

茶亭铜多金属矿区深孔岩心钻探工艺与事故处理

张东兴, 时志兴*

(河南省第一地质大队有限公司, 河南 郑州 450016)

摘要: 针对茶亭铜多金属矿区深孔岩心钻探工期紧、事故多发的难题, 结合矿区地层与工程实践, 分析孔斜超差、套管脱落、钻杆断裂、烧钻等孔内事故机理。矿区设计钻孔62个, 孔深1000~2000 m, 总工作量96240 m, 勘探间距50 m, 按孔深采用三开、四开钻孔结构, 配套孕镶金刚石钻头及膨润土/氯化钾聚磺分级冲洗液体系, 并优化钻进规程参数。结果表明: 地基未完全固化开钻、套管不到位及人为误操作是事故主因; 采用螺杆钻具定向纠斜、水泥人工孔底、修孔、套管隔离绿泥岩、反丝钻杆打捞、磨铣对接及无内管捞取钢丝绳等处置技术后, ZK4503孔顶角由700 m处4.82°降至1000 m处0.4°, ZK4714孔多重事故经46 d处理恢复钻进。开孔质量直接决定深孔钻探成效, 高质量开孔可减少15%~30%非钻进时间。研究可为该矿区及类似条件矿区深孔岩心钻探提供工程借鉴。

关键词: 深孔钻探; 开孔质量; 孔内事故; 钻孔弯曲; 钻孔纠斜; 套管脱落; 冲洗液; 茶亭铜多金属矿区

中图分类号: P634 **文献标识码:** B **文章编号:** 2096-9686(2026)S1-0249-06

Deep hole core drilling technology and accident treatment in Chating copper polymetallic mining area

ZHANG Dongxing, SHI Zhixing*

(Henan First Geological Brigade Co., Ltd., Zhengzhou Henan 450016, China)

Abstract: To address the problems of tight schedule and frequent accidents in deep-hole core drilling in the Chating copper polymetallic mining area, the mechanisms of downhole accidents such as out-of-tolerance borehole deviation, casing fall-off, drill pipe fracture, and bit burning were analyzed in combination with the formation conditions and engineering practice of the mining area. A total of 62 boreholes were designed, with depths of 1000~2000 m, a total drilling footage of 96240 m, and an exploration spacing of 50 m. Three-spud and four-spud borehole structures were adopted according to hole depth; impregnated diamond bits and bentonite/KCl polymer-sulfonate staged drilling fluid systems were used; and drilling parameters were optimized. The results show that spudding-in before foundation solidification, improper casing placement, and human operational errors were the main causes of accidents. After the application of treatment techniques such as directional deviation correction with a positive displacement motor, artificial bottom hole with a cement plug, hole reaming, casing isolation of chloritic rock, reverse-thread drill pipe fishing, milling and jointing, and wire rope fishing without an inner tube, the drift angle of borehole ZK4503 decreased from 4.82° at 700 m to 0.4° at 1000 m, and drilling in borehole ZK4714 was resumed after 46 days of treatment for multiple downhole accidents. Spudding-in quality directly determines the effectiveness of deep-hole drilling, and high-quality spudding-in can reduce non-drilling time by 15%~30%. This study provides an engineering reference for deep-hole core drilling in this mining area and mining areas with similar conditions.

Key words: deep-hole drilling; spudding-in quality; downhole accident; borehole deviation; borehole deviation correction; casing fall-off; drilling fluid; Chating copper polymetallic mining area

收稿日期: 2026-08-10; 修回日期: 2026-09-18 DOI: 10.12143/j.ztgc.2026.S1.030

第一作者: 张东兴, 男, 汉族, 1971年生, 高级工程师, 探矿工程专业, 从事固体岩心钻探技术研究工作, 河南省郑州市经开区第八大街166号, 382288126@qq.com。

通信作者: 时志兴, 男, 汉族, 1973年生, 正高级工程师, 探矿工程专业, 从事固体岩心钻探技术研究工作, 河南省郑州市经开区第八大街166号, 765181609@qq.com。

引用格式: 张东兴, 时志兴. 茶亭铜多金属矿区深孔岩心钻探工艺与事故处理[J]. 钻探工程, 2026, 53(S1): 249-254.

