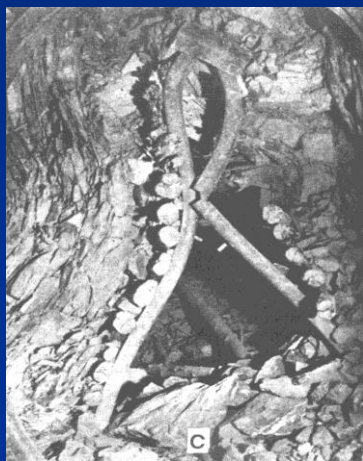


报告

煤矿冲击矿压分级预测技术



中国矿业大学
窦林名 教授 博导

Tel: 051683995904, 13952261972
E-mail: lmdou@126.com

一、冲击矿压类型

冲击矿压的类型

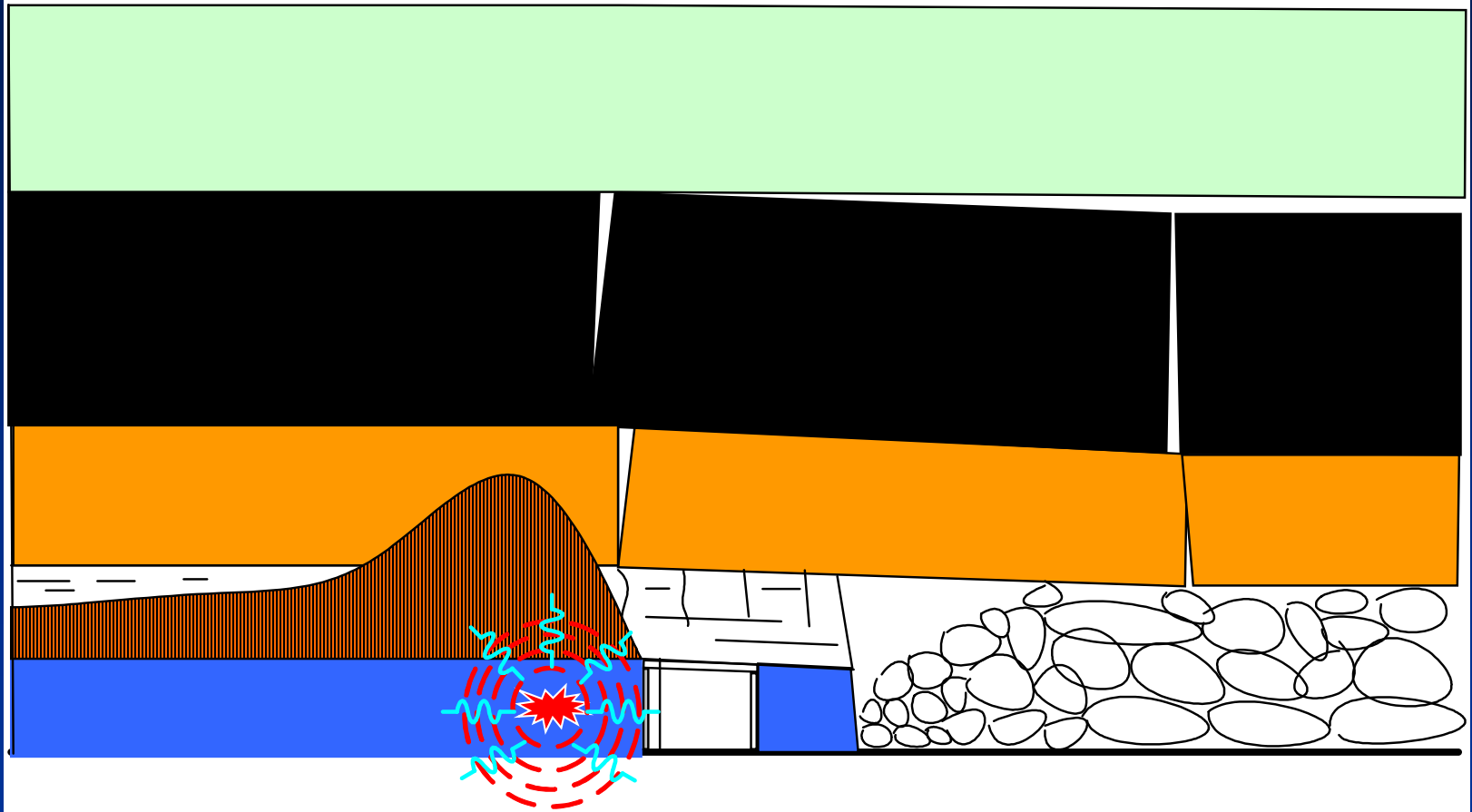
➤ 冲击矿压

- ◆ 由采矿活动引起的采矿型冲击矿压
- ◆ 由构造活动引起的构造型冲击矿压

➤ 采矿型冲击矿压

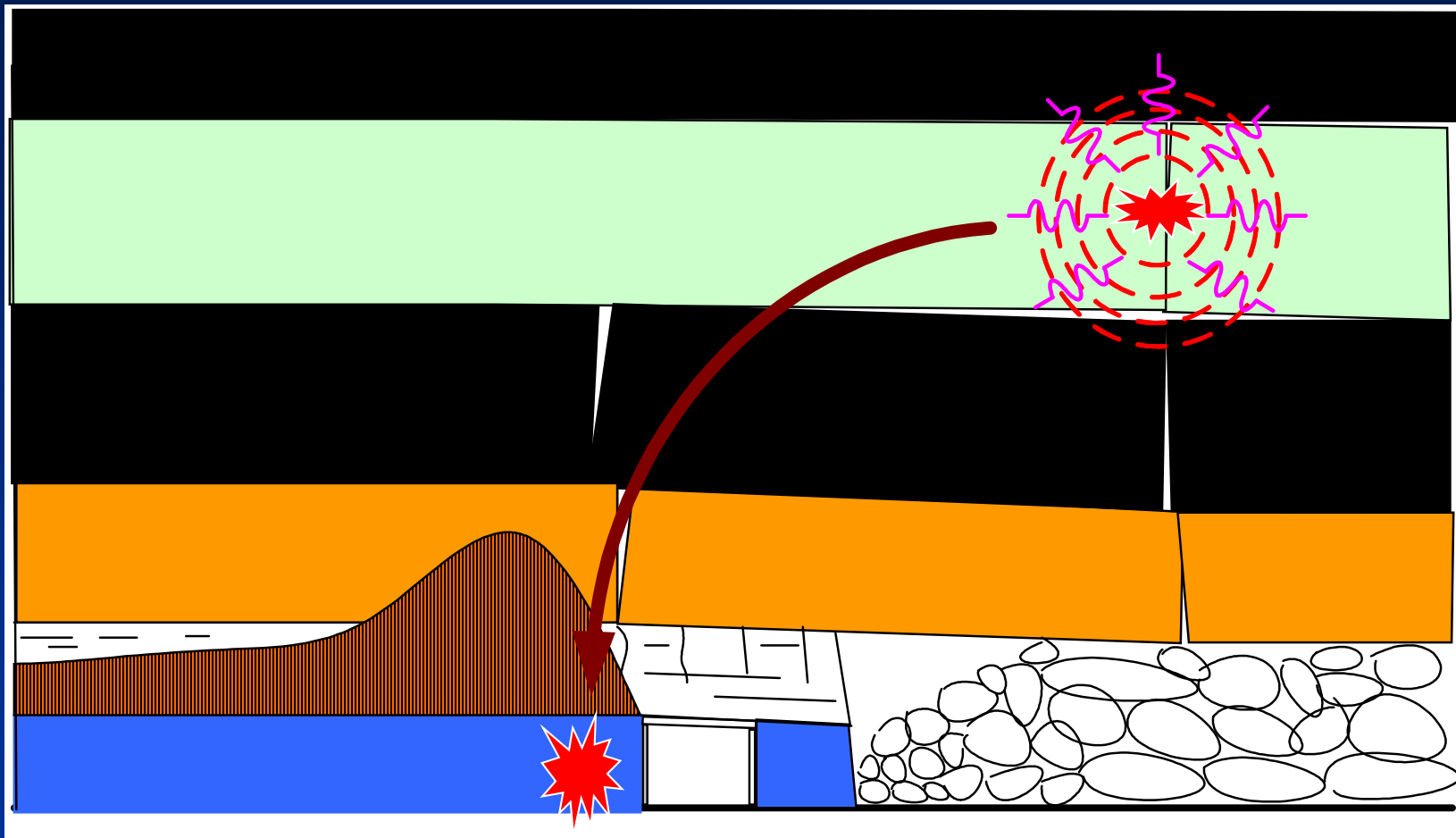
- ◆ 压力型（煤柱）
- ◆ 冲击型（顶板）
- ◆ 冲击压力型（顶板煤柱）

压力型（煤柱）冲击矿压： 由于巷道周围煤体中的压力由亚稳态增加至极限值，其聚集的能量突然释放。



➤ 煤层冲击矿压现象

冲击型（顶板）冲击矿压：由于煤层顶底板厚岩层突然破断或位移引发的，它与震动脉冲地点有关。在某种程度上，构造型冲击矿压也可看作为冲击型。



➤ 顶板或底板冲击矿压现象

二、煤矿冲击矿压预测技术

□因发生冲击矿压的时间、地点、区域、震源等的随机性、复杂多样性和突发性，使得冲击矿压的预测工作变得极为困难复杂，是急待解决的世界性难题。目前普遍采用的预测方法单一、适用范围有限，存在漏报的问题，可靠性低。

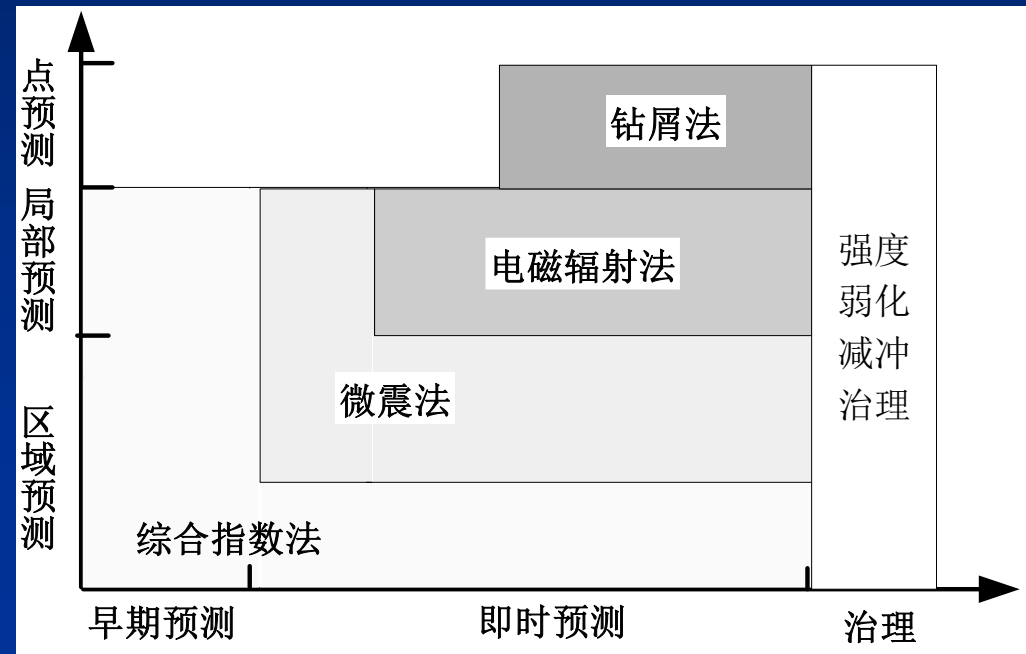
□冲击矿压分级预测技术体系：

- 时间上从早期综合分析预测到即时预测
- 空间上从区域预测到局部、点预测
- 逐级排除和确认冲击矿压危险。

二、煤矿冲击矿压预测技术

冲击矿压时空预测

- 时间上从早期综合分析预测到即时预测：
- 早期综合分析预测主要采用综合指数的方法，而即时预测则采用电磁辐射、微震和钻屑等方法
- 空间上从区域预测到局部、点预测：
- 区域预测主要采用综合指数法和微震监测方法，而局部预测采用综合指数方法、微震法和电磁辐射法，点预测则采用钻屑方法
- 逐级排除和确认冲击矿压危险，实现分级预测



