

螺杆钻定向钻探技术在煤层气钻井中的应用

吴小建

(山西煤炭地质114勘查院,山西长治046011)

摘要:结合工程实例,对螺杆钻定向钻探技术应用于煤层气钻井中的各项技术及施工过程进行了详细叙述,特别是对施工定向过程中常见问题进行了分析和总结。

关键词:螺杆钻;定向钻探;煤层气;钻井

中图分类号:P634.7 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2006)11-0048-02

晋城矿区位于山西省东南部,太行山南麓,地处晋城、泽州、阳城和沁水县区,总面积约960 km²,煤层气资源总量约1300亿 m³,可采资源约760亿 m³。该区寺河矿区已成功开发了230口煤层气井,根据资料统计,单井平均产气量>2000 m³/天,高峰产气量达到5000 m³/天。为了提高产气量,加大煤层气的开发力度,根据沁水西部煤层埋藏深的特点,从地理条件 and 生产管理等方面考虑,决定在该区进行定向钻井作业以开发煤层气资源。

1 地质概况

沁水盆地西部表土厚20~50 m,基岩为上石盒子组、下石盒子组、山西组。主要目的煤层为3号煤、15号煤。完钻层位3号煤底板下40 m,15号煤底板下50 m,具体地质情况如表1所示。

表1 沁水盆地西部地质概况

地层	深度/m	厚度/m	岩性
第四系	0~20	20	残积黄土及现代冲击层,以砂砾、砂及黄土组成
上石盒子组	20~460	440	以紫红、杂色泥岩,灰白、绿灰色砂岩,粉砂岩组成
下石盒子组	460~580	120	灰白、深灰色泥岩,砂岩及粉砂岩组成,局部含菱铁质矿物
山西组	580~690	110	主要含煤地层,以泥岩,砂质泥岩,中细粒砂岩,2号、3号煤组成

2 施工设计

ZH001-1井组包括4口定向井,大门方向90°,井间距5 m,磁偏角-4.0°,具体设计见表2。

成井工艺:一开井径311.15 mm,井深至表土下稳定基岩20 m左右,下入Ø244.5 mm×8.94 mm的表层套管,采用常规水泥固井;二开采用Ø215.90

表2 四口定向井设计参数表

井号	N(X)	E(Y)	中靶垂深 /m	位移 /m	方位 /(°)
ZH001-1	487165.71	3954711.27	640	150	28
ZH001-2	487165.71	3954706.27	625	170	118
ZH001-3	487165.71	3954701.27	642	170	298
ZH001-4	487165.71	3954696.27	630	150	208

mm井径,井深至100 m左右,改用螺杆+弯接头的方法进行定向钻进,造斜完毕后根据具体情况下部井段采用增斜、稳斜或降斜钻进至完井深度,全井跟踪测斜,保证井身质量符合要求。

3 施工设备

TSJ-2000型钻机1台,兰石1000型泥浆泵1台,配27 m A字型钻塔1副;Ø127 mm钻杆800 m,Ø159 mm钻铤108 m,Ø159 mm无磁钻铤9.18 m;Ø311.15 mm、Ø215.9 mm牙轮钻头及PDC钻头数个;4100发电机组1套,12V190和12V135型柴油机组各1台;5LZ165B×7.0-VIBH型螺杆钻2套,长6.43 m,配1.5°和2°弯接头2个;仕奇SQY型单点照相测斜仪1套;可控变速绞车1辆。

4 钻井工艺

4.1 钻井方法及固井要求

根据TSJ2000型钻机扭矩大的特点,采用牙轮钻头或PDC钻头全面钻进的施工方法。

一开:采用Ø311.15 mm牙轮钻头钻进。钻进参数:钻压30~50 kN,转速64~120 r/min,泵量30 L/s,泵压2 MPa。下入J55 Ø244.5 mm×8.94 mm套管,要求套管头低于地面0.15 m,采用常规水泥固井,水泥返至地面候凝48 h。

收稿日期:2006-06-08; 改回日期:2006-10-12

作者简介:吴小建(1969-),男(汉族),山西运城人,山西煤炭地质114勘查院工程师,探矿工程专业,从事钻探、定向井施工和技术管理工作,山西省长治市城西北路49号,13209876006。

