

攀西钒钛磁铁矿整装勘查复杂地层钻探护壁堵漏技术

首照兵¹, 陈礼仪², 张统得², 李德新¹, 徐朝伟², 杨 刚¹

(1. 四川省煤田地质局一三七队, 四川 达州 635006; 2. 成都理工大学环境与土木工程学院, 四川 成都 610059)

摘 要:攀枝花地区米易县白马钒钛磁铁矿整装勘查工作是四川省地勘基金启动项目, 任务重、时间紧, 加之所在区域地层复杂, 上部漏失, 下部多遇断层破碎带, 造成钻孔事故频发, 钻探效率低下, 甚至无法施工, 严重阻碍了勘查工程的顺利推进。针对这一施工难题, 通过反复试验研究, 探索出了一整套行之有效的深孔复杂地层护壁堵漏技术体系, 确保了整装勘查项目的顺利完成。详细介绍了该矿区泥浆护壁堵漏技术及其效果。

关键词:复杂地层; 岩心钻探; 护壁堵漏; 钻井液

中图分类号: P634.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2012)02-0031-04

Wall Protection and Leakage Control Technology for Whole Mount Exploration in Complex Formation of Panxi Vanadium-titanium/ SHOU Zhao-bing¹, CHEN Li-yi², ZHANG Tong-de², LI De-xin¹, XU Chao-wei², YANG Gang¹ (1. 137 Geological Brigade of Sichuan Bureau of Coal Geology, Dazhou Sichuan 635006, China; 2. College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chendu Sichuan 610059, China)

Abstract: The borehole accident frequently occurred in the whole mount exploration in Baima vanadium-titanium of Panzhihua area with leakage in upper part and fault fracture zone in lower part. The low drilling efficiency brought along seriously affected the exploration construction. According to this difficult problem, by the repeated tests and studies, a set of effective wall protection and leakage control technical system was developed to ensure the successful accomplishment of whole mount exploration. Mudding leakage control and wall protection technology and the effect in this area were presented.

Key words: complex formation; core drilling; wall protection and leakage control; drilling fluid

1 概述

攀枝花白马矿区构造十分发育, 主要为南北向及北东向两组断裂, 与昔格达断裂和安宁河断裂等共同构成矿区内的构造格架。及及坪矿段自北向南依次受 F1、F5、F27、F22、F8 断层不同程度的影响, 断层破碎带宽 10~55 m, 岩心十分破碎。受上述成矿构造影响, 矿区大多数钻孔均呈现上部漏失不返水, 下部构造破碎带, 钻进憋泵、起下钻遇阻, 甚至引发严重孔内事故。为此, 四川省煤田地质局一三七队与成都理工大学环境与土木工程学院泥浆研究室合作, 经过 8 个多月的攻关试验研究和反复摸索, 形成了一套适合该矿区钻探施工护壁堵漏的技术体系。

2 钻孔堵漏技术

白马矿区 17、20、21 勘探线多数钻孔漏失, 漏失量因钻孔的标高位置而不同, 从中等漏失到全孔漏失。钻孔漏失的处理也因漏失程度的不同采取了不同的技术措施。

2.1 一般漏失的处理

针对一般轻微漏失和中等漏失孔段, 先采用随钻堵漏技术, 在冲洗液中加入 801 或 803 堵漏剂和过筛的锯末面, 边钻进边堵漏。效果不佳时采用堵漏剂专门堵漏, 做法是将堵漏剂 1 包混入充分溶解的 CMC 或 PHP 溶液中, 再加入适量的“岩粉”充分搅拌, 混合好的堵漏材料粘度要大、要柔软, 利用漏斗倒入钻杆内, 合上主动钻杆, 利用泥浆泵送入孔内, 注意边冲边钻, 防止堵漏剂卡住钻杆, 一般中等或轻微漏失在 10~20 min 后能达到理想效果。

2.2 全孔漏失的处理

针对全漏失孔段, 采用综合措施堵漏。具体是先将堵漏王 1~2 包混入充分溶解的 CMC 或 PHP 中, 再加入适量的锯末面充分搅拌, 混合好的堵漏材料粘度要大、要柔软。一次使用体积在 200~350 L 之间。利用漏斗倒入钻杆内, 合上主动钻杆, 用泥浆泵准确送至漏失孔段, 将孔内钻具提起 10~20 m 再向孔内注入浓泥浆, 静置 2~4 h 后可下钻冲扫至孔底。若达不到目的可再次重复上述方法 1~2 次。

