

# 大河煤田钻孔复杂因素分析及施工技术对策

陈金照

(福建省121煤田地质勘探队,福建龙岩364021)

**摘要:**为了解决大河煤田复杂地层钻进施工难的问题,对钻探施工中遇到的复杂地层情况进行分析,提出了采用技术套管、堵漏材料和不同类型的优质泥浆进行护孔堵漏钻进,较顺利地通过了复杂地层,达到了终孔设计要求,取得了良好的经济效益。

**关键词:**煤田钻探;护壁堵漏;绳索取心;泥浆

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)10-0021-04

**Analysis on Complex Borehole Factors of Dahe Coalfield and Construction Technical Countermeasures/CHEN Jin-zhao** (Fujian Province 121 Coalfield Geological Exploration Team, Longyan Fujian 364021, China)

**Abstract:** In order to solve the difficulties of drilling in complex stratum of Dahe coalfield, analysis was made on the unfavorable drilling conditions. Intermediate casing, leaking stoppage material and different types of high-quality mud were adopted for protective leaking stoppage drilling, hole termination design requirement was fulfilled with prominent economic efficiency.

**Key words:** coalfield drilling; counter fort leaking stoppage; wire-line coring; mud

## 1 问题的提出

云南省大河煤田南北长23.5 km,东西宽约9 km,矿区总面积为94.46 km<sup>2</sup>,海拔标高1750~2272 m,相对高差522 m,钻探施工中遇到的主要岩层为:关岭组(T<sub>2g</sub>)的泥岩、粉砂岩;永宁镇组(T<sub>1y</sub>)的灰岩、粉砂岩、细砂岩;飞仙关组(T<sub>1f</sub>)和卡以头组(T<sub>1k</sub>)的泥岩、泥质粉砂岩、细砂岩;宣威组(P<sub>2x</sub>)的煤系地层,岩性为粉砂质泥岩、菱铁质粉砂岩、泥岩夹煤层组成,含可采煤层10~19层,可采煤层总厚15~23 m。

钻探施工中存在的主要问题:一是钻孔上部关岭组的泥岩,岩性松软,易吸水膨胀、缩径、掉块、坍塌。永宁镇组的灰岩溶洞裂隙发育,在钻探施工中存在着不同程度的钻孔漏失,遇到承压含水层,个别钻孔还会出现涌水现象。二是遇到构造破碎地层时,由于冲洗液的冲刷和上下钻具的抽吸作用,孔壁会出现垮塌,形成“大肚子”孔段,绳索取心钻进时,很容易发生钻杆折断事故。三是钻进较厚的粉煤层时,经常发生煤层垮塌现象,特别是钻进深孔时,孔内岩粉、沉渣多,不容易排除干净。针对矿区钻探施工中存在的这些问题,开展了研究工作,探讨解决问题的技术对策。

## 2 煤田地层钻孔复杂情况分析

### 2.1 地质因素

一般岩层都存在不同程度的孔隙,并在其中充填有液体,因而造成不同的地层压力具有不同的渗透性。如果钻孔内冲洗液的压力大于或小于地层压力,就会出现漏失或涌水、坍塌现象。松散的岩层易被冲洗液冲毁而造成渗漏或坍塌埋钻、起下钻遇阻等现象;关岭组、飞仙关组、卡以头组、宣威组的泥岩、炭质泥岩、厚粉煤层等软弱岩会吸水膨胀,造成缩径或掉块坍塌;永宁镇组的石灰岩地层中的各种不同形状的溶洞或互相串通的溶隙、裂隙、孔隙等会产生不同程度的漏失,甚至孔内冲洗液全部漏失,并导致上部不稳定孔壁的压力失去平衡而坍塌,造成严重的后果。

地层内某一点的岩石压力是由其上部沉积或覆盖的岩石重力造成的。当岩石被钻穿而出现新孔壁后,则新孔壁岩石就会因失去被钻掉的那一部分岩石的支持而失去平衡,在岩石压力作用下向孔内移动。特别是倾角大或强度低、塑性强的岩石,如泥岩、炭质泥岩等软弱岩,遇水崩解或吸水膨胀岩层,往往极不稳定。

