

# 明光苏巷石盐钾盐矿区钻孔地层造浆的研究

罗艳珍<sup>1</sup>, 乌效鸣<sup>1</sup>, 朱恒银<sup>2</sup>, 刘鸿燕<sup>1</sup>, 王幼凤<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074; 2. 安徽省地质矿产勘查局 313 地质队, 安徽 六安 237010)

**摘要:**粘土侵是地层粘土侵入钻井液使其性能变坏的现象。只要在沉积地层(一般为砂岩、泥岩、页岩、灰岩)中钻进,或多或少都存在粘土侵入钻井液的问题,使其性能变坏。而地层造浆不但解决了粘土侵的问题,同时把粘土侵变废为宝、变害为利,关键问题是什么样的地层可以采用地层造浆。目前国内各个地方都在不自主的使用地层造浆,而对地层造浆的具体研究却相对较少。以明光苏巷石盐钾盐矿区 ZK012 普查(科研)钻孔为例对地层造浆进行了探讨研究。

**关键词:**粘土侵;地层造浆;井眼稳定;膨胀量;泥浆

**中图分类号:** P634    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-7428(2011)03-0038-03

**Study on Stratum Mud Making in Drilling in the Rock Salt and Potash Mine District of Suxiang, Mingguang/LUO Yan-zhen<sup>1</sup>, WU Xiao-ming<sup>1</sup>, ZHU Heng-yin<sup>2</sup>, LIU Hong-yan<sup>1</sup>, WANG You-feng<sup>2</sup>** (1. China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China; 2. 313 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration of Anhui Province, Lu'an Anhui 237010, China)

**Abstract:** Clay invasion is the phenomenon that formation clay invades drilling fluid, leading to performance deterioration of it. As long as drilling in the sedimentary strata (usually sandstone, mudstone, shale and limestone), there is more or less drilling fluid invasion problems caused by clay, which result is drilling fluid performance deterioration. The stratum mud making solved the clay invasion problem and varied harm into use. The key problem is what kind of formation can be used to make mud. Currently there are involuntary uses of stratum mud making in various places in China, while little specific study on mud making is made. The paper discussed the study on stratum mud making with the case of ZK012 census hole in the rock salt potash mine district of Suxiang, Mingguang.

**Key words:** clay invasion; stratum mud making; wellbore stability; expansion; mud

地层造浆是钻进中地层岩土随钻头体旋转、破岩刀具的破碎等逐渐变成微粒并充当泥浆中固相的过程。自然造浆的根本原因,在于地层岩土受外力破碎并与泥浆中的水产生物理化学吸附引起的水化。水化使得钻屑强度、密度及电荷性质发生变化,并导致重复性的膨胀、软化及裂解分散。

钻进过程中,首先是沿着破岩轨迹裸露出的新地层立即被泥浆所覆盖,泥浆内自由水受静滤压作用首先吸附在地层表面,并沿着岩土孔隙向地层内部渗透,使岩层表面不断软化甚至发生膨胀。接着,预水化的地层经破岩切割成钻屑,形成的钻屑粒径越小,自然造浆率越高。然后钻屑的水化分散与重复破碎形成的钻屑,因泥浆中自由水在表面吸附并向内部渗透,出现周期性的裂纹、落片或裂解,同时随着钻头体旋转及泥浆流动冲击等再次破碎,直至在地面除去或分散成极细微粒并变成泥浆的固相成分。这样便形成了地层造浆<sup>[1]</sup>。

## 1 工程概况

明光苏巷石盐钾盐矿区 ZK012 是该矿区首个深部普查钻孔,地面标高 +17 m,其中表土段厚度约 30 m,基岩段厚度大约 1570 m。全孔取心钻进,孔深 1600 m,开孔用 Ø130 mm 硬质合金钻头钻至 9 m,下外径 127 mm 套管(厚 5.59 mm),然后用 Ø95 mm 复合片钻头(其外肋骨加到 Ø113 mm)钻至孔底。该工程选用了国内新型 DX-2000 型液压顶部驱动钻机,机上残尺达到 19 m,应用提钻取心时使用 9 m 长筒取心器。岩心 Ø55 mm,单管投卡料取心。

