

# 渭北煤田澄合矿区复杂地层钻孔施工技术

黄建宁, 刘文革

(陕西省煤田地质局一三九队, 陕西 渭南 714000)

**摘要:**渭北煤田澄合矿区属典型复杂地层, 钻探施工难度大, 钻探效率低。通过对钻探施工中的难点进行分析, 总结了本地区钻探施工技术经验, 针对钻探施工中存在的厚黄土层钻进、钻孔漏失和坍塌、岩石坚硬、粉煤采取等问题, 提出了应对的技术措施和钻进施工工艺。

**关键词:**复杂地层; 钻探; 技术对策; 钻进工艺; 澄合矿区

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)06-0022-04

**Construction Technology of Borehole in Complex Formation in Chenghe Mining Area of Weibei/HUANG Jian-ning, LIU Wen-ge** (139 Brigade of Shaanxi Bureau of Coalfield Geology, Weinan Shaanxi 714000, China)

**Abstract:** The formation is typical complicated in Chenghe mining area of Weibei, drilling construction is difficult with low drilling efficiency. By the analysis on the difficulties in drilling process, the drilling technical experience was summed up; according to the drilling in thick loess layer, borehole leakage and collapsing, hard rock and pulverized coal taking, the relevant technical measures and drilling technologies were put forward.

**Key words:** complex formation; drilling; technical measure; drilling technology; Chenghe mining area

## 1 概述

渭北煤田澄合矿区是我队 20 世纪 80 年代施工过的老勘探区, 曾因施工难度大、地层复杂而著称。近年来, 随着煤田勘探步伐的加快, 我队在此矿区施工煤田勘探项目比较集中, 先后在山阳井田、西卓子井田、百良旭升煤矿、坊镇普查和坊镇详查等项目开展了施工。该矿区地处渭北黑腰带, 属石炭二叠纪煤系地层, 煤炭储量相对丰富, 存在地层坚硬、漏失严重、黄土层厚、孔壁易坍塌、煤层为粉煤取煤困难等诸多难点, 属典型的复杂地层, 钻探施工难度大。在近两年的钻探施工中, 逐渐总结和摸索出了一些施工经验, 针对钻探施工的技术难点, 找到了应对措施, 提高了钻探效率和工程质量。

## 2 地层情况及特点

①第四系、第三系表土层: 浅黄色粉土、黄土状亚粘土、土红色砂质粘土层, 褐黄色亚粘土、亚沙土、半固定砂或砾石层, 厚度 0 ~ 240 m;

②三叠系下统和尚组: 以砖红色砂质泥岩、泥岩加粉砂岩为主, 厚度 65 ~ 130 m;

③三叠系下统刘家沟组: 以棕红色、紫红色粉砂岩为主, 底部蓝灰色泥灰岩, 厚度 190 ~ 250 m;

④二叠系上统孙家沟组: 以厚层灰绿色中、细粒

砂岩为主, 底部为含砾中粗砾砂岩, 厚度 160 ~ 216 m;

⑤二叠系上统上石盒子组, 以紫杂色粉砂岩、泥岩为主, 底部为浅灰色粗粒砂岩, 含石英砂岩, 厚度 26 ~ 340 m;

⑥二叠系下统下石盒子组: 以灰黄、深灰色砂岩、泥岩为主, 底部为厚层中、细粒砂岩, 厚度 11 ~ 59 m;

⑦二叠系下统山西组: 以深灰色粉砂岩、砂质泥岩为主, 夹浅灰、深灰色中、细粒砂岩, 厚度 40 ~ 60 m;

⑧石炭系上统太原组: 主要由石英砂岩、粉砂岩组成, 并有少量石英砾岩等, 厚度 14 ~ 68 m;

⑨奥陶系中统峰峰组: 为深灰色、灰色石灰岩及白云质灰岩, 厚度 > 100 m。

## 3 钻探施工的难点

(1) 黄土层巨厚, 结构疏松, 孔隙率高, 浸水易失稳, 易引起坍塌, 孔径易扩大, 垂直裂隙发育, 部分钻孔黄土层漏失严重;

(2) 在黄土层段钻进, 钻具结构不合理或盲目加压, 易发生钻孔偏斜, 下钻扫孔易造成找不到老孔, 使钻孔报废;

收稿日期: 2010-12-04; 修回日期: 2011-03-27

作者简介: 黄建宁(1966-), 男(汉族), 河北宁晋人, 陕西省煤田地质局一三九队生产安监科科长、工程师, 钻探工程专业, 从事煤田勘探、石油和煤层气钻井技术与管理工作, 陕西省渭南市站北路 6 号, hjn1392006@126.com。

