 海底处理技术 多相流 增压泵送系统 气-液分离

当前海洋油气开发中的水下生产系统主要涉及到海底增压泵送和海底分离等方面的作业环节,具体分为以下五大类:海底多相流泵增压系统、海底原海水注入系统、海底气-液分离和液体增压泵送系统、海底产出水分离和回注系统、海底湿气压缩系统。当然,从系统工程的角度来看,整个水下生产系统应该还包括海底高集成度压力保护、海底电能供应与分布等配套子系统^[1]。笔者将从海底多相流增压泵送、海底多相流分离 2 个方面围绕海底处理技术进行较系统的阐述。

海底多相流增压泵送

鉴于海底多相流增压泵送系统中的核心设备是多相流泵,而螺旋-轴流式和双螺杆式这 2 种最为成熟的多相泵技术仅被世界上少数几家公司彻底掌握,因此这些公司都或多或少地参与了海底多相流增压泵送系统的研究开发工作,目前至少有 3 个不同系统的产品达到了商业化运行阶段。与水面常压工况相比,海底多相泵增压系统要复杂得多,产生了压力补偿、润滑油供应、高电压传输、远程监控等诸多新问题。

1. Framo Engineering AS 公司的多相流泵

Framo Engineering AS 公司是水下多相泵技术的领导者,世界上第 1 台商业海底多相增压泵于 1994 年安装在 Norske Shell Draugen 油田水深 270 m 的 Rogn 南卫星井上。当时的多相泵采用水力涡轮

驱动,目前则主要使用电力驱动,输送距离在 1 ~ 10 km。如图 1 所示,增压泵送系统采用油浸式电动机和集成式流量调节器,以及由 Statoil、IFP 和 Total 联合开发的 Poseidon 螺旋-轴流式多相泵。在刚性圆轴上安装多级泵元件以获得足够的扬程,同时整个系统可以进行起下回收。工作过程中通过 Framo Engineering AS 自身的流动混合器专利技术,将非均相流体混合成均匀的多相混合物,从而为多相泵提供了不随上游流动情况而变化的稳定运行条件,消除了瞬态段塞流,并减小了动态载荷效应。支撑转轴的轴承应用了流体动压效应,采用内增压型机械密封作为主密封元件以减少润滑油泄漏对环境的污染,以及可能的腐蚀和安全性问题;由于在海水环境一侧没有使用动密封,因而不存在润滑油的泄漏问题。屏蔽流体提供过压保护,并在整个运行过程中连续循环流动,以对泵内的轴承、机械密封等关键元件提供润滑和冷却作用^[2]。

Amerada Hess 公司在非洲赤道几内亚海上的 Ceiba 油田安装了 Framo Engineering AS 公司的水下多相流泵送装置(见图 1),截至 2004 年 11 月已有 6 台泵送装置投入运行。工作水深约 762 m,主要用于把液流泵送到离油田 3 218 m 处的 FPSO 上^[3]。ExxonMobil 公司用于 Topacio 油田海底螺旋-轴流式多相泵的设计参数为:日举升流量 795 ~ 1 431 m³,气体体积分数 40% ~ 80%,吸入压力 1.59 ~ 5.52 MPa,排出压力 1.00 ~ 4.48 MPa,转速 2 000 ~ 5 060 r/min,功率 200 ~ 869 kW,水

深 550 m，输送管线长度 8.9 km。Poseidon 螺旋-轴流多相泵技术同时也向 Sulzer 泵业公司进行了技术转让，但其主要业务范围为陆上油气田多相流的增压泵送。

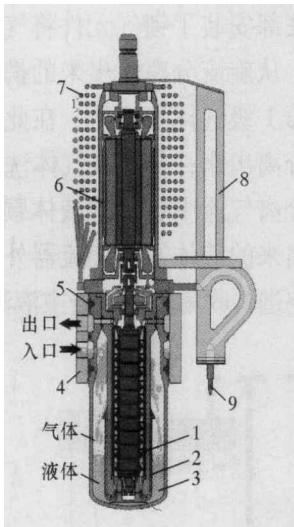


图 1 Framo Engineering AS 公司的电驱动螺旋-轴流式多相泵

1—螺旋-轴流式多相泵；2—气体环隙；3—混合段；4—外罩；5—唇形密封；6—油浸式电动机；7—屏蔽流体冷却管；8—ROV 操纵板；9—电动机电力接头（母插座）

2. WellAmps 海底多相泵系统

WellAmps 海底多相泵系统也被称为 SBMS—500 海底多相泵系统，围绕该系统的基础性研发工作始于 1995 年，2005 年前后被纳入巴西 PROCAP 2000 计划。目前主要由 Curtiss - Wright Electro - Mechanical 公司和 Petrobras 联合开发，BP 公司、Marathon 以及 ChevronTexaco 也参加了该项目^[4]。

