

司家营(南)区大贾庄铁矿复杂地层深孔钻探技术

郑思光, 赵志杰, 王克佳, 刘 墨, 王 蒙

(河北省地矿局第二地质大队, 河北 唐山 063000)

摘 要:总结了滦县司家营(南区)铁矿大贾庄矿段复杂地层深孔钻探施工技术经验,着重分析了厚覆盖层和破碎漏失、坚硬“打滑”地层的钻进方法,同时介绍了保证复杂地层岩心采取率及控制钻孔弯曲超差偏离勘探线的技术措施。通过大贾庄矿段深部钻探施工,提出了千米以深钻孔复杂地层的钻探施工技术措施和保证钻探施工质量应注意的事项及措施。

关键词:复杂地层;深孔钻探;泥浆护壁;钻进参数;效率;质量措施

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)07-0036-04

Deep Hole Drilling Technology in Complex Formation of Daguzhuang Mining Section in South of Sijiaying Iron Mine/ZHENG Si-guang, ZHAO Zhi-jie, WANG Ke-jia, LIU Mo, WANG Meng (No.2 Geological Party, Hebei Bureau of Geology and Mineral Exploration, Tangshan Hebei 063000, China)

Abstract: The paper summarized the deep drilling construction experience in complex formation of Daguzhuang mining section in south Sijiaying iron mine, emphatically analyzed the drilling methods for thick overburden, breaking & leakage, hard and slipping formations and also introduced the technical measures for guaranteeing core recovery in complex formation and the control of oversize deviation of hole deflection from the prospecting line. Based on the deep drilling construction in Daguzhuang mining section, the drilling technical measures for borehole of 1 kilometer and more in complex formation and the attentions & measures for guaranteeing drilling construction quality were put forward.

Key words: complex formation; deep drilling; slurry-supported; drilling parameters; efficiency; quality measures

1 矿区概况及地层简述

1.1 矿区概况

河北省滦县司家营铁矿大贾庄矿段位于河北省东部滦县—滦南县境内,矿区内人口较稠密,经济情况一般,以农业生产为主。交通较发达,迁曹铁路横贯矿区,青乐公路纵深南北,出行方便。矿区近邻滦河主河道,地下水位埋藏较浅、水量较大,施工和生活用水较方便,但近年受干旱及人为开采地下水的影响,水位下降较快。早在20世纪70年代,经过地质勘探技术人员大量辛勤工作已对浅层铁矿资源进行了圈定,掌握了大量地层浅部铁矿石资源;由于当时受采矿、选矿技术的制约,矿区未能进行开采。近几年,随着采矿、选矿技术的不断提高,该铁矿资源陆续得到了大批量开采。为确保资源的可持续性利用和合理开发,并充分贯彻落实国务院《关于加强地质工作的决定》精神,结合以往地质资料,我队从2008年开始,对该矿区深部投入了大量的人力、物力进行地质勘探工作,2010年更是在原有勘探施工的基础上投入续作钻探工作量5万多米,设计钻孔深度主要在600~1500 m之间,个别钻孔低于600

m。通过对该矿区的“摸边探底”,为河北钢铁生产提供了强有力的资源保障。

1.2 地层简述

该矿区主要为磁铁石英岩铁矿,矿区内第四系覆盖层较厚,主要为砂卵(砾)石层,且具有由北向南逐渐变厚的趋势。第四系覆盖层自上而下主要为:亚粘土、砂卵(砾)石层(卵石直径在30~80 mm之间,个别150 mm以上)、粉质粘土、砂层、粘土层。岩层主要为片麻状混合岩,矿物成分以长石、石英为主,岩层夹杂混粘土。其中矿体赋存在太古界滦县群司家营组二段地层中,岩性较单一,主要由黑云变粒岩、磁铁石英岩、角闪变粒岩、斜长角闪岩、伟晶岩、脉岩等组成。矿层中的磁铁石英岩,石英含量在70%以上。覆盖层厚度在100~230 m之间,磁铁石英岩埋深主要在520~860 m之间,厚度在30~140 m之间。

