

文章编号:1671-251X(2016)09-0033-05 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2016.09.008
田坤云,孙光中.王行庄煤矿近距离保护层开采防突效果考察[J].工矿自动化,2016,42(9):33-37.

王行庄煤矿近距离保护层开采防突效果考察

田坤云, 孙光中

(河南工程学院 安全工程学院, 河南 郑州 451191)

摘要:以河南新能开发有限公司王行庄煤矿为研究背景,介绍了保护层开采理论,考察了采取保护层开采措施前后同一测试地点的瓦斯参数,主要包括瓦斯含量、瓦斯压力、煤层的透气性系数及突出预测指标。现场试验结果表明,采取保护层开采措施后,被保护层区域瓦斯压力及含量大幅降低,瓦斯涌出量及突出预测指标明显下降,煤层透气性系数大幅增加。

关键词:保护层开采;透气性系数;煤层瓦斯含量;煤层瓦斯压力;瓦斯涌出量
中图分类号:TD713.31 文献标志码:A 网络出版时间:2016-09-02 10:11
网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20160902.1011.008.html>

Study on outburst prevention effect of short range protective seam mining of Wangxingzhuang Coal Mine

TIAN Kunyun, SUN Guangzhong

(School of Safety Engineering, Henan University of Engineering, Zhengzhou 451191, China)

Abstract:The paper took Wangxingzhuang Coal Mine of Henan New Energy Development Co., Ltd. as research background, introduced protective seam mining theory, and investigated gas parameters in the same test site before and after taking protective layer mining measures, including gas content, gas pressure, coal seam permeability coefficient and outburst predictive index. Field test results show that after taking protective layer mining measures, gas pressure and content of the protected layer region reduce significantly, the gas emission amount and outburst predictive index decrease obviously, and seam permeability coefficient increases greatly.

Key words:protective seam mining; permeability coefficient; coal seam gas content; coal seam gas pressure; gas emission quantity

0 引言

随着煤炭开采深度不断加大,煤与瓦斯突出已经成为威胁煤矿安全生产的主要灾害,严重地制约着煤矿的高效、安全生产。在众多防突措施中,保护层开采已被证实为最有效的区域防突措施^[1]。《防治煤与瓦斯突出规定》明确指出:具备开采保护层条件的矿井应优先开采保护层作为区域防突措施。曹成平^[2]对近距离上保护层开采条件下的瓦斯治理

方法进行了研究,提出在保护层设计走向钻孔对邻近层瓦斯进行抽放。马占国等^[3]通过物理模拟试验对下保护层推进过程中被保护层的瓦斯抽采防突效果进行了研究,结果表明,下保护层开采后,上覆煤层将充分卸压,瓦斯可得以充分抽采。陈思等^[4]对保护层开采过程中增透效果及卸压范围进行了研究,结果表明,保护层开采后,过渡卸压区内煤体膨胀率为1.85%,煤层透气性系数可增大到原来的70倍。刘三均等^[5]对下保护层开采上覆煤岩裂隙变

收稿日期:2016-01-25;修回日期:2016-07-12;责任编辑:胡娴。
基金项目:国家自然科学基金资助项目(51174082);河南工程学院博士基金项目(D2015025)。
作者简介:田坤云(1981—),男,河南台前人,副教授,博士,主要从事煤矿瓦斯灾害预测与防治方面的教学及科研工作,E-mail:tky1153@163.com。

形进行了相似模拟,提出了三位一体的立体综合瓦斯治理新模式,多角度地对保护层开采的效果进行了系统评价。可见保护层开采技术的瓦斯治理效果已被大量实践证明,并得到了广泛的应用。本文以河南新能开发有限公司王行庄煤矿为研究背景,考察了保护层开采后被保护层区域的瓦斯含量、压力、煤层透气性系数及掘进期间的瓦斯涌出量等指标,进一步印证了保护层开采防突措施的有效性。

1 保护层开采理论

保护层内的工作面回采后,两层煤体间的岩体会形成自由空间,原有的应力平衡遭到破坏,岩体在地应力的作用下会向保护层中的采空区方向运移^[6]。采空区的顶(底)板煤岩体遭到破坏后发生移动、变形,煤岩的应力状态及内部裂隙重新分布,被保护层区域的煤(岩)体会发生卸压、膨胀;保护层及被保护层间岩石的裂隙大量增加,岩体的透气性急剧增大^[7]。被保护层煤体内部的瓦斯充分释放后,瓦斯压力及瓦斯含量下降,达到了消除被保护层煤体突出危险性的目的。

