

# Application of Bit Optimization in Zhangwu Fault Depression

Guochen Mu

Engineering Technology Institute of Sinopec Northeast Oil and Gas Branch, Changchun,  
Email: [guochenmu@sina.com](mailto:guochenmu@sina.com)

Received: Oct. 25<sup>th</sup>, 2013; revised: Nov. 14<sup>th</sup>, 2013; accepted: Nov. 17<sup>th</sup>, 2013

Copyright © 2014 Guochen Mu. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. In accordance of the Creative Commons Attribution License all Copyrights © 2014 are reserved for Hans and the owner of the intellectual property Guochen Mu. All Copyright © 2014 are guarded by law and by Hans as a guardian.

**Abstract:** Zhangwu fault depression is located in the south of Songliao Basin, where the strata's lithology is complex, including difficult drilling formation such as gravel and volcanic rock formations. The average rate of penetration of 12 early drilled wells was only 4.65 m/h, which would seriously affect later development process and economic benefits of Zhangwu fault depression. To address this issue that the drilling process of Zhangwu fault depression experienced a low rate of penetration in this paper, principal factor method was adopted during development process for rolling evaluation on the used bits of each layer, and the selected bit sequences were used as a reference for bit type selection of next wells. The contrast of average rate of penetration in 2012 and 2011 shows that bit sequences selected with principal factor method dramatically improved the rate of penetration in Zhangwu fault depression, and principal factor method can be used for bit type selection in this area.

**Keywords:** Zhangwu Fault Depression; Rate of Penetration; Principal Factor Method; Bit Type Selection

## 彰武断陷钻头优选及应用

穆国臣

中国石油化工集团东北油气分公司工程技术研究院, 长春市  
Email: [guochenmu@sina.com](mailto:guochenmu@sina.com)

收稿日期: 2013年10月25日; 修回日期: 2013年11月14日; 录用日期: 2013年11月17日

**摘要:** 彰武断陷位于松辽盆地南部, 该地区地层岩性复杂, 含有砾石层、火山岩层等难钻地层。初始完钻的12口井, 平均机械钻速仅4.65 m/h, 过低的机械钻速将严重影响到彰武断陷后期开发进程和经济效益。本文为解决彰武断陷区块钻井过程中机械钻速低这一问题, 开发过程中采用主因子法对该区块各地层已使用的钻头进行了滚动评价, 并将优选出的钻头序列用于指导下口井的钻头选型。2012年与2011年已钻井的平均机械钻速对比表明, 利用主因子法优选出的钻头序列显著地提高了彰武断陷的机械钻速, 主因子法可用于该地区的钻头选型。

**关键词:** 彰武断陷; 机械钻速; 主因子法; 钻头选型

### 1. 引言

松辽盆地南部彰武断陷, 主要目的层为白垩系的沙海组、九佛堂组。该地区地层岩性变化复杂, 中上部地层(阜新组、沙海组)岩石强度较低, 然而砾岩层

发育; 下部地层岩石强度较高, 义县组为火山岩地层。由于钻头选型困难, 彰武断陷机械钻速低, 初始完钻的12口井, 平均井深1914 m, 平均机械钻速仅4.65 m/h, 平均钻井周期37.24天。彰武断陷已有丰富的钻

头使用资料, 优选出适合该地区的钻头类型的关键在于对已有钻头合理的性能评价。目前钻头评价方法有每米钻井成本法、比能法、最小二乘法优选算法、参数化分析法、综合指数法、神经网络法、模糊综合评判法、灰色关联分析法、灰色局势决策法、主因子分析法等多种方法<sup>[1-4]</sup>。为解决该区块机械钻速过低这一问题, 开发过程中采用了主因子分析法对已使用所有钻头进行了滚动评价, 并将优选出的钻头序列用于指导下口井的钻头选型。本文将利用该区块 2012 年 7 月前在各层位的钻头实钻数据, 采用主因子分析法优选出该一套适合彰武断陷各层段使用的钻头序列, 以提高该区块在后期开发中的机械钻速。

## 2. 主因子分析法

主因子分析法就是把多个变量化为少数几个综合变量即综合指标, 而这几个综合指标可以反映原来多个变量的大部分信息, 所含的信息又互不重叠, 即它们之间要相互独立, 互不相关。假设研究某一问题涉及  $n$  个样品, 每个样品具有  $p$  个变量指标, 于是得到资料矩阵:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{p1} & x_{p2} & \cdots & x_{pn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中:  $x_{pn}$  为第  $n$  个样品的第  $p$  个变量观测值。