2 施工技术要求

(1)执行《铁、锰、铬矿地质勘查规范》(DZ/T 0200-2002)和《地质岩心钻探规程》标准施工。

(2)第四系覆盖层不要求取心,但基岩面以上5

收稿日期:2011-03-09

作者简介:郑思光(1980-),男(汉族),河北滦县人,河北省地矿局第二地质大队探矿工程处经理、工程师,土木工程、水文水资源专业,从事探矿工程施工管理工作,河北省唐山市路北区北新西道157号,siguang103@163.com。

m开始取心,岩心采取率 $\leq 65\%$,矿层顶底板5 m范围内及矿层岩心采取率 $\leq 80\%$ 。

(3) 钻孔为直孔,终孔直径 ≤ 75 mm,提下钻时必须进行水文观测,孔斜 $\geq 2^\circ/100$ m,同时校正孔深。

(4) 钻孔结束后测井,满足地质要求时方可终孔,最后按封孔技术要求进行封孔,并提交原始班报表。设计孔深范围在600~1500 m之间,每孔穿过矿层底板30~50 m后方可终孔。

3 钻探设备、管材及钻具的选择

根据该钻探项目的钻孔深度和地层复杂情况,施工设备主要选用XY-44型钻机2台,XY-5型钻机1台,BW300/12型水泵3台,SG-23型四角塔1部,SGX-18、SG-17型四角塔各1部,绳索取心绞车3台(1500型)。

钻杆: $\varnothing 71$ mm 缴粗热处理型绳索取心钻杆4000 m。

套管: $\varnothing 146$ mm 套管150 m, $\varnothing 108$ mm 套管700 m, $\varnothing 89$ mm 套管800 m;

钻具:开孔钻具为 $\varnothing 150$ mm 单管钻具6套(0.7 m),长钻具为 $\varnothing 150$ 、108、91 mm 单管钻具(3~4 m)各10套,S77重索绳索取心钻具(3~4 m)9套。

4 钻孔结构

根据该矿区第四系覆盖层较厚,并有较厚的砂(卵)石层,结合以往钻探施工经验,开孔采用 $\varnothing 150$ mm 硬质合金钻头,钻进0~50 m下入 $\varnothing 146$ mm 套管作为孔口管;结合以往钻孔施工经验,为避免因硬质合金钻头与孔口管的摩擦而损坏 $\varnothing 146$ mm 套管,决定直接采用 $\varnothing 110$ mm 硬质合金钻进,待穿过砂(卵)石、粘土层后,下入 $\varnothing 108$ mm 套管至强风化基岩上;然后再改用 $\varnothing 91$ mm 复合片钻头或金刚石钻头钻进至完整基岩,一般钻进完整基岩1.0~1.5 m即可,下入 $\varnothing 89$ mm 技术套管,最后采用 $\varnothing 77$ mm 金刚石绳索取心钻头钻进至终孔。

5 钻探施工技术

5.1 第四系覆盖层钻探施工

依据地质技术要求,第四系覆盖层钻进时采取不取心钻进施工,但是对于粘土层及砂(卵)石层,尤其是卵石直径较大时(粒径 > 100 mm),必须将岩心取出,否则难以成孔进尺;由于粘土层具有隔水造浆性能,容易出现缩径,砂(卵)石层又容易孔壁坍塌,因此,第四系覆盖层的钻探施工在于维护泥浆性

能,只有保证粘土层不缩径,砂(卵)石层钻孔孔壁稳定,孔底干净,就能够比较顺利地通过覆盖层,确保 $\varnothing 146$ 、108 mm 套管的顺利下入,实现钻孔施工的优质、高效。因此,本矿区采用的主要泥浆材料为:膨润土(钠土)、火碱、水,其配方为(1 m³ 泥浆):粘土100 kg,水900~1000 kg,火碱3~5 kg。将泥浆充分搅拌均匀后,其性能如下:粘度17~28 s,密度1.08 kg/L,失水量6~8 mL/30 min。当钻进至砂(卵)石较厚地层时,每方泥浆中需加入钠-羧甲基纤维素2~3 kg,以提高泥浆粘度,形成致密泥浆,确保孔壁的稳定。

硬质合金钻进技术参数:

(1) 钻头压力:钻进第四系覆盖层时,严格控制钻头压力,针对不同直径的硬质合金钻头,每粒硬质合金压力控制在500 N以内;卵石层钻进时每粒硬质合金压力控制在550 N以内;

(2) 转速:粘土层取300~350 r/min,砂(卵)石层取150~300 r/min;

(3) 泵量:均大于80 L/min。

在随后的覆盖层较厚的钻孔施工过程中,通过使用上述泥浆材料及配比,较好地实现了控制孔壁的稳定性,并较快地通过了覆盖层(特别是卵砾石层)的施工,顺利地下入了 $\varnothing 146$ 和108 mm 套管,为钻孔的整体顺利施工奠定了基础。

