

粉煤地层绳索取心钻进孔壁坍塌分析及处理

丁宁宁¹, 马天捧², 姚雷¹, 浦志¹, 赵兴达³, 张博¹, 朱晓东¹, 王俊鹏¹, 秦正运⁴

(1. 河北省地质矿产勘查开发局第二地质大队(河北省矿山环境修复治理技术中心), 河北唐山 063000;

2. 甘肃煤田地质局一三三地质队, 甘肃白银 730900; 3. 唐山中地地质工程有限公司, 河北唐山 063000;

4. 鲁国(山东)化工有限公司, 山东临沂 276000)

摘要:在甘肃省景泰县郭家台煤炭资源详查ZK30-1孔施工中,因强行提“水钻”造成了长孔段孔壁严重坍塌事故。分析认为坍塌地层粉煤层位多、累计厚度大,围岩结构松散、破碎是造成孔壁坍塌的地质因素;冲洗液性能与地层岩性不适应是主要技术因素。通过引入低粘强抑制冲洗液,扫孔过程中轻压慢转、小泵量循环,成功处理了孔壁坍塌,顺利终孔。煤田钻探施工对冲洗液性能要求严格,用绳索取心钻探粉煤对冲洗液性能要求更为苛刻,在冲洗液配制和钻进过程中尤其需要加强对其性能变化的监控。

关键词:绳索取心;粉煤地层;孔壁坍塌;扫孔;冲洗液性能;煤田钻探

中图分类号:P634.8 文献标识码:B 文章编号:2096-9686(2024)02-0127-06

Analysis and treatment of hole wall collapse of wire-line core drilling in pulverized coal strata

DING Ningning¹, MA Tianpeng², YAO Lei¹, PU Zhi¹, ZHAO Xingda³,

ZHANG Bo¹, ZHU Xiaodong¹, WANG Junpeng¹, QIN Zhengyun⁴

(1. Second Geological Brigade, Hebei Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources (Hebei Provincial Mine Environment Restoration and Treatment Technology Center), Tangshan Hebei 063000, China;

2. 133 Brigade of Gansu Coalfield Geology Bureau, Baiyin Gansu 730900, China;

3. Tangshan Zhongdi Geological Engineering Co., Ltd., Tangshan Hebei 063000, China;

4. Lugu (Shandong) Chemical Co., Ltd., Linyi Shandong 276000, China)

Abstract: During the construction of ZK30-1 hole, a detailed investigation hole for coal resources in Guojiatai, Jingtai County, Gansu Province, serious collapse accidents happened in the long hole section caused by forcibly lifting the “water drill”. In this paper, the main reasons why the hole wall collapse were analyzed. Large cumulative coal thickness exists in the collapsed strata, loose and broken surrounding rock structure are the geological factors. The mismatch between the performance of the flushing fluid and the lithology of the formation is the main technical factor. By introducing low viscosity and strong suppression flushing fluid, gently pressing and slowly rotating during the hole cleaning process, and circulating with small pump volume, the collapse of the hole wall was restored, and the hole was successfully finished. Coal drilling construction has strict requirements for flushing fluid performance, and more strict when wire-line core drilling was used to extract core powder. It is necessary to strengthen monitoring of flushing fluid performance changes during mud preparation and drilling processes.

Key words: wire-line core drilling; pulverized coal formation; hole wall collapse; hole scanning; flushing fluid performance; coalfield drilling

收稿日期:2023-07-07; 修回日期:2023-12-14 DOI:10.12143/j.ztgc.2024.02.017

第一作者:丁宁宁,男,汉族,1982年生,高级工程师,地球物理勘查专业,长期从事勘查工程、探矿工程、地质工程施工和技术管理工作,河北省唐山市北新西道157号,43552131@qq.com。

通信作者:张博,男,汉族,1993年生,助理工程师,岩土工程专业,长期从事岩土工程、地质工程施工工作,河北省唐山市北新西道157号,945594305@qq.com。

引用格式:丁宁宁,马天捧,姚雷,等.粉煤地层绳索取心钻进孔壁坍塌分析及处理[J].钻探工程,2024,51(2):127-132.

