

# 四川叙永河坝煤田单点照相定向钻进技术

冯建国

(四川省煤田地质局一三五地质队,四川 泸州 646000)

**摘要:**四川叙永河坝煤田勘探中,多数钻孔岩层倾角在 $75^\circ$ 以上,部分钻孔岩层倾角甚至达到 $89^\circ$ ,给勘探工作带来了极大的困难。针对这一情况,采用全套单点照相定向钻进专用设备,通过认真设计,精心施工,所有试验钻孔在仪器的监控下顺利进入煤层,取得了预期的效果。结合ZK69-22孔的施工,阐述了煤田勘探在急倾斜岩层中遇到的困难和解决措施,介绍了单点照相定向钻进技术在煤田勘探中的成功应用。

**关键词:**煤田勘探;急倾斜岩层;单点照相定向钻进;造斜;绳索取心

中图分类号:P634.7 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2009)03-0009-03

**Directional Drilling Technology with Single Shot Camera in Xuyongheba Coalfield/FENG Jian-guo** (135 Geological Team, Sichuan Coalfield Geology Bureau, Luzhou Sichuan 646000, China)

**Abstract:** In Xuyongheba coalfield exploration, the majority of stratum inclination was 75 degrees, some even to 89 degrees, directional drilling equipment with single shot camera was applied. The paper expounded the difficulties of coalfield exploration in steep rock formation and the solving methods with the case of hole ZK69-22 construction, and introduced the successful application of directional drilling technology with single shot camera in coalfield exploration.

**Key words:** coalfield exploration; steep rock formation; directional drilling technology with single shot camera; whipstocking; wire-line coring

## 1 概述

2008年6月,我队在四川叙永河坝煤田勘探中遇到了前所未有的施工难题,多数钻孔岩层倾角在 $75^\circ$ 以上,部分钻孔岩层倾角甚至达到 $89^\circ$ ,给该矿区勘探工作带来了极大的困难。ZK81-25孔设计在孔深415 m进入煤系地层,实际钻至孔深475 m也未能进入煤层;ZK69-22孔设计在孔深198 m进入煤系地层,实际施工至孔深748 m仍然没能进入煤层(设计终孔孔深742 m),移孔施工至孔深260余米也未能进入煤层。

通过分析得出,上述钻孔达不到设计预期目的的原因是:施工中钻孔沿岩层倾斜方向或走向方向钻进所致。为解决这一技术难题,我们总结了曾在陕北石油勘探中使用过单点照相定向钻进技术的经验,分析了该技术在煤田勘探中特别是金刚石绳索取心钻进工艺中实施所需亟待解决的诸多问题和困难。这些问题和困难主要表现在:

(1)目前市场上很难找到全套完整的适合小口径施工的定向钻进专用设备,需向厂商阐明要求后定制;

(2)煤田勘探用的钻杆壁薄且受钻具与孔壁间隙小的限制,井身轨迹曲线的合理设计成为难点;

(3)在煤田勘探中,由于受地层复杂、钻具薄弱等多方面因素的影响,直孔施工安全尚难保证,施工定向斜孔的安全问题成为现场试验重点;

(4)现场施工没有相关经验可以借鉴,螺杆的型号、水泵的排量、弯接头的选用等诸多现场施工需要确定的参数都无经验作参考,随时都有可能出现意想不到的问题需要解决。

针对上述困难和问题,通过集体分析、讨论,上网查资料,试验小组通过认真设计,精心施工,所有试验钻孔在仪器的监控下顺利进入煤层,取得了预期的效果。

## 2 勘探区概况

该矿区勘探为四川省地勘基金重点项目,全区设计钻孔39个,累计进尺2万余米,计划在2008年10月前结束野外钻探工作,施工周期非常紧迫。而该施工区气候较为恶劣,地面交通也很落后,进入10月后雨水较多,天气十分寒冷。除此之外,施工区地质构造也较复杂,小构造极其发育,地层以灰岩、泥岩为主,部分地区岩石相当破碎,软硬差别很大,造成钻孔垮塌现象十分严重。另外,部分钻孔穿过溶洞较多,漏失也相当严重。上述复杂情况导致

收稿日期:2008-10-06

作者简介:冯建国(1966-),男(汉族),四川人,四川省煤田地质局一三五地质队钻探工程师,钻探工程专业,从事钻探技术及施工管理工作,四川省泸州市江阳西路20号,fengjianguo3676@sina.com。