如图 2 所示，整个系统海底模块的尺寸为 5.8 m×4.0 m×3.7 m (L×W×H)，总质量 50.8 t，设计水深为 1 000 m。所用多相泵为德国 Leistritz 公司的 L4HK—330—65 型双螺杆多相泵，工作流量 500 m³/h、气相体积分数 95%、吸入压力 1 ~ 12 MPa，采用长寿命的轴承和密封结构。驱动装置采用水平放置的 8058 系列油冷罐装式电动机，功率为 1268 kW，采用三相四线制，工作电压为中压 6 700 V，电源频率 20 ~ 60 Hz。采用压力平衡干式接头通过接线盒为电动机引入电能，接线盒箱体用 316 SST 材料制作，并焊接固定在电动机定子外壳上；接线盒内充满油以起绝缘和散热作用。使用外部法兰将电动机定子与转换室联接，泵与电动机之间的转换室采用同一种流体以维持整个系统的压力和温度。换热器采用多管设计，以满足不同热负荷的场合。增压器允许润滑油压力随着泵吸入口压力的变化而快速响应，并使得密封件周围的压力始终比吸入口高约 0.34 MPa，以确保密封件的可靠

油润滑。

SBMS—500 海底多相泵系统的水面组件包括变频器（VFD）、供油装置（OSU）和主控系统：变频器的输出电压为交流 6 900 V，输出频率为 20 ~ 60 Hz，并与海底控制系统集成在一起；供油装置主要为海底动设备提供清洁的润滑油，以确保其长工作寿命；主控系统包括海底控制模块（SCM）和水面计算机站，该计算机站与 SCM、VFD、OSU 以及平台控制室相连。

2003 年，整套系统在 Petrobras 的 Atalaia 试验基地做了多相流模拟实验。2005 年安装在水深 917.4 m 的 Marlim 油田，系统中配套的 VFD、主控站和供油装置均安放在 P—20 平台上^[5]。

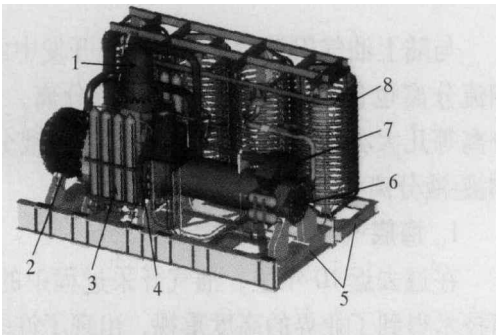


图 2 Wellamps 多相泵系统中海底模块部分的结构示意图

1—增压器；2—Leistritz 多相泵；3—蓄能器（蓄电池）；4—转换室；5—海底基座；6—EMD 罐装式 8058 系列电动机；7—电动机接线盒；8—换热器

3. Aker Kvaerner 公司的 MultiBooster 多相泵

Aker Kvaerner 公司的 MultiBooster 海底多相泵系统 1998 年开始进行方案讨论，1999 年签订协议，并得到了挪威 DEMO 2000 计划的支持。整个项目分 3 个阶段进行实施，在 1999 ~ 2003 年间主要完成了系统设计、制造、室内试验、全尺寸系统模拟试验以及资质认证工作。系统的主要组件包括双螺杆多相泵、Flender - Loher 公司的充油电动机、压力-流量补偿系统、法兰联结器、6.6 kV 的高压湿式电源接头、用于润滑油和化学试剂注入的多孔接头、支撑结构、阴极保护系统、软着陆圆柱、用于安装和回收的补偿器、润滑油专用蓄能器、调节监控仪表、信号联接器等。整个海底部分的尺寸为 5.5 m×3.5 m×5.5 m (L×W×H)，设计寿命为 20 a，最大设计水深 1 500 m，处理流量 0 ~ 1 500 m³/h（额定流量 551 m³/h），压差范围 0 ~ 6 MPa（额定压差 4 MPa），驱动电动机功率 1 600 kW，使用温度范围 -18 ~ 120 ℃，海底安装质量 45 000 kg。多相泵为德国 Bornemann 公司的 MPC 335 型双螺杆多相泵，在气相体积分数（GVF）为 0 ~ 95% 时能

