底板巷穿层钻孔水力冲孔防突技术

刘明举[1]，郭献林[1]，李 波[2]，王 冕[1]
（1. 河南理工大学 煤矿安全工程技术研究中心，河南 焦作 454000；2. 中国矿业大学（北京）资源与安全工程学院，北京 100083）

摘 要： 针对新安矿 14211 运输巷掘进过程中面临的煤与瓦斯突出问题，为了研究和确定适合新安煤田三软煤层赋存特点的水力冲孔工艺和消突评价体系，使其快速消除工作面突出危险性，提高煤巷掘进速度，采用底板巷穿层钻孔水力冲孔防突措施，按照考察出的冲孔影响半径均匀布置钻孔，排出部分煤体和瓦斯，使煤体卸压增透。试验结果表明，底板巷穿层水力冲孔技术较好地适应和利用了三软煤层的赋存特点，消除了工作面的突出危险性，掘进速度也由之前的 40 m/月提高到 75 m/月，提高了 87.5%。

关键词： 底板巷；穿层钻孔；三软煤层；水力冲孔；防突措施
中图分类号： TD713 **文献标志码：** A **文章编号：** 0253－2336（2011）02－0033－03

Outburst Prevention Technology with Borehole Hydraulic Jet Through Strata in Floor Gateway

LIU Ming-ju[1], GUO Xian-lin[1], LI Bo[2], WANG Mian[1]
(1. *Research Center of Mine Safety Engineering and Technology, Henan Polytechnic University, Jiaozuo* 454000, *China*;
2. *School of Resources and Safety Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing* 100083, *China*)

Abstract: According to coal and gas outburst problems occurred in the heading process of the No. 14211 transportation gateway in Xin'an Mine, in order to study and set up the borehole hydraulic jet technique and the outburst evaluation system suitable for the three soft seam deposit features in Xin'an Coalfield, to rapidly eliminate the outburst danger of the heading face and to improve the seam gateway heading speed, the outburst prevention measures with borehole hydraulic jet through the strata in the floor gateway were applied. According the investigation of the borehole hydraulic jet influence radius, a layout of the borehole pattern was evenly set up and a partial coal and gas could be discharged. Thus the seam pressure could be released and the permeability of the seam could be improved. The experiment result showed that the borehole hydraulic jet technology passed through strata in the floor gateway would be well suitable for and utilization of the deposit features of the three soft seam and could eliminate the outburst danger of the heading face. Thus the heading speed could be improved from the previous 40 m/month to 75 m/month and the heading efficiency was improved by 87.5%.

Key words: floor gateway; borehole through strata; three soft seam; borehole hydraulic jet; outburst prevention measure

水力冲孔是在突出煤层中直接应用的一种防治突出措施，它是以岩柱或者煤柱作为安全屏障，冲孔时，随着钻孔的前进，煤、水、瓦斯经过孔道向孔外排出，孔道周围煤体剧烈向孔道方向移动，同时发生煤体的膨胀变形和顶底板的相向位移，引起在冲孔一定影响范围内的地应力降低，煤层卸压，裂隙增加，使煤层透气性增高，促进瓦斯的解吸和排放，煤的强度增高和湿度增加，既消除了突出动力，又改变了突出煤层的性质，在采掘作业时起到了防治煤与瓦斯突出的作用[1-7]。钻孔冲出一定数量的煤体后形成孔径较大的空洞，一方面有利于提高冲孔后的瓦斯抽放效果，另外其抽放影响半径相对较大，减少了钻孔施工量，同时也缩短了预抽时间，解决了常规预抽煤层瓦斯方式的不足[8-11]。

