

高压水射流割缝技术在低透气性顺煤层卸压增透钻孔中的应用

Application of High Pressure Hydraulic Slitting Technology in Low Pressure Relief Drilling of Coal Seam with Low Permeability

石斐¹ 刘安²

Fei Shi¹ An Liu²

1. 陕西省一八六煤田地质有限公司 中国·陕西 西安 710065

2. 陕西煤田地质勘探研究院有限公司 中国·陕西 西安 710018

1. Shaanxi 186th Coal Field Geology Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710065, China

2. Shaanxi Coal Field Geological Exploration Research Institute Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710018, China

摘要: 为解决低透气性煤层瓦斯抽采困难的问题, 论文提出了超高压水射流割缝技术, 并将其应用到顺煤层卸压增透钻孔中。超高压水射流割缝技术及配套装置包括了钻割一体钻头、超高压钻杆、高压输水管、高压泵组等核心部件, 实现了在水压 80MPa 条件下对顺煤层钻孔的水射流割缝作业, 提升瓦斯抽采效果。该技术在崔木煤矿进行了现场应用, 现场切割钻孔 10 个, 割缝间距 8m, 割缝后的瓦斯抽采纯量提升 240%, 应用效果良好。

Abstract: In order to solve the problem of gas extraction difficulty in low permeability coal seam, this paper proposed the ultra-high pressure water jet cutting technology, and applied it to the pressure relief and reflection improvement drilling along the coal seam. Ultra-high pressure water jet slotting technology and supporting devices include core components such as drilling and cutting integrated drill bit, ultra-high pressure drill pipe, high-pressure water transmission pipe, high-pressure pump set, etc., realizing the water jet slotting operation of drilling along the coal seam under the water pressure of 80MPa and improving the gas extraction effect. This technology has been applied in the field of Cui Mu Coal Mine, 10 drilling holes have been cut in the field, the slit spacing is 8m, the gas extraction concentration after the slit increased by 240%, and the application effect is good.

关键词: 超高压; 射流; 割缝; 低透气性; 卸压增透

Keywords: high pressure; jet; slot; low permeability; pressure relief and reflection improvement

DOI: 10.12346/se.v4i4.7377

1 引言

中国煤层赋存条件复杂, 瓦斯含量普遍较高, 高瓦斯低透气性煤层分布广泛, 瓦斯灾害事故时有发生并成为矿井安全的主要威胁。由于高瓦斯低透气性煤层具有煤层透气性差、瓦斯抽采难的特点, 严重制约了矿井高效集约化开采和经济效益, 因此高瓦斯低透气性煤层的增透和瓦斯高效抽采具有重要现实意义。

目前, 低透气性煤层瓦斯抽采技术主要是高压水射流压裂、注气和松动爆破等, 高压水射流压裂适用于相对坚硬的

煤储层, 高压水对封孔要求较高, 对裂隙发育煤层及松软煤层适用性较差; CO₂ 注气开采效果明显, 但气源和经济性使其应用范围十分有限; 松动爆破的爆堆比较集中, 对爆区周围未爆部分的破坏范围较小, 同时对安全要求较高, 较难大范围应用。受技术操作复杂度及适用范围的影响, 以上技术未能在矿井实现大规模应用。高压水射流割缝技术的及时出现与应用, 解决了这一难题并填补了此项空白, 受到煤矿企业的广泛认可, 目前国家煤矿安监局、国家能源局也将该技术列入了煤矿安全先进生产适用技术推广目录, 进行大力推荐。

【作者简介】石斐 (1988-), 男, 中国甘肃环县人, 本科, 工程师, 从事水工环地质研究。

2 高压水射流割缝技术原理

高压水射流割缝技术是一种充分利用高压水作为冲击动力来源,从钻孔孔壁至煤(岩)体进行扫圈式切割、排渣,最终在煤(岩)体中形成缝槽的技术。这种方法是用钻割一体钻头在煤(岩)层中先打一定孔径卸压钻孔,然后退钻时在钻孔内利用高压水射流沿孔壁对煤(岩)体进行切割,在垂直钻孔方向形成多条具有一定宽度和深度的扁平缝槽,利用水流将切割下来的煤(岩)渣排出孔外,从而达到煤体增透、降温、降尘、防冲(突)卸压的目的。结构组成如图1所示。

