

# 吐哈盆地煤层力学特征分析与钻探对策

顾 军<sup>1</sup>, 高德利<sup>1</sup>, 杨仕会<sup>2</sup>

(1. 石油大学(北京)石油天然气工程学院, 北京 102249; 2. 吐哈油田钻采工艺研究院, 新疆 哈密 839009)

**摘 要:**煤层钻探是钻探工程的一大技术难题, 分析了吐哈盆地煤层力学特征、煤层钻探的复杂表现和煤层安全钻探对策。

**关键词:**吐哈盆地; 煤层; 力学特征; 钻探对策

**中图分类号:** TE242 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2004)05-0051-02

**Analysis of Mechanic Characteristics for Coal Bed and Drilling Countermeasure in Tuha Basin/GU Jun<sup>1</sup>, GAO De-li<sup>1</sup>, YANG Shi-hui<sup>2</sup>** (1. Petroleum University, Beijing 102249, China; 2. Tuha Oil Field, Hami Xinjiang 839009, China)

**Abstract:** The coal bed is a technical problem of drilling engineering. This paper introduces the mechanic characteristics, showing during drilling and drilling countermeasures of coal bed in Tuha Basin. There's much in these countermeasures that people of the same occupation can make use of.

**Key words:** Tuha Basin; coal bed; mechanic characteristics; drilling countermeasure

吐哈盆地煤层分布范围广, 横向几乎遍布整个盆地, 且煤的物理、化学性质和工艺性能及煤种变化较小; 纵向自西山窑( $J_2x$ )至八道弯( $J_1b$ )地层存在大段煤系地层, 不仅煤层和碳质泥岩发育, 且煤层多(单井最多 81 层)、厚度大(单井累计厚度 481 m, 最大单层厚度 27 m)、埋藏深(大多深于 2800 m), 随着深度增加, 纯煤层增多增厚, 节理发育程度增高, 强度由高变低, 煤化程度越来越高, 且煤层与砂岩、泥页岩以不等厚互层方式广泛存在于侏罗系  $J_2x$  至  $J_1b$  各地层中, 其中  $J_1b$  煤层质轻易碎, 极易坍塌, 钻井过程中常伴有大量煤块带出地面, 坍塌难以抑制, 为井眼失稳最活跃的井段。因此, 研究煤系地层力学特征和钻探对策显得尤为重要。

## 1 煤层力学特征分析

吐哈盆地煤层的物理、化学、地质等特征与砂、泥岩有较大差异, 归纳起来主要有以下特征:

(1) 山前构造带煤层尤为发育, 鄯勒构造双井

径测井资料(表 1)表明, 煤层井段井眼椭圆度大, 个别井段长短轴之比高达 10, 同时也说明存在差值较大的水平两向主应力。

表 1 双井径测井资料分析

井号	地层	井段 /m	井斜角 /(°)	双井径扩大率/%	
				短轴	长轴
勒 2	$J_2x$ 上部	2850~2970	0.8~1.2	-3.5~4.5	24~45
	$J_2x$ 中部— $J_1s$	2970~3550	2.7~4.1	12~35	30~74
勒 3	$J_2x$ 中部	2850~2950	1.5~2.2	-3.5~1.2	-3.5~4.2
	$J_2x$ 下部— $J_1s$	2950~3300	2~13	-2.8~6.5	4~16
勒 4	$J_2x$ 中部	2475~2600	0.1~1.5	0~19	11~38
	$J_2x$ 下部	2600~2650	1.7~2.3	6.1~30	29~58
勒 5	$J_2x$ 中部	2950~3025	0.7~0.8	-5.1~-3.5	-5.1~6.1
	$J_2x$ 下部	3025~3350	3~7	-2.7~7.7	30~60
勒 8	$J_2x$ 中部	2875~2950	2.2~2.5	-8.3~-6.7	-8.3~3.5
	$J_2x$ 下部	2950~3325	2.5~4.5	-5~15	10~53

(2) 煤层的端劈理和面劈理发育, 其岩石力学性质与砂、泥岩差异较大(表 2), 成为煤层易塌易漏的主要原因。

(3) 受其岩石特性和构造应力的影响, 煤层井段地层孔隙压力和破裂压力差值较小, 而坍塌压力

表 2 煤与砂泥岩的力学特征对比

岩性	密度 /( $g \cdot cm^{-3}$ )	纵波时差 / $\mu s$	抗张强度 /MPa	抗剪强度 /MPa	杨氏模量 /( $10^3 kg \cdot cm^{-3}$ )	裂缝指数	泊松比	孔隙度 /%	渗透率 /( $\times 10^{-3} \mu m^2$ )
煤	1.1~1.8	300~4700	0~1	2.1~5.9	1~2	0.4~0.7	0.3~0.42	10~60	>100
砂泥岩	2~2.6	190~280	5~10	13.8~40	2~5	0.3~0.4	0.22~0.3	<12	<15

