

# ZDY4000LS 型煤矿用履带式全液压坑道钻机的研制

胡海峰, 魏斌斌, 陆惠明

(浙江杭钻机械制造股份有限公司, 浙江 杭州 310020)

**摘要:**一般传统钻机主要由主机、操作台、泵站三大件组成,质量大,搬运不方便。ZDY4000LS 型煤矿用履带式全液压坑道钻机是一种新型的钻机,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。主要介绍了 ZDY4000LS 型煤矿用履带式全液压坑道钻机的主要技术参数、结构布局特点、液压系统及生产试验情况。试验应用表明,对于巷道较小或者有运输皮带限制的煤矿巷道,该钻机具有推广价值。

**关键词:**坑道钻机;履带自行;液压传动

中图分类号:P634.3<sup>+</sup>1 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2017)06-0028-05

**Development of ZDY4000LS All-hydraulic Crawler Tunnel Drilling Rig for Coal Mine/HU Hai-feng, WEI Bin-bin, LU Hui-ming** (Zhejiang Hangzhou Drilling Machine Manufactory Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang 310020, China)

**Abstract:** Traditional drilling rig is mainly composed of major structure, work station and pump station, the heavy weight makes inconvenient transportation. ZDY4000LS all-hydraulic crawler tunnel drilling rig is a new one for coal mine, which has reasonable structure layout and complete auxiliary functions. It can effectively improve the drilling efficiency in small and medium-sized coal mines, increase drilling production and reduce labor intensity of workers. This paper introduces ZDY4000LS all-hydraulic crawler tunnel drilling rig about its main technical parameters, structure layout characteristics and hydraulic system. The application shows that this drilling rig has popularization value for the tunnels which are narrow or being restricted by conveying belt.

**Key words:** tunnel drilling rig; track self-propelled; hydraulic transmission

## 0 引言

煤炭是我国的主要能源,目前国有重点煤矿的矿井大多数属于瓦斯矿井,其中高瓦斯矿井和突出矿井占全国矿井总数的44%,预防和控制瓦斯爆炸事故是实现煤矿安全生产的关键。为了确保煤矿安全生产,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。所谓先抽后采就是利用煤矿钻机钻孔,预抽瓦斯,减小瓦斯浓度,保证安全生产<sup>[1-2]</sup>。

目前,国内煤矿液压钻机主要以三大件机型为主,主要由主机、泵站及操作台组成。一般煤矿瓦斯抽放孔孔深在100~300m左右,钻机成孔速度快,搬运较为频繁。因此,采用普通三体式钻机需要搬迁、组装及稳固,耗费时间,严重影响钻孔效率。而市场上大多数履带钻机,存在结构布置不合理、宽度宽,调角不方便等缺陷,很难被中小煤矿所接受<sup>[3-4]</sup>。

针对中小煤矿出现的瓦斯抽放钻进钻孔效率、钻机辅助工作时间及钻机利用率等问题,特别研制

了ZDY4000LS型煤矿用履带式全液压坑道钻机,该钻机具有自主行走、结构布置合理、可靠性高及辅助功能全等突出优点,特别适用于巷道较小或者有运输皮带限制的煤矿巷道。

## 1 钻机主要技术参数(见表1)

## 2 结构布局及特点

### 2.1 钻机布局

ZDY4000LS型煤矿用履带式全液压坑道钻机为整体布局,如图1所示,主要由开关1(用户自配)、移动沙箱2(用户自配)、操作台3、动力源4、行走装置5、油箱6、主机7等部件构成。动力源、油箱、操作台、行走装置、稳固机构、操作台各部分之间用高压软管连接,共同安装在履带底盘上<sup>[5-7]</sup>。

#### 2.1.1 行走装置

钻机行走装置主要由履带总成、车体平台、液压支柱等部件组成。钢制履带总成配置柱塞式减速马达、刹车制动装置及张紧装置。车体平台采用船形

收稿日期:2016-08-13; 修回日期:2017-05-04

作者简介:胡海峰,男,汉族,1983年生,从事煤矿钻探设备研发及试验工作,浙江省杭州市凯旋路385号杭钻大厦16楼, huhai Feng\_1219@163.com。

