

# 宁夏彭阳草庙地区煤田钻探防漏堵漏技术研究与应用

路学忠<sup>1</sup>, 李春生<sup>1</sup>, 蔡记华<sup>2</sup>

(1. 宁夏地矿局, 宁夏 银川 750021; 2. 中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074)

**摘要:**彭阳草庙地区是宁夏南部山区深部煤炭资源勘查的重要地区之一。在钻探过程中,多数钻孔都遇到不同程度的漏失问题,部分钻孔由于漏失诱发了孔内事故或机械事故,最终导致报废。在现场调研的基础上,针对不同漏失地层的防漏堵漏对策进行了分析;通过室内试验评价得到对应的防漏堵漏配方与实施细则;在以 ZK7-1 孔为代表的多个钻孔展开现场试验,效果良好,可在该地区或国内类似地区进行推广。

**关键词:**煤田钻探;防漏堵漏;泥浆;配方;性能参数

中图分类号:P634.8 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2009)02-0001-04

**Research and Application of Leakage Protection and Sealing Technology for Coalfield Drilling in Ningxia/LU Xue-zhong<sup>1</sup>, LI Chun-sheng<sup>1</sup>, CAI Ji-hua<sup>2</sup>** (1. Exploration & Development Bureau of Geology & Resources of Ningxia, Yinchuan Ningxia 750021, China; 2. China University of Geoscience, Wuhan Hubei 430074, China)

**Abstract:** Caomiao area of Pengyang County is one of important sites of deep coal resource exploration at mountainous area of southern Ningxia. Lost circulation is very common during drilling, which induces borehole accident and mechanical failure, even leads to abandonment of the borehole. Analysis was made on countermeasures for leakage protection and sealing in different formations, and corresponding formulas and operating details were obtained through laboratory tests. Field tests were also made with representative of ZK7-1; it is showed the lost circulation was controlled effectively, the leakage protection and sealing technology could be popularized in similar geological condition.

**Key words:** coalfield drilling; leakage protection and sealing; slurry; formula; performance parameter

## 1 问题的提出

宁夏彭阳草庙地区西距固原市约 40 km,西南距彭阳县约 21 km,北临甘肃省环县。行政区划属彭阳县王洼乡及罗洼乡管辖。其大地构造位置位于华北板块鄂尔多斯地块西缘褶皱冲断带沙井子-平凉段。地层区划属于华北地层区鄂尔多斯西缘分区马家滩-平凉小区。区域地层以中生界为主,由于新生界新近系、第四系广泛覆盖,基岩出露很少。依据区域少量露头及邻区资料推断区内可能赋存有三叠系、侏罗系、白垩系、新近系和第四系,其中主要含煤地层为侏罗系中统延安组(J<sub>2y</sub>)。

经现场调研,在彭阳县草原地区的煤田钻探中,在黄土层与基岩交界处、砾岩层(图1)、粉砂岩层(图2)等地层中均存在不同程度的漏失问题。漏失量一般从 7~8 m<sup>3</sup>/d 到 40 m<sup>3</sup>/d 不等,情况严重时甚至有完全漏失(不返水)的情况发生。

钻进过程中的漏失问题一方面不仅增加了井队的成本(据现场调研,钻进用水的成本 30~40 元/



图1 ZK7-1孔砾岩岩心



图2 ZK7-1孔粉砂岩岩心

收稿日期:2008-12-31

基金项目:2007年宁夏地矿局地质调查院科研专题项目

作者简介:路学忠(1970-),男(汉族),宁夏盐池人,宁夏地矿局矿产地质调查所高级工程师,地质工程专业,工学博士,宁夏银川市西夏区朔方路90号,xuezhonglu@126.com,xuezhonglu@sina.com;李春生(1968-),男(汉族),宁夏中宁人,宁夏地矿局矿产地质调查所施工队经理、高级工程师,钻探工程专业。

m<sup>3</sup>),另一方面因为泥浆漏失,地层失去了泥浆的有效支撑作用,容易导致卡钻、埋钻甚至拧断钻杆等事故,增加了处理事故的时间,并严重影响了工期。草庙地区2007年施工的10个深孔(1000~1500 m),计划于当年底完工。因为漏失问题导致了相当多的孔内事故和机械事故等,很多钻孔不能正常钻进,到2007年底仅完工了4个钻孔。

