

# 陇东煤田绳索取心钻探的探索和应用

潘小志

(福建省 121 地质大队, 福建 龙岩 364021)

**摘要:** 简述了陇东煤田地区地层特点, 分析影响钻探施工的主要因素, 采取增大钻头外径、优化钻孔结构、优选适岩钻头、完善泥浆体系等配套技术措施, 重点阐述了粘附卡钻事故的预防和处理技术。

**关键词:** 塑料套管; 适岩钻头; 泥浆体系; 粘附卡钻; 绳索取心钻探; 陇东煤田

**中图分类号:** P634.5    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1672-7428(2013)11-0028-04

**Exploration and Application of Wire-line Core Drilling in Longdong Coalfield/PAN Xiao-zhi** (121 Geological Team of Fujian Province, Longyan Fujian 364021, China)

**Abstract:** The formation characteristics of Longdong coalfield region are described, and based on the analysis on the main factors influencing the drilling construction, the drill bit diameter increasing, the borehole structure optimizing, the suitable drill bit for rock optimally selecting, mud system improving and other supporting technologies were adopted. The paper focuses on the prevention and treatment of the adhesive sticking drill accident.

**Key words:** plastic casing; suitable drill bit for rock; mud system; adhesive sticking drill; wire-line core drilling; Longdong coalfield

## 1 概述

陇东煤田地区位于鄂尔多斯盆地西南缘, 涉及平凉、庆阳两市, 地下覆层丰富的资源, 特别是预测的煤炭资源储量达  $1363 \times 10^8$  t。陇东地区为黄土高原区, 气候干旱, 地表植被不发育, 厚达百余米的黄土覆盖层被洪水、河流侵蚀切割, 形成以黄土山区丘陵为主, 地表水径流量小, 地下水贫乏, 生态环境非常脆弱<sup>[1]</sup>。

陇东煤田地区所钻地层自下而上有三叠统延长群、下侏罗统富县组、中侏罗统延安组、中侏罗统直罗组、中侏罗统安定组, 下白垩统宜君组、下白垩统洛河组、下白垩统环河华池组和第四系。其中煤系地层主要为延安组, 以煤、泥岩、粉砂岩为主; 直罗组以绿色粉砂岩、白色粗砂岩为主; 安定组以杂色泥岩、泥质粉砂岩为主, 底部少量砂岩; 宜君组以杂色砾岩为主; 洛河组以紫红色粗、中细粒砂岩为主, 偶见含砾砂岩; 环河华池组以紫红色粉砂质泥岩为主; 第四系在地区内大面积分布, 构成黄土塬、梁、峁等地貌。

由于钻孔孔深 1100 ~ 1400 m, 一般选用钻进能力强的 XY-6B 型岩心钻机、BW-250 型泥浆泵、ZT-17 型钻塔、SJ-3000 型绳索绞车等设备, 使用 S75A、S95A 型绳索取心钻具。

## 2 钻探难点和技术方案确定

### 2.1 影响钻探施工的主要因素

(1) 第四系黄土层, 长时间被水浸湿, 容易剥落和遭受侵蚀, 发生孔壁坍塌和钻头泥包。

(2) 洛河组粗粒砂岩地层渗透性强(见图 1), 在压差作用下, 钻杆的一些部位会贴向孔壁, 与孔壁泥皮粘在一起增加上提钻具的阻力, 该阻力超过钻机提升能力, 就会发生粘附卡钻。



图 1 洛河组粗粒砂岩

(3) 安定组泥岩地层, 孔壁稳定性较差, 冲洗液循环不断冲刷孔壁, 钻具回转、上下钻、升降内管等环节对孔壁产生了直接机械破坏或引发剧烈的冲洗液压力激动破坏孔壁, 孔内常出现坍塌掉块, 造成卡钻、埋钻事故的发生, 事故处理难度较大<sup>[2]</sup>。

### 2.2 钻探技术方案

通过对影响陇东煤田地区钻探施工的主要因素的分析, 坚持多措并举、综合治理的原则, 探索和采用了绳索取心钻探工艺, 通过在实践中不断摸索和

收稿日期: 2013-05-27

作者简介: 潘小志(1985-), 男(汉族), 湖南宁乡人, 福建省 121 地质大队助理工程师, 探矿工程专业, 从事探矿工程生产技术工作, 福建省龙岩市新罗区曹溪镇中粉路 35 号, 316387688@qq.com。

