

重庆南桐矿区瓦斯抽放孔快速钻探技术措施

唐胜利¹, 王力¹, 张智明², 王吉成¹

(1. 西安科技大学地质与环境工程系, 陕西 西安 710054; 2. 重庆南桐矿业有限责任公司, 重庆 400800)

摘要:针对研究区岩层性质和技术状况,通过钻具的优选和合理级配,以及钻进方法、钻头类型与参数、钻进工艺、操作技术的研究,得出一套提高钻孔钻进速度的技术措施,在研究区软~坚硬互层地层瓦斯抽放钻孔施工中,台月效率比原来提高 80% 以上。

关键词:瓦斯抽放;钻进速度;金刚石钻头;全液压坑道钻机

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)12-0009-04

Technology Measures for High-speed Drilling in Gas Drainage Boreholes in Nantong Mining Area of Chongqing/ TANG Sheng-li¹, WANG Li¹, ZHANG Zhi-ming², WANG Ji-cheng¹ (1. Xi'an University of Science and Technology, Xi'an Shanxi 710054, China; 2. Chongqing Nantong Mining Co., Ltd, Chongqing 400800, China)

Abstract: According to the rock properties and technical conditions in the research area, through the optimization and reasonable gradation of drilling equipments and the analysis on drilling method, bit types and parameters, drilling technology and operating technology, a suit of technical measures for raising the drilling efficiency is obtained. The driller-month efficiency has risen by more than 80% in the construction of gas drainage boreholes in interbedded formation of soft and hard rock in research area.

Key words: gas drainage; drilling efficiency; diamond bit; full hydraulic tunnel drilling machine

近几年来,瓦斯事故在我国煤矿生产中居高不下,有效控制瓦斯事故是解决我国煤矿安全生产问题的关键,因此瓦斯抽放就成了煤炭生产的重中之重。瓦斯抽放工作的一个重要的环节就是瓦斯抽放孔的施工。在软~坚硬互层的地层中,打钻难是预抽瓦斯钻孔施工的技术“瓶颈”,钻孔工程量不足是导致瓦斯抽放率偏低的主要原因之一。在我国众多的煤矿,尤其是在岩层性质复杂、钻探条件恶劣的矿井采用技术落后的旧设备和工艺显然已不能满足目前生产的需要。

1 研究区概况

1.1 地质概况

南桐矿业公司所在的万盛矿区境内出露地层众多,全为沉积岩系,除泥盆系、石炭系、白垩系、第三系缺失外,从寒武系至第四系均有不同程度的发育,共有 7 个系 31 个地层单位。研究区位于东林煤矿 2~7 区-100,3-1 区-200 井下的抽放巷,钻进所遇岩层主要为硅质石灰岩、粉砂质页岩、石灰岩、钙质页岩、铁质砂岩、粘土页岩、4 号煤层等(详见图 1),属软硬互层地层,是公司所属各矿中条件最恶劣的。岩层互层频繁,硬~坚硬岩石所占比例大。

钻孔倾角分布在 $6.7^{\circ} \sim 66.3^{\circ}$ 之间,其中以大倾角钻孔为主,钻场规格 $3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2 \text{ m}$,基本满足设备安装与钻工操作所需。

1.2 技术概况

重庆南桐矿业有限责任公司矿区属高瓦斯矿区,采用打穿煤层钻孔进行瓦斯卸压抽放,所遇岩石硬岩居多,岩层软硬互层频繁。此前采用煤科总院重庆分院制造的 150 型全液压坑道钻机、 $\varnothing 42 \text{ mm}$ 钻杆,配用自制的 $\varnothing 60 \text{ mm}$ 硬质合金钻头,清水钻进,每天三班工作制,每班 8 h,2~3 名钻工。

研究区目前存在的主要问题为:(1)钻机功率有限,不能提供足够的钻机能力,包括转速和给进力,钻机自动化程度低,工人劳动强度大;(2)自制硬质合金钻头不能满足硬岩钻进要求,耐磨性低、寿命短、消耗量大,尤其在铁质砂岩中,每米使用的钻头数量多达 10 余只,这样大幅度增加了提钻换钻头次数、降低了纯钻进时间利用率,且较低的耐磨性使钻头纯钻进速度也大大降低。总共统计无其它非钻探影响的共计 31 个班次的进尺,总长为 120.42 m,台月效率约 400 m/台月。低的钻探效率,严重制约了煤炭生产和安全。因此,提高瓦斯抽放孔施工的台月效率迫在眉睫。