三、早期与区域局部预测的综合指数法

□综合指数法既是一种早期综合评价的方法，又是一种区域和局部预测的方法。

□地质因素确定冲击危险：主要考虑了冲击矿压发生的情况、开采深度、地质构造、坚硬顶板、顶板厚度特征参数、煤的冲击倾向性、煤的强度等7个因素。

□开采因素确定冲击危险：主要考虑了开采技术条件、开采历史、煤柱、停采线、采空区、煤层的变化带、断层皱曲等12个开采因素对冲击矿压发生的影响

$$W_{t1} = \frac{\sum_{i=1}^7 X_i}{\sum_{i=1}^7 X_{i \max}}$$

$$W_{t2} = \frac{\sum_{i=1}^{12} X_i}{\sum_{i=1}^{12} X_{i \max}}$$

地质因素影响及指数

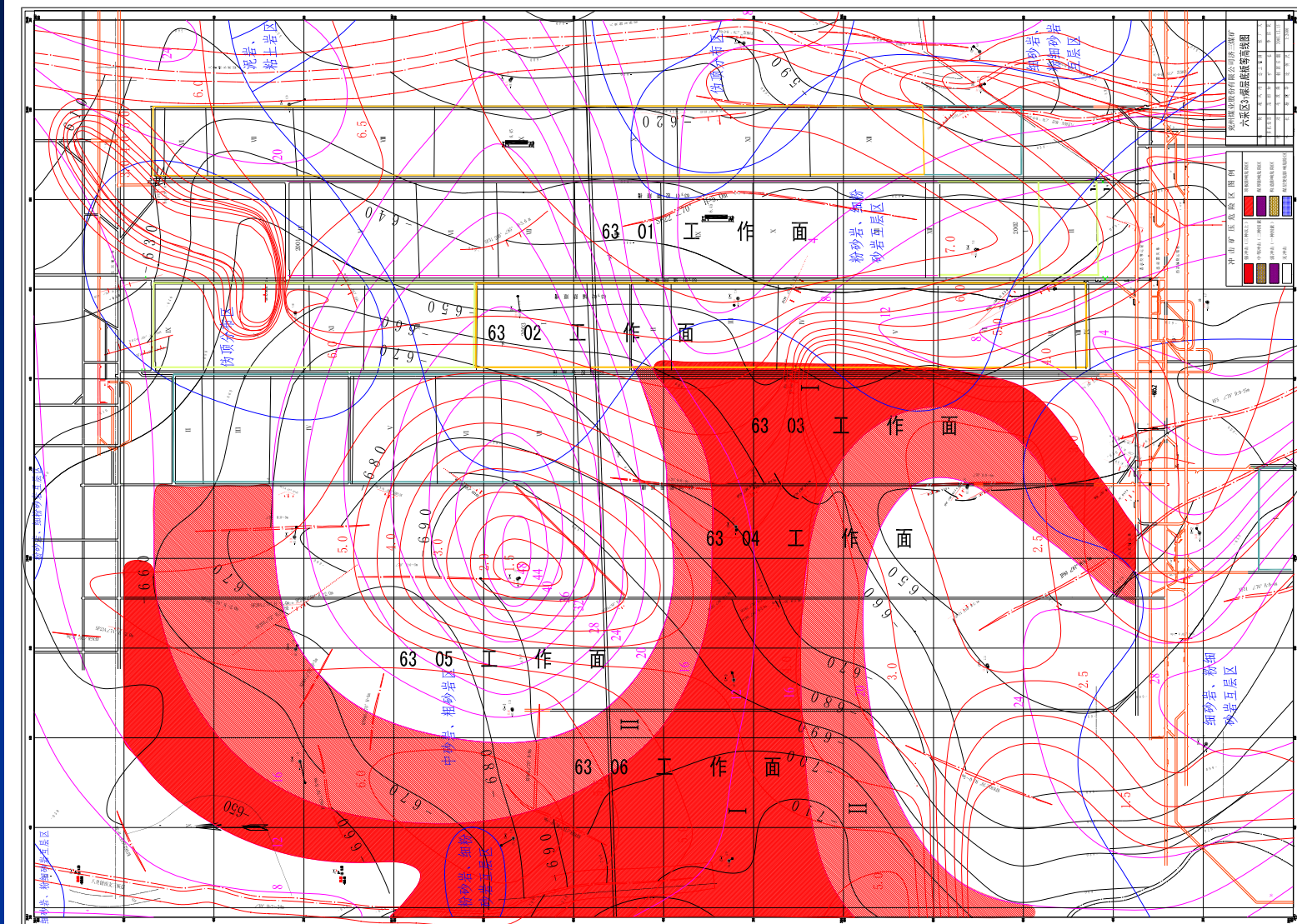
序号	因素	危险状态的影响因素	影响因素的定义	冲击矿压危险指数
1	W_1	发生过冲击矿压	该煤层未发生过冲击矿压	-2
			该层发生过冲击矿压	0
			采用同种作业方式在该层和煤柱中多次发生过冲击矿压	3
2	W_2	开采深度	小于500m	0
			500~700m	1
			大于700m	2
3	W_3	顶板中坚硬 ($R_c \geq 60\text{Mpa}$) 厚岩层距煤层的距离	>100m	0
			100~50m	1
			<50m	3
4	W_4	开采区域内的构造应力集中	>10%正常	1
			>20%正常	2
			>30%正常	3
5	W_5	顶板岩层厚度特征参数 L_{st}	<50	0
			≥ 50	2
6	W_6	煤的抗压强度	$R_c \leq 16\text{Mpa}$	0
			$R_c > 16\text{Mpa}$	2
7	W_7	煤的冲击能量指数 W_{ET}	$W_{ET} < 2$	0
			$2 \leq W_{ET} < 5$	2
			$W_{ET} \geq 5$	4

开采因素影响及指数

序号	因素	危险状态的影响因素	影响因素的定义	冲击危险指数
1	W ₁	工作面距残留区或停采线的垂直距离	>60m	0
			60—30m	2
			<30m	3
2	W ₂	未卸压的厚煤层	留顶煤或底煤厚度大于1.0m	3
3	W ₃	未卸压一次采全高的煤厚	<3.0m	0
			3.0—4.0m	1
			>4.0m	3
4	W ₄	两侧采空，工作面斜长为	>300m	0
			300—150m	2
			<150m	4
5	W ₅	沿采空区掘进巷道	无煤柱或小于3m小煤柱	0
			3—10m的煤柱	2
			10—15m的煤柱	4
6	W ₆	接近采空区的距离小于50m	掘进面	2
			回采面	3
		接近煤柱的距离小于50m	掘进面	1
			回采面	3
7	W ₇	掘进巷道接近老巷的距离小于50m	老巷已充填	1
			老巷未充填	2
		回采工作面接近老巷的距离小于30m	老巷已充填	1
			老巷未充填	2
8	W ₈	面接近分叉的距离小于50m 面接近落差大于3m断层的距离小于50m	掘进面或回采面	3
			接近上盘	1
9	W ₉	面接近煤层倾角剧烈变化的皱曲小于50m	接近下盘	2
			>15度	2
10	W ₁₀	面接近煤层侵蚀或合层部分	掘进面或回采面	2
11	W ₁₁	开采过上或下解放层，卸压程度	弱	-2
			中等	-4
			好	-8
12	W ₁₂	采空区处理方式	充填法	2
			垮落法	0

