

最新煤矿安全生产 信息化技术改造与 技术监控实用手册

主编 安万昌



安徽文化音像出版社

最新煤矿安全生产信息化 技术改造与技术监控实用手册

主 编 安万昌

(三)

安徽文化音像出版社

第三章 瓦斯抽放及其设计、监测技术

第一节 瓦斯抽放方法及抽放指标

一、发展概况

据统计资料,1988年全世界有619个矿井抽放瓦斯,其中前苏联215个、占30.7%,中国102个、占16.5%。1988年全世界抽放瓦斯50.57亿 m^3 ,其中前苏联20.37亿 m^3 、占38.7%,中国3.58亿 m^3 、占6.7%。世界主要产煤国家的煤矿瓦斯抽放发展情况见表6-3-1、6-3-2。

表6-3-1 全世界主要产煤国抽放瓦斯矿井数

序号	国家	年份									
		1965	1970	1975	1980	1985	1986	1987	1988	1990	1995
1	中国				75	98	100	101	102	106	142
2	前苏联	112	150	167	211	225		215			
3	波兰	4	7	9	18	19	19	19	19		
4	美国	5	4	3				19			
5	德国	57	64	45				32			
6	英国	129	126	129	115	82	75	85	75		
7	法国	14	14	15				12			
8	澳大利亚	2	2	2				12			
9	比利时	34	34	23				6			
10	日本	30	15	13	10	9	9	8	8		
11	捷克	9	30	14				18			

序号	国家	年 份									
		1965	1970	1975	1980	1985	1986	1987	1988	1990	1995
12	匈牙利	3	5	6				5			
13	罗马尼亚		1	2				2			
14	加拿大	3	3	3				7			
15	南非							12			
16	土耳其		1	1				2			
全世界		416	446	470	527	610	606	609	619		

表 6-3-2 全世界主要产煤国抽放瓦斯量

单位: 10^6m^3

序号	国家	年 份											
		1965	1970	1975	1980	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1992	1995
1	中 国	150.0	170.0	200.0	276.0	329.1	322.1	327.7	357.7	381.6	422.9	534.1	600.4
2	前苏联	412.4	758.2	1291.3	1720.5	2120		2055	2071				
3	波 兰	112.6	221	225	258	324	324	330	330	330			
4	美 国		51	60	100	220	260	450					
5	德 国	492.1	577.4	613.2	690.6	697	637.4	566.5	618.4	534.9			
6	英 国	385.4	506	432	495	400	360	390	359.0				
7	法 国	130.5	270	289	268	180	181	178					
8	澳大利亚		3	43	23	108	115	120					
9	比利时		60	51	45	24	25	25					
10	日 本	232	357.7	330.2	283.6	202.7	182.5	153.7	116.0				
11	捷 克	64	97					261	320				

从抽放规模看,我国的许多矿区、矿井与国外抽放很好的矿区、矿井处于同一水平。1994年,我国抽放量在2000万 m^3 以上的矿区有10个、每矿平均年抽放量为316~4077万 m^3 ,年抽放量在1000~2000万 m^3 的矿区有4个、每矿平均年抽放量为193~734万 m^3 ,年抽放量为500~1000万 m^3 的矿区有8个、每矿平均年抽放量为1.36~6.36万 m^3 ,见表6-3-3;年抽放量在500万 m^3 以上的矿区共有22个,共抽放总量5.8亿 m^3 ,占全国总量的91.3%。原苏联顿巴斯煤田的19个矿区中,年抽放量在2000万 m^3 以上的矿区有10个,每矿平均年抽放量为450~2980万 m^3 ;年抽放量在1000~2000万 m^3 的矿区有4个,每矿平均抽放量为154~485万 m^3 ;年抽放量在500~1000万 m^3 的矿区有1个;年抽放量为500万 m^3 以下的矿区有1个。

表 6-3-3 年抽放量在 500 万 m^3 以上的矿区统计表

类 别	矿 区	年抽放时 (10^6m^3)	抽放矿 井数	每年平均抽放量 (10^6m^3)	抽放量最大的矿井	
					矿井名	抽放量 (10^6m^3)
年抽放量 2000 万 m^3 以上	抚 顺	122.31	3	40.77	老虎台	84.74
	阳 泉	92.61	10	9.26	五矿大井	35.90
	松 藻	56.42	6	9.40	打通一矿	14.64
	天 府	27.39	5	5.48	磨心坡	9.46
	美 蓉	25.73	5	5.15	白 皎	15.99
	铁 法	22.12	7	3.16	大 兴	4.08
	中梁山	20.84	2	10.42	南 桐	12.66
	盘 江	20.59	4	5.15	老屋基	8.03
	南 桐	20.54	6	3.42	鱼田堡	4.71
	六 枝	20.47	5	4.09	地 宗	5.50
年抽放量 1000 ~ 2000 万 m^3	水 城	19.51	6	3.25	老鹰山	4.74
	石炭井	14.67	2	7.34	白茆沟	13.35
	峰 峰	13.75	6	2.29	牛儿庄	3.71
	焦 作	13.53	7	1.93	九里山	2.90
	鹤 壁	9.50	7	1.36	四 矿	2.45
	丰 城	9.04	3	3.01	坪 湖	4.22
	开 滦	8.51	3	2.84	马家沟	3.32
年抽放量	平定县	7.70	3	2.57		
500 ~ 1000 万 m^3	鹤 岗	6.35	1	6.35	南 山	6.35
	西 山	5.95	1	5.95	杜儿坪	5.95
	铜 川	5.90	1	5.90	陈家山	5.90
	淮 南	5.01	3	1.67	谢二矿	1.99

