

# 海拉尔地区三个地层压力的预测与计算

王晓旭

(大庆油田有限责任公司钻探工程公司钻井工程技术研究院,黑龙江 大庆 163413)

**摘要:**根据已钻井的测井资料,对海拉尔油田的几个主要区块进行了地层孔隙压力、地层破裂压力和井壁坍塌压力的分析和计算,并建立了不同区块的单井压力的变化及本区块压力随深度变化的剖面图。分析研究发现,使用声波时差方法预测地层压力可以取得准确的预测值;破裂压力计算应用了伊顿模式、史蒂芬模式、黄荣樽模式和测井资料法,然后对各种方法进行对比分析发现黄荣樽法破裂压力预测数据准确;而坍塌压力则可以通过莫尔-库仑准则得到满足工程需要的精度。最后综合考虑确定出各个区块的合理安全泥浆密度窗口。

**关键词:**地层压力;破裂压力;坍塌压力;压力预测;海拉尔油田

**中图分类号:**TE271 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)08-0013-06

**Prediction and Calculation of Three Different Formation Pressure in Hailaer Area/WANG Xiao-xu** (Research Institute of Drilling Engineering of Daqing Petroleum Administration, Daqing Heilongjiang 163413, China)

**Abstract:** Based on the logging data of the drilled holes, analysis and calculation were made on the formation pore pressure, formation fracture pressure and borehole collapsing pressure in main blocks of the Hailaer oilfield; the sectional drawing was also established for pressure change of wells in different blocks and pressure change of wells in the same block but with different depth. According to the analysis, accurate predictive value of formation pressure could be obtained by acoustic time difference method. The fracture pressure was calculated by Eaton mode, Steve mode, Huangrongzun mode and well log data; the comparison proved the predictive data of fracture pressure by Huangrongzun mode was accurate and the collapsing pressure calculated by Mohr-Column rule could satisfy the project precision requirement. Reasonable and safe drilling mud destiny window was eventually determined for different blocks by comprehensive consideration.

**Key words:** formation pressure; fracture pressure; collapsing pressure; pressure prediction; Hailaer oilfield

海拉尔油田处于海拉尔盆地贝尔湖凹陷,地质沉积情况复杂,地层压力区域变换大,给钻井工作造成很大困难。为保障正常钻井和安全稳定开发,3个压力(地层孔隙压力、地层破裂压力和井壁坍塌压力)的计算和预测显得更加重要。

以前钻井设计钻井液密度主要是在预测的地层压力基础上再乘以一个安全系数就可以确定,而很少考虑其它的影响因素。现今,地层破裂压力有了一系列的方法进行预测,它的大小作为钻井液压力的上限,若较少考虑用坍塌压力来设计钻井液密度,这就将导致在钻井过程中有时没有发生井涌或井漏事故,但却发生井壁坍塌的现象,在不十分严重的井段,我们可以在井径测井曲线上发现,井眼直径变为不规则,较严重的情况就会发生卡钻的现象。所以说,在钻井设计过程中,钻井液密度的设计应即考虑地层压力和破裂压力,又应该考虑井壁不发生坍塌时的钻井液密度。

## 1 海拉尔地区地层孔隙压力计算

图1是海拉尔地区贝16井的正常压实趋势线图,可以看出在2000 m附近实测曲线明显的偏离了正常压实曲线,并且实测声波时差值比正常值向着声波时差值增大的方向逐渐增大,这说明在这个地方地层的声波传播速度减小,即传播时间增加,由此可推断出该地区在这个层位可能存在异常高压层段。与超压点等效的测井深度即为“等效深度”,如图1中B点即为A点的“等效深度”。

在正常情况下泥页岩声波时差与深度的关系有:

$$H_B = -\frac{1}{C} \ln \frac{\Delta t}{\Delta t_0} \quad (1)$$

式中: $\Delta t_0$ ——探测点深度  $H=0$  时的声波时差值,  $\mu\text{s}/\text{ft}$ ;  $\Delta t$ ——埋深为  $H$  时的声波时差值,  $\mu\text{s}/\text{ft}$ ;  $C$ ——因次常数。

$$p_{pA} = \frac{1}{10} \rho_b H_A + \frac{1}{10} \frac{\rho_b - \rho_w}{C} \cdot \ln \frac{\Delta t}{\Delta t_0} \quad (2)$$

