

阿姆河右岸高压盐膏层钻井技术概况

张 健 (中国石油川庆钻探国际工程公司, 四川 成都 610051)

摘要: 高压盐膏层, 特别是深井盐膏层钻井工艺是世界性技术难题。由其引起的井下复杂情况和诱发的各种井下恶性事故, 对钻井工程危害极大。土库曼斯坦阿姆河右岸东部构造盐膏层其压力系数高, 埋藏深、温度高, 硫化氢含量高, 以及其塑性蠕变, 地层的非均质性, 在钻井过程中常常引起卡钻, 埋钻, 断钻具等工程事故, 施工风险极大。针对这些技术难点, 本文结合现场实际钻探情况, 结合地质、钻井液在高压盐膏层安全钻进的应用, 分别针对钻头选型、钻井参数优化、钻具组合方面, 提出了适合阿姆河右岸 C 区高压盐膏层安全钻进的建议。

关键词: 高压盐膏层; 钻头选型; 钻井参数优选

1 阿姆河 C 区高压盐膏层地质岩性特点

1.1 地质情况简要

阿姆河东部构造位于基萨尔山前冲断带由于受新构造运动的影响。该构造带主要呈北东—南西向展布, 由于逆断层和挤压褶皱发育, 形成时间又较晚, 现今局部构造较复杂。基末利阶远分“上、中、下”石膏层和“上、下”盐层及伽玛泥岩层, 其岩性组合标准较为清晰, 有着明显的界面。

其中上石膏段为膏质泥岩和泥质石膏, 吸水性及可塑性较好。上盐层 BC 为巨厚层状盐岩夹薄层石膏、膏盐岩, 可钻性好。中石膏为纯石膏和含灰石膏, 性硬, 吸水易膨胀, 可钻性差。下盐层位盐岩夹薄层石膏, 其中下部石膏灰质较重, 可钻性较好。下石膏多为灰质石膏, 是 GAP 层的过度带, 部分有含气显示。该层基末利阶局部构造较复杂, 一方面石膏盐岩软硬交错, 对钻井井斜控制有很大隐患, 另一方面盐膏层的垮塌和塑形流动变形, 都极易造成井斜, 卡钻, 套管挤毁等工程事故。

1.2 高压盐膏层存在对钻井工程的危害

高压盐水层在其形成过程中, 形成了独特的复杂的地质特点, 给钻井工程造成了很大的危害:

①石膏在沉积过程中受高温、高压作用, 发生脱水反应, 钻开前具有硬石膏性质, 钻开后, 硬石膏吸水膨胀, 导致井眼缩径, 井壁脱落、掉块;

②盐层蠕变缩井, 井深、高温条件下的蠕变速度高达卡死钻具程度;

③钻开盐膏层时间长, 随着钻开盐层时间的增加, 盐层蠕变也随着增大;

④石膏层钻进, 扭矩大, 钻具疲劳程度大;

⑤盐膏层固井难度大, 井眼几何形状不好, 钻井液密度高, 顶替效率难提高。

1.3 阿姆河东部区块高压盐膏层地质构造特点

本区域盐层厚度大, 区域上局部构造含高压盐水, 处在西南吉萨尔冲断带前缘, 一方面基莫利阶盐层以上构造断裂系统十分发育, 大大的增强了基莫利阶盐层高压盐水的活跃程度; 另一方面该山于该地层倾角相对其他区域大, 更易造成井斜, 盐膏层的垮塌和塑形流动变

形。

2 高压盐膏层施工的难点

①石膏在沉积过程中受高温、高压作用, 发生脱水反应, 质硬, 钻开后, 硬石膏吸水膨胀, 导致井眼缩径, 井壁脱落、掉块。而盐岩相对可钻性好, 在石膏和盐岩的交错的地层中, 岩性频繁变化不仅易斜, 还易形成“糖葫芦”井眼, 起下钻及划眼过程中的卡钻风险大;

②石膏可钻性较差, 受温度、压差、浸泡时间等影响产生缩径, 盐层蠕变在高温、高压条件下的蠕变速度高达卡死钻具程度;

③钻开盐膏层时间长, 随着钻开盐层时间的增加, 盐层蠕变也随着增大;

