

# 川藏铁路 DZ-深 02-1 钻孔 高密度冲洗液的研究与应用

黄 杨

(四川华锋钻探工程有限责任公司,四川 成都 610059)

**摘要:**川藏铁路林康段 DZ-深 02-1 孔系构造勘察孔,地层非常复杂。钻探施工中出现了涌水、涌砂,掉块、缩径等复杂孔内情况。涌水携带破碎颗粒极易造成孔内卡钻。同时孔内涌水稀释冲洗液,造成孔内压力失衡,加大了孔内垮塌事故,提高了钻孔的施工难度。通过研究和应用高密度冲洗液,平衡孔内压力,防止泥砂涌入钻具,使内管能顺利到位钻进。通过强抑制性低失水冲洗液的选择与配置,减少了泥岩的垮塌与缩径现象。通过采用加大钻头,增大环空间隙,使孔内岩粉能顺利排出,减低循环泵压,有利于断层泥段孔壁稳定。通过下入花管隔离等方法,分离出部分涌水量,减少了对冲洗液性能的破坏。通过强化钻进参数控制,减少了钻进中对孔壁的扰动,尽可能维持了孔壁稳定。最终钻进至设计孔深,达到了工程勘察的目的。

**关键词:**工程勘察钻孔;高密度冲洗液;涌水涌砂;掉块缩径;断层泥;川藏铁路

**中图分类号:**P634.6;U212.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2020)11-0025-04

## High-density drilling fluid research and application in Borehole DZ - Shen02 - 1 at Sichuan - Tibet Railway

HUANG Yang

(Sichuan Huafeng Drilling Engineering Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610059, China)

**Abstract:** Borehole DZ - Shen02 - 1 at Sichuan - Tibet Railway is a tectonics investigation hole where the stratum is very complex. During drilling, water gushing, sand gushing, falling stones and borehole shrinkage occurred. The high-density drilling fluid was researched and used to balance downhole pressure to prevent mud and sand from flowing into the drilling string, so that the inner tube of the core barrel can be landed in place smoothly. Through selection and concoction of the strong inhibitive and low water loss drilling fluid, borehole collapse and shrinkage in mudstone were reduced. The drill bit diameter was also increased, hence the annulus to allow drilling cuttings to be discharged smoothly; thus the circulating pump pressure can be reduced, which was conducive to the stability of the hole wall in the fault gouge section. The screen pipe was used over the broken section to divert some water inflow so as to reduce the damage to drilling fluid performance. By strengthening the control of drilling parameters, disturbance to the borehole wall was reduced and the borehole wall was maintained as stable as possible. Finally, the borehole was drilled to the designed depth, achieving the purpose of engineering investigation.

**Key words:** engineering investigation hole; high-density drilling fluid; water gushing and sand gushing; falling stones and borehole shrinkage; fault gouge; Sichuan - Tibet Railway

### 1 工程概况

川藏铁路作为超级铁路工程,全线集合了高原高寒、山岭重丘、雷雨雪霜等多种极端地理环境和气

候条件,跨 14 条大江大河、21 座 4000 m 以上的雪山,被称为“最难建的铁路”。强烈的板块活动、敏感的生态环境、恶劣的气候条件、复杂的地质构造,导

收稿日期:2020-07-22; 修回日期:2020-10-15 DOI:10.12143/j.tkgc.2020.11.005

作者简介:黄杨,男,汉族,1988 年生,勘查技术与工程专业,主要从事钻探工艺与冲洗液工艺研究与现场应用工作,四川省成都市青羊区青羊工业总部基地 G 区 8C,493150023@qq.com。

引用格式:黄杨.川藏铁路 DZ-深 02-1 钻孔高密度冲洗液的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(11):25-28,36.

HUANG Yang. High-density drilling fluid research and application in Borehole DZ - Shen02 - 1 at Sichuan - Tibet Railway[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(11):25-28,36.