够有效工作,在GVF达98%时仍能维持系统压力,甚至可以在GVF为100%的条件下短期工作,因此没有必要在启动时灌泵。泵的工作转速一般低于2 000 r/min,可以避免因剧烈的剪切作用而产生油水乳化液。该泵能够输送粘度大于 $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ 的粘性流体,模块化的结构设计便于海底安装和回收。

2003 ~ 2005 年为整个系统研发的第3阶段,主要进行改进设计、在Tranby测试装置上进行全尺寸集成系统实验、安装在海底进行6个月的运行评估和监控等工作。目前,MultiBooster™海底多相泵系统已经被安装在位于苏格兰的Lyell油田运行。

海底多相流分离

与陆上油气田类似,海洋油气开发中的海底多相流分离也包括气-液分离、液-液分离、气-液-固分离等几大类,这里主要围绕海底气-液分离技术和液-液分离技术进行介绍。

1. 海底气-液分离技术

在过去近10年里,油气开采过程中的气-液分离技术得到了业界的高度重视,出现了许多新的技术解决方案。除了结合三相分离器入口部位采用内置式旋流结构进行气-液分离之外,还出现了许多独立的气-液分离装置,如Tulsa大学的GLCC、ABB公司的紧凑型同心圆柱状旋流器(4C)、CDS Engineering公司的在线脱气器、Norsk Hydro的GasHarp™、Aker Kvaerner公司的G-Sep™紧凑型旋流脱气器(CCD)、Petrobras的垂直环空分离和泵送系统(VASPS)、Twister BV公司的Twister等。虽然上述技术都有被移植应用到海底的可能性,但后3种与当前海底处理系统的研发较为密切。

(1) Aker Kvaerner的气-液旋流分离 Aker Kvaerner公司的DeepBooster™系统是一专门用于气-液分离的海底处理系统。如图3所示,该系统集成了1个可回收的气-液分离器和1个可回收的液体增压器(LiquidBooster™),电力、通讯、液压和公用设备通过集成钢管脐带提供。LiquidBooster™采用1台立式离心泵为分离后的液体增压。通过控制泵的转速和将泵排出口的液体进行回输两种方式结合,来控制分离器中的液位;变速驱动装置位于水面上。

所采用的气-液分离器为G-Sep™紧凑型旋流脱气器(G-Sep™ CCD),利用离心力作为分离的驱动力。气液混合物入口位于分离器的中上部,气体出口位于分离器的顶部而液体出口位于底部,自

上而下依次为第2级气体洗涤器、第1级气体洗涤器、入口腔室、导旋元件、旋流分离段、锁气元件等。由于设计气-液旋流器的主要难点在于防止气体跟随液体从底流口逸出,因此在G-Sep™紧凑型旋流脱气器在底部安装了锁气元件将气体导向旋流器的溢流口^[6]。从旋流分离段出来的携带有剩余液体的气体进入第1级气体洗涤器,在此大部分液体得以从气流中分离出来;第2级气体洗涤器进行深度处理,用于分离气流中剩余的液体颗粒。两级气体洗涤器分离出来的液体通过旋流器外壁与分离器壳体之间的环空进行收集,并随着主液流外排。

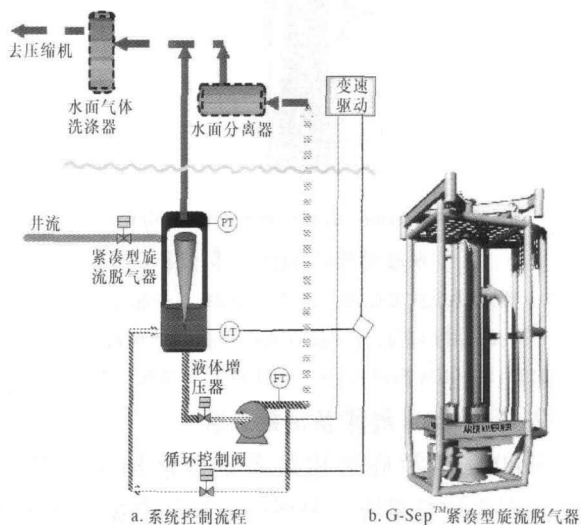


图3 海底气-液分离系统 DeepBooster™ 组件示意图

在水深1 500 m的SPC项目进行认证实验时,即使操作压力高达13 MPa(一般在2~13 MPa之间),G-Sep™紧凑型旋流脱气器气体出口的含液体积比为 $0.13 \sim 1.30 \text{ mL}/\text{m}^3$,液体出口的含气质量分数为1%~5%,显示了良好的分离性能。