④石膏层钻进, 扭矩大, 钻具疲劳程度大, 容易发生断钻具事故;

⑤盐膏层固井难度大, 井眼几何形状不好, 钻井液密度高, 顶替效率难提高。

3 优化钻井参数工艺措施

3.1 个性化钻头选型

3.1.1 个性化 PDC 钻头选型

盐膏层钻进, 优选钻头, 重点强调攻击性, 井底工作稳定, 穿硬石膏能力强, 在高温条件下复合片不易产生龟裂和脱落, 抗研磨能力突出, 以增加其切削能力和使用寿命。齿布局方面优先考虑有保径齿, 中心喷嘴, 修边齿设计, 倒划眼设计, 钻压和转速调节范围大的五刀翼 16-19mm 大复合片的钢体 PDC 钻头。如四川钻采研究院的实验 PDC 钻头 CAS5193, 惠灵丰 HM5163SBI, 川克 GS605FHG、百施特 MS1952SS 等。都获得了较好的机械钻速和较长的纯钻时间, 经济效益较好。

3.1.2 牙轮钻头的选择

牙轮钻头方面: 重点考虑金属密封的江汉钻头厂, 带特别保径和掌背强化、抗研磨性好的短齿钻头, 防止在硬地层发生断齿现象, 保证其较长的工作时间和在井底的工作稳定性。如 HJT517G 等。

3.1.3 阿姆河盆地东部区块盐膏层 PDC 钻头对比分析

通过几口井的对比发现, 贝壳休斯, 川克, 迪普, 百施特的钻头在钻穿盐膏层时均采用五刀和六刀翼 PDC 钻头, 在钻穿盐膏层段时平均机械钻 1.15m/h, 四川钻

采科技主要采用布齿合理与攻击性强的钻采科技五刀翼大复合片 CAS5193 钻头实现单只钻头穿越整个盐膏层, 钻头稳定性高, 能较好的应对硬石膏层, 软石膏层, 及盐岩层的复杂地层, 尤其在软硬交错的地层显示出了较强的适应性。

3.2 钻进参数优化

3.2.1 东部区块盐膏层钻井参数原则及应用

①盐膏层钻进, 参数根据钻遇的地层特点适当的调整参数, 石膏段地层比较硬, PDC 钻头钻进可适当钻压, 高转速进行钻进;

②推荐参数: 钻压: 60~80kN, 转速: 80~100rpm, 排量: 35~40L/s, 在盐层可适当控制钻压, 控制钻时在 10min 以内, 防止井斜, 采取吊打的方式钻过盐膏层推荐参数: 20~40kN, 转速: 80~90rpm, 排量: 35~40L/s, 特别是在盐膏层含灰质条带的易漏地层考虑采用更低的排量, 保证基本携砂, 排量可在 25L/s 左右, 防止过大的循环压耗而压漏地层, 同时细化钻井技术措施。

3.2.2 优化钻井参数应用技术措施

①用牙轮钻头钻套管附件并钻进 10m。低压慢转, 反复划眼, 防止碰撞套管, 防斜打直, 研磨附件, 起钻前充分循环, 确保井底干净, 为 PDC 入井创造良好条件;

② 311.2mm 井眼石膏与盐层呈不等厚互层, 针对夹层较多的特点, 为解决由于长时间泥浆浸泡带来的石膏层水化膨胀导致缩径和盐层溶解等问题, 快速钻进是关键。为控制卡钻风险, 减小处理难度, 坚持采用“先成型、再修复”的技术措施, 不带扶正器进行钻进;

③纯盐层钻进, 不易采用喷射钻井, 防止高喷射钻井, 在盐层形成大肚子。钻具结构采用光钻铤, 不加扶正器;

④通过摸索该区块盐层蠕变和石膏缩径规律, 坚持每 150~200m 或 3~4 天进行倒划眼短程起下钻, 有意识进行井壁修复。盐层钻进控制钻速, 每米钻时控制在不少于 10min; 每钻进 3~5m 上提划眼一次, 每钻进立柱, 上下拉划不少于两次, 即“打一提二划三”的工艺措施, 防缩井, 及时修整井眼;

