

# 低渗难抽煤层穿层钻孔扰动修复技术探索与实践

## Exploration and Practice of Drilling Disturbance Restoration Technology for Outburst Coal Seams

陶柱<sup>1</sup> 李治理<sup>2</sup>

Zhu Tao<sup>1</sup> Zhili Li<sup>2</sup>

1. 河南龙宇能源股份有限公司车集煤矿 中国·河南 商丘 476600

2. 永城煤电控股集团有限公司 中国·河南 商丘 476600

1. Cheji Coal Mine of Take-home Vehicle of Henan Longyu Energy Co., Ltd., Shangqiu, Henan, 476600, China

2. Yongcheng Coal Power Holding Group Co., Ltd., Shangqiu, Henan, 476600, China

**摘要:** 瓦斯抽采钻孔失稳坍塌和煤岩渣、粉堵孔以及媒体造穴空间蠕变严重影响了钻孔高浓度持久抽的预期效果。针对该问题,通过对不良钻孔压风吹孔工艺实施与改进,经现场试验取得了显著效果,形成“吹、查、堵、验”四位一体的钻孔修复体系,钻孔复抽率达到45.5%;进一步提出水力冲孔、“割一冲”、注气驱替二次扰动工艺,丰富了矿井经济、高效的瓦斯钻孔二次修复技术手段。

**Abstract:** The instability and collapse of gas extraction boreholes, as well as the blockage of coal and rock slag, powder, and the creep of coal cavern formation space, seriously affect the expected effect of high concentration and sustained drainage through layered boreholes. In order to solve the above problems, the implementation of poor drilling pressure air blowing technology and on-site testing have achieved significant results, forming a drilling repair system that integrates “blowing, inspection, blocking, and inspection”, with a drilling re extraction rate of 45.5%. Combining with mine technology, hydraulic technology, cutting flushing, and gas injection displacement were proposed and tested on site to replace adjacent secondary disturbances, enriching the economic and efficient gas drilling secondary repair technology technology of the mine.

**关键词:** 穿层钻孔; 媒体扰动; 钻孔修复

**Keywords:** drilling through layers; coal disturbance; drilling repair

**DOI:** 10.12346/etr.v5i6.8203

## 1 引言

煤与瓦斯突出矿井随着采深不断延伸,煤层瓦斯赋存更为富集,地应力越来越显现,但高效安全生产对瓦斯抽采周期要求越来越高,探索高效瓦斯抽采成为矿井瓦斯治理的重要课题<sup>[1]</sup>。针对瓦斯抽采钻孔衰减速度快,媒体抽采率低,造成抽采效果不能达到预期<sup>[2]</sup>的问题,通过媒体二次扰动、钻孔封孔管路疏通解决钻孔失稳坍塌和煤渣积聚造成的钻孔堵塞问题<sup>[3]</sup>,同时通过压风驱原理对媒体实现二次扰动达到提浓度增抽采的目的。

## 2 压风吹孔扰动增抽技术

高瓦斯含量区域施工的部分钻孔在抽采期间出现浓度较临近钻孔偏低的异常情况,影响煤层预抽率,造成局部抽采不均匀,进而导致抽采空白带或者薄弱区,为后期的采

掘生产埋下安全隐患<sup>[4]</sup>。为解决该问题,通过向孔内接通压风,以检测钻孔漏气位置,并采取针对性措施,另外配合目前岩石段下实管工艺,通过压风也可对钻孔疏通,有效解决筛管花眼堵塞问题<sup>[5]</sup>。图1为瓦斯抽采压风吹孔装置安装示意图。

## 3 现场应用

### 3.1 试验矿井概况

车集煤矿井田南北走向长14km,东西倾向宽3~5km,井田面积61.4km<sup>2</sup>,平均煤层厚度2.9m,瓦斯等级为煤与瓦斯突出矿井。车集煤矿随着矿井开拓向深部延伸,其原始瓦斯含量不断增大,地应力显现,瓦斯抽采钻孔存在塌孔、堵孔,由于煤层属于低透低渗难抽煤层,底板穿层钻孔出现串孔、有水、始抽浓度低的现象比较明显。

