

河南内乡板厂铜多金属矿 ZK1724 孔钻探施工技术

韩明耀, 柳硕林

(河南省地质矿产勘查开发局第一地质勘查院, 河南 郑州 450001)

摘要:河南省内乡县板厂一带铜多金属矿区, 地层构造复杂, 蚀变强烈, 裂隙发育, 冲洗液漏失严重, 深部钻探难度大。施工过程中, 通过优选设备机具, 优化孔身结构, 摸索合理的钻具和套管级配, 优选钻进技术规程参数, 采用植物胶体系细分散低固相冲洗液, 多种措施联合堵漏, 顺利完成了钻探任务。为矿区下一步钻探施工提供了技术保障, 为深孔复杂地层钻探提供了可行的经验。

关键词:构造蚀变带; 孔身结构; 钻进参数; 冲洗液; 护壁堵漏

中图分类号: P634 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2017)12-0054-05

Drilling Technology of Well ZK1724 in Banchang Copper Polymetallic Mining Area in Neixiang County of Henan Province/HAN Ming-yao, LIU Shuo-lin (The First Geological Exploration Institute of Henan Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Zhengzhou Henan 450001, China)

Abstract: Deep drilling is difficult in Banchang copper polymetallic mining area because of complex stratigraphic structure, strong alteration, fissure development and serious loss of circulation. Series of measures were taken to ensure smooth drilling in the construction process, including optimizing equipments, well structure design and drilling technical parameters, exploring reasonable drilling tools and casing gradation and using plant gum system fine-dispersed low solid flushing fluid, which provide the technical support for the subsequent drilling operation and can be feasible experience for deep complex formations drilling.

Key words: structural alteration zone; borehole structure; drilling parameters; flushing fluid; wall protection and leakage control

1 概述

河南省内乡县板厂一带铜多金属矿勘查, 是省重点找矿项目。矿区地层构造复杂破碎, 蚀变严重; 地层裂隙发育, 冲洗液漏失, 孔壁维护难度很大。该项目 2011 年河南省国土资源厅已立项, 前期钻孔较浅, 2016 年续作后, 为控制矿体在深部延伸情况, 设计钻孔更深。

其中 ZK1724 钻孔, 设计孔深 1700 m, 倾角 85°, 方位角 20°, 终孔孔径 ≥ 76 mm。实际完成钻探孔深 1712.56 m, 为矿区目前最深钻孔。ZK1724 钻孔自 2016 年 5 月 16 日开钻, 11 月 25 日终孔, 施工 193 d, 钻探总台时 4632 h, 台月效率为 266.20 m。ZK1724 钻孔矿体厚度 381.63 m, 矿心采取率 99.73%, 岩石厚度 1662.52 m, 岩心采取率 98.36%, 终孔倾角为 75°, 方位角为 19°, 经地质专家现场验收, 综合评定为优质孔。在长达 6 个多月的现场实际施工过程中, 对于深孔复杂地层的施工

技术和经验进行了艰苦的探索与细致的总结, 并进行了有效的技术改进, 从而实现了工程质量和钻进效率的提高。

2 矿区简介及地层

2.1 矿区简介

矿区位于伏牛山南麓, 秦岭山脉东段, 豫西南伏牛山脉南侧, 属中低山区。区内山峦起伏, 地形复杂, 坡度一般在 30°左右, 一般相对高差 300~500 m。行政区划属河南省内乡县管辖。区内有 S249 省道和县乡公路网相通, 交通方便。

矿区属长江流域汉水水系, 气候属亚热带大陆性季风气候, 四季分明, 年平均气温 15.2 °C, 年平均降雨量 877 mm。冰冻期一般在每年的 11 月至次年 2 月份, 全年无霜期 220 d 左右。

区内居民点较多, 人口比较集中, 劳动力资源丰富。该区工业不发达, 主要以矿山开发为主, 目前开

收稿日期: 2017-06-28; 修回日期: 2017-10-25

作者简介: 韩明耀, 男, 汉族, 1974 年生, 从事岩心钻探、水文水井钻探技术及管理工作, 河南省郑州市高新区莲花街 56 号地矿大厦 3007 室, 1069090551@qq.com。

