

提高 2105 采面卸压带瓦斯抽采 效果及技术管理 课题研究报告



余吾煤业公司瓦斯抽采科研小组

2009 年 5 月 20 日

执笔人：彭立世

提高 2105 采面卸压带瓦斯抽采 效果及技术管理

课题研究报告

主要研究人员:

余吾煤业有限责任公司

吴有增 赵新华 霍灵军 王慧堂 王志坚

赵鹏伟 殷宏

河南理工大学:

彭立世 朱建勇 朱忠国 廖长荣 段飞雄 郑建国

彭方淼 彭晓辉 彭礼钢 彭俊 宋述兵

起止时间: 2008 年 7 月——2009 年 5 月

目 录

一、研究基本情况	1
二、地质条件和钻孔施工情况	1
三、10#钻场裂隙孔瓦斯抽采效果考查	2
1、瓦斯抽采参数测试统计	2
2、瓦斯抽采测试参数汇总	2
3、10#钻场裂隙孔瓦斯抽采效果分析	4
4、影响裂隙孔抽采效果主要因素分析	6
四、7#钻场裂隙孔瓦斯抽采效果考察	9
1、瓦斯抽采参数汇总	9
2、7#钻场裂隙孔抽采效果分析	10
3、影响裂隙孔抽采效果主要因素分析	13
五、S2105 5#钻场裂隙孔瓦斯抽采效果考查	17
1、瓦斯抽采测试参数汇总	17
2、5#钻场裂隙孔瓦斯抽采效果分析	19
3、影响裂隙孔抽采效果主要因素分析	22
六、6#钻场裂隙孔瓦斯抽采效果考察	26
1、6#钻场裂隙孔瓦斯抽采参数汇总	26
2、6#钻场裂隙孔抽采效果分析	27
3、影响裂隙孔抽采效果主要因素分析	29
七、采动压力三个带的划分	32
1、水平方向三个带的划分:	33
2、水平方向三个带的分析:	33
3、裂隙孔设计参数分析:	34
八、主要结论及今后意见	35

附件: S1201 回风巷裂隙孔瓦斯抽采效果考查及参数优化

提高 S2105 卸压带抽采效果及技术管理 课题研究报告

一、研究基本情况

研究卸压带瓦斯抽采，主要依赖裂隙孔，也可以用顺层孔进行了系统分析。为了资料利用不重复，本次全部采用裂隙孔末进行总结，并此作为课题的最终总结。

S2105 裂隙孔全部布置在回风，回风巷有十个钻场每个钻场布裂隙 3-4 个，除 6#钻场 3 个外，其他皆布置有 4 个裂隙孔。

本次总结为 S2105 回风巷裂隙孔参数优化，我们自 2008 年 9 月初进入工作面进行观测，到 2009 年 3 月，对 S2105 回风巷 10#钻场和 7#钻场获得了系统资料，10#钻场单孔测试 22 次，3 个裂隙孔共测试 66 孔次。7#钻场单孔测试 12 次，4 个裂隙孔共测试 48 次。6#钻场测 14 二个孔 28 孔次 5#钻场测 15 孔次，4 个孔 60 孔次。四个钻场总共测试 202 次，获得了 606 个实测数据，加之计算混合流量和瓦斯流量共获得基础数据 1010 个，已具备进行总结条件。由于春节期间间断，8#和 9#钻场虽有测试，但不完整，不参与总结。

二、地质条件和钻孔施工情况

S2105 工作面走向长 837 m，倾斜宽 280 m，煤层厚度 5.58m，地质构造为南北走向的背斜构造，北翼倾角 0~3 度，南翼倾角为 0-5 度，背斜轴位于采面。工作面最高点与最低点高差为 37.4m。

工作面于 2008 年 6 月贯通，8 月开始生产，中间有停顿，到 09 年 5 月 12 日回采长度已 430m，工作面剩余长度为 410m。

回风巷有 10 个钻场，每个钻场皆布置有裂隙孔。表 1

表 1 S2105 回风巷裂隙孔布孔情况：

钻场	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
裂隙孔数	3	4	4	4	2	4	4	4	4	4
最大孔深	76.5	114	106	106.5	105	97.5	105	126	93	105
最小孔深	54	102	97.5	63	99	90	93	102	75.5	81
最大高度	7.84			17.6	17.6	10.13				
最小高度	5.64			14.17	8.1	4.5				

表2 10#和7#钻场裂隙孔带抽情况

钻场	始抽时间	终抽时间	带抽采面长度
10	08.8	08.11.22	80米
7	09.2	09.3.7	80米

三、10#钻场裂隙孔瓦斯抽采效果考查

1、瓦斯抽采参数测试统计

表3 10、7#钻场裂隙孔抽采参数统计:

钻场	孔号	测试次数	负压(kpa)			压差(mmH ₂ O)			瓦斯浓度(%)			混合流量(m ³ /min)			纯瓦斯流量(m ³ /min)		
			最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
10# 钻场	1	22	38	4	25.1	315	2	41.3	98	27.2	64.5	1.35	0.11	0.317	0.54	0.046	0.185
	2	22	32	0	24.5	310	2	57.8	93	11.2	59.1	1.34	0.11	0.417	0.935	0.018	0.235
	3	22	32	2	21.1	240	2	41.6	97	5.8	63.4	1.18	0.11	0.32	0.826	0.009	0.235
7# 钻场	1	12	20	2	14.3	380	240	326	80.8	10	52.8	1.485	1.18	1.373	1.101	0.143	0.707
	2	12	18	3	13.9	400	340	371.8	76.2	10	46.6	1.524	1.143	1.444	1.131	0.108	0.616
	3	12	17	3	12.7	380	290	327	86	20	59.9	1.47	1.297	1.377	1.14	0.259	0.798
	4	12	24	2	15.2	400	200	315.8	90	18	51.7	1.524	0.34	1.217	1.239	0.213	0.742

2、瓦斯抽采测试参数汇总

表4 回风巷10#钻场裂隙1#孔测试资料汇总

日期	负压	压差	浓度	混合流量	纯流量	距工作面距离
9.07	5	4	75	0.15	0.114	59
9.16		4	90	0.15	0.137	57
9.18	4	6	56.8	0.19	0.11	55
9.22	32	4	98	0.15	0.147	54
10.6	30	45	73.2	0.51	0.373	54
10.12	23	6	43.7	0.19	0.081	54
10.17	28	4	57.2	0.15	0.088	53
10.20	28	3	96.8	0.13	0.127	52
10.22	31	2	94.2	0.11	0.101	51
10.28	26	3	86	0.13	0.113	50
10.31	28	5	27.2	0.17	0.046	50
11.1	24	3	81.8	0.13	0.106	49
11.2	24	4	37.8	0.15	0.057	48
11.3	20	3	67.2	0.13	0.088	47
11.12	12	4	44	0.15	0.066	38
11.15	22	8	42	0.21	0.089	33
11.16	31	2	88.2	0.11	0.097	30
11.17	27	4	72.4	0.15	0.11	29
11.18	31	14	72.6	0.28	0.21	26
11.19	26	205	50	1.08	0.54	24
11.21	38	315	34	1.34	0.46	17.5
11.22	38	260	29.4	1.22	0.358	16
平均	25.1	41.3	64.5	0.317	0.185	

