

文章编号: 1001-1986(2006) 03-0036-04

韩城矿区煤与瓦斯突出主控因素及突出区预测

王生全¹, 李树刚¹, 王贵荣¹, 钱建峰², 卫兆祥²

(1. 西安科技大学, 陕西 西安 710054; 2. 韩城矿务局, 陕西 韩城 715400)

摘要: 通过大量地质调查与瓦斯地质特征的研究表明, 影响韩城矿区煤与瓦斯突出的主控地质因素为煤层瓦斯含量、煤体结构类型及地质构造应力。文章确定了瓦斯突出预测的定量指标及临界值; 提出了等性块段叠加法的概念。通过划分瓦斯等性块段、煤体结构等性块段与构造应力等性块段, 建立块段突出危险类型评定原则与方案。运用等性块段叠加法, 圈定并预测了 3 号煤层突出危险区, 为矿井合理开展突出防治工作提供了科学依据。

关键词: 煤与瓦斯突出; 等性块段叠加法; 突出区域预测

中图分类号: TD713.2 **文献标识码:** A

Control factors of coal and gas outburst and regional prediction in Hancheng mining area, Shaanxi

WANG Sheng-quan¹, LI Shu-gang¹, WANG Gui-rong¹, QIAN Jian-feng², WEI Zhao-xiang²

(1. Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

2. Hancheng Mining Bureau, Hancheng 715400, China)

Abstract Based on a series of geologic investigation and research on gas-geologic features, main geologic controlling factors influencing coal and gas outburst in Hancheng mining area are considered as gas content of coal-bed, structural fractured types of coal-body and stress of geological structures. The quantitative index and its critical value of predicting outbursts are established. The idea of the stacked method which based on same-geological conditions block are put forward. Through dividing the coal-bed into blocks with same-geological condition including gas content, coal-body structural type and geological structure stress, setting up the principle and scheme evaluated on the types of outburst danger, applying the stacked method which based on same-geological conditions blocks, the range of the outburst danger types of No. 3 coalbed are predicted. It provides scientific basis for rational preventing and controlling gas outbursts.

Key words: coal and gas outburst; stacked method of same-geological condition block; prediction of outburst region

1 引言

韩城矿区属陕西省大型煤炭生产基地之一, 年产原煤约 500 万 t。近年来, 随着开采深度和生产规模的不断加大, 瓦斯灾害事故频繁发生, 给正常采掘及安全生产带来极大威胁, 尤其是煤与瓦斯突出已成为严重制约矿区安全生产和经济效益提高, 妨碍构建和谐社会的重大地质灾害之一。截止 2004 年, 矿区已发生各类煤与瓦斯突出(以下简称突出) 80

余次, 其中 80% 突出发生在近几年。然而到目前为止, 还未能有效地建立起可靠的预测突出危险性的一套方法与指标, 以致突出事故屡屡发生, 物质财产损失严重。因此, 从理论与实践上揭示突出发生的规律与因素, 研究突出区域预测的指标与方法, 对有针对性地采取防突措施将起到重要指导作用。

2 研究区地质特征

韩城矿区位于渭北煤田东北端, 矿区以文间岭

收稿日期: 2005-08-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50574072); 陕西省自然科学基金资助项目(2005D01); 陕西省教育厅专项基金资助项目(04JK170)

作者简介: 王生全(1961—) 男 陕西岐山人 西安科技大学地质与环境工程系教授 从事煤矿瓦斯地质研究与教学工作

隆起为界, 分北区与南区两部分。北区自南而北包括燎原、下峪口及桑树坪 3 个煤矿; 南区自南而北包括象山、马沟渠两个煤矿。矿区总面积 1 110 km²。区内总体构造形态为一走向 NE, 倾向 NW 的波状单斜构造。各种构造形迹多集中分布于矿区边浅部, 各矿井中深部除有少量褶皱构造外, 很少发现有大中型断裂, 地层倾角一般在 10°以下^[1]。区内主要含煤地层为二叠纪的山西组与石炭纪的太原组, 共含可采及局部可采煤层 4 层, 分别为山西组的 2 号、3 号煤层及太原组的 5 号、11 号煤层。煤质牌号以瘦煤和贫煤为主。矿区有 5 对生产矿井, 除马沟渠矿外, 其余 4 对矿井均为高瓦斯矿井。其中, 北区的 3 对矿井同时又为煤与瓦斯突出矿井, 其主采的 3 号煤层属煤与瓦斯突出煤层。

