

大直径拐弯钻孔替代倾斜高抽巷抽放瓦斯的可行性研究

郝世俊, 孙荣军, 周新莉

(煤炭科学研究总院西安分院, 陕西 西安 710054)

摘 要 在阳泉矿区进行了替代倾斜高抽巷的大直径拐弯钻孔施工工艺的研究, 共完成 6 个试验孔, 试验孔造斜段平均弯曲强度达到 $1.2^{\circ}/\text{m}$, 钻孔总进尺 378.55 m。经过瓦斯抽放效果的监测与对比, 大直径拐弯钻孔的瓦斯抽放效果接近于倾斜高抽巷, 论证了大直径拐弯钻孔替代倾斜高抽巷抽放瓦斯的可行性。

关键词 瓦斯抽放 大直径常规钻孔 大直径拐弯钻孔 高抽巷 水平定向钻进

中图分类号 TP634.7 **文献标识码** A **文章编号** 1672-7428(2005)S1-0246-04

Feasibility Research on Gas Drainage by Large Diameter Bend Borehole Replacing Tunnel/HAO Shi-jun, SUN Rong-jun, ZHOU Xin-li (Xi'an Branch, China Coal Research Institute, Xi'an Shanxi 710054, China)

Abstracts : Drilling techniques of large diameter bend borehole which was the replacement of slant tunnel for gas discharge were researched in Yangquan. Total six test boreholes were drilled. The average deflecting intensity of bend borehole was up to $1.2^{\circ}/\text{m}$. The total depth of six boreholes was up to 378.55 m. The result comparison shown that the gas discharge effects were nearly the same by large diameter bend boreholes and tunnel. Therefore the possibility of using large diameter borehole to replace slant tunnel was possible.

Key words : gas drainage ; large diameter regular borehole ; large diameter bend borehole ; tunnel ; horizontal directional drilling(HDD)

1 问题的提出

国内外煤矿抽放瓦斯的方法分为采前预抽(以地面钻孔抽放方法为主)和采后卸压抽放(以井下钻孔或巷道抽放方法为主)两类。煤岩体的裂隙构成瓦斯流动的通道, 它对瓦斯抽放率起决定性作用。目前, 地面钻孔抽放方法普遍采用水压裂技术来扩展煤层裂隙以提高单井抽放半径和瓦斯抽放率。研究表明^[3] : 我国煤层渗透率一般在 $0.001 \times 10^{-3} \sim 0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 比美国低 2~3 个数量级, 按照美国地面煤层研发标准, 认为煤层渗透率在 $3 \times 10^{-3} \sim 4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 最佳, 但不能低于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。因此我国绝大多数矿井瓦斯抽放主要手段是采后卸压抽放。现有的统计资料表明 在开采过程中, 由于上邻近层受采动的影响, 其卸压后释放的瓦斯涌向综放工作面的瓦斯量在阳泉矿区 15 号主采煤层约占总量的 90% 以上, 在 3 号主采煤层约占总量的 90% 以上^[7] ; 水城矿业公司木冲沟煤矿采空区瓦斯涌出量占 72% 左右^[4] ; 铁法矿区工作面瓦斯来源以上邻近层卸压释放为主^[2] ; 平顶山矿区矿井邻近层和采空区的瓦斯占到整个矿井瓦斯涌出量的 50% 以上^[5] ; 贵州省盘江煤电集团公司山脚树矿邻近层及

围岩瓦斯占工作面瓦斯涌出量的 76%^[6]……。由此可见, 在我国很多矿区采煤工作面瓦斯来源于邻近层及围岩, 研究邻近层及围岩的瓦斯抽放对我国煤矿安全生产具有普遍重要的意义。

施工倾斜高抽巷和大直径钻孔是上邻近层瓦斯抽放的主要方式之一, 施工倾斜高抽巷, 断面大、抽放距离远, 抽放效果好, 但掘进巷道施工成本高, 施工周期长 施工钻孔虽然成本低、工期短, 但常规钻孔受开孔参数及钻孔结构的限制, 钻孔轨迹在裂隙带的有效抽放长度有限, 钻孔轨迹和冒落带的距离短, 瓦斯抽放效率低。因此从节约成本和提高效率两方面考虑, 利用受控定向钻进技术, 施工大直径拐弯钻孔, 使钻孔在裂隙带的高浓度瓦斯区发生弯曲, 从而延长钻孔的有效抽放长度, 增加钻孔的安全抽放距离, 实现低成本高效率抽放瓦斯。为此, 在阳泉矿区进行了大直径瓦斯抽放拐弯钻孔的工业性试验, 试验以 3 号煤层为开采煤层, 煤层平均厚度 2.5 m, 地层主要由砂岩、砂质泥岩及煤组成, 设计每 50 m 布置一个拐弯钻孔。试验共完成钻孔 6 个, 累计进尺 378.55 m, 平均钻进效率 7.8 m/h, 造斜段平均造斜强度 $1.2^{\circ}/\text{m}$ 以上。

