

文章编号: 1001-1986(2008)05-0077-04

瓦斯抽采履带式坑道钻机的研制与应用

田宏亮

(煤炭科学研究总院西安研究院, 陕西 西安 710054)

摘要: 目前煤矿井下瓦斯抽采用全液压力头式钻机以分体式为主, 钻机搬迁费时费力, 钻孔施工效率较低, 履带式钻机的研制有效地解决了这一问题。从4种新型履带式坑道钻机的研制及现场应用情况看, 采用整体式履带车载结构, 可在井下自行搬迁, 方便快捷, 工人劳动强度低; 机身倾角调整方便省力, 钻机固定安全可靠; 钻机设计参数合理, 配套高强度钻杆处理卡钻事故的能力强; 采用全液压驱动, 各执行机构既可实现联动, 又可单独控制工作; 液压系统采用多泵系统, 可独立调节各机构工作参数、转速和扭矩无级调整; 采用具有节能效果的负载敏感技术, 泵控变量便于实现远程控制, 符合钻进工况特性要求, 可满足煤矿坑道不同孔深钻探施工需求。

关键词: 自行式履带钻机; 全液压钻机; 负载敏感技术

中图分类号: P634.31 **文献标识码:** A

Manufacture and application on track-mounted rig for gas drainage

TIAN Hong-liang

(Xi'an Branch, China Coal Research Institute, Xi'an 710054, China)

Abstract: The all hydraulic rig mainly adopts detachable structure that is used in gas drainage in coal mine gallery. It will take time and need great effort to move the rig and be inefficiency in the drilling construction. The research and manufacture of the track-mounted rig will solve the problems. The research, manufacture and application of four kinds of new gallery track-mounted rig are introduced in this paper. The track-mounted rigs are convenient for moving in underground road and easy for dip adjusting, sage for fixing. The parameter of rig is reliable and is of high capacity for drilling accident solving. The hydraulic system adopts multi-pump system which is easy for control every operation parametevs. The load sensitive technique is adopted, which can control remote operation to meet the requirements of underground drilling.

Key words: track-mounted rig; all hydraulic rig; load sensitive technique

煤矿井下瓦斯抽采钻机以全液压力头式为主, 钻机一般由主机、泵站、操纵台三部分构成。井下搬迁需拆卸管路, 并将钻机拆分为部件, 待运输到位后再组装的方式。这种方式对于小型钻机比较方便, 然而对于中深孔和深孔钻机, 整体及部件体积和质量较大, 搬迁移位就显得非常困难, 且耗时多, 工人劳动强度高。另外, 在钻机井下远距离搬迁时需拆卸管路, 在搬迁过程中接头裸露易引起液压油的污染, 导致液压系统发生故障, 钻机整体可靠性降低。近几年, 随着煤矿安全高效生产的需求, 钻掘交替矛盾日益突出, 对瓦斯抽采钻孔提出了缩短钻机搬迁时间、降低工人劳动强度、提高钻机利用率和施工效率的要求。

针对这种需求, 煤炭科学研究总院西安研究院

先后申请立项展开科技部技术开发专项资金项目“ZDY6000L履带自行式水平深孔瓦斯抽放钻机”、发改委国家重大产业技术开发专项“煤矿井下千 m 瓦斯抽放钻孔施工装备及工艺技术开发”等项目的研究, 随后又展开了系列履带钻机的开发。目前已推出 ZDY6000L 型、ZDY4000L 型、ZDY1200L 型和 ZDY6000LD 型几种履带式钻机定型产品。本文主要阐述其中 4 种新型号履带钻机的结构和性能特点。

1 技术方案

1.1 成孔工艺

煤矿井下瓦斯抽采钻孔总体要求是: 直径较大; 一般不取心; 在钻进硬岩层时以复合片钻进为主, 牙轮钻进为辅, 钻进煤层时使用复合片钻头。

收稿日期: 2008-05-26

作者简介: 田宏亮(1969—), 男, 陕西西安人, 高级工程师, 从事煤矿坑道全液压钻机的研制与推广工作。

瓦斯抽采钻孔钻进方式可分为 2 种：一是钻机的回转器驱动钻杆回转，由钻杆带动钻头来破碎岩石，这时可配套采用稳定组合钻具，实现钻孔轨迹向上、保直和向下的控制；另一种是钻杆不回转，而用螺杆钻具(孔底液力马达)在高压水的作用下直接驱动钻头回转来破碎岩石，这时与随钻测斜系统配套，可实现钻孔轨迹的全方位定向。

