

山西昔阳白羊岭煤矿煤层气勘探取心技术

贾长城

(北京市地质工程设计研究院,北京 密云 101500)

摘要:结合山西省昔阳县白羊岭煤矿煤层气补充勘探工程的施工情况,简述金刚石绳索取心钻进工艺在煤层气参数井中的应用,探讨了套管、钻具、钻头、泥浆以及钻进参数的选择方法。

关键词:煤层气;金刚石绳索取心钻进;套管;钻头;泥浆

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2009)04-0025-04

Coring Technology of Coalbed Methane in Baiyangling Coalmine of Xiyang/JIA Chang-cheng (Beijing Institute of Geo-engineering Design and Research, Miyun Beijing 101500, China)

Abstract: According to the practical construction situation in supplementary exploration for coalbed methane in Baiyangling coalmine of Xiyang County in Shanxi Province, the paper briefly discussed the application of wire-line coring technology in parameter well for coalbed methane with selection methods on sleeve, drilling tool, bit, drilling mud and drilling parameters.

Key words: coalbed methane; diamond wire-line drilling; sleeve; bit; drilling mud

0 序言

随着 2001 年山西沁水煤层气田的成功勘探开发,煤层气开发热遍全国。煤层气勘探开发的重要步骤就是快速获取煤心,现场测得煤层气含量。金刚石绳索取心钻进工艺具备取心率较高、钻进效率高、岩心提升速度快的优势,是目前煤层气勘探施工的标准取心工艺。

由于金刚石绳索取心钻进工艺原设计目标主要是在坚硬地层中进行取心,而煤田地质条件不同于其他固体矿产,使得绳索取心工艺在煤田地质勘探中存在一些不适应。在施工过程中,需要对取心工艺进行适当改进才能满足煤层气取心要求。

1 工程概况

山西省昔阳县白羊岭煤矿煤层气补充勘探工程是国投昔阳能源有限公司为建设煤层气发电站而进行的生产补充勘探。白羊岭煤矿位于沁水煤田东部边缘。本次勘探任务包括钻孔取心、水压致裂、煤层气含量测试等工作。用于了解原始煤层的渗透率、含气量和煤层垂直和水平分布、地层构造和岩石性质以及煤层硬度等参数,为煤层气地面抽采工程提供设计依据。

1.1 钻孔地层概况

本次钻探施工中遇到的地层较为复杂。

0~40 m 为第四系中上更新统(Q_{2+3})地层,岩层风化破碎严重;

40~210 m 为上统上石盒子组(P_{2s}),该组分为红黄色地层及褐色地层 2 段,红黄色地层以杂色砂岩、泥岩及黄绿色中粗粒砂岩为主,褐色地层以灰绿色中粗粒砂岩为主,中间夹多层泥岩,该段地层破碎,水敏性强;

210~420 m,总计含煤 13 层,地层分别为二叠系石盒子组(P_{1x})、山西组(P_{1s})、石炭系太原组(C_3t)、本溪组(C_2b)和奥陶系峰峰组(O_2f),岩性主要为泥岩、砂质泥岩、中、细粒砂岩、煤、石灰岩,地层倾角 10° ,甲烷含量一般在 $9 \text{ m}^3/\text{t}$ 以上。

1.2 钻探技术要求

根据煤层合同规定的质量标准,钻孔主要技术要求包括:

- (1) 目的煤层必须采用金刚石绳索取心;
- (2) 孔深 300 m 至终孔,岩心采取率 $> 90\%$, 0~300 m 不要求取心,但要做岩样编录;
- (3) 煤心的直径 $\leq 60 \text{ mm}$,并且保持原状;
- (4) 煤心从被割断的时间起到提出孔口的时间间隔 $\geq 20 \text{ min}$ 。

2 施工工艺方案

根据甲方提供的地层资料,钻孔结构设计为 3

收稿日期:2008-12-02

作者简介:贾长城(1970-),男(汉族),北京人,北京市地质工程设计研究院工程师,地质机械专业,从事钻探工程技术工作,北京市密云县园林东路 46 号,101greatwall@sina.com。

径。钻孔开孔采用 $\varnothing 130$ mm 硬质合金单管钻具钻进 10 m 左右,下入 $\varnothing 127$ mm 套管;二开采用 $\varnothing 110$ mm 金刚石单管钻具钻进,见到完整岩石下入 $\varnothing 108$ mm 套管;然后采用 S91 金刚石绳索取心钻具钻进至设计孔深。

