

# 浅谈煤矿灾害治理的应用

## Discussion on the Application of Coal Mine Disaster Management

吴广辉

Guanghai Wu

淮北矿业股份有限公司芦岭煤矿地测科 中国·安徽 宿州 234000

Luling Coal Mine Geological Survey Department, Huaibei Mining Co., Ltd., Suzhou, Anhui, 234000, China

**摘要:** 灾害治理是中国当前煤矿最为常见的治理手段, 基于瓦斯治理和水害治理的原则、思路及方案措施其较为完善的治理手段广泛用在我国的矿山灾害治理工作中。为此, 论文就瓦斯治理和水害治理的研究简单概述以及在矿山应用方面进行了分析。

**Abstract:** Disaster control is the most common control means in China's coal mines. Based on the principles, ideas and scheme measures of gas control and water disaster control, its relatively perfect control means are widely used in China's mine disaster control work. Therefore, the paper briefly summarizes the research on gas control and water hazard control and analyzes their application in mines.

**关键词:** 瓦斯治理; 水害治理; 效果

**Keywords:** gas control; water hazard control; effect

**DOI:** 10.12346/se.v4i2.6534

## 1 引言

新时期下, 随着中国经济的发展和社会的进步, 中国的矿山事故也在逐年减少, 矿山灾害治理作为中国当前煤矿最为常见的治理手段, 对于保证矿山正常开拓和回采等方面有着至关重要的现实意义。因此, 中国矿山灾害治理需要加强对瓦斯和水害的分析, 明确灾害治理的工作原则和采取的措施, 进而实现其在中国矿山灾害治理工作中的重要性, 促进中国矿山健康的发展<sup>[1]</sup>。

## 2 瓦斯治理

### 2.1 瓦斯灾害程度

2019年某矿井瓦斯鉴定结果: 矿井瓦斯绝对涌出量为 $70.8\text{m}^3/\text{min}$ , 相对涌出量为 $24.38\text{m}^3/\text{t}$ , 瓦斯等级为煤与瓦斯突出矿井。

矿井主采的8、9、10煤层均为突出煤层。二水平8、9煤层瓦斯压力 $2.59\sim 4.43\text{MPa}$ 、瓦斯含量 $12\sim 22\text{m}^3/\text{t}$ , 三水平8、9煤层瓦斯压力 $4.43\sim 6.47\text{MPa}$ 、瓦斯含量 $22\sim 25\text{m}^3/\text{t}$ 。三

水平实测9煤层最大瓦斯压力 $3.9\text{MPa}$ ( $-794.3\text{m}$ ), 实测最大瓦斯含量 $17.98\text{m}^3/\text{t}$ ( $-727.5\text{m}$ )。

### 2.2 治理原则、思路及措施

#### 2.2.1 瓦斯治理原则、思路

瓦斯治理以“通风可靠、抽采达标、监控有效、管理到位”为原则, 坚持“积极实施保护层开采, 不断提高区域预抽效果; 坚持以瓦斯治理工程先行为前提, 以技术创新为动力, 以系列化装备为保障, 不断丰富瓦斯治理手段, 完善瓦斯治理模式; 坚持煤与瓦斯共采、抽采与利用并重”的工作思路。

#### 2.2.2 瓦斯治理措施

①二水平8、9煤层瓦斯治理措施。

二水平8、9煤层采取底板穿层钻孔预抽煤层瓦斯作为区域防突措施, 通过预抽煤层瓦斯, 降低煤层瓦斯含量和瓦斯压力, 达到区域消突目的; 在底板穿层钻孔预抽达标基础上, 实施冲煤卸压强化抽采钻孔, 进一步降低工作面瓦斯含量; 工作面回采前施工顺层钻孔, 实现突出煤层工作面安全高效开采。

【作者简介】吴广辉(1978-), 男, 中国安徽萧县人, 本科, 从事地质测量研究。

②三水平瓦斯治理措施。

三水平全面实施保护层开采,Ⅲ 1 采区开采软岩保护层,Ⅲ 2 采区开采 10 煤保护层。但Ⅲ 4 采区 10 煤层具有突出危险性,因此 10 煤层采用底板穿层钻孔预抽瓦斯的区域防突措施,钻孔控制整个工作面回采区域。10 煤层开采时采取地面采动井作为瓦斯治理措施。