式中: $\rho_w$ ——地层水密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;  $\rho_b$ ——地层岩石平

收稿日期:2010-03-12; 修回日期:2010-08-03

作者简介:王晓旭(1980-),男(汉族),吉林大安人,大庆油田有限责任公司钻探工程公司钻井工程技术研究院助理工程师,信息与计算科学专业,从事海外钻井技术服务工作,黑龙江省大庆市红岗区八百响, wangxiaoxu1234@126.com。

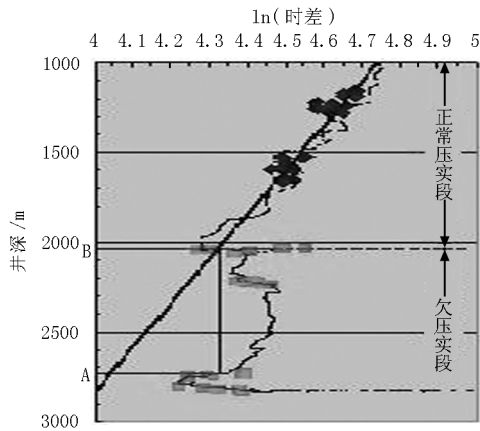


图1 海拉尔地区贝16井的正常压实趋势线图

密度随深度的变化关系为:

$$\rho_b = 0.0002H + 1.6055 \quad (3)$$

接下来,应用公式预测出了海拉尔地区贝16井的地层压力,其预测结果如表2,压力剖面图如图2,压力系数预测图如图3。

表2 贝16井地层压力预测结果

地层压 井深 /m	地层压 力预测 值 /MPa	地层压 力梯度 /(MPa· m <sup>-1</sup> )	地层压 井深 /m	地层压 力预测 值 /MPa	地层压 力梯度 /(MPa· m <sup>-1</sup> )	地层压 井深 /m	地层压 力预测 值 /MPa	地层压 力梯度 /(MPa· m <sup>-1</sup> )
1285	11.101	0.864	1500	13.590	0.906	1800	18.551	1.031
1290	12.685	0.983	1510	13.777	0.912	1810	17.500	0.967
1300	11.238	0.864	1520	13.390	0.881	1830	18.052	0.986
1310	12.586	0.961	1550	15.797	1.019	1880	17.303	0.920
1320	12.469	0.945	1590	16.571	1.042	1890	18.641	0.986
1340	12.505	0.933	1600	15.261	0.954	1898	19.109	1.007
1360	12.019	0.884	1610	15.096	0.938	1910	18.722	0.980
1370	12.487	0.911	1630	15.233	0.935	1920	18.592	0.968
1380	12.673	0.918	1640	17.697	1.079	1930	19.599	1.016
1390	12.376	0.890	1650	17.016	1.031	1940	19.645	1.013