地层为第三系地层,地层倾角较小(为 3°~5°之间),基本为水平地层,岩性多数岩石硬度不高(在 6 级以下),浅部以矿质泥岩为主,但岩层多为泥岩和泥质砂岩,较为松软,易吸水膨胀缩径和易遇水溶化扩径等,故对钻井液的性能提出了较高的要求。

收稿日期:2010-10-12; 修回日期:2010-10-18

作者简介:罗艳珍(1983-),女(汉族),甘肃天水人,中国地质大学(武汉)研究生在读,地质工程专业,研究方向为勘察及地质工程,湖北省武汉市鲁磨路 388 号中国地质大学(武汉)工程学院研硕 0915 班,luoyanzhen2009@126.com。

## 2 室内试验数据

### 2.1 岩心矿物成分及含量

表 1 是 1300 m 以浅两个典型岩心样 X-衍射分析结果。其中岩心样 YX-QH 为青灰色泥岩, YX-SH 是棕红色泥质细砂岩。表 2 是 1300~1598 m 之间的 4 个岩心样 X-衍射分析结果。

表 1 岩心 X-衍射分析结果(1) /%

岩心样	蒙脱石	绿泥石	伊利石	石英	钾长石	钠长石	方解石	白云石
YX-QH	15	15	10	21	5	8	18	8
YX-SH	20	10	5	20	3	12	26	4

表 2 岩心 X-衍射分析结果(2) /%

孔段样 /m	绿泥石	伊利石	高岭石	石英	长石	方解石	白云石	赤铁矿
1302	20	15	5	23	10	13	12	2
1400	15	10	5	26	18	14	10	2
1500	20	15	5	25	11	12	10	2
1598	20	5	5	38	22	10	0	0

由表 1、2 可以看出, 该区地层土中的粘土矿物主要为蒙脱石、绿泥石、伊利石和高岭石。蒙脱石粘土易水化膨胀, 分散性好, 造浆率高, 每吨粘土可造浆达 12~16 m<sup>3</sup> 左右; 高岭石矿物不易膨胀水化, 造浆率低, 每吨粘土造浆量低于 3 m<sup>3</sup>; 伊利石的造浆能力低, 其造浆性能变化幅度大, 主要根据 K<sup>+</sup> 含量变化<sup>[2]</sup>。一般蒙脱石含量在 12% 以上的土, 则具有较强的胀缩性<sup>[3]</sup>。

根据格里姆 (Grim, 1960) 的资料, 蒙脱石、绿泥石、高岭石的阳离子交换容量 (CEC) 分别是 80~150、10~40、3~15 mmol/100 g; 我国西部某油田储层敏感性流动实验资料显示蒙脱石、绿泥石、高岭石的水敏性分别为 0.7267、0.3260、0.0666<sup>[4,5]</sup>。由以上两个参数得知绿泥石的造浆性能介于蒙脱石与高岭石之间, 有一定的造浆性能。

由以上分析得知, 1300 m 以浅地层土中蒙脱石含量为 15%~20%, 是该孔可用于地层造浆的关键; 绿泥石含量为 10%~15%, 粘土矿物总含量为 30%~45%。1300 m 后地层土中没有蒙脱石, 绿泥石含量为 15%~20%, 粘土矿物总含量为 25%~40%。1300 m 以浅地层的造浆性能明显比 1300 m 以深好, 分析在 1300 m 后浆液主要用 1300 m 以浅地层造的浆液循环钻进。

### 2.2 膨胀量试验

采用常规 ZNP 型膨胀量仪进行测试。取 1430 m 处岩心样 (泥岩), 以 10 mm 高度的模拟岩心样进行测试, 12 h 膨胀量达到 0.186 mm。图 1 是 3 种土