收稿日期:2007-05-28; 改回日期:2007-11-07

作者简介:唐胜利(1963-),男(汉族),四川人,西安科技大学教授,探矿工程专业,硕士,从事钻探工程、PDC 钻头研发、设计及生产等方面的科研、教学工作,陕西省西安市雁塔路(南段)84 号,drilling@xkzuangtougou.com。

地层单位				地层真厚		柱状(1: 300)	岩性		抗压试验 采取值 /MPa	硬度分类	
界	系	统	层序	层厚 /m	累计 /m		名称	描述		类别	坚硬 程度
古 生 界	二 叠 系	上 二 叠 系	龙 潭 组	17	2.385	42.467	(4号)煤层	煤层质软,顶部约硬,含 FeS ₂ 结核			
				16	1.1	40.082	粘土页岩 钙质页岩	下部灰色,富含 FeS ₂ ,且呈条带状分布, 上部灰黑色含 FeS ₂ 及植物化石			
				15	0.149	38.982	闷帘煤线	含 FeS ₂	77.195	V	略坚硬
				14	0.149	38.833	粘土页岩	灰色,含植物化石			
				13	0.94	38.684	铁质砂岩	灰色细粒,致密坚硬,含 FeS ₂ 及硅质结核			
				12	0.90	37.744	钙质页岩	深灰,灰黄色具贝壳状断口			
				11	1.65	36.844	石灰岩	深灰,深棕色夹有薄层钙页岩		III	坚硬
				10	1.60	35.194	粉砂质页岩	深灰色,含 FeS ₂ 结核和钙质结核	77.195	V	略坚硬
				9	10.39	33.594	硅质石灰岩	深灰色,致密坚硬	154.66	II	甚坚硬

图1 研究区地层柱状图

2 技术方案

2.1 孔身结构

根据东林煤矿此前的经验,钻孔直径达到 60 mm 即可满足抽放瓦斯需要,加之钻孔深度多在 100 m 以内,Ø62 mm 一径到底,考虑下孔口管,可用 Ø77 mm 作为一开孔径,钻进达到封孔所需深度后,换 Ø62 mm 孔径至终孔。

选择钻孔直径 77 mm 和 62 mm,其依据是:(1) 靠近标准钻头直径 75 mm 和 60 mm;(2) 考虑在坚硬岩层中可能使用新型钻头——金刚石复合片(PDC)取心钻头,因为两种直径所对应的岩心管外径分别为 73 mm 和 58 mm,而 PDC 钻头钻速快,产生的岩屑颗粒大,所以选择 77 mm 和 62 mm 以提供足够的排粉空间,保证稳定的高钻速。

2.2 钻机

通过广泛的调研,认为煤科总院西安分院制造

的全液压坑道钻机因其由矿山机械和钻探工艺人员共同设计,因而钻机设计更显合理,能较充分地满足钻进工艺要求。根据研究区施工钻孔直径和深度,选择了 MK-4 型钻机。MK-4 型钻机是一种双泵系统钻机,回转与给进系统分别由两油泵供油,这样避免了两油路系统的互相干扰,设计更加合理。改型钻机动力头又有高速与低速之分,低速动力头回转速度较低,可提供较大的回转扭矩,适合 PDC 钻头、硬质合金钻头、牙轮钻头、风动冲击器钻进。高速动力头回转扭矩较小,但能提供较高的回转速度,适合孕镶金刚石钻头钻进。考虑到有可能采用多种钻进方法的需要,决定购买 1 台 MK-4 型钻机,分别配 1 个高速和低速动力头。低速动力头时型号为 MK-4 型(新型号为 ZDY1200S 型),高速动力头时型号为 MKG-4 型(新型号为 ZDY600SG 型)。钻机的主要技术参数见表 1。

