

钻井周期预测新方法的建立^{*}

黄伟和^{1,2} 郑丕谔¹

(1.天津大学管理学院 2.中国石油勘探开发研究院廊坊分院)

黄伟和等.钻井周期预测新方法的建立.天然气工业,2006,26(9):93-95.

摘要 综合分析了国内外钻井周期预测方法,归纳出历史水平法、典型案例法、学习曲线法、工序工时法、周期定额法等,并进行了简要分析和论述。采用两个油气田的实际数据进行分析,建立了一种平均先进钻井周期预测新方法。充分考虑了钻井工程施工的阶段性、程序性和不确定性的特点,提出了按井眼尺寸和套管尺寸系列进行分段的方法。在系统分析周期定额编制方法、学习曲线法等多种方法的基础上,按照定额编制平均先进性的原则要求,建立了“0.3、0.5、0.2”分段加权平均先进法编制钻井周期定额的数学模型,编制出两个油气田钻井周期定额。研究给出了钻井周期预测数学模型,已应用于10余口井钻井周期预测和设计,取得了良好效果。

关键词 钻井周期 预测 定额 钻井设计 数学模型

钻井周期是石油钻井工程的一个关键参数,对钻井工程投资大小产生直接影响,同时还对油气井能否及时投产和尽早收回投资有重要影响,油公司和钻井承包商都非常关注钻井周期。根据文献[1]资料分析,全球每年与钻井周期直接相关的投资约为136亿美元。

一、国内外钻井周期预测方法分析

综合分析国内外钻井周期预测方法,种类很多,归纳起来主要有5种方法。

(1)历史水平法。根据往年同类井钻井周期实际资料,统计平均确定钻井周期,这种方面应用比较普遍。

(2)典型案例法。根据邻井的实际钻井周期,推算出将要设计井的钻井周期,探井钻井周期设计往往采用这种预测方法。

(3)学习曲线法。T.P.Wright于1936年提出学习曲线理论^[2],这种方法也叫经验曲线法,已广泛应用到各个领域。T.P.Wright先生最初提出的学习曲线方程为:

$$Y = aX^b \quad (1)$$

式中:Y为人工小时数量的累计平均值;X为累计制造的单元数;a为第一单元的直接人工小时数量;b

为对数坐标纸上描述这种关系的斜率。

Brett和Millheim等将学习曲线理论应用于钻井领域,建立了如下学习曲线关系式:

$$T = C_1 e^{C_2(1-n)} + C_3 \quad (2)$$

式中:T为钻序号为n井所需的时间;n为同一地质条件下所钻井的序号;C₁为常数,反映钻第一口井时间较最后一口井时间到底多出多少;C₂为常数,反映钻井公司在—个地区达到最短钻井时间的速度,即学习速度;C₃为常数,反映在理想情况下—个地区的最短钻井时间。

国外很多大油公司采用这种模式,特别是在海上钻井。国内公司尚未见到应用。

(4)工序工时法。按钻井工程全过程的施工工序确定工时,再累加计算出钻井周期。国际上应用较多的是哈里伯顿(Halliburton)全资子公司兰德马克绘图国际公司(Landmark Graphics International Inc.)开发的钻井时效分析与成本预算系统Drillmodel。如某口海上钻井周期设计给出了416个工序的工时,从钻机安装开始,按表层井段、技术井段、生产井段中每项施工工序,由工程师给出—个工时,最后累计出全井钻井周期。

(5)周期定额法。国内普遍采用定额方法编制钻井周期^[3-4]。1989年中国石油天然气总公司开始

* 本文系中国石油海外钻井工程定额项目研究成果。

作者简介:黄伟和,1967年生,高级工程师,博士研究生;1990年毕业于大庆石油学院石油钻井工程专业,2002年获中国地质大学(北京)工程硕士学位;现任中国石油天然气股份有限公司石油工程造价管理中心廊坊分部副主任,从事石油投资管理与工程造价管理工作。地址:(065007)河北省廊坊市44信箱。电话:(010)69213021。E-mail:hwh001@petrochina.com.cn

组织编制钻井工程定额,各油气田依据工程标准设计和劳动定额编制钻井周期。一般是根据近3年的历史资料,采用习惯上称为“5、3、2”加权系数法编制单只钻头进尺、钻速定额,钻速定额=(先进钻速×5+中间钻速×3+落后钻速×2)÷10。依据钻井工程设计,套用单工序劳动定额,按每次开钻后每一只钻头分别计算出纯钻时间,查表算出起下钻、接单根、循环及辅助维修等其它基本各作业时间,再按比例计算出辅助时间,还要计算出完井作业时间,编制出设计钻井周期,钻井周期=第一次开钻时间小计+第二次开钻时间小计+第三次开钻时间小计+完井作业时间小计。计算繁杂,工作量大,实际操作时要充分利用计算机。