收稿日期 2005-06-30

作者简介 郝世俊(1970-), 男(汉族), 内蒙古凉城人, 煤炭科学研究总院西安分院工程地质研究所副所长、高级工程师, 探矿工程专业, 博士在读, 从事水平定向钻进技术的研究推广工作, 陕西省西安市雁塔北路 52 号, (029) 87854314、13038594072, haoshijun@sina.com。

2 大直径拐弯钻孔成孔技术

2.1 施工设备、仪器及钻具

施工设备有我院生产的 MKD-5S 型全液压坑道钻机和衡阳探矿机械厂生产的 BW-250 型泥浆泵。测斜仪选用中国地质科学院探矿工艺研究所研制的 CQ-1 型磁球式定向测斜仪,该测斜仪用于非磁性钻孔孔段单点测量倾角和方位角,其倾角测量精度为 $\pm 1^\circ$ 。

所使用的钻具有:保直钻进所用的 $\varnothing 193$ mm 六翼复合片钻头,造斜钻进所用的 $\varnothing 94$ mm 复合片侧切削钻头,扩孔所用的 $\varnothing 150$ mm 硬质合金导向钻头,所用钻杆有 $\varnothing 42$ mm、 $\varnothing 50$ mm 地质钻杆和 $\varnothing 73$ mm 高强厚壁钻杆,以及由以上钻具组合形成的细钻杆组合钻具和活接头组合钻具等强造斜组合钻具。活接头(细钻杆)组合钻具是由钻头、稳定器及活接头(细钻杆)组合而成的下向造斜组合钻具。其工作原理是在钻进过程中,通过活接头(细钻杆)增加钻头的自由度,依靠钻具自重使钻孔轨迹呈下斜趋势,钻进过程中通过调节钻压等工艺参数增加这种弯曲趋势,实现钻孔轨迹下斜。稳定器可以控制弯矩对钻具作用的范围,有利于更好地控制钻孔方向,避免或减少断钻杆事故的发生。

2.2 钻孔轨迹的设计

施工常规钻孔时,为避免钻孔和冒落带贯通,造成钻孔报废,钻孔轨迹应远离冒落带(图 1 中垮落线以右,2 号煤以下区域,即 ABC 区域),因此开孔倾角 θ 一般设计较大,造成钻孔在裂隙带的有效抽放瓦斯孔段长度减小,钻孔抽放效率低。

拐弯钻孔轨迹如图 1 所示,开孔后保直钻进至拐点,采用强造斜钻进工艺造斜钻进,改变钻孔方向,尽可能使钻孔在有效抽放区域内延伸,延长钻孔的有效抽放长度,同时可增加钻孔轨迹与冒落带的近距离(即垮落线与冒落带界线交点 B 到钻孔轴线最短距离,图中 2 号煤为冒落带和裂隙带的界线),有效防止钻孔与冒落区贯通,提高抽放效果,防止钻孔报废。

设计拐弯钻孔时确定拐点的位置是关键。根据钻孔结构特点和地质资料,拐点位置选定在穿过 2 号煤层后的灰白色中粒砂岩的层位。该段中粒砂岩平均厚度 1.25 m,上下层均为灰黑色砂质泥岩,岩石硬度也相对比较适中,作为拐点位置比较适合。

