

# 莱州纱岭矿区深孔复杂地层钻进冲洗液技术

田国亮, 王伟杰, 李绪大

(山东省第六地质矿产勘查院, 山东 招远 265400)

**摘要:** 山东省莱州市纱岭矿区地层复杂破碎, 岩石硬度高, 岩石的可钻性级别在 7~9 级, 属于较典型的“硬、脆、酥、漏、碎”复杂地层, 钻进极其困难。通过对冲洗液进行一系列的探索和测试, 改良了配方, 提高了钻进效率, 减少了孔内事故, 实现了安全生产, 提高了经济效益。在该矿区已施工钻孔 117 个, 总工作量 180795.10 m, 平均孔深达 1545.26 m, 最深孔深达 2117.70 m。

**关键词:** 复杂地层; 深孔; 冲洗液; 莱州纱岭矿区

**中图分类号:** P634.6      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1672-7428(2015)05-0008-04

**Drilling Fluid Technology of Deep Hole in Complex Formation of Shaling Mining Area/TIAN Guo-liang, WANG Wei-jie, LI Xu-da** (Shandong Provincial 6th Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Zhaoyuan Shandong 265400, China)

**Abstract:** Drilling operation is very difficult in Shaling mining area in Laizhou of Shandong Province, where the drillability grade is 7~9, this typically complex formation is hard, brittle, loose, leakage and broken. Through a series of exploration and tests of the drilling fluid, flushing fluid formula was optimized to improve the drilling efficiency and reduce downhole accidents with safe production and high economic benefits. 117 holes have been completed in this mining area, the total drilling footage is up to 180795.10m with average depth of 1545.26m, and the deepest hole is 2117.70m.

**Key words:** complex formation; deep hole; flushing fluid; Shaling mining area of Laizhou

## 1 矿区地层简况

莱州市纱岭矿区位于莱州市北东部, 距离市区直线距离约 27 km, 位于莱州市金城镇与朱桥镇境内, 北起南吕北西、南至后陈北, 工作范围南北长约 4 km, 东西宽约 2.2 km。区内地层复杂破碎, 以 304 线最有代表性, 现以 304ZK807 孔为例介绍地层情况。

(1) 0~30 m, 地层为新生代第四系地层 ( $Q_4^{alp}$ ), 均为第四系松散堆积物, 呈盖层状分布。由灰褐色亚粘土、砂质亚粘土和含砾砂组成的残坡积、冲洪积物组成。见图 1。

(2) 30~900 m, 为马连庄组合变辉长岩与玲珑岩体二长花岗岩。相对较完整。见图 2。

(3) 900~1950 m, 为绢英岩化花岗岩及绢英岩化变辉长岩。夹杂花岗质碎裂岩及变辉长岩质碎裂岩。较破碎。见图 3。

(4) 1950~2117.70 m, 变辉长岩, 断裂带具有明显的高岭土化、绿泥石化, 局部岩石十分破碎。见图 4。



图 1 第四系岩心

## 2 钻探难点

(1) 上部地层松散, 胶结性差, 易发生坍塌、缩径等现象。

(2) 坚硬地层钻头打滑, 进尺慢, 影响钻进效率。

(3) 深孔泵压高, 钻孔内液柱压力大, 易发生漏失、涌水等情况。

(4) 破碎地层易堵, 回次进尺短, 钻头寿命短。

收稿日期: 2015-03-20; 修回日期: 2015-05-04

基金项目: 中国地质调查局项目“山东省矿产资源潜力评价”之“山东省金、银矿资源潜力评价”(编号: 1212010881607)

作者简介: 田国亮, 男, 汉族, 1987 年生, 助理工程师, 从事小口径钻探冲洗液研究工作, 山东省招远市金城路 126 号, Lytk02@126.com。



图 2 完整地层岩心



图 3 破碎地层岩心



图 4 破碎、坍塌地层岩心图

(5) 深孔岩粉携带不畅, 容易造成孔内事故。

矿区内总共完成钻孔 117 个(其中水文孔 2 个), 总工作量 180795.10 m, 其中岩心破碎比较严重的钻孔有 53 个, 全部存在不同程度的漏失情况, 多数钻孔出现掉块、坍塌情况。该矿区钻孔设计要求以 75 mm 孔径终孔, 其余严格按钻探施工六大指标执行。

### 3 冲洗液使用依据

该矿区使用小口径绳索取心钻进工艺。冲洗液使用的基本依据是针对各种地层的钻进特性(是否稳定、是否坍塌、是否漏失、是否破碎等)来使用。只有彻底地摸清地层特征, 才能针对性地做好冲洗

