

全液压顶部驱动钻机的开发与应用

刘宪全^{1,2}, 李效生^{1,2}, 宋双进^{1,2}, 陆德义^{1,2}, 张随^{1,2}, 张翔^{1,2}

(1. 安徽两淮科力机械制造有限公司, 安徽合肥 230088; 2. 安徽省煤田地质局, 安徽合肥 230088)

摘要:分析了目前市场上煤田地质岩心钻机的优缺点,并提出全液压顶驱钻机主要应解决的问题。介绍了DX2000型顶部驱动钻机的主要组成部分、特点、技术参数、操作以及施工情况。

关键词:顶部驱动;全液压;负载敏感;DX2000型钻机;地质岩心钻机

中图分类号:P634.3⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)S1-0030-05

1 概述

随着液压应用技术的发展、成熟完善,机械工程设备趋向自动化和智能化方向发展,全液压钻机的发展方兴未艾;钻井界顶部驱动钻机作为石油钻井三大前沿技术之一,为同在沉积岩地层施工的煤田地质岩心钻探提供了使用钻机发展的方向,即地质岩心钻探的顶部驱动钻机。现在,煤田地质勘探的施工钻孔已越来越深,施工的主要钻机都是机械式钻机,一种是老千米型钻机,一种是立轴式钻机(卸除了液压部分,仅保留机械部分),其优点一是结构简单、耐用、维修方便,二是立轴回转转速挡较多。但钻进时需使用主动钻杆且没有孔内钻杆保护等,在深部钻孔施工中存在许多缺陷和局限性。为了弥补煤田钻探机械式钻机的不足,引进了液压顶驱先进技术,研制了适应深部岩心钻探的全液压顶部驱动钻机,促进和完成了深部煤田钻探钻机的升级换代。

2 全液压顶驱钻机的工作特点

目前,从事深孔煤田地质岩心钻探的钻机基本上都是机械式钻机。针对机械式钻机在施工中存在的问题,和对钻机设备市场的调研分析,并吸收石油系统的先进技术,设计研发了DXZ2000型全液压顶驱钻机(见图1)。该钻机主要解决了以下几个问题。

(1)顶部驱动装置代替了立轴或转盘,实现了无主动钻杆钻进,可以用立根进行加减尺,扩大了加减尺范围。顶驱装置中有加减尺上卸扣装置(为专利产品,专利号:200920187824.9),直接进行钻具的上卸扣,简化了上下钻的操作程序。

(2)卷扬采用液压行星轮系,在保留了机械行星轮系的同时实现了液压操作,并在下钻时起到水

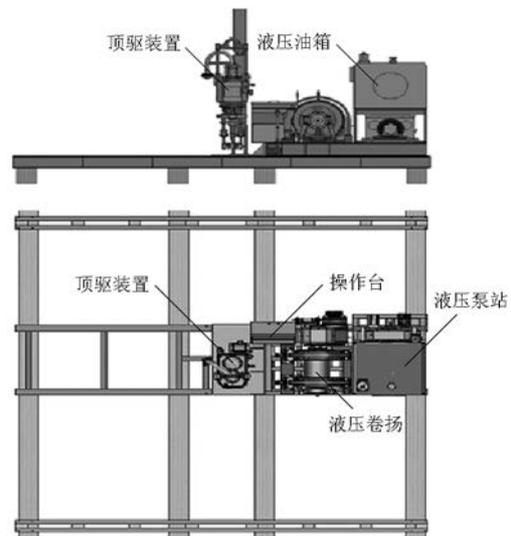


图1 顶驱钻机布局

刹车的的作用,操作更便捷,作业更安全,劳动强度也有所降低(专利号:ZL201020625964.2)。

(3)液压双泵合流负载敏感反馈变量系统,高效节能、安全可靠、操作简单。

(4)实现了无级变速,回转速度高,机械转速范围0~600 r/min,对深孔施工有更好的适应性。

(5)整体布局合理,结构紧凑,液压控制系统反应灵敏,视频系统图像清晰,有利于操作和降低劳动强度。

3 全液压顶驱钻机的工作原理和结构特点

3.1 全液压顶驱钻机的工作原理

顶驱钻机的核心部件是液压顶驱装置,它是由液压力头 and 上卸扣装置构成,其上与水龙头直接连接,下与孔内钻杆柱连接。在液压顶驱装置的动

收稿日期:2013-06-30

作者简介:刘宪全(1956-),男(汉族),山东枣庄人,安徽两淮科力机械制造有限公司总经理、高级工程师,钻探工程专业,从事煤田地质钻探施工技术、钻探机械的研制开发等工作,安徽省合肥市海棠路399号,2513412355@qq.com。