表5 10#钻场裂隙2#钻孔测试资料汇总

日期	负压	压差	浓度	混合流量	纯流量	距工作面距离
9.07	4	5	80	0.17	0.136	59
9.16		10	90	0.24	0.22	57
9.18	4	2	80	0.11	0.086	55
9.22	32	6	91.2	0.19	0.179	54
10.6	30	70	65.5	0.64	0.416	54
10.12	23	5	75	0.17	0.127	54
10.17	27	4	70.4	0.15	0.108	53
10.20	29	3	88.2	0.13	0.112	52
10.22	31	5	93	0.17	0.158	51
10.28	26	5	80	0.17	0.136	50
10.31	27	12	31.4	0.26	0.083	50
11.1	25	3	70	0.13	0.092	49
11.2	24	7	40.2	0.2	0.081	48
11.3	20	6	62	0.19	0.115	47
11.12	13	2	44.8	0.11	0.049	38
11.15	23	2	36.8	0.11	0.039	33
11.16	31	310	70	1.34	0.935	30
11.17	28	240	42.6	1.18	0.501	29
11.18	32	220	13.4	1.13	0.151	26
11.19	24	105	51	0.78	0.397	24
11.21	30	120	16.6	0.83	0.138	17.5
11.22	32	130	11.2	0.87	0.097	16
平均	24.5	57.8	57.7	0.40	0.198	

表6 10#钻场裂隙3#钻孔测试资料汇总

日期	负压	压差	浓度	混合流量	纯流量	距工作面距离
9.07	4	5	5.8	0.17	0.009	59
9.16		9	90	0.23	0.210	57
9.18	4	3	73.4	0.13	0.096	55
9.22	32	6	97	0.19	0.180	54
10.6	29	65	54.4	0.61	0.333	54
10.12	24	2	64.8	0.11	0.071	54
10.17	28	4	60	0.15	0.090	53
10.20	28	2	72.2	0.11	0.079	52
10.22	32	2	72.1	0.11	0.079	51
10.28	26	4	72	0.15	0.108	50
10.31	27	15	32	0.29	0.094	50
11.1	24	4	50	0.15	0.076	49
11.2	24	6	45.4	0.19	0.084	48
11.3	20	7	83.8	0.20	0.168	47
11.12	2	12	60.8	0.11	0.066	38
11.15	4	23	54	0.36	0.197	33
11.16	2	31	85	0.42	0.359	30
11.17	4	28	70	0.40	0.281	29
11.18	32	18	38	0.32	0.122	26
11.19	30	200	64.2	1.07	0.687	24
11.21	29	230	80	1.15	0.920	17.5
11.22	38	240	70.2	1.18	0.826	16
平均	21.1	41.6	63.4	0.32	0.233	

3、10#钻场裂隙孔瓦斯抽采效果分析

1) 瓦斯浓度分析

对 1#裂隙孔 22 次测试, 瓦斯浓度最大 98%, 最小 29.4%. 开始瓦斯浓度就是高浓度, 基本保持高浓度, 但有起伏, 在高浓度区间起伏, 到第 20 次(11 月 19 日)测试, 钻孔孔口距工作面 24m 时, 瓦斯浓度出现下降趋势, 由 72.6%, 下降到 29.4%. 应该还可以继续抽, 由于离采面太近抽采瓦斯浓度不断下降, 因此采取了关闭措施。

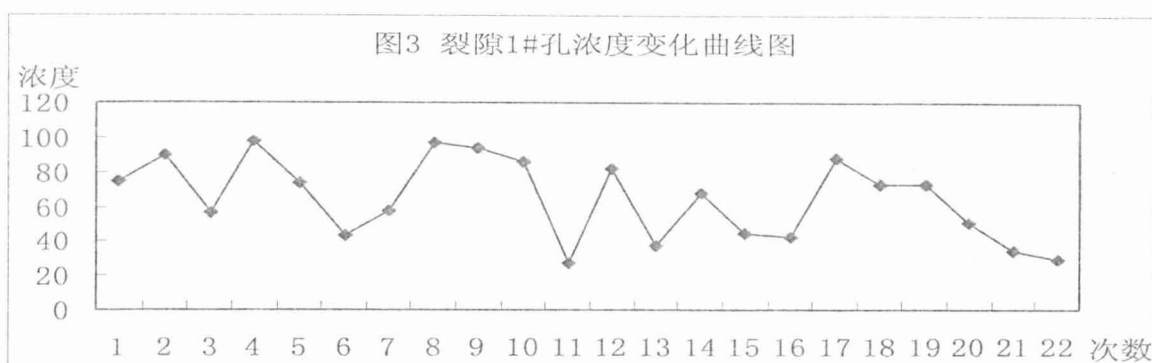


图 3 10#钻场 1#裂隙孔瓦斯浓度曲线图

2#裂隙孔 22 次测试, 瓦斯浓度最大值 93%, 最小 11.2%, 平均 57.7%, 到第 9 次(10 月 22)日测试孔口距工作面近 50m, 开始出现有下降趋势. 但是在高浓度区间下降, 到 19 次(11 月 18 日)才出现低浓度.

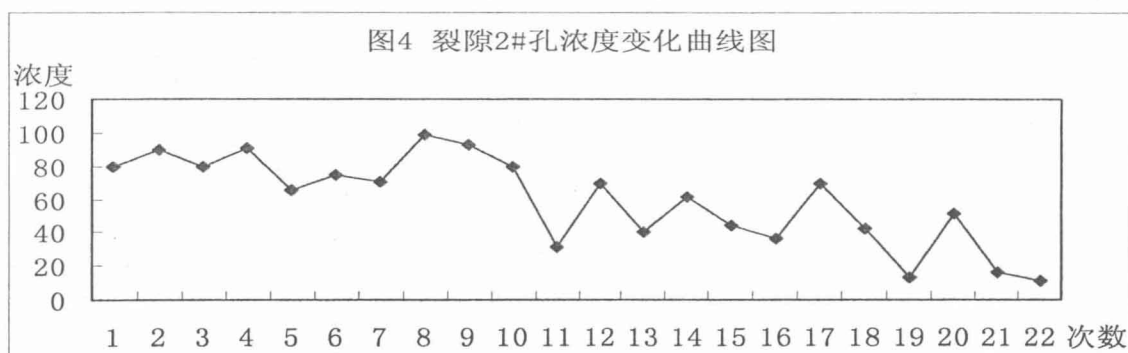


图 4 10#钻场 2#裂隙孔瓦斯浓度曲线图

3#裂隙孔 22 次测试仅第一次低浓度为 5.8%, 以后的 21 次皆处于高浓度, 保持在 30%以上, 最大 97%, 最小 32%, 平均 63.4%. 虽然有些起伏, 但一直在高浓度区间起伏, 未出现下降趋势.

