

福建煤田深孔钻探施工技术探讨

闫国民

(福建省 121 地质大队, 福建 龙岩 364021)

摘要: 福建煤田地质构造复杂, 断层发育, 岩层极其破碎且较松软, 泥岩受挤压破碎为薄片状或烂泥状, 给钻探施工造成许多困难, 比如泥页岩水化膨胀, 孔壁失稳导致孔内坍塌严重等。采用绳索取心技术, 优选金刚石钻头, 科学确定泥浆配比和钻进参数, 成功解决了这些孔内技术难题, 提高了钻探效率, 降低了生产成本, 取得的施工经验可供该矿区或该类地层的钻探施工借鉴。

关键词: 深孔钻探; 绳索取心钻进; 钻进参数; 福建煤田

中图分类号: P634 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672 - 7428(2015)08 - 0039 - 04

Discussing of Deep Hole Drilling Construction in Fujian Coalfield/YAN Guo-min (121 Geological Team in Fujian Province, Longyan Fujian 364021, China)

Abstract: The geological structure is complex in Fujian coalfield with fault development, fractured and loose rock formations and thin sheet or muddy mudstone by being extrusion, which cause many difficulties for drilling; such as mud shale hydration expansion and severe hole collapse led by hole wall instability, etc. By the use of wire-line core drilling technology, optimum the diamond bit and scientific ratio of mud and drilling parameters, the technical difficulties in holes were successfully solved. The drilling efficiency is improved and the production cost is reduced.

Key words: deep hole drilling; wire-line core drilling; drilling parameters; Fujian coalfield

1 福建煤田深孔施工的主要特点及其复杂性

福建煤田复杂地层钻探施工难度较大, 地质构造复杂, 断层发育, 岩层极其破碎且较松软, 泥岩受挤压破碎为薄片状或烂泥状, 从而导致孔壁极易坍塌。坍塌严重地层主要在童子岩组地层的煤系地层内。童子岩组地层与下伏地层文笔山组 (P_{1w}) 呈整合接触; 与上覆地层翠屏山组 (P_{2cp}) 呈断层接触 (F_8)。在该段地层内煤层较多, 以某矿区 ZK902 号孔为例, 在上部 450 ~ 700 m 内, 可采煤层就超过 13 层, 且多为粉煤。

由于施工区域较广, 客观条件差异较大, 所遇到的施工难度也有所不同, 归纳起来主要有以下几个特点。

(1) 钻孔漏失严重为主要特点。如: 福建龙永煤田翠屏山组断层破碎带或砂岩裂隙发育, 并有地下水活动; 解决钻孔漏失是维持正常钻进的基本条件。

(2) 孔壁稳定性差, 岩石松散、破碎, 遇水膨胀、钻孔缩径, 孔壁坍塌是非常常见的。福建龙永煤田翠屏山砂岩破碎带地层, 挤压揉皱、岩心破碎且地层

倾角较大, 保持孔壁稳定是提高钻探效率的主要技术措施。

(3) 硬岩钻进效率低。主要在福建的龙永煤田翠屏山组底部最为突出, 属硅质胶结的石英砂岩、石英角砾岩、燧石等, 岩石硬度 > 10 级, 属硬岩“打滑”地层, 采用一般金刚石钻头钻进其效果差, 效率低。

(4) 深孔施工技术要求高, 难度大。

2 钻探设备机具选择

根据钻孔设计孔深、矿区地层等要求, 结合实际情况, 主要配备设备机具如下。

钻机: XY - 6B、XY - 5 型立轴岩心钻机;

动力机: 100 ~ 150 kW 柴油发电机组;

钻塔: 17 m 四角铁塔承载能力 35 t 以上;

泥浆泵: BW - 250 型或 BW - 320 型;

附属设备: SJ - 3000 型绳索取心绞车, SQ114/8 型液压力钳, BS75 - T 型木马夹持器, JSN - ZC 型泥浆除砂器, 自制泥浆搅拌机, NY - 1 型泥浆性能测试仪等。

收稿日期: 2014 - 08 - 07; 修回日期: 2015 - 07 - 08

作者简介: 闫国民 (1988 -), 男 (汉族), 江苏徐州人, 福建省 121 地质大队助理工程师, 钻探技术专业, 从事钻探生产技术与管理工作, 福建省龙岩市新罗区曹溪中粉路 35 号, 1084324652@qq.com。