均密度, g/cm<sup>3</sup>。

现以海拉尔地区贝16井为例来考察声波时差法在海拉尔地区预测地层压力的准确度,表1为该井的测井数据表。

表1 贝16井测井资料

井深 /m	声波 时差 值/ (μs· ft <sup>-1</sup> )	ln(时差)	地层岩 石平均 密度/ (g· cm <sup>-3</sup> )	井深 /m	声波 时差 值/ (μs· ft <sup>-1</sup> )	ln(时差)	地层岩 石平均 密度/ (g· cm <sup>-3</sup> )
1285	100	4.6052	1.9001	1640	100	4.6052	1.9751
1290	118	4.7707	1.9011	1645	95	4.5539	1.9765
1300	100	4.6052	1.9016	1655	95	4.5539	1.9787
1310	112	4.7185	1.9024	1660	80	4.3820	1.9795
1320	110	4.7005	1.9042	1675	80	4.3820	1.9830
1340	106	4.6634	1.9084	1695	77	4.3438	1.9865
1350	104	4.6444	1.9103	1710	90	4.4998	1.9895
1360	95	4.5539	1.9123	1740	77	4.3438	1.9950
1370	98	4.5850	1.9145	1750	82	4.4067	1.9974
1380	98	4.5850	1.9171	1760	85	4.4427	1.9995
1390	93	4.5326	1.9204	1780	83	4.4188	2.0034
1400	104	4.6444	1.9227	1790	68	4.2195	2.0051
1410	100	4.6052	1.9247	1800	78	4.3567	2.0074
1420	98	4.5850	1.9270	1810	70	4.2485	2.0098
1430	97	4.5747	1.9290	1835	70	4.2485	2.0156
1435	90	4.4998	1.9304	1840	64	4.1589	2.0171
1440	95	4.5539	1.9315	1850	66	4.1897	2.0198
1460	100	4.6052	1.9350	1865	66	4.1897	2.0237
1470	92	4.5218	1.9376	1875	70	4.2485	2.0263
1480	105	4.6540	1.9395	1890	66	4.1897	2.0298
1490	90	4.4998	1.9412	1895	65	4.1744	2.0313
1495	81	4.3944	1.9427	1898	68	4.2195	2.0320
1500	85	4.4427	1.9441	1910	65	4.1744	2.0357
1505	83	4.4188	1.9457	1915	62	4.1271	2.0371

回归的压实系数(直线的斜率)为:  $C = 9.797 \times 10^{-4}$ , 地表的声波时差值(直线的截距)为:  $\Delta t_0 = 415.63 \mu\text{s}/\text{ft}$ 。

然后,根据地层岩石密度测井资料回归出岩石

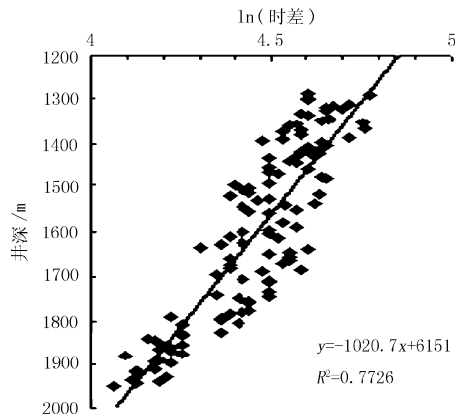


图2 修正半对数图

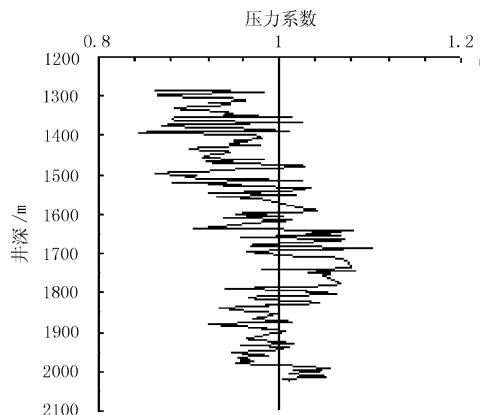


图3 贝16井地层压力系数预测图

然后用测井得到的地层压力与预测出来的地层压力进行误差分析,选择了3个贝16井预测出的压力和实钻测井所得的地层压力进行误差分析,对比结果见表3。

表 3 贝 16 井声波时差法预测地层压力值误差分析表

序号	油层中部深度 /m	地层压力 /MPa	压力系数 /[(MPa·(100 m) <sup>-1</sup> ]	声波预测地层压力值/MPa	预测压力系数 /[(MPa·(100 m) <sup>-1</sup> ]	相对误差 /%
1	1708.1	16.62	0.97	17.431	1.021	4.881
2	1480.6	14.91	1.01	15.201	1.027	1.951
3	1365.0	13.78	1.01	14.014	1.027	1.696

由表 3 可以看出,在上部地层预测比较准确,相对误差为 2% 左右,但是对于下部地层相对误差就比较大,最大达到 5%,但是总的来说还是满足工程施工要求的。由此可见,应用声波时差法对海拉尔地层的孔隙压力进行预测是可行的。

