

平庆煤矿高位钻孔合理布孔参数确定 及应用效果考察

王建军^{1, 2}

(1.中煤科工集团重庆研究院有限公司 重庆 400037;2.国家煤矿安全技术工程研究中心, 重庆 400037)

摘要:针对平庆煤矿 117801 综采工作面采空区瓦斯涌出现状,结合煤层赋存状况,决定采用高位钻孔抽采采空区瓦斯。通过经验公式理论计算,确定了高位钻孔倾角、数量、终孔层位以及钻场间距等参数,并在 117801 综采工作面进行了现场试验,对其应用效果进行了考察。结果表明:高位钻孔合理布置层位在裂隙带的中下部(工作面顶板 12m~32m),合理钻场间距 60m;通过到位钻孔抽采,工作面上隅角最大瓦斯浓度 0.7%,回风巷瓦斯浓度均低于 0.6%。经过现场考察,能够很好的满足采空区瓦斯治理的需要,解决了工作面瓦斯超限问题,达到了预期目标。

关键词:高位钻孔;布孔参数;效果考察;采空区;瓦斯抽采

中图分类号:U664.9+2 文献标识码:A 文章编号:1006-8759(2015)02-0042-04

STUDY ON DETERMINATION AND APPLICATION OF HIGH DRILLING HOLES REASONABLE PARAMETERS IN PING QING COAL MINE

WANG Jian-jun^{1,2}

(1.Chong-qing Research Institute of China Coal Technology and Engineering Group Corp, Chongqing 400037;2.National coal mine safety technology and engineering research center, Chongqing,400037)

Abstract:In this paper,aiming at the 117801 fully mechanized coal face flat Qing goaf gas emission shape, combined with the coal seam occurrence situation, decided to adopt the goaf gas drainage by high level borehole mining. By using the empirical formula of theoretical calculation, to determine the high level borehole inclination, quantity, the final hole formation and drilling field spacing parameters, and a field test was conducted in 117801 fully mechanized coal mining face, analyzes the application effect are investigated. The results show that: the high drill hole arrangement horizon in fracture zone in the lower part of the (working face roof 12m ~ 32m), the reasonable drilling field spacing 60m; through the place hole drainage, corner gas concentration on maximum 0.7% working face, return air roadway gas concentrations were lower than 0.6%. After visiting the site, can be very good to meet the needs of control goaf gas, solves the working surface gas overrun problem, achieved the expected goal.

Key words:High drilling;Hole parameters;Effect;Goaf;Gas drainage

随着我国煤炭需求量的增长,高产高效工作面成为一种趋势,伴随的工作面上隅角瓦斯隐患问题不断增加。顶板走向高位钻孔(简称“高位钻孔”)因其工艺简单、抽采范围广、抽采纯量大、不受瓦斯压力及煤层透气性大小影响,已经成为防止工作面上隅角瓦斯超限,最有效、最常用的采空区瓦斯治理技术^[1]。平庆煤矿 117801 综采工作面瓦斯涌出主要来源之一是采空区瓦斯,采空区瓦斯涌出量过大时,工作面上隅角和回风流瓦斯浓度极易超限。盲目的增大工作面风量并不可行,这可能加大采空区漏风,采空区向工作面的瓦斯涌出大幅增加。高位钻孔瓦斯抽采作为回采工作面采空区瓦斯治理的成熟技术,不仅可以使回采工作面的瓦斯浓度得以降低,而且可以降低工作面配风量。因此,高位钻孔瓦斯抽采对瓦斯综合治理有着至关重要的作用和意义。

1 工作面高位钻孔布置层位研究

高位钻孔抽采采空区瓦斯是利用采空区上覆岩层向下移动和裂隙发育规律,形成瓦斯通道,而进行瓦斯抽采的一种方法,裂隙沿垂向方向由直接顶、基本顶逐渐向上发育,随着上覆岩层裂隙的逐步发育、岩层的冒落,在采空区的一定位置形成冒落拱^[2-6]。