钻孔充满冲洗液,液柱压力可以平衡一部分岩石压力,使孔壁稳定。在复杂地层中钻进,使用有一

收稿日期:2009-03-31; 改回日期:2009-09-05

作者简介:陈金照(1962-),男(汉族),福建人,福建省121煤田地质勘探队高级工程师,探矿工程专业,从事钻探施工技术与管理工,福建省龙岩市新罗区曹溪镇中粉路35号福建省121煤田地质勘探队总工办,chenjz650@163.com。

定密度和造壁性能的冲洗液冲洗钻孔,可以维护孔壁稳定。当钻孔内的水柱或冲洗液压力小于地层压力,就会发生涌水;反之,将产生漏失。上部石灰岩孔段、飞仙关二段与三段之间经常出现渗漏或比较严重的漏失,而导致冲洗液的消耗,甚至孔壁坍塌。

## 2.2 工艺因素

工艺方面,一是操作技术不当会导致上述复杂情况的出现,如升降钻具速度过快,因压力波动而造成坍塌、涌水或漏失;二是冲洗液的性质选择不当,不适应岩层的需要,则往往出现漏失、掉块、坍塌、缩径等现象。金刚石绳索取心钻进,钻具与孔壁的环状间隙小、泵压高,对孔壁冲刷破坏严重,与大口径硬质合金或钢粒钻进相比,在不稳定地层,孔内更容易发生坍塌,形成“大肚子”的孔段,造成钻杆折断等复杂情况的发生。钻孔出现复杂情况时,采取适当的技术措施,可以减轻或消除孔内的复杂情况。

### 2.2.1 钻孔深度及裸眼时间

钻孔越深,孔壁越不稳定。深部地层具有较大的内应力,可能发生崩解或塑性变形,钻孔的裸眼时间直接影响孔壁的稳定,特别是水敏地层,孔壁破坏有个变化过程,即需要一定的时间。裸眼浸泡时间越长,孔壁破坏越严重,越容易出现复杂问题。因此,在不稳定地层中钻进时,应尽量缩短钻进周期,或者迅速穿过以后,下入套管护壁。这一措施已在浅部钻进中广泛应用。

### 2.2.2 泥浆性能与地层的适应性

在复杂地层钻进中,出现钻孔漏失、坍塌、缩径、超径等问题,多数都是由于泥浆性能与地层岩性不相适应造成的。对于不稳定地层,只有泥浆液柱压力与地层压力能保持相对的平衡,才能使低失水量泥浆在钻进中取得良好的防塌效果。随着时间的延长,泥浆也会不断失水,使孔壁逐渐由稳定变为不稳定,以致孔壁坍塌。因而减少裸眼时间,实行快速钻进,是消除孔壁坍塌的一项积极措施。

### 2.2.3 钻进工艺

在钻进过程中,操作技术不当也会导致孔内复杂情况的发生。钻进时,冲洗液循环时开泵、停泵、冲洗液由静止到流动或由流动到静止的变化、水泵往复运动的不均匀性、升降钻具引起的抽吸力、冲洗液的不均匀流动等,都是造成孔内压力变化的因素。钻进时出现憋泵或孔内漏失,泥浆流入不稳定地层的裂缝中,停泵时,泥浆又从裂缝中流出来,对于不稳定的地层,很容易造成掉块坍塌。提升钻具时,孔内泥浆量减少,孔内的液柱压力会短暂地低于地层

压力,引起地层中的介质入侵泥浆,使得泥浆变稀。因此,对于不稳定地层要及时回灌泥浆。下降钻具时速度过快,会使孔内压力瞬时剧增而导致漏失。在云南省大河矿区 908、1301、1303、1402 等孔深超过 1000 m 的钻孔都不同程度地存在这种现象,钻孔施工到 1000 m 左右的孔深后,每次提升大钻,孔内的沉渣要冲扫几个班,钻具才能下到孔底。

