西岭勘查区海水冲洗液的研究与应用

周雪风，王林钢，所建成，游鲁南，潘　垚
（山东黄金地质矿产勘查有限公司，山东 烟台 261400）

摘要：西岭勘查区多数钻孔布置在海边，施工过程中，造浆用水为海水或海浸水。传统的淡水冲洗液体系在携带岩粉、润滑钻具、保护孔壁等方面效果不明显，甚至失效，影响了钻探施工的顺利进行。在传统冲洗液材料使用的基础上进行创新，引进新型海水抗盐冲洗液材料，研究了适合该矿区的海水冲洗液配方，使冲洗液体系性能提高，减少了安全隐患，提高了生产效率。

关键词：西岭勘查区；海水冲洗液；固相冲洗液；无固相冲洗液
中图分类号：P634.6　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：2096-9686(2021)08-0068-04

Seawater drilling fluid for Xiling exploration area

ZHOU Xuefeng，WANG Lingang，SUO Jiancheng，YOU Lunan，PAN Yao
(*Shandong Gold Geology and Mineral Exploration Co.*, *Ltd.*, *Yantai Shandong* 261400, *China*)

Abstract: Most of the boreholes in the Xiling exploration area are located at the seaside. During drilling, seawater or seawater intruded water is used for slurry making. The traditional fresh water mud system doesn't perform well or even fail in carrying cuttings, lubricating drilling tools and protecting hole walls, which affects smooth drilling progress. The traditional mud materials were innovated with introduction of new seawater salt resistant mud materials to develop the seawater drilling fluid composition with better performance for the mining area; thus eliminating safety hazards and improving drilling efficiency.

Key words: Xiling exploration area; seawater drilling fluid; solid drilling fluid; solid-free drilling fluid

1　概况

西岭勘查区位于山东省莱州市三山岛[1]。勘查区地处胶东半岛西部，以滨海平原沉积地貌为主，北部局部地区被海水覆盖。勘查区内钻孔造浆用水多数为海水或海浸水，使用传统泥浆体系无法满足钻孔在携带岩粉、润滑钻具、保护孔壁等方面的需要，且容易造成憋车、卡钻等事故。为了解决生产实际问题[2]，满足海浸水钻孔施工需求，研究一种海水冲洗液体系是十分必要的。

1.1　地层情况

西岭勘查区矿床工业矿体主要赋存在三山岛断裂带中，区内地层较单一[1]，根据矿床岩性及工程地质条件自上而下分为软弱第四系松散岩组、半坚硬风化及构造蚀变岩组、半坚硬－坚硬块状侵入岩组。

软弱第四系松散岩岩组在整个勘查区均有分布，岩性主要以中细砂、粉质粘土为主，局部夹粗砂和砾石，且互层，厚度51～75 m，松散，不均匀，力学强度低，工程地质条件较差。

基岩风化层分布于第四系松散岩层以下，厚度一般为2.90～19.73 m，岩心破碎，RQD值在10%～25%，风化裂隙发育，裂面粗糙，被泥质充填，工程地质条件差。

构造蚀变岩分布于岩石构造断裂带中，岩性为绢英岩化碎裂岩、黄铁绢英岩化碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩、绢英岩等，矿体断裂带厚度一

收稿日期：2020-07-22；**修回日期**：2021-07-22　　**DOI**：10.12143/j.ztgc.2021.08.010
作者简介：周雪风，女，汉族，1994年生，助理工程师，勘查技术与工程专业，从事地质勘探技术工作，山东省烟台市莱州市定海路756号，207680109@qq.com。
引用格式：周雪风，王林钢，所建成，等.西岭勘查区海水冲洗液的研究与应用[J].钻探工程，2021，48(8)：68-71.
ZHOU Xuefeng, WANG Lingang, SUO Jiancheng, et al. Seawater drilling fluid for Xiling exploration area[J]. Drilling Engineering, 2021, 48(8): 68-71.

般为150～360 m不等,岩石强度极不均匀,多为软弱－半坚硬岩,工程地质条件较差－较好。

半坚硬－坚硬块状侵入岩组大面积分布于构造蚀变岩上下盘,岩性为绢英岩化花岗岩、中细粒二长花岗岩、似斑状花岗闪长岩、中细粒变辉长岩等,RQD值在75%～92%,工程地质条件良好。

1.2　工程概况

项目在一个试验孔开展,该孔编号ZK92-7,设计孔深1600 m,顶角13°,方位角305.5°。岩心钻探采用XY-6B型钻机钻进[3-4],配备BW-250型泥浆泵,绳索取心工艺。根据地质设计,要求钻孔平均岩心采取率≮70%[5],矿心及矿层顶底板回次取心率≮80%,顶角弯曲≯2°/100 m。采用四开孔身结构,终孔口径75 mm,具体钻孔结构见图1。