【作者简介】陶柱(1989-),男,中国安徽合肥人,本科,工程师,从事瓦斯抽采、防突研究。

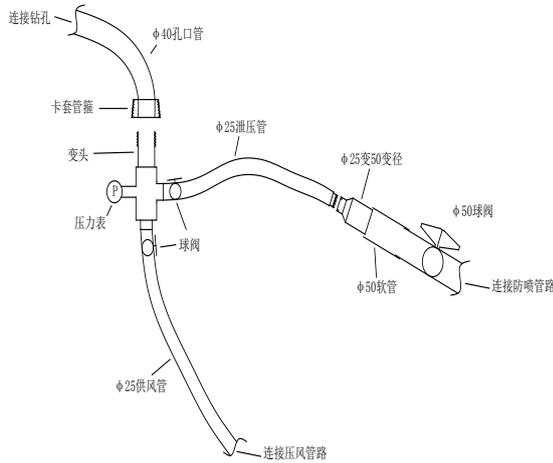


图1 瓦斯抽采压风吹孔装置安装示意图

### 3.2 压风吹孔步骤

①选取浓度异常钻孔。依据钻孔观测台账或者牌板，挑选出在抽钻孔中浓度较低的异常钻孔。②测量钻孔浓度，察看有无串孔。在钻孔下风侧3~5m吊挂甲烷便携仪。测量钻孔在抽浓度，然后关闭球阀，打开测嘴置换空气、平衡气压，5min后查看钻孔吸气情况。③关闭邻近钻孔，加固测嘴。为防止吹孔期间压风导通临近钻孔，需将待吹孔钻孔前后10m范围内钻孔球阀全部关闭，并对测嘴进行加固，防止顶开。④连接风管吹孔。连接风管变头与钻孔孔口，确认安装牢靠后，缓慢开启压风，确认无异常后，逐步将压风开启至额定压力，压力不超过0.1MPa，并记录压风开启时间。⑤排查漏气点。观察压力表是否上压，若上压要记录其升高至额定压力用时，同时使用便携仪对钻孔孔口以及周边裂隙、锚索（杆）托盘与顶板间隙等部位排查瓦斯涌出情况。⑥终止吹孔标准：已排查出漏风位置；未发现漏风位置，但孔口压力表达到0.1MPa且关闭阀门后，压力在5min内衰减<10%，否则应重新排查；未发现漏风位置，但压力表连续10min未上压；出现瓦斯异常或者附近钻孔顶开等异常情况。⑦泄压。将泄压三通连至低负压管路接口，开启泄压管阀门，连抽至少1min，无异常后恢复连抽。

### 3.3 试验地点及效果

为使每个瓦斯抽采钻孔浓度过关，减少关孔率，保证抽采效果，专门成立钻孔修复班组，形成“吹、查、堵、验”四位一体的钻孔修复体系。

钻孔修复班组由10人组成，主要负责压风驱气检漏等工作，利用近3个月时间在2616下巷底抽巷完成压风吹孔1552个，关联钻孔2215个，共计修复钻孔3767个，其中原状态为关闭的钻孔共计1526个，修复后恢复连抽钻孔695个，复抽率45.5%。

### 3.4 漏气钻孔的修复分类

通过压风吹孔能够检查出在抽瓦斯钻孔漏气类别，从漏气通道方面分为孔口漏气钻孔、孔口漏气+孔口围岩漏气的钻孔，并制定了应对技术措施。

#### 3.4.1 孔口漏气钻孔修复措施

主要采用矿用合成树脂和封孔水泥对漏气钻孔进行双层封堵，做到“三堵三注”分时封孔工艺。其操作步骤如下：

①先使用矿用合成树脂对漏气钻孔进行封堵，将矿用合成树脂送入钻孔内，距离钻孔孔口20cm位置使用破布将钻孔塞实，防止合成树脂膨胀后溢出孔外。②待矿用合成树脂在钻孔内充分反应后，再使用封孔水泥对钻孔剩余的20cm孔口进行填充封堵。③完成封堵的第二天对漏气钻孔使用压风进行吹孔试漏，若钻孔不再漏气，则打开连抽并测量浓度。