如上述措施仍堵不住, 可进行水泥封孔堵漏。水泥封孔堵漏候凝时间较长, 一般至少需要 48~72

收稿日期: 2011-09-02

作者简介: 首照兵(1969-), 男(汉族), 重庆梁平人, 四川省煤田地质局一三七队工程师, 钻探工程专业, 从事探矿工程工作, 四川省达州市华蜀南路 200 号, zhaobingshou2000@163.com。

h才能透孔。但根据矿区实践摸索,可以在候凝24 h后扫孔。但必须注意几个问题:一是封孔时首先要选择高标号水泥,控制好水灰比(水灰比控制在0.4~0.5之间);二是封孔替浆压水量要合适,保证水泥浆能送至堵漏目标段;三是要及时探测孔内水泥浆的实际封闭位置(一般封孔20 h后可用打捞棒探测水泥浆凝固面),若水泥浆凝固面低于钻孔全漏失位置,必须果断地重新进行二次或三次封闭,保证漏失段位置以上有凝固的水泥,确保漏失通道被水泥浆凝固填充;四是扫孔时必须使用粘度较高的泥浆,不能使用清水,防止清水冲通漏失通道。此外,在扫孔时必须注意节奏,不能心急,只能一根钻杆扫完待泥浆充分循环后再加下一根钻杆,必须注意泥浆因水泥浆侵入后要及时维护泥浆性能。

3 泥浆护壁技术

泥浆体系的正确选择和使用是钻探工程开展的前提,但整个施工过程中坚持不懈地维护好泥浆性能则是保障钻探施工顺利进行的关键。为此,我们制定了泥浆使用的全面质量管理方法,从施工前循环系统的设置到泥浆材料的采购、检测、试配、生产使用、性能调整管理等环节都采取了严格的具体措施。

3.1 组建现场实验室,坚持泥浆专人负责制

现场泥浆实验室配齐了各种常规泥浆性能测试仪器:六速旋转粘度计1台、泥浆高速搅拌机1台、失水量测定仪1台、泥浆密度计(比重秤)1台、泥浆含砂量测定仪1台、马氏漏斗粘度计1台、电子天平1台、量杯、量筒、采样袋、滤纸等。配备了2名专职技术人员负责泥浆工作,落实了实验室场地、水源、电源,基本达到了简易实验室的工作条件。

3.2 严格设置泥浆循环系统

钻孔施工准备时,严格要求循环系统设置。循环槽的长度、坡度,沉淀池的个数,长、宽、高尺寸,泥浆池的尺寸要求都作了统一要求,保证了泥浆在循环时充分沉淀,在钻孔有消耗时有足够的泥浆储备量。

3.3 坚持泥浆材料检测,严把质量关

对影响泥浆性能的关键材料要严把进货质量关。首先选用优质的膨润土,保证其有良好的造浆性能。其次坚持选用质量好的CMC和PHP,保证其对泥浆的性能指标有良好的调节作用。再就是根据处理剂功能严格检测质量性能,确保相应产品能降低滤失、调节粘度、护壁防塌、润滑减阻等。对不合

格的泥浆材料坚决不用,要求供应商更换合格产品。

3.4 坚持泥浆小样试验,指导现场应用

坚持泥浆使用前的室内试配与性能评价是搞好现场应用的前提和保障。要充分利用现场实验室内测试仪器完备,材料品种齐全,称量准确,工况条件简单等条件,充分做好泥浆性能的试配、调整工作,待各项指标达到设计要求后再放大投入生产现场使用。钻探生产现场的泥浆使用,要由专门泥浆研究人员指导调配,结合钻孔孔内具体工况,对泥浆参数做及时调整和修正以适应现场生产的需要。

3.5 重视现场管理,维护泥浆性能

针对钻探现场技术水平,我们对泥浆的现场使用和维护制定了严格的管理制度。泥浆搅拌前必须充分水化膨润土,泥浆性能的调整只能由正、副机长和专门钻探技术人员来做。各小班必须对刚搅拌好的新泥浆、经循环后的泥浆要坚持每回次测一次粘度,每班测一次密度,泥浆研究人员每天测2次泥浆的各项指标,以判断孔内的工况(是否涌水、泥浆的失水情况等)。结合每回次取出来的岩心完整程度、钻机钻进的负荷指标、泥浆泵压力表的读数,由钻探技术人员和泥浆研究人员共同确定泥浆需要的粘度、密度等性能指标。

3.6 典型泥浆配方及主要性能控制

经过不断研究和反复试验,得到适应白马矿区复杂地层钻探施工的最优泥浆配方。

基浆:优质钠基膨润土8%+纯碱(土质量的5%);

处理剂方案:基浆+3‰~5‰ CMC+50~100 ppm PHP+1%~2%防塌沥青+0.5%~1%润滑剂。

上述配方在使用过程中,可根据地层条件和稳定情况的需要,适当加入重晶石,提高泥浆密度,保持地层压力平衡。一般该泥浆体系的性能控制指标为:密度1.05~1.08 g/cm³,漏斗粘度24~28 s,失水量8~10 mL,表观粘度15~18 mPa·s,塑性粘度10~12 mPa·s,动切力4~6 Pa, pH值8~9。