工作面回采过程中,造成采空区冒落拱位置与工作面有一定的距离,这是因为冒落拱的形成需要一固定时间。采空区冒落拱附近裂隙发育比较完全,在垂向上裂隙发育的范围较大。根据工作面采空区上覆岩层中裂隙发育的这个特点,为有效抽采采空区瓦斯,防治上隅角瓦斯浓度超限,工作面高位钻孔的布置应降低层位,布置在裂隙带中下部岩层内^[7-9]。工作面高位钻孔布置见图 1 所示。

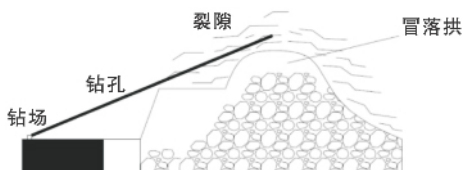


图 1 高位钻孔抽采采空区瓦斯

2 高位钻孔合理布孔参数的确定

2.1 合理布孔层位

采用经验计算法和现场测定钻孔瓦斯流量浓度方法测定 117801 综采工作面三带高度。

2.1.1 经验计算法

根据平庆煤矿 117801 工作面 C7+8 煤层的开采厚度、开采的方式、上覆岩层的岩性等基本参数,按其工况按上覆岩性分为:坚硬、中硬、软弱和极软弱等 4 种状况,进行计算,取得“三带”划分的范围。

(1)冒落带高度:冒落带的高度取决于煤层开采的厚度和上覆岩石的碎胀性,一般来说冒落带的高度为采厚的 3~5 倍。本文选取 117801 综采工作面作为研究对象。因上覆岩石主要是深灰色粉砂岩,根据岩性的特征,按中硬岩层来计算,则可使用如下统计公式:

$$H_m = \frac{100 \sum M}{4.7 \sum M + 19} \pm 2.2 \quad (1)$$

式中: H_m 为冒落带的高度,m; M 为开采煤层的厚度,m。

117801 综采工作面开采煤层平均厚度为 3.5 m,综采时一次采全高。则根据式(1)得冒落带高度 $H_m=7.7\sim 12.1$ m。

(2)裂隙带高度:强度岩石计算则可使用如下统计公式:

$$H_L = \frac{100 \sum M}{1.6 \sum M + 3.6} \pm 5.6 \quad (2)$$

式中: H_L 为裂隙的带高度,m; M 为开采煤层的厚度,m。

开采煤层的厚度按 3.5 m,则根据式(2)得裂隙带高度 $H_L=32.44\sim 43.64$ m。

根据采空区顶板岩层移动“三带”理论和采空区内瓦斯运移规律,有效的钻孔高度应位于裂隙带范围,故应满足:

$$H_m < H_z < H_L \quad (3)$$

式中: H_z 为钻孔有效高度,m。

考虑到钻孔的有效利用及钻场施工的难易程度,钻孔应布置在冒落带上部与裂隙带中下部。

2.2 合理布孔数量

钻场内钻孔的合理数量应根据工作面需要抽采的瓦斯纯量、瓦斯抽采浓度、封孔管直径等主要因素来确定,可由(4)式^[2]计算获得:

$$N = 6.67 \times \frac{Q}{\pi \times D^2 \times V \times C} \quad (4)$$

式中 N 为钻孔的数量,个; Q 为保证工作面瓦

斯不超限,高位钻孔钻场需要抽采的瓦斯总量, m^3/min ; D 为封孔管直径, mm ; V 为封孔管内瓦斯流速, m/s ; C 为抽采管内瓦斯浓度, %。

从已采段的瓦斯涌出量统计结果来看, 117801 工作面采空区瓦斯涌出量为 $3.26 m^3/\text{min}$ 。因此, 高位钻孔需要抽采的瓦斯总量应该达到 $3.26 m^3/\text{min}$ 。按高位钻孔 $\Phi 75 \text{ mm}$ 、抽出瓦斯浓度 20%、抽采管瓦斯流速 15 m/s 考虑, 每个钻场内需要布置的高位钻孔数量为 7 个。