力头的驱动下直接驱动孔内钻具旋转,并驱动钻具沿向下移动而给进液压顶驱装置沿钻塔中的导轨,随孔内钻具同步运行。由于孔内钻具不连接主动钻杆,所以,无论是钻进还是升降钻具,钻具均可以旋转和循环钻井液,一旦孔内发生卡钻、拉槽、缩径、遇阻等孔内事故时,均可在不停车的情况下立即进行有效的处理。起下钻作业类似传统的立轴式钻机由独立的液压卷扬系统承担。

动力传递:由柴油机带动液压变量泵,经液压管路传递到动力头的变量马达,再经液压方向控制阀进行分流,一路到液压顶驱装置,经减速器减速后驱动孔内钻具进行钻进或上卸扣等作业,另一路到液压卷扬系统进行起下钻作业。钻机安装了系统压力表、液压回转压力表和转速表,能够随时反应液压系统和孔内钻具的工作状态,预防孔内钻杆穿刺、烧钻、垮孔、漏水、埋钻等,降低孔内事故率。

3.2 全液压顶驱钻机的结构特点

3.2.1 液压系统控制

DXZ2000 型钻机的液压系统主要包括 3 个回路。

(1) 顶驱装置回路:额定压力 $P_r = 25 \text{ MPa}$,最高压力 $P_{\max} = 31 \text{ MPa}$ 。

(2) 液压卷扬回路:额定压力 $P_r = 25 \text{ MPa}$,最高压力 $P_{\max} = 31 \text{ MPa}$ 。

(3) 辅助回路:额定压力 $P_r = 16 \text{ MPa}$,最高压力 $P_{\max} = 20 \text{ MPa}$ 。

液压控制系统采用的是变量泵→变量马达系统(泵是负载敏感反馈变量泵),动力源通过分动箱驱动 2 台负载敏感反馈变量泵作为动力输出,输出的高压油流经负载敏感比例多路阀合流,通过液压控制阀分配到顶驱装置液压系统和渗透压升降系统。2 台变量泵的输出流量是均衡的,可以根据系统负荷的大小通过控制阀同时进行调节。即操作控制阀操作手柄,调整倾斜角度的大小,进而改变了负载敏感比例多路阀阀芯开合度,引起阀芯输入端和输出端压差的变化,这种变化通过比例阀的 LS 口同时反馈到 2 个泵,使同时改变排量来匹配系统所需流量。

2 个工作回路系统可以通过改变马达排量,实现在较大范围内调节,以控制各自系统的扭矩和速度,满足各种施工作业的要求。其中,顶驱装置部分是电比例无级调速马达,可实现顶驱转速的无级调节,同时结合泵排量的控制,使顶驱转速的调节范围更大。并且,由于顶驱装置安装有上卸扣装置,可从压力表上观察上扣的扭矩,避免上扣扭矩过大或不足,具有上扣保护功能。卷扬部分采用的是两点变

量马达,实现卷扬 4 挡无级变速转换。

该系统的主要优点是:(1) 节能,即泵的输出由系统所需流量决定,减少了能量损失,特别在非工作状态时系统只需要很少的动力维持内泄即可;(2) 系统的负载由 2 个泵平均分担,能够延长泵的使用寿命;(3) 实现回转转速和卷扬的起升速度平稳恒速。

3.2.2 顶驱装置

顶驱装置主要包括水龙头、顶驱减速箱、拖车、提引器卸扣装置和防松保护接头。顶驱装置采用马达旋转上扣,上扣平稳。钻机设定最大扭矩,一旦钻进中出现憋钻扭矩超过设定范围时,马达会自动停止旋转,待调整钻井参数后再正常钻进,可更好了解孔内钻进时的工况,避免了设备长时间超负荷运转,有效预防孔内钻具事故的发生。顶驱结构如图 2 所示。

