

# 宽叶螺旋钻中风压钻进技术在晋城某矿的应用

郭涌

(中煤科工集团西安研究院,陕西西安710077)

**摘要:**针对晋城某矿井下沿煤层瓦斯抽采钻孔在施工过程中遇到煤层含水量较大时,孔内返风不畅,排粉效果差,影响钻孔孔深和成孔率等问题,采用宽叶片螺旋钻杆中风压钻进工艺及试验。现场试验证明该工艺在含水量较大的煤层沿煤层瓦斯抽采(放)孔钻进施工中较为理想,值得推广。

**关键词:**宽叶片螺旋钻杆;中风压;松软突出煤层;钻进技术

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2012)03-0043-04

**Application of Wide Blade Auger Drill with Medium Air Pressure in Jincheng Coalmine/GUO Yong (Xi'an Research Institute of China Coal Technology and Engineering Group Corp., Xi'an Shaanxi 710077, China)**

**Abstract:** Great water content in coal seam was encountered in the construction of gas extraction drilling in Jincheng, aiming to the problems of bad in-hole ventilation, poor powder exhaust effect and the affection to borehole depth and hole completing rate, wide blade auger drilling technology with medium air pressure was adopted. The field test proves that this technology application is ideal in such construction conditions.

**Key words:** wide blade auger drilling rod; medium air pressure; soft outburst coal seam; drilling technology

在晋城蓝焰煤业股份有限公司某矿进行宽叶片螺旋钻杆项目生产试验施工过程中,遇到该煤层含水量较大,孔内返风不畅,排粉效果差,钻孔孔深达不到预期深度和成孔率低的难题。根据实际问题,在中风压钻进工艺的基础上,采用 $\varnothing 73/63.5$  mm宽叶片螺旋钻杆进行现场试验,取得了较好的效果,初步解决了钻孔深度浅和成孔率低的问题。

## 1 试验地点及煤层条件

### 1.1 地质条件

某矿四盘区内地层出露正常,一般为二叠系上、下石盒子组和第四系地层。从下到上发育的地层有:中奥陶统马家沟组,中石炭统本溪组,上石炭统太原组,下二叠统山西组、下石盒子组,上二叠统上石盒子组,第四系中更新统、上更新统、全新统。

四盘区水文地质条件比较复杂。地表水、上覆含水层、采空区积水、奥灰承压水各种情况均存在。其中3号煤层顶板为一层含水性砂岩,富水性强。

### 1.2 煤层及顶底板岩性特征

3号煤位于山西组下部,沉积稳定,上距山西组顶界32.07 m,下距山西组底界1.45 m,距9号煤48.81 m,9号煤平均煤厚0.90 m;距15号煤86.68 m,15号煤平均煤厚3.40 m。煤层呈灰黑色,似金属

光泽,坚硬致密,具贝壳状或阶梯状断口,节理裂隙发育,且常被方解石或黄铁矿脉充填,均一块状结构。

2007年矿井瓦斯等级鉴定:矿井瓦斯绝对涌出量为 $287.49 \text{ m}^3/\text{min}$ ,相对涌出量为 $17.55 \text{ m}^3/\text{min}$ ,矿井为高瓦斯矿井。瓦斯涌出量由东向西随着开采深度的加大,在向斜轴部及其它一些封闭性构造区内,容易积聚有大量的瓦斯。随着采动影响,会向外界运移和释放。

此外,四盘区局部区域为瓦斯突出威胁区域,煤尘爆炸指数为8.40%~9.74%,无爆炸危险性;自燃性发火倾向IV级,不易自燃。

煤层地质柱状图如图1所示。

### 1.3 钻孔布置及设备布置

现场设备平面布置图如图2所示。

## 2 试验设备及机具

### 2.1 钻机

现场采用专为本次试验改造的ZDY4000L型转盘式全液压履带坑道钻机(见图3),该钻机具有搬迁方便、转速调节范围宽、扭矩大、结构合理、技术性能先进、工艺适应性强、操作省力、安全可靠等优点。该机的主要技术参数为:配套钻杆 $\varnothing 73 \sim 75$  mm,钻孔倾角 $-5^\circ \sim 25^\circ$ ,钻机质量5500 kg,回转速度70~