每个抽放矿井的抽放量差别很大,为分析方便起见,把抽放矿井分成四类:特大型,年抽放量大于 1000 万 m^3 (平均大于 $19\text{m}^3/\text{min}$);大型,年抽放量 500 ~ 1000 万 m^3 (平均 $9.5 \sim 19\text{m}^3/\text{min}$);中型,年抽放量 250 ~ 500 万 m^3 (平均 $4.76 \sim 9.5\text{m}^3/\text{min}$);小型,年抽放量小于 250 万 m^3 (平均小于 $4.76\text{m}^3/\text{min}$)。据 1995 年统计,151 个矿井分类见表 6-3-4。

表 6-3-4 我国各类抽放矿井统计表

抽放矿井类别	年抽放量 万 m ³	矿井数		年抽放量		备注
		个	所占比例 (%)	m ³	所占比例 (%)	
特大型	> 1000	13	8.6	28095.3	46.8	包括 9 个未抽矿井
大型	500 ~ 1000	13	8.6	8988.6	15.0	
中型	250 ~ 500	43	28.5	14893.3	24.8	
小型	< 250	82	54.3	8065	13.4	
合计		151	100	60042.2	100	

由表 6-3-4 看出,我国抽放量的 60% 以上是由占抽放矿井总数的 17% (26 个) 的特大型和大型抽放矿井抽出的。这 26 个抽放矿井的抽放量见表 6-3-5。

表 6-3-5 特大型、大型抽放矿井统计表

特大型抽放矿井			大型抽放矿井		
序号	矿井名称	年抽放量 (万 m ³)	序号	矿井名称	年抽放量 (万 m ³)
1	抚顺老虎台矿	8474.2	1	天府磨心坡矿	945.5
2	阳泉五矿大井	3589.8	2	松藻石壕矿	900.6
3	抚顺龙凤矿	3265.7	3	中梁北山矿	817.7
4	芙蓉白皎矿	1599.0	4	盘江老屋基矿	803.0
5	松藻打通一矿	1463.5	5	天府刘家沟矿	726.4
6	阳泉二矿西四尺井	1412.7	6	六枝局六枝矿	691.8
7	石炭井白茆沟矿	1334.6	7	鹤岗南山矿	635.5
8	松藻打通二矿	1305.9	8	盘江山脚树矿	602
9	中梁山南矿	1265.8	9	西山杜儿坪矿	595
10	松藻局松藻矿	1218.9	10	银川陈家山矿	590
11	阳泉五矿裕公井	1123.2	11	芙蓉珙泉矿	571
12	阳泉一矿北四尺井	1031.8	12	六枝地宗矿	550.1
13	阳泉一矿北丈八井	1010.2	13	天府三汇矿	524.0

1988 年英国抽放量在 1000 万 m³ 以上的矿井有 7 个,最大为 3120 万 m³。前苏联库兹巴斯煤田年抽放量在 1000 万 m³ 以上的矿井有 4 个,最大 3064.2 万 m³,为十月矿。德国的弗里德赫·基生矿年抽放量高达 8409.6 万 m³,罗勃格矿年抽放量为 2900 万 m³。捷克的斯塔尔日契矿年抽放量 5000 万 m³。

在近 10 年来,我国在提高矿井瓦斯抽放率方面也取得了可喜的进展,与 1987 年相

比,矿井抽放率 $\eta > 30\%$ 的矿井数由 7 个(占当年统计数的 9.5%)增加到 27 个(占 22.1%), $\eta = 20\% \sim 30\%$ 的矿井数由 10 个(占 13.5%)增加到 41 个(占 33.6%), $\eta = 10\% \sim 20\%$ 的矿井数由 29 个(占 39.2%)增加到 35 个(占 28.75%), $\eta < 10\%$ 的矿井数由 28 个(占 37.8%)减少到 19 个(占 15.6%)。1995 年各类矿井瓦斯抽放率见表 6-3-6。

表 6-3-6 我国矿井瓦斯抽放率统计表

瓦斯抽放率	> 30%	20% ~ 30%	10% ~ 20%	< 10%
矿井数(个)	27	41	35	19
占统计资料总数的比例(%)	22.1	33.6	28.7	15.6

二、瓦斯抽放方法分类

瓦斯抽放方法目前尚无统一分类方法,根据抽入的瓦斯来源及抽放作用原理进行的分类为以下类型:

(一)未卸压煤层和围岩抽放

1. 预先抽放

(1)采区大面积抽放

①顺层孔;

②穿层孔;

