

牛热四井膏泥岩钻井液技术

王勇军, 赵长亮, 郑宇轩, 夏秋田

(山东省鲁北地质工程勘察院, 山东 德州 253015)

摘要:牛热四井位于河北省固安县牛驼镇, 钻井施工中在下第三系钻遇厚度达 300 m 的膏泥岩地层, 通过加强钻井液质量管理, 使用铁铬盐、CMC、磺化沥青、聚丙烯酸钾、火碱等处理剂调节钻井液性能, 成功地解决了膏泥岩地层遇水膨胀垮塌的问题, 在膏泥岩钻井液技术方面积累了宝贵的经验。

关键词:膏泥岩; 钻井液; 地热钻井

中图分类号:TE249; TE254 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)03-0033-02

Drilling Fluid Technology for Gypsum Mudstone in Well Niure 4/WANG Yong-jun, ZHAO Chang-liang, ZHENG Yu-xuan, XIA Qiu-tian (Shandong Lubei Institute of Geological Engineering Investigation, Dezhou Shandong 253015, China)

Abstract: The well Niure 4 is located in Niutuo Town, Gu'an County of Hebei Province. The well drilling construction was carried in the Eugene and drilled to the gypsum mudstone stratum with the thickness of 300m. Through strengthening management of drilling fluid quality, the drilling fluid performance was adjusted by ferric chromic salt, CMC, sulfonated asphalt, polyacrylic acid potassium and alkali; water-swellable collapsing in mudstone stratum was successfully resolved.

Key words: gypsum mudstone; drilling fluid; geo-thermal drilling

1 工程概况

牛热四井位于河北省固安县牛驼镇, 地理坐标(北京系) X: 20442727, Y: 4348303。在地质构造上位于牛驼镇凸起向廊固凹陷过渡的牛北斜坡之上, 其地层南抬北倾, 牛驼镇凸起是冀中拗陷北部的一个早第三纪长期隆起形成的正向构造单元, 南为武清霸县断凹, 北及西为廊坊断凹。牛驼镇断凸基岩顶面埋深最浅仅 700 m, 向北逐渐加深, 4000 m 深度等值线圈闭面积 1100 km²[1]; 断凸内幕为北北东或北东倾的单斜; 顶面地层自南而北由老变新, 依次为: 长城系、蓟县系、青白口系、寒武系、奥陶系、下第三系沙河街组及孔店组、上第三系明化镇组、第四系平原组。

设计井深为 3500 m, 实钻深 3508 m, 井身结构设计为四开三固井, 完井方式为裸眼完井。

2 出现的问题及分析

2.1 出现的问题

二开设计深度为 2650 m, 在钻进至 2164 m 时, 返出岩屑突然增多, 钻井液变稠, 返出岩屑中出现大量白色石膏, 含量超过 50%, 根据返出岩屑形状判断井壁有坍塌现象。现场测量钻井液性能: 漏斗粘度 57 s、密度 1.18 g/mL、失水量 35 mL/30 min、pH

值 6.5、泥皮厚度 2.0 mm。随着钻井的进行, 钻井液越来越稠, 返出岩屑越来越多, 石膏含量亦越来越高。钻进至 2179 m 时井壁出现恶性垮塌, 起钻停泵后井眼随即被填满, 在短起钻后下至 2165 m 即遇阻, 扫孔至 2179 m 后再次短起钻, 到 2165 m 又遇阻, 扫孔进度与正常钻进相差无几, 给钻井施工带来了极大的风险。

2.2 原因分析

针对这一情况, 我们从物理和化学 2 个方面对膏泥岩井壁失稳进行了分析。

(1) 石膏在沉积过程中受高温、高压的作用, 发生脱水反应, 在井眼钻开前其具有硬石膏的性质, 井眼钻开后, 石膏吸收钻井液中的水后膨胀, 而钻井液密度较低, 不能平衡其膨胀压力, 导致井眼缩径, 充填在泥页岩裂缝中的硬石膏吸水后则导致井壁泥页岩剥落垮塌[2]。

(2) 在钻进膏泥岩地层时, 所使用钻井液为细分散淡水体系, 钻井液性能差、矿化度低。根据化学平衡的原理, 地层中的钙离子侵入钻井液中, 钙离子的大量侵入破坏粘土颗粒结构, 使钻井液失水量增加, 进一步加大了石膏的吸水膨胀, 形成恶性循环[3]。

根据这一机理分析得出, 引起孔壁不稳的主要

收稿日期: 2010-10-14; 修回日期: 2011-02-18

作者简介: 王勇军(1984-), 男(汉族), 四川仪陇人, 山东省鲁北地质工程勘察院助理工程师, 岩土钻掘专业, 从事地热钻井生产管理与技术工作, 山东省德州市德城区德兴中大道 1272 号, wyjcd511@sina.com。