二、钻井周期定额测算方法

企业定额编制的第一条原则是平均先进性原则^[5],所谓平均先进水平,就是在正常的施工条件下,大多数施工队组和大多数生产者经过努力能够达到和超过的水平。所提到的“5、3、2”加权系数法编制钻速定额,就是依据这条原则,通过大量数据分析后,作为1989年大规模编制石油钻井周期定额的方法,并且一直沿用至今。

2004年笔者负责H国Z油气田和K油气田钻井系统工程定额编制,系统收集分析了两个油气田2000~2004年130口井的钻井时间历史数据,在系统分析周期定额编制方法、学习曲线法等多种方法的基础上,按照定额编制平均先进性的原则要求,建立了“0.3、0.5、0.2”分段加权钻井周期定额编制方法。

(1)井眼尺寸和套管尺寸系列划分。根据油气田实际情况,基本钻井工序是:∅660.4 mm 钻头钻进50~80 m,下入∅508.0 mm 导管固井;再用∅444.5 mm 钻头钻进到700~1600 m,下入∅339.7 mm 表层套管固井;依次是∅311.1 mm 钻头钻进,下入∅244.5 mm 技术套管固井;∅215.9 mm 钻头钻进,下入∅168.3 mm 生产套管固井;少量井再用∅149.3 mm 钻头钻进,直到完钻井深。部分井不下入导管,减少一层井身结构。因此,确定钻井井眼尺寸系列为∅660.4 mm、∅444.5 mm、∅311.1 mm、∅215.9 mm、∅149.3 mm,套管尺寸系列为∅508.0 mm、∅339.7 mm、∅244.5 mm、∅168.3 mm。

(2)单井平均工时测算。将每一种尺寸井眼或套管的每口井钻井参数进行分类统计,井眼钻进取纯钻进井段长度,套管作业取套管下深,同时统计对

应的实际作业时间,测算出同一个尺寸条件下每一口井的平均工时。

$$T_p = T_i \div H_i \quad (3)$$

式中: T_p 为某种井眼尺寸或套管尺寸条件下的单井平均工时,h/m; i 为某种井眼尺寸或套管尺寸条件下的统计井数, $i=1,2,3,\dots$; T_i 为某种井眼尺寸或套管尺寸条件下的单井实际作业时间,h; H_i 为某种井眼尺寸或套管尺寸条件下的单井实际井段长或套管下深,m。

(3)工时定额测算方法。按单井平均工时由小到大,将同一井眼尺寸或套管尺寸的所有井的参数进行排序,采用不同方法测算工时定额。当统计样本数 N 除以 3 为整数时,工时定额测算公式:

$$T_d = 0.3 \times \sum_{i=1}^{\frac{1}{3}N} T_i \div \sum_{j=1}^{\frac{1}{3}N} H_j + 0.5 \times \sum_{i=\frac{1}{3}N+1}^{\frac{2}{3}N} T_i \div \sum_{j=\frac{1}{3}N+1}^{\frac{2}{3}N} H_j + 0.2 \times \sum_{i=\frac{2}{3}N+1}^N T_i \div \sum_{j=\frac{2}{3}N+1}^N H_j \quad (4)$$

当统计样本数 N 除以 3 余 1 时,工时定额测算公式:

$$T_d = 0.3 \times \sum_{i=1}^{\frac{1}{3}(N-1)} T_i \div \sum_{j=1}^{\frac{1}{3}(N-1)} H_j + 0.5 \times \sum_{i=\frac{1}{3}(N-1)+1}^{\frac{2}{3}(N-1)+1} T_i \div \sum_{j=\frac{1}{3}(N-1)+1}^{\frac{2}{3}(N-1)+1} H_j + 0.2 \times \sum_{i=\frac{2}{3}(N-1)+2}^N T_i \div \sum_{j=\frac{2}{3}(N-1)+2}^N H_j \quad (5)$$

当统计样本数 N 除以 3 余 2 时,工时定额测算公式:

$$T_d = 0.3 \times \sum_{i=1}^{\frac{1}{3}(N+1)} T_i \div \sum_{j=1}^{\frac{1}{3}(N+1)} H_j + 0.5 \times \sum_{i=\frac{1}{3}(N+1)+1}^{\frac{2}{3}(N+1)-1} T_i \div \sum_{j=\frac{1}{3}(N+1)+1}^{\frac{2}{3}(N+1)-1} H_j + 0.2 \times \sum_{i=\frac{2}{3}(N+1)}^N T_i \div \sum_{j=\frac{2}{3}(N+1)}^N H_j \quad (6)$$

式中: T_d 为某种井眼尺寸或套管尺寸条件下的工时定额,h/m; N 为某种井眼尺寸或套管尺寸条件下的统计样本井数, $N=1,2,3,\dots$; H_j 为某种井眼尺寸或套管尺寸条件下的单井实际井段长或套管下深,m。