⑤泵压力争达到 20~22MPa, 尽可能提高钻井排量, 为保护钻具, 调节好钻压和转速, 控制钻井扭矩不大于 15kN.m;

⑥做好防卡工作。接立柱前整柱循环拉划, 晚停泵早开泵, 接立柱后先转动钻具, 起下钻和划眼过程中严格控制速度, 防止遇阻卡吨位过大, 造成卡钻。

4 钻具组合优选

4.1 盐膏层段防斜打直

盐膏层地质特点对于井斜影响、岩性交替变化的影响。

阿姆河东部构造盐膏层段, 上部大段纯盐层, 岩性单一, 防斜打直提供较好的地质条件; 中石膏层段夹含盐层, 薄层灰岩等, 地层软硬交错面容易产生井斜。

4.2 盐膏层钻进防斜技术措施

①钻铤直径要大, 钻铤外径与井眼之间的间隙要小, 既增加了钻柱刚度, 又减少了钻头偏斜角, 有利于防斜; 综合考虑盐膏层岩性蠕变、塑性变形特点, 选择最大钻铤尺寸为 8" 钻铤, 为了提高下部钻柱的刚性强度及自重, 钻具组合中选择了 3 柱 8" 钻铤;

②钻压要适当。吊打, 即在一次弯曲临界压力以内钻进, 是可以把井打直的, 但机械钻速太慢, 经济上不合算, 只有在纠斜钻进时才有适用价值。为了加快钻速, 只有将钻压控制在二次弯曲临界钻压以上, 才可以减少钻头的造斜力;

③塔式钻具组合: 即外径不同的两种或两种以上钻铤的组合。这种钻具组合的特点是下部钻具的重量大, 刚度大, 重心低, 钻铤柱重心要低于全部钻铤长度的 1/3。与井眼的间隙小, 一方面能产生较大的钟摆力来防止井斜, 另一方面是稳定性好, 有利于钻头的平稳工作, 同时又留有较畅通的钻井液返回流道, 在 NA-2 井深井盐膏层钻进得到很好地应用。

4.3 盐膏层钻具组合优选

盐膏层钻进尽量简化钻具组合, 普遍的钻具组合都采用了塔式钻具组合, 降低钻具井下风险; 采用“ $\phi 311.2\text{mm}$ PDC+630*630 浮阀+ $\phi 203\text{mm}$ 钻铤 3 柱+631*410 转换接头+ $\phi 177.8\text{mm}$ 钻铤 2 柱+ $\phi 127\text{mm}$ 钻杆”, 不带稳定器的钻具组合, 同时控制好钻井参数。上部盐层钻时较快, 控制好钻压, 防斜打直。

5 认识及建议

①针对硬石膏层地层钻进, 目前土库曼斯坦分公司所采用的几个厂家钻头, 在该层段差别不明显, 硬石膏层的钻速更大的取决于地层岩性的特点, 但是在石膏层角软层段中, 四川钻采科技的五刀翼大复合片 (19mm) 钻头 CAS5193 对地层适应性好, 特别是在应对软石膏层, 及盐岩层的复杂地层, 尤其在软硬交错的地层显示出了较强的适应性;

②以提高钻速, 减少井下钻具复杂为主, 优化钻具组合。采用“ $\phi 311.2\text{mm}$ PDC+630*630 浮阀+ $\phi 203\text{mm}$ 螺旋钻铤 3 柱+631*410 转换接头+ $\phi 177.8\text{mm}$ 螺旋钻铤 2 柱+ $\phi 127\text{mm}$ 钻杆”塔式钻具组合, 适应盐膏层钻井, 能防斜打直, 有效降低井下事故;

③针对 CAS5193 钻头, 石膏层段采用低钻压, 高转速, 大排量更能有效的发挥钻头的稳定性和攻击性, 获得较高的机械钻速和良好的经济效益;

④通过该区块几口井盐膏层钻井施工, 总结出的一套在该构造上施工时钻头选型, 钻具组合, 钻井参数优化的规律。

参考文献:

- [1] 中国石油勘探与生产分公司工程技术与监督处. 钻井监督 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
- [2] 蒋祖军, 郭新江, 王希勇. 天然气深井超深井钻井技术 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2011.