钻探施工进度非常缓慢,而恰在此时,部分钻孔又出现了岩层倾角极陡的现象,使得钻探施工陷入十分困难的境地。

### 3 部分钻孔施工情况

ZK69-22 钻孔于 2008 年 5 月初开孔,预计孔深 198 m 进入煤层,于 742 m 终孔,但直到 6 月底孔深达到 748 m 了还没能进入煤层,不得不终止钻进。经项目部研究后决定移孔施工,新开孔(ZK69-22-2 号孔)钻进到 260 余米后仍未进入煤层。

ZK81-25 孔原设计 215 m 进入煤层,施工到 230 余米时没能进入煤层后因孔斜超标而移孔。新开孔(ZK81-25-2 号孔)设计于孔深 415 m 进入煤层,钻至孔深 475 m 没能进入煤层。经分析认为其原因是钻孔沿岩层倾斜或走向方向钻进所致。

7 月中旬,工程技术人员用测斜仪器对上述钻孔测斜后证实了上述分析的正确性(见表 1)。ZK69-22 孔移孔后施工的失败坚定了实施定向钻进试验的决心。

表 1 ZK69-22-2 钻孔和 ZK81-25-2 钻孔测斜数据表

钻孔	孔深/m	孔斜/(°)	方位/(°)	煤层倾向及倾角/(°)
ZK69-22-2	16	0.1	0	340/89
	46	1.5	32	
	76	4.0	33	
	106	2.5	25	
	136	2.5	29	
	166	2.2	37	
	196	2.5	33	
	226	4.0	35	
	262	3.6	18	
	ZK81-25-2	184	2	
274		2	212	
319		2.3	189	
364		2.5	205	
391		2.8	190	
451		3.5	193	
475		3.7	207	

从以上 2 个孔的测斜数据可以看出,钻孔 ZK69-22 孔移孔后新钻的 ZK69-22-2 孔钻进的闭合方向与所需方向(逆岩层方向为 167°方位)夹角近 140°,说明仍然是沿岩层倾斜方向的,该孔不得不再次移孔。ZK81-25-2 孔的测斜结果情况较好,其钻进闭合方向与所需的方向(逆岩层方向为 170°方位)夹角不到 40°,说明是属于逆岩层方向钻进的。因此,项目部决定:ZK69-22 再次移孔后打定向斜孔;ZK81-25-2 孔可能是地层局部有小构造所致,

决定继续施工观察情况。果然钻孔 ZK81-25-2 于孔深 517 m 左右进入煤系地层。

### 4 施工定向斜孔试验

鉴于在急倾斜地层中施工直孔成功率极低,风险太大,研究决定首先在 ZK69-22 孔实施定向斜孔。

#### 4.1 ZK69-22-3 号定向斜孔施工设计

##### 4.1.1 常规设备及专用器具

常规钻井设备主要为:XY-44 型钻机,BW250 型泥浆泵,Ø71 mm 绳索取心钻杆。

定向专用设备:Ø73 mm 螺杆,BLZ-E 型测斜仪,Ø73 mm 弯接头(1.5°和 2°各一个),Ø73 mm 无磁钻铤一根,Ø94 mm 三牙轮钻头及三翼刮刀钻头,Ø97 mm 专用扩孔器等。

##### 4.1.2 孔身结构

Ø150 mm 开孔钻至基岩(约 10 m 深)后下入 Ø146 mm 技术套管,换 Ø97 mm 绳索取心钻具钻进穿过溶洞后扩孔下入 Ø127 mm 技术套管(约下在孔深 80 m 处),拟在孔深 90~120 m 间进行连续造斜,再用 Ø97 mm 专用扩孔器扩孔后换用 Ø95 mm 绳索取心金刚石取心工具进行正常钻进至孔深 500 m 左右换 Ø77 mm 绳索取心钻具钻进至终孔。

##### 4.1.3 孔身轨迹

施工中应根据情况选择合适度数的弯接头造斜以控制造斜率,要求百米增斜 $\geq 20^\circ$ ,以保证造斜后钻具能顺利通过。造斜施工过程中应尽量减少局部地方出现“狗腿度”较大的现象,防止钻具出现卡死的可能。造斜完毕后孔斜应控制在 2.5°~3°之间,方位应控制在 150°~170°之间,考虑后期钻进中方位有大漂的现象,造斜结束时的方位可比要求的方位 160°稍小。正常钻进后按每百米增孔斜 0.8°,要求终孔时孔斜 $\geq 10^\circ$ ,以保证钻具在后期施工中不致被折断。表 2 为 ZK69-22-3 孔身轨迹设计数据表。