ZHANG Dongxing, SHI Zhixing. Deep hole core drilling technology and accident treatment in Chating copper polymetallic mining area [J]. Drilling Engineering, 2026, 53(S1): 249-254.

0 引言

安徽省宣城市宣州区茶亭铜多金属矿区勘探设计钻孔 62 个,孔深 1000~2000 m,总工作量 96240 m,勘探间距 50 m。三个标段同步施工,工期紧、任务重、作业密度大,工程质量管控要求严格。该矿区地层条件相对单一,岩体较为完整,破碎带发育较少;岩层以砂岩、灰岩为主,下部见少量花岗岩,岩心采取率较高,一般不易发生钻探事故。部分钻机操作人员因此存在侥幸心理,在地基不稳、未开展固井作业、套管下入不到位、套管未采取固定措施,甚至明知开孔即存在偏斜的条件下强行施工,相继引发钻孔弯曲度超差、套管脱落、冲洗液漏失、烧钻、孔壁坍塌等一系列钻探事故,既严重延误工期,也造成较大经济损失。为此,本文对相关施工工艺及事故处置措施进行总结,为后续钻探施工提供经验借鉴。

1 矿区概况

1.1 地理条件

勘查区位于宣州区北东 21°方向约 30 km 处,位于狸桥镇,属低山丘陵区,植被茂密,交通便利,水电资源充足。

1.2 地层情况

矿区地层主要为第四系、白垩系、侏罗系、三叠系、二叠系、泥盆系、志留系。

第四系:勘查区中部和北部大面积出露,厚度一般为 0~20 m,主要为黏土、含砂黏土,间夹砂砾石层。

白垩系:上白垩统赤山组厚度一般 20~100 m,主要为紫红色—棕红色泥岩、岩屑粉砂岩、含砾粉砂岩、钙质泥质粉砂岩等。

侏罗系:平均厚度 100 m,部分厚度可达 450 m,暗紫、棕红色砾岩、砂砾岩、粉砂岩、钙质粉砂岩及含砾岩屑石英砂岩。

三叠系:南陵湖组厚度 0~280 m,上部以浅灰—浅肉红色中厚层微晶灰岩为主,下部以薄—厚层微晶灰岩为主,次为蠕虫状灰岩,底部见一层瘤状灰岩;和龙山组厚度 0~150 m,上部以薄层蠕虫状灰岩、微晶灰岩为主,中下部以薄层灰岩、薄层泥质条带灰岩为主;殷坑组厚度 0~150 m,顶部为中厚层灰岩,上部以中—薄层灰岩为主,夹泥质条带灰岩,下部以页岩、含炭质页岩为主夹薄层泥质灰岩、

钙质页岩。

二叠系:大隆组厚度 0~50 m,主要为长石石英砂岩、页岩及硅质页岩夹灰岩透镜体;龙潭组厚度 0~70 m,主要为中厚层粗粒长石石英砂岩、炭质页岩夹 3~5 层煤。

泥盆系:五通组厚度 0~150 m,石英砂岩夹薄层泥岩、粉砂岩,底部为含砾石英砂岩。

志留系:茅山组厚度 0~330 m,中厚层状石英砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩;坟头组厚度 0~350 m,厚层状细粒岩屑砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩及含粉砂泥岩;高家边组厚度 0~200 m,黄绿—深灰色细粒砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩及页岩。