改进,总结了增大钻头外径、优化钻孔结构、改进钻头参数、完善泥浆体系等配套技术方案,基本解决了陇东煤田地区钻探施工难题<sup>[3]</sup>。

(1)增大钻头外径,加大环状间隙,做好提钻回灌,控制提下钻速度,实现了平衡钻进。

(2)优化钻孔结构,应用塑料套管隔离胶结松散的黄土层,节省了套管费用,降低生产成本。

(3)黄土层应用刮刀钻头,基岩地层应用高胎体金刚石异型钻头,增强携粉能力,提高钻进效率。

(4)黄土地层应用细分散泥浆,基岩地层应用无固相泥浆,根据所钻地层的复杂程度及泥浆要满足什么要求酌情添加,对于漏失地层因地制宜综合使用多种堵漏方法。

(5)选用无固相泥浆钻进,做好泥浆除砂工作预防粘附卡钻发生,采用“清水+片碱”或“清水+片碱+润滑剂”配成的溶液冲孔解卡,基本解决了粘附卡钻难题。

### 3 深孔绳索取心钻进工艺的关键配套技术

#### 3.1 加大环状间隙,实现平衡钻进

绳索取心钻进方法的主要特点是内管从钻杆内投放和打捞,钻杆外管和钻杆与孔壁环状间隙太小,在软弱、漏失地层容易造成环空压力的剧烈变化,出现泵压较高、压漏地层、孔壁坍塌等,甚至造成孔内事故<sup>[4]</sup>。所以在深孔绳索取心钻进中考虑加大钻头外径,做好提钻回灌、控制提下钻速度,保持孔壁稳定。

经过现场实践,将钻头外径从77 mm加大至81 mm,Ø95 mm钻头外径加大至Ø98 mm,钻头外径加大后钻进泵压平均降低2~3 MPa。合水西宁县北矿区H817煤层气测试孔应用Ø95 mm金刚石钻头钻进至终孔1306.5 m,全孔多孔段漏失,堵漏成功率低,采用顶漏钻进,用水量9500 m<sup>3</sup>。合水西宁县北矿区H705煤层气测试孔应用Ø98 mm金刚石钻头钻进至终孔1298.16 m,全孔返水正常,用水量2750 m<sup>3</sup>。钻头外径加大,环空压力降低,没有压漏地层,实现了平衡钻进。

#### 3.2 优化钻孔结构,节约生产成本

刚开始主要采用Ø130 mm-Ø110 mm-Ø95 mm-Ø77 mm四级成孔工艺,环河组出现严重漏失,常规堵漏措施无效,决定采用套管隔离,由于未充分认识到黄土层的性质,在黄土层中起拔套管,发生套管事故,处理时间长,台月效率低下。

总结施工经验后,决定采用跨级下套管技术,配

合液压力动力钳基本解决了黄土层难题。普通地质孔采用Ø130 mm钻头钻进至基岩,下入Ø118 mm套管隔离黄土层,应用S75绳索取心工艺钻进至终孔。煤层气测试孔采用Ø150 mm钻头钻进至基岩,下入Ø127 mm套管隔离黄土层,应用S95绳索取心工艺钻进至终孔。钻孔台月效率明显提高,但终孔后套管起拔困难,生产成本低,2012年陇东地区共损失管材费用达80万元。

为了解决套管难题,尝试选用造价低的Ø150 mm PVC管作为外层套管隔离黄土层,而内层套管沿用Ø127 mm钢套管,钻孔完成后只需将内层套管拔出,不必处理外层塑料管,从而简化了拔管工序,降低了部分管材损耗<sup>[5]</sup>。通过泾川高平详查矿区3个钻孔的生产试验,取得了较好的经济效益,说明了“以塑代钢”是可行的。3个钻孔下入Ø127 mm钢套管335.3 m,下入Ø150 mm PVC管317.8 m隔离,平均每米管材费用30.2元,而同地区未下塑料管保护的钻孔有40%钢套管在孔内起拔不上来,钢套管平均每米费用130元,塑料管与钢套管相比,平均节省费用45%,节约了生产成本。用表层塑料套管封隔胶结松散的黄土层,以减少钻孔上部黄土层对下部施工的影响,这是顺利钻进的关键,也是提高钻进效率、降低钻探成本的关键。