表1 ZDY4000LS型煤矿用履带式全液压坑道钻机技术参数

1	回转参数	转速/( $r \cdot \min^{-1}$ )	65 ~ 220
		额定转矩/( $N \cdot m$ )	4000
2	给进参数	给进行程/mm	850
		给进力/kN	146
		起拔力/kN	146
3	机架参数	机身倾角/( $^{\circ}$ )	-25 ~ 90
		行走速度/( $km \cdot h^{-1}$ )	0 ~ 1
4	行走参数	最大爬坡能力/( $^{\circ}$ )	20
		接地比压/kPa	60
5	电动机	额定功率/kW	55
		主泵工作压力/MPa	25
		副泵工作压力/MPa	20
		主泵型号	A10VS071
		主泵额定排量/( $mL \cdot r^{-1}$ )	71
		副泵型号	A10VS018
		副泵额定排量/( $mL \cdot r^{-1}$ )	18
		油马达型号	A6V160
6	液压系统	油马达额定压力/MPa	35
		油马达排量范围/( $mL \cdot r^{-1}$ )	46 ~ 160
		油箱有效容积/L	260
		长 × 宽 × 高/mm	4420 × 960 × 2030
		钻机质量/t	5

结构,在有效避开障碍物的前提下,保证行走装置的整体刚性。行走装置侧面配置4个液压支柱,自带液压锁,实现钻机工作时支撑与顶固。

### 2.1.2 动力源

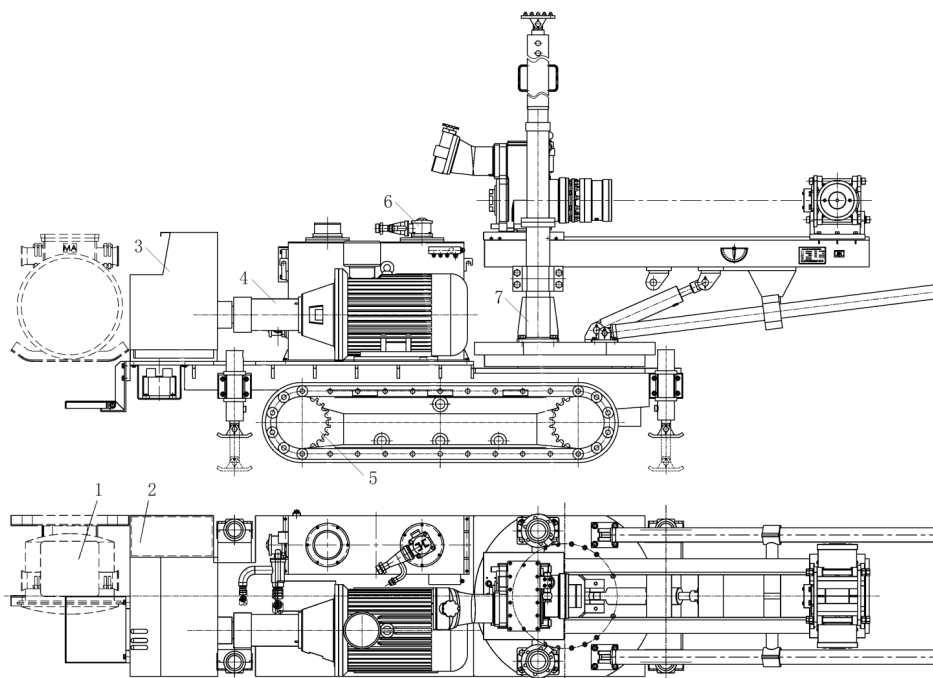
动力源是钻机的动力输入端,由电机和串泵组成。设计采用B35电机安装形式,通过连接架连接串泵,内部采用梅花形弹性联轴器,结构紧凑、实用。采用板翅式冷却器,对液压油进行强制冷却,有效提高液压系统效能。

