

# 新疆阜康急斜地层煤层气井施工技术

石浩<sup>1</sup>, 姚宁平<sup>1</sup>, 赵洋洋<sup>2</sup>, 金新<sup>1</sup>, 张铁牛<sup>3</sup>

(1. 中煤科工集团西安研究院有限公司, 陕西 西安 710077; 2. 长安大学地质调查研究院, 陕西 西安 710054; 3. 新疆煤田地质局 156 队, 新疆 乌鲁木齐 830009)

**摘要:**针对新疆阜康白杨河煤层气矿区地层急斜、软硬互层、存在烧变岩层等问题造成的钻孔极易弯曲、坍塌等问题,采用空气潜孔锤钻井技术及无线电磁波随钻测井定向钻进技术,顺利解决了钻孔弯曲、塌孔、成孔难等施工难题,施工效率达到常规钻井速度的 3 倍以上,对于类似地层的煤层气井施工有借鉴意义。

**关键词:**空气潜孔锤钻进;定向钻进;无线随钻测量;急斜地层;煤层气井;白杨河矿区

中图分类号:P634 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2015)10-0017-04

**Construction Technology of Coalbed Methane Well in Steep Formation of Xinjiang**/SHI Hao<sup>1</sup>, YAO Ning-ping<sup>1</sup>, ZHAO Yang-yang<sup>2</sup>, JIN Xin<sup>1</sup>, ZHANG Tie-niu<sup>3</sup> (1. CCTEG Xi'an Research Institute, Xi'an Shaanxi 710077, China; 2. Geological Survey Institute, Chang'an University, Xi'an Shaanxi 710054, China; 3. 156 Exploration Team of Xinjiang Bureau of Coalfield Geology, Urumqi Xinjiang 830009, China)

**Abstract:** For steep formation, soft-hard interbedded layer and burnt rock exist in Baiyanghe coalbed methane mining area in Fukang of Xinjiang, drilling deflection and hole collapse are caused. Pneumatic DTH hammer and EM-MWD directional drilling technology were used to solve these difficult problems; the construction efficiency was more than 3 times than the general drilling speed.

**Key words:** pneumatic DTH drilling; directional drilling; EM-MWD; steep formation; coalbed methane well; baiyanghe mining area

## 0 引言

我国煤层气资源储量丰富,近年来,煤层气作为一种新型清洁能源受到国家和国土资源部门的重视<sup>[1-2]</sup>。新疆阜康白杨河矿区煤层气资源丰富,但是由于白杨河矿区干旱缺水,地层急斜,表层由于河流冲刷等自然条件作用存在大块卵砾石层,且存在软硬互层及煤层自燃等因素造成的破碎带,开发难度大。在钻井施工过程中极易造成钻孔弯曲,对直井、定向井等钻孔轨迹控制提出较高要求,极大增加了钻井施工难度。在前期探井施工过程中采用多钻铤“吊打”的保直钻井技术,进尺慢,施工效率低,井斜常达到 20°以上,且较长的施工周期增大了事故产生的风险性。针对这些情况,分别采用了空气潜孔锤钻进技术及电磁波无线随钻测井定向钻进技术进行施工,空气潜孔锤钻井技术效率高,钻进速度是常规回转钻进速度的 3 倍以上,对地层污染小,保直性好,特别适用于较坚硬、破碎的岩层钻进<sup>[3-4]</sup>;电磁波无线随钻测井技术具有测量精度高,信号传输

性能好,已广泛应用于石油、天然气、页岩气等定向钻井工程<sup>[5]</sup>。

## 1 地层情况

施工地点位于新疆阜康白杨河矿区黄山一二工河倒转向斜的北翼,为一向南倾的单斜构造,走向为近东西向,地层倾角 45°~53°,勘探线剖面图如图 1 所示。岩性主要由泥岩、粉砂岩、细砂岩、砂砾岩、薄煤线和煤层组成,夹有少量中、粗砂岩,顶部夹炭质泥岩和薄煤线<sup>[6]</sup>。区内含煤地层中的 39、40、41、42、43 和 44 号煤层因自燃严重,形成了一条近东西向的烧变岩带。火烧后的煤层呈灰褐色、黑褐色松散或胶结在一起的渣状物,其含水和透水性很强,煤层火烧影响强烈的围岩,呈浅红、褐、黑褐色熔融状物质,具致密、坚硬、气孔发育之特征。由于受烘烤后岩石(层)受重力作用,裂隙较为发育,有较强的透水性及贮水性。根据前期钻探验证和磁法勘探的结果,区内煤层自燃形成的烧变岩深度大部地段在

收稿日期:2015-05-08; 修回日期:2015-09-07

作者简介:石浩,男,汉族,1986年生,助理研究员,硕士,地质工程专业,从事煤层气井及煤矿井下定向钻进技术研究工作,陕西省西安市高新区锦业一路 82 号,shihao@cctegxian.com。