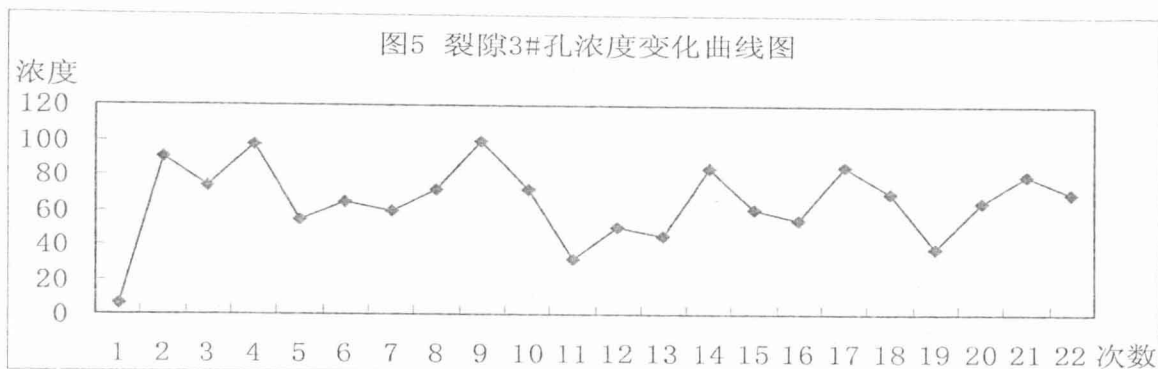


图5 10#钻场 3#裂隙孔瓦斯浓度曲线图

2) 瓦斯流量分析

1#裂隙孔 22 次测试中最大瓦斯流量 $0.54 \text{ m}^3/\text{min}$, 最小 $0.046 \text{ m}^3/\text{min}$, 平均 $0.185 \text{ m}^3/\text{min}$. 大于 $0.2 \text{ m}^3/\text{min}$ 出现在后期, 自 19 次(11 月 18 日)到第 22 次皆为高瓦斯流量.

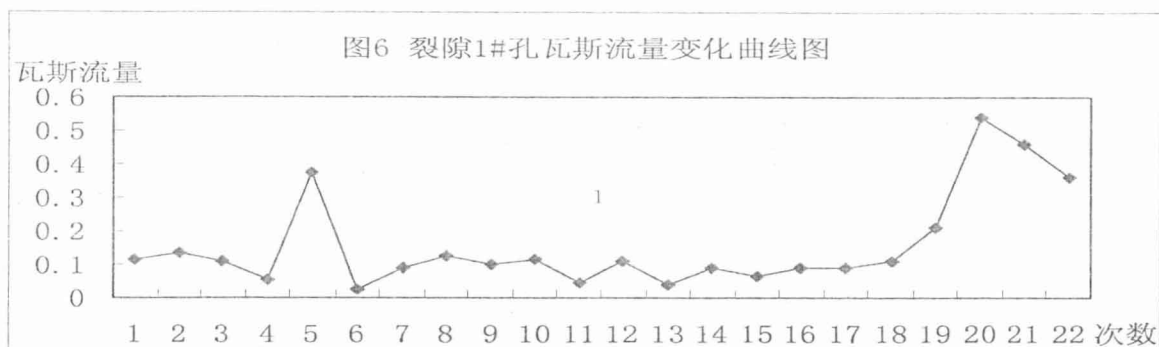


图6 10#钻场 1#裂隙孔瓦斯流量曲线图

2#裂隙孔 22 测试中瓦斯流量最大 $0.935 \text{ m}^3/\text{min}$, 最小 $0.018 \text{ m}^3/\text{min}$, 平均 $0.237 \text{ m}^3/\text{min}$. 到 17 次(11 月 16 日)出现特高流量达 $0.935 \text{ m}^3/\text{min}$, 随后有起伏. 基本保持 $0.1 \text{ m}^3/\text{min}$ 以上.

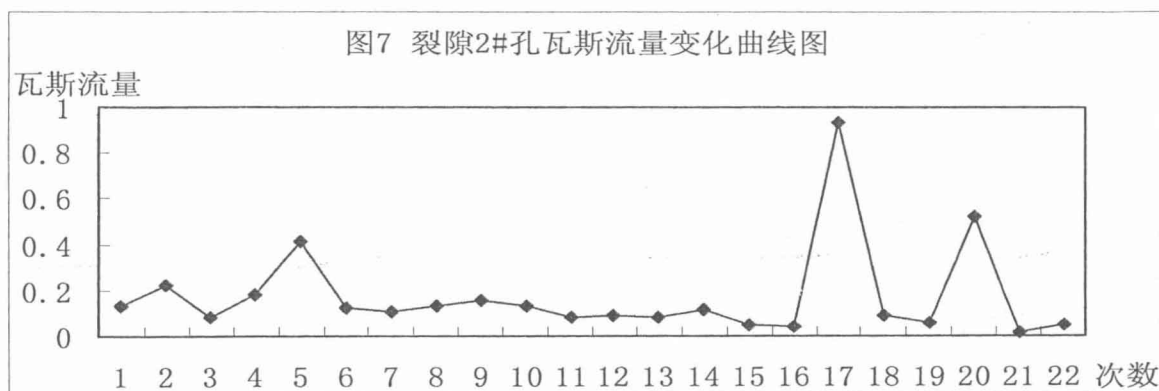


图7 10#钻场 2#裂隙孔瓦斯流量曲线图

3#裂隙孔 22 次测试中瓦斯流量最大 $0.826 \text{ m}^3/\text{min}$, 最小 $0.009 \text{ m}^3/\text{min}$,

平均 $0.233\text{m}^3/\text{min}$. 到 17(11 月 16 日)出现高流量, 后期 6 次测试有 5 次在 $0.2\text{ m}^3/\text{min}$ 以上, 后期平均 $0.532\text{m}^3/\text{min}$.

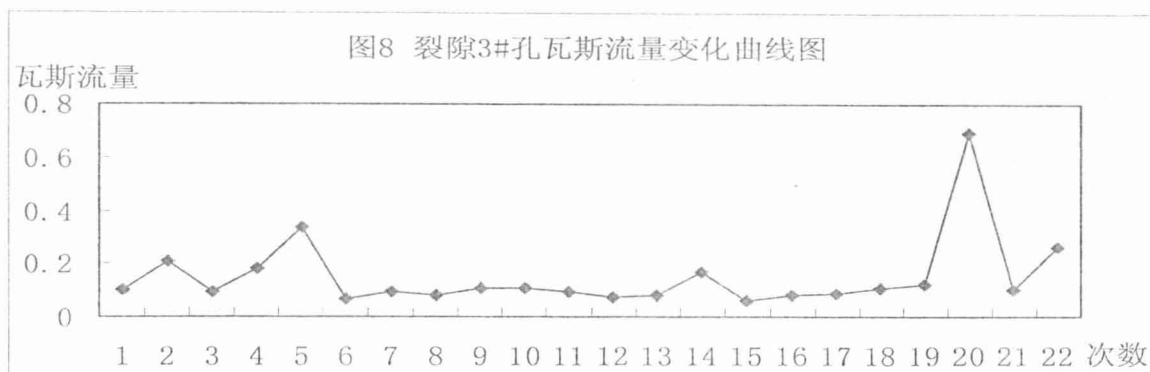


图8 10#钻场 3#裂隙孔瓦斯流量曲线图

10#钻场三个裂隙孔共同特点是两头、中间低, 中间一段(第 6 次~17 次测试)基本稳定在 $0.1\text{ m}^3/\text{min}$ 左右波动,

在这一期间三个裂隙孔平均瓦斯流量分别为 0.185 、 $0.237\text{m}^3/\text{min}$ 和 $0.233\text{m}^3/\text{min}$ 。