### 2.1.3 油箱

油箱采用矩形整体式结构,与动力源并排布置。内部设计有回油过滤器、空气滤芯器、外置式吸油过滤器、泄油管总成及挡板等。油箱内部采用磷化处理,保证油液清洁度。油箱额定容积为300 L。

### 2.1.4 主机

主机是ZDY4000LS型煤矿用履带式全液压坑道钻机的核心工作部件,主要由液压立柱、机身、马达、动力头、托板、液压卡盘、液压夹持器和给进油缸



1—开关;2—移动沙箱;3—操作台;4—动力源;5—行走装置;6—油箱;7—主机

图1 ZDY4000LS型煤矿用履带式全液压坑道钻机结构

等组成。液压立柱实现钻机支撑和顶固;机身内部安装有双伸出双作用油缸,通过托板连接至减速器,实现钻机给进起拔;机身底下配置液压升降油缸,实现钻机自动升降调角;减速器采用两级齿轮减速结构,通过液压马达驱动,输入至减速箱,通过主轴传

递至卡盘,实现钻机回转。减速器内部采用液压油循环润滑与冷却;液压卡盘采用胶筒式结构,通过配油盘将高压液压油输入至卡盘,夹紧力大,使用寿命长。液压卡盘与主轴通过销轴连接,可靠传递扭矩;液压夹持器采用复合式结构,通过碟簧及液压夹紧、

液压打开,能实现机械拧卸钻杆。主机整体安装于转盘上,通过回转轴承实现 $\pm 90^\circ$ 回转,回转机构通过液压马达带动啮合齿轮实现自动驱动。

### 2.1.5 操作台

操作台是 ZDY4000LS 型煤矿用履带式全液压坑道钻机的控制中心,由主操作台、行走操作台和辅助操作台组成。钻机主操作台控制钻机回转、给进、起拔、卡盘、夹持器打开与夹紧。行走操作台控制钻机履带前进、后退、转弯及原地旋转。辅助操作台控制钻机升降调角、液压支柱上下顶固及回转平台转向方位控制。整个操作台安装于履带平台后方,远离孔口操作,保障操作人员的安全,同时能方便地观察钻机孔口工作状态。

### 2.2 特点

(1)该钻机具有自主行走、转向功能,结构紧凑,便于搬迁运输。

(2)液压系统为双油泵系统,回转和给进的钻进工艺参数可独立调节,变量马达可实现恒功率调速,变量油泵可实现恒转矩调速。

(3)液压卡盘和双向作用式夹持器的配合动作,可实现机械拧卸钻杆。

(4)两支液压支柱安装于转盘上方,通过两支液压缸的调整并将钻机稳固在钻场中。同时配有节套,能适应不同高度的巷道。底下4个液压支柱固定于行走装置侧面,通过操作台远程操作,实现钻机稳固。