主要钻具及管材为: S75A、CNH、JS75 型绳索取心钻杆, 每台钻机配备 1500 ~ 2000 m; S95A 或 SJ96 绳索取心钻杆, 每台钻机配备 500 ~ 1200 m; $\phi 50$ 或 60 mm 正、反丝普通钻杆, 每个项目(或矿区)配 1000 ~ 1500 m。

3 复杂地层施工的主要钻孔结构

3.1 $\phi 130$ mm 开孔的钻孔结构

以翠屏山组地层为例, 且有表土层和风化层, 钻孔深度较深, 则要下 2 ~ 3 层套管, 即用 $\phi 130$ mm 开孔钻进 5 ~ 10 m, 下入 $\phi 127$ mm 孔口管隔离孔口表土层和风化层; 再用 $\phi 110$ mm 硬质合金钻进, 尽量穿过上部裂隙破碎地层, 如果遇岩石坚硬不进尺, 即可下入 $\phi 108$ mm 套管; 换用 S95 绳索取心钻进, 尽量穿过翠屏山组地层, 此时可下入 $\phi 89$ mm 套管; 换 S75 + 2 绳索取心钻进至终孔。若钻孔深部遇复杂地层, 则可用 $\phi 71$ mm 钻杆为套管换 S59 钻具钻进至终孔。其钻孔结构如图 1 所示。

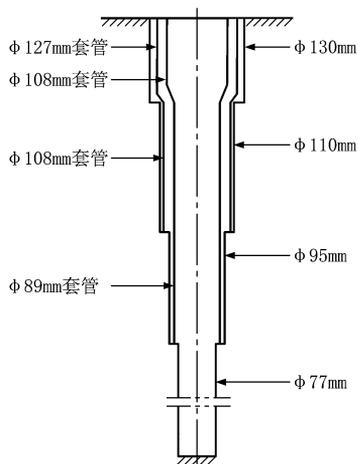


图 1 $\phi 130$ mm 开孔的钻孔结构

3.2 $\phi 150$ mm 开孔的钻孔结构

钻孔较深, 钻孔上部地层较复杂, 如有老硐、喀斯特溶洞等, 此种情况的钻孔结构必须采用 $\phi 150$ mm 开孔, 下入 5 ~ 10 m $\phi 146$ mm 孔口管; 换用 $\phi 130$ mm 钻进穿过上部破碎地层, 下入 $\phi 127$ mm 套管(提上 $\phi 146$ mm 套管, 下接 $\phi 146/127$ mm 异径接头); 换用 $\phi 110$ mm 钻进, 穿过老硐或溶洞后, 下入 $\phi 108$ mm 套管; 换用 S95 绳索取心钻进, 穿过煤系地层的破碎带或漏失地层后, 下入 $\phi 89$ mm 套管; 换用 S75 绳索取心钻进至终孔。若钻孔深部又遇到较复杂地层, 难以进尺时, 则可再利用 $\phi 71$ mm 钻杆为套管, 换用 S59 绳索取心钻具钻进至终孔。其钻孔结构如图 2 所示。

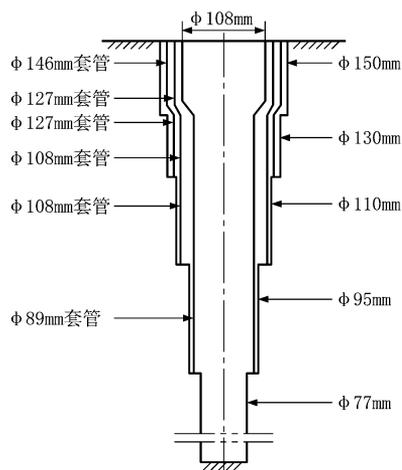


图 2 $\phi 150$ mm 开孔的钻孔结构

4 冲洗液排岩粉及护壁防塌

该地区使用的冲洗液配方及性能参数见表 1。

I 号配方: 适用于上部覆盖层及风化层, 岩石破碎胶结性差, 穿过下套管隔离;

II 号配方: 适用于钻进水敏性地层, 护壁效果较好;

III 号配方: 适用于钻进构造破碎带、风化胶结性

差及厚煤层等易塌地层, 防塌护壁效果较好;

IV 号配方: 一般用于中等坍塌地层、掉块地层, 携岩性能好, 利于保持孔内干净;