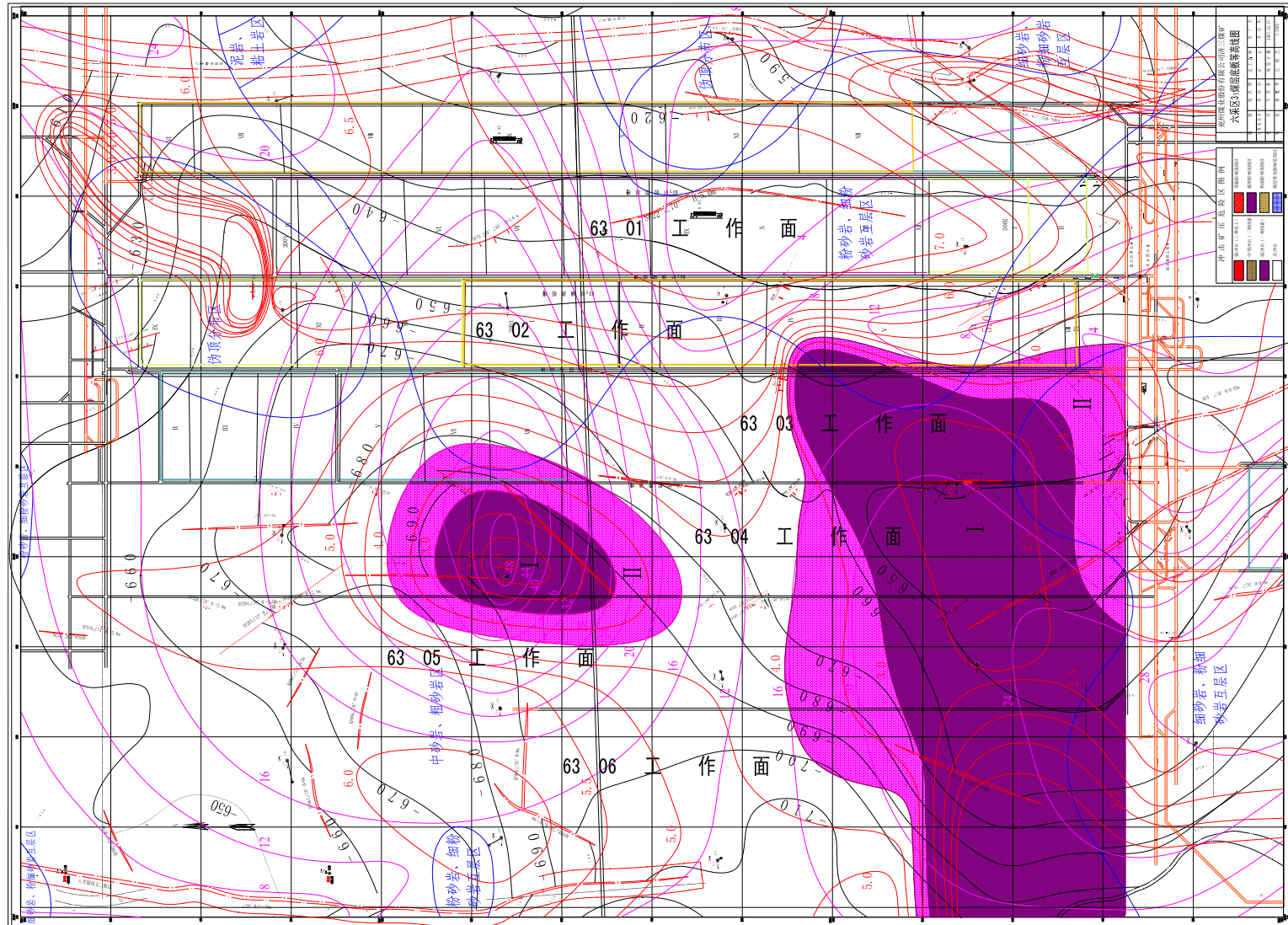
按顶板厚度确定冲击危险区

济三煤矿六采区冲击矿压危险区域分布



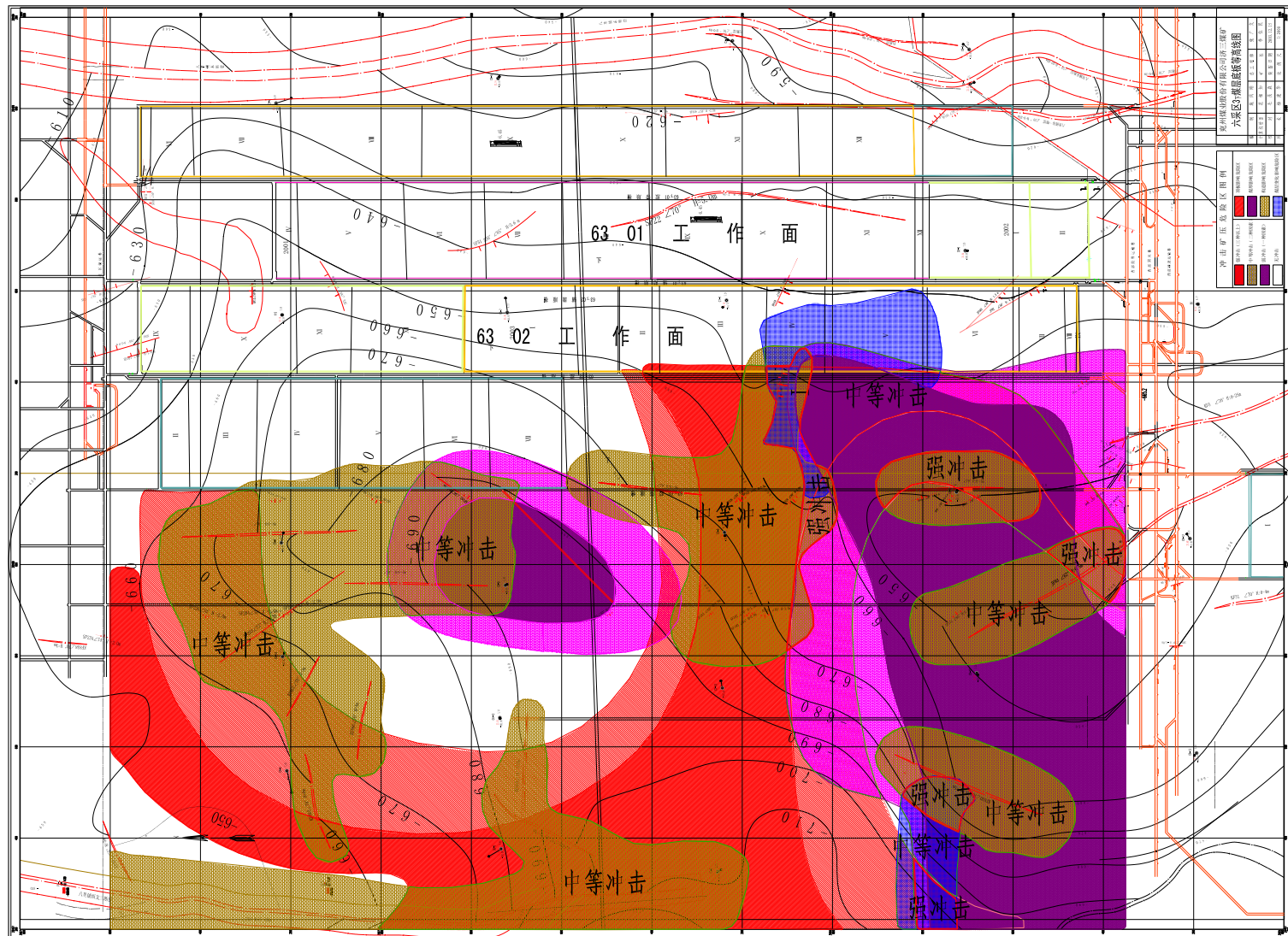
按煤层厚度确定冲击危险区

济三煤矿六采区冲击矿压危险区域分布



按综合因素确定冲击危险区

济三煤矿六采区冲击矿压危险区域分布



四、即时与区域预测的微震法

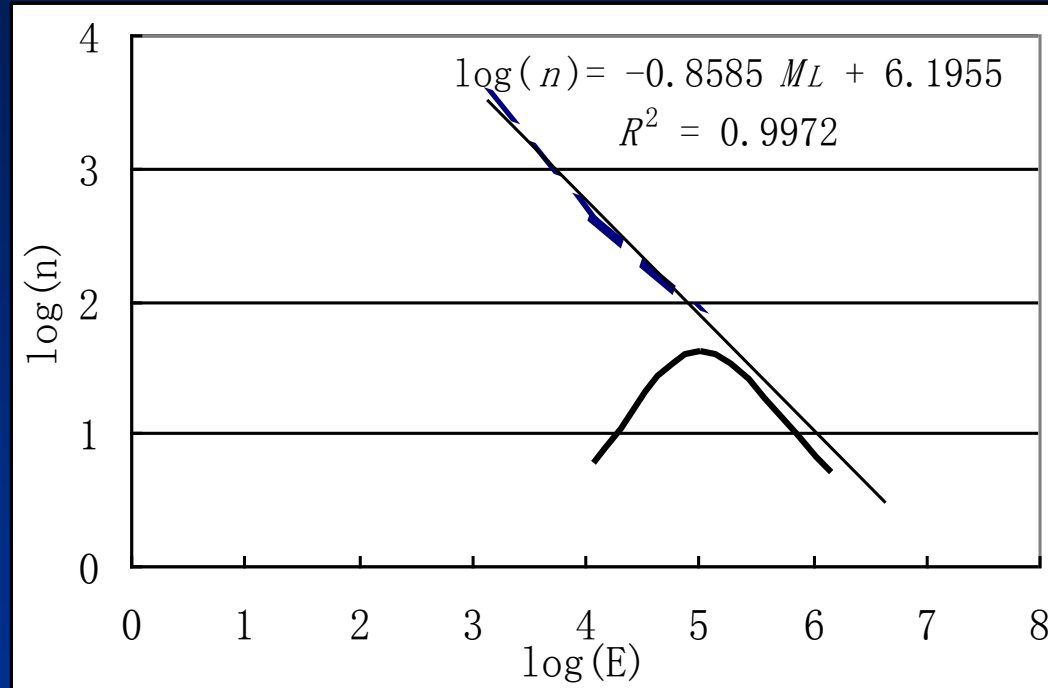
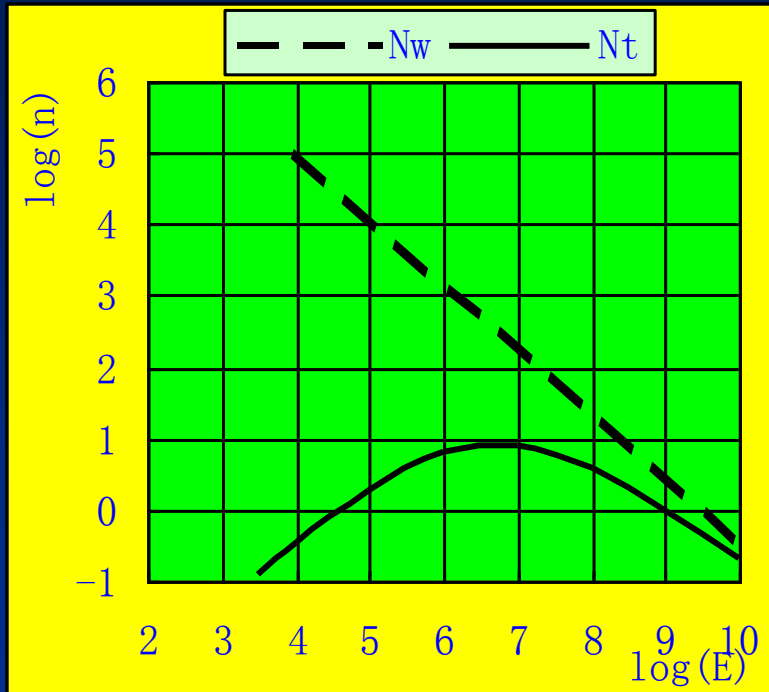
- 微震法就是记录采矿震动的能量，确定和分析震动的方向，对震中进行定位。
- 当矿井的某个区域监测到矿震释放的能量大于发生冲击矿压的所需的最小能量时，则该区域的当前时间内有发生冲击矿压的危险性。

$$W_s = \sum_{i=1}^2 \{W_{ei}(e_i)\}$$

$$e_i = \log(E_i)$$

$$W_{ei}(e_i) = \begin{cases} 0 & e_i < a_i \\ \frac{e_i - a_i}{b_i - a_i} & a_i \leq e_i < b_i \\ 1 & e_i \geq b_i \end{cases}$$

四、即时与区域预测的微震法



□ 震动频次与能量级之间的关系;

$$\log n = a \log E + b$$

微震监测系统

中心设备



井下采集箱

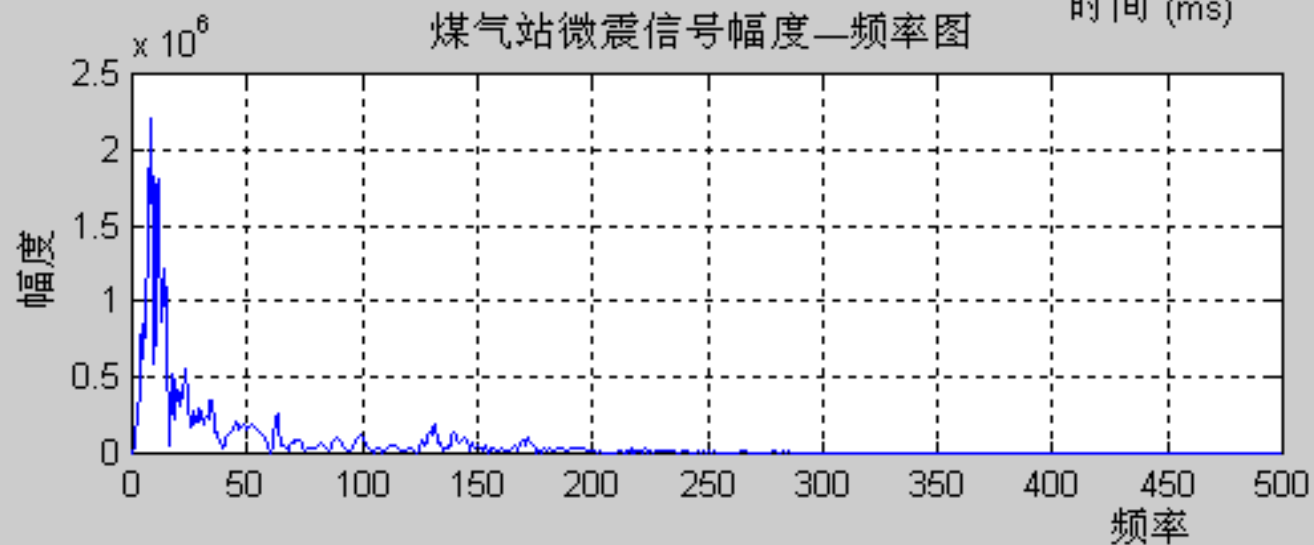
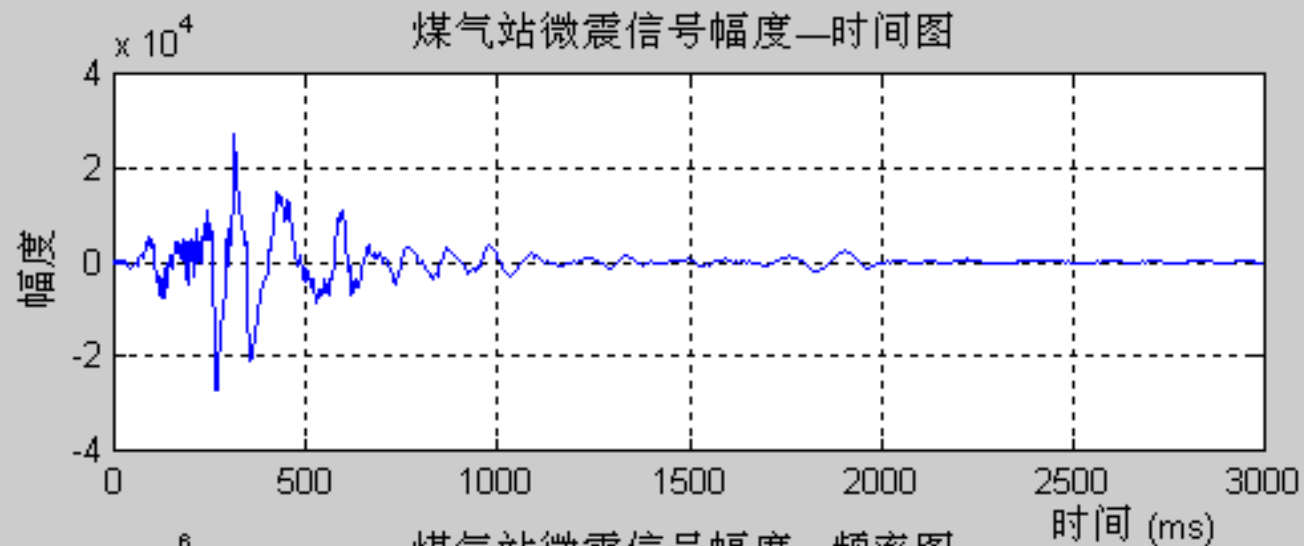


