

## ZDY6000L 型履带式全液压坑道钻机的研制\*

殷新胜 田宏亮 姚克 孙保山 邬迪 凡东

(煤炭科学研究总院西安研究院)

**摘要** 随着煤炭采掘技术的发展,钻掘交替矛盾日益突出,现有的分体式全液压钻机虽然可满足钻孔施工要求,但其运移性差、辅助时间长、劳动强度大,已不能很好地满足高产高效的要求。研制履带自行式钻机,提高机动性、降低劳动强度,是十分必要的。详细介绍了 ZDY6000L 型履带式全液压坑道钻机的研制中整体式布局设计、履带底盘车体及主要部件设计思路、液压系统的设计等,并介绍了钻机的试验及推广应用情况,测试结果表明各项技术指标达到了设计要求。

**关键词** 负载敏感 履带 钻机 液压系统

### Design of ZDY6000L Track-Mounted Hydraulic Tunnel Drilling Rig

Yin Xinsheng Tian Hongliang Yao Ke Sun Baoshan Wu Di Fan Dong

(Xi'an Research Institute, China Coal Research Institute)

**Abstract** With the development of coal mining technology, the contradiction between drilling and excavation has become increasingly prominent. The existing split-type hydraulic drills, though able to meet the requirement of drilling engineering, have the disadvantages of poor mobility, long auxiliary time and strong labor strength, and therefore, can not well satisfy the high efficiency high production requirements. It is very necessary to develop track-mounted self-propelled drills with improved mobility and reduced labor strength requirement. The paper describes in detail the development of ZDY6000L track-mounted tunnel drilling rig, including its integral layout design, design idea of its chassis and main parts, and design of its hydraulic system. The industrial test and application of the drilling rig are also presented. The testing results indicate that all of its technical performances have reached the designed indexes.

**Keywords** Load-sensitivity, Track, Drilling rig, Hydraulic system

自 20 世纪 80 年代末以来,为实现煤炭快速安全生产,许多大型煤矿提出用大直径长钻孔进行瓦斯抽放。煤炭科学研究总院西安研究院先后研制出 ZDY6000S 型和 ZDY<sup>8000</sup><sub>10000</sub>S 型全液压坑道深孔钻机及配套机具,采用孔口回转钻进方式,由主机、操纵台、泵站三部分组成的分体式结构,具有结构简单、可靠性高、适应性强的特点,在铜川、晋城、阳泉等许多地区得到广泛的推广应用。

随着先进开采方法的采用和生产的快速发展,钻掘交替矛盾日益突出,尤其是年产量超过千万吨的煤炭企业,对煤矿瓦斯抽采技术及钻机设备提出了更快更高的要求。目前煤矿井下所施工的长距离瓦斯抽放钻孔深度多在 500 m 左右,成孔速度相对较快,钻机的搬迁频繁,因此搬迁周期对生产进度影响很大。以上两种钻机在纯钻进时间上可以满足目前煤矿安全生产的要求,但搬迁方式限制了钻机的工作效率,直接制约了大直径长钻孔瓦斯抽放技术

的推广,广大用户迫切要求这种状况能迅速得到改善。因此,研制新型履带自行式钻机,克服现有钻机的缺点,促进煤矿高效安全生产,显得极为迫切。

针对这种情况,煤炭科学研究总院西安研究院结合科技部科研院所技术研究开发专项资金项目“ZDY6000S 履带自行式水平深孔瓦斯抽放钻机”开发出了 ZDY6000L 型履带式全液压坑道钻机。该钻机是具备履带行走功能的全液压动力头式坑道钻机,在满足孔口回转钻进的基础上,设置了适合孔底液力马达(螺杆钻具)钻进的装置,具有钻进能力大、可靠性高、钻进效率高、工艺适应性广及辅助功能齐全等优点,主要应用于煤矿井下近水平大直径瓦斯抽放孔的钻进。