③地面打钻。

(2)石门揭开前和煤巷掘进局部抽放

(3)围岩裂隙及溶洞抽放

2. 边采边抽

(1)回采工作面边采边抽

①向工作面前方打孔;

②向未采分层打孔。

(2)煤巷工作面边采边抽

3. 强化抽放

(1)水边压裂

(2)水边割缝

(3)松动爆破

(4)煤层物理化学处理

(二)卸压煤层和围岩抽放

(1)上邻近层抽放

- ①从巷道打钻;
- ②从地面打钻;
- ③专门的抽放巷。
- (2)下邻近层抽放
- (三)采空区抽放
 - (1)密闭插管抽放
 - (2)密闭和钻孔抽放
 - (3)打钻到冒落顶上方
 - (4)地面垂直钻孔
- (四)综合抽放
 - (1)采取大面积抽放与打钻到冒落拱上方抽放
 - (2)采取大面积抽放与地面垂直钻孔抽放结合
 - (3)采取大面积抽放与上邻近层抽放、下邻近层抽放,地面垂直钻孔抽放结合
 - (4)水边压裂与密闭插管抽放结合

三、瓦斯抽放指标

瓦斯抽放指标是用来衡量煤层瓦斯抽放难易程度的参数,常用的有钻孔流量衰减系数和煤层透气性系数。

钻孔流量衰减系数是表示钻孔瓦斯流量随时间延长呈衰减变化的系数。测定方法是选择有代表性的地区,打直径 75mm 的钻孔,测定其初始瓦斯流量 Q_0 ,经过 t (10d 以后),测其流量 Q_t ,因钻孔瓦斯流量按负指数规律衰减,则有:

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t} \quad (6-3-1)$$

$$\alpha = \frac{\ln Q_0 - \ln Q_t}{t} \quad (6-3-2)$$

式中 α ——钻孔流量衰减系数, d^{-1} ;
 Q_0 ——钻孔初始瓦斯流量, m^3/min ;
 Q_t ——经过 t 时间的钻孔瓦斯流量, m^3/min ;
 t ——时间, d 。

煤层透气性系数说明抽放难易程度最直观,透气性系数大就容易抽放,透气性系数小就难于抽放;但由于井下测定煤层透气性较为复杂,因而不如钻孔流量衰减系数容易为各抽放矿井掌握。

原煤炭工业部《矿井瓦斯抽放管理规范》将未卸压的原始煤层的抽放难易程度划分为容易抽放、可以抽放、较难抽放 3 类(见表 6-3-7)。我国一些煤矿的抽放指标及预抽效果见表 6-3-8。

表 6-3-7 原始煤层按抽放指标分类

类别	钻孔流量衰减系数(d^{-1})	煤层透气性系数($m^2/(MPa^2 \cdot d)$)
容易抽放	< 0.003	> 10
可以抽放	0.003 ~ 0.05	10 ~ 0.1
较难抽放	> 0.05	< 0.1

表 6-3-8 一些煤矿的抽放指标及预抽效果

矿 井	煤层	透气性系数 ($m^2/(MPa^2 \cdot d)$)	钻孔流量衰减系数 (d^{-1})	百米钻孔稳定流量 (m^3/min)	预抽效果
抚顺龙凤矿	本层	140 ~ 150	0.00042	4.5	效果很好
抚顺塔连坑	本层	50.4		0.6	效果较好
抚顺胜利矿	本层	31 ~ 39.2		0.3	效果较好
包头河滩沟矿	G	11.3 ~ 17.4		0.5	效果较好
鹤壁六矿	大煤	1.2 ~ 1.8		0.2	效果一般
焦作李封矿	大煤	0.56 ~ 3.6		0.18	效果一般
天府磨心坡矿	kg	0.083		0.017	效果较差
白沙红卫矿	6	0.047		0.071	效果较差
阳泉一矿	3		0.00786	0.004	效果较差

四、综合抽放瓦斯技术

(一)我国煤矿抽放瓦斯技术的发展

随着煤炭工业技术的发展,瓦斯抽放技术也得到了不断地提高和发展,我国煤矿抽放瓦斯技术大致经历了4个发展阶段。

1. 高透气性煤层瓦斯抽放阶段。

50年代初期,在抚顺高透气性特厚煤层中首次采用井下钻孔预抽煤层瓦斯,获得了成功,解决了抚顺矿区向深部发展的安全关键问题,抽出的瓦斯作为民用燃料得到了应用,开始尝到了煤层瓦斯变害为利的甜头;但由于当时对煤层透气性与抽放效果之间的关系认识不深,所以在煤层的透气性远远小于抚顺煤层的其它矿井采用类似抚顺的方法抽放瓦斯时,都没有取得抚顺矿区那样明显的效果。

2. 邻近层卸压瓦斯抽放阶段

50年代中期,在开采煤层群的矿井中,采用井下穿层钻孔抽放上邻近层瓦斯的试验在阳泉矿区获得成功,解决了煤层群开采中首采工作面瓦斯涌出量大的问题。在这个阶段,通过大量的抽瓦斯试验,认识到利用煤层开采后形成的顶底板采动卸压作用对未开采的相邻煤层(包括不可采煤层)进行边采边抽可以有效地抽出瓦斯、减少邻近层卸压瓦斯

