

正确选择海上钻井方式的新方法

郭永峰* 金晓剑 周建良

(中海油田服务公司) (中海石油研究中心)

摘要 为节省海上钻井时间,节约巨额钻井费用,提出一套用于选择海上钻井方式的新方法。通过给出计算自升式悬臂钻井船和平台式模块钻机钻井费用的公式,并附以曲线图和表的对比,就可以确定选择哪种钻井方式更合理。分析认为,当海上油田开发钻井总井数较少时,选择自升式悬臂钻井船经济效益较好;而钻井总井数较多时,选择平台式模块钻机经济效益较好。

关键词 海洋钻井 钻井船 自升式悬臂钻井船 平台模块钻机 经济预测

与陆上油田钻井不同,在海洋油田开发的设计中,首先遇到的问题是油田开发中钻井方式的选择。特别是在 90 m 水深以内的浅海钻井中,是选择自升式悬臂钻井船,还是选择平台式模块钻机,是一个重要决策问题。在钻井中,使用自升式悬臂钻井船具有钻井速度快,对平台结构要求不高的特点,而使用平台式模块钻机,钻井费用则相对较少,但需要对平台进行特殊设计。一般来说,究竟选用哪种钻井方式进行油田开发,与油田所在海域具体情况及油田开发规模有关^[1]。

相对于陆上钻井来说,海洋钻井耗资巨大,多数钻井工序所耗费用约为陆上费用的 10 倍。因此,应用一个较为合理、准确的计算方法,正确选择适当的钻井方式,不仅可以大大节省钻井时间,还可以节约巨额费用。笔者提出一套运用于海上钻井方式选择的计算方法^[2~4],辅之以系列图表显示,能够较为便捷准确地根据提供的钻井条件,选择适当的钻井方式。此方法已在我国某海域的油田开发中得到了应用。

两种海上钻井方式

在海洋进行油田开发钻井,有多种不同的钻井方式,国内常用的有自升式钻井船和平台式模块钻机钻井 2 种。所谓钻井船钻井,好比将陆地钻机预

先安置在巨型轮船上钻井,钻机可以随船在海上四处游动;而平台式模块钻机,则相当于在海洋上预置一座巨型平台,再将陆地钻机固定在平台上进行钻井。当然,不管哪种方式的井架安装,都要针对海洋特点做必要的设备改造^[3]。

1. 自升式悬臂钻井船

这种钻井方式开钻前准备时间短,只需建造“导管架”,不需建造钻井平台;只须付日租费,无须付一次性设备购置费,具有钻井周期短,且机动灵活的特点。这种钻井船一般为租赁方式使用,所以没有一次投资;因每日作业费用偏高,所以当钻井井数较多时,在经济上不如平台模块钻机合算。

2. 平台式模块钻机

钻井时每日费用较为便宜,但一次性购置费用较大,时效较低,安装时间较长,且需要加装钻井平台;当钻井井数较少时经济上不合算。且钻井效率较钻井船低。

选择钻井方式计算方法

在制定海洋油田开发方案时,应根据所开发油田的钻井井数、当时当地钻井船的每日租金(即钻井船“日费”)以及模块钻机的购置费用等因素,来决定采取哪一种钻井方式。现分别讨论几种情况下的选择方法。需要指出的是,所用数据仅为说明

* 郭永峰,讲师,生于 1955 年,1994 年毕业于石油大学(北京)机电系,获硕士学位,现从事钻井设计及现场技术工作。地址:(101149)北京市 232 信箱。电话:(010)84522814。