3 煤与瓦斯突出的特征与规律

3 号煤层属矿区主采煤层, 也是主要的煤与瓦斯突出煤层。自 1978 年在桑树坪矿斜井发生首次突出以来, 已发生大小突出 80 余次, 分布上表现出明显的区带性。其中, 以北部桑树坪煤矿突出最为严重, 年均突出频率 3.52 次, 最高达 30 次/a 之多, 并且显示有不断增大的趋势; 下峪口与燎原煤矿由于局部开采解放层, 突出频率相对较低。在突出类型上以压出型为主, 占总突出次数的 82%; 突出强度以中小型突出为主, 平均突出强度 52.8 t。突出时瓦斯涌出量大, 持续时间长, 平均发生一次突出瓦斯涌出量高达 6 118 m³, 平均突出吨煤瓦斯涌出量 116 m³。突出、压出前一般有一定的突出预兆, 突出时均伴有明显的动力效应及破坏现象。随着开采深度的增大和煤层底板标高的降低, 突出的频率及突出的强度均呈现逐渐增大的趋势(表 1)。

表 1 3 号煤层煤与瓦斯突出频率及突出强度与煤层标高关系统计表

Table 1 Relation between coal and gas outburst and coalbed elevation of No. 3 coalbed				
煤层标高 m	突出频率 /%	次大型突出 频率/%	中型突出 频率/%	小型突出 频率/%
450~400	12.50	2.50	3.75	6.25
400~350	12.50	3.75	3.75	5.0
350~300	33.75	10.0	6.25	17.5
<300	41.2	3.75	21.25	16.25
合计	100	20.0	35.0	45.0

4 煤与瓦斯突出的相关地质因素分析

4.1 突出与煤体结构类型

表现在所有突出点均处于构造煤分布区或分布带, 特别是碎粒煤(Ⅲ类煤)与糜棱煤(Ⅳ类煤)分布

区。该两类煤通称为构造软煤, 其厚度越大, 突出的危险性越高。平面上分布主要受褶皱构造、层间滑动构造及挠折构造等所控制^[2]。井下大量的观测及采样测试表明, 原生结构煤(Ⅰ类煤) *f* 值介于 0.58~0.66 之间, 平均 0.62; 碎裂煤(Ⅱ类煤) *f* 值介于 0.39~0.47 之间, 平均 0.43, 这两类煤煤质较硬, 强度较高。碎粒煤(Ⅲ类煤) *f* 值介于 0.28~0.38 间, 平均 0.33; 糜棱煤(Ⅳ类煤) *f* 值介于 0.14~0.29 间, 平均值 0.20。这两类煤煤质酥软, 机械强度很小, 用手捻搓极易成毫米级碎粒或煤粉, 抵御突出的能力很弱, 是高位能瓦斯易突破的窗口。同时这类煤由于构造强烈揉搓作用, 原生结构被破坏, 内部裂隙、裂纹增多, 孔隙率及自由表面积急剧增大, 煤层瓦斯的放散指数成倍提高, 经测定 ΔP 大多在 10 以上, 平均高出Ⅰ、Ⅱ类煤近 1.5 倍。从突出前后的大量调查资料来看, 发生突出时, 构造软煤的最小厚度在 0.60 m 以上。