## 2 钻孔防漏堵漏对策分析

经过现场调研分析和室内评价,现将草庙地区煤田钻探防漏堵漏对策分述如下。

### 2.1 黄土覆盖层的裂缝性漏失

草庙地区的地表黄土经过多年日晒风吹,失水后收缩,以及植物的根系、动物窝穴错综复杂,造成裂缝、微洞异常发育,容易发生裂缝性漏失(如ZK11-3、ZK16-1和ZK16-2孔等)。针对这种漏失,一般可采用投泥球和水泥灌浆等堵漏措施。此外,由于黄土覆盖层的厚度一般在200 m以内,故也可以采用在穿过黄土覆盖层后下入表层套管以彻底封隔漏失层的技术方法。

### 2.2 砂岩、粉砂岩和砾岩层的渗透性漏失

这种漏失多发生在渗透性良好、孔隙度大的砂岩及砂砾岩地层中,其中的岩石颗粒较粗,颗粒之间未胶结或胶结差。其漏失量较小,漏速 $< 10 \text{ m}^3/\text{h}$

(如ZK7-1、ZK27-1、ZK11-2孔);当胶结性不好时,漏失后也可能诱发垮孔事故(如ZK11-2孔)。对于这种地层,钻进时应采用优质粘土造浆,适当提高泥浆粘度,降低泥浆失水量,在漏失层上部50 m左右在泥浆中加入锯末和马粪等堵漏材料,将普通泥浆转化为防漏泥浆进行钻进。

### 2.3 局部砾岩地层的裂缝性漏失

这种漏失的漏失通道是大的孔隙洞穴及大的裂缝。发生裂缝性漏失时钻速变快,有蹿跳现象,甚至钻具放空,随后发生井漏,漏速一般为 $20 \sim 100 \text{ m}^3/\text{h}$ (如ZK7-1)。针对这种漏失,应首先采用灌注水泥浆的方法(水泥浆中可加入适量的速凝剂,以缩短候凝时间),然后采用防漏泥浆进行钻进,直到恢复正常钻进。此外还可采用网袋水泥法、脲醛树脂水泥球法和粘土水泥球法等堵漏措施。

## 3 防漏堵漏配方设计

### 3.1 配浆用水水质分析评价

从草庙地区ZK7-1现场取得配浆用水水样,委托中国地质大学(武汉)环境学院水质分析实验室进行化验。结果表明,该水样水质达到了《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-85),可以满足钻探作业的要求,其主要参数如表1所示。

表1 ZK7-1孔水样和生活饮用水卫生标准对比

项目	臭和味	肉眼可见物	pH值	总硬度(以CaCO <sub>3</sub> 计)/(mg·L <sup>-1</sup> )	硫酸盐/(mg·L <sup>-1</sup> )	氯化物/(mg·L <sup>-1</sup> )
国家标准	不得有异臭、异味	不得含有	6.5~8.5	450	250	250
实测结果	无异臭、无异味	无	7.19	24.68	44.19	37.58

### 3.2 造浆土性能评价

#### 3.2.1 物相分析

从草庙地区ZK7-1和ZK16-1孔现场分别取得土样(甘肃平凉产,以下简称“平凉土”)各1份,与课题组现有的水平定向钻进用穿越土样(以下简称“穿越土”,由山东潍坊某膨润土厂生产)一起送交国土资源部武汉资源环境监督检测中心进行物相分析,结果如表2所示。

表2 现场造浆土物相分析结果

送样号	含量/%						备注
	石英	长石	方解石	高岭石	方英石	蒙脱石	
1	20		2	3	2	73	ZK7-1,平凉土
2	20	3	2		2	73	ZK16-1,平凉土
3	20	2	5		3	70	穿越土