DING Ningning, MA Tianpeng, YAO Lei, et al. Analysis and treatment of hole wall collapse of wire-line core drilling in pulverized coal strata[J]. Drilling Engineering, 2024, 51(2): 127-132.

0 引言

煤矿资源多覆存于沉积岩地层,岩性以砂岩、泥岩、板岩、页岩等为主,矿层以块煤、粉煤形式存在^[1]。常规煤田钻探以普通单管提钻取心钻进,钻遇煤层后再下入专门的取心钻具进行取心钻进,其优点是:钻进环空间隙大,可以使用高粘度、高密度冲洗液进行护壁,防止孔壁坍塌事故的发生,从而提高钻探施工效率;但也存在岩心采取率低,极易打丢薄煤层矿心,影响煤炭资源量的确定和钻孔质量等缺点^[2-5]。绳索取心钻进煤层岩心采取率高,采取质量好^[6-7]。由于绳索取心钻进环空间隙小,钻孔孔壁失稳坍塌、卡钻等孔内复杂现象频发,严重影响煤田勘探施工效率。施工过程中大多采取增大钻头外径来增大环空间隙维护孔壁稳定,但单纯增大环空间隙不能有效维护粉煤性地层孔壁稳定。已有研究表明,低固相冲洗液更适合绳索取心钻进,针对破碎煤系水敏性地层,已经能够用优质低固相冲洗液来克服钻进孔壁失稳坍塌、掉块难题^[8-11]。

目前,绳索取心钻探在煤田勘探领域应用越来越广泛,承担的工程量越来越多^[12-15],甚至部分煤田勘探项目明确要求,必须采用绳索取心钻探施工。甘肃省景泰县郭家台煤炭资源详查钻探施工要求采用绳索取心钻进,在ZK30-1孔施工中,由于钻孔孔壁坍塌、强行提“水钻”造成长孔段孔壁严重坍塌事故,坍塌孔段长达470 m,经调制化学冲洗液扫孔,成功处理孔壁坍塌事故,免于报废钻孔。

1 勘查区地层情况及施工难点

1.1 地层岩性

勘查区范围内大部分被第四系所掩盖,其下伏为上三叠统南营儿群(T_3n)含煤地层,钻遇岩性由浅至深为:0~80 m浅黄色疏松黄土层及冲洪积相的砂砾石层;80~1106 m(终孔孔深)细粉砂岩、粉砂岩、泥岩、煤层互层,终孔在粉砂岩内。岩石硬度为中硬,可钻性级别为4~6级。区内由于断层切割,地层完整性受到破坏,钻孔中所见地层大多不连续。整个三叠系超覆于加里东期花岗岩或下奥陶统车轮沟群地层之上。

1.2 煤层简述

各含煤组含煤情况见表1。D组煤各分层煤层平均厚度0.34~11.07 m,各分层煤层平均值和为78.60 m,可采煤层11层平均值和为36.85 m;C组煤

各分层煤层平均厚度0.17~3.51 m,35分层煤层平均厚度之和36.53 m,可采煤层14层平均厚度之和为27.84 m;B组煤各分层煤层平均厚度0.13~1.66 m,39分层煤层平均厚度之和26.69 m,可采煤层7层平均厚度之和为7.45 m。3个煤组煤层总厚度平均141.82 m,含煤系数10.1%;可采煤层总平均厚度72.17 m,可采煤层含煤系数5.1%。在3个煤组中以D含煤组含煤性较好,含煤系数较高。

表1 郭家台勘查区煤系地层含煤情况

Table 1 Coalcontent in coal-bearing strata in the Guojiatai exploration area

含煤段	平均厚度/m			含煤系数/%	可采含煤系数/%	可采煤层
	地层	煤层	可采煤层			
D含煤段	521.19	78.60	36.85	15.1	7.1	11层
C含煤段	419.94	36.53	27.87	8.7	6.6	14层
B含煤段	467.00	26.69	7.45	5.7	1.6	7层
总计	1408.13	141.82	72.17	10.1	5.1	32层

