

文章编号: 1001-1986(2018)02-0196-05

# ZDY750L 底锚钻机在新元矿底板锚固施工中的应用

李旺年<sup>1</sup>, 邵俊杰<sup>1</sup>, 郭相平<sup>2</sup>

1. 中煤科工集团西安研究院有限公司, 陕西 西安 710077; 2. 天地科技股份有限公司, 北京 100013)

**摘要:** 针对煤矿巷道底板锚固施工布孔密集、钻机搬移频繁等问题, 为提高巷道底板锚固孔的施工效率, 研制的 ZDY750L 底锚钻机采用分体履带式结构, 宽度窄, 施工机动性强; 采用摇臂式偏转机构, 使钻机实现一次停车完成两个底板锚固孔的施工作业。以新元矿 3 号煤南区集中胶带大巷工业性试验为例, ZDY750L 底锚钻机操作简单, 移动灵活, 定位精确, 对底鼓巷道适应性强, 降低了工人劳动强度, 改善了工作面作业环境, 实现了高效施工底板锚固孔作业的功能, 为同类煤矿巷道底板治理提供借鉴及指导。

**关 键 词:** 底锚钻机; 底板锚固; 巷道底鼓; 注浆

中图分类号: TD327.3 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1001-1986.2018.02.030

## Application on ZDY750L drilling rig in anchoring of floor in Xinyuan coal mine

LI Wangnian<sup>1</sup>, SHAO Junjie<sup>1</sup>, GUO Xiangping<sup>2</sup>

(1. Xi'an Research Institute Co. Ltd., China Coal Technology and Engineering Group Corp., Xi'an 710077, China;

2. Tiandi Science and Technology Co. Ltd., Beijing 100013, China)

**Abstract:** In order to meet the technical requirements about the dense arrangement of holes on roadway floor anchoring construction, frequent move of drilling rig and high construction efficiency, the new type of ZDY750L drilling rig for anchoring of floor anchoring in coal mine was developed. It adopts split and crawler structure, has small width, high mobility in underground coal mine. Swing arm mechanism completes the construction of two roadway floor anchoring holes with one stop. The results of industrial test in conveyor roadway of southern district of seam 3 in Xinyuan Mine showed that the ZDY750L drilling rig has simple operations, good flexibility, accurate positioning and good adaptability in underground coal mine, can reduce the labor intensity, improve the operating environment, realize the function of efficient construction of floor anchoring hole and provide technical support for control of roadway in coal mine.

**Keywords:** anchoring drill rig; roadway anchoring; roadway floor heave; grouting

随着矿井开采深度不断增加, 巷道围岩变形越来越大, 巷道底鼓问题尤为突出。剧烈的巷道底鼓需要消耗大量的人力、物力和财力进行巷道维护, 严重影响了巷道围岩的稳定, 妨碍矿井的安全高效生产。因此, 底板加固治理是深部软岩巷道支护的一项关键技术<sup>[1-4]</sup>。近年来, 底板锚固技术已成为煤矿井下巷道底鼓治理的一种有效方式<sup>[5-9]</sup>, 并在一定条件下有效地控制了巷道围岩的变形与破坏。

采用底板锚固技术防治煤矿巷道底鼓需要施工大量的底板锚固孔, 而底板锚固钻机作为底板锚固孔施工的关键设备之一, 直接影响着底板锚固孔施工质量的好坏和施工速度的快慢。国内现有专门用于底板锚杆(索)孔施工的钻机非常有限, 主要有手

持式、架柱式及小型地质钻机等 3 种非专用设备<sup>[10-11]</sup>, 由于存在钻机钻进能力小, 辅助时间长, 搬移不便, 工人劳动强度大等因素, 底板锚固孔施工效率较低。为提高底板锚固孔施工效率, 中煤科工集团西安研究院有限公司研制了 ZDY750L 底锚钻机, 该钻机具备搬迁运输方便, 定位精确, 施工快速等特点<sup>[12]</sup>, 能够有效满足煤矿巷道底板锚固孔施工要求, 可以大幅提高巷道底板锚固孔钻进施工的机械化水平, 降低工人劳动强度、改善作业环境, 确保煤矿安全高效生产。

## 1 ZDY750L 底锚钻机组成

基于煤矿井下底鼓巷道空间狭小、施工作业环

收稿日期: 2017-04-10

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0804204)

Foundation item: National Key R&amp;D Program of China(2017YFC0804204)

第一作者简介: 李旺年, 1987 年生, 男, 陕西吴堡人, 硕士, 从事煤矿钻探技术与装备的研发工作. E-mail: liwangnian@cctegxian.com

引用格式: 李旺年, 邵俊杰, 郭相平. ZDY750L 底锚钻机在新元矿底板锚固施工中的应用[J]. 煤田地质与勘探, 2018, 46(2): 196-200.