1 冲孔工作面概况

新安矿 14211 工作面标高 +4—－25 m，地面标高 +525—+558 m，工作面倾向长 143 m，走向 701.5 m，面积 100 314.5 m^2，煤层倾角 5～11°，平均 6°，煤层平均厚度约 3 m，14211 直接底为砂质泥岩、粉砂岩；基本底为硅质泥岩，灰黑色，致密坚硬，节理发育，俗称“铁里石”。该工作面上邻 14191 工作面（已回采）保护煤柱（厚 3 m）；下邻 14231 设计工作面；东邻 12 采区与 14 采区保

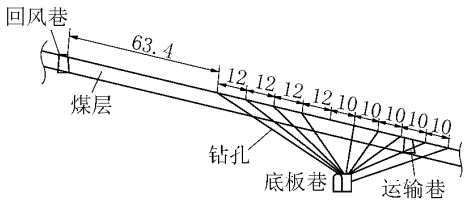
中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

护煤柱；西邻 14 采区下山保护煤柱。该面为煤与瓦斯突出工作面，拟采用水力冲孔和顺层长钻孔措施消除突出危险性。

14211 工作面底板巷布置在煤层以下 7 m 的位置，即底板巷位于厚铁里石层与薄铁里石层之间。倾向方向上至运输巷中心线水平距离为 30 m，底板岩巷宽 3.3 m、高 2.95 m，断面为直墙半圆拱。底板巷内钻场间距为 32 m，钻场深 4 m，高 3.2 m，宽 4 m，断面为直墙半圆拱。

2　钻孔布置概况

新安矿水力冲孔影响半径考察结果为 6 m，由于 14211 工作面底板巷内钻场的间距为 32 m，冲孔钻孔的终孔位置在煤层倾向上间距暂定为 10 m（个别钻孔间距为 12 m），在走向上间距暂定为 12 m。每个钻场内设计孔数为 40 个，其中有 20 个孔的钻进方向为底板巷掘进方向，另外 20 个孔方向与掘进方向相反，除 1、11、1′和 11′钻孔布置在钻场巷壁外，其他钻孔全部布置在钻场巷道的顶部，以钻场巷道中心线呈轴对称分布，控制工作面范围为回风巷以下 63 m 至运输巷以下 15 m。冲孔时钻孔直径定为 113 mm，冲孔钻孔布置如图 1 所示。



从左至右的钻孔号依次为 20、10、10′、20′；19、9、9′、2、19′；18、8、8′、18′；17、7、7′、17′；16、6、6′、16′；15、5、5′、15′；14、4、4′、14′；13、3、3′、13′；12、2、2′、12′；11、1、1′、11′

图 1　冲孔钻孔布置

3　冲出煤量分析

1）单孔冲出煤量标准。14211 工作面平均煤厚为 4 m 左右，冲孔钻孔穿煤长度大都在 5 m 左右。在对冲孔有效影响半径的考察中，每米煤钻孔平均冲出 1 t 煤量，或者单孔冲出煤量不少于 5 t 的基础上，其有效影响半径可以达到 6 m。因此单孔冲出煤量标准为钻孔穿煤长度小于 5 m 时，要求单孔冲出总煤量不少于 5 t；当穿煤长度大于 5 m 时，要求冲出煤量不少于 1 t；当穿煤长度大于 8 m 时，要求单孔冲出煤量不少于 8 t。

2）各钻场冲出煤量分析。14211 工作面底板巷共有 15 个钻场，每个钻场布置 40 个钻孔。其中 14211 工作面运输巷及其巷道两帮 15 m 范围内布置有 16 个钻孔。冲孔时先对该区域内钻孔进行冲孔，用以掩护运输巷掘进。巷道掘进之后，再冲其他 24 个钻孔，对整个回采区域进行冲孔。2—15 号钻场内冲出煤量统计见表 1。