\* 科技部科研院所技术研究开发专项资金项目(编号:NCSTE-2005-JKZX-196)。

殷新胜(1958—),男,煤炭科学研究总院西安研究院,研究员,硕士生导师,710054 陕西省西安市。

## 1 总体方案设计

### 1.1 钻进方法的选择

在煤矿井下钻孔施工中,钻进方法按钻杆的工作方式可分为两种:一种是钻机的回转器驱动钻杆回转,由钻杆带动钻头来破碎煤或岩石。此时钻机回转功率消耗在克服钻杆转动的摩擦阻力和钻头破碎岩石上,钻孔愈深、钻杆直径愈大,摩擦阻力消耗的功率也愈大。另一种是钻杆不回转,而用孔底液力马达在高压水的作用下直接驱动钻头回过来破碎煤或岩石。这种方式没有回转钻杆的功率消耗,可以相对地减少对钻机回转能力的要求;孔底液力马达扭矩较小,适合钻进小直径钻孔且钻进效率高,但孔底液力马达用水作介质,需水量大,在软煤岩中钻进不利于护孔和钻深孔;而且孔底液力马达价格贵、易磨损,致使钻孔成本增加。结合我国煤矿实际情况,本钻机还是以钻杆回转作为钻进的主要方式,把孔底动力钻进作为定向钻进中纠斜的特殊手段。

### 1.2 传动方式的确定

由于煤矿井下钻孔施工的特殊性,使得全液压力头式钻机从上个世纪90年代起逐渐成为我国煤矿瓦斯坑道钻机的主导机型。全液压力头式钻机在钻进近水平深孔时,可以方便地进行起、下钻具,工作安全可靠,而且可无级调速,通过油压表随时监视执行机构工作负载的大小并及时进行调整,工艺适应性较强,便于实现顺序动作和联动。因此本钻机也采用全液压的传动方式。

### 1.3 结构布局的确定

为了解解决好钻机的移动行走问题,需要将钻机及泥浆泵、钻具等附属部件设计在行走的履带车体上。但考虑到大部分煤矿的巷道条件,履带车体上只设置钻机部件,即只将主机、操纵台和泵站三部分放在车体上,各部分之间用高压胶管相连接,有效地缩小履带车体的尺寸,方便井下运输和移动。

为了尽可能的增大钻机的给进行程,减少起下钻等辅助时间,我们将钻机给进机身与履带平行设置,油箱、电机泵组、操纵台设置在车体平台的另一侧,同时选用同轴串泵并与电机法兰连接,缩短车体的长度。多机结构如图1所示。

### 1.4 主要性能技术参数

本钻机主要应用于近水平长距离瓦斯抽放孔钻进,因此机身倾角的调整范围不需要很大,倾角有 $-10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 即可满足使用要求。参考ZDY系列钻机的设计经验,经分析计算,ZDY6000L型履带式全液

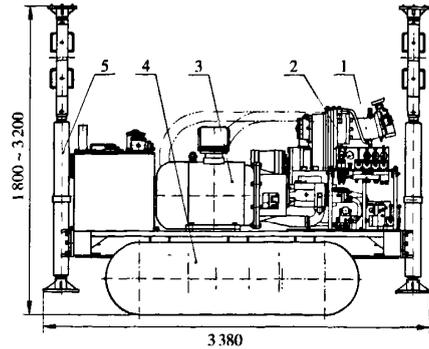


图1 钻机结构示意图

1-主机;2-操纵台;3-泵站;  
4-履带车体;5-稳固装置

压坑道钻机的主要技术参数具体如下:

回转额定转矩/( $N \cdot m$ )	6 000 ~ 1 600
回转额定转速/( $r/min$ )	50 ~ 190
主轴额定制动转矩/( $N \cdot m$ )	1 500
主轴倾角/ $(^{\circ})$	$-10 \sim 20$
最大给进/起拔力/ $kN$	180
行走速度/( $km/h$ )	0 ~ 2.5
最大爬坡能力/ $(^{\circ})$	20
接地比压/( $N/mm^2$ )	0.06
电动机功率/ $kW$	75

