

# 淮南矿区抽采瓦斯地面钻井施工关键技术应用

种衍飞,温丙初,刘恒,刘柱

(山东省煤田地质局第一勘探队,山东滕州 277500)

**摘要:**针对淮南矿区煤矿瓦斯抽采地面钻井施工,对常规钻进垂直成井与完井工艺的施工设备、钻井方案、下管与固井、垂钻技术、钻井结构进行优化选择,采用国产PDC掏穴钻头与长井段掏穴钻进技术,提高地面钻井稳定性和瓦斯抽采效率。结合生产实际,阐述了此种组合钻进成井工艺技术的特点。

**关键词:**瓦斯抽采;地面钻井;钻井结构;成井与完井;掏穴钻进;淮南矿区

**中图分类号:**P634;TD713 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2013)08-0010-04

**Key Technologies of Ground Drilling Construction for Gas Extraction in Huainan Mining Area/CHONG Yan-fei, WEN Bing-chu, LIU Heng, LIU Zhu** (The First Prospecting Team of Shandong Coal Geology Bureau, Tengzhou Shandong 277500, China)

**Abstract:** In the ground drilling construction for gas extraction in Huainan mining area, optional selection was made on construction equipment, drilling program, pipe lowering and cementing, vertical drilling technology and drilling well structure for conventional vertical well drilling and completion technology. China-made PDC digging bit and long well segment digging bit technologies are used to improve ground drilling stability and the gas extraction efficiency. By the production practice, the paper describes the characteristics of this combined well drilling and completion technology.

**Key words:** gas extraction; ground drilling; drilling well structure; well drilling and completion; digging drilling; Huainan mining area

## 1 概述

2002年以来,淮南矿区不断创新瓦斯抽采理念,各生产矿井通过瓦斯治理和采矿技术相结合的多年实践,基本明确了煤矿采动区地面钻井抽采瓦斯技术的发展方向,瓦斯治理和煤层气开发模式得到成功推行,实现了煤与瓦斯共采,较好解决了制约煤矿安全生产的主要矛盾。2003年以来,我队特勘公司与淮南矿业集团开展合作,在淮南矿区各生产矿井共施工抽采瓦斯地面钻井100余口,并对部分钻井井身结构进行优化,试验并推广了抽采瓦斯地面钻井掏穴钻进技术,在钻井的目的产气层段采取掏穴扩径钻进成井,提高了单井出气量和钻井使用期限更长、更稳定,取得了较好效果和很多施工经验,建立了地面钻井抽采瓦斯的示范工程。

## 2 矿区概况

淮南煤田位于华北地层南缘,属华北地层区,区域性走向逆断层较为发育,同时北东向的正断层也很发育,含煤地层为石炭系~二叠系;二叠系为主要含煤地层,其中13-1、11-2、8、6-2煤层为主采煤层,平均总厚度21.14 m,各煤层赋存稳定,倾角 $5^{\circ}$ ~ $10^{\circ}$ ,可采煤层赋存条件具有松软低透气性。目前

13-1煤层作为主采煤层,具有很强的突出危险性,而其透气性系数低,预抽困难,开采13-1前先开采保护层11-2煤层,作为区域性防突措施。

地面钻井钻遇新生界地层以含砾粘土与砂质粘土为主,基岩风化带厚度10~30 m,基岩层主要以砂岩、砂质泥岩、粘土岩和煤层为主,地层倾角不大。

淮南矿区历史上是全行业瓦斯事故重灾区,现有生产矿井全部为煤与瓦斯突出矿井,矿区煤层具有地质构造复杂、煤层松软、透气性低、瓦斯含量高( $10\sim 26\text{ m}^3/\text{t}$ )、瓦斯压力高(最大达6.0 MPa)、突出危险性大等特点。

## 3 地面钻井的优化设计

在总结地面钻井成功与失败的实践后,结合钻井处于采动塌陷区内,且贯穿流沙层、卸压煤层与开采层的特征,地面钻井由先前在服务期限之前就过早破坏,钻井井身结构不稳定、产气量不稳定;通过优化钻井布置、改进钻井结构、选择适当的套管等措施,对钻井设计进行了改进和完善,提高了地面钻井的稳定性。

### 3.1 存在问题

(1)受地质、水文条件影响,钻井往往在基岩面

收稿日期:2013-02-28;修回日期:2013-04-09

作者简介:种衍飞(1968-),男(汉族),山东枣庄人,山东省煤田地质局第一勘探队副队长,煤田地质专业,从事煤田勘探技术与管理工作,山东省滕州市平行路268号,cyf-169@163.com。

