

防治技术

平庆煤矿局部预测钻屑解吸 指标临界值的研究

马宏宇^{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: 为了确定平庆煤矿 C_{7+8} 煤层的局部突出危险性预测钻屑解吸指标 K_1 和 S 值的临界值, 本文通过实验研究、理论计算和综合分析初步定量确定 C_{7+8} 煤层钻屑解吸指标临界值。然后利用“三率”法确定钻屑解吸指标临界值的原则及方法, 结合现场试验研究成果, 最终确定了煤与瓦斯突出局部预测钻屑解吸指标的临界值: K_1 指标, 临界值为 $0.6 \text{ ml/g} \cdot \text{min}^{1/2}$, 预测参考指标: S 指标, 临界值为 14 Kg/m 。

关键词: 煤与瓦斯突出; 局部预测; 钻屑解吸; 临界值

中图分类号: TD713 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8759(2015)05-0048-04

STUDY ON LOCAL PREDICTION OF CRITICAL VALUE OF DRILLING CUTTINGS DESORPTION INDEX OF PINGQING COAL MINE

MA Hong-yu^{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 order to determine the desorption index of drill cuttings of K_1 and S is the critical value of predicting the Qing Ping Coal Mine C_{7+8} coal seam outburst danger of local, through experimental research, theoretical calculation and comprehensive analysis of the quantitative determination of C_{7+8} coal seam drilling cuttings desorption index critical value. Then the principle and method of determining the critical value of drilling cuttings desorption index of the "three rate" method, combined with the field test results, and ultimately determine the critical value of desorption index of drill cuttings regional prediction of coal and gas outburst index: K_1 , the critical value is $0.6 \text{ ml/g} \cdot \text{min}^{1/2}$, the prediction reference index: S index, the critical value is 14 Kg/m .

Key words: coal and gas outburst; prediction of drilling cuttings desorption; critical value.

瓦斯突出预测准确度不高有多方面的原因, 由于对煤与瓦斯突出机理认识不足, 从而不能从理论上提出瓦斯突出的预测指标^[1]; 瓦斯突出预测方法及装备落后, 预测指标测定工艺存在缺陷, 难以保证测

值的可靠性^[2]; 防突管理水平低下, 测定误差较大等, 突出预测准确度不高的主要原因之一是瓦斯突出预测指标及其临界值的选择不合理^[3]。

煤与瓦斯突出是一种极为复杂的动力现象, 不同类型的突出、不同矿井、不同煤层甚至同一煤层的不同区域可能具有不同的预测敏感指标及临

界值^[4]。因此,《防治煤与瓦斯突出规定》要求突出矿井应建立具有针对性的突出预测指标及其临界值^[5]。然而我国许多突出矿井仅仅照搬参考预测指标及临界值,使得选择的突出预测指标及临界值并不合理。从而造成突出危险性预测的准确度不高,经常有“预测不突出,在未采取消突措施的情况下掘进而发生突出”,“低指标突出,高指标不突”以及“采取消突措施后预测指标测值反而变大”的情况发生^[6]。因此,具有瓦斯突出危险性的矿井结合自身瓦斯地质条件研究确立预测瓦斯突出的指标体系是十分必要的。

1 钻屑瓦斯解吸指标 K_1 的初步确定

1.1 实验室研究^[6-8]

根据国家“八五”科技攻关课题的研究成果,煤层瓦斯压力 P 与 K_1 值之间存在一定的相关关系,而根据大量的破碎试验和测试结果,煤层的最小突出瓦斯压力与煤的坚固性系数等煤质指标存在一定的函数关系,所以通过煤质指标可确定出煤层的突出临界瓦斯压力值,既而通过实验室测定的 K_1 - P 关系模型便可确定出煤层的 K_1 指标临界值。

K_1 - P 关系模型实验过程为:取粒径 1~3 mm 的煤样,先用真空泵脱气 2 h,然后再对煤样充气,达到预定吸附瓦斯压力后,使煤样吸附瓦斯 24 h,记录平衡瓦斯压力,再使煤样暴露于大气中 1~2 min,开始测定 K_1 值。每个煤样的实验至少进行 6 次,根据这些数据进行数据拟合,就可以得到 K_1 - P 关系模型。图 1、图 2、图 3 和图 4 为平庆煤矿 C_{7+8} 煤层不同地点煤样的 K_1 - P 关系模型实验结果图。

