

水平孔长距离取心技术在华北某矿水害治理效果验证中的应用

殷 邈, 王雷浩, 石 逊, 郭博文, 靳启平

(河北省地质矿产勘查开发局第九地质大队, 河北 邢台 054000)

摘要:为精准探查矿区水害治理效果,解决传统垂直钻探取心勘查验证方式存在的覆盖面积少、施工成本高、钻探周期长、地层数据少等不足,创新性采用水平定向孔长距离取心对前期治理工作面进行取心作业。经过对地层进行分析,并对比SR、川系列、QXT-RBX系列取心钻具,在4-18A、4-25检查孔施工中,采用SQ-MWD定向设备和 $\Phi 152.4$ mm取心钻头+川6-3取心筒+ $\Phi 89$ mm加重钻杆+ $\Phi 89$ mm钻杆+ $\Phi 121$ mm钻铤+顶驱的钻具组合实时控制钻进参数并进行取心,2个验证孔共取心10次,探查区域 0.48 km^2 ,在节省成本的同时有效提高了钻遇率,岩心采取率达80%以上,部分孔段岩心采取率100%,岩心完整,成柱性良好,有效反映出水害治理效果,为后续开发提供了更加准确的地质资料。

关键词:水平孔;长距离取心;钻具组合;轨迹控制;水害治理

中图分类号:P634.7;TD74 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2026)03-0147-08

Application of long-distance coring technology in horizontal holes for water hazard control effect verification in a mine in North China

YIN Miao, WANG Leihao, SHI Xun, GUO Bowen, JIN Qiping

(No.9 Geology Team, Hebei Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources, Xingtai Hebei 054000, China)

Abstract: To accurately assess the effectiveness of water hazard control in mine area, addressing the limitations of traditional vertical coring methods-such as limited coverage, high costs, prolonged drilling cycles, and sparse formation data, an innovative approach was adopted. This involved using long-distance coring in horizontal directional holes to perform coring operations in previously treated working faces. After analyzing the formation conditions and comparing SR, Sichuan series, and QXT-RBX series coring tools, during the drilling of inspection holes 4-18A and 4-25, the SQ-MWD directional equipment paired with a drilling tool assembly of $\Phi 152.4$ mm coring bit + Sichuan-6-3 coring barrel + $\Phi 89$ mm heavy-weight drill pipe + $\Phi 89$ mm drill pipe + $\Phi 121$ mm drill collar + top drive setup were selected to real-time control drilling parameters and perform coring. A total of 10 coring operations were conducted in the two verification holes, covering an exploration area of 0.48 km^2 . This method not only reduced costs but also significantly improved the drilling success rate, achieving a coring recovery rate of over 80%, with some sections reaching 100%. The cores were intact with excellent columnar integrity, effectively reflecting the water hazard control results and providing more accurate geological data for subsequent development.

Key words: horizontal hole; long-distance coring; drilling tool assembly; trajectory control; hazard control

0 引言

华北地区某矿经过区域治理后,可解放煤量

2000万t,通过验收后进行下部煤矿采掘前,对前期治理工作面进行取心验证,以期获得更精准的地质

收稿日期:2025-09-16;修回日期:2026-02-23 DOI:10.12143/j.ztgc.2026.03.018

第一作者:殷邈,男,汉族,1992年生,工程师,探矿工程专业,从事固体矿产勘探、地热施工、区域治理定向分支孔施工技术研究和管理工作,河北省邢台市桥西区钢铁北路416号。

引用格式:殷邈,王雷浩,石逊,等.水平孔长距离取心技术在华北某矿水害治理效果验证中的应用[J].钻探工程,2026,53(3):147-154.

YIN Miao, WANG Leihao, SHI Xun, et al. Application of long-distance coring technology in horizontal holes for water hazard control effect verification in a mine in North China[J]. Drilling Engineering, 2026,53(3):147-154.

信息。传统垂直孔取心技术成本高、周期长,验证区域面积小,难以满足施工要求。通过借鉴以往钻孔取心经验,结合多回次、长孔段水平取心的要求与特点,按要求设计优化了4-18A、4-25分支孔,采用 $\varnothing 152.4$ mm口径短筒取心方式进行水平孔长距离取心。

1 工程概况

本工程主要为地面区域超前治理二期工程的注2-5及其分支孔以东,区域治理四期工程5号孔、6号孔以南,9号煤—480 m标高线以浅,扩延区3条开拓下山以北的区域。本项目施工南部区域,通过地面布孔,分支孔呈“带”或“羽”状布置(图1),定向钻进对底板奥灰水进行超前治理,查明区域奥灰含水层水文地质条件,改造奥灰含水层顶部,增加9号煤底板隔水层厚度,同时封堵可能的导水通道(导水断层、含导水陷落柱及导水裂隙带等),加固9号煤底板隔水层,达到提高抗水压能力,实现降低井下工作面采掘期间水害威胁风险的目的。在治理后期通过取心作业方式对治理区域进行效果验证。