LI Wangnian, SHAO Junjie, GUO Xiangping. Application on ZDY750L drilling rig in anchoring of floor in Xinyuan coal mine[J]. Coal Geology &amp; Exploration, 2018, 46(2): 196-200.

境差的特点,针对底板锚固施工工艺及钻孔布孔方式,研制的ZDY750L底锚钻机具有单体尺寸小、巷道适应性强的特点,可以满足不同复杂条件的底板锚固孔施工。ZDY750L底锚钻机由钻车和泵车两部分组成,钻车负责施工作业,泵车负责提供动力,工作时,两车之间通过液压胶管连接,其相对位置可以根据施工条件灵活布置。主要技术参数见表1。

表1 ZDY750L型煤矿巷道底板锚固钻机  
Table 1 Technical parameters of ZDY750L drilling rig

类别	名称	参数
回转器	额定转矩/(N·m)	750~650
	额定转速/(r·min <sup>-1</sup> )	200~240
给进装置	主轴倾角/(°)	0~360
	(最大给进/起拔力)/kN	12/12
	行程/mm	1 100
泵站	电机额定功率/kW	45
	电机额定转速/(r·min <sup>-1</sup> )	1 480
	所需电源/V	1 140/660
钻车	质量/kg	5 200
	运输尺寸:长×宽×高/mm	3 600×1 000×2 000
泵车	质量/kg	4 500
	运输尺寸:长×宽×高/mm	2 300×1 000×1 500

### 1.1 ZDY750L底锚钻机钻车

ZDY750L底锚钻机钻车主要由履带车体、工作机构、行走操作台、主操作台、辅助操作台、稳固装置、除尘装置等部分组成,配置风冷散热器,可无水作业,防止巷道底板软化膨胀,保证作业环境。与常规机身为水平安装的钻机相比,ZDY750L底锚钻机工作机构为垂直布置,减少了辅助调角时间。其工作机构由二级给进装置、变幅机构、动力头等组成:动力头通过导轨座安装在2根圆柱式导轨上,在油缸链条倍程倍速给进装置的带动下,在导轨上滑动;二级给进装置整体安装在变幅机构上,通过下偏转油缸的伸缩实现整个装置的左右偏转,从而不用移动车体,就能够一次停车完成间距为1 500 mm的两个底板锚固孔施工。钻机采用三泵系统控制,回转参数与给进参数独立调节。II泵负责动力头回转,回转速度可以通过II泵排量调节螺杆实现,III泵负责给进/起拔与姿态调整,通过给进回路中的单向节流阀改变给进/起拔速度,同时可以防止钻头接触孔底时因速度过快产生冲击,损坏钻头。与一般的地质钻机相比,ZDY750L底锚钻机扭矩大、回转范围大、调整速度快、钻孔定位准确、成孔率高,从而减少了辅助工作时间,提高了施工效率。

### 1.2 ZDY750L底锚钻机泵车

ZDY750L底锚钻机泵车主要由履带车体、行走操作台、电柜、电机泵组及油箱等部分组成。其液压系统主要包括履带行走回路,姿态调整回路,回转回路,给进回路,辅助功能回路组成:其中,履带行走回路负责履带车体的行走、转弯和制动;姿态调整回路负责钻车工作机构的姿态调整和整机的稳固功能;回转回路负责为回转器提供动力,并通过给进回路提供的给进力完成钻具的回转和钻进的复合动作;钻机工作时,由辅助功能回路实现冷却及除尘功能,保证钻机的正常工作油温,同时通过除尘装置改善作业环境。