#### 3.4.2 孔口漏气+孔口围岩漏气的钻孔修复措施

首先使用矿用合成树脂和封孔水泥对漏气钻孔进行双层封堵，再使用硅酸盐改性聚氨酯薄喷AB液，对漏气钻孔周围岩石进行薄喷。其操作步骤如下：①采用矿用合成树脂和封孔水泥对漏气钻孔进行双层封堵。②待封孔水泥充分凝固后，再使用硅酸盐改性聚氨酯薄喷AB液，对漏气钻孔周围岩石进行薄喷，薄喷平均厚度约3mm。③完成薄喷后第二天对漏气钻孔使用压风进行吹孔试漏，若钻孔不再漏气，则打开连抽并测量浓度。

### 3.5 漏气钻孔修复效果

#### 3.5.1 现场试验及观测数据

通过在2616下巷底抽巷对孔口漏气钻孔、孔口漏气+围岩漏气钻孔修复措施实施后，能够实现已关闭钻孔或低浓度抽采钻孔实现正常抽采，提高抽采效果，现场试验数据如表1所示。

孔口漏气+围岩漏气钻孔修复前后效果如表2所示。

#### 3.5.2 修复效果分析及结论

①使用矿用合成树脂和封孔水泥对漏气钻孔进行双层封堵的方法，对单纯的孔口漏气的钻孔封堵效果明显，增加了工作面钻孔的有效抽放率。②使用硅酸盐改性聚氨酯薄喷AB液，对漏气钻孔周围岩石进行薄喷的方法，有效解决了底板抽放巷围岩漏气处理的难题；对漏气钻孔周围岩石进行薄喷后，钻孔单孔浓度提升较为明显。

## 4 基于增加煤体透气性的二次扰动增抽技术

### 4.1 水力冲孔二次扰动，实现煤体钻孔轴向增透

通过水力冲孔扰动邻近钻孔煤体，实现邻近孔浓度二次提升，试验地点为2715中部底抽巷第四单元。

在2715中部底抽巷较稀疏钻孔之间施工补孔并进行水力冲孔，通过施工发现邻近钻孔平均浓度由15.9%提升至26.4%，且浓度提升持续时间达到14d以上，实现了四周煤体应力实现了二次分配，煤体产生新的裂隙，增加了持续高效抽采时间。

### 4.2 “割一冲”二次扰动试验，实现扁平化增透

通过在已施工穿层钻孔等距空白位置实施超高压水力割缝钻孔，对临近在抽钻孔二次扰动，实现扁平化增透。试验地点为2715中部底抽巷第四单元。

表1 孔口漏气钻孔修复前后效果表

序号	孔号	所在单元	始抽日期	实验前实测浓度	实验后实测浓度		
					3月27日	3月28日	3月29日
1	197-4	第14单元	20220701	漏气关闭	19%	18%	16%
2	247-1	第15单元	20220807	漏气关闭	14%	19%	21%
3	247-1-2	第15单元	20221027	漏气关闭	12%	16%	18%
4	248-1-2	第15单元	20221129	漏气关闭	45%	30%	30%
5	334-5	第19单元	20221115	5%	10%	4%	8%
6	339-7-1	第19单元	20221211	漏气关闭	10%	7%	9%

