

我国海洋石油钻井史的光辉篇章

——记勘探三号钻井平台的设计建造及其在海上作业

顾宗平

(上海海洋石油局 上海 200120)

提 要 全面回顾了我国自行设计建造的第一条半潜式钻井平台的经历,及其在海上钻井作业中所取得的业绩。近年来,该平台通过升级改造,向国际标准靠拢,已在国内外海上钻井市场上展露头角。

关键词 钻井平台 海上建筑物
海上作业

中图分类号 N11 P752 TE11

在新中国成立五十年以来所取得的许许多多巨大成就之中,勘探三号钻井平台的设计建造及其在海上的钻井业绩则是我国造船行业和海上石油钻井领域中值得骄傲的重大成果。勘探三号是原地矿部上海海洋地质调查局主持并组织 708 研究所和上海船厂共同设计建造的我国第一座半潜式钻井平台,荣获国家科技进步一等奖。勘探三号建成后即成为原地矿部门在东海油气勘探中的主力。十多年来,在海上钻井作业中创造了国内多项“第一”,同时为东海若干油气田的发现和评价建立了赫赫功绩,多次获得地矿部和上海市的表彰和奖励。近年来,勘探三号经过整修和升级改造,进一步提高了平台和设备的性能,并向国际标准靠拢,又在国内外海上钻井市场上展露头角。

1 大胆的尝试——勘探一号浮船钻井的实践为勘探三号设计建造提供了

收稿日期:1999-10-16

顾宗平 男,高级工程师

重要经验

70 年代初,根据捍卫我国海域主权和勘探海底油气资源的需要,原地质部在上海成立了“六二七工程筹备组”(即上海海洋地质调查局的前身),负责海上钻井的筹备工作。按照当时国务院业务组关于在近期改装、进口和新建各一条海上钻井装置的决定,通过一段时间的方案调研之后,国家计委于 1971 年 8 月在北京召开了第一次钻探船方案审查会议。为了早日出海“插红旗、练队伍、考验海上钻井设备”,本着“因陋就简,小修小改”的原则,会议确定选用两条相同的三千吨级沿海货轮拼装改建一条双体钻探船。会后即由上海沪东造船厂、708 研究所和六二七工程筹备组共同进行改装设计,由沪东厂拼装施工,用一个巨大的连接平台把两艘单体船连在一起,在船上装设了一些当时能够提供的配套设备,包括全套陆用石油钻机和试制的水下设备等,这就是“勘探一号”双体钻探船。该船于 1973 年初改装完成,经多次海上试航和试验后,在 1974 年初竣工出厂,成为我国第一条海上石油钻探船。

由于当时的历史情况和各种物质条件的限制,再加上对钻探船建造和海上钻井都缺乏经验,勘探一号还算不上是一艘合格的钻探船,它不能经受恶劣的海况条件,也不能真正用来钻探深井和高压油气井。但是,作为海上浮船钻井的第一次大胆实践,勘探一号完成了它的重要历史使命。从 1974 年到 1979 年,勘探一号在海

上战风斗浪、奋力拼搏,在南黄海水深 29~68m 的海域共打了 7 口石油地质普查井,取得了丰富的油气地质资料。更主要是锻炼了海上钻井队伍,摸索了浮船钻井的经验,使我们对海上浮动钻井装置及其施工工艺有了进一步和比较全面的了解,为建造和使用新的钻井装置进行了实战准备。海上浮船钻井除了要具备与陆上钻井的固定平台钻井相似的基本条件外,还需具有以下特点:

1) 要有足够的稳性、强度和可变载荷,能经受作业海区最大的风浪,尽可能多的装载钻井所需器材和消耗品;

2) 要有足够保持船位的能力和稳定性,尽可能减少在风浪中的摇摆和位移,维持顺利钻井;

3) 必须设置全套安全可靠的钻井水下设备,包括耐高压的水下井口和防喷器组及其控制系统。还要配置补偿钻探船运动的张紧器和钻柱升沉补偿器;

4) 配置功率大、能力强的动力和钻机设备,以及完善的钻井仪表和操作机具,满足快速钻井的需要;