1.3 钻孔施工难点

钻遇地层岩石强度不高,维护孔壁稳定、预防孔壁失稳坍塌是施工的关键,要求冲洗液性能具有低粘度、低密度、低失水,且携带砂、岩粉能力好,能够保持孔内清洁,为钻进施工提供优良的孔内环境。

2 施工过程简述

依据钻孔地质设计、地层岩性、孔深及钻孔结构等实际情况,配备钻探设备及施工管材^[16-19]。采用XY-5型钻机,SGX13型钻塔,BWB250型泥浆泵。

结合矿区地层实际及其它钻孔施工资料,ZK30-1孔采取三级钻孔结构。

一开采用 $\varnothing 150$ mm复合片单管钻头开钻,钻具组合为:主动钻杆+S114.3 mm绳索取心钻杆+ $\varnothing 146$ mm岩心管+ $\varnothing 150$ mm钻头,穿过第四系覆盖层进入基岩5 m达到孔深7.5 m,换浆提钻,进行地球物理测井后,下入 $\varnothing 146$ mm地质套管作为孔口管,将主动钻杆与 $\varnothing 146$ mm孔口管连接在一起对套管周围进行填塞固定,使得主动钻杆正对 $\varnothing 146$ mm套管中心。

二开采用S122 mm绳索取心钻具钻进,钻遇完整基岩(砂岩或泥质板岩)57.4 m,换浆、提钻,进行

地球物理测井后,下入S122 mm 钻具钻杆作为技术套管。将主动钻杆对准S122 mm 钻具钻杆后对技术套管周围进行填塞稳固。

三开采用S95 mm 绳索取心钻具进行钻进(钻头外径98 mm),钻进至孔深80 m时遇到第一层煤。钻进至孔深820.23 m时已钻遇煤层15层,煤层累计厚度达150 m,钻探过程中曾经发生多次卡钻、甚至泥浆泵不能将冲洗液送至孔底的现象,经钻机卷扬机配合油缸强力起拔将钻具提至地表。终孔孔深1106 m。

钻进施工中采用低固相冲洗液,初步确定冲洗液配方为:膨润土5%(质量比),碳酸钠加量为膨润土质量的5%,羧甲基纤维素0.3%~0.5%(体积比),防塌护壁剂1%~3%(体积比),封堵剂0.2%~0.5%(体积比)。

膨润土冲洗液性能参数为:密度 1.07 g/cm^3 、粘度42 s(苏式漏斗)、失水量10 mL/30 min、泥皮厚度1 mm、pH值8。

3 长孔段孔壁失稳坍塌经过及原因分析

3.1 钻孔坍塌经过

ZK30-1孔钻进至孔深820 m时,钻机回转阻力增大,电流表摆动幅度增大,并伴随泥浆泵泵压增大,停泵泄压后下入打捞器捞取内管,内管提拉不动,经绳索取心绞车强力提拔将钢丝绳拉断,此时,钻杆内水位无变化,立即提钻(钻杆内装满冲洗液),拧卸钻杆时发现钻杆内水位无变化确认为提“水钻”,为了减少提“水钻”对孔壁的虹吸作用力,采取了“低转慢提”的施工方法,尽最大程度保证孔壁稳定。

在提钻过程中发现孔深450~350 m孔段提拉阻力增大,单独依靠钻机卷扬机拉不动孔内钻杆,采取钻机上升油缸配合卷扬机强力起拔钻杆。强力起拔施工首先将钻杆割断然后用丝锥连接钻杆,提钻至孔深350 m后转入正常提钻,最终将孔内钻杆、钻具提至地表。

3.2 孔壁坍塌原因分析

3.2.1 围岩结构松散、地层破碎

ZK30-1孔在孔深350~820.40 m孔段,煤层厚度大于 $>70 \text{ cm}$ 的层位有13层,煤层与煤层之间为泥岩和粉砂岩且为破碎状态(详见图1、图2)。钻孔粉煤层位多,累计厚度大,围岩结构松散、破碎。泥岩遇水缩径,孔壁极不稳定。