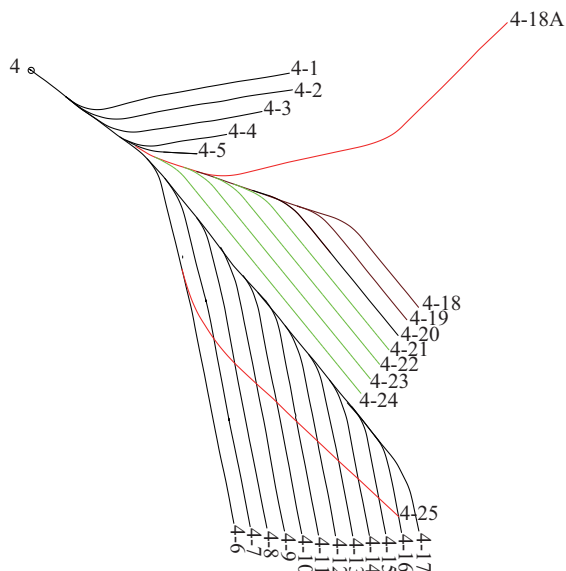


图1 治理区域钻孔布置平面示意

Fig.1 schematic plan of borehole layout in the treatment area

矿区含水层主要为奥陶系灰岩地层,奥陶系中统包括峰峰组、上马家沟组、下马家沟组,全统平均厚度550 m左右,与上覆地层呈假整合接触。4号孔治理层位为峰峰组灰岩地层,全组平均厚度155 m

左右,上部以角砾状灰岩、白云质角砾岩为主,中部以厚层纯灰岩及花斑灰岩为主,下部以白云质角砾状灰岩为主。岩溶、裂隙发育但分布不均,多为张性或张扭性裂隙,为地下水的渗流和岩溶作用提供了通道,进一步加剧了岩溶发育程度,也使得奥陶系灰岩的岩性和结构变得更加复杂^[1-2]。

2 技术难点

2.1 地质条件复杂

矿区治理层位为奥灰含水层,裂隙、岩溶发育,在空间上呈现极强的不均一性,同时矿区地质构造发育,断层和陷落柱等构造破坏了岩层的完整性和连续性,在钻进过程中,钻具与地层之间力学相互影响,容易产生掉块、卡钻等事故。受地层影响,采取岩心松散,成柱形差^[3],同时岩心易破碎,入筒困难,容易发生“堵心”,导致岩心完整性差,采取率低^[4]。

2.2 分支孔轨道设计要求高

4-18A、4-25分支孔轨道设计要求高,水平段长,取心难度大,其中4-18A分支孔取心段钻孔顶角超过 90° ,并且需要对方位进行两次大扭转,大大增加了施工难度。

2.3 轨迹控制难度大

在水平钻进过程中,地层岩性多变导致钻头侧向力不稳定,引起轨迹偏离。复杂应力场使岩石各向异性明显,钻头趋向性难以预测。长距离水平段钻进中,钻柱弹性变形累积效应显著,增加轨迹实时调整难度,给轨迹精准控制带来极大挑战^[5]。同时,由于测量仪器精度受限,随钻测量仪器的误差以及数据处理的复杂性,往往导致钻孔轨迹的实时监测与调整存在偏差,使取心层位发生偏移,获取岩心不能准确有效的反映地层特征和治理效果。靶区精度要求控制在2.0 m之内,施工难度大。这些因素相互交织,使得水平孔钻孔轨迹控制成为钻进中的关键难题。

2.4 岩心完整性与岩心采取率

该地区前期垂直探孔取心显示目标层较稳定,浅部岩心成柱形较强,深部岩心裂隙发育,在钻进过程中受到钻具机械扰动的影响,裂隙发育部分在取心钻进过程中易发生岩石破碎,造成堵心、磨心甚至掉心,影响岩心的成柱性。在水平孔钻进过程中,由于取心筒具有刚性,受钻压和轨迹影响,岩层受力不均匀,同样易使岩心破裂,降低采取率。因此,科学判断地质结构构造和岩层的物理力学性

质,正确运用机械钻具掌握合理的采取方法是保证岩心采取率和质量的关键因素^[6]。

2.5 钻具受力不均匀

由于取心工具的高速旋转,内筒中的密闭液会产生极强的旋转力,低强度岩心在这种惯性作用下容易被扭断或破碎。此外,水平孔段的岩屑容易堆积形成岩屑床,导致钻柱偏心钻进^[7],进一步影响岩心的完整性和采取率。在钻进过程中,由于钻孔顶角较大,并且地层岩性和压力不均匀,钻具受力情况随着钻进过程不断改变,因此要保持钻压稳定,防止钻压过大或过小。