综合考虑了各种地层孔隙压力的预测方法,我们最终采用声波时差法来建立海拉尔地区的地层压力剖面,其中贝区、霍区、乌区的压力剖面如图 4~6。

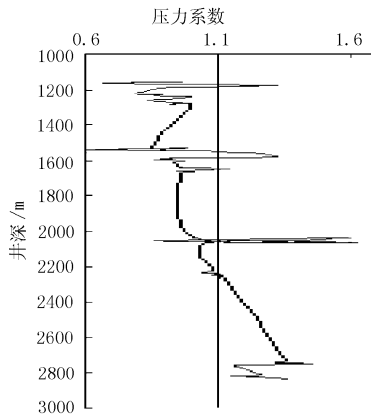


图 4 乌区地层压力剖面图

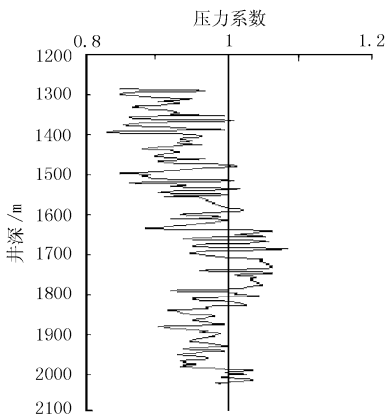


图 5 贝区地层压力剖面图

由 3 个压力剖面图可以看出,在乌区,地层的层间差异性大,薄的异常高压层每隔一定跨度就会出现,这就大大的增加了实际钻井作业的作业风险,所以在实际作业中一定要确定合理的钻井液密度,保证钻井作业的正常进行。相对而言,贝区的地层压力较为稳定,压力稀疏的波动幅度仅在一定范围内,易于控制,只需在钻井液设计时略微增加钻井液的

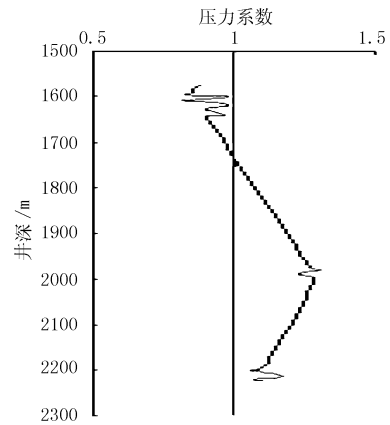


图 6 霍区地层压力剖面图

安全附加值,以此来保证正常钻进。霍区在钻井时经常存在大段的异常高压层,这种大段的高地层压力情况在实际工作中最常用的方法是:在钻进这一层位时加大钻井液的密度,防止地层出水而引起一系列钻井事故。

## 2 海拉尔地区地层破裂压力计算

### 2.1 利用密度测井资料计算上覆地层压力

在海拉尔油田贝 35 井录井综合地质解释报告的相应深度与岩层密度数据中,将相应深度与岩层密度数据点进行回归分析,得到井深与密度的函数关系,其回归关系式为:

$$\rho_{(h)} = 0.668h^{0.1714} \quad (4)$$

式中:  $\rho_{(h)}$ ——随井深变化的岩石密度;  $h$ ——地层深度。

可以得到不同井深的上覆岩层应力的计算值,下式为井深 2500 m 时的压力值。

$$\begin{aligned} P_{ob} &= \int_0^H \rho_{(h)} \cdot g \cdot dh \\ &= \int_0^H 0.668h^{0.1714} \cdot g \cdot dh \\ &= 53.41 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (5)$$

式中:  $P_{ob}$ ——上覆地层应力,MPa;  $H$ ——地层深度, m。

### 2.2 确定水平地应力构造系数

#### 2.2.1 压裂曲线读数

海拉尔油田贝 302 井压裂井段压力数据如表 4。

表 4 贝 302 井压裂井段压力数据

编号	压裂段中部井深/m	地层压力 /MPa	破裂压力 /MPa	瞬时停泵压力/MPa
1	1239	12.14	34.5	16.5
2	1219	11.95	27.5	12.5
3	1249	12.24	27.5	13.0

2.2.2 确定最小水平地应力

由表4中的瞬时停泵压力值可以直接求得最小水平地应力。瞬时停泵时地面压力加上井内压裂液的液柱压力便可推算出井下压力,它应等于作用在已压开的垂直裂缝上并保持裂缝张开状态所需的压力,又恰好和最小水平地应力相平衡。因此用井深1239 m处压裂数据计算的最小水平主应力为:

$$\sigma_h = 1.239 \times 1.05 \times 9.8 + 16.5 = 29.26 \text{ MPa}$$

(假定钻井液密度为  $1.05 \text{ g/cm}^3$ )

