

童亭煤矿钻探取心施工方法

李培林, 饶剑辉, 高亭亭, 任晓顺, 刘莎莎, 孙秀梅, 王建鹏, 欧阳博

(河北省地矿局第七地质大队, 河北 三河 065201)

摘要:通过介绍和分析安徽省童亭煤矿采空区的各段地层特性、岩性特征,指出了钻进和取心过程中的控制难点,采用了加大孔径结构、优化钻具组合及强化泥浆性能维护等技术措施;针对极其严重的缩径现象,采用大开小下的方法,克服了缩径造成的套管下放难题;采用加稠水泥浆灌注方法成功处理了 $\Phi 114$ mm 套管在采空区段断裂问题和地层严重破碎、漏水问题,最终顺利完成了 7 个煤系地层钻孔施工,取得了良好的经济社会效益。

关键词:采空区;底喷钻头;绳索取心钻进;加稠水泥浆

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2019)02-0044-06

Core drilling in Tongting coal mine

LI Peilin, RAO Jianhui, GAO Tingting, REN Xiaoshun,

LIU Shasha, SUN Xiumei, WANG Jianpeng, OUYANG Bo

(No.7 Geological Brigade of Hebei Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration,
Sanhe Hebei 065201, China)

Abstract: By introducing and analyzing the characteristics of strata and lithology in the goaf area of the various sections of the Tongting coal mine in Anhui Province, the difficulties are pointed out in the process of drilling and coring. The relevant technical measures such as enlarging the borehole structure, optimizing the drilling tool combination, strengthening the mud performance maintenance were adopted. To deal with serious wellbore shrinkage, the borehole diameter was increased with reduced casing diameter to overcome the difficulties caused by shrinkage when lowering casing. Thickened cement grout was successfully used to deal with breakage of the $\Phi 114$ mm casing, serious stratum fractures and water leakage problems in the goaf. Finally seven boreholes were successfully completed in coal strata, which achieved good economic and social benefits.

Key words: goaf area; bottom jet bit; wireline core drilling; thickened cement grout

0 引言

童亭煤矿是淮北矿业股份有限公司的生产矿井。于 1979 年 10 月 1 日动工兴建,矿井共设计 17 个采区,1989 年 7 月 1 日建成移交,同年 11 月 30 日正式投入生产。经过多年开采,矿区下方已形成大量采空区,在上覆压力和地下水等因素的作用下,开采区两侧出现煤层软化失去强度现象,极易导致上覆岩体塌陷、冒落,形成滑坡,目前地表已出现塌陷,对矿区内生产生活造成极大安全隐患。为查明更深地层矿化体的产状、形态、厚度及地质特征,进一步了解地层情况,为煤矿开发时地下巷道的进一

步开发和深层煤层开采提供安全性指标,2017 年安徽省淮北市童亭煤矿进行 2017 地面补勘工作,开采区内共安排 20 余个钻孔,钻孔深度 600~1000 m,项目吸引了 11 家钻探施工队伍,我队作为其中之一,承担了 2017-5、2017-9、2017-10、2017-11、2017-18、2017-27、2018-观 1 等钻孔的钻探施工任务。

1 矿区概况

1.1 位置及交通

童亭煤矿位于淮北市濉溪县境内淮北煤田临海

收稿日期:2018-04-17; 修回日期:2018-10-29 DOI:10.12143/j.tkgc.2019.02.008

作者简介:李培林,男,满族,1976 年生,工程所所长,助理工程师,探矿工程专业,从事野外工程施工与管理工作,河北省三河市燕郊开发区京哈路北侧,renxiaoshun@163.com。

引用格式:李培林,饶剑辉,高亭亭,等.童亭煤矿钻探取心施工方法[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(2):44-49.

LI Peilin, RAO Jianhui, GAO Tingting, et al. Core drilling in Tongting coal mine[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(2):44-49.