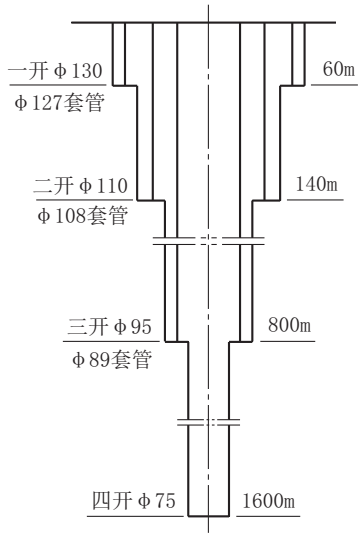

图1　ZK92-7钻孔结构

Fig.1　Structure of Borehole ZK92-7

2　海水冲洗液研究

2.1　针对固相冲洗液体系的研究

绳索取心钻进需要适合的冲洗液,一般要求既可稳定复杂地层,又可避免钻杆内壁结泥皮,且需适当提高pH值,防止钻杆腐蚀性损害[6],根据地层情况不同,冲洗液的选择也相对有所差异。

开孔穿过第四系以及强风化层时,对冲洗液的要求是既要有利于砂砾石的携带,又要使风成砂地层不易垮塌,保证表层套管的顺利下入,即需要保证冲洗液的携砂能力以及护壁能力[7]。因此该孔段选择的冲洗液是高粘切的膨润土冲洗液[8]。

原配方为:海水＋10%膨润土＋0.5%烧碱。

冲洗液性能参数为:密度1.05 g/cm^3,苏氏漏斗粘度22.5 s,API滤失量18.0 mL/30 min,pH值9。

存在的主要问题是:现场配好冲洗液短暂静置后,出现明显的分层现象。针对该情况,项目组对现场所用膨润土进行造浆试验。试验结果表明膨润土(山东)在淡水中的造浆率为15 m^3/t,而在海水中却只有6.7 m^3/t。这主要是由于海水中不仅含有大量的钠离子,同时还存在一定量的钙离子和镁离子等高价离子,这些阳离子的存在严重影响膨润土的造浆效果[9],使得膨润土在海水中的造浆率很低,泥浆稳定性差。研究认为:使用膨润土造浆,膨润土抗盐效果差,普通粘土在海水中的分散效果差,故粘土悬浮液的滤失量大,泥浆易失去稳定性;此外,由于粘土颗粒本身带负电,必须在碱性条件下才能维持稳定,而海水的pH值在6～7之间,呈弱酸性。

因此,如果继续使用膨润土进行造浆,必须先用火碱及纯碱对海水进行预处理。一方面,对海水中的钙、镁离子进行沉淀,另一方面,调节海水的pH值到8～10之间,保证普通粘土颗粒的造浆环境符合要求;亦可选用抗盐粘土进行造浆。在充分调研的基础上,项目组最终采用北京探矿工程研究所生产的新型抗盐粘土进行造浆,该抗盐粘土虽然在淡水中的造浆率低,但在海水中的造浆率却较高。现场测得抗盐粘土在淡水中的造浆率虽然只有10 m^3/t,但在海水中的造浆率竟有18 m^3/t。

改进后采用的配方为:海水＋5%抗盐粘土＋0.5%烧碱＋0.2%纯碱。

冲洗液性能参数为:密度1.03 g/cm^3,苏氏漏斗粘度29.5 s,API滤失量11.0 mL/30 min,pH值10。测得的数据表明,新型冲洗液粘度显著提高,API滤失量减小,形成的泥饼薄而密,护壁性能明显提高。

2.2　针对无固相冲洗液体系的研究

当钻进穿过第四系及强风化层后,为了提高钻进效率,采用无固相冲洗液体系。遇到的复杂地层主要为硬脆碎、裂隙、溶洞以及水敏性地层等,对冲洗液的要求是既要有良好的携带岩粉的作用,又要起到良好的护壁堵漏的作用。

原先采用的配方为:海水＋1.2%腐植酸钾＋1%PAC141＋1%广谱护壁剂＋0.2%纯碱。

冲洗液性能参数为:密度1.01 g/cm^3,苏氏漏斗粘度18.0 s,API滤失量16.0 mL/30 min,pH值8。

测得的数据表明,该冲洗液性能低,处理复杂地层的能力差。接近孔底部位钻杆外壁有较多的岩粉粘连,说明冲洗液携带岩粉等性能较差,导致孔内重复破碎和摩擦阻力增加,表现为时常出现憋车、钻机开不起高转速、钻头消耗过快、进尺慢、效率低等现象,且遇到水敏性地层非常容易造成钻孔缩径、坍塌[3,10-11]。经过研究认为:海水是一种成分复杂的盐水,许多处理剂会在海水中发生化学反应而产生变质、沉淀,进而失去功效。例如,实验研究表明,腐植酸钾溶于水电离出腐植酸根离子与钠离子,腐植酸根离子与钙离子形成微溶性的腐植酸钙,因此,在海水中使用腐植酸钾,虽说钾离子的功效不受影响,但腐植酸根离子的效果大打折扣。除此之外,海水含盐量高,摩擦系数大,进而造成钻杆外壁有较多的岩粉粘连、憋车、钻机开不起高转速等现象。