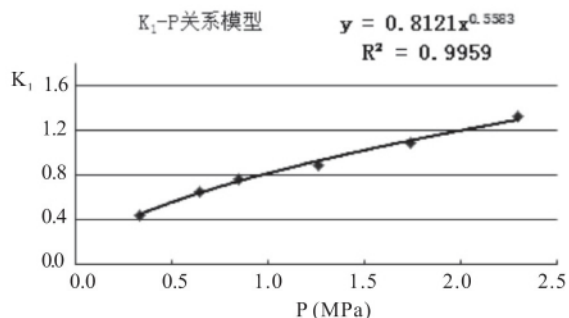


图 1 C_{7+8} 皮带下山巷帮距迎头约 5m 处 K_1 - P 关系模型

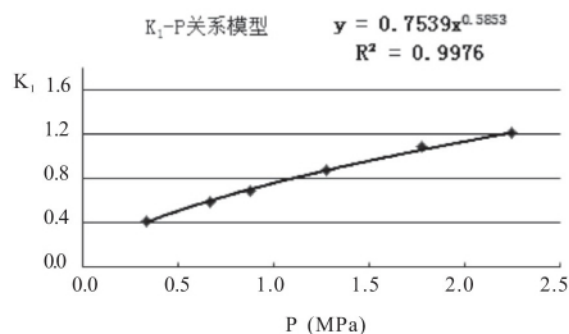


图 2 117801 工作面距机巷约 40m 处 K_1 - P 关系模型

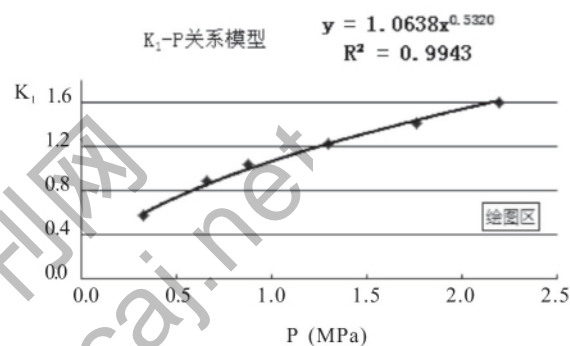


图 3 117801 工作面距机巷约 140m 处 K_1 - P 关系模型

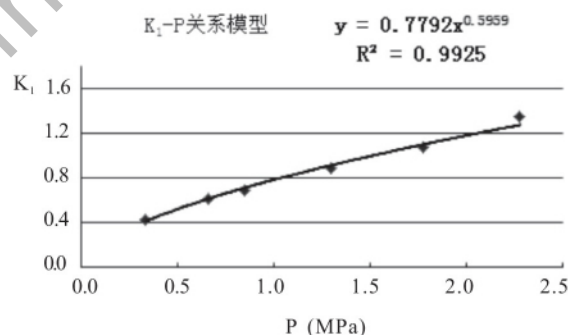


图 4 C_{7+8} 皮带下山掘进面迎头处 K_1 - P 关系模型

通过上述方法,对不同地点煤样的测定分析,分别确定出 C_{7+8} 煤层对应 0.74MPa 的 K_1 指标临界值,如表 1 所示。

表 1 实验室确定的 K_1 指标临界值

煤样号	采样地点	K_1 指标临界值
1	C_{7+8} 皮带下山巷帮距迎头约 5 m	0.7
2	117801 工作面距机巷约 40 m	0.6
3	117801 工作面距机巷约 140 m	0.9
4	C_{7+8} 皮带下山掘进面迎头	0.7

1.2 综合分析

为了在较短的时间内摸索出 C_{7+8} 煤层的钻屑瓦斯解吸指标 K_1 的临界值,同时尽量不有意引发突出事故以免给矿井生产带来被动,在井下试验

之前,需要预先确定一个合适的主要试验临界值,所选指标试验临界值的确定要谨慎,应比较接近矿井真实临界值,以后可根据试验情况再进行适当的调整。

试验期间 K_1 临界值初值,主要根据 K_1 临界值的实验室确定结果、历史资料统计结果和实际发生瓦斯动力现象地点附近 K_1 值测定情况三个方面的分析综合确定的。