依据岩性、工程地质性质、裂隙发育程度、岩石质量指标(RQD)、完整情况等,将本矿区岩土体划分为松散岩组、较软岩组、半坚硬岩组、坚硬岩组。

1.3 钻孔设计

矿区勘探设计钻孔 62 个,均为直孔,其中水文观测孔 8 个,见表 1。

表 1 主要钻孔及孔深

钻孔编号	设计孔深/m
ZK4314	1700
ZK4318	1500
ZK4903	1500
ZK4506	2000
ZK4503	1800
ZK5102	1000
ZK4514	2000
ZK4714	1600

1.4 钻孔质量要求

(1)钻孔弯曲:每钻进 100 m 测斜一次,开孔、换径、进出矿体时要进行加密测斜,钻进至 1000 m 顶角不超过 5°,钻进至 1500 m 顶角不超过 10°,钻进至 2000 m 顶角不超过 20°。

(2)岩心采取率:岩心分层采取率≥70%,矿层及矿层顶底板 5 m 内的岩心采取率≥80%,连续 5 m 低于 80% 时,应查明原因,采取补救措施。

(3)终孔直径≥75 mm,岩心直径≥44 mm。

(4)其他要求严格按照《地质岩心钻探规程》(DZ/T 0227—2010)执行。

2 钻进工艺

2.1 钻孔结构

施工矿区主要地层为砂岩、泥岩、灰岩、花岗岩,结构简单,地层稳定,钻孔结构设计为三开、四开(表2、表3)。

表2 1500 m以浅钻孔结构

开次	孔深/m	钻头直径/mm	套管直径/mm	套管下入层位	套管下深/m
一开	50	113	108	穿过松散层	50
二开	500	95	89	南陵湖组底部	500
三开	1500	75			

表3 1500~2000 m 钻孔结构

开次	孔深/m	钻头直径/mm	套管直径/mm	套管下入层位	套管下深/m
一开	50	133	127	穿过松散层	50
二开	500	113	108	南陵湖组底部	500
三开	1200	95	89	泥盆系底部	1200
四开	2000	75			

2.2 钻头选择

矿区岩层主要为泥岩、砂岩、灰岩、花岗岩,可钻性5~9级,大部分岩石为弱研磨性,极少部分花岗岩为强研磨性,且较为完整,选取胎体硬度25~40 HRC、粒度40~60目、浓度75%(内外径补强)的孕镶金刚石取心钻头^[1]。开孔选用胎体硬度35~40 HRC的金刚石钻头,完整且研磨性中等地层选用胎体硬度30~35 HRC的金刚石钻头。在较完整地层采用尖齿孕镶金刚石取心钻头,破碎或硬岩地层采用圆弧唇面孕镶金刚石取心钻头,有利于保护岩心。在使用新金刚石钻头下钻时,先对钻头进行初磨,以保证孕镶金刚石能较好地出刃,从而能有效破碎岩石。钻头应排队依次使用,先用外径大、内径小的,后用外径小、内径大的,以外径为主,有次序地轮换^[2]。

2.3 规程参数

根据矿区地层岩性等特点,合理选择规程参数。上部地层采用小钻压、中低转速和适当的泵量,在深孔钻进时,为保证孔内安全,要限制转速和钻压。同时,在较软岩层中宜采用低转速、中等泵量和适当的压力,在中等硬度岩石中钻进采用中等转速、较大泵量和适当的压力;在完整岩石孔段应

采用较高速、大泵量和适当的压力,在裂隙发育的破碎地层中采用小钻压、低转速和适当的泵量;遇地层倾角突然变化的孔段,应适当降低钻压和转速。随着孔深加大,为保证孔内安全,要限制转速不超过800 r/min,适当调整钻压,甚至减小钻压,配合较大的泵量,但泵压不能超过7 MPa。若泵压过高可能因孔内压力大于地层压力而出现漏失,并且会因压力激动造成孔壁坍塌、掉块等现象,引发孔内事故。因此当泵压升高时应立即查明原因,并通过调整冲洗液性能或提钻、划眼等措施降低泵压后再继续钻进^[3]。规程参数见表4。