4、影响裂隙孔抽采效果主要因素分析

1) 抽采负压的影响

三个裂隙钻孔抽放负压有一个明显的由低向高的转折点, 开始 9 月 7 日—9 月 18 日的三次测试, 抽放负压 4—5kpa, 到 9 月 22 日第 4 次测试, 抽放负压三个孔皆升高到 32kpa. 这次抽放负压突变, 是由于更换抽放管路的影响, 回风巷抽放管 108mm 由原来联主管道 280mm, 更改为联接到 800mm 管道。

3#孔在第 15—18 次(11 月 12 日—11 月 17 日)负压出现明显下降, 到第 19 次(11 月 18 日)负压又开始恢复, 这期间负压下降的主要原因是钻孔出现水堵造成。

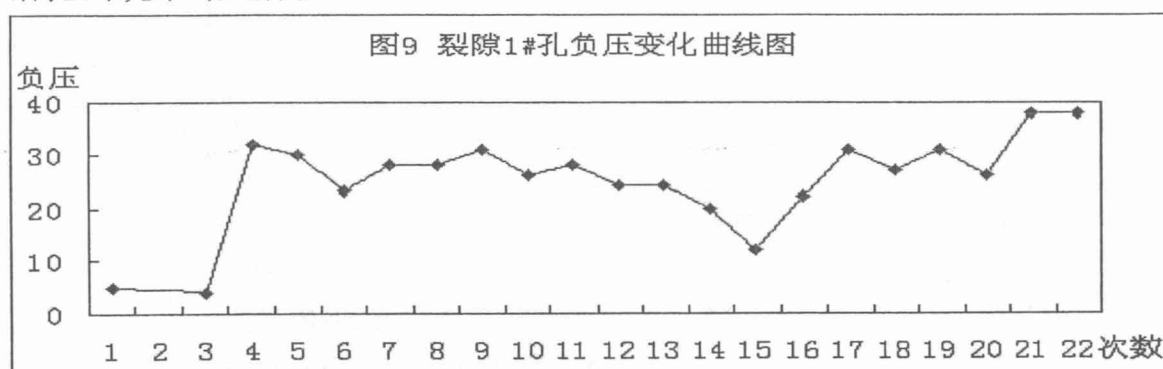


图9 10#钻场 1#裂隙孔抽放负压曲线图

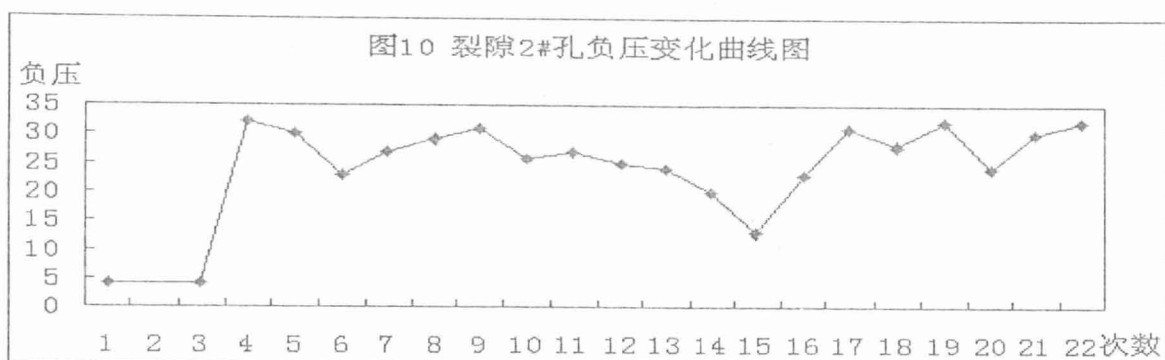


图 10 10[#]钻场 2[#]裂隙孔抽放负压曲线图

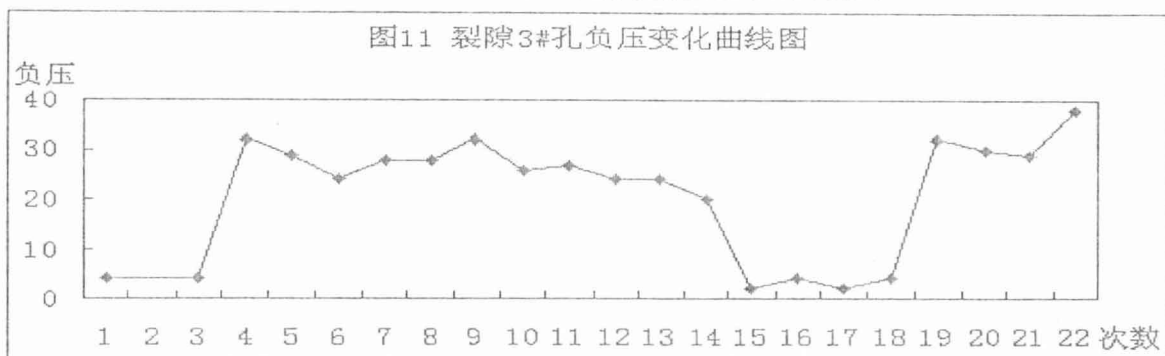


图 11 10[#]钻场 3[#]裂隙孔抽放负压曲线图

自回风巷抽放管联接 800mm 后, 抽放负压基本保持稳定, 保持在 20kpa 以上. 负压提高后压差和瓦斯浓度皆未受到明显影响. 因而纯瓦斯流量也未发生明显变化.

(2)、压差对抽放效果的影响

3 个裂隙孔压差增大皆出现在后期, 分别升高时间和部位见表 7

表 7 裂隙孔压差变化区间

孔号	高压差期			低压差期		
	测试日期	采面至孔口距离	采面至终孔点距离	测试日期	采面至孔口距离	采面至终孔点距离
1 [#]	11.18~ 11.12	-12.18~ -22.18	3.84~2.37	9.07~ 11.17	20.82~ -9.18	5.64~ 4.29
2 [#]	11.16~ 11.22	-23.03~ -37.03	4.44~2.37	10.12~ 11.15	-3.03~ -20.03	7.39~ 4.88
3 [#]	11.19~ 11.22	-19.88~ -28.88	3.65~2.50	9.07~ 11.2	15.12~ 4.12	6.67