考虑到全面钻进和绳索取心钻进效率基本相同,钻孔均采用绳索取心工艺,尽量减少钻具和钻头的种类,便于现场物资准备。

设备配备根据钻孔结构、钻孔深度及钻进方法选择 XU600-3 型钻机、BW320/80 型泥浆泵、NJ-600 型泥浆搅拌机、旋流除砂器等。

3 施工中遇到的问题及对策

钻进过程中遇到较多问题,包括:

(1) 地层不稳定,坍塌、掉块的现象严重;

(2) 泥岩地层缩径明显,采取扩大钻头外径的措施后虽然可以解决缩径问题,但是严重影响钻杆寿命;

(3) 普通绳索取心工艺在采取厚度 > 1 m 的煤层时采取率不能保证;

(4) 套管不稳定,随钻进随脱落,影响施工安全。上述问题严重影响施工进度和岩心质量,造成第一个钻孔出现严重孔内事故。

3.1 套管脱落问题

由于煤系地层主要为沉积地层,普遍存在地层松软、碎、脆现象,这种地层本身不适应绳索取心工艺要求。为满足绳索取心钻进的技术要求,采取技术套管是比较有效的技术措施。

该钻孔施工中针对开孔地层破碎的现象,采用 $\varnothing 130$ mm 硬质合金钻头开孔至 10 m 下入 $\varnothing 127$ mm 套管,并用水泥封注。这种方法主要解决施工中套管松动,沿套管外壁往孔内漏砂;同时解决钻杆扫套管,造成套管脱扣溜跑现象,避免反复提下孔口管。二开采用 $\varnothing 110$ mm 硬质合金钻头或 PDC 钻头进行钻进,寻找比较稳定的岩体,如果找不到稳定的岩体,在 100 m 左右处下入 $\varnothing 110$ mm 反扣技术套管,在孔口对套管进行固定,换 S93 金刚石钻头钻进。山西境内的煤系地层一般在 200 m 以深都可以找到比较稳定的岩层,所以可以提出 $\varnothing 110$ mm 套管,再用 $\varnothing 110$ mm PDC 钻头扩孔到稳定地层,重新下入 $\varnothing 110$ mm 反扣技术套管。然后采用 S93 金刚石绳索取心钻具至终孔。由于做压裂试验的口径和岩心直径要求,在不能采用 2 套钻杆的情况下,下好 $\varnothing 110$ mm 技术套管是施工能否顺利进行的关键步

骤。

3.2 泥岩地层缩径问题

该钻孔施工到 200 m 以后,遇到较厚的泥岩地层,遇水膨胀明显。该地层对绳索取心钻进的影响主要体现在卡钻、泥浆性能变化大、投放内管不到位、取心失败上。原设计工艺采用加大尺寸的 S94.5 金刚石钻头进行取心,但施工中发现钻头加大后虽然可以解决缩径的问题,但同时也加剧了钻杆和接手的磨损,增加了事故率。

3.2.1 选择适合的钻孔环状间隙

钻杆在孔内工作时承受多种载荷,包括轴向压力、扭矩、弯曲力矩、离心力、外挤压力等的作用。钻进中,当钻压达到钻杆的临界压力时,中性点以下钻杆因受压发生第一次弯曲,当钻压继续增大时会发生多次弯曲。钻杆在高速旋转时,中性点以上钻杆因离心力的作用也发生多次弯曲。钻杆弯曲部位与孔壁形成点接触,在钻杆自重和钻机加压力的作用下形成的钻杆弯曲力矩使钻杆与孔壁的接触形成摩擦,造成磨损。钻杆的锁接头是交变应力的集中点,是钻杆中最薄弱的部位。钻杆的破损主要来自交变应力的疲劳磨损和弯曲应力造成的摩擦磨损。钻杆与孔壁的环状间隙决定了钻杆的弯曲程度,需要进行合理控制。

在煤系地层里钻进,解决缩径问题首先采用扩大钻孔直径的办法,但是为了解决钻杆接头的过度磨损又必须选择较小的钻孔环状间隙,这样就存在最佳环状间隙问题。根据第一个钻孔的实际情况,在补充钻孔施工中将扩孔器的外径改为 $\varnothing 93.5$ mm,使钻杆的环状间隙减小到 2.25 mm,这样的间隙匹配比 S91 钻具增加了 1 mm,比钻孔设计时少了 0.75 mm。改进后的钻头在补充钻孔的施工中,解决了泥岩地层缩径所带来的问题。同时,锁接头的破损量较第一个钻孔减少 70%。