以上的计算过程, 是按照平均绝对瓦斯涌出量进行计算的, 考虑到瓦斯涌出的不均衡性和异常性, 以及钻孔可能出现的切孔、垮孔等成孔不好的情况, 因此, 每个钻场设计布置 9 个抽采钻孔。

2.3 合理封孔长度

封孔深度既应保证不吸入空气又应使封孔长度尽量缩短, 一般情况岩孔应不小于 5 m , 煤孔应不小于 8 m ; 经过现场反复的试验表明: 平庆煤矿高位钻孔抽放采空区瓦斯的合理封孔深度为 8 m ; 同时保证同一钻场的各孔封孔深度应保持一致; 原因主要是一个钻场是同时启动, 同时终止, 在裂隙带中瓦斯将出现涡流, 影响抽采效果。

2.4 有效利用率及有效长度

根据平庆煤矿 C7+8 煤层上覆岩层的分布规律, 钻孔只有落在冒落带上方的裂隙带的中下部才是有效的, 随着工作面的不断向前推进, 钻孔进入冒落带就会随顶板垮落而导致抽风量过大, 无高浓度瓦斯或钻孔直接被堵死, 失去作用。其钻孔有效长度计算如下:

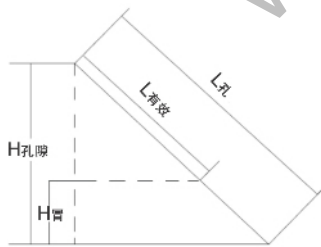


图2 钻孔有效利用率及有效长度计算

按三角形相似比钻孔有效率为:

$$\rho = \frac{H_{\text{孔隙}} - H_{\text{封}}}{H_{\text{孔终}}} \times 100\% \quad (5)$$

有效长度:

$$L_{\text{有效}} = \rho \times L_{\text{孔}} \quad (6)$$

从 3 号高位钻场选择一个孔, 我们选择 3 号孔, 长度 85 m , 仰角 16° , 代入上述公式可得钻孔的有效效率为 $\rho = 0.74$, 有效长度 $L_{\text{有效}} = 63 \text{ m}$ 。

2.5 合理钻场间距

采用高位钻孔抽采采空区的瓦斯, 确定高位钻场的间距是技术关键。确定合理的钻场间距可以使前一个钻场内的抽放钻孔由于受采动裂隙的影响而失去抽放效果后, 下一钻场内的钻孔能抽采出较高浓度的瓦斯, 从而保证采空区向工作面瓦斯涌出一直处在较低的状态。

按照公式(6)确定的钻孔有效长度, 确定钻场间距的关键因素是保证每一个钻场钻孔终孔位置都处于上一个钻场的有效长度部分之上, 见图 3。

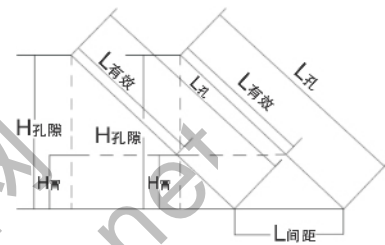


图3 钻场间距确定示意图

$$L_{\text{间距}} = L_{\text{有效}} \times \cos \alpha \quad (7)$$

α 为钻孔倾角。

合理的钻场间距是保证相邻两钻场的钻孔在空间上能重叠, 并且前钻场的高浓度终点恰好能够接续本钻场高浓度的起点, 即钻孔空间重叠和抽采连续。从 117801 综采工作面试验考察情况来看, 当高位钻孔仰角 16° , 有效长度 $L_{\text{有效}} = 63 \text{ m}$ 时, 代入上述公式(7)可得钻场间距为 60.5 m 。因此, 采用钻场方式布置高位钻孔时, 理论计算钻场间距以 60 m 较为合理。

117801 工作面在 3 号高位钻场时, 当工作面采过钻孔 $10 \sim 15 \text{ m}$, 高位钻孔开始抽到瓦斯, 采过钻孔 $30 \sim 40 \text{ m}$ 时, 可以大量抽出瓦斯; 采过钻孔 $60 \sim 70 \text{ m}$ 时, 高位钻孔的瓦斯抽放量急剧下降。由此可知, 高位钻孔钻场瓦斯抽放作用距离为 $60 \sim 70 \text{ m}$, 有效抽放距离为 60 m 左右。因此, 采用钻场方式布置高位钻孔时, 现场跟踪考察分析钻场间距以 60 m 也是合理的。

