

玉溪煤矿 CO₂气相爆破预裂增透试验研究

李 栋

(山西兰花科技创业股份有限公司唐安煤矿分公司)

摘 要:二氧化碳气相爆破预裂不仅能够提高煤层的渗透性,而且能够驱替瓦斯。玉溪煤矿 1301 工作面已完钻区域施工预裂孔对其进行预裂,并对其驱替效果进行了分析,研究结果表明:二氧化碳气相爆破预裂不仅能够提高自身抽采浓度,更能够通过提高高压裂周围单组瓦斯抽采浓度和抽采量,第 10 组和第 14 组抽放单元总管的体积分数在预裂前后分别由 31% 提高至 45.3%、44% 提高至 59.2%,抽采混量分别由 1.41m³/min 增长至 1.73m³/min、4.98m³/min 增长至 5.56m³/min;预裂较小范围内瓦斯被驱替,瓦斯抽采浓度提升效率有限,但是随着预裂范围过大,裂隙发育和驱替能力减小,对于玉溪煤矿 3# 煤层该区间位于距离压裂钻孔 14~17m 范围内。

关键词:二氧化碳;气相爆破;预裂;增透

高瓦斯、煤与瓦斯突出矿井瓦斯强化抽采对于提高采煤工作面抽采效果、减少瓦斯抽采达标时间、提高矿井经济效益具有重要意义^[1-3]。传统强化抽采的主要方式为水力割缝、水力冲孔、水力压裂,采用水动力介质强化抽采的方式容易造成糊钻和水体排出困难等问题,为抽采钻孔的稳定性埋下隐患,水体排出困难会影响瓦斯的解析与抽采^[4-6]。

CO₂预裂增透利用物理变化,将 CO₂作为增透和驱替介质,爆破过程中不会产生水和有害气体,同时还可以提高瓦斯的抽采效率、降低抽采成本,是一种

高效、经济、适用范围广的增透新方法^[7-8]。在碳基吸附剂中,CO₂具有更强的吸附能力,且比甲烷、氮气扩散得更快,因此 CO₂适用于驱替煤层中的甲烷^[9-10]。

1 二氧化碳致裂原理

二氧化碳致裂器利用液态二氧化碳吸热气化膨胀,压力瞬间上升的原理,在达到目标压力后瞬间释放高压气体进行破岩、致裂。致裂器体积小,便于运

送,使用过程安全可靠,释放压力可控,可广泛应用于煤矿、非煤矿山、工业物料清堵、水下爆破、城市市政建设等领域。

在二氧化碳致裂器的储液管内充装液态二氧化碳,启动加热装置产生热量,使储液管内液态二氧化碳瞬间气化,体积膨胀约600倍,压力急剧升高,当管内压力达到定压剪切片极限强度时,高压气体冲破定压剪切片,利用瞬间产生的强大推力,沿自然裂隙或爆生裂隙冲破物料,从而达到致裂(爆破)的目的。定压剪切片是控制泄能压力的部件,可以通过更换使用不同规格的剪切片从而控制释放压力,目前最大释放压力可达250 MPa。



1-充装阀;2-加热装置;3-储液管;4-密封垫;
5-定压剪切片;6-释放管

图1 致裂器结构示意图

致裂器里面的液态二氧化碳通过储存罐来储存,然后使用充装机将液态二氧化碳压入到致裂器中。因此,致裂器可以通过致裂与充装实现反复应用。

2 致裂试验方案

2.1 工作面概况

山西兰花科创玉溪煤矿有限责任公司(简称“玉溪煤矿”,下同)位于山西省南部、樊庄普查区的东南部,井田面积26.147km²,设计生产能力为240万t/a,主采3号煤层,服务年限41.7a。根据山西省煤炭工业厅《关于山西亚美大宁能源有限公司大宁煤矿和山西兰花科创玉溪煤矿有限责任公司突出矿井认定的批复》(晋煤瓦发〔2012〕512号文),玉溪煤矿批复

为煤与瓦斯突出矿井。

1301工作面是玉溪矿首采工作面,煤层平均厚度5.85m,巷道掘进工作面高3.8m,宽5.8m,工作面走向长度1250m,倾向长度200m,工作面采用“两进三回”“U”型通风方式。掘进工作面布置有2条底抽巷,采用穿层钻孔预抽煤巷条带煤层瓦斯措施进行1301工作面进风顺槽、回风顺槽、切眼的区域防突。回采工作面设计采用顺层钻孔作为区域防突措施。在1301工作面的未施工抽采钻孔的300m范围进行预裂增透,以提高抽采效率。

