

介休鑫峪沟煤矿地面 2 号注浆孔钻探施工技术

陈伟武

(山西省地质勘查局 217 地质队,山西 大同 037008)

摘要:山西介休鑫峪沟煤矿 2 号地面定向水平多分支钻孔,是采用注浆技术封堵奥灰水导水补给通道的注浆钻孔,本孔实际完成总工作量 2194.86 m,其中直孔段 490.27 m,水平孔段累计 1704.59 m。本文详细介绍了该注浆钻孔施工的主要设备、冲洗液及钻探施工技术,并对钻探施工中的难点和经验体会进行了总结,为同类工程施工提供借鉴。

关键词:定向钻进;水平孔;注浆孔;钻进工艺;多分支钻孔;冲洗液;钻探技术

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2019)09-0063-06

Drilling technology for the No.2 grouting hole in Jiexiu Xinyugou Coal Mine

CHEN Weiwu

(217 Geology Team, Shanxi Geological Exploration Bureau, Datong Shanxi 037008, China)

Abstract: The No. 2 multi-branch horizontal well drilled from surface in Jiexiu Xinyugou Coal Mine, Shanxi, is a grouting hole where grouting technology is used to block the supply and replenishment passage of the Ordovician karst water. The actual drilling amount of the hole is 2194.86m, of which the vertical section is 490.27m, and the horizontal section 1704.59m. This paper introduces in detail of the main equipment, drilling fluid and drilling technology of the grouting hole, etc., and summarizes the difficulties and experience in drilling, which can provide reference for similar engineering construction.

Key words: directional drilling; horizontal hole; grouting hole; drilling process; multi-branch drilling; drilling fluid; drilling technology

山西介休鑫峪沟煤矿位于山西省介休市张兰镇,井田面积 30 km²,地质储量 2.8 亿 t,年设计产能 420 万 t 主焦煤,总资产 90 多亿元。本区域水文地质条件复杂,为了保证矿井持续有效发展,设计 2 号定向水平多分支注浆孔,以奥灰下 20~60 m 富水层段为主要施工目的层,主要通过注浆工程封堵奥灰水导水补给通道,提高煤层底板一定厚度范围内整体岩层完整性,增加煤层底板与灰岩含水层底面之间各岩层抗压强度,降低井下采掘期间水害危险程度,达到水害治理的目的。

1 地质概况

1.1 地质特性

井田位于沁水煤田西部边缘,区域上出露的地

层从老到新依次为古生界奥陶系中统,石炭系中统、上统,二叠系下统、上统,中生界三叠系,新生界第四系等。从西往东依次出露奥陶系、石炭系、二叠系、三叠系、第四系沿沟谷和山梁有不同程度分布。区域地层走向总趋势表现为北东走向,倾向北西的单斜构造。

井田内含煤地层主要为石炭系上统太原组和二叠系下统山西组。

1.2 区域水文地质

本区属于黄河流域汾河水系,汾河从井田西部 13 km 处流过,井田附近的主要支流龙凤河、樊王河、张涧河均为季节性河流。

区域主要含水层为:碳酸盐岩岩溶裂隙含水岩

收稿日期:2018-12-20; 修回日期:2019-08-04 DOI:10.12143/j.tkgc.2019.09.007

作者简介:陈伟武,男,汉族,1972 年生,高级工程师,从事钻探生产技术与管理工作,山西省大同市永泰南路 79 号,494062192@qq.com。

引用格式:陈伟武.介休鑫峪沟煤矿地面 2 号注浆孔钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(9):63-68.

CHEN Weiwu. Drilling technology for the No.2 grouting hole in Jiexiu Xinyugou Coal Mine[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(9):63-68.