附近发生错断,地下水随回采不断下泄,使新地层的流砂逐渐堵塞在钻井中,造成钻井不透气。

(2)采高大、回采速度快,上覆岩石移动破坏加剧,工作面周期来压频繁,使钻井遭受巨大的剪切力作用,在抽采过程中钻井发生错断,钻井的稳定性难以保证。

(3)工作套管的产气筛管较长,强度较弱,这在一定程度上也影响了钻井的稳定性。

### 3.2 改进措施

(1)地面钻井尽可能布置在靠近回风巷一侧,减少在工作面中部布置地面钻井,延长钻井服务期限。

(2)一开钻井石油护壁套管延伸下至 13-1 煤层顶部,在新地层和基岩面以下一定深度内形成双层石油套管,并采用高强度水泥浆分别进行高压固井,对技术套管起到了有效的保护作用。

(3)为防止井底产生堵塞,将钻井筛管下口至 11-2 煤层顶板留有一段岩柱,在岩柱段设计施工小直径的裸孔口袋与冒落带采空区直接沟通,以利于管内水和煤泥流入采空区,防止下口堵塞。

(4)在目的产气煤层段下入单层筛管,筛管采用高强度石油套管进行加工,不固井,产气筛管与上部护壁套管设计一段重叠段,筛管长度根据煤层条件设计,筛管为圆孔。

应用掏穴钻进技术对筛管井段扩大钻井直径,以增大筛管与井壁的间隙,从而通过筛管周边间隙和筛孔达到全层同时预抽、卸压瓦斯的目的。

### 3.3 钻井结构优化设计

(1)改进前钻井结构如图 1 所示。

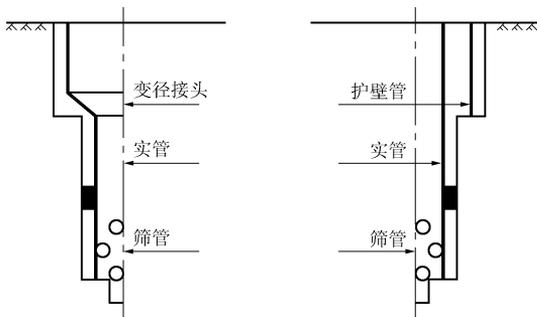


图 1 改进前钻井结构简图

(2)钻井结构优化如图 2 所示。

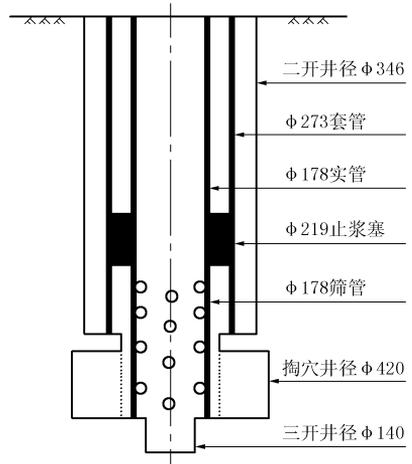


图 2 优化的钻井结构简图

选用 TSJ2600 型转盘式工程钻机及其配套设备、机具。

(1)井架:A27/31 型,额定负荷 70/130 t,工作台高度 18 m;

(2)泥浆泵:TBW850~1200/7B 型;

(3)动力机:308 kW 柴油机或相匹配的发电机组;

(4)钻头:Ø216、244 mm PDC,Ø244、311、346 mm 牙轮及同径扶正器;

(5)钻具:Ø89、127 mm 石油钻杆,Ø159、178、203 mm 石油钻铤。

### 4.2 施工顺序及要求

一开 Ø244.5 mm 井径钻进至 13-1 煤层底板 10 m,测井确定地层层序;二开 Ø346 mm 井径扩孔钻进至 13-1 煤层顶板砂岩层位,下入 Ø273 mm 石油套管、固井,随后 Ø244.5 mm 井径钻进至 11-2 煤层顶板 20 m;三开 Ø140 mm 孔径钻进至 11-2 煤层底板 10 m,测井确定地层层序;四开 Ø420 mm 井径掏穴扩径,由 13-1 煤层顶部钻进至 11-2 煤层顶板砂岩层位,下入 Ø178 mm 石油套管实管、筛管、上部实管固井;打捞沉渣、化学洗井和安装井口装置。

### 4.3 垂钻技术措施

地面钻井防斜是现场施工碰到的难题之一。井斜超标,则会影响固井质量,首先造成下套管困难,同时套管下入后不易居中,造成固井窜槽、套管外冒气。我们采取优化钻具组合、施工方案与使用特殊钻井技术并用,进行防斜纠斜。

