

多因素叠加法使用说明

中国矿业大学 冲击矿压防治工程研究中心

1. 概念

多因素叠加法一种矿井、采区、工作面或巷道冲击矿压分区分级预测方法。针对经综合指数法分析具有冲击矿压危险的采区，将不同地段的冲击矿压危险程度定为 4 个级别，分别为轻微危险区、一般危险区、中等危险区和严重危险区，通过分析多个冲击矿压区域性影响因素的叠加影响作用，确定不同开采地段所具有的不同冲击矿压危险程度，对开采区域进行分区分级预测，可根据分区分级预测结果，指导防冲措施的实施。本发明考虑以下几个因素的叠加影响：断层、煤层倾角变化、煤层侵蚀、合层或厚度变化区域、顶底板岩性变化、上保护层开采遗留的煤柱、工作面超前支承压力等 15 个区域性影响因素因素。

随着我国矿井开采深度及开采范围的逐渐加大，以冲击矿压为代表的煤岩动力灾害越来越严重，这种动力灾害将聚积在煤岩体中的弹性能量以突然、急剧、猛烈的形式释放，造成煤岩体震动破坏，动力将煤岩抛向井巷，发出强烈声响，造成支架与设备、井巷的破坏和人员的伤亡等，冲击矿压具有突发性的特点，常常难以提前预知其发生的时间和地点。目前对于冲击矿压的研究主要集中在三个研究方面，一是冲击矿压（岩爆）发生机理的研究；二是冲击矿压危险评估、监测与预测预报技术的研究；三是冲击矿压治理措施的研究。其中，冲击矿压发生的机理是预测预报和采取防治措施的基础，而危险评估、监测与预测预报则是防治灾害发生的关键环节。

虽然在经过综合指数法确定某开采区域宏观整体具有某种等级的冲击矿压危险后，可以提前制定和采取防治对策，在一定程度上降低冲击矿压危险，但由于开采区域范围通常都很大，不同的地段具有的冲击矿压危险程度也不一样，冲击矿压发生的地点很难确定，因此还必须在综合指数法分析的基础上，对大范围的开采区域进行详细的分区预测，并根据不同分区所受到的一个或多个冲击矿压危险因素的叠加影响，确定不同分区的冲击矿压危险等级，可以大为提高冲击矿压危险预测的针对性和准确率，使冲击矿压灾害的监测和治理做到有的放矢。

多因素叠加法的目的是通过分析多个冲击矿压影响因素的叠加影响作用，详细确定不同开采地段所具有的不同冲击矿压危险等级，提出一种矿井、采区、工作面或巷道冲击矿压分区分级预测方法，用于指导冲击矿压危险预测、监测和治理工作。

2. 冲击矿压多发区域的确定

根据相关科学研究和对大量冲击矿压事故的统计分析，结果表明，冲击矿压多发生于以下因素的影响区域：

- (1) 落差大于 3m、小于 10m 的断层附近；
- (2) 煤层倾角剧烈变化（大于 15° ）的褶曲附近；
- (3) 煤层侵蚀、合层或厚度变化部分；
- (4) 顶底板岩性变化地段；
- (5) 上保护层开采遗留的煤柱下方；
- (6) 落差大于 10m 的断层或断层群附近；
- (7) 向采空区推进的工作面在接近采空区时；
- (8) “刀把”形等不规则工作面或多个工作面的开切眼及停采线不对齐等区域；
- (9) 巷道交叉区域附近；
- (10) 留设宽度不合理的沿空巷道煤柱区；
- (11) 工作面超前支承压力区；
- (12) 老顶初次来压位置附近；
- (13) 工作面采空区“见方”区域；
- (14) 留底煤区域；

(15) 采掘扰动区域，这些区域的应力集中程度往往较一般区域的要高，从而导致冲击矿压发生频率和强度高于其它区域。

3. 各因素影响冲击矿压危险程度的区域性分布规律

下面对各个因素影响区域的冲击矿压危险程度进行划分。

(1) 落差大于 3m、小于 10m 的断层影响规律：前后 20m 范围为严重危险区，20m~50m 范围为中等危险区；

(2) 煤层倾角剧烈变化（大于 15° ）的褶曲影响规律：前后 10m 范围为中等危险区；

(3) 煤层侵蚀、合层或厚度变化部分的影响规律：前后 10m 范围为严重危险区，前后 10m~20m 范围为中等危险区；

(4) 顶底板岩性变化地段的影响规律：前后 50m 范围为严重危险区，前后 50m~100m 范围为一般危险区；

(5) 上保护层开采遗留的煤柱下方的影响规律：煤柱下方及距离煤柱水平距离 30m 范围为严重危险区，距离煤柱水平距离 30m~60m 范围为中等危险区；

(6) 落差大于 10m 的断层或断层群附近的影响规律：距离断层 30m 范围为严重危险区，距离断层 30m~50m 范围为中等危险区；

(7) 向采空区推进的工作面在接近采空区时的影响规律：接近采空区 50m 范围内为严重危险区，接近采空区 50m~100m 范围内为中等危险区，接近采空区 100m~200m 范围内为一般危险区；