3 高位钻孔抽采瓦斯工程实践

以平庆煤矿 117801 综采工作面作为实验区域, 运用上述优化结果进行高位钻孔瓦斯抽采实践。

3.1 高位钻场工程实践

在工作面回采的过程中, 上覆岩层形成裂隙, 上部 C2、C3 煤层采空区的大量瓦斯会通过裂隙带涌入回采工作面, 为了防止这种情况发生, 需要

提前将上部采空区瓦斯进行拦截抽放,采取的方法为高位钻孔抽放方法。即在采煤工作面回风巷中,沿煤层走向,向工作面采空区顶板施工穿层钻孔进入开采层采后裂隙带,抽采上采空区的瓦斯。工作面采高为 3.5 m,裂隙带高度 $h=4\sim 6$ m,则裂隙带高度为 14~21 m。每个钻场布置 9 个扇形钻孔,钻孔孔径为 94 mm。钻孔终孔间距为 10 m,钻场间距 75 m,首个钻场距离切眼 110 m,依次布置。钻场规格长×宽×高=3×3×2.5 m。钻孔长度在 115 m 以上,保持 40 m 以上的超前距。其钻孔和管路布置如图 4,参数见表 1。

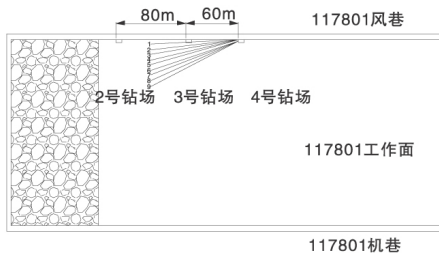


图 4 117801 工作面 4 号高位钻场布置

表 1 工作面回风巷高位钻孔施工参数

孔号	垂高/m	与巷道中线夹角/°	倾角/°	设计长度/m
1	14	-5	8.5	122
2	15	-10	9.1	124
3	16	-14	9.6	126
4	17	-18	10.1	128
5	18	-23	10.5	132
6	19	-27	11	135
7	20	-31	11.5	140
8	21	-35	12	143
9	22	-39	12.5	146

备注:钻孔偏角以巷道中线为参考,左偏角为“-”,右偏角为“+”;钻孔倾角,仰角为“+”,俯角为“-”。

3.2 抽采效果考察

根据图 5、图 6 分析可知:3、4 号钻场高位钻孔抽采初期,高位钻孔处于工作面上方裂隙带上部,瓦斯抽采浓度较低;随着工作面的推进,高位钻孔处于工作面顶板煤岩层裂隙带内,瓦斯抽采浓度逐渐提高;之后,高位钻孔处于工作面顶板煤岩层裂隙带下部,靠近冒落带区域,瓦斯抽采浓度下降速度较快。

3 号钻场高位钻孔抽采时,其有效钻孔段处于 2 号钻场和 3 号钻场之间。当 3 号钻场距离工作面 40~50 m 范围内时,高位钻孔充分处于裂隙带范围,抽采浓度最高达到了 20%。3 号钻场有效抽采范围内,平均瓦斯抽采浓度为 9%,抽采量

为 0.45 m³/min,基本达到预期效果,对工作面瓦斯管理起到一定作用,但未起到决定性作用,且在 2 号和 3 号钻场之间存在一段距离的抽采“空白带”。

4 号钻场高位钻孔抽采时,当距离工作面 30~40 m 范围内时,抽采浓度最高达到了 27%,说明钻孔处于中裂隙带,属于抽放效果比较好的裂隙带范围。4 号钻场有效抽采范围内,平均瓦斯抽采浓度为 13%,抽采量为 0.64 m³/min,较之 3 号钻场,抽采浓度和抽采纯量均有较大幅度增加,并且在 3 号钻场高位钻孔处于冒落带时失去抽放效果后,4 号钻场高位钻孔接替抽采,能抽采出较高浓度的瓦斯,从而保证采空区向工作面瓦斯涌出一直处在较低的状态。