组;石炭系碎屑岩、碳酸盐岩岩溶裂隙含水岩组;三叠系及二叠系碎屑岩类裂隙含水岩组;第四系上更新统、中更新统松散岩类孔隙含水岩组;第四系全新统松散岩类孔隙含水岩组。

2 主要工作量及技术要求

2.1 工程工作量

地面2号注浆孔设计(见图1)包含6个分支孔,分别为定向孔2-1号上、2-1号下、2-2号上、2-2号下、2-3号上、2-3号下;本孔设计6个分支孔总工作量3081.87 m,其中直井段310 m,斜井段累计2771.87 m。

在完成5个分支孔后,经甲方验证已经达到预期注浆效果,可以终孔。因此,实际完成5个分支孔,总工作量2194.86 m,其中直孔段490.27 m,水平孔段累计1704.59 m。

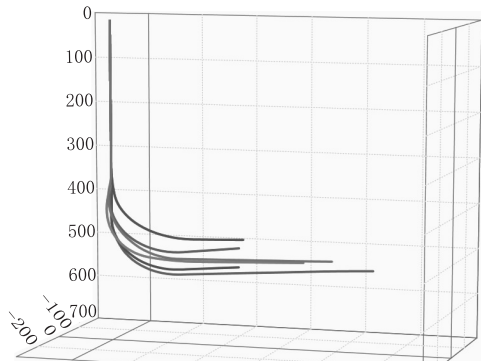


图1 2号注浆孔设计剖面

Fig.1 Profile of the grout hole

2.2 钻孔技术要求

(1)以封堵奥灰岩含水层为目的层。在预注浆区域对应地面合适位置设计主孔,并进行分支,分支钻孔经水平造斜后进入工作面奥灰岩,至终孔均在灰岩层位中钻进。

(2)钻孔采用下入两级套管、三级孔径结构,一级套管直径193.7 mm;二级套管直径139.7 mm,终孔孔径118.3 mm。

(3)下套管要求:主孔设计两层套管,一级套管隔离疏松层,二级孔径到设计层位后,下入二级套管,二级套管试耐压5 MPa(地面孔口压力)。

(4)钻孔主孔进入目的层前均要认真做好判层工作,对揭露的地层均要详细记录,钻孔进入目的层位前必须采取物理测井进行校核地层,确保地层的准确性。

(5)整个钻进过程中均要求进行简易水文地质观测,在奥灰和目的层的钻进中如钻遇漏失层段,要详细记录其深度、液位和漏失量。

(6)每次注浆结束后,扫孔至原孔深孔内注满清水,作水位观察,观察4 h水位升降。

(7)完成主孔施工后,不割套管。注浆至二开套管口之上50~100 m。候凝准备下级分支孔施工。

(8)为保障注浆效果,要求奥灰层钻孔孔径 \geq 130 mm。

3 施工难点

(1)一孔六分支孔。孔内分支孔多,情况复杂,施工难度加大。

(2)钻孔造斜段急。造斜段“狗腿”度最大达到 $15.61^\circ/30$ m,对施工钻杆要求高,容易造成钻杆断裂,形成孔内事故。

(3)水平孔施工在奥灰层,地层裂隙发育,施工中可能出现冲洗液护壁困难,易发生掉块卡钻事故。

4 钻探施工

4.1 钻探设备

4.1.1 钻机及配套设备(见表1)

4.1.2 选用CMD-100型车载钻机在水平孔施工中的优势

(1)机械化、模块化程度高,设备进出场方便,辅助时间短。

(2)设备系统采用全液压多回路控制,施工安全;设备扭矩大,转速高、钻进参数无级调节。

(3)本设备可根据不同施工工艺配套相关辅助设备,适应面广,全面钻进和取心钻进都可适配。

4.2 钻孔结构(见图2)

一开: $\varnothing 241.5$ mm牙轮钻头钻至稳定地层后,下入 $\varnothing 193.7$ mm、钢级J55的套管进行固井,水泥返出地面,封固表层松软地层。

二开:采用 $\varnothing 171$ mm钻头进行主孔段钻进,井身轨迹进入奥灰岩后,下入 $\varnothing 139.7$ mm套管固井。

三开:采用 $\varnothing 118.3$ mm PDC钻头钻进,直至完成主孔所有分支的钻进。

4.3 钻具组合及钻进工艺参数

4.3.1 钻具组合

(1)一开钻具组合设计: $\varnothing 241.5$ mm牙轮钻头+ $\varnothing 197$ mm直螺杆+ $\varnothing 178$ mm无磁钻铤 $\times 1$ 根+