2.3 施工工艺

成孔工艺流程如图 2 所示。

万方数据

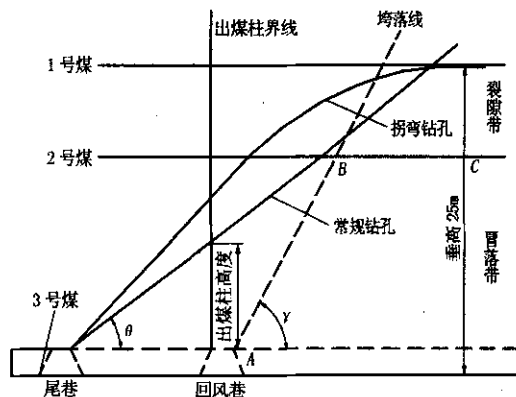


图 1 拐弯钻孔轨迹示意图

注 垮落角 $\gamma = 65^\circ \sim 75^\circ$ 煤柱宽 20 m 左右 出煤柱高度 15 m 左右

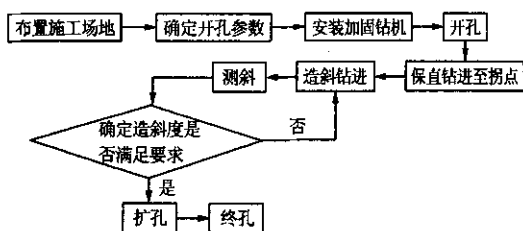


图 2 施工工艺流程图

2.3.1 保直钻进

钻孔进入裂隙带前要求保直钻进,因此开孔后采取保直组合钻具钻进,一直钻进到设计拐点再更换强造斜组合钻具钻进。保直组合钻具的工作机理是根据钻进工艺中“满、刚、直”的要求,在钻头后等间距布置比钻头直径略小的稳定器,使钻头在钻进过程中不对或很少对孔壁产生切削作用,以达到使钻孔轨迹沿原方向延伸的目的。开孔 $\varnothing 193$ mm 的六翼复合片钻头,具有 6 个呈扁锥形的翼片,在钻头体上均匀交错布置,使钻头中间形成内凹,钻进过程中先切削周围岩石,在钻孔中部形成导向岩心柱,有利于钻孔保直钻进。钻头翼片上的复合片呈负前角镶焊,且翼片与翼片之间相对交错,便于均匀克取孔底岩粉,避免翼片局部过早磨损。同时钻头体上有较长的外保径,对孔底有较强的切削作用,而对孔壁很少产生切削,成孔孔壁光滑。

2.3.2 导向孔的施工

导向孔的施工主要是通过使用活接头(细钻杆)组合钻具以及配合合适的钻进工艺参数来实现的。强造斜组合钻具由稳定器、活接头(细钻杆)和球面支柱式复合片钻头组成,其基本作用原理就是在钻头的后面接活接头(细钻杆),然后再通过稳定器和常规钻具相连接,这样在钻进过程中增加前面钻头的自由度,充分发挥其自重的作用,使钻头切削

钻孔下侧孔壁的岩石,使钻孔轨迹下斜。在整个钻具结构中,选择活接头的弯度(或细钻杆的长度和直径)是一个关键问题。因为在钻进过程中钻孔内的全部钻具,活接头(细钻杆)是最容易发生折断的部分。如果活接头的弯度设计太大(细钻杆的直径选择得太小或细钻杆长度太长),则容易断钻发生孔内事故;但活接头的弯度设计太小(细钻杆的直径选择得太大或细钻杆长度太短),又达不到调整钻孔轨迹的目的。选择球面支柱式复合片钻头也利于造斜钻进,由于镶焊复合片的端面呈球面,在外力作用下极易改变切削方向,适合于造斜钻进。试验中使用活接头(细钻杆)组合钻具进行拐弯钻孔的施工,平均造斜强度均在 $1.0^{\circ}/\text{m}$ 以上,平均时效达 7.8 m/h ,取得了良好的造斜效果。

2.3.3 扩孔

通过使用测斜仪测量钻孔的倾角,可判断造斜钻进是否达到了预期的效果。如果已经满足设计要求,就可以提钻,将带有导向的 $\varnothing 153\text{ mm}$ 翼片硬质合金钻头下入钻孔开始导向扩孔,以增加抽放钻孔直径,扩大钻孔瓦斯抽放半径,提高单孔瓦斯抽放效率。

3 瓦斯抽放效果的考察

3.1 与常规钻孔的比较

计划考察 K7208 工作面布置的 1、2、3、4、5、6、7 号钻孔,其中 2、4、5、6 号为大直径拐弯钻孔,1、3、7 号为直孔。在考察过程中发现 6、7 号 2 孔由于泥岩堵孔不能抽放,故未进行考察。考察参数主要有以下几个方面:钻孔瓦斯浓度、瓦斯抽放量、始抽距离、抽放距离、抽放半径、抽放天数、抽放负压、工作面初采瓦斯量(瓦斯来源分析)。