表1 MK-4型钻机主要参数一览表

机型	钻孔 深度 /m	终孔 直径 /mm	钻杆 直径 /mm	钻孔 倾角 /(°)	回转速 度/(r · min ⁻¹)	最大扭 矩/(N · m ⁻¹)	给进 能力 /kN	起拔 能力 /kN	功 率 /kW	整机 质量 /kg	主机外形尺寸 (长×宽×高) /m
MK-4(ZDY1200S)	200	75	50	0~±90	80~280	1200	36	52	22	1360	1.85×0.71×1.46
MKG-4(ZDY600SG)	200/300	75/60	50/42	0~±90	160~560	600	36	52	22	1300	1.85×0.71×1.40

2.3 钻头

合理选择和使用钻头是完成计划任务的关键途径。使用钻头全部为西安科技大学根据研究区岩层条件设计研制的钢体式 PDC 钻头和人造孕镶金刚石系列钻头。

在中软岩层段,为了提高纯钻进时间利用率,采用无心钻进方法。使用新型的长寿、高效、经济的 PDC 无心钻头,根据研究区现场地层特点,加之内

凹三翼型钻头具有较高的抗破坏能力,因此将钻头设计为内凹三翼型,规格分别为 Ø77 mm 和 Ø62 mm。为使钻头具有较长的使用寿命,钻头设计为加强型,PDC 选用耐磨性高的精磨片,钻头保径除使用传统的硬质合金保径外,还采用镶焊多粒圆柱状金刚石聚晶保径。见图 2。

硬和坚硬岩层段用钻头设计为以下两种。

(1) 钢体式 PDC 加强型取心钻头,见图 3。其

钻头体直接由 45 号碳钢机加工而成;外保径除采用传统的硬质合金外,还有圆柱状金刚石聚晶保径,保径效果好,成孔质量高。PDC 为精磨片,PDC 规格 $\text{Ø}13.3 \text{ mm} \times 4.5 \text{ mm}$,钻头规格(外径/内径)分别为 $\text{Ø}77 \text{ mm}/\text{Ø}54 \text{ mm}$ 和 $\text{Ø}62 \text{ mm}/\text{Ø}39 \text{ mm}$, $\text{Ø}77 \text{ mm}/\text{Ø}54 \text{ mm}$ 钻头 PDC 数量设计为 6 片和 5 片两种, $\text{Ø}62 \text{ mm}/\text{Ø}39 \text{ mm}$ 钻头 PDC 数量设计为 5 片和 4 片两种。这种钻头由于取心,破岩面积小,在较硬岩层中具有较高的钻进速度,因此每米进尺成本低。



图 2 内凹三翼 PDC 钻头



图 3 钢体式 PDC 加强型取心钻头



图 4 人造金刚石孕镶取心钻头

2.4 钻杆和岩心管

选购煤科总院西安分院制造的钻杆。根据钻进工艺要求及合理的钻具级配, $\text{Ø}77 \text{ mm}$ 和 $\text{Ø}62 \text{ mm}$ 钻头可分别配用 $\text{Ø}50 \text{ mm}$ 和 $\text{Ø}42 \text{ mm}$ 钻杆。考虑到 MK-4 型钻机能力较大,操作不当易使较细的 $\text{Ø}42 \text{ mm}$ 钻杆丝扣断裂,故选择 $\text{Ø}50 \text{ mm}$ 钻杆。结合钻场空间钻杆不易太长,而过短会增加提下钻拧卸钻杆的时间,因此确定单根钻杆长度为 1000 mm ,加上接头共计 1060 mm 。

取心钻进时选择单层岩心管即可,可由煤矿自制。规格选用原地矿部标准 $\text{Ø}73 \text{ mm}$ 和 $\text{Ø}58 \text{ mm}$ 外径,长度 $1000 \sim 1500 \text{ mm}$ 。由于研究区钻孔多为上仰孔,并借鉴既往经验,取心钻进时不需岩心卡断器(卡簧、卡料等)。