向开采层工作面的大量涌出。到了 60 年代,该方法已在不同煤层赋存条件下的上、下邻近层中得到应用,都取得了较好的抽放效果。邻近层卸压瓦斯抽放技术在我国得到了广泛的推广应用。

3. 低透气性煤层强化抽瓦斯阶段

由于在我国一些透气性较差的高瓦斯煤层及突出危险煤层采用通常的布孔方式预抽瓦斯的效果不理想、难以解除煤层开采时的瓦斯威胁,为此,从 60 年代开始,科研院校与现场结合,试验研究了多种强化抽放开采煤层瓦斯的方法,如煤层高、中压注水,水力压裂,水力割缝,松动爆破,大直径(扩孔)钻孔,网格式密集布孔,孔裂控制爆破,交叉布孔等。在这些方法中,多数方法在试验区取得了提高瓦斯抽放量的效果,只是由于有的工艺较复杂,有的装备庞大井下不适用,有的需要增加较多的工程及设备,因此目前强化抽瓦斯措施还没有达到工业应用程度;但是通过试验,得到一个认识,即对于“可以抽放”甚至“较难抽放”的煤层,当在煤层中适当加大布孔密度,并通过采用强化抽瓦斯措施,是可以扩大钻孔的卸压范围、增加煤层透气性、提高瓦斯抽放率的。在一些无保护层可采而又有严重突出危险的煤层,采用穿层网格式布孔预抽瓦斯后,取得了可观的瓦斯抽放率,并且消除了突出危险。如芙蓉局白皎矿在茅层实施网格式布孔(10m×10m),预抽瓦斯一年左右,煤层瓦斯抽放率达 25% 以上,吨煤钻孔量达到 0.027m,已被认定为一项效果较好的区域防突措施;焦作矿务局采用孔间距 3~4m,在煤层中打上、下向顺层钻孔及交叉钻孔等方式预抽瓦斯,年钻孔量从 60km 增加到 12 万多米,年抽放瓦斯量从 786 万 m³ 增加到 1350 万 m³。

低透气性煤层强化抽瓦斯技术仍在继续探索中,以试验新的更经济有效的途径。

4. 综合抽瓦斯阶段

从 80 年代开始随着机采、综采和综放采煤技术的发展和运用,采区巷道布置方式有了新的改变,采掘推进速度加快、开采强度增大,使工作面绝对瓦斯涌出量大幅度增加,尤其是存在邻近层的工作面,其瓦斯涌出量的增长幅度更大,采区瓦斯平衡构成也发生了很大变化。为了解决高产高效工作面多瓦斯涌出源、高瓦斯涌出量的问题,必须结合矿井的地质开采条件,实施综合抽放瓦斯。所谓综合抽瓦斯技术就是:把开采煤层瓦斯采前预抽、卸压邻近层瓦斯边采边抽及采空区瓦斯采后抽等多种方法在一个采区内综合使用,在空间上及时间上为瓦斯抽放创造更多的有利条件,在工艺及方式方面,将钻孔抽放与巷道抽放相结合、井下抽放与地面钻孔抽放相结合、常规抽放与强化抽瓦斯相结合、垂直短钻孔抽放与水平长钻孔抽瓦斯相结合的技术措施。采用综合抽瓦斯方法后可最大限度地利用时间及空间增加瓦斯抽放量、提高瓦斯抽放率,尽可能多地降低抽瓦斯成本,缓解掘、抽、采的接替紧张状态。综合抽瓦斯方法在技术原理上没有新颖之处,它仅是针对多瓦斯涌出源的特点将多种抽放方法综合在一起,使瓦斯抽放量及抽放率达到最高。

在一个矿井或一个工作面采用多种方式方法抽放瓦斯是综合抽瓦斯方法的特点,它是当前高产高效矿井抽瓦斯技术的发展方向,也是关于治理瓦斯的“密钻孔、严封闭、综合抽”技术方针的重要方面。综合抽瓦斯是矿井防止瓦斯事故的可靠的安全保障措施,也为开发、利用煤层气资源提供了经济有效的技术手段。

(二) 综合抽放瓦斯的必要性

1. 瓦斯涌出量与工作面产量的关系

由于在《煤矿安全规程》中规定了工作面允许的最高风速和工作面回风允许的最大瓦斯浓度,因而工作面所能担负的瓦斯涌出量是有限的。在当前工作面普遍采用 U 形通风方式条件下,工作面通风所能担负的最大瓦斯涌出量可由下式确定:

$$q_{\max} = CQ/100K_H = \frac{0.6CS v_{\max}}{K_H} \quad (6-3-3)$$

或

$$q'_{\max} = \frac{864CS v_{\max}}{K_H \cdot A} \quad (6-3-4)$$

式中 q_{\max} ——通风所能担负的工作面最大绝对瓦斯涌出量, m^3/min ;

q'_{\max} ——通风所能担负的工作面最大相对瓦斯涌出量, m^3/t ;