从预测突出危险率来分析。国内外统计结果表明,突出煤层中,真正有突出危险的区域仅占10~30%(不同煤层的突出危险程度存在较大差异),结合突出的复杂性和平庆煤矿目前的预测技术水平,在试验初期,认为预测突出危险率可取在13%以上。根据统计结果,将 K_1 指标临界值初值定为 $0.6 \text{ ml/g}\cdot\text{min}^{1/2}$ 。

从 K_1 临界值的实验室确定结果分析。分别从4个巷道所取煤样的实验室测定分析结果是, K_1 临界值分别为 $0.7、0.6、0.9、0.7 \text{ ml/g}\cdot\text{min}^{1/2}$ 。在试验初期,从安全的角度考虑,可以取低值 $0.6 \text{ ml/g}\cdot\text{min}^{1/2}$ 作为临界值初值。

从实际发生瓦斯动力现象地点前后的 K_1 测定值分析。通过对矿井117801工作面局部预测指标测定资料分析,6个预测孔采用 K_1 指标进行预测时,预测指标分别为 $0.6、1.34、0.64、0.71、0.64、0.94 \text{ ml/g}\cdot\text{min}^{1/2}$,且伴有响煤炮、吸钻等瓦斯动力现象。实际发生瓦斯动力现象地点附近范围内无疑属于突出危险区域,上述6次 K_1 值均大于 $0.6 \text{ ml/g}\cdot\text{min}^{1/2}$,说明 K_1 值大于 $0.6 \text{ ml/g}\cdot\text{min}^{1/2}$ 时能在一定程度上反映出附近突出危险状态的存在。

从以上三个方面的分析,试验初期 K_1 指标临界值试验初值定为 $0.6 \text{ ml/g}\cdot\text{min}^{1/2}$ 。

2 钻屑量 S 临界值的初步确定

钻屑量指标是综合反映煤层地应力、瓦斯和煤质三个因素的预测指标,在相同的打钻工艺条件下,应力越大、瓦斯压力越大、煤的强度越小,所产生的钻屑量越大,而此时突出危险性越大。但是,在三个因素中,地应力对钻屑量的影响最大,所以这一指标在不少以地应力为主导的矿井中得到应用。在我国,通常当钻屑量比正常排粉量大3倍或倍率 $n \geq 4$ 时认为有突出危险。

2.1 理论计算^[9-11]

平庆煤矿采用 $\Phi 75 \text{ mm}$ 钻孔进行钻屑指标法预测,钻屑量 S_{max} 临界值应为 $S_{\text{max}} = S_1 + S_2 + S_3$ 。

公式中, S_1 是根据钻孔直径大小等体积换算的钻屑量, $S_1 = (75/2)^2 \cdot 6 / (42/2)^2 = 18 \text{ kg/m}$; S_2 是由有压力差异(梯度)或压缩、吸附瓦斯在钻进过程中使煤体破坏能量释放而造成增加的煤量。煤的强度越大抵抗瓦斯释能的能力越大,钻屑量 S_2 就越小,反之煤越软,抵抗瓦斯释能的能力就越小,钻屑量 S_2 就越大。钻屑量 S_2 的大小与钻孔瓦斯的涌出量大小成正比关系。 S_3 是由地压能量释放造成的钻屑量。由于开采深度的增加、地质构造的作用(断层、向斜轴部、背斜轴部、褶曲构造交汇区域、煤层厚度倾角急变区等)、开采遗留煤柱及采掘应力叠加等造成应力集中,在钻孔预测施工时,改变了煤体的应力状态,使孔壁变形,增加的钻屑量 S_3 。地应力越大,钻屑量 S_3 越大,煤层的突出危险性就越大。采用直径 $< 75 \text{ mm}$ 钻孔与采用直径 $< 42 \text{ mm}$ 钻孔进行钻屑指标法预测相比,由于地应力、瓦斯作用 $S_2、S_3$ 增加量不大,且有采用 $< 75 \text{ mm}$ 钻孔进行钻屑指标预测瓦斯能量释放增加的钻屑量 $S_2 \geq 0$, 地应力卸载增加的钻屑量 $S_3 \geq 0$, 则有 $S = S_1 + S_2 + S_3 \geq S_{\text{max}}$ 临界值。