2.2.3 确定最大水平地应力

由于已知最小水平地应力,最大水平地应力的计算公式为:

$$\sigma_H = 3\sigma_h - p_f - p_p + \sigma_v \quad (6)$$

井深1239 m处压裂段的最大水平地应力为31.13 MPa。

2.2.4 确定构造地应力系数

将计算的最大水平应力、最小水平应力和由岩石实验得到的岩石泊松比  $\nu = 0.3$ ,代入下式来计算地层构造应力系数  $\beta$  和  $\gamma$ :

$$\beta = \frac{\sigma_H - p_p}{P_{ob} - p_p} - \frac{\nu}{1 - \nu} \quad (7)$$

$$\gamma = \frac{\sigma_h - p_p}{P_{ob} - p_p} - \frac{\nu}{1 - \nu} \quad (8)$$

计算结果列于表5中。

表5 贝302井地应力计算结果

编号	压裂段中部井深/m	最小水平地应力/MPa	最大水平地应力/MPa	上覆应力/MPa	大构造应力系数 $\beta$	小构造应力系数 $\gamma$
1	1239	29.26	31.13	27.5	0.74	0.62
2	1219	25.10	28.70	27.0	0.62	0.38
3	1249	25.60	28.70	27.8	0.61	0.38

将贝302井的构造应力系数进行平均,可得该区块地层的构造应力系数为:最大水平构造应力系数  $\beta = 0.65$ ;最小水平构造应力系数  $\gamma = 0.46$ 。

2.2.5 计算苏16井和海参3井构造应力系数

按照上述步骤计算得苏16井地应力计算数据列于表6。

表6 苏16井地应力计算结果

编号	压裂段中部井深/m	最小水平地应力/MPa	最大水平地应力/MPa	上覆应力/MPa	大构造应力系数 $\beta$	小构造应力系数 $\gamma$
1	1764	38.17	43.21	41.63	0.57	0.37
2	1723	35.75	38.34	40.50	0.42	0.31
3	1661	36.11	38.03	38.80	0.47	0.39

将苏16井的构造应力系数进行平均,可得该区

块地层的构造应力系数为:最大水平构造应力系数  $\beta = 0.49$ ;最小水平构造应力系数  $\gamma = 0.37$ 。

同样计算得海参3井地应力数据:最大水平构造应力系数  $\beta = 0.57$ ;最小水平构造应力系数  $\gamma = 0.12$ 。

按照伊顿法、史蒂芬法、黄荣樽法和测井资料法计算贝35井的破裂压力和破裂压力梯度,具体数据见表7。

表7 贝35井破裂压力及梯度数据

井深/m	伊顿法		史蒂芬法		黄荣樽法		测井资料法	
	压力/MPa	梯度/(MPa·m <sup>-1</sup> )	压力/MPa	梯度/(MPa·m <sup>-1</sup> )	压力/MPa	梯度/(MPa·m <sup>-1</sup> )	压力/MPa	梯度/(MPa·m <sup>-1</sup> )
890	13.06	1.47	20.21	2.27	20.46	2.30	16.78	1.89
900	13.16	1.46	20.48	2.28	20.82	2.31	16.88	1.88
910	13.24	1.46	20.68	2.27	22.65	2.49	16.93	1.86
920	13.48	1.47	20.88	2.27	22.46	2.44	17.31	1.88
930	13.58	1.46	21.20	2.28	20.91	2.25	17.41	1.87
940	13.72	1.46	21.35	2.27	22.82	2.43	17.58	1.87
950	13.90	1.46	21.52	2.26	21.27	2.24	17.84	1.88
970	14.05	1.45	22.06	2.27	21.35	2.20	17.91	1.85
990	14.54	1.47	22.40	2.26	22.84	2.31	18.69	1.89