C ——工作面回风流中允许的最大瓦斯浓度, %。我国《煤矿安全规程》对此作了具体规定;

Q ——工作面最大供风量, m^3/min 。 $Q = 60S v_{\max}$;

v_{\max} ——工作面最大允许风速, m/s 。《煤矿安全规程》规定为 $4\text{m}/\text{s}$;

S ——工作面的净断面, m^2 。根据我国现有综放面的支架类型,工作面的最大净断面不超过 6.5m^2 ;

K_H ——工作面瓦斯涌出不均衡系数。根据一些矿务局的测定,取 $K_H = 1.4$;

A ——工作面的最大日产量, t/d 。

当取 $C = 1\%$ 时,将上述各参数代入式(6-3-4)得:

$$q'_{\max} = \frac{16046}{A} \text{ 或 } A = \frac{16046}{q'_{\max}} \quad (6-3-5)$$

当取 $C = 1.5\%$ 时,有:

$$q'_{\max} = \frac{24069}{A} \text{ 或 } A = \frac{24069}{q'_{\max}} \quad (6-3-6)$$

根据式(6-3-5)及(6-3-6)可计算出通风担负工作面最大相对瓦斯涌出量时间最大日产量,计算结果见表 6-3-9。当瓦斯涌出量超过表 6-3-9 中值时,必须用抽放瓦斯等专门措施来解决综放工作面回风流瓦斯超限问题。

表 6-3-9 工作面最大日产量与允许的最大相对瓦斯涌出量对照表

工作面产煤量 (t/d)		1000	1500	2000	2500	3000	6000	10,000
工作面最大相对 瓦斯涌出量(m^3/t)	$C=1.0\%$	16.0	10.7	8.0	6.4	5.3	2.7	1.6
	$C=1.5\%$	24.1	16.0	12.0	9.6	8.0	4.0	2.4

表 6-3-9 所列数据是按工作面极限供风量计算的,但对我国许多矿井而言,由于矿井通风能力、通风系统以及防治煤炭自燃的限制,工作面供风量往往达不到极限供风量,

因而对高产高效工作面来说,为了确保其高产量,不但在高瓦斯矿井,而且在某些低瓦斯矿井也需要进行抽放瓦斯。

2. 抽放瓦斯对提高工作面产量的作用

抽放瓦斯是降低通风排放的瓦斯量的根本措施,也是减小瓦斯因素对工作面产量的制约作用的基本手段。

当工作面的实际相对瓦斯涌出量 q 大于 q'_{max} 时,必须采取抽瓦斯措施才能保证其最大日产量 A ,且要求瓦斯抽放率 η 应为:

$$\eta = \frac{100(q - q'_{max})}{q} \quad (6-3-7)$$

将式(6-3-5)及式(6-3-6)代入,经整理后得:

$$A = \frac{1604600}{(100 - \eta)q} \quad (6-3-8)$$

及
$$A = \frac{2406900}{(100 - \eta)q} \quad (6-3-9)$$

从式(6-3-8)、(6-3-9)可知,在相同的相对瓦斯涌出量条件下,瓦斯抽放率越高,瓦斯因素允许的工作面日产量越大。在相同的瓦斯抽放率时,随着相对瓦斯涌出量的增大,允许的日产量将急剧减小。

表 6-3-10 给出了 $C = 1.0\%$,不同相对瓦斯涌出量和不同瓦斯抽放率条件下瓦斯因素允许的工作面最大日产量值。表中粗黑线以上的区域为高产高效工作面能达到年产 100 万 t 的区域。

表 6-3-10 不同 q 和 η 时的工作面最大日产量 $A(t/d)$

工作面相对瓦斯涌出量 q (m^3/t)	瓦斯抽放率 η (%)								
	0	10	20	30	40	50	60	80	90
2	8023	8914	10029	11461	13372	16046	20057	40118	80230
4	4012	4457	5014	5731	6686	8023	10029	20057	40115
6	2674	2971	3343	3820	4457	5349	6686	13372	26743
8	2006	2229	2507	2865	3343	4012	5014	10029	20057
10	1605	1783	2006	2292	2674	3029	4011	8023	16046
15	1070	1189	1337	1528	1783	2139	2674	5349	10697
20	802	891	1003	1146	1337	1605	2006	4011	8023
30	535	594	669	764	891	1070	1337	2674	5349
40	401	446	501	573	669	802	1003	2006	4011
50	321	357	401	458	535	642	802	1605	3209

瓦斯抽放率的大小除与抽放工艺参数有关外,主要取决于工作面的瓦斯来源。根据

目前抽瓦斯技术水平,当工作面瓦斯主要来自开采煤层时,其瓦斯抽放率一般为 20% ~ 30%,个别情况可达 50%,在这种条件下,实现年产 100 万 t 时的工作面相对瓦斯涌出量应小于 $6 \sim 10 \text{m}^3/\text{t}$;当工作面瓦斯主要来源于邻近层时,抽放率一般可达 50% ~ 80%,实现年产 100 万 t 时的工作面相对瓦斯涌出量应小于 $10 \sim 20 \text{m}^3/\text{t}$ 。