#### 3.3 优选适岩钻头,提高钻进效率

陇东煤田地区对第四系黄土层采取率不作要求,通过学习其他地质队伍经验,自制了Ø165 mm刮刀钻头,由取心钻头的钻头体和3个厚20~30 mm锥形翼片(镶焊合金块)焊接而成,钻头上部连接长4~5 m、Ø127 mm岩心管,泾川高平详查ZK902孔使用该类型钻头1天进尺115 m,并成功下入Ø150 mm PVC管,提高了黄土层钻进效率。

刚到陇东煤田地区,先后试用了多种规格型号的PDC钻头,切削颗粒粗,钻孔环状间隙小,岩屑在孔底重复破碎,易发生卡钻、烧钻事故,机台不敢使用只好放弃,全部选用金刚石钻头。陇东煤田地层较完整,岩石硬度为中硬,选用三台阶(二台阶)高胎体金刚石钻头,工作层高度由4.5 mm提高到8~12 mm,在陇东煤田砂岩地层小时效率达4.5 m,泥岩地层小时效率达2.5 m。钻头寿命大幅度提高,延长了钻头在孔底的工作时间,最大限度减少起下钻次数。

经过在甘肃陇东地区水敏性地层、易缩径地层试验,在高胎体金刚石钻头基础上进行改进,侧面部分外径交错与钻头体同径,增大钻头外环间隙的过

水面积,增强携粉能力,提高钻进效率。高胎体金刚石异型钻头如图2所示。

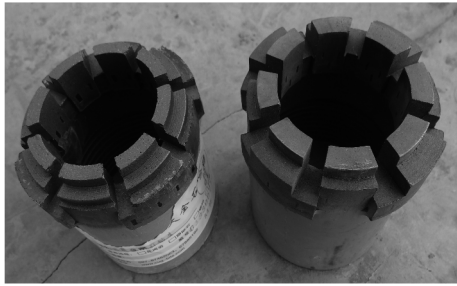


图2 高胎体金刚石异型钻头

### 3.4 完善泥浆体系,维护孔壁稳定

陇东煤田地区钻进黄土层主要使用细分散泥浆,经过探索和现场实践,确定泥浆配方为:钠膨润土 25 kg + 片碱 0.5 kg + 高粘防塌剂 2 kg + 磺化褐煤 1 kg + 纤维素 2 kg。性能参数:漏斗粘度 18 ~ 24 s、密度 1.05 g/cm<sup>3</sup>, pH 值 10。应用该类型泥浆,增加泥浆中粘土含量,抑制黄土层分散,维护孔壁稳定,达到快速穿过下套管的目的。泥浆出现粘度高流动性差,排掉 1/3 原浆,补充相应量 2% 磺化褐煤树脂,流动性就会变好。

穿过黄土层下完套管后更换无固相泥浆,经过反复试验,其主要材料为聚丙烯酰胺、润滑剂、广谱护壁剂Ⅲ型、片碱、改性沥青、高粘防塌剂等,加量根据所钻地层的复杂程度及泥浆要满足的要求酌情添加。进入洛河组要经常调换泥浆,泥浆粘度保持小于 23 s,加入适量片碱预防粘附卡钻事故发生。进入煤系地层加入适量的广谱护壁剂Ⅲ型、改性沥青、防塌剂等。钻进过程中泥浆密度升高会使钻速下降,开不起高转速,严重时可能要排掉一部分原浆,补充相应量 5% ~ 10% 广谱护壁剂Ⅲ型。

钻孔漏失是钻探施工中一个常见的问题。陇东地区漏失主要发生在易溶蚀产生孔洞的黄土层、孔隙度较高的砂砾岩层、含裂缝或易产生裂缝的直罗组不稳定地层。深孔段钻进遇漏失较小的渗透性漏失采用往泥浆中加入 1% ~ 2% 随钻堵漏剂循环两周解决,对局部漏失量大的裂缝性漏失采用聚丙烯酰胺(堵漏王) + 综合惰性材料搅成浓稠状,从钻杆内送入,开泵送至漏失孔段。钻孔堵漏方法的选择不是一成不变的,必须根据实际情况和漏失地层的漏失性能灵活选择。对于一些地层采用一两种堵漏方法是解决不了问题的,要因地制宜综合使用。陇东煤田地区环河组和洛河组为裂隙性漏失,多为长裸眼多层段漏失,需要多次灌孔堵漏才有效。在钻