表 1 钻机及配套设备
Table 1 Drilling rig and auxiliary equipment

序号	名称	数量/个	型号	载荷	功率/kW	备注
1	钻机	1	CMD100	1000 kN		
2	发动机	1	KTA19 - P750		559	
3	桅杆	1		1000 kN		总长 13.2 m,总高 21 m
4	动力头	1		扭矩 27.5 kN·m		提升能力 100 t,下压能力 20 t
5	辅助绞车	1		45 kN		3.3×0.1×0.7
6	柴油机发电机	2	6135AD-3		121.3	
7	泥浆泵	1	3NB-500		500	
8	柴油罐	2	10 t 装			
9	固控装置	1	三级	3 个罐		150 m ³
10	除砂器	1				
11	除泥器	1	ZQJ100X8		22	
12	振动筛	1			22	
13	搅拌器	1			7.5	
14	离心泵	1	卧式		22	

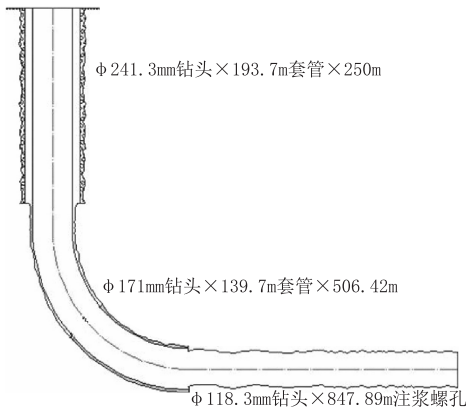


图 2 钻孔结构
Fig.2 Hole structure

Ø178 mm 钻铤×4 根 + 411×410 转换短节 + Ø127 mm 钻杆串。

(2)二开钻具组合设计:Ø171 mm 牙轮钻头 + Ø135 mm 单弯 1.75° 螺杆 + Ø120 mm 定向短节 (MWD) + Ø120 mm 无磁钻铤×1 根 + 311×210 转换短节 + Ø89 mm 加重钻杆×200 m + Ø89 mm 钻杆。

(3)三开水平段钻具组合:Ø118.3 mm PDC 钻

头 + Ø95 mm 单弯 1.25° 螺杆 + Ø95 mm 定向短节 (MWD)×1 根 + Ø95 mm 无磁钻铤×1 根 + Ø73 mm 钻杆。

4.3.2 钻进工艺参数

钻进工艺参数是根据本孔地层剖面,结合以往实钻经验综合分析而设定的,在施工中上部地层采用高转速,适中钻压,下部地层采用低转速,大钻压,钻开煤层后适当降低钻压、转速和泵量,保持孔壁的稳定性的,各孔段具体钻进工艺参数见表 2。

表 2 2 号注浆孔钻孔结构钻孔工艺参数
Table 2 No.2 grouting hole drilling program

钻孔结构	钻头尺寸/mm	钻头类型	钻压/kN	转速/(r·min ⁻¹)	泵量/(L·s ⁻¹)
一开	241.5	牙轮	20~60	50~80	35
二开	171.0	牙轮	50~100	20~30	16
三开	118.3	PDC	20~80	20~30	13

5 冲洗液

冲洗液主要以不漏、压稳地层、维持孔壁稳定性为原则,各开次冲洗液性能见表 3。

表 3 各开次冲洗液性能参数
Table 3 Drilling fluid parameters for each hole section

开钻次序	孔段(垂深)/m	常 规 性 能							流 变 参 数				总固含量/%	膨润土含量/(g·L ⁻¹)		
		密度/(g·cm ⁻³)	漏斗粘度/s	API 失水量/mL	泥饼厚/mm	pH 值	含砂量/%	摩阻系数	静切力/Pa	塑性粘度/(mPa·s)	动切力/Pa	n 值			K 值	
一开	0~250.00	1.03~1.05	30~80						初切	终切						
二开	250.00~504.62	1.05~1.20	35~55	≤6	≤0.5	8~10	≤0.3	<0.18	0~3	1~10	8~20	4~10	0.6	0.3	≤5	50
三开	504.62~847.89	1.20~1.30	35~55	≤5	≤0.5	8~10	≤0.2	<0.10	3~6	6~12	12~25	6~13	0.8	0.4	≤4	40