液设计。我们根据纱岭矿区地层特点对冲洗液做了测试分析。冲洗液材料样品(见图 5), 常用材料有增粘降失水护壁类的广谱护壁剂 I 型、II 型、III 型、IV 型及白土粉等; 降粘降失水类的磺化褐煤树脂; 加重材料有白土粉、超细石灰石粉、重晶石等; 增粘类有聚丙烯酰胺等。堵漏剂有高粘堵漏剂、复合堵漏剂、单向压力封闭剂、瞬间堵漏剂、膨胀堵漏王等; 防塌类有防塌解卡剂、高粘防塌剂等。实验室冲洗液测试仪器(见图 6), 冲洗液性能测试(见图 7~10)。针对高岭土化严重的地层要求严格控制冲洗液滤失量, 一般维持在 6~8 mL/30 min 之间; 破碎、掉块地层需要把冲洗液粘度适当提高, 一般要求在 28~30 s; 冲洗液 pH 值控制在 8~10 之间, 必要时可以加  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  进行调节。



图 5 冲洗液材料样品



图 6 冲洗液测试仪器

(1) 稳定地层: 指的是不缩径、不掉块、冲洗液长时间浸泡孔壁仍能保持较稳定的一类地层。稳定地层对冲洗液的要求是有较强的携带岩粉能力, 可采用无固相冲洗液。

(2) 掉块地层: 破碎地层、水敏性地层都属于这一类地层。孔壁掉块后形成超径, 使掉块和岩屑不能顺利带出孔外, 导致提下钻遇阻, 易发生事故。这种情况下需要调整冲洗液的密度、粘度、失水量等,





图 7 冲洗液滤失量测试



图 8 冲洗液粘度测试



图 9 冲洗液流变性测试

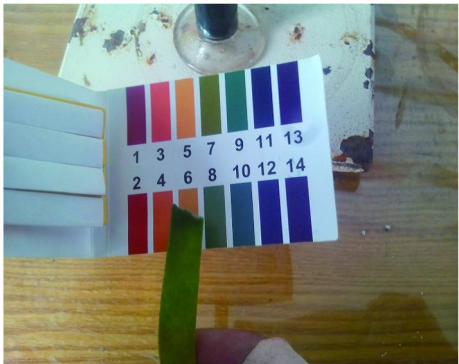


图 10 冲洗液 pH 值测试

液柱压力大于地层压力的情况下,就发生了孔漏;二是孔内掉块多,岩粉多,泵压高,出现地层压漏。

4 矿区冲洗液的使用方案

4.1 开孔钻进用冲洗液配方

该矿区上部覆盖有第四系松散地层,采用优质膨润土配置冲洗液,主要以护壁为主。5% 膨润土 + 0.5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  + 0.5%  $\text{Na}-\text{CMC}$  冲洗液体系。经测试其性能指标为:固相含量 0.8%;冲洗液滤失量 12 mL/30 min;含砂量  $\leq 0.8\%$ ;pH 值 8 ~ 10;表观粘度 20  $\text{mPa}\cdot\text{s}$ ;塑性粘度 16  $\text{mPa}\cdot\text{s}$ ;静切力 2 ~ 4 Pa,动切力 2 ~ 3 Pa。快速穿过,下入套管封隔即可。

4.2 稳定地层冲洗液配方

其配方为:水 + 0.2% PHP + 0.5% ~ 1% 广谱护壁剂(GSP)。经测试其性能指标为:冲洗液粘度 20 ~ 25 s;冲洗液密度 1.03 ~ 1.05  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;固相含量 0.8%;冲洗液滤失量 10 ~ 14 mL/30 min;含砂量  $\leq 0.5\%$ ;pH 值 8 ~ 10;表观粘度 16  $\text{mPa}\cdot\text{s}$ ;塑性粘度 12  $\text{mPa}\cdot\text{s}$ ;静切力 2 ~ 4 Pa,动切力 2 ~ 3 Pa。

4.3 破碎地层冲洗液配方

在原有无固相冲洗液的基础上加入 PVA 进行护壁,PVA 需要进行熬制,把 PVA 加到水中后加热,一边加热一边不停搅动,直到 PVA 全部溶解。趁热将熬制好的浓度大的 PVA 溶液在取心后从孔口倒入钻杆内部,PVA 的加量占 8% 左右。穿过破碎层后,PVA 用量逐减至 1%,将熬制好的 PVA 直接加入到有冲洗液的池内进行循环。正常钻进即可。