图1 孔深390.6~395.4 m处的岩心
Fig.1 Core at the depth of 390.6~395.4m

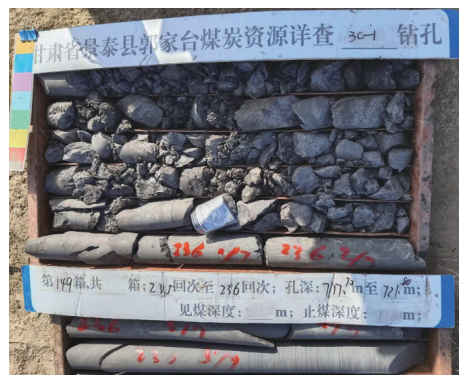


图2 孔深717.7~721.8 m处的岩心
Fig.2 Core at the depth of 717.7~721.8m

3.2.2 冲洗液性能与地层岩性不适应

冲洗液粘度大、粘结力强,容易将大颗粒岩粉粘附于孔壁和钻杆上,致使泵压增高及粘附卡钻发生,大颗粒岩粉(砂粒)粘附于孔壁影响上返冲洗液携带岩粉通过,致使回转钻杆阻力增大;粘附于孔壁的岩粉更影响了孔壁泥皮的稳定性。

3.2.3 冲洗液循环设置不合理

冲洗液循环槽短且没有设置沉砂挡板、冲洗液粘度高不利于岩粉沉淀,没有配备冲洗液净化设备,不能够及时清除冲洗液内的有害固相致使循环使用质量不好,从而造成本来就不稳定的孔壁更易剥落坍塌和卡钻。

3.2.4 提钻操作不当

在钻进过程中泵压增高、钻杆回转阻力增大,停泵后钻杆内水位不下降,提拉钻具内管不成功,被迫强行提“水钻”,钻杆内充满冲洗液强行在钻杆内抽拉,对钻头以下的孔壁形成“负压区”,破坏了钻孔平衡致使孔壁失去支撑力,引起不稳定层位

(煤层及破碎段)的坍塌。

3.2.5 盲目追求钻进速度

对于这种粉煤层多、煤层围岩结构松散的煤系地层每钻进1 m就需要进行孔壁维护,每次绳索取心需要优质冲洗液冲孔循环3~5 min,确认孔底、孔内、钻杆内、循环冲洗液内没有有害固相后,才能捞取内管取心。该孔自2023年2月4日开钻,至3月6日孔深820 m,平均每天进尺达26 m。在施工过程中,没有在复杂煤系地层中认真做好孔壁维护,一味追求快速进尺,致使循环使用的冲洗液固相含量增高,不能维护孔壁安全、没有创造优良的孔内正常钻进环境。因此,在孔深820 m处发生了孔壁坍塌、卡钻事故。

4 事故处理措施

ZK30-1孔钻进至孔深820 m发生卡钻、孔壁坍塌事故后,强行提钻并将钻具、钻杆全部提至地表,经过重新调配冲洗液,提高冲洗液的粘度和密度,分阶段进行扫孔。

4.1 扫孔第一阶段施工过程

首先,重新配制冲洗液,调整冲洗液性能,粘度45 s(苏式漏斗),密度 1.08 g/cm^3 ,失水量 $6\text{ mL}/30\text{ min}$ 。以高粘度、高密度冲洗液维护孔壁稳定。将钻具内管卡簧座与钻头内台阶间隙调整为最大值5 mm,有利于冲洗液顺利通过。下钻扫孔,下钻至孔深350 m钻具遇阻,将钻具提高遇阻处,采用“轻压慢转”的钻进参数进行扫孔,经过近10 h的扫孔,扫至孔深448 m,钻杆回转阻力增大、泵压升高(8 MPa),扫孔无法进行,停止回转、停泵下打捞器捞取内管,内管提拉不动,随即提取钻具(提“水钻”),将钻具提至地表,检查钻具发现内管和外管间隙全部被砂粒(粗颗粒岩粉)充填造成内管不能活动。当时钻机机、班长认为,钻孔自350 m以下已经全部坍塌且被砂粒充填,下钻时砂粒充塞到钻具内、外管间隙内,由于砂粒间的缝隙可以通水,所以在开始泥浆泵可以将冲洗液送进钻孔底部,随着扫孔孔深的增加,孔壁坍塌影响冲洗液的正常循环造成憋泵而泵压增高,由于停泵后冲洗液的回压致使钻具内、外管之间的砂粒堆积使得内管不能活动,内管提拉不动。因此,该孔已无法处理只能报废,再挪移钻机重新开钻施工。