2.2 钻孔布置



黄色直线—致裂孔;红色曲线—定向钻孔;
蓝色直线—顺层钻孔

图2 致裂孔布置

1)切眼工作面长度200m,运输顺槽正在抽采的钻孔深度120m左右,为保证不会在实施预裂的过程中与对面钻孔击穿,中间保留10m的隔离带。

2)在靠近原有抽采钻孔开始打钻时,第一个预裂钻孔要与原有抽采钻孔保持10m间隔,防止在预裂过程中击穿。

3)预裂钻孔开孔高度为1.5~1.8m,共设计21个钻孔,钻孔间隔平均分部13.3m。预裂钻孔深度68~70m,与抽采钻孔保留10m隔离距离。

2.3 施工工艺

2.3.1 钻头及钻孔

1)采用94 mm 钻头打钻孔,要保证钻孔质量,尤其是从孔口开始前30m,钻孔内壁不能有划痕,否则会造成钻孔封不严而漏气,严重时甚至导致无效果。

2.3.2 具体施钻参数

压裂钻孔参数如下:

- 1)钻孔直径:Φ94mm。
- 2)压裂钻孔深度:68~70m。
- 3)开孔高度:施工前由我公司技术人员现场确认,选择硬煤分层布置钻孔,一般距煤层底板板1.5~1.8m。
- 4)压裂孔角度:垂直于工作面煤壁且平行于巷道顶板,倾角为煤层倾角+1°。
- 5)压裂管20~25根/孔。
- 6)压裂时封孔器封孔深度12~15m。
- 7)压裂段:15~60m(根据钻孔深度及压裂杆入孔数量变化)。
- 8)压裂钻孔抽采阶段应采用两堵一注膨胀水泥封孔,长度12m。

注:施工过程中根据钻机能力及地质条件等因素的变化,钻孔深度、开孔高度、压裂杆数量可适当调整。

2.3.3 封孔

实施预裂后要及时对预裂钻孔进行两堵一注封孔抽采,封孔深度和负压按照矿方的相关规定执行,整个预裂工程实施完毕后2~3d可以进行两边抽放孔的补孔工作。

3 效果评价与分析

3.1 预裂对周围钻孔抽采效果影响

对离21号预裂孔最近的第10组抽放单元的瓦斯体积分数与流量进行分析,单孔瓦斯体积分数变化如图3所示,抽采管路瓦斯体积分数和流量变化

如图4所示。对离1号预裂孔最近的第14组抽放单元的瓦斯体积分数与流量进行分析,单孔瓦斯体积分数变化如图5所示,抽采管路瓦斯体积分数和流量变化如图6所示。预裂后大部分钻孔的单孔抽采浓度都有所提高。第10组抽放单元总管的瓦斯体积分数在预裂前后由31%提高至45.3%,抽采混量由1.41m³/min增长至1.73m³/min。第14组抽放单元总管的瓦斯体积分数在预裂前后由44%提高至59.2%,抽采混量由4.98 m³/min增长至5.56m³/min。