发矿产有金、银、铜、铁、铅、锌等金属矿产及矽线石、石墨、海泡石及花岗岩等非金属矿产。

2.2 矿区地层

矿区位于小水-老虎山背斜南翼,朱阳关-夏馆断裂上,由于多次的变质与变形作用,施工区域内的褶皱与断裂等构造极为发育。矿区出露地层为秦岭岩群雁岭沟岩组(Pt_{1y}),以及少量第四系(Q)。

雁岭沟岩组(Pt_{1y}):出露主要岩性为黑云二长片麻岩、斜长角闪片麻岩、白云石大理岩,含石墨大理岩、透闪石化大理岩、铁白云石化碎裂大理岩等各类大理岩夹石英片岩、斜长角闪片岩、黑云二长片麻岩、矽线二长片麻岩等。可结合岩石组合特性,大致上将其分为4个主要的岩性段。

(1)第四系(Q):分布于河谷及山前沟谷内。主要岩性为砂砾石层,残坡积物,亚砂土,亚粘土及粘土,井壁容易发生失稳。

(2)上部岩性段:主要岩性为白云石大理岩、黑云斜长片麻岩、斜长角闪片麻岩。岩石裂隙发育,冲洗液漏失风险高。

(3)中部岩性段:岩性组合为白云石大理岩,碎裂透辉(闪)石大理岩夹含石墨大理岩。矿(化)体赋存于该段内的构造蚀变带与花岗(斑)岩的内外接触带中。构造蚀变带岩性有绿泥石、绿帘石等,岩石稳定性差,破碎,易坍塌,部分层段具水敏性。岩石中石墨含量过高时,孔壁稳定性也相应降低,且软硬不均,对岩心采取和防止孔斜要求较高。

(4)下部岩性段:岩性组合为白云石大理岩,白云质大理岩,含石墨大理岩夹黑云斜长片麻岩等。岩心破碎,取心比较困难,回次进尺少,须少打进尺勤起钻,钻进效率低。

工作区主要岩石白云岩、大理岩可钻性4~6级,研磨性低;片麻岩、花岗岩可钻性6~8级,中等研磨性。

3 钻进方法和工艺措施

3.1 主要设备机具

XY-6B型岩心钻机:额定钻进深度1500~2000 m,最大扭矩6.7 kN·m,立轴转速80~1000 r/min,立轴最大起重力200 kN,卷扬机最大提升力60 kN。

3NBB260型泥浆泵:缸套直径85 mm,5个挡位,泵量35~260 L/min,泵压7~10 MPa。

SG-23型钻塔:名义高度23 m,最大负荷30 t。

SJ-2000型绞车:钢丝绳长度2000 m。

XJL-42型测斜仪:总长度1700 mm,外径42 mm。

金刚石绳索取心主要使用HQ、NQ钻具,使用木马式夹持器。

3.2 孔身结构及级配

孔身结构如图1所示。ZK1724钻孔设计深度较大,地层复杂,上部复杂层位较多,深部地层地质情况未知,为确保钻探施工顺利进行,必须留有变径余地,开孔直径尽可能大一些,两级套管之间的孔深间隔尽可能大一些,做好下多层套管的准备,形成多台阶的钻孔结构。

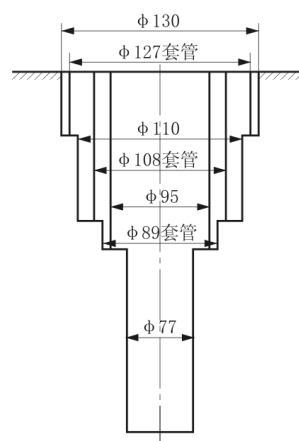


图1 孔身结构示意图

开孔口径 $\Phi 130$ mm,使用单管钻具,金刚石钻头,钻进至32.11 m,见完整基岩,因孔内漏水严重且上部坍塌,下入 $\Phi 127$ mm套管。

换用 $\Phi 110$ mm金刚石单管钻具,钻进至65.28 m,下入 $\Phi 108$ mm套管。这一孔段地层比较完整,但冲洗液全漏失,顶漏钻进,未采取堵漏措施。