4.2 第二阶段扫孔施工

4.2.1 查看岩心预测坍塌孔段

查看地层岩心岩性,该孔以砂岩为主,局部夹杂有泥岩和煤层,判断在施工过程中出现上部泥岩表面水化造成缩径,下部钻遇粉煤,因上部泥岩缩径煤渣上返困难造成泵压升高,钻过煤层底部的冲洗液携带煤渣和大颗粒岩粉回冲堵塞内外管的环状间隙造成提“水钻”。绳索取心钻进工艺因其环状间隙小,前期冲洗液粘度大,加入过多的增粘类材料致使粘结力强,煤渣和大颗粒岩粉粘附在孔壁上,提钻时由于扩孔器的刮削造成上提困难,再叠加提“水钻”,虹吸作用造成煤层和破碎层失稳,造成孔壁坍塌和孔内卡钻事故。

4.2.2 制定扫孔施工方案

针对本矿区的粉煤、松散泥岩表面水化的特点,配制满足金刚石绳索取心钻进工艺的冲洗液。煤系地层含有一定的炭质页岩、砂岩、泥岩,要抑制泥页岩等水敏性地层的分散、膨胀和剥落,必须控制冲洗液的失水量在较小的范围并实现低渗透,同时采用添加封堵剂和聚合物等,提高冲洗液的封堵和抑制性能,控制地层的水化膨胀和分散,保持对粉煤的稳定性和对泥岩表面水化的抑制性。配制低密度、低失水、低粘度抑制性冲洗液,具有较好的携带岩粉能力,上返地面后能絮凝沉淀。获得高转速的同时,钻杆内壁也不会结泥皮。

闭氮散防塌封闭解卡剂能有效抑制页岩和粉煤水化分散剥落,有效封堵地层微孔隙,防止剥落性页岩粉煤坍塌,具有较好的降失水、降粘作用及润滑、预防粘附卡钻、防止开高转速钻杆内壁结泥皮。闭氮散防塌剂是增粘类的降失水剂,可在岩石表面形成保护膜控制粘土的水化分散能力。泥岩煤系抑制剂可使钾离子、铵离子的含量增多,提高冲洗液的抑制性,减少泥岩的表面水化,控制地层造浆。

初步确定冲洗液配方为:膨润土3%~6%(质量比),碳酸钠加量为膨润土质量的5%,防塌封闭解卡剂1%~3%(体积比),泥岩煤系抑制剂1%~3%(体积比),泥岩固壁溶胶0.2%~0.5%(体积比),速氮散防塌剂0.5%~1%(体积比)。

设计冲洗液性能:密度 1.03 g/cm^3 ,粘度22 s(苏式漏斗),失水量 $6\text{ mL}/30\text{ min}$,泥皮厚度0.5 mm,pH值8.5。

配制过程:按设计加碳酸钠和粘土粉搅拌成基

浆并充分水化,按设计将防塌封闭解卡剂(闭氮散)加入原浆中搅拌均匀,再加入泥岩煤系抑制剂、泥岩固壁溶胶等搅拌均匀,2 h后加入防塌剂速氮散,加入过程中测试冲洗液各项指标达到设计为止。