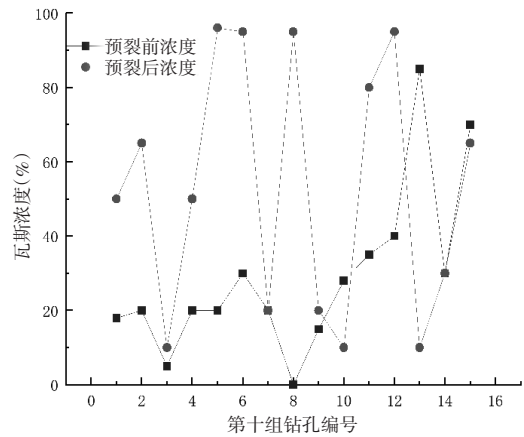


图3 第十组钻孔预裂前后抽采体积浓度对比

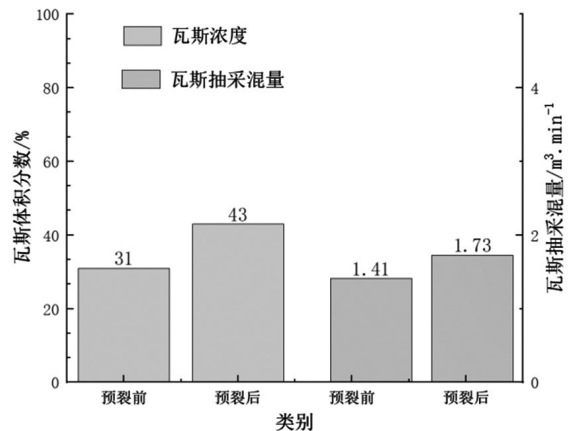


图4 第十组钻孔抽采管路预裂前后抽采效果

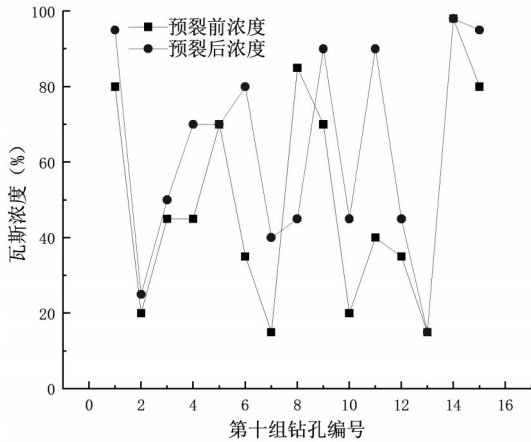


图5 第十四组钻孔预裂前后抽采体积浓度对比

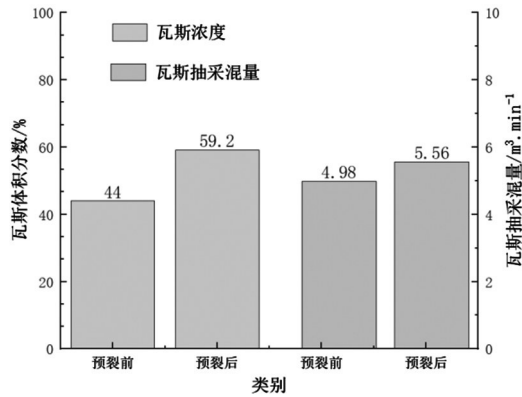


图6 第十四组钻孔抽采管路预裂前后抽采效果

为了考察不同距离对驱替效果的影响规律,定义瓦斯抽采体积分数提升率,用 η 表示,其计算公式如下:

$$\eta = \frac{C_2 - C_1}{C_1} \times 100\%$$

式中: C_1 表示预裂前瓦斯抽采体积分数,%; C_2 表示预裂后瓦斯抽采体积分数,%。

如图7所示,第10组1#孔距离21号预裂孔10m,1至15#钻孔按孔间距1m顺序递增式远离21号预裂孔方向布置。可以看出:随着距离的增加瓦斯抽采体积分数提升率先增大后减小,,根据图中反映的趋势,距离预裂钻孔14~16m时,瓦斯体积分数提升率最高。

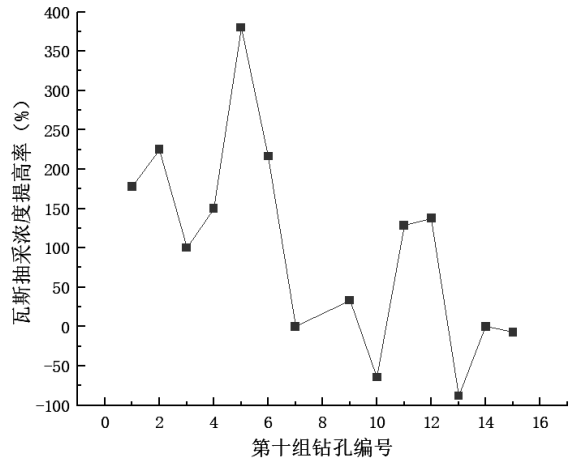


图7 第十组钻孔预裂后抽采浓度提升率

如图8所示,第14组钻孔1#孔距离1#预裂孔10m,1至15#钻孔按孔间距1m顺序递增式远离1#预裂孔方向布置。根据图中反映的趋势,随着距离的增加瓦斯抽采体积分数提升率总体趋势也是先增大后减小,距离预裂钻孔14~17m时,瓦斯浓度提升率最高。