二开:直井段采用 $\text{Ø}215.90 \text{ mm}$ 牙轮钻头钻进。钻进参数:钻压 $50 \sim 60 \text{ kN}$, 转速 $64 \sim 120 \text{ r/min}$, 泵量 30 L/s 。由于钻铤未出表层套管,为防止偏磨及甩脱套管,采用轻压慢转的钻进方式,确保下部造斜井段的顺利施工。根据上部地层特点,在实际钻进过程中,当井深达 80 m 后采用 PDC 钻头钻进,可更好地提高钻进速度,保证井身质量。

造斜段:根据各井的具体位移要求,从 100 m 左右开始定向作业,由于采用 PDC 钻头难以控制反扭角,因而选用 $\text{Ø}215.9 \text{ mm}$ 牙轮钻头造斜。钻进参数:钻压 $50 \sim 60 \text{ kN}$, 转速为螺杆驱动转速,泵量 30 L/s , 泵压 $4 \sim 6 \text{ MPa}$ 。当井斜角达到 15° 、方位角符合设计要求时采用增斜钻具钻进。

增斜段(稳斜段):该井段采用 $\text{Ø}215.9 \text{ mm}$ 牙轮钻头和 PDC 钻头交替使用的钻进方法。钻进参数:牙轮钻头钻压 $100 \sim 150 \text{ kN}$, PDC 钻头钻压 $30 \sim 50 \text{ kN}$, 转速 $80 \sim 120 \text{ r/min}$, 泵量 40 L/s , 泵压 $3 \sim 5 \text{ MPa}$ 。钻至 3 号煤底板下 40 m 完钻,下入 $\text{N}80 \text{ Ø}139.7 \text{ mm} \times 7.72 \text{ mm}$ 套管,采用逆止阀全井水泥固井。

4.2 钻具组合

一开: $\text{Ø}311.15 \text{ mm}$ 牙轮钻头 + $\text{Ø}159 \text{ mm}$ 钻铤 $\times 18 \text{ m}$ + 主动钻杆;

二开: $\text{Ø}215.9 \text{ mm}$ 牙轮(PDC)钻头 + $\text{Ø}159 \text{ mm}$ 钻铤 $\times 48 \text{ m}$ + $\text{Ø}127 \text{ mm}$ 钻杆 + 主动钻杆;

造斜钻具: $\text{Ø}215.9 \text{ mm}$ 牙轮钻头 + $\text{Ø}165 \text{ mm}$ 螺杆 + 1.5° (或 2.0°) 弯接头 + $\text{Ø}159 \text{ mm}$ 无磁钻铤 $\times 9.16 \text{ m}$ + $\text{Ø}159 \text{ mm}$ 钻铤 $\times 48 \text{ m}$ + $\text{Ø}127 \text{ mm}$ 钻杆 + 主动钻杆;

增斜钻具: $\text{Ø}215.9 \text{ mm}$ 牙轮(PDC)钻头 + $\text{Ø}214 \text{ mm}$ 扶正器 + $\text{Ø}159 \text{ mm}$ 无磁钻铤 $\times 9.16 \text{ m}$ + $\text{Ø}159 \text{ mm}$ 钻铤 $\times 85 \text{ m}$ + $\text{Ø}127 \text{ mm}$ 钻杆 + 主动钻杆;

稳斜钻具: $\text{Ø}215.9 \text{ mm}$ 牙轮(PDC)钻头 + $\text{Ø}159 \text{ mm}$ 钻铤 $\times 2.0 \text{ m}$ + $\text{Ø}214 \text{ mm}$ 扶正器 + $\text{Ø}159 \text{ mm}$ 无磁钻铤 $\times 9.16 \text{ m}$ + $\text{Ø}159 \text{ mm}$ 钻铤 $\times 85 \text{ m}$ + $\text{Ø}127 \text{ mm}$ 钻杆 + 主动钻杆;