高压差期出现与钻孔终孔点已经进入采空区离采面距离在-14m~37m。钻孔已受到了破坏, 压差显著增大。

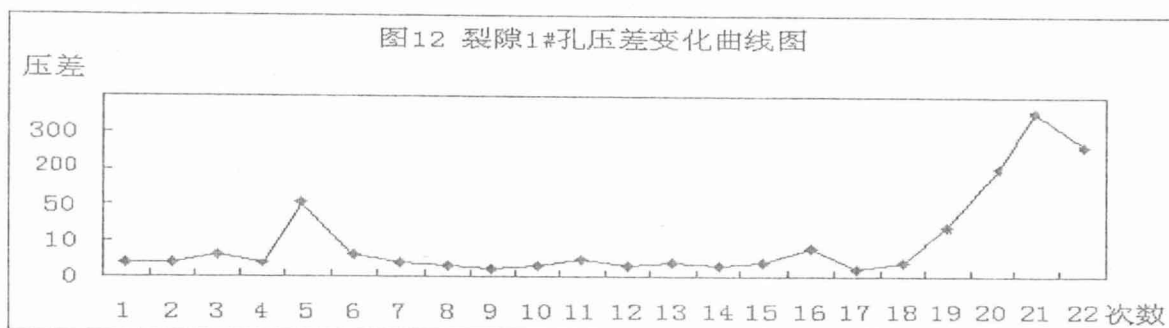


图 12 10#钻场 1#裂隙孔抽放压差曲线图

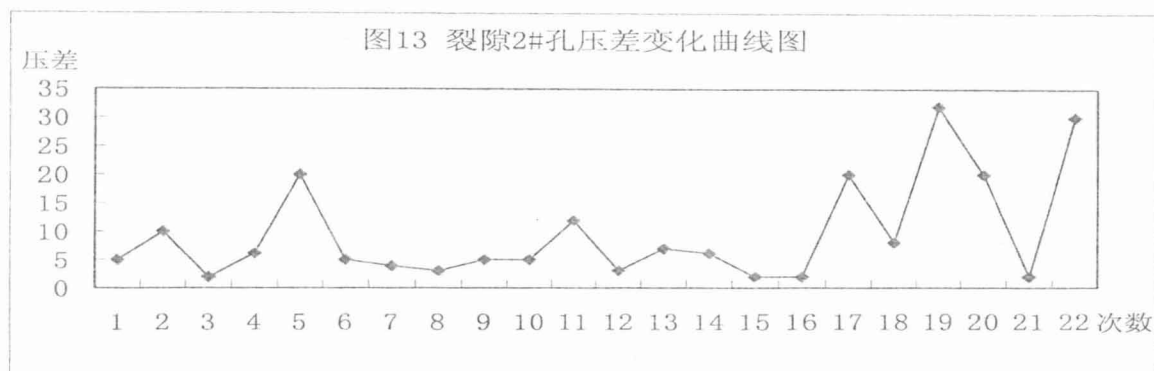


图 13 10#钻场 2#裂隙孔抽放压差曲线图

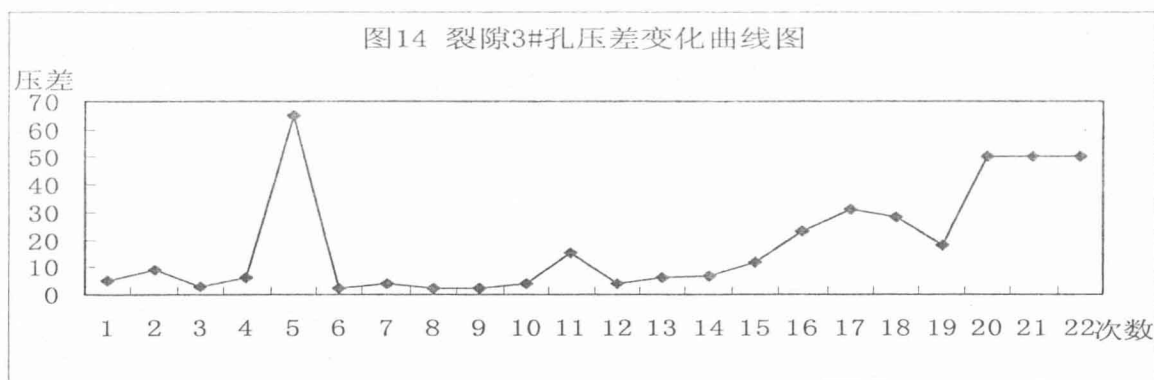


图 14 10#钻场 3#裂隙孔抽放压差曲线图

3)、工作面至钻孔位置对瓦斯抽采效果的影响

三个钻孔终孔点至工作面的距离不断发生变化,由在工作面前方变为工作面后方,由正值变为负值,因而瓦斯抽采参数也发生相应变化。

10#钻场三个裂隙孔出现高压差钻孔皆在此时钻孔已受到了破坏。钻孔不再是裂隙带而属采空区冒落带,因而压差大、并且显示突然升高。为低压差期的 11 倍到 120 倍。当压差突然显著增大时,瓦斯浓度 1#、2#孔出现下降趋势,3#孔而未减,基本稳定原来的高浓度,主要是 3#孔破坏程度较小,到 22 次测试 (11.22 日),还处于采动应力集中带的部位,与工

作面距离还处于正值。从 10[#]钻场三个裂隙孔进入采空区后仍然保持高浓度(表 8),说明 2105 采面采空区瓦斯浓度高,实行采空区抽采是必要的。值得引起注意。

表 8 10[#]钻场裂隙孔在采空区抽采瓦斯浓度

孔号	1 [#]	2 [#]	3 [#]
最大 (%)	82.2	80	85
最小 (%)	29.4	11.2	38
平均 (%)	54.1	43.8	65.3

四、7[#]钻场裂隙孔瓦斯抽采效果考察

1、瓦斯抽采参数汇总

表 9 7[#]钻场裂隙 1[#]孔测试参数汇总

序号	负压	压差	混合流量	浓度	纯流量	距离
2.17	18			63		63
2.18	19	260	1.229	47.6	0.584	60
2.19	20	350	1.426	61.6	0.878	57
2.20	18	300	1.319	72.2	0.953	53
2.21	16	350	1.43	74	1.055	50
2.23	16	320	1.36	80.8	1.101	48
2.25	16	380	1.485	50	0.743	42
2.26	15	330	1.384	58	0.803	39
2.27	15	240	1.180	56	0.661	33
3.1	15	330	1.384	45	0.623	28
3.4	2	380	1.485	15.6	0.231	25.5
3.5	2	350	1.426	10	0.143	23
平均	14.3	326.4	1.37	52.82	0.707	

注：表中距离为孔口至工作面距离，下同。

表 10 7[#]钻场裂隙 2[#]孔测试参数汇总

序号	负压	压差	混合流量	浓度	纯流量	距离
2.17	16			56.6		63
2.18	16	340	1.143	53.8	0.615	60
2.19	18	400	1.524	60	0.915	57
2.20	18	370	1.465	66.8	0.979	53
2.21	16	400	1.52	70	1.064	50
2.23	17	380	1.485	76.2	1.131	48
2.25	16	380	1.485	36.6	0.544	42
2.26	15	340	1.405	35	0.492	39
2.27	16	400	1.524	41.2	0.627	33
3.1	15	350	1.426	42	0.108	28
3.3	3	380	1.485	11.2	0.166	25.5
3.4	3	350	1.426	10	0.143	23
平均	14.08	371.82	1.44	46.62	0.62	

表 11 7#钻场裂隙 3#孔测试参数汇总

序号	负压	压差	混合流量	浓度	纯流量	距离
2.17	14			86		63
2.18	16	360	1.446	76	1.098	60
2.19	17	350	1.426	80	1.140	57
2.20	16	300	1.319	78.6	1.037	53
2.21	17	370	1.47	65	0.953	50
2.23	16	380	1.458	68	1.009	48
2.25	17	320	1.363	36.4	0.496	42
2.26	16	290	1.298	58	0.735	39
2.27	16	330	1.384	56	0.775	33
3.1	16	300	1.32	75.2	0.992	28
3.3	3	290	1.297	20	0.259	25.5
3.4	4	310	1.341	20	0.268	23
平均	14	327.3	1.37	59.9	0.797	