为抑制坍塌掉块,要求冲洗液具有良好的造壁性,失水量小,泥皮薄而韧。在不漏水的情况下,可以适当地提高冲洗液密度,并保持相对稳定。

4.4 深孔水敏性地层冲洗液配方

起护壁、防塌作用。

(3)漏失地层:孔漏发生的原因有 2 个方面,一是地层中存在相互贯通的裂隙或孔隙,当冲洗液

钻遇这类地层,提前 10 m 就要把密度提到  $1.08 \text{ g/cm}^3$  以上,漏斗粘度提到  $28 \sim 30 \text{ s}$ ,滤失量控制在  $6 \sim 9 \text{ mL/30 min}$  以下。冲洗液配方为:0.2% FA367(抗温能力强的包被剂) + 1.5% SMP-1(磺甲基酚醛树脂) + 1% 三磺聚合物 + 5% ~ 8% 膨润土(预水化) + 0.5% 铵盐 + 0.5% NaOH。冲洗液性能指标为:冲洗液粘度  $30 \sim 35 \text{ s}$ ;冲洗液密度  $1.05 \sim 1.10 \text{ g/cm}^3$ ;固相含量 1.0%;冲洗液滤失量  $6 \sim 8 \text{ mL/30 min}$ ;含砂量  $\leq 0.3\%$ ;pH 值  $8 \sim 10$ ;表观粘度  $18 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ ;塑性粘度  $15 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ ;静切力  $2 \sim 4 \text{ Pa}$ ,动切力  $2 \sim 3 \text{ Pa}$ 。

#### 4.5 漏失地层冲洗液配方

一般性漏失在原有冲洗液基础上加入 0.5% 的高粘堵漏剂就会有效果。如果漏失情况比较严重,就要配置高密度、快失水、高粘度的堵漏冲洗液。方案为:1  $\text{m}^3$  清水 + 50 kg 磺化褐煤树脂 + 50 kg 混合膨胀剂 + 100 kg 水泥 + 1 kg 高粘堵漏剂。配好后全压进漏层,停 5 h,就会起到明显效果。

### 5 固相控制

冲洗液性能的维护是极其重要的,为保证冲洗液性能,在固相控制方面采用的措施如下:

改善冲洗液循环系统,开挖 2 个容积为 1  $\text{m}^3$  的沉淀池,两池间距 5 m 左右,一个容积为 5  $\text{m}^3$  的冲洗液池,循环槽长度为 25 m,坡度  $1.5^\circ$ ,深度 30 cm,宽度 40 cm。见图 11。

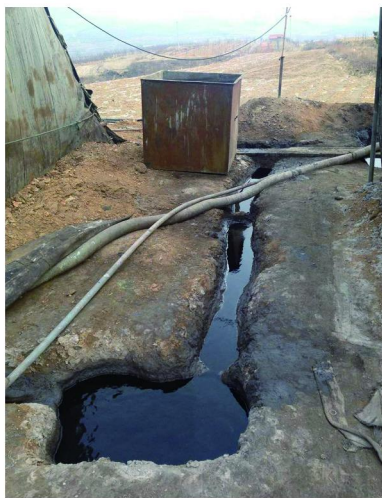


图 11 地表冲洗液循环槽

为了较好地维持冲洗液性能,更好地除去有害固相,现场还配备了除砂器,见图 12。



图 12 现场配备的除砂器

要求及时清理上返的岩粉,并且每班测一次冲洗液性能,以便及时调整冲洗液材料的配比。

### 6 冲洗液实际应用

304 线一共完成 10 个钻孔,该勘探线上的钻孔比较全面地代表了该矿区的地层特征,以 304ZK807 孔为例阐述冲洗液的具体应用情况。见表 1。

### 7 主要成果及分析

通过对新型冲洗液的应用,我院完成优质钻孔 111 个,良好钻孔 6 个,最深孔 2117.70 m,历时 91 d 完成。最斜钻孔  $77^\circ$ ,终孔孔深 1341.20 m,历时 55 d 完成。钻孔岩心采取率达到 95% 以上,较高质量地完成了纱岭矿区钻探任务。其中 304 线一共完成 10 个钻孔。2010—2011 年度完成 6 个钻孔,工作量为 9061.65 m,累计用时 719 d。平均日进尺 12.60 m,采用腐植酸钾和 PAC141 冲洗液。2012 年开始采用新的冲洗液方案,2012—2013 年度完成 4 个钻孔,工作量为 6363.43 m,累计用时 308 d。平均日进尺 20.66 m。效率有了明显提高,自此开始推广使用,平均台月效率 476.68 m,最高台效达到 1023.60 m。取得了良好的经济效益。

### 8 结语

针对矿区的地层特点,分段采用不同冲洗液,有效地预防并控制了地层的坍塌、掉块等现象的发生,提高了钻进效率,减少了孔内事故。实现了安全生产。(下转第 15 页)



