

# ZLY2500L型煤矿用履带式坑道钻机的研制

胡海峰, 熊文祥, 郑明辉

(浙江杭钻机械制造有限公司, 浙江 杭州 310020)

**摘要:**针对我国煤矿松软突出煤层中的煤巷、高应力巷道等小断面巷道,以及皮带运输巷中钻机需频繁让道、在掘进巷道中钻机需绕前施工等通过空间狭小的复杂钻孔施工条件,结合煤矿钻孔现场施工对孔比较繁琐及搬运迁移比较困难的现状,进行了ZLY2500L型煤矿用履带式坑道钻机的研制。目前常用的整体式履带钻机大多存在不能将井下机动灵活、外形尺寸小、操作人员安全性高等特点高度融合的缺陷,导致瓦斯抽采钻孔施工效率低,钻机对复杂钻场和矿井条件适应性差。该机型结构布置合理,辅助功能齐全,它能有效地改善中小煤矿钻孔施工效率,提高钻掘产量,降低工人劳动强度,可用于瓦斯抽采穿层钻孔、瓦斯抽采顺层钻孔和探放水以及底板注浆等钻孔施工。本文主要介绍ZLY2500L型煤矿用履带式坑道钻机的主要技术参数、结构布局特点及液压系统。经试验表明,对于中小煤矿钻孔施工具有良好的应用前景。

**关键词:**煤矿;瓦斯;坑道钻机;履带行走;液压传动

**中图分类号:**P634.3 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-9686(2022)02-0129-06

## Development of ZLY2500L crawler tunnel drill for coal mines

HU Haifeng, XIONG Wenxiang, ZHENG Minghui

(Zhejiang Hangzuan Machinery Manufacturing Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang 310020, China)

**Abstract:** In view of the coal roadway, the high stress roadway and other small section roadways in the soft outburst coal seams in China's coal mines, as well as the complex drilling conditions in narrow space, such as frequent giving way in the belt transportation roadway, by-passing of the roadway at work by the drill, and in light of the existing difficulties in movement and alignment of the drill in the coal mine drilling field, ZLY2500L crawler tunnel drill for coal mines is developed. At present, the commonly used containerized crawler drill has such defects: it can't highly integrate underground mobility, compactness and high safety for operators; thus, leading to low gas drainage drilling efficiency, and poor adaptability to the complex drilling field and mine conditions. ZLY2500L drill can effectively improve drilling efficiency in small and medium-sized coal mines, increase mining output and reduce the labor intensity. It can be used for cross-seam and in-seam gas drainage drilling, water exploration and drainage, floor grouting and other drilling work. This paper mainly introduces the main technical parameters, the structural layout features and the hydraulic system of ZLY2500L crawler tunnel drill for coal mines. The test shows that it has a good application prospect for drilling in small and medium-sized coal mines.

**Key words:** coal mine; gas; tunnel drill; crawler mounted; hydraulic transmission

## 0 引言

我国是煤炭工业大国,为确保煤矿产业健康发展,加强瓦斯治理对提高煤矿安全保障程度极具重要性<sup>[1]</sup>。早期,国家煤矿安全监察局提出了“先抽后

采,监测监控,以风定产”的十二字方针<sup>[2-3]</sup>。而煤矿井下钻孔抽采是有效的瓦斯治理手段,坑道钻机是抽采钻孔施工的专用设备。煤矿常用的坑道钻机有三大机型,即分体式、分体式履带、整体式履带。

**收稿日期:**2021-04-15; **修回日期:**2021-08-23 **DOI:**10.12143/j.ztgc.2022.02.018

**第一作者:**胡海峰,男,汉族,1983年生,产品经理,高级工程师,机电一体化专业,主要从事煤矿钻探设备研发及试验工作,浙江省杭州市凯旋路445号浙江物产国际广场,huhai Feng\_1219@163.com。

**引用格式:**胡海峰,熊文祥,郑明辉.ZLY2500L型煤矿用履带式坑道钻机的研制[J].钻探工程,2022,49(2):129-134.

HU Haifeng, XIONG Wenxiang, ZHENG Minghui. Development of ZLY2500L crawler tunnel drill for coal mines[J]. Drilling Engineering, 2022,49(2):129-134.