## 2 底板锚固施工方案

### 2.1 施工地点地质条件

新元矿是由阳泉煤业(集团)有限责任公司与广东蓝粤能源发展有限公司共同投资建设,矿井可采储量69 064万t,矿井设计生产能力300万t/a。新元矿目前开采3号煤,煤层埋深约550~600 m,平均埋深580 m,煤层厚度2.7~3.10 m,平均2.90 m,倾角1°~4°,平均3°,煤层硬度系数为2.5~3.0,属中硬煤层。直接顶为2.79 m的砂质泥岩,老顶为中粒砂岩,厚度为2.35 m;直接底板为0.7 m的粉砂岩,老底为5.62 m砂质泥岩。3号煤南区集中胶带大巷现在因受地压、地质构造和采动的影响,已有1 400 m巷道底鼓严重,最大达3.0 m以上;巷道两帮整体移近较大,巷道宽度为3 800~4 200 mm,巨量的变形已导致非行人侧巷帮紧贴皮带架,如果巷道再进一步发生变形,皮带将无法运转;为保证矿井的正常生产,矿方决定对3号煤南区集中胶带大巷进行开帮、起底。由于巷道底鼓严重,起底前将运输皮带进行吊挂,起底后皮带底部距地面仅有2 000~2 400 mm的施工空间,巷道顶部的皮带一侧挂有风管、水管及瓦斯管等,巷道侧帮挂有不同的电缆线及信号线等,3号煤南区集中胶带大巷开帮、起底后巷道断面如图1所示。

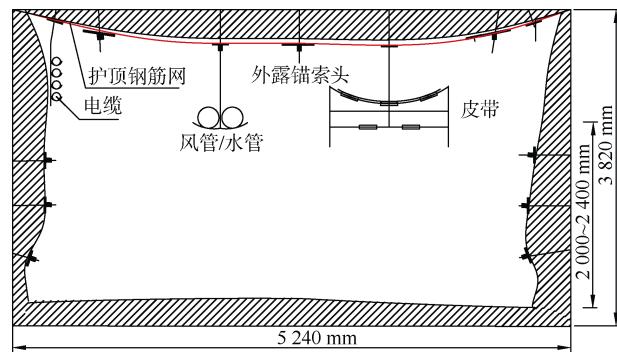


图1 3号煤南区集中胶带大巷起底后巷道断面示意图

Fig.1 Schematic section of conveyor roadway after heave occurred in floor

## 2.2 底板锚固施工方案

根据新元矿的底板地质条件，起底后对底板采用高压注浆配合强力注浆锚索支护的综合加固方案，以防底鼓再次发生。底板锚固加固施工前先将皮带进行吊挂，将巷道底鼓清理至低于巷道设计高度 200 mm，完成注浆及锚索锚固后回填，并将皮带重新下放至巷道底板。底板预应力注浆锚索加固施工方案如下：

a. 预注浆 由于巷道底板松软破碎，为加固巷道底板裂隙并封堵底板表层围岩，防止巷道底板锚索注浆孔塌孔，先对巷道底板进行预注浆。注浆孔以 2—1(一排两孔与一排一孔交替施工)的方式垂直于巷道底板对称布置，同排两孔间距为 2 000 mm，纵向交替排距为 1 500 mm，注浆孔使用 ZDY750L 底锚钻机进行钻孔施工，孔径为  $\varnothing 56$  mm，孔深为 2 500 mm。注浆材料为水泥浆，配合水泥-水玻璃双浆液进行注浆堵漏和封孔。注浆压力为 1~3 MPa，预注浆 7 d 后可对巷道底板进行加固。

b. 底板锚索加固 巷道底板注浆锚索孔沿 3 号煤南区集中胶带大巷巷道走向成排布置，一排四孔，间距为 1 500 mm，排距为 2 000 mm，底板锚索孔也使用 ZDY750L 底锚钻机进行钻孔施工，孔径为  $\varnothing 56$  mm，孔深为  $(5 000 \pm 500)$  mm，锚索孔均垂直向下。巷道底板锚索孔成孔后插入  $\varnothing 22$  mm  $\times$  5 300 mm 的高强度低松弛预应力钢绞线锚索，并在钻孔内插入注浆铝塑管，采用棉纱和双浆液封孔。通过注浆铝塑管对锚索孔注浆，注浆终止压力 2~4 MPa，注浆完成 7~10 d 后，铺设金属网并配异形高强度拱形托盘，加装调心球垫。最后使用张拉泵张拉预紧锚索，预紧力 150~200 kN。

