

煤层气钻井工程中几个重点技术问题的探讨

包贵全

(东北煤田地质局,辽宁 沈阳 110011)

摘要:论述了煤层气钻井过程中储层保护及钻井液技术,煤层气堵漏技术,煤层气井取心技术,煤层气固井技术等问题。

关键词:煤层气;钻井;钻井液;堵漏;取心;固井

中图分类号:TE249 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)12-0004-05

Study on Some Focal Technical Problems of Drilling Engineering for Coal Bed Methane/BAO Gui-quan (Northeast Coalfield Geological Bureau, Shenyang Liaoning 110011, China)

Abstract: The paper discussed reservoir protection and drilling fluid technique in drilling process of coal bed methane, and the lost circulation control, coring, cementing technique as well.

Key words: coal bed methane; well drilling; drilling fluid; lost circulation control; coring; cementing technique

我国的煤层气市场前景广阔,资源潜力大,勘探开发技术不断进步。但由于我国煤层气地质条件的复杂性,这就要求在钻井工程技术方面不断提高,以适应煤层气市场开发的需要。下面仅就煤层气钻井工程的几个重点技术环节谈谈笔者的认识。

1 储层保护及钻井液技术

煤储层被钻开后,就会破坏原有的平衡状态,井筒内的固相、液相侵入储层与地层内的固相和液相发生各种物理、化学变化,使储层的有效渗透率受到不同程度的伤害。这种伤害对参数井而言会影响测井资料与试气结果,使得储层渗透率、孔隙度等参数得不到正确的解释,从而影响储层判断,使好的储层被误判为干层或不具工业价值;这种伤害对生产井而言,它会使渗透率降低,气层的产量下降,井的寿命大大降低。因此钻井施工中,特别钻进煤层时,选择优质钻井液是保护储层、防止污染最重要的技术措施。

1.1 煤层潜在的损害因素

煤层的特点决定了它有以下几个损害因素:

(1)煤层孔隙和裂隙发育,钻井液中的固相和液相进入煤层裂隙深处。

(2)煤是大分子结构的有机物,易对钻井液水和高分子聚合物吸附,从而影响煤层的渗透性。

(3)煤层水易与钻井液发生化学反应,从而堵塞煤层裂隙。

(4)储层压力低,易发生井漏,对煤层造成损害。

(5)煤层具有应力敏感性,钻井过程中液柱压力控制失当,容易造成渗透流降低。

(6)煤机械强度低,钻井施工过程中产生的煤粉易堵塞煤层孔隙和裂隙。

1.2 钻进过程对煤层的损害

煤层的潜在损害因素是一种客观存在,钻井施工时,当钻井液柱压力过高,储层在钻井液中浸泡时间过长和压力激动等因素的作用下,也产生了对煤层的伤害。这些伤害主要体现在以下几个方面:

(1)钻井液中固相颗粒对煤层的堵塞。

(2)煤与钻井液中的高分子聚合物相互作用(吸附)产生的堵塞。

(3)煤的吸附膨胀造成的损害。煤具有很强的吸附各种液体和气体的能力,煤吸附液体后煤基质膨胀导致割理的渗透率大幅度下降。

(4)压力敏感性对煤层的影响。钻开煤层后,由于压力敏感性的存在,随着围压的增加,煤层渗透率下降。

1.3 保护煤层的钻井液技术措施

针对煤储层特点及煤层的潜在伤害因素,我们在总结以往煤层气钻井施工的基础上,选择低固相钻井液——双聚钻井液(聚丙烯酰胺和聚丙烯腈)作为辽宁阜新煤层气参数及试验井的钻井液,这种钻井液由无机盐、聚合物和暂堵剂组成。在使用双

收稿日期:2007-11-11

作者简介:包贵全(1955-),男(蒙古族),黑龙江鸡西人,东北煤田地质局副局长、高级工程师,钻探工程专业,从事勘探管理工作,辽宁省沈阳市沈河区盛京路24号,dmdz@163.com。

聚钻井液时,为保护煤层,我们还采取了以下措施:

(1)施工前,通过调研,尽可能筛选对煤层吸附小的聚合物作提粘剂和降失水剂;

(2)进行钻井液与煤岩及煤层水相溶实验,以减少煤层水与滤液和煤岩发生反应;

(3)提高滤液的抑制能力,减少煤岩的吸附;

(4)降低钻井液的失水,减少滤液对煤层的损害;