致该线路上施工难度极大。截止到2020年6月,我公司在川藏铁路林康段线路工程勘察中,共完成了13个深孔勘察项目,合计完成工作量10384.2 m。其中DZ-深02-1钻孔地层最为复杂。该孔为构造勘察孔,处于地质构造破碎带中,施工难度极大,地层不仅破碎而且孔内涌水、涌砂,出现掉块、缩径等复杂情况,极易发生卡钻以及内管不到位等钻探事故。

## 2 施工难点及技术措施

### 2.1 施工难点

DZ-深02-1钻孔的技术难点主要在600~800 m之间的断层带中。除了断层泥遇水水化剥落外,该孔段出现多段水量异常的涌水段,涌水携带破碎颗粒极容易造成孔内卡钻。同时孔内涌水稀释冲洗液,造成孔内压力失衡<sup>[1]</sup>。孔底泥沙在清水的带动下进入内管,又造成内管不到位等,频繁起降管进一步加大了孔内垮塌事故,提高了钻孔的施工难度<sup>[2]</sup>。同时小孔径金刚石钻探环空间隙小,断层破碎带中产生大量的粗颗粒岩粉,无法通过环空间隙排出,经常出现冲洗液循环不通,或者高泵压又进一步加大了孔内垮塌。

### 2.2 技术措施

针对以上情况,通过对相关钻孔施工技术的总结以及查找文献资料,主要在优化钻孔设计、采用多层套管、必要时跟管至稳定层位、加强钻进参数控制、改良钻具以及应用高密度强抑制性冲洗液这几个方面采取措施。

#### 2.2.1 钻孔结构

设计合理的钻孔结构是钻孔能否顺利、高效完成的必要保证。钻探中尽量选择多套口径,本项目施工时采用了5套口径。每层套管考虑下到最大深度,必要时可跟管到稳定层位。在钻机设计能力下,尽量隔离上部不稳定地层和涌水段。

#### 2.2.2 强化钻进参数控制

(1)控制钻压。由于钻压过大,造成钻柱弯曲,转动后对诸如风化层、流沙层、破碎层、松软层等松散孔壁产生碰击,发生剧烈振动,从而造成孔壁掉块和坍塌,进而引起埋钻卡钻<sup>[3]</sup>。

(2)控制转速。特别是在不稳定的断层段,高转速容易对松散孔壁造成振动干扰,引起孔内垮塌。

(3)严格控制泵量、泵压。在断层中冲洗液流速

过高,可能将孔壁冲垮,造成钻孔超径,进而上升的冲洗液在不规则孔壁处形成涡流,对孔壁产生严重冲刷,造成坍塌<sup>[4]</sup>。

### 2.2.3 具体的施工情况

施工中对于断层首先用套管隔离,对于涌水量特别大的孔段采用花管隔离。由于在孔内200 m左右有一段破碎带,采用花管隔离可以分导出部分涌水进入破碎带中,降低孔内涌水对冲洗液的破坏。由于钻机对不同口径的钻杆施工能力以及下入深度有限,对于大部分不能有效隔离的复杂孔段,除了强化钻进参数控制外,还需要采用强抑制性的高密度冲洗液<sup>[5]</sup>,通过对不同加重材料的实验对比以及强抑制性处理剂的选择应用并不断改良,以达到维持孔内平衡,减少孔内垮塌事故发生的概率,使内管能顺利到位,提高钻探效率。同时地质钻探中由于环空间隙小,断层泥以及破碎带中可能产生大量的岩粉以及粗颗粒,会使冲洗液循环时泵压增大,采用加大钻头直径,不仅可以有效地降低循环泵压,还可以减少孔内岩粉,降低沉砂埋钻的风险。

## 3 高密度冲洗液的研究与应用

### 3.1 高密度冲洗液的研制难点

对于孔内出现的一系列事故,除了降低失水量,减少泥岩的水化剥落外,还必须提高冲洗液的密度,以平衡孔内涌水。高密度冲洗液在小口径绳索取心钻探中的应用较少。在使用高密度冲洗液的问题上,抑制性、流变性和配浆性统一协调问题等,在小口径钻探中仍然是一个技术难题<sup>[6-7]</sup>。高密度冲洗液的研制主要存在以下几个方面的技术难点:

(1)高密度冲洗液存在流变性和沉降稳定性之间的矛盾,这是研究与应用高密度冲洗液的关键<sup>[8]</sup>。

(2)提高高密度冲洗液的润滑性时,往往要加入一些处理剂,使冲洗液由水固两相变成水固油三相,使得相与相之间的摩擦力增加,冲洗液流变性变差,从而增加了研究的难度<sup>[6]</sup>。

(3)难以选择合适的加重材料。高密度冲洗液中固相含量较高,为了减少固相含量就必须选用密度高的加重材料<sup>[9]</sup>,常常随着加重材料密度的增加冲洗液的沉降稳定性变差。

(4)高密度冲洗液已不遵循传统的流变学模式,在超高密度冲洗液体系中,由于加重剂含量很高,使得加重剂颗粒之间也会形成网架结构,在这种情况

下体系更接近于膨胀型流体<sup>[10]</sup>。

(5)不能忽视无机盐对高密度冲洗液的作用,由于无机盐能够减少加重材料颗粒表面的吸附物并且能够降低粘土矿物的水化程度,使结构效应降低。

### 3.2 高密度冲洗液的研制思路

高密度冲洗液的难点在于如何在保持较好的流变性的同时提高密度并维持其体系的稳定性<sup>[11]</sup>。通过实验以及现场应用发现:

(1)减少冲洗液中膨润土含量,减少冲洗液中低密度固相的含量,能够有效地提高高密度冲洗液的流变性<sup>[12]</sup>。

(2)使用盐类提高液相密度,减少甚至不用固体加重材料,以此来降低冲洗液粘度,提高冲洗液的流变性<sup>[13-14]</sup>。

(3)使用活化加重材料加重,以此来减少加重材料对高密度水基冲洗液所产生的粘度效应。

(4)释放自由水,能够有效地增强高密度水基冲洗液流动性。

### 3.3 高密度冲洗液的配置

#### 3.3.1 造浆粘土的选用与基浆的配制

高密度冲洗液需要选用优质粘土(即应用中 3%的粘土在 24 h 水化后漏斗粘度 > 30 s、失水量 < 15 mL/30 min)提高体系的切力,维持体系的稳定<sup>[15-16]</sup>。相对于钙土,优质钠土的使用可以减少土粉的用量,同时充分水化的粘土对加重冲洗液的稳定有着十分重要的影响。

#### 3.3.2 加重材料的选择

目前加重材料有铁矿粉、方铅矿、重晶石等,通过实验室沉降稳定性研究与现场应用发现,对于小口径岩心钻探来说,重晶石可满足常用的加重要求,且活化重晶石可以提高体系的稳定性。与其他处理剂配合良好。选用的加重材料配方及性能见表 1。

表 1 加重材料配方及性能

Table 1 Formula and parameters of the weighting material

处理剂配方	密度 $\rho$ / ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	漏斗粘度 $T/\text{s}$	滤实量 $FL$ / [ $\text{mL} \cdot (30 \text{ min})^{-1}$ ]
2% 钠土 + BaSO <sub>3</sub>	1.32	20	16

#### 3.3.3 配方实验

对于涌水段中的断层泥,除了采用加重冲洗液外还需要提高其抑制性和防塌性。减少水化剥落,提高体系的抑制性和流变性<sup>[16]</sup>。在加重剂方面,通过对 NaCl、KCl、NaCOOH、CaCl<sub>2</sub> 等对比,CaCl<sub>2</sub> 从

溶解性、经济性、抑制效果等方面均优于其他无机盐,所以选择 CaCl<sub>2</sub> 作为无机盐处理剂。一方面可以提高冲洗液的矿化度,另一方面可以提高对粘土水化的抑制性。降失水剂方面通过对 S-2 酚醛树脂、腐植酸钾、褐煤树脂、铵盐等对比发现,在相同加量下,酚醛树脂降失水能力优于其他处理剂,选用 S-2 作为降失水剂。为了配合活化重晶石,需要 X-1 成膜剂可以有效地提高润滑性。当大量的无机盐加入,使冲洗液体系呈酸性,而土粉与酚醛树脂需要在碱性下才能维持稳定,在应用中,需要检测好 pH 值,通过烧碱维持好 pH 值,提高冲洗液的稳定性<sup>[17-18]</sup>,使其达到较理想的效果。优化后冲洗液及性能见表 2。