使用海水造浆时,尤其是针对斜孔、深孔,必须调整冲洗液的性能,提高冲洗液的润滑性能,降低冲洗液的摩擦系数。提高冲洗液携带岩粉能力,保持孔底干净[12]。同时要满足绳索取心钻进开高转速的要求,提高钻进效率。

鉴于此,使用海水配浆时,第一,要选用抗盐、抗钙能力强的处理剂;第二,如若继续使用抗盐、抗钙能力差的处理剂,首先要对海水进行预处理,其次要提高这些处理剂的加量。后者成本太高,既浪费材料、污染环境,且效果不如前者,所以,经讨论不建议采用。因此,项目决定引进新型海水泥浆材料进行造浆。

经合作单位北京探矿工程研究所推荐,项目研究后决定引进的新型海水冲洗液材料有:成膜B剂、降失水剂、封堵剂、防塌型随钻堵漏剂[13]、增粘剂、包被剂、极压润滑剂。上述材料在体系中的作用如表1所示。

研究后采用的配方:海水+3% 成膜B剂(选加)+1% 降失水剂+2% 封堵剂(选加)+1.5% 防塌型随钻堵漏剂(选加)+0.8% 增粘剂+0.2% 包被剂+0.2% 润滑剂+0.2% 纯碱。上述配方中选加材料要据实际情况而定:地层完整的情况下,为节约成本及提高生产效率可选择不加或少加;若地层比较复杂,比如地层破碎严重、漏失、掉块、坍塌等,可适当多加。

冲洗液性能参数:密度1.06 g/cm^3,苏氏漏斗粘度34.0 s,API滤失量8.0 mL/30 min,形成的泥皮薄韧[14],pH值8。

表1 新型海水冲洗液中各种处理剂的主要作用

Table 1 Main functions of various additives in the new seawater mud

处理剂名称	商品代码	在泥浆体系中的作用
成膜B剂	GCM-B	具有较强的粘接性和抑制性
降失水剂	GPNA	降低滤失量,具有良好的抗盐性
封堵剂	GFD-1	封堵地层孔隙或裂隙
防塌型随钻堵漏剂	GPC	封堵地层孔隙或裂隙
增粘剂	GTQ	快速提高粘度和切力,降低滤失量
包被剂	GBBJ	具有包被和适度絮凝作用
极压润滑剂	GLUB	具有良好的润滑性、抗盐性

3 海水冲洗液应用效果

在西岭勘查区小口径岩心钻探施工过程中,新型海水冲洗液有效解决了传统淡水冲洗液携带岩粉能力弱、砂岩地层失水量大、泥皮厚、岩粉粘连钻杆、憋车、钻机开不起高转速、遇水敏性地层易缩径等问题,护壁防塌性能好,减振润滑效果好,钻机钻速可以开到高速,钻进仍很平稳,减少了对机械的破坏,延长了钻机钻具的寿命,大大地提高了钻进效率[15],且冲洗液成本降低。

为了更直观地对使用新旧冲洗液体系钻孔的钻进效率及成本进行对比,项目就布置在同一区域且孔深相近的3个钻孔进行了统计。3个钻孔分别为ZK92-5、ZK92-6、ZK92-7,配置的设备相同,ZK92-5、ZK92-6号钻孔使用原先的冲洗液体系,ZK92-7号钻孔使用新型海水冲洗液体系。统计结果见表2。

表2 统计结果(20 d)

Table 2 Drilling results (20 days)

孔号	进尺/m	效率/(m·d^{-1})	成本/(元·m^{-1})
ZK92-5	425	21.25	25.23
ZK92-6	366	18.30	27.06
ZK92-7	583	29.15	23.05

由表2可以看出,与原冲洗液配方相比,使用新型冲洗液配方钻进成本平均降低11.73%,且钻进效率有显著提高。

4 总结

(1)施工队对冲洗液的选择与处理需要根据施

工环境谨慎选择,合理的冲洗液调配对钻探施工起到非常重要的作用,选用合适的冲洗液体系既可以保证孔壁稳定,又可以节约下套管的数量,节约成本,保证施工顺利。

(2)新型海水冲洗液携带悬浮岩粉效果显著,解决了岩粉粘连钻杆、憋车、钻机开不起高转速、遇水敏性地层易缩径等问题。

(3)新型海水冲洗液保护孔壁效果良好,且具有良好的润滑性,预防了烧钻、卡钻等事故的发生。

(4)新型海水冲洗液降低了孔内事故率,降低了钻探成本,提高了生产效率。

参考文献(References):

[1] 潘垚.山东黄金西岭勘查区深部勘探孔钻探防斜与纠斜措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(3):37-41.
PAN Yao. Deviation prevention for deep exploration hole drilling in Shandong Xiling exploration area and the straightenin measures[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(3):37-41.