钻进中采用较小泵量,适当增加钻具环状间隙,降低起下钻速度,减少冲洗液对孔壁抽吸、挤压等“激动”压力破坏,增加流动性,减少煤渣在孔壁的附着。

4.2.3 实施扫孔

下钻至346 m后扫孔,轻压慢转,小泵量循环,严格控制冲洗液性能,降低提下钻速度,注意观察扫孔后钻具能否下到刚扫过的孔底、钻具到底后是否憋泵、扫孔后回转阻力是否跟坍塌层以上完整地层相同、掉块坍塌是否减少、上返冲洗液量是否正常、孔口钻杆里的水位是否回落等特征,判断所配冲洗液护壁效果。扫孔后泵压和回转阻力恢复正常再倒杆或加杆,据此调整冲洗液的密度、粘度和失水量等性能。通过优化冲洗液配比和改善冲洗液性能,更大程度地满足绳索取心钻进工艺。通过7天的不断扫孔,将坍塌的孔段维护稳定扫至原孔深820 m并且继续钻进至1101.65 m顺利终孔。期间地层坍塌缩径现象明显减弱,开高速钻进未出现钻杆内壁结泥皮现象。

5 结论及建议

(1)煤炭资源勘查采用金刚石绳索取心钻探施工,正确使用冲洗液是确保钻孔顺利施工的基础。只有根据地层岩性正确选用冲洗液材料、合理调整冲洗液配方,达到优良的冲洗液性能参数,加强对冲洗液性能变化的监控,才能够较好地维护煤系地层孔壁稳定,从而实现清洁的孔内钻进环境,确保钻孔顺利终孔。

(2)煤系地层、水敏性地层合理采用速氮散防塌剂、闭氮散防塌封闭解卡剂、泥岩煤系抑制剂等冲洗液材料,能够克服复杂地层坍塌、掉块、缩径,实现绳索取心钻探高效率,有效提高钻探施工效益。

(3)建议制定煤系地层绳索取心钻探施工规范、标准,有利于绳索取心钻探在煤炭资源勘查施工中发挥更好的效能。制定金刚石绳索取心钻探施工冲洗液使用规范、标准,有利于钻杆、钻具及钻头的合理使用,降低钻具、钻杆的磨损,提高金刚石钻头使用寿命,降低钻探施工成本;更有利于钻孔

孔壁的稳定,防止发生孔内事故

参考文献(References):

- [1] 袁进科,陈礼仪,牛文林,等.低固相钻井液体系在古叙煤田勘探中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(1):21-23. YUAN Jinke, CHEN Liyi, NIU Wenlin, et al. Application of low solid drilling fluid system in prospecting in Guxu Coal Field [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2008,35(1):21-23.
- [2] 中国煤田地质总局.煤田钻探工程(第五分册)[M].北京:煤炭工业出版社,1994. China Coalfield Geology Administration. Coalfield Drilling Engineering (Volume 5) [M]. Beijing: Coal Industry Press, 1994.
- [3] 鄢捷年.钻井液工艺学[M].东营:石油大学出版社,2000. YAN Jienian. Drilling Fluid Technology [M]. Dongying: Petroleum University Press, 2000.
- [4] 李子硕,薛曼,李智,等.松软煤层加固用泡沫水泥浆的实验研究[J].钻探工程,2023,50(3):130-138. LI Zishuo, XUE Man, LI Zhi, et al. Experimental study of foamed cement slurry for soft coal seam reinforcement [J]. Drilling Engineering, 2023,50(3):130-138.
- [5] 任晓顺,太武,刘建福,等.河北省乐亭县滦河古河道深覆层钻探施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(1):22-26. REN Xiaoshun, TAI Wu, LIU Jianfu, et al. Drilling construction technology used in deep overburden layer of Luanhe ancient channel in Hebei [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015,42(1):22-26.
- [6] 秦伟,赵庆彬,张迪,等.煤层气绳索取芯工艺技术常见问题及处理方法探索[J].中国石油和化工标准与质量,2013,34(2):71-73. QIN Wei, ZHAO Qingbin, ZHANG Di, et al. Exploration of common problems and treatment methods in coalbed methane rope core extraction technology [J]. China Petroleum and Chemical Standards and Quality, 2013,34(2):71-73.
- [7] 黄洪春,王玺,郑毅.煤层气绳索取心技术研究与应[J].钻采工艺,2001(3):89-92. HUANG Hongchun, WANG Xi, ZHENG Yi. Research and application of coalbed methane core drilling technology [J]. Drilling and Production Technology, 2001(3):89-92.
- [7] 杨芳,张明德,王勇军,等.深部钻探绳索取心跨口径钻具的应用研究与拓展[J].钻探工程,2023,50(4):25-31. YANG Fang, ZHANG Mingde, WANG Yongjun, et al. Research and development of cross-diameter wire-line coring system in deep drilling [J]. Drilling Engineering, 2023, 50 (4) : 25-31.
- [9] 段志强,李生海.低固相冲洗液在赣南再里地区的应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(6):26-29. DUAN Zhiqiang, LI Shenghai. Application of low solid flushing fluid in Zaili Area of South Jiangxi [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(6):26-29.
- [10] 张福涛.松软煤层穿层孔挠性钻具强造斜机理与过程研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(10):47-50. ZHANG Futao. Study on mechanism and process of strong deflecting of flexible drilling tools in through beds hole of soft coal seam [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and