5.2 $\varnothing 91$ mm 复合片钻头钻探施工

按照地质设计技术要求,强~弱风化基岩要采取岩心,岩心采取率 $\leq 65\%$ 。在采用 $\varnothing 91$ mm 复合片钻头或金刚石钻头钻进时,要把泥浆粘度、密度降低,条件允许的情况下(视基岩风化程度而定)可使用低固相泥浆钻进。为确保岩心采取率,取心钻具可采用超前式双动双管钻具。

钻进用泥浆配方(1 m³ 泥浆):粘土100~130 kg,清水900~950 kg,聚丙烯酰胺2~3 kg,火碱占粘土含量的3%,钠羧甲基纤维素0.5%。泥浆性能:粘度20~30 s,密度1.15~1.20 kg/L,失水量5~6 mL/30 min。

钻进技术参数:钻压5~7 kN,转速200~450 r/min,泵量80~120 L/min。

采用以上泥浆配比,应用 $\varnothing 91$ mm 复合片钻头钻进至完整基岩1~1.5 m后,提钻,下入 $\varnothing 89$ mm 技术套管,更换泥浆,改用 $\varnothing 77$ mm 金刚石绳索取心钻进。

5.3 $\varnothing 77$ mm 金刚石绳索取心钻进

5.3.1 钻进冲洗液的选择

该矿区基岩地层大部分较为单一且完整,采用无固相泥浆可满足钻进施工要求;但个别钻孔及孔段遇断层破碎带和坚硬脉岩,且节理、裂隙发育,岩心破碎,漏失严重,甚至有部分孔段不能返水,采用无固相泥浆已不能够完全满足钻探施工要求,因此,在钻进该地层时,宜采用低固相泥浆。具体采用以下哪种泥浆可根据地层变化情况确定。

(1)无固相泥浆。配置材料及具体配比为:水 1 m³ + 水解聚丙烯酰胺 0.3 ~ 0.7 kg + 广谱护壁剂(GSP)1% ~ 2%,切削膏可视润滑效果确定,一般每次加 2 ~ 3.5 kg。

(2)低固相泥浆。主要材料及具体配方为(1 m³ 泥浆):水 1 m³ + 水解聚丙烯酰胺 0.3 ~ 0.7 kg + 广谱护壁剂(GSP)1.5% ~ 3.0% + 钠基-膨润土 1 ~ 2 袋。

5.3.2 钻进技术参数的选择

5.3.2.1 钻压

钻头压力控制在 10 ~ 15 kN,由于采用的 Ø71 mm 缴粗热处理型绳索取心钻杆和重型绳索取心钻具,其金刚石钻头的底唇面较厚,故应选择较大的钻头压力值。

5.3.2.2 转速

结合钻机能力、钻具强度及钻孔弯曲度,转速控制在 400 ~ 850 r/min 之间。

5.3.2.3 冲洗液量

由于 Ø77 mm 金刚石绳索取心钻进钻头底唇面厚,克取岩心的面积大,因此冲洗液宜取较大值,一般采用 70 ~ 110 L/min。

钻压、转速、冲洗液量三者是互相联系、互相制约的,在一定条件下,其内部存在着最优的配合关系。本矿区钻进施工所采用的均为上限值或较大值,取得了较好的钻进效率,并保障了钻头的使用寿命,钻头平均使用寿命为 95.8 m,最大使用寿命为 235.0 m。钻进技术参数最优配合详见表 1。

表 1 钻进技术参数最优配合参照表

孔段 /m	钻进口径 /mm	钻压 /kN	转速 /(r·min ⁻¹)	泵量 /(L·min ⁻¹)	泵压 /MPa
0 ~ 50	150	6 ~ 8	200 ~ 300	80 ~ 130	2 ~ 4
50 ~ 160	110	5 ~ 7	200 ~ 350	90 ~ 120	2 ~ 3.5
160 ~ 220	91	6 ~ 7	200 ~ 450	80 ~ 100	2 ~ 3
220 ~ 1270	77	10 ~ 15	400 ~ 850	70 ~ 110	1 ~ 2