## 3 复杂地层钻进的技术措施

### 3.1 套管护壁堵漏措施

钻进上部松散软弱层、石灰岩溶洞裂隙发育地层,采用下套管护壁堵漏措施,结合施工矿区地层情况,优化钻孔结构,开孔用  $\varnothing 130$  mm,穿过第四系松散的覆土层后,下入  $\varnothing 127$  mm 套管隔离,用  $\varnothing 110$ 、95 mm 口径钻进,打穿溶洞、裂隙发育的石灰岩等主要漏失地层后,用  $\varnothing 108$ 、89 mm 套管隔离。套管底部的岩层,应选择较硬的细砂岩或较完整的石灰岩等层位,并投入沥青球或泥球,下锥形钻头捣实、挤压,防止套管端部漏失。

### 3.2 工艺技术预防措施

绳索取心金刚石钻进,钻杆与孔壁环状间隙小,由此将造成冲洗液循环阻力大,泵压高,上下钻具使孔内冲洗液产生“激动”和抽吸作用对孔壁造成影响。因此操作时应注意下列事项:

(1) 提下钻具时,应先打捞出内管总成,以增加冲洗液的流通断面,减少冲洗液的抽吸作用和压力“激动”对孔壁的影响;

(2) 合理控制提下钻速度,降低冲洗液压力“激动”;

(3) 提升钻具及打捞出内管总成时,均需向孔内回灌一定量的冲洗液,避免冲洗液柱下降,造成地层压力与孔内液柱之间的压力差,使孔壁坍塌;

(4) 投放内管总成时,如果采用冲洗液压送,泵量不宜过大,钻进松软破碎地层及煤层时,可采用打捞器,重锤压送,避免大泵量压送影响孔壁稳定性;

(5) 开关泵时,要逐渐加大或减少泵量,防止突然开、停泵;

(6) 严格控制泵量,防止因冲洗液上返速度过快,剧烈冲刷孔壁。钻进不稳定地层时,冲洗液上返速度应控制在  $0.5 \sim 1.5$  m/s。

### 3.3 堵漏技术措施

在钻探施工中大多数钻孔都存在着不同程度的漏失,对于中等程度漏失(孔口不返水或返水很小)钻孔,必须停钻进行堵漏。在飞仙关二段至三段之

间,卡以头组与煤系地层接触带部位,以及煤系地层中经常出现较严重的漏失。采用PHP+锯末堵漏或801堵漏剂+锯末进行堵漏,PHP胶体具有很高的粘附性和弹性,当浓度较高时可拉成长丝,并不易被外力所搅散,同时对岩粉和劣质土有较强的絮凝作用。当它在较高的压力下不仅能挤入并填满空隙,而且在钻进过程中能不断絮凝岩粉和劣质土,从而进一步提高堵漏效果。801堵漏剂是由刨花楠、CMC等高分子化合物处理而成的复合材料,它遇水后能产生交胶反应,形成网状结构堵塞裂隙通道。

大河煤田富煤二矿1103号孔在830 m处发生冲洗液漏失,漏失量达 $4\text{ m}^3/\text{h}$ ,经用80 L浓度达5%的PHP胶体+锯末搅成浓稠状的拌合物,从 $\varnothing 71\text{ mm}$ 钻杆内灌入,进行堵漏获得成功,漏失量减小到 $0.5\text{ m}^3/\text{h}$ 以下,直至终孔(深1102.10 m)孔内返水正常。大河煤田1402号孔,在172.10~186.40 m孔段为裂隙漏失层,漏失量达 $3\text{ m}^3/\text{h}$ 以上,经采用801堵漏剂(5 kg)+综合惰性材料(20 kg),用清水调成浓稠状从 $\varnothing 71\text{ mm}$ 钻杆内送入,开泵压送后孔内恢复正常循环。

### 3.4 泥浆护壁技术对策措施

#### 3.4.1 水敏性地层

这类地层主要是关岭组和飞仙关组的泥岩,具有高膨胀性、强分散水化坍塌的特性。其膨胀型粘土含量高,粘土矿物遇水后,表面水化及渗透水化严重,孔径缩小,从而导致起下钻卡阻,可导致下部相邻地层憋漏或坍塌,这类泥页岩的压力大于井眼应力,最终导致其自身的水化坍塌。