(1)依据设备技术性能与钻遇地层情况,采用先打导向孔然后扩孔成井的工艺方法;新生界地层钻进严格控制井斜度  $\geq 0.5^\circ$ ,否则,一是及时采取措施进行控制,二是绘制钻井轨迹图预测发展方向,制

## 4 常规钻进垂直成井关键技术

### 4.1 设备选择

地面钻井施工设备的选择既要实现安全钻进成井的目的,又要最大限度地降低成本;通过对比分析,

定相应纠正措施。

(2) 优化钻具组合, 保证足够的钻铤重力, 利用由同径扶正器组成的满眼刚性防斜钻具, 或单、双扶正器组成钟摆纠斜钻具, 提高钻具稳定性; 优化钻进参数, 依据矿区地层条件, 在钻进过程中, 采用大泵量、低钻压(20 ~ 30 kN)、合理转速钻进, 操作平稳, 送钻均匀, 结合划眼修正井壁, 确保井身质量。

(3) 常规防斜技术只能部分缓解质量与效率的矛盾, 从根本上解决问题需要采用特殊钻井技术。基于对施工成本的考虑, 在易斜的关键井段部分采用组合导向螺杆钻具及有线随钻定向钻进技术, 既控制井斜、解放钻压, 又控制成本, 提高钻进的综合效益。

#### 4.4 下管、固井

(1) 采用石油专用的可钻式浮箍、高压固井车(见图3、4)用于下管、固井, 替代传统的打水泥座或焊钢板浮力塞加单向注浆阀下套管固井工艺, 节约了工程成本, 保证了成井质量。在下入 $\varnothing 273$  mm 护壁套管及 $\varnothing 178$  mm 技术套管时, 采取安装弹性扶正圈进行扶正, 使套管位于钻井中心, 保证固井质量。



图3 可钻式浮箍



图4 高压固井车

(2) 在 $\varnothing 178$  mm 技术套管的浮箍与筛管结合部位, 采用自制 $\varnothing 219$  mm 压力止浆塞过度连接; 止浆塞以上环空间隙进行固井, 防止下部筛管外环间隙沉淀水泥浆。

#### 4.5 特殊测井措施

采用孔内电视测井技术, 检查地面钻井完井质量。

### 5 掏穴钻进技术工艺

掏穴钻进成井技术是钻井技术中一项特殊的工艺方法, 具有很多优越性, 钻进时利用掏穴钻头扩大井眼直径, 可以不受套管直径限制, 满足特殊成井的需要, 优化钻井结构设计。淮南矿区掏穴钻进钻遇地层主要以泥岩、砂岩与煤层为主, 钻进总厚度约70 ~ 120 m。

#### 5.1 掏穴钻头

##### 5.1.1 钻头组成与原理

采用国产 PDC 掏穴钻头(专利号 ZL201020180876.6, 如图5所示), 钻头由 PDC 刀翼、内置打开总成、钻头体组成。刀翼打开机理是通过钻头体流动的流体产生的压差与旋转离心力进行整体液压启动来实现的。



图5 掏穴钻头

##### 5.1.2 钻头设计特点

- (1) 钻头结构简单、耐用、易操作及可靠性强。
- (2) 刀翼为内置式设计, 可保证刀翼在上下钻过程中不外张, 便于顺利通过套管。
- (3) 扩眼 PDC 刀翼为近抛物线结构设计, 对地层实现多级切削, 钻进效率高。采用 PDC 复合片作为切削刃, 出刃高, 自锐性好, 可提高扩眼效率; 扩眼刀翼设有保径齿, 可有效避免产生“锥形”井眼。

#### 5.2 掏穴钻进钻具组合及参数

钻具组合:  $\varnothing 420$  mm PDC 掏穴钻头 +  $\varnothing 178$  mm DC 4 根 +  $\varnothing 159$  mm DC 2 根 +  $\varnothing 89$  mm DP +  $\varnothing 114$  mm 四方立轴。

参数控制: 钻进参数选择上, 要充分考虑井眼轨迹、钻具组合、设备状况、孔内安全等方面的问题, 以

小钻压、低转速、中等泵量为原则。钻压5~15 kN, 转速44~65 r/min, 泵压5 MPa以上。

### 5.3 钻井液技术

根据钻遇地层情况和掏穴钻进成井特点, 选用泥浆性能应具有悬浮携带能力强、润滑性能好、固相含量低及低失水性等特征。经施工实践, 采用适合淮南矿区掏穴钻进施工的高粘、低固相泥浆体系, 并严格按照“严格计量、分别溶解、依次加入、性能调解、充分搅拌”的钻井液配制工艺进行操作。

配方: 清水 + 膨润土 + 纯碱( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) + 钻井专用高粘纤维素(CMC) + 聚丙烯酸钾(K-PAM) + KP共聚物。