5) 必须满足各项有关船舶建造和海上安全的规范和规则,通过船舶入级和法定检验。

2 “十年铸一剑”——1974~1984 年,勘探三号设计建造的艰苦历程

1972 年底,当勘探一号设计和拼装工作已基本完成时,海洋地质调查局又及时组织有关设计和造船单位开展建造新钻井装置的方案研究工作。针对我国周围海域的海况和水深等作业条件,收集并研究当时国际上已有的各种类型海上钻井装置的不同特点,从稳定性、机动性、抗风浪能力、适用水深及甲板可变载荷等各种方面进行反复认真分析对比之后,提出了以半潜式钻井平台为主的若干个方案设计。1974 年 10 月,经国家计委钻井装置方案审查会议讨论后,正式确定设计建造一条矩形半潜式钻井平台。海洋地质调查局随即按照会议确

定的原则,根据平台的使用要求和当时国内技术与设备的实际情况,参考当时国外半潜式平台的基本特点,制订并提出了我国第一条半潜式钻井平台——勘探三号的设计任务书,作为勘探三号设计建造的依据。

1974 年底,由 708 研究所、上海船厂和海洋地质调查局共同组成设计小组,开始了勘探三号的技术设计工作。由于受到当时历史条件和政治形势的影响,还受到物质条件的种种限制,从 1975 年至 1979 年,设计和建造准备工作经历了一段艰难曲折的过程。设计组的组织形式多次变动,建造准备工作几起几落,几乎所有大型配套设备都要组织试制,质量、性能和进度都难以落实,这些都给设计建造带来困难。尽管如此,广大设计技术人员怀着自行设计建造第一条半潜式钻井平台的满腔热情,克服了重重困难,解决了许多技术难题,基本完成了技术设计和施工设计,上海船厂于 1979 年底正式开工建设。

1980 年至 1982 年,勘探三号的设计建造经历了一次重大的转折。海洋地质调查局通过对勘探一号使用经验的总结和操作使用新引进的勘探二号自升式钻井平台的体会,对海上钻井平台必须具备高度的安全性和可靠性有了更进一步的认识。同时还看到石油部刚建成的自升式平台渤海三号,由于试制设备不可靠而被迫中断钻井以至无法使用。在这种情况下,促使我们再次认真思考勘探三号在设计和设备配套中的许多严重问题。面对当时设计已基本完成、设备已大量到货和船体已开工建造的现实状况,是否要修改和否定原来已确定的方案,是否有能力解决已存在的问题,这些都是当时摆在我们面前的矛盾和难题。党的十一届三中全会提出的“解放思想、实事求是”路线给了我们解决问题的勇气和力量。为了把勘探三号建成一条真正好用的钻井平台,海洋地质调查局在征得 708 所和上海船厂的同意和支持后,于 1981 年 5 月向上级正式提出彻底改善勘探三号技术性能的建议,要求更换不合格的钻井设备、水下

设备和其它试制设备,严格按照国际通用的规范,请国际船级社进行入级检验,并相应提出了设计修改方案。1982年1月,在由国家机械委主持召开的进度协调会上,经反复论证后,批准了修改设计任务书,并落实了各项修改工作。这次重大转折,虽然推迟了建造进度,更换了许多设备,增加了部分投资,但是最终保证了勘探三号的顺利建成投产,实践证明这是完全正确的,也是十分必要的。

勘探三号的设计工作是由708所、上海船厂和海洋地质局共同承担的。708所对设计负总的技术责任,并承担主要专业的技术设计;上海船厂负责平台的施工工艺设计;海洋地质局在设计中对平台的使用要求负责,并承担钻井专业的全部设计工作。作为一条钻井平台,钻井专业设计在设计中占有相当的份量并具有一定的难度。设计人员必须熟悉和掌握海上浮船钻井的工艺技术,设计中要完成全部钻井设备和管路系统的选型和设计布置;要承担各种非标准设备和结构件的研究设计;还要解决与平台总体性能、结构受力和其它专业的联系和协调,最终使平台能具有最好的海上钻井作业性能。