实际钻进过程中由于地层不稳定,孔壁的电测井尺寸都要比扩孔器外径大很多,并且不规则。因此,考虑泥岩地层缩径的同时还要考虑其它地层情况,以获得合理的钻孔尺寸。

3.2.2 配置高性能的无固相泥浆

为解决泥岩地层缩径问题,施工中对泥浆进行了调整,采用无固相钻井液。泥浆配方:80A₅₁ 100 mg/L,皂化油 0.4% ~ 0.5%,KHm 0.1% ~ 0.3%。泥浆性能:漏斗粘度为 18 ~ 20 s,相对密度为 1.02 ~ 1.04 g/cm³,失水量 ≤ 12 mL,pH 值 8 ~ 9。

配方机理为:用腐植酸钾来处理泥浆,主要利用

其 K^+ 离子进入孔壁粘土矿物晶格的六角环空穴中,并嵌在那里起封闭作用,从而抑制泥、页岩的水化膨胀。 $80A_{51}$ 共聚物是由丙稀酰胺和丙稀酸钠共聚而成,它有适当的聚合度及搭配合理的吸附基 $-CONH_2$ 和水化基 $-COONa$,配好的泥浆可以对钻屑和劣质土进行选择性的絮凝。采用皂化油主要利用其在钻杆和孔壁上形成的吸附膜,在钻杆高速旋转时形成油膜之间的摩擦。

泥浆在使用过程中要经常进行除砂和换浆。一般情况下 $80A_{51}$ 的加量可以加大,对泥浆的性能不会有较大的变化。当发现泥浆池底 $80A_{51}$ 成团的絮凝岩屑时就要及时调整泥浆性能,进行处理。

该钻孔通过对泥浆和钻孔环状间隙的调整解决了泥岩缩径的问题,内管投放顺畅。

3.3 取心问题

采用绳索取心工艺在煤系地层取心的困难在于判断地层滞后。另外煤心存在松、软、碎、脆的问题,造成卡心困难,必须采取多种手段综合处理。

3.3.1 地层判断

在施工中是否遇到煤层和遇到何种煤层对于取心工作非常重要。该钻孔在施工中采取2种措施进行判断地层。

该钻孔为补充勘探孔,甲方提供了较详细的地层资料,地层误差较小,层位变化不大。施工前技术人员首先要详细分析地层柱状图,并和施工中取上来的岩心进行对比,判断地层变化情况。该钻孔在施工中发现地层除去垂直深度上的偏差外,地层厚度、位置和甲方提供的资料基本吻合,这为判断地层和控制钻进提供了便利条件。

在钻进中,司钻凭借对钻进异常的感觉和仪表进行判断。该钻孔施工时采用柴油发电机组提供动力,现场对电压表、电流表均进行了检验;对钻机和泥浆泵的压力表进行检查,保证各种仪表完整可靠。司钻根据发电机组的声音和电流表判断孔内阻力情况,根据水泵压力表判断岩心堵塞和泥浆上返情况。一般情况下,钻遇煤层时,钻进速度突然加快,阻力增大,电流表值由40 A增高到70~80 A,水泵压力增加0.7~1 MPa,此时司钻要及时减小孔低压力进行钻进。

3.3.2 钻头、钻具的选配

该钻孔共计有13个煤层,除9、15号煤层为可采煤层,其余煤层较薄。15号煤层为主采煤层,煤质脆,遇到压力破损成粉末状,取心时采用卡簧取心困难;其余12个煤层较完整。

针对煤系地层的特点,现场定做了特殊的阶梯钻头。钻头的第一层台阶宽度4 mm,高度4 mm,开8个水口,钻头的第二层台阶和其它阶梯钻头的尺寸相同。减小内台阶宽度,主要解决钻头切割煤心时大面积破坏岩心造成的岩心破坏,使其增强成柱性,便于卡簧卡心。钻头采用烧结工艺,金刚石的粒度为40/60混目,浓度为100%,胎体硬度为HRC26~28。在采取15号以上的煤层时,配合普通绳索取心钻具,采用一次打穿煤层的方式,可以取上完整煤心。

在采取15号煤层时,为避免泥浆冲刷煤心,进一步改进阶梯钻头,采用阶梯加底喷的结构(见图1)。钻头的结构尺寸不变,仿照DQX-89型钻具的配套钻头形式,增加了8个较大的侧(底)喷水口,保证采用60 L/min泵量时不憋泵,循环顺畅。这样既保证钻头底部有一定量的冲洗液,不烧钻,又保证钻头能够冷却。