收稿日期:2011-09-15

作者简介:郭涌(1978-),男(汉族),宁夏石嘴山人,中煤科工集团西安研究院工程师,建筑工程专业,硕士,从事煤矿井下坑道钻机技术的研究及推广工作,陕西省西安市高新技术产业开发区锦业一路82号,guoyong@cctegxian.com。

地层系统组	层厚 /m	柱状图 1: 200	岩石名称	岩性描述
下盘叠统组	8.10		砂质泥岩	深灰色,中厚层状,含植物化石,中下部砂质含量较高
	3.10		细粒砂岩	浅灰色,中厚层状,成份以石英、长石为主,见有细小方解石脉,上部质不纯,夹含薄层砂质泥岩
	12.65		中粒砂岩	浅灰色,厚层状,成份以石英、长石为主,分选磨圆一般,上部粒度较粗,中部夹含薄层砂质泥岩,见有微斜层理,岩心坚硬完整,下部见有细小纵向裂隙
	6.20		3号煤	黑色,条带状结构,煤中有薄层状夹矸
	1.45		细粒砂岩	深灰色,中厚层状,成份以石英、长石为主,分选磨圆较好,上部0.30 m砂质泥岩,含植物化石
	9.90		砂质泥岩	灰黑色,中厚层状,断面平整,手感光滑,泥质含量高,见有植物化石
	0.40		煤线	煤线
	1.00		砂质泥岩	灰黑色,薄层状,底部含炭质
	2.30		细粒砂岩	深灰色,中厚层状,成份以石英、长石为主,分选磨圆较好,见水平层理
	8.00		砂质泥岩	灰黑色,中厚层状,中部和下部夹薄层砂质泥岩,见有方解石脉充填,质坚硬

图1 四盘区地质柱状图

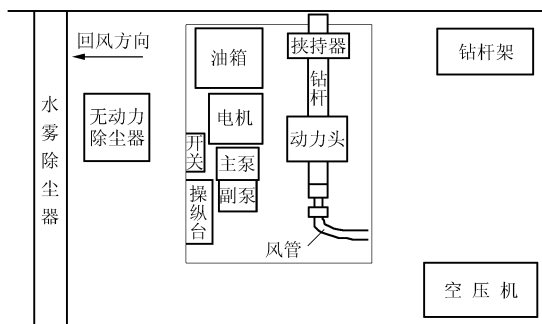


图2 设备平面布置图

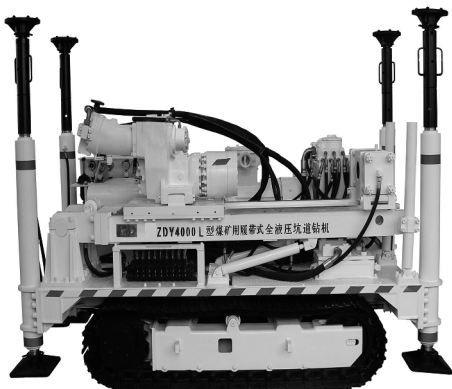


图3 ZDY4000L型转盘式全液压履带坑道钻机

240 r/min,回转扭矩 4000 ~ 1050 N·m,给进/起拔能力 123 kN,最大爬坡能力 20°,运输状态外行尺寸 3100 mm × 1450 mm × 1700 mm。

## 2.2 钻具

钻具主要包括钻杆和钻头。

Ø73/63.5 mm 宽叶片螺旋钻杆是我院针对松软煤层本煤层瓦斯抽采钻孔施工过程中,出现的排粉困难、返风不畅等现象专门研制的,该钻杆具有强度大、排粉能力好、孔内事故处理能力强等特点,采用夹持器夹持,无需增加任何辅助设备,而且操作简单,工人劳动强度低。

