

doi:10.13301/j.cnki.ct.2015.08.048

二氧化碳致裂器研制与应用*

黄园月^{1,2,3}, 尹岚岚^{1,2,3}, 倪昊^{1,2,3}, 孙小明^{1,2,3}, 唐春晓^{1,2,3}

(1. 煤炭科学技术研究院有限公司, 北京 100013; 2. 煤炭资源高效开采与洁净利用国家重点实验室, 北京 100013; 3. 北京市煤矿安全工程技术研究中心, 北京 100013)

摘要: 介绍一种用于煤矿煤层预裂增透强化抽采、强制放顶、落煤及煤仓清堵的设备——二氧化碳致裂器的基本结构、工作原理、特点及现场应用情况。

关键词: 二氧化碳致裂器; 爆破; 瓦斯抽采; 放顶

中图分类号: TD712 **文献标志码:** A **文章编号:** 1008-8725(2015)08-0123-02

Development and Application of Carbon Dioxide Fracturing Device

HUANG Yuan-yue^{1,2,3}, YIN Lan-lan^{1,2,3}, NI Hao^{1,2,3}, SUN Xiao-ming^{1,2,3}, TANG Chun-xiao^{1,2,3}

(1. China Coal Research Institute, Beijing 100013, China; 2. State Key Laboratory of Coal Resource Efficient Mining and Clean Utilization, Beijing 100013, China; 3. Beijing Mine Safety Engineering Technology Research Center, Beijing 100013, China)

Abstract: A device is introduced, which is used to presplitting and antireflection for strengthening gas drainage in coal seam of mine, forced roof caving, clearing blockage of coal drop and coal bunker. The basic structure, working principle, characteristics and application in field of carbon dioxide fracturing device is also involved.

Key words: carbon dioxide fracturing device; blasting; gas drainage; roof caving

0 引言

英国的 CARDOX 公司在 20 世纪 50 年代开发研制了液态二氧化碳相变致裂装置, 当时称为 Cardox 管。该设备主要作为一种采煤器应用于高瓦斯矿井的采煤工作面, 代替炸药, 提高块煤率。破碎煤体的过程为物理过程, 不会引起瓦斯爆炸, 还获得了英国安全与健康理事会关于该设备为非爆品的认证。后来, 大规模综采设备的问世极大提高了采煤效率, 逐渐取代了 Cardox 管在采煤工作面的使用。但是, 作为一种安全性高、使用方便的高效致裂装置, 并未就此退出历史舞台, 还用于非煤行业工程致裂、爆破、锅炉清堵等工作。

在此基础上, 研制了二氧化碳致裂器系列产品, 广泛用于煤矿煤层预裂增透强化抽采、强制放顶、落煤及煤仓清堵等工作, 非煤行业中可在采石场、水泥、电厂、钢铁厂、城市工程建设、水下爆破、锅炉清堵中发挥作用。

1 二氧化碳致裂器工作原理及特点

1.1 二氧化碳致裂器基本结构

二氧化碳致裂器结构如图 1 所示。



图 1 二氧化碳致裂器结构

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

(1) 充装阀 是液态二氧化碳进入储液管的开

关, 当充装到规定的重量时关闭开关, 它必须具有良好的密封性能, 采取面接触式密封。

(2) 发热装置 它由启动器、发热材料、保护罩或支架组成, 为致裂器储液管内液体二氧化碳气化提供热能的装置。

启动器由 2 根绝缘脚线、熔丝、引药组成, 用以引燃发热材料的器件。

发热材料由几种化工原料配制而成的化学药剂固体粉末组成, 在一定温度下瞬间产生化学反应, 产生很高气体温度, 它具有

① 难燃性 在空气中明火无法点燃或引爆;

② 压控性 必须在一定均匀围压以上的环境中方可高效使用;

③ 防撞击 可防止由于碰撞或高空坠落而造成的燃烧或爆炸;

④ 速度可控 根据需要调整反应速度。

(3) 储液管 是高强度合金钢材所制的耐高压 (≥ 300 MPa) 和耐高温 ($\geq 1\ 800$ °C) 管式容器, 用于储存液态二氧化碳。

(4) 定压剪切片 是指储液管气体压力超过材料的剪切压力而迅速破裂的压力元件, 它是控制卸能压力的零件, 可以通过使用不同规格的剪切片控制得到不同的释放压力, 目前二氧化碳致裂器最大释放压力可达 250 MPa。

(5) 释放管 是指储液管气体压力造成定压剪切片破裂, 高压气体瞬间从管中喷射出来的元件。

1.2 二氧化碳致裂器工作原理

其工作原理: 在温度 25 °C 以下, 利用专用的充

* 国家科技重大专项资助项目 (2011ZX05041-003-02); 国家科技重大专项资助项目 (2011ZX05065-006)

装设备将液态二氧化碳注入二氧化碳致裂器储液管内,保持储液管内液态二氧化碳压力为8~10 MPa,启动加热装置产生大量热量,使储液管内液态二氧化碳瞬间气化(当温度超过31.2℃时,无论压力多大,液态二氧化碳都会迅速气化),体积膨胀约500~600倍,造成二氧化碳气体压力急剧升高,当管内气体压力达到定压剪切片极限强度(可设定)时,高压气体冲破定压剪切片从释放管释放,瞬间产生的强大冲击力沿煤、岩体等物料的自然裂隙或被爆破引发的裂面冲开物料,并将其推离主体,从而达到爆破的目的。