由上述数据可以得到图7和图8。

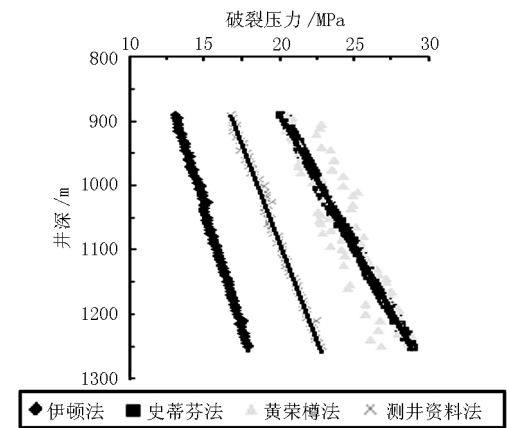


图7 贝35井破裂压力曲线

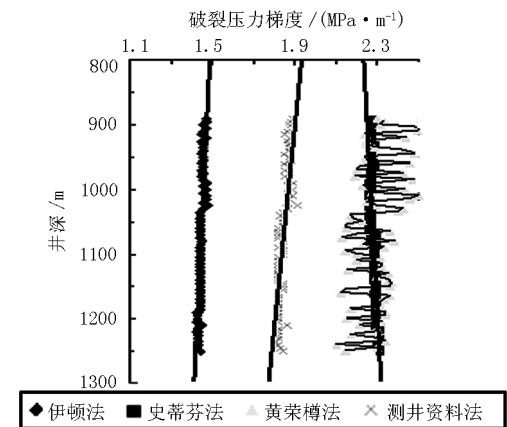


图8 破裂压力梯度预测曲线

由图 7、8 可以看出,随深度的增大,4 种方法的破裂压力也随之增大,变化趋势明显,从 890 m 的十几个兆帕增大到 1250 m 的二十几个兆帕;各种方法的破裂压力值由上到下依次是伊顿法、测井资料法,然后是黄荣樽法和史蒂芬法,其中黄荣樽法和史蒂芬法计算的破裂压力值十分接近。破裂压力梯度随深度变化有减小趋势,变化不是很明显;各种方法的破裂压力梯度值由大到小依次是伊顿法、测井资料法,然后是史蒂芬法和黄荣樽法,其中史蒂芬法和黄荣樽法计算的破裂压力梯度值十分接近,便于参考。

在实际的施工设计过程中,各个油田一般根据自身地层的情况来选用预测模式,但是由于黄荣樽法考虑的参量比较全面,因而预测的破裂压力比较准确,所以也在我国各油田的钻井设计中广泛应用。

有了泊松比、构造应力系数、上覆地层压力、地层水平最大、最小地应力这些数据,可以为后续计算并确定不同区块的安全钻井液密度奠定基础。

### 3 海拉尔地区坍塌压力计算

应用 Mohr - Column 准则和 Drucker - Prage 准则公式计算坍塌压力,对贝 35 井的地层坍塌压力进行预测,得到具体数据见表 8。

表 8 贝 35 井坍塌压力预测数据

深度/m	破裂压力/MPa	莫尔 - 库仑坍塌压力下限/MPa
1670	36.65	14.73
1675	36.42	14.81
1680	36.41	14.89
1685	37.09	14.97
1690	34.97	15.05
1695	37.46	15.21
1700	37.22	15.29
1705	38.03	15.37
1710	37.46	15.45
1715	37.74	15.52
1720	37.25	15.60
1725	38.44	15.68
1730	37.99	15.84
1735	35.95	15.88

根据测井资料结合地应力计算及预测软件计算出贝 35 井的坍塌压力系数上、下限以及地层孔隙压力系数,如图 9 所示。

由图 9 中的 3 条曲线可以看出:中间曲线为黄荣樽模型计算的坍塌压力随深度的变化规律。在海拉尔地区,坍塌压力值的预测对作业施工有很重要的作用,当地层孔隙压力大于地层坍塌压力下限时,我们只参照地层压力和破裂压力,即  $p_w = p_p a_i$ ,这样