对于这类地层钻井液能否有效地抑制膨胀型粘土矿物(蒙脱石)的膨胀,水化与分散是孔壁稳定与否的关键,应采取以下措施:

(1)应用带正电荷的有机或无机阳离子,以中和电性从而达到抑制水化的目的;

(2)采用带有钾离子或有机阳离子的聚合物钻井液体系或正电胶钻井液;

(3)加固泥饼致密性防止滤液渗入地层进一步引起渗透水化;

(4)提高钻进速度,最大限度地缩短冲洗液在井内的浸泡时间;

(5)严格控制pH值,使之不超过9,以防氢氧根离子增加粘土矿物的水化能力;

(6)加强固控,除去无用固相,以降低冲洗液的粘度和切力,并适当添加润滑剂。

#### 3.4.2 受构造应力、受覆盖压力及孔隙压力引起的

#### 不稳定地层

这类地层主要是断层构造的破碎地层,当钻进此地层段时,强大的释放应力,便会把破碎的岩石推入孔内从而形成短时间内的大规模垮塌。钻进时泥浆的压力比地层的压力小,所产生的压差就会沿着阻力最小的砂岩和页岩层面将地层压力释放出来,造成钻孔漏失和涌水等现象。对于这类地层的预防措施,应提高冲洗液的密度,采用沥青类泥浆进行护孔钻进,以防止构造应力的急剧释放,打穿该层后采用固结的方法加固孔壁或下套管隔离。

#### 3.4.3 厚煤层及炭质泥岩类地层

这类地层以非膨胀型粘土矿物、炭质泥岩、厚粉煤等为主,主要粘土矿物成分是伊利石和少量的高岭石、绿泥石,微裂隙、层理发育,冲洗液及滤液沿层理和微裂隙渗入地层内部从而使粘土矿物的水化作用加剧,当膨胀力超过地层的水化后强度时,首先沿层理和微裂缝释放,进而引起剥落坍塌。

对于这类岩层除了要有效地抑制膨胀型粘土矿物的水化膨胀外,还要有效地封堵裂缝和控制膨胀应力释放,应采取以下几个方面的措施:

(1)要选择适当的冲洗液密度,保证压力差钻进,以防止膨胀应力释放,将脆性剥落的炭质泥岩、粉煤推入孔内;

(2)通过试验确定钻井液体系的钾离子浓度,使其既能有效地抑制粘土矿物的水化,又能与地层水的矿化度相匹配;

(3)采用磺化沥青,要适当控制磺化度,不能太高,否则水溶性太大,便起不到有效的封堵作用;

(4)冲洗液体系应以聚磺体系为主,大分子聚合物的非极性官能团可以以氢键形式多点网状吸附于孔壁,以抑制水化分散;

(5)在钻进工艺上要选择合适的泵量,在环空中保持层流,以避免因素流冲刷而加剧剥落坍塌。

#### 3.4.4 现场生产应用效果

根据大河煤田钻探施工中遇到的地层情况,我们采用不同类型的优质钠土泥浆进行护壁防塌钻进,现场使用的几种泥浆及适用条件见表1。

使用上述的几种泥浆配方在大河煤田的后地沟ZK501号、富煤二矿1402号、908号等多个钻孔遇到的松散、破碎、厚粉煤等复杂地层中,进行护壁防塌,取得了很好的效果,较顺利地打到了终孔。

后地沟ZK501号孔,孔深371.31~390.80 m孔段,岩层为破碎、松散的砂质泥岩(图1、2),采用KHm、CPAN泥浆护孔钻进,顺利地通过复杂地层;