4.2 突出与地质构造

大量实际资料表明, 突出与地质构造关系非常密切。3 号煤层所发生的 80 次突出均与地质构造有关, 占突出总数的 100%(表 2)。其中, 以褶曲翼部层滑带和大中型向斜轴部突出最为严重, 其次为背斜构造倾伏端及小型褶曲部位。笔者认为这与构造应力集中有重要关系。构造应力集中导致煤体围岩封闭条件变好, 瓦斯含量增高, 煤体强度削弱, 煤体透气性降低, 使煤内瓦斯产生异常高压及弹性应变能增高, 最终引起突出的发生。根据 3 号煤层厚度趋势面二次残差值与二次趋势值的比值, 编制出的煤层厚度变化率等值线图发现, 区内 76% 的突出点出现在煤厚变化率超过 30% 的相对厚煤带或薄煤带中。通过计算 3 号煤层底板标高趋势面三次残差值与三次趋势值的比值, 编制出的 3 号煤层底板标高变化率等值线图发现, 有 63% 的突出点出现在煤层底板标高变化率 $\leq -10\%$ 的区域或地带。这些说明, 煤厚强烈变化带或煤层底板标高强烈变化带, 确实蕴藏着较高的地应力, 这些高地应力成了决定突出成带分布的关键因素之一。在目前对地应力指标还无法方便测试的情况下, 利用煤层厚度变化率与底板标高变化率可反映构造应力的相对高低变化。

4.3 突出与瓦斯含量

煤与瓦斯突出是在地应力、煤体物理力学性质和瓦斯共同作用下发生的^[3]。瓦斯含量与压力是突出必不可少的最基本条件。根据笔者所建立的研究区 3 号煤层瓦斯含量预测数学模型^[4], 对 3 号煤层

表 2 3 号煤层突出点与地质构造关系统计表
Table 2 Relation between coal and gas outburst
and geological structures of No. 3 coalbed

矿井	突出 次数	构造部位突出次数			
		大中型向 斜轴部	褶曲翼部 层滑带	小褶曲 部位	背斜 倾伏端
桑树坪	68	0	58	2	8
下峪口	10	9	1	0	0
燎原	2	0	0	2	0
全区	80	9	59	4	8

历次突出点处煤层瓦斯含量值的计算表明,始突深度点处瓦斯含量值是突出点中值最低的。始突深度以深,突出时瓦斯含量普遍增高。桑树坪煤矿发生突出的最小瓦斯含量为 $7.0\text{ m}^3/\text{t}$,该矿 95% 的突出点瓦斯含量在 $7.5\text{ m}^3/\text{t}$ 之上;下峪口煤矿发生突出的最小瓦斯含量为 $8.0\text{ m}^3/\text{t}$,在 10 次突出记录中,9 次突出点的瓦斯含量均在 $8.5\text{ m}^3/\text{t}$ 之上;燎原煤矿仅有两次小型突出,发生突出的最小瓦斯含量为 $7.0\text{ m}^3/\text{t}$ 。随着煤层埋藏深度的增大和瓦斯含量的增高,突出的次数及强度都呈直线上升态势。

5 煤与瓦斯突出区预测

5.1 等性块段叠加法

等性块段是指具有一定面积的主要瓦斯地质特征大体相同的煤层块段^[9]。它是评价煤层突出危险程度的基本单元。按照影响突出的主控因素,分煤体结构等性块段、煤层瓦斯含量等性块段与煤层构造等性块段 3 部分。煤体结构等性块段是指煤体结构破坏类型基本相同的一些区域;煤层瓦斯含量等性块段是指瓦斯含量分布在一定特定范围的块段,在其内瓦斯虽有变化,但其变化对突出类型的界定不产生明显的影响;构造等性块段是指由煤层底板标高变化率或煤层厚度变化率代表的构造应力变化幅度分布在一定特定范围的块段,在其范围内构造应力虽有变化,但其变化对突出类型的界定不产生明显的影响。等性块段叠加法是以各单因素指标等性块段叠加后得到的新块段作为基本单元,通过建立单元煤与瓦斯突出危险性评判标准,以此作为评定单元瓦斯突出危险程度的依据。