因素是钻井液的性能不能满足地层需要,钻井液失水量大、密度低,钻井液和地层之间既没有达到化学平衡也没有达到力学平衡。

3 钻井液技术措施

3.1 钻井液体系选择

根据石膏吸水膨胀的特性,钻井液体系应为高矿化度、高密度的抑制性钻井液^[4]。基于现场条件和施工成本的考虑,并不具备采用高矿化度、高密度抑制性钻井液的条件,因此只有选择合适的处理剂调整钻井液的性能,以适应膏泥岩钻进的需要。

经综合分析,我们选用了铁铬盐—CMC—磺化沥青钻井液体系,并配以聚丙烯酸钙、KHm、火碱、重晶石粉等处理剂。以铁铬盐作为降粘降失水剂,CMC作为降失水剂,磺化沥青作为防塌剂,聚丙烯酸钙作为包被稳定剂,火碱调节钻井液pH值,重晶石粉调节泥浆密度,共同维持钻井液的性能,以满足钻井需要。

3.2 钻井液配制

钻井液中主要处理剂加量为:铁铬盐5%、CMC 2%(低粘)、磺化沥青3%、火碱0.5%、聚丙烯酸钙1%,同时加入一定的消泡剂消泡(铁铬盐加入钻井液中起泡)、适量的重晶石粉提高钻井液的密度。通过循环钻井液使其性能均匀分散。处理后钻井液性能为:漏斗粘度39 s,密度1.26 g/mL,失水量5 mL/30 min,pH值10.5,泥皮厚度0.8 mm。

3.3 钻井液维护

钻进中将铁铬盐、CMC、磺化沥青、火碱、水,按15:8:10:3:200的比例配制混合溶液^[4],均匀的加入钻井液中,日加量控制在钻井液总量的5%左右,以补充钻进过程中处理剂的消耗,维持钻井液的性能,同时运用三级固控设备,严格控制钻井液中固相含量;加强钻井液质量管理,每2 h检测一次钻井液性能,确保入井钻井液性能符合要求,钻井液性能参数控制如下:漏斗粘度36~48 s,密度1.24~1.27 g/mL,失水量4~8 mL/30 min,pH值10~11,泥皮厚度0.6~1.0 mm。

4 施工过程及问题处理

4.1 施工过程

调整钻井液性能后,顺利扫孔至2179 m,未再发生井壁恶性垮塌事故。随着钻进的进行上返岩屑逐渐减少,到2190 m后上返岩屑恢复正常,井壁恢复稳定,直到钻进至2465 m,揭穿下第三系膏泥岩

地层,未再有井壁较严重失稳的现象出现。钻进过程中也出现了钻井液起泡严重、变稠等问题,经过及时妥当的处理,均得到了成功的解决,保证了钻井施工安全顺利进行,二开顺利钻进至2650 m完钻。测井结果显示,膏泥岩井段井径变化率小于7%,井眼比较规则,满足了设计要求(8%)。

4.2 问题处理

(1)钻进至2230 m时钻井液起泡严重,钻井液密度由1.26 g/mL下降至1.15 g/mL、pH值由10.5下降到8.5、失水量由6 mL/30 min上升至11 mL/30 min。从返出岩屑判断,井壁有掉块现象,现场研究决定立即加入消泡剂消泡,添加处理剂调整钻井液性能。处理剂配方为3%的CMC和磺化沥青碱液,同时加入火碱调节钻井液pH值、加入重晶石粉加重钻井液,最终钻井液中气泡得到控制,调整后钻井液性能参数为:失水量6 mL/30 min、pH值10.5,密度1.24 g/mL,满足了钻井施工要求,井内也再未有掉块现象。

(2)钻进至2315 m时,钻井液开始变稠,流动性变差,到2330 m时钻井液流动性变得非常差,影响正常循环。现场检测结果显示:钻井液漏斗粘度由43 s上升至79 s,泥皮厚度由1.0 mm增加至2.0 mm,失水量也略有上升,pH值由10.5下降至9.5,密度亦略有增加。研究分析,钻井液变稠主要是此段地层泥质含量较高,导致钻井液中粘土含量增加,在大量钙侵的情况下,形成较强的结构,使钻井液变稠。研究决定加入铁铬盐5%、磺化沥青1%、火碱0.2%、KHm 1%、纯碱0.3%的混合溶液稀释泥浆,混合溶液加量达10%(此处使用KHm作为降失水剂而非CMC,主要是考虑CMC在此钻井液体系中有提粘和分散的作用,不利于钻井液降粘,而KHm不但具有防塌降失水作用,亦具有降粘和改变钻井液流动性的作用^[5],故在失水量不需要作很大调整的情况下选用KHm)。经过循环调整,钻井液性能参数如下:漏斗粘度46 s,泥皮厚度1.2 mm,pH值10,失水量6.5 mL/30 min,密度1.26 g/mL,成功地解决了钻井液变稠的问题。