(4) 钻井周期定额表现形式。采用“0.3、0.5、0.2”分段加权钻井周期定额编制方法,根据不同井段的样本数量,分别采用式(4)、(5)、(6)编制出 H 国 Z 油气田和 K 油气田钻井周期定额,表现形式如表 1。

表 1 Z 油气田开发井钻井周期定额表

序号	名称	井型	规格 (mm)	完成深度 (m)	周期 (h/m)
1	井眼钻进	直井	444.5	$700 < H \leq 1600$	0.22
2	套管作业	直井	339.7	$700 < H \leq 1600$	0.14
3	井眼钻进	直井	311.1	$1900 < H \leq 2600$	0.44
4	套管作业	直井	244.5	$1900 < H \leq 2600$	0.11
5	井眼钻进	直井	215.9	$3600 < H \leq 4000$	0.67
6	套管作业	直井	168.3	$3600 < H \leq 4000$	0.07
7	井眼钻进	定向井	215.9	$3600 < H \leq 4000$	0.71
8	套管作业	定向井	168.3	$3600 < H \leq 4000$	0.07

三、钻井周期预测方法

采用钻井周期定额预测钻井周期的计算公式:

$$T = \sum_{i=1}^n (T_{zi} \times H_{zi} + T_{ti} \times H_{ti}) \div 24 + T_q \quad (7)$$

式中: T 为预测钻井周期, d; n 为设计井井身结构层次数, $n=1, 2, 3, \dots$; T_{zi} 为设计井某种尺寸井眼钻进井段工时定额, h/m; H_{zi} 为设计井某种尺寸井眼钻进井段段长, m; T_{ti} 为设计井某种尺寸套管作业工时定额, h/m; H_{ti} 为设计井某种尺寸套管下深, m; T_q 为其它特殊作业时间, d。

四、钻井周期定额水平评价

采用钻井周期定额、实际每口井钻井深度和套管下深,按式(7),测算近 3 年正常完成井 74 口,即采用定额做出 74 口井的预测钻井周期,定额测算周期同实际钻井周期对比结果如表 2。可见,平均单井钻井周期缩短 6.53 d,定额先进率为 5.36%。根据定额编制的实践经验,定额先进率一般控制在 3%~8% 为宜。

表 2 定额测算周期与实际完成周期对比表

项目	实际统计 (d)	定额测算 (d)	差值 (d)	变化幅度 (%)
总时间	9015.40	8532.13	483.27	5.36
平均单井周期	121.83	115.30	6.53	5.36

五、结论与认识

(1) 笔者系统地分析了国内外 5 种石油钻井周期预测方法,采用实际数据分析,建立了一种平均先进钻井周期预测新方法,包括钻井周期定额编制方法和钻井周期预测方法。

(2) 借鉴了学习曲线法和加权平均方法的研究思路,首次建立了“0.3、0.5、0.2”分段加权平均先进法编制钻井周期定额的数学模型,通过定额水平测算和评价,表明这套方法符合油气田实际情况和定额水平平均先进性原则的要求。

(3) 充分考虑了钻井工程施工的阶段性和程序性以及不确定性的特点,提出了按井眼尺寸和套管尺寸系列进行分段的方法,以单位工程为基本单元,将多个分部工程和分项工程归集于一体,钻进井段时间以井深段长为基数,套管作业时间以套管下深为基数,避免了因单工序工时累加导致累计偏差较大的问题,并且操作简便实用。

(4) 建立的钻井周期定额编制方法能够充分利用各井段的实际数据。对于定向井的直井段数据同常规直井的数据共同分析;对于某一口井的个别井段发生重大复杂事故,这部分数据剔除,其它井段的数据还可以作为样本数据。保证了最大限度利用样本数据,使编制的钻井周期定额更加符合实际,波动性小。

(5) 采用笔者建立的新方法,编制出 H 国 Z 油气田和 K 油气田钻井周期定额,于 2005 年 5 月 1 日开始施行,已进行 10 余口井钻井周期预测和设计,得到建设方和施工方的共同认可。

参 考 文 献

- [1] 田大地,郑玲玲,刘雪梅.国外石油工业统计 2004[R].中国石油集团经济技术研究中心,2004.
- [2] 查金才,林建浩,才鑫,等.国外钻井承包和管理方法研究[R].中国石油天然气总公司信息研究所,1998.
- [3] 油气勘探工程定额与造价管理编写组.油气勘探工程定额与造价管理[M].北京:石油工业出版社,1999.
- [4] 石油勘探工程与工程造价编委会.钻井工程与工程造价[M].北京:中国广播电视出版社,2005.
- [5] 龚维丽.工程造价的确定与控制[M].2版.北京:中国计划出版社,2001.

(收稿日期 2006-07-03 编辑 钟水清)