样的膨胀曲线对比图, 其中 1 号样为岩心样, 2 号样是来安县某一优质膨润土样, 3 号样是基本没有造浆性能的劣质土。

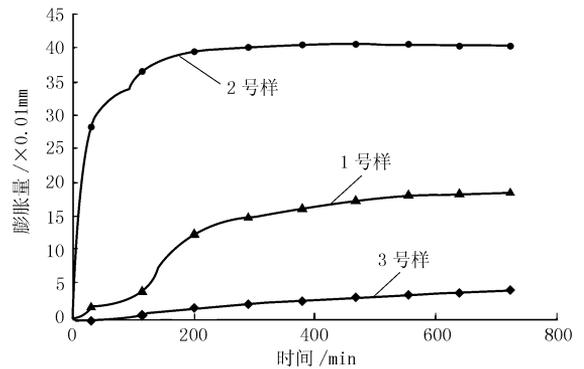


图 1 膨胀量对比曲线图

由图 1 看出 1 号样在 3 h 后明显发生膨胀, 其膨胀量与 2 号样比较小的多, 与 3 号样比较又明显的大, 这说明了该区地层土膨胀性与一般性膨润土相当, 有一定的造浆性能。同时, 因其膨胀发生的缓慢, 有充分的时间调配浆液, 保证了该地层造浆的可行性。

## 3 现场实验和观察

钻孔一开始到 400 m 采用膨润土造浆, 浆液密度均小于 1.2 g/cm<sup>3</sup>、失水量均大于 15 mL/30 min。钻孔在 400 m 处发生严重的缩颈, 导致钻具被卡住拔不上来, 用了近 2 个月时间处理该事故。分析该事故的主要原因是浆液的性能不能满足这种易吸水膨胀缩径和易遇水溶化扩径的地层所导致的。而且所配的浆液受粘土侵入严重。后从 400~1600 m 一直采用地层自然造浆, 浆液密度大于 1.24 g/cm<sup>3</sup>、失水量均小于 15 mL/30 min, 经过后期对浆液进行调配, 密度基本保持在 1.3 g/cm<sup>3</sup> 左右、失水量越来越小 (失水量小于 8 mL/30 min), 效果很不错, 没再发生缩颈卡钻现象。

### 3.1 现场泥浆性能测试与调整

第一阶段: 泥浆所用材料为钻井地层钻渣、纯碱、低粘 CMC、池塘水; 泥浆平均密度为 1.28 g/cm<sup>3</sup>、漏斗粘度 31.5 s、失水量 12 mL、含砂量 2%; 密度满足要求, 粘度有点偏小, 失水量有些偏大, 含砂量大。

第二阶段: 采用振动筛和人工清除泥浆砂子, 同时加大低粘 CMC 的用量, 浆液性能明显转好。泥浆平均密度为 1.3 g/cm<sup>3</sup>、漏斗粘度 40.2 s、失水量 7.7 mL、含砂量 1%, 各项性能均满足钻进要求。

第三阶段:泥浆材料中低粘 CMC 换用水解聚丙烯腈。泥浆平均密度为  $1.32 \text{ g/cm}^3$ 、漏斗粘度  $40.6 \text{ s}$ 、失水量  $5.6 \text{ mL}$ 、含砂量  $0.9\%$ 。各项性能均优良,保持此泥浆配制到终孔。具体钻井液性能见表 3,其中滤饼厚度是  $7.5 \text{ min}$  时测得的。

表 3 现场各井段钻井液性能测试数据

$H$ /m	$\rho$ /( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	$FV$ /( $\text{mPa} \cdot \text{s}$ )	含砂量 /%	滤饼 /mm	pH 值	$FL$ /mL
800	1.32	30.27	3.0	1.5	7.5	13.0
900	1.32	30.50	2.0	1.0	8.5	12.4
1000	1.30	36.50	2.0	1.0	7.0	12.2
1150	1.27	40.05	0.8	1.2	9.0	10.6
1256	1.27	35.11	1.0	0.8	8.0	8.6
1300	1.30	44.59	1.0	0.8	7.5	8.2
1335	1.30	46.35	1.0	0.8	8.5	6.8
1372	1.31	45.00	0.9	0.5	8.0	6.0
1404	1.34	44.37	0.9	0.5	8.0	6.0
1430	1.31	33.00	0.8	0.5	8.0	5.2
1450	1.32	37.00	0.9	0.5	9.0	4.8
1478	1.31	34.48	0.9	0.5	8.0	6.0
1492	1.32	43.43	0.9	0.5	8.5	4.4
1530	1.30	42.00	0.8	0.5	9.0	6.2
1598	1.31	40.58	0.8	0.5	8.5	5.2