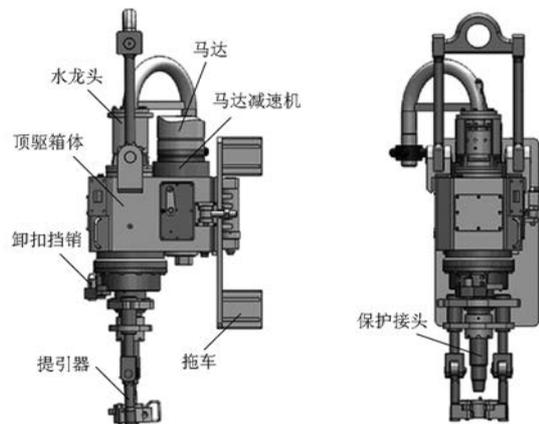


图 2 顶驱结构示意图

3.2.3 卷扬系统(见图 3)

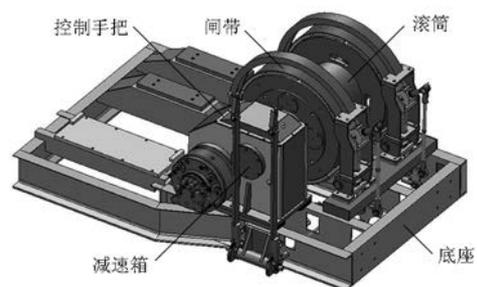


图 3 卷扬

液压行星轮系卷扬由马达、行星轮系卷扬滚筒(包括升降把、刹把)、卷扬减速机以及液压管路组成,有 4 个速度挡位。马达采用 TD3.5 两点变量马达,卷扬滚筒容绳量 230 m,刹车有水冷却方式以满足在浅孔段机械快速下放。液压行星轮系卷扬有 2 种控制方法。

方法一:机械方式(略)。

方法二:液压方式。将卷扬的升降把压紧,完全

松开刹把,通过控制操作台上的卷扬控制手柄即可实现滚筒的提升、下放与制动。速度可以通过控制手柄开合度的大小进行调节。在深孔施工下放钻具时,此方法具有水刹车的功能。

该卷扬系统具有自由下放功能,且下放速度可控;将卷扬控制阀打到下放位,压紧升降把松开制动把,卷扬可按照不同的挡位以不同的速度自动下放。该卷扬在减压钻进工况时,除了可以按照传统的操作方法外,还可以使用卷扬反转下放进行减压钻进。

注意:(1)卷扬机械换挡时必须压紧刹把,并打开保护开关;(2)手柄的开启与复位力度要均匀,切忌急拉、急停,以防止液压冲击对液压元件的损害,以及对孔内钻具或其他机械部分造成损害。