(5)回转机构采用液压马达带动回转轴承,通过操作台远程操作,可以实现 $\pm 90^\circ$ 回转。

(6)机身通过液压升降油缸升降,倾角调节方便。

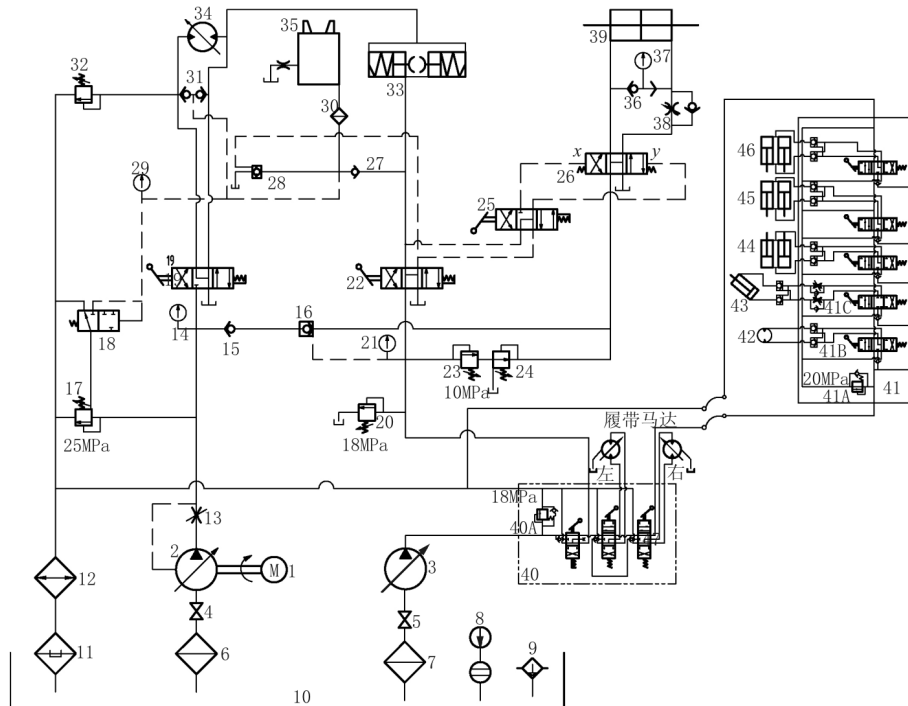
(7)更换不同直径的卡盘、夹持器卡瓦组可夹持不同直径的钻杆。

(8)液压元件均采用国内外优质产品,保证整机性能稳定可靠。

## 3 钻机液压系统

### 3.1 原理

该钻机的液压系统为双泵供油的开式循环系统,液压系统原理<sup>[8-10]</sup>如图2所示。



1—电动机;2—主泵;3—副泵;4—主泵截止阀;5—副泵截止阀;6—主泵吸油过滤器;7—副泵吸油过滤器;8—液位液温计;9—空气滤芯器;10—油箱;11—回油过滤器;12—冷却器;13—节流阀;14—主泵压力表;15—单向阀;16—液控单向阀;17—主泵安全阀;18—液控阀;19—手动换向阀;20—副泵安全阀;21—副泵压力表;22—手动换向阀;23—顺序阀;24—减压阀;25—手动换向阀;26—液控换向阀;27—单向阀;28—液控单向阀;29—卡盘压力表;30—压力管路过滤器;31—梭阀;32—正转调压阀;33—夹持器;34—马达;35—卡盘;36—梭阀;37—给进起拔压力表;38—单向节流阀;39—油缸;40—多路换向阀;40A—调压阀;41—多路换向阀;41A—调压阀;41B—调压阀;41C—节流阀;42—回转马达;43—升降油缸;44—立柱油缸;45—后支腿;46—前支腿;47—履带马达

图2 ZDY4000LS型煤矿用履带式全液压坑道钻机液压系统原理

该钻机液压操作系统主要由履带行走多路换向阀40、切换阀、主机多路换向阀41、马达换向阀19、钻进卸钻功能阀25、给进后退换向阀22、集成阀块等组成。主泵2为钻机动力头回转马达动力源,副泵3为给进、起拔、卡盘35、夹持器33、履带行走47及其他辅助机构提供供油动力。

电动机1带动主油泵2,经过滤网、截止阀4吸入低压油,经集成阀块输出,主要供马达旋转工作。液压马达正转时,一部分液压油可以通过单向阀补油至液压卡盘35工作,实现马达旋转时与卡盘的联动功能,同时保证卡盘可靠夹紧钻杆钻进;液压马达反转时,一部分液压油可以通过单向阀31补油至液压卡盘工作,一部分液压油可以补油至夹持器33工作,实现马达旋转时与卡盘夹持器的联动功能,同时保证卡盘与夹持器可靠拧卸钻杆。

电动机1带动副油泵3,经过滤网、截止阀5吸入低压油,进入履带行走阀40、切换阀、主机阀41,再进入集成阀块输出,主要供履带行走、给进起拔和卡盘夹持器工作以及液压支柱、回转马达和升降油缸工作。

多路换向阀40,主要供给履带行走及主机切换阀,该阀为过桥多路换向阀。第一片阀为主机功能切换阀,中位工作时,副泵液压油至履带行走阀片及多路换向阀41工作,可实现履带行走独立控制及辅助功能控制;前位工作时,副泵液压油至集成阀块,控制卡盘夹持器及给进起拔联动工作。第二片阀至第三片阀为履带行走控制阀,动作该阀片至前位时,履带前进;动作该阀片至后位,履带后退;前一后工作时,可实现履带原地旋转。