1.3 二氧化碳致裂器主要特点

(1) 安全性高 工作可靠

储液管采用高强度耐热合金钢制造,能承受较高压力而不产生塑性变形,其管内气体压力达到卸放压力后能够充分卸放。

由于二氧化碳气体本身没有爆炸性,具有抑制爆炸和燃烧的作用,而二氧化碳致裂爆破过程为物理过程,不同于炸药的化学爆炸,不产生具有破坏性的震荡或震波,减少了诱发瓦斯突出的几率。

二氧化碳致裂爆破过程为压力释放,产生吸热,使周围温度降低,爆破后二氧化碳致裂器表面温度及产生的二氧化碳气体温度极低(约-2~0℃),不会产生任何明火。

(2) 爆破能量可控

通过更换使用不同规格的剪切片,可以得到不同的释放压力,从而控制爆破能量。

(3) 主要部件可重复使用

二氧化碳致裂器工作后,除发热装置、定压剪切片、密封垫外,其他可重复使用。储液管可重复使用上千次。

(4) 操作简单 方便

国家煤矿防爆安全设备质量监督检验中心对本设备进行了检测,检测结果认为煤矿用二氧化碳致裂器及其附属装置在可爆炸性瓦斯气体(CH_4)中使用不会点燃或引爆瓦斯,能够达到煤矿(特别是瓦斯矿)井下安全性能指标,并给出了《二氧化碳致裂器安全检验报告》。

2 二氧化碳致裂器在煤矿中的应用

2013年7~10月,在中电投纳雍县贝勒煤矿M6#煤层的1603回风工作面开展了二氧化碳爆破落煤试验和致裂增透试验,M6#煤层位于上煤组中部,上距B3标志层底界3.94~9.09 m;下距M7上煤层顶界0.89~7.94 m。煤层可采厚度0.80~3.2 m,平均厚度1.85 m。煤层的稳定程度指数为18.37,变异系数 $\gamma=0.41$ 。煤层普遍含1层夹矸,仅B301含2层夹矸,夹石岩性为泥岩或炭质泥岩,厚0.30~0.57 m。煤层顶板为泥岩,底板也为泥岩,属较稳定薄、中厚全区可采煤层。

在1603工作面进行二氧化碳致裂器爆破落煤

试验,实施的爆破孔由单孔到多孔,由平孔到倾斜孔,爆破深度由浅入深,煤体硬度由小到大,共完成落煤试验68次,累计掘进进尺8.0 m,出煤量约134 t,取得的效果如下:

(1) 单孔落煤量一般为1.5~3 t,落煤距离一般为3~4 m,煤体成块率一般为70%~80%;

(2) 全断面落煤量一般需要爆破钻孔8~10个,一次全断面爆破落煤量约为15~22 t,抛煤距离2~3 m,成块率一般为60%~70%;

(3) 爆破后巷道内瓦斯、二氧化碳及一氧化碳未曾超标;

(4) 爆破后巷道内烟尘较少,返回工作面时间短,震荡波和爆破声响较小。

与传统炸药爆破相比有着非常明显的优势,主要体现在如下几个方面:

(1) 具有抛煤量多、块大、抛出距离短,成块率60%以上,抛煤距离2~3 m;

(2) 爆破孔数量少;

(3) 产生有害气体少;

(4) 粉尘及炮烟少;

(5) 节省经济成本。

在1603工作面应用二氧化碳致裂器进行煤层致裂爆破增透试验,采用ZYW1900型全液压钻机钻爆破孔,钻头直径为 $\phi 75$ mm,扩孔钻头直径为 $\phi 108$ mm,煤层深孔致裂爆破深度为水平孔和下向孔达到60 m,上向孔达到100 m,采用水泥砂浆进行封孔,其封孔长度 ≥ 10 m,始封深度 ≥ 2 m。爆破后煤层透气性提高5~8倍,抽采影响半径增大3~5倍,钻孔瓦斯流量提高6~10倍,预抽期内钻孔瓦斯抽采浓度在30%以上,瓦斯抽放率达到60%以上。

3 结语

总之,采用二氧化碳致裂器进行煤层致裂爆破增透,能使瓦斯抽采钻孔周围煤层裂隙大幅度增加,煤层原生裂隙得到扩散,大大提高煤层透气性,使瓦斯抽采量大幅度提升,从而在抽采过程中降低煤层瓦斯压力,消除煤层突出危险性,同时缩短了抽采时间,提高了抽放效率,为掘进工作面快速掘进创造了条件,具有良好的经济效益。

参考文献

- [1] 于不凡. 煤矿灾害防治及利用手册[K]. 北京:煤炭工业出版社, 2005.
- [2] 聂政. 二氧化碳炮爆破在煤矿的应用[J]. 煤炭技术, 2007, 26(8): 62-63.
- [3] 魏刚, 夏洪满, 姜风岗, 等. 液态 CO_2 爆破器落煤试验研究[J]. 煤矿开采, 2009, 14(1): 22-24.
- [4] 朱拴成, 周海丰, 李浩荡. 二氧化碳炮处理综采工作面巷道三角区悬顶[J]. 煤矿安全, 2013, 44(8): 144-146.
- [5] 郭有慧, 孙锐, 寺家庄矿 CO_2 预裂爆破强化抽采技术试验研究[J]. 科技与创新, 2014(1): 6-8.

作者简介:黄园月(1965-),江西九江人,研究员,煤炭科学技术研究院有限公司北京分公司应急救援所副所长,硕士,从事矿山机械方面的研究工作。

责任编辑:张欣 收稿日期:2015-01-08