(1)一开钻进冲洗液配制以防塌、防漏为目的,使用常规冲洗液,根据现场实际情况进行调整,必要时加入降失水剂和稀释剂,以保证正常钻进,提高钻效。

(2)二开钻进冲洗液配制以防塌、防漏为目的,加入絮凝剂提升岩屑上返能力,实现安全钻进。在铝土岩孔段提高 Cl^- 含量,增强冲洗液抑制性,抑制粘土矿物水化膨胀;在进入奥灰前加入随钻堵漏剂,控制渗漏,降低施工风险,尽可能增加单趟钻进尺,提高钻进效率。

(3)三开钻进冲洗液配制以防塌、防漏、增粘为目的。进入奥灰层段能防止孔壁垮塌,在漏失小的情况下起到堵漏效果,加入絮凝剂提升岩屑上返能力,达到安全钻进的目的^[1-10]。

6 下套管要求和方法

6.1 下套管质量要求

(1)套管要提前 2~3 d 进入施工现场,并进行通畅、排列、丈量、编号。

(2)下套管前,项目部应根据钻孔实际情况,编写固孔施工设计书,提出固孔作业具体措施和要求,上报甲方进行审核,施工作业中做好过程参数记录。

(3)下套管前对升降系统、刹车制动系统、工器具和附件等进行认真检查、确保机器设备、工器具灵活、可靠、有效。

6.2 下套管准备

(1)下套管作业前应做好组织动员工作,应有明确的组织分工、统一指挥,严格执行岗位职责和安全操作规程,做到安全、文明施工,防止人员碰伤。必须将下套管顺序对钻机人员进行班前交底。下套管必须有专人负责套管序号检查,防止发生入孔套管错乱。

(2)套管准备:套管送到钻场后,应及时清点套管数量、型号是否与清单一致,组织丈量、通径、编号工作并做好记录,套管柱长度及强度必须符合设计要求。

(3)下管准备:排列下入孔内套管顺序、备用套管做出明显标记,与下入孔内套管分开排放。要求孔眼干净。

(4)工器具准备:下套管工具应配备齐全,易损部件应有备用件,对所有工具进行规格、尺寸、承载力、磨损程度、安全性、可靠性进行检查。

(5)设备检查:在下套管前,要对设备进行一次全面检查,以保证在下套管及固孔施工期间设备正常、连续运转。主要对地面设备、提升系统、泥浆泵、指重表、泵压表等进行严格细致的检查,保证各部位安全、可靠,运转正常,仪表准确、灵活。