该螺旋钻杆结构如图4所示。

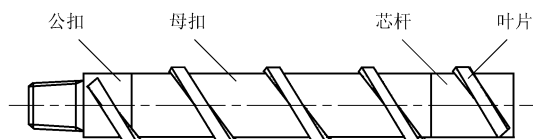


图4 宽叶片螺旋钻杆结构示意图

钻头选用保值效果较好的 Ø96 mm 三翼内凹 PDC 钻头和和在岩层中钻进效率高、能力强的 Ø96 mm 胎体式 PDC 钻头进行现场试验。

## 2.3 除尘系统

Ø73/63.5 mm 宽叶片螺旋钻杆的孔口集尘密封装置是本次试验的难点,本次试验研制了孔口集尘密封毛刷(见图5),较好地解决了由于螺旋叶片引起的密封间隙问题。

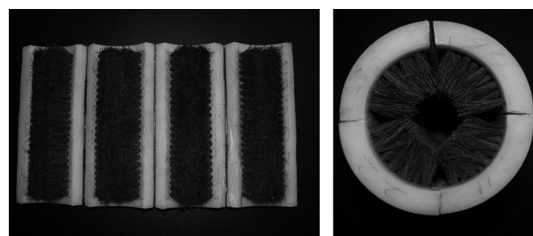


图5 密封器实物图

## 2.4 空压机及辅助设备

空压机选用复盛 MLG - 27.7/12 - 220G 型空气压缩机。

辅助设备主要是 CX - 100 - MA 型旋进漩涡流量计,可以准确把握钻进过程中的压风流量和风压。

## 3 成孔工艺

### 3.1 施工流程(见图6)

### 3.2 组合钻具及钻进规程

#### 3.2.1 组合钻具

水平长钻孔钻进通常使用2种定向钻进技术:孔底稳定组合钻具和孔底马达。孔底马达精度高,轨迹控制方便,但是造价高,工艺流程复杂,而孔底稳定组合钻具结构简单、可操作性强、对冲洗介质要

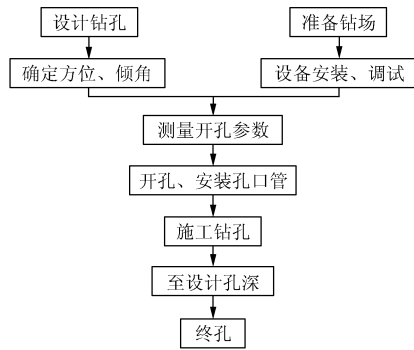


图6 施工工艺流程图

求较低、造价低等优势。结合本试验的具体情况决定采用组合钻具对钻孔轨迹进行控制。

孔底组合钻具由钻头、稳定器和钻杆3部分组成,主要有上仰、保直、下斜3种组合形式(如图7所示)。主要工作原理是稳定器外径接近或基本接近钻头外径,相当于支点,通过调整稳定器的数量及安放位置来调整钻具组合以实现不同定向效果。利用钻杆自身的重力、给进力、离心力及其弯曲所形成的挠曲变形对与其刚性连接的钻头产生作用,使钻孔轨迹上仰、基本保持原方向不变或下斜,以达到不同的钻孔定向目的。

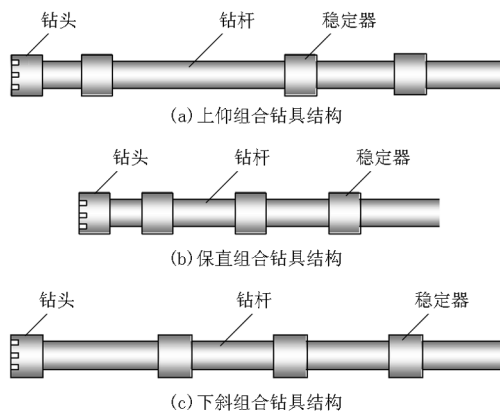


图7 孔底组合钻具示意图

上仰组合钻具的工艺原理(图7a):钻进过程中,在靠近钻头稳定器的支撑作用下,利用钻杆自重,使该稳定器后的钻杆向下弯曲,在钻压和离心力的作用下,弯曲加剧,使钻头切削孔壁上侧岩石,钻孔轨迹上仰。

保直组合钻具的工艺原理(图7b):稳定器等间距布置于钻头后钻杆之间使整个钻具在钻孔中达到了“满、刚、直”,钻进过程中钻头不对或很少对孔壁产生切削作用,从而使钻孔轨迹沿原方向延伸。