(2) VASPS气-液分离 围绕垂直环空分离和泵送系统(VASPS)的室内研究始于1990年。应用于近海油气开采作业时,该气-液分离系统与电动潜油离心泵(ESP)联用,未经处理的油井产出物流从水下管汇进入VASPS中,通过螺旋型流道对气-液混合物实施分离,气体依靠自身的能量通过管线上升到水面平台,而液相则由ESP泵送到水面^[7]。Agip、ExxonMobil和Petrobras等联合研制开发了1台VASPS样机,安装在巴西近海的Marlim油田以分离来自MA-01井的开采物,并将分离后的产物输送到P-08半潜式平台上。整个VASPS安装在1根埋进海底、与隔水管基础相邻的 $\phi 762 \sim 914.4 \text{ mm}$ 的导管内,能够从导管中起出来进行修理和维护。如图4所示,系统底部是1台带有护罩的ESP,顶部是常规水下采油树、套管和井口组件,还包括1个压力外套(带6个 $\phi 666.4$

测、容器内底部除砂等方面进行了改进^[14]。

尽管 Troll C 油田 SUBSIS 项目的成功实施证明了常规重力沉降分离器仍然是水下生产系统可供选用的分离设备之一,但即使是该项目的参与者们也认为,如果将常规重力沉降分离技术直接应用于深水或极深水场合将会遇到更大的挑战^[15]。因此,为了满足将来深水油田开发的需要,有必要在风险允许的前提下对海底分离技术进行根本性的变革。静电聚结强化型重力分离和管式分离就是 2 种最具代表性的新技术。

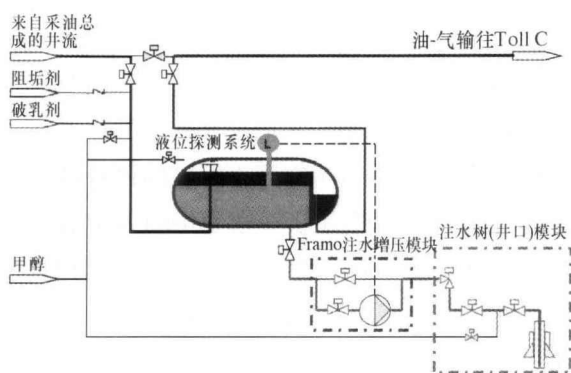


图 6 海底分离站中常规重力分离器布置流程图

(2) 静电聚结强化型重力分离 根据重力沉降的 Stokes 公式可知,油水分离时水颗粒的沉降速度与其自身的粒径成正比,因此如果在常规重力沉降分离过程发生之前,设法通过静电聚结技术预先使得分散的小水颗粒聚结长大,那么就能显著减少所需的沉降时间,提高分离效率。在过去 10 多年里,国外在静电聚结原油脱水技术方面进行了大量的研究,成功地推出了一些商业化产品,如紧凑型静电聚结器 (CEC)、在线静电聚结器 (IEC)、容器内置式静电聚结器 (VIEC)、低含水量聚结器 (LOWACC) 等。

1999 年 8 月 ~ 2002 年 1 月, Kvaerner Process Systems 公司实施了名为“紧凑型静电聚结器海底化”的项目,并得到了 DEMO 2000 计划的支持。该项目为 Norsk Hydro 的 Gjøa 油田研制开发了 1 套用于海底原油脱水的 CECTM 装置。所设计的海底 CECTM 模块尺寸为: 2.586 m × 2.586 m × 5.164 m ($L \times W \times H$), 包括框架在内的模块总质量约 20 t, 可以安装在标准 API 导索架上独立回收。通过海底 CECTM 高压电缆穿舱接入系统以向油水混合物施加高压电场;此外还研制开发了海底 CECTM 液位感应器,以探测内部的气-液界面位置。继 CECTM 装置在 Statoil 的 Glitne 油田成功进行了首次全尺寸近海平台运行之后, Kvaerner Process Systems 于 2003 年 11 ~ 12 月又启动了名为“CECTM 技术自动电压控制

