

# 河南桐柏吴城碱矿定向水平对接采卤井 堵漏工艺可行性分析

唐孟龙<sup>1</sup>, 崔桂平<sup>1</sup>, 邹柒庚<sup>2</sup>

(1. 湖南省地质矿产勘查开发局四一七队, 湖南 衡阳 421001; 2. 中石化中南四普钻井公司, 湖南 长沙 410118)

**摘要:**河南桐柏吴城碱矿采卤生产井堵漏问题一直困扰着该地区采卤井钻井速度, 多年来未取得突破性进展。经过在 SPO8 井现场进行水泥注浆堵漏试验, 得出该地层漏失特性为遇水可溶的裂缝性漏失。根据这个特性, 结合室内试验, 从堵漏材料选择、工艺两方面较为系统地总结出该地区堵漏技术, 制定出以高失水材料为主, 配合桥堵材料综合技术措施及承压工艺方法。为今后该矿区快速、高效堵漏提供了有效的技术支持。

**关键词:** 遇水可溶裂缝性地层; 漏失; 饱和盐水水泥浆; 高失水; 承压堵漏

中图分类号: P634.7 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2011)11-0027-05

**Feasibility Analysis on Leakage Stoppage Technology for Brine Extraction Well/TANG Meng-long<sup>1</sup>, CUI Gui-ping<sup>1</sup>, ZOU Qi-geng<sup>2</sup>** (1. 417 Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Hunan Province, Hengyang Hunan 421001, China; 2. South China No. 4 Drilling Company, SINOPEC, Changsha Hunan 410118, China)

**Abstract:** The effect of leakage stoppage has been affected the drilling speed of brine extraction well of alkali mine in Tong-bai of Henan. By the leakage stoppage test with cement grouting in well SPO8, it was found that the leakage characteristic of this stratum is fractured loss. Based on this characteristic and according to the laboratory test, a leakage stoppage technology for this region was systematically summed up in choice of leakage stoppage material and technology. A comprehensive technical measure and pressure sealing method mainly with high water loss material matching bridging blockage material was made to provide technical support in this mining area.

**Key words:** water soluble fractured formation; loss; saturated saltwater slurry; high water loss; pressure sealing

## 0 引言

河南桐柏吴城碱矿是河南省一个中型碱矿, 年产量达 30 万 t。近年来, 随着定向水平对接连通法采卤工艺的发展, 为确保定向水平井套管固井质量和钻井作业的顺利进行, 堵漏工作显得十分重要。到目前为止, 该地区还没有成熟的堵漏技术工艺, 尤其对遇水可溶裂缝性地层的漏失。用于该井型的堵漏时间一般在 40 天以上, 由于所处区块不同, 一次性堵漏成功的井较少, 大都不同程度地进行了反复堵漏, 有的井堵漏时间长达 3 个月, 耗时长、费用高、劳动强度大, 严重制约采卤生产井的钻井速度。因此, 尽快寻找有效的堵漏配方和工艺显得十分必要。

## 1 矿区地质概况

吴城盆地所处大地构造位置为秦岭—昆仑东西复杂构造带的档段南亚带, 淮阳山字形构造的西翼与新华夏系第二沉降带的复合部位。盆地位于新华夏系第二沉降带午阳—桐柏隆起区的南端, 为一椭圆

圆形闭合盆地。东西长 23 km、南北宽 14 km, 长轴方向近东西略向东北方向偏转。盆地内均为新生界沉积, 天然碱矿沉积于盆地中部稍偏北部位。矿区采卤井钻遇地层层序划为:

(1) 新生界第四系, 厚约 30 m, 主要为褐黄色亚粘土, 上部以粘土层为主, 下部为粘土层夹河漫滩砂砾石层;

(2) 上第三系陡坡组, 厚约 120 m, 上部为黄、棕黄色砂砾岩、砂质泥岩, 下部为杂色砾岩、砂砾岩;

(3) 下第三系大张庄组, 厚约 230 m, 黄、灰绿色厚层粉砂质泥岩, 夹厚度  $\geq 0.5$  m 的劣质油页岩 1~4 层。

(4) 下第三系五里堆组, 上段厚约 170 m, 为灰色粉砂质泥岩—油页岩, 粉细砂岩—粉砂质泥岩组成基本韵律; 下段厚约 300 m, 主要为泥质白云岩—油页岩—盐碱矿组成基本韵律, 矿层厚 0.1~3 m 不等。