3.2.4 操作显示台

操作台上装有视频显示器(见图4),可对钻塔二层台上的工作情况进行监控,方便司钻人员工作。

通过转速表和回转系统压力表数值,可更好了解孔内钻进时的工况,有效控制钻进参数。

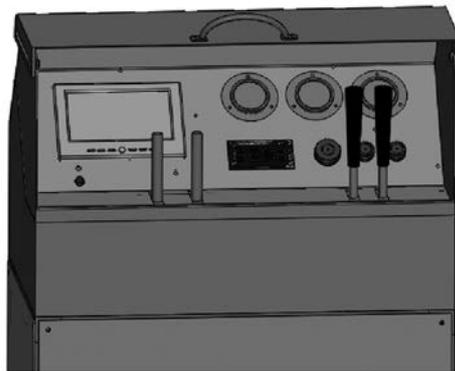


图4 操作显示台示意图

3.2.5 操作台使用说明

操作台面板(见图5)上部主要为工况显示区和旋钮开关区,包含以下几个项目。

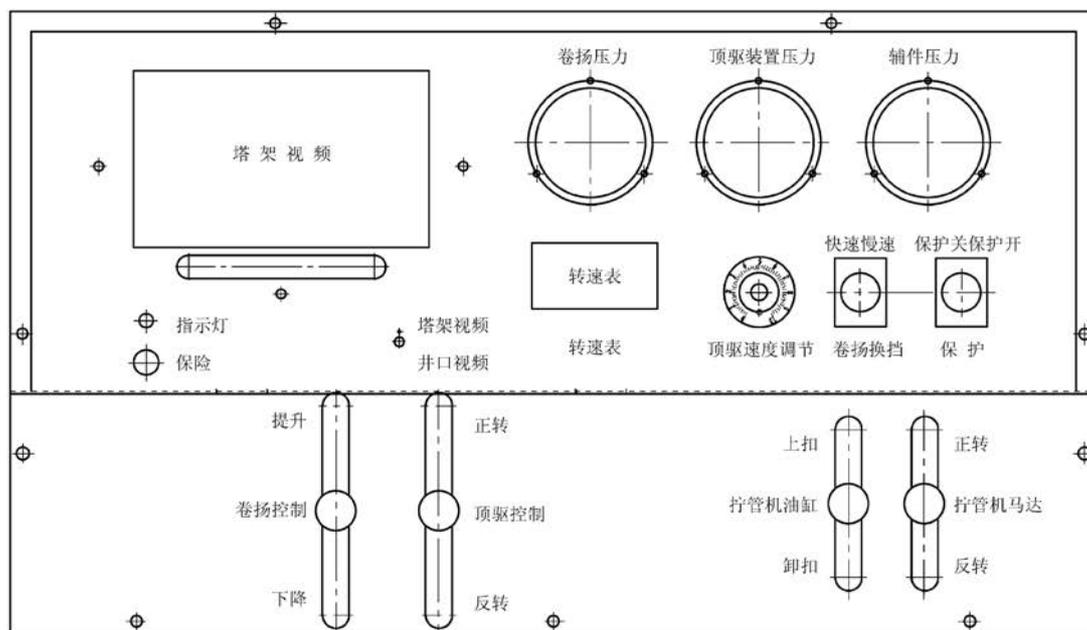


图5 操作台面板

(1)视频:为井架上工作和井口工作的视频显示,帮助班长起下钻操作。

(2)转速表:用于显示顶驱回转速度。

(3)指示灯:用于显示保险的工作状态,当提示灯不亮说明操作台无电或保险丝已断。

(4)压力表:用于反应各系统的压力状态,分别是顶驱装置压力表、卷扬系统压力表和辅件压力表。

(5)视频转换开关:在视频显示的右下方,用于控制井口与塔架视频的转换。

(6)卷扬换挡开关:用于调节卷扬挡位,更换卷扬在不同工况下的最大速度。

(7)保护开关:用于当顶驱与钻杆上扣以及卷扬换挡、顶驱调速时保持较低的扭矩。

4 DXZ2000型全液压顶驱钻机主要技术参数

顶驱钻机主要包括液压泵站、液压操作台、液压卷扬、液压顶驱装置、拖车和导轨等组成。

(1)钻杆直径:89 mm(绳索);60 mm。(2)钻井深度:2000 m。(3)最大提升能力:48 t。(4)发动机功率:120 kW。(5)钻塔高度:26 m。(6)滑车系统:钢丝绳直径22 mm,有效绳数4~6。(7)水龙头中心管通径:50 mm。(8)顶驱旋转系统:2挡无级调

速,相关数据见表1。

表1 顶驱旋转系统参数

挡位	扭矩/(N·m)	转速/(r·min ⁻¹)
I	2000~7000	0~230
II	1000~2800	0~600

卷扬系统参数见表2。

表2 卷扬系统参数

挡位	单绳提拉力/kN	外层绳速度/(m·s ⁻¹)
I	80	0~1.3
II	55	0~2.2
III	38	0~3.2
IV	23	0~5.4

5 DXZ2000型全液压顶驱钻机的主要配置及操作

5.1 主要配置

(1)钻塔:采用26m四角管塔,四角管塔采用起塔装置安装和拆卸,额定载荷能力50kN。

(2)动力:电机为132kW或柴油机6135型。

(3)泥浆泵:BNN300/10型三缸单作用泵。

(4)发电机:20kW三相异步交流电机。

5.2 钻机操作

5.2.1 卷扬操作

卷扬为全液压行星轮系两用卷扬,有比例变量手柄1操作和原始双手把(刹把和升降把)操作,卷扬为4挡变速。

(1)原始双手把操作为传统钻机操作(略)。

(2)卷扬控制手柄上提操作:首先是放开刹把,升降把刹死→把挡位旋钮打到需要的挡位→慢速推动卷扬手柄→滑车慢速启动→手柄推到高位上提滑车、顶驱和钻杆→上提快到位时,手柄回拉放慢提升速度→到位后拉到中位→完成。

(3)卷扬控制手柄下放滑车操作。升降把刹死,刹把放开→把挡位选按钮打到需要的挡位→慢速拉动卷扬手柄1→滑车慢速下放(压力表压力主要是系统克服系统压力和平衡阀所需压力,这时的卷扬马达只是被动件)→手柄1拉到位卷扬以该挡内最大速下放→快到位时,调整手柄减慢下放速度→顶驱到位后手柄推到中位→完成。