2.5 冲洗介质

由于采取普通回转钻进,研究区孔壁稳定,因此冲洗介质选用清水即可。由于钻孔较浅,根据现场经验直接用井下静压水足够,而不需泥浆泵供水。

2.6 钻进方法

(1)在中软岩层段,使用 PDC 无心钻头回转钻进,以大幅度提高钻进速度。无心钻进大大减少了提钻次数,提高了纯钻进时间利用率;而 PDC 钻头钻进既有硬质合金钻头高效率的切削破岩机理,又有金刚石钻头的强耐磨性,因此效率高、寿命长,且每米进尺钻头费用较硬质合金钻头低,是钻进中软

(2)人造金刚石孕镶取心钻头,参见图 4。人造金刚石孕镶钻头靠磨削机理破碎岩石,因而更适应钻进坚硬破碎岩层。孕镶钻头非常讲究胎体的适岩性。根据研究区岩石性质,设计的胎体性能及金刚石布设参数分别为:胎体硬度 $\text{HRC}38 \pm 2$,金刚石浓度 85% ,金刚石粒度 46、60 号混镶,经现场试验后再调整。考虑到孕镶钻头壁厚过大会增加破岩面积,从而降低钻进速度,故钻头规格(外径/内径)分别设计为 $\text{Ø}77 \text{ mm}/\text{Ø}58 \text{ mm}$ 和 $\text{Ø}62 \text{ mm}/\text{Ø}41.5 \text{ mm}$ 。

岩层的理想钻头。

(2)在硬岩和坚硬岩层段,加强型 PDC 取心或者金刚石取心回转钻进。

①开孔段为硅质石灰岩,岩层致密,所以采取 $\text{Ø}77 \text{ mm}$ 人造金刚石孕镶取心钻头开孔,钻进至孔深 2.0 m ,孔径、孔深满足封孔要求。金刚石孕镶取心钻头唇面在一个平面上,与岩石接触面积大,开孔振动小,平稳,开孔质量高,为保证整个抽放孔质量提供了前提。

②接着换用 $\text{Ø}62 \text{ mm}$ PDC 内凹三翼无心钻头(或者用 $\text{Ø}62 \text{ mm}$ PDC 取心钻头)钻进一部分硅质石灰岩、石灰岩,钻至铁质砂岩。

③铁质砂岩岩层段换用 $\text{Ø}62 \text{ mm}/\text{Ø}41.5 \text{ mm}$ 人造金刚石孕镶取心钻头,钻至打穿铁质砂岩。

④接着换用 $\text{Ø}62 \text{ mm}$ PDC 内凹三翼无心钻头,钻进粉砂质页岩、钙质页岩、粘土页岩,钻至穿透煤层 $20 \sim 30 \text{ cm}$ 。具体施工工艺参数和钻头类型及其使用岩层效率情况见表 2、表 3。

表 2 采用的钻进工艺参数表

钻头种类	钻头规格 /mm	钻压 /MPa	转速 /($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)
PDC 内凹三翼无心钻头	$\text{Ø}62$	5 ~ 10	200 ~ 250
钢体式 PDC 加强型取心钻头	$\text{Ø}62/\text{Ø}39$	4 ~ 8	200 ~ 250
人造金刚石孕镶取心钻头	$\text{Ø}77/\text{Ø}58$	6 ~ 11	400 ~ 450
	$\text{Ø}62/\text{Ø}41.5$	5 ~ 9	450 ~ 500

注:用井下静压水,泵量尽可能大,以满足排粉需求。钻压为钻机液压力表读数。

表3 钻头类型及其使用岩层效率表

钻头	岩层	钻头规格 /mm	钻速/(cm ·min ⁻¹)
人造金刚石孕镶取心钻头	硅质石灰岩	Ø77/Ø58	6~8
人造金刚石孕镶取心钻头	铁质砂岩	Ø62/Ø41.5	4
钢体 PDC 加强型取心钻头(5片)	粉砂质岩、石灰岩	Ø75	10
PDC 内凹三翼无心钻头	粘土页岩到煤层	Ø62	15~30
PDC 内凹三翼无心钻头	角砾岩	Ø75	10