(3) 钻孔漏失严重,一是基岩破碎带及以下孙家沟砂岩易发生漏失;二是  $K_5$ 、 $K_4$ 、 $K_3$  砂岩段,  $K_2$  灰岩段漏失,漏失层段均属裂隙漏失,漏失严重,堵漏困难;

(4) 石英砂岩和石灰岩完整、坚硬,研磨性强,岩石可钻性 6~10 级,钻效低;

(5) 矿区煤层较多、厚度大,多达 12 层,主要可采煤层 5 号煤平均厚 5.5 m,且为“粉煤”,结构松散,呈碎块状、粉末状,难以采取,煤层易坍塌;

(6) 由于地层裂隙发育,孔内漏失,原来压力平衡遭破坏,孔壁易出现坍塌掉块现象,岩石破碎,互层频繁,取心难度大、采取率低。

## 4 钻探施工技术与对策

### 4.1 优化钻具结构,抓好黄土层钻进

澄合矿区黄土层巨厚,多数钻孔在 100~230 m,黄土层钻进是钻孔施工的关键,直接影响下部基岩段施工安全和质量。黄土层段一旦出现事故,因其孔径大,易坍塌、孔斜,处理起来相当困难,甚至由此造成钻孔报废。

原来采用的钻具组合为:  $\varnothing 130$  mm 三翼无心钻头 +  $\varnothing 50$  mm 钻杆,并在施工中容易抢进尺、盲目加压,结果造成黄土层孔段偏斜,孔径大。因此,在钻孔后期施工中,一是在黄土层段发生钻具折断后,因孔径大而难以打捞;二是发生钻孔坍塌后找不到老眼等。如 2008 年施工山阳井田 11-2 孔时,因钻孔偏斜,上部黄土层坍塌后找不到老孔而造成报废。

因此,在以后施工中,我们采取了以下防范措施:

(1) 采用合理的钻具结构,黄土层钻进采用粗径钻具组合为:  $\varnothing 130$  mm 三翼无心钻头 +  $\varnothing 127$  mm 扶正器(长 0.5 m) +  $\varnothing 68$  mm 钻铤(3 组) +  $\varnothing 60$  mm 钻杆。

(2) 钻进过程中,轻压慢转,利用钻铤自重加压,采用减压钻进和吊打的方式,确保钻孔垂直度。

### 4.2 泥浆技术对策

泥浆是钻井的血液,是造壁、护壁、防止坍塌、堵漏等应对复杂地层的关键,泥浆性能直接影响着孔内安全和钻进速度。因此,根据不同地层配制相应性能的泥浆显得尤为重要。

#### 4.2.1 开孔及黄土层钻进泥浆

由于该地区黄土层造浆,因此,原来对泥浆性能重视不够,为节省材料,直接用当地黄粘土加火碱调制泥浆,这种泥浆属于粗分散劣质泥浆,不能很好的

在孔壁上形成薄而坚韧的泥皮,也易造成钻孔坍塌,为下一步基岩段钻进埋下隐患。因此,为保证泥浆性能,解决护壁问题,后来选用了优质膨润土调制适合黄土层段钻进的优质泥浆,主要以护壁为主。

泥浆配比:清水 + 钠膨润土 8% +  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0.5% + CMC 0.2% + 腐植酸钾 0.2%。

性能指标:密度 1.08~1.2  $\text{g}/\text{cm}^3$ ,粘度 25~35 s,失水量 12~15 mL/30 min, pH 值 8~9。

#### 4.2.2 下部基岩段泥浆

基岩段泥浆的技术关键就是调配优质泥浆,实现控制炭质泥岩、粘土、泥岩、煤层、砂层的坍塌和掉块,既具有防止坍塌的能力,又要降低粘度和固相含量,加快钻进速度,提高钻效。

泥浆配比:清水 + 钠膨润土 3%~5% +  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0.1%~0.2% (浸泡) → 搅拌制成原浆 + PHP 0.5%~1% + CMC 0.1%~0.2%。

性能指标:密度 1.05~1.08  $\text{g}/\text{cm}^3$ ,粘度 20~25 s,失水量 10~12 mL/30 min, pH 值 9~10。

为了确保泥浆性能稳定,防止孔壁坍塌,应做好以下几点:

(1) 施工过程中,加强对泥浆性能的测定,及时补充膨润土原浆和处理剂,改善泥浆质量;