ZDY4000L 和 ZDY1200L 两种型号钻机以钻进深度 300 m 以内的短钻孔和中深钻孔为主，这类钻孔的定向精度要求不是很高，成孔工艺以孔口回转钻进为主；而 ZDY6000L 和 ZDY6000LD 型钻机的钻进能力均为 600 m，主要用于瓦斯抽采长钻孔钻进，这类钻孔定向精度要求较高，同时要兼顾孔口回转和孔底动力两种钻进工艺。

1.2 机型及传动方式的确定

煤矿井下常用的钻机有 2 种：一种是机械传动、液压给进的立轴式钻机；另一种是全液压力头式钻机。立轴式钻机是最早在井下使用的钻机，近水平深孔时，起、下钻具费时费力，安全性较差，目前在浅孔钻机中仍占一定比例。全液压力头式钻机，人员可远离孔口操作，工作安全可靠，具有功重比大，可实现无级调速，且调速范围大等优点。

这便于获得合适的转速、扭矩匹配，易于实现顺序动作和联动，可以方便地起、下钻具，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，因而应用越来越广，目前已是我国煤矿坑道钻机的主导机型。

ZDY6000L 型、ZDY4000L 型、ZDY1200L 型和 ZDY6000LD 型等 4 种履带式钻机均为全液压力头式。前 3 种型号产品将主机、泵站和操纵台 3 大部分安装在履带平台上，力求钻机结构紧凑，工作占地尽可能小，主要适用于巷道条件一般的煤矿；ZDY6000LD 型钻机除主机、泵站和操纵台外，还将钻机配套的泥浆泵和磁力启动器安装在履带车体上，钻机和配套设备可实现整体移动，工作和搬迁更加快捷，主要适用于巷道断面大、条件较好的较大型煤矿。

1.3 主要技术性能参数

4 种履带式钻机的主要技术性能参数见表 1^[1-3]。

2 主要机构设计

2.1 回转器

回转器是钻机的核心部件，钻机正常工作以低速大扭矩工况居多，回转器设计采用变量马达驱动，

表 1 钻机基本参数表
Table 1 Basic parameters of drilling rig

基本参数	钻机型号			
	ZDY1200L	ZDY4000L	ZDY6000L	ZDY6000LD
配套钻杆直径 /mm	50/42	73	73/89	73/89
额定转矩 /Nm	1 200 ~ 320	4 000 ~ 1 050	6 000 ~ 1 600	6 000 ~ 1 600
额定转速 /r · min ⁻¹	80 ~ 280	70 ~ 240	50 ~ 190	50 ~ 190
主轴制动力矩 /Nm			1 500	1 500
主轴倾角 / (°)	-10 ~ 45	-5 ~ 25	-10 ~ 20	-10 ~ 20
最大给进/起拔力 /kN	45	123	180	180
给进/起拔行程 /mm	1 000	780	1 000	1 000
最大行走速度 /km · h ⁻¹	1.6	2	2.5	2.5
爬坡能力 / (°)	20	20	20	20
接地比压 /N · mm ⁻²	0.06	0.05	0.06	0.06
额定功率 /kW	22	55	90	90
I 泵排量 /ml · r ⁻¹	41	80	100	100
II 泵排量 /ml · r ⁻¹	16	21	75	75
III 泵排量 /ml · r ⁻¹				21
I 泵额定压力 /Mpa	21	25	26	26
II 泵额定压力 /Mpa	21	21	21	21
III 泵额定压力 /Mpa				21
油箱有效容积 /L	140	200	240	390
钻机质量 /kg	3 700	5 500	7 000	10 000
运输状态外形尺寸 (长 × 宽 × 高)/mm	2 540 × 1 220 × 1 620	3 100 × 1 450 × 1 700	3 380 × 1 450 × 1 800	3 500 × 2 200 × 1 900

动力经变速箱降速后传动至主轴, 由主轴带动卡盘抱紧钻杆并驱动钻杆转动。通过调节马达排量, 可实现转矩和转速大范围的无级调节。ZDY6000L 和 ZDY6000LD 型钻机回转器具备主轴定位功能, 可实现孔底动力定向钻进, 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。

2.2 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。

2.3 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,

因此钻机选用了油缸直接推动的给进方式, 有效地利用机身的长度和宽度, 并增加了机身的刚度。

2.4 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。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车架。