(三)综合抽放瓦斯方法及其效果

由于国内外高产高效及综放工作面的数量日益增多,单一面瓦斯涌出量超过 $10 \sim 15 \text{m}^3/\text{min}$ 的工作面已屡见不解,用单一的通风方法已不能消除瓦斯威胁,因而应针对工作面多瓦斯涌出源的特点采用综合抽放瓦斯方法,以保障工作面的安全高产。

1. 前苏联采用综合抽放瓦斯方法及效果

到 1981 年,苏联有 60% 的煤炭采自相对瓦斯涌出量大于 $15 \text{m}^3/\text{t}$ 的超级瓦斯矿井,有些矿井的瓦斯涌出量已达 $80 \sim 90 \text{m}^3/\text{min}$,一些深部矿井,瓦斯涌出量高达 $140 \sim 160 \text{m}^3/\text{min}$ 因此较广泛地采用综合抽放瓦斯方法。库兹巴茨矿区每年对 20 ~ 25 个长壁工作面进行瓦斯综合抽放,每个工作面产量都达到 1000t/d 以上。卡拉岗达矿区有 75% 的矿井、沃尔库塔矿区有 50% 的矿井、顿巴斯有 15% 的矿井采用综合抽放瓦斯措施。综合抽放瓦斯方法的主要内容有:

(1)对开采煤层采用顺层钻孔抽瓦斯。为了提高抽放效果,可以用水力破裂法强化抽瓦斯,一般在工作面投产前可以预抽瓦斯 1 年多。如果在开采层上部较远处的煤层已经开采,则可利用上层开采后的卸压作用进行开采煤层瓦斯抽放,这样抽瓦斯效果会更理想。

(2)从井下巷道打钻抽放上邻近层瓦斯。如果抽放效果不好或井下施工有困难时,利用地面钻孔抽放上邻近层瓦斯及采空区瓦斯,这样能取得较好的抽放效果。

(3)当开采层顶板有近距离邻近层时,在回风巷铺设带有孔眼的筛管抽放采空区瓦斯,或向采空区冒落拱顶部打钻抽放采空区瓦斯。插筛管抽放采空区瓦斯时,瓦斯浓度一般为 10% ~ 25%;打钻到冒落拱抽出的瓦斯浓度一般也达 30% ~ 50%。因此当抽放瓦斯浓度较低时,应单独铺设抽放管路。

表 6-3-11 列出了卡拉岗达矿区采用的综合抽放瓦斯的方法及其效果。

表 6-3-11 卡拉岗达矿区综合抽放瓦斯方法及效果

序号	综合抽瓦斯方法	数量(个)			采区平均 抽放率(%)	工作面平均 日产量(t)
		矿井	煤层	工作面		
1	开采层顺层钻孔和冒落拱上方钻孔	7	9	26	45	1485
2	开采层顺层钻孔和地面垂直钻孔	5	5	8	55	1190
3	开采层顺层钻孔、冒落拱上方钻孔和地面垂直钻孔	5	7	17	60	1265
4	地面垂直钻孔和冒落拱上方钻孔	3	3	5	45	1120
5	冒落拱上方钻孔和采空区插筛管	2	3	6	45	1305
6	开采层顺层钻孔、冒落拱上方钻孔和下邻近层钻孔	3	4	10	55	1295

2. 松藻局打通二矿综合抽瓦斯方法及效果

松藻局打通二矿是一个开采煤层群的矿井,共有煤层 9~12 层,其中可采煤层 3 层,6# 及 7# 煤层为局部可采、8# 煤层为全部可采,煤层倾角在 10°以下。采煤方法为倾斜或走向长壁后退式。随着无煤柱高档普采和综采工艺的广泛应用,工作面瓦斯涌出量急剧增加,有的超过 30m³/min。经测定,煤层瓦斯含量为 17.65~21.19m³/t,工作面瓦斯平衡构成中,开采煤层瓦斯涌出约占 15%,邻近层瓦斯涌出占 75%,其中上邻近层瓦斯涌出为 28%、下邻近层瓦斯涌出为 47%、围岩及其它瓦斯涌出约占 10%。该矿原先采用单一的下邻近层(8# 煤)抽瓦斯方法,为了提高采区和矿井瓦斯抽放率,该矿实施了开采层预抽、上下邻近层卸压抽、采空区抽放及全封闭老采空区抽放等综合抽瓦斯技术。

(1) 开采煤层瓦斯抽放

有二种方式。一是从回风巷沿煤层打近水平钻孔,钻孔平行或斜交工作面,钻孔间距 3~5m。由于煤层瓦斯压力大,打钻施工困难,不能达到预订深度(40~79m),再加上钻孔变形塌孔,封孔困难,深度不足 3m,故钻孔漏气严重、抽放效果差而停止抽放。二是在底板茅口灰岩专用瓦斯巷道中进行穿后网格式布孔,终孔间距 10m×10m,在钻孔控制的 11300m² 范围内,布置钻孔 135 个。经过 30 个月的抽放,共抽出瓦斯 75.2 万 m³;抽放分为二个阶段,第一阶段为预抽,平均抽放瓦斯量为 0.37m³/min,预抽瓦斯率为 18.76%,第二阶段为利用日采工作面前方的卸压作用边采边抽,平均抽放量达 1.10m³/min,经计算总的瓦斯抽放率达 35.94%,取得了较好的抽放效果。