表 2 冲洗液配方及性能

Table 2 Formula and parameters of the drilling fluid

冲洗液配方	漏斗粘 度 $T/\text{s}$	塑性粘度 $N_p$ / ( $\text{mPa} \cdot \text{s}$ )	滤实量 $FL/\text{mL}$	密度 $\rho$ / ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )
基浆 + S-2 酚醛树脂 + CaCl <sub>2</sub> + BaSO <sub>3</sub> + X-1 成膜剂 + NaOH	39	26	5	1.35

### 3.4 高密度冲洗液的维护

高密度冲洗液容易发生沉降,且流变性不宜控制,应用中需要做好检测与维护工作:

(1)维护好冲洗液的各项性能参数,特备是密度与 pH 值。

(2)随时清除冲洗液循环槽和沉淀池内的沉砂,减少冲洗液中岩粉的含量。

(3)当冲洗液粘度或者密度下降后,需按原始配方比例向冲洗液内补充高分子处理剂以及重晶石,提供足够的切力。

## 4 施工效果

通过加大钻头直径,减少了孔内粗颗粒岩粉的沉淀,有效地降低了钻探中的循环泵压,有利于孔壁稳定。后期施工中泵压降低 2/3,冲洗液中岩粉下降 76%。

针对孔内涌水涌砂严重,采用了合理的钻孔结构,并严格控制科学的钻进参数。减少了孔内事故,以及处理事故可能造成的风险,节约了钻进时间,相对于之前纯钻效率提高 52%。

改进了加重冲洗液的应用工艺,由于使用中如果密度过高可能会造成孔内返水减少,所以使用中根据孔口返水情况对冲洗液的密度做动态调节,通

常维持在  $1.35 \sim 1.40 \text{ g/cm}^3$  之间可以有效地维持孔壁稳定,避免孔底涌砂进入钻具,使内管可以顺利到位。实际使用中由于清水的侵入时常可能会造成冲洗液切力下降,引起加重材料的不稳定沉降,或者粘度切力过高造成冲洗液流动困难,岩粉难以沉淀。为了维护冲洗液具有良好的流变性,需要做好土粉与处理剂的预水化工作,使冲洗液的动塑比维持在  $0.4 \sim 0.5$ ,具有良好的流变性能。

通过加大钻头直径,调整钻进参数,以及高密度冲洗液的应用,并不断在维护中改进性能,维护了孔壁稳定,达到了设计孔深,顺利实现了勘察的目的。

## 5 结语

钻探是一门系统性的综合工程,在复杂地层中各方面的密切配合尤为重要,在该孔的施工过程中通过理论与实践总结出以下几点:

(1)通过周边地层资料以及断层带可能出现的位置,提前做好合适的钻孔结构设计很重要。

(2)涌水流砂层,对钻探来说施工难度最大。在正常钻进过程中表现突出,在加接钻杆停车的瞬间,孔内及钻具内有较大的负压,由于负压作用,加之孔内流砂的流动性强,经常涌进钻头及内管,无法形成正常循环。为解决这一问题,需要采用高密度冲洗液。

(3)高密度冲洗液性能的稳定需要时刻做好维护工作避免发生不稳定沉降。

(4)针对小口径金刚石钻进断层带中常存在的因堵心频繁、破碎颗粒多和钻孔环空间隙小的特点,常常容易引起高泵压的情况,考虑采用加大钻头尺寸增加环空间隙有利于粗颗粒岩粉的排出,减小泵压从而有利于孔壁稳定。

(5)除了优质冲洗液的应用外还需要强化钻进参数控制,减少对孔壁的扰动,提高孔壁的稳定性能。

## 参考文献(References):

[1] 郭平,刘士鑫,杜建芬.天然气水合物气藏开发[M].北京:石油工业出版社,2006:6.  
GUO Ping, LIU Shixin, DU Jianfen. Development of natural gas hydrate reservoir[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2006:6.