系统资质认证”的 DEMO 2000 项目^[16]。

由 ABB Offshore Systems 主导的 Nudeep 项目也是旨在开发适合水深 3 000 m 的海底处理系统设备,主要包括 NuComp、NuFlow、NuTrols 和 Nu-Proc 4 个子项目,其中 NuProc 的目的就是开发第 2 代海底重力沉降分离设备。所设计研制的静电聚结强化型重力分离设备为卧式细长圆柱状压力容器,内部安装有 2 个 VIEC 组件和 2 个 LOWACC 组件,为了更换内部静电聚结组件而在上游侧的 2 个 VIEC 组件之后设置了筒体联结法兰。2005 年在 Norsk Hydro 研究中心的高压分离实验装置上安装了 1 台 NuProcTM 实验用分离器,该分离器长 5.2 m,直径 0.63 m,日处理能力为 954 m³,最高工作压力为 10.0 MPa,最高工作温度为 120 ℃。用来处理 17°API 重油的实验结果表明,分离器出油口的含水质量分数低于 5%,而出水口的总油质量分数低于 200×10^{-6} (高压试验中,80 ℃下的含油质量分数为 40×10^{-6} 、65 ℃下的含油质量分数为 80×10^{-6}),分离效果非常令人满意^[17]。

(3) 管式分离器 在设计常规重力分离器时,迄今为止都保证分离器内部的轴向平均流速低于 0.1 m/s,认为轴向平均流速大于该值时会因湍流而产生分离问题,聚结后的水珠会重新分散在油水乳化液中。这个设计准则导致了卧式分离器的轴向长度较短而径向直径较粗。管式分离则是一种新的重力分离概念,能够应用于高流速流态范围内工作^[18]。通过减小分离器的直径,降低了水颗粒的沉降距离和相应所需的沉降时间;在同样的停留时间下,水相在管式分离器中通过的界面区域大于常规大直径分离器,这就意味着管式分离器中的界面水力负荷较低;通过增大油水乳化层上所受的剪切力,加速了油水乳化层的分解,使得管式分离器能分离更为稳定的乳化液。Norsk Hydro 的实验证明,高达 1.0 m/s 的轴向平均流速能够获得有效的相分离,因此该技术能够应用于需要同时兼顾流体相分离和流体输送的管线中。

图 7 为适用于水下生产系统的管式分离器结构示意图,图 7a 为带有液体密封的管式分离器原理示意图,图 7c 为液体密封段的放大示意图。液体密封段被设计成位于管式分离器下游尾端的弯曲段,实际上是一个用于将分离后的水从原油主流中去除的“水封”。在液体密封上游段弯曲拐点的前端有一个凹槽,通过在主体管道壁面上开孔以排除分离后的水。来自井口的三相流在管式分离器进行分离后,油相和含量较少的气体通过液体密封段进