(2) 上邻近层及采空区瓦斯抽放

在无煤柱机采工作面抽放上邻近层瓦斯,采用在回风巷内直接布置钻孔的形式,沿回风巷每隔 50~60m 布置一钻场,每个钻场内施工 5~7 个钻孔。由于钻孔开孔位置在工作面回风巷内,因此,当工作面采主钻场时,需在钻场处留煤墩、煤墩长 5~8m、宽 3~4m,并在钻场位置处架 2~3 架木垛保护钻场,防止工作面采过钻场后,顶板冒落造成断孔或破坏孔口而使钻孔报废。钻孔的终孔位置要在冒落带以上的裂隙带内,但也不可太远,并伸入工作面水平投影长 10m 以上。此外,为了联接抽放钻孔,从茅口灰岩的专用瓦斯巷向钻场位置 φ108mm 的穿层联络钻孔,在钻孔内下 φ63~75mm 的套管,利用套管将抽放孔与瓦斯巷内的抽放管路系统连接,形成独特的抽放系统,这样钻孔在采空区内可以保持较长的时间,不仅在工作面回采期间可抽放上邻近层及围岩的卸压瓦斯,而且在工作面采过后可以继续抽放采空区内的瓦斯。在 N1709 工作面,上邻近层瓦斯抽放量平均达 6.05m³/min,约占工作面瓦斯抽放总量的 30%。

(3) 下邻近层瓦斯抽放

8# 煤层为打通二矿的主要开采煤层,有煤与瓦斯突出危险,为了防突和抽放瓦斯,在底板茅口灰岩中进、回风二侧各掘一条专用抽瓦斯岩巷,从专用瓦斯巷向 8# 煤层打穿层上向孔,当开采 7# 煤层时,抽放下邻近层(8# 层)的卸压瓦斯。钻孔布置方式,在每条瓦斯专用巷内,每隔 15m 打一组钻孔,每组扇形布置 5~7 个钻孔,钻孔一直打到 8# 煤层顶板,钻孔孔底间距为 10~15m。该钻孔在上保护层开采前可作为 8# 煤层的预抽瓦斯孔。在 N1709 工作面,下邻近层卸压瓦斯抽放量平均达 14.1m³/min,为工作面瓦斯抽放总量的 70%。

(4)全封闭采空区瓦斯抽放

为了减少全封闭采空区(即老采空区)瓦斯向矿井总回风及邻近采区的涌出量,避免采区回风瓦斯超限,打通二矿近九年进行了全封闭采空区瓦斯的抽放。抽放方法即在封闭老采空区时,在密闭墙中部预埋一根 $\phi 100\text{mm}$ 的抽瓦斯管,同时在密闭墙顶部预埋一根 $\phi 25\text{mm}$ 取样管,并把抽放管与全矿抽放管路系统连接上。抽放结果表明,7#煤层由于上邻近层(包括煤线)较多,采空区平均抽放瓦斯量达 $1.33\text{m}^3/\text{min}$,抽放瓦斯浓度50%以上,一般可维持4~5年;8#煤层采空区平均抽放瓦斯量为 $1.0\text{m}^3/\text{min}$,抽放浓度40%左右,一般可维持2年左右,抽放效果都很好。1995年打通二矿有三处全封闭采空区进行瓦斯抽放,平均抽放量达到 $3.54\text{m}^3/\text{min}$,占矿井瓦斯抽放总量的14.1%。采空区瓦斯抽放,一方面要保证密闭的施工质量,尽量减少密闭漏风;另一方面要控制抽放负压,一般抽放负压为8~20kPa内。抽放期间要定期取气样分析或采用自动监控装置,防止老空区内煤炭自燃。在该矿全封闭采空区抽放瓦斯期间,CO从未超过规定值。

表6-3-12列出了N1709工作面实施综合抽放(上、下邻近层瓦斯同时抽)及N1707工作面单一抽放(只抽下邻近层瓦斯)的效果对比情况。

表6-3-12 工作面综合抽放与单一抽放的效果对比

项 目	N1709 综合抽放	N1707 单一抽放
回风瓦斯量(m^3/min)	12.89	21.08
抽放量(m^3/min)	20.15	14.16
抽放率(%)	60.99	40.18
工作面推进度($\text{m}/\text{月}$)	34.50	25.75
工作面月产量(t)*	10980	7018

*7#煤层平均煤厚为0.86m,最大1.56m。

在松藻局打通二矿无煤柱机采条件下,由于实施了开采煤层,上、下邻近层及封闭采空区综合抽放瓦斯的方法,全矿瓦斯抽放量从 $17.3\text{m}^3/\text{min}$ 增加到 $25.8\text{m}^3/\text{min}$,矿井瓦斯抽放率由34.7%提高到48.5%,每采一吨煤的瓦斯抽放量达到 26.1m^3 ,矿井煤炭产量增幅达43%,取得了重大的经济及社会效益。