上海船厂承担勘探三号的建造施工。在船厂原有的技术和装备的条件下,首次建造这样大型的半潜式平台,确实会遇到很多困难。但船厂职工想方设法,因地制宜,克服困难,终于高质量的完成了建造任务。建造中独创的“水上合拢、浮力顶升”船体建造工艺,大型井架整体吊装工艺以及优良的焊接工艺,都得到国内外造船界的一致赞赏。海洋地质局在建造中承担建造的组织协调工作,还负责所有进口设备和钻井设备从选型引进到上船安装调试的全部工作,既负责项目管理,又承担技术责任,按建造进度及时提供设备,并做到按设计标准一次安装调试成功。

1984年7月,勘探三号经过系泊试验,倾斜试验,海上拖航、抛起锚和沉浮试验之后,并经中国船检局和美国船级社检验合格,正式交付使用。勘探三号的设计建造获得1985年国家

科学技术进步一等奖,上海船厂的浮力顶升船体建造工艺还获得国家发明金奖。

3 光辉的业绩——勘探三号在东海钻井作业十二年战绩辉煌

勘探三号建成投产之后,即成为原地矿部门在东海进行油气勘探的主力。从1984年12月在灵峰一井试钻到1996年3月完成春晓一井施工,在十一年多的时间中,勘探三号在东海钻了十八口油气探井,共计进尺七万余米,并在其中十一口钻井中试获工业油气流,为发现和评价“平湖”、“残雪”、“宝云亭”、“春晓”等油气田和一批含油气构造做出了突出贡献。勘探三号在钻井施工中做到“打一口、成一口”,连续安全生产十余年,在钻井技术工艺上不断进步,取得了多项当时在国内领先的新成果。在1990年6月由地矿部和上海市联合召开的庆功表彰大会上,勘探三号荣获集体一等功。勘探三号还多次被授予上海市先进集体和市精神文明单位等荣誉称号。勘探三号的光辉业绩,有力地证明了我国自行设计建造的半潜式钻井平台是能够在较深海域承担高压油气钻井作业的,上海海洋地质调查局是能够靠自己的钻井队伍管好、用好勘探三号的。下面将介绍一些在东海作业的主要业绩。

3.1 灵峰一井试钻,首战告捷

灵峰一井位于浙江温州东部海域的瓯江凹陷,距上海约470 km。勘探一号在1979年曾来温州东部海域施工,因风浪大,无法抛锚定位而作罢。勘探二号1983年又到温州东部海域作业,由于底质松软,发生了桩腿下陷的严重海损事故。1984年11月,勘探三号首航试钻又“三上温东”,能否成功,受到人们极大的关注。灵峰一井邻近台湾海峡北口,当时正值冬季,海况条件恶劣,勘探三号能否在这种条件下顺利抛锚定位,这是对新平台作业性能的考验。平台到达工区时,连续有强冷空气南下,风浪较大,一度无法作业。面对这种情况,我们认真分析气象变化,抓住两次冷空气的间隙,利用平台完善的锚

泊系统,在工作船的配合下,仅用一天时间顺利抛完了八个锚,再经过压载下潜、定位校正和调整锚力,勘探三号就稳定的耸立在井位海面之上,闯过了出海试钻的第一关。

灵峰一井试钻是对勘探三号平台及平台上设置的近千台各种设备的一次全面的实战考验。灵峰一井施工期间,曾遇11级阵风,平台及其锚泊定位安然无恙。平台上最复杂的水下钻井设备及其操作系统,功能正常,水下设备下放都做到一次成功,完全满足浮船钻井的需要。钻井、潜水、固井和试油等一系列作业也都顺利完成。灵峰一井于1985年3月21日完钻,并在基底片麻岩中试获原油,取得了重要的地质成果。勘探三号在灵峰一井首战告捷,证明了平台的设计、建造质量和作业性能都是良好的,基本上解除了某些人对国产半潜式平台的种种疑虑。