巷道拾震器



井下拾震器

微震信号（冲击）



煤柱区矿震活动规律

工作面推进及微震分布示意图

日期：从2003年06月01号

到2004年03月07号

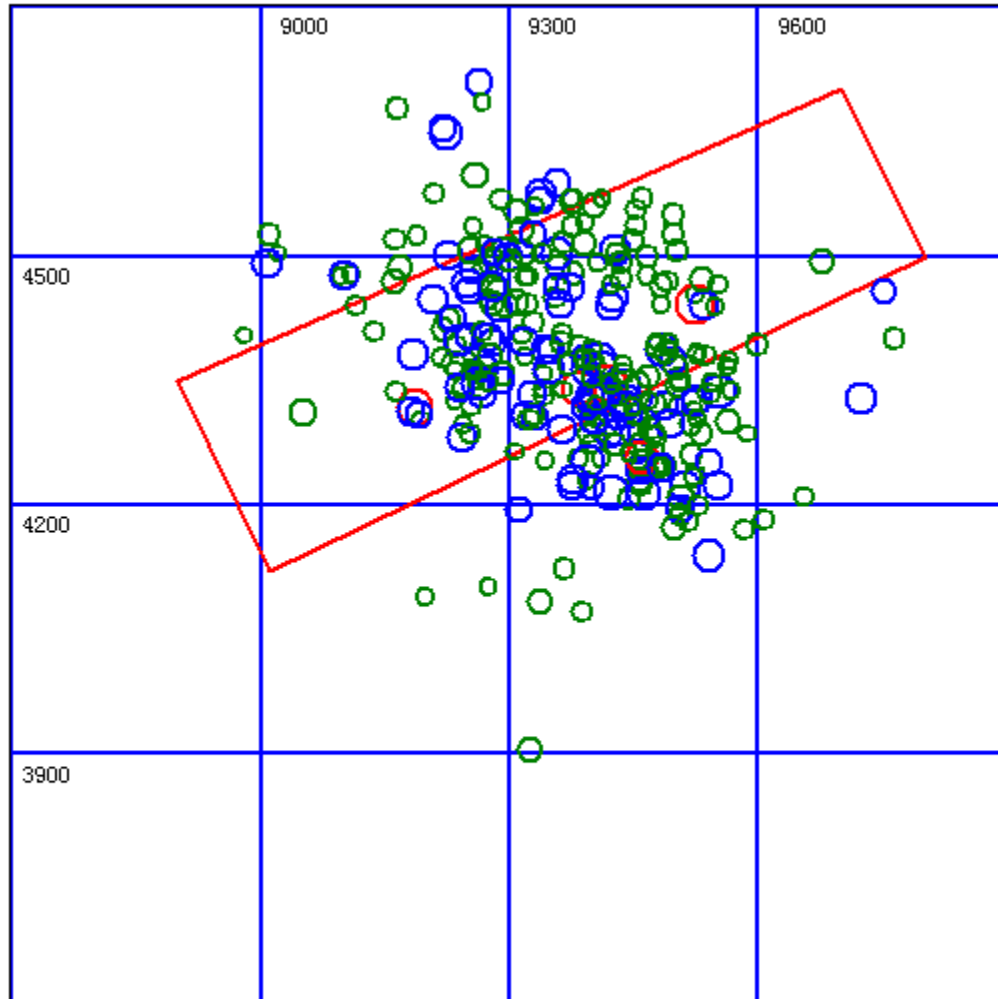
震级：大于1

微震数：293

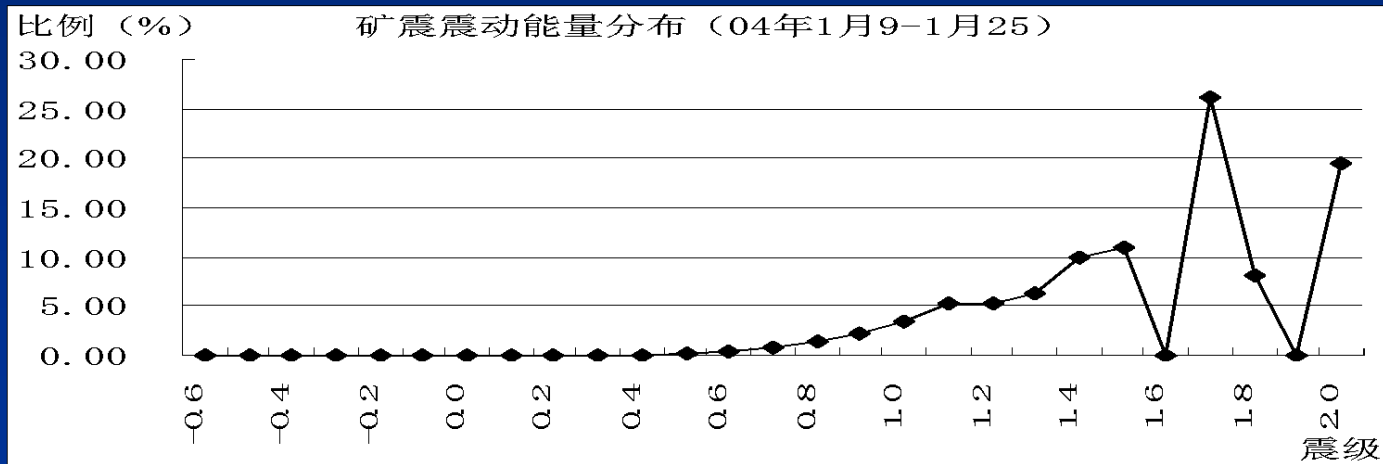
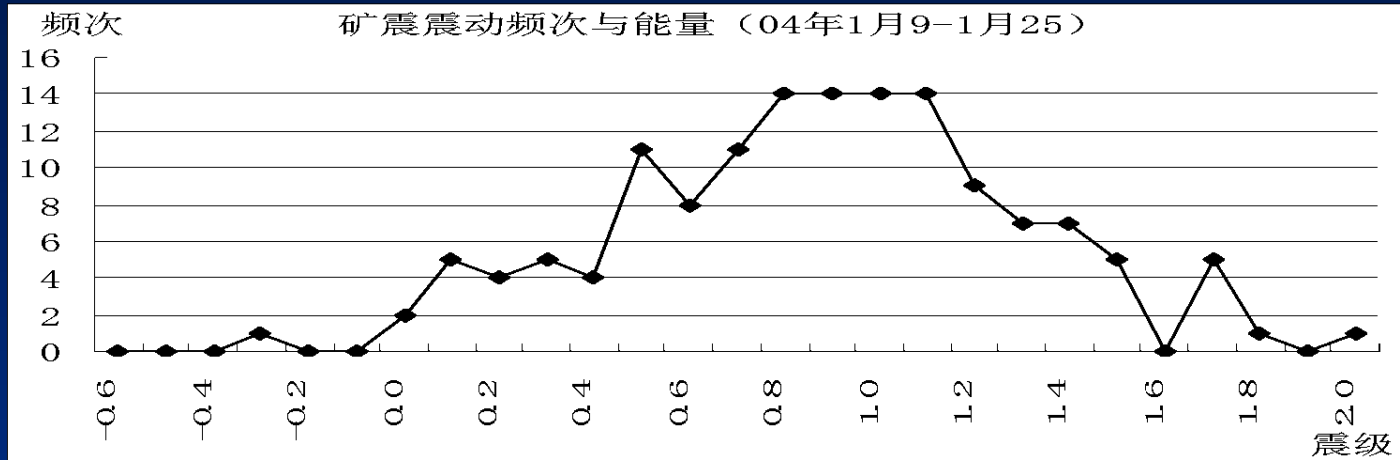
制图者：

制图日期：

备注：

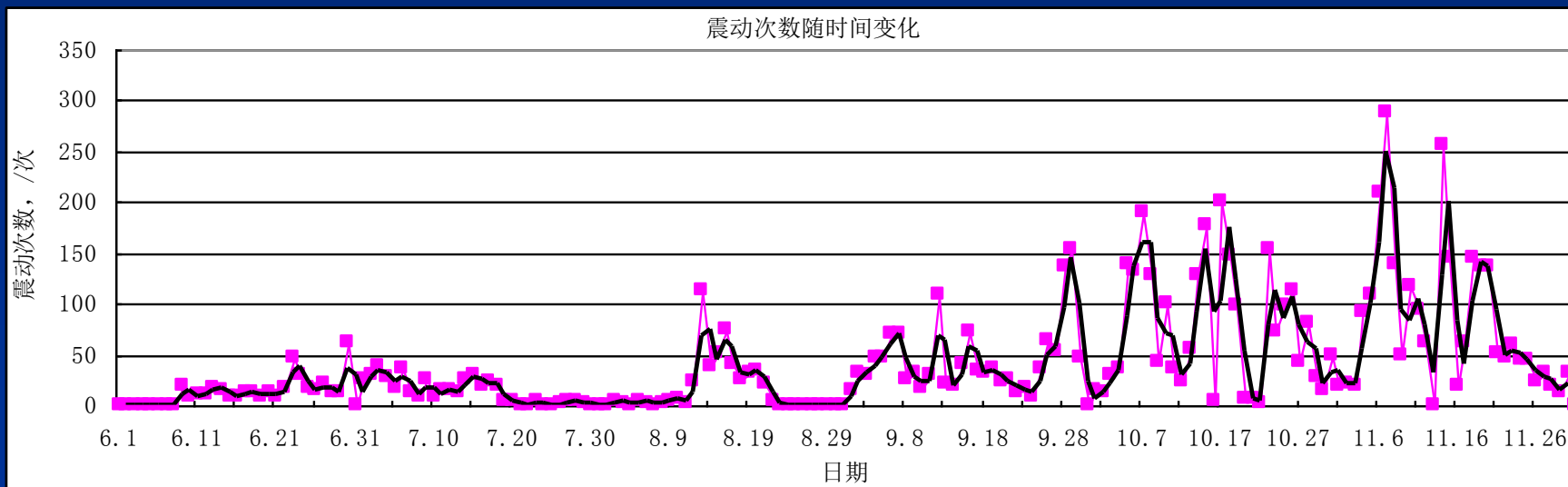


进煤柱时的微震规律



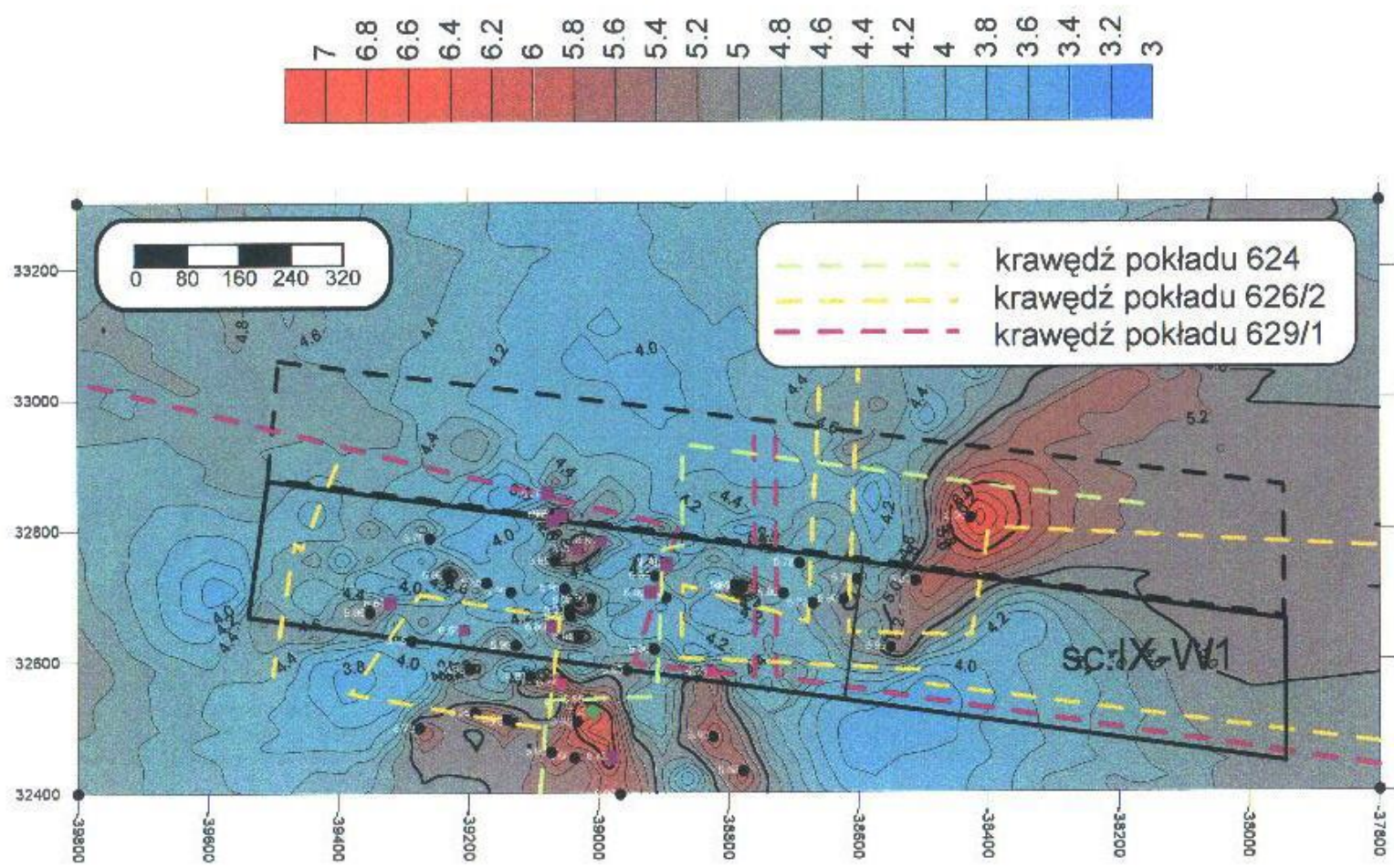
冲击危险预测

- 微震活动的频度和能级出现急剧增加，持续一段时间后，会出现大的震动
- 微震活动保持一定水平，突然出现平衡期，持续一段时间后，会出现大的震动和冲击
- 冲击矿压的最小能量 $>5 \times 10^3 \text{J}$ （里氏震级1级）