收稿日期: 2004-01-12

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(批准号: 50234030)资助

作者简介: 顾军(1966—), 男(汉族), 云南大理人, 石油大学(北京)石油天然气工程学院博士后、高级工程师, 石油工程专业, 主要从事油气固井工艺与水泥浆化学的教学和科研工作, 北京市昌平区府学路 18 号, (010)86501226。

较高。具体情况为:①地层压力系数在 1.25~1.35  $\text{g}/\text{cm}^3$  之间,属异常高压带。②构造应力大,煤层强度低。吐哈盆地历史上曾因 2 次大的造山运动,形成了明显的断块油田,残余应力的存在,致使山前构造带构造应力明显高于其它地区。通过室内三轴应力实验和测井资料计算的坍塌压力系数在 1.4~1.5  $\text{g}/\text{cm}^3$  之间,这说明需较高的钻井液密度方可平衡坍塌压力。③破裂压力梯度低,其当量钻井液密度在 1.60  $\text{g}/\text{cm}^3$  左右,过高的钻井液密度或高的激动压力均可能压漏地层。

(4)煤化程度高,胶结性差,其强度随钻井液浸泡时间的增长迅速降低(表 3),极易水化膨胀而产生剥落掉块。

表 3 煤层强度与钻井液浸泡时间的关系

浸泡时间 /h	试验介质	试验围压 /MPa	试样强度 /MPa	强度比值 /%
	空气	40	113.60	100
0	清水	40	103.90	91.50
1	清水	40	100.20	88.20
5	清水	40	69	60.70
15	清水	40	47.90	42.20

(5)质轻易碎,节理和微裂缝发育,钻井过程中钻柱对井壁的碰撞、机械震动、摩擦和钻头的切削、刮拉以及钻井液的水力冲刷都将使煤层沿断口破碎,加剧剥落掉块和坍塌的发生。

(6)煤层抗剪强度低,可钻性好,机械钻速高,钻屑以块状和碎屑为主,钻井液的携带能力很难适应较高的机械钻速。

(7)煤层中的泥页岩夹层水化膨胀后,对煤层产生挤压作用,从而加剧了煤层坍塌,并相互失去支撑而造成大段井壁失稳。

(8)地层倾角大(如马 5 井 1970~2433 m 井段地层倾角在  $12^\circ\sim 50^\circ$  之间变化),井身质量难以得到有效控制,更加突出了煤层井壁的不稳定性。

## 2 煤层钻探复杂表现

由于煤岩的特性和构造的复杂性,在煤层段钻井过程中事故屡见不鲜,井塌、井漏尤为突出,主要表现为:

(1)钻进中憋跳严重,转盘扭矩大,停转盘打倒车,钻过的煤层井段掉块,使转盘负荷突然增大造成憋钻,掉块越多憋钻越严重,停转盘由于反扭矩释放而产生倒车现象。

(2)循环过程中井壁突然掉块和坍塌对环空产

生阻流作用,致使泵压突然升高,严重时憋泵,导致井下漏失。

(3)井下遇阻严重,划眼困难。钻井过程中上提下放遇阻,起下钻遇卡,划眼时划下去提不起来,井下产生连续坍塌。

(4)卸开方钻杆后接不上单根,新钻煤层井眼即钻即塌。

(5)煤层的坍塌得不到有效控制,进而诱发泥页岩井壁的垮塌,从而引起井壁的大面积失稳。

## 3 煤层安全钻探对策

(1)钻井液封堵造壁能力是煤层钻井成败的关键。由于煤层劈理发育,易塌易漏,封堵造壁极其重要。在煤层钻开前加入单向压力封堵剂、纤维和不同粒径的固相颗粒,钻开煤层后能迅速在其表面形成屏蔽环,提高煤层的承压能力,从而维持较高的液柱压力以防塌,封堵裂隙以防漏,保持井壁稳定。

(2)精细操作是煤层钻井成功的保证。设计和控制合理的钻井参数(包括机械参数和水力参数),减少对煤层的机械碰撞和水力冲刷;控制起下钻速度,防止压力激动和抽汲,坚持及时灌浆,保持压力平衡;控制钻井速度,坚持勤划眼修整井壁,保持牢固的屏蔽环;切记在煤层井段定点循环,防止煤层机械性坍塌造成卡钻。

(3)煤层井段不宜进行喷射钻井,以防射流对井壁的冲刷和环空造成阻塞后无法建立循环。

(4)下钻至套管脚开泵充分循环钻井液,缓慢划眼下行,控制井底回压。

(5)钻进时采用低钻压、低转速,并控制机械钻速,坚持“进一退二”(即钻进 1 m,起出 2 m 充分划眼)原则,反复破碎煤屑,将坍塌物化整为零及时带出地面。

(6)在“进一退二”原则下,严格划眼制度,每打完一个单根重复划眼 2~3 次,并控制划眼速度。

(7)接单根时要做到晚停泵早开泵,若发现接单根困难,立即小排量恢复循环,待泵压稳定后再逐步增大排量。

(8)起钻前充分循环钻井液,确保井眼干净,尽量避开在煤层段定点循环,以免形成“大肚子”井眼。

(9)煤层段起下钻采用 I 挡车速,煤层段以上控制起下钻速度,防止压力激动,并连续灌浆,起下钻遇阻严禁强提猛压。

(下转第 55 页)