根据上述理论计算,钻屑量 S 指标临界值试验初值定为 18 kg/m 。

2.2 综合分析

平庆煤矿测定了大量的钻屑量指标 S , 钻屑量指标 S 比较分散,数据分布范围为 $5.8 \sim 20.3 \text{ kg/m}$, 绝大部分为 $6.0 \sim 14.0 \text{ Kg/m}$, 只有两组测定数据超过 14 kg/m , 分别为 14 和 20.3 Kg/m 左右,其中,测值 $8.0 \sim 14.0 \text{ Kg/m}$ 占到 84.8% 。 $\Phi 75 \text{ mm}$ 预测钻孔钻屑量临界值按 $2 \sim 3$ 倍钻孔正常值进行管理,临界值为 $12 \sim 18 \text{ kg/m}$ 。

综合分析,钻屑量 S 指标临界值试验初值定为 14 kg/m 。

3 钻屑瓦斯解吸指标 K_1 和钻屑量 S 临界值的扩大应用

3.1 预测指标的统计分析

对于第一阶段初步确定出的钻屑瓦斯解吸指标 K_1 和钻屑量 S 及其临界值,需要进行扩大应用试验,以进一步验证其可靠性,或根据验证结果进行适当的调整。为此,分别在117801综采工作面、

117802 机巷 1 联络巷掘进面、 C_{7+8} 皮带下山掘进工作面先后进行了 2 个多月的扩大试验。试验期间平庆煤矿 117801 工作面推进 250 m, 进行了 13 个预测循环, 共计测试 131 次。117802 机巷联络巷掘进工作面推进 101.6 m, 进行了 12 个预测循环, 共计测试 36 次。 C_{7+8} 皮带下山掘进工作面推进 48.5 m, 进行了 4 个预测循环, 共计测试 12 次。

以每次预测各指标的最大值作为本次预测结果进行统计分析, 钻屑瓦斯解吸指标 K_1 值、钻屑量 S 值的分布区间如表 2、3 所示, 可以看出:

对于 117801 工作面运输巷, $K_1 \leq 0.6 \text{ ml/g} \cdot \text{min}^{1/2}$ 占 84.7%, $6 < S \leq 14 \text{ Kg/m}$ 占 98.41%, S 值集中在 6~14 Kg/m。

对于 117802 机巷联络巷掘进工作面, $K_1 \leq 0.6 \text{ ml/g} \cdot \text{min}^{1/2}$ 占 100%, $6 < S \leq 14 \text{ Kg/m}$ 占 100%, S 值集中在 6~14 Kg/m。

对于 C_{7+8} 皮带下山掘进工作面, $K_1 \leq 0.6 \text{ ml/g} \cdot \text{min}^{1/2}$ 占 75%, $6 < S \leq 14 \text{ Kg/m}$ 占 100%, S 值集中在 6~14 Kg/m。

表 2 平庆煤矿试验工作面 K_1 值统计结果

工作面名称		指标分布区间、次数、频数			
		$0 < K_1 \leq 0.5$	$0.5 < K_1 \leq 0.6$	$0.6 < K_1 \leq 1.0$	$K_1 > 1.0$
117801 工作面	次数	100	11	19	1
	频数 (%)	76.3	8.4	14.5	0.8
117802 机巷联络巷	次数	36	0	0	0
	频数 (%)	100	0	0	0
C_{7+8} 皮带下山	次数	9	0	3	0
	频数 (%)	75	0	25	0

表 3 平庆煤矿试验工作面 S 值统计结果

工作面名称		指标分布区间、次数、频数			
		$0 < S \leq 6$	$6 < S \leq 10$	$10 < S \leq 14$	$S > 14$
117801 工作面	次数	1	61	63	1
	频数 (%)	0.8	48.4	50.0	0.8
117802 机巷联络巷	次数	0	10	2	0
	频数 (%)	0	83.3	16.7	0
C_{7+8} 皮带下山	次数	0	23	11	0
	频数 (%)	0	67.7	32.3	0