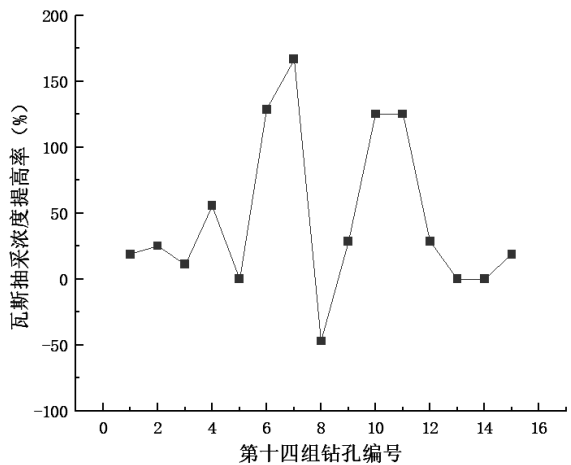


图8 第十四组钻孔预裂后抽采浓度提升率

3.2 预裂孔抽采效果评价

1301回风1巷预裂孔浓度变化情况:1#预裂后瓦斯体积分数为10%,一周后升高至40%,随后衰减至5%;3#、6#、13#、17#、21#预裂后瓦斯体积分数在50~60%,一周后衰减至20%;其他预裂孔预裂后瓦斯体积分数在80~90%,一周后瓦斯体积分数仍在

70%以上,现在瓦斯体积分数在50%左右。一周内的平均瓦斯体积分数如图9所示。

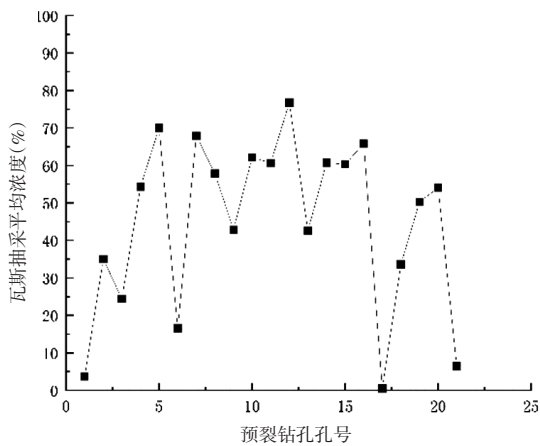


图9 预裂钻孔抽采平均瓦斯体积分数

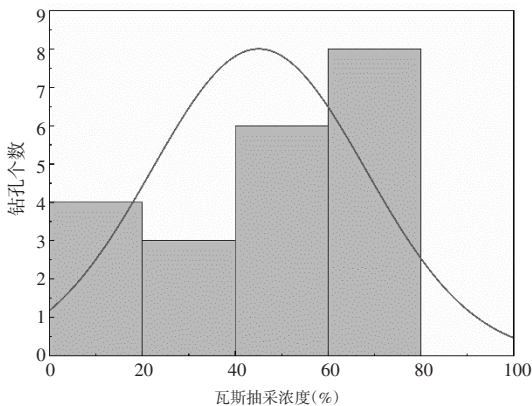


图10 预裂钻孔瓦斯抽采体积分数分布曲线

为了对比预裂孔本身预裂后对自身抽采效果的影响,对于预裂钻孔的平均瓦斯体积分数分布进行统计,与常规钻孔未预裂前的浓度分布进行对比。如图10和图11所示:21个预裂钻孔瓦斯体积分数超过48%的超过一半,而20个常规钻孔没有预裂前有50%的钻孔瓦斯抽采瓦斯体积分数没有超过50%,说明了预裂钻孔不仅仅对周围钻孔瓦斯抽采具有增强作用,对其本身的瓦斯抽采亦具有提升作用。

为了对比预裂孔本身预裂后对自身抽采效果的影响,对于预裂钻孔的平均浓度分布进行统计,与钻

孔未预裂前的瓦斯体积分数分布进行对比。如图10所示,选取的21个预裂钻孔瓦斯体积分数超过48%的超过10个,达到50%以上。而如图11所示,21个常规钻孔没有预裂前,有50%的钻孔瓦斯抽采体积分数没有超过50%,说明了预裂钻孔不仅仅对周围钻孔瓦斯抽采具有增强作用,对其本身的瓦斯抽采亦具有提升作用。

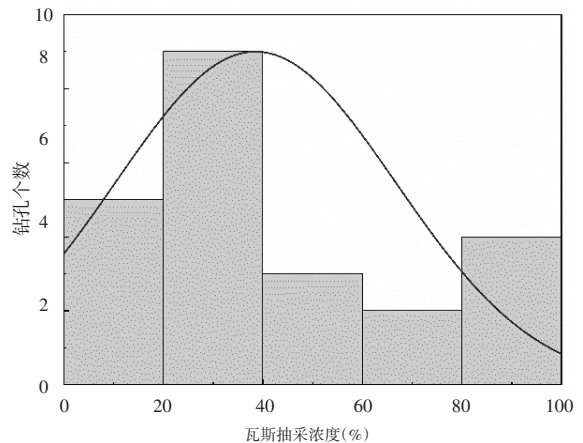


图11 钻孔预裂前抽采浓度分布曲线

4 结束语

1)二氧化碳气相爆破预裂不仅能够提高自身抽采浓度,更能够通过提高压裂周围单组瓦斯抽采浓度和抽采量,玉溪煤矿1301工作面试验结果表明:第10组抽放单元总管的瓦斯体积分数在预裂前后由31%提高至45.3%,抽采混量由1.41m³/min增长至1.73 m³/min,第14组抽放单元总管的瓦斯体积分数在预裂前后由44%提高至59.2%,抽采混量由4.98m³/min增长至5.56m³/min;