入下游的输送管线中；排出的水用于回注。设计时必须保证该段的弯曲半径足够大，以使得管道爬行

器和其它设备能够顺利通过。
Norsk Hydro 已经在其 Porsgrunn 研究中心建立

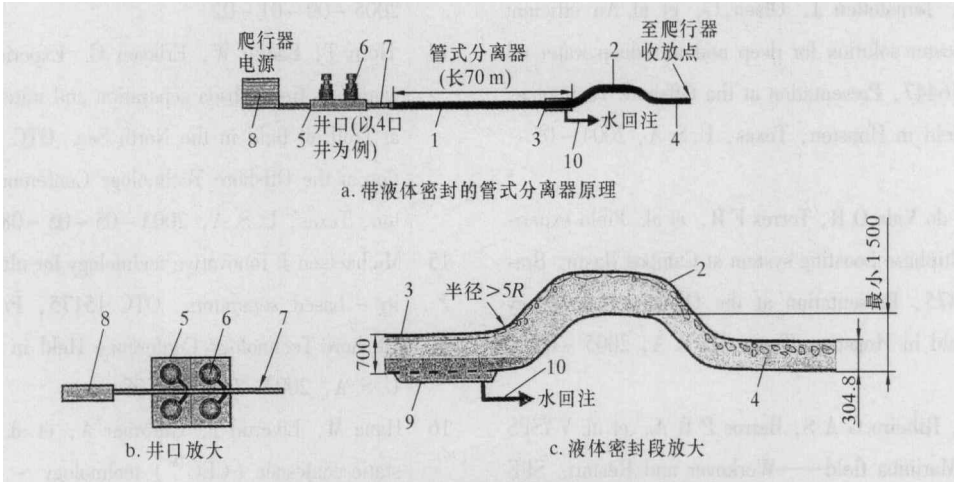


图 7 适用于水下生产系统的管式分离器结构示意图

1—管式分离器；2—液体密封；3—管式分离器水平段尾端；4—输送管线；5—井口；
6—油井；7—供给输送管线；8—管道爬行器收放点；9—凹槽；10—排水管

了 1 套现场模拟装置以进行了实验测试和资质认证工作^[19]。典型的油-水乳化液分离效果如下：①具有中等乳化稳定性的 Troll 原油，在含水质量分数低于 60% 时得到了有效分离，而此时常规的重力分离器却难以奏效；②具有较高的乳化稳定性 Grane 重质原油，在含水质量分数低于 30% 时重力分离器几乎难以奏效，而管式分离器在含水质量分数低于 30% 时能够进行有效分离（此时的分离效率与装配有 VIEC 的重力分离器在 50% 的设计载荷下运行时相当）。此外，管式分离器出水口的水质明显好于常规重力分离器。管式分离器在 100% 设计载荷下所允许的气-液比（GLR）为 1.0，在 75% 设计载荷下为 1.8，在 50% 设计载荷下 GLR 为 4.0 时仍然不会对油水分离产生负面影响。目前，FMC Technologies 公司已经推出了管式分离器结合在水下生产系统中的设计样图。根据设计计算结果，在同样的处理能力和效率下，常规重力分离器的质量约 320 t（整个分离站的总质量为 450 t），而管式分离器仅 60 t（相应的总质量为 212 t）。

结 束 语

海底处理技术可以泛指在海床上或海床以下地层中对油井产出物进行的有利于提高油藏采收率的任何积极措施，由此可见海底处理是整个海洋油气开发中水下生产系统的核心问题，而海底多相流的增压泵送、海底多相流的分离又是海底处理技术中的重中之重。西方的一些海洋石油大国及相应的设备供应商已经通过政府计划扶持、联合工业项目等多种形式，遵循“前期机理研究 → 地面模拟试验

→ 资质认证 → 海底现场试验”的研发步骤在多相流增压泵送、气-液分离、液-液分离等方面取得显著成效，涌现一批既适用于地面常压环境工况，又适用于不同水深海底压力的工业化产品系列。
我国当前在多相流增压泵送、气-液分离方面已经开展了不少应用基础研究，并取得了一些具有移植应用于海底可能性的成果；而在液-液分离，尤其是在油-水乳化液高效分离方面所开展的研究工作主要局限在地面的常规重力沉降工况，对于深水场合涉及到的一系列相关基础问题尚缺乏深刻认识和理解。从与欧洲几家主要开展油-水乳化液分离研究单位的交流讨论来看，目前在开展海底液-液分离相关研究时应该注意避免的一种倾向就是，片面夸大深水的压力问题而将油-水乳化液分离的关键技术定位在压力适应型的方向上。

参 考 文 献

1 Fjøsne E. Subsea processing - maximising value in areas with existing infrastructure. OTC 14008, Presentation at the Offshore Technology Conference Held in Houston, Texas U. S. A., 2002 - 05 - 06 ~ 09
2 Skiftesvik P K, Svaere J A. Application and status of new building blocks for subsea boosting and processing systems. OTC 12016, Presentation at the Offshore Technology Conference Held in Houston, Texas, 2000 - 05 - 01 ~ 04
3 Fischer P A. Subsea production systems progressing quickly. World Oil, 2004, 225 (11)
4 Fischer P A. New production solutions using deepwater sea floor pumping. World Oil, 2005, 226 (11)
5 Figueiredo M W, Kuchpi C, Caetano E F. Application of subsea processing and boosting in Campos Basin.