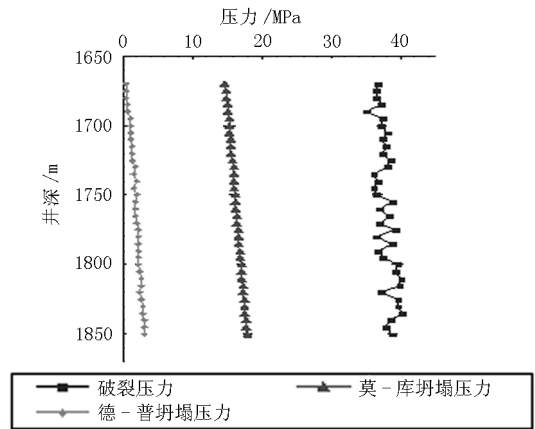


图 9 破裂压力梯度预测曲线

确定出来的泥浆密度  $\rho_w$  必定大于地层坍塌压力当量泥浆密度,井壁岩石不会发生坍塌掉块的情况,而且不会由于泥浆密度值大于坍塌压力上限值而使得施工井眼发生井壁岩石弹性扩径,所以这样确定的钻井液密度是合理的。此时钻井液密度的计算公式为:

$$\rho_w = \frac{p_p \times a_i}{gH} \quad (9)$$

式中:  $a_i$  —— 钻井液设计时的安全系数。

当地层孔隙压力小于地层坍塌压力下限时,如果再按上面的方法来确定  $\rho_w$ ,就可能会存在施工钻井液密度对井壁产生的液柱压力小于地层坍塌压力下限,从而造成井壁的不稳定,引起钻井事故(井壁坍塌)。这时我们就必须按照地层坍塌压力和破裂压力对钻井液密度进行设计,即  $p_w = p_{cd} a_i$  ( $p_{cd}$  为地层坍塌压力下限),换算成当量钻井液度为:

$$\rho_w = \frac{p_{cd} a_i}{gH} \quad (10)$$

所以我们在实际的设计工作中应当注意将预测的地层的坍塌压力和孔隙压力进行对比,如图 10,

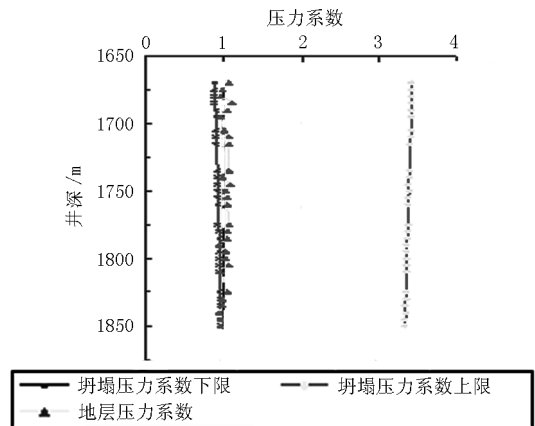


图 10 贝 35 井坍塌压力分析

尤其是在地质情况复杂,纵向、横向非均质性强的地块一定要综合考虑它们的关系,确保钻井施工的顺利进行。

#### 4 海拉尔地区安全钻井液密度窗口的确定

将黄荣樽模型计算的破裂压力、莫尔-库仑模型计算的坍塌压力和地层压力等确定的钻井液密度列于表9,综合分析得出钻井液安全密度范围。在施工中只要保障不超出莫尔-库仑法确定的下限,井壁就不会出现坍塌;和黄荣樽法破裂压力法确定的上限,井壁就不会出现破裂的现象。最终实现安全快速钻井。

表9 贝40井压力梯度数据表  $/(MPa \cdot m^{-1})$

井深 /m	坍塌压力梯度	地层压力梯度	破裂压力梯度	苏区破裂压力梯度	海拉尔盆地破裂压力梯度
1805	0.593535	1.020580	2.008401	1.925434	1.906185
1810	0.594226	1.021189	2.007705	1.927218	1.907571
1815	0.594916	1.021797	2.007011	1.928993	1.908950
1820	0.595605	1.022404	2.006320	1.930758	1.910322
1825	0.596293	1.023009	2.005630	1.932513	1.911686
1830	0.596980	1.023613	2.004943	1.934259	1.913042
1835	0.597666	1.024215	2.004257	1.935995	1.914391
1840	0.598351	1.024817	2.003574	1.937722	1.915733
1845	0.599034	1.025417	2.002893	1.939439	1.917068
1850	0.599717	1.026016	2.002214	1.941147	1.918395
1855	0.600399	1.026613	2.001537	1.942846	1.919715
1860	0.601079	1.027209	2.000862	1.944536	1.921028
1865	0.601758	1.027804	2.000189	1.946217	1.922334
1870	0.602437	1.028398	1.999518	1.947888	1.923633
1875	0.603114	1.028991	1.998849	1.949551	1.924925
1880	0.603790	1.029582	1.998182	1.951205	1.926210
1885	0.604466	1.030172	1.997517	1.952850	1.927489
1890	0.605140	1.030761	1.996854	1.954487	1.928760
1895	0.605813	1.031348	1.996193	1.956114	1.930025
1900	0.606485	1.031935	1.995535	1.957734	1.931284
1905	0.607156	1.032520	1.994877	1.959344	1.932535
1910	0.607826	1.033104	1.994222	1.960947	1.933780
1915	0.608495	1.033686	1.993569	1.962541	1.935019
1920	0.609163	1.034268	1.992918	1.964126	1.936251
1925	0.609830	1.034848	1.992269	1.965704	1.937477
1930	0.610496	1.035428	1.991621	1.967273	1.938696
1935	0.611161	1.036006	1.990976	1.968834	1.939909
1940	0.611825	1.036582	1.990332	1.970387	1.941116