由于近距离保护层开采两煤层之间的层间距小,保护层及被保护层间的大部分裂缝呈垂直状态,在距保护层一定的距离内,裂缝之间相互沟通,最终与保护层内部煤层的采空区相贯通,大大增加了被保护层瓦斯涌向保护层开采空间的通道^[8]。同时,在被保护层回采过程中,采空区内部岩层的裂隙也会与保护层的采空区相互沟通,为被保护层煤采空区内部瓦斯涌向保护层采空区提供了大量的通道^[9]。保护层开采防突机理如图 1 所示。

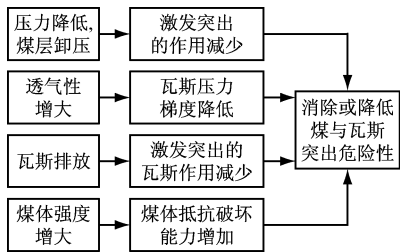


图 1 保护层开采防突机理

2 保护层及被保护层确定

王行庄煤矿位于郑州东南部,随着开采深度不断增加,该矿已由高瓦斯矿井升级为突出矿井,且煤与瓦斯突出有加重的趋势。近年来,该矿井采取了煤层瓦斯预抽、超前排放钻孔等防突措施,由于矿井煤层松软、赋存极不稳定、透气性系数极低等原因,防治煤与瓦斯突出效果不够理想。由于瓦斯防治人

力、物力成本较高,造成了吨煤成本增加,很大程度上制约了矿井的经济效益,同时也极易造成矿井生产接替紧张。

王行庄煤矿主要可采煤层为二₁ 煤层及其上部的二₃ 煤层。二₁ 煤层厚度为 0~21 m,平均厚度为 6.8 m。二₃ 煤层与二₁ 煤层的平均间距约为 23 m。二₃ 煤层厚度为 0~6.54 m,平均厚度为 1.54 m,大部可采。二₁ 煤层为典型的“三软”煤层(顶板、底板及煤体松软),煤层透气性系数极低,煤层瓦斯抽放难度较大。

在瓦斯含量高、透气性差的二₁ 煤层回采之前,选择合适的保护层优先进行开采,对消除本煤层的煤与瓦斯突出威胁意义重大^[9]。一₇ 煤层和一₅ 煤层位于二₁ 煤层下方,煤层厚度较小,理论上可作为二₁ 煤层的保护层,但由于两煤层底板下部具有高压承压水,开采风险很大且开采经济效益较差,所以不能作为二₁ 煤层的保护层进行开采。依据《防治煤与瓦斯突出规定》,多煤层开采时应选择无突出危险性或者突出危险性相对较小的煤层作为保护层首先开采^[10]。根据现场实测得知,二₃ 煤层瓦斯含量较二₁ 煤层要小,相应的突出危险性也小。因此,选择突出危险性相对较小且处于二₁ 煤层上部的二₃ 煤层作为上保护层来进行开采。

3 现场试验方案确定

首先在上保护层煤层二₃ 煤层中布置 11053 工作面进行回采,在下部被保护层二₁ 煤层中布置 11051 综放工作面,采区内煤层厚度为 1.8~11.45 m,平均厚度为 5.4 m,煤层倾角为 17~23°,煤层赋存稳定。保护层与被保护层工作面平面、剖面分别如图 2、图 3 所示。