(4)正常钻进中的卷扬操作。

①应用刹把给进减压钻进,就是在要钻进时卷扬停止,把刹把刹住,升降把打开→慢抬刹把卷扬滚筒均匀下放,得到符合要求的钻压→合理调整刹把使钻压在要求范围内→完成。

②应用卷扬手柄操作,把升降把刹死,刹把达到

能克服马达内泄下降→打开保护开关(右旋)→慢速拉动手柄1卷扬下行→调整下行速度使压力表压力达到压力要求为止,实现正常恒压钻进。

注意:(1)卷扬在工作时不能进行换挡操作;(2)在使用卷扬控制手柄操作起下钻后如要长时间停用卷扬时,一定要把刹把刹住,防止卷扬马达内泄引起下降;(3)在使用手柄操作深孔下钻时,不能用4挡(快挡)控制下钻速度,防止速度过快冲开平衡阀(平衡阀工作压力为31MPa),使液压刹车失灵;(4)当出现下钻速度过快时,应及时用刹把进行刹车确保不放大滑;(5)液压卷扬起钻时在高速挡位提升压力达到25MPa时,就应降挡操作。

5.2.2 顶驱操作

(1)顶驱从地面拉小根钻杆加尺操作:顶驱装置下放→顶驱上卸扣提引装置→从地面卡住钻杆→上提顶驱拉起钻杆→下放顶驱使钻杆对上孔口钻杆→打开保护开关(右旋至保护开)→推动顶驱回转手柄→继续慢速下放顶驱→钻杆小根与顶驱上扣(加尺钻杆边上扣边看回转压力显示,有压力说明上好丝扣)→拉起顶驱→拿掉钻杆垫叉→完成。

(2)顶驱向地面拉钻杆操作:顶驱装置拉起钻杆→在第二根钻杆放入孔口钻杆垫叉→下放钻杆垫叉坐在拧管机上→拉动手柄(顶驱反转)→卸开钻杆(从孔口卸开)→放下顶驱上卸扣提引器挡销→拉动顶驱手柄2反转卸开钻杆→上提顶驱装置拉起钻杆→向下放顶驱钻杆拉下地面→打开提引器拉起顶驱→完成。

(3)用顶驱加立根操作:上提顶驱装置→塔上人员把立根放进顶驱的提引器→上提顶驱拉起立根钻杆→下放顶驱孔口对扣→打开保护开关(右旋)→拉动顶驱回转手柄2→继续慢速下放顶驱→钻杆立根与顶驱上扣(立根钻杆上扣有压力显示)→提起顶驱及孔内钻杆→拿出孔口钻杆垫叉→开泥浆泵→完成。

(4)用顶驱起钻减立根操作:上提顶驱,卷扬手柄1→提出立根后放垫叉→慢速下放顶驱垫叉(拉力表有顶驱重量显示)→孔口吊钳卸开一扣→顶驱反转卸开钻杆→塔上人员把顶驱上卸扣提引器挡销起下挡住钻杆不转→顶驱控制手柄反转卸开钻杆→上提顶驱上卸扣提引器拉起钻杆→把钻杆立根放入立根箱→二层台人员配合把立根从提引器中取出→钻杆立根放入井架→顶驱下放→完成。

注意:顶驱最高转速是在顶驱速度旋钮调节到最大的位置时所对应的转速(0~600r/min)。这时

马达排量最小,回转扭矩也是最小,在顶驱压力为 25 MPa 时,最大输出扭矩 1000 N·m,可通过手把 2 调节顶驱转速。所以在卸扣时一定要把顶驱速度旋钮调节到慢速(向左转动),使马达扭矩加大,保证卸扣扭矩。

建议:开孔在浅孔段时顶驱应用高速小扭矩,用变量泵控制转速,当系统压力达到 18MPa 时,应调节旋钮加大扭矩。

6 施工情况

到目前为止,顶驱钻机已完成各种钻孔上百口,其中孔深超过 1500 m 的深部地质岩心钻探孔有 9 口。从完成的 9 口深孔来看,施工钻效有一定提高,对使用顶驱钻机在提钻取心工艺中应用了长筒取心器(9 m 左右)和卡簧卡心,提高效率在 25% 以上。在无芯钻进中钻效更高。同时还有利于较好的处理孔内复杂的事故,如孔内拉槽事故如不是应用顶驱钻机就是大的孔内事故,处理起来极为困难,稍有不慎就有大量的报废钻孔和钻杆、钻铤,而对于顶驱钻机就是个小问题,只要把顶驱接上,开泥浆泵送浆,一边回转,一边慢速上提就可把拉槽打破,彻底解决了机械钻机无法解决的施工难题。