问题，均为理想数据。

3. 基本数据准备

(1) 海洋平台式模块钻机的购置价格 国内外常见平台式模块钻机报价见表 1。

表 1 平台式模块钻机报价

报价公司或厂家	平台式模块钻机报价 (万美元)
某国外公司	3 000
国内厂家	2 200
国内厂家	1 500

(2) 自升式悬臂钻井船的钻井费用 钻井船钻井的总费用计算公式为

$$Y = (ND + M + R)S \quad (1)$$

式中 Y ——钻井船费用，即完成平台钻完井所需的钻井船总的租金；

N ——钻井井数，为平台的钻井总数；

D ——单井天数，为钻一口井所需天数，这里为 9 d (钻井 5 d，完井 4 d)；

M ——动复员天数，是指钻井船由出发地到达所开发的油田及完钻后返回出发地所用时间，这里“动员”天数为 4 d，“复员”返回天数为 3 d，一共为 7 d；

R ——调头天数，为钻井船打井期间分 2 批钻井，中间要进行调头再就位，时间为 2 d；

S ——钻井船日费，取 4 万美元，为了比较，也可取其他数值。

(3) 平台式模块钻机的钻井费用 平台式模块钻机钻井的总费用计算公式为

模块钻机钻井费用 = 钻机购置费 ×

(1 - 使用后残值系数) + 钻井口数 × 单井天数 ×

(C_1 × 模块钻机日费 + C_2) + 平台改造费 (2)

式中 钻机购置费——购买模块钻机的总费用，万美元；

使用后残值系数——钻机使用后 (即这一平台钻井完成后) 的残值系数，取 0.3；

钻井口数——这一平台钻井总数；

单井天数——钻一口井所需天数，这里为 9 d (钻井 5 d，完井 4 d)；

模块钻机日费——取 0.7 万美元；

C_1 ——相对钻井船来说，模块钻机效率较低所附加系数，取值 1.1；

C_2 ——与钻井船相比，模块钻机发生的额外费用系数，取值 0.25 万美元；

平台改造费——安装平台式模块钻机而专门进行平台加固发生的费用，取 280 万美元。

以公式 1 及公式 2 为基础，可以做出许多有意

义的比较曲线，用以说明在当前规模油田开发形势下，究竟选择哪种钻井方式较为经济。

2. 从钻井船日费的比较上选择钻井方式

首先，讨论平台钻 40 口井时情况。图 1 表示当某平台钻井 40 口时，钻井船与不同价格的模块钻机经济性的比较。此图上钻井船的“日费”是变化的，从每日租金 2 万美元到 10 万美元。从表 2 可以看出不同价位的模块钻机，与不同“日费”的钻井船钻井的“等值点”比较。

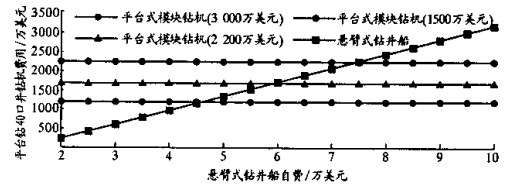


图 1 平台钻 40 口井时钻井船与模块钻机费用比较

表 2 平台钻 40 口井时不同钻井方式的等值点

钻井船日费/万美元	经济性相当于模块钻机种类
4.60	与购置费 1 500 万美元模块钻机相同
5.93	与购置费 2 200 万美元模块钻机相同
7.44	与购置费 3 000 万美元模块钻机相同

采用图 1、表 2 相同的方法，可以分别给出平台钻 60 口井、80 口井的费用对比情况，绘出比较图，列出‘等值点’表，因篇幅所限，图、表从略。

3. 从平台钻井井数的比较上选择钻井方式

现在从一平台的钻井井数变化，来选择较好的钻井方式，参看图 2 和表 3。

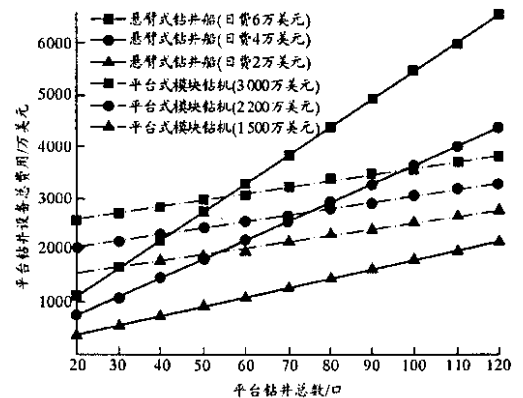


图 2 平台井数变化时钻井船与钻机费用比较

表 3 不同钻井船日费对应的最经济模块钻机的钻井口数

钻井船日费/万美元	模块钻机/1 500 万美元	模块钻机/2 200 万美元	模块钻机/3 000 万美元
2			
4	56	77	99
6	30	42	55