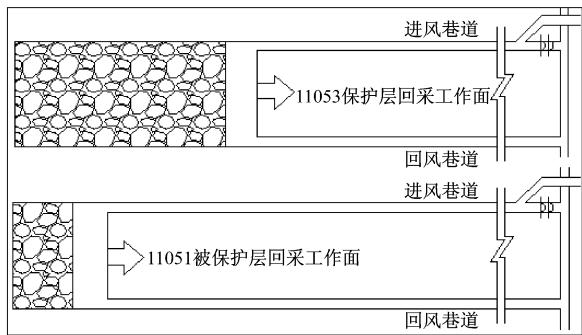


图 2 保护层与被保护层工作面布置平面

4 上保护层开采保护效果理论分析及现场考察

4.1 保护效果理论分析

保护层开采后,周围的煤(岩)层向采空区变形

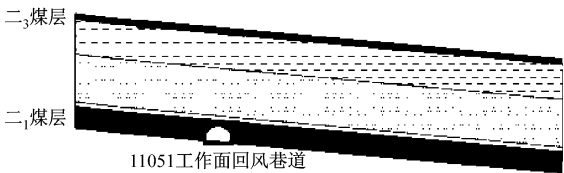


图3 保护层与被保护层工作面布置剖面

和移动,地应力重新分布。采空区上、下方的岩体向采空区膨胀变形,地应力向开采空间周围转移,从而使采空区上、下方煤岩体应力降低^[11-13]。另外,卸压带范围内的煤(岩)层中产生新的裂隙,原有裂隙也张开扩大,使得透气性系数增大,瓦斯解吸、扩散时间缩短,渗流量迅速增大,产生“卸压增流效应”,煤(岩)层瓦斯排放能力提高,瓦斯压力降低,瓦斯含量减少,煤的机械强度提高,进而降低或者消除被保护层的突出危险性^[14]。

4.2 保护范围的确定

4.2.1 工作面回采方向保护范围

根据《防治煤与瓦斯突出规定》,如果保护层回采工作面停采的时间超过3个月并且卸压比较充分,那么该保护层回采工作面对被保护层沿其回采方向的卸压角度应该按照 $\delta_3 = 56 \sim 60^\circ$ 来划定。对于试验矿井11051工作面而言,上距保护层二₃煤层平均20 m,计算可知,保护层二₃煤层应该超前被保护层工作面11.60~13.56 m进行开采才能起到保护效果。

4.2.2 工作面布置方向保护范围

《防治煤与瓦斯突出规定》要求,沿工作面布置方向的保护范围可以按照卸压角 δ_3, δ_4 来确定。试验矿井煤层倾角为 $8 \sim 24^\circ$,平均倾角为 17° 。经过计算,沿工作面布置方向的卸压角 $\delta_3 = \delta_4 = 75^\circ$,根据试验矿井保护层与被保护层的平均间距为20 m,得到二₃煤层11053工作面开采后对被保护层沿其布置方向的超前距约为5.45 m。

保护层开采后,被保护层沿2个方向的保护范围如图4所示。

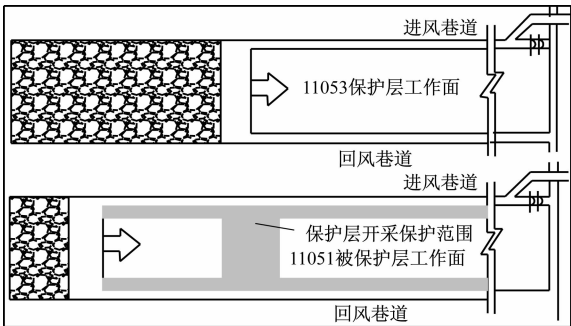


图4 保护层开采保护范围投影

4.3 保护效果现场考察

在11051工作面回风巷道及没有进行保护层开采且与11051工作面地质条件相似并相邻的11011工作面回风巷道进行瓦斯含量、压力、煤层透气性系数测定,并统计两工作面回风巷道掘进期间的瓦斯涌出及突出预测指标情况。11011工作面回风巷道的瓦斯基础参数可作为11051工作面回风巷道的参考依据。

4.3.1 瓦斯压力测试结果及对比

在11011工作面回风巷道施工6个钻场进行瓦斯压力测试,在煤层埋藏深度相近的11051工作面回风巷道也施工6个钻场进行瓦斯压力测试。11011工作面回风巷道与11051工作面回风巷道同编号钻场的埋深基本接近。取每个测压钻孔瓦斯压力的最大值绘制成图,如图5所示。

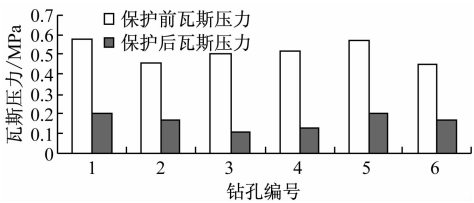


图5 保护层开采前后瓦斯压力对比

由图5可以看出,经过保护层开采卸压后,11051工作面巷道6个钻场的平均瓦斯压力为0.18 MPa,较未经过保护层开采卸压的11011工作面回风巷道6个钻场的平均瓦斯压力0.52 MPa(煤层原始瓦斯压力)要小得多。