表 2 ZK69-22-3 孔身轨迹设计数据表

孔段	孔深/m	孔斜/(°)	方位/(°)
造斜段	80	0	0
	90	0.8	120
	100	1.8	135
	120	2.8	150
控制段	200	3.5	152
	400	5.1	155
	600	6.8	159
	800	8.5	162

#### 4.1.4 泥浆要求

选用清水或无固相泥浆开孔直至造斜结束,再换用低固相泥浆以适应易垮塌地层中金刚石绳索取心钻进。注意在造斜段以后的施工中加入足够的专用润滑剂以减小钻具的磨损和起下阻力。在垮塌较严重的地层中钻进还应加入适量的加重剂以稳定孔壁。低固相泥浆的要求是:粘度控制在25~30 s,密度控制在1.04~1.08 kg/L之间,失水量<8 mL,泥皮厚度<1 mm。另要求泥浆的流动性能要好,以减小额定工作泵压。

#### 4.1.5 钻进参数

开孔及正常钻进可以按以往施工经验确定,主要是造斜和扩孔中应注意选择适合的钻进参数以确保施工安全。造斜时,不能开转盘转动钻具,泵排量可选用90~145 L/min,钻压应控制在5~8 kN;扩孔时,转速150~300 r/min,泵排量90~145 L/min,钻压控制在3~5 kN。

#### 4.1.6 施工中注意事项

(1)开孔前应对设备、仪器、专用工具等进行认真检查并做好调试工作,验收合格后方可开孔。

(2)造斜工具入井时应把每根钻柱拧紧,防止螺杆工作后再反拧紧钻具而无法确定反扭角。

(3)做好造斜相关工作,如连接测斜杆、装配好测斜仪、打好坐键铅封等,以保证整个工作协调有序。

(4)开泵使螺杆工作以前,必须断开钻机离合器,把手柄打到联动位置并刹住升、刹把,以防止钻具在螺杆作用力下反转。

(5)确保开孔垂直并随时观察取心岩石变化,以确定合理的造斜点。

(6)造斜过程中必须使用清水或无固相泥浆,以促证螺杆能正常工作。

(7)造斜工程师应精心操作,尽量保证井身曲线符合设计要求。

(8)造斜完毕后必须下专用扩孔钻具扩孔,之后方可进行正常的金刚石绳索取心钻进。

### 4.2 ZK69-22-3孔施工实况

#### 4.2.1 开孔

用 $\varnothing 150$  mm硬质合金钻头开孔,钻至孔深6.01 m见完整基岩,下入6.13 m $\varnothing 146$  mm表层套管。施工过程中尽量采用轻压快转,保证了开孔垂直度的要求。

#### 4.2.2 直孔段

(1)表层套管下入后为了保证换径后的小井眼

处于孔底中心位置并确保垂直,采用了飞管换径的技术手段,钻至孔深10.20 m结束飞管换径。

(2)换 $\varnothing 97$  mm金刚石绳索取心钻具正常钻进,钻至孔深69.71 m穿过了第四个溶洞起钻换钻具。

(3)先换 $\varnothing 110$  mm扩孔钻具扩孔到孔底再换 $\varnothing 130$  mm扩孔到底,后下入 $\varnothing 127$  mm技术套管69.86 m,以挡住溶洞堵住漏失。

(4)下 $\varnothing 97$  mm金刚石绳索取心钻具钻至孔深79.21 m,结束直孔段施工,选择在套管底部下面约10 m造斜,以防止后期钻进钻具转动弄坏套管底脚。

#### 4.2.3 造斜段

(1)下测斜仪器对直孔段进行测试,测得直孔段最大孔斜 $\geq 1^\circ$ ,符合设计要求。

(2)测得直孔段孔底孔斜及弯接头所处方位(即工具面),为后面转动钻具摆放弯接头工具面的位置提供计算依据。

(3)根据钻杆类型、钻具长度、螺杆型号及工作时反扭力等多方面因素确定好反扭角大小。

(4)依据确定好的反扭角及造斜设计要求的孔身曲线数据计算出工具面摆放角,利用地面事前制好的量角器转动钻具至所需的位置。

(5)断开钻机离合器,把手柄打到联动挡位并刹紧升、刹把以防止钻具反转。

(6)开通水泵(排量145 L/min)待泥浆返出孔口即可缓慢施加钻压开始螺杆造斜工作。若进尺缓慢可用钻机油缸上下活动钻具以减小摩阻。

(7)每打完一根单根必须在造斜工程师的指导下加放新钻具,必要时可对造斜段测斜后再加单根继续造斜。

(8)螺杆钻进至孔深96.56 m后因三牙轮钻头备用不足停止造斜。

(9)下入特制 $\varnothing 97$  mm扩孔钻具进行扩孔,以保证后期正常钻进钻具通行无阻。扩孔完毕即完成了造斜段的施工。

#### 4.2.4 控制段(常规金刚石绳索取心钻进)

造斜后进入正常施工。用 $\varnothing 95$  mm金刚石绳索取心钻具钻进至孔深530 m时,因负荷较大改换 $\varnothing 77$  mm金刚石绳索取心钻具继续钻进,钻达目的层(中途因掉块卡钻处理了2个星期)。后期正常钻进的过程中钻机负载与以往相比没有明显增大的现象,孔斜增幅也在预计之中,没有超出要求。另外,钻具多次起下没有发现遇阻现象。