钻孔瓦斯抽放效果的考察情况见表 1。从表中看出,抽放量最好的 5 号大直径拐弯钻孔,其抽放总量及平均抽放量均为最高,抽放浓度也很高,抽放距离及抽放天数没有 3、4 号钻孔长,是由于已采到跳采停采线而拆除;2 号大直径拐弯钻孔的平均抽放浓度最高,平均抽放量亦处于第 2 位;3 号大直径常规钻孔的抽放距离及抽放天数最长,但其抽放浓度及平均抽放量均比较低。总体上来看,K7208 试验工作面所考察的 5 个钻孔中,大直径拐弯钻孔的抽放效果要明显好于大直径常规钻孔。

表 1 常规钻孔、拐弯钻孔抽放效果对比

孔号	抽放距离 /m	抽出混合量 /($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	平均混合量 /($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	抽出纯量 /万 m^3	平均纯量 /万 m^3	抽放天数 /d	抽放负压 /kPa	平均抽放浓度 /%
1	20~49	18.44	4.27	8.68	2.01	30	1.9~3.5	47.07
2	7~98	89.61	12.70	69.01	9.78	49	1.5~3.8	77.01
3	5~522	281.58	10.57	170.23	6.39	185	0.8~4	60.46
4	8~459	196.94	8.48	114.44	5.03	158	0.8~4	59.32
5	6~400	341.74	17.45	252.24	12.88	136	1~5	73.81

3.2 与其他抽放方法的比较

为了对大直径拐弯钻孔有更准确的评价,查阅了 K7206 工作面大直径常规钻孔中抽放效果最好的 2、4、5 号钻孔抽放资料,同时查阅了 K7104 工作

面倾斜高抽巷抽放资料,将其抽放数据与 K7208 工作面 3 号大直径常规钻孔、4 号和 5 号大直径拐弯钻孔进行比较(见表 2)。

表 2 不同抽放方式瓦斯抽放效果对比

孔号	抽放混合总量 /($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	抽放纯量 /万 m^3	平均混合量 /($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	平均纯量 /万 m^3	抽放天数 /d	可抽半径 /m	平均抽放浓度 /%	备注
K7208(2号)	89.61	69.01	12.70	9.78	49	7~98	77.01	拐弯钻孔
K7208(3号)	281.58	170.23	10.57	6.39	185	5~522	60.46	常规钻孔
K7208(4号)	196.94	114.44	8.48	5.03	158	8~459	59.32	拐弯钻孔
K7208(5号)	341.74	252.24	17.45	12.88	136	6~400	73.81	拐弯钻孔
K7104(岩巷)	238.27	108.83	15.61	7.13	106	15~185	45.68	高抽巷
K7206(2号)	166.68	102.88	7.42	4.58	156	14~223	61.73	常规钻孔
K7206(4号)	39.89	19.60	5.13	2.25	54	57~163	43.86	常规钻孔
K7206(5号)	59.67	28.42	5.92	2.82	70	40~62	47.64	常规钻孔

可见大直径拐弯钻孔的抽放混合总量、平均混合抽放量、平均抽放纯瓦斯量、抽放距离、抽放天数、

平均抽放浓度、始抽距离等各项瓦斯抽放指标均排在前列,抽放效果明显好于其他抽放方法。

4 社会、经济效益分析

由大直径常规钻孔、大直径拐弯钻孔和倾斜高抽巷瓦斯抽放效果的比较可知,大直径拐弯钻孔抽放效果接近倾斜高抽巷、明显好于大直径常规钻孔。所以从包括布置间距、施工人力物力、瓦斯抽放效果等综合因素来考虑,大直径拐弯钻孔应有明显的经济效益和社会效益。阳煤集团新景矿赵世铎针对新景矿的实际情况^[1],对大直径钻孔、小直径钻孔和高抽巷的成本进行分析,大直径钻孔、小直径钻孔和高抽巷的每米成本分别为 26.7 元、158.24 元、900 元。根据 3 种布置情况进行分析:

- (1) 沿 100 m 走向布置小直径钻孔 14.29 个,每孔工程量 65 m,百米费用为 24800.295 元;
- (2) 倾斜高抽巷结合小直径钻孔沿 100 m 走向布置 0.5 个,每个工程量 65 m,结合小直径钻孔 1.5 个,每孔工程量 45 m,每百米费用为 31052.25 元;
- (3) 大直径钻孔沿 100 m 走向布置 2 个,每孔工程量 65 m,百米费用为 20571.2 元。