从物相分析结果来看,现场用土为以蒙脱石、石英为主的粘土矿物,与山东潍坊生产的定向钻进专

用膨润土组成相近,可以用来造浆。

#### 3.2.2 最优加碱量的确定

室内实验表明,单独使用平凉土造浆时,水土分层明显(胶体率 $< 75\%$ )。综合对比提粘能力、降滤失效果和胶体稳定性等指标,当NaOH加量为0.03%时,泥浆性能最优。因此,确定基浆配方为:水+5%平凉土+0.03% NaOH。

#### 3.3 渗透性漏失地层的防漏堵漏配方设计

将草庙地区煤田钻探常用的处理剂如FT-1、KHm、HRF、PAM、K-PAM与基浆进行复配,配方及泥浆的基本性能测试结果如表3所示。

综合比较不同配方的性能及其成本,选取1号配方(5%平凉土+0.03% NaOH+0.1% PAM)作为钻遇一般煤系地层的优化配方;选取6号配方(5%平凉土+0.03% NaOH+0.1% PAM+0.5%

表 3 各种处理剂对基浆性能的影响

编号	处理剂加量 /%					性 能						
	PAM	K-PAM	FT-1	KHm	HRF	漏斗粘度 FV/s	失水量 FL/mL	滤饼厚度 B/mm	pH 值	(初切力 G'/终切力 G'') /(Pa/Pa)	Ø <sub>600</sub>	Ø <sub>300</sub>
基浆						15.9	21.6	1	9	0.4/0.5	9	5.5
1	0.1					22.9	15	1	8	1.6/2.75	22.5	14.6
2	0.1		1			19.8	12.4	0.8	8	2/7.4	15.2	10
3	0.1			1		19.0	12	1	8.5	0.9/1	16.5	10
4		0.1	1			16.2	15.2	1.5	7	0.6/2.3	6.5	4
5		0.1		1		16.2	14	1	7	0.7/0.7	7.5	4.5
6	0.1		0.5	0.5		18.9	11.6	1	8	0.6/0.8	15	9
7	0.1	0.1		1		20.2	11.6	1	8	0.7/1.3	18.3	11
8	0.1		0.5	0.5	0.5	19.3	11.2	1.2	8	0.7/0.9	13.4	8
9	0.1	0.1	1			18.9	11.4	1	8	0.7/1	16.7	10.2

FT-1 + 0.5% KHm) 作为钻遇水敏性泥岩的优化配方。同时,为了使以上配方达到最优的应用效果,应遵循如下实施细则:

- (1) 新配泥浆入井前要做好小样试验;
- (2) 造浆土的预水化时间应在 16 h 以上;
- (3) 做好固相控制工作,建议增加一台振动筛,地面循环槽的长度 <math>\leq 10\text{ m}</math>;

(4) 现场配备常用的泥浆性能测试仪器如密度秤、漏斗粘度计、中压失水仪和含砂量仪等,以便及时监控泥浆性能,做好泥浆性能记录。

### 3.4 裂缝地层的防漏堵漏配方设计

选取各种桥接堵漏材料如锯末、核桃壳(2~4 mm)、贝壳粉、棉籽壳和稻壳等,采用 DS-2 型堵漏材料试验装置,按照《钻井用桥接堵漏材料室内试验方法》(SY/T 5840-93),模拟地层不同的裂缝宽度(1~6 mm),进行桥接材料堵漏室内实验,获得能封堵不同裂缝宽度的桥接堵漏配方如表 4 所示。

表 4 针对不同裂缝宽度的堵漏配方

裂缝宽度/mm	桥接材料堵漏配方
1	基浆 + 0.1% PAM + 0.75% 棉籽壳 + 0.75% 稻壳 + 0.75% 锯末
2	基浆 + 0.1% PAM + 1.5% 核桃壳 + 1.5% 贝壳粉 + 0.75% 棉籽壳 + 0.75% 稻壳 + 0.75% 锯末
3	基浆 + 3% 核桃壳 + 1.5% 贝壳粉 + 1% 锯末
4	基浆 + 0.1% PAM + 3% 核桃壳 + 1.5% 贝壳粉 + 0.75% 棉籽壳 + 0.75% 稻壳 + 1% 锯末
6	基浆 + 4.5% 核桃壳 + 2.25% 贝壳粉 + 1.5% 锯末