垂深 250 ~ 550 m。由于以上特殊的地层及岩性情况,在施工过程中极易造成钻孔弯曲、坍塌、涌水等事故,给成孔带来较大困难。

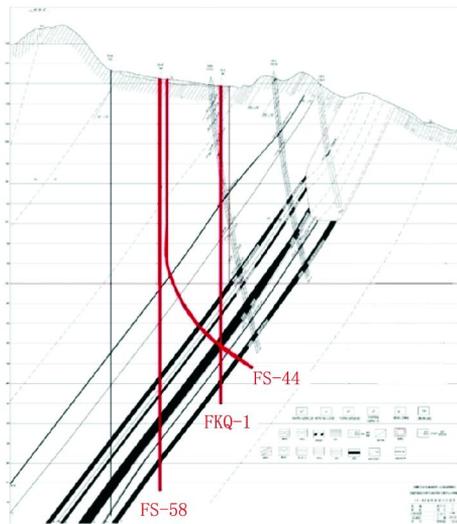


图1 阜康白杨河矿区勘探线设计剖面图

## 2 钻探设备及钻井设计

### 2.1 主要钻探设备

钻机采用中煤科工集团西安研究院有限公司研制的 ZMK5530TZJ60 型全液压车载钻机,如图 2 所示,钻机提升能力 600 kN,具有移动搬迁迅速、机动性强、占地面积小等优点,采用伸缩式桅杆结构,结构紧凑可以满足 600 m( $\varnothing 711$  mm)大口径矿山应急救援井及 1500 m( $\varnothing 216$  mm)以浅煤层气井快速成孔要求,具有主轴制动功能,能够施工多分支煤层气定向井。



图2 ZMK5530TZJ60 型全液压车载钻机

定向装备采用 NOV 公司 blackstar 电磁波无线随钻测量系统,其主要由测量探管、电池筒、发射器、信号接收器、信号放大器、计算机等部分组成,结构原理图如图 3 所示,其工作时通过仪器测量相关参数,经过绝缘短节将钻杆柱与测量仪器形成两极,编

码后发射器以地层为介质向上传输,地面接收器接收后经过信号放大器放大信号然后解码,得到相关参数。具有信号稳定,测量精确,传输速度快等优点。

其他主要钻井工具包括青州 QF - 500 型泥浆泵、寿力 DLQ900XHH/1150XH 型双工况空压机、TD $\varnothing 216$  型空气潜孔锤、 $\varnothing 127$  mm 钻杆、 $\varnothing 172/165$  mm 钻铤、 $\varnothing 311/216$  mm 牙轮/PDC 钻头等。

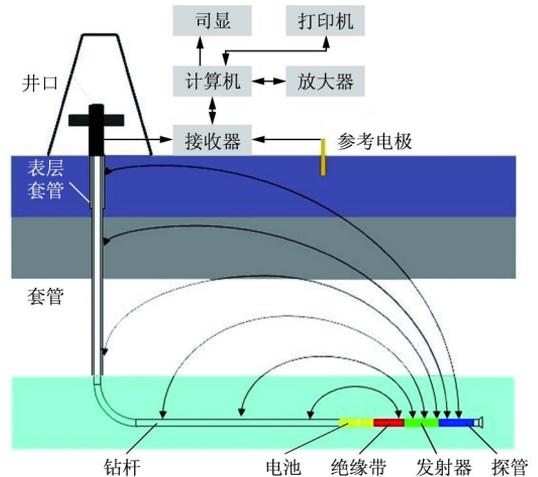


图3 blackstar 电磁波无线随钻测量系统

### 2.2 钻井设计

根据设计要求,本次施工从式井一组,共 3 口煤层气井,其中直井 FS - 58、FKQ - 1,设计井深分别为 765、730 m;定向井 FS - 44 设计井深 685 m,设计剖面图如图 1 所示。两口直井要求 500 m 内井段井斜  $\geq 1.5^\circ$ , 500 ~ 1000 m 井段井斜  $\geq 3^\circ$ ;定向井要求直井段井斜  $\geq 1^\circ$ ,造斜点 70 m,造斜率控制在 0.1 ~ 0.2 ( $^\circ$ )/m,稳斜角 22.89°,最大井斜  $\geq 27.89^\circ$ ,全角变化率  $\geq 5^\circ$ ,靶点水平位移 176.64 m,靶点垂深 604.4 m,中靶半径  $< 25$  m。