## 3 现场试验

### 3.1 施工工艺

2016 年 11 月至 12 月 ZDY750L 底锚钻机在新元矿 3 号煤南区集中胶带大巷进行了为期两个月的现场工业性试验，钻机井下实际作业 22 d，钻孔(注浆孔及锚索孔)施工采用 ZDY750L 型煤矿巷道底板锚固钻机，配合长 800 mm 的  $\varnothing 42$  mm 外平中空接长式组合钻杆及  $\varnothing 56$  mm PDC 平底钻头施工，钻孔垂直向下施工。钻孔施工时钻车在前方，泵车紧随其后，钻机井下施工场景如图 2 所示。

钻孔施工时，操作工作六联阀调整大臂及给进装置姿态确定孔位，通过下偏转油缸的伸缩控制给进装置的左右偏转，实现在不移动车体的情况下一次完成间距为 1 500 mm 的两个底板锚固钻孔施工，

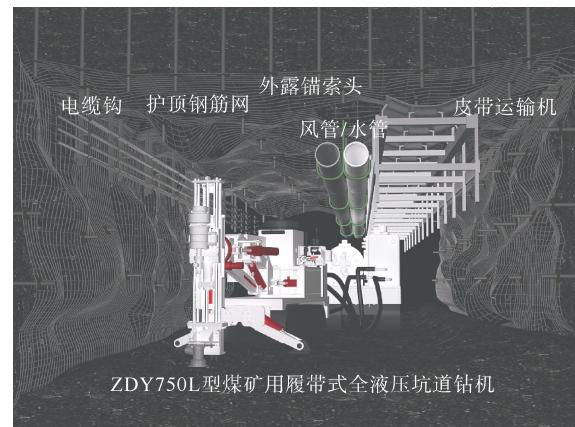


图 2 钻机井下施工场景

Fig.2 Scene of drilling rig in underground operation

通过操作钻机行走阀调整机身位置，实现另外两个底板锚固孔的施工，当一排钻孔施工完毕后，再将钻车和泵车移动到合适位置进行新一排底板锚固孔的施工。钻机钻孔工作流程如图 3 所示。

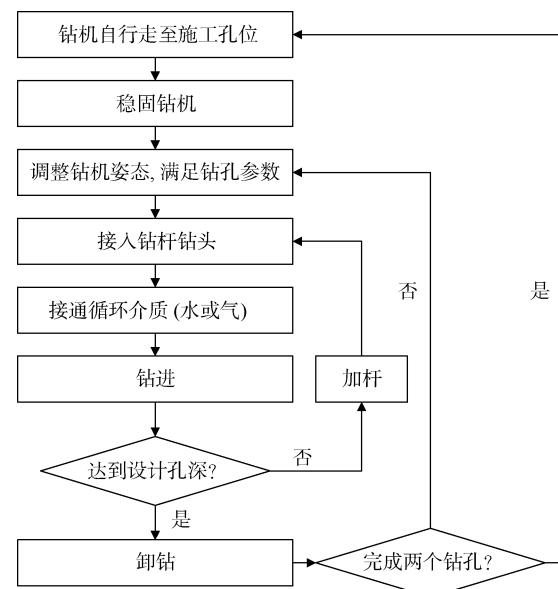


图 3 钻机钻孔工作流程示意图

Fig.3 Working flowchart of the drilling rig for anchoring in floor

结合底板锚固施工方案，通过现场试验总结出一套适合 ZDY750L 底锚钻机底板锚固孔施工的工艺。

钻进：确定孔位—安装钻具—试风/水—通风/水回转—给进到底板位置—保持回转—给进；

加杆：停给进—停回转—停风/水—加钻杆—通风/水回转—给进—循环加杆—到设计孔深；

卸钻：停给进—停回转—停风/水—卸钻杆—装药剂、装锚索—装金属网—装托盘—张拉。

### 3.2 试验效果

根据现场施工进度要求，ZDY750L 底锚钻机在

新元煤矿3号煤南区集中胶带大巷第一阶段底板锚固孔施工距离为100 m。由于皮带下方仅有2 000 mm的高度空间,为了满足有限高度空间内底板锚固孔的施工,钻机采用中间加/卸钻杆的方式,钻孔设计深度为5 000 mm,而外平中空组合钻杆长度为800 mm,故钻杆的数量为7根。钻机每班成孔数量平均保持在10~12个,试验期间,根据施工现场要求,钻机仅在每天早班进行施工,在使用ZDY750L底锚钻机进行底板锚固孔施工的同时,ZLJ-250煤矿用坑道钻机也在现场使用,每班成孔数量平均保持在4~6个。2种钻机钻孔施工跟踪记录如图4所示。