注:表中孔段数值仅为综合示意值。

通过不同地层冲洗液的选择和钻进参数的应用比较,尤其在破碎地层和漏失严重地层,通过选用低固相泥浆冲洗液,保证了孔壁的稳定,降低了漏失

量,并通过控制回次长度、调整钻头直径及回灌等措施,在该矿区深孔复杂多变的地层条件下,顺利地完成了钻探施工,提高了钻进效率。

另外,在矿层上部的坚硬“打滑”地层钻进过程中,选用了低硬度(HRC20)进口金刚石孕镶钻头,通过加大钻压,向孔内投放磨料,以及采用并改进普通烧结扩孔器的安装结构等措施,较为顺利的钻过该坚硬岩层,并保证了钻孔的孔径,提高了施工效率,保证了施工质量。

6 钻探效率及经济效益

2010 年我们共完成钻孔 13 个,钻探工作量 13664 m,钻孔深度、覆盖层厚度及台月效率、钻进成本详见表 2。

表 2 2010 年施工钻孔钻探质量及经济技术指标表

孔号	终孔 深度 /m	覆盖 层厚 度/m	岩心 采取 率/%	矿心 采取 率/%	Ø89 mm 套管深 度/m	台月 效率 /m	钻进成 本/(元· m ⁻¹)
ZK632	970.85	111.94	97.06	99.57	153.77	620	405
ZK630	1050.24	109.06	96.93	98.92	138.72	656	398
ZK636	1128.35	118.91	96.69	99.28	148.89	615	400
ZK633	1173.65	121.26	98.17	100.00	143.96	587	427
ZK631	1244.98	135.06	97.80	99.00	145.25	519	439
ZK637	1265.90	122.32	97.83	未见矿	153.58	603	422
ZK650	1270.39	164.10	97.10	99.31	193.53	605	420
ZK678	1042.00	125.87	96.29	100.00	153.36	625	385
ZK668	825.05	197.37	93.65	96.58	209.00	496	459
ZK679	582.05	124.02	99.50	97.30	131.07	793	328
ZK643	1260.00	152.45	98.80	97.50	161.38	781	362
ZK639	1125.19	126.71	97.86	99.73	153.82	613	402
ZK671	725.35	207.22	97.85	98.06	217.75	702	383

通过司家营(南)矿区大贾庄铁矿深孔钻探实践,不但在钻进工艺上取得了一定的施工经验,而且取得了很好的社会效益,同时,为我队岩心钻探工程发展打下了坚实的基础。2010 年投入 3 台(套)岩心钻机施工,共完成了 13 个钻孔,最深孔为 1270.39 m,完成钻探工作量 13664 m,平均台月效率 632 m,最高台月效率 793 m。

7 保证岩心采取率及控制钻孔弯曲度的技术措施

司家营(南)矿区在以往钻探施工过程中,经常出现岩心采取率较低(特别是强风化层及破碎带)及钻孔弯曲偏离勘探线较大等事故,造成钻孔不能按合格孔结算,损失较大。因此,本次施工为避免此类事故的再次发生,特别针对钻探施工中岩心采取率和控制钻孔弯曲超差提出具体技术保证措施。

7.1 保证岩(矿)心采取率的技术措施

按照地质技术要求,本矿区岩心采取率 $\geq 70\%$,并确保强~弱风化带岩心采取率以了解分化带岩性及隔水性能,矿心采取率 $\leq 80\%$ 。为确保岩(矿)心采取率满足地质技术要求,钻进 $\varnothing 110$ mm直径时,结合以往施工地层经验,细心观察孔底上返岩粉样品变化,发现强风化基岩时,采取干烧的方法进行取心;换用 $\varnothing 91$ mm复合片钻头钻进时,采用超前式双动双管钻具或使用 $\varnothing 91$ mm单动双管金刚石钻具进行钻进风化基岩破碎带的取心,确保了风化基岩破碎带岩心采取率; $\varnothing 77$ mm金刚石绳索取心钻具完全能够满足基岩及矿层岩(矿)心采取率,当钻进断层破碎带时,发现岩心堵塞,立即提取内管,禁止上、下窜动孔底钻具,严禁在岩心堵塞后上、下窜动钻具继续回转,如果提取内管还不能解决岩心堵塞现象时,有可能是钻头内径过大与卡簧配合不好,需提大钻调整卡簧或更换钻头,如果纯属岩心破碎,就要降低回次进尺长度,及时勤提内管。

只要及时更换取心钻具,正确使用绳索取心钻具,就能够使岩(矿)心采取率达到地质技术要求。

对取出的岩心必须清洗干净,自上而下按次序装箱,在岩心上用红油漆写明回次数、总块数和块号(对于松散、破碎、粉状、砂砾状岩心在装入岩心箱时,将岩心箱底铺好塑料布,尤其是与风化带接触的粘土层,确保取出时的层状土样),详细填写岩心隔板,并对岩心箱标明矿区名称、孔号、回次及岩心箱顺序。经实际施工,钻孔采取率均满足地质技术要求(详见表2)。