(8) “刀把”形等不规则工作面或多个工作面的开切眼及停采线不对齐等区域的影响规律：拐角煤柱前后 20m 范围为严重危险区；

(9) 巷道交叉区域附近的影响规律：“四角”交叉前后 20m 范围为严重危险区，“三角”交叉前后 20m 范围为中等危险区；

(10) 沿空巷道煤柱区的影响规律：区段煤柱宽 $6\text{m} < D < 10\text{m}$ 时为一般危险区，区段煤柱宽 $10\text{m} \leq D \leq 30\text{m}$ 时为严重危险区，区段煤柱宽 $30\text{m} < D \leq 50\text{m}$ 时为中等危险区；

(11) 工作面超前支承压力区的影响规律：工作面煤壁超前 50m 范围为严重危险区，工作面煤壁超前 50 m~100 范围为中等危险区，工作面煤壁超前 100 m~150 范围为一般危险区；

(12) 老顶初次来压位置附近的影响规律：前后 20m 范围为中等危险区；

(13) 工作面采空区“见方”区域的影响规律：单工作面初次“见方”前后 50m 范围为严重危险区，多工作面初次“见方”前后 50m 范围为严重危险区，单或多工作面周期“见方”前后 20m 范围为中等危险区；

(14) 留底煤区域的影响规律：底煤厚度 $0\text{m} < M \leq 1\text{m}$ 时为一般危险区，底煤厚度 $1\text{m} < M \leq 2\text{m}$ 时为中等危险区，底煤厚度大于 2m 时为严重危险区；

(15) 采掘扰动区域为严重危险区。

4. 多因素影响程度的叠加

冲击矿压的发生依赖于应力集中程度及能量的积聚与释放特征，上述分析的每个区

域性因素均会对某地段（点）的应力及能量状态造成影响，因此当某地段（点）存在多个影响因素的共同作用时，其冲击矿压危险性往往会比单个因素的影响程度要高，即冲击矿压危险性具有多因素叠加影响的特点，因此可定义：当多个“严重”等级叠加或“严重”等级与其它等级影响因素叠加时，该地段（点）最终定为“严重”等级；当有1个“中等”等级与1个或多个“一般”等级影响因素叠加时，该地段（点）最终定为“中等”等级；当有2个及以上“中等”等级影响因素叠加时，该地段（点）最终定为“严重”等级；当有2个及以上“一般”等级影响因素叠加时，该地段（点）最终定为“一般”或“中等”等级。为便于实际应用，将上述各因素影响冲击矿压危险程度的区域性分布规律及叠加原则制成表格形式，如表1所示。

5. 冲击矿压的分区分级预测

在对冲击矿压进行分区分级预测时，需要多因素叠加法和综合指数法配合使用，即首先采用综合指数法评估某较大范围区域的冲击矿压危险等级和状态，对于经综合指数法评估为无冲击矿压危险的采区、工作面或巷道，不需进行分区分级预测；经综合指数法评估为具有冲击矿压危险的区域，采用多因素叠加法详细预测各较小区域的冲击矿压危险程度，需要对该区域的冲击矿压影响因素个数、影响范围和叠加后的影响程度进行标定，分别用不同图例标识，即实现对冲击矿压的分区分级预测，从而根据确定的不同冲击矿压危险程度和区域，采取有针对性的防冲措施。

以上为一般性冲击矿压的分区分级预测方法，特殊情况下应根据实际条件经技术、理论分析或专家论证后确定。

6. 实施流程

对于给定的某一开采区域，首先采用综合指数法评估该区域整体的冲击矿压危险等级及状态，经评估为A级无冲击矿压危险的开采区域，可正常生产，无需再进行分区分级预测；经评估为具有冲击矿压危险的区域，实施第二步，即采用多因素叠加法进行详细的分区分级预测，首先对开采区域的冲击矿压影响因素进行分析，包括每个因素的影响范围及影响程度，然后根据多因素叠加影响原则，预测各个分段的冲击矿压危险程度，并对冲击矿压影响因素个数、影响范围和叠加后的影响程度在采掘工程平面图上进行标定，最后根据确定的不同冲击矿压危险程度和区域，采取有针对性的防冲措施。

示例

下面以某矿经综合指数法确定有 C 级冲击矿压危险的某工作面为例，采用多因素叠加法进行分区分级预测。

该工作面赋存条件为，采空区侧沿空运输巷煤柱宽度为 6m，且分布有一条落差大于 3m、小于 10m 的断层，轨道巷具有煤层分叉段和顶底板岩性变化段，其中顶底板岩性变化段留有厚度为 1~2m 的底煤，在整个工作面回采过程中将会经历顶板初次来压、单工作面初次“见方”来压、双工作面初次“见方”来压阶段。

(1) 对于运输巷，沿空煤柱宽度为 6m，因此将该巷道全部定为一般危险区，对于该巷道内的落差大于 3m、小于 10m 断层前后 20m 范围定为严重危险区，20m~50m 范围为中等危险区，并且该巷道将会经历工作面回采过程中顶板初次来压（中等影响）、单工作面初次“见方”来压（严重）及双工作面初次“见方”来压（严重）的影响，通过对多个因素的叠加影响分析，可以看出，断层前后 20m 范围的严重危险区与 6m 宽煤柱的一般危险区叠加，叠加结果为严重危险区，断层的 20m~50m 范围的中等危险区与 6m 宽煤柱的一般危险区叠加，结果为中等危险区，最终对运输巷的分区分级预测结果为：3 个严重危险区，2 个中等危险区，其余为一般危险区。

(2) 对于轨道巷，煤层分叉段前后 10m 为严重危险区，前后 10~20m 为中等危险区；顶板岩性变化段前后 50m 为严重危险区、前后 50~100m 为一般危险区；留底煤区域为中等危险区，该巷也将会经历工作面回采过程中顶板初次来压（中等影响）、单工作面初次“见方”来压（严重）及双工作面初次“见方”来压（严重）的影响，通过对多个因素的叠加影响分析，可以看出，顶板岩性变化段前后 50m 的严重危险区将与留底煤区域的中等危险区叠加，叠加结果为严重危险区，顶板岩性变化段前后 50~100m 的一般危险区与煤层分叉段的中等危险区、双工作面初次“见方”来压的严重危险区相互叠加，叠加段结果分别为中等和严重危险区，最终对轨道巷的分区分级预测结果为：4 个严重危险区，3 个中等危险区，2 个一般危险区，其余为轻微危险区。

通过对上述影响因素分析后，最终对该工作面进行分区分级预测的结果如图 1 所示。根据分区分级预测结果，对于严重和中等危险区应在工作面回采前采用预卸压方式提前解危并加强防冲管理，对于一般和轻微危险区，在回采过程中根据监测结果采取有针对性的防治措施。对于工作面超前支承压区，由于其一直处于动态变化，应随工作面回采分析与其它因素的叠加影响，及时采取预卸压和解危措施。

表 1 多因素叠加法分区分级预测表

序号	影响因素	因素说明	区域划分	危险等级
----	------	------	------	------

1	W_1	落差大于 3m、小于 10m 的断层区域	前后 20m 范围	严重
			前后 20m~50m 范围	中等
2	W_2	煤层倾角剧烈变化 (大于 15°) 的褶曲区域	前后 10m 范围	中等
3	W_3	煤层侵蚀、合层或厚度变化区域	前后 10m 范围	严重
			前后 10m~20m 范围	中等
4	W_4	顶底板岩性变化区域	前后 50m 范围	严重
			前后 50m~100m 范围	一般
5	W_5	上保护层开采遗留的煤柱下方区域	煤柱下方及距离煤柱水平距离 30m 范围	严重
			距离煤柱水平距离 30m~60m 范围	中等
6	W_6	落差大于 10m 的断层或断层群区域	距离断层 30m 范围	严重
			距离断层 30m~50m 范围	中等
7	W_7	向采空区推进的工作面	接近采空区 50m 范围内	严重
			接近采空区 50m~100m 范围内	中等
			接近采空区 100m~200m 范围内	一般
8	W_8	“刀把”形等不规则工作面或多个工作面的开切眼及停采线不对齐等区域	拐角煤柱前后 20m 范围	严重
9	W_9	巷道交叉区域	“四角”交叉前后 20m 范围	严重
			“三角”交叉前后 20m 范围	中等
10	W_{10}	沿空巷道煤柱	区段煤柱宽 $6m < D < 10m$ 时	一般
			区段煤柱宽 $10m \leq D \leq 30m$ 时	严重
			区段煤柱宽 $30m < D \leq 50m$ 时	中等
11	W_{11}	工作面超前支承压区	工作面煤壁超前 50m 范围	严重
			工作面煤壁超前 50 m~100 范围	中等
			工作面煤壁超前 100 m~150 范围	一般
12	W_{12}	老顶初次来压	前后 20m 范围	中等
13	W_{13}	工作面采空区“见方”区域	单工作面初次“见方”前后 50m 范围	严重
			多工作面初次“见方”前后 50m 范围	严重
			单或多工作面周期“见方”前后 20m 范围	中等
14	W_{14}	留底煤区域	底煤厚度 $0m < M \leq 1m$ 时	一般
			底煤厚度 $1m < M \leq 2m$ 时	中等
			底煤厚度大于 2m 时	严重
15	W_{15}	采掘扰动区域	—	严重
说明		1、经综合指数法评估为无冲击危险的采区、工作面或巷道，不需进行分区分级预测； 2、经综合指数法评估为具有冲击危险、本表未描述的其它区域均定为“轻微”等级； 3、多个“严重”等级叠加或“严重”等级与其它等级叠加时，定为“严重”等级； 4、1个“中等”等级与1个或多个“一般”等级叠加时，定为“中等”等级； 5、2个及以上“中等”等级叠加时，定为“严重”等级； 6、2个及以上“一般”等级叠加时，定为“一般”或“中等”等级； 7、以上为一般性的分区分级预测方法，特殊情况下应根据实际条件经技术、理论分析或专家论证后确定。		

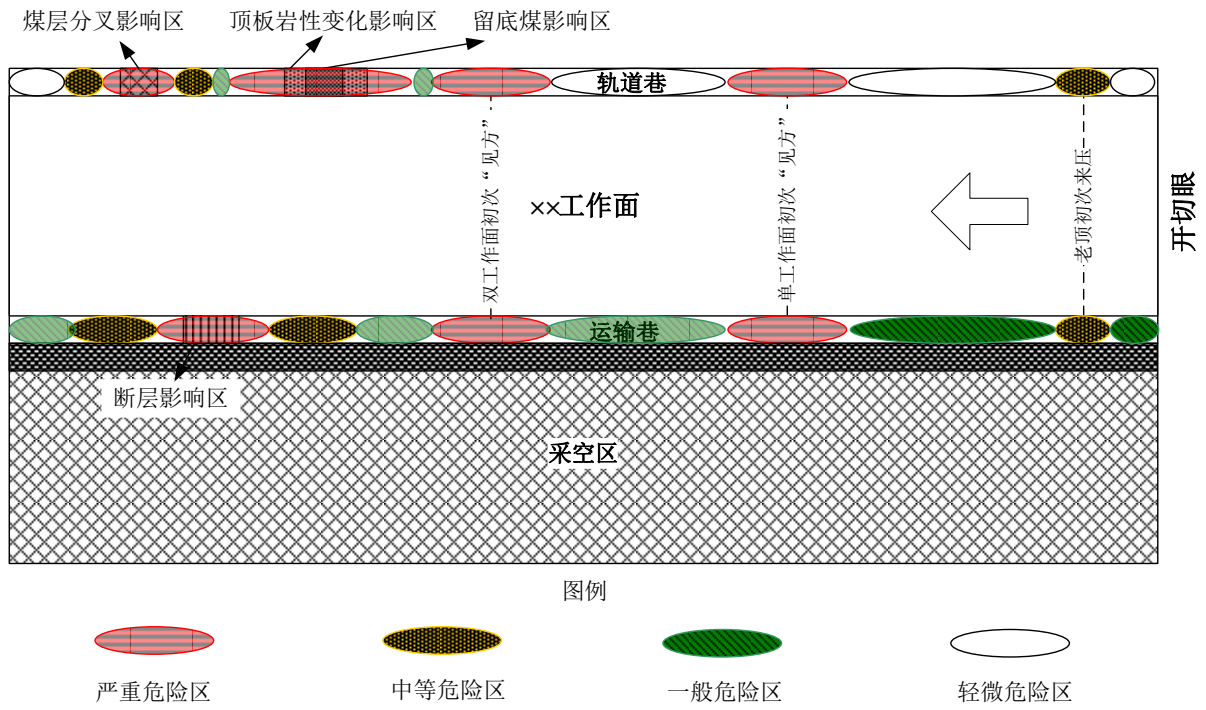


图2 工作面冲击矿压分区分级预测结果平面图