5.2 等性块段的划分

首先以煤层瓦斯含量等值线图为底图,按照煤层瓦斯含量预测指标值有无突出危险和突出威胁划分瓦斯含量等性块段;然后在瓦斯含量等性块段基础上,再按煤体结构类型指标有无突出危险和突出威胁划分煤体结构等性块段;最后在上述块段基础上,按煤层厚度变化率或底板标高变化率有无突出危险和突出威胁划分构造等性块段。经过 3 次划分得到的新块段则为最终煤层突出危险性等级评定的叠加单元。

5.3 突出危险性预测指标临界值的确定

煤与瓦斯突出在空间上分布是不均衡的,这种不均衡性受地质条件所控制,这为突出危险区域性预测提供了客观条件。根据区域煤与瓦斯突出的主控地质因素及突出综合作用假说理论,在深化矿区突出规律认识及生产实践的基础上,提出如下等性块段突出危险性预测的定量指标及临界值(表 3)。

5.4 叠加等性块段突出类型的划分

按照等性块段的划分方法,研究区 3 号煤层可划分出若干叠加等性块段。按单元指标的组合,理论上可有 27 种块段类型,但其性质只有 3 种:即突出危险单元、突出威胁单元及非突出单元。确定单元性质的基本原则是以瓦斯含量指标作为基础,在满足含量指标临界值的前提下,将是否同时满足煤体结构类型与构造应力指标作为两个主导突出的因素进行考虑。根据研究区的大量生产实践,结合有关突出预测理论,笔者提出突出单元与非突出单元类型的具体划分方案如下:3 项突出预测指标皆达到突出危险临界值之上的为突出单元;而满足以下两个条件之一者,即:瓦斯含量在非突出危险临界值以下(其他指标值不论其高低),或 3 项预测指标中有两项指标同时在非突出危险临界值以下的,则可界定为非突出单元。凡是不满足上述突出与非突出单元指标值界限者,皆属于突出威胁区。

5.5 突出危险区预测

按照突出危险性预测指标、瓦斯地质等性块段划分法及叠加等性块段单元突出危险类型的划分方

表 3 3 号煤层突出危险性预测指标及临界值

指标类型	煤层瓦斯含量/($\text{m}^3\cdot\text{t}^{-1}$)	煤体结构类型	坚固性系数	底板标高变化率/%	煤层厚度变化率/%
有突出危险	≥ 8.0 (下峪口)	III、IV 类煤	≤ 0.40	≤ -10	≥ 30 或 ≤ -30
	≥ 7.5 (桑树坪、燎原)				
有突出威胁	$8.0\sim 6.0$ (下峪口)	II 类煤	$0.40\sim 0.50$	$-10\sim -5$	$\pm 30\sim \pm 10$
	$7.5\sim 6.0$ (桑树坪、燎原)				
无突出危险	≤ 6.0	I 类煤	> 0.50	> -5	$-10\sim +10$

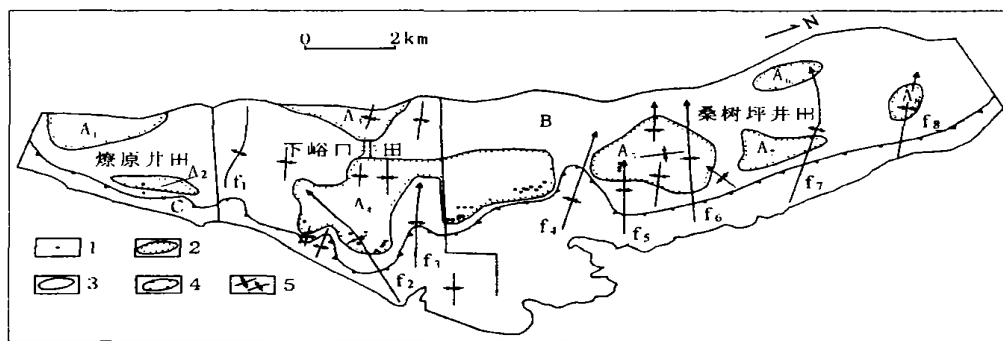


图1 韩城北区3号煤层煤与瓦斯突出区域预测图

Fig. 1 The prediction map of No. 3 coalbed outburst region in Hancheng northern mining area