表 1 低固相冲洗液的配方及性能指标

序号	配 方					性 能					
	钠土/ %	PHP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	CMC/ %	处理剂/ %	润滑剂/ %	粘度/ s	密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	失水量/ ($\text{mL} \cdot (30 \text{ min})^{-1}$)	泥皮厚 度/mm	pH 值	润滑系数
I	5	50 ~ 100	0.1 ~ 0.2		0.3 ~ 0.5	23 ~ 26	1.03 ~ 1.05	9 ~ 12	0.5 ~ 1.0	8.5 ~ 9	0.13 ~ 0.15
II	3	50 ~ 100	0.1 ~ 0.2	HAN-3 0.1	0.3 ~ 0.5	20 ~ 22	1.02 ~ 1.03	16 ~ 18	< 0.5	9	0.13 ~ 0.15
III	3	500	0.1 ~ 0.2	磺化沥青 0.5 ~ 1.5	0.3 ~ 0.5	22 ~ 25	1.02 ~ 1.03	15 ~ 17	< 0.5	9.5 ~ 10	0.13 ~ 0.15
IV	3	100	0.1 ~ 0.2	HAN-3 0.1	0.3 ~ 0.5	20 ~ 22	1.02 ~ 1.03	16 ~ 18	< 0.5	9.0 ~ 9.5	0.12 ~ 0.14
V	3	NaPAN 0.1 ~ 0.2	0.05 ~ 0.1	HAN-3 0.1	0.3 ~ 0.5	22 ~ 25	1.02 ~ 1.03	15 ~ 17	< 0.5	9.5 ~ 10	0.13 ~ 0.15

V号配方:适用于岩性极其破碎、孔内坍塌极其严重的煤系地层,此泥浆方案有很好的护壁防坍塌效果,是钻进复杂地层的主要护壁措施。

在钻进过程中,膨润土和泥浆处理剂将被岩屑及孔壁吸附而消耗,需要不断补充,以保持良好的泥浆性能。

5 钻探施工工艺

5.1 局部易坍塌孔段治理技术措施

治理此类问题主要采取的措施是:反复冲孔捞砂,边捞砂边单管钻进,穿过局部坍塌层。以悠远矿区 ZK203 孔和 ZK201 孔为例,地层复杂为泥岩和粉砂岩互层段,岩心极其破碎,靠泥浆难以维持孔壁稳定,时常出现抱钻、憋泵、卡钻等孔内异常情况,使得绳索取心钻进难以进行,故采用边捞砂边单管钻进的技术方案,即:SP77A 钻杆配合 SP95A 捞砂管单管取心钻进(捞砂管长 5.63 m,其中取心短管长 0.64 m)。为防止钻具扭断,采用“轻压慢转”,虽然进尺较慢,但顺利地穿过了局部易坍塌孔段,避免了孔内事故扩大化。该段地层主要钻进参数为:转速 175 r/min、钻压 5~8 kN、泵量 90 L/min。

5.2 孔壁不稳且裂隙漏水地层的护壁措施

(1)套管隔离。充分发挥技术套管的隔离作用,将不稳定地层隔离,该措施主要应用于上部复杂地层。

(2)应用优质防塌冲洗液。如福建龙永煤田悠远矿区 303 号孔,孔深 1302.30~1354.38 m,龙永煤田红林坪矿区 11-4 号孔,孔深 865.40~890.50 m,龙永煤田东门矿区 17-1 号孔,孔深 910.36~938.51 m 等在施工过程中不同程度地出现孔壁坍塌,应用钠土粉改性沥青-防塌剂冲洗液体系进行处理,对于颗粒较粗的孔段,应使用 $\varnothing 50$ mm 钻具进行排粉护壁。

(3)水泥造壁。在施工过程中也有少数钻孔因严重坍塌用水泥封闭方法处理。

(4)适当增大钻孔口径,有利于孔壁的稳定。

5.3 深孔厚煤层坍塌护壁排粉对策

悠远矿区 302 号孔主采煤 M3 煤,在孔深 1300.08 m 见煤,煤厚 5.30 m,该煤层以块煤夹 2/5 粉煤,穿过煤层后出现煤层严重坍塌,选用优质低固相泥浆,冲扫孔护壁和排除孔内岩、煤粉效果较理想,但当泥浆稍稠(粘度约 27~28 s),泵压均在 7.5