通过以上成本比较可以看出,大直径钻孔成本要比小直径钻孔节省费用 20.89%,比高抽巷与小孔相结合的方式节省 50.59%。

大直径拐弯钻孔的瓦斯抽放试验研究完成以后,我们也对大直径拐弯钻孔的经济效益进行了评估。假定工作面走向长度 1000 m,倾斜高抽巷布置间距 200 m,巷道长度 70 m,大直径钻孔布置间距 100 m,大直径拐弯钻孔布置间距 100 m,钻孔孔深 60 m,其投入成本见表 3。

表3 大直径钻孔、大直径拐弯钻孔、高抽巷投入分析				
项目	尺寸	单价/元	工程量/m	投入/万元
倾斜高抽巷	2 m×2 m	602	280	16.86
大直径钻孔	Ø200 mm	146	540	7.88
大直径拐弯钻孔	Ø200 mm	160	540	8.64

从表 3 可见 按倾斜高抽巷间距是大直径拐弯钻孔间距的 1 倍计算,则大直径拐弯钻孔的投入是倾斜高抽巷的 1/2 按倾斜高抽巷和大直径拐弯钻孔同等间距计算,则大直径拐弯钻孔的投入是倾斜高抽巷的 1/4。

掘进高抽巷施工工期长,施工安全性差,抽排出的瓦斯浓度低,不能很好利用。而大直径拐弯钻孔克服了上述缺点,可以安全快速高效抽放综放工作面瓦斯,因此如果能够采用大直径拐弯钻孔部分或

全部替代倾斜高抽巷抽放邻近层瓦斯,可以创造明显的经济和社会效益。

5 结论

(1) 采用的细钻杆组合钻具在煤系地层造斜强度达到 1°/m,活接头组合钻具在煤系地层造斜强度达到 1.2°/m,以上 2 种组合钻具均可以连续强造斜钻进 20 m 以上。大直径拐弯钻孔采用二次成孔的工艺方法,即先施工 Ø94 mm 的拐弯先导钻孔,再通过导向扩孔的方法扩孔到 Ø150 mm,降低了施工难度,保证了钻进安全性,提高了成孔率,工业性试验成孔率达到 100%,论证了大直径拐弯钻孔成孔技术的可行性。

(2) 试验完成的 6 个大直径拐弯钻孔,经过钻孔测量,绘制出钻孔轨迹图,终孔垂高位置平均都在 25 m 以上,比冒落带平均高度 18.17 m 高出近 7 m。与常规钻孔相比,钻孔轨迹与冒落带的近距离高度平均高出 2.5 m,在瓦斯有效抽放区域内的有效长度平均延长了 6 m 左右,其瓦斯抽放效果比常规钻孔有明显的提高。

(3) 试验研究表明,大直径拐弯钻孔具有以下优点 始抽距离短,为 6~8 m;有效抽放距离长,可达 459 m 抽放天数长,达 136 天以上 抽放总量大,达 89.61~341.74 m³/min;平均每分钟抽出瓦斯量大,混合量可达 17.45 m³/min,纯量可达 12.88 m³/min 抽放浓度高,平均可达 77%。上述指标均高于大直径钻孔,接近或高于倾斜高抽巷,论证了大直径拐弯钻孔替代高抽巷抽放瓦斯的可行性。

参考文献:

[1] 赵世铎,张晓锋,等. 大直径钻孔瓦斯抽放技术[J]. 煤矿安全, 2001, (2).

[2] 刘刚,徐宏,等. 综采工作面上邻近层瓦斯抽放钻孔参数的确定[J]. 煤矿安全,2001, (4).

[3] 卢平,刘泽功,等. 高瓦斯综采面顶板覆岩卸压抽放瓦斯试验研究[J]. 力学与实践,2003, (4).

[4] 朱炳璇. 浅谈综采工作面的瓦斯综合治理[J]. 矿业安全与环保,2003, (8).

[5] 张景飞. 综采工作面卸压瓦斯抽放技术的应用研究[J]. 矿业安全与环保,2004, (4).

[6] 邓德华,顾有富. 山脚树矿 21121 综采面采空区远距离高抽巷治理瓦斯的实践[J]. 煤矿安全,2003, (8).

[7] 包剑影,苏燧,等. 阳泉煤矿瓦斯治理技术[M]. 北京:煤炭工业出版社,1996.