表 1　2—15 号钻场冲出煤量统计

钻　场	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号	8 号	9 号	10 号	11 号	12 号	13 号	14 号	15 号
冲孔钻孔数量/个	9	19	20	13	9	11	11	17	27	23	25	26	20	14
冲孔出煤总量/t	30.5	88.5	105.0	66.5	45.7	68.9	77.5	122.1	170.0	144.9	141.5	199.0	136.5	109.0
煤量占控制范围内总量比例/%	0.22	0.63	0.74	0.47	0.32	0.49	0.55	0.87	1.20	1.03	1.00	1.41	0.97	0.77
煤孔总长度/m	29.0	89.0	104.5	62.5	43.0	72.5	82.0	151.0	164.5	133.5	127.5	187.0	133.0	101.5
平均单孔出煤量/t	3.39	4.66	5.25	5.12	5.08	6.26	7.05	7.18	6.30	6.30	5.66	7.65	6.83	7.79
平均每米出煤量/t	1.05	0.99	1.00	1.06	1.06	0.95	0.95	0.81	1.03	1.09	1.11	1.06	1.03	1.07

2 号、6 号、7 号等 3 个钻场冲出的煤量较少，原因在于：2 号钻场个别钻孔见煤点落到了已掘区域，钻孔报废；6 和 7 号钻场个别钻孔施工到足够深度依然没有见煤，或者钻进期间发生塌孔现象，导致冲孔无法进行；个别钻场平均每米冲出煤量少于 1 t，原因是虽然完成冲孔钻孔施工，但在冲孔过程中发生塌孔等现象导致埋钻，无法继续冲孔，直接影响了每米出煤量。

总体而言，14211 工作面底板巷水力冲孔冲出煤量达到了确定的出煤量标准。

4　冲孔后孔径变化

冲孔之前煤孔孔径为 113 mm，冲孔标准规定单孔冲出煤量不能少于 5 t，冲出大量煤体之后，

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

煤孔段形成了较大空洞，孔径增大，2—15 号钻场冲孔前后的孔径变化情况见表 2。

表 2　2—15 号钻场冲孔前后的孔径变化

钻　场	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号	8 号	9 号	10 号	11 号	12 号	13 号	14 号	15 号
原孔径/mm	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
平均每米出煤量/t	1.052	0.994	1.005	1.064	1.063	0.950	0.945	0.809	1.033	1.085	1.110	1.064	1.026	1.074
冲孔后平均孔径/mm	941.9	890.6	899.9	952.9	951.8	851.1	846.5	724.2	925.5	972.1	993.9	953.1	919.2	961.8
孔径扩大系数	8.3	7.9	8.0	8.4	8.4	7.5	7.5	6.4	8.2	8.6	8.8	8.4	8.1	8.5

在表 2 中，冲孔后孔径的最大值为 993.9 mm，其扩大系数为 8.8；孔径的最小值为 724.2 mm，扩大系数为 6.4。直接施工大直径钻孔的难度较大，而且诱发突出的可能性也比较大[12]，冲孔后形成的大直径煤孔可以为冲孔后更好地抽放瓦斯奠定基础。

5　防突效果分析

1）突出危险性对比。14211 工作面为煤与瓦斯突出工作面，冲孔前测定其原始瓦斯含量 10～11 m^3/t。如不实施防突措施进行消突，工人的采掘作业都将处于具有突出危险性的不安全环境中。实施水力冲孔防突措施之后，经措施效果检验，测定其残存瓦斯含量值均小于 8 m^3/t，降到了指标临界值（8 m^3/t）以下，已经消除了突出危险性，大幅改善了采掘作业环境，消除了作业时存在的安全隐患。

2）掘进速度对比。实施水力冲孔防突措施之前，14211 工作面运输巷已经掘进了 48 m，掘进速度缓慢，月进尺只有 40 m 左右，严重影响了矿井正常的采掘接替，不利于矿井经济效益的提高。实施水力冲孔防突措施之后，不但消除了突出危险性，而且掘进速度也大幅提高。实施水力冲孔之后，掘进速度由原来的单月进尺 40 m 提高到 75 m，增大了 87.5%，防突效果十分明显。