现场搅拌泥浆时要特别注意3个问题:一是选择造浆性能良好的优质膨润土;二是CMC要提前充分水化;三是PHP的加入顺序必须是待泥浆充分搅拌后最后加入,特别注意加量,千万不能超量。

3.7 钻遇断层破碎带的处理

本矿区钻孔钻遇断层破碎带时,多次发生卡钻事故,表现为泥浆泵泵压突然升高、钻机负荷变化大,来回反复扫孔,拉起钻具后又还原,即使是将泥

浆措施用上去也不奏效。初步分析主要原因是孔内破碎带岩屑在机械作用下变成绿豆、花生米大的粗颗粒钻渣无法排至钻具上扩孔器以上,因岩石太硬又无法扫成更小颗粒造成的。为此,我们采用了连接普通钻进施工的捞砂器钻具组合下至井底,用泥浆扫孔,将井底的粗颗粒钻渣用捞砂器上的反丝沉砂管装起来,施工效果明显。当沉砂管内装满后,取出沉砂管除砂,如此反复 3~5 次就能扫至井底。需要注意的是:一是反丝沉砂管不能太长,不能超过 1 m,以 0.6~0.8 m 最佳,以保证粗颗粒岩屑进入沉砂管内;二是扫孔时必须用好泥浆,粘度要保证在 35 s 以上;三是沉砂管内的连接钻具必须是 $\varnothing 42$ mm 钻杆,保证沉砂管有足够的容纳空间。

4 现场应用效果

4.1 施工难度最大的 ZK1701 号钻孔的使用成效

白马矿区 ZK1701 号钻孔被认为是矿区施工难度最大的钻孔之一。先后遭遇 5 个断层破碎带,分别为:475.25~499.35 m 孔段,岩性为石英角闪正长岩、辉长岩;500.75~517.11 m 孔段,岩性为石英角闪正长岩;540.27~584.72 m 孔段,岩性为石英角闪正长岩、Fe1 矿层;653.80~670.00 m 孔段,岩性为 Fe1 矿层;720.53~775.80 m 孔段,岩性为辉长岩。孔内岩石极破碎,采取率很低,特别是 544.00~584.72 和 653.80~670.00 m 两个孔段,岩性为 Fe1 矿层,钻进中极易发生掉块憋钻、起下钻具加钻杆时发生卡钻事故。通过反复试验,最后选定上述方案的高粘度大密度泥浆体系来对付断层破碎带的垮塌问题,施工中泥浆的最大粘度达到 75 s,最大密度达到 1.12 g/cm^3 。现该孔已顺利完工,终孔井深为 782.32 m。图 1 为该孔取出的岩心样品。

4.2 最深的 ZK1703 号钻孔的使用成效

ZK1703 号钻孔为白马矿区最深钻孔,原设计孔深为 910 m,最终钻孔深度达 1572.25 m。施工中在 476.80~495.35 m 孔段遭遇断层破碎带,曾取出断层泥 3 m 左右。施工至 768.89 m 处断钻杆,断头在孔深 482.50 m 处,用矢锥处理了 2 天,碰不到事故头。分析原因为破碎带孔段钻孔超径,两钻具相互错头造成,钻孔施工一度陷入绝境。后来在上述泥浆方案基础上调整泥浆性能,实施绕障钻进,钻孔从 489.94 m 偏出。再用水泥将破碎带上下封闭,共封孔达 200 m(钻孔全漏失点 636.27 m,封闭井深段为 440~640 m,堵漏采用两次水泥连续封闭将漏失封



图 1 ZK1701 号钻孔破碎带岩心照片

住)。之后继续使用新泥浆体系钻进直至终孔。此间,顺利通过 2 个断层破碎带(深度为 1000.22~1005.45 m,岩性为 Fe1 矿层;深度为 1565.37~1568.07 m,岩性为辉长伟晶岩),绕障钻进进尺 1082.31 m。泥浆性能指标控制为:粘度 35~45 s,密度 $1.04 \sim 1.06 \text{ g/cm}^3$ 之间,泥浆泵工作泵压为 6.5~8.0 MPa,后期施工一直正常。图 2 为该孔取出的岩心样品。