7.2 控制钻孔弯曲超差的措施

该区钻孔全部设计为直孔,地质技术要求除遵循每百米允许顶角偏差 $< 2^\circ$ 外,还对终孔点偏离勘探线的距离有要求,也就是说每百米允许顶角偏差降低到最小值甚至无偏差。因此,要求钻探施工过程中必须严格控制顶角偏差值,单独按累计顶角允许偏差计算顶角值。由于钻孔较深(大部分深度1000 m以深),虽然顶角没有超差,但顶角过大时,尤其是朝垂直勘探线方向漂移时,容易造成终孔点偏离勘探线距离增大。为了避免此类现象发生,采取了以下施工技术措施:

(1)钻机底座安装水平、周正、稳固,尤其是钻机底座的四个角必须垫稳、垫牢,防止孔口冲洗液浸泡钻机前面两个底座垫角。

(2)钻机底座两排螺丝眼的中心线必须与勘探线垂直,回转器的螺丝均要拧紧,拧紧力矩相等,防止回转器扭转。

(3)使用垂直度好、无弯曲、无磨损量的主动钻杆,发现主动钻杆弯曲必须及时调整,如调整不见效应立即更换新的主动钻杆。

(4)孔浅加压钻进时,应该上、下卡盘同时使用,减轻孔内钻具的弯曲度,防止顶角偏差增大。

(5)钻进第四系覆盖层时,钻进压力尽量用压力范围内下限值,粗径钻具长度在4.0 m以上,确保钻进时钻具、钻杆柱垂直度,尤其在钻进粒径较大的卵石层时,不宜采用大压力,实在不能通过时,可更换金刚石钻头将卵石克取取出;钻进砂砾石层,将硬质合金钻头内径镶焊钢丝倒刺,将砂砾石取出。

(6)钻进覆盖层必须维护、保持好泥浆性能,当钻进砂(卵)石层时,应适当加大纳羧甲基纤维素(CMC)的添加量,以形成致密泥皮,起到护壁清除孔底岩粉的目的。

(7)依据地质技术设计要求,加密弯曲度测量间距,即当顶角 $< 5^\circ$ 时,每钻进100 m测一次顶角(不测方位角);顶角 $> 5^\circ$ 时(累计孔深偏差不超差),每钻进50 m测一次顶角和方位角,发现方位角超差过大的,就要检查钻机底座,调整钻进技术参数,增加钻杆柱稳定性来调整钻孔顶角和方位角,以便满足地质技术设计要求。

8 结语

通过司家营(南)区大贾庄铁矿段深孔钻探的施工实践,我们总结了以下深孔复杂地层的施工技术经验和措施:

(1)针对矿区地层的复杂程度及钻孔较深的特点,前期必须制定比较严密可行的施工技术方案,选定好钻孔施工结构,同时要求施工人员整体素质必须过硬,施工所需的材料设备必须优质、高效。

(2)针对较厚的第四系覆盖层和要求取心的强风化地层,特别是钻进砂(卵)石层较厚时,必须提前选好泥浆材料,综合研究比较泥浆的配和比,选择高性能的泥浆,保证裸孔钻进孔段的孔壁稳定,同时快速钻进通过砂(卵)石地层,及时下入不同口径的技术套管,减少钻具与孔壁的摩擦时间,这些措施都能避免或降低厚覆盖层钻进事故的发生。

(3)针对深孔钻进施工,合理选择使用高效的金刚石钻头和扩孔器,是提高钻探施工效率的重要环节。此次深孔施工选用胎体硬度为HRC10~20的进口金刚石钻头和金刚石加聚晶的C级扩孔器,

(下转第46页)

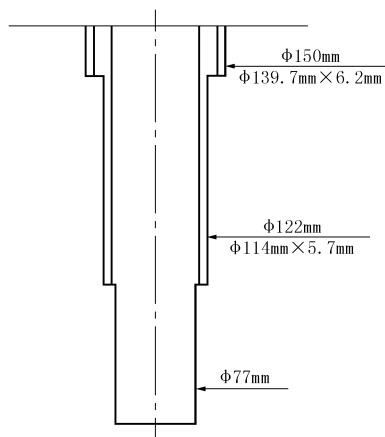


图3 小秦岭地区深孔钻孔结构

m 隔离上部破碎地层,再以 $\varnothing 77$ mm 绳索取心钻具钻进,在 768 ~ 771.5 m 遇到缩径坍塌地层,以 $\varnothing 95$ mm 钻具扩孔钻进至 771.5 m,下入 $\varnothing 89$ mm 套管(技术套管)6 m 隔离缩径坍塌地层,然后换回 $\varnothing 77$ mm 绳索取心钻进直至终孔。