随着煤矿机械化程度的不断提高,履带钻机正逐步替代分体式钻机<sup>[4-7]</sup>。

目前,传统液压钻机主要由主机、泵站、操作台组成,一般依靠人力搬运,辅助工序长,施工效率低,主要适用于小型煤矿巷道。

整体式履带钻机是将主机、泵站、操作台集成至履带上方,机动性强,移动方便,主要适用于中大型煤矿。在用的整体式钻机受其整体布置结构的局限,基本应用于近水平钻孔,调角范围小,不能有效地进行大角度施工及方便对孔作业<sup>[8-9]</sup>。

针对目前履带钻机存在的布置不合理情况,本文提出了ZLY2500L型煤矿用履带式坑道钻机。它是一种新型钻孔装备,钻机属于整体式,履带驱动,机动灵活,主机配置升降、回转机构,调角范围大,对孔方便,主操作台采用可移动式结构,实现远距离操控,提高了设备的安全性能。具备小巧、机动的结构特点,该设备在中小煤矿使用前景广阔。

## 1 总体技术

鉴于目前市场应用需求,综合国内外钻机的特点,履带式钻机已广泛应用,同时考虑狭窄巷道的快速搬迁及施工需求,钻机总体方案确定采用履带式、整体布置结构。钻机操作台、动力装置布置于后方,主机布置于前方,采用双立柱外悬挂结构,机动灵活,调角对孔方便,大大节省了钻孔对位、支撑辅助时间,切实有效地提高了钻孔效率,同时减轻了工人的劳动强度<sup>[10-11]</sup>。

ZLY2500L型煤矿用履带式坑道钻机重点解决了钻机的结构布置、变速箱结构、液压系统等关键技术问题。根据钻孔实际工艺需求,经过多方面对比分析,确定钻机主要技术参数如表1所示。

## 2 钻机主要结构

钻机结构如图1所示,主要由主副操作台、泵站、油箱、行走装置、变速箱、移动机构及回转动力头等部件构成。主机位于钻机正前方,泵站及主、副操作台位于钻机后方,泵站固定于履带上方。主操作台为活动操作台,副操作台安装于泵站后方,各部件之间采用高压胶管连接。各部件共同安装在履带底盘上,具有自主移动、转向功能,结构紧凑,钻孔移机方便<sup>[12-13]</sup>。

表1 ZLY2500L型技术参数

回转参数	转速/(r·min <sup>-1</sup> )	60~680
	额定转矩/(N·m)	2500
给进参数	给进行程/mm	500
	给进力/kN	65
	起拔力/kN	90
机架参数	机身倾角/(°)	360
	机身回转角/(°)	360
	机身升降高度/mm	500
	机身滑移行程/mm	150
行走参数	行走速度/(km·h <sup>-1</sup> )	0~1
	最大爬坡能力/(°)	20
	接地比压/kPa	60
电动机	额定功率/kW	37
	主泵型号	A7V55
	主泵额定排量/(mL·r <sup>-1</sup> )	15.8~54.8
	主泵工作压力/MPa	20
	副泵型号	A2F10
	副泵工作压力/MPa	10
	副泵额定排量/(mL·r <sup>-1</sup> )	10
	油马达型号	A6V80
	油马达额定压力/MPa	35
	油马达排量范围/(mL·r <sup>-1</sup> )	23~80
油箱有效容积/L	180	
外形尺寸	长×宽×高/mm	3700×1000×2200
钻机质量	整机质量/t	4.38

(1)为方便操作,操作台分为固定式的副操作台以及活动式的主操作台。副操作台主要控制履带行走,钻机的支撑、稳固,动力头的回转、升降、滑移及调角工作。主操作台主要控制钻机立轴的回转,卡盘、夹持器的开、闭以及给进油缸的给进、起拔工作。