## 2 主要机构设计

### 2.1 履带车体

履带底盘采用液压驱动,主要由行走装置和刚性连接式车架组成。行走装置主要包括驱动轮、导向轮、支重轮、履带总成、履带张紧装置及行走减速机,我们选用了标准的四轮一带成熟产品。行走装置中左右纵梁分别整体焊接后与中间梁焊接为一个整体式车架。

### 2.2 回转器

回转器是钻机的核心部件。选用A6V250斜轴式变量液压马达,采用行星减速机构,将动力经由减速机构传动至主轴。通过调节马达排量,可实现转矩和转速大范围的无级调节。为了使钻机具有实施定向钻进技术的功能,在钻机回转器的第一传动轴上设计钻杆制动抱紧装置,采用油压抱紧、弹簧松开的常开式卡紧结构。

### 2.3 夹持机构

夹持机构包括液压卡盘和液压夹持器两个部件。液压卡盘的功能是在回转钻进及起、下钻时使钻杆随同回转器一起运动。液压夹持器则主要用于起、下钻时夹持孔内钻具,使之处于静止状态,并与

液压卡盘配合实现机械拧、卸钻杆。为了简化操作，在油路中设置了联动功能。从动作协调性考虑，液压卡盘为油压卡紧、弹簧松开的胶筒式结构，而液压夹持器则在碟形弹簧夹紧、油压松开的常闭式结构的基础上增加了夹紧副油缸，即所谓的复合式结构。

### 2.4 给进装置

动力头式钻机给进装置的类型有多种，不同类型的给进机构具有不同的结构特点、工作性能和适用范围。本钻机的给进装置，除了具有可以实现回转器的往复移动，完成起、下钻具工序以及在钻进过程中控制孔底压力满足钻头连续破岩的要求等基本功能外，还要在出现孔内事故时能进行强力起拔，因此本钻机吸取 ZDY 系列钻机的成功经验，选用了两个双杆油缸并列安装使用，活塞杆固定在机身两端的挡板上，有效地利用机身的长度和宽度，并增加了机身的刚度。缸筒沿活塞杆往复运动，改善了缸筒的导向性，延长了油缸的使用寿命。油缸的挡环插入托板的马蹄形挡块之间，装拆方便。

### 3 液压系统的设计

液压传动控制系统节能发展可分为 3 个阶段，即阀控制阶段、泵排量（容积）控制阶段和泵转速控制阶段<sup>[1]</sup>。与此对应现有的全液压坑道钻机的液压系统分为阀控制、泵排量控制和泵转速控制 3 类。阀控液压系统用阀来实现系统的压力、流量和方向控制的液压系统，典型的为定量泵 - 溢流阀 - 节流阀系统，具有系统简单、能耗大、温升高的特点<sup>[2]</sup>。目前全液压坑道钻机液压系统主要采用的就是阀控系统。泵转速控制系统又称为变频调速泵控系统，通过改变泵的转速改变泵的流量输出，实现系统的流量调节，仅在个别产品中得到应用。我们设计的 ZDY6000L 型履带式全液压坑道钻机液压系统采用先进的负载敏感和恒压变量控制系统。

该液压系统主要由回转和给进两个基本回路和辅助功能组成。其中回转回路主要为钻具提供回转动动力，在给进回路提供的给进力的配合作用下，实现钻具的钻进。其中回转回路主要用于克服钻具的负载转矩，因此其压力就与回转负载的变化相适应。给进回路主要用于提供钻进的给进、起拔力，结合钻探工艺实现加压、减压钻进。

回转回路中泵选用了负载敏感泵，多路阀选用了具备负载反馈功能的液控比例多路换向阀，构成了负载敏感液压系统。具有钻探工艺适应性强、操作简便，并具备节能的特点。尤其在复杂地层中，对

成孔质量和钻机及钻具的寿命提高有显著的意义。

给进回路的压力和流量根据钻探工艺的要求会在大幅度范围内调节，因此不仅存在一定的减压阀减压节流损失，而且会存在大量的溢流损失，因此我们选用恒压变量泵，减少了溢流损失。