3.2 预测指标“三率”法确定

采用“三率”分析法得到钻屑瓦斯解吸指标 K_1 值取不同预测临界值时的预测突出率、预测突出准确率和预测不突出准确率, 计算结果详见表 4。

表 4 钻屑解吸指标 K_1 取不同临界值时“三率”分析结果

K_1 临界值	预测总次数	预测有突出危险次数	预测无突出危险次数	预测无突出危险中确定不突出次数	有明显动力现象次数	预测突出率 η_1 (%)	预测突出准确率 η_2 (%)	预测不突出准确率 η_3 (%)
0.5	179	43	136	136	10	24.02	23.26	100.0
0.6	179	24	155	155	10	13.41	41.67	100.0
0.7	179	12	167	167	10	6.70	83.33	100.0
0.8	179	6	173	168	5	3.35	83.33	97.11
0.9	179	4	175	169	4	2.23	100.0	96.57
1.0	179	1	178	170	1	0.56	100.0	95.51

由表 4 分析可知, 在保证预测不突出准确率在 100% 的前提下, K_1 值的临界值如果参照《防治煤与瓦斯突出规定》提供的参考临界值 $0.5 \text{ ml/g} \cdot \text{min}^{1/2}$, 则 C_{7+8} 煤层的预测突出率达 24.02%, 预测突出准确率只有 23.26%; 当临界值取 $0.8 \text{ ml/g} \cdot \text{min}^{1/2}$ 时, 预测突出准确率为 97.11%, 也不符合要求; 当临界值取 0.9 时, 突出预测准确率明显过高, 且预测不突出准确率低于 100%。当临界值取 0.6 和 0.7 $\text{ml/g} \cdot \text{min}^{1/2}$ 时, 预测突出率和预测突出准确率都比较符合要求, 且预测不突出准确率为 100%, 所以利用“三率”确定的瓦斯含量 W 的临界域为 [0.6, 0.7]。

鉴于实验室初步确定的预测指标 K_1 的临界值为 $0.6 \text{ ml/g} \cdot \text{min}^{1/2}$, 说明利用“三率”确定出的临界域是正确的, 因此可确定预测指标 K_1 临界域为 [0.6, 0.7]。为安全起见, 取下限 $0.6 \text{ ml/g} \cdot \text{min}^{1/2}$ 作为预测指标 K_1 的临界值。

钻屑量指标是综合反映煤层地应力、瓦斯和煤质三个因素的预测指标, 在相同的打钻工艺条件下, 应力越大、瓦斯压力越大、煤的强度越小, 所产生的钻屑量越大, 而此时突出危险性越大。但是, 在三个因素中, 地应力对钻屑量的影响最大, 所以这一指标在不少以地应力为主导的矿井中得到应用。在我国, 通常当钻屑量比正常排粉量大 3 倍或倍率 $n \geq 4$ 时认为有突出危险。但是, 由于各种因素的影响, 钻屑量的测定误差有时会很大, 以致严重影响了它的敏感性。

平庆煤矿测定了大量的钻屑量指标 S , 钻屑量指标 S 比较分散, 数据分布范围为 5.8~20.3 kg/m, 绝大部分为 6.0~14.0 Kg/m, 只有两组测定数据超过 14 Kg/m, 分别为 14 和 20.3 Kg/m 左右, 其中, 测值 8.0~14.0 Kg/m 占到 84.8%。本次试验中,

(下转第 12 页)

中毒性能研究. 燃料化学学报 2012, 40, (2), 247-251.

[16]. 李锋; 於承志; 张朋; Michaelis, H., 高尘烟气脱硝催化剂耐磨性能研究. 热力发电 2010, 39, (12), 73-75.

[17]. 何文深; 陈建军; 郑佐东, SCR 蜂窝式脱硝催化剂抗磨损性能研究. 电力科技与环保 2011, 27, (5), 10-12.

[18]. 张强; 杨世极, 某火电厂 SCR 脱硝催化剂运行状况与活性测试. 热力发电 2010, 39, (4), 62-66.

[19]. 徐灏, SCR 脱硝技术在 600MW 燃煤机组中的应用. 能源与环境 2011, (1), 78-80.

[20]. 孙海峰; 杨广春; 高景玉, 延长 SCR 脱硝催化剂使用寿命的措施探讨. 华电技术 2009, 31, (12), 19-25.

[21]. 汪洋; 胡永锋, 燃煤电站 SCR 脱硝系统预防大颗粒灰堵塞方法. 电力科技与环保 2012, 28, (2), 17-19.

[22]. 孙叶柱; 王义兵; 梁学东; 陈丰; 郑建农, 火电厂 SCR 烟气脱硝反应器前设置灰斗及增加烟道截面的探讨. 电力建设 2011, 32, (12), 64-68.