童矿区北部,西北部与临涣煤矿相邻,东与杨柳煤矿接壤,矿井面积约 23.75 km² 童亭煤矿东距京沪铁路宿州站约 30 km,煤矿西部 10 km 有青阜铁路通过符夹线铁路与京沪铁路、陇海铁路干线相接,区内青芦支线已建成,公路可直通徐州、宿州、淮南、阜阳、六安、河南永城。

1.2 地形、地貌特征及水文

矿区内地势平坦,地表自然标高 +25~+28 m,相对高差 >3 m。总体表现为北高南低之势,均为 186.50~291.76 m 的厚层新生界松散层覆盖。矿区中部有浍河流过,属淮河水系,流量受季节影响,变化较大,雨季可形成内涝,积水深度 0.50 m。区内农用沟渠纵横交错,村庄星罗棋布。区内的地表水和地下水较丰富,能满足矿井开发的需要。

由于井下煤层开采造成地表沉降,目前已逐步形成了面积约 4.06 km² 的塌陷区,积水深度随季节性变化较为明显,一般深度 0.5~4.2 m。

1.3 地层

1.3.1 覆盖层

本矿区为全掩盖区,新近系、第四系厚度变化不大,一般在 220~250 m,区内地势平坦,潜水面较浅,在潜水面下 3~5 m,多为砂质粘土或粘土质砂与粉砂互层,本区属华北型晚古生代含煤盆地,二叠纪煤系沉积相对稳定。童亭煤矿位于童亭背斜北部转折端。

1.3.2 矿井地层

矿井内无基岩出露,均为较厚的松散层所覆盖,石炭系、二叠系为含煤地层。经钻孔揭露,地层由老到新有奥陶系、石炭系、二叠系、新近系和第四系。

1.3.3 含煤地层^[1]

区内煤系地层总厚度约 1143 m,共含煤 23 层之多。据统计,矿井平均煤层总厚度 23.51 m,含煤系数 2.06%。由石炭系太原组(C_{3t})、二叠系(P_{1s}、P_{1xs}、P_{2ss})组成,为一套连续的海相、过渡相及陆相的碎屑岩和可燃有机岩沉积。

石炭系太原组(C_{3t}),根据邻近矿井钻孔揭露,太原组地层厚度为 128.16~134.47 m,平均 131.31 m,由灰—浅灰色石灰岩、灰色砂岩、灰—深灰色粉砂岩、深灰色泥岩和薄煤层组成。其下部为本溪组 C_{2b} 紫红色含少量菱铁鲕粒的铝质泥岩。

二叠系下统山西组(P_{1s}),与下伏太原组地层连续沉积,厚 75.19~189.71 m,平均厚度 139.50 m,

以砂岩、粉砂岩为主,顶部与底部以泥岩为主。层理发育,灰—深灰色。本组含煤三层(组)。

二叠系下统下石盒子组(P_{1xs}),与山西组连续沉积,平均厚为 263.0~336.5 m。其下部以灰—灰白色粉砂岩、泥岩为主,岩性主要为灰—深灰色粉砂岩、泥岩及砂岩。本组含煤 5 层(组)。

二叠系上统上石盒子组(P_{2ss}),与下石盒子组整合接触,平均厚度 552.50 m。上部以巨厚层灰色石英砂为主的泥岩、粉砂岩,细粒、中粒、粗粒砂岩组成,下段:主要由粉砂岩、泥岩组成,中粒、细砂岩次之,本组含煤三层(组)。

1.4 地质构造

童亭煤矿位于淮北煤田的中部,临涣矿区的中部,宿北断裂、光武—固镇断裂东西向断裂和太和一五河断裂、固镇长丰断裂、北东向断裂内,童亭背斜的北部转折端,它是矿区构造的有机组成成分,受区域构造的控制。

褶曲:主要褶皱有陈楼背斜、周小庄向斜、五里谷堆背斜、陈圩孜向斜,但对采区划分影响不大。由于褶曲的影响,本矿井煤层走向变化较大(0°~180°),且局部发育次级小褶皱,对采区的划分有一定的制约。但由于褶曲较为宽缓,对采区的正常划分影响不大。

断层:本区断层较发育,主要断裂构造有三组,一组是童亭背斜的同序次级构造;再一组是北东向赵口断层及其伴生断层;第三组是孟集“入”字型构造,包括孟集断层、F₁₀、F₁₁、F₁₂、F₁₃、F₁₅、F₁₆等断层。