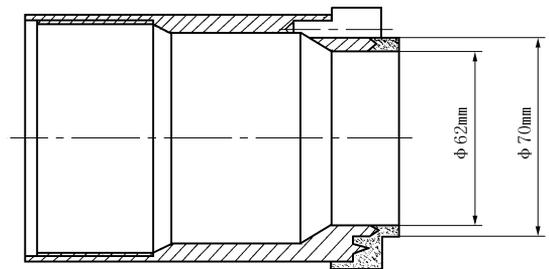


图1 底喷钻头

在钻具的选配上,采用SM型钻具。该型钻具与普通钻具的主要区别在于增加了差动机构和隐蔽式的拦簧,钻进中卡簧配合隐蔽式的拦簧同时进行卡心。由于该型钻具在钻进中不能提钻,现场为控制回次进尺采用配置短钻杆的方式解决,保证进入煤层时每回次钻进深度在800~1100 mm之间。

3.4 操作过程控制

钻探取心是实践性很强的工作,每个钻孔的地层都不相同,设计与施工必须紧密配合,尤其是施工人员的责任心更为重要。钻进中司钻必须认真对待工作中的每一个细节。

首先钻进过程中必须及时检查钻头、扩孔器和卡簧。每一个回次都要检查卡簧和卡簧座,发现破损、变形及时更新。现场必须配备大中小3个规格的卡簧,配卡簧时要使用刚提上来的岩心配,以岩心在卡簧和卡簧座中被安全卡住为标准。扩孔器外径尺寸经磨损后,小于标准尺寸0.5 mm时,立即更换。

其次是钻进参数的选择应尽量做到合理。在遵循钻探规程的前提下,根据地层条件和工具的情况进行调整。特别是采用一些非标准设计的钻头和工具时要和现场技术人员协商,共同探索合适钻压、转速和水泵的泵量。取煤时孔底压力一般保持在7~8 kN左右,泵量60 L/min,转速选择300~400 r/min较为适宜。

第三,在较厚煤层的顶板取心过程中,不要急于提钻,要继续钻进10~20 cm,保证煤层顶板完全进入岩心管内,保证下部煤层没有残留岩心。每次取心的长度应保持在1 m左右。当判断进入煤层底板后,要再钻进20 cm以上,以保证煤心全部进入岩心管。采用SM型钻具时,在进入煤层后,每回次取心时尽量少提钻杆,采用短钻杆解决加钻杆问题,避免因发生掉块而磨损岩心现象。

4 结语

(1) 绳索取心工艺是目前煤层气勘探取心工作

(上接第24页)

含水层的特点,ZK3井获得了出水量1268.61 m³/日,井口水温47℃,超过合同设计的出水量800 m³/天、水温45℃的要求。实践证明气举反循环钻进工艺出水量比正循环方法高,成井质量好。

7 改进的问题及建议

(1) 双壁钻杆内管采用插接、O形圈方式密封。通过使用发现,这种O形密封圈很容易损坏,采用加杆时在O形密封圈上涂黄油,可以减少密封圈损坏。

(2) VWF-5/40型空压机为柴油机驱动,风量小,噪声大,因此在深孔施工中建议不使用此类空压机,而采用电驱动、大风量、高压力的空压机。

8 结语

气举反循环钻进可以解决正循环钻进在泥浆严

的唯一工艺,采用该工艺必须处理好煤系地层的松、散、碎、脆问题,合理地使用套管技术,是解决该类型地层较为可行的方法。

(2) 采用腐植酸钾+双聚物+皂化油的无固相泥浆并结合优化后的钻孔环状间隙可以很好地解决泥岩地层缩径问题。

(3) 煤系地层卡心要采用综合卡心技术,实践中根据地层条件,薄煤层可以采用一次穿透的办法取心,厚煤层尽量采用SM类型取心钻具配合隐蔽式拦簧和卡簧双作用式卡心机构,基本上可以保证取心率达到85%以上。

参考文献:

- [1] 马淑敏. 钻探管材与附属机具[M]. 北京:煤炭工业出版社, 1994.
- [2] 郑全发. 安全生产规程汇编[Z]. 太原:山西省煤田地质局, 2006.

重漏失地层采取多种措施堵漏仍不能施工的问题,且在不容易垮塌的地层施工比正循环钻进效率高、孔内干净、事故少、施工成本低、钻进质量好。在特殊情况下不能使用正循环钻进技术时,采用向井内注入高粘度泥浆的方法可将气举反循环应用到垮塌地层地热井施工。

通过气举反循环钻进技术在该井的成功运用,为更广泛应用该钻进技术提供了依据。它与正循环钻进技术联合使用,是优质、高效开发深部地热和地下水资源的有效方法。

参考文献:

- [1] 王永全,许刘万. 气举反循环钻进技术在地热深井施工中的应用[J]. 探矿工程,2001,(S1).

致本刊作者

本刊远程投稿系统已正式开通,请广大作者直接登录探矿工程在线网站(www.tkgc.net.cn),从“作者登录”窗口注册登录直接投稿(“论坛用户登录”窗口不能投稿)。