降斜钻具: $\text{Ø}215.9 \text{ mm}$ 牙轮(PDC)钻头 + $\text{Ø}159 \text{ mm}$ 无磁钻铤 $\times 9.16 \text{ m}$ + $\text{Ø}159 \text{ mm}$ 钻铤 $\times 85 \text{ m}$ + $\text{Ø}127 \text{ mm}$ 钻杆 + 主动钻杆。

4.3 钻井技术

(1)直井段为定向井的开始井段,必须保证该井段最小井斜,因此二开应轻压慢转,严防偏眼和甩脱套管。

(2)在斜井段,在造斜开始钻进时要锁死转盘,

避免由于转盘转动而引起的定向失误;每次启动螺杆钻具时应将钻具提离井底 $0.3 \sim 0.5 \text{ m}$,启动泥浆泵,观察拉力表及压力表读数正常后,方可下放钻具至井底开始钻进。在整个定向过程中要认真观察各种仪器,保证钻进参数的恒定,为定向工作提供保证。在定向操作时,每次调整好工具面后,应大幅度上下活动钻具,使储存在下部钻具的弹性扭矩能完全释放,保证上下角度的一致性;同时应注意主动钻具与转盘方心补间的差角,及时修正安置角。

(3)增斜、稳斜井段的钻进,由于井斜角的增加与否直接与稳定器的尺寸、距离钻头的距离、钻压等因素有直接关系,现场施工应根据具体情况,及时调整各个参数,保证井眼轨迹按设计方向钻进。

5 技术总结

(1)影响井身轨迹的因素主要有方位角的自然飘移量、初始方位角的设定、在不同井段(增、稳、降)方位角的飘移量、不同地层井斜角的增、降趋势等,因此现场施工过程中,初始井斜角、方位角的设定可根据所掌握的该区域地质因素合理设计。

(2)稳斜井段在方位飘移严重的情况下,为了保证方位角在设计范围内,可在钻头上部连接 $2 \sim 3$ 只足尺寸稳定器,加强上部钻具刚性;由于地层因素,采用稳斜钻具出现降斜趋势时,可选用微增斜钻具组合;在采用降斜钻具而井斜角不减小的情况下,采用强降斜钻具;每口井的设计施工应预留足够的井段,预防各种不可预测因素的发生,以便采取相应的弥补措施。

(3)随着井眼间隙的增加,井斜力会降低,增方位力会增加,由于软地层间隙一般较大,因此软地层方位右飘移显著,增斜率相应低。另外原井眼井斜变化对新井眼井斜变化影响很大,而对方位变化影响小;同样,原井眼方位变化对新井眼方位影响大,而对井斜影响很小。

(4)由于牙轮钻头的侧切削特性,在增斜过程中,方位角有增加的趋势,因此在定向钻进结束时方位角设置应比设计方位角小些,若在钻进过程中方位角增加过快,可换用 PDC 钻头钻进,减缓方位角增加的趋势,保证井身轨迹满足设计方位。

(5)准确测量、计算和预测井底情况是施工定向井的关键环节,应做到及时测量、准确预测造斜率、井斜和方位飘移量等因素;及时分析井下各种异常情况,并采用相应预案,避免各类不可预见事故的发生。

后),开始新的回次钻进时,潜孔锤极易发生不工作的现象。

表现形式:送风时空压机压力表指针从0.5 MPa急速上升,瞬间达到1.1~1.2 MPa,由于小气量泄漏,压力表指针回至0.8~0.9 MPa,转速表指针在800~1000 r/min之间徘徊。说明潜孔锤气道阻塞(一般可排除潜孔锤自身故障)。这一点与国产的2W-9/7型空压机情况相似,2W-9/7型空压机,当气路堵塞时,柴油机转速、压力瞬间达到最大值(转速1450 r/min,压力 7.2×10^5 Pa,此时排气量最大),然后转速回落至700~800 r/min,压力范围为 $(5.6 \sim 7.2) \times 10^5$ Pa。所不同的是2W-9/7型空压机用负荷调节器调整柴油机转速,而英格索兰VHP750型空压机是用传感器调整柴油机转速,当气路堵塞时,柴油机转速受控于传感器,转速、压力均达不到额定值。