至 2014 年底,根据钻探、测井、地震资料组合,落差 ≥10 m 的断层 141 条,其中落差 ≥100 m 的 11 条,50 m ≤ 落差 < 100 m 的 12 条,20 m ≤ 落差 < 50 m 的 45 条,10 m ≤ 落差 < 20 m 的 73 条。落差 < 10 m 断层约 702 条。断层性质以正断层为主,逆断层仅 7 条。

本矿小型构造比较发育,小断层、小褶曲数量非常多,已成为影响矿井生产的重要因素。由于小构造发育,机械化采煤难度较大,严重制约了矿井产量和经济效益。

岩浆岩:矿井可采煤层 3、5₁、5₂、7、8₁、8₂、10 煤都有岩浆侵入现象。破坏了煤层的结构,改变了煤层的厚度,使煤的变质程度提高,局部煤层因蚀变为天然焦或被吞蚀而失去工业价值。均为中基性的浅成岩,主要有辉绿岩、闪长岩、闪长玢岩和脉岩(煌绿

岩)。

2 钻探技术要求及钻孔^[2]

(1)钻探侧重控制可采煤层的厚度、结构和可采范围,完成煤质、水文地质、其它开采技术条件和有益矿产等各种采样及试验任务;

(2)该钻孔设计孔深 600~1000 m,直孔,终孔直径 95 mm,钻孔弯曲度 $2^{\circ}/100$ m,初步要求全孔取心,覆盖层取心率 $\geq 60\%$,基岩取心率 $\geq 75\%$,矿层取心率 $\geq 90\%$ 。

3 技术难点分析

童亭煤矿地区多种因素使钻探难度加大,缩径问题、护壁问题、取心问题、漏失问题、孔斜问题困难是本钻探项目必须解决的钻探难题。

童亭煤矿地层以煤系地层等软岩为主,位处断裂带上,地层岩性复杂,小构造十分发育;覆盖层多为砂层和粘土层,均为难成孔地层。

同时,历史资料记载,安徽省北部地区自公元 925 年以来发生有感地震 40 余次,其中从 1960 年以来,发生较大的地震有 8 次,加大了地层破碎程度;经过多次地震后覆盖层较常规更加松散疏松,钻孔易坍塌,易严重缩径、漏失和涌水,形成大肚子。

建井期与生产期所施工的采掘工作面更是严重破碎地层原有构造,形成众多采空区,该矿区上部煤层(采空区)的埋深 130~170 m。出现了不同程度的高地压现象,尤其进入中煤组的生产,高地压现象更加突出,造成地层压力极大,出现地层下沉;煤矿开采完成形成采空区后,在上覆压力和地下水等因素的作用下,煤柱和开采区两侧的煤层软化,失去强度,导致上覆岩体塌陷、冒落,形成滑坡;在矿山开采过程中,采空区围岩受爆破震动影响导致岩体裂隙发育,造成基岩地层破碎严重、坍塌、缩径、漏水严重、断层泥多、煤层碎。

以往钻探地质资料显示,矿区局部地段易发生井巷工程地质问题,工程地质条件类型是层状碎屑岩类(Ⅲ)复杂型。该矿区详、精查阶段岩心采取率低,取心质量较差。矿井钻孔歪斜较为严重,最大孔斜 $8^{\circ}\sim 20^{\circ}$ (补勘 8 号孔、186 号孔),孔斜超过 5° 的钻孔多达 89 个,且均为 1968 年后施工钻孔,占钻孔总数的 46.4%,建井期首采区补勘共计 9 个孔,歪斜角全部大于 5° ,补勘 8 号孔孔斜角在全矿井最大,达 20° 。

4 设备与工艺方法的选择

4.1 施工设备

根据钻孔设计要求及地层情况,选用 HXY-6B 型钻机,BW-320 型泥浆泵,配 23 m 四脚钻塔,配备泥浆除砂器具振动筛。施工地点属于矿区,动力电充足,选用电动机为动力。

4.2 钻孔结构及钻进方法

根据该地区地层情况,决定正循环回转钻进钻进成孔、采用加强优质泥浆护壁工作、加大的三级孔径钻孔结构($\Phi 152$ mm 开孔)和绳索取心钻进煤系地层直到终孔。但第一孔施工遇到一定困难,对成孔工艺进行了改进完善,确定一开采用 $\Phi 172$ mm 开孔^[1]。