下斜组合钻具的工艺原理(图7c):在保直组合钻具的基础上,将第一个稳定器位置后移,拉大其与

钻头的间距,利用稳定器的支撑作用,减小整个钻具对钻头及与之连接钻具的束缚,增加其自由度,充分发挥钻具自重的作用,并在自重作用下使钻孔轨迹下斜。

### 3.2.2 钻进规程参数

钻进工艺参数钻压、转速、风量对水平孔定向钻进组合钻具的定向产生一定影响。

(1) 钻压也称轴向压力。对于近水平钻孔的轨迹而言,在不考虑其它影响因素的情况下,加大钻压会使近水平钻孔的偏斜趋势加强,特别是在钻孔已出现明显弯曲的情况下。在松软煤层中风压钻进过程中,钻压越大,钻头切入煤层的深度就越大,切削的颗粒也越大,不容易被冲出孔外,在钻孔下方堆积,钻杆在堆积物的支撑作用下,迫使钻头切削钻孔上侧机会加大,使钻孔轨迹上斜。钻压对近水平孔轨迹的影响不仅表现在倾角的变化上,而且也表现在方位角的变化上。试验过程中钻压在7~13 MPa范围内。

(2) 转速。在中风压排粉钻进过程中,转速对于钻孔轨迹的影响不可忽视,在采用低转速进行近水平钻进时,由于重力作用,钻头总是处于钻孔的孔壁下侧,切削孔壁下侧岩石的时间多于孔壁上侧,使钻孔轨迹向下偏斜的趋势增加;若采用高转速钻进,由于高转速产生的离心效应比较大,使得钻头对孔壁岩石的切削趋于均匀,可以减小钻孔轨迹向下偏斜的趋势。当然,仅靠高转速所产生的离心力还不足以抵消钻具重力及其它因素所造成的偏斜力。因此在钻进过程中应根据实际情况控制转速的高低,提高钻进效率。试验过程中转速范围为90~135 r/min。

(3) 采用压缩空气作为冲洗介质进行排粉钻进时,为了获得较高的钻进速度,必须保证钻杆与孔壁之间环状间隙的返风速度,生产实践和理论计算表明,该返风速度最小应达到15.2 m/s以上,最佳风速为23 m/s左右。

例如采用 $\varnothing 73$  mm的钻杆,施工 $\varnothing 94$  mm的钻孔,当风速达到23 m/s时,则需要风量 $Q = vA_{环}t = 23\pi/4 \times (0.095^2 - 0.073^2) \times 60 \approx 3.8 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

在实际试验中,考虑到空压机的工作特征,管路以及钻具的泄露,要达到较好的钻进效果,实际供风量 $\varnothing 100$  mm以下的瓦斯抽放钻孔,单孔的供风量应该在8~10  $\text{m}^3/\text{min}$ ,钻进效果较好。

## 4 试验情况与分析

### 4.1 试验情况

以空气钻进为主螺旋疏导钻孔为辅,螺旋钻杆

在旋转过程中叶片不断搅动钻屑,使沉积在钻孔下部的钻屑漂浮起来,配合空气将钻屑排出。煤层出水后,煤屑与孔内水混合在一起附着在孔壁上,增加排渣难度。采用宽翼片螺旋钻杆后,螺旋翼片可以有效的对附着在孔壁上的钻屑进行刮削,疏导钻孔,最终利用压力风将煤粉排除。本阶段共施工钻孔5个,孔深300 m以上钻孔3个,总进尺1183 m。各钻孔具体情况见表1。

表1 钻孔统计

孔号	孔深/m	终孔原因	备注
C118-2	306	煤层含水量大,不出渣	达到设计值
C118	97	钻孔内遇到异物,钻头损坏严重	
C117-2	177	煤层含水,返风不畅	达到设计值
C117	301	与原钻孔打穿,漏风严重	
C116	302	矿上进行返风试验	达到设计值

#### 4.2 试验分析

(1)试验表明,ZDY4000L型钻机性能稳定, $\varnothing 73/63.5$  mm宽叶片螺旋钻杆抗扭、抗拉强度高,在施工过程中无损坏发生,在遇到煤层含水,返风不畅时,通过一定时间的回转,能够疏导钻孔,使返风顺畅,排渣正常。