3）瓦斯动力现象对比。14211 工作面运输巷在实施水力冲孔防突措施之前，施工预测孔或超前排放钻孔，当孔深超过 10 m 时，钻进时出现了喷孔及顶钻、夹钻等动力现象，而且频率较高，不但严重影响了掘进速度，而且还有诱发煤与瓦斯突出的危险。

实施水力冲孔防突措施之后，不但消除了煤层区域的突出危险性，大幅改善了作业环境，而且喷孔、顶钻等动力现象发生频率大幅降低，打钻难度也大幅度降低。

4）预测和效检超标情况对比。14211 运输巷在实施水力冲孔之前掘进的 50 m 长度范围内，多次出现了预测和效检超标现象，其超标率较高，这也是导致掘进缓慢的重要原因。实施水力冲孔防突措施之后，预测和效检超标情况大幅改善，超标率有了一定程度的降低，这也反映了水力冲孔较为明显的卸压增透效果。

6　结　论

1）考察和确定了适合新安煤田赋存特点的水力冲孔工艺和技术标准，为其更好地推广和应用奠定了基础。

2）单孔冲出不少于 5 t 煤后形成的大直径空洞保证了冲孔后的抽放效果。

3）实施水力冲孔防突措施之后，经措施效果检验，残存含量指标均降到了临界值以下，不但消除了工作面突出危险性，而且大幅降低了动力现象的发生概率，很好地改善了作业环境。

4）冲孔之后钻孔孔径扩大系数均在 6 以上，大直径空洞的产生在一定程度上提高了冲孔后的抽放效果。

5）实施水力冲孔消突措施之后，月累计进尺由原来的 40 m 提高到 75 m，增大了 87.5%。

参考文献：

[1]　张运棋．高压水射流切割原理及其应用［J］．武汉工业大学学报，1994，16（4）：13－18.

[2]　于不凡，王佑安．煤矿瓦斯灾害防治及利用技术手册［M］．北京：煤炭工业出版社，2000：537－542.

[3]　周世宁，林柏泉．煤层瓦斯赋存与流动理论［M］．北京：煤炭工业出版社，1999：69－126.

（下转第 50 页）

2）测定结果。在试验地点测得的大气压力为 0.104 MPa，本煤层最大瓦斯压力为 1.754 MPa。该结果与戊二轨道下延测得的戊$_{9-10}$煤层瓦斯压力 1.8 MPa 基本一致，相近度达 97.4%，可以确认为它是该地点原始煤层瓦斯压力。具体测定结果见表 7。

表 7　2009 年 11 月八矿戊$_{9-10}$－12160 采面回风巷本煤层瓦斯压力测定结果

钻孔	瓦斯压力/MPa								
	22 日	23 日	24 日	25 日	26 日	27 日	28 日	29 日	30 日
1 号	0.16	0.44	0.87	1.11	1.33	1.54	1.64	1.64	1.64
2 号	—	0.14	0.78	0.92	1.24	1.45	1.65	1.65	1.65

5　结　论

1）对封孔材料的性能进行了实验室测定，通过性能比较，最终选择普通硅酸盐水泥中掺入质量分数为 5% 的铝酸盐水泥（AT16）作为本煤层瓦斯压力测定的封孔注浆材料；通过大量的试验研究，确定了胶囊、复合材料、聚氨酯综合封孔法封孔工艺，该工艺对于封堵煤层钻孔效果良好。

2）根据理论研究，确定了本煤层测压钻孔布置参数，成功测定了本煤层瓦斯压力，并与穿层瓦斯压力测试结果进行了对比，相近度在 97% 以上，由此验证了应用该技术进行测定本煤层瓦斯压力是准确可行的。

参考文献：

[1] 俞启香. 矿井瓦斯防治 [M]. 徐州：中国矿业大学出版社，1992.

[2] 周世宁. 测定煤层瓦斯压力的新方法 [J]. 煤矿安全，1983，14（9）：6－9.