2.6 水平段托压严重

取心钻孔设计轨道全角变化率大,钻孔顶角较大,部分孔段顶角 $>90^\circ$,使得钻具本身、钻具接头等容易支撑在孔壁形成的台阶上,增加了摩擦阻力或者钻具卡在台阶上,产生托压现象。在斜孔段、水平段钻进过程中由于钻具贴孔壁高边或底边转动滑移,易形成键槽及“糖葫芦”等不规则钻孔,造成钻孔质量差^[8]。

钻具在与孔壁相互作用中,会发生多次屈曲,带来显著的附加正压力,造成钻杆承受的摩擦阻力扩大,导致托压现象的发生。

在正常钻进中,受轨迹和冲洗液影响,岩屑在孔壁聚集形成岩屑床,增大了钻具与孔壁间的摩擦,增大钻具托压问题^[9]。

3 关键工艺技术

3.1 控制钻孔轨迹

为精准控制钻孔轨迹并命中靶区,采用SQ-MWD型定向设备获取轨迹参数并控制钻孔轨迹,该设备能够通过冲洗液实时传输脉冲数据,实时获取参数,进而可以控制钻孔轨迹在各原有分支孔上下层位之间穿行,让一条轨迹贯穿多条分支孔治理区域,钻进至取心层位,采取岩心,加强验证效果。

设计钻孔轨道需要穿插多条分支孔,较大的全角变化率有助于减少钻探工作量并且覆盖较多分支孔,但过大的全角变化率会增加钻具与孔壁之间的摩擦,同时对钻具刚度要求更高,因此设计轨道全角变化率在 $0\sim 12^\circ/30\text{ m}$,最高 $>13^\circ/30\text{ m}$ 。

实钻过程中,首先使用常规钻具定向钻进至取心点,再进行取心作业。正常钻进过程中,在全角变化率较大的位置提前进行预算,及时调整钻进方

式。4-18A孔在707 m处设计方位减小,方位开始扭转,将复合钻进方式改为定向滑动钻进,根据以往经验,考虑复合钻进过程中钻孔顶角有上升趋势,将工具面调整为 250° ,满足减小轨迹方位要求的同时,降低钻孔顶角,为后续钻孔顶角增高做准备。

受单弯螺杆造斜率和地层变化影响,钻孔轨迹与设计轨道之间存在偏差,上部地层压力较小,在复合钻进中钻孔顶角有增大趋势,在定向钻进结束后,复合钻进轨迹易沿先前定向趋势继续钻进。在775 m定向结束后,复合钻进中方位依旧减小,但变化率较小,取得钻孔参数后经预算轨迹走向,在复合钻进100 m后,偏离轨迹 $>2\text{ m}$,因此在825 m处工具面调整为 80° 定向钻进4.5 m,使轨迹方位增大,满足实钻轨迹和设计轨迹偏移要求。

地层硬度软硬交互,定向过程中工具面受地层影响发生改变,及时调整工具面和钻压,控制定向钻进进尺和钻时,防止轨迹与预算产生较大偏差。在902 m处定向时,稳定钻压70.0 kN,工具面 280° ,钻进1 m后,进尺开始加快,工具面变为 330° ,经定向人员与司钻沟通,调整钻压为50.0~60.0 kN,工具面重新调整为 280° ,加大钻时,继续稳定钻进,后经测量钻孔参数,与预算未产生较大偏差。

施工人员可以通过钻压的改变提高工具体造斜率,当钻时增加,工具面长时间无微小摆动或持续增大,可考虑钻具托压严重或地层变硬,这时宜适当增加钻压;当钻时减小,工具面突然大幅度变化,可考虑地层变软,无法承受较大压力,这时宜适当减小钻压。在钻进过程中,需要及时对其数据进行搜集并做好调整工作,避免地层软硬交替时出现新孔,使造斜工作能够快速稳定进行,避免影响施工效率^[10]。

3.2 取心工具选择

不同地层适用不同的取心钻具,取心层位为奥陶系灰岩地层,可钻性6级,属于中等偏硬地层,对比SR系列、川系列、QXT-RBX系列取心钻具(表1),其中SR系列可在松软地层中进行取心作业,适用于215~244 mm孔径;QXT-RBX系列工具长6500 mm,获取的最大岩心直径达195 mm,主要适用于松散地层;川系列主要有川8-3型、川7-4型、川6-3型和川6-4型等,适用于中硬地层和硬地层,同时考虑孔径和钻孔轨迹,最终选择金刚石取心钻头(见图2)和川6-3取心钻具^[11]。