(5)采用保护煤层的钻井工业措施:

①依据地层压力预测值,采取近平衡钻井技术,降低固相和液相对煤层的损害,也可减少压力敏感性对煤层的损害;

②防止井漏,减少井漏对煤层的污染;

③优化钻井水力参数设计,防止煤层井筒周围的剪切应力过大或过小,引起煤层渗透率的降低;

④缩短完钻和测试时间,减少钻井液对煤层的浸泡时间。

采取了这些煤储层保护的钻井液技术,通过近期施工的煤层气LJ-1、LJ-2、FS-1井的施工效果看,钻井工程质量都非常好,测井资料和试气成果对储层渗透率,孔隙度参数解释,经过后期排采的验证,证明它们是可信和准确的。同时,也说明采用低固相优质钻井液,辅以适当的保护煤层的钻井工艺措施,基本上能达到煤层气参数井及生产井钻井液技术要求。

但是低固相钻井液(密度 $1.02 \sim 1.05 \text{ g/cm}^3$)并非最佳钻井液,因为煤储为负压地层,因此使用低固相钻井液钻开煤层气储层时,同样会在一定程度上产生损害作用。最佳的方法是使用泡沫钻井液钻开煤层,这样才能更加有效地保护储层,增加产量,提高钻井效率。但由于缺少设备和技术上的支持,我们尚未实现用泡沫钻进煤层的施工工艺,这是我们下一步工作的方向。

2 煤层气井护壁堵漏技术

煤层气井护壁堵漏工作较其它钻井有更大的难度,因为漏失后堵漏既要堵住漏失层满足后续作业的需要,又要尽可能减少对煤层的污染和损害,这就对煤层气井堵漏提出更高的要求。

2.1 煤层气井堵漏的技术要求

(1)尽可能一次封住漏失层,防止多次堵漏对煤层带来伤害。

(2)堵漏作业尽可能选择对煤层伤害小的堵漏材料。

(3)堵漏作业应做到连贯、有序和统一指挥,避免因堵漏作业失误而造成其它井内事故。

2.2 LJ-1井堵漏实践

东北煤田第七勘探公司施工的煤层气LJ-1井位于辽宁省阜新市刘家勘探区内,该区堵漏现象普遍存在,施工前,我们广泛搜集已往施工的小口径钻井的水文观测资料,确定该井可能漏失的井深、井段及漏失量,并向相关科研院所寻找技术上的支持,同施工现场附近的辽河油田协作共同制定堵漏设计。

在LJ-1钻井过程中,钻至井深709 m时,发生有进无出的大漏失,该漏失点位于煤层顶板以上20 m左右,根据施工前制定的堵漏方案,即顶板以上(非目的层)漏失时,实施锯末-钻井液进行暂堵,然后在钻至煤层顶板(坚硬泥岩)时,再使用专用固井车,以钻井-油井水泥浆混合成的胶质水泥,辅以水玻璃及充填剂(如锯末)进行堵漏。

具体的堵漏操作步骤如下:

(1)下入钻进时使用的5 in($\varnothing 127 \text{ mm}$)钻杆(内平式)下钻至距最上一个漏失点3 m左右,使用NB-350型钻井泵的最大排量(32 L/s),洗井2个循环,如果没有漏失,则按下一步操作进行考验。

(2)钻具下到漏失点处,停止循环钻井液,关防喷器卡住钻杆,控制开泵(控制气门开关)通过钻井液使地层承受一定压力考验(LJ-1压力为4 MPa),如果20 min地层未有漏失,则证明暂堵是成功的,如果漏失发生,就按下面办法进行堵漏;

(3)两台固井专用泵车(排量皆为 700 L/min),一台泵车装上钻井液和充填剂(锯末),另一台泵车则与灰罐车配合准备向井内打入密度为 1.85 g/cm^3 的水泥浆和水玻璃。两台泵车必须以相同排量,按体积比1:1的比例,将钻井液-水泥浆的混合堵漏剂按已计算好的量打入漏失层。