[2] 吴德军,朱小锋,刘树华,等.松辽盆地松南油页岩地质调查井绳索取心钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47

(3):44-48.

WU Dejun, ZHU Xiaofeng, LIU Shuhua, et al. Wire-line core drilling for Songnan oil shale survey in the Songliao Basin[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(3):44-48.

[3] 鄢捷年.钻井液工艺学[M].青岛:石油大学出版社,2006:165-166.

YAN Jienian. Drilling fluid technology[M]. Qingdao: Petroleum University Press, 2006:165-166.

[4] 胡忠鲤,等.现代化学基础[M].北京:高等教育出版社,2006:25.

HU Zhonggeng, et al. Fundamentals of modern chemistry [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006,25.

[5] 何玉云,王发民,宁夏灵武幅、磁窑堡幅综合地质调查 LS01 孔冲洗液护壁技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(1):31-35.

HE Yuyun, WANG Famin. Drilling fluid wall protection for the comprehensive geological survey Borehole LS01 for the Lingwu and Ciyaobao map sheets in Ningxia[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(1):31-35.

[6] 董海燕,高永进,白忠凯,等.塔里木盆地柯坪地区新苏地 1 井冲洗液护壁堵漏工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(8):47-55.

DONG Haiyan, GAO Yongjin, BAI Zhongkai, et al. Wall protection and leak-plugging with drilling fluid for Well Xinsudi-1 in Keping Area of Tarim Basin[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(8):47-55.

[7] 肖冬顺,符文,吴琼,等.青海五龙沟矿区泥岩地层冲洗液研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(9):45-50.

XIAO Dongshun, FU Wen, WU Qiong, et al. Drilling fluid for mudstone in Wulonggou Mine of Qinghai Province[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(9):45-50.

[8] 吴隆杰,杨风霞.钻井液处理剂胶体化学原理[M].成都:成都科技大学出版社,1992:23.

WU Longjie, YANG Fengxia. Colloidal chemistry principle of drilling fluid treatment agents[M]. Chengdu: Chengdu University of Science and Technology Press, 1992:23.

[9] 鄢泰宁,等.岩土钻掘工程学[M].武汉:中国地质大学出版社,2004.

YAN Taining, et al. Drilling and excavation engineering[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2004.

[10] 乌效鸣,等.钻井液与岩土工程浆液[M].武汉:中国地质大学出版社,2002.

WU Xiaoming, et al. Drilling fluid and geotechnical engineering slurry [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2002.

[11] 李世忠,等.钻探工艺学[M].北京:地质出版社,1989.

LI Shizhong, et al. Drilling technology[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989.

(下转第 36 页)