表 1 各系列取心钻具适用性对比

Table 1 Applicability comparison of the various series of core drilling tools

系 列	适 应 地 层	技 术 优 势	特 点
SR	松软地层	弹簧悬挂式内筒设计	悬挂可靠、稳定、寿命长、作业效率高
川	中硬地层和硬地层	后壁无缝钢管、扶正器、非密封悬挂轴承	稳定、耗时短、灵活方便、耐磨
QXT-RBX	松散地层	改进钻头结构、封闭式岩心爪、液压割心及内衬管保形	应对地层疏松对取心作业的影响



图 2 金刚石取心钻头

Fig.2 The diamond core drilling bit

3.3 优化取心钻进参数

为提高获取岩心的完整性和采取率,通过采用双筒单动结构,避免内筒与外筒相互干扰,减少岩心破碎风险。钻进过程中,通过优化控制钻压、泵量、转速等钻进参数,保证取心过程的稳定性^[12]。

(1)钻压:取心钻进时的钻压,应综合考虑岩石的硬度与可钻性、钻头类型和钻具结构、强度,当转速不变,增加钻压钻速不再增加或者增加相当慢,或者扭矩增加很大,此时的钻压就是最优钻压。如果已取得较满意的钻速,要保持钻压不变,做到送钻均匀。

在水平孔取心中,钻具与孔壁的摩阻较大,指重表不能指示有效钻压,钻进过程中,实时监控泵压和扭矩变化,及时优化调整。

(2)泵量:取心泵量要同时考虑最低携砂能力要求和对岩心的冲击作用,为保护岩心,采用“大泵量循环,低泵量钻进”原则。

(3)转速:取心时采用低转速,一方面减少钻具振动,增加底部钻具的稳定性,降低岩心破碎的可能性,防止卡心与堵心,提高岩心采取率;另一方面,当孔底扭矩过大时,低转速可以起缓冲作用,降低钻具扭矩,保护钻具。

3.4 冲洗液

冲洗液的质量直接影响钻进和取心的结果,对于普通川系列取心工具应配比低密度,无固相冲

洗液^[13]。

(1)冲洗液润滑性好,降低钻具与孔壁之间的摩阻,减轻托压现象,使取心过程受力平稳;

(2)冲洗液携砂能力强,将孔内岩屑循环出钻孔,防止岩屑沉积形成岩屑床,造成孔内卡钻等事故,同时减少对岩心和钻具的磨损;

(3)要有较好的流动性,以降低冲洗液在孔内的流动阻力;

(4)低滤失量有利于形成薄而韧的泥皮,以维护孔壁稳定,滤失量一般控制在 10~15 mL/30min 之间;

(5)根据泵压、钻速等钻进情况,及时调整冲洗液性能,优化取心工艺,保证岩心的完整性和采取率;

(6)保证冲洗液的净化工作,维护冲洗液的性能稳定^[14-15]。

4 现场应用情况

矿区取心验证层位为奥陶系灰岩地层,岩石硬度较高,单轴抗压强度 60~150 MPa,可钻性级别 6 级。

4.1 钻探设备

4-18A 孔设计孔深 1728 m,4-25 孔设计孔深 1844 m,为提高施工效率,选用 ZJ40 型钻机+250 型顶驱,钻机钻深能力达 4000 m。

在满足钻进过程中冲洗液循环要求的同时,考虑取心钻进过程中减少对岩心的冲击,选择 F-1300 型变频泥浆泵,能够根据施工需求实时调整冲洗液流量和压力,实现无级变速,满足不同工况对流量和压力的精准要求,提高施工效率和质量。主要钻探设备见表 2。

4.2 取心目标点

根据原有钻孔分布情况,4-18A 分支孔分别在孔深 1388、1450、1540、1610、1680 m 五处取心,取心位置钻孔顶角均在 93°以上。4-25 分支孔分别在孔

表 2 主要钻探设备				
Table 2 The main drilling equipment				
序号	设备名称	型号规格	数量	备 注
1	钻机	ZJ40	1 台	
2	泥浆泵	F-1300	2 台	
3	无线随钻测斜仪	SQ-MWD	1 套	带自然 γ
4	振动筛	ZGWS-2200/3P	2 台	
5	除砂器	ZCS250*2	1 台	
6	除泥器	ZCN*10	1 台	
7	取心筒	川 6-3	1 套	
8	金刚石钻头	$\varnothing 152.4$ mm	1 只	取心施工
9	PDC 钻头	$\varnothing 152.4$ mm	2 只	钻进施工

深 1110、1265、1420、1570、1730 m 五处取心,取心位置钻孔顶角在 74°~77°之间。

4.3 钻具组合与取心工具规格

采用 $\varnothing 152.4$ mm 金刚石取心钻头+川 6-3 取心筒+ $\varnothing 89$ mm 加重钻杆+ $\varnothing 89$ mm 钻杆+ $\varnothing 121$ mm 钻铤+顶驱的钻具组合方式,金刚石取心钻头适用范围广,从软至硬地层均有系列能与之相配; $\varnothing 89$ mm 钻杆尺寸适中,适配性强,壁厚一般在 8~9 mm,具备良好的抗拉、抗压和抗扭性能,能承受钻进过程中的复杂应力,减少断裂风险,能够应对长距离取心中面对不同岩性地层和孔深的钻进要求,在保证施工质量的同时减少了更换钻具组合的时间。