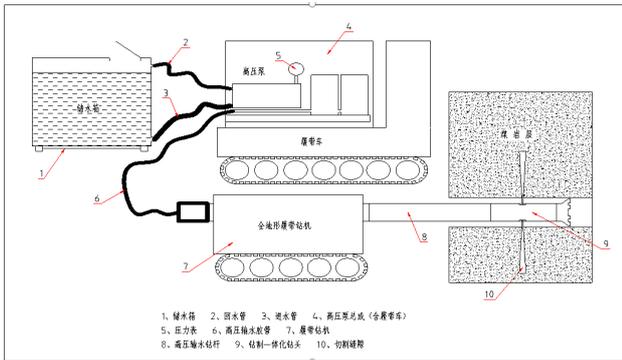


图1 技术工艺原理及装备结构示意图

采用高压水射流割缝技术后,扁平缝槽相当于在局部范围内开采了一层极薄的保护层,达到层内的自我解放,给煤层内部卸压、瓦斯释放和流动创造了良好的条件,其结果是缝槽上下的煤体在一定范围内得到较充分的卸压,增大了煤层的透气性能,使缝槽周围的煤体向缝槽产生一定的位移,因而更扩大了缝槽卸压增透、排放瓦斯的范围,降低预抽时间,实现防突和快速高效抽采目的。

该技术具有以下技术优势:①施工卸压增透后,弹性能量及矿压得到释放,微震事件明显减少;降尘效果明显,有效降低了煤体的粉尘量。②高压水射流割缝增加煤层裂隙,煤层瓦斯的日抽采量可达普通孔的数倍,降低预抽时间,降低瓦斯事故率。③高压水射流钻割一体机精简了钻孔退钻过程和压裂进钻程序,节省了大量时间、人力成本,降本增效。④钻割一体化钻头结构合理,相比同行业压力切换打钻和切割具有更好的稳定性和实用性^[1]。

3 高压水射流割缝施工工艺流程

3.1 工艺配套装备

承载该技术的设备由钻割一体钻头、高压输水钻杆、进口高压旋转器、独立转头、钻切转换器、高压输水胶管、高压泵组、水箱等组成。在进行切割时候,配用钻机作为推进旋转器,不对现有的钻机进行任何改动。高压泵和钻杆如图2、图3所示,核心部件性能参数如表1所示。

配套装置中,钻割一体化钻头是集钻进和切缝为一体的核心装置。在正常钻进时,操作方式不变,高压钻杆接旋转

水变,钻头前面的轴向水孔正常出水,钻进至设计深度;钻孔到位后拆除钻杆使钻割一体化钻头后退移动至设计切缝位置,高压钻杆后加高压旋转水变,钻机匀速转动带动钻割一体化钻头转动,开启高压泵钻头轴向水道关闭。径向射流喷嘴开启,径向射流在钻孔的煤壁上切割。图4为高压水射流割缝系统部分构件图。



图2 高压输水螺纹钻杆



图3 高压泵组总成

表1 部分核心构件参数表

序号	主要项目	单位	参考值
1	高压泵	压力	Mpa 60~100
2		流量	L/min 60~150
3		电机功率	kW 250
4		电压	V 660/1140
5	高压胶管	压力	Mpa 60~100
6	高压输水钻杆	压力	Mpa 100
7	高压旋转器(进口)	压力	Mpa 60~100

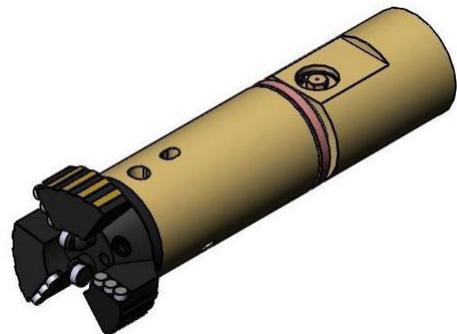


图4 高压水射流钻割一体化钻头

3.2 施工工艺流程

该技术的施工工艺流程如图 5 所示。



图 5 施工工艺流程图

3.3 施工注意事项

①高压泵必须由专人负责，严禁离开工作岗位，同时注意水箱的水位，水位低过高压泵出水口（易造成高压泵损伤）应立即停止切割，等水位达标后再继续操作。

②高压泵工作过程中，高压泵出现漏水或其他异常（如动作不可靠、噪声大、震动和冲击等）时，应停机分析原因，及时排除故障，不得使设备带病投入生产^[2]。

③切割期间，施工人员应避开高压泵旋转部位和管路连接部位。

④每班切割结束后将高压钻杆清洗干净，放到指定钻杆架上，并摆放整齐，施工前检查 O 型圈是否有缺失及破损并及时补充更换，螺纹位置若有煤渣等异物需清洗干净后方可施工，施工过程中严禁反转高压钻杆（反转易造成压力泄漏）。