~8.5 MPa,水泵超负荷工作咣咣响声很大,同时出现水泵皮带轮轴花键打掉多次,一度无法正常钻进,只好用电焊焊死。后来采用改变水泵缸套、活塞,由 $\varnothing 80$ mm 缸套改用 $\varnothing 65$ mm 缸套,提高了水泵排水泵压,改善水泵工作负荷重的问题。同时选用多种泥浆处理剂,如植物胶、CMC、护壁剂、防塌剂、改性沥青,将泥浆固相含量减少 30%,增加多种泥浆处理剂比例,提高了泥浆的流动性,降低了水泵排浆泵压,从而增大了孔口泥浆的流量,减少对孔壁和煤层的冲刷,逐步解决了厚煤层坍塌、护壁及孔内排粉问题。

5.4 涌水问题的处理方法

以龙永煤田东门地矿区 ZK902 号孔为例,该孔上部地层风化严重、松散,我们选用多路套管护壁。 $\varnothing 146$ mm 套管下到 45.20 m, $\varnothing 127$ mm 套管下到 71.02 m, $\varnothing 108$ mm 套管下到 127.26 mm。换 $\varnothing 95$ mm 绳索取心钻进,当钻进到 503 m 时出现严重漏失,采用锯末和泥球堵漏,效果较理想。但该孔上部涌水较大,从 $\varnothing 127$ mm 和 $\varnothing 108$ mm 套管外涌流出约 40 L/min 的流水量,破坏了泥浆性能,造成泥浆粘度降低,携粉能力不足,转速开不上去,使得钻效明显下降。后来采用降低套管口,将 $\varnothing 127$ mm 和 $\varnothing 108$ mm 套管外涌水隔离引出,不流到泥浆池内,解决了涌水破坏泥浆性能的问题。

6 施工技术措施

6.1 钻孔纠斜技术

在红林坪矿区 11-4 号钻孔,180 m 左右频繁出现断钻杆事故。通过事故原因排查及测斜数据表明:在 120~180 m 钻孔偏斜严重,局部偏斜达到 15° ,可见钻杆扭矩较大,是造成事故频繁的原因。为保障下一步施工的正常进行,综合考虑,决定在 180~112 m 和 112~90 mm 采用 2 步封孔法纠斜。取充盈系数为 2.28。第一步,180~112 m 水泥封孔,应用水泥 33 包;2 天后的检测结果达到预期值;第二步,112~90 m 封孔,应用水泥 27 包。为保障封孔质量,予以钻孔 3 天的凝固时间。0~9 m,采用 $\varnothing 150$ mm 口径透孔,并下入 $\varnothing 146$ mm 套管至 9 m;9~73.5 m,采用 $\varnothing 130$ mm 口径透孔,并下入 $\varnothing 127$ mm 套管至 73.5 m;73.5~197 m,采用 $\varnothing 110$ mm 口径透孔,并下入 $\varnothing 108$ mm 套管至 197 m;197~197.5 m,采用 $\varnothing 95$ mm 口径,并下入 $\varnothing 89$ mm 套管 197.50

m。经测斜数据表明,透孔纠斜成功,百米内顺利纠斜 15° ,为顺利成孔提供了有力的保障

6.2 钻杆内壁结泥皮问题

采用泥浆作冲洗液,钻杆内壁(钻杆柱上部,2~4个立根)结泥皮是绳索取心钻进的重要问题。由于钻杆内壁结泥皮,缩小了钻杆内径,直接阻碍打捞器和内管总成在钻杆柱内升降,造成捞取岩心失败。其主要原因是:泥浆中的固相颗粒和岩粉,在钻杆柱高速回轮的离心力作用下,被抛向管壁,粘附在管壁上,并逐渐挤密压实,越积越厚,形成了坚韧的泥皮。在摸索中采取合理措施,有效地解决了施工问题。具体如下:(1)钻进时,选用无粘土冲洗液或低固相优质泥浆;(2)在钻探现场多配置一个泥浆搅拌机,保证处理剂搅拌均匀和泥浆清净;(3)改进泥浆循环系统,由于山地施工钻场面积有限,增加循环槽长度困难,可采用增加岩屑沉淀池数量的办法,设1个大沉淀池($6\sim 9\text{ m}^3$)和3个小沉淀池(0.8 m^3),并做到勤清渣和及时更换泥浆;(4)采用除砂除泥器净化泥浆;(5)在保证纯钻速的条件下,尽量降低钻具转速;(6)现场施工中,结垢已经影响打捞时,在提钻前0.5 h采用稀释原浆的方法,使层流流动转换成紊流冲蚀,以减小垢层的厚度,增大流动通径,从而可有效抑制钻杆内壁结泥皮问题的发生。