4.4 取心钻进

4.4.1 施工准备

在钻进至取心点后,大排量循环洗孔 2 h,携带出钻孔中的岩屑沉砂,确定孔内水清砂净后,起钻更换取心钻具。

4.4.2 钻具检查与组装

组装取心钻具前检查内外管是否弯曲损坏,各部件是否有损伤,对内管通径,防止残留岩心影响取心作业,调整岩心爪底面与钻头内台阶的纵向间隙达到 15 mm 左右,保证悬挂轴承旋转灵活。

4.4.3 冲洗液性能

全孔段采用低盐度冲洗液体系,加入聚丙烯酸钾+PAC-141 高分子添加剂,提高冲洗液的流变性和润滑性,减少孔壁与钻具之间的摩阻,降低冲洗液的滤失量,保护孔壁,同时悬浮岩屑,减少岩屑沉积。添加聚丙烯酸钾+PAC-141 前后性能对比见表 3。

4.4.4 钻进参数

取心钻进过程中,为保证岩心完整,提高岩心采

表 3 冲洗液性能					
Table 3 The drilling fluid performance					
是否添加聚丙烯酸钾+PAC-141	密度/(g·cm ⁻³)	粘度/s	pH	滤失量/mL	含砂量/%
添加前	1.01	15	9	53	0.6
添加后	1.02	28	9	7	0.2

取率,采用低钻压、低泵量钻进,保持钻压 20.0~40.0 kN,扭矩 8 kN·m 以下,泵量 16~30 L/s,转速 45 r/min 左右,平稳送钻,期间严禁随意停转盘、停泵或将钻头提离孔底,同时,采用低盐度冲洗液体系,增强携砂能力和润滑性,降低钻具与孔壁之间的摩阻,更好的控制钻进参数。

4.4.5 取心钻孔轨迹控制

注 4-18A、注 4-25 分支孔通过定向滑动钻进控制轨迹,采用 $\varnothing 152.4$ mm PDC 钻头+ $\varnothing 127$ mm 螺杆+ $\varnothing 127$ mm 定向短节+ $\varnothing 89$ mm 无磁钻杆+ $\varnothing 89$ mm 加重钻杆+ $\varnothing 89$ mm 钻杆+ $\varnothing 121$ mm 钻铤+顶驱的钻具组合,从开分支点进行定向钻进,钻进过程中采用 SQ-MWD(伽马)无线随钻测斜仪检测钻孔顶角、方位角变化情况,确保轨迹符合要求,钻进至取心点后,起钻更换 $\varnothing 152.4$ mm 金刚石取心钻头+川 6-3 取心筒+ $\varnothing 89$ mm 加重钻杆+ $\varnothing 89$ mm 钻杆+ $\varnothing 121$ mm 钻铤+顶驱的取心钻具进行取心。

注 4-18A 分支孔自孔深 679.0 m 开始侧钻,终孔孔深 1728.80 m,水平段长 1049.80 m,狗腿度 0~13.9°/30 m,在 860、1240 m 处进行方位扭转。注 4-25 分支孔自孔深 1010 m 开始侧钻,终孔孔深 1844.50 m,大斜度孔段段长 834.5 m,钻孔顶角 73.16°~79.8°,狗腿度 0.3~10.1°/30 m(见图 3~6)。