再换用HQ系列S95B绳索取心钻具,钻头外径95 mm,扩孔器外径95.3 mm,钻进至584.78 m。其间钻遇数层破碎带和水敏性地层,使用了惰性材料、桥接材料、水泥、凝胶等堵漏材料,大部分冲洗液返出口口。经技术人员对岩心和地层分析,为维护上部地层稳定、阻隔漏失地层、提高效率,决定换径,下入 $\Phi 89$ mm套管。

最后采用NQ系列S76绳索取心钻具,钻头外径加大至77 mm,扩孔器外径77.3 mm,钻进至终孔1712.56 m。

各级套管使用地质套管,壁厚4.5 mm,确保套

管强度。采用外接箍连接,接箍内壁与套管体内壁无台阶,从而保证套管内径最大化、套管与钻具环状间隙最大化,可有效减小回转阻力、降低深孔泵压、利于较大颗粒岩粉上返;同时,套管体内壁平滑,避免了接箍和钻具的直接回转摩擦,从而大大减少了因接箍断裂或脱扣造成的套管事故。套管丝扣间使用反扣连接,可有效减少套管脱扣事故,也便于终孔后起拔套管。

3.3 钻进方法与技术参数

按照施工要求,结合项目实际情况,全孔采用金刚石回转钻进方法施工。 $\varnothing 130$ 、 110 mm 孔段使用单管钻具,回次终了采取岩心时,从水龙头上部向钻具内投入卡料或卡丝,确保岩心采取率。 $\varnothing 95$ 、 77 mm 孔段使用绳索取心钻进方法,岩心采取率高,钻探效率高。

综合考虑设备机具能力、口径、钻头、钻进方法和地层情况,优选钻进技术规程参数。钻进过程中,根据地层岩性情况,对钻压、转速、冲洗液量等参数进行有机配合,及时调整。孔内情况正常时,转速取上限值以提高效率。具体钻进技术参数见表1。

表1 钻进技术参数

钻进方法	钻头直径/ mm	钻压/ kN	转速/ ($r \cdot \min^{-1}$)	泵量/ ($L \cdot \min^{-1}$)
单管钻进	130	6 ~ 15	80 ~ 400	60 ~ 120
单管钻进	110	12 ~ 15	150 ~ 500	60 ~ 120
绳索取心	95	12 ~ 15	350 ~ 700	60 ~ 120
绳索取心	77	8 ~ 12	400 ~ 800	60 ~ 100

3.4 冲洗液

3.4.1 正常钻进时冲洗液

钻孔正常钻进时,使用细分散低固相植物胶体系冲洗液,其优点是密度低,失水量小,胶体率高,对岩屑的悬浮和携带能力强。配方为:1.5% 膨润土 + 0.2% ~ 0.25% 纯碱 + 0.6% 植物胶 + 0.6% ~ 0.8% 腐植酸钾 + 0.03% 聚丙烯酸钾。孔深时或孔内阻力大时,加入润滑剂 0.3%。配置时严格按照上述材料顺序添加,膨润土应充分预水化,充分搅拌。配置出的冲洗液性能为:粘度 22 ~ 26 s,密度 1.03 g/cm^3 ,pH 值 8,失水量 $< 12 \text{ mL/30 min}$,胶体率 $> 98\%$ 。

3.4.2 水敏化地层冲洗液

钻孔钻遇绿泥石化、高岭土化地层时,表现出坍塌、缩径等水敏化特征,钻具回转阻力大,起下钻阻

力大,甚至发生卡钻事故。在冲洗液中加入钙盐作为抑制剂,转化为钙处理冲洗液,为方便购置,选用石灰作为钙盐。

具体配置方法为:第一步,原浆中加入纤维素 0.2% ~ 0.3%,降低失水量。第二步,加入钙盐(选用石灰)转化为钙处理泥浆, Ca^{2+} 浓度维持在 $0.8 \sim 1.5 \text{ kg/m}^3$ 以上,可以适当多加一些石灰,使 Ca^{2+} 处于过饱和状态。钙处理后泥浆表观粘度、漏斗粘度会显著增加,失水量增大。第三步,加入腐植酸钾调节泥浆粘度和失水量。

3.4.3 复杂地层冲洗液

矿区钻探的复杂地层主要是构造蚀变带岩层,如绿帘石等,岩石松散、破碎、胶结性差,钻探过程中,轻则掉块;严重时钻孔垮塌,憋车憋泵;甚至造成孔内事故。图2为绿帘石层岩心图片。泥浆配置思路是适当提高粘度,尽量降低失水量,保护孔壁,预防坍塌,维持正常钻进。