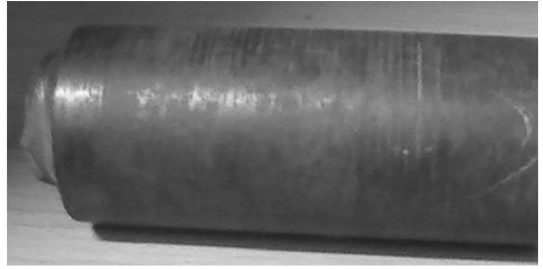


图5 采取的岩心实物图片

3 施工组织与管理

钻探工程实质上是一个系统工程,现场组织管理对于项目的顺利完成也起着至关重要的作用。

(1)做好开钻前技术人员与钻工的技术培训,熟练掌握 MK-4 型钻机的操作技术,熟悉各类金刚石钻头的基本特点及使用要领。

(2)严格遵守钻机使用规程,维护保养好钻机,使钻机处于良好工作状态。及时更换油封垫片、油管等易损件;时常观察油质,注意油温变化,使用推荐标号液压油并及时更换。

(3)严格按技术人员制订的施工工艺进行钻进,开孔须严格使用特制的人造孕镶开孔钻头,小规程开孔。

(4)提下钻要平稳,下钻情况下钻头快至孔底时要缓慢,到底后先用小规程参数钻进一小段后再用正常规程参数钻进。

(5)钻进过程中遇有非正常振动声响,须及时提钻检查。在拧卸钻头时,禁止猛烈敲击丝扣。

(6)不能盲目追求进尺,过高的时效会缩短钻头使用寿命,应合理安排日进尺量。

(7)现场技术人员和钻工应做好原始钻进资料记录。

4 施工效果

经过以上钻机优选、新型钻头研制和钻进工艺的改进等技术革新,在重庆南桐矿区的瓦斯抽放孔施工中取得了满意的效果。

4.1 岩心采取率和岩心质量

由于施工孔为瓦斯抽放孔,不需要获得岩心,所以大部分孔没有统计岩心。但根据现场实际进尺和回次钻进所得岩心观察,获取率很高,很完整。施工过程中还为重庆大学的一项科研项目采取了近 100 m 的岩心,根据统计,岩心采取率高达 95% 以上,且岩心很完整,见图 5。

4.2 孔斜率

由于钻机整体性好,液压支柱支撑性好,全液压钻机运转平稳,Ø50 mm 的钻杆刚度大,加上采用孕镶金刚石钻头开孔,能严格按照钻孔设计的方位角和倾角施工。所有钻孔都能按设计要求的倾角、方位角穿透煤层。使得孔斜率等完全满足设计参数,钻孔孔壁光滑,易于安装抽放瓦斯设备。

4.3 钻速

在这次最主要的任务是提高钻速的技术革新中,确实获得了比较满意的效果。按以上钻进方法、工艺和组织管理,最终在研究区累计钻孔 65 个,进尺 2006.42 m,耗时 55 个工作日(每日三班),平均台月效率 1094.41 m,平均纯钻进速度 2.43 m/h,比原有的台月效率提高 80% 以上。

5 结语

优选的钻机能满足所有设计并应用的钻头钻进工艺要求,钻具级配合理,钻孔质量高。新研制的 PDC 钻头及孕镶金刚石钻头适岩性好,钻速高,每米进尺成本低。采取以上设备和技术措施后,重庆南桐矿区实现了 1000 m/台月的台月效率。高效的瓦斯抽放孔施工效率和高的施工质量,为后续的煤炭开采提供了安全保障,施工的自动化程度提高,大幅度降低了工人的劳动强度,并且为今后继续提高台月效率提供了能力储备。

参考文献:

- [1] 王兆丰,刘军.我国煤矿瓦斯抽放存在的问题及对策探讨[J].煤矿安全,2005,36(3).
- [2] 武喜尊.中国煤矿瓦斯防治形势及钻探技术应用[J].中国煤田地质,2006,18(2).
- [3] 刘广志,等.金刚石钻探手册[M].北京:地质出版社,1991.
- [4] 汤凤林,A·加里宁,杨学涵,等.岩心钻探学[M].武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [5] 马沈岐,刘凤琴,张艳菊.大口径瓦斯地质孔钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(11).