⑤施工前拆卸高压喷嘴，检查高压喷嘴及喷嘴后的过滤水孔是否畅通无堵塞，若有堵塞异物需清理干净。

⑥高压胶管需固定在地面，防止加压后跳动；根据高压胶管和高压钻杆的使用寿命定期进行更换。

⑦切割过程中如需卸开高压钻杆时，必须先卸压停泵，钻机停止旋转，再卸高压钻杆，然后再进行操作。

⑧在进行切割作业时不准直接趴到切口处观察孔内情况，如需观察要先卸压再观察。

4 现场试验情况

4.1 矿井概况

崔木煤矿位于永陇矿区东端，行政区划属宝鸡市麟游县管辖。崔木煤矿划定矿区范围在原北湾—太阳寺井田范围内。开采深度由 227 至 787m，矿区面积约 37.669km²，矿区范围内资源储量 4.53 亿吨，规划生产能力 4.00Mt/a。根据煤层的赋存条件，矿井采用立井单一水平开拓，开拓水平标高 +745m，位于主采的 3# 煤层，在 2-3# 煤层设置辅助开拓水平，水平标高 +820m。

4.2 工作面概况

21309 工作面主要为 3 煤，黑色半暗型煤，碎块状，成分以暗煤为准，含少量亮煤及丝炭透镜体条痕棕黑色，沥青光泽，参差状断口，条带状结构，层状构造，偶见内生裂隙及黄铁矿结核；依据周边巷道实际揭露煤层厚度 BK3-1（钻孔实际揭露煤层厚度为 12.8m，煤层结构 0.4（0.20）11.00（0.20）1.00）；根据钻孔资料综合分析，最大煤厚为 14.3m（位于 21309 风巷中部位置），最小煤厚 5m（预计切眼设计位置处煤厚），全煤平均厚度 M=10.5m，设计可采平均煤厚 m=9m（切眼处煤层变薄部分未参与计算）。煤厚变异系数 $\gamma=25.3\%$ ，可采性指数 $k_m=1$ ，煤层综合评定为低透气性稳定煤层。

4.3 试验钻孔设计

此次根据 21309 抽采设计要求，在 21309 工作面风巷 T6 点后 8m 至 T10 点后 20m 处（共计 240m）设计高压水射流卸压增透瓦斯抽放钻孔，共设计布置钻孔约 45 个，钻孔总进尺为 7200m。钻孔平面及剖面如图 6、图 7 所示，参数表如表 2 所示。

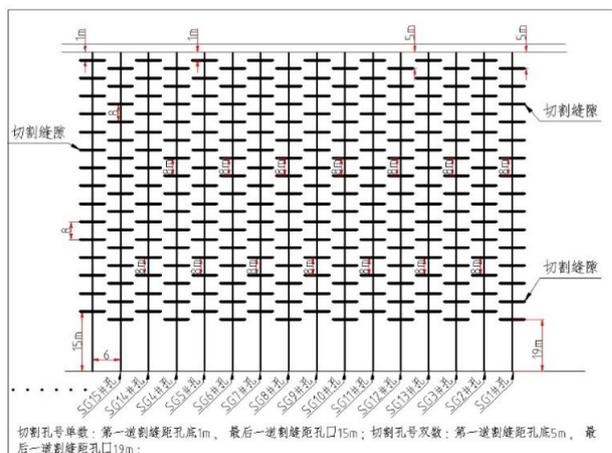


图 6 高压水射流增透卸压瓦斯抽放孔平面图

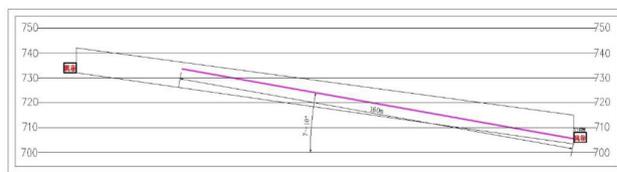


图 7 高压水射流增透卸压瓦斯抽放孔剖面图

4.4 试验用设备及工艺参数

试验选用的主要设备如表 3 所示，施工工艺参数如表 4 所示。

4.5 试验情况

此次试验共计施工割缝钻孔 10 个，实验数据如表 5 所示。水射流割缝效果通过片帮校验钻孔进行施工前校验。具体方法为：根据设计间距施工两个孔深 1.5~2m 的平行钻孔，一个作为割缝孔，一个作为验证孔，在割缝过程有水从验证孔流出，且通过钻孔窥视仪能明显看到割缝裂隙视为切割有效。