4.2.1 一开施工

2017-5 孔为第一个钻孔,针对覆盖层第四系土层、泥包、卵石大及采用稠泥浆等情况,将常规 $\Phi 150$ mm 口径加大至 $\Phi 152$ mm,并准备了硬质合金钻头和锯齿金刚石钻头进行开孔单管钻进,采用自主研发的软土层钻进取心专用钻具,并加大泥浆密度及降低失水量以稳定孔壁,钻进参数采用轻压慢转和小泵量 66~90 L/min,钻压尽量小于 10 kN,转速 96 r/min,准备钻至基岩面,下入 $\Phi 146$ mm 套管护壁^[3]。

但实际覆盖层钻进缩径现象比预想要严重得多。虽然通过加大孔径、加大泥浆密度方法使钻进和提下钻取心尚能正常进行,但在完成 71 m 后按照采用常规方法下入 $\Phi 146$ mm 套管(已穿过 10 m 以后的漏失层,地层较为稳定),下入 20 m 时就遇到了困难,经过分析仍是缩径现象严重造成,由于下套管辅助时间长,拧卸效率较低,同时还要控制下放速度,造成时间间隔过长,而孔径一直保持缩径趋势,仅 20 多米的套管下放时间内,已使孔径缩至小于 146 mm 套管了,此时无法继续下放,距孔底接近 50 m。

最后经研究决定采用跟管钻进的方法下入,具体办法如下:

将 $\Phi 146$ mm 套管全部取出,下入跟管钻头,运用钻机旋转将套管逐根下入。由于有泥浆循环,所以跟管钻进解决此问题效果非常好,克服了覆盖层钻进缩径造成下套管难的问题。

吸取 2017-5 孔的经验教训,随后钻孔一开施工采用 $\Phi 172$ mm 钻头开孔,钻进 20 多米后下入

Ø168 mm 套管 20 m,随后则采用 Ø152 mm 钻头进行二开钻进^[1]。

4.2.2 二开施工

除了第一个钻孔 2017-5 孔采用加大至 Ø116 mm 金刚石锯齿钻头开孔单管钻进,保持泵量 60 L/min,全程运行泥浆除砂器具和振动筛,减小泥皮厚度;随时调整泥浆参数,减小泥浆粘度,保证岩心管的正常打捞和投放;增大钻进参数,压力控制在 1.5~2.5 kN,增大转速至 177 r/min,施工至 200 m 穿过了采空区后,直接采用跟管钻进方法下入 Ø114 mm 套管对采空区进行封堵。

随后的钻孔采用 Ø152 mm 金刚石锯齿钻头二开钻进到 220~240 m,后采用跟管钻进方法下入 Ø114 mm 套管,这种大开小下的方法比较适应缩径地层,提高了下套管速率,克服了缩径造成的套管下放难题,同时由于缩径现象使孔径与套管组合配不合理缺点消除,在钻进实际中未发生套管不稳现象。

4.2.3 三开施工

采用 Ø95 mm 绳索取心钻具,并将钻头口径加大至 Ø98 mm,专门订制底喷金刚石钻头减轻冲洗液对岩心的冲刷,泵量依旧采用 66 L/min,钻压控制在 1.5~2.5 kN,提高转速至 357 r/min 左右,实际应用表明该参数较为合理,钻进时效达到 2~3 m/h,钻头寿命基本能到 80~100 m^[4]。

5 取心工艺

针对基岩段和煤层破碎且胶结度差,易造成煤

层取心时煤层被冲洗液冲散的特性,为满足取心要求,全孔采用正循环回转钻进方法及多种措施,取心时基本能达到 100%,岩心样原状性好,破坏小,见图 1,解决了取心难等问题^[4]。



图 1 童亭煤矿钻探取心岩样

Fig.1 Coring samples of Tongting coal mine

5.1 松软土层专用单管钻进取心工具

覆盖层采用本单位开发的松软土层专用单管钻进取心工具,该钻具设计专用水路转换接头和特制卡簧能够适应钻进过程改变冲洗液流向。如图 2 所示,该专用接头在钻进时滑套同钻杆接头压紧,上水眼封闭,冲洗液通过下水眼后附于岩心管内壁下行,通过卡簧外水槽先进入单管钻头底喷水眼,避免冲洗液从中心直接冲刷岩心,从而提高取心效果。提钻取心时,滑套脱离钻杆接头,换流接头下水眼封闭上水眼开通,使钻杆内液体顺钻具外流入孔内,能大幅消除提钻时冲洗液“激动”压力对孔壁的破坏,并减轻提钻载荷,防止孔口溅浆。本钻具经过我单位长期应用实践,使用效果很好^[5]。