4.3.2 瓦斯含量测试结果及对比

在11011工作面回风巷道及11051工作面回风巷道6个钻场内进行瓦斯含量测试,取每个钻孔瓦斯含量的最大值绘制成图,如图6所示。

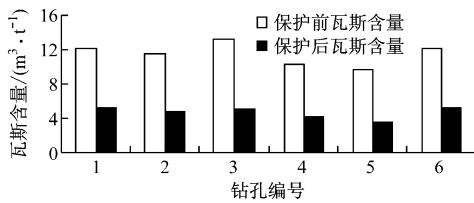


图6 保护层开采前后瓦斯含量对比

由图6可看出,经过保护开采卸压后,11051工作面回风巷道钻场的平均瓦斯含量为 $4.64 \text{ m}^3/\text{t}$,较未经过保护层开采卸压的11011回风巷道6个钻场的平均瓦斯含量 $11.52 \text{ m}^3/\text{t}$ (煤层原始瓦斯含量)也要小很多。

4.3.3 煤层透气性系数测试结果及对比

11011及11051工作面回风巷道钻场内所施工钻孔的直径均为75 mm,煤孔施工长度均为15 m,煤

层瓦斯含量系数可取 $\alpha=9.13 \text{ m}^3/(\text{t} \cdot \text{MPa}^{1/2})$,煤层原始瓦斯压力取 11051 工作面回风巷道 6 个测压钻孔的平均实测值 0.52 MPa。根据 11051 工作面回风巷道流量的实测值计算不同地点的煤层透气性系数。11051 工作面回风巷道内煤层透气性系数随二₃煤层 11053 工作面推进的变化规律如图 7 所示。

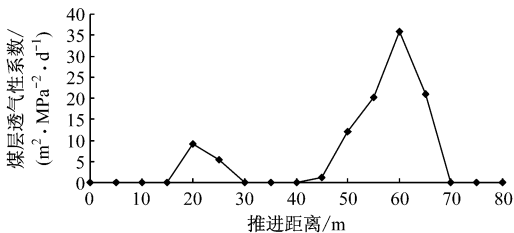


图 7 被保护层煤层透气性系数随保护层工作面推进距离的变化曲线

从图 7 可以看出,二₁煤层原始透气性系数约为 $0.03 \text{ m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})$,随着工作面 11053 的推进,二₁煤层透气性系数有一定上升。随着二₃煤层继续推进,二₁煤层受到集中应力的影响,透气性系数迅速衰减。当保护层工作面推进至某一距离时,透气性系数上升至高峰值 $35.68 \text{ m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})$,比原始透气性系数增加了近 1 200 倍,随后逐渐衰减并趋于稳定。

4.3.4 掘进区间瓦斯涌出情况对比

统计保护层 11053 工作面(二₃煤层)、被保护层 11051 工作面(二₁煤层)及与 11051 地质条件相似但是未受保护层卸压影响的 11011 工作面(二₁煤层)3 条回风巷道的瓦斯涌出量,绘制瓦斯涌出量变化情况,如图 8 所示。

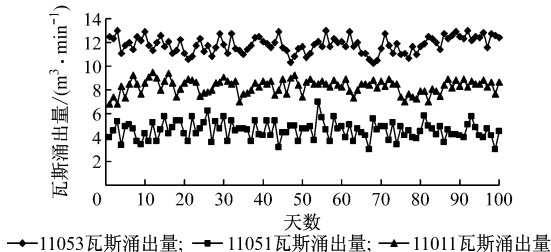


图 8 3 个工作面回风巷道瓦斯涌出情况

从图 8 可以看出,在 11053 工作面回采过程中,底板围岩受到卸压而产生裂隙,被保护层卸压后,瓦斯大量释放,沿着裂隙涌入到 11053 工作面,导致 11053 工作面瓦斯涌出量增大,被保护层二₁煤层 11051 工作面瓦斯涌出量减少。11053 工作面瓦斯涌出量约为 11051 工作面瓦斯涌出量的 3 倍,被保护层的瓦斯大约有 50%都已经涌入到保护层工作面。11011 工作面瓦斯涌出量约为 11051 工作面瓦斯涌出量的 2 倍。被保护层的大量瓦斯释放到保护