6.3 小间隙引起的液压阻力问题

小间隙是指绳索取心钻杆与孔壁之间的间隙小($2\sim 3.25\text{ mm}$),内管与钻杆内壁之间的间隙小($2.5\sim 3\text{ mm}$)。由此而引起的问题是冲洗液循环阻力大、泵压高,这不仅增加动力消耗,而且在钻杆柱和孔壁间产生过大压力,破坏孔壁的稳定,引起冲洗液的漏失和孔壁的坍塌掉块,上下钻具时,使孔内冲洗液产生压力波动式变化的压力“激动”,造成孔壁失稳而垮塌或地层被压裂而带来冲洗液漏失。

严格控制泵量,防止因冲洗液上返速度过快,剧烈冲刷孔壁。据有关资料介绍,冲洗液上返速度超过 1.5 m/s 后,动失水量增加,孔壁泥皮难以形成。因而钻进不稳定地层时,冲洗液上返速度应控制在 $0.5\sim 1.5\text{ m/s}$ 。^[8]

7 结语

(1)福建煤田复杂地层地质构造复杂,断层发

育,岩层极其破碎且较松软,页岩、泥岩、炭质泥岩、厚粉煤层等会吸水膨胀,孔壁失稳从而导致孔壁极易坍塌,钻探施工难度大。

(2)福建煤田施工孔深大多为 $1200\sim 1400\text{ m}$,选用的钻探设备为XY-5、XY-6型钻机及配套的柴油发电机组等。

(3)福建煤田钻孔施工从开孔到终孔结构顺序为:采用 $\varnothing 150\text{ mm}$ 口径,下入 $\varnothing 146\text{ mm}$ 套管至第四系浮土处;采用 $\varnothing 130\text{ mm}$ 口径,下入 $\varnothing 127\text{ mm}$ 套管至完整地层;再下入 $\varnothing 110\text{ mm}$ 口径(为了变径用);以后全孔均采用 $\varnothing 95\text{ mm}$ 裸眼钻进;如果底部坍塌特殊地层下入 $\varnothing 108\text{ mm}$ 套管,再配合 $\varnothing 77\text{ mm}$ 口径钻进至孔底。

(4)煤田深孔钻探施工工艺:采用除砂除泥器净化泥浆等解决钻杆内壁结泥皮问题;采用封水泥透孔法纠斜;采用套管隔离及应用优质防塌冲洗液法成孔解决孔内漏失严重问题;特殊地层采用边单管钻进边捞砂的钻进工艺。

参考文献:

- [1] 韩广德,金宝昌,丁祥发.中国煤炭工业钻探工程学[M].北京:煤炭工业出版社,2000.
- [2] 刘广志.金刚石钻探手册[M].北京:地质出版社,1991.
- [3] 徐同台,崔茂荣,王允良,等.钻井工程井壁稳定新技术[M].北京:石油工业出版社,1999.
- [4] 王达.中国大陆科学钻探工程钻探技术论文集[M].北京:地质出版社,2007.
- [5] DZ/T 0227—2010,地质岩心钻探规程[S].
- [6] 福建省煤田地质局.绳索取心金刚石钻进工艺技术在煤田勘探中的推广与应用[R].福建福州:福建省煤田地质局,2000.
- [7] 福建省121地质大队.绳索取心煤田深孔($\geq 1200\text{ m}$)施工工艺技术总结[R].福建龙岩:福建省121地质大队,2010.
- [8] 张伟.汶川地震断裂带科学钻探项目的钻探技术研究及应用[J].地质装备,2013,(6):3-8.
- [9] 李文德.江西大江边矿区复杂地层钻探施工技术探讨[J].企业技术开发,2013.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 彭步涛.绳索取心深孔施工技术问题的探讨和实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1):125-129.
- [13] 陈尔志,陈礼仪,向昆明,等.高密度低失水泥浆体系在煤田绳索取心钻探中的应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(2):15-18.