[3] 兰泽全，曲荣飞，陈学习，等. 直接法测定煤层瓦斯压力现状及分析 [J]. 煤矿安全，2009，40（4）：74－78.

[4] 曲荣飞，兰泽全. 间接法测算煤层瓦斯压力现状 [J]. 煤矿安全，2009，40（8）：86－89.

[5] 田靖安，王　亮，程远平，等. 煤层瓦斯压力分布规律及预测方法 [J]. 采矿与安全工程学报，2008，25（4）：481－485.

[6] 王　振，梁运培，金洪伟. 防突钻孔失稳的力学条件分析 [J]. 采矿与安全工程学报，2008，25（4）：444－448.

[7] 姚元领，司俊鸿. 浅谈有关瓦斯压力测定的一点认识 [J]. 能源技术与管理，2010，35（2）：34－36.

[8] 齐黎明，程五一，陈学习，等. 掘进头前方瓦斯压力测定钻孔深度分析 [J]. 煤矿安全，2010，41（3）：86－88.

[9] 许　江，鲜学福. 煤层中瓦斯压力的理论计算方法 [J]. 重庆大学学报：自然科学版，2000，23（S）：15－17.

[10] 唐本东. 煤层瓦斯压力计算 [J]. 煤炭工程师，1997，26（1）：45－48.

[11] 于不凡，王佑安. 煤矿瓦斯灾害防治及利用技术手册 [M]. 北京：煤炭工业出版社，2000.

[12] 胡东亮，周福宝，张仁贵，等. 影响煤层瓦斯压力测定结果的关键因素分析 [J]. 煤炭科学技术，2010，38（2）：28－31.

[13] 孟　燕，蒋曙光，邵　昊，等. 煤层瓦斯压力测定方式及新的探索 [J]. 能源技术与管理，2009，34（6）：63－65.

[14] 郑万成，杨胜强，马　伟. 影响煤层瓦斯压力测定的因素分析 [J]. 煤矿安全，2009，40（4）：82－84.

[15] 张　飞，周连春，王洪武，等. 煤层瓦斯压力测定技术的实践 [J]. 煤矿机电，2010，22（5）：90－92.

作者简介：代志旭（1973—），男，山西盂县人，工程师，从事防治煤与瓦斯突出研究工作。Tel：0375－2788577，E－mail：2738345@163.com

收稿日期：2010－08－17；责任编辑：王晓珍

（上接第 35 页）

[4] 李晓红，卢义玉，向文英. 水射流理论及在矿业工程中的应用 [M]. 重庆：重庆大学出版社，2007：4－6.

[5] 刘明举，孔留安，郝富昌，等. 水力冲孔技术在严重突出煤层中的应用 [J]. 煤炭学报，2005，30（4）：451－454.

[6] 任培良，刘彦伟. 水力冲孔防突技术在潘一矿的应用 [J]. 煤炭技术，2009，28（1）：88－89.

[7] 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.

[8] 刘明举，任培良，刘彦伟，等. 水力冲孔防突措施的破煤理论分析 [J]. 河南理工大学学报，2009，28（2）：142－145.

[9] 刘彦伟，任培良. 水力冲孔措施的卸压增透效果考察分析 [J]. 河南理工大学学报，2009，28（6）：696－697.

[10] 任培良. 水力冲孔卸压增透技术的研究与应用 [D]. 焦作：河南理工大学，2009.

[11] 罗　锐，李宏伟. 新安煤田煤层气地质特征研究 [J]. 煤炭技术，2008，27（2）：126－127.

[12] 李建铭. 煤与瓦斯突出防治技术手册 [M]. 徐州：中国矿业大学出版社，2006：386－394.

作者简介：刘明举（1964—），男，河南桐柏人，教授，博士生导师，研究方向为煤炭动力灾害和瓦斯灾害防治。Tel：0391－3987244，E－mail：mingju@hpu.edu.cn

收稿日期：2010－08－11；责任编辑：王晓珍

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net