注:评价标准以在 0.75 MPa 稳定压差下漏失量 >math>\geq 50\text{ mL}</math> 为准。

同时,为了桥接堵漏配方达到最优的应用效果,应遵循如下实施细则:

- (1) 分析井漏发生的原因,确定漏层位置、类型及漏失严重程度;
- (2) 施工前要建立科学的施工设计,精心施工;
- (3) 在钻井中发生井漏,如果条件许可,应尽可能

能强钻一段,确保漏层完全钻穿,以免重复处理同样的问题;

- (4) 堵漏浆液的配制必须按要求保质保量;
- (5) 施工时如果能起钻,应尽可能采用光钻杆,下至漏层顶部;
- (6) 使用正确的堵剂注入方法,确保 2/3 的堵剂进入漏层近井筒处;
- (7) 施工过程中要不停地活动钻具,避免卡钻;
- (8) 凡采用桥堵剂堵漏,要卸掉循环管线及泵中的滤清器、筛网等,防止堵塞憋伤人;
- (9) 憋压试漏时要缓慢进行,压力一般不能超过 3 MPa,避免造成新的诱导裂缝;
- (10) 施工完成后,各种资料必须收集整理齐全、准确。

## 4 现场试验

### 4.1 ZK7-1 孔防漏堵漏现场试验

ZK7-1 孔于 2008 年 4 月 6 日开孔,采用 TSJ 2000 型水源钻机,牙轮钻头全面钻进,钻孔直径为 190 mm,表层套管(Ø245 mm)为 9 m,钻杆直径 127 mm,泥浆泵排量 1200 L/min,地表泥浆池体积约 50 m<sup>3</sup>,试验时孔深 537 m。井队配有密度秤、漏斗粘度计等简易泥浆仪器,正常钻进时泥浆密度约 1.11 kg/L,漏斗粘度 37 s 左右。

#### 4.1.1 孔内漏失情况

在钻进至孔深 265 m 处发生漏失,已采用水泥堵漏成功;钻进至 537 m 时,在砾岩地层发生漏失(失返),钻具有放空现象,井队随即在泥浆中加入 20%~30% 锯末后(泥浆密度 1.2 kg/L 左右、粘度 60~70 s),仍然全部漏失,孔内无水位。

#### 4.1.2 堵漏措施

第一次采用 325 和 425 水泥(各 50%)配制堵

漏水泥浆,约 $1.5\text{ m}^3$ ,水灰比 $0.4\sim 0.5$ ,下光钻杆注入水泥浆,水泥浆全部漏失;第二次,仍注入同样配比水泥浆 $2\text{ m}^3$ ,水泥浆返高约 $60\text{ m}$ (距孔底高度);候凝 $16\text{ h}$ 后,准备下钻扫孔,由于水泥浆还未凝固,在孔深约 $480\text{ m}$ 处,水泥浆糊住钻铤。此后 $10$ 余天主要处理该事故;糊钻事故处理完毕,扫完水泥塞后继续钻进时,泥浆开始返出,但泥浆消耗量较大( $8\text{ h}$ 内漏失约 $50\text{ m}^3$ )。

4月27日,课题组和井队共同讨论后,决定采用如下防漏措施:(1)通过增加HV-CMC、粘土等处理剂的加量,提高泥浆粘度;控制NaOH加量,使泥浆pH值在 $10$ 以上;(2)在每立方米泥浆中加入 $10\text{ kg}$ 左右的锯末、马粪等(漏失严重时加大用量),并积极储备驴粪、麦秸和麦麸等惰性堵漏材料(每立方米加量 $5\text{ kg}$ 左右);(3)视漏失情况不同,在泥浆中加入 $5\sim 10\text{ kg/m}^3$ 的防塌堵漏剂,增强防漏效果。钻进时,测试孔口泥浆性能参数如表5。

表5 ZK7-1孔防漏泥浆性能参数

测试时间	$FV/s$	$\rho/(g\cdot cm^{-3})$	$FL/mL$	$B/mm$	pH值
9:30	>120	1.065	6	1	12
10:00	>120	1.07	8	1	12
12:00	>120	1.06	6	1	10.5