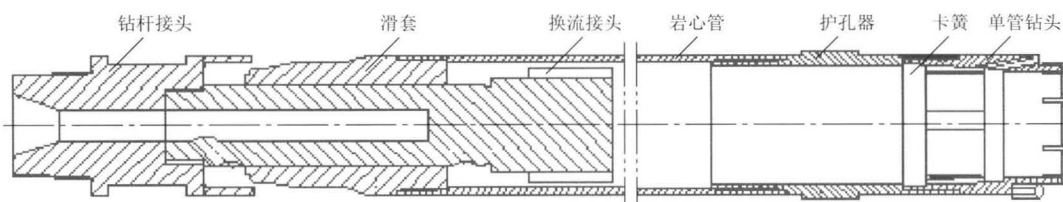


图 2 专用单管钻进取心工具

Fig.2 Special single pipe for core drilling tool

5.2 Ø95 mm 绳索取心钻具

基岩及煤系地层采用本单位开发的 Ø95 mm 绳索取心钻具,钻具采用上下轴承及上下密封,单动性能较好,在使用过程中,坚持每百米更换轴承,才能保证钻具性能充分发挥,减少了岩心所受振动,取心效果较理想。

5.3 底喷绳索取心钻头^[6]

煤系地层特别加工底喷绳索钻头,采用梯齿唇

面加强定心性,采用斜水口降低循环阻力,增强冲刷效果,防止糊钻。配合小泵量,低转速,有效减轻了冲洗液对岩心冲蚀,见图 3。

5.4 高粘度、低失水冲洗液

采用高粘度、低失水冲洗液体系在稳定孔壁的同时也稳定了和孔壁相同性质的岩心,对岩心发挥了一定保护性^[7]。

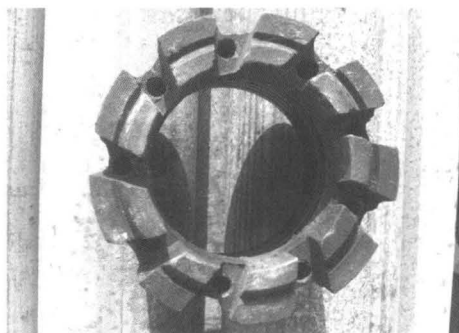


图3 螺旋水口梯齿底喷钻头

Fig.3 Stepped bottom drill bit with spiral nozzle

6 冲洗液的配制与应用

全孔采用粗分散、高密度冲洗液护壁,全孔严格控制冲洗液的各项技术参数,随地层变化随时调整,确保钻孔孔壁完整,泥皮在钻杆内壁不至于过厚、影响岩心的打捞和投放,防止由于地层应力大而引起的缩径、坍塌等问题。基岩段采用 $\varnothing 95$ mm 绳索取心、配粗分散高密度冲洗液(初次实验,效果良好),金刚石钻进。通过全程运用振动筛,使冲洗液保持了较低的含砂量,保证了冲洗液性能稳定^[7-8]。

6.1 覆盖层单管钻进用冲洗液

由于煤炭开采,地面沉陷严重,地层压力大,缩径严重,第四系覆盖层采用加大密度和降低失水量的冲洗液,并严格控制和维护冲洗液性能。

本孔覆盖层钻进的冲洗液基本配比:10%~11%红钠土+0.5%~1%腐植酸钾+0.5%~1%护壁剂+2%~3%低粘CMC+适量的重晶石粉。

冲洗液性能参数:密度 $1.13\sim 1.17$ g/cm³,失水量 ≤ 10 mL/30 min,粘度 $50\sim 70$ s,pH值 $9\sim 12$,含砂量 $<1\%$ 。