2)预裂较小范围内瓦斯被驱替,提升效率有限,但是随着预裂范围过大,裂隙发育和驱替能力减小,瓦斯抽采浓度提升率有一个最优区间,在该区间之外提升效果不明显,对于玉溪煤矿3#煤层该区间位于距离压裂钻孔14~17m范围内。(下转第25页)

SKT型跳汰机采用PLC和触摸屏人机界面组成的智能控制系统,可方便地调节和显示跳汰的各种工艺参数。并且针对瞬时排料量大,容易压斗提斗子问题,可以确保不压斗子情况下,设定一个排料量最大值,很好地解决了憋压斗子问题。SKT-2002采用浮标、角位移传感器检测床层厚度,通过传感器在浮标上的上下摆动信号,自动控制将采得的信号与设定值比较后,精确测得床层厚度,通过PLC适时控制排料系统进行精确排料。同时数据系统采用PLC和触摸屏组成的智能控制系统,可方便的调节和显示跳汰机的各种工作参数,经过系统扩充,还可以实现对给料量、总风量、总水量以及产品参数的自动调控,并可实现同集控系统的通讯。

4 生产效果分析

我矿洗选厂于2015年利用春节放假期间,对原来系统进行了技术改造并投入正常的生产运行。生产实践证明,与原来的跳汰机相比较有以下优点:

4.1 分选效果明显改善

由于SKT2002型跳汰机进气速度快,在床层上

升期形成的爆发力更有利于物料的分层,同时采用了同段共用风阀,不同段跳汰频率可调技术,使跳汰床层在同一段脉动一致,运行平稳,不同段根据物料特性采用不同频率,使床层分层良好,入选效率提高了2-3个百分点。

4.2 故障率低

排料为变频自动排料,连续、稳定、无卡阻,使斗提机入料连续、稳定,避免了压斗子现象,大大降低了故障率。

4.3 维修量低

风阀为四气缸驱动模式,采用了集中润滑系统,使排污润滑零部件三联体的使用减少,大大降低了设备维护工作量,提高了生产连续时间。

5 结束语

通过对跳汰机的更新改造,改善了跳汰机工艺性能和工作环境,使跳汰机分选效果显著提升,大大降低了故障率,提高了入选效率,降低了职工的劳动强度,由原来的0.45Mt/a提高到0.6Mt/a,年入洗提高了0.15Mt/a,创造了可观的经济效益和社会效益。

(上接第22页)

参考文献:

- [1]徐景德,杨鑫,赖芳芳,等.国内煤矿瓦斯强化抽采增透技术的现状及发展[J].矿业安全与环保,2014,41(4):100-103.
- [2]冯增朝.低渗透煤层瓦斯强化抽采理论及应用[M].北京:科学出版社,2008.
- [3]夏德宏,张世强.煤层气的运移机理及其强化抽采[J].工业加热,2008(2):15-18.
- [4]王兆丰,范迎春,李世生.水力冲孔技术在松软低透突出煤层中的应用[J].煤炭科学技术,2012,40(2):52-55.
- [5]刘东,刘文.水力冲孔压裂卸压增透抽采瓦斯技术研究[J].煤炭科学技术,2019,47(3):136-141.
- [6]刘晓,张帆,马耕.水力冲孔对煤储层渗透率演化规律影响研究[J].煤炭科学技术,2018,46(11):76-81.
- [7]张荣.复合煤层水力冲孔卸压增透机制及高效瓦斯抽采方法研究[D].徐州:中国矿业大学,2019.
- [8]唐建平,武文宾,戴林超,等.水力冲孔注水压力对煤层增透效果的影响研究[J].矿业研究与开发,2019,39(11):68-73.
- [9]辛新平,高建良,马耕.穿层孔吞吐压裂水力强化抽采技术研究及应用[J].采矿与安全工程学报,2014,31(6):995-1000.
- [10]梁卫国,张倍宁,韩俊杰,等.超临界CO₂驱替煤层CH₄装置及试验研究[J].煤炭学报,2014,39(8):1511-1520.