117801 工作面在未补充施工底板岩层钻孔时,工作面上隅角瓦斯浓度达到 0.8%,甚至高达 1%,回风巷瓦斯浓度介于 0.6~0.8%,在施工 4 号钻场高位钻孔的考察期内,上隅角最大瓦斯浓度 0.7%,回风巷瓦斯浓度均低于 0.6%,较 3 号钻场之前的工作面瓦斯浓度有明显降低。

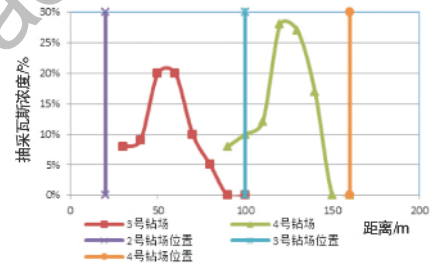


图 5 117801 回风巷 4 号钻场高位钻孔抽采浓度

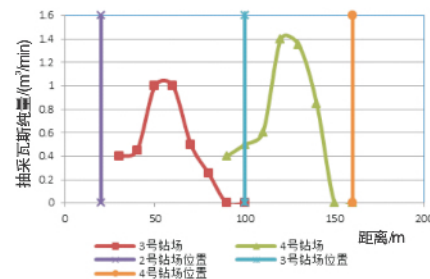


图 6 117801 回风巷 4 号钻场高位钻孔抽采纯量

4 主要结论

4.1 确定了高位钻孔合理布孔层位

钻孔应该布置在裂隙比较发育的裂隙带的中下部,大致范围在 12~32 m 之间,才能有效抽采采空区瓦斯,防治上隅角瓦斯浓度超限。

4.2 确定了高位钻孔合理布孔参数

(下转第 13 页)

性能研究[J].离子交换与吸附,2006,22(2):161-16.

[3]黄玉.偶氮染料废水的处理方法及研究进展[J].宜宾学院学报,2007,(6):54-57.

[4]刘士,汪世龙,孙晓宇,等.酸性橙 7 降解的微观反应机理及动力学研究[J].光谱学与光谱分析,2005,25(5):776-779.

[5]刘海宁,曲久辉,李国亭,等.转鼓式内电解装置处理水中酸性橙染料[J].环境科学学报,2007,27(9):1425-1430.

[6]叶映雪.人造沸石负载二氧化钛薄膜光催化降解酸性湖兰 A 和酸性橙 的研究[J].光谱实验室,2003,20(1):62-66.

[7]樊瑞,毕会锋,杨卫身,等.恒电位下电氧化脱色降解酸性橙[J].化学工程,2007,35(1):60-63.

[8]刘亚纳,严建华,李晓东,等.滑动弧等离子体处理酸性橙 废水[J].化工学报,2008,59(1):221-227.

[9]唐玉斌,吕锡武,陈芳艳,等. HDTMA 改性累托石对水中酸性橙的吸附热力学及动力学 [J]. 环境污染治理技术与设备,2006,7(11):77-80.

[10]孙庆业,杨林章.改性泥炭.树脂颗粒对水溶液中酸性橙 的吸附[J].环境科学,2007,28(6):1300-1304.

[11]韩德艳,谢长生.纳米碳包铁的吸附性能研究[J].黄石理工学院学报,2006,22(3):11-13.

[12]韩德艳,谢长生.碳包铁对丝裂霉素 C 的吸附与缓释性能研究[J].化学与生物工程,2006,23(4):32-34.

[13]Xiaoying Jin, Ming-qin Jiang, Xiao-quan Shan, et al. Adsorption of methylene blue and orange II onto unmodified and surfactant-modified zeolite [J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2008,328: 243-247.

[14]Kanel S.R., Manning B, Charlet L, et al. Removal of arsenic-(III) from groundwater by nanoscale zero-valent iron[J]. Environ.Sci.Tech-nol.,2005, 39:1291-1298.