(2) 调整处理泥浆性能要平稳和循序渐进,避免大幅度调整,造成泥浆性能破坏;

(3) 每次上钻后,要回灌泥浆,保证泥浆液柱压力和地层压力平衡,防止孔壁坍塌。

### 4.3 钻孔堵漏工艺措施

澄合矿区钻孔漏失严重,堵漏时间长、成本高,以前老工艺采用大量的黄粘土和锯末堵漏,大量漏失采用砖块回填等,有时用水泥封闭,仅水泥用量就高达几十吨,而且效果不明显,耗费了大量的人力、财力和物力。

经过两年来在施工中分析和总结,我们摸索出了一套科学而有效的堵漏方法。根据漏失层位和特点,采用不同的工艺,首先是在钻进过程中,若泥浆消耗大,则立即采取措施进行堵漏,不可待漏失量增大后再堵,这样就扩大了漏失通道,增加了堵漏难度。

#### 4.3.1 惰性材料堵漏

若在钻进中发生小的漏失或泥浆消耗量过大,则可采用随钻堵漏法,即边钻边堵,方法是将锯末筛选后,直接加入泥浆中,利用冲洗液循环堵漏,若无效则提钻重新调制粘度大、固相含量高的稠泥浆,并加入锯末等惰性材料,下钻进行循环堵漏,锯末加量

随漏失大小而增减。

泥浆配方:清水+膨润土 10%~15%+火碱(NaOH)0.3%~0.5%+CMC 0.3%。

泥浆性能:密度 1.10~1.20 kg/L,粘度 30~35 s,pH 值 9~10。

#### 4.3.2 粘土球堵漏

漏失量  $> 15 \text{ m}^3/\text{h}$  或全泵量漏失,则采用粘土水泥球堵漏。制作粘土球时,其中加入一定量的锯末和水泥,加量为锯末 20%,水泥 10%,加入适量水,团成较硬的直径 40~50 mm 的圆球,待表面凉干变硬后,慢慢投入孔内漏失层段(注意不要蓬在上部),再用粗径钻具捣实,下钻用稠泥浆扫孔。另外,因地层漏失普遍,每台钻机在施工中,都要提前准备好粘土球,随时准备堵漏使用。

#### 4.3.3 水泥封闭堵漏

对于惰性材料和粘土球堵漏不能堵住的钻孔,采用水泥堵漏,由于构造和断裂带的影响,澄合矿区地层普遍存在上部基岩裂隙、 $\text{K}_2$  灰岩裂隙漏水,因属于裂隙承压水,受地下水的干扰,堵漏存在较大困难,经过多次封堵试验,我们确定了以下堵漏方法,效果较好。

当钻至  $\text{K}_2$  灰岩层段(或其它基岩段)发生漏水后,漏失量一般  $> 15 \text{ m}^3/\text{h}$ ,或全泵量漏失,孔口不返水,则准备好足够泥浆顶漏钻进,穿过漏失层段,到达完整灰岩(以无灰岩裂隙判断),无漏失裂隙后,再进行堵漏。方法是:采用 32.5 普通硅酸盐水泥,按 0.5 的水灰比配制成水泥浆,然后分二步灌注。第一步(如图 1a 所示):将钻具下入孔底,即漏失层位以下,注入部分水泥浆,水泥浆上返至漏失层位,压入漏失层裂隙中;第二步(如图 1b 所示):将钻具提至漏失层位上界面以上 10~20 m,注入所剩水泥浆,水泥浆下移,压入漏失通道并和第一次所注水泥浆结合,在孔内漏失层段形成水泥柱,达到封堵效果。

注浆量的计算:(1)理论用量:第一步注浆用量为漏失层上界面至孔底段的体积量;第二步注浆用量为漏失层位厚度再加 10 m 其孔段的体积量;(2)实际用量:而实际操作时,通常考虑泥浆(或水)对水泥浆的稀释等因素影响,实际注浆量以计算量的 2~3 倍考虑。

分二步注浆的目的是分别从上下将承压水压入地层裂隙中,避免地下水对水泥浆的破坏和干扰,影响封堵效果。灌注水泥浆后,凝固 24 h,下钻具试探水泥面,检验封堵效果,若在漏失层以上托住钻具,