收稿日期: 2011-05-16; 修回日期: 2011-08-26

作者简介: 唐孟龙(1964-), 男(汉族), 湖南长沙人, 湖南省地质矿产勘查开发局四一七队副总工程师、高级工程师, 探矿工程专业, 从事盐卤定向对接采卤井施工技术管理工作, 湖南省衡阳市解放大道 2 号, sutangyunbo@126.com。

## 2 矿区漏失情况

矿区勘探施工中见矿的20多个勘探孔中,近半数的孔出现程度不一的漏水现象。其中有几个孔漏失特别严重,还造成了孔内事故。

采卤井建设中,又有多口井出现漏失。其中有口井钻井过程中因漏失引发事故,至使固井质量不合格而报废。另有3口井因井漏引起上部井壁坍塌而造成事故,为处理孔内事故耗时数月,造成大量人力、物力和财力浪费。本矿区漏失层具有一定的规律性,漏失井深一般都在680~700m之间,部分矿层中矿石溶蚀现象比较普遍。勘探和采卤井建设中,先后进行了多种堵漏方法试验,取得了一定堵漏经验。但漏失层的空间分布规律、漏失原因还没有彻底查清,有待今后工作中进一步研究。

漏失层的存在,客观上给井建施工带来严重影响,采卤井建井质量无法得到保证。因此开展漏失层的研究,开发堵漏工艺技术是提高采卤井质量、延长采卤井服务年限、提高资源回采率、降低采矿成本的主要措施之一。

## 3 SP08井施工程序

SP08井设计为一探采结合井,要求首先对主采矿层进行勘探取心,然后用水泥封孔至造斜点600m左右进行分支,再定向水平钻进至CZ03井靶点溶腔,实现与CZ03井定向对接连通采卤(如图1所示)。SP08井布置在CZ03井东面,两井井距525m。SP08井设计垂深890m,设计斜长1300m。其施工程序如下:

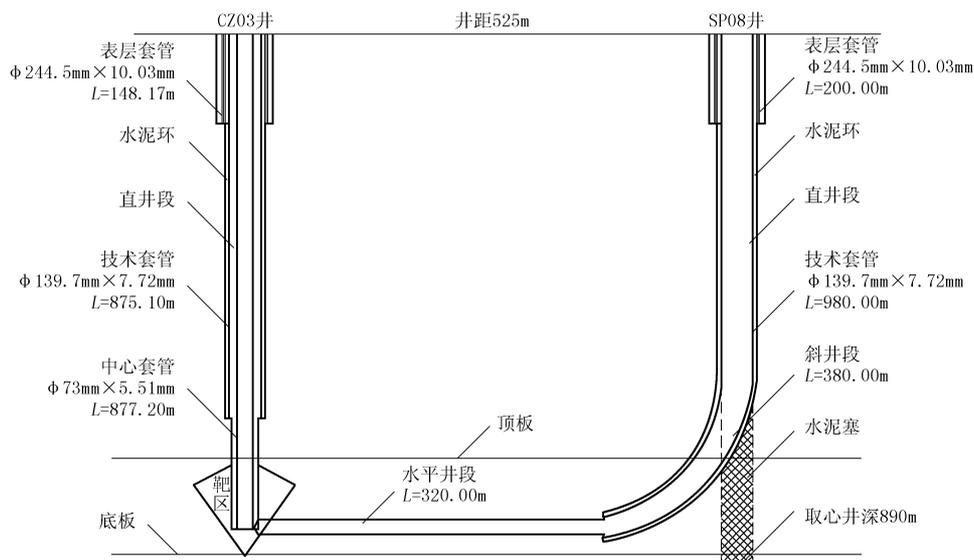


图1 SP08井-CZ03井采卤对接井结构示意图

一开:井深0~200m,井径311mm,下入 $\text{O}244.5\text{mm}\times 10.03\text{mm}$ 表层套管固井;

二开直井段:井深200~600m,井径200mm,三牙轮钻头全面钻进;

取心过渡段:井深600~780m,井径165mm,PDC钻头全面钻进;

取心段:井深780~890m,井径152mm,双管取心钻进;

取心完毕,注水泥浆封闭取心段和取心过度段。

二开增斜段:井深600~980m,井径200mm,定向钻进,要求钻孔井斜在对接矿层顶板处达到 $85^\circ$ 以上。然后下入 $\text{O}139.7\text{mm}\times 7.72\text{mm}$ 技术套管固井。