6.2 基岩段绳索钻进用冲洗液

基岩段冲洗液配比:2%~4%红钠土+0.5%~1%腐植酸钾+0.5%~1%护壁剂+0.5%~1%低粘CMC。

冲洗液性能参数:密度 $1.02\sim 1.04$ g/cm³,失水量 ≤ 12 mL/30 min,粘度 $30\sim 40$ s,pH值 $9\sim 12$,含砂量 $<1\%$ ^[7]。

7 防斜措施^[9]

针对本地区以往钻孔易发生孔斜情况,采用一系列措施保证孔斜不超标。

(1)钻机的安装及开孔是提高孔身质量的前提,

我队严把钻机安装关,坚持班长、机长、项目负责三级检查,对于机台平整和天车、立轴、孔口三点一线严防死守,同时坚持规范操作,严格执行规程和钻孔设计要求,通过不定期抽查来保证工艺的执行,杜绝人为造成的孔斜及其它问题。

(2)采用三级孔径,尽量减少换径次数,减少孔斜机率。

(3)提高钻具刚度,增强钻具的导向和稳定性。

①在覆盖层钻进也采用刚度较大的 $\varnothing 91$ mm 绳索墩粗钻杆和厚壁短岩心管(127 mm $\times$ 113 mm, 5 m)防止孔斜发生。

②采用扶正导向能力较强的梯齿形唇面金刚石钻头和上下双重扩孔器增加钻柱下端钻进稳定性。

③钻穿采空区即采用小间隙的绳索取心钻进工艺。

(4)合理选取钻进参数。钻压过大会使钻柱弯曲,转速过高、泵量过大会使孔径冲大,导致环空间隙增大,2种情况均有可能导致孔斜增大,所以确定了原则上轻压慢转的钻进参数。

8 施工难题及解决办法

8.1 采空区套管断裂问题

2017-5孔下入 $\varnothing 114$ mm 套管后,采用 $\varnothing 95$ mm 绳索取心钻进时, $\varnothing 114$ mm 套管在采空区段发生了断裂,下钻到断裂处下不去,而且不返冲洗液,无法正常施工。采用常规注水泥方法灌注几次,水泥浆全部顺采空区流失。

解决办法:将钻杆全部提出钻孔,按普通425水泥:水=0.4:1的比例调配水泥浆,搅拌至接近不能流动状态,直接从孔口倒入,水泥浆在自重和孔内抽吸力作用下迅速到达孔底。尽量多注入一些,由于注入的加稠水泥浆粘度大,等到套管断裂处流动性降至更低,不会流入采空区过多,加之采空区经过几年的沉陷,基本空隙不大,所以加稠水泥浆能将套管和地层固定。待加稠水泥浆凝固后开始下钻扫孔,冲洗液能循环正常。将开裂的套管强行扫下,取出半片事故套管。然后采用常规注水泥的方法将下部事故套管固定,保证能正常施工^[10]。

8.2 基岩地层严重漏失问题

此地层基岩段由于常年的煤炭开采,造成地层严重破碎、漏水,通过调节冲洗液性能解决岩层破碎段孔壁掉块问题,有一定效果。

但有些层段漏失问题非常严重,经常出现失返性漏失,水位无法测量,采用常规注水泥浆护壁无效果。最后吸取处理采空区套管事故方法的经验,使水灰比达到0.4:1,大幅降低了水泥浆流动度性,能够迅速封堵破碎地层,采用孔口直接倾倒入克服了泵送的困难,这种方法取得了很好的效果,几次漏水都成功堵住。值得注意的是水泥浆量宜多不宜少,计算时所采用的附加系数均超过2.4,同时压浆水灌至孔口,便于观测^[11]。

9 钻进的技术效果

通过上述手段和方法,圆满完成了钻探任务。全孔钻孔弯曲度为2°;岩心综合采取率达85%,6层煤层采取率全部在95%以上,没有打丢任何煤层;各岩心与地层情况明了,为煤层开采时的安全评估提供了有利的资料支持。与同矿区的其它机台相比,综合钻探效率提高近1倍。

10 结语

童亭煤矿矿区施工取得了较好效果,笔者认为我队在一些技术方面采取的措施是保证顺利钻探取心任务的关键。

(1)选用的钻头钻具较为适合。本次钻进均选用我队开发的新产品,尤其是覆盖层的单管钻具具有钻进及提钻中能保护岩心、提下大钻时不抽拉钻孔的特点,能有效提高岩心采取率和防止造成孔缩、孔塌。