表 12 7#钻场裂隙 4#孔测试参数汇总

序号	负压	压差	混合流量	浓度	纯流量	距离
2.17	18			20		63
2.18	19	195	1.064	20	0.213	60
2.19	18	200	1.078	90	0.969	57
2.20	17	340	1.405	88.2	1.239	53
2.21	16	400	1.52	71	1.082	50
2.23	28	350	1.426	74.4	1.06	48
2.25		340	1.431	36.2	0.518	42
2.26	16	330	1.384	38	0.526	39
2.27	16	400	1.524	62.8	0.957	33
3.1	24	330	1.384	67.6	0.935	28
3.3	2	240	1.180	34.8	0.410	25.5
3.4	3	350	1.426	18	0.257	23
平均	16.09	315.91	1.35	51.75	0.74	

2、7#钻场裂隙孔抽采效果分析

1) 瓦斯浓度分析

裂隙 1#孔最大瓦斯浓度 80.8%，最小 10% 平均 52.8%，小于 20% 出现在 3 月 4 日以后，孔口离工作面已达 -25.5m，钻孔已进入采空区。

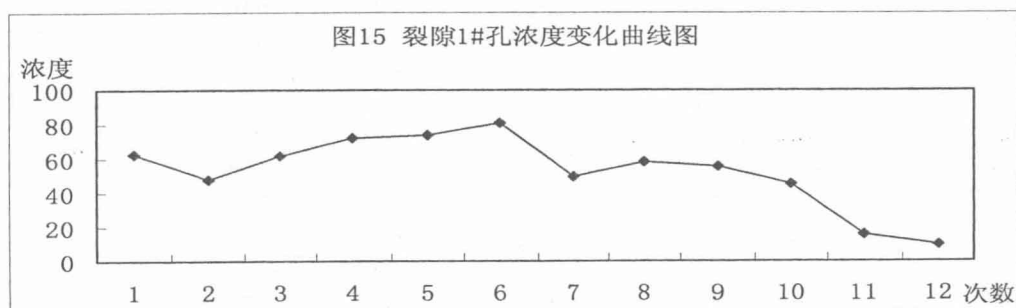


图 15 7#钻场裂隙 1#孔瓦斯浓度变化曲线图

裂隙 2#孔瓦斯浓度最大 76.2%，最小 10%，平均 46.6%。在 12 次测试

中，从开始到第10次（3月1日）测试皆为高浓度。仅最后两次为低浓度。

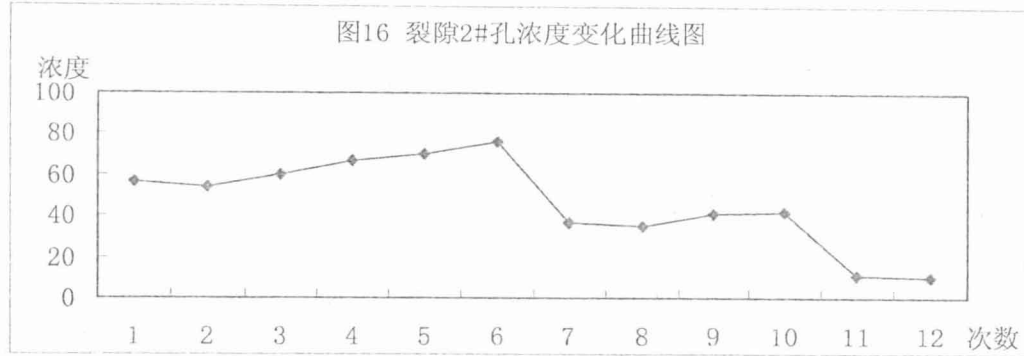


图 16 7#钻场裂隙 2#孔瓦斯浓度变化曲线图

裂隙 3#孔瓦斯浓度 最大 86%，最小 20%，平均 59.9%，与 1#孔同仅在最后两次为低浓度（20%）。

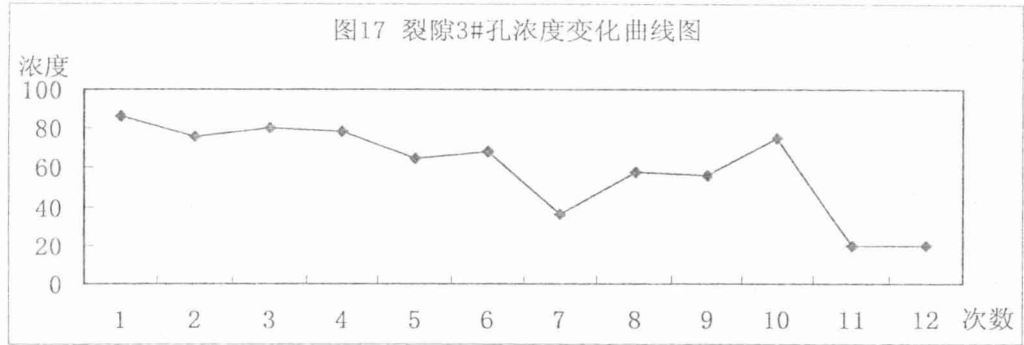


图 17 7#钻场裂隙 3#孔瓦斯浓度变化曲线图

裂隙 4#孔，瓦斯浓度最大 90%，最小 18%，平均 51.7%，其分布特点与 1#--3#相同，低浓度 $\leq 20\%$ 出现在最后一次和开始两次测试。

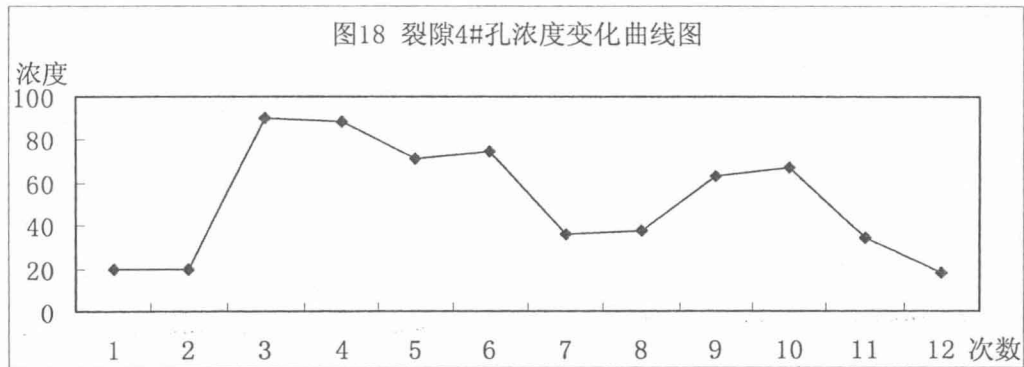


图 18 7#钻场裂隙 4#孔瓦斯浓度变化曲线图

2)、瓦斯流量分析

裂隙 1#孔瓦斯流量最高 $1.101\text{m}^3/\text{min}$ ，最小 $0.143\text{ m}^3/\text{min}$

平均 $0.707\text{m}^3/\text{min}$ ，在 12 次测试中，参数齐全 11 次测试中有 9 次达到 $0.58\sim 1.1\text{m}^3/\text{min}$ ，仅最后两次为 $0.23\text{m}^3/\text{min}$ 和 $0.14\text{m}^3/\text{min}$ 。