三开水平段:井深980~1300m,井径118mm,水平钻进,钻达CZ03井靶点溶腔。

## 4 SP08井水泥浆堵漏情况

SP08井施工中2次穿过同一漏失井段。每当钻至682~685m时都发生失返性井漏,泥浆有进无出。第一次取心过渡井段通过漏层时使用了水泥材料进行堵漏作业。取心过渡段钻至井深682m开始出现漏失,继续钻进至685m时,漏失加大,泥浆有进无出,估计漏水量达 $50\text{m}^3/\text{h}$ 以上。提钻进行水泥注浆堵漏,每次注浆光钻杆下至漏点680m左右进行水泥浆灌注、顶替。

(1)第一次注425水泥3t,清水配浆,水泥浆密度 $1.68\text{kg/L}$ 。探孔没有水泥塞。

(2)第二次、第三次分别注425水泥5t,清水配浆,水泥浆密度 $1.76\text{kg/L}$ ,二次探孔均没有探得水水泥塞,孔内仍然全泵漏失。

(3)第四次注425水泥8t,清水配浆,水泥浆密

度 1.76 kg/L, 探得水泥塞 6 m。扫水泥塞至漏点, 孔内全泵漏失。

(4) 第五次注 G 级高抗油井水泥 5 t, 清水配浆, 加 TW200S 油井水泥降失水剂 75 kg、USZ 油井水泥减阻剂 50 kg, 水泥浆密度 1.75 kg/L, 下钻未探到水泥塞, 开泵循环有大约 1/3 泥浆返出井口, 继续循环观测漏水量为 20 m<sup>3</sup>/h 左右。

(5) 第六次注 G 级高抗油井水泥 8 t, 清水配浆, 加 TW200S 油井水泥降失水剂 100 kg、USZ 油井水泥减阻剂 50 kg, 水泥浆密度 1.78 kg/L, 下钻探得水泥塞近 5 m。扫水泥塞至漏点, 开泵循环观测漏水量为 5 m<sup>3</sup>/h 左右。配饱和盐水水泥浆加单封、锯木屑试钻, 30 min 内漏失量逐渐加大至 10 m/h 以上。

(6) 第七次注 G 级高抗油井水泥 7 t, 饱和盐水配浆, 水泥浆密度 1.85 kg/L, 探得水泥塞 12 m。扫水泥塞至漏点, 没有明显漏失。钻进至 712 m 时, 漏失量逐渐加大至 5 m<sup>3</sup>/h 以上。

(7) 第八次注 G 级高抗油井水泥 5 t, 饱和盐水配浆, 加速凝剂 75 kg、加早强剂 50 kg, 水泥浆密度 1.90 kg/L, 探得水泥塞 110 m。扫水泥塞至漏点, 没有明显漏失。钻进至 780 m 时, 漏失量逐渐加大, 无法正常钻进。

(8) 第九次注 G 级高抗油井水泥 4 t, 饱和盐水配浆, 加速凝剂 75 kg、加早强剂 50 kg, 水泥浆密度 1.85 kg/L, 探得水泥塞 4 m。扫水泥塞至漏点, 钻具放空。开泵循环观测漏失量为 10 m<sup>3</sup>/h 左右。

## 5 水泥注浆堵漏失败原因分析

### 5.1 地层因素

吴城天然碱矿区第四系主要为粘土层、砂层、砾石层, 以粘土层为主; 上第三系主要为砂砾岩、砂质泥岩和杂色砾岩。第四系、上第三系地层疏松易垮, 特别是孔内漏失时, 更是必垮无疑。因此一开施工必须保证表层套管足够的入井深度隔绝疏松易垮段, 为下一部可能发生的堵漏工作创造良好的上部环境。下第三系为一套浅色层, 固体碱矿赋存于五里堆组。其围岩为油页岩、粉砂质白云岩, 可钻性 IV ~ V 级。通过矿区中心, 存在一条漏水带, 带上所有钻孔钻至矿层附近, 即发生失返性漏失, 漏失深度一般在 680 ~ 700 m 之间, 漏失层位属五里堆组下段。电测井资料解释为盐碱矿层, 有些孔在该漏失层位有放空现象。综合分析该漏失层为一盐碱矿层。由于溶蚀作用, 部分矿石被溶解, 在一定范围内形成连通性较强的卤水层。这有点类似于裂缝性漏失, 但