4.4.6 割心与起钻出心

(1)割心前 0.5 m,将钻压由 40 kN 加大至 100

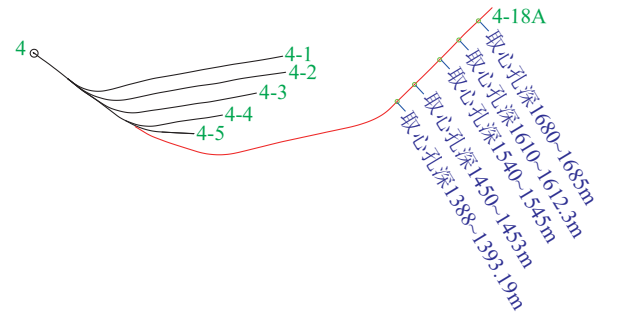


图 3 4-18A 分支孔实钻平面图
Fig.3 Actual drilling plan view of the 4-18A branch hole

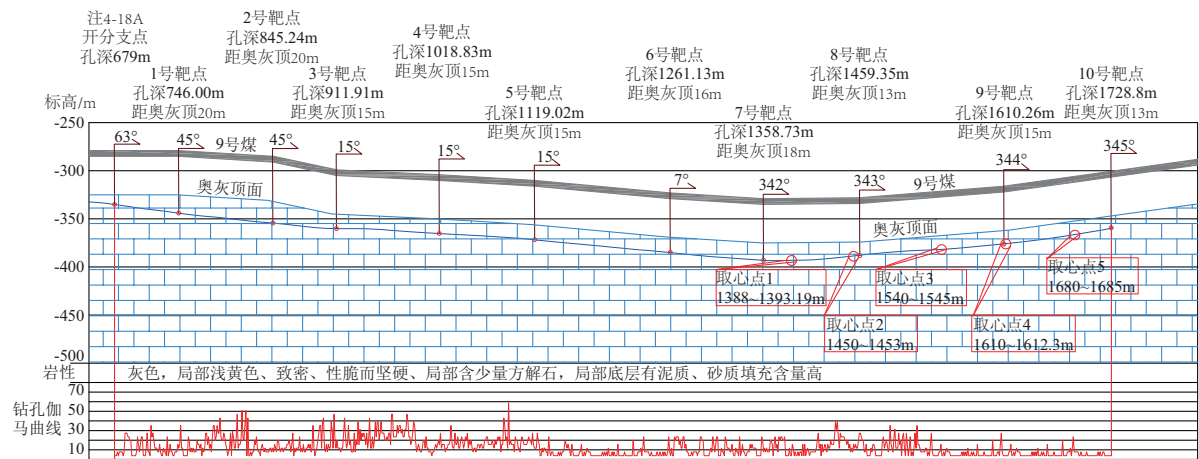


图4 4-18A分支孔实钻剖面图
Fig.4 Actual drilling profile of the 4-18A branch hole

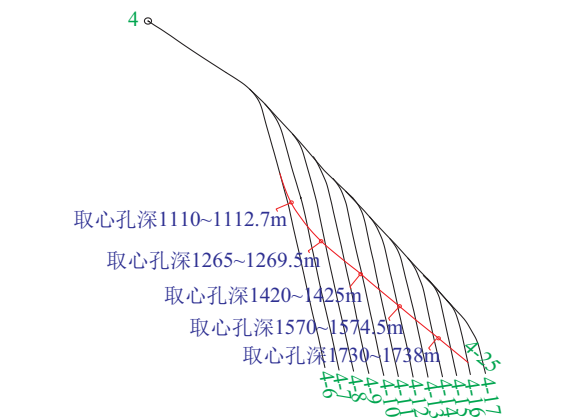


图5 4-25分支孔实钻平面图
Fig.5 Actual drilling plan view of the 4-25 branch hole

kN,保持原转速钻进,以便岩心下部变粗或使岩心柱底部形成锥形,便于割断岩心,同时划好记号,记录大勾高度,为之后探心做准备;

(2)割心前刹住刹把磨心,将钻压磨至 20 kN 以下,顶驱停转,上提时超正常悬重 200 kN 一次性拔断岩心;

(3)悬重增加 100~200 kN 又立即消除,证明岩心被拔断;

(4)割心后,缓慢下放至记录大勾高度处进行探心,上提挂卡,下放正常,证明岩心尚未割断;若上提正常,下放时在同一深度遇阻,证明岩心虽被割断,但孔底尚有余心;