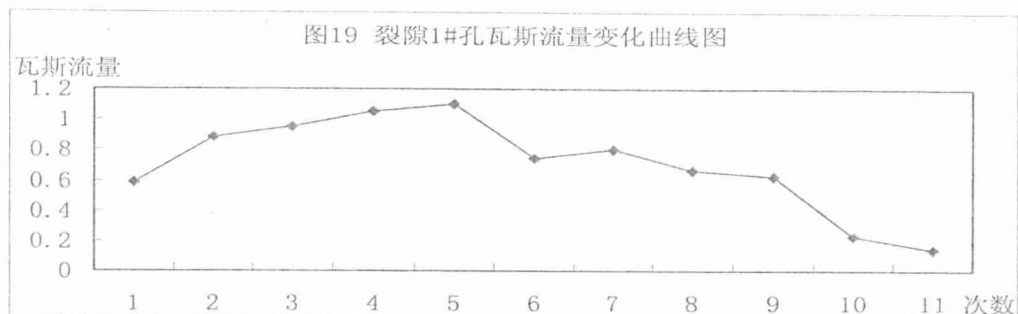


图 19 7#钻场裂隙 1#孔瓦斯流量变化曲线图

裂隙 2#孔在 11 次参数齐全的测试，有 8 次为 $0.492\sim 1.13\text{m}^3/\text{min}$ 最后 3 次为 0.143 和 $0.146\text{m}^3/\text{min}$ 。

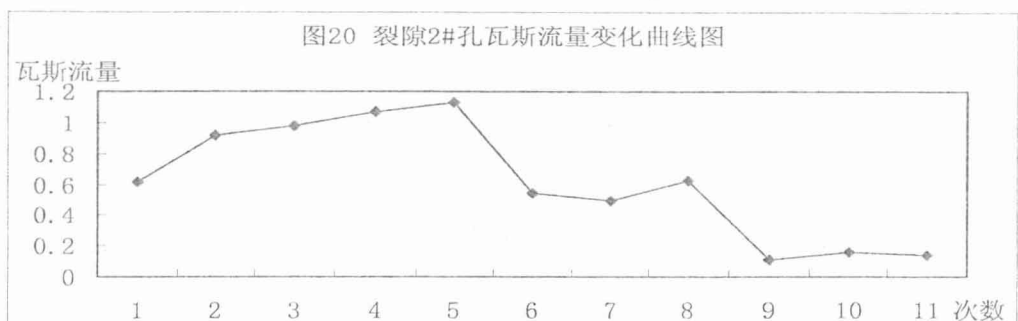


图 20 7#钻场裂隙 2#孔瓦斯流量变化曲线图

裂隙 3#孔在 11 次参数齐全的测试，有 9 次为 $0.496\sim 1.14\text{m}^3/\text{min}$ ，最后两次已达到 $0.25\text{m}^3/\text{min}$ 以上。

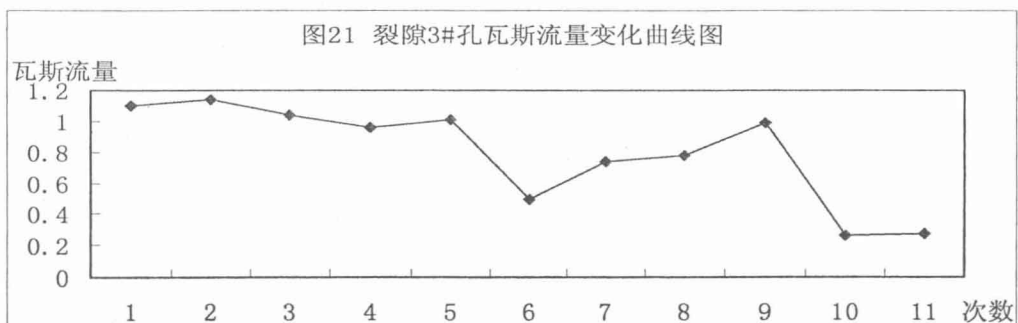


图 21 7#钻场裂隙 3#孔瓦斯流量变化曲线图

裂隙 4#孔开始一次和最后两次稍低，为 $0.213\sim 0.41\text{m}^3/\text{min}$ 中间的 8 次为（2 月 19 日~3 月 1 日）瓦斯流量达到 $0.58\sim 0.239\text{m}^3/\text{min}$ ，全部平均为 $0.74\text{m}^3/\text{min}$ 。

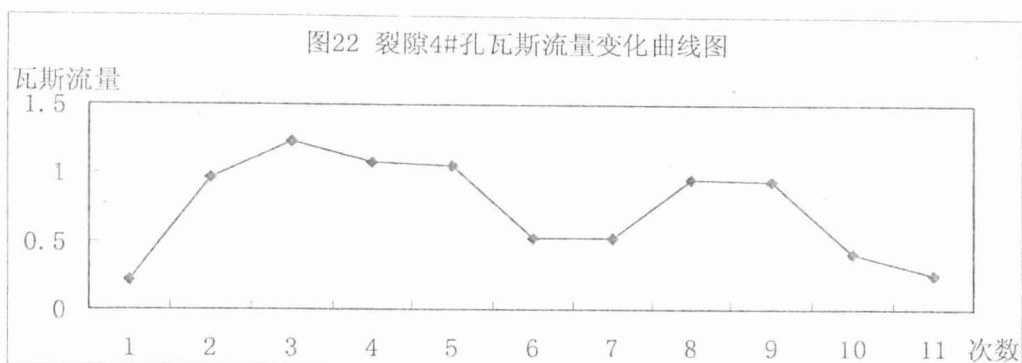


图 22 7#钻场裂隙 4#孔瓦斯流量变化曲线图

3、影响裂隙孔抽采效果主要因素分析

1) 抽放负压的影响

7#钻场 4 个裂隙孔, 抽放负压, 一直保持比较好, 一直保持在 14~28kpa, 只在最后两次下降到 2~4kpa, 其原因是抽放管路和钻孔出现水堵。抽放负压较好是由于 108mm 管已联接到 800mm 主管道。