又有其特殊性, 其漏失通道周围岩矿石为遇水可以溶解的盐碱矿层。这种漏层状况, 如果前期饱和盐水水泥浆浓度维护不好, 就有可能发展成为溶洞型漏失, 从而给堵漏工作带来更大的困难。这种性质的漏失采用水泥注浆堵漏, 水泥用量大, 且水泥浆极易漏光。即使堵漏达到一定效果, 但很快又出现复漏。这给该矿区钻井施工造成很大困难, 并严重影响到采卤生产井的固井质量。

### 5.2 堵漏工艺

水泥注浆堵漏是利用水泥浆进入地层裂缝后固结将漏失通道堵住。其成功的关键是让大部分水泥浆进入到漏层通道中(但又不能全部漏光), 从而在井壁周围一定范围内形成密实的水泥胶结层, 堵住漏层裂缝通道, 阻止井浆进一步进入到漏层通道中, 达到堵漏的目的。

SPO8 井第一次到第三次注浆, 水泥浆全部漏光, 堵漏失败。第四次加大水泥量注浆探得有一定水泥塞, 但漏点处水泥凝结很差, 堵漏失败。第五次到第六次注浆采用 G 级高抗油井水泥替代 425 标号水泥, 并加入降失水剂和减阻剂, 漏失量有所减小, 说明油井水泥在盐碱介质中的凝结性要优于 425 水泥。第七次到第八次注浆仍采用 G 级高抗油井水泥, 但配浆水采用饱和盐水替代清水, 取得了较好的效果, 这二次扫水泥塞至漏点都没有出现明显的漏失。严格意义来说, 堵漏还算是成功的, 只是在随后的钻进过程中又很快先后出现复漏。分析认为复漏原因为饱和盐水水泥浆堵漏后, 还存在少许微漏, 而钻井过程中由于现场条件所限, 很难做到饱和盐水的绝对饱和, 从而造成水泥—盐碱层交结处的矿石发生溶解而形成新的漏失通道, 其主要表现是钻井过程中漏失量逐步增大, 这在第七次注浆堵漏后进行试钻过程中表现尤为明显, 最初钻进观察基本没有明显漏失。但在补充少量淡水后不久, 孔内开始出现漏失, 且漏失量呈逐步变大的趋势。

饱和盐水水泥浆堵漏取得一定效果, 说明盐碱层裂缝通道注浆不能采用清水配浆。因为水泥浆凝结过程中必然要发生失水, 失去的这部分水会使水泥—盐碱层交结处的矿石发生溶解而形成新的漏失通道。而饱和盐水水泥浆尽管也会发生失水, 但其失水为饱和盐水, 不会导致水泥—盐碱层交结处的矿石发生溶解或者说溶解比较轻微, 从而避免了因矿石溶解而形成新的漏失通道。这也是 SPO8 井采用饱和盐水水泥浆堵漏取得一定效果的主要原因, 而前 6 次采用清水配制水泥浆进行注浆堵漏基

本上都是失败的。

SP08井用水泥浆进行了9次堵漏,每次都对水泥浆配方进行了调整。如调整水灰比(1.68~1.9)、普通水泥改用油井水泥,在水泥浆中加入速凝剂、配浆水由清水该为饱和盐水等,配浆总量60余立方米,消耗水泥粉50余吨,耗时近2个月,耗费用(材料、工资)30多万元,虽然取得了一定效果,但仍未从根本上解决漏失问题。加之SP08井设计为一定向水平井,第二次造斜井段通过漏层时,其井斜将达到200 m以上,采用水泥浆堵漏扫水泥塞时,很容易偏出新孔而造成堵漏失败。

由此可见。由于受诸多因素的影响,SP08井目前采用的水泥堵漏是失败的,应改用其它堵漏方法。

## 6 高滤失浆堵漏法

高滤失浆堵漏法是使用高滤失材料经过配制而

成,如RJT-1、RSP-2、混合堵漏剂等不同形状(颗粒、片状、纤维状)和不同尺寸(粗、中、细)的惰性材料,以不同配方混合配制成堵漏浆,将浆液泵入井内漏层处,通过憋压进行堵漏的一种方法。

### 6.1 堵漏机理

利用高失水特性,堵漏浆液在关井憋挤压差的作用下,浆液中的水迅速滤失,而浆液中的纤维等固相物质滞留在井壁和裂缝内,快速形成具有一定强度的滤饼封堵漏层孔隙通道,达到堵漏的目的。