5 结论

(1)深孔钻孔结构设计关系到钻探的成败,新

(上接第 39 页)

并适当调整扩孔器的摆放数量和结构,避免或减少了扫孔和提下钻次数,提高了钻探效率,降低了施工成本。

(4)针对不同地层特点,采取不同的探矿施工工艺和合理的钻进技术参数,对保证岩心采取率和控制钻孔弯曲度是关键所在,尤其对于软硬互层、漏失地层等,必须适当减压钻进,并适当降低转速、加大泵量;对于坚硬“打滑”地层,应适当加大钻压,降低转速,减小泵量。因此,选择合理的钻进参数是保证地质钻探施工质量的前提。

(上接第 43 页)

行交叉作业,减少设备维修、保养等辅助作业时间,提高钻井效率。

(9)通过引进、消化、推广应用新技术,实施快速钻井、快速测井、快速完井等综合配套工艺技术,实现“优快钻井”目标。

参考文献:

- [1] 杨成超. 陕北地区小位移深造斜点定向井施工技术探讨. 西部探矿工程, 2006, (5).
- [2] 许庭云, 熊大富. 华北分公司镇泾油田钻井防漏堵漏技术探讨

的矿区应深入了解地层构造,合理设计钻孔结构,才能保证钻遇复杂地层时适时下入套管隔离复杂地层,保证钻探顺利进行。

(2)深孔钻探开孔孔径应加大,开孔孔径加大会降低上部钻探效率,但是,孔径加大为深部钻探处理复杂地层留下了扩孔下套管的空间,能保证深部钻探顺利进行。

参考文献:

- [1] 鄢泰宁. 岩土钻掘工程学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社, 2001.
- [2] 朱恒银. 2706 m 试验孔施工关键装备与技术[A]. 特深孔设备配套与施工技术研讨会及第二届全国地质勘探技术研讨会[C]. 安徽六安, 2010.
- [3] 王达. 深孔岩心钻探的技术关键[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(S1).
- [4] 王达, 张伟, 张晓西, 等. 中国大陆科学钻探工程科钻一井钻探工程技术[M]. 北京:科学出版社, 2007.
- [5] 陈风云, 谷天本. 西平铁矿深孔绳索取心钻探技术应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(6).
- [6] 孙德学, 陈伟, 张元清, 等. 沉积岩松软地层深孔绳索取心钻探技术实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(1).

参考文献:

- [1] 孙丙伦, 陈师逊, 陶士先. 复杂地层深孔钻探泥浆护壁技术探讨和实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(5): 13 - 16.
- [2] 石立明. 复杂地层岩心钻探综合治理技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(2): 12 - 14.
- [3] 张元清, 宋健. 长白矿区复杂地层多金属矿深孔施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(12): 13 - 16.
- [4] 胡成涛, 郑门关, 周红心, 等. 湖北磷矿复杂地层深孔钻探施工工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(11): 19 - 21.
- [5] 曾石友. 嵩县多金属矿区复杂地层岩心钻探施工综合技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(11): 16 - 18.
- [6] 张春波, 等. 绳索取心金刚石钻进技术[M]. 北京:地质出版社, 1985.

[J]. 内蒙古石油化工, 2009, (8).

- [3] 冯树攀, 魏红利, 苗克顺. 水基无粘土低固相钻井液在镇泾工区的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(7): 25 - 27, 36.
- [4] 俞宪生. 鄂尔多斯盆地镇泾工区钻井堵漏技术措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(6): 19 - 20, 23.
- [5] 李文明, 陈绍云, 刘永贵. 优快钻井配套技术在希 50 - 54 井应用实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(6): 04 - 06, 12.

注: 本文撰写过程中还参考了《长庆地区井下事故与复杂的预防》(张连水. 长庆钻井工程总公司技术交流材料汇编)和《定向井二开“一趟钻”钻完井技术研究》(姚战利, 袁立志. 长庆钻井工程总公司技术交流材料汇编)。