(4)停止堵漏作业后,迅速起钻,当钻具起到胶质水泥封固段之上后,停止起钻,接方钻杆开泵使钻井液进行了一个循环后按正常起钻速度起钻。

(5)候凝24 h后,下钻具划眼,一直划到漏失点以下,调整好钻井液,再按以上程序对钻进时的其它漏失点一一进行考验、堵漏。

煤储层如果发生漏失时,不能用上述方法进行堵漏,这是因为反复的堵漏作业会给煤储层造成更大的伤害。在煤储层一旦发生漏失,则立即起钻,下入钻杆使用胶质水泥进行堵漏。

以上堵漏技术措施经过LJ-1井钻井施工的验证,证明其在煤层气钻井工程中是一项切实可行的

堵漏技术。

3 煤层气井取心技术

3.1 煤的特点

煤既是煤层气的生气层,又是储集层,与其它矿藏的储层相比,它具有特殊的物理及力学性质。

(1)较其它岩石,煤更易受压缩,就是说煤的塑性较好;

(2)煤胶结性差,割理和裂隙相当发育,极易破碎;

(3)燃点低,受热后易变质,影响煤心质量;

(4)抗水力冲蚀的能力较低;

(5)吸附煤分子表面上的甲烷气量高,并且随围压降低解吸散逸快;

(6)煤心一般成柱性差,取心困难。

3.2 煤层气井取心的要求

煤层气参数井需要对储层进行评价研究,需要根据煤心确定煤岩的结构、渗透率、裂隙(割理)展布及大小等煤层参数,而且需要在现场作煤心甲烷含量的测定和现场采样来测定甲烷解吸压力,吸附压力曲线等,并据此计算该勘探区煤层气甲烷测量,预测产气量及为井网布置、射孔、压裂设计等提供依

据。因此,煤心是煤层气井不可缺少的重要基础资料。

为了准确地获得参数,对煤层取心有以下要求:

(1)煤心直径大,收获率高;

(2)出心速度快;

(3)气体散失少;

(4)煤心质量和原始状态保持好。

根据以上要求,传统的取心工具已不适合煤层气井的取心工作,为了获得高质量、高收获率的煤心,并尽量减少甲烷气散失、降低取心成本,必须寻求一种新型的取心工具来作为煤层专用取心工具。

3.3 SSQX 型绳索取心工具简介

阜新煤田 LJ-1 井使用的 SSQX 型绳索取心工具是适合石油钻机、使用原钻杆的新式绳索取心工具,经过 LJ-1 井取心验证,它完全适合煤层气参数井的取心要求。

3.3.1 工具结构

SSQX 型绳索取心工具由取心钻头、外管总成、内管总成、半合岩心管、悬挂机构、弹卡定位机构、割卡心机构、单动机构、报警装置、差动机构、内外管扶正器、打捞器及绳索提升系统组成。其结构如图 1 所示。

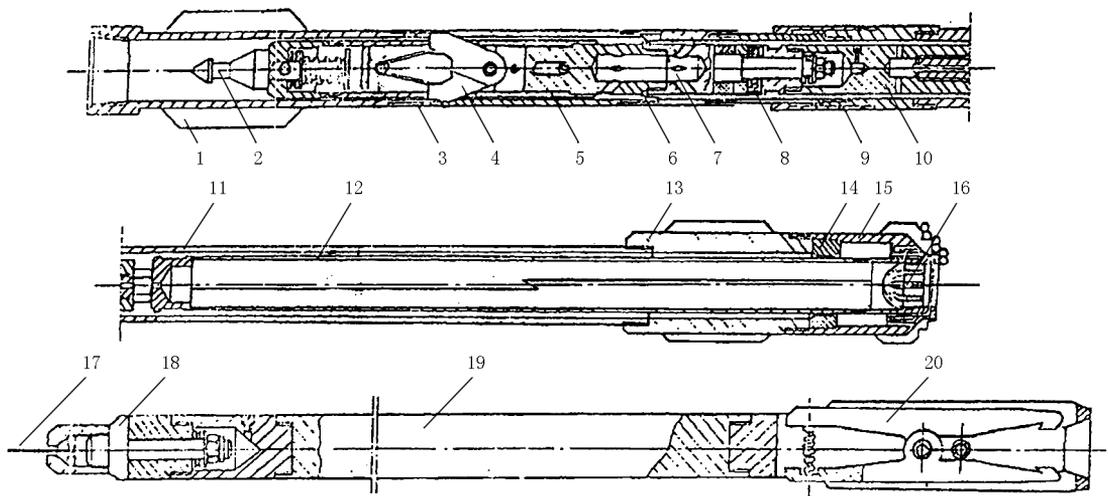


图1 SSQX 型绳索取心钻具

1—中扶正器;2—打捞矛头;3—弹卡室;4—弹卡;5—收卡管;6—悬挂环;7—分水接头;8—单动机构;9—内外八方套;10—内管上接头;11—外管;12—内管;13—下扶正器;14—扶正环;15—钻头;16—全封式拦卡簧;17—钢丝绳;18—绳卡销套接头;19—加重杆;20—打捞钩