## 3 施工情况

结合前期探井施工经验,由于地层急斜等原因,极易造成钻孔弯曲,采用增加刚性钻铤的“吊打”方式亦未取得良好效果,直井施工测井结果显示最大井斜超过  $20^\circ$ ,同时“吊打”控速钻进进尺慢,效率低,一口井施工往往达到数个星期甚至超过一个月,大大增加钻井成本及事故产生的风险。本次施工 3 口井一开施工均采用  $\varnothing 311$  mm 三牙轮镶齿钻头普通回转钻进,钻具组合: $\varnothing 311$  mm 牙轮钻头 +  $\varnothing 178$  mm 钻铤 +  $\varnothing 178$  mm 钻铤 +  $\varnothing 127$  mm 钻杆。为保直

钻进,给进压力较小,钻进基岩后下入  $\varnothing 244$  mm 套管,FS-44、FS-58、FKQ-1 套管下深分别为 47、55、52 m。FS-58、FKQ-1 直井二开首先采用空气潜孔锤钻进,在风量不足以排渣后改为螺杆马达结合无线电磁波随钻测井定向钻进技术;FS-44 定向井采用定向钻进技术钻进至终孔。

### 3.1 空气潜孔锤钻进技术

空气潜孔锤钻进是以压缩空气作为动力,利用潜孔锤对锤头的往复冲击作用,来达到破碎岩石的目的,从潜孔锤排出的压缩气体经钻头通风孔冲洗清洁钻孔,潜孔锤单次冲击功较大,一般可达数百至上千焦耳,钻进速度快,随孔深增加对钻速影响很小,孔底清洗及冷却条件好,转速、扭矩和钻压要求较低,能明显减少钻杆磨损和折损事故,保持钻孔平直度。适合于需保直钻进的急斜地层以及破碎、坚硬等地层。

以 FS-58 井二开空气潜孔锤钻进为例,潜孔锤后接无磁钻铤,每 50~60 m 采用单点测斜仪测量井斜一次。钻具组合: $\varnothing 216$  mm 空气潜孔锤 +  $\varnothing 165$  mm 无磁钻铤 +  $\varnothing 165$  mm 钻铤 +  $\varnothing 127$  mm 钻杆。钻进参数:钻压选择根据经验公式  $0.09 \text{ kN/mm} \times$  锤头直径(216 mm)约为 20 kN,转速 20~30 r/min;风动工具:Top Drill;空压机参数:美国寿力 DLQ900XHH/1150XH 型,风量 25.5 或 32.6  $\text{m}^3/\text{min}$ ,风压 3.45/2.41 MPa。

首先将空压机风量调整为 25.5  $\text{m}^3/\text{min}$ ,纯进尺速度达到 38 m/h,最大进尺速度达到 46 m/h,钻进至 121 m 处出现少量涌水,至 160 m 涌水增大,将空压机风量调整为 32.6  $\text{m}^3/\text{min}$ ,并添加少量泡沫剂,此时钻进速度虽有所下降,仍达到 28 m/h,钻进至 281 m 时由于风量不足,返渣量减少,进尺速度降低,为防止孔内事故提钻更换螺杆马达结合无线电磁波随钻测井定向钻进至终孔。空气潜孔锤钻进过程返渣照片如图 4、图 5 所示。空气潜孔锤钻进期间,平均钻进速度达到 35.2 m/h,达到常规回转钻进速度的 3 倍以上,在 70、120、180、240 m 分别采用单点测斜,井斜依次为 0.4°、0.4°、0.5°、0.7°,较好地达到保直快速钻进目的。

### 3.2 定向钻进技术

螺杆马达结合 blackstar 无线电磁波随钻测量系统定向钻进技术具有测量精度高、传输速度快等



图4 空气潜孔锤正常返渣照片



图5 孔内涌水后空气潜孔锤返渣照片

优点。测量主要参数有井斜、方位、重/磁工具面、磁场强度、重力和、温度、电压等,同时还可以测得高边伽马、低边伽马与环空压力两个参数,不仅可以准确辨别地层层位,提高煤层钻遇率,而且有利于判定破碎易坍塌等复杂地层情况,提前预防井下事故的发生<sup>[7-8]</sup>。

FS-58、FKQ-1 井由于空气潜孔锤钻进风量不足,分别在 281、265 m 提钻更换螺杆马达结合 blackstar 电磁波无线随钻测量系统定向钻进,为提高钻进效率定向钻进结合复合钻进,平均进尺速度 15 m/h,至终孔孔深 765、730 m 最大井斜分别为 1.4°、0.9°,水平位移 10.2、2.1 m,达到设计要求。FS-44 定向井采用“直-增-稳”三段式设计,二开即采用定向钻进技术,钻具组合: $\varnothing 216$  mm PDC 钻头 + 1.25° $\varnothing 165$  mm 螺杆马达 + 定向短节(UBHO) + 探管短节 + 绝缘短节 + 电池短节 +  $\varnothing 165$  mm 钻铤  $\times 4$  根 +  $\varnothing 127$  mm 钻杆。钻进至造斜点 70 m(井斜 0.6°)开始造斜,至 298 m 倾角增至 22.9°,稳斜至终孔。设计及实钻参数如表 1 所示,通过精确轨迹测量与控制顺利达到设计要求,其中中靶半径 1.45 m,远小于设计要求 25 m,钻孔空间设计及实钻轨迹图如图 6 所示,其中圆圈为设计靶区范围。本次施工采用 $\varnothing 165$  mm 五级螺杆马达,最大进尺速