(2)采用绳索取心工艺终孔,发挥了绳索取心“三高一低”的优越性,有效提高了钻探效率和岩心采取率,而在同矿区施工中,本队是唯一采用绳索取心钻进终孔的队伍。

(3)同时大打小下适用于缩径极其严重地层,加稠水泥浆孔口直接倾注灌注方法适用于严重漏失不返水的地层,我们认为值得推广应用。

(4)严格管理是所有技术措施能够发挥效果的基础,我队是有多年施工经验的专业钻探队伍,钻工技术水平较高,能够严格遵守规范,保证了技术措施和事故处理方法能够发挥效果。

参考文献(References):

- [1] 许子坤.童亭煤矿1011采区地质构造分析[J].科技传播,2013,5(3):163,158.
- XU Zikun. Geological structure analysis of 1011 mining area in

- Tongting coal mine[J]. Public Communication of Science & Technology, 2013,5(3):163,158.
- [2] 于孝民,杨春光,董国明,等.唐山市第一眼蓟县系地热井钻探及成井技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(2):41-44.
- YU Xiaomin, YANG Chunguang, DONG Guoming, et al. Drilling and completion technology in the first geothermal well construction in Jixian system in Tangshan[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(2): 41-44.
- [3] 邢士学.煤田钻探绳索取心技术探讨[J].煤炭技术,2008,27(9):154-155.
- XING Shixue. Discussion of core-drilling technology of wire-line coring in coalfield exploration[J]. Coal Technology, 2008, 27(9):154-155.
- [4] 孔卫开.绳索取心技术在深孔钻探施工中的应用[J].西部探矿工程,2012,24(7):29-32,35.
- KONG Weikai. Application of wire coring technology in deep hole drilling construction[J]. West-China Exploration Engineering, 2012,24(7):29-32,35.
- [5] 张鸿飞.S95绳索取心钻进工艺在极倾斜地层中的施工应用[J].地质装备,2017,18(3):24-28.
- ZHANG Hongfei. Construction application of S95 wire-line core drilling technology in extremely inclined formation[J]. Equipment for Geotechnical Engineering, 2017,18(3):24-28.
- [6] 王有东.绳索取心钻进技术在煤田勘探超深孔施工中的应用[J].中国煤炭地质,2009,21(4):67-69,72.
- WANG Youdong. Application of wire-line core drilling in coalfield ultra deep boreholes[J]. Coal Geology of China, 2009,21(4):67-69,72.
- [7] 张波.钾基聚合物抑制冲洗液在榆横矿区煤田地质绳索取心钻探工艺中的应用[J].资源信息与工程,2017,32(6):60-62.
- ZHANG Bo. Application of potassium-based polymer suppression flushing fluid in coalfield geological wire coring drilling technology in Yuheng mining area[J]. Nonferrous Metals Abstract, 2017,32(6):60-62.
- [8] 王安德.试析煤田绳索取心钻进的孔内安全问题[J].煤田地质与勘探,1986,(6):68-70.
- WANG Ande. Analysis on the safety problem of the hole in the coalfield wire-line core drilling[J]. Coal Geology & Exploration, 1986,(6):68-70.
- [9] 石伯彪.绳索取心钻进孔斜及其防斜探讨[J].西部探矿工程,1990,32(3):69-80.
- SHI Bobiao. Discussion on the borehole deviation and deviation prevention of wire-line core drilling[J]. West-China Exploration Engineering, 1990,32(3):69-80.
- [10] 袁明文,姚改委.对提高深部钻探取心质量的思考和建议[J].科技创业月刊,2015,28(7):102-104.
- YUAN Mingwen, YAO Gaiwei. Thoughts and suggestions on improving coring quality in deep drilling[J]. Pioneering with Science & Technology Monthly, 2015,28(7):102-104.
- [11] 肖海龙.泥浆在钻井中的使用一般原则及现场调配[J].城市地质,2016,11(4):112-114.
- XIAO Hailong. General using principles and in-situ confecting method of drilling mud[J]. Urban Geology, 2016,11(4):112-114.

(编辑 韩丽丽)