③地面水平分段压裂井。

矿井布置 2 组地面煤层顶板水平分段压裂井,Ⅲ 2 采区地面水平分段压裂井 2013 年 9 月开始施工,水平压裂段长 586m,截至 2019 年 12 月,累计产气量 703.29 万 m<sup>3</sup>。Ⅲ 4 采区地面水平分段压裂井 2018 年 2 月开始施工,水平压裂段长 670m,截至 2020 年 9 月,累计产气量 41.84 万 m<sup>3</sup>。

两组地面煤层顶板水平分段压裂井的实施,标志着碎软低渗煤层地面抽采技术取得成功,为瓦斯富集煤层在复杂地质条件下地面超前治理提供了新的途径<sup>[1]</sup>。

Ⅲ 1024 区段区域瓦斯治理措施采用底板穿层钻孔网格式预抽整个区段煤层瓦斯,即煤层底板布置上、下底板抽放巷两条岩巷,底板巷布置在距 10 煤层法距 15~30m 位置处,底板巷内每隔 55m 施工一个底板钻场,煤巷条带钻孔间距不大于 5m,钻孔直径 113mm。钻孔采用囊袋“两堵一注”带压封孔,封孔深度不小于 18m。钻孔控制区段内整个开采块段及煤巷条带外侧不小于 15m 范围内煤层,经区域措施效果检验证实抽采达标后(瓦斯压力小于 0.5MPa,瓦斯含量小于 5m<sup>3</sup>/t),方可进点施工。底板穿层钻孔预抽消除煤层突出危险性,方可进行石门揭煤和煤巷掘进。

Ⅲ 1024 风巷采取底板穿层钻孔作为区域瓦斯治理措施,该评估区域于 2019 年 1 月开始在Ⅲ 1024 上底板抽放巷施工穿层预抽钻孔,钻孔严格按照《防治煤与瓦斯突出细则》要求设计施工。评估区域钻孔设计及施工情况如下:

第一,钻孔设计情况。2019 年 1 月开始在Ⅲ 1024 上底板抽放巷(1#~8# 钻场)对Ⅲ 1024 风巷条带施工穿层预抽钻孔,其中 1# 钻场设计孔数 104 个、2# 钻场设计 91 个、3# 钻场设计 104 个、4# 钻场设计 104 个、5# 钻场设计 91 个、6# 钻场设计 7 个、7# 钻场设计 112 个、8# 钻场设计 104 个、9# 钻场设计 136 个。设计钻孔总数为 951 个。钻孔间距不大于 5m,钻孔控制风巷条带两侧不小于 15m。

第二,钻孔施工情况。Ⅲ 1024 上底板抽放巷(1#~9# 钻场)底板钻孔开始施工时间为 2019 年 1 月,施工结束时间为 2019 年 9 月。其中 1# 钻场 139 个钻孔、2# 钻场 149 个钻孔、3# 钻场 119 个钻孔、4# 钻场 123 个钻孔、5# 钻场 118 个钻孔、6# 钻场 146 个钻孔、7# 钻场 151 个钻孔、8# 钻场 120 个钻孔、9# 钻场 171 个钻孔,累计施工钻孔 1236 个,其中根据钻孔控制范围要求累计补充钻孔 285 个。

矿井瓦斯抽采系统健全,运行正常,抽采泵站及管网能力符合规定要求,瓦斯抽采计量装置安装齐全、使用管理规范,建立了瓦斯抽采工程验收制度,每个钻场钻孔及巷道抽

采工程结束后,认真落实验收管理。为规范矿井瓦斯抽采达标评判工作,矿构建了瓦斯抽采自评价方法体系,建立了完善的矿井瓦斯抽采管理制度;为强化瓦斯基础参数测定工作,矿井建立了防突参数实验室,符合标准要求的抽采效果评判相关测试条件。

矿井监控系统为 KJ90X 系统,采用 GD3 型传感器进行流量监控,该系统能够实现 24 小时不间断实时监测和准确计量。

Ⅲ 1024 上底板抽放巷分别安设了高、低浓抽采系统。其中:高浓系统主要抽采各个单元穿层钻孔瓦斯,管径为 10 英寸,低浓系统主要为钻孔施工期间的防喷抽采使用,管径为 8 英寸。

分单元管路上均安装 GD3 管道瓦斯气体综合参数测定仪进行实时计量,每周使用 ZKC5 型瓦斯抽放参数测定仪进行调校比对,确保监测数据准确<sup>[2]</sup>。