孔上部第四纪黄土层,存在裂隙性地层,快速穿过下套管隔离<sup>[6]</sup>。

安定组水敏性地层遇水后造成剥落、掉块,严重时发生垮塌,孔底岩粉多,易发生起下钻遇阻,工期延长,成本增加。下钻时稍有遇阻就得停下来,开泵循环泥浆慢慢扫孔,同时增加泥浆粘度提高携粉能力,扫孔时要有耐心,多次来回扫孔,直到下钻畅通。发现起钻遇阻,要立即停止提钻,不要强拉硬顶,开泵循环泥浆。

### 3.5 预防粘附卡钻,正确处理事故

#### 3.5.1 粘附卡钻产生机理

孔内泥浆在液柱压力和地层压力差的作用下,泥浆中的水渗透到地层中(渗透性大的洛河组粗粒砂岩地层尤其突出),在孔壁上形成很厚的泥皮。施工中孔眼不是绝对垂直的,孔内钻具在自身重力的作用下,有一部分紧贴孔壁。当钻具在孔中静止较长时间时,钻具紧贴井壁部分与泥饼贴合后,在紧贴一面没有泥浆,没有液压,而另一面,则受液柱压力的作用,产生横向压力,将钻具挤向孔壁压紧,井壁泥饼与钻具间又有很大的摩擦系数,形成很大的摩擦力,加之泥饼与钻具间又有吸附力,从而使钻具活动受到很大的阻力,发生粘附卡钻,如图3所示。

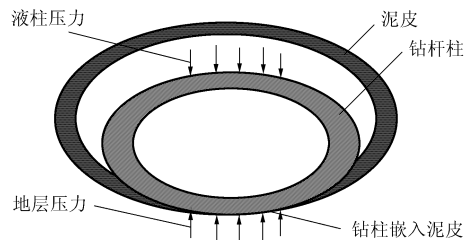


图3 粘附卡钻机理示意图

#### 3.5.2 粘附卡钻预防措施

根据粘附卡钻事故产生机理,可以从以下几个方面预防粘附卡钻事故的发生。

(1) 选用“PHP - 广谱护壁剂Ⅲ型 - 润滑剂 - 片碱 - 高粘防塌剂 - 铵盐”无固相泥浆体系,该体系加入片碱有利于防止出现粘附卡钻。

(2) 洛河组地层打捞取心前用无固相泥浆大泵量冲孔 10 min,提起 25 ~ 40 m 钻杆再取心。

(3) 安定组地层下入无合金保径层的扩孔器,电测前下合金钻头冲孔,有利于防止出现粘附卡钻。

(4) 钻头外径加大 3 ~ 4 mm,环空间隙加大至 4.50 ~ 5.00 mm,有利于预防粘附卡钻。

(5) 加强对泥浆中无用固相的控制,勤捞岩粉。

#### 3.5.3 粘附卡钻处理措施

采用“清水+片碱”或“清水+片碱+润滑剂”配成的解卡液冲孔,先采用一档泵量 52 L/min,逐步加大泵量冲刷可解卡<sup>[7]</sup>。如:泾川高平详查 X6403 孔使用低固相泥浆冲孔,在孔深 1007、1068、1077、1140 m 发生 4 次粘附卡钻事故,应用该解卡液,使用无合金保径层的扩孔器,冲孔 10~80 h,每次均能安全地拉起来。

#### 4 取得的效果

通过对陇东煤田地区钻探施工的探索和总结,粘附卡钻预防和处理取得突破,钻头钻进效率提高,泥浆体系得到完善,形成了一套绳索取心钻探施工工艺,有效的克服了地区的钻探施工难题,施工效率和施工能力大幅提高。2012 年陇东煤田累计竣工钻孔 18 个,总进尺 20448.77 m,超过 1200 m 钻孔 8 个,甲乙级孔率 100%。其中煤层气测试孔 12 个(见表 1),煤心采取率达 90% 以上,成孔质量好,对比于普通地质孔施工,其综合效益得到显著提高。

#### 5 结语

经过在陇东煤田地区实施绳索取心钻探工艺,对比提钻取心工艺仍然存在钻进效率偏低,生产成本偏高的难题,下一步将继续在提效率、降成本、增效益上下工夫,提高绳索取心钻探工艺的竞争力。

施工中坚持安全第一、预防为主的原则,把握好施工要点,抓好黄土层、洛河组砂岩、直罗组泥岩地层的施工,用好泥浆,防止操作失误,减少孔内事故发生,可安全、优质、高效完成钻探施工任务。

