

科学钻探泥浆性能要求与分析

杨甘生

(中国地质科学院勘探技术研究所,河北廊坊 065000)

摘要:论述了科学钻探对泥浆的要求,介绍了德国 KTB 项目中所使用的泥浆性能,分析了中国大陆科学钻探工程将会遇到的泥浆问题,并介绍了研究的 2 种泥浆方案。

关键词:中国大陆科学钻探工程;泥浆性能;KTB

中图分类号:P634.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3746(2001)S1-0237-02

钻井工程中使用泥浆的最初目的是清洁井底、冷却和润滑钻头、将岩屑从井内携带至地表。但是,随着科学技术的发展与进步,泥浆在钻井中的作用越来越大,被誉为“钻井工程的血液”。

随着泥浆添加剂品种的不断增多和泥浆功能的不断增强,泥浆已经从最初的简单流体变成了由液体、气体、固体及化学添加剂组成的复杂的多相混合物。今天,泥浆还必须具备保护所钻地层信息不受破坏的功能,特别是在科学钻探中。

科学钻探中,泥浆材料的选择在很大程度上取决于科学研究方面的要求。即使这样,选择泥浆体系时需按顺序遵循下列 2 个原则:

- (1)首先必须确保钻进的安全和高效;
- (2)在钻孔安全和孔壁稳定的情况下,尽可能满足科学研究的要求。

1 科学钻探对泥浆的要求

1.1 地学研究对泥浆的要求

科学钻探中,使用的泥浆必须确保不对采取的岩心、测井数据、泥浆录井数据、孔内流体分析数据等产生干扰。地学研究对泥浆的要求是:

- (1)确保能从所钻岩层中获得最多的信息;
- (2)泥浆罐中的泥浆所含的钻屑与岩粉应尽可能少;
- (3)与钻屑、岩粉、地层流体、可溶性气体不发生化学反应;
- (4)为了避免泥浆中的矿物质材料(如膨润土)污染所钻的地层,泥浆应为无固相或低固相;
- (5)泥浆应能确保地球化学对地层流体的入流位置和气体含量的探测以及对溶解于其中的正负离

子与气体的半连续化学分析。

1.2 钻井工程技术对泥浆的要求

从技术的角度看,泥浆需具有以下基本功能与特性:(1)控制井内压力,防止井壁坍塌(泥浆密度);(2)将钻屑自井内携带至地表(粘度);(3)泥浆循环停止时悬浮钻屑(静切力);(4)冷却、润滑钻头与钻杆(油和其它添加剂);(5)在井壁周围形成一层不透水的泥皮以保护井壁(泥饼强度,失水性能);(6)在地表能易于将钻屑分离(粘度/静切力);(7)抵消钻柱和套管柱的部分重力(密度);(8)对整个钻井系统和工具无损害(含砂量低、无腐蚀性);(9)耐温性好;(10)便于固相控制;(11)不污染环境;(12)抗生物降解;(13)pH 值稳定(7~11)。

2 德国 KTB 泥浆

德国 KTB 项目以连续采取无污染的岩心和地层流体为目的。根据温度高、环空间隙小、不使用有机添加剂等条件,由 Henkel 公司开发出一种新型无机泥浆处理剂“Dehydril HT”。“Dehydril HT”处理剂是一种特殊的合成硅酸盐化合物,为纯无机质,由钠、锂、镁、硅及氧构成,具有确定的化学组成和纯度(无杂质)。使用这种泥浆体系,可实现地球化学的平衡,即能区别出哪些离子是由地层产生的、哪些是由泥浆材料产生的。

此种泥浆的优点是:(1)热稳定性好,抗温 300~350℃;(2)携带岩粉能力强;(3)润滑性好;(4)固相容易调节;(5)抑制粘土膨胀作用大;(6)对生物无毒性;(7)无衍生物分解;(8)对地球化学分析的影响小。

“Dehydril HT”是 KTB 先导孔使用的唯一的泥

收稿日期:2001-05-30

作者简介:杨甘生(1963-),男(汉族),湖南衡阳人,中国地质科学院勘探技术研究所教授级高级工程师,探矿工程专业,从事中国大陆科学钻探工作,河北省廊坊市金光道 77 号,(0518)7599708。

浆处理剂,除使用少量碳酸钠和氢氧化钠外,未使用其它处理剂。

3 中国大陆科学钻探工程将会遇到的泥浆问题

3.1 温度问题

我国大陆科学钻探工程在超高压变质带中进行,虽然预计5000 m孔深时温度不会高于150℃,但根据其它进行过大陆科学钻探工程施工的国家的经验,结晶岩地区的地温梯度发生突变的可能性很大。苏联科拉半岛科学钻孔上部地层平均地温梯度为1.7℃,下部地层的地温梯度突变为6.5℃。因此,我们在实施大陆科学钻探工程时,需对高温问题予以足够的重视。