刘庄 1104 孔于 2009 年 5 月 17 日上午开钻至 10 月 7 日,正常施工计 140 天时间,钻探进尺 1560 m,其中松散层 288.2 m,为第三系破碎硬岩层,有 450 m 左右,施工极为困难,同时施工的机械钻机多在 180 天以上,还有多个无法完成的报废钻孔。特别在松散层段无心施工钻进中,液压马达将扭矩直接传递到连接在动力头和下部钻具上不超过 18 m 的任一长度的钻铤及钻杆进行钻进,不需要常规钻机传递动力给钻铤或钻杆所必需的主动钻杆,减少了卸掉主动钻杆再连接上主动钻杆所用的时间。该孔从地表到 288.2 m 为松散层段,其中 266.56 m 为无岩心钻进,纯钻进用时 13.17 h,平均钻速为 20.2 m/h,钻进效率比常规机械钻机钻进效率有较大的提高。

使用 DX2000 型钻机分别完成地质钻孔井深为 1540、1650 和 1700 多米,特别是明光盐井地质孔全孔取心中施工孔深 1650 m,全孔正常钻进时间只用不到 3 个月的时间,有效显示了 DX2000 型钻机的施工效率。当孔深在 1600 m 以浅时顶驱回转扭矩和提升力只用到设计的 50%,所以从施工实际来说,该钻机整体完全达到设计目的。

在施工试验初期存在问题:(1)施工钻机应用

国产定量泵造成耗油量大,成本提高;(2)使用钻杆钻具不配套,无法开出高速影响钻效;(3)钻机为单体液压连接点多,造成现场安装困难、易跑漏油和液压油污染,严重影响操作和使用寿命;(4)没有培训维护人员,操作人员缺少液压知识,加上售后服务不及时等也严重影响了钻效和使用的热情。

以上问题已在 2012 年开发应用进口负载敏感反馈泵的液压系统和钻机的整体设计习惯性得到较好解决。

7 结论

全液压顶部驱动钻机是全液压动力头钻机的一种特殊类型,它们具备钻井工作的稳定性,但在结构和工作原理上也存在较大的差异。由于顶部驱动钻机安装了液压顶驱装置、液压绞车、液压上卸扣装置和行程较长的动力头(顶部驱动装置)移动导轨等,因此,具有它固有的特殊功能,表现出了在钻探作业中的一些优越性。

(1)实现了无主动钻杆钻进,加尺可采用立根,钻进中不须倒杆,成倍减少加尺次数,大幅度减少由此引起的辅助时间,钻探效率高。尤其是在厚覆盖层地区施工更为显著。

(2)上卸扣装置代替了夹持器,减少了钻机附属设备,也降低了劳动强度。

(3)钻进中,一旦孔内出现异常,可第一时间在上下较大范围内(立根长度)窜动钻具,循环泥浆,消除和减少孔内事故。

该产品的推广应用可加快我国钻探设备的更新发展,进一步推动我国深孔钻探工艺的推广以及钻探技术水平的提高。

参考文献:

- [1] 孙友宏,薛军,等. 液压钻机设计[M]. 北京:地质出版社, 2011.
- [2] 孙友宏,张春鹏,王清岩,等. 全液压智能型动力猫道:中国, CN 202767911U[P]. 2013-03-06.
- [3] 赵大军,隗延龙,王继新,等. 全液压顶驱减速系统传热特性[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2012, 42(S3): 314-321.
- [4] 赵大军,徐龙宪,孙友宏,等. JSL-30 型地震勘探砾石钻机的研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2005, 32(S1): 219-221.
- [5] 唐爱国,王玉吉,李庆彬. YCJF-20 型全液压冲击反循环钻机结构特点及应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(10): 50-52.
- [6] 张金昌,孙建华,谢文卫,等. 2000m 全液压岩心钻探技术装备示范工程[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(3): 1-7.
- [7] 王四一,高科,赵江鹏. SP-1-01 型全液压顶驱齿轮副振动分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(6): 14-17.