### 6.2 配方

(1)针对现场使用水泥堵漏失败的经验教训,根据堵漏机理,利用高失水堵漏材料,通过多次室内配方试验,配制出高效堵漏配方(表1),取得了满意的效果。

3号配方具有高悬浮性、高失水性,18%浓度(18%浓度是指6%RSP-2+6%RJT-1+3%混合

表1 高效堵漏配方室内试验结果

序号	堵漏配方	搅拌速度/(r·min <sup>-1</sup> )	搅拌时间/min	取300 mL放在烧杯中静止观察	API全滤失量/mL	API全滤失时间/s	测试结果
1	井浆+2%核桃壳+2%云母+4%SQD-98(粗)+1%SQD-98(细)+2%棉子壳+1%锯末+1%CXD。密度1.38 g/mL,总浓度13%	8000	10	稳定不析出水			用5号缝隙板:①打开球阀后,流出堵漏浆100 mL;②压力达6.9 MPa后,缝隙板被堵死,稳压10 min无堵漏浆漏出;③卸压后,卸下缝隙板观察,只在缝隙板边缘有一层1 cm厚的堵塞物,很容易去除,堵漏效果不好
2	6%4H+6%混合堵剂(粗)+5%混合堵漏剂+0.1%KPAM+1%单封+NaCl至饱和	8000	10	①2 min析出清水17%; ②10 min析出清水45%	140	35	用5号缝隙板:①堵漏浆倒入仪器后,打开阀门,流出200 mL浑水后,随即只有清水流出;②压力达到6.9 MPa后,缝隙板堵死,稳压10 min无堵漏浆漏出;③卸压后取出缝隙板观察,整个通道堵死,堵漏效果较好,但堵浆稳定时间短
3	6%RSP-2+6%RJT-1+3%混合堵剂(细)+2%混合堵剂(粗)+0.1%KPAM+1%单封	8000	10	①20 min后1%清水析出; ②30 min后2%清水析出; ③2 h后3%清水析出; ④24 h后3.5%清水析出,浆液呈凝固状	140	180	用5号缝隙板:①打开球阀后,流出堵漏浆150 mL,随即只有清水流出;②压力达6.9 MPa缝隙板被堵死,稳压10 min后无堵漏浆漏出;③卸压后取出缝隙板观察,整个通道包括球阀被堵死,用工具才能把管道疏通清洗,堵漏效果好

注:(1)本表只是部分试验结果;(2)测试采用QD-2型堵漏材料实验仪。

堵剂(细)+2%混合堵剂(粗)+1%单封的总百分含量)的配方全失水时间160~180 s,静止观察24 h后的浆液呈凝固状。

(2)根据试验结果,确定3号配方为本次堵漏的优选配方。

配制原则:根据地层特点和物性状况,选择堵漏材料的级配和数量分为粗、中、细搭配以及合适浓度的确定。现场浓度的确定主要考虑所配浆液的可泵性,在可泵入情况下尽可能配制浓一些,但配制太浓泥浆泵泵入困难。3号配方施工时可勉强泵入。

### 6.3 施工工艺

(1)井内通畅,做好各种堵漏准备工作。

(2)根据本井资料,确定漏失层位为682~685

m,确定按3号配方配制堵漏浆,包括封堵段长、替浆量等。

(3)按配方用井场水配制堵漏浆10 m<sup>3</sup>,加盐至饱和。

(4)下光钻杆至封堵层段底部,开泵打入堵漏浆并替浆到位,将堵漏浆打完为止,提钻至井口。

(5)检查好循环系统所有管线闸门后关井打压憋挤堵漏浆。

(6)制定关井憋压措施,确定最高憋挤压力、憋挤量和静止憋压时间。

(7)关井后,小排量从环空憋挤(<15 L/s)替浆。

(8)根据憋挤情况确定憋挤量和憋挤静止时间,第一次挤入量应在2~4 m<sup>3</sup>为宜。停泵静止等

待30~60 min后再进行第二次憋挤。此后连续用此方法进行憋挤,直至憋挤量达到8~9 m<sup>3</sup>为止。

(9)根据憋挤情况确定憋挤压力,第一次憋挤压力很低或基本上没有压力,随着憋挤的进行逐步提高憋压值,最大憋压值控制在2~2.5 MPa。该矿区憋挤压力大于3 MPa就会将漏失层重新压漏。每次憋挤时要在前次憋挤压力基本降至为0时再重新进行憋挤,如静止30 min压力稳定在1.5~2 MPa,则说明堵漏成功。