表1 泥浆的配方、性能参数及适用条件

配 方	性 能						适用条件
	密度 /(g·cm <sup>-3</sup> )	失水量/[mL ·(30 min <sup>-1</sup> )]	漏斗粘 度/s	视粘度 /(mPa·s)	塑性粘度 /(mPa·s)	动切力 /Pa	
钠土 4.0% + PHP 50 ppm + DLSAS 1.0%	1.050	15.5	23.5	6.0	4.5	2.6	构造破碎地层
钠土 3.5% + KHm 0.1% + CPAN 0.1% ~ 0.5%	1.015	14.5	22.0	5.0	4.2	2.4	水敏性地层
钠土 3% + KP 0.1% + GSP 0.5% ~ 1.0%	1.015	14.5	21.0	4.5	4.0	2.2	一般较复杂地层

富煤二矿 908 号孔,孔深 1039.66 ~ 1052.27 m 孔段岩性为破碎的砂岩(图 3),采用 PHP、DLSAS 泥浆进行护孔防塌钻进,钻进时电流基本上平稳,孔底岩粉比较干净,孔内未出现掉块、坍塌现象,顺利地通过了复杂地层直到终孔。



图1 后地沟煤矿 ZK501 孔 371.1 ~ 382.35 m 孔段岩心情况



图2 后地沟煤矿 ZK501 孔 382.5 ~ 390.80 m 孔段岩心情况



图3 富煤二矿 908 孔 1039.60 ~ 1052.37 m 孔段岩心情况

#### 4 经济技术指标情况

2008 年先后在大河煤田的富煤二矿、后地沟矿区施工了 8 个钻孔,进尺 8375.44 m,钻月效率 654.85 m,取得了良好的经济效益(见表 2)。

#### 5 结语

通过云南大河煤田钻孔复杂因素分析,对钻探施工中存在的不同地质情况,采用套管隔离、惰性材料堵漏和泥浆护壁防塌等施工的技术对策,经过生产实际应用,证明是有效可行的。在钻孔上部遇到松散、溶洞、裂隙发育等复杂地层,采取技术套管隔离措施;在钻孔的中深部施工中,存在的复杂情况,

表2 富煤二矿、后地沟施工钻孔经济技术指标

矿区	孔号	施工时间	终孔深度/m	钻月数/个	钻月效率/m	纯钻速/(m·h <sup>-1</sup> )	纯钻率/%	岩心采取率/%
富煤二矿	1103	2008.6.30 ~ 8.24	1102.10	1.83	601.15	2.69	31.06	92.08
富煤二矿	1301	2008.7.28 ~ 9.21	1269.05	1.83	692.21	4.72	20.38	97.24
富煤二矿	908	2008.7.30 ~ 9.26	1066.06	1.90	561.08	4.48	17.40	93.83
富煤二矿	1303	2008.9.4 ~ 10.14	1144.16	1.33	858.12	4.69	25.43	94.11
富煤二矿	802	2008.9.8 ~ 10.21	1336.18	1.47	911.03	3.54	35.76	89.81
富煤二矿	1402	2008.8.27 ~ 11.28	1171.20	2.50	468.48	3.41	19.03	94.64
后地沟	501	2008.8.24 ~ 9.23	630.29	1.03	609.96	3.55	23.83	92.60
后地沟	402	2008.7.1 ~ 7.27	656.40	0.90	729.33	4.35	23.30	94.58
合 计			8375.44	12.79	654.84(平均)	3.44(平均)	23.96(平均)	93.59(平均)

采用惰性材料堵漏和泥浆护壁防塌措施;针对各种复杂地层的不同特点,选用不同种类的泥浆处理剂,研制出有针对性的有效的泥浆配方,满足钻孔护壁防塌的要求。较好地解决了复杂地层钻进施工难的问题,取得了良好的经济效益。

#### 参考文献:

[1] 鄢泰宁,等. 岩土钻掘工程学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2001.

- [2] 徐同台,等. 钻井工程井壁稳定新技术[M]. 北京:石油工业出版社,1999.
- [3] 汤松然. 绳索取芯钻探冲洗液[R]. 北京:地矿部探矿工程研究所,1990.
- [4] 陈志超. 孔壁稳定性的研究[R]. 长沙:中南矿冶学院,1981.
- [5] 孙一国. 山丹马场长山子矿区复杂地层综合钻探技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(9).