3.3.1.1 取心钻头

该取心工具采用 PDC 取心钻头,水眼斜向外侧,钻井液不直接冲刷煤心柱表面。

3.3.1.2 半合式岩心内管

岩心管采用半合管,为减少煤心入筒的阻力,在内管内壁镀硬铬,可满足破碎煤心顺利进、出筒。

3.3.1.3 悬挂与单动机构

内管通过 2 副单向推力轴承悬挂在悬挂接头上,并靠悬挂环坐在外管总成的座环中组成悬挂机构。内管上接头的 2 副推力轴承组成单动机构,即内管不随外管旋转。

3.3.1.4 弹卡定位机构

在内管上部设有可收张的弹卡机构,当内管到位后在弹簧作用下弹卡伸出,卡在外管的弹卡室内,防止煤心进筒时内管向上窜动,当上提打捞予头时,弹卡自动收缩,内管可向上移动。

3.3.1.5 报警装置

设有机械机构,通过改变内管与外管间环空过流截面,使泵压升高达到内管到位或堵心报信作用。

3.3.1.6 差动机构

由接头、外八方杆、内八方杆、“O”型密封胶圈等部件组成。其用途是传递钻具扭矩并使内外管产生相对位移。

3.3.1.7 外管总成

外管总成由上、中、下 3 个扶正器、外管、差动机构、弹卡室接头短接、取心钻头等组成。

3.3.1.8 调节与扶正机构

内管上设有调节螺母,可调节内管总成长度,调节范围 0~30 mm。外管总成下部设有导正环,用于内管导向,使内外管保持同轴心,便于岩心进入内管。在外管上、中、下有 3 个扶正器,以提高取心工具的刚度和稳定性。

3.3.1.9 打捞机构

由打捞器和内管总成顶部的矛头组成。打捞器由打捞钩、捞钩室、重锤、旋转接头、绳卡头、脱卡管组成。

3.3.1.10 安全脱钩机构

当打捞内管遇阻时,可沿钢丝绳投下具有斜槽的脱卡管。脱卡管沿钢丝下行至打捞器,罩在打捞钩尾部,在冲击力作用下其尾部向内收缩,而头部向外张开,从而使打捞器和内管总成脱卡。

3.3.1.11 绳索提升系统

由钢丝绳和带刹车装置的绞车组成,以快速提放打捞器,捞取内管总成。

3.3.2 取心操作

3.3.2.1 投内管总成

从井口在钻杆柱内投入内管总成,内管总成一旦到达外管中的弹卡室部位,内管的悬挂环到外管的座环上,即内管总成已到位(此时差动接头处于拉伸位置)。

3.3.2.2 取心钻进

下放钻具,差动接头收缩,带动内管下移 100 mm,内管插入取心钻头内,而差动接头的内外八方套咬合,传递扭矩至钻头,钻头的超前部分克取煤心直接无阻碍的进入内管。

3.3.2.3 割心

钻完进尺后,停泵上提钻具,在差动机构作用下,内外筒产生相对位移,卡箍逐渐收缩抱紧岩心并拉断式割心,与此同时隐蔽的全封闭式拦簧片逐渐伸出形成向上的半球封闭面,完全封住内管底部,阻止煤心下漏。

3.3.2.4 捞心

用钢丝绳将打捞器由钻杆内下入到内管总成顶部后,上提即可将内管总成捞出井口,卸开内管中间连接丝扣后,抽出岩心管即可取出岩心。

3.3.3 工具的特点

- (1) 不起钻取出岩心,并实现连续取心;
- (2) 与内平式 5 in 钻杆相配合使用,岩心直径可达 70 mm;
- (3) 使用带斜水眼的 PDC 专用取心钻头;
- (4) 采用低摩阻半合式岩心管,既可减少岩心入筒的阻力,又可快速出心;
- (5) 可隐蔽的全封闭拦簧与卡箍一体化,实现双作用卡心;
- (6) 采用环座式悬挂装置,并有能产生相对位移的差动机构,即内外八方套;
- (7) 设有内筒到位和堵心报信功能;
- (8) 由 3 副推力轴承构成的单动机构,使岩心管在取心钻进时不随外管转动,有利于岩心进筒。