- OTC18198, Presentation at the Offshore Technology Conference Held in Houston, Texas, U. S. A, 2006 - 05 - 01 ~ 04
- 6 Birkeland E, Jernsletten J, Olsen G, et al. An efficient wellstream booster solution for deep and ultra-deep water oil fields. OTC 16447, Presentation at the Offshore Technology Conference Held in Houston, Texas, U. S. A, 2004 - 05 - 03 ~ 06
- 7 Caetano E F, do Vale O R, Torres F R, et al. Field experience with multiphase boosting system at Campos Basin, Brazil. OTC 17475, Presentation at the Offshore Technology Conference held in Houston, Texas, U. S. A, 2005 - 05 - 02 ~ 05
- 8 Peixoto G A, Ribeiro G A S, Barros P R A, et al. VASPS Prototype in Marimba field—Workover and Restart. SPE 95039, Presentation at the Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference, Rio de Janeiro, 2005 - 06 - 20 ~ 23
- 9 do Vale O R, Garcia J E, Villa M. VASPS installation and operation at Campos Basin. Stig Gustafson, William Bakke Norsk. OTC 14003, Presentation at the Offshore Technology Conference Held in Houston, Texas, U. S. A, 2000 - 05 - 06 ~ 09
- 10 Rodrigues R, Soares R, de Matos J S, et al. A new approach for subsea boosting—pumping module on the seabed. OTC 17398, Presentation at the Offshore Technology Conference Held in Houston, Texas, U. S. A, 2005 - 05 - 02 ~ 05
- 11 Brouwer J M, Epsom H D. Twister supersonic gas conditioning for unmanned platforms and subsea gas processing. SPE 83977, Presented at Offshore Europe 2003 Held in Aberdeen, UK, 2003 - 09 - 02 ~ 05
- 12 何 策, 程 雁, 额日其太. 天然气超音速脱水技术评析. 石油机械, 2006, 34 (5): 70 ~ 72
- 13 Prast B, Schinkelshoek P, Lammers B, et al. CFD for supersonic gas processing. Advances in Multiphase Separation and Multiphase Pumping Technologies Conference, 2005 - 09 - 01 ~ 02
- 14 Horn T, Bakke W, Eriksen G. Experience in operating world's first subsea separation and water injection station at Troll oil field in the North Sea. OTC 15172, presentation at the Offshore Technology Conference Held in Houston, Texas, U. S. A, 2003 - 05 - 05 ~ 08
- 15 Michaelsen J. Innovative technology for ultra-deepwater gravity - based separators. OTC 15175, Presentation at the Offshore Technology Conference Held in Houston, Texas, U. S. A, 2003 - 05 - 05 ~ 08
- 16 Hana M, Liverud J, Gulbraar A, et al. Compact electrostatic coalescer (CEC™) technology - an FPSO experience for innovative separation technology. Advances in Multiphase Separation and Multiphase Pumping Technologies Conference, Aberdeen, UK, 2005 - 09 - 01 ~ 02
- 17 Bjørn Erik Kvilesjø, Jarle Michaelsen, Pål Jahre Nilsen. Subsea separation process qualified for heavy oils (17° API). DOT - 2005 - 05C - 3
- 18 Mcclimans O T, Fantoft R. Status and new developments in subsea processing. OTC 17984, Presentation at the Offshore Technology Conference Held in Houston, Texas, U. S. A, 2006 - 05 - 01 ~ 04
- 19 Gramme P E, Lie G H. The pipe separator —focus on the advantages compared to conventional gravity separator and subsea, onshore and topside applications. Advances in Multiphase Separation and Multiphase Pumping Technologies Conference, 2004 - 06 - 30 ~ 07 - 01
- 作者简介: 见本刊 2007 年第 5 期。
- 收稿日期: 2007 - 01 - 31
(本文编辑 王志权)

(上接第 120 页)

产, 泵挂加深到 2 600 m, 至 8 月 13 日水力压裂, 正常生产 127 d, 累计增油 112 t, 产气 75 万 m³。

锦 27 - 19 - 314 井于 2006 年 6 月 22 日热采下泵生产, 7 月 26 日卡停, 8 月 20 日作业检泵, 砂柱高 37 m, 冲砂不返, 因此决定下柔性金属抽油泵来排砂采油。该井检泵后于 8 月 23 日开井, 正常生产 127 d, 延长检泵周期 93 d, 效果明显。

综上所述, 可得出如下结论:

(1) 柔性金属抽油泵采油技术具有广泛的适用范围, 可以适用于出砂油井、大斜度井、蒸汽驱井等多种类型的油井。

(2) 这种抽油泵具有强制携砂能力, 适应油井含砂粒径及含砂量范围广, 只要不砂埋, 在任意油井出砂粒径及含砂量情况下均可正常生产。

(3) 泵改进后用于水平井采油, 效果良好。

作者简介: 谷艳荣, 女, 工程师, 生于 1973 年, 1995 年毕业于江汉石油学院采油工程专业, 现从事油藏动态管理工作。地址: (121209) 辽宁省凌海市。电话: (0427) 7551412。E-mail: guyanrong1973@sina.com。

收稿日期: 2007 - 07 - 03

(本文编辑 南丽华)

requirement of foreign high-rank standard drilling rig on well electricity system is summarized systematically in terms of electricity supplying mode, switch selection, cable design, grounding protection and anti-explosion for providing reference for designing and installing the well electricity system in our country in the future.