(10)堵漏成功后缓慢泄压,筛出堵漏材料,进行钻井液调整后钻进。

(11)钻进中确保饱和盐水泥浆浓度,并在饱和盐水泥浆中加入适量RJT-1和单封进行随钻堵漏,以防止复漏。

## 7 经济效益分析

(1)本井用水泥堵漏9次,费时60天,费用30~40万元(包括材料、人员工资),仍未从根本上解决孔内漏失问题,从而造成人力、物力、时间上的巨大浪费。

(2)采用以RJT-1为主的配方堵漏浆,堵漏二次(配堵漏浆5次,包括定向造斜段),费用12~15万元(包括材料、人员工资等),两次成功地堵住有进无出的漏层(每次堵漏材料费用2~3万元、时间7天左右),节省了人力、物力和时间,更重要的是为该工区今后的钻井施工堵漏工作提供了可靠的配方依据,提高钻井速度和成功率,其经济效益是显而易见的。

## 8 结语

(1)吴城碱矿使用水泥进行堵漏,由于其漏层的可溶特性,采用清水配制水泥浆进行堵漏基本都失败了,采用饱和盐水配制水泥浆进行堵漏具有明显的堵

漏效果,但很容易发生复漏。而重复堵漏会造成人力、物力、时间上的巨大浪费。

(2)RJT-1(抗温抗盐增粘抑制剂)是一种高效堵漏剂,用此材料配制的堵漏浆进入井内裂缝地层后,能在数分钟内快速形成堵漏墙,抑制地层漏失,是堵漏主剂。

(3)RJT-1堵漏浆是用清水(或盐水)配制而成,剂量少(每次配方只需几百千克),配制简单,省时省力,费用低。

(4)RJT-1堵漏剂抗盐达饱和特性适合于本矿区,因为遇水可溶漏失特性决定了无论采用何种堵漏材料都必须采用饱和盐水配制才能起到堵漏效果。

(5)RJT-1堵漏剂抗温100℃以上,受高温影响小,应用广泛,安全可靠,效果好。

(6)RJT-1堵漏剂具有膨胀性,配制后静止候凝发生膨胀、固结。

(7)RJT-1具有高悬浮、高效、高强度的特性,堵层致密厚实;钻进时加入适量RJT-1能起到随钻堵漏的作用,从而达到防止复漏的目的。

(8)RJT-1虽然具有随钻堵漏的作用,但如果加量过多,容易造成双管取心筒、螺杆钻具的堵塞,施工时应加以注意。

## 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] 冯树攀. 梨深1井Ø244.5 mm套管固井前的井漏处理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(8):37-38.
- [3] 张成德. 注浆护壁堵漏工艺在深孔岩心钻探中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):25-26.
- [4] 刘波,柳平林. 聚合物胶囊增稠堵漏技术实验研究[J]. 钻采工艺,2001,24(1):72-73,85.
- [5] 谷穗,乌效鸣,蔡记华. 纤维水泥浆堵漏实验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(4):4-6.

(上接第26页)

(2)建议研制泵压解读器。压力表的泵压是反映孔底情况的一条重要的途径。研制泵压解读器,可以读出深水位孔水位的位置和水压力,为施工人员提供施工依据,有利于科学打钻。

(3)建议研制提高钻杆内腔水位的装置。根据压力与流量的关系,结合液动冲击器、节流阀、溢流阀等原理研制一种提高钻杆内腔水位的装置,能提高钻杆内腔的水位,又不影响正常施工。它可以考虑与内管总成连在一起,能跟随内管上下提动。

## 参考文献:

- [1] 张金来,宛合生,潘广灿,等. 利用控制压力钻进技术解决姚庄煤田复杂地层问题的探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(1):25-27.
- [2] 黄平. 河坝井田复杂地层钻探施工技术难点及对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):27-30.
- [3] 张家军. 大口径冲击钻进工艺在河南张得煤田钻探孔中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(8):29-30,39.
- [4] 柯玉军. 严重漏失破碎地层钻孔综合施工方法及效果[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10):25-27.
- [5] 陈金照. 大河煤田钻孔复杂因素分析及施工技术对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10):21-24.