多路换向阀41,主要供给主机升降、主机回转及钻机液压支柱顶固。第一片阀是控制主机回转的手柄,该阀片自带调压阀,能实现远程控制回转马达控制压力。第二片阀控制主机升降的手柄,该阀片自带单向节流阀,能远程调节钻机主机升降速度;升降油缸自带液压锁,能起到保压锁紧功能。第三片阀是控制上液压支柱升降的手柄,该阀片自带液压锁,能起到保压支护功能。第四及第五片是控制下液压支柱的手柄,同样,这两个阀片也自带液压锁,能起到钻机支撑时保压功能,防止钻机松动。

集成阀块将马达换向阀19、钻进卸钻功能阀25、给进后退换向阀22、液控换向阀及其他辅助功能阀于一体,结构紧凑,操作方便。

### 3.2 工作状态

(1)当“马达换向手柄19”处于正转,“钻进卸钻功能手柄25”处于下钻状态。

动作“给进后退换向手柄22”,当手柄处于给进状态,卡盘立即夹紧,夹持器松开,马达正转,钻机向前钻进;当手柄处于起拔状态,卡盘立即松开,夹持器夹紧,马达停转,动力头快速后退。

(2)当“马达换向手柄19”处于正转,“钻进卸钻功能手柄25”处于起钻状态。

动作“给进后退换向手柄22”,当手柄处于起拔状态,卡盘立即夹紧,夹持器松开,马达正转,钻机快速后退起拔钻杆;当手柄处于给进状态,卡盘立即松开,夹持器夹紧,马达停转,钻机往前快速给进;当手柄处于中位状态,卡盘立即夹紧,夹持器夹紧,“马达换向手柄19”置于反转,钻机立即可以卸钻杆。

### 3.3 新操作台特点

(1)操作简单,马达、卡盘、夹持器与给进起拔全联动,操作简单,动作灵活。

(2)操作台内部采用集成阀块形式,体积小,质量轻。

(3)操作台只有3个手柄,从左至右,第一个是马达换向手柄19,第二个是钻进卸钻功能手柄25,第三个是给进后退换向手柄22。

## 4 试验

ZDY4000LS型煤矿用履带式全液压坑道钻机在我公司的萧山工业园区试验台进行了扭矩、转速、给进起拔力、升降、回转、行走、爬坡、液压支柱保压性能及其钻机整体稳定性等测试工作(如图3所示)。经测试,钻机基本参数满足设计需求,爬坡能力达到了 $20^{\circ}$ ,驻车可靠,转弯灵活,钻机调角方便,整机工作稳定。

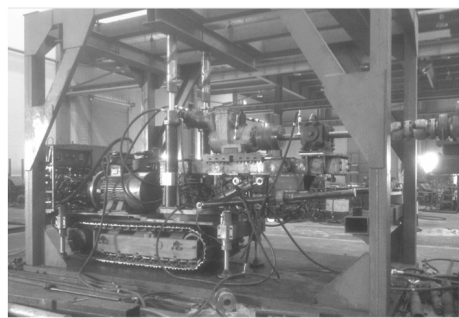


图3 ZDY4000LS型煤矿用履带式全液压坑道钻机现场试验

现场试验在河南神火集团完成。钻孔施工情况

如下:根据矿煤层条件、地质结构特点,采用 $\varnothing 73$  mm的螺旋高强钻杆加接保直组合稳定钻具配备复合片钻头进行钻进2个近水平孔深孔,孔深分别是210和240 m。历经6天的现场试验,完成了2个试验钻孔的施工,其中117号试验钻孔孔深210 m、终孔直径94 mm;118号试验钻孔孔深240 m、终孔直径94 mm,8 h平均时效60 m,在钻进过程中,钻机运转正常。工业性试验验证了ZDY4000LS型煤矿用履带式全液压坑道钻机的钻进、行走和辅助功能等性能,检验了液压系统的性能及可靠性。