原因分析:当回次钻进结束后,送风排渣时间较短,岩粉未被充分排除干净,停风后以钻头底部为界面,界面以外(孔壁与钻杆环状间隙)为混合流体(水、泥、岩屑等),由流体静力学基本原理($P = P_0 + \rho gh$)可知,存在液体压力的作用;界面以内(潜孔锤内腔)为压缩气体。停风时止逆阀关闭,由于止逆阀的作用,钻杆内腔压力为 P_0 ,显然小于潜孔锤内腔压力。由于空气的可压缩性,加之止逆阀制造工艺封闭性能的限制,界面以外的压力大于界面以内的压力,内外压差为负值,导致岩粉回流阻塞气道,造成潜孔锤不工作。干孔钻进时,岩屑堵塞潜孔锤气道的情况不易发生。

处理方法:此时,不应盲目提钻检查潜孔锤,从而增加辅助时间,减少纯钻时间,而应将钻杆上提1~2个单根,叉上垫叉,在送风的同时将钻具轻微下墩,即可将岩粉冲出气道。此时压力表指针迅速下

降,转速表指针迅速上升。然后将潜孔锤锤头落入井底,潜孔锤开始工作。此时,压力表、转速表稳定在正常值。如果上述方法不奏效,则可能是岩粉严重堵塞钻头,或潜孔锤上部止逆阀坏了,或是钻杆外形成岩粉衬塞(泥环),或井壁坍塌,应提钻检查。

(4)控制钻进速度在21~25 m/h为宜。

(5)控制钻进压力,钻压过大,钻头球齿易脱落,钻头使用寿命短。

(6)当单根回次结束后,不能急于停风提钻,而应吹孔1~2 min,将主动钻杆提上后方可停止供气。随着孔深的增加,吹孔时间相应延长,将孔底岩屑充分排除干净,避免因潜孔锤堵塞而不工作的现象发生。

(7)当接头丝扣磨损较大时,应使用塞线缠绕密封,确保岩屑上返速度 >15.24 m/s。

(8)为了避免岩屑在孔口边缘堆积过高,造成埋钻事故,在孔口处将泥浆循环槽开挖成深约300 mm、宽约200 mm的返水排渣槽,高速上升的混合流体(水、气、泥、岩屑等)经排渣口时,流速陡然降低,混合流体便进入槽内,每回次清理一次即可。

7 结语

使用气动潜孔锤钻进方法施工供水井,具有钻进速度快(效率达到22 m/h),不需要专门洗井,成井工艺简单,出水量大等明显优势。但其钻进深度受空压机的性能、地下含水层埋深以及水量大小等因素的制约。因此,在地下含水层埋藏较深时,一般不宜采用气动潜孔锤钻进方法施工供水井,而应采用常规钻探方法施工。

参考文献:

- [1] 李世忠,等. 钻探工艺学(下册)[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [2] 李贵忠. 内燃机与空压机[M]. 北京:地质出版社,1986.

(上接第49页)

(6)在满足施工质量的前提下,应尽可能简化钻具结构,杜绝各类事故的发生;在保证中靶的情况下,减小井身曲率,为后期开采提供有利环境。

6 结语

(1)螺杆钻具应用于煤层气定向斜井尚属实验阶段,应根据施工实际情况及生产需要不断改进技术要求,满足后期采气设备的工作环境。

(2)现场施工过程中,由于存在不可预见因素,因此应根据具体情况及时分析井内各种因素,保证

井身轨迹符合各项指标。

(3)在造斜过程中,反扭矩根据钻压、泵量等因素的改变而发生变化,因此在造斜过程中应随时注意钻进参数,及时调整装置角。严格要求在定向完一单根后,测斜纠正工具面角,防止造成较大的方位误差,增加造斜难度。

参考文献:

- [1] B. B库奇茨基. 定向斜井与水平钻井的地质导向技术[M]. 鄯泰宁,郭湘芬,吴翔,译. 北京:石油工业出版社,2003.
- [2] 张明林. 最新矿山定向钻井高效煤层气开采新技术新工艺推广应用手册[M]. 北京:中国科技文化出版社,2005.