图2 绿帘石层岩心图片

泥浆配方为:2% 膨润土 + 0.2% ~ 0.3% 纯碱 + 0.2% ~ 0.3% 纤维素 + 0.6% 植物胶 + 0.6% ~ 0.8% 腐植酸钾 + 0.1% ~ 0.2% 磺化沥青 + 0.03% 聚丙烯酸钾 + 0.3% 润滑剂。

配置出的泥浆性能为:粘度 26 ~ 32 s,密度 1.03 g/cm^3 ,pH 值 8,失水量 $6 \sim 8 \text{ mL/30 min}$,胶体率接近 100%。

3.4.4 冲洗液维护与管理

(1) 冲洗液体系与配方需要结合地层条件与钻进方法来确定,现场应用过程中在严格执行冲洗液方案的基础上,也应对可能出现的异常情况做好工程预案,灵活处理。

(2) 钻井现场应配备专用的泥浆测试仪器,并认真做好泥浆性能测试工作,整理好泥浆班报表。严密观测六速旋转粘度值、中压失水量、含砂量、pH 值等常规性能,一旦发现异常应引起充分重视,分析

性能波动的原因,并进行针对性解决。

(3)做好现场泥浆净化工作。定期清理沉淀池、循环槽以及上水池,勤捞砂,保证除砂器开启率。避免雨水、污水等汇入泥浆池而引起泥浆性能大幅波动。

(4)泥浆配制应确保处理剂性能充分发挥。坂土预水化时间应在 24 h 以上,纤维素等大分子处理剂应预先配制成高浓度胶液,维护过程中应适量、均匀地补充至上水池中。

(5)冲洗液体系转换时应做好小样实验,分析转换过程中是否会出现大的性能波动,全井转换时应兼顾效率与效果。

3.5 护壁堵漏

冲洗液漏失是 ZK1724 孔钻探施工的一大难题。漏失发生后将导致井内静液柱压力下降,难以平衡地层空隙压力,从而引发垮塌等复杂问题。冲洗液难以建立循环,钻进工作难以顺利进行,钻进施工安全得不到保证,严重者将导致钻孔报废。矿区白云岩、大理岩地层,可能出现轻微漏失、严重漏失、全漏失等不同程度漏失情况。做好护壁堵漏工作,主要采取了以下几种方法。

3.5.1 顶漏钻进

孔深较浅、供水水源充足,钻探施工中对轻微漏失不做处理,顶漏钻进。钻探上部地层采用 $\varnothing 130$ 、110 mm 口径施工,产生的岩粉量较大,通过井内自然沉降以及在压差作用下部分岩粉在近井壁处渗滤而侵入裂隙深处,从而起到一定的封堵效果。如此,可以实现泥浆的自我堵漏效果,避免了因为堵漏作业而引起的工期延长以及材料成本增加。

3.5.2 随钻堵漏

适用于微裂缝轻微漏失,常规方法是在冲洗液中加入惰性材料或随钻堵漏剂,或者在 CMC 溶液中加入石灰石粉、锯末等随钻材料,通过地面搅拌罐进行强力混合搅拌,确保其均匀,并保持较高的粘度,经钻杆灌注至井底。开动钻机后低转速回转,并上下活动钻具扫孔,保持小排量。一次堵漏难以奏效时可多次连续采取该措施。相比于其它堵漏措施,该方法操作简单,随钻随堵,限于随钻材料尺寸较小,适合进行微孔隙及微裂隙等轻微漏失。

3.5.3 桥接材料堵漏

当漏失程度较为严重,随钻堵漏难以奏效时,需要配制桥接堵漏浆液,大致配方为:清水 + PHP +

CMC + 桥接材料 + 锯末,其中桥接材料为 803 堵漏王或地层压力增强剂。配制与灌注方法与随钻堵漏大致相同。与随钻堵漏相比,桥接材料组分更为复杂多样,相当于化学材料与惰性材料联合堵漏,且惰性材料粒径更大、纤维更长,堵漏效果更好。