由于抽放负压保持较好, 使抽采瓦斯浓度和瓦斯流量皆保持优秀和良好状态, 最后出现负压降低, 瓦斯浓度和瓦斯流量也相对下降。

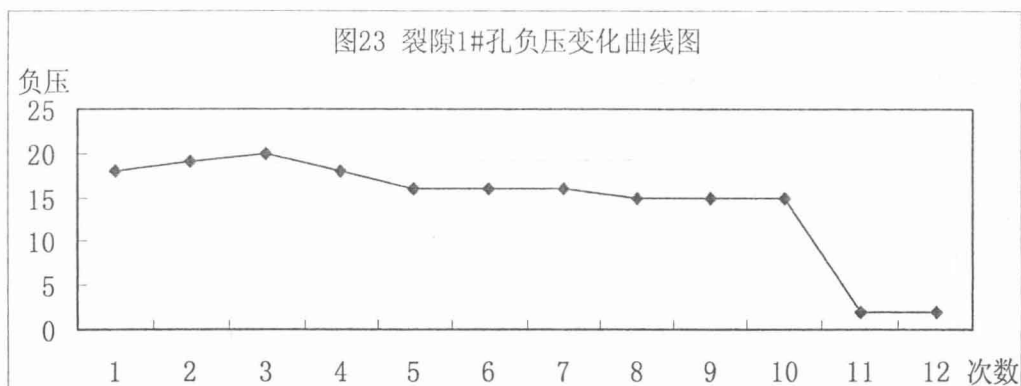


图 23 7#钻场裂隙 1#孔负压变化曲线图

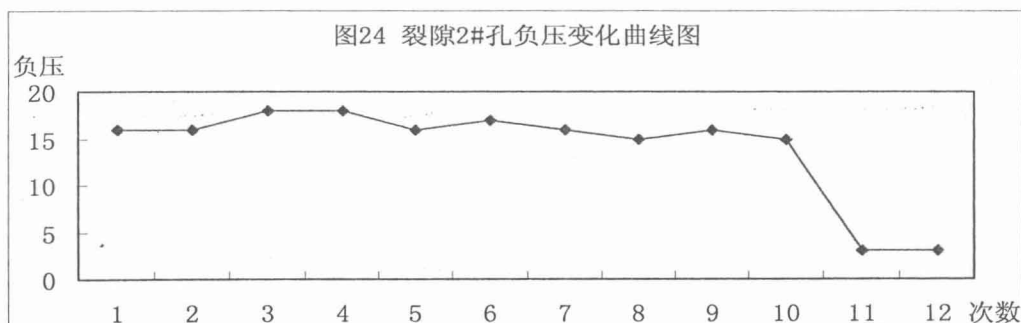


图 24 7#钻场裂隙 2#孔负压变化曲线图

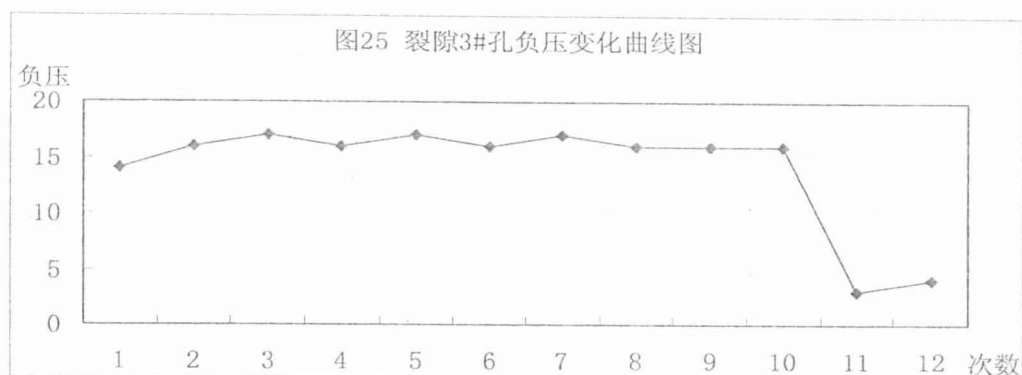


图 25 7#钻场裂隙 3#孔负压变化曲线图

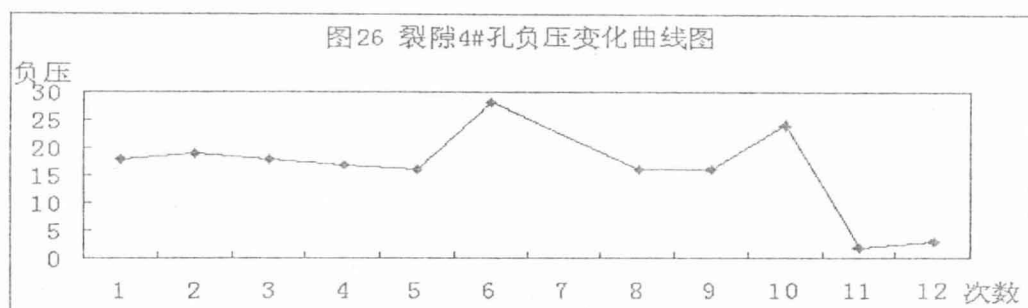


图 26 7#钻场裂隙 4#孔负压变化曲线图

2)、压差的影响

四个裂隙带钻孔，以开始到结尾压差都大，最大 400mmH₂O，最小 195mmH₂O，四个孔平均分别为：326、371.8、327 和 315.8mmH₂O。由于压差大，混合流量大，相应瓦斯流量也加大。见表 9、表 12，图 27~30：

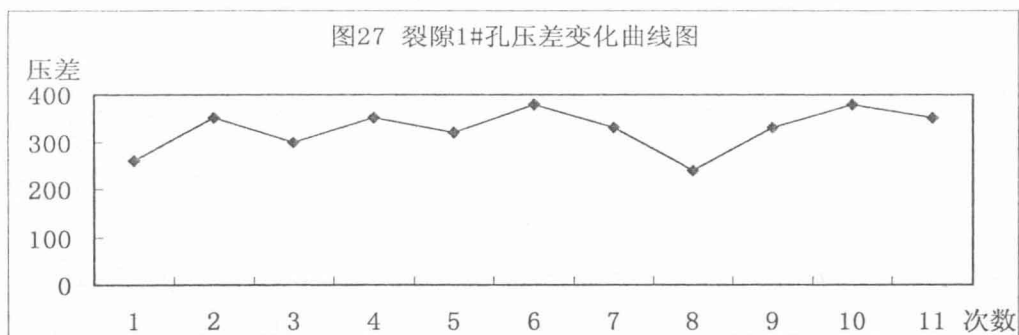


图 27 7#钻场裂隙 1#孔压差变化曲线图

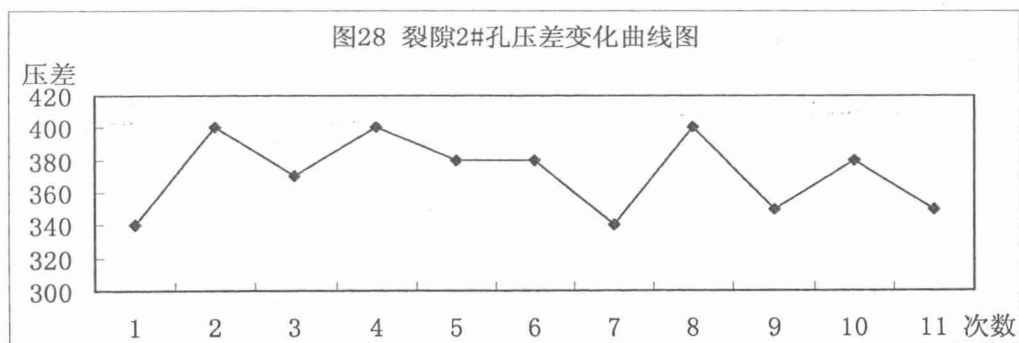


图 28 7#钻场裂隙 2#孔压差变化曲线图