表2 孔口漏气+围岩漏气钻孔修复前后效果表

序号	孔号	所在瓦斯计量单元	始抽日期	实验前实测浓度	实验后实测浓度		
					3月27日	3月28日	3月29日
1	71-13-3	第4单元	20230120	31%	26%	38%	36%
2	72-1	第4单元	20220711	9%	36%	63%	59%
3	72-1-1	第4单元	20220713	7%	38%	32%	34%
4	72-2	第4单元	20220711	40%	43%	34%	35%
5	72-3	第4单元	20220711	10%	53%	51%	53%
6	72-2-1	第4单元	20221205	漏气关闭	41%	47%	45%
7	72-3-1	第4单元	20230130	16%	55%	38%	36%
8	72-13	第4单元	20220713	10%	35%	18%	20%
9	73-13-3	第4单元	20230208	15%	14%	38%	35%
10	73-13-5	第4单元	20230213	25%	22%	10%	12%

采用“水力割缝+水力冲孔”的组合方式，对2715中部底抽巷残余瓦斯含量较高区域进行高压割缝，通过施工发现邻近钻孔平均浓度由24.8%提升至39.8%，且浓度提升持续时间达到28d以上，分析割缝后形成立体交叉布孔，提高钻孔交叉点及邻区塑性及流变范围。

### 4.3 注气驱替二次扰动，对煤体进行气相增透

通过井下空气压缩机及气驱装备对在抽穿层钻孔进行注气驱替，从而对煤体二次气相增透，达到增浓提抽的目的。试验地点为2616下巷底抽巷第二单元。

通过注气发现，连续注气期间第二单元平均抽采纯量增加了34.9%，间歇注气期间第二单元抽采纯量增加了39.2%，分析基于空气压力的促流驱替与扩缝增渗双重效应，

提高了煤层瓦斯流动速率，驱替煤层中的吸附瓦斯，进而从根本上降低煤层瓦斯含量，达到快速抽采与消突的目的。图2为2616下巷底抽巷抽采注气期间抽采纯量曲线。

## 5 结语

①穿层钻孔压风吹孔二次煤体扰动工艺能够有效检验在抽抽采钻孔漏气情况及有针对性采取堵漏措施，大幅提升预抽期内抽采钻孔的抽采效果。

②结合二次煤体扰动增透原理，提出并现场试验了水力冲孔、“割一冲”、注气驱替等三种煤体扰动工艺，对于低渗低透难抽煤层的瓦斯抽采增抽提抽作用具有推广意义。

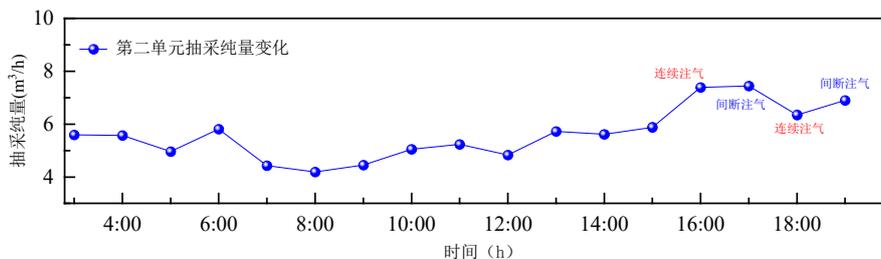


图2 2616下巷底抽巷抽采注气期间抽采纯量曲线

## 参考文献

[1] 张磊.抽采钻孔周裂隙扩展机理及其检测技术研究[D].西安:西安科技大学,2019.

[2] 熊伟.瓦斯抽采漏气失效钻孔修复技术研究[J].矿业安全与环保,2020,47(1):80-83.

[3] 赵旭生,刘延保,申凯,等.煤层瓦斯抽采效果影响因素分析及技术对策[J].煤矿安全,2019,50(1):179-183.

[4] 范超,李贤忠,苏现波.“三软”煤体抽采钻孔水力修复增透技术研究[J].煤炭技术,2015,34(1):209-212.

[5] 李波,巨广刚,王珂,等.2005—2014年我国煤矿灾害事故特征及规律研究[J].矿业安全与环保,2016,43(3):111-114.