[23]. 冯自平, 脱硝催化剂用纳米钛白粉. 企业技术开发 2012, (3), 15-18.

[24]. 吴凡; 段竞芳; 夏启斌; 李树田; 顾庆华; 方忠华, SCR 脱硝失活催化剂的清洗再生技术. 热力发电 2012, 41, (5), 96-98.

[25]. 商雪松; 陈进生; 胡恭任; 何焜; 李建荣; 喻小伟, 商用 SCR 脱硝催化剂 K₂O 中毒后再生: (NH₄)₂SO₄ 溶液. 燃料化学学报 2012, 40, (6), 750-756.

[26]. 王丽娟, 失活加氢处理催化剂的再生与金属回收综合利用发展趋势. 当代化工 2012, 41, (4), 387-390.



(上接第 51 页)

测定的 S 值也非常小, 打钻时钻孔排出的钻粉较少, 而且由于工作面风量较大, 有很大一部分钻粉被强大的风流吹到了空气中, 使得测定误差极大, 测定的钻屑量主要集中在 6.0~14.0 Kg/m, 且变化不大, 无论在突出危险还是不危险时其值没有明显的变化, 在采取防突措施前后, 钻屑量也无明显变化。这些充分说明该指标用于平庆煤矿突出预测不敏感。因此将钻屑量 S 值作为预测参考指标, 临界值暂时定为 14.0Kg/m。

4 钻屑瓦斯解吸指标 K₁ 和钻屑量 S 临界值的确定

通过第一阶段的试验研究和第二阶段的扩大应用试验, 共在突出煤层巷道考察了 400 m, 进行了 29 个预测循环、测定 179 次。特别是经过第二阶段的应用验证, 表明确定的突出危险预测指标及其临界值是安全、经济的, 符合平庆煤矿 C₇₊₈ 煤层回采和掘进巷道实际情况。最终确定钻屑瓦斯解吸指标 K₁ 和钻屑量 S 指标及其临界值如下:

主要预测指标: K₁ 指标, 临界值为 0.6 ml/g·min^{1/2};

预测参考指标: S 指标, 临界值为 14 Kg/m。

在两种指标的使用中, 钻屑瓦斯解吸指标 K₁ 值为主要判断指标, 钻屑量 S 值为参考指标。当

K₁ 值预测或检验不超标时, 可直接前进, 在掘进过程中, 统计 S 指标, 当 S 值大于其临界值时, 应停止前进, 再次利用预测指标 K₁ 值进行预测, 突出危险性根据预测结果确定。

参考文献

[1] 康建宁, 赵旭生. 煤与瓦斯突出预测新指标及其装备研究[J]. 煤炭科学技术, 2006(10):15-20.

[2] 华福明, 胡千庭. 用钻屑量和钻屑瓦斯解吸特征预测煤与瓦斯突出时的临界值确定方法的探讨[J]. 煤矿安全, 2002(7):21-23.

[3] 国家安全生产监督管理总局. 防治煤与瓦斯突出规定[S]. 2009(9):25-30.

[4] 李焕志. 抚顺煤矿煤与瓦斯突出预测敏感指标及临界值的探讨[J]. 煤矿安全, 1998(8):25-27.

[5] 周松元. 煤与瓦斯突出预测敏感指标及临界值的确定[J]. 湖南煤炭科技, 1995(9):26-29.

[6] 孙东玲. 突出敏感指标及临界值确定方法的探讨与尝试[J]. 煤炭工程师, 1996(4):3-7.

[7] 熊亚选. 工作面煤与瓦斯突出预测敏感指标确定方法研究[D]. 河南: 河南理工大学安全科学与工程学院, 2005.

[8] 李成武, 付京斌. 煤与瓦斯突出敏感指标的确定方法[J]. 煤矿安全, 2003(5):34.

[9] 田坤云. 大宁煤矿突出预测敏感指标及临界值的探索[D]. 河南: 河南理工大学安全科学与工程学院, 2007.

[10] 李青松. 淮南潘集矿区煤与瓦斯突出预测规律与敏感指标研究[D]. 河南: 河南理工大学安全科学与工程学院, 2007.

[11] 马国龙. 潘三矿 B11-2 煤掘进面瓦斯突出预测指标研究[D]. 河南: 河南理工大学安全科学与工程学院, 2008 年.