Ⅲ 1024 上底板抽放巷 1#~9# 钻场钻孔控制风巷条带长度超过 530m;钻孔施工期间,测定了该区域煤层原始瓦斯含量,超过防突细则临界值;该区域无大的构造,且钻孔实际施工间距不大于 5m,符合设计要求。

本次Ⅲ 1024 风巷条带(1#~9# 钻场)进行一次性评价。评价区域穿层钻孔始抽于 2019 年 1 月 18 日,截至 2021 年 3 月 9 日,共计抽采 769d,最短抽采时间为 546d。

时间差异系数为:(769 - 546)/769 × 100%=28.9%。

根据预抽时间差异系数计算结果,将评价区域划分为一个评价单元,评价单元划分符合规定。

钻孔施工结束后及时合茬抽采,抽采负压在 13kPa 以上,符合《防治煤与瓦斯突出细则》要求。本评价单元采用 GD3 型传感器自动计量,截至 2020 年 3 月 9 日,累计抽采瓦斯 71.55 万 m<sup>3</sup>。

残余瓦斯含量按下式计算:

$$W_{CY} = \frac{W_0 G - Q}{G}$$

式中:W<sub>CY</sub>——煤的残余瓦斯含量, m<sup>3</sup>/t;

W<sub>0</sub>——煤的原始瓦斯含量,原始瓦斯含量 13.69m<sup>3</sup>/t;

Q——评价单元钻孔抽排瓦斯总量, m<sup>3</sup>;

G——评价单元参与计算煤炭储量, t。

评价单元参与计算煤炭储量 G 下式计算:

$$G = (L - H_1 - H_2 + 2R)(l - h_1 - h_2 + R)m\gamma$$

式中:L——评价单元煤层走向长度;

l——评价单元抽采钻孔控制范围内煤层平均倾向长度;

H<sub>1</sub>、H<sub>2</sub>——分别为评价单元走向方向两端巷道瓦斯预排等值宽度,取 0;

h<sub>1</sub>、h<sub>2</sub>——分别为评价单元倾向方向两侧巷道瓦斯预排等值宽度,取 0;

R——抽采钻孔的有效抽采半径，5m；  
 m——评价单元平均煤层厚度，2.5m；  
 $\gamma$ ——评价单元煤的密度，1.4t/m<sup>3</sup>。

因抽采单元形状不规则，且  $H_1=H_2=h_1=h_2=0$ ，故采用抽采范围面积 S 取代公式  $(L-H_1-H_2+2R)(l-h_1-h_2+R)$  部分，控制 10 煤面积 17349m<sup>2</sup>。

煤炭储量为：17349 × 2.5 × 1.4=60722t。

残余瓦斯含量及预抽率计算如下：

$$W_{CV1} = \frac{W_0 G - Q}{G} = \frac{W_0 (S \times m \times \gamma) - Q}{G}$$

$$= (13.69 \times 70721 - 715550) / 70721 = 3.57 \text{ m}^3/\text{t}$$

预抽率为：715550/(13.69 × 70721)=73.9%。

可解吸瓦斯量按如下公式计算：

$$W_j = W_{CY} - W_{CC}$$

式中：W<sub>j</sub>——煤的可解吸瓦斯量，m<sup>3</sup>/t；

W<sub>CY</sub>——抽采瓦斯后煤层的残余瓦斯含量，m<sup>3</sup>/t；

W<sub>CC</sub>——煤在标准大气压力下的残存瓦斯含量，

按如下公式计算：

$$W_{CC} = \frac{0.1ab}{1+0.1b} \times \frac{100 - A_d - M_{ad}}{100} \times \frac{1}{1+0.31M_{ad}} + \frac{\pi}{\gamma}$$

式中：a——煤的极限瓦斯吸附量，19.467m<sup>3</sup>/t；

b——吸附常数，0.808MPa-1；

M<sub>ad</sub>——煤的水分，1.53%；

A<sub>d</sub>——煤的灰分，10.15%；

$\pi$ ——煤的孔隙率，0.0684m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>；

$\gamma$ ——煤的容重（假比重），1.4t/m<sup>3</sup>。

$$W_{CC} = (0.1 \times 19.467 \times 0.808) / (1 + 0.1 \times 0.808) \times (100 - 10.15 - 1.53) / 100 \times 1 / (1 + 0.31 \times 1.53) + 0.0684 / 1.4 / 100 = 0.92 \text{ m}^3/\text{t}$$