表4 规程参数

孔径/mm	地 层	转速/(r·min ⁻¹)	钻压/kN	泵量/(L·min ⁻¹)	泵压/MPa
150	松散层	30~200	9~12	150~260	1~3
122	上部基岩	50~300	8~11	130~220	1~3
95	中深部基岩	70~400	6~8	110~200	1~5
75	深部基岩	100~500	5~7	80~150	1~7

2.4 冲洗液配制

矿区地层上部为第四系、白垩系和侏罗系,成岩性差,岩性主要为黏土、角砾岩、闪长玢岩等,施工中岩粉多,易坍塌掉块、漏失,钻孔易偏斜。为保证钻孔稳定,防漏控斜,上部采用膨润土冲洗液,其配方:3.5~5.0% 膨润土+0.2~0.3% 烧碱+0.1~0.2% 聚合物包被剂+0.2~0.5% 聚丙烯酸钾+0.5~1.0% 腐植酸钾。其性能:密度1.03~1.07 g/cm³,漏斗黏度27~35 s,失水量8 mL,泥皮厚度2~4 mm,含砂量<1%,pH 8~8.5,固相含量2%~4%^[4]。

中下部地层为三叠系、二叠系、泥盆系、志留系,部分岩层裂缝发育,破碎坚硬,应着重做好防漏、防斜、防喷、防卡工作,尽可能降低冲洗液黏度、密度、固相含量和失水量,故选用氯化钾聚磺冲洗液体系。该冲洗液体系具备较强的抑制性能、良好的防塌能力、封堵造壁性能及润滑防卡作用,可实现防塌、防漏、防喷、防卡的目的^[5],其配方:1.5% 随钻堵漏剂+0.5% 聚丙烯酸钾等+0.3% 羧甲基纤维素钠+0.02~0.03% 部分水解聚丙烯酰胺+2% 氯化钾。其性能:密度1.01~1.05 g/cm³,漏斗黏度18~27 s,失水量6 mL,泥皮厚度0.5~2 mm,含砂量<0.3%,pH 8~8.5,固相含量1%~3%。

3 典型钻探事故机理分析

3.1 孔斜事故

ZK4314、ZK4503孔采用XY-6B立轴钻机钻进,施工场地为腐殖土,地基偏软,平整后浇筑混凝土加固,但为加快施工进度,支撑钻机底座的混凝土未完全凝固就强行开钻,致使钻机倾斜^[6],开孔顶角分别达到 0.83° 、 0.76° ,孔深100 m顶角分别达到 1.78° 、 1.52° 。ZK4314孔采取防斜措施后,孔深400 m顶角 3.10° ,孔深475 m顶角 3.76° ,无法保证孔深1000 m时顶角小于 5° ,选择报废钻孔。ZK4503孔采取防斜措施后,孔深400 m顶角 2.60° ,孔深700 m顶角 4.82° ,因无法保证钻孔弯曲符合质量要求,立即停止钻进,等待纠斜。

3.2 套管脱落事故

ZK5102孔,钻至33.0 m时下入 $\varnothing 108$ mm套管,未采用套管夹板等固定措施,也未下入套管靴^[7]。钻孔上部为黏结力较差的黏土夹砾石地层,易发生掉块、坍塌,套管外围形成空洞;钻进过程中钻杆产生振荡,进一步造成套管支撑部位岩层破碎。当施工至330.2 m时,发生套管脱落事故。钻孔上部岩层破碎掉块,孔径扩大,套管脱落后斜卡在孔内,经多次打捞处理无果,最终该钻孔报废,移位重新开孔钻进。

ZK4318为水文地质钻孔,下入 $\varnothing 168$ mm套管38 m,无套管靴,套管未下到稳定层位,上部未采取固定措施,钻进过程中套管脱落下沉,无法正常钻进,施工到196 m时拔出套管,进行扫孔然后扩孔。扫孔时采用 $\varnothing 89$ mm绳索取心钻杆,因钻孔环状间隙大、钻进过程中转速快,钻杆甩动剧烈,导致钻杆多次断裂,形成连环事故,反复处理耗时26 d。