(2)泵站采用主、副泵并联式皮带传动结构,主泵是卡盘旋转、履带行走及快速给进用油泵。系统的压力与负载变化相适应,并始终高于负载压力一个小的固定值。副油泵是给进及液压卡盘、夹持器、液压支柱、回转、升降用油泵。系统始终提供恒定的压力。

(3)油箱配备吸油过滤器、回油过滤器、空气滤芯器、液位液温计、截止阀以及冷却器等部件。油箱为旁置式结构,连接、拆卸方便,维修空间大,配备液

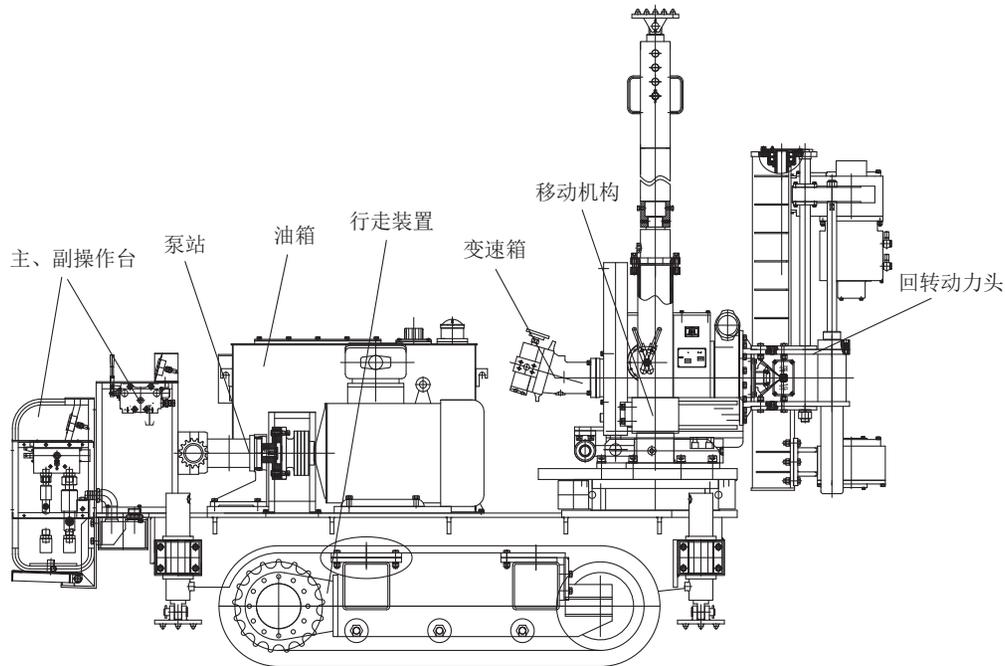


图1 ZLY2500L型煤矿用履带式坑道钻机结构示意图

Fig.1 Structure of ZLY2500L crawler tunnel drill for coal mines

压油有效存储容量(180 L)。

(4)行走装置由脚踏板、液压支腿、平台、履带总成、回转减速器和回转平台等组成。履带总成配置液压马达驱动,通过驱动轮驱动钢制链板,带动钻车前、后行走。平台固定安装于履带总成上方,作为操作台、油箱、泵站及主机的固定平台。在平台前方安装有回转减速器,其上方安装有回转平台,回转平台上方安装移动机构。当驱动回转减速器回转时,钻机可以实现 $\pm 90^\circ$ 回转作业。液压支腿固定于行走装置侧方,配备液压锁,方便钻机施工时稳固钻车。

(5)变速箱结构如图2所示。变速箱为高、低速两挡传动,经螺旋伞齿轮输出至回转动力头。高速挡为2级减速输出;低速挡为4级减速输出,可以实现60~680 r/min跨度转速输出。变速箱由液压马达、变速箱箱体、高低速手柄、回转减速器等部件组成。液压马达为斜轴式手动变量轴向柱塞马达,通过手轮调节马达的单转排量,可以方便实现无级变速输出。按手轮 min 指示方向旋转时,排量减小,扭矩减小,转速增加;按手轮 max 指示方向旋转时,排量增加,扭矩增大,转速降低。钻机钻进时,可通过变速手柄与调节手轮结合来调整钻机转速,转速范围大,应用范围广。