图 2 ZK1703 号钻孔破碎带岩心照片

4.3 与捞砂钻具组合使用的成效

白马矿区 ZK1903 号钻孔,初次施工时采用无固相冲洗液,遭遇断层破碎带后,多次发生卡钻事故。即使事故处理完后仍无法扫孔到底,勉强扫到底也无法加尺钻进。后来采用连接普钻施工的捞砂器下至井底,配合使用该泥浆体系扫孔,将井底的粗颗粒钻渣用捞砂器上的反丝沉砂管装起来,当沉砂管内装满后,提钻敲砂,如此反复 3~5 次就能扫至井底,孔内施工正常,钻具一放到底,施工效果十分明显。图 3 为该孔采用捞砂器捞起的钻渣。



图3 ZK1903号钻孔捞砂器捞起的钻渣照片

5 结语

通过队校合作攻关,研究出了新型泥浆体系,在白马矿区复杂地层钻探中得到成功应用。研究和应用中,获得以下体会:

(1)攀西钒钛磁铁矿整装勘查钻孔施工中建立的新型泥浆体系使用对复杂地层钻进具有很强的针对性和较好的使用效果,对下一步外围深部普查项目的钻探施工具有普遍的指导意义。

(2)对于复杂地层钻探施工,采用“产、学、研”

(上接第27页)

5 结论与认识

(1)水平井长段密闭取心技术在树35-平27井中得到了成功应用,填补了大庆油田水平井水平段长段密闭取心空白。

(2)树35-平27井井眼轨道优化设计合理,有利于现场施工。通过设计稳斜段和探油顶段,消除了造斜工具造斜率的不确定性和油层误差带来的影响;通过降低造斜段“狗腿”度,为取心工具的顺利下入创造了条件。

(上接第30页)

层,防塌钻井液体系的选择应多样,不同的防塌钻井液体系针对不同的区块效果不同。

(5)在钻井液研发或优选方面,适当控制滤失量,加强抑制性研究。调整好钻井液性能,物理防塌和化学防塌并重,做到低失水、高矿化度、高滤液粘度、适当密度和粘度,有效地控制钻井液中自由水向地层渗透,严禁负压钻进。钻入易塌层段前,按泥浆设计要求一次性加入防塌剂,含量达到3%左右,以后钻进中要注意不断补充。

(6)强化短起下清沙,保证上部井段的通畅,为复杂情况处理提供保障。减化钻具结构,少下钻铤。

模式有机结合,对于指导钻探生产和提高生产单位钻探技术水平大有益处。

参考文献:

- [1] 黄汉仁,杨坤鹏,罗平亚. 泥浆工艺原理[M]. 北京:石油工业出版社,1984.
- [2] 鄢泰宁,孙友宏,彭振斌. 岩土钻掘工程学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [3] 吴隆杰,杨凤霞. 钻井液处理剂胶体化学原理[M]. 四川成都:成都科技大学出版社,1992.
- [4] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营:中国石油大学出版社,2001.
- [5] 李之军,陈礼仪,贾军,等. 汶川地震断裂带科学钻探一号孔(WFSD-1)断层泥孔段泥浆体系的研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(12):13-15,19.
- [6] 中国煤田地质总局. 煤田钻探工程 第五分册 钻井液[M]. 北京:煤炭工业出版社,1994.
- [7] 孙丙伦,陈师逊,陶士先. 复杂地层深孔钻探泥浆护壁技术讨论与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(5):13-16.
- [8] 王文臣. 钻孔冲洗与注浆[M]. 北京:冶金工业出版社,1996.
- [9] 周金葵. 钻井液工艺技术[M]. 北京:石油工业出版社,2009.

(3)水平段取心钻具组合设计合理,通过调整不同的钻具组合来进行井眼轨迹控制,取得了良好的效果。全井在取心过程中,未使用单弯螺杆进行井眼轨迹调整,实现了水平段连续取心。

(4)通过取心工具和取心参数优选,提高了岩心收获率和密闭率。

参考文献:

- [1] 易贵华,等. 密闭取心技术[J]. 新疆石油天然气,2008,(4).
- [2] 王建毅,等. 影响岩心密闭率因素[J]. 吐哈油气,2000,(1).
- [3] 龚志敏. 定向井长筒取心技术应用[J]. 石油钻探技术,1995,(3).

每钻进80~100 m短起下清砂一次。

(7)在钻时慢的区块如72块,增加钻头选型,加快钻时利于维护井壁稳定。

参考文献:

- [1] 崔杰,赵金海,等. 井壁稳定性分析及应用[J]. 石油工程技术,2009,7(1):16-20.
- [2] 李炎军,萧林,等. 井壁稳定技术在涪洲11-1油田的应用[J]. 石油钻采工艺,2007,9(6):19-21.
- [3] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营:中国石油大学出版社,2001.
- [4] 罗建生,鄢捷年. 页岩水化对其力学性质和井壁稳定性的影响[J]. 石油钻采工艺,1999,21(2):7-13.