泥浆性能: 漏斗粘度30~35 s, 密度1.04~1.08 kg/L, 失水量8~10 mL/30 min, pH值8~9, 泥饼厚度<1.0 mm。

采用40~80目振动筛与旋流器进行固控。

### 5.4 钻进技术措施

(1) 准确丈量钻具及掏穴钻头, 丈量掏穴钻头时有效长度是母扣端至扩眼刀翼支点的距离。

(2) 采用PDC掏穴钻头, 从13-1煤层顶部预定井深由上向下(下行式)进行掏穴钻进。在预定扩眼位置上下5 m范围内, 旋转上下钻头不少于10次, 造好台肩后, 方可正常钻进。

(3) 钻进前应将井内的岩屑冲干净, 确保井眼畅通。

(4) 下钻前, 掏穴钻头应在井口做打开试验, 同时记录转速、泵压参数, 记录当打开钻头刀翼时的最大压力数值, 注意观察钻头刀翼开合是否灵活, 打开后的直径是否符合设计要求。下钻时控制下钻速度、平稳操作、严禁转动钻柱, 注意悬重变化, 遇阻不得硬下。

(5) 掏穴钻头下放到掏穴井段后, 先开车慢速回转并小泵量打压, 观察泥浆泵压力; 预计泵压额定值后, 钻头刀翼打开, 等泵压突然降低、井口返浆, 再开始正常给压钻进。

(6) 开始掏穴钻进应及时观察、记录各种参数, 在13-1煤层开始掏穴时转速要小, 不能活动钻具, 待大量煤屑上返后, 根据煤屑上返情况分析掏穴效果。掏穴过程中不能随意停泵, 以免造成岩煤屑进入钻头体发生堵塞憋泵现象和卡、埋钻具。

(7) 由于掏穴井段深度大, 应针对不同岩性灵活掌握钻进参数; 当钻遇煤层矸石或硬的砂岩时, 应减小钻压, 给压稳定, 以免影响钻头使用寿命; 当在某一深度钻进困难或扭矩发生异常时, 轻微上提下

放活动钻具。

(8) 掏穴钻进时, 若机械设备及井内发生异常, 应及时起钻查看钻头; 检查钻头是否损坏和钻头刀翼打开情况, 仔细分析原因, 调整钻进参数或更换钻头。

(9) 在上钻过程中, 若阻力比正常上下钻具偏大, 则说明切削刀翼未完全缩回, 应下放钻头至井径扩大井段, 开泵旋转使刀翼达到伸张自如状态, 然后上钻。

## 6 应用效果

统计数据表明, 成功投入使用的常规地面钻井瓦斯平均抽采量为68万 $\text{m}^3$ /年; 采用掏穴钻进技术, 成功投入使用的地面钻井瓦斯平均抽采量为90万 $\text{m}^3$ /年, 并且钻井成功率高出30%, 单井服务年限平均延长2~4.5年。

## 7 结语

(1) 淮南矿区地面钻井抽采瓦斯技术的成功应用, 是继以传统的煤矿井下瓦斯抽放钻孔施工, 到工作区地面大口径集排井施工, 以解决煤矿应急抽排、瓦斯超标抽排与综合利用等生产技术难题, 逐步成为煤矿瓦斯防治与综合开发利用的关键技术方法和主要措施。

(2) 掏穴钻进技术的成功应用, 使得地面钻井抽采瓦斯成为一种更加有效的瓦斯治理方法; 今后就掏穴钻头的设计和掏穴钻进技术措施应不断完善提高, 为同类地层扩底钻进提供更加合理的施工工艺。

(3) 地面钻井在生产矿井采动的影响下, 能长期、连续、稳定地抽采煤层瓦斯, 改善矿井安全生产条件和兼作煤层气开发利用。同时地面钻井又能达到采动区、采空区瓦斯抽采一井两用的效果, 是一项煤与瓦斯共采的绿色开采技术, 在淮南矿区发展前景十分广阔。

## 参考文献:

- [1] 刘志强, 胡汉月, 史兵言, 等. 煤层气多分支水平井技术探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(6): 6-9.
- [2] 史兵言, 李玉良. 煤层气扩穴钻头的研制与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(6): 5-7.
- [3] 袁亮. 松软低透煤层群瓦斯抽采理论与技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2004.
- [4] 国家安全生产监督管理局国际交流合作中心. 第一届中国国际煤矿瓦斯防治与利用大会论文集[C]. 北京: 煤炭工业出版社, 2005.
- [5] 周德昶. 地面钻井抽采瓦斯技术的发展方向[J]. 中国煤层气, 2007, (1).