(6)移动机构用于为钻机辅助支撑、滑移、升降

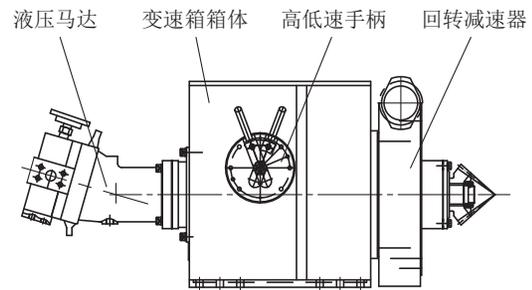


图2 变速箱结构示意图

Fig.2 Transmission structure

及调整钻孔角度,由滑移油缸、升降油缸、支座、立柱、节套等组成。滑移油缸实现主机前、后滑移功能,方便下套管时让开孔口。升降油缸可以将变速箱与回转动力头整体上、下调节,适应不同高度钻孔施工,可以实现中心高1200~1700 mm大跨度施工。立柱用于钻进时顶住上顶板,能方便的实现钻机的固定,配备活动式调节杆,适应不同高度巷道施工,适应范围3000~5000 mm。

(7)回转动力头如图3所示,由机身、主轴箱、卡盘、导柱、回转器、给进油缸、夹持器等部件组成,整体安装在变速箱上面。钻机旋转是由变速箱,经伞齿形轮输出至回转器,回转器通过伞形齿轮带动六方轴回转,传动至主轴箱,主轴箱经齿轮传动输出至卡盘。卡盘采用碟簧与液压夹紧、液压松开的复合

式结构,卡盘内部通孔大,可配 $\varnothing 50$ 、63.5 mm 钻杆卡瓦。主轴箱与卡盘整体通过导柱定位安装至机身上方,通过给进油缸带动,实现钻孔给进、起拔作业,给进行程 500 mm。夹持器采用液压卡紧和弹簧松开式结构,内置 5 片式卡瓦,夹紧力大,可与卡盘匹配相同直径的卡瓦。通过卡盘、夹持器以及给进油缸的联动控制,实现钻孔打钻、倒杆、卸钻作业。

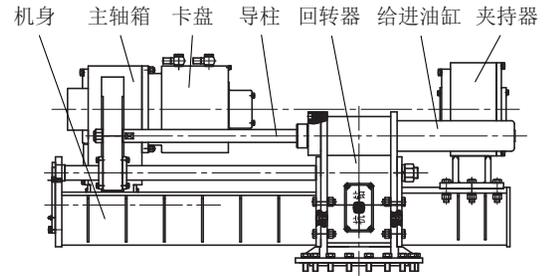
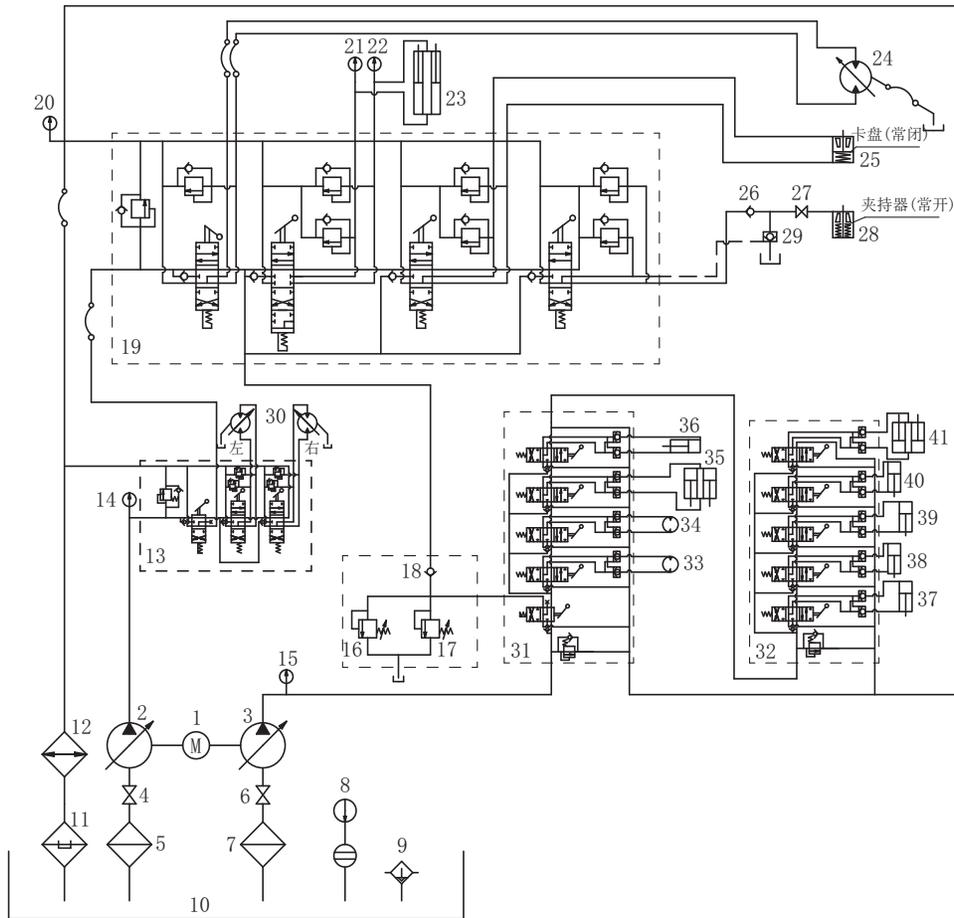