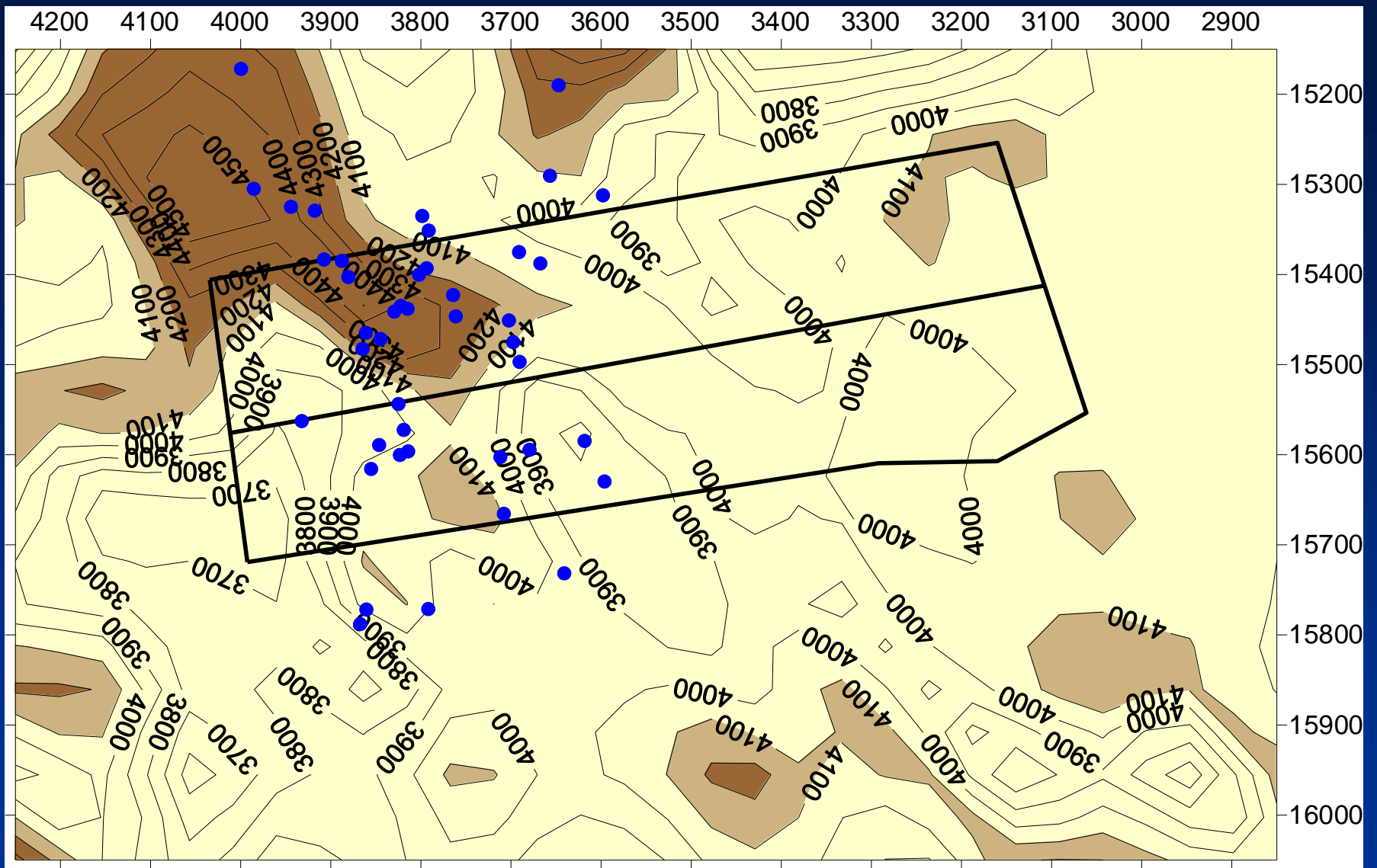


三河尖矿9202工作面微震震级的变化规律

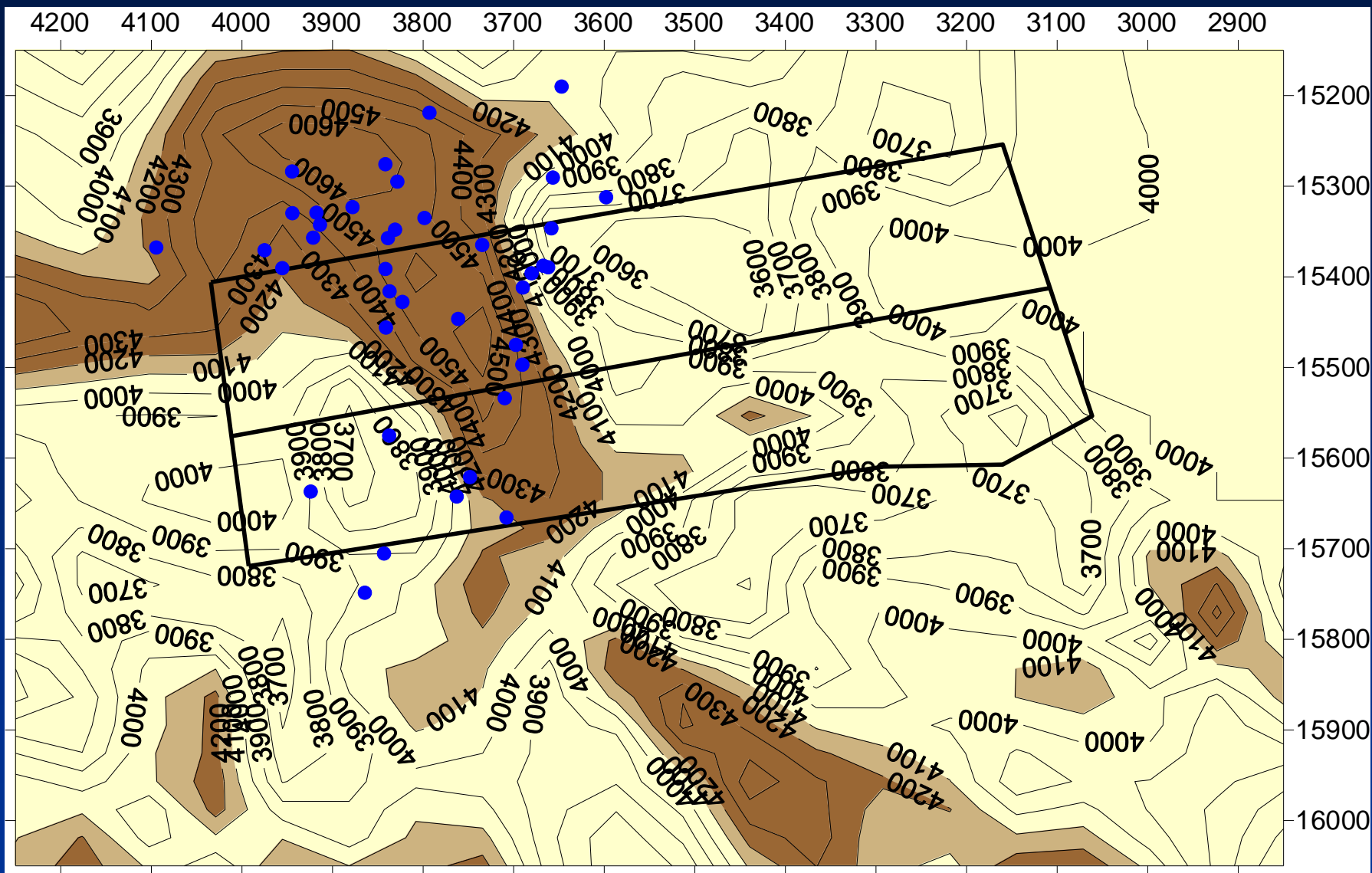
根据能量预测冲击危险



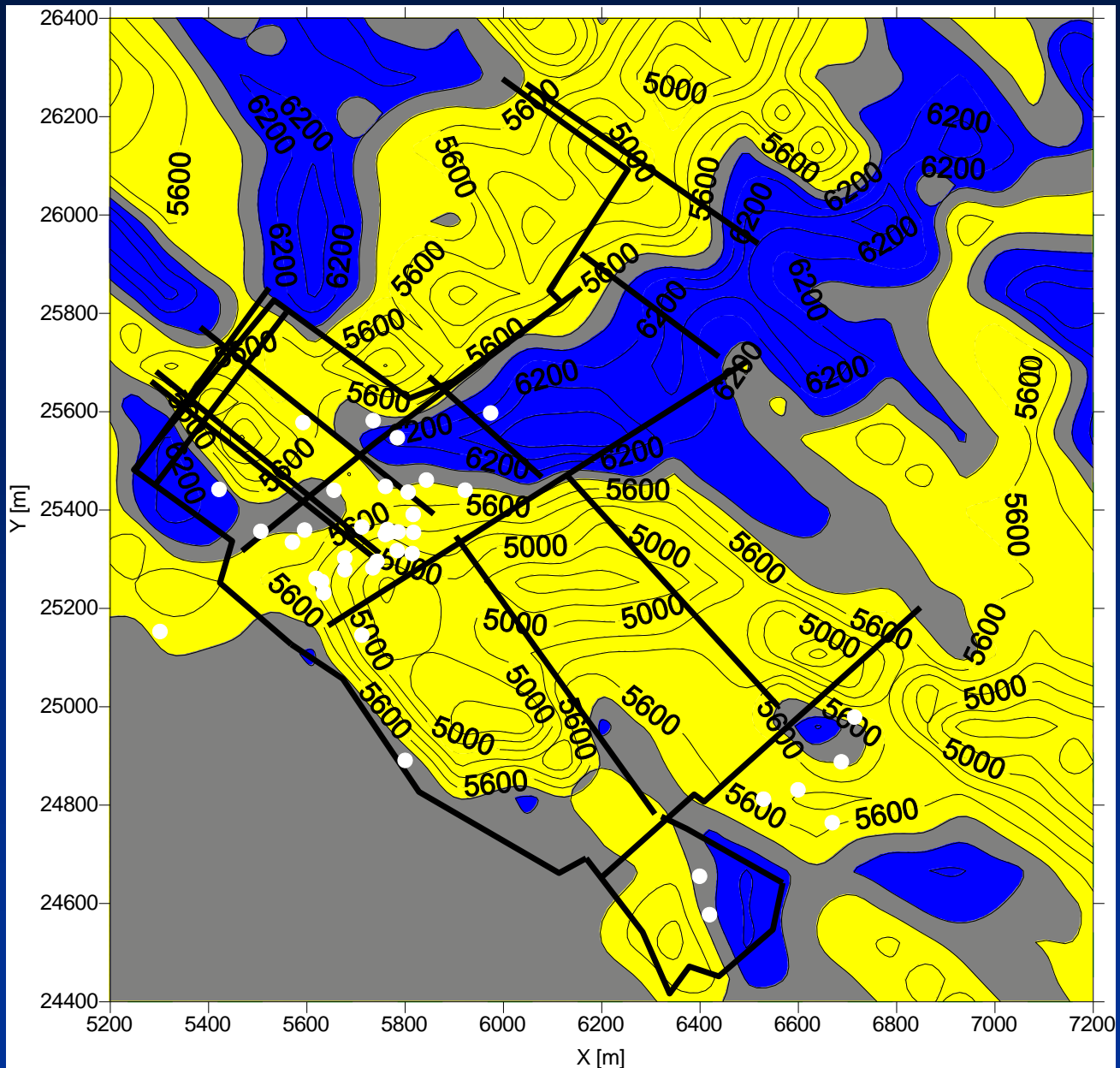
sc. IX-W1 703
po zakończeniu eksploatacji



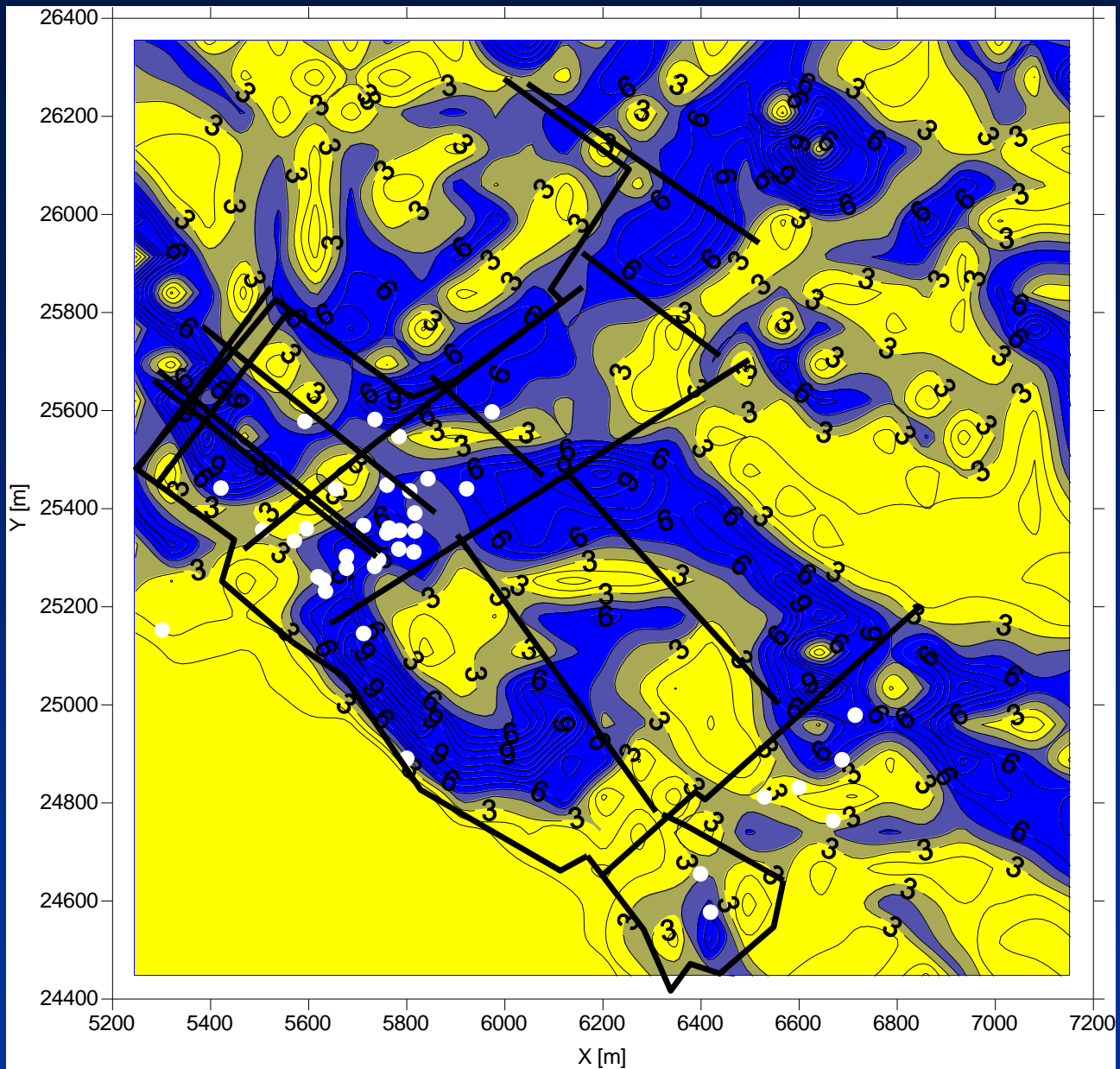
KWK Bielszowice震动速度分布图



KWK Bielszowice 震动速度分布图



Polkowice-Sierszowice震动速度分布图



Polkowice-Sierszowice震动加速度分布图

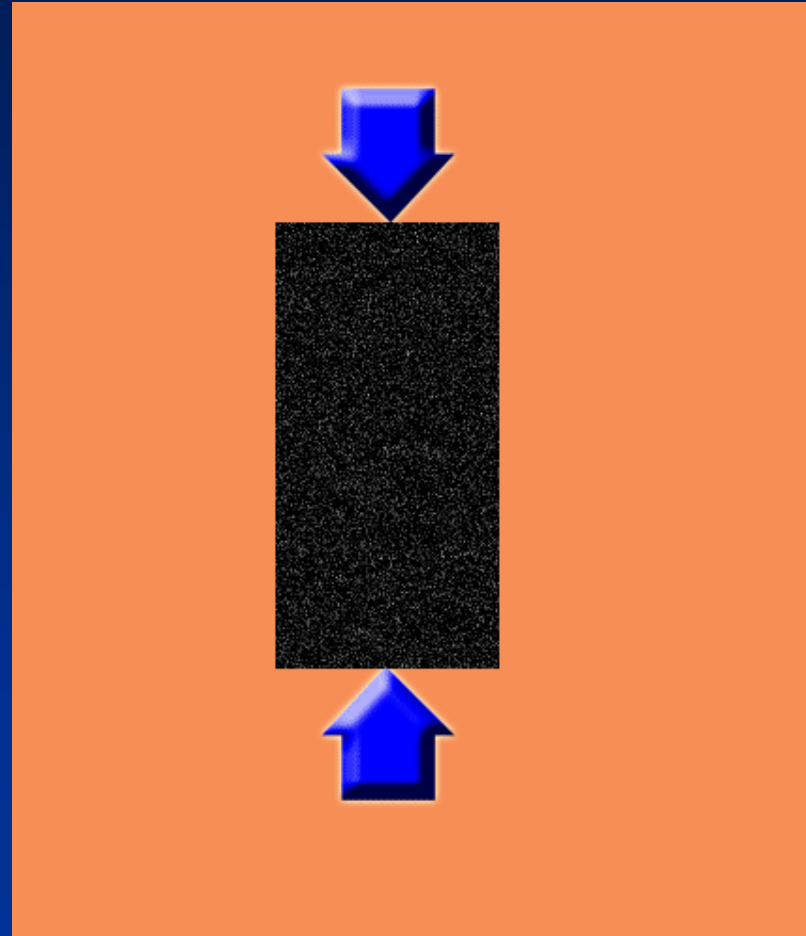
五、即时与局部预测的电磁辐射法

- 电磁辐射法就是根据煤岩变形破裂过程中发出的电磁辐射进行冲击矿压的监测预报。
- 在工作面采掘过程中，围岩发生破裂时，均有电磁辐射信号产生。
- 电磁辐射信号的强度随着围岩受载程度的增大而增强，随变形速率的增加而增强。
- 煤岩体电磁辐射的脉冲数随着载荷的增大及变形破裂过程的增强而增大。载荷越大，加载速率越大，煤体的变形破裂越强烈，电磁辐射信号也越强。