3 液压系统设计

现有全液压坑道钻机的液压系统按流量调节方式不同可分为阀控制、泵排量控制和泵转速控制 3 类。阀控液压系统是用各种液压阀来实现对系统压力、流量和方向控制的液压系统, 具有系统简单、能耗大、温升高的特点。目前, 全液压坑道钻机液压系统主要采用的就是这种系统。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^[4]。本文涉及到的 4 种新型履带式全液压坑道钻机液压系统采用负载敏感和恒压变量泵控制系统。以下以 ZDY6000L 型钻机液压系统为例, 介绍这几种履带钻机的液压回路组成及特点。

ZDY6000L 型钻机液压系统如图 1 所示。该液

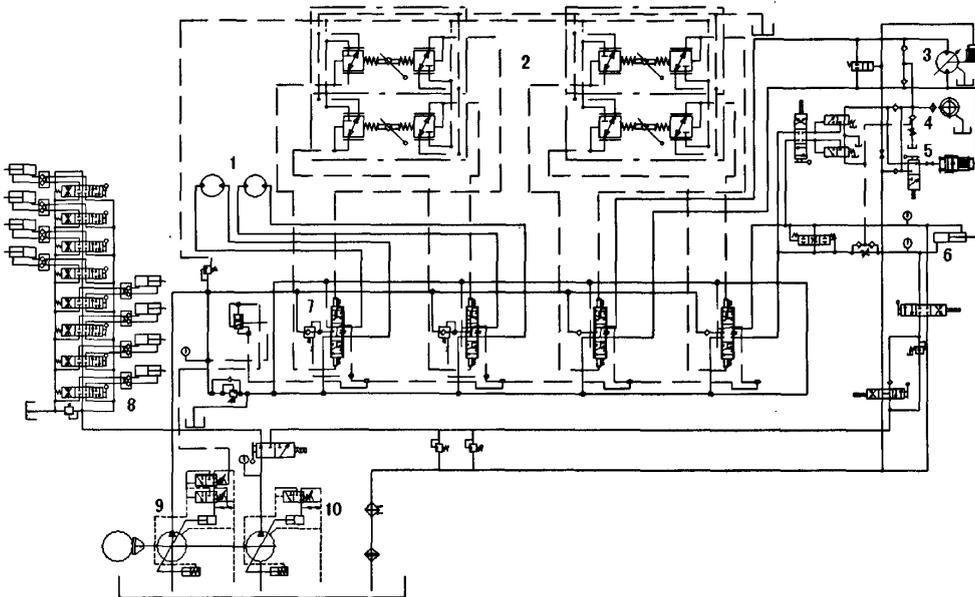


图 1 ZDY6000L 型履带式全液压钻机液压系统原理图

Fig.1 Principle of ZDY6000L type hydraulic rig system

- 1——行走马达; 2——远控手柄; 3——回转马达; 4——液压卡盘; 5——夹持器; 6——给进油缸;
- 7——负载敏感多路阀; 8——支撑油缸; 9——I 泵; 10——II 泵

压系统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机提供回转动力,实现钻具的回转破岩。由于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。辅助回路主要用于钻机的稳固和驱动履带行走。

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,构成了典型的泵控负载敏感液压系统。其具有钻探工艺适应性强、操作简便,节能等特点。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。选用恒压变量泵,可有效减少溢流损失。

4 钻机试验与应用

ZDY6000L 型钻机于 2006 年 8 月在山西省晋城煤业集团寺河煤矿 2305 工作面进行工业性试验,共完成试验钻孔 3 个,孔径均为 153 mm,总进尺 1 565 m,最大孔深 612 m。

ZDY4000 L 于 2006 年 12 月在阳煤集团新元矿软煤层钻进,用 $\Phi 110$ mm 螺旋钻杆,完成 $\Phi 120$ mm 钻孔 5 个,最大孔深 150 m。2007 年 4 月 ZDY4000L 型钻机在西山矿务局杜儿坪矿进行了能力孔钻进工业性试验,完成钻孔 2 个,孔径均为 153 mm,总进尺 656 m,其中 2 号孔深度为 355 m。

ZDY1200L 型钻机于 2007 年 10 月在阳煤集团二矿进行了工业性试验。利用 $\Phi 94$ mm 钻头与 $\Phi 78$ mm 螺旋钻杆,采用螺旋干式钻进工艺方法共施工试验钻孔 8 个,钻进最大孔深为 124 m,钻孔平均