主因子分析法具体计算步骤<sup>[4]</sup>如下:

1) 计算均值向量  $\bar{X}$  及协方差矩阵  $S$ :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \times I = \begin{bmatrix} X_{1i} \\ X_{2i} \\ \vdots \\ X_{pi} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$S = \frac{1}{n} (XX^T - nX_i X_i^T) = S_{ij} \quad (3)$$

式中:  $I$  为单位矩阵,  $X^T$  为  $X$  的转置矩阵,  $X_i^T$  为  $X_i$  的转置矩阵,  $i, j = 1, 2, \dots, p$ 。

2) 将资料矩阵标准化

$$X^* = \frac{X - \bar{X}}{\sqrt{S_{ij}}} \quad (4)$$

式中:  $i = j = 1, 2, \dots, p$ 。

标准化后的  $X$  的均值为 0, 方差为 1。所以协方差阵  $S$  与相关矩阵  $R$  完全相同, 以后就以  $R$  为计算出发点。

3) 用 Jacobi 方法计算  $R$  矩阵的特征值及特征向量

设特征值为  $\lambda_i (\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p)$ , 其相对应的特征向量为  $u_i$ , 则  $U = [u_1 \ u_2 \ \dots \ u_p]$ 。

因此,  $F$  就是相当于资料矩阵  $X$  的主分量资料矩阵:

$$F = [F_1 \ F_2 \ \dots \ F_p] \quad (5)$$

$$= U^T X = U^T [X_1 \ X_2 \ \dots \ X_p]$$

自然有  $F_a = U^T X_a (a = 1, 2, 3, \dots, p)$ , 即  $F_a$  每一个就是第  $a$  个主分量的观测值。

4) 确定主分量的个数  $m$

$$\frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p}{p} \geq \delta \quad (6)$$

式中,  $\delta$  根据不同的需要选取不同的值, 一般情况下  $\delta$  取 85% 即可。

5) 计算各主分量的贡献率及主分量得分  
主分量贡献率:

$$e_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p} \quad (7)$$

主分量得分:

$$F_m = a_{m1} X_1^* + a_{m2} X_2^* + \dots + a_{mp} X_p^* \quad (8)$$

对于某一区块的特定层位, 如果已获得不同类型钻头(样品)的实钻数据(变量指标), 如钻头的进尺、平均机械钻速、纯钻时间、使用个数、钻头成本等多项指标, 就可以用主因子分析法建立一个能综合反映钻头使用效果的指标即综合指标代替这些多项指标, 对所用钻头进行评价。综合指标对应的综合指数(主分量得分), 其值愈大, 钻头使用效果愈好, 最大值为推荐钻头。将主因子分析法运用于钻头性能评价、优选钻头, 中原油田濮城区块<sup>[3]</sup>、大港油田歧口凹陷<sup>[4]</sup>取得良好效果。

## 3. 钻头优选结果

截止 2012 年 7 月, 彰武断陷已钻井在各层位的钻头实钻数据已相当丰富。以九佛堂组地层使用的钻

头为例, 九佛堂组岩性以深灰色泥岩为主, 夹薄层灰色粉砂岩和砂砾岩为主。该地层平均机械钻速低, 可钻性差, 然而使用钻头个数多, 为钻头优选提供了丰富的数据。选取该层位已使用钻头的平均比能、平均进尺、最高进尺、钻头使用个数、平均钻速 5 项指标进行主因子法分析, 钻头评价结果如表 1 所示。

由表 1 可知, 九佛堂组地层已使用过的钻头中, P265MF 型号 PDC 钻头的综合指数为 2.15, 平均机械钻速为 8.64 m/h, 钻头平均进尺 347.77 m。P5355M 型号 PDC 钻头的综合指数为 1.34, 平均机械钻速 5.56

m/h, 钻头平均进尺 118.67 m。综合考虑以上因素, 推荐在九佛堂组地层使用 P265MF、P5355M 和 S5445 型号的 PDC 钻头。

根据彰武断陷 2012 年 7 月前已完钻井在各层位已使用钻头的实钻数据, 优选出适合彰武断陷各层位使用的前三种钻头型号(如表 2), 以指导该区块在后期开发中的钻头选型, 提高该地区机械钻速。