### 3.2 地层造浆特点分析

(1)浆液与地层相匹配,配伍性很好,一般不与地层发生化学反应,泥浆性能稳定。

(2)泥浆密度与地层压力相一致,一定程度上防止了地层缩颈。

(3)地层造浆的缺点就是影响孔壁稳定性的问题。但在现场泥浆测试中做得的滤饼不仅致密度好、薄(厚度  $0.5 \text{ mm}$ ),而且柔韧性也很好,同时泥浆密度大,因此防止了地层的缩颈、坍塌,从而又保证了孔壁的稳定。

以上这些都验证了该孔地层造浆实用性。

### 3.3 典型地层变换处岩心

观察岩心,该区地层基本都为泥岩、泥质细砂岩和粗砂岩相互交替出现,其层位变化有几处非常明显。图 2 为地层变换处的岩心照片。



图 2 1465 m 岩层变换图片

## 4 粘土入侵量计算

使用  $\varnothing 95 \text{ mm}$  的钻头,加外肋骨形成  $\varnothing 113 \text{ mm}$  的孔(加大地层造浆粘土), $\varnothing 55 \text{ mm}$  的岩心,泵量  $200 \text{ L/min}$ ,假设钻进速度  $3 \text{ m/h}$ ,粘土密度  $\rho = 2.2 \text{ g/cm}^3$ ,则有:

(1)环空面积

$$m = \pi(113/2)^2 - \pi(55/2)^2 \\ \approx 7649 \text{ mm}^2$$

(2)粘土每分钟的侵入量

$$\frac{7649 \times (3000/60) \times 25\% \times 10^{-6}}{200} \times 100\% \\ = 0.048\%$$

(3)每小时造浆粘土质量(粘土含量 25%)

$$m_{\text{粘}} = \rho V_{\text{粘}} \\ = 2.2 \times 7649 \times 3 \times 25\% \\ = 12.628 \text{ kg}$$

式中: $V_{\text{粘}}$ ——岩屑中粘土的体积。

钻井液中粘土含量  $7\%$ ,  $1 \text{ m}^3$  浆中所需粘土  $70 \text{ kg}$ ,则钻进  $3 \text{ h}$  时要加入约  $0.54 \text{ m}^3$  水。现场加水是加降失水剂水溶液,即在要加入的水中融有降失水剂。通过此计算指导现场钻进中对泥浆的调配,保证钻井液性能的稳定。

## 5 结论

(1)应用地层的材料造浆,其物质元素与地层相匹配,一般不会发生化学反应,钻井液稳定且具有较强的抑制性。

(2)地层造浆必须有客观条件,即地层土中蒙脱石含量要达到  $15\%$  以上,同时地层土要有一定的膨胀性即  $3 \text{ h}$  后膨胀量可达到  $0.15 \text{ mm}$ 。

(3)地层造浆一定要注意孔壁保护的问题,要避免因地层造浆引起的孔壁坍塌;加入一定量的降失水剂,保证钻井液失水量小于  $8 \text{ mL}/30 \text{ min}$ ,起到保护孔壁的作用。

## 参考文献:

- [1] 邓时哲,程国强.在造浆地层中使用 PAM 泥浆遇到的一些问题[J].探矿工程,1984,(1): 37-39.
- [2] 乌效鸣,胡郁乐,贺冰新,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.
- [3] 方磊,黄小军,许明军.膨胀土初步判别的指标[J].交通标准化,2004,(12): 94-97.
- [4] 格里姆.R. E. 粘土矿物[M].许冀泉,译.北京:地质出版社,1960.
- [5] 孙建孟,李召成,关唯.用测井确定储层敏感性[J].石油学报,1999,20(47): 34-38.