5 总结与建议

(1)牛热四井采用铁铬盐—CMC—磺化沥青钻井液体系顺利穿过了厚达300 m的膏泥岩地层,取得了巨大的成功。同时也还存在一些问题,例如该体系钻井液为细分散体系,其抑制性、抗侵污的能

(下转第37页)

$$Q_T = 10^{-3} (\pi/4) d_0^2 [L - 1.27 \times 10^3 V / (D_p^2 - d^2 + d_0^2)] + Q_b$$

式中: Q_T ——替浆水用量, L; d_0 ——钻杆内径, mm; L ——注浆孔底的深度, m; d ——钻杆外径, mm; Q_b ——地面水泵、吸水管、送水管的内容积, mm³。

4.3.1.3 计算水泥用量

$$Q_c = 3V / (1 + 3\lambda)$$

式中: λ ——水灰比, 取 0.5。

速凝剂选用 2.5% CaCl₂ (水泥重的比例)。

4.3.2 水泥浆灌注

为防止灌注水泥浆过程中将钻杆埋入孔内, 仍采用小一级钻具扫入孔底后, 直接灌注, 要充分估计到坍塌后“空腔”容积, 注浆量要足量。

4.4 透孔后恢复钻进

候凝 36 h 后, 使用正常钻进钻具透孔后正常进尺。如果现场具备下套管条件, 也可在坍塌物冲扫干净后, 直接下入套管, 再换径正常钻进。

5 结论

(1) 该加重泥浆密度和粘度较大, 悬浮岩屑能力较强, 自身净化能力较差, 因此岩粉含量较高, 加

之重晶石粉等影响, 因此, 一般循环 24 h 后要全部更新, 穿过该复杂层后即去掉水玻璃和重晶石粉, 转换为正常钻进护壁冲洗液, 以免冲刷破坏孔壁, 损坏泥浆泵易损件、缸体等。

(2) 冲扫坍塌孔段中, 灌注水泥浆前, 必须使用比正常钻进时小一级口径钻具, 保证未被磨耗的较大颗粒岩屑能顺畅排出孔外, 防止挤夹钻具, 滋生埋钻事故。

(3) 冲扫坍塌物过程中, 除旧的坍塌物外, 仍有部分新的坍塌物, 这是正常现象, 因此要连续反复冲扫, 特别要严格执行冲洗液回灌措施, 为维护孔壁平衡创造条件。

(4) 该防治措施先后在矿区 ZK557、ZK477 钻孔复杂孔段施工中取得了成功, 为以后防治该类复杂地层提供了有效借鉴。

参考文献:

- [1] 王文臣. 钻孔冲洗与注浆[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1996.
- [2] 汤凤林, 等. 岩心钻探学[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 1997.

(上接第 34 页)

力、稳定性较差, 给钻井液性能的维护带来了很大的困难。在此类地层中如使用盐水抑制性钻井液会有更好的效果。

(2) 此井钻井液技术大致可总结为“两个控制一个调节”。两个控制是: 对水的控制, 尽量降低泥浆的失水, 减轻石膏吸水膨胀及对地层的水化作用; 对钻井液-地层系统压力平衡的控制, 尽量使用钻井液柱压力平衡地层压力及石膏地层吸水产生的膨胀压力。一个调节是: 调节钻井液的 pH 值, 使钻井液具有良好的性能, 处理剂发挥更大的作用。

(3) 钻井液的维护过程中要注意其粘度的控制和 pH 值的调节。在石膏侵入钻井液时, Ca²⁺ 会使钻井液中粘土颗粒形成一定的结构, 从而使钻井液粘度增加, 伴随钻进的进行钻井液会越来越稠; 与此同时其电离的 SO₄²⁻ 会降低钻井液的 pH 值。此钻井液体系中添加的铁铬盐水溶液亦为弱酸性, 而大多数处理剂需要在碱性环境下才能发挥作用^[4]。

所以在施工过程中应注意调节钻井液的粘度和 pH 值, 加强钻井液质量管理, 以确保钻井液的性能。

(4) 随着国内地热能的不断开发利用, 地热钻井施工将会越来越多, 所钻遇的地层亦会越来越复杂。地热钻井施工中应更加重视钻井液的研究和应用, 认真掌握钻井液技术, 严格控制钻井液质量, 并作出充分、合理、有效的预警方案, 及时处理突发情况, 保证钻井施工安全顺利进行。

参考文献:

- [1] 田京振, 李砚智. 河北省牛驼镇地热田钻探工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 31(8).
- [2] 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.
- [3] 黄汉仁, 等. 泥浆工艺原理[M]. 北京: 石油工业出版社, 1981.
- [4] 武汉地质学院, 等. 钻探工艺学(中册)[M]. 北京: 地质出版社, 1981.
- [5] 乌效鸣, 胡郁乐, 等. 钻井液与岩土工程浆液[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 2002.