[2] 李亚刚.低固相高润滑双聚钻井液体系在地热井施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(11):51-55.
LI Yagang. Application of a low solid-phase high lubricating and double polymer drilling fluid system in geothermal well drilling[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(11):51-55.

[3] 时志兴.河南省寺家沟银多金属矿区复杂地层绳索取心钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(3):31-35,41
SHI Zhixing. Wireline core drilling in complex strata in Sijiagou silver polymetallic mine of Henan province[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(3):31-35,41.

[4] 何玉云,王发民.宁夏灵武幅、磁窑堡幅综合地质调查LS01孔冲洗液护壁技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(1):31-35.
HE Yuyun, WANG Famin. Drilling fluid wall protection for the comprehensive geological survey Borehole LS01 for the Lingwu and Ciyaobao map sheets in Ningxia[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(1):31-35.

[5] 柳硕林,韩明耀.秦岭造山带多金属矿普查复杂地层护壁堵漏技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(1):43-47.
LIU Shuolin, HAN Mingyao. Borehole protection and leakage control in complex strata of polymetallic deposit survey in Qinling Orogenic Belt[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(1):43-47.

[6] 孙建华,王林钢,梁健,等.深孔小直径绳索取心钻进施工调研分析和技术建议[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(2):12-17.
SUN Jianhua, WANG Lingang, LIANG Jian, et al. Analysis on small diameter wire-line core drilling technology in deep hole[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(2):12-17.

[7] 董海燕,高永进,白忠凯,等.塔里木盆地柯坪地区新苏地1井冲洗液护壁堵漏工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(8):47-55.
DONG Haiyan, GAO Yongjin, BAI Zhongkai, et al. Wall protection and leak-plugging with drilling fluid for Well Xinsudi-1 in Keping area of Tarim Basin[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(8): 47-55.

[8] 陈灿,王畅.湖南常宁仙人岩矿区复杂地层钻探护壁堵漏技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(5):37-39.
CHEN Can, WANG Chang. Wall protection and plugging technology in complex stratum drilling in Xianrenyan mining area of Hunan[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(5):37-39.

[9] 宋世杰,李晓东,陈师逊.南黄海大陆架科钻CSDP-02井第四系、新近系地层海水冲洗液研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(4):10-13.
SONG Shijie, LI Xiaodong, CHEN Shixun. Study on seawater flushing fluid and its application in quaternary and neogene strata for CSDP-02[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(4):10-13.

[10] 时志兴,翟东旭,张东兴.小口径岩心钻探钻孔缩径的预防与处理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(6):46-49.
SHI Zhixing, ZHAI Dongxu, ZHANG Dongxing. Prevention of borehole diameter shrinkage in small diameter core drilling and treatment[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(6):46-49.

[11] 时志兴,贾有金.烧钻事故的预防与处理措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(3):40-42.
SHI Zhixing, JIA Youjin. Prevention of bit burnt accident and the treatment measures[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(3):40-42.

[12] 孙宗席.甘肃文县阳山矿区复杂地层用冲洗液研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(12):32-35.
SUN Zongxi. Study on washing fluids for complex formation in Yangshan mining area of Gansu[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(12):32-35.

[13] 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):30-32,64.
HU Jiliang, TAO Shixian, JI Weijun. Discussion of borehole wall stability technology in broken formation and the practice[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Driling and Tunneling), 2011,38(9):30-32,64.

[14] 贾宏福,罗刚,付兆友,等.MBM-GTQ盐水冲洗液体系的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(12):23-27.
JIA Hongfu, LUO Gang, FU Zhaoyou, et al. Study on MBM-GTQ saltwater drilling fluid system and the application[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015,42(12):23-27.

[15] 赵留华,张成楠,张准.红层钻探施工中护壁堵漏泥浆的选取[J].西部探矿工程,2018,30(1):80-81.
ZHAO Liuhua, ZHANG Chengnan, ZHANG Zhun. Selection of slurry for wall protection and plugging in laterite drilling[J]. West-China Exploration Engineering, 2018,30(1):80-81.

(编辑　荐华)