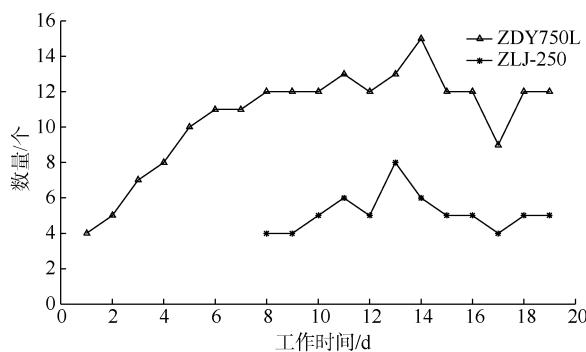


图4 2种钻机钻孔施工跟踪记录

Fig.4 Tracking record of drilling operation drilling rig's construction

ZDY750L底锚钻机施工的底板锚固孔成孔数量是ZLJ-250煤矿用坑道钻机成孔数量的2倍左右,有效提高了底板锚固孔的施工效率,缩短了现场施工周期。根据现场观察,采用高压注浆配合强力注浆锚索支护相结合的施工方法,通过第一阶段施工有效地改善了巷道围岩的松散结构,提高了岩体的整体强度,使巷道底鼓问题得到有效控制。

#### 4 结论

a. ZDY750L型煤矿巷道底板锚固钻机可在吊装皮带下方2 000 mm高度空间内施工直径Φ56 mm的底板锚杆(索)孔及注浆孔,钻机扭矩、转速及给进/起拔力等各项性能均可以满足巷道底板锚固施工要求,与需要通过顶柱借助顶板来稳固的煤矿用坑道钻机相比较为方便。

b. ZDY750L型煤矿巷道底板锚固钻机通过对操作台的简单操作便可快速实现钻机机身的姿态调整,钻机施工快速、成孔率高,平均每班施工10~12个,与相同条件下需要人工搬迁及稳固的煤矿用坑道钻机相比效率提高2倍左右,具有工人劳动强度低,作业环境好等优点。

c. ZDY750L型煤矿巷道底板锚固钻机在新元

矿的现场应用为其他类似矿井的底鼓防治提供了借鉴参考,同时随着我国煤矿巷道底板锚固技术的发展与普及,底板锚固钻机将促进煤矿巷道围岩支护技术的发展,提高巷道底板治理的机械化水平,为煤矿安全高效生产提供技术保障。

#### 参考文献

- [1] 王连国,李明远,王学知.深部高应力极软岩巷道锚注支护技术研究[J].岩石力学与工程学报,2005,24(16):2889~2893.  
WANG Lianguo, LI Mingyuan, WANG Xuezhi. Study on mechanisms and technology for bolting and grouting in special soft rock roadways under high stress[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2005, 24(16): 2889~2893.
- [2] 康红普,王金华,林健.高预应力强力支护系统及其在深部巷道中的应用[J].煤炭学报,2007,32(12):1233~1238.  
KANG Hongpu, WANG Jinhua, LIN Jian. High pretensioned stress and intensive bolting system and its application in deep roadways[J]. Journal of China Coal Society, 2007, 32(12): 1233~1238.
- [3] 黎开勋,党昌志.巷道底鼓分析及控制[J].煤炭工程,2008(9):24~27.  
LI Kaixun, DANG Changzhi. Analysis and control of roadway floor heave[J]. Coal Engineering, 2008(9): 24~27.
- [4] 何满潮,张国锋,王桂莲,等.深部煤巷底鼓控制机制及应用研究[J].岩石力学与工程学报,2009,28(增刊1):2593~2598.  
HE Manchao, ZHANG Guofeng, WANG Guilian, et al. Research on mechanism and application to floor heave control of deep gateway[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2009, 28(S1): 2593~2598.
- [5] 王振,刘超,张建新,等.深部软岩底鼓巷道锚注联合支护技术[J].煤炭科学技术,2012,40(8):24~27.  
WANG Zhen, LIU Chao, ZHANG Jianxin, et al. Bolt and grouting combined support technology applied to floor heave roadway in deep mine soft rock[J]. Coal Science and Technology, 2012, 40(8): 24~27.
- [6] 张辉,康红普,徐佑林.深井巷道底板预应力锚索快速加固技术研究[J].煤炭科学技术,2013,41(4):16~23.  
ZHANG Hui, KANG Hongpu, XU Youlin. Study on rapid reinforced technology with pre-stressed anchor for floor of mine roadway in deep mine[J]. Coal Science and Technology, 2013, 41(4): 16~23.
- [7] 李俊岗,左胜,尚立斌,等.底板锚注加固技术治理深部软岩巷道底鼓[J].煤炭与化工,2016,39(7):76~81.  
LI Jungang, ZUO Sheng, SHANG Libin, et al. Floor reinforced bolting and grouting technology controlling floor heave of deep and soft roadway[J]. Coal and Chemical Industry, 2012, 40(8): 24~27.
- [8] 刘泉声,肖虎,卢兴利,等.高地应力破碎软岩巷道底鼓特性及综合控制对策研究[J].岩土力学,2012,33(6):1703~1710.  
LIU Quansheng, XIAO Hu, LU Xingli, et al. Research on floor