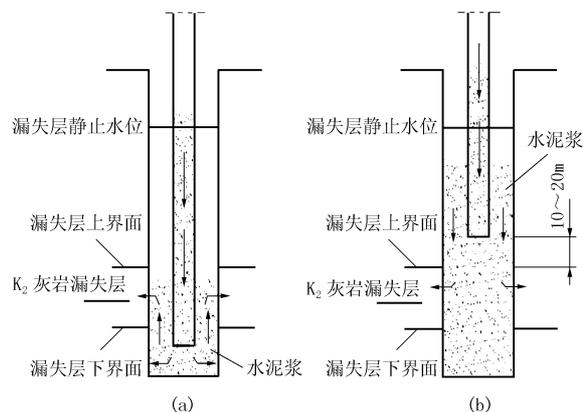


图 1 水泥封闭堵漏示意图

则封堵成功,候凝 36 h 后,下钻扫开水泥柱,继续钻进;若托不住钻具,则继续按此方法封堵。

我队 2008 年在山阳井田施工 15-1 孔时,漏失严重,用惰性材料和粘土球堵漏无效的情况下,采用水泥浆封堵,当时因方法不当,多次堵漏未能见效,有时上部能形成水泥塞,但漏失层段却封堵不住,该孔堵漏及等停时间长达 20 多天,消耗材料及经济损失巨大。后经我们分析研究,采用上下分两步封堵的方法获得成功,并在以后堵漏过程中得到广泛应用,效果良好。

另外,特别需要注意的是发生漏失后,不可长时间顶漏钻进,以免造成上部孔壁坍塌。若需快速穿过漏失层而顶漏钻进时,一定要用泥浆钻进,不可用清水钻进,并且要带捞粉管,或每隔 3~5 个回次下捞粉管捞取岩粉一次,避免造成埋钻。

#### 4.4 硬岩层钻进工艺

矿区坚硬岩层主要是 5 号煤以下石英砂岩和石灰岩及少量石英砾岩。石英砂岩质地坚硬、硅质胶结,石英含量 90%~95%,抗压强度 71.6 MPa,岩石可钻性 8~10 级;石灰岩致密坚硬,抗压强度 67.3 MPa,岩石可钻性 6~8 级。解决硬岩钻进问题是提高钻探效率的关键,原来采用  $\text{Ø}98 \text{ mm}/\text{Ø}73 \text{ mm}$  金刚石肋骨钻头或采用  $\text{Ø}98 \text{ mm}/\text{Ø}73 \text{ mm}$  复合片钻头,采用  $\text{Ø}73 \text{ mm}$  岩心管,钻效低。后经我们组织钻探技术人员进行硬岩钻进技术攻关,并与钻头生产厂家合作,试验并确定了  $\text{Ø}98 \text{ mm}$  孕镶金刚石钻头,钻头结构形式采用  $\text{Ø}98 \text{ mm}/\text{Ø}89 \text{ mm}$  孕镶金刚石钻头,采用  $\text{Ø}89 \text{ mm}$  岩心管,钻头技术参数为:金刚石浓度 100%,胎体硬度 HRC40~45,金刚石粒度 35~40 目,工作层厚 6 mm,水口数 8 个,唇面形状为平底、圆弧型。由于减小了钻头底唇面厚度,减少了克取面积,增加了钻头硬度,使钻进效率有很大提高,

钻头平均寿命 30 m, 时效 0.95 m/h。时效较 2008 年(0.52 m/h) 大幅度提高。目前, 该参数钻头在澄合矿区得到大范围推广使用, 结合上部地层采用复合片钻头使用, 使该地区钻月效率有了很大提高。但需注意的是由于采用孕镶金刚石钻头, 加  $\varnothing 89$  mm 岩心管结构, 取心器与孔壁环状间隙小, 在钻进中要求泥浆性能要好, 孔底岩粉沉淀要少, 以防造成卡钻事故, 无法套取。

存在问题及改进方向: 因钻头长时间磨损, 使钻头内外径不能很好保径, 造成钻头得不到有效使用。目前, 只能是 2~3 个钻头循环交替使用。下一步我们将考虑采用人造聚晶金刚石保径, 进一步延长钻头的使用寿命, 降低成本。

#### 4.5 粉煤采取技术工艺

矿区煤层呈碎块状, 结构松散难以采取, 易被污染, 原来采用普通单动双管采取器, 采取率低, 只能达到 70%~80%, 而且泥浆污染严重, 影响煤质化验数据。为了保证煤心采取率, 保证煤心原状, 我们与钻头生产厂家合作, 将原绳索取心双管单动取煤器进行改造, 将取煤器小钻头上下卡簧改造成爪簧, 变卡取为抓取, 使碎块或粉末状的煤心不易从钻头脱落, 很好地保证了煤心的采取。同时, 内管采用半合管形式, 充分保证了煤心原状不被破坏、不污染, 煤心采取率达到 95% 以上。同时, 要求煤心采取时钻探技术参数为: 钻压 3~5 kN, 转数 80~120 r/min, 泵量 50~80 L/min。