## 5 结语

针对煤矿瓦斯抽放钻孔需求及现有履带式钻机存在的问题,研制了ZDY4000LS型煤矿用履带式全液压坑道钻机,该钻机整机宽度小,可以在中小巷道工作;钻机行走方便,爬坡能力强;自带液压支柱固定方便,可以适合不同巷道高度;钻机自带回转液压马达,调角方便。生产试验表明,该钻机具有良好的可靠性和操控性,搬迁移位、调角及顶固方便快捷,操作系统操作简单,联动可靠。该钻机的研制成功,

提高了煤矿井下瓦斯抽放钻机的整体技术水平,提升了煤矿井下瓦斯抽采的经济效益和社会效益。可用于瓦斯事故应急救援、瓦斯抽放等煤矿安全技术领域。

## 参考文献:

- [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.
- [2] 煤炭工业部安全司.中国煤矿瓦斯抽放技术与安全[M].北京:煤炭工业出版社,1996.
- [3] 张铁岗.矿井瓦斯综合治理技术[M].北京:煤炭工业出版社,2001.
- [4] 韩广德.中国煤炭工业钻探工程学[M].北京:煤炭工业出版社,2000.
- [5] 冯德强.钻机设计[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,1993.
- [6] MT/T 356—2005,煤矿井下安全工程钻机[S].
- [7] MT/T 790—2006,煤矿坑道勘探用钻机[S].
- [8] 胡海峰,陆惠明.ZDY4000BL型液压钻机履带行走液压系统的设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(5):39-41.
- [9] 雷天觉.新编液压工程手册[M].北京:机械工业出版社,1998.
- [10] 王向荣.全液压工程钻机的几种调速方案[J].地质装备,2002,(3):28-30.

## (上接第27页)

由于模拟加载的速度载荷并不能真实反映轴向压力的变化,导致两者数值差异过大,应以计算数值为准。

通过上述验证分析,通过理论计算的数值可作为选择入岩参数设计的参考。

## 6 结论

(1)结合碎岩理论,分析了旋挖钻机入岩的基本过程,轴向压力压入是产生回转剪切的前提条件。

(2)分析确定影响入岩参数的因素——截齿安装角度、锥顶角、岩石参数以及侵入深度等等,并提出了压力扭矩参数的理论计算方法。

(3)利用ANSYS/LS-DYNA显性动力学软件对不同侵深条件下的受力进行模拟,并对不同侵深下的受力曲线进行分析。

(4)以数值模拟的同等条件下,利用推导出的理论计算公式,得出切削力和轴向压力的计算与模拟对比曲线,得出理论公式应用的可行性。

(5)由于模拟的是单个截齿的受力状态,组合截齿状态下各截齿的相互影响情况,还有待进一步研究分析。

(6)在设计旋挖钻机时,应注意加压力与扭矩等入岩参数的匹配,大的加压力是产生破碎侵入的关键,而扭矩则是大侵深下旋转剪切的前提。

## 参考文献:

- [1] 徐小荷,余静.岩石破碎学[M].北京:煤炭工业出版社,1984.
- [2] 鄢泰宁,孙友宏,彭振斌,等.岩土钻掘工程学[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [3] 李田军.PDC钻头破碎岩石的力学分析与机理研究[D].湖北武汉:中国地质大学(武汉),2012.
- [4] 张祖培,刘宝昌.碎岩工程学[M].北京:地质出版社,2004.
- [5] 巫绪涛,李耀,李和平.混凝土HJC本构模型参数的研究[J].应用力学学报,2010,27(2):340-344.
- [6] 薛静.盘形滚刀切削力影响因素及滚刀刃形优化设计研究[D].湖南长沙:中南大学,2010.
- [7] 赵伏军,谢世勇,潘建忠,等.动静组合载荷作用下岩石破碎数值模拟及试验研究[J].2011,33(8):1290-1295.
- [8] 黎中银,夏柏如,吴方晓.旋挖钻机高效入岩机理及其工程应用[J].中国公路学报,2009,22(3):121-126.