第二节 瓦斯抽放系统、装备及其施工技术

一、钻机和钻具

1. 钻机

煤矿抽放瓦斯钻机通常为煤田地质勘探钻机,选用时应符合下列要求:

- (1)电动机及附属电器设备必须是防爆型。
- (2)钻机体小、轻便,便于拆卸及搬迁。
- (3)能打任意角度的钻孔。

2. 钻杆

钻进岩石孔的钻杆直径一般为 42 ~ 50mm,钻进煤孔的钻杆直径稍大一些,为 60 ~ 89mm,每节长度为 1 ~ 2m。钻杆应选用弹性好和耐磨损的无缝钢管制成,其技术性能见表 6-3-13。

表 6-3-13 钻杆性能

钢号	屈服强度 (N/mm ²)	抗拉强度 (N/mm ²)	伸长率 (%)	冲击韧性 (N·m/cm ²)	断面收缩 (%)
D-55	538	735	12	39.2	40
D-60	588	764	12	39.2	40
D-65	637	784	12	39.2	40
D-75	735	833	10	39.2	40

钻杆与钻杆螺纹的公差见表 6-3-14、表 6-3-15。

表 6-3-14 制造钻杆用管子的公差

钻杆公称外径 (mm)	钻杆外径公差 (mm)	钻杆外径 (mm)	钻杆公称内径 (mm)	钻杆内径公差 (mm)	钻杆内径 (mm)	钻杆壁厚度 (mm)
42	+0.50 -0.25	41.75 ~ 42.5	33	± 1.0	32 ~ 34	4 ~ 5

表 6-3-15 钻杆螺纹的公差

钻杆直径(mm)	螺纹规格(mm)		内螺纹的公差(mm)	
	外径	内径	外径	内径
42	33	30	+0.01	+0.01

钻杆车螺纹前,两端管壁要加厚,其技术要求见表 6-3-16。

表 6-3-16 钻杆两端管壁加厚规格

加厚方式	钻杆外径 $D(\text{mm})$	壁存 $b(\text{mm})$	钻杆内径 $d(\text{mm})$	加厚部分					螺纹长度 (mm)
				外径 $D_1(\text{mm})$	端部内径 $d_1(\text{mm})$	内径 $d_2(\text{mm})$	加厚长度 $L_1(\text{mm})$	过渡长度 $L_2(\text{mm})$	
内加厚	$42^{+0.50}_{-0.25}$	4~5	32~34	43	25 ± 1.0	22	100~110	40	40~50
	$50^{+0.60}_{-0.30}$	5~6	38~40	51	32 ± 1.0	28	110~120	50	50~55
	$60^{+0.72}_{-0.36}$	5.5~6.5	47~49	61	38 ± 1.0	34	110~120	55	55~60
	$63.5^{+0.65}_{-0.50}$	5.5~6.5	50.5~52.5	64.5	40 ± 1.0	36	110~120	55	55~60

注:若钻杆用圆锥管螺纹连接,应按表中端部内径(d_1)与内径(d_2)尺寸加厚管壁;若钻杆用梯形螺纹连接,则按端部内径(d_1)尺寸加厚管壁。

钻杆应用梯形螺纹或圆锥管螺纹连接。钻杆弯曲度每 1m 不得超过 1mm,两端螺纹必须保证同轴性,任一端面之间偏差不得超过 0.5mm。

在松软煤层及突出危险煤层钻进,可采用螺旋钻杆干式钻进,以防跨孔。

3. 钻头

(1) 合金片钻头

1) 钻头的要求

抽放钻孔施工大都采用硬质合金片钻头,各类合金片钻头一般应符合下列要求。

① 钻头应选用 45 号钢或钢号 D—50~D—55 厚壁无缝钢管制成。

② 钻头有效长度应小于 100mm(不取芯钻头除外),钻头上部必须有锥度,以便卡岩芯。

③ 钻头壁厚,软及中硬岩层不超过 7mm、坚硬岩层为 10mm。

④ 钻头必须有水口,水口总面积应等于或大于钻杆接头内孔面积。水口一般应为斜三角形,宽度 10~15mm、深度 1.5mm,数目 3~6 个。

⑤ 钻头外刃镶嵌的合金片应多于内刃,以减少磨损、增加钻头的利用率。

煤矿井下常用钻头镶嵌的合金片数目见表 6-3-17。

表 6-3-17 钻头镶嵌合金数目

钻头型式	合金片数目(个)	钻头型式	合金片数目(个)
三翼锥型钻头	9,12	密集排列筒状钻头	12~16
三片螺旋肋骨钻头	9~15	单双粒钻头	9
四片螺旋肋骨钻头	12~16	单双粒补强钻头	12
阶梯肋骨钻头	12~16	品字形钻头	15,18
普通肋骨钻头	8~16	负前角阶梯式钻头	9,12
三翼刮刀钻头	10~12	鱼尾钻头	2,4,6
三翼阶梯式钻头	12~27	三叶形钻头	3,6,9
普通筒状钻头	6~12		