### 4 试验及应用推广

#### 4.1 试验情况

该钻机于 2006 年 5 月在国家安全生产西安钻机检测检验中心进行了型式试验，运转正常，测试结果表明各项技术指标达到了设计要求。2006 年 12 月在山西省晋城煤业集团寺河煤矿进行工业性试验。工业性试验在寺河矿 2305 工作面开始进行钻机工作面开始进行，钻进了 3 个孔，2 号钻孔瓦斯突出并发生塌孔事故而提前终孔，完成两个能力孔，总进尺 1 565 m（见表 1）。

表 1 工业试验记录

孔号	钻进深度 /m	单次钻进效率 / (m/h)	平均钻进效率 / (m/h)	最大钻进效率 / (m/h)	倾角 / (°)	
					开孔	终孔测量
1 <sup>#</sup>	603	18.43	14.06	28.50	6	6
2 <sup>#</sup>	350	未统计	未统计	未统计	4	未统计
3 <sup>#</sup>	612	23.25	18.90	42.75	4	2.5

3 个钻孔位于同一个钻窝，孔位相距 1 m，钻孔完成后，钻机整体移位、重新对孔位、支撑稳固总计耗时仅半小时，而 ZDY6000S 和 ZDY<sub>10000</sub><sup>8000</sup>S 型钻机需要时间超过 3 h，孔间距越长，则时间差距越大，充分体现履带钻机机动性强、支撑稳固简便的优越性。

#### 4.2 应用推广

该型钻机在抚顺矿务局老虎台矿井下钻进了 23 个孔，总进尺 2 565 m，平均每天完成 2 个 200 m 左右的钻孔，以前钻机移孔位需半天，现在仅需半小时，劳动强度小。

该型钻机在沁和能源有限公司永红矿补掘巷入口处接电，然后自行至钻场，行程 1 300 m。钻机行驶过程平稳，速度稳定，操作方便，大大减少了钻机移位过程中人力、物力的消耗，充分体现了履带钻机在煤矿井下的优势。

截至目前，该型钻机还在神华能源股份有限公司神东煤炭分公司、山西潞安环保能源开发股份有限公司常村矿、陕西海晶实业发展有限公司等煤业集团得到成功推广应用。

### 5 结论

ZDY6000L 履带式全液压坑道钻机通过试验及推广应用表明：  
（下转第 100 页）

表 1 6RA70 主要参数设置

参数号	参数值	参数意义
P100	90	额定励磁电流(A)
P101	225	额定电枢电压(V)
P102	1	额定励磁电流(A)
P083	4	速度反馈类型,模拟量
P609	10	反馈速度,接到 K0010
P082	0	励磁方式(不用励磁)
P084	2	速度/电流控制选择
P169	0	转矩/电流闭环方式
P170	0	转矩/电流闭环方式
P171	60	电流限幅
P172	0	电流限幅
P601	0010	电流环电流给定源

表 2 主电机参数

型 号	JR157 - 10
功率/kW	260
电压/kV	6
电流/A	33
转子电压/V	505
转子电流/A	328
转速/(r/min)	585

$X_2^*$  根据动力制动万用曲线查得的预算值。

(上接第 78 页)

程中的应用[J]. 金属矿山, 2006(2):58-62.

- [2] 南格立. 矿体线框模型及其建立方法[J]. 有色矿山, 2001(5):1-4.
- [3] 贾明涛,潘长良. 集成可视化矿床建模软件 DMS 在某矿中的应用[J]. 中南工业大学学报,2000,31(5):396-399.
- [4] Breuning M. An approach to the integration of spatial data and system for 3D geo-information system[J]. Computer & Geosciences,1999,25(1):39-48.
- [5] 万昌林,朱利平,高 祥. 应用地质统计学评估福建某铜矿资源[J]. 金属矿山,2002(6):140-143.