表 2 钻孔施工参数表

位置	孔深 (m)	钻孔倾角(°)	方位角(°)	开孔高度(m)	钻孔直径 (mm)	钻孔间距 (m)	套管长度 (m)	封孔深度 (m)
21309 回风巷	160	+7~+10	212	1.5	113	6	15	12

表 3 试验用主要设备清单

序号	名称	规格型号	数量
1	钻机	CMSI-4000/55 钻机	1 台
2	钻杆	Φ73mm 浅螺纹钻杆	200m
3	钻头	Φ113mm 钻割一体化钻头	1 只
4	高压切割泵	3BZ8.8/78-250	1 台
5	切割用水箱	1M ³ ×2 (含板车)	1 个
6	高压胶管	100Mpa	100m
7	高压旋转器	100Mpa	1 个

表 4 高压水射流割缝参数表

切割时间 (min)	水压 (MPa)	割缝距离 (m)	切割次数 (次/孔)	割缝半径 (m)	裂隙宽度 (mm)
5~10	≥ 80	8	17~18	0.5~1.5	30~50

表 5 实验数据汇总表

孔号	点位	孔径 (mm)	开孔高度 (m)	割缝间距 (m)	切割次数	首刀距孔底(m)	末刀距孔口位置 (m)
SG1	T6-8m	113	1.5	8	19	1	15
SG2	T6-2m	113	1.5	8	18	5	19
SG3	T6+4m	113	1.5	8	19	1	15
SG4	T6+10m	113	1.5	8	18	5	19
SG5	T6+16m	113	1.5	8	19	1	15
SG6	T6+22m	113	1.5	8	18	5	19
SG7	T6+28m	113	1.5	8	19	1	15
SG8	T6+34m	113	1.5	8	18	5	19
SG9	T6+40m	113	1.5	8	19	1	15
SG10	T6+46m	113	1.5	8	18	5	19

5 抽采效果评价

此次试验对随机抽取了一组高压水射流割缝钻孔与常规钻孔瓦斯抽采效果进行了对比监测,瓦斯抽采监测周期为1个月,对比结果如图8所示。高压水射流割缝钻孔瓦斯抽采浓度最高达0.51m³/min,是常规钻孔的3.4倍,抽采效果提升明显^[3]。

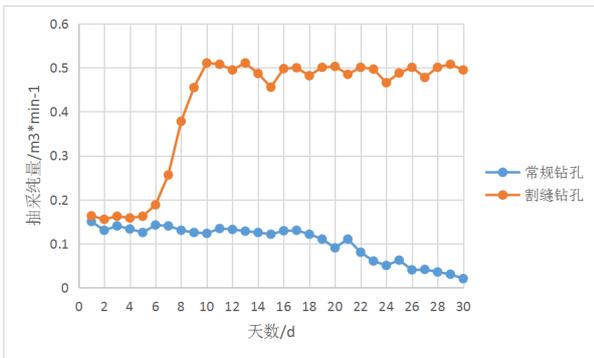


图 8 瓦斯抽采效果对比图

6 结论

①高压水射流割缝工艺技术能够高效施工顺煤层卸压增透钻孔,配套装备性能可靠、稳定性好,施工现场取得良好试验效果。

②高压水射流割缝工艺施工的钻孔瓦斯抽采纯量相比常规钻孔提升240%,瓦斯抽采效果提升明显。

参考文献

[1] 袁亮. 松软低透煤层群瓦斯抽采理论与技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2004.

[2] 赵文武. 淮南矿区典型煤层水力冲孔技术参数研究及消突效果考察[D]. 焦作: 河南理工大学, 2010.

[3] 刘明举, 赵文武, 刘彦伟, 等. 水力冲孔快速消突技术的研究与应用[J]. 煤炭科学技术, 2010, 38(3): 58-61.