将表9回归数据绘制曲线图11。

由图11中可以看出,贝40井的坍塌压力应用莫尔-库仑法确定的钻井液密度下限大小较接近  $0.7 g/cm^3$ ,地层压力确定的钻井液密度值接近  $1.1 g/cm^3$ ,但和预测贝16井使用的钻井液密度仍然存在一定差距。由破裂压力确定的钻井液密度上限很大,贝40井黄荣樽法预测破裂压力各点大约在  $2.0$

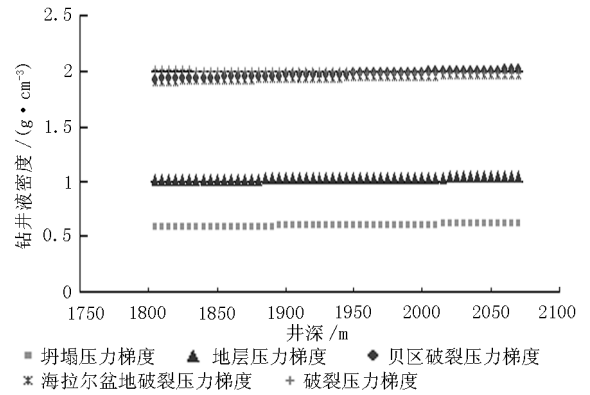


图11 海拉尔贝40井的3个压力剖面

$g/cm^3$ 左右;现场施工使用破裂压力钻井液密度随深度变化斜率较小,贝40井预测值在接近2070m处与现场施工使用破裂压力确定的密度上限相交。所以为保证安全钻井,防止井壁坍塌和破裂,应选择在贝40井地层压力确定钻井液密度值为下限和贝40井破裂压力确定的钻井液密度上限确定钻井液密度范围,即  $1.0 g/cm^3 < \rho_w < 2.0 g/cm^3$ 。

#### 5 结论

钻井过程中,确定合理的钻井液密度是十分重要的。本文以现场资料为基础,以理论分析为依据,深入分析海拉尔地区钻井液密度随深度变化关系。论文所得出的结论具体如下:

(1)在海拉尔地区,利用等效深度声波时差法计算地层压力具有相当精度,其误差为1%~5%;破裂压力的预测方法中黄荣樽法精度最高,而坍塌压力预测莫尔-库仑坍塌压力模型最好。

(2)本文利用常规测井资料、水力压裂资料及邻井资料,建立了海拉尔油田贝区块的3个压力剖面(如图11)。该剖面可为新井井身结构设计和钻井液密度图版的确定提供技术基础。

(3)贝区的安全钻井液密度窗口,范围为:  $1.0 g/cm^3 < \rho_w < 2.0 g/cm^3$ 。对照贝区已钻井使用钻井液密度资料,本文确定的安全钻井液密度范围合理。所以根据本文所确定的密度范围,可为现场施工钻井液密度确定提供依据,并可有效地解决由压差造成的井壁不稳定问题。

#### 参考文献:

- [1] 裴泽楠,等.低渗透油层开发模式[M].北京:石油工业出版社,1988.
- [2] 韩文功.利用地震资料预测地层压力[J].石油物探技术,1988,(2).