heave characteristics of broken soft rocks with high geostress and its comprehensive control measures[J]. Rock and Soil Mechanics , 2012 , 33(6) : 1703-1710.

[9] 刘成 , 宋选民 , 刘叶 , 等. 大断面回采巷道层状底板底鼓机理及其防治对策[J]. 煤炭学报 , 2014 , 39(6) : 1049-1055.

LIU Cheng , SONG Xuanming , LIU Ye , et al. Mechanism and countermeasures of layered floor heave to large section mining roadway[J]. Journal of China Coal Society , 2014 , 39(6) : 1049-1055.

[10] 郭孝先 , 宫龙颖 , 荆建宽. 市场引导下我国煤矿钻孔与凿岩机械的发展趋势[J]. 矿山机械 , 2011 , 39(6) : 12-19.

GUO Xiaoxian ,GONG Longying ,JING Jiankuan. Development trend of domestic colliery-used drilling machinery and rock drilling machinery under guidance of market[J]. Mining and Processing Equipment , 2011 , 39(6) : 12-19.

[11] 阚志涛 , 张幼振 , 马冰 , 等. 全液压履带钻机改进及在巷道底板锚固中的应用[J]. 煤炭科学技术 , 2014 , 42(2) : 9-11.

KAN Zhitao ,ZHANG Youzhen ,MA Bing ,et al. Application and improvement on full hydraulic crawler drilling rig in construction of roadway floor grouting and anchoring[J]. Coal Science and Technology , 2014 , 42(2) : 9-11.

[12] 邵俊杰. ZDY750 型煤矿巷道底板锚固钻机的研制[J]. 煤炭技术 , 2016 , 35(5) : 277-278.

SHAO Junjie. Development of Coal mine roadway floor anchoring drill rig titled ZDY750L[J]. Coal Technology , 2016 , 35(5) : 277-278.

(责任编辑 聂爱兰)

## ZDY2-1000LF 型双臂履带钻机试验成功

中煤科工集团西安研究院有限公司钻探研发中心研制的 ZDY2-1000LF 型全液压履带钻机近期进行了型式试验 , 现场各项数据正常 , 性能良好 , 试验获得成功。 ZDY2-1000LF 型全液压履带钻机采用分体履带形式 , 是我院首台双工作臂全液压坑道钻机 , 显著特点是宽度窄 , 移动灵活 , 可与掘进机交替施工 , 可用于煤矿井下探水孔、瓦斯孔等隐蔽致灾因素探查孔的高效施工。钻机具有两个可独立操作的工作臂 , 可同时施工不同方位、不同角度的钻孔 , 稳固调角速度快、辅助时间短、施工效率高。

日前 , 钻机在中煤科工集团西安研究院有限公司西影路研究基地圆满完成实钻试验 , 测试了钻机两工作臂同时工作时的钻进性能、整机稳定性及其他性能参数。试验结果表明 , 钻机结构设计合理、液压系统可靠 , 为钻机顺利进行现场工业性试验奠定了基础。

(梅新)