3.3.4 工具的技术规格

岩心尺寸(直径×长度)Ø70 mm×2 m;取心钻头(外径/内径)Ø215 mm/Ø70 mm;取心外筒(外径×长度)Ø158.8 mm×4 m;取心内筒(外径×内径×长度)Ø84 mm×75 mm×3.2 m;打捞器(外径×长度)Ø50 mm×1.5 m。

取心钻进参数:钻压 10~30 kN;转速 35~50 r/min;泵量 6~10 L/s。

3.3.5 LJ-1 井取心成果

LJ-1 井中间层、太平层取心钻进采用 Ø215 mm PDC 取心钻头,双聚钻井液(性能为密度 1.04 g/cm³,粘度 35 s,失水量 3 mL/30 min)进行施工。岩心直径 70 mm,捞心作业一般用时 15~20 min。具体取心成果如表 1。

表 1 LJ-1 井取心成果表

层位	取心井段	段长/m	心长/m	收获率/%
中间层	818.65~841.58	22.93	20.16	88
太平层(上)	846.35~876.24	29.89	23.71	79
太平层(下)	894.11~897.23	3.12	2.95	95
合计		55.94	46.82	83.7

4 煤层气固井技术

在煤层气井勘探开发中,受煤层物理限制,套管射孔完井是主要的完井方法。固井技术是完井作业中最关键的技术,固井质量的好坏不仅影响煤层气井的寿命,而且直接影响煤层气井的产量。

4.1 煤层气井固井的技术难点

煤层气井井深较浅,煤层胶结强度低、松散,在煤层段易漏失、井壁易坍塌形成“大肚子”,给煤层造成伤害,同样也影响固井质量。

煤层气固井主要技术难点有:

- (1) 井径不规则,顶替效率低,影响固井质量。
- (2) 固井时易漏失,水泥浆返高低且对煤层造成伤害。

(3) 水泥浆对煤层造成伤害。正常固井用的水泥浆密度大(1.85 g/cm^3 左右),失水量大(大于 1500 mL/min),因此和钻井液相比对煤层的伤害更大。

4.2 煤层气固井技术措施

在保证固井质量的前提下,尽量控制水泥浆液柱压力,应该是煤层气固井技术措施的正确选择。

(1) 空心微珠低密度水泥浆固井技术是现阶段正确的选择。

(2) 控制水泥返高。以往煤层气固井设计中,水泥返高设计往往要求返到地面,实际这是一种错误的选择,煤层气固井一定要控制水泥返高,这样可在一定程度上降低水泥浆液柱压力,达到防止固井时井漏和降低固井对煤层的伤害。煤层气固井水泥返高返到煤层顶板以上 200 m 左右为宜。

国外煤层气固井技术中有一项新技术——绕煤层固井技术。绕煤层固井技术是消除固井作业对煤层伤害最有效的固井技术,其思路是在套管串主力

煤层部位安装绕煤层固井工具(见图2),注水泥时,水泥浆到达煤层底部时经绕煤层固井工具进入导流管并从煤层顶部进入环空。这将是煤层气固井技术的发展方向。

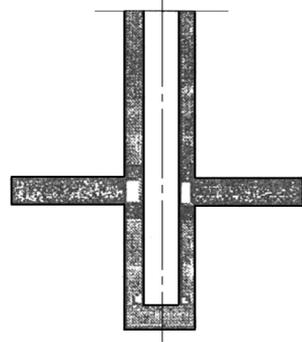


图2 绕煤层固井示意图

4.3 煤层气固井基本施工方案

在现阶段,笔者认为煤层气固井方案应这样选择:在保证固井质量前提下,尽可能降低水泥浆密度,同时控制水泥返高,具体地说就是:煤层段水泥浆密度在 1.85 g/cm^3 左右,煤层以上水泥浆密度应在 1.45 g/cm^3 左右,同时水泥浆返高控制到煤层顶板以上 200 m 左右。

上述固井施工技术经近期FS-1、LJ-I、LJ-2井的固井作业验证,是一项完全适合煤层气固井的技术措施。

5 结语

煤层气有着无比巨大的发展前景,然而,目前煤层气勘探技术水平却相对滞后,需要广大工程技术工作者共同攻关,以期把我国丰富的煤层气资源高效合理地开发出来,为繁荣国家经济,提高人民生活质量做贡献。