图 3 回转动力头结构示意图

Fig.3 Structure of the rotary power head

### 3 钻机液压系统

钻机的液压系统为双泵供油的开式循环系 统<sup>[14-16]</sup>,如图 4 所示。



1—电机;2—主油泵;3—副油泵;4—截止阀;5—主泵吸油过滤器;6—截止阀;7—副泵吸油过滤器;8—液位液温计;9—空气滤清器;10—油箱;11—回油过滤器;12—冷却器;13—多路换向阀;14—压力表;15—压力表;16—给进调压阀;17—安全阀;18—单向阀;19—多路换向阀;20、21、22—压力表;23—给进油缸;24—液压马达;25—卡盘;26—单向阀;27—截止阀;28—夹持器;29—液控单向阀;30—履带马达;31、32—多路换向阀

图 4 液压系统原理

Fig.4 Schematic diagram of the hydraulic system

主泵为钻机动力头回转马达及履带行动力源,副泵为给进、起拔、卡盘、夹持器、其他辅助提供

供油动力。电动机启动后,主油泵 2 经过滤器 5 吸入低压油,输出高压油,进入多路换向阀 13,多路换

向阀13的第一片阀为主机功能切换阀,操作手柄至“主机”位置,主泵液压油进入多路换向阀19,多路换向阀19第一片阀控制马达的正、反转及停止;多路换向阀19第二片阀控制给进、起拔、停止和浮动;多路换向阀19第三片阀控制卡盘打开和关闭;多路换向阀19第四片阀控制夹持器打开和关闭。当马达手柄处于中位时,切换给进、起拔手柄,大泵与小泵合流,实现快速给进、起拔。

多路换向阀13的第二、三片阀,控制履带马达行走,手柄向前推履带前进,手柄向后拉履带后退,手柄一前一后履带原地旋转。

副泵3经过滤器7吸入低压油,输出高压油进入多路换向阀31及多路换向阀32。

多路换向阀31第一个手柄为切换手柄,操作手柄置于“主机”位置,实现副泵液压油至副泵功能阀块,副油泵的油液全部进入给进回路由调压溢流阀控制给进压力,阀块出口直接进入多路换向阀19副泵进油口。副泵功能阀块安装有安全阀及调压阀,安全阀起到限定副泵工作压力,调压阀为给进起拔调压阀,起到钻进及起钻时给进、起拔压力的调节作用。