[15]郭卓,袁悦.介孔碳 CMK23 对苯酚的吸附动力学和热力学研究[J].高等学校化学学报,2007,28:289-292.

(上接第 45 页)

(1) 钻孔高度的布置: 钻孔应该布置在裂隙带的中下部即在 12~32 m 之间, 该处裂隙发育比较完全, 能更好的抽采瓦斯。

(2) 合理的钻孔数量: 考虑到瓦斯涌出 不平衡性和异常性, 以及钻孔可能出现的切孔、垮孔等成孔不好的情况, 每个钻场设计布置 9 个抽采钻孔。

(3) 合理的钻孔角度。角度布置在仰角 16° 较为合适, 与巷道夹角布置在 1~14° 合适。

(4) 合理的封孔深度和钻孔有效长度。钻孔封孔长度为 8 m, 钻孔的有效效率为 0.74, 有效长度为 63 m。

(5) 合理的钻场间距。通过理论计算和现场跟踪考察分析, 为了更有效的抽采瓦斯, 保证抽采效果, 钻场间距以 60 m 较为合理。

4.3 现场验证

通过现场验证可以看出, 钻孔抽采瓦斯浓度和纯量的效果比较明显, 钻孔设计比较合理, 说明此次布孔比较成功, 达到了预期的效果, 为进一步

做好采空区瓦斯治理提供了一定的参考依据。

参考文献

[1] 殿明, 林柏泉. 煤层瓦斯赋存规律及防治技术 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2006.

[2] 王兆丰. 我国煤矿抽放存在的问题及对策探讨, 煤矿安全 [J], 2005, 36(3): 29-44.

[3] 施龙青, 韩进. 开采煤层底板 "四带" 划分理论与实践 [J]. 中国矿业大学学报, 2005, 34(1): 16-23.

[4] 刘泽功, 戴广龙等. 影响采空区顶板抽放瓦斯效果的主要因素分析 [J]. 安徽理工大学学报 (自然科学版), 2003.

[5] 卢平, 范维澄, 廖光焯. 高瓦斯煤层综放开采瓦斯与煤自燃综合治理研究 [J]. 中国安全科学学报, 2004.

[6] 张铁钢. 矿井瓦斯综合治理示范工程 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2004.

[7] 李晓泉. 淮南煤矿新区采空区瓦斯抽放方法分析 [J]. 广西大学, 2007.

[8] 姚春雨. 黄陵二矿综采工作面采空区瓦斯流动规律数值模拟研究 [J]. 河南理工大学, 2010.

[9] 方前程. 下石节煤矿穿层钻孔抽放采空区瓦斯合理布孔参数的研究 [D]. 焦作: 河南理工大学, 2008.

[10] 杨天鸿, 唐春安, 徐涛, 芮勇勤. 岩石破裂过程的渗流特性-理论、模型与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.

科学技术, 2008, 36(7): 3-5.

[5] 郭中权, 冯曦, 李金合, 等. 反渗透技术在高硫酸盐硬度矿井水处理中的应用研究 [J]. 能源环境保护, 2006, 20(3): 25-26.

[6] 何绪文, 宋志伟, 王殿芳, 等. 反渗透技术在煤矿苦咸水处理中的应用研究 [J]. 中国矿业大学学报, 2002, 31(6): 618-621.

[7] 何绪文, 胡滇建, 胡振玉, 等. 煤矿高矿化度矿井水处理技术研究 [J]. 煤炭科学技术, 2002, 30(8): 38-41.

(上接第 29 页)

[1] 煤矿环境保护, 2000, 14(1): 10-12.

[2] 高亮, 周如禄, 徐楚良, 等. 煤种与煤矿矿井水水质特征之间的相关性 [J]. 煤矿环境保护, 2004, 18(6): 46-48.

[3] 曹祖民, 高亮, 崔岗, 等. 矿井水净化及资源化成套技术与装备 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2003: 1-5.

[4] 郭中权, 王守龙, 朱留生. 煤矿矿井水处理利用实用技术 [J]. 煤炭