通过计算，可得出标准大气压力下的残存瓦斯含量 0.92m<sup>3</sup>/t，Ⅲ 1022 风巷（14#~22# 钻场）可解吸瓦斯量为 3.57-0.92=2.65m<sup>3</sup>/t。

利用公式通过残余瓦斯含量反算残余瓦斯压力：

$$W = \frac{abP}{1+bP} \times \frac{100 - A_d - M_{ad}}{100} \times \frac{1}{1+0.31M_{ad}} + \frac{10\pi P}{\gamma}$$

式中：W——煤层瓦斯含量，m<sup>3</sup>/t；

P——煤层绝对瓦斯压力，MPa；

a——煤的极限瓦斯吸附量，19.467m<sup>3</sup>/t；

b——吸附常数，0.808MPa-1；

M<sub>ad</sub>——煤的水分，1.53%；

A<sub>d</sub>——煤的灰分，10.15%；

$\pi$ ——煤的孔隙率，0.0684m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>；

$\gamma$ ——煤的容重（假比重），1.4t/m<sup>3</sup>。

通过计算，该区域煤层最大残余瓦斯压力为 0.49MPa。表 1 为残余瓦斯含量、可解吸瓦斯含量计算及残余瓦斯压力反算表。

根据Ⅲ 1024 风巷第二单元瓦斯赋存等基础资料分析，结合区域措施效果检验结果，得出以下主要结论：

第一，通过对Ⅲ 1024 风巷第二单元预抽钻孔填图分析，区域预抽钻孔符合设计要求，评价区域内煤层整体起伏较小。

第二，通过预抽率、残余瓦斯含量和压力间接计算，Ⅲ 1024 风巷第二单元 10 煤最大残余瓦斯含量为 3.57m<sup>3</sup>/t、可解吸瓦斯含量为 2.65m<sup>3</sup>/t，最大残余瓦斯压力 0.49MPa；通过实测，Ⅲ 1024 风巷第二单元 10 煤残余瓦斯含量最大值为 3.48m<sup>3</sup>/t、可解吸瓦斯含量为 2.56m<sup>3</sup>/t，最大残余瓦斯压力 0.30MPa，指标均小于《防治煤与瓦斯突出细则》和《煤矿瓦斯抽采达标暂行规定》要求。同时效检钻孔施工过程中无喷孔、顶钻等瓦斯异常动力现象。

第三，综合分析，Ⅲ 1024 风巷第二单元煤巷条带区域瓦斯治理措施有效。允许进行掘进作业，工作面掘进期间，严格执行局部综合防突措施。

通过区域治理，10 煤层残余瓦斯压力  $\geq$  0.4MPa、残余瓦斯含量  $\geq$  4m<sup>3</sup>/t；8、9 煤层残余瓦斯压力  $\geq$  0.35MPa、残余瓦斯含量  $\geq$  3.5m<sup>3</sup>/t，采掘工作面回风瓦斯浓度控制在 0.3% 以下，实现瓦斯“零突出、零超限”，达到“掘、钻、抽、采”平衡，“时空”保障充足，实现瓦斯治理效果最大化。

### 3 水害治理

#### 3.1 矿井水害类型

矿井水文地质类型中等，主要水害包括：①老空水；②太灰水；③断层水；④封闭不良钻孔水；⑤顶底板砂岩裂隙水。

#### 3.2 水害治理原则、思路及措施

##### 3.2.1 水害治理原则、思路

坚持“查清、根治、验证”的水害防治原则，严格落实水害治理“五条铁规”；落实“超前查治、区域治理”技术思路，遵循“预测预报、超前探查、综合治理、安全评估、验收审批”的防治水工作程序，做到“先治水后掘采，不达标不掘采”。

表 1 残余瓦斯含量、可解吸瓦斯含量计算及残余瓦斯压力反算表

评价区域	煤炭储量(t)	原始瓦斯含量 (m <sup>3</sup> /t)	瓦斯储量(m <sup>3</sup> )	瓦斯抽采量(m <sup>3</sup> )	残余瓦斯含量 (m <sup>3</sup> /t)	可解吸瓦斯 含量(m <sup>3</sup> /t)	预抽率 (%)	反算残余 瓦斯压力 (MPa)
Ⅲ 1024 风巷 (1#-9#钻场)	60722	13.69	968170.5	715550	3.57	2.65	73.9	0.49