6.3 下套管作业

所有套管均采用升降机提吊进行下孔,除护壁管不做要求外,技术套管要使用石油套管,丝扣连接,双钳紧扣,保证套管连接垂直度、强度达到要求。

下套管过程中,提放时要平稳,严禁猛拉,猛放,遇阻时应正确分析原因,采用合理的处理方法。为安全起见,底部可加装引鞋,以确保下套管安全。

7 钻探施工技术措施

7.1 开钻前技术措施

(1)钻场平整后,重新标定水平孔坐标,并按测点校核水平孔轨迹。

(2)按合同附件中的设备清单配套钻机及附属设备,并安全运抵作业现场。

(3)严格按照要求安装钻机及附属设备,达到平、稳、正、全、灵、牢。

(4)设备安装完毕,要经现场验收合格,甲方出具书面开钻通知书后,方可正式开钻。

(5)开钻前要认真贯彻设计要求,对地质、工程、冲洗液、固孔、成孔等作业内容进行技术交底,贯彻重点技术措施,并按设计要求做好开钻前的各项准备工作。

7.2 一开技术措施

(1)按设计组合钻具下钻。开眼时,采取吊打方式,轻压钻进,每钻完一个单根划眼一次,修整孔壁。

(2)上部地层松软,易垮塌,易漏失,用清水膨润土浆钻进时,要求初始排量低,适当的提高冲洗液的粘、切值。

(3)钻达设计孔深,或钻至稳定地层后,加重冲洗液维持孔壁稳定,下套管前大排量循环洗孔 2 周,通孔 1 次,确保下套管顺利。

7.3 二开技术措施

(1)固孔候凝期间,检修、保养设备。准备二开用水及冲洗液材料。

(2)组合钻具,下钻探水泥面,小钻压钻水泥塞至孔底,继续钻进至造斜点。

(3)起钻时定向钻进工程师作定向钻进作业指

令书,并优选造斜钻具,确保工具造斜能力达到设计要求。

(4)按定向钻进指令组合钻具,并积极配合定向钻进作业。

(5)在斜井段内钻具因故停止转动(测斜、机修等)时,钻具需 3~5 min 上提下放活动一次,活动距离不得小于 6 m。

(6)钻进过程中注意返砂情况,必要时大排量循环冲洗液,冲洗时长距离(9 m)活动钻具,防止冲出“大肚子”及划出新井眼。

(7)动力钻具入井,严禁划眼和悬空处理冲洗液,遇阻时,活动钻具下放,若无效,起钻换钻具通井,以防划出歧眼。

7.4 三开技术措施

(1)准确了解 BHA、马达弯角、扶正器的位置和距离。

(2)进入目的层后根据 MWD 的传输信号,导向、定向人员及时跟踪掌握钻头所在的灰岩位置,及时调整井眼轨迹,保证钻头在灰岩中钻进,保证钻遇率。

(3)进入灰岩后旋转钻进时控制顶驱转速和钻时,尽量防止憋泵的现象,保证岩屑的充分返出。

(4)钻进时司钻时刻注意钻进扭矩及泵压变化,如果扭矩或者泵压突然出现过高的现象,司钻及时上提钻具,充分循环,直至泵压、扭矩正常时重新下放开始钻进。

(5)每次加尺时充分循环,在循环的过程中,尽量避免倒划眼循环,注意泵压和扭矩变化。

(6)要不间断监视岩屑的返出情况,注意岩屑返出的大小和形状及返出量大小。

(7)控制钻进参数、监视地面情况,防止孔底事故的发生^[11]。

8 施工难点解决

(1)孔内分支孔多,每施工完一个分支孔后,要对本分支孔三开孔段进行全面水泥封堵,对封堵孔段要求堵实,而且水泥达到一定强度(一般注浆结束后 72 h)才能施工下一个分支孔。

(2)施工水平定向多分支孔,钻具选用韧性好的 G105 钻杆,钻头地表土层选用中齿牙轮钻头快速通过。进入稳定基岩后,钻遇泥岩时,容易泥包钻头,选用复合片钻头钻进。钻遇砂岩和泥岩砂岩互层

时,选用牙轮钻头钻进。最后钻至水平段全段灰岩,选用 PDC 钻头钻至完井。每次起下钻都必须严格检查钻杆丝扣有无损伤,检查钻头齿轮和复合片有无损伤。定期为钻杆做探伤检查,减小井内事故几率。

(3)三开施工中,在冲洗液性能调配良好的情况下仍然会出现孔壁坍塌现象,在重复钻进过程中会导致埋钻等事故发生。针对这种状况,要以预防为主;其次时刻注意扭矩、泵压和悬重的变化,如果扭矩和泵压突然出现过高现象,要立刻提钻具至套管内,充分循环冲洗液,直到泵压和扭矩恢复正常后重新下钻钻进;三要观察孔口返出岩屑,跟踪地层,注意孔漏和冲洗液失返情况,按时测量冲洗液粘度,保证冲洗液的携砂能力。若发生沉砂卡钻现象,先建立循环,泵排量逐渐增大,活动钻具解卡^[12-15]。

9 经验和体会

(1)在水平孔钻进施工中,设备的保养检修尤其重要,施工中,需要有专业的维修技术人员对设备维护保养,这也是复杂多分支孔施工成功的关键。

(2)水平定向分支孔钻探施工钻进,定向操作是关键,施工过程中要通过精准导向技术,顺利钻进到目的地层,达到成孔注浆的目的。

(3)多分支孔钻进施工,用好冲洗液,及时高效地将孔内孔底岩屑携带至地面,保证孔内干净、孔壁稳定是成孔的先决条件。所以需配备冲洗液技术员,根据不同的地层随时调配冲洗液配方,提粘、防塌等,保证冲洗液性能。根据施工需要,下入石油套管,隔离地表松散土层,隔离断裂带、裂隙等,维持孔内上部孔壁稳定。