3.3 钻孔缩径、钻杆断裂事故

ZK4903孔采用XY-6B立轴钻机施工, $\varnothing 108$ mm套管下至126.8 m,之后用 $\varnothing 89$ mm钻杆绳索取心钻进,钻孔漏失严重,不返浆,钻至502 m遇绿泥岩(图1)地层,至579.43 m开始掉块、缩径,钻进风险加大^[8]。为防止埋钻等严重孔内事故发生,决定拔出 $\varnothing 108$ mm套管,扩径扫孔后下入 $\varnothing 108$ mm套管护壁。

因现场没有配备 $\varnothing 108$ mm绳索取心钻杆,不得不采用 $\varnothing 89$ mm绳索取心钻杆配合 $\varnothing 113$ mm金刚石钻头扫孔。绳索取心钻杆刚性强而韧性不足,钻杆与孔壁之间环状间隙大;钻进时钻杆转速高、承

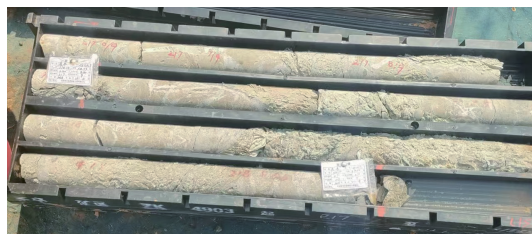


图1 绿泥岩地层岩心

受扭矩大,在孔内摆动剧烈,易造成钻杆断裂,由此引发多起钻杆断裂事故。后采用 $\varnothing 50$ mm普通钻杆、 $\varnothing 113$ mm金刚石钻头扫孔,至426.30 m岩心较为完整,下入 $\varnothing 108$ mm套管。

绿泥岩地层破碎,孔壁黏结力不足,易出现掉块与缩径问题。现场沿用 $\varnothing 50$ mm普通钻杆,采用手工焊接加工的 $\varnothing 77$ mm复合片钻头进行扫孔。施工初期选用无固相冲洗液,但自制钻头焊接精度不足、同心度差,造成孔径不规则,产生大量大颗粒岩粉;普通润滑型无固相冲洗液携渣能力有限,无法将大颗粒岩粉携带至孔外,孔底岩粉持续堆积。钻具钻至孔底起钻后,再次下钻无法到位,只能反复扫孔,进尺效率低,处理效果不理想^[9]。换膨润土配制的密度 1.20 g/cm^3 冲洗液,钻具才可下入孔底。穿过绿泥岩地层再用 $\varnothing 95$ mm绳索取心钻具扩孔,至580.60 m下入 $\varnothing 89$ mm套管,完全隔离绿泥岩地层后采用 $\varnothing 75$ mm绳索取心钻具钻进至终孔。

4 典型钻探事故处理技术分析

4.1 螺杆钻具定向钻进纠斜

ZK4503孔采用XY-6B立轴钻机钻进,施工场地混凝土未完全凝固就开始钻进,开孔顶角偏大,采取慢转轻压的控斜措施,但顶角一直增大,至孔深700 m时顶角达到 4.82° ,考虑钻孔弯曲度无法满足质量要求,停钻洗孔拟采用螺杆钻具定向纠斜。

螺杆钻具定向纠斜必须建造人工孔底。用注浆泵经钻杆把水灰比为0.5的水泥浆泵入孔内,候凝3 d左右,取样确认水泥凝固情况。较高的水泥固结强度有助于纠斜成功^[9]。

水泥强度达标后用 $\varnothing 95$ mm绳索取心钻具扫孔,至600 m处停钻用清水洗孔。由于螺杆钻具的特殊性,使用的冲洗液要尽量干净,含砂量 $\leq 1\%$,颗粒直径 ≤ 0.3 mm,黏度尽量小。考虑岩层比较稳定,纠斜时采用清水作为冲洗液。