### 3.2.2 水害治理措施

①老空水：在底板岩巷远距离集中探放，工作面采掘时进行放水效果验证。

②太灰水：近灰岩巷道掘进坚持“物探+钻探”的循环探查措施；工作面回采前完善排水系统，进行直流电法探测工程及太灰水钻探工程。例如，出水应采取疏水降压的防治水措施，并进行防治水工程总结及开采安全性评价后，工作面方可回采。

③断层水：结合三维地震、井上下钻探及井巷工程实揭地质资料，全面核查断层含（导）水性、落差、产状、切割层位、断层与采掘地点的空间位置关系及影响情况。

导水断层的两侧，留设防隔水煤（岩）柱；对与灰岩含水层或与新生界松散层“四含”水连通的导水断层，巷道一般不得临近或通过。巷道确需穿过该断层面时，应制定专门措施，超前探明情况并采取预注浆加固处理；对10煤采掘工作面落差大于30m的断层、其它采掘工作面落差大于50m的断层，利用地面定向钻孔加固断层破碎带，为巷道安全过断层创造条件。井巷通过导水或可能导水的断层前，必须超前探放水。

④封闭不良钻孔水：对封闭不良、未封或封孔情况不明

钻孔，根据不同情况，在与采掘工作面相遇前，分别采取重新封孔、井下探水、留设防水煤柱等措施处理。

⑤顶底板砂岩裂隙水：煤系地层砂岩裂隙水富水性弱，以静储量为主，易于疏干，对工作面开采影响较小。根据勘探成果分析查明主煤层顶底板砂岩裂隙水富水块段，在具备物探条件的富水块段，采用瞬变电磁、直流电法等方法探明富水异常区，在异常区内施工探查验证钻孔。采用探查成果对块段进行安全评价，无威胁后方可进行采掘活动<sup>[3]</sup>。

### 3.3 治理效果

采用水害治理手段首先要对新设备进行投入，加强钻孔测斜，观测灰岩孔水位变化情况，及时掌握，杜绝因预测预报及防治水治理措施落实不到位造成突水，实现“零突水”的安全目标。表2为太灰、奥灰水位变化情况表。

## 4 结语

综上所述，灾害治理的原则要变灾后治理为灾前治理。因此，煤矿需要加大对瓦斯和水害的分析和研究，将其更好地应用在矿山灾害治理工作中，提高矿山回采的效率，促进中国矿山开采的发展。

表2 太灰、奥灰水位变化情况表

采区	序号	孔号	观测层位	孔口标高	终孔深度	5月27日	6月3日	水位变化	备注
						水位标高	水位标高		
一采区	1	1990-太灰观1(一采区)	一至四灰	25.5	313.82	2.21	2.11	-0.10	
五采区	2	2013-太灰观2(五采区)	一至四灰	24.12	285.65	2.20	2.08	-0.12	
矿东翼	3	2013-奥灰观1(矿东翼)	奥灰	25.11	441.06	4.24	4.10	-0.14	
工广	4	2019-太灰观1(工广)	一至四灰	24.20	686.70	-197.60	-198.34	-0.74	受Ⅲ2采区灰岩孔放水影响
	5	2019-奥灰观2(工广)	奥灰	25.20	855.56	4.38	4.29	-0.09	
Ⅱ六采区	6	2019-太灰观3(Ⅱ六采区)	一至四灰	24.80	759.38	-91.73	-95.30	-3.57	受地面注浆影响
Ⅲ二采区	7	2020-太灰观1(Ⅲ二采区)	五至八灰	24.33	1066.52	-146.64	-147.56	-0.92	受Ⅲ2采区灰岩孔放水影响
Ⅲ4采区	8	2020-太灰观2(Ⅲ4采区)	五至八灰	24.00	994.05	-85.37	-85.60	-0.23	

### 参考文献

- [1] 裴业虎.膨润土泥浆在水平定向钻施工中的应用及特点[J].中国非金属矿工业导刊,2019(6):45.
- [2] 李增年,李龙,唐国栋,等.定向钻穿越造浆地层泥浆技术应用[J].云南化工,2018(5):23-24.
- [3] 卢纯青.小型非开挖定向钻穿越砂层施工中孔壁稳定性分析[J].福建建筑,2018(9):35-36.