#### 4. 应用效果

采用主因子分析法, 彰武断陷在开发中对已钻井

**Table 1. The evaluation results of 215.9 mm bits in Jiufotang section**  
**表 1. 九佛堂组地层 215.9 mm 井眼钻头评价结果**

钻头类型	钻头型号	平均比能(MJ/m <sup>3</sup> )	平均进尺(m)	最高进尺(m)	钻头使用个数	平均钻速(m/h)	综合指数
PDC	P265MF	7.04	347.77	920	4	8.64	2.15
PDC	P5355M	11.04	118.67	184.21	3	5.56	1.34
PDC	S5445	7.71	145.38	285	2	9.69	1.24
PDC	DF464	8.85	466	466	1	4.57	1.15
牙轮	HJ517G	29.47	250.98	595	6	3.51	0.24
牙轮	HJ437	34.68	306	306	1	1.87	-0.04
牙轮	SJT517GK	34.2	175.37	211	4	3.05	-0.25
牙轮	MD537X	40.57	163.96	199.52	3	3.84	-0.87
牙轮	H517G	30.19	56.31	229.66	11	3.78	-1.27

**Table 2. The optimization results of used bit of whole well**  
**表 2. 已用钻头全井段优选结果**

地层	钻头类型	钻头型号	平均比能(MJ/m <sup>3</sup> )	平均进尺(m)	最高进尺(m)	钻头使用个数	平均钻速(m/h)	综合指数
第四系、孙家湾	PDC	DF1905UM	0.24	202.45	202.45	1	40.49	3.87
	PDC	GX53	0.45	200.67	201	3	25.07	1.05
	牙轮	HJT127G	0.56	179.2	200.6	2	39.82	0.82
阜新组	PDC	DF464	2.82	633	709	2	9.59	1.48
	PDC	GD1605ST	1.59	488.55	488.55	1	23.26	0.86
	PDC	W644	4	650.7	803.4	2	13.7	0.53
沙海组	PDC	DF464	1.8	709	709	1	8.97	2.92
	牙轮	H517G	4.75	484.67	838.9	3	18.4	0.91
	牙轮	HAT127	2.58	299	299	1	13.59	0.68
九佛堂组	PDC	P265MF	7.04	347.77	920	4	8.64	2.15
	PDC	P5355M	11.04	118.67	184.21	3	5.56	1.34
	PDC	S5445	7.71	145.38	285	2	9.69	1.24
义县组	牙轮	H517G	31.62	55.5	62.25	2	3.36	0.6

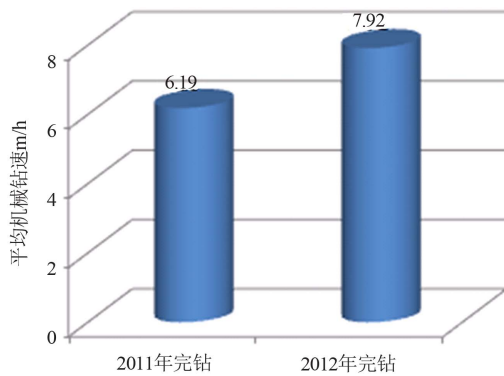


Figure 1. The contrast of average rate of penetration in 2012 and 2011

图 1. 2012 年和 2011 年平均机械钻速对比

使用过的钻头进行滚动评价，并将评价结果用于指导后期钻头选型。对比彰武断陷 2011 年与 2012 年已完钻井的平均机械钻速(图 1)，彰武断陷平均机械钻速较 2011 年提高了 27.9%，提速效果显著。

## 5. 结论与建议

1) 采用主因子分析法对彰武断陷已使用钻头滚

动评价选型，所选钻头序列对该地区正确选用钻头、提高机械钻速具有指导作用。

2) PDC 钻头在彰武断陷全井段都具有较好的钻井效果，含砾岩层阜新组、沙海组及岩石强度相对较高的九佛堂组都适合采用 PDC 钻头。

3) 由于常规 PDC 钻头不适宜钻硬地层，尤其是高强度、高研磨性的砾石层，本文推荐在沙海组及九佛堂组使用耐磨性强、破岩效率高的高研磨硬地层 PDC 钻头。

## 参考文献 (References)

- [1] 杨仲涵, 何世明, 周晓红, 等 (2011) 国内外钻头优选方法述评. *重庆科技学院学报(自然科学版)*, **4**, 87-90.
- [2] 彭刚, 杨世军, 先齐 (2011) 轮古区块深井复杂地层钻头选型研究与应用. *钻采工艺*, **5**, 28-30, 40.
- [3] 王小建, 夏宏南, 孙继明, 等 (2005) 主成分钻头评价方法在中原油田的应用. *断块油气田*, **3**, 63-65.
- [4] 张磊, 丁大鹏, 余鹏, 等 (2013) 主成分钻头评价方法在歧口凹陷中的应用. *长江大学学报(自科版)*, **2**, 70-72.