表 1 陇东地区煤层气测试孔竣工钻孔明细表

矿区孔号	终孔深度 /m	钻孔等级	台月效率 /m	小时钻效 /m	机故率 /%	孔故率 /%
宁中煤田九龙川勘探区 NZ619	1201.06	乙级	336.75	2.87	0	36.45
合水西宁县北矿区 H817	1306.50	甲级	278.97	3.65	0	15.36
宁中煤田九龙川勘探区 NZ311	1235.53	甲级	529.51	2.46	9.94	0
宁中煤田九龙川勘探区 NZ415	1260.57	甲级	378.17	4.16	1.50	18.00
泾川高平详查 X6403	1182.36	甲级	432.57	4.04	3.66	0
宁县付家山矿区 F1205	1070.45	甲级	576.03	3.88	0	0
合水西宁县北矿区 H705	1298.16	甲级	548.52	3.08	6.81	28.17
泾川高平详查 X2403	1356.76	甲级	449.75	3.13	0	0
灵台安家庄矿区 A1605	1064.19	甲级	387.76	2.76	2.43	0
泾川高平详查 X3804	1309.31	甲级	701.42	5.45	1.41	0
宁县付家山矿区 F1213	1072.27	甲级	704.41	4.87	5.47	0
泾川高平详查 X6002	1154.24	甲级	672.37	4.29	0	0

#### 参考文献:

- [1] 马永辉. 甘肃陇东地区煤炭资源开发对环境的影响研究[J]. 西部探矿工程, 2010, 22(4): 95-97.
- [2] 福建省 121 地质大队. 陇东煤田钻探工艺技术研究[R]. 福建龙岩: 福建省 121 地质大队, 2012.
- [3] 汤志吉. 胶东半岛山后矿区复杂地层深孔绳索取心钻探的探索和应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(9): 52-55, 92.
- [4] 陈师逊, 翟育峰, 王鲁朝, 等. 西藏罗布莎科学钻探施工对深部钻探技术的启示[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(11): 1-3, 9.
- [5] 申庆民, 杨东江, 蒋兴利, 等. 岩心钻探中采用塑料管护孔方法[J]. 探矿工程, 1994, (1): 40-41.
- [6] 陶士先, 刘四海, 胡继良. 地质钻探堵漏新技术的初步研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(11): 13-16.
- [7] 彭步涛. 绳索取心煤田钻探深孔施工综述[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(S2): 60-65.

## 我国将进一步完善页岩气勘查开采管理

《中国矿业报》消息(2013-11-11) 在 2013 中国国际矿业大会中加矿产资源管理论坛上, 双方代表就各自的矿产管理新政进行了深入交流。国土资源部地质勘查司副司长车长波表示, 中国将进一步完善页岩气的勘查开采管理。

“中国页岩气勘查工作, 首先是政府加大基础投入, 之后有石油公司的商业跟进, 同时还鼓励社会资金、实体的进入, 也欢迎外企跟中国的企业组建合作公司, 来参与投标。”车长波在发言中指出。

据悉, 国土资源部早在 2012 年就出台了《关于加强页岩气资源勘查开采和监督管理有关工作的通知》(以下简称《通知》), 规定了页岩气勘查开采的具体操作流程, 《通知》中将页岩气的管理等同于常规油气。

日前, 国土资源部及相关部门已经对《通知》进行了调整, 针对页岩气的勘查开采制定了优惠政策, 在对开采企业减免矿产资源补偿费、矿权使用费的同时, 研究出台了资源税、增值税、所得税等税收激励政策, 并按现行有关规定免征国内不能生产设备的进口关税。更

值得关注的是, 页岩气开采工作将会鼓励更多外资参与进来。

目前看来, 国土资源部等相关部门将页岩气开采管理工作重心放在了开展页岩气调查评价和加强技术公关两方面。在相关部门组织下, 我国设置了页岩气开采相应的示范基地。此外, 国土资源部还跟有关省、市建立联动机制, 采取一系列具体措施, 促进页岩气勘查工作的推进。具体措施包括: 为保障和扶持中标企业页岩气的勘探开发, 大力推行经验介绍、项目对接、技术方法培训等各项活动; 采取现场观摩形式, 将页岩气勘查开采中标企业带到勘查开采现场学习; 大力搭建信息平台, 实现页岩气勘探开发方面的资料共享; 实行一对一帮扶策略, 帮助中标企业快速进入稳定、有序、持续的勘查开采阶段。

与此同时, 国土资源部还在加强与各省厅的联合, 尽快完善各地督查员队伍, 加强页岩气开采的管理和监督, 让页岩气开采工作进行得更加顺利。