操作多路换向阀31第二个手柄实现平台回转功能,控制平台 $\pm 90^\circ$ 回转;操作多路换向阀31第三个手柄,实现钻机转角功能,控制回转动力头 $360^\circ$ 回转;操作多路换向阀31第四个手柄,控制升降油缸升降功能,实现钻机不同高位孔钻孔作业。

操作多路换向阀32第一、二、三及四个手柄控制下液压支腿支撑,配置液压锁,可靠锁紧支腿油缸;第五个手柄控制上液压支腿支撑。

液压马达的回转速度(即动力头的回转速度)可以通过操纵马达上的变量手轮来实现。

在夹持器油路中设置有单向阀、液控单向阀及截止阀,夹持器回油通过液控单向阀回油。在下钻过程中,可以操作截止阀,保证夹持器完全打开。

液压系统配置有主、副泵压力表,给进起拔压力表,回油压力表,液位液温计,冷却器,回油过滤器,检修截止阀等附件。

整个液压系统控制简单,维护检修方便,可操作性强。

#### 4 钻机试验

(1)工厂测试。ZLY2500L型煤矿用履带式坑

道钻机试制完成后,在我公司的萧山工业园区进行了试验,如图5所示,试验进行了扭矩、转速、高、低换挡、给进起拔力、升降、回转、行走及爬坡测试。测试结果表明,钻机驻车可靠,转弯灵活,钻机升降、调角方便,整机工作稳定,主要参数指标满足设计要求。

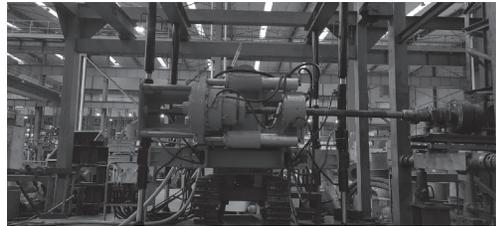


图5 钻机现场测试照片

Fig.5 Field test of the drill

(2)工业测试。2020年12月,ZLY2500L型煤矿用履带式坑道钻机在皖北任楼矿Ⅱ-7226底抽巷进行试验,与杭钻ZDY3200S钻机进行了对比测试,其中ZDY3200S钻机2班平均进尺在70~80 m之间,而新型ZLY2500L型煤矿用履带式坑道钻机2班平均进尺达到100 m以上。同时对两款钻机在搬运、调角、对孔及稳固等工序上做了对比,测试数据如表2所示。测试结果表明,钻机机动性强,效率高,能大大降低人工劳动强度。

表2 钻机试验数据

Table 2 Test data of the drill

钻机型号	搬运/h	调角/h	稳固/h	对孔/h
ZDY3200S	3	2.0	0.5	3.0
ZLY2500L	1	0.5	0.5	0.5

#### 5 结论

(1)作为一种新型钻机,ZLY2500L型煤矿用履带式坑道钻机布置紧凑合理,结构新颖,机动性强,井下移动方便快捷。

(2)钻机调角方便,对孔效率高,机动灵活,液压系统操作性强,系统传动简单,维修方便,配备移动式操作台,方便司钻人员远离孔口安全操作。

(3)钻机回转转速范围大,可以在60~680 r/min内无极调节,扭矩、给进、起拔等参数设计合理,钻进效率高,工艺适应性强,能较好地满足中小煤矿巷道的工作条件。