(上接第 96 页)

(1)履带钻机整体布局合理,机动性强,井下移动稳固快速、方便;

(2)采用负载敏感液压系统技术,钻机性能先进、操控性好,节能效果显著,工作可靠;

(3)ZDY6000L 履带式全液压坑道钻机具备煤层钻孔 600 m 以上的能力,是目前我国能力最大的履带式全液压钻机。

履带钻机的研制成功,不仅为煤矿的现代化、机

式(6)中系数 2 是因为两相直流电在定子两相中形成回路, $\alpha_{fc}$  为强励系数,其值可取 2.5 左右。

### 3 结 论

结合 PLC 技术,6RA70 全数字调速其可以很好地应用到 TKD 系统的动力制动改造中去,具有性能稳定、运行可靠、调节精度高、参数设置方便、自身保护完备以及故障率低等优点。

### 参 考 文 献

- [1] 何凤有,谭国俊. 矿井直流提升机计算机控制技术[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2003.
- [2] 顾永辉,等. 煤矿电工手册(修订本)第三分册:煤矿固定设备电力拖动[M]. 北京:煤炭工业出版社,1997.
- [3] 谭国俊,罗金盛,等. 基于 S7-300 PLC 的提升机变频调速系统设计[J]. 电气传动,2007(3):53-56.
- [4] 张登山. 可靠性与灵活性的完美结合——SIEMENS 新型直流驱动装置 SIMOREG DC MASTER 6RA70[J]. 电气传动,2000(2):62-63.
- [5] 高金源. 计算机控制系统——理论、设计与实现[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2001.
- [6] 周 伟,郑荣祥. 新型自驱动整车提升机结构分析[J]. 金属矿山,2006(3):52-56.

(收稿日期 2007-10-08)

(上接第 78 页)

- [6] 侯景儒,黄竟先. 地质统计学及其在矿产储量计算中的应用[M]. 北京:地质出版社,1982.
- [7] 罗周全,刘晓明,吴亚斌,等. 地质统计学在多金属矿床储量计算中的应用研究[J]. 地质与勘探,2007,43(3):83-87.
- [8] 贾明涛,王李管. 三维变异函数的稳健统计学计算方法及其应用[J]. 中南工业大学学报,1998,29(4):570-574.
- [9] 李赋屏,蔡幼宏,任建国. 矿业软件在矿产储量评价中的应用[J]. 桂林工学院学报,2005,25(1):26-30.
- [10] 程朋根,陈红华,刘少华. 地矿三维数据模型及其可视化方法的研究[J]. 中国矿业,2002,11(2):60-63.

(收稿日期 2007-10-17)

(上接第 96 页)

械化、高产高效提供了一种重要的装备;也标志着我国煤矿坑道钻机的研制水平又跨上了一个新的台阶。

### 参 考 文 献

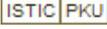
- [1] 徐绳武. 从节能看液压传动控制系统发展的三个阶段[J]. 液压气动与密封,2005(5):21-28.
- [1] 冯德强. 钻机设计[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1993.

(收稿日期 2007-10-19)

# ZDY6000L型履带式全液压坑道钻机的研制

作者: [殷新胜](#), [田宏亮](#), [姚克](#), [孙保山](#), [鄂迪](#), [凡东](#), [Yin Xincheng](#), [Tian Hongliang](#),  
[Yao Ke](#), [Sun Baoshan](#), [Wu Di](#), [Fan Dong](#)

作者单位: [煤炭科学研究总院西安研究院](#)

刊名: [金属矿山](#) 

英文刊名: [METAL MINE](#)

年, 卷(期): 2007(12)

被引用次数: 1次

## 参考文献(2条)

1. [冯德强](#) [钻机设计](#) 1993
2. [徐绳武](#) [从节能看液压传动控制系统发展的三个阶段](#)[期刊论文]-[液压气动与密封](#) 2005(05)

## 引证文献(1条)

1. [汪选要](#), [徐传波](#), [叶友东](#), [李保坤](#) [煤矿用全液压坑道钻机的设计研究](#)[期刊论文]-[煤矿机械](#) 2010(6)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_jsks200712024.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jsks200712024.aspx)