五、即时与局部预测的电磁辐射法

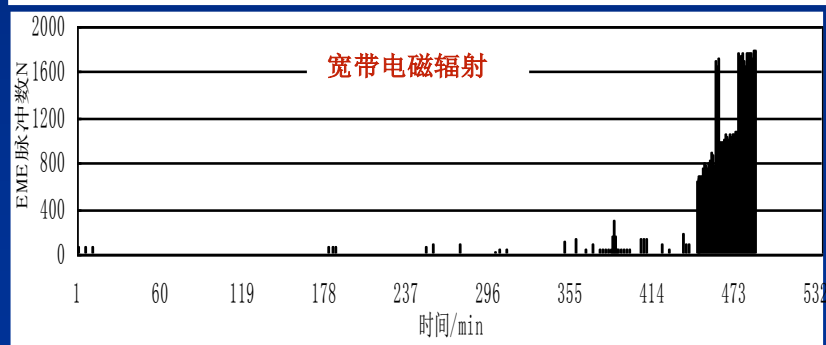
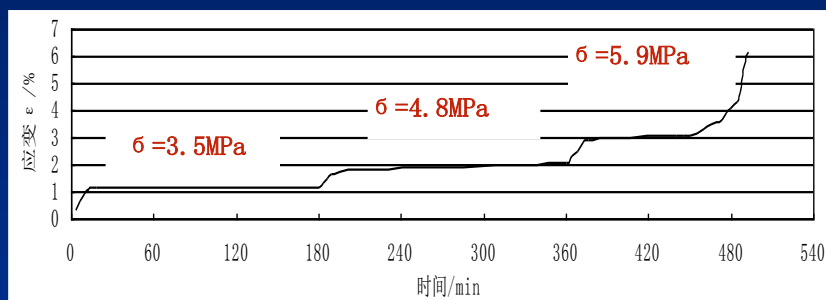
实验研究发现：

- 煤岩流变-突变过程产生电磁辐射，是能量耗散的一种形式。
- 煤岩体的变形破裂是电磁辐射产生的根本原因。



电磁辐射效应规律

载荷越大，变形破裂过程越强烈，电磁辐射越强。

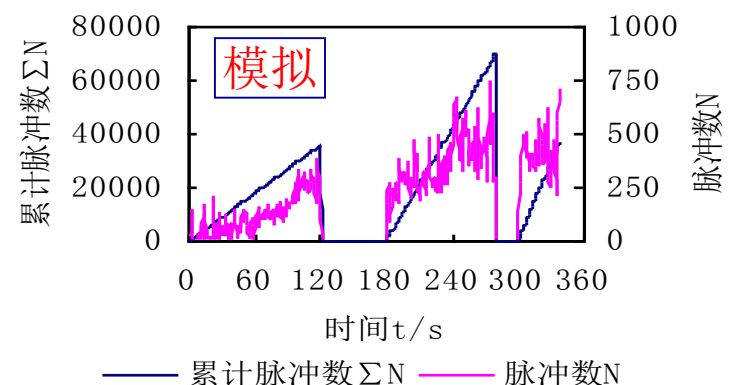
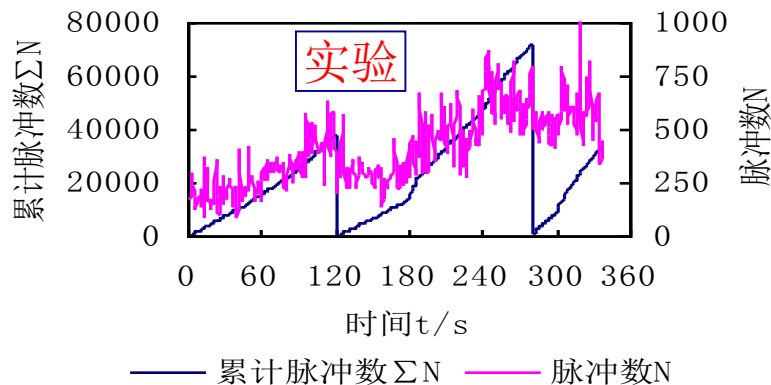


- 电磁辐射能够反映煤岩体的变形破裂过程。
- 通过电磁辐射可以监测煤岩动力灾害的孕育、发展过程。

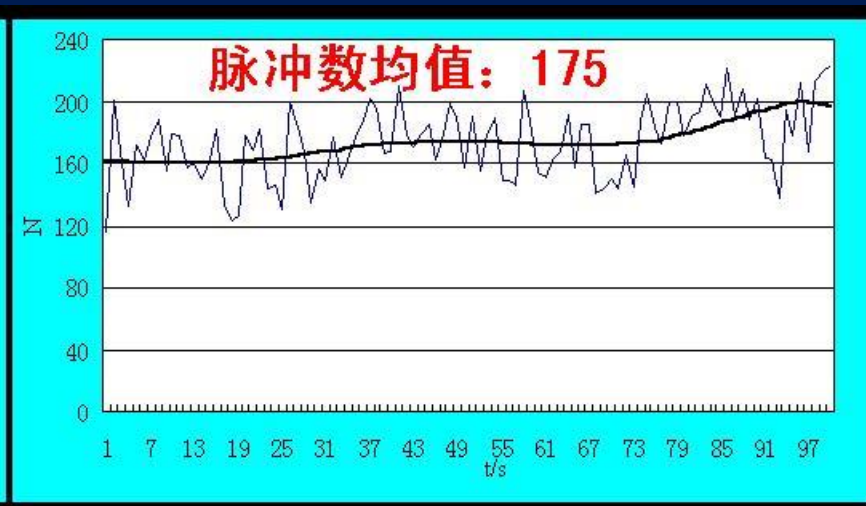
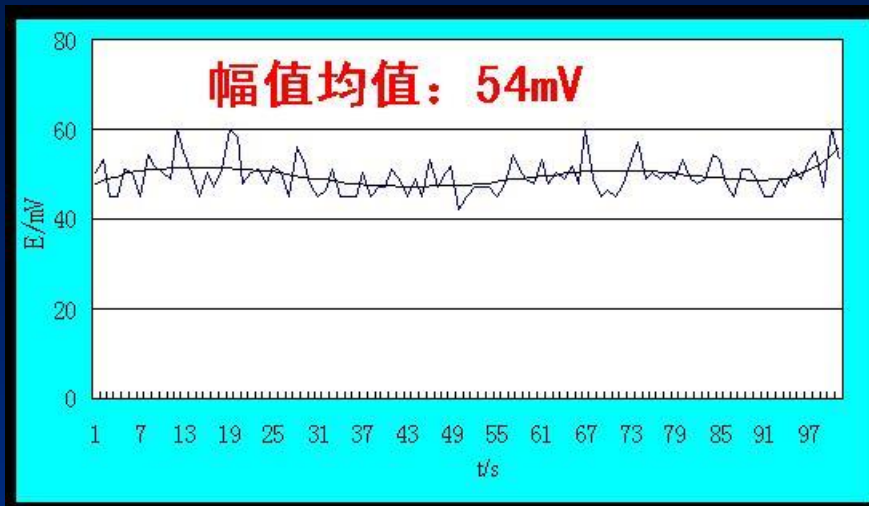
研究得到了煤岩破裂过程电磁辐射的力电耦合模型：

$$\Delta N = N_m \cdot \frac{m}{\sigma_0} \left(\frac{\sigma_1 - \frac{\sigma_3}{2}}{\sigma_0} \right)^{m-1} \exp \left[- \left(\frac{\sigma_1 - \frac{\sigma_3}{2}}{\sigma_0} \right)^m \right] \cdot \Delta \sigma \quad \frac{\sum N}{N_m} = 1 - \exp \left(- \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \right)^m \right)$$

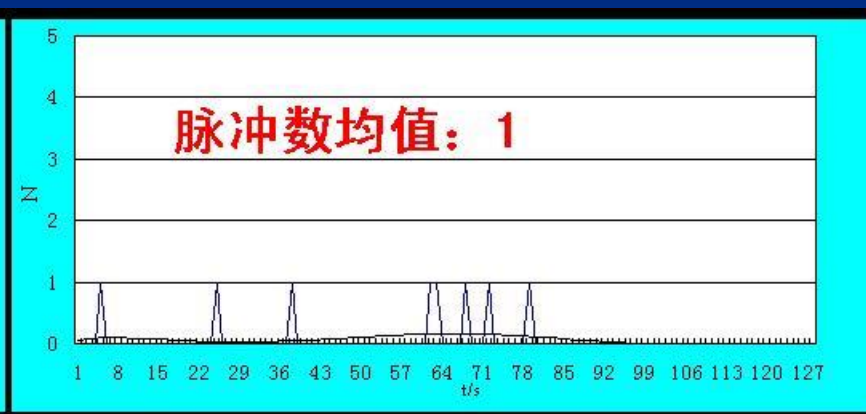
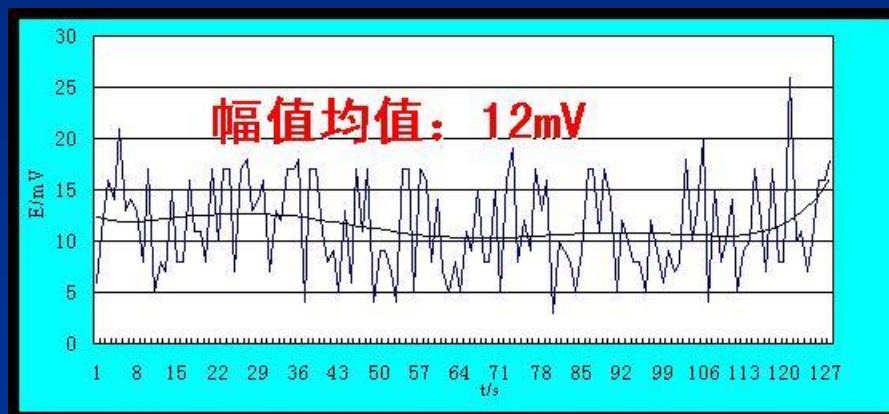
式中， ε —应变； σ_1, σ_3 —轴向应力和环向应力； m, ε_0 —Weibull分布的分布标度和以应变形式表征的形态参数； $\Delta N, \sum N$ —电磁辐射脉冲数增量和累计脉冲数； N_m —完全破坏的电磁辐射累计脉冲数。



现场有灾害和无灾害危险时的电磁辐射对比



工作面有冲击危险时的电磁辐射

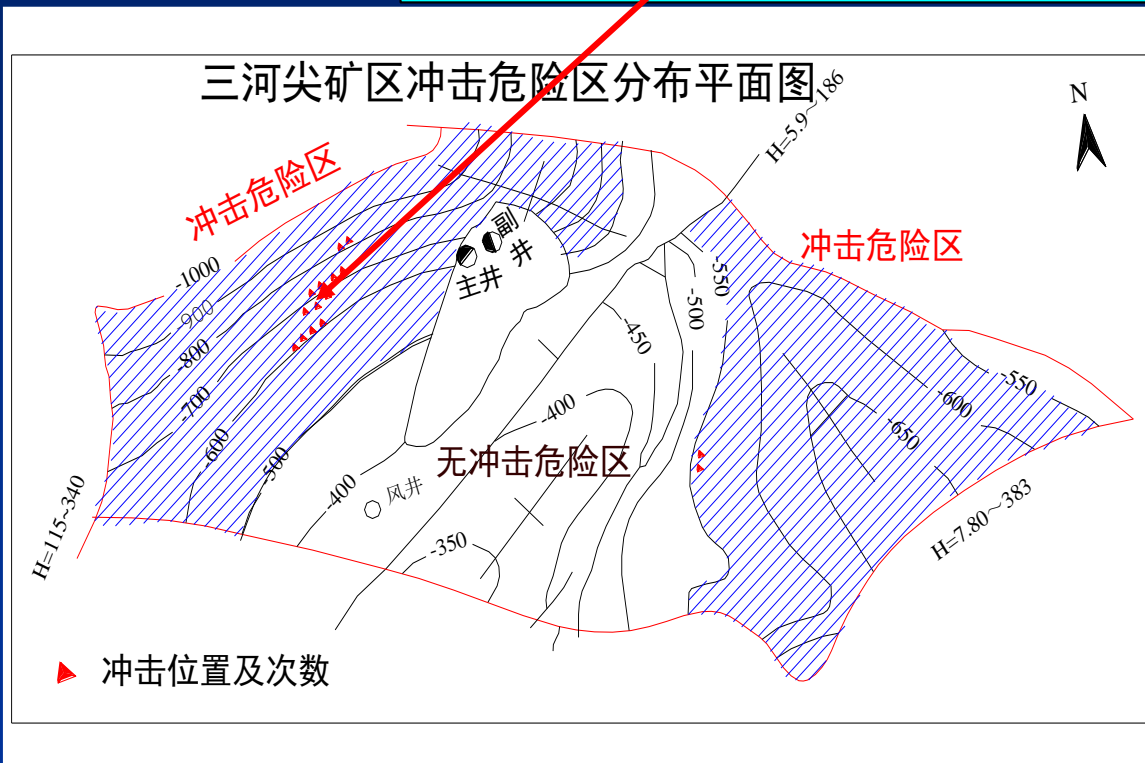
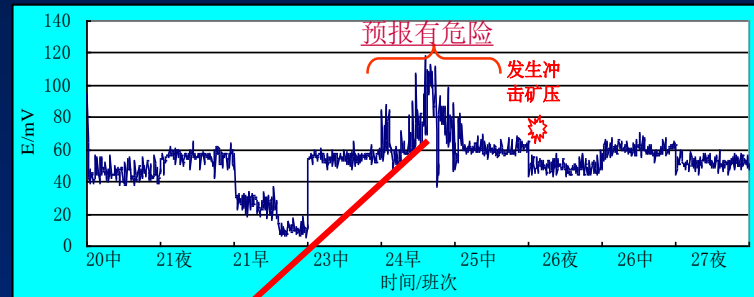