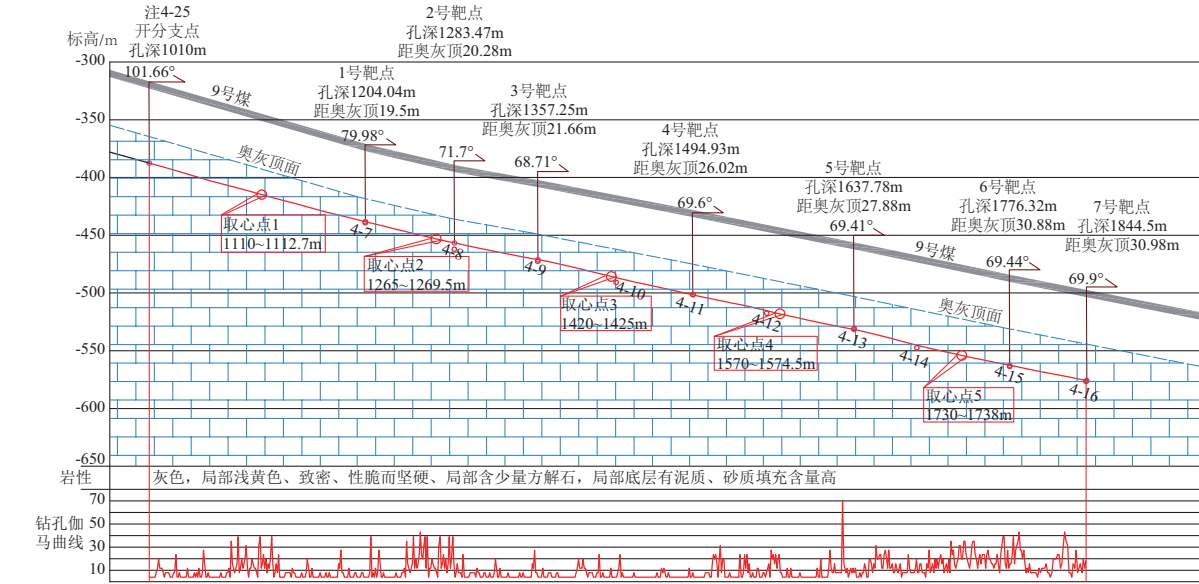


图6 4-25分支孔实钻剖面图
Fig.6 Actual drilling profile of the 4-25 branch hole

(5)起钻操作平稳,不猛刹、猛蹬,防止甩掉岩心,并及时向孔内灌满冲洗液。

4.5 取心效果

4-18A、4-25 分支孔成功在治理层位进行水平孔长距离取心。4-18A 分支孔 1358.73~1728.80 m 为检查孔取心孔段,根据设计要求共取心 5 次;4-25 分支孔 1010.00~1844.50 m 为检查孔取心孔段,根据设计要求共取心 5 次,取心长度统计见表 4。

表 4 4-18A、4-25 分支孔取心长度
Table 4 Coring length of 4-18A and 4-25 branch holes

孔号	回次	取心孔深/m	顶角/ (°)	进尺 长度/ m	岩心 长度/ m	岩心 采取 率/%
4-18A	1	1388.00~1393.19	92.00	5.19	4.80	92.43
	2	1450.00~1453.00	96.50	3.00	2.65	88.33
	3	1540.00~1545.00	93.00	5.00	4.50	90.00
	4	1610.00~1612.30	95.50	2.30	2.15	93.48
	5	1680.00~1685.00	101.00	5.00	4.50	90.00
4-25	1	1110.00~1112.70	74.45	2.70	2.20	81.48
	2	1265.00~1269.50	77.30	4.50	4.50	100.00
	3	1420.00~1425.00	76.00	5.00	5.00	100.00
	4	1570.00~1574.50	77.00	4.50	4.50	100.00
	5	1730.00~1738.00	77.50	8.00	8.00	100.00

各回次所取岩心较为完整,且取心率均达到 80% 以上,所取岩心充分验证了该区域治理效果,并揭露了治理层的地质条件,提供了准确的地质资料。所取岩心见图 7,(a)为 4-18A 孔第 5 回次岩心,岩柱较完整,裂隙有地下水痕迹;(b)为 4-25 孔第二回次岩心,岩柱完整;(c)为 4-18A 孔第三回次岩心,部分岩心较松散;(d)为岩心裂隙水泥填充。

4.6 经济效益

4-18A、4-25 检查孔钻探工作总进尺 1900 m,共取心 10 回次,若采用传统垂直取心作业需钻 10 口取心孔,钻探工作量 3500~4500 m。现利用原有孔口进行施工,减少了工作量和设备搬迁消耗,节约了施工时间,经济价值显著。

5 结论

(1)治理效果检验工作以 4-18A、4-25 分支孔为工程载体,系统开展了奥陶系灰岩地层长距离水平孔密闭取心先导试验。显著拓宽区域治理效果



图 7 水平孔长距离取心照片
Fig.7 Long-distance coring photo of the horizontal well

评价的时空维度。

(2)长距离水平孔取心轨迹控制要求高,取心条件差,通过构建 SQ-MWD 脉冲随钻测量—滑动/复合钻进的轨迹调控技术体系,实现了钻孔轨迹与预设靶区的动态匹配,增加了轨迹控制精度。

(3)通过优化取心钻具组合,并建立“大排量净化—低排量取心—低转速稳压”的参数优化准则,有效抑制了岩心自转破碎、岩屑床沉积及钻压波动等扰动情况,岩心采取率达 80% 以上,部分孔段达 100%,为后续复杂地层取心提供了工艺范式。

(4)水平孔取心技术在煤层底板注浆治理效果评价中的经济、技术双重优势,更为深部资源开发及地下工程设计提供了高精度、大尺度的地质依据,具有良好的工程推广价值与广阔的工业化应用前景。

参考文献(References):

[1] 袁明.东庞矿奥灰含水层水文地质条件研究[J].煤炭与化工, 2018,41(8):70-72,75.
YUAN Ming. Study on hydrogeological conditions of Ordovician ash aquifer of Dongpang Mine[J]. Coal and Chemical Industry, 2018,41(8):70-72,75.
[2] 缪协兴,白海波.华北奥陶系顶部碳酸岩层隔水特性及分布规律[J].煤炭学报,2011,36(2):185-193.
MIAO Xiexing, BAI Haibo. Water-resisting characteristics and distribution rule of carbonate strata in the top of Ordovician in North China[J]. Journal of China Coal Society, 2011,36(2): 185-193.
[3] 曹华庆,冯云春,杨以春,等.松辽盆地南部油气田钻井取心关键技术[J].钻探工程,2021,48(11):49-55.
CAO Huaqing, FENG Yunchun, YANG Yichun, et al. Key