力钻具,造成马达堵塞,卡死,造成不必要的起钻、下钻,延长施工时间,使孔内情况复杂化。定向钻进时,转盘要锁死,避免钻具回转;启动螺杆钻具将钻头提高孔底 0.2~0.5 m,开泵时记下压力表读数,并与计算压力值进行比较。螺杆钻具下入井底逐步加压,马达扭矩增加,泵压升高,这个升高的压力值应符合所使用型号螺杆钻具规定的马达降压值,泵压的升降反应了马达负载的大小,因此要保持钻压基本稳定,使马达负载稳定,把泵压限制在所用钻具推荐范围内。

(2)定向转动钻具角度时,每次转动后要上下大幅度活动钻具,使储存在下部钻具上的弹性扭转变形能释放出来;使上下扭转角度一致;启动井下螺杆钻具钻进时要注意因补心晃动而使主动钻杆多倒转的角度,并及时修正,否则将会影响定向井的方位。定向过程中应及时测量井斜角和方位角,并根据数据处理及时作出水平投影和垂直剖面图,以掌握钻孔轨迹。

## 5 成功经验

(1)钻具级配合理,优化钻进参数,保证直井段成井质量,为定向造斜施工提供较好的前提条件。直井段的主要技术指标是孔斜及孔径,在施工中我们使用宝塔式钻具组合,钻铤加压(孔底加压不超过钻铤总重的 50%~60%)。不仅满足了钻进加压的需要,而且有效地预防了孔斜,终孔后全孔测斜倾角  $<3^\circ$ , 1312 m 技术套管毫无阻力地下入预定孔段。

(2)泥浆的配制及管理。根据各孔段的地层情况,泥浆的配方如下:非含盐段使用不分散低固相泥浆,主要处理剂有 CMC、PHP、NaOH、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、腐植酸钠。严格控制失水量,稳定泥浆性能,同时利用旋流除砂器净化泥浆;在进入含盐段前 50~80 m,逐步加入卤水或盐,使其转化为饱和盐水泥浆,同时

(上接第 52 页)

## 4 几点认识

(1)煤层钻井是一个世界性的技术难题,主要原因是煤层易引起塌漏并存的复杂问题,且难以有效处理。

(2)煤层钻井应以预防为主,尤其要强化钻井液封堵造壁能力和细化现场钻井操作措施。

(3)含煤层井井身结构设计应考虑其复杂性,即钻穿煤层后须下入套管予以封隔。

(4)鄂尔多斯盆地所钻 5 口井均有程度不同的坍塌

减少  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的用量或停用,以防钻进石盐岩和膏质泥岩层井径扩大而影响造斜强度。在造斜钻进时,为减小起下钻阻力,在泥浆中加入了原油,以润滑钻具。通过加强管理,该工程泥浆性能满足了各阶段施工的需要,没有出现孔内事故,造斜螺杆钻工作正常、施工顺利。按设计要求孔深 1520 m 时钻进至靶区,实现对接。

## 6 存在的问题

(1)该工程在配制饱和盐水泥浆时,开始使用的是卤水。卤水配制泥浆虽然使用方便,但不易达到饱和,结果在初进盐层钻进冲孔时,造成了孔径扩大,给施工带来了不便,下钻时钻孔局部有台阶,物探测井也证实了有孔径扩大现象。发现问题后对泥浆性能进行测试,结果泥浆含盐量远未达到饱和,后来为此将 30 t 盐分批分次逐渐加入,使泥浆的密度达到  $1.24\sim 1.30\text{ g/cm}^3$  时才满足了施工需要。经验表明,配制饱和盐水泥浆,应在现场取一定量的泥浆做加盐试验,直到该泥浆不再溶解盐时为准,确定每立方米泥浆的加盐量,在钻进石盐层之前,使泥浆含盐量务必达到饱和。

(2)螺杆钻具施工要求泥浆泵排量尽量平稳,减小压力脉动。我们在施工直井段与斜井段时使用的是一台泥浆泵(BW-1200型),在施工斜井段时为满足螺杆钻具对排量、泵压的要求,我们通过改变输入转速及缸筒直径的办法解决。但转速的降低使排量及泵压产生更大的脉动,结果对螺杆钻具的正常工作产生了一定影响,降低了施工效率。

## 参考文献:

- [1] 长春地质学院. 钻孔护壁堵漏原理[M]. 北京:地质出版社, 1979.

和漏失,其中 3 口井坍塌十分严重,造成卡钻报废钻具。由于钻井过程中所形成的压力系统极为复杂,有效钻井液密度范围相当有限,常常造成塌漏并存的复杂局面,因此煤层的安全钻井问题不单纯是防塌问题,还应当同时考虑防漏等其它井下问题,必须多方面、全方位加以解决,方能收到好的效果。

## 参考文献:

- [1] 崔辉,王世信. 吐鲁番—哈密盆地油气田开发工程[M]. 北京:石油工业出版社,1998.