图 2 表明，3 个不同日费的钻井船总费用是 3 条单调上升的斜直线。以前，人们直观地认为不同日费的钻井船总费用的曲线，表现在类似图 2 的图表中，是一系列平行斜直线；即认为随着钻井船日费的增加，各价位钻井船的经济性都“一致地”趋

向于“同一方向”。但从图 2 来看,情况不是这样。钻井船总费用的各条曲线斜率并不相同。由公式 (1) 对 N 求一阶导数,得

$$dY/dN = K_i = DS \quad (3)$$

其中: K_i 是图 2 中某条曲线的斜率。这一斜率在工程经济学中称为“经济性变化速率”,标志着改变经济性指标的速率。

式 (3) 表明,钻井船租费的经济性曲线斜率随着钻井船日费 (S) 的增加而增加。这在工程上的意义是,当钻井船日费上升到某一高度时,即使一平台钻井很少,也没有模块钻机钻井在经济上划算。这在理论上也可证明:式 (3) 中令 $S \rightarrow \infty$, 显然

$$dY/dN = K_i = DS \rightarrow \infty \quad (4)$$

此时钻井船总费用曲线已由斜直线变为垂直于水平轴的垂线,此时选择钻井船钻井方式已永无优势可言。当然,这只是理论上的极端情况。

结 论

(1) 海洋油田开发选择钻井模式,可以应用适当的曲线、图表及数学公式作为工具,这样不仅直

观、准确,而且较为容易得到同行的认同;

(2) 海上油田开发钻井总井数较少时,选择钻井船钻井经济性较好;而钻井总井数较多时,选择平台式模块钻机钻井可以取得较好的经济效益;

(3) 在给定条件下,采用钻井船与采用平台式模块钻机,两种方式在经济效益上有一“等值”点,在该点上二者的经济效益在理论上是一样的,可以通过数学方法找出这一等值点,对此点相关的讨论,在理论上及实践上都有重要的意义;

(4) 通过对钻井船总费用曲线斜率的分析,得知不仅钻井船总费用与钻井船日费有关,且其曲线斜率也与钻井船日费有关。

参 考 文 献

- 1 郭永峰,金晓剑,谭树人.非线性有限元在水平井中的应用.石油学报,1999,20(4):69~73
- 2 郭永峰,金晓剑,谭树人.结构力学分析方法在南海水平井钻进预测中的应用.计算力学学报,2001,18(1):88~93
- 3 郭永峰.BS-7 井钻井手记——海洋钻井技术在陆地油田的初步实践.北京:石油工业出版社,2000:80~83

(本文编辑 李学富)

中国石油工程学会 关于征集 2003 年石油装备技术发展学术交流年会论文的补充通知 油学工字 (2003) 第 (6) 号

各有关单位:

为促进石油装备学术交流,加强与院校的联系与合作,进一步总结我国石油装备近 50 年的成果,探讨石油装备本世纪的发展方向,同时为庆祝石油大学建校 50 周年,特对 2003 年石油装备技术发展学术交流年会论文征集工作做如下补充:

一、特征集回顾 50 年来中国石油装备技术与制造发展历程、进展现状、未来方向和石油大学 50 年来开展石油装备研究的回顾或综述性文章(稿件要求见《石油机械》2003 年第 1 期 58 页)。

二、2003 年石油装备技术发展学术交流会更名为 2003 年石油装备年会暨庆祝石油大学建校 50 周年石油装备学术研讨会。

三、2003 年 9 月在四川召开 2003 年石油装备年会暨庆祝石油大学建校 50 周年石油装备学术研讨会,届时刊有此次会议论文的《石油机械》增刊将与广大读者见面,因此征文截稿日期从 2003 年 7 月 31 日提前至 6 月 30 日。请有关单位和作者按照 2002 年北海会议安排提前准备论文,并按期将稿件寄到《石油机械》编辑部,以便安排审稿、编辑及排版等工作。

中国石油工程学会
2003 年 4 月 1 日