Key words: drilling rig, well electricity system, standard, requirement

Zhang Jiwei(*Drilling Company of Xinjiang Petroleum Administration, Keramay City, Xinjiang*), Fang Yongchun, Li Jun. **Improvement of the electric controlling system of variable frequency AC drive drilling rig.** *CPM*, 2007, 35(9): 131~134

Considering the problems existing in ZJ30DBT, ZJ50DB and ZJ70DB electric drilling rigs with alternate current and variable frequency, such as the different standard of electric controlling system, unable stop of drawworks with large load, inverted rotating of rotary table, bad redundancy feature of controlling system and backward meter parameter, the improved design of electric controlling system of 9 000 m drilling rig and other drilling rigs is carried out through analysis and study. The drawworks engine should use coded vector closed controlling and the rotary table should use anti-inverted rotating controlling and coring stable speed controlling. The controlling system should use dual redundancy of hardware and software. The integrated drilling meters should display parameters and tendency in time and accurately to guide the driller. It is suggested that the hardware and software standards should be uniform and some work should be done in the standardization of the system.

Key words: variable frequency AC drive drilling rig, electric controlling system, technical reform

Gong Huijuan(*Baoji Oilfield Machinery Co., Ltd., Baoji City, Shaanxi Province*). **Thinking on improving the international competitiveness of domestic drilling rig.** *CPM*, 2007, 35(9): 146~149

In recent years, with the rapid exploration and development of oil and gas resources and the implementation of going global strategy in oil industry, the oil drilling equipment manufacturing industry enjoys high development period. Based on the brief introduction of the development history of domestic drilling rig, the technical status of the drilling rig in our country is analyzed and the gap between ours and the foreign drilling rigs is pointed out in many aspects. In order to improve the international competitiveness of the domestic drilling rig, some suggestions are put forward to boost the advancement of drilling rig technology in our country.

Key words: drilling rig, technical status, gap, international competitiveness, suggestion

Chen Jiaqing(*School of Mechanical Engineering, Beijing Petrochemical Institute, Beijing*). **Underwater production system for offshore oil and gas development (Part 2): Subsea treatment technology.** *CPM*, 2007, 35(9): 150~156

The subsea treatment of produced substances in oil and gas well is a core issue of developing underwater production system, and the pressurized pumping and separation of subsea multi-phase flow is the base of subsea treatment technology. The helical-axial flow type and dual screw type multi-phase pumps are two main subsea multi-phase flow pumps. Currently there are at least three manufacturers whose products have reached the commercial operation period. The gas-liquid separation technology closely related to the treatment technology includes G-SepTM compact cyclone degasser, vertical annulus separation and pumping system as well as ultrasonic gas-liquid separator. But the liquid-liquid separation technology has static gathering intensity type gravity precipitation separation and pipe-type separator based on the common gravity precipitation separation. The relevant study about the substantial issues concerning subsea oil-water separation technology should be carried out as soon as possible in our country.

Key words: offshore field, underwater production system, subsea treatment technique, multi-phase flow, boosting pumping system, gas-liquid separation

Huang Yuehua(*Baoji Oilfield Machinery Co., Ltd., Baoji City, Shaanxi Province*), Ren Keren. **The status quo and technical development analysis of offshore drilling platform in our country.** *CPM*, 2007, 35(9): 157~160

The offshore oil and gas development equipment industry is a strategic one directly related to the development of offshore oil and gas resources, the stability of state energy resources and economic security. The offshore drilling platform is the key equipment for developing offshore oil and gas. The offshore oil equipment industry is in the new period of adjustment and development under the driving of continuous rapid development of offshore oil and gas industry. The deep study of the status quo and market demand of the drilling equipment industry is carried out and the technical feature of the offshore drilling platform is presented and its development state quo is focused on. The main gap between our offshore drilling platform and foreign advanced offshore drilling platform is pointed out and some development suggestions are put forward.

Key words: offshore platform, technical status, developing trend