3.2 天外天一井井深超过五千米,创我国海域井深纪录,并试获工业油气流

勘探三号于1985年11月至1986年5月完成了天外天一井的钻探施工任务。天外天一井位于上海东南460 km,水深100 m,该井完井井深超过5000 m,是当时中国海域最深的一口探井。完成这样的深井,对勘探三号平台,特别是对它的钻井设备又是一次考验,同时又为在浮动的平台上打深井积累了经验。天外天一井曾下入3700 m直径 $9\frac{5}{8}$ "的套管,重量达240 t,钻井提升系统安然无恙。另一个关键设备是我国自己设计制造的海洋动力井架,通过靠放5000 m钻具,经受了在浮动和风浪状况下的各种载荷,证明钻具排放机构灵活可靠,结构牢固稳定。勘探三号在天外天一井还首次试获高压高产天然气,单层日产量达20.7万 m^3 。通过油气测试,证明平台上全套试油设备是可靠的,设计布置是合理的,勘探三号为东海又一个含油气构造的发现做出了贡献。

3.3 首次抗台风施工,第一次在一年中连续完成两口探井

东海海域每年7~9月份为台风盛行季节,钻井平台一般要回锚地避风,当时一口井的施

工周期包括测试需要五个月以上,这样一年只能打一口井。勘探三号于1987年3月13日完成孤山一井施工任务之后,就面临能否连续再打一口井的问题。不打,平台要闲置半年以上。要打,就可能遭遇台风,有一定的风险。经认真研究分析,认为勘探三号设计具有抵抗特大风浪的能力,只要采取严格的防台和抗台措施,是能够保证安全的。为此决定再连续打一口井,去迎接一次新的考验。

1987年4月1日,勘探三号拖往温州东部海域石门潭一井,4月17日开钻至7月9日完钻。在该井进行油气测试期间,从7月10日至28日,平台遭受4、5和7号三次台风的影响和袭击。为了确保安全,每次台风即将到来之前,严格按照预定的部署和操作手册的规定,按顺序进行防台和抗台准备和实施人员撤离。台风过后,人员迅速返回平台恢复生产。每次台风约影响作业4至5天,未发生任何人员和设备事故。据平台上自动纪录,台风经过时,最大风力曾超过12级,锚链张力超过300t,平台和设备一切正常。石门潭一井于7月31日安全顺利完成全井测试任务。勘探三号首次抗台施工成功,实现了一年打两口井的愿望。为进一步发挥平台潜力,闯出了一条新路。

3.4 在平湖四井首次实施“重返井口”,试获特高产油气流

1988年3月勘探三号开始平湖四井的施工。平湖四井是一口评价井,其目的是获取详细的岩芯、录井、测井和测试资料,为计算和评价平湖油气田储量提供依据。考虑到此井任务繁重,施工周期长,跨越整个台风季节,风险大且效率低,所以决定分两阶段施工以避开台风。4月1日至6月30日勘探三号钻至井深3300m并下入套管之后,平台起锚回锚地避风检修。台风季节后,勘探三号于10月23日又重返工区,利用当时在海上设置的高精度无线电定位系统、旁侧声纳、遥控无人深潜器和水下电视等仪器装备,精确地找到井位,在水深90 m的茫茫大海中实现了半潜式平台重返井口和回找回

接,继续进行钻井。这是在我国海域首次依靠自己的技术力量完成的一项复杂技术,是勘探三号取得的又一项重要科技成果。

平湖四井从11月15日起继续钻井至井深3750m完井。从1988年12月22日至1989年3月14日对该井11个井段进行油气测试,试获日产轻质原油1892.85 m³,天然气148.6万m³,单井日产量居我国海域前列。勘探三号的测试设备和技术工艺再一次经受了多层高压高产油气连续测试的考验。