3.5.4 水泥砂浆堵漏

孔内漏失严重,孔口返出的冲洗液量很小或不返时,使用水泥砂浆堵漏方法:清水 + 水泥 + 河砂 + 1% NaCl(早强剂),水灰比控制在 0.4 ~ 0.5 的范围内。其中水泥标号应大于 42.5 级,而河沙尺寸应为中细粒径。水泥最好现买现用,保存时应注意防潮结块。水泥砂浆配制完成后,应一次性连续灌注至井内,待全部钻具起出井口后候凝 36 ~ 48 h,候凝时间不足有可能导致水泥固结不充分,候凝时间过长水泥强度较高时导致扫孔时间延长。计算好替浆液,确保水泥砂浆顶替到位。扫除水泥塞过程中避免使用清水,以防携带能力不足而导致沉砂过多;控制扫孔速度不要过快,保证冲洗液循环充分以最大程度保证井眼清洁。

3.5.5 溶胀型堵漏材料

孔内漏失严重,孔口返出的冲洗液量小或不返时,使用具有延迟膨胀特点的材料堵漏,如凝胶等。经过 ZK1724 孔的凝胶堵漏实践,与水泥砂浆堵漏相比,操作程序相对简单,节省了水泥候凝时间,也避免了水泥初凝早,抱死钻具的事故风险。

膨胀性堵漏剂自身含有多种亲水基团,并且具有一定的交联度(或外加交联剂),可吸收相当于自身质量上千倍的液态水而形成体状凝胶结构。初始阶段吸水较慢,后期吸水膨胀速率大幅加快,从而方便现场配制并泵送至漏失层段,在漏失通道内不断膨胀占位,从而起到良好的封堵作用。该方法使用过程中应严格注意各时间节点,以防未泵送到位时即出现过度膨胀,从而引起堵漏失败。

3.5.6 套管堵漏

套管堵漏即先强行钻穿漏层后,下入套管将漏层进行封隔。ZK1724 孔下入的 $\varnothing 127$ 、108、89 mm 三层套管,都起到了很好的堵漏效果。但是套管封隔受井身结构和套管程序的限制,不到万不得已的情况不能采用。

4 结语

(1) ZK1724 孔多策并举,顺利完成了钻探任

务,提高了钻探施工效率和工程质量,为矿区下一步钻探施工提供了技术保障,为深孔复杂地层钻探提供了可行的经验。

(2)《地质岩心钻探规程》(DZ/T 0227—2010)规定的钻探公称口径系列为150(S)、122(P)、96(H)、76(N) mm等,实际的钻头、扩孔器外径尺寸可根据不同的钻进方法和地层情况,在合理范围内适当调整。ZK1724孔据此大胆改进,使用的四级钻头外径为130、110、95、77 mm,同时,对钻具级配、套管结构也做出相应的调整。实践证明是可行的,适应矿区地层情况,满足地质要求,有利于提高钻效,节约成本。

(3)在地层漏失的情况下,坚持使用细分散低固相冲洗液,是保障正常钻进的关键。细分散低固相冲洗液的固相含量低,流动性好,润滑性能好,适应金刚石绳索取心钻探,且不易发生缩径、坍塌卡钻等事故。构造蚀变带复杂地层,岩石松散、破碎、胶结性差、有的层位具水敏性,细分散低固相冲洗液自由水含量少,能有效地阻止冲洗液中自由水向岩层中渗透,减少对岩层的干扰,保证钻孔的安全。

(4)尝试了顶漏钻进、随钻堵漏、专门堵漏、套管堵漏等方法,试用了惰性材料、桥接材料、水泥砂浆、溶胀型材料(凝胶)等堵漏材料,对漏失地层特性判断与堵漏方法、堵漏材料的关联性有了初步认

识。

参考文献:

- [1] 雷淮. 河南省内乡县板厂铜多金属矿床成因及成矿模式探讨[J]. 中国矿业, 2011, 20(9): 62-68.
 - [2] 朱恒银, 蔡正水, 王强, 等. 赣州科学钻探 NLS-D-1 孔施工技术研究与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(6): 1-7.
 - [3] 曾石友, 杨宽才, 蔡记华, 等. 小秦岭金矿田 2000m 深孔钻探技术[J]. 地质与勘探, 2015, 51(1): 175-180.
 - [4] 王达, 何远信, 等. 地质钻探手册[M]. 湖南长沙: 中南大学出版社, 2014.
 - [5] 于辉, 史强, 叶兰肃, 等. 新疆阿舍勒铜矿 ZK2102 孔钻探施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(S2): 330-333.
 - [6] 段志强, 李生海. 低固相冲洗液在赣南再里地区的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(6): 26-29.
 - [7] 陶士先, 纪卫军, 等. 地质钻探复杂地层冲洗液对策及应用案例[M]. 北京: 地质出版社, 2016.
 - [8] 张统得, 陈礼仪, 贾军, 等. 汶川地震断裂带科学钻探项目钻井液技术与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(9): 139-142.
 - [9] 翟育峰, 陈师逊, 张英传. 水泥封孔技术在罗布莎科钻孔施工中的应用[J]. 西部探矿工程, 2013, 25(3): 70-72.
 - [10] 石立明, 曹灶开. 凝胶堵漏技术在阳山矿区漏失地层中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(9): 22-24.
 - [11] 张所邦, 谭建国, 王爱军, 等. 宜昌磷矿北部整装勘查项目深孔复杂地层钻探技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(4): 23-27.
-
- (上接第 33 页)
- 天然裂缝发育程度, 并针对性优化该段酸液用量将成为后续工作的难点。
- 参考文献:**
- [1] 周德华, 焦方正, 贾长贵, 等. JY1HF 页岩气水平井大型分段压裂技术[J]. 石油钻探技术, 2014, 42(1): 75-80.
 - [2] 郝志伟, 王宇宾, 宋有胜, 等. 高温深井碳酸盐岩储层降滤失酸体系研究与应用[J]. 钻井液与完井液, 2012, 29(4): 69-71.
 - [3] 陈冀崑, 雷鸣, 赵立强, 等. 川东北碳酸盐岩气藏酸-岩反应特征研究[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2009, 31(4): 83-86.
 - [4] 陈庚良, 黄瑛. 碳酸盐岩酸化反应机理分析[J]. 天然气工业, 2006, 26(1): 104-108.
 - [5] 赵立强. 碳酸盐岩和盐酸反应动力学的试验研究[J]. 西南石油学院学报, 1988, 10(1): 34-41.
 - [6] 李颖川. 采油工程[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993. 214-216.
 - [7] 李力. 用人工模拟裂缝装置研究盐酸/白云岩反应速率的影响因素[J]. 钻采工艺, 2000, 23(1): 28-31.
 - [8] 李莹, 卢渊, 伊向艺, 等. 碳酸盐岩储层不同酸液体系酸岩反应动力学实验研究[J]. 科学技术与工程, 2012, 12(33): 9010-9013.
 - [9] 曲占庆, 于姣姣, 温庆志, 等. 水平井分段酸化效果影响因素分析及优化[J]. 石油钻探技术, 2011, 39(6): 63-68.
 - [10] 吕小明, 丁里, 石华强, 等. 长庆油田高桥区块碳酸盐岩储层酸岩反应基础研究[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2013, 35(6): 106-108.
 - [11] 刘如红. 酸岩反应速率影响因素的多元线性回归分析研究[J]. 石油化工应用, 2013, 32(3): 13-15.
 - [12] 满江红, 张玉梅. 深井碳酸盐岩储层深度酸压工艺技术探讨[J]. 新疆石油学院学报, 2003, 15(1): 77-80.
 - [13] 张建利, 孙忠杰, 张泽兰. 碳酸盐岩油藏酸岩反应动力学实验研究[J]. 油田化学, 2003, 20(3): 216-219.
 - [14] 刘飞, 赵立强, 孟向丽, 等. 前置缓速酸加砂压裂中酸岩反应模拟研究[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2014, 36(1): 104-108.
 - [15] 韩慧芬. 酸液滤失的影响因素分析[J]. 钻采工艺, 2002, 25(3): 29-31.
 - [16] 李年银, 赵立强, 刘平礼. 碳酸盐岩酸压过程中的酸液滤失研究[J]. 西部探矿工程, 2006, 18(3): 109-111.
 - [17] 潘琼, 段国彬. 酸液滤失实验模型的建立[J]. 钻采工艺, 2004, 27(3): 88-89.