工作面没有冲击危险时的电磁辐射

电磁辐射应用实例：

（一）徐州三河尖煤矿

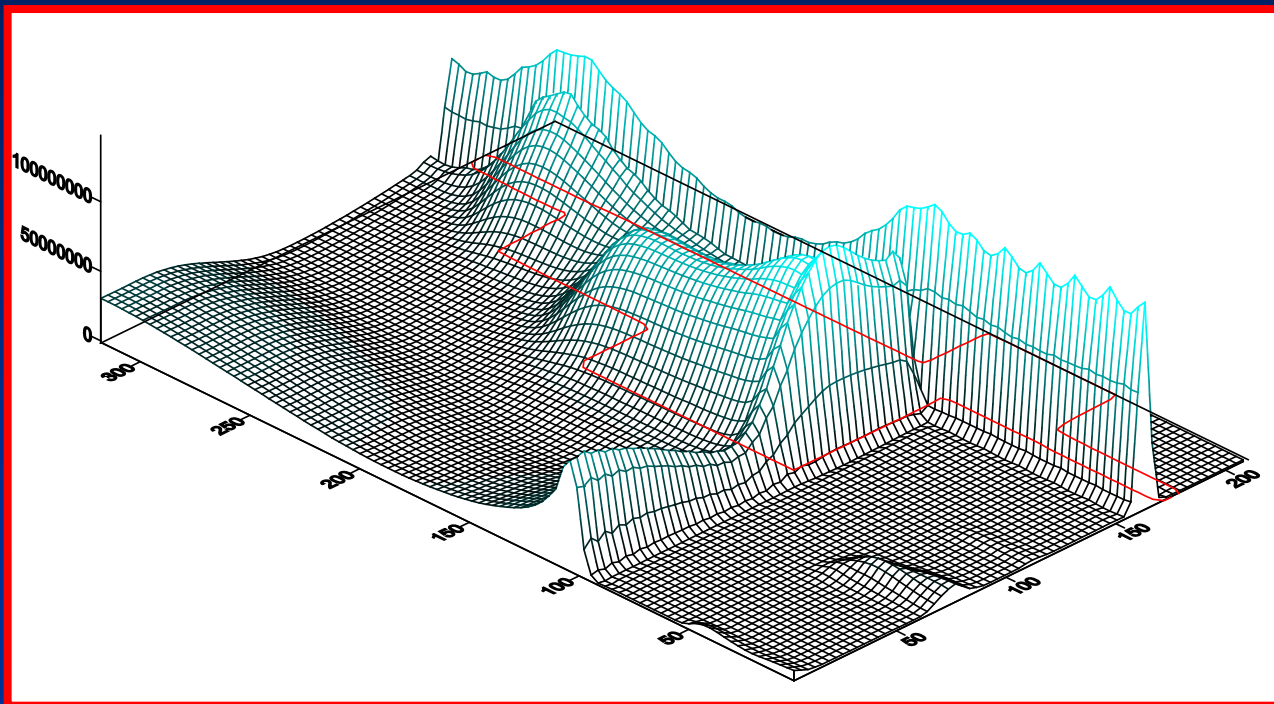
- ❑ 徐州三河尖矿可采储量3亿吨, 年产180万t。
- ❑ 危险区占开采储量的五分之三 (1.8亿t)，有些采区因冲击灾害而被迫停采。
- ❑ 采用电磁辐射预测并实施治理措施，恢复了生产，保障了安全。
- ❑ 现已安全回采6个面，生产煤炭150万t。



电磁辐射应用实例：

（一）徐州三河尖煤矿

- 9202工作面，开采深度已达850m，上覆有7202工作面残留的煤柱，应力集中程度相当严重。

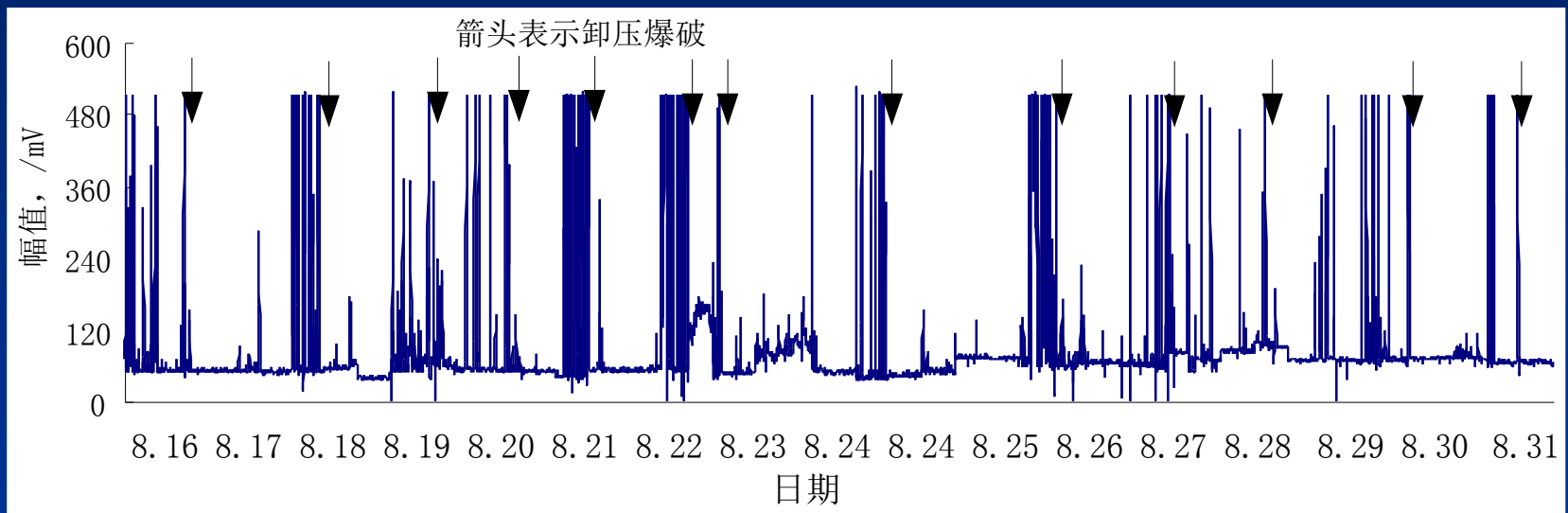


9202工作面垂直应力分布数值模拟结果
应力集中系数高达10

电磁辐射应用实例：

（一）徐州三河尖煤矿

- ❑ 采用电磁辐射技术成功地进行监测预警，并采用卸压方法进行了解危。
- ❑ 9202工作面已安全回采完毕。

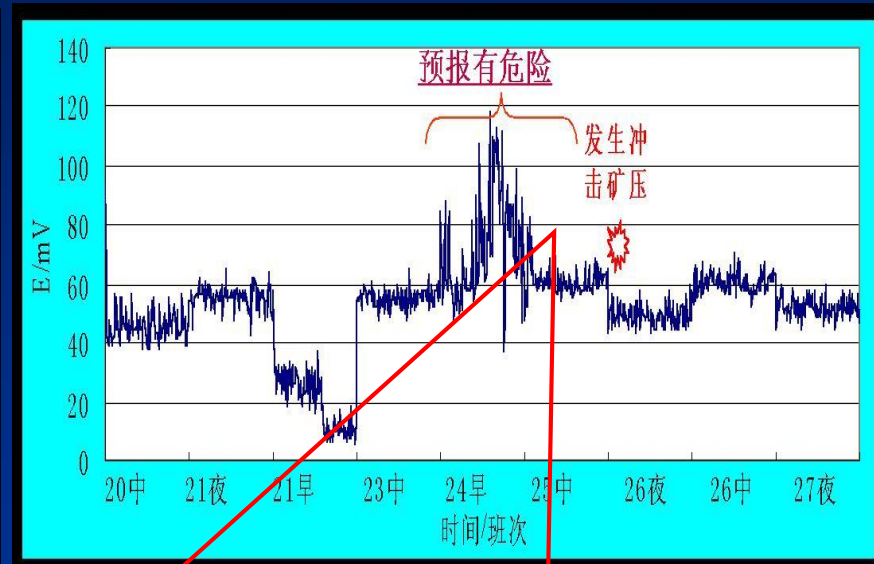
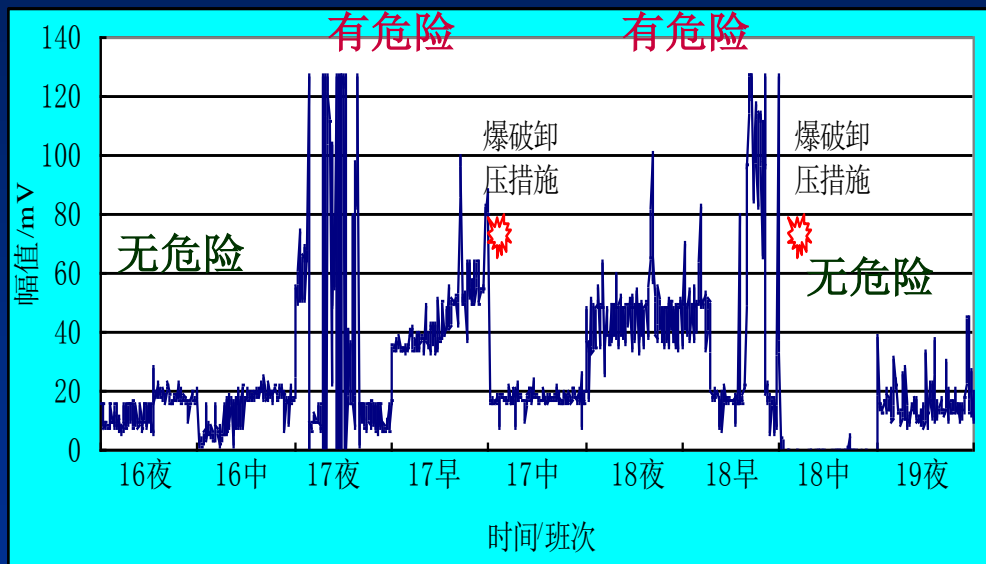


冲击危险监测预警及
卸压爆破前后电磁辐射变化实测结果

电磁辐射应用实例：

（一）徐州三河尖煤矿

□ 7204工作面冲击严重，采用电磁辐射技术保证了安全预警。

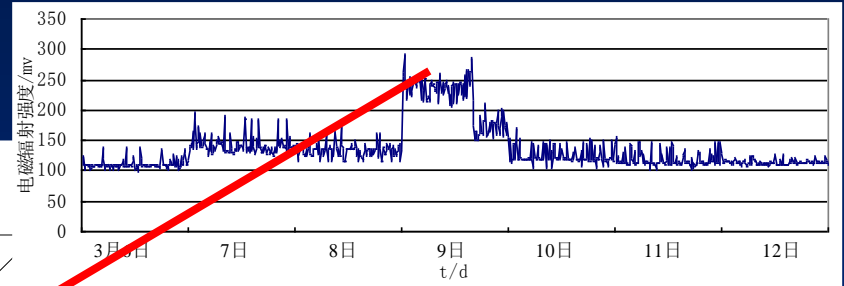
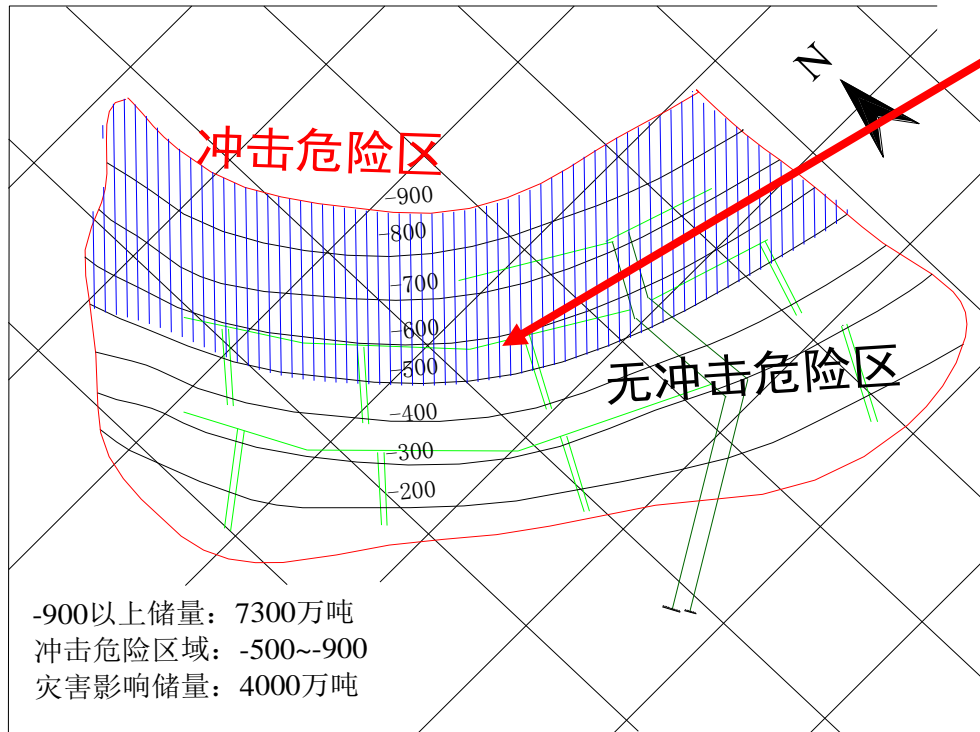