纠斜采用单点定向,以便在地面随时监测纠斜工具面向角的变化。首次纠斜采用 0.25° 螺杆钻具,方位角 233° ,由于孔底岩石硬度大,尝试2次,钻进3.0 m,仍无法钻出新孔,纠斜失败。提钻更换 1.25° 螺杆钻具,方位角 233° ,钻进1.2 m后成功钻出新孔,继续钻进15.20 m,显示孔深619.42 m处顶角 2.26° 。

提出螺杆钻具,下入 $\varnothing 95$ mm绳索取心钻具。纠斜作业中钻杆处于不回转状态,纠斜孔段孔壁不光滑,加之螺杆钻具纠斜弯角大,轨迹被强行扭转,造成钻孔发生扭曲,因此需采用锥形金刚石钻头进行修孔。修孔作业遵循轻压慢进原则,反复多次修孔,直至钻具上下通行顺畅、无明显阻力;修孔完成后,即可恢复正常钻进。钻孔测斜数据见表5。

表5 ZK4503孔测斜数据

孔深/m	顶角/ $(^{\circ})$	方位角/ $(^{\circ})$
100	1.52	55.06
200	2.89	46.65
500	3.65	52.45
700	4.82	45.70
800	1.23	31.10
900	1.06	28.39
1000	0.40	8.36
1200	0.89	154.37
1500	0.40	213.81

4.2 多重钻探事故处理技术分析

ZK4714孔采用XY-6B立轴钻机、 $\varnothing 113$ mm绳索取心钻具钻进施工,穿过上部覆盖层,进入到稳定的灰岩地层,孔深136.8 m处下入 $\varnothing 108$ mm套管。采用 $\varnothing 95$ mm绳索取心钻具继续钻进,至223.60 m开始涌水,冲洗液被稀释,无法采用高聚物无固相冲洗液,不得不采用清水钻进。钻进至726 m时,钻机操作人员出现操作失误,在泥浆泵未开启的条件下继续钻进施工。受孔内涌水干扰,操作人员产生误判,未能察觉钻进过程中无冲洗液循环冷却,进而发生严重烧钻事故^[10]。

采用普通反丝钻杆+ $\varnothing 89$ mm公锥多次打捞,仍剩下1根钻杆和1套 $\varnothing 95$ mm绳索取心钻具未能捞出。由于烧钻事故程度严重,采用反丝钻杆打捞的方式易诱发其他孔内事故。且孔内 $\varnothing 89$ mm钻杆上部丝扣完好,拟下入 $\varnothing 75$ mm绳索取心钻具磨除

$\varnothing 95$ mm绳索取心钻头的内径部位,之后下入 $\varnothing 89$ mm钻杆与下部钻杆实现对接,将该钻杆当作 $\varnothing 89$ mm套管使用,继续正常钻进。

采用 $\varnothing 75$ mm绳索取心钻具磨铣孔底钻头时,施工转速高、钻进压力过大;大钻压强行穿过 $\varnothing 95$ mm钻头内径后, $\varnothing 75$ mm钻具卡死,无法起拔。随后计划使用 $\varnothing 75$ mm公锥配普通反丝钻杆捞出该套绳索取心钻具。在孔内仅剩最后1根 $\varnothing 71$ mm绳索取心钻杆和 $\varnothing 75$ mm绳索取心钻具时,计划先用打捞器捞出内管再继续反钻杆,却因内管卡滞造成打捞钢丝绳断裂,打捞器连同钢丝绳一同落入孔内,形成多重孔内事故。