1——突出点; 2——突出危险区; 3——突出威胁区; 4——非突出区; 5——背向斜构造

案, 对有突出危险性的矿区北部3号煤层突出危险性进行了平面圈定与预测(图1), 共圈定突出危险区8块($A_1 \sim A_8$)。突出危险区的特点为瓦斯含量皆大于 $7.5 \text{ m}^3/\text{t}$, 煤体破坏严重, 全表现为块粉煤或粉末煤, 煤层厚度小于 4.5 m 或大于 8.5 m , 或煤层底板标高残差值变化幅度剧烈。预测非突出区1块, 位于矿区边浅部地带, 而其余皆为突出威胁区。

6 结论

韩城矿区主采3号煤层属煤与瓦斯突出煤层, 突出点分布有明显的区带性特点, 影响突出的主要地质因素为煤层瓦斯含量、煤体结构类型与地质构造应力。瓦斯含量是突出产生的基础, 煤体结构类型与地质构造应力是产生突出区域分布的主控因素。通过确立突出预测指标及临界值, 采用等性块

段叠加法, 划分等性块段, 建立叠加块段突出危险类型等级评定原则与方案, 圈定与预测了3号煤层突出危险区、突出威胁区及非突出区的范围, 为生产矿井有针对性地开展煤与瓦斯突出的防治工作, 杜绝重大瓦斯事故的发生提供了科学依据。

参考文献

- [1] 王生全. 论韩城矿区煤层气的构造控制[J]. 煤田地质与勘探, 2002, 30(1): 21-22.
- [2] 王生全. 煤与瓦斯突出预测中的煤体结构指标[J]. 西北地质, 1999(3): 30-31.
- [3] 王大曾. 瓦斯地质[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1992: 83-85.
- [4] 王生全. 煤层瓦斯含量的主控因素分析及回归预测[J]. 煤炭科学技术, 1997, 25(9): 45-47.
- [5] 刘坚, 许祥左. 试用等性块段指数法确定夹河煤矿矿井地质条件类别[J]. 煤田地质与勘探, 1990(3): 30-31.

德国煤矿安全新技术

“数字眼镜”替人查机器

“超越现实”是一种高安全性的通讯技术。矿工通过“数字眼镜”(检测机器故障的装置)查看出现故障的机器。电脑会给出非常详细的、有动画演示的维修步骤。矿工不需要亲自去检查机器, 完全由电脑来检查并处理数据。电脑能自动识别物体, 并提供相关信息。

无线局域网系统减少危险

“井下 WLAN 无线局域网系统”由德国石煤股份公司、德国矿冶技术有限公司及多家科研机构共同研制而成。这种技术利用安装在矿工头盔上的摄像头

传送地下煤矿实时图像, 并通过手机、耳麦等移动通讯设备, 借助微型电脑进行数据传输等。如矿工在进行井下维修时, 可在很短的时间内检索到有关维修的具体信息, 随身携带的袖珍电脑能立即告知库存的配件, 然后可通过耳麦告知地上人员; 如果出现意外情况, 矿工马上可与电话服务中心的专家取得联系, 专家则借助矿工头盔上的摄像头传送的实时图片, 犹如身临其境地进行观察与诊断, 并通过耳麦指导操作。这样, 因故障而停工的时间将大大缩短, 提高了矿工工作效率, 也降低了危险概率。而且, 所有的问题和解决方法都将存储在知识数据库里供以后参考。