高温对泥浆的影响主要包括下述3个方面:

(1)膨润土分散液的絮凝和化学材料的降解,会导致泥浆的严重稠化、流动性能恶化和胶体性能破坏,造成复杂的井内事故。

(2)泥浆化学处理剂与粘土胶粒的吸附作用减弱,出现高温解吸现象,导致泥浆性能变坏。

(3)有机高分子聚合物泥浆的粘度,对温度比较敏感,随温度的升高,粘度降低,温度降低,粘度又恢复原状,即出现温度稀释现象。这一现象给流变性的合理选择造成了困难。泥浆循环过程中,泥浆的温度是变化的,由刚入井时的低温,逐渐升高到井底时的高温,当泥浆沿环空上返时,又逐渐由井底的高温降至井口处的温度。温度的这一变化,可能导致泥浆粘度的大幅度变化。在浅部温度较低时,泥浆粘度如果合适,当循环至深部后,可能会显得粘度太低,以至无法保证正常携带岩屑;相反,如果令井底高温下的泥浆粘度合适,则当泥浆循环至浅部时,又可能显得过稠。

3.2 流动阻力问题

我国大陆科学钻探工程,要求全孔连续取心,为了提高取心钻进效率,将采用金刚石绳索取心钻进方法。这种钻进方法,环空间隙小,钻具转速高,流动阻力大。高流阻不但会导致过高的泵压,还会导致过高的压力波动和孔壁破坏。

3.3 摩擦阻力问题

结晶岩的摩擦与磨损性很强,再加上施工所在地——江苏东海地区的地层为易造斜地层,钻井时容易发生井斜,导致附加阻力,大大提高回转与提升阻力。

3.4 钻杆内壁结垢问题

金刚石绳索取心钻进时,泥浆中的固相微粒在钻杆高速旋转而造成的离心力场作用下,有可能沉

积于钻杆内壁上形成所谓的“泥垢”,导致钻杆实际内径——流动通道的缩小,这一现象称“钻杆内壁结垢效应”。当内壁结垢超过一定厚度时,打捞器或内岩心管在钻杆内运动受阻,不得不提出几根或数十根带结垢的钻杆后,再进行岩心打捞工作,不仅影响了钻进效率,而且加重了工人的劳动强度。

3.5 地应力问题

一般情况下,结晶岩体是比较稳定的。但是,随着深度与温度的增加,孔壁有可能出现剥落与扩径现象,这是由于过大的地应力引起的。地应力主要来源于上覆地层的自重和构造运动的残余应力。覆盖压力所引起的水平方向的应力,除与深度、岩性等因素有关外,还受温度的影响。

4 中国大陆科学钻探工程泥浆方案

为了很好地解决大陆科学钻探工程有可能面临的泥浆问题,中国大陆科学钻探工程中心委托北京探矿工程研究所和石油大学分别进行了泥浆方案研究。

4.1 北京探矿工程研究所泥浆方案

采用以LBM-H低粘增效粉为主要材料的钻井泥浆系统。LBM-H低粘增效粉是为解决绳索取心钻杆内壁结垢问题而研制的一种低粘、低失水、高分散性造浆材料,具有优良的流变和失水性能以及携带岩屑和护壁效果。其参考性能见表1。

表1 LBM-H泥浆参考性能

LBM-H 浓度 /%	表现 粘度/ (mPa·s)	塑性 粘度/ (mPa·s)	屈服值 /(lbf·s ·ft ⁻²)	静切力 /(lbf·s·ft ⁻²)		API 失水量 /mL
				10 s	10 min	
3.0	6.5	6.0	0.01	0	0	12.5
4.0	9.5	7.0	0.03	0	0.005	10.0
5.0	12.5	10.5	0.04	0.005	0.015	9.5
6.0	16.3	12.5	0.075	0.01	0.02	9.0
7.0	21.0	16.0	0.10	0.02	0.04	8.5
8.0	26.5	19.0	0.15	0.04	0.06	8.0

注:1 lbf·s·ft⁻² = 47.88 Pa·s

4.2 石油大学泥浆方案

采用膨润土、增粘剂、降滤失剂、润滑剂等配伍来配制泥浆,调节各组份的加量来调整泥浆性能。参考配方如表2。

表2 石油大学泥浆方案参考配方

地层	石油大学泥浆方案参考配方						/%
	夏子街土	FA367	JT888	SPNH	SMP	SAS XY-27	
稳定	2	0.15	0.5	2	3	0.2	0.2
	3	0.30	0.5	2	3	0.2	0.2
稳定性 较差	2	0.15	0.5	2	3	2	0.2
	3	0.30	0.5	2	3	2	0.2