- Tunneling), 2017,44(10):47-50.
- [11] 袁青松,汪超,刘艳杰,等.中牟页岩气区块泥页岩井壁稳定影响因素分析及技术对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(11):12-18.
YUAN Qingsong, WANG Chao, LIU Yanjie, et al. Analysis on the influence factors to mud shale borehole stability in Zhongmu Shale Gas Block and the technical countermeasures [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(11):12-18.
- [12] 谢国毅,刘虎,毛志新.贵州岩溶地区煤层气钻井关键技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(5):46-49.
XIE Guoyi, LIU Hu, MAO Zhixin. Key coalbed methane drilling technology in Guizhou karst area[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(5):46-49.
- [13] 王宗友,乔生贵,陈刚,等.大雪山煤矿有线随钻定向钻进技术应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(1):4-8.
WANG Zongyou, QIAO Shenggui, CHEN Gang, et al. Application of cabled directional drilling technology in Daxueshan Coal Mine[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(1):4-8.
- [14] 李光宏.东庞煤矿DB2-E5井侧钻水平钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(7):52-55,69.
LI Guanghong. Sidetracking horizontal drilling technology in Well DB2-E5 of Dongpang Coal Mine [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(7):52-55,69.
- [15] 陶归成,唐珂灵,陈琛,等.陆相沉积地层绳索取心钻进所遇问题及解决办法[J].钻探工程,2022,49(4):93-98.
ZTAO Guicheng, TANG Keling, CHEN Chen, et al. Wire-line coring problems and solutions in continental sedimentary formation drilling [J]. Drilling Engineering, 2022, 49 (4) : 93-98.
- [16] 郑思光,赵志杰,左新明.查干德尔斯钼矿复杂地层钻探技术探讨与实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(5):31-33,64.
ZHENG Siguang, ZHAO Zhijie, ZUO Xinming. Discussion of drilling technology in complex formation of Chagandeersi Molybdenum Deposit [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(5):31-33,64.
- [17] 赵志杰,刘永,刘宪国,等.三河煤矿采空区地面塌陷地质灾害调查钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(2):77-80.
ZHAO Zhijie, LIU Yong, LIU Xianguo, et al. Application of drilling technology for geological disaster investigation of goaf collapse area [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(2):77-80.
- [18] 郑思光,赵志杰,王克佳,等.司家营(南)区大贾庄铁矿复杂地层深孔钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):36-39,46.
ZHENG Siguang, ZHAO Zhijie, WANG Kejia, et al. Deep hole drilling technology in complex formation of Daguzhuang Mining Section in South of Sijaying Iron Mine [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011,38(7):36-39,46.
- [19] 刘江,聂新明,王雷浩,等.白洞铁矿ZK27A07孔下套管跑管事故处理[J].钻探工程,2022,49(6):79-86.
LIU Jiang, NIE Xinming, WANG Leihao, et al. Treatment of casing unscrewing in ZK27A07 hole of Baijian Iron Mine [J]. Drilling Engineering, 2022,49(6):79-86.

(编辑 荐华)