(2)经过改造的除尘系统,现场使用情况较好,在煤层钻进过程中,除尘效率高,钻遇岩石层时相对以前有了较大的改观,保障了现场工作人员的健康。

(3)通过对C118-2、C117-2、C116号孔成孔的过程分析可以看出,4222副巷钻孔在施工至150 m左右时,煤层潮湿,有时孔内开始有少量返水,这时容易出现憋风、排渣困难等现象,严重时会造成堵死钻头,无法形成循环回路,因此要根据实际情况注水进行排渣。

(4)C118、C117号2个钻孔没有达到设计深

度,不全是因为配套工艺及施工装备的问题,而是现场其他不可预见的问题引起的。

#### 5 结论及建议

(1)经过改造的ZDY4000L型全液压转盘式坑道钻机,能够满足和适应某矿四盘区的巷道条件和地质条件,该钻机操作简单,搬迁安装方便,提高了工作效率和降低了工人的劳动强度。

(2)现场使用 $\varnothing 73/63.5$  mm宽叶片螺旋钻杆配合压风排粉技术达到了生产试验预期目标,成孔率达到了60%。同时该钻杆有效解决了以往因煤层出水引起的返风不畅、排粉困难的难题。

(3)经过改造的WDL-20型无动力除尘器,除尘能力强,现场粉尘小,密封效果好,除尘效率高,能够满足现场的使用要求。

(4)钻孔施工过程建议使用碎岩效率高、使用寿命长的 $\varnothing 96$  mm胎体式PDC钻头,并尽快研制出大通孔的中风压专用水便。

#### 参考文献:

- [1] 马沈岐,王力,李乔乔.松软喷突型煤矿螺旋钻进工艺发展[J].煤矿安全,2010,(4).
- [2] 石智军,胡少韵,姚宁平.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,2008.148-150.
- [3] 王毅.中风压钻进在煤矿井下的应用前景初探[C].学术交流会议论文集.2009.
- [4] 袁亮.松软低透煤层群瓦斯抽采理论与技术[M].北京:煤炭工业出版社,2004.
- [5] 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.
- [6] 赵永哲,石智军,等.高位水平长钻孔的定向工艺原理及应用[J].煤炭工程,2007,(8):52-54.

## 山东地矿局恢复重点矿区钻探技术报告编写制度

本刊讯 山东省地矿局为进一步加强探矿工程技术管理,不断提高钻探技术水平,2009年制定了《关于加强探矿工程管理的暂行规定》。要求各地勘单位典型、重点矿区在提交地质报告的同时提交钻探工程施工技术报告,该钻探报告可以和地质报告一样,按规定申请局科技进步奖。

日前,由山东省第三地质勘查院组织编写的《山东玲珑金矿田东风矿床171号脉金矿勘探钻探工程施工技术报告》通过局组织的专家审查验收,并获优秀级报告。

该工程是受山东黄金集团有限公司委托,由山东省第三地质勘查院组织施工的大型勘探项目。自2007年6月开始,至2010年7月结束,共分三期开展了钻探工程施工。针对矿区山区施工条件复杂、孔深大、斜孔多顶角大、地层破

碎、漏失严重等施工难题,试验和推广应用了全液压动力头钻机、绳索取心液动锤、仿生钻头和LBM泥浆等新技术、新工艺,较好地完成了钻探工程施工任务。共完成钻孔102个,优质孔率99%,钻探工作量110973.17 m。平均孔深1087.97 m,其中超过1500 m深孔12个,最深达1891.38 m;斜孔78个,最大顶角32°;水文地质孔3个,工作量2556.81 m,并进行了矿区抽水试验;平均时效1.47 m,平均台效453.8 m,单孔最高时效2.55 m,最高台效918.4 m,取得了良好的技术经济效果,有力地保障了该矿区深部金矿勘探项目的顺利完成,探明黄金储量为一特大型金矿,取得了显著的经济效益和社会效益。

(山东省地矿局 张敏 供稿)