## 5 结语

通过近 2 年来在澄合矿区山阳井田、西卓子井

田、百良旭升煤矿、坊镇普查和坊镇详查等项目的勘探施工中, 加强钻探技术的研究和改进, 我们相继攻克了钻孔漏失、厚黄土层钻进、钻孔坍塌、硬岩钻进、粉煤采取等技术难题, 使孔内事故率明显降低, 有力地保障了钻探施工生产。以 2010 年施工的坊镇勘查区和与其相邻的 2008 年施工的山阳井田对比, 平均钻月效率从 2008 年的 505.61 m 提高到 2010 年的 675.94 m, 最高钻月效率达到 996.82 m, 详见表 1。

表 1 坊镇勘查区与山阳井田钻进效率对比表

项目名称	施工年份	完工钻孔/个	钻月数/个	累计进尺/m	钻月效率/m	钻孔质量
山阳井田	2008	47	47.4	23966	505.61	甲 24 乙 23
坊镇勘查区	2010	17	13.88	9382	675.94	甲 13 乙 4

我队两年多来在澄合矿区共完成煤田钻孔 137 个, 钻探工作量 75603m, 其中, 甲级孔 87 个, 乙级孔 50 个, 钻探工程质量和钻探效率得到很大提高, 创造了可观的经济效益, 取得了较好的成效, 为今后该地区钻探施工提供了经验。

#### 参考文献:

- [1] 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).
- [2] 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).
- [3] 郑思光, 等. 司家营铁矿中深孔复杂地层岩心钻探施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(2).
- [4] 胡辰光, 等. 钻探工程技术及标准规范实务全书[M]. 安徽合肥: 安徽文化音像出版社, 2003.
- [5] 赵运兴, 等. 煤田钻探技术手册(修订本)[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1986.

## 吉林大学极地研究中心举行揭牌仪式

本刊讯 2011年5月25日, 吉林大学极地研究中心举行揭牌仪式暨极地地质科学与工程学术研讨会。中国地质调查局领导李志忠、中国地质科学院地质力学研究所副所长赵越、北京探矿工程研究所副所长刘三意、吉林大学校领导陈德文、赵继、韩晓峰及朝阳校区各学院领导、机关有关部处领导等出席了揭牌仪式。仪式由建设工程学院院长孙友宏主持。

常务副校长赵继致欢迎辞, 他充分肯定了极地研究的重要意义, 指出吉林大学引进俄罗斯圣彼得堡矿业学院的达拉拉伊教授的根本目的是通过发挥专家专长, 加强极地学科建设, 带动学科的发展, 培养相关人才。赵继在讲话中指出吉林大学高度重视极地地质科学与工程的发展, 学校将一如既往地积极支持其工作, 最终实现“通过广阔的国际平台, 取得丰硕的学术成果, 树立起该中心的国际形象, 提高其国际影响力, 为社会做出更大的贡献”。中国地质调查局领导李志忠、北京探矿工程研究所副所长刘三意在仪式上也发表了热情洋溢的致辞, 对吉林大学极地研究中心发展寄予厚望。

仪式上, 党委书记陈德文与中国科学院院士吉林大学任露泉教

授为吉林大学极地研究中心揭牌。国家“千人计划”特聘教授达拉拉伊最后在报告时展望了中心面临的挑战和今后 10 年的规划, 极地研究中心的总体目标是在 10 年内建成国内一流, 国际知名的科研与教学于一体的极地研究中心, 为极地研究培养



人才, 积极交流合作, 为我国的南极科考事业贡献力量。主要工作目标为: 发展和提高冰钻技术; 对不同深度的自然冰的物理力学性质进行研究; 研究冰下基岩钻进技术; 提供环保的原始的冰下水样; 研究巨大冰川的运动和变形; 研发冰心中的微生物样本。

中国地质科学院地质力学研究所副所长赵越, 中国极地研究中心副主任李院生、吉林大学“千人计划”特聘教授达拉拉伊在研讨会上做了精彩的报告。与会代表还对南极冰盖下部钻取基岩岩心的技术方案进行了深入的探讨。