孔深 92.6 m;在煤层无水的情况下,孔深均在 100 m 以上,平均孔深 114.5 m。

ZDY6000LD 型钻机现场工业性试验于 2007 年 12 月在陕煤集团大佛寺矿进行。采用孔底动力定向钻进工艺共施工沿煤层钻孔 4 个,总进尺 1 824 m。其中 4 号钻孔主孔孔深 811.8 m,终孔直径 113 mm。

5 结论

瓦斯抽采履带式钻机研制成功并形成系列产品,为煤矿井下瓦斯抽采钻孔钻进提供了新型高效施工设备,可满足煤矿坑道不同孔深钻探施工的需求,具有以下技术特点:

钻机采用整体式履带车装结构,可在井下自行搬迁,方便快捷,工人劳动强度低;机身倾角调整方便省力,钻机固定安全可靠。

钻机主要液压元件选用进口产品,可靠性高;钻机设计参数合理,配套高强度钻杆处理卡钻事故的能力强。

钻机采用全液压驱动,各执行机构既可实现联动,又可单独控制工作。液压系统采用多泵系统,可独立调节各机构工作参数、转速和扭矩无级调整;采用具有节能效果的负载敏感技术,泵控变量便于实现远程控制,符合钻进工况特性要求。

参考文献

- [1] 殷新胜,姚宁平,陈跟马,等. ZDY6000L 型履带式全液压坑道钻机液压系统的设计[J]. 煤田地质与勘探, 2007, 35(6): 77-80.
- [2] 孙宝山,殷新胜,田宏亮. ZDY6000L 型履带式全液压坑道钻机的设计与试验[J]. 煤炭工程, 2008(3): 94-96.
- [3] 姚亚峰,王贺剑,凡东,等. ZDY1200L 型履带式全液压坑道钻机的研制[J]. 煤田地质与勘探, 2008, 36(03): 75-77.
- [4] 殷新胜,田宏亮,姚克,等. 负载敏感技术在全液压力头式坑道钻机上的应用[J]. 煤炭科学技术, 2008(1): 75-77.

征稿启事

《煤田地质与勘探》为全国科技核心期刊、中文核心期刊,被国内外多家著名数据库收录。主要刊载煤田地质、矿井地质、煤层气、水文地质、工程地质、环境地质、煤田物探、探矿工程等方面,具有较高学术、技术水平和实用价值的科研成果、学术论文、新技术、新方法和先进经验等,发表的文章在国内外都具有较广泛的影响,欢迎相关领域的广大科技工作者、教师、学生踊跃投稿。

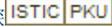
投稿要求:来稿力求主题突出、论点明确、数据可靠(不要披露属于科技秘密范围的科技成果和数据资料)、简明扼要、图表清晰、行文通顺、体例规范(具体投稿要求请登录: <http://mdkt.chinajournal.net.cn/> 网站查询)。

投稿方式:电子邮件方式,请注明投稿。电子信箱: ccrimtdzykt@vip.163.com

联系电话: 029-87862517 87862526

地址:陕西省西安市雁塔北路 52 号《煤田地质与勘探》编辑部 邮编: 710054

瓦斯抽采履带式坑道钻机的研制与应用

作者: [田宏亮, TIAN Hong-liang](#)
作者单位: [煤炭科学研究总院西安研究院, 陕西, 西安, 710054](#)
刊名: [煤田地质与勘探](#) 
英文刊名: [COAL GEOLOGY & EXPLORATION](#)
年, 卷(期): 2008, 36 (5)

参考文献(4条)

1. 殷新胜;田宏亮;姚克 [负载敏感技术在全液压动力头式坑道钻机上的应用](#)[期刊论文]-[煤炭科学技术](#) 2008(01)
2. 姚亚峰;王贺剑;凡东 [ZDY1200L, 型履带式全液压坑道钻机的研制](#)[期刊论文]-[煤田地质与勘探](#) 2008(03)
3. 孙宝山;殷新胜;田宏亮 [ZDY6000L型履带式全液压坑道钻机的设计与试验](#)[期刊论文]-[煤炭工程](#) 2008(03)
4. 殷新胜;姚宁平;陈跟马 [ZDY6000L型履带式全液压坑道钻机液压系统的设计](#)[期刊论文]-[煤田地质与勘探](#) 2007(06)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_mtdzykt200805020.aspx