3.5 “残雪”、“断桥”都取得钻井速度和油气成果双丰收

勘探三号在1989年4月至6月施工的残雪一井和在1990年4月至6月施工的断桥一井都位于东海西湖凹陷中南部的苏堤构造带。残雪一井井深3651m,仅用65天就完成了钻井任务,台月效率高达1700m,接着又用17天时间完成5个层段的油气测试,钻井和测试都创造了东海钻井以来的最好成绩。断桥一井只用61天,钻井3873m,台月效率又提高一步,达到1920m。残雪一井和断桥一井都试获高产工业油气流,初步证实这里是西湖凹陷断“平湖”之后第二个油气富集带,通过进一步勘探评价,将是又一个可供开发的油气田。

残雪一井和断桥一井都是上海海洋地质调查局与中国海洋石油东海公司合作打的探井,即由双方共同投资、共担风险和共享成果,由上海海洋地质局承担作业和施工。两井施工期间,东海公司的技术人员经常在平台上工作,公司领导也到平台考察指导,他们都对勘探三号给以较高的评价,认为它确实是一条性能和质量都很好的平台,改变了他们过去对地矿部门和国产半潜式平台的偏见。

3.6 转战“西湖凹陷”南北,连续取得油气勘探新的重大突破

勘探三号从1991年底到1996年初,在四年多的时间中,又连续打了8口探井,基本做到一年打两口井,钻井速度越来越快,台月效率不断刷新纪录。在8口井中,有7口井钻获工业油

气流,为东海油气勘探不断创造新的业绩。在平湖构造带北部(又称平北)连续发现了“孔雀亭”、“武云亭”和“武北”等三个含油气构造,还在宝云亭油气田钻探了宝云亭三井。1995年3月27日至5月8日,在西湖凹陷南部的春晓构造上,只用43天时间钻探了春晓一井,井深3818m,台月效率达2600m。经油气测试,春晓一井获得日产天然气160万m³和原油200m³的高产油气流。接着又钻探了春晓二井,也试获工业油气流。从而又发现了一个储量规模上千亿立方米天然气的大油气田。

4 更上一层楼——勘探三号升级改造,走向市场,走向世界

勘探三号的设计建造和在东海作业虽然取得了巨大的成绩,但我们也清醒地认识到它尚存在不少缺欠和差距。国外的半潜式钻井平台一般按其建造的时间分为若干代。如70年代以前建造的称为第一代,70年代建造的为第二代,80年代建造的多为第三代,80年代末至90年代的则是第四代了,近来正在设计建造第五代平台,这也基本上可以反映它们的水平。勘探三号与国外第三代平台相比,其差距主要有以下几个方面:

(1) 设计标准和技术指标的差距。勘探三号设计始于1974年,主要是参考当时国外的标准,并考虑满足我国近海海域的条件和国内可能达到的水平。因此在适用水深、动力配备、钻机能力、未设自推装置以及甲板可变载荷等方面都与国外三代平台差距较大。其中可变载荷有计算方法的问题,过去勘探三号只标明1500t,那时计算是偏保守的,现按国际通用方法从新验算,可达2500t以上,接近国外水平。

(2) 设备配置方面,由于种种原因,勘探三号还选用和保留不少国产陆用设备和试制产品,性能和可靠性较差。在过去十多年中虽有改进和更新,但仍有差距。

(3) 设计和建造方面,虽然是当时国内第一流的水平,也借鉴了国外的资料,但毕竟在我

国是第一次,既缺乏经验,又受当时各种客观条件的限制,在总体布置、甲板分隔和管路系统等方面都存在一些不合理或不方便的地方。特别是1982年在船体已基本建成的情况下进行重大修改和变更,也是有一定的局限性的。

(4) 规范和规则。勘探三号的设计建造和海上作业都按美国 ABS 规范和中国有关规定进行入级检验和法定检验,但按照国际 IMO MODE CODE 的新要求,特别是有关安全和环境保护的规定,还要做不少改进。

(5) 生活区设施过去只按国内船舶一般标准,比较简单,与国外对海上钻井平台的要求差距较大。

(6) 由于勘探三号长期在国内靠地勘费从事自营勘探钻井,一方面是财力有限,另一方面又要求不严,只图能维持日常生产和完成计划任务,设备维修和更新的欠帐较多,平台管理水平还较低。