孔内钢丝绳大量堆积,使用打捞器反复捞取内管均无效果。尝试采用带内管总成的 $\varnothing 75$ mm绳索取心钻具进行捞取作业,金刚石绳索取心钻头反复碾搓钢丝绳,破碎的钢丝碎屑堵塞内管,每次仅能捞取少量钢丝绳,处理效果较差。后续改为无内管钻进捞取,效果显著,一次性将孔内全部钢丝绳取出^[10](图2)。



图2 捞取的钢丝绳及脱卡管碎片

为防止打捞器钢丝绳再次断裂,采用 $\varnothing 75$ mm母锥套取打捞器及内管总成,经过多次套取,把剩余 $\varnothing 71$ mm钻杆及取心钻具提出^[8]。重新用 $\varnothing 75$ mm绳索取心钻具,轻压慢转磨透 $\varnothing 95$ mm金刚石钻头内径,反复上下扫磨,钻具上下均无阻碍后,提出 $\varnothing 75$ mm取心钻具,下入 $\varnothing 89$ mm钻杆与下部钻杆对接,作为套管护壁。排掉废冲洗液,用新冲洗液反复循环冲洗,然后用 $\varnothing 75$ mm绳索取心钻具正常钻进。从发生烧钻至处理结束,历经46 d,付出了巨大的人力物力。

5 结语

岩心钻探的开孔质量对后续深孔钻进具有决

定性作用,是深孔钻探的“基石”,直接影响钻孔弯曲度控制、施工安全保障、钻进效率提升以及地质资料获取的准确性。开孔段多为风化、松散地层,若钻孔结构设计不合理,将导致护壁、堵漏措施难以落实,极易造成钻进困难,诱发各类孔内事故,严重时甚至造成钻孔报废。开孔质量不佳还会造成测斜^[11]、纠偏作业频次增加,大幅增加辅助施工时间;若钻孔顶角、方位角偏差过大,深部孔段纠斜难度显著增大,最终造成钻孔严重偏离靶区,降低地质资料的可靠程度。高质量开孔能够减少15%~30%的非钻进时间,显著提升施工效率,获得良好的经济效益。结合本矿区钻探施工实践,对严格按照钻探规范开展开孔作业的重要性有了更深刻的认识。

参考文献:

- [1] 蔡隽,王步清,王虎,等.南方丘陵地区岩心钻探关键技术措施[J].钻探工程,2025,52(2):28-37.

- [2] 张旭,李中明,王泽,等.东北寨金矿复杂地层综合钻探施工技术[J].钻探工程,2024,51(S1):292-298.
- [3] 李增梁,陈永平,穆元红,等.甘肃杨岭铁矿区复杂地层岩心钻探技术[J].钻探工程,2024,51(S1):287-291.
- [4] 刘振新,翟育峰,徐志权,等.小秦岭整装勘查区综合普查钻探技术[J].钻探工程,2023,50(3):37-43.
- [5] 张席芝,杨亚平,寇永渊,等.金川矿区复杂地层钻探孔壁失稳机理与对策研究[J].钻探工程,2023,50(6):70-77.
- [6] 刘蓓,蔡正水,杨可,等.寨上金矿复杂地层深孔岩心钻探技术[J].钻探工程,2023,50(S1):240-245.
- [7] 刘志龙,陈磊,石岩,等.内蒙古哈达门沟矿区复杂地层钻探技术研究——以ZK20312钻孔为例[J].钻探工程,2023,50(S1):246-250.
- [8] 胡郁乐,张绍和.钻探事故预防与处理知识问答[M].长沙:中南大学出版社,2010.
- [9] 黄德强,汪传武,张波.南秦岭镇安西部复杂地层钻探技术及对策[J].钻探工程,2023,50(S1):251-255.
- [10] 朱璞,赵强,班金彭,等.贵州省矿产资源大精查高地锰矿深孔钻探技术[J].钻探工程,2023,50(S1):262-266.
- [11] 班金彭,宋继伟.贵州省松桃县高地锰矿勘探深孔钻探防斜技术[J].钻探工程,2023,50(S1):267-273.

(编辑 王跃伟)