- technology for drilling and coring in southern Songliao Basin[J]. Drilling Engineering, 2021, 48(11):49-55.
- [4] 李伯尧. SY-1井页岩取心钻井工艺[J]. 内蒙古石油化工, 2018, 44(3):60-63.
- LI Boyao. Drilling technology for continuous coring of shale in the SY-1 Well[J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2018, 44(3):60-63.
- [5] 陈睿桓. 定向井水平段穿越复杂地层的工程技术分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(24):193-195.
- CHEN Ruihuan. Engineering technology analysis of directional well horizontal section crossing complex strata[J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2024, 44(24):193-195.
- [6] 王松珍, 杜双杰, 张雷鹏, 等. 新近系地层大直径取心质量影响因素分析及对策研究[J]. 钻探工程, 2024, 51(2):146-153.
- WANG Songzhen, DU Shuangjie, ZHANG Leipeng, et al. Analysis of factors influencing the quality of large diameter coring in Neogene strata and research on countermeasures[J]. Drilling Engineering, 2024, 51(2):146-153.
- [7] 张士超. 连续取芯技术在长水平段水平井中应用探讨[J]. 西部探矿工程, 2022, 34(6):109-111.
- ZHANG Shichao. Discussion on the application of continuous coring technology in long horizontal wells[J]. West-China Exploration Engineering, 2022, 34(6):109-111.
- [8] 康克利, 张武涛, 谢正森, 等. 水平井水平段长段取心技术探讨[J]. 新疆石油天然气, 2021, 17(1):21-24.
- KANG Keli, ZHANG Wutao, XIE Zhengsen, et al. Discussion on coring technology of long horizontal section in horizontal well[J]. Xinjiang Oil & Gas, 2021, 17(1):21-24.
- [9] 刘江, 石逊, 王雷浩, 等. 煤矿采区区域治理水平井施工中托压问题的研究与实践[J]. 钻探工程, 2023, 50(3):145-151.
- LIU Jiang, SHI Xun, WANG Leihao, et al. Research and practice on backing pressure in horizontal well construction for regional treatment in coal mining areas[J]. Drilling Engineering, 2023, 50(3):145-151.
- [10] 郝登峰, 徐影, 郭增付. 煤矿水害治理多分支水平井精准定向技术研究[J]. 钻探工程, 2023, 50(1):125-132.
- HAO Dengfeng, XU Ying, GUO Zengfu. Research on precise directional drilling technology for multi-branch horizontal wells in coal mine water hazard control[J]. Drilling Engineering, 2023, 50(1):125-132.
- [11] 王丽忱, 甄鉴, 张露. 钻井取心技术现状及进展[J]. 石油科技论坛, 2015, 34(2):44-50.
- WANG Lichen, ZHEN Jian, ZHANG Lu. Present conditions and progress of coring technology[J]. Petroleum Science and Technology Forum, 2015, 34(2):44-50.
- [12] 王汇明, 李军, 李勇, 等. 狮子洋主航道特大水垂比大位移科学钻孔施工实践[J]. 钻探工程, 2022, 49(1):135-141.
- WANG Huiming, LI Jun, LI Yong, et al. Novel drilling technology for an extended reach horizontal borehole with high horizontal displacement/vertical depth ratio in the Shiziyang main channel[J]. Drilling Engineering, 2022, 49(1):135-141.
- [13] 田智生, 刘小康, 杨甫. 川8-3取心器在陆相页岩气钻井中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(S1):310-313.
- TIAN Zhisheng, LIU Xiaokang, YANG Fu. Application of Chuan8-3 coring device in terrestrial shale gas drilling[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017, 44(S1):310-313.
- [14] 柴世刚, 桑东恺, 张晓鹤, 等. 小秦岭灵宝金矿田整装勘查第一深孔钻探工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(9):23-26.
- CHAI Shigang, SANG Dongkai, ZHANG Xiaohe, et al. Drilling technology of the deepest hole in Lingbao gold field of Xiaoqinling[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014, 41(9):23-26.
- [15] 俞忠宝, 吴若宁, 程欢, 等. 页岩油水平井井壁稳定的钻井液优化与应用[J]. 应用化工, 2025, 54(5):1375-1380.
- YU Zhongbao, WU Ruoning, CHENG Huan, et al. Optimization and application of drilling fluid for strengthening wellbore stability in shale oil horizontal wells[J]. Applied Chemical Industry, 2025, 54(5):1375-1380.

(编辑 王文)