## 参考文献(References):

- [1] 石智军,胡少韵,姚宁平,等.煤矿井下瓦斯抽采(放)钻孔施工新技术[M].北京:煤炭工业出版社,2008.  
SHI Zhijun, HU Shaoyun, YAO Ningping, et al. New Drilling Construction Technology of Pumping (Putting) Gas in Coal Mine [M]. Beijing: China Coal Industry Publishing House, 2008.
- [2] 煤炭工业部安全司.中国煤矿瓦斯抽放技术与管理[M].北京:煤炭工业出版社,1996.  
Department of Safety, Ministry of Coal Industry. Gas Drainage Technology and Management of Coal Mines in China[M]. Beijing: China Coal Industry Publishing House, 1996.
- [3] 国家煤矿安全监察局.防治煤与瓦斯突出细则[M].北京:煤炭工业出版社,2019.  
State Administration of Coal Mine Safety. Detailed Rules for Prevention and Control of Coal and Gas Outburst[M]. Beijing: China Coal Industry Publishing House, 2019.
- [4] 姚宁平,姚亚峰,方鹏,等.我国煤矿坑道钻探装备技术进展与展望[J].钻探工程,2021,48(1):81-87.  
YAO Ningping, YAO Yafeng, FANG Peng, et al. Advances and outlook of coal mine tunnel drilling equipment and technology[J]. Drilling Engineering, 2021,48(1):81-87.
- [5] 陈健,姚宁平,殷新胜.MK系列钻机及其在煤矿瓦斯抽放中的应用[J].煤炭科学技术,2003,31(2):12-14.  
CHEN Jian, YAO Ningping, YIN Xingsheng. MK series drilling rig and application in mine gas drainage[J]. Coal Science and Technology, 2003,31(2):12-14.
- [6] 姚克.ZDY系列全液压履带钻机的研制及应用研究[J].中国煤炭,2012,38(1):68-71.  
YAO Ke. Development and application of ZDY series all hydraulic crawler driller[J]. China Coal,2012,38(1):68-71.
- [7] 邬迪.分体式履带钻机的研制与应用[J].金属矿山,2014(3):120-123.  
WU Di. Development and application of split crawler drilling rig [J]. Metal Mine, 2014(3):120-123.
- [8] 韩广德,金宝昌,丁祥发.中国煤炭工业钻探工程学[M].北京:煤炭工业出版社,2000.  
HAN Guangde, JIN Baochang, DING Xiangfa. China Coal Industry Drilling Engineering [M]. Beijing: China Coal Industry Publishing House, 2000.
- [9] 冯德强.钻机设计[M].武汉:中国地质大学出版社,1993.  
FENG Deqiang. Drilling Rig Design [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1993.
- [10] MT/T 356—2005,煤矿井下安全工程钻机[S].  
MT/T 356—2005, Drilling rig for safety engineering in coal mine[S].
- [11] MT/T 790—2006,煤矿坑道勘探用钻机[S].  
MT/T 790—2006, Drilling rig for exploration of coal mine tunnel[S].
- [12] 陈航.3种工况下ZYWL-3200S钻机倾角调节机构强度分析[J].矿山机械,2016(10):13-17.  
CHEN Hang. Strength analysis of obliquity control mechanism of ZYWL-3200S drill rig in three operation modes[J]. Mining & Processing Equipment, 2016(10):13-17.
- [13] 胡海峰,魏斌斌,陆惠明.ZDY4000LS型煤矿用履带式全液压坑道钻机的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(6):28-32  
HU Haifeng, WEI Binbin, LU Huiming. Development of ZDY4000LS all-hydraulic crawler tunnel drilling rig for coal mine [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44 (6): 28-32.
- [14] 张领辉,张朋飞,唐守生,等.基于液压传动的履带车辆控制策略研究[J].车辆与动力技术,2010(1):31-35,40.  
ZHANG Linghui, ZHANG Pengfei, TANG Shousheng, et al. Research on the control strategy of tracked vehicle based on hydrostatic transmission [J]. Vehicle & Power Technology, 2010(1):31-35,40.
- [15] 雷天觉.新编液压工程手册[M].北京:机械工业出版社,1998.  
LEI Tianjue. New Handbook of Hydraulic Engineering [M]. Beijing: China Machine Press, 1998.
- [16] 刘小华,万军,蒲剑,等.ZYWL-6000履带式联动钻机液压系统设计[J].煤矿机械,2013,34(8):192-194.  
LIU Xiaohua, WAN Jun, PU Jian, et al. Design of ZYWL-6000 caterpillar linkage drill hydraulic system [J]. Coal Mining Machinery, 2013,34(8):192-194.

(编辑 荐华)