度 21 m/h, 平均进尺 14.5 m/h, 日最大进尺 310 m, 钻进速度达到常规回转钻进 2 倍以上。

表 1 FS-44 井设计和实钻测井参数对比

指标要求	直井段井斜/(°)	最大全角变化率/(°)	三点连续全角变化/(°)	最大井斜/(°)	中靶半径/m	孔深/m
设计	≤1.0	<5.0	≤4.0	≤27.89	≤25	685
实际	0.6	3.2	2.2	25.20	1.45	685

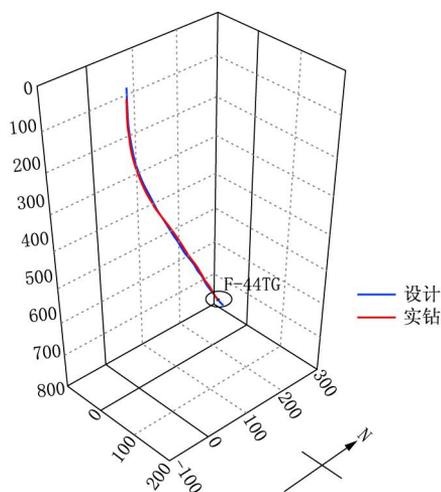


图 6 FS-44 井设计与实钻空间轨迹图

#### 4 结论

对于新疆阜康白杨河矿区急斜地层直井施工采用空气潜孔锤钻进速度快, 保直性好, 最大进尺速度 46 m/h, 平均进尺速度 35.2 m/h, 效率达到常规钻井的 3 倍以上, 有效地解决了钻孔弯曲、坍塌等问

题。为钻进较大深度, 在今后的施工中可采用多台空压机并联的方式提高风量, 达到高速高效钻进目的; 定向井施工采用螺杆马达结合 blackstar 电磁波无线随钻测量仪定向钻进技术测量精度高, 进尺速度快, 最大进尺速度 21 m/h, 平均进尺速度 14.5 m/h, 利用轨迹控制技术较高水平达到设计要求。2 种钻井技术在新疆阜康急斜地层煤层气井施工过程中较好地解决了钻孔弯曲、坍塌等问题, 且达到高效快速钻进, 在类似地层钻井施工过程中有借鉴意义。

#### 参考文献:

- [1] 李景明, 巢海燕, 李小军, 等. 中国煤层气资源特点及开发对策[J]. 天然气工业, 2008, 29(4): 9-13.
- [2] 冯明, 陈力, 徐承科, 等. 中国煤层气资源与可持续发展战略[J]. 资源科学, 2007, 29(3): 100-104.
- [3] 董润平, 胡忠义. RD20-型钻机及空气潜孔锤钻进施工中若干问题探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(12): 50-53.
- [4] 莫日和, 郭本广, 孟尚志, 等. 空气钻井技术在柳林煤层气井中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(2): 35-38.
- [5] 施斌全, 亢武臣. E-link 电磁波无线随钻测量系统在煤层气钻井中的应用[J]. 煤田地质与勘探, 2010, 38(2): 68-70.
- [6] 王生维, 王峰明, 侯光久, 等. 新疆阜康白杨河矿区急倾斜煤层的煤层气开发井型[J]. 煤炭学报, 2014, 39(9): 1915-1918.
- [7] 沈建中, 张斌, 李红伟. 电磁波随钻测量系统在煤层气钻井中的应用[J]. 石油机械, 2011(S1): 54-56.
- [8] 邵养涛, 姚爱国, 张明光. 电磁波随钻遥测技术在钻井中的应用与发展[J]. 煤田地质与勘探, 2007, 35(3): 77-80.

## 本刊重要提示

各位读作者:

最近发现有假冒的《探矿工程(岩土钻掘工程)》杂志投稿网站, 已有作者被骗。因此, 特提醒大家, 投稿时务请登录本刊正确的网站——探矿工程在线 www.tkge.net。此外, 本刊仅对经审核后

可以刊登的文章收取版面费, 不收取稿件审理费, 如果大家接到收费通知后有疑问, 可致电到编辑部核实。

联系电话: 010-68320471;

0316-2096324。