- analysis on green exploration technology in drilling construction in Tongjinshan Mining Area of Qinghai Province[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(3):27-30.
- [22] 孙之夫,游鲁南,王林钢,等.黄金地质绿色勘查方法与实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(4):1-6.  
SUN Zhifu, YOU Lunan, WANG Lingang, et al. Green geological exploration method and practice for gold[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(4):1-6.
- [23] 吴龙,陈松林,刘红亮,等.湖北省绿色勘查工作探索与实践[J].资源环境与工程,2020,34(2):307-310.  
WU Long, CHEN Songlin, LIU Hongliang, et al. Exploration and practice on green prospecting of Hubei Province[J]. Resources Environment & Engineering, 2020,34(2):307-310.
- [24] 刘旭光,盛海星,王敏.XDQ-1200型全液压轻型岩心钻机电液控制系统设计与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(9):49-52.  
LIU Xuguang, SHENG Haixing, WANG Min. Design of electro-hydraulic proportional control system for XDQ-1200 light and full hydraulic core drill[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015,42(9):49-52.
- [25] 王瑞泽,鲁飞飞,凡东,等.ZDY1200G钻机在某铅锌矿坑道中深孔勘探中的应用[J].化工矿物与加工,2020,49(5):38-41.  
WANG Ruize, LU Feifei, FAN Dong, et al. Application of ZDY1200G in medium deep hole exploration in tunnel of lead-zinc mine[J]. Industrial Minerals & Processing, 2020,49(5):38-41.
- [26] 和志明,刘永恒.架设工艺在水利水电钻探领域的应用[J].甘肃水利水电技术,2018,54(10):98-99,114.  
HE Zhiming, LIU Yongheng. Application of erection technology in the field of hydraulic and hydroelectric drilling[J]. Gansu Water Resources and Hydropower Technology, 2018,54(10):98-99,114.
- [27] 宋永会,袁鹏,彭剑峰,等.突发环境事件风险源识别与监控技术创新进展:(I)环境风险源识别技术与应用[J].环境工程技术学报,2015,5(5):347-352.  
SONG Yonghui, YUAN Peng, PENG Jianfeng, et al. Technological innovation progress of risk sources identification, monitoring and management of sudden environmental pollution accidents: (I) risk sources identification technologies and applications[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2015,5(5):347-352.
- [28] 汪恩满,方敏.地质勘查行业管理制度变迁的路径依赖与创新选择[J].地质与勘探,2018,54(6):1147-1152.  
WANG Enman, FANG Min. Path dependence and innovation choice of management system changes in the geological exploration industry[J]. Geology and Exploration, 2018,54(6):1147-1152.
- [29] 张文辉,申文金.关于绿色勘查标准化的思考[J].现代矿业,2017,33(9):8-11,17.  
ZHANG Wenhui, SHEN Wenjin. Considerations of standardization of green exploration[J]. Modern Mining, 2017,33(9):8-11,17.
- [30] 张福良,薛迎喜,马骋,等.绿色勘查—新时代地质找矿新模式[J].中国国土资源经济,2018,31(8):11-15.  
ZHANG Fuliang, XUE Yingxi, MA Cheng, et al. Green geo-prospecting—a new model of geo-prospecting in the new era[J]. Natural Resource Economics of China, 2018,31(8):11-15.

(编辑 周红军)

## (上接第28页)

- [12] 吴翔,等.定向钻进原理[M].武汉:中国地质大学出版社,2006.  
WU Xiang, et al. Directional drilling principle[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2006.
- [13] 江天寿,周铁芳,等.受控定向钻探技术[M].北京:地质出版社,1994.  
JIANG Tianshou, ZHOU Tiefang, et al. Controlled directional drilling technology[M]. Beijing: Geological Publishing Press, 1994.
- [14] 王亚伟,石德勤,王述德,等.分支井钻井完井技术[M].北京:石油工业出版社,2000.  
WANG Yawei, SHI Deqin, WANG Shude, et al. Branch well drilling and completion technology[M]. Beijing: Petroleum Industrial Press, 2000.
- [15] 胡友林,张岩,吴彬,等.海洋深水钻井钻井液研究进展[J].钻井液与完井液,2004,21(6):52-54,85.  
HU Youlin, ZHANG Yan, WU Bin, et al. Achievements on deep water drilling fluid research[J]. Drilling Fluid and Completion Fluid, 2004,21(6):52-54,85.
- [16] 岳前升,舒福昌,向兴金,等.合成基钻井液的研制及其应用[J].钻井液与完井液,2004,21(5):1-3.  
YUE Qiansheng, SHU Fuchang, XIANG Xingjin, et al. Research on synthetic drilling fluid and its application[J]. Drilling Fluid and Completion Fluid, 2004,21(5):1-3.
- [17] 冯定,唐海雄,周魁,等.模块钻机的现状及发展趋势[J].石油机械,2008,36(9):143-147.  
FENG Ding, TANG Haixiong, ZHOU Kui, et al. The status quo and development trend of modularized drilling rig[J]. China Petroleum Machinery, 2008,36(9):143-147.
- [18] 郑双进,黄志强,陈彬,等.定向井钻压传导计算方法[J].断块油气田,2011,18(3):403-405.  
ZHENG Shuangjin, HUANG Zhiqiang, CHEN Bin, et al. Calculating method for WOB conducting of directional well[J]. Fault-block Oil and Gas Field, 2011,18(3):403-405.

(编辑 周红军)