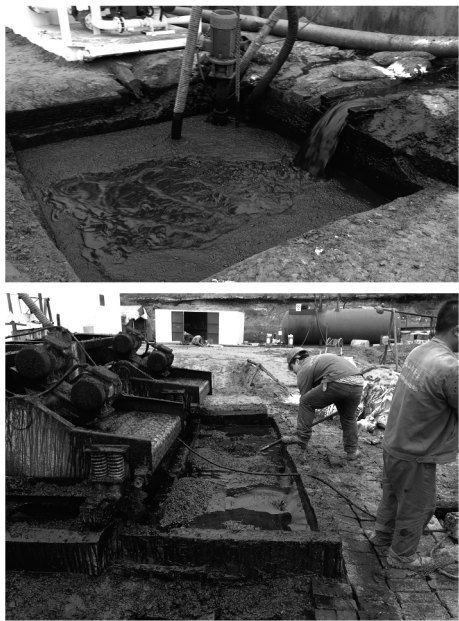


图 5 双聚防塌冲洗液体系现场使用效果

浆能力强,抑制坍塌掉块效果好,岩心采取率高。  
(2)双聚防塌冲洗液体系,配制简单,维护方便,减轻了现场钻工的工作量。

参考文献:

[1] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营: 中国石油大学出版社, 2005.  
[2] 高德利,等. 复杂地质条件下深井超深井钻井技术[M], 北京: 石油工业出版社, 2004.  
[3] 陶士先, 李晓东, 吴召明, 等. 强成膜性护壁冲洗液体系的研究与应用[J]. 地质与勘探, 2014, 50(9): 1147 - 1154.  
[4] 胡继良, 陶士先, 纪卫军, 等. 破碎地层孔壁稳定技术的探讨与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(9): 30 - 32.  
[5] 田兆义, 宋雪, 张雪峰, 等. 双聚防塌钻井液在伊通地区伊 59 区块的应用[J]. 钻井液与完井液, 2010, 27(6): 89 - 91.  
[6] 王景章, 纪卫军, 陶士先, 等. 双聚防塌冲洗液体系在辽阳红阳三矿煤田深部补勘项目中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(S1): 216 - 218.  
[7] 郭健康, 鄢捷年, 王奎才, 等. 强抑制性 KCl/硅酸盐钻井液体系及其在苏丹六区的应用[J]. 钻井液与完井液, 2005, (1): 14 - 18, 80.  
[8] 李万清, 孙国军, 丁东财, 等. 长深区块防塌钻井液技术[J]. 钻井液与完井液, 2008, 25(2): 70 - 72.

5 结论

(1)双聚防塌冲洗液体系,护壁效果好,抑制造

(上接第 11 页)

表 1 304ZK807 孔冲洗液配制

孔深/ m	地层 特征	冲 洗 液 配 制	冲洗液性能			
			密度/ (g·cm <sup>-3</sup> )	漏斗粘 度/s	滤失量/(mL· (30 min) <sup>-1</sup> )	泥饼厚/ mm
0 ~ 30	易塌	每 1 m <sup>3</sup> 清水中加 75 kg 膨润土, 搅拌 30 min 后加入 10 kg 广谱护壁剂Ⅲ型, 再搅拌 1 h 左右。	1.07	27	14	0.5
30 ~ 900	较完整	水 + 0.2% PHP + 0.5% ~ 1% 广谱护壁剂(GSP)	1.04	23	12	0.3
900 ~ 1950	剥落、 渗漏	每 1 m <sup>3</sup> 清水中加 10 kg 广谱护壁剂Ⅲ型, 再加入 15 kg 磺化褐煤树脂, 再加入 2 kg 高粘堵漏剂搅拌 2 h	1.04	23	10	0.2
1950 ~ 2117.70	掉块、 漏失	排掉冲洗液池的冲洗液, 将水化好的膨润土浆抽到冲洗液池里, 下钻至孔底后, 再把孔内冲洗液排掉, 然后 1 m <sup>3</sup> 清水中加 20 kg 广谱护壁剂Ⅲ型, 再加入 20 kg 磺化褐煤树脂, 再加入 2 kg 高粘堵漏剂, 加量配置补充冲洗液	1.12	30	9	0.2

参考文献:

[1] 孙丙伦, 陈师逊, 陶士先. 复杂地层深孔钻进泥浆护壁技术探讨与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(5): 13 - 15.  
[2] 董永刚. 复杂地层钻进护壁堵漏技术[J]. 西部探矿工程, 2011, 23(10): 87 - 89.  
[3] 胡继良, 陶士先, 纪卫军. 破碎地层孔壁稳定技术的探讨与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(9): 30 - 32.  
[4] 胡继良, 陶士先. 深部地质钻进冲洗液体系设计因素及其分析

[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(4): 17 - 21.  
[5] 胡继良, 陶士先. 地质钻探常用冲洗液材料和处理剂[J]. 地质装备, 2010, 11(5): 38 - 41.  
[6] 杨小华. 国内近 5 年冲洗液冲洗液处理剂研究与应用进展[J]. 油田化学, 2009, 26(2): 211.  
[7] 乌效明, 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. 80 - 83.  
[8] 祝宏明. 岩心钻探中的钻孔的护孔方法[J]. 甘肃冶金, 2008, 30(4): 43 - 44.