#### 4.1.3 防漏堵漏效果

采用防漏泥浆进行钻进时,泥浆漏失量逐渐减小,至4月28日已恢复正常。该孔已于6月8日顺利完钻,终孔深度 $1378.11\text{ m}$ 。该孔的顺利完钻是草庙地区煤田勘查的一大突破(2006年和2007年先后有多个井队在此施工,均因钻孔漏失引发各种事故而无法完钻),更充分证明了课题组的技术方案、现场指导工作的正确性和有效性。该钻孔堵漏效果见表6。

#### 4.2 其它钻孔

课题组先后在草庙勘查区其他钻孔如ZK15-2、ZK3-2、ZK19-1、ZK11-2和ZK11-3等钻孔进

表6 ZK7-1孔堵漏效果

时间/月-日	孔深/m	漏失情况
4-26	537	8 h漏失 $50\text{ m}^3$
4-27	606	逐渐减少
4-28	692	正常钻进
4-29	790	正常钻进

行现场试验工作,也取得了良好的防漏堵漏效果,保证了钻探工作的顺利进行,并大大节约了钻探成本,煤田钻探效率大幅提高。2008年草庙地区设计钻孔 $14$ 个,截止12月,已完钻钻孔个数为 $13$ 个,另外一个正在施工中(2007年设计钻孔 $10$ 个,完钻钻孔个数仅为 $4$ 个)。

## 5 结语

通过在宁夏彭阳草庙地区的煤田钻探中的防漏堵漏技术研究与应用实践,得到如下认识。

(1)针对钻孔漏失,应坚持“以防为主,防堵结合”的原则。施工队伍应充分认识防漏堵漏泥浆的重要性,及时分析钻孔漏失的机理和防漏堵漏对策,避免形成“越舍不得花钱—漏失越严重—成本反而越高”的不利局面;

(2)防漏堵漏材料的选取应因地制宜,综合考虑堵漏效果和材料来源情况。以宁夏南部山区为例,井队可积极储备驴粪、麦秸、红胶泥、锯末、随钻堵漏剂、水泥、膨润土、石灰石粉复合堵漏剂、海带等堵漏材料(每立方米加量在 $5\text{ kg}$ 左右)。

## 参考文献:

- [1] 乌效鸣,蔡记华,等.具有暂堵特性的钻井液的初步研究开发[J].探矿工程,2001,(S1).
- [2] 徐德明,岳登进.国外钻井液和完井液用聚合物[J].钻采工艺,1998,(1).
- [3] 乌效鸣,胡郁乐,等.钻井液与岩土工程浆液[M].武汉:中国地质大学出版社,2002.
- [4] 鄢捷年,等.钻井液防塌效果的综合评价方法[J].石油大学学报(自然科学版),1999,(1).

## 河南水文二队采用“以塑代钢”PVC-U塑料管成井工艺支持抗旱找水

本刊讯 面对肆虐中华大地 $15$ 个省市的旱灾,国土资源部2009年2月10日发出紧急通知,要求全国各级国土资源系统和中国地质调查局切实开展抗旱找水打井等水文地质工作,为抗旱夺丰收和解决人畜饮水多做贡献。

河南省地矿局积极响应号召,组成了应急抗旱专家工作组,深入受旱区长葛市勘查找水。河南省地矿局第二水文地质工程地质队接到找水打井任务后,连夜部署,迅速行动,调集先进施工设备、组织精干技术力量,当天赶到长葛市石

固镇岗李村施工现场。经物探探测,决定在该村打一眼 $200\text{ m}$ 的深水井。

此次钻井施工采用了水文二队2008年底荣获国际先进水平的自主创新成果——“以塑代钢”PVC-U塑料管成井工艺,此种工艺成井速度快,使用寿命可达 $50$ 年之久,弥补了传统金属井管易腐蚀、易结垢、寿命短和工人劳动强度大的不足。这也是水文二队自主创新技术在国家新农村建设和抗旱救灾中的又一次实践推广。