(4)结束孔深以注浆堵水效果为主,还要考虑是否为破碎地层,是否有断裂带,以及注浆时间、扭矩、钻压、悬重等因素综合决定。

参考文献(References):

- [1] 刘敏,刘云山,段元清,等.江西武山铜矿区螺杆钻定向钻探技术研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(5):34-38,43.
- LIU Min, LIU Yunshan, DUAN Yuanqing, et al. Study and the application of screw drill directional drilling technology in Wushan Copper Ore district [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(5):34-38, 43.
- [2] 孙妍.龙 26-平 25 长水平段水平井钻井技术[J].探矿工程(岩

- 土钻掘工程),2016,43(11):41-44.
- SUN Yan. Drilling technology of L26 - P25 horizontal well with long horizontal section [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(11):41-44.
- [3] 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.
- [4] 熊虎林,张飞.新疆吉木萨尔县准页4井钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(12):38-42.
- XIONG Hulin, ZHANG Fei. Drilling technology for Zhunye Well-4 in Jimusaer County of Xinjiang[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(12):38-42.
- [5] 肖长城,贾中芳.新疆塔里木盆地西南坳陷云地1井钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(9):38-43.
- XIAO Changcheng, JIA Zhongfang. Drilling construction technology of Yundi Well-1 in southwest depression of Tarim Basin[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(9):38-43.
- [6] 陈强,郭威,李强,等.油页岩原位开采井钻井工艺设计与施工[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(7):9-14.
- CHEN Qiang, GUO Wei, LI Qiang, et al. Drilling design and construction of oil shale in-situ production well[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(7):9-14.
- [7] 杨甘生,王达.科钻一井取心钻进技术研究[J].石油钻探技术,2006,34(3):8-11.
- YANG Gansheng, WANG Da. Research on coring technology in Well CCSD-1[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2006,34(3):8-11.
- [8] 李炳平,叶成明,李小杰,等.水平定向钻进技术在浅层低渗透性含水层地下水开采中的试验研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(10):65-69.
- LI Bingping, YE Chengming, LI Xiaojie, et al. Research on horizontal directional drilling technology used in shallow low permeable aquifer groundwater extraction[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2010,37(10):65-69.
- [9] 黄忠高,李志强,潘海迪,等.江西省浮梁县朱溪矿区ZK5407深孔螺杆定向斜钻施工工艺技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(8):43-48,54.
- HUANG Zhonggao, LI Zhiqiang, PAN Haidi, et al. Construction technology of screw directional deviation correction for deep ZK5407 in Zhuxi Mining Area of Jiangxi[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015,42(8):43-48,54.
- [10] 刘志强,童军兵,谢宏军,等.黑龙江金厂矿区定向分支孔施工实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(1):17-20.
- LIU Zhiqiang, TONG Junbing, XIE Hongjun, et al. Practice of directional branch hole construction in Jinchang Mining Area of Heilongjiang[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(1):17-20.
- [11] 刘锡金,陈台沟铁矿复杂地层深孔钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(10):41-44.
- LIU Xijin. Construction technology for deep hole drilling in complex formation of Chentaigou Iron Mine[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(10):41-44.
- [12] 王天放,战启帅,段建利,等.深部找矿定向钻探技术研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):163-170.
- WANG Tianfang, ZHAN Qishuai, DUAN Jianli, et al. Research and application of deep prospecting directional drilling technology[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(S2):163-170.
- [13] 吴小建.螺杆钻定向钻探技术在煤层气钻井中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(11):48-49,51.
- WU Xiaojian. Application of directional drilling with PDM in drilling in coalbed methane [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2006,33(11):48-49,51.
- [14] 皇甫全为.受控定向钻探在强导斜地层勘查中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(10):56-57.
- HUANGFU Quanwei. Application of controlled directional drilling in high natural deviation trend formations[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2004,31(10):56-57.
- [15] 刘正斌,王伟,周青荔,等.定向钻探技术在大口径钻孔施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(6):49-51.
- LIU Zhengbin, WANG Wei, ZHOU Qingli, et al. Application of directional drilling in large diameter borehole[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2004,31(6):49-51.

(编辑 韩丽丽)