1996年以来,由于管理体制的改革和计划任务的变化,东海自营勘探暂停,勘探三号面临向市场开拓的问题,这就必须考虑满足国内外市场的要求,根据自己的缺点和差距,有目的地进行整修和升级改造。为了向平湖油气田开发钻井项目投标,经过认真论证和准备,1996年下半年勘探三号在国内进行了较大规模的更新改造。其主要内容有:更换两台大马力柴油发电机组,泥浆泵的改造升级,更新全套钻井仪表,改造生活区及其设施,完善和添置安全设施、通讯设备和环保设施。此外,还重新验算了可变载荷及申请通过 IMO MODU 检查等。

由于种种原因,勘探三号虽然未能在“平

湖”项目中标,但于1997年初一举打入我国南海海上钻井市场。从1997年3月至1997年12月为中海南海石油公司连续钻了9口井,总进尺达14349 m,取得良好的经济效益,并为该公司获取了较好的油气成果。勘探三号以其较完善的技术装备和良好的钻井服务打响了进入钻井市场的第一炮,在中海南海石油公司获得了极好的声誉。

勘探三号在南海打井的同时,1997年7月又与美国海洋钻井公司(MDC)签订了出租平台赴东南亚钻井的合同。1998年1月到5月,勘探三号在新加坡化费了1300万美元进行整修,其内容除了更新和增添了少量设备外,主要是对平台和设备进行较彻底的整修,如坞修、水下设备的翻修等。当然,外方的管理费和劳务费在其中占了相当高的比例。1998年5月起,勘探三号在MDC管理下,在缅甸海域为国际石油公司钻井。这里不评论与MDC公司的租赁合同中存在的问题,也不论证1300万美元的整修费是否值得,或许把它当作付出的学费和代价,或许以后再去总结和审查,但是它却有力的证明了勘探三号是有条件和有能力进入国际海上钻井市场的。

“海阔凭鱼跃,天空任鸟飞”。勘探三号具有进一步升级改造进入更广阔世界市场的潜力,它又能够承担我国海域油气勘探开发的钻井任务。作为中国新星石油公司的海上钻井主力,勘探三号将根据国家的需要和市场的导向,并综合考虑专业队伍发展和提高经济效益等因素,今后一定会创造出更加辉煌的业绩。

日本建成第五代半潜式钻井平台

日本日立造船公司建成了一座世界上技术领先的第五代半潜式石油钻井平台“West Venture”号。这座为挪威建造的钻井平台,在日立公司有明造船厂建成后拖曳至挪威的卑尔根。

“West Venture”号是由日本建造的第29

座钻井平台,31248总吨,平台甲板长81.7m、宽69.7m,舷高37.15m,浮船总长117.6m,船上配置8台功率为3200kW的推进主机。平台上装备的DNV级钻探设备最大钻探深度可达海底下9000m。

(海讯)

CONTENTS

A Glorious Chapter on the History of the Offshore Oil Drilling in China

..... Gu Zhongping (1)

The development of the Chinese first offshore semi-submersible "Kantan No. 3" and the achievement gained in its operation in offshore oil drilling are reviewed in this article as a whole. Recently, this platform has been upgraded and reformed toward to the international standard, and is now showing its brilliance talent in both domestic offshore drilling markets and all abroad.

The Structure Design of Jack-up Drilling Platform "Ganghai No. 1"

..... Peng Ximin, Liu Gengqiang (7)

On the base of structural weight engineering research and optimizing structure design, a thin wall structure supported by optimized frame system in a jack-up drilling platform is introduced in this paper. Thus the conflicting requirements between platform strength and weight control is solved reasonably, and the predicted research targed on less structural weight and enough strength is achieved.

A Precise Finite Element Analysis on the Stiffening of Legs in Fixed Wedged Area

..... Hong Ying, Sun Jiulong (12)

Due to the larger horizontal force acting on the legs of jack-up platform in fixed wedged area, its shell structure has to be stiffened accordingly. A precise finite element analysis was came out for the local stress on a cylindrical leg with longitudinal and horizontal ring stiffeners. The results of the analysis are discussed and presented in this paper.