层后,有效地降低了被保护层的瓦斯含量,降低甚至消除了其突出危险性。

4.3.5 掘进区间突出预测指标统计对比

试验矿井为煤与瓦斯突出矿井,巷道掘进期间严格执行“四位一体”的局部防突措施,预测预报指标采用钻孔瓦斯涌出初速度(q)、钻屑量指标(S),其临界值分别为 4.5 L/min 和 6 kg/m。统计 11011 工作面回风巷道及 11051 工作面回风巷道各 50 个循环的预测指标,其中 11011 工作面回风巷道的预测指标可视为 11051 工作面未受保护开采影响时的预测指标,如图 9 所示。

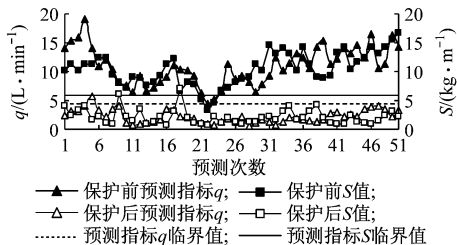


图 9 保护层开采前后突出预测指标对比

从图 9 可以看出,采取保护层开采措施前,煤巷掘进工作面的预测指标基本都在临界值以上,必须采取局部防突措施,待指标下降到临界值后方可进行掘进,大大影响了掘进的进尺。而采取保护层开采卸压后,11051 回风巷道工作面预测指标基本上都不超标,掘进效率大大提高。

5 结语

通过采取近距离上保护层开采区域防突出措施,试验矿井被保护层二₁煤层得到了充分的卸压,煤体瓦斯基础参数发生了很大改变,瓦斯得到了充分有效的释放,卸压区内被保护层煤体的突出危险性得到了有效降低甚至消除。具体卸压效果如下:① 被保护层二₁煤层的平均瓦斯压力由 0.52 MPa 降到 0.18 MPa,平均瓦斯含量由 $11.52 \text{ m}^3/\text{t}$ 降到 $4.64 \text{ m}^3/\text{t}$ 。② 被保护层二₁煤层工作面瓦斯涌出量大幅减少,接近 50%的瓦斯通过煤岩体裂隙涌入到保护层二₃煤层工作面;二₁煤层原始透气性系数约为 $0.03 \text{ m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})$,充分卸压后最大透气性系数达 $35.68 \text{ m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})$,增加了近 1 200 倍。③ 卸压后钻孔瓦斯涌出初速度 q 及钻屑量指标 S 基本都降到临界值以下。

参考文献:

[1] 袁亮.卸压开采抽采瓦斯理论与煤与瓦斯共采技术体系[J].煤炭学报,2009,34(1):1-8.

[2] 曹承平. 近距离上保护层开采的实践[J]. 煤炭科学技术, 2006, 34(4): 33-35.

[3] 马占国, 涂敏, 马继刚, 等. 远距离下保护层开采煤岩体变形特征[J]. 采矿与安全工程学报, 2008, 25(3): 253-257.

[4] 陈思, 石必明, 穆朝民, 等. 保护层开采过程中增透效果及卸压范围研究[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(4): 45-49.

[5] 刘三钧, 林柏泉, 高杰, 等. 远距离下保护层开采上覆煤岩裂隙变形相似模拟[J]. 采矿与安全工程学报, 2011, 28(1): 51-55.

[6] 田坤云, 孙文标, 魏二剑. 上保护层开采保护范围确定及数值模拟[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2013, 32(1): 7-13.

[7] 于不凡. 开采解放层的认识与实践[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1986.

[8] 石必明, 俞启香, 王凯. 远程保护层开采上覆煤层透气性动态演化规律试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(9): 1917-1921.

[9] 石必明, 俞启香, 周世宁. 保护层开采远距离煤岩破裂变形数值模拟[J]. 中国矿业大学学报, 2004, 33(3): 259-263.

[10] 国家安全生产监督管理总局. 防治煤与瓦斯突出规定[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2009.

[11] 沈荣喜, 王恩元, 刘贞堂, 等. 近距离下保护层开采防冲机理及技术研究[J]. 煤炭学报, 2011, 36(增刊 1): 63-67.

[12] 王伟, 程远平, 袁亮, 等. 深部近距离上保护层底板裂隙演化及卸压瓦斯抽采时效性[J]. 煤炭学报, 2016, 41(1): 138-148.

[13] 季文博, 齐庆新, 李宏艳, 等. 近距离被保护卸压煤体透气性变化规律实测研究[J]. 煤炭学报, 2015, 40(4): 830-835.

[14] 李东印, 李林博. 近距离上保护层开采下伏煤岩体卸压效应研究[J]. 煤矿开采, 2013, 18(4): 104-107.