预测有危险，采取措施不到位发生冲击灾害

（在24日中班预报有危险，安排25日卸压，需8个钻孔，仅打4个，卸压未到位，在26日中班发生冲击矿压）

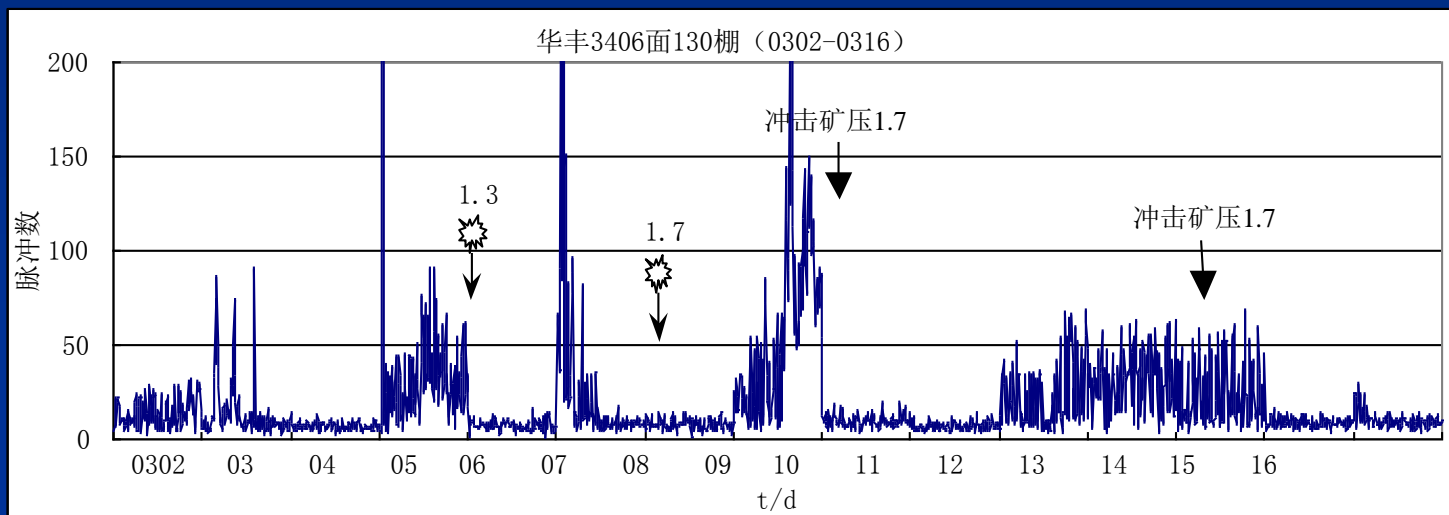
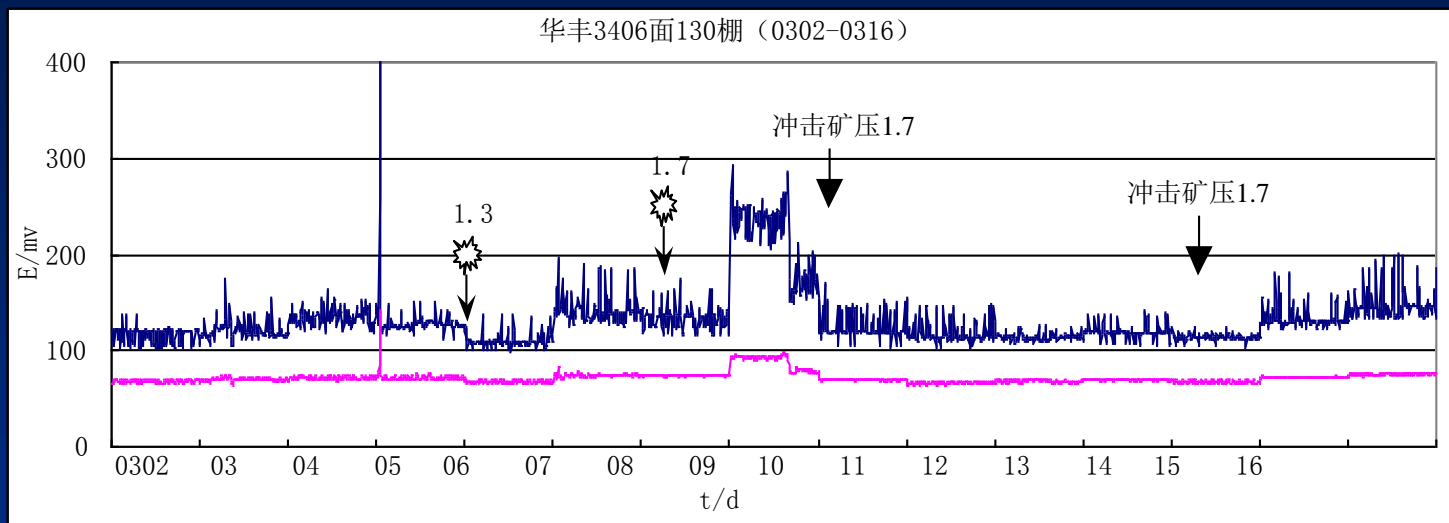
电磁辐射应用实例： (二) 华丰煤矿

华丰矿区冲击危险区分布平面图



- ❑ 新汶华丰矿年产140 万吨，-500m以下受冲击矿压的威胁。
- ❑ 02年开始使用电磁辐射技术，现已安全生产5个面，采煤300 万吨。

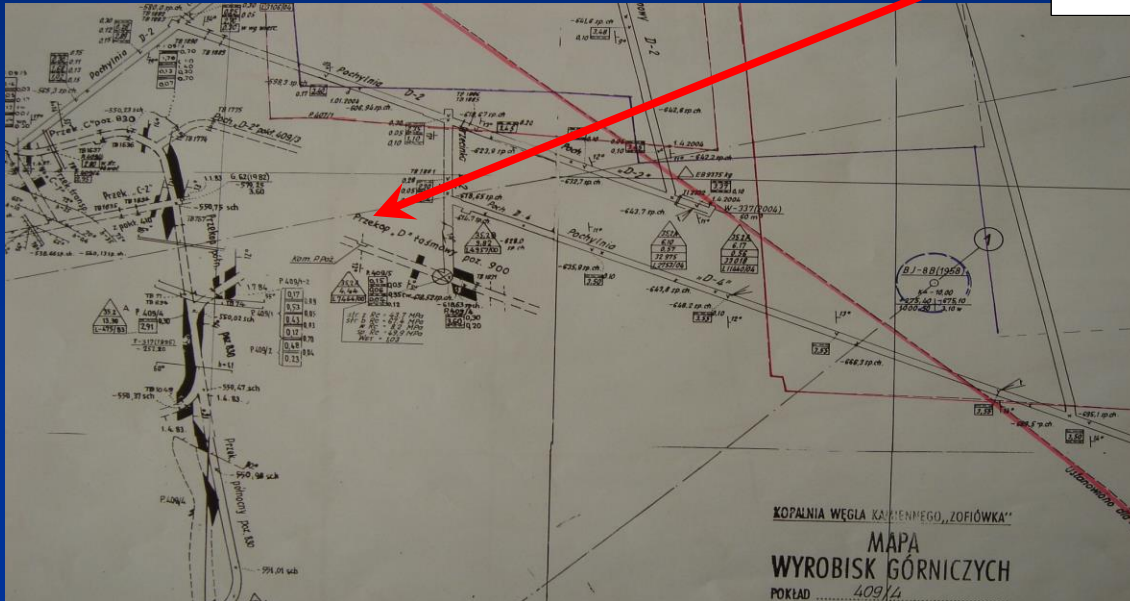
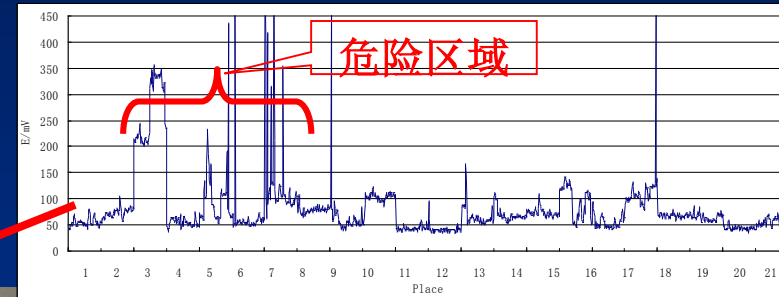
电磁辐射应用实例： (二) 华丰煤矿



电磁辐射应用实例：

（三）波兰zofiowka矿

- ❑ 波兰煤矿冲击矿压严重，70%的煤矿有冲击危险。波兰对本技术高度重视。
- ❑ 中一波政府科技合作项目《采动覆岩运动型冲击矿压机理及防治研究》。
- ❑ Zofiowka煤矿年产300万吨，-600m以下受冲击矿压的威胁。本技术在该矿进行了成功应用。



六、即时与点预测的钻屑法

□钻屑法是通过在煤层中打直径42~50mm的钻孔，根据排出的煤粉量及其变化规律和有关动力效应，鉴别冲击危险的一种方法。

□条件相同的煤体，当应力状态不同时，其钻孔的煤粉量也不同。当单位长度的排粉率增大或超过标定值时，表示应力集中程度增加和冲击危险性提高。

□当出现吸钻、卡钻、孔内冲击等现象，也表明此处有冲击矿压危险。



七、冲击矿压危险性的分级预测

□按照冲击矿压的危险性指数 W_t ，我们将冲击矿压的危险程度定量化分为四级进行预测，分别为无冲击危险、弱冲击危险、中等冲击危险和强冲击危险。

危险等级	危险状态	危险指数	防治对策
A	无危险	<0.25	所有的采掘工作可正常进行。
B	弱危险	$0.25\sim0.5$	采掘工作过程中，加强冲击矿压危险的监测预报。
C	中等危险	$0.5\sim0.75$	进行采掘工作的同时，采取强度弱化减冲治理措施，消除冲击危险。
D	强危险	>0.75	停止采掘作业，人员撤离危险地点。采取强度弱化减冲治理措施。采取措施后，通过监测检验，冲击危险消除后，方可进行下一步作业。

七、冲击矿压危险性的分级预测

冲击矿压危险的预测流程

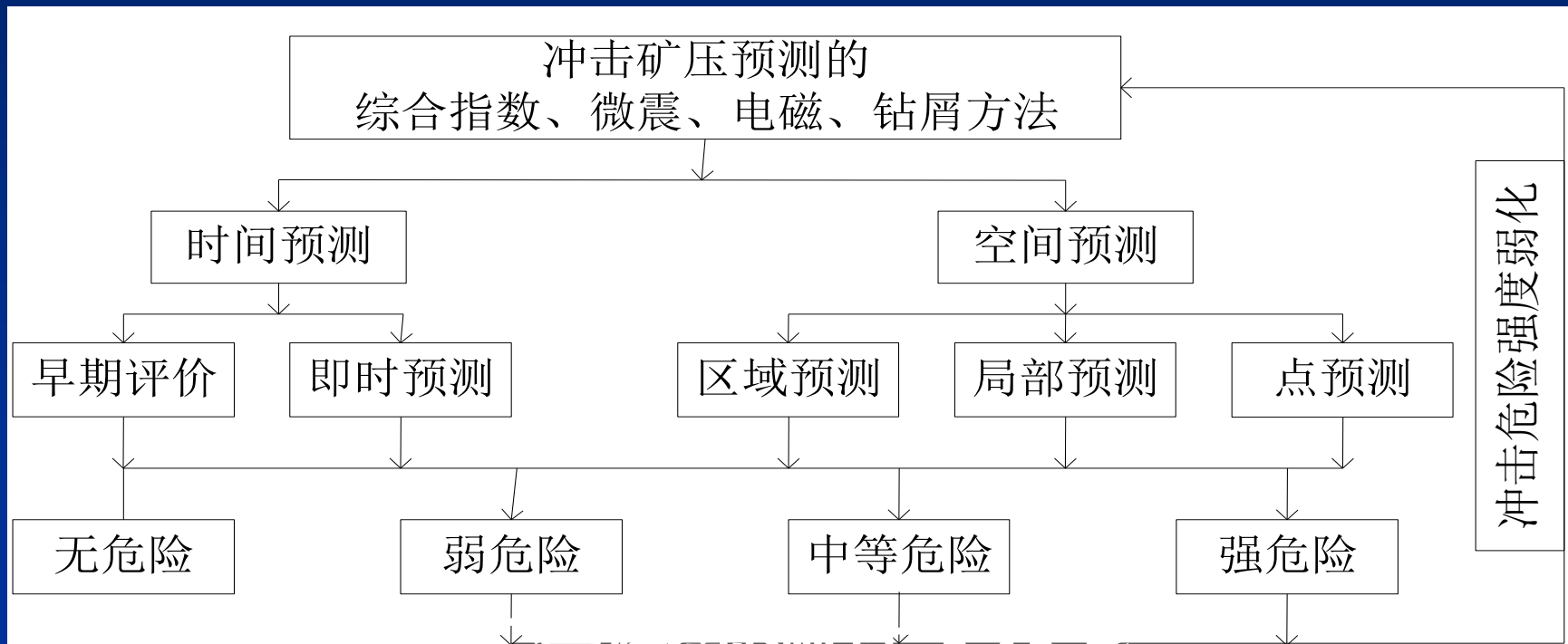
冲击矿压危险的区域，分级预测及治理的工作流程为：

- 早期综合预测（综合指数法确定重点监测区域）
- 即时预测
 - 区域预测（微震法连续监测、即时预测工作面区域冲击危险性）
 - 局部预测（微震法、电磁辐射法连续监测、即时预测工作面局部冲击危险性）
 - 点预测（钻屑法验证区域局部监测的准确性，并进行点预测）
- 逐级排除、确认危险等级
- 解危处理（煤岩体的强度弱化减冲治理，消除冲击危险）
- 治理效果检验（微震、电磁、钻屑检验解危效果）

七、冲击矿压危险性的分级预测

冲击矿压危险预测技术体系

在分析冲击矿压发生机理的基础上，采用时间上早期综合分析预测与即时预测相结合，空间上区域预测与局部监测、点预测相结合，构成可靠性高、简单易行、行之有效的冲击矿压危险性预测技术体系



冲击矿压危险预测技术体系

谢谢各位专家!