(下转第25页)

### 4.3 下套管作业

Ø311.2 mm 口径下入 Ø244.5 mm 套管对钻井液提出了更高的要求,必须具备良好的润滑性、悬浮携带性能和井壁的稳定性的。为确保套管的顺利下入,采取以下处理措施。

(1) 钻至 A 点前,提高钻井液的润滑性加入 3.5% 的液体润滑剂降低粘滞系数至 0.05;用 1% 的无荧光白沥青改善泥饼质量;加入 0.3% 的 NAT20 控制失水,减少滤液的渗透半径,防止井壁失稳。

(2) 提前用原浆配 6% 塑料小球 50 m<sup>3</sup>,用 IND30 提高钻井液的悬浮携带能力,搅拌 24 h 以上备用。在通井时封下部井段 600 m,停泵,高速搅拌 3~5 min 将塑料小球泵入井筒起钻(起钻时注意观察摩阻情况)。在施工操作过程中注意以下事项:

①在钻井液维护上坚持以“细水长流”的方式按循环周期均匀维护,避免钻井液有大幅度的变化造成井壁失稳;

②配好的塑料小球浆要充分搅拌均匀,使用时确保塑料小球在井壁的均匀分布,有利于润滑性的提高;

③在用塑料小球浆封下部 600 m 井段时,严格计算替浆量,确保塑料小球浆准确到位。

### 5 几点认识

(1) 大牛地气田上部地层泥质含量高,PDC 钻头牙齿小、研磨性强,钻井过程中在加强固相控制的同时采用低粘、低固相钻井液有利于提高钻速,预防泥包。包被剂 IND30 含量达到 1% 时,抑制能力明显增强

(2) 固体润滑剂 PGCS-1 润滑效果较好,在含量达到 5%~7% 时能满足大牛地气田 3000 m 以内水平井 A 点前的润滑防卡要求。

### 参考文献:

[1] 徐同台,赵志举.21 世纪初国外钻井液和完井液技术[M].北京:石油工业出版社,2004.  
 [2] 鄢捷年.钻井液工艺学[M].山东东营:石油大学出版社,2001.  
 [3] 徐同台,洪培云,潘世奎.水平井钻井液与完井液[M].北京:石油工业出版社,1999.

(上接第 11 页)

### 4.3 试验成果

表 3 列出了 ZK69-22-3 孔实钻测斜数据和电测连斜数据。对比设计、实钻及终孔电测孔身曲线数据可以看出,整个造斜施工达到了预期效果及要求。该孔于孔深 211 m 便进入了煤系地层,顺利达到了实施定向钻进的地质目的,后钻至设计终孔孔深。该孔实现了定向钻进技术与金刚石绳索取心的有机结合,并安全钻达目的层。

### 5 结语

本次试验证明,尽管在金刚石绳索取心工艺中实施定向斜孔钻进有很大的难度,只要设计合理,现场操作技巧及安全防范措施得当,还是能取得较好的效果。但施工中的确存在一定难度,特别是造斜段施工中稍有不慎就很难达到预期的理想造斜效果,甚至还会给后期施工埋下事故隐患。因此,还需要在实践中进一步摸索和探讨,使该技术在煤田勘探中的应用更加完善和可靠。

表 3 ZK69-22-3 钻孔测斜数据表

	孔段	孔深/m	孔斜/(°)	方位/(°)
实 钻	直孔段	47.00	0.8	0
		79.50	0.7	95
	造斜段	90.50	2.0	165
		96.56	3.5	160
	控制段	156.00	3.0	162
		233.16	3.4	163
328.56		4.2	165	
		430.35	6.4	未测到
电 测 连 斜	直孔段	50	0.6	/
		80	0.8	35
	造斜段	90	1.8	170
		100	3.6	166
	控制段	150	3.2	